

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 96 (1978)
Heft: 39

Artikel: Unterhalt und Ausbesserung von Betonbauwerken
Autor: Brux, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73754>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

mit den von der Erde aus gemessenen Licht- und Radiopulsen vergleichen. *Rosolino Buccheri*, ein am Garching Institut arbeitender Gastwissenschaftler aus Palermo: «Die Pulsprofile verlaufen phasengleich und sehen sich sehr ähnlich.»

Anders bei Vela, dem drittschnellsten Pulsar: Ebenso wie bei Crab befindet er sich in einem Sternennebel, der nach einer Supernova-Explosion übrig geblieben ist. Vela sendet alle 89 Millisekunden Blitze aus. Doch ihr Profil ähnelt sich nur – wie die Cos-B-Messungen jetzt zeigen – in unterschiedlichen Energiebereichen der Gammastrahlung. Die extrem kurzen Radiopulse laufen ebenso ausser Phase, werden also zu einer anderen Zeit abgestrahlt, wie die erst vor kurzem entdeckten optischen Lichtblitze. Im Röntgenbereich hingegen konnte allen Anstrengungen zum Trotz bisher überhaupt kein Signal des Vela-Pulsars gefunden werden. «Diese überraschenden Beobachtungen zu erklären, bereitet den Theoretikern derzeit erhebliches Kopfzerbrechen», stellt Pinkau fest.

Aktive Sternleichen

Nach den bisherigen Erkenntnissen gelten Pulsare als die Leichen ausgebrannter Sterne – die freilich noch erstaunlich aktiv sind: Wenn ein massereicher Stern seinen Kernbrennstoff verbraucht hat, schrumpft er nach einer riesigen Supernova-Explosion zu einem extrem dicht gepackten, rasend rotierenden Gebilde von nur noch wenigen Kilometern Durchmesser zusammen: Ein einziger Kubikzentimeter dieser ausgeglühten Sternasche – ein Neutronenstern – würde auf der Erde 100 Millionen Tonnen wiegen.

Je jünger solche Kompaktsterne sind – so die vorherrschende Meinung –, desto schneller rotieren sie. Dabei verlieren sie jedoch ständig Energie, die sie zum Teil in Form von Strahlungsblitzen aussenden – und werden dadurch allmählich langsamer. Weil die Pulsare mit etwa 20 Kilometern Durchmesser nur sehr klein sind, finden die Strahlungsprozesse auf engstem Raum von vermutlich nur wenigen Quadratkilometern Fläche statt. Die dabei umgesetzten Energiemengen sind jedoch so gewaltig, dass sie über Tausende von Lichtjahren hinweg noch auf der Erde registriert werden können. «Das Aufregende an den Cos-B-Beobachtungen ist jedoch, dass auf derselben aktiven Fläche der Neutronensterne offenbar sogar mehrere Strahlungsprozesse völlig verschiedener physikalischer Natur gleichzeitig stattfinden», erläutert Pinkau.

Noch wenig wagen die Wissenschaftler bisher über die von Cos-B bei der Durchmusterung der Milchstrasse entdeckten Gammasterne zu sagen. Derzeit versucht man herauszufinden, ob diese Objekte in anderen Bereichen der elektromagnetischen Strahlung vielleicht als Pulsare «leuchten». So richten zum Beispiel die Radioastronomen ihr empfindlichstes Gerät, die 100-m-Parabolantenne des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn, seit kurzem auf die punktförmigen Gammastrahler.

Unterdessen ist *Gottfried Kanbach* vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik zuversichtlich, dass bei der weiteren Auswertung der Cos-B-Daten ausser den bisher lokalisierten 15 Punktquellen noch weitere Gammasterne gefunden werden. «Das war erst der Anfang. Mit Sicherheit strahlen einige der bisher registrierten 300 Radiopulsare auch im Gammabereich. Vermutlich finden wir darüberhinaus weitere Gammapunktquellen, wenn wir erstmals die höheren Breiten der galaktischen Scheibe mit Cos-B systematisch untersuchen.»

Düstere Aussichten

Allerdings erscheinen dafür die Aussichten derzeit düster: Als Cos-B Mitte 1977 seine vorgesehene Messzeit von zwei Jahren erreicht hatte, verlängerte die Europäische Weltraumorganisation (ESA) die Mission um 16 Monate. Obwohl der Satellit noch immer einwandfrei arbeitet und das Messprogramm noch lange nicht erschöpft ist, soll er jetzt zum Jahresende abgeschaltet werden: Die ESA sieht keine Möglichkeit mehr, die weitere Datenübertragung zu finanzieren.

Dabei könnte das Raumfahrzeug noch bis ins erste Quartal 1980 arbeiten: Bis dahin reicht für die Drahtfunkenkammer der Vorrat an Gas – es muss alle 100 Tage ausgetauscht werden. Jetzt versuchen einige der beteiligten Länder durch Spezialvereinbarungen die Fortsetzung der Cos-B-Messungen zu sichern. Mayer-Hasselwander: «Da für die Verlängerung der Mission um ein Jahr nur etwa zwei Prozent der Gesamtkosten des Cos-B-Projekts aufgewendet werden müssen, käme es einem Schildebürgerstreich gleich, dieses – auch in den nächsten Jahren noch – weitaus empfindlichste Observatorium für Gammastrahlen im Weltraum abzuschalten, ohne dass dies technisch notwendig ist».

Eugen Hintsches, München

Unterhalt und Ausbesserung von Betonbauwerken

Bewährte Verfahren, Materialien und Vorschriften dieses Gebietes wurden in einem Seminar im *Haus der Technik in Essen*, einem Ausseninstitut der *Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen*, unter Leitung von *Günter Ruffert* von der Torkret GmbH in Essen am 6. Juni 1978 behandelt. Typische Schadensursachen an *Stahlbetonkonstruktionen* sollten möglichst weitgehend erfasst und ausgewertet werden, um aus diesen *Langzeiterfahrungen* die technischen Bestimmungen anpassen und damit in Zukunft einen Teil dieser Schäden vermeiden zu können.

Um abzuschrecken, müssen typische Beispiele von Schadensfällen einem möglichst grossen Kreis von Bauachleuten zur Kenntnis gebracht werden. Die Wiederinstandstellung beschädigter Stahlbetonkonstruktionen erfordert besondere, für diese Spezialaufgabe entwickelte, Sanierungsverfahren. Für sie sind die technischen Grundlagen und Regeln zu schaffen, damit

ihre Anwendung mit dem gleichen Grad an Sicherheit möglich ist, wie ihn heute die Stahlbetonbestimmungen fordern. Bei schweren Sanierungsfällen sind häufig *konstruktive Sonderlösungen* erforderlich, bei denen zwangsläufig technisches Neuland beschritten werden muss; Beispiele für solche Problemlösungen sind von besonderem Interesse und können Wege für neue Lösungen in ähnlich gelagerten Fällen aufzeigen.

Höhere Betongüten und die analog dazu gestiegenen *Stahlfestigkeiten* haben in den letzten Jahren zu immer *schlankeren* und damit *schadenanfälligeren Querschnitten* geführt. Wir werden in Zukunft mit Schadensfällen an Stahlbetonkonstruktionen fertig werden müssen, ganz gleich, ob sie auf Fehler beim Entwurf, bei der Ausführung oder durch übermässige Beanspruchung (z.B. Brand) zurückzuführen sind. Wir können es uns nicht leisten, Stahlbetonkonstruk-

tionen abzureissen und neu zu erstellen, wenn nur bei einem kleinen Teil der Konstruktion die *Standfestigkeit* nicht mehr gesichert ist. Mit den im folgenden behandelten Sanierungsverfahren lässt sich in derartigen Fällen die Standfestigkeit mit dem gleichen Sicherheitsgrad wieder herstellen, wie wir sie bei den neuen Stahlbetonkonstruktionen heute fordern.

Ursachen der Schäden

Im ersten Vortrag behandelte G. Ruffert die *Pathologie der Betonschäden*, Schadenursachen und Ablauf der Zerstörungsvorgänge bei Beton und Stahlbeton als Auswertung von rund 3000 erfassten Schadenfällen: Minderung des für die Aufnahme der Zugspannungen erforderlichen Stahlquerschnitts durch *Stahlkorrosion* (zu geringe Überdeckung der Risse darin), *Betonkarbonatisierung* (Stahlkorrosion auch bei genügender Überdeckung jedoch von ungenügender Dichtigkeit und Absinken des pH-Wertes unter 10, bei starkem CO₂-Gehalt der Luft), durch *Brandschäden* (Abplatzen durch plötzliches Abkühlen durch Löschwasser oder Dampfdruck von innen her; starke Dehnung der Bauteile durch Erwärmung ergibt Abscherungen), insbesondere *PVC-Brände* (eindringende Chloride ergeben mit Wasser Salzsäure, evtl. Angriff der Bewehrung; Chloridbeaufschlagungs-Test), Zerstörung durch *aggressive Stoffe* (Chemikalien, Sulfate, Säuren, organische Fette), Schäden durch *Alkalireaktion* (Alkalitreiben bei Wasserzutritt), Erosion bei *laufender Belastung der Betonoberfläche durch verschleissende Materialien* (Kanalsohlen, Bunkerausläufe, Anlegepfeiler, Brücken und Uferbauwerke), Zerstörung unter *Stoss- und Schlagbeanspruchung* (Fahrzeugaufprall, Explosionsschäden), *Witterungsschäden* (Frost), infolge *Überlastung* (Kräfteumlagerung, falsche Lage der Bewehrung, Schwächung durch Aussparungen, Einstemmen von Schlitten; zu grosse Durchbiegung), *Risse* (durch Quellen, Schwinden, Kriechen, Temperaturspannungen, Überlastung) und *Betonierschäden* (mangelhafte Verdichtung, Kiesnester, bei verlorener Schalung). Bedingungen für die fachgerechte Sanierung sind das Feststellen des Schadens, die Analyse der Ursache und die Wahl des entsprechenden Sanierungsverfahrens; dabei werden grundsätzlich drei Verfahren unterschieden: Ausbesserung mit Reaktionskunststoffen (meist bei kleineren Schäden), Wiederherstellen tiefgreifender oder grossflächiger Betonzerstörungen mit Spritzbeton und -mörtel, sowie Verkleben und Abdichten von Rissen mittels Injektionen mit Epoxydharzen. Mit diesen Verfahren befassen sich die folgenden Ausführungen.

Wiederherstellung mit Reaktionskunststoffen

Über die Sanierung von Betonbauwerken mit Reaktionskunststoffen berichtete M. Schröder vom ATE-Labor Bautenschutz der Goldschmidt AG in Mannheim. Er ging auf Schadensbilder sowie die verwendeten Materialien ein, deren Eigenschaften, Prüfungen und Kenndaten, aber auch auf die Vorbehandlung und Schutzwirkungen (Korrosionsschutz der Bewehrung, Deckbeschichtung). Die Vorteile der Sanierungen mit Reaktionskunststoffen – insbesondere *Epoxydharzprodukten* – liegen in der *hohen Widerstandsfähigkeit des Materials bei guter Haftung zum Untergrund und dem hohem Schutz für den beschichteten Bauteil*; kurze Aushärtezeiten erfordern nur kurzfristige Stilllegung oder Unterbrechung von Betriebsabläufen. Geringe Schichtdicken ergeben schon die geforderte Schutzwirkung, praktisch ohne Erhöhung der Bauteilabmessung. Gegenüber den hydraulischen Bindemitteln ist die *Verarbeitbarkeit* etwas *schwieriger* (Temperaturabhängigkeit usw.) und der *Materialpreis höher*. Derartige Kunststoffprodukte entsprechen der Feuerwiderstandsklasse B2 (normal entflammbar). Als Beispiel beschrieb Schröder die Sanierung

von geschädigten Sichtbetonbauteilen an Fassaden, Stahlbetonskelettkonstruktionen usw. Bauteile, deren Dampfdiffusionsoffenheit im grossen und ganzen erhalten werden muss, können nach Ausführung der Flickarbeiten zur optischen Egalisierung und Überbrückung von Haarrissen mit einer Armierungspaste auf Dispersionsgrundlage überzogen werden, nachdem zuvor eine ganzflächige Tiefenimprägnierung mit einer hierauf abgestimmten Acrylat-Lösung vorgenommen wurde. Diese bremst zudem die CO₂-Diffusion von aussen, ohne zu Schäden infolge veränderter Dampfdiffusion von innen zu führen. Ein auf das Gesamtsystem abgestimmter *Latex-Dispersionsanstrich* ergibt den Abschluss im gewünschten Farbton.

Sanierung mit Spritzbeton

Über die Sanierung von Betonbauwerken mit Spritzbeton sprach G. Ruffert und behandelte die *Richtlinien für die Ausbesserung von Betonbauteilen*, die vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton herausgebracht wurden. Sie gelten für die Ausbesserung und Verstärkung tragender Bauteile aus bewehrtem und unbewehrtem Beton nach DIN 1045. Grundlage der Sanierungsrichtlinien sind die DIN 1045 (Beton) und die DIN 18551 (Spritzbeton).

Die Richtlinien geben Hinweise, welche Sachverhalte zuvor aufzunehmen und in Protokollen festzuhalten sind (Schadenerfassung). Bei den Massnahmen zur Ausbesserung ist auf die Formänderungen (Schwinden, Kriechen, Elastizitätsmass) und das Zusammenwirken zwischen alten Betonbauteilen und dem Spritzbeton zu achten. Zum Erzielen der erforderlichen Haftung müssen die Auftragsflächen zuvor durch Sandstrahl- oder gleichartige Behandlung gründlich gesäubert und aufgeraut werden. Nach Erhärtung des neu eingebrachten Betons muss die Zugfestigkeit der Anschlussfuge mindestens gleich der Zugfestigkeit der Betongüteklasse, die dem Standfestigkeitsnachweis zugrunde gelegen hat, sein. Der Statiker kann den zusammengesetzten Bauteil rechnerisch erst dann erfassen und den Standsicherheitsnachweis für eine sanierte Konstruktion führen, wenn er weiss, wie der neue Teil der Konstruktion, der ja nach Erhärtung zunächst ohne Lasten, d.h. spannungslos ist, anteilige Lasten übernimmt aus dem alten Teil der Konstruktion, der in der Regel zumindest bereits unter den aus Eigenlasten herrührenden Spannungen steht. Anhand von Prüfungsergebnissen wird die Aufnahme der in der Anschlussfläche auftretenden Kräfte (Haftung; Bohrkerne; Überschreiten der Betonzugfestigkeit ausserhalb der Anschlussfuge) sowie die Lastübernahme des neuen Betons aus dem Altbeton nachgewiesen.

Besonders eingegangen wurde auf den Einbau von *Zusatzbewehrung im Neubeton* (Überdeckungslängen, Abstände, und Bügel bei Plattenbalken, Plattenbalken und Stützen).

Silikatbehandlung – Heizölschäden

Über die Nachbehandlung von Beton mit nicht ausreichender Festigkeit mit Kieselsäureprodukten sowie die Sanierung von heizölverseuchten Betonbauteilen berichtete H. Kempin als Sachverständiger für Baustoffe und Bauleistungen in Hamburg. Als Beispiel brachte er dazu die Sanierung von mangelhaft ausgeführten Stahlbetonrippendecken mit unvollständig betonierten Rippen mit teils freiliegender gitterförmiger Bewehrung, sowie teilweise nur 12 bis 22 N/mm² Betondruckfestigkeit in den Platten in einem 13geschossigen Bürohochhaus. Zunächst wird die Mindestdruckfestigkeit der Betondecken durch Silikatbehandlung (20 bis 40 N/mm²) um mehr als 10 N/mm² erhöht (Nachweis durch Kernbohrungen) und danach der an den Rippen fehlende Beton durch Spritzbeton ergänzt. Für 8500 m²

Betondecken wurden insgesamt 260 kN Silikatlösung und rund 350 m³ Spritzbeton Bn 350 (Beton II) verarbeitet. Die Sanierungskosten betrugen rund 1,7 Mio Mark; der Abbruch und Neubau dieses Gebäudes hätte rund 11 Mio Mark gekostet.

Weiter wurde die Sanierung eines Heizölschadens an einem Stahlbetongebäude geschildert. Alle Ölrückstände wurden durch eine kombinierte *Flammstrahl-Infrarot-Behandlung* entfernt und die dadurch teilweise im Oberflächenbereich verringerte Betonfestigkeit durch eine nachträgliche Silikatisierung (rund 15 N/m²) wieder hergestellt.

Über das *Verkleben und das Abdichten von schadhafte Betonkonstruktionen durch Kunstharzinjektionen* referierte anschließend G. Ruffert. Für die kraftschlüssige Verklebung gerissener Betonkonstruktionen benötigt man Materialien mit hohen mechanischen Festigkeiten und guten Hafteigenschaften (z.B. Epoxydharze) und für die Abdichtung von gerissenen oder wasserdurchlässigen Bauteilen hingegen Materialien, deren Erhärtung nicht durch Feuchtigkeit beeinflusst wird, die beim Erhärten minimal schwinden und eine gewisse Elastizität und genügend lange Topfzeit besitzen. Das flüssige

Harz wird mit hohem anhaltenden Druck (bis 200 bar) eingepresst und dringt durch Kapillarkwirkung in die Poren des Betons und die feinsten Verästelungen der Risse ein. Die Risse im Beton können so abgedichtet werden, dass eine Korrosion der Stahleinlagen vermieden wird. Es genügt nicht nur die Rezeptur der Hersteller einzuhalten, denn die Eigenschaften der ausgehärteten Stoffe für Kunstharzinjektionen werden stark von der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Alkalität des Betons usw. beeinflusst. Zum Gelingen sind Erfahrungen in dieser Arbeitsweise unerlässlich.

Abschliessend berichtete G. Ruffert über die *Sanierung historischer Bauwerke* durch das Anwenden *verschiedener Sonderverfahren*, wie z.B. *Spritzbeton und -mörtel* (als tragende Gewölbeschale, kraftschlüssiger Fugenverschluss oder geschlossene Schale zum Verfestigen brüchigen Mauerwerks), *Zementinjektionen* (Mauerwerkverfestigung; u.a. mit hydrophobierenden Zementen bei Wasserandrang), *Kunstharzinjektionen*, *Zuganker* (Perfo- und Kunststoffklebeanker), *horizontale Feuchtigkeitssperren*, *Schutz des Mauerwerks vor Verwitterung* (Anstriche usw.) und *Verfestigung der Steinoberfläche*.

G. Brux, Frankfurt

Epoxidharz für Betonkonstruktionen in Kernkraftwerken

Von Gustav Klein, Zofingen

Beton, ein Baustoff, der in mancher Beziehung den «Naturbaustoffen» (Fels) gleichzusetzen ist, ist durch *immer stärkere Belastung* (Industrialisierung, Verkehrszunahme, breitere Streuung des Einsatzgebietes, Ausweitung und vermehrten Einsatz in Grenzgebieten der Belastbarkeit) einer *stärkeren Schädigung* ausgesetzt als bisher. Mit dem Begriff *Betonkorrosion* werden die dabei entstehenden Schäden zusammengefasst. Die Betonkorrosion wird besonders durch die *Industrieatmosphäre*, durch die *Beanspruchung durch Chemikalien* und durch *starke mechanische Beanspruchung* verursacht.

Die beiden zuerst genannten Einflüsse korrodieren den Beton durch *chemischen Abbau*. Hier erfolgt die schnellste Betonkorrosion, hauptsächlich durch *saure, wässrige Produkte*. (So z.B. durch SO₂-haltige Luft plus Regenwasser, oder aber durch Säurebeanspruchung in Chemiebetrieben). Selbstverständlich greifen auch andere Industrie-Produkte den Beton an, z.B. *Bohr- und Schneidöle*, *Motoröle*, *galvanische Bäder*, *Metallsalzlösungen*, *Bodenreinigungsmittel*, *Milchsäure* (in Molkereien und Käsereien), verschiedene Flüssigkeiten in chemischen Fabriken (Färbereien) usw.

Bei der mechanischen Belastung sind es speziell *rollende Lasten*, welche die Kristallstruktur des Betons zerstören. Dies führt so zu

vermehrtem Verschleiss und Staubbelaugung. Die Rollen von Palet trollern oder Hubstaplern, deren Stahlräder einen besonders hohen Druck auf vorstehende Betonoberflächenteile ausüben, verursachen am schnellsten Zerstörungen.

Gegen alle diese Beanspruchungen, denen der Beton aufgrund seiner klassischen Zusammensetzung, als statisch-monolithisch allen möglichen Formen anpassbares Bauelement nicht gewachsen ist, muss er geschützt werden. Geeignete Produkte müssen den Oberflächenschutz übernehmen. Der Beton selbst ist hierbei nur das Substrat.

Die *Porösität* des Betons, eine Grundeigenschaft, ebenso wie die *raue Oberfläche*, muss für ganz spezifische Verwendungen verbessernd korrigiert werden. Eine solche Korrektur ist unbedingt erforderlich in *Spitälern*, *biologisch-medizinischen Instituten* (d.h. dort, wo Böden oder Wände steril gemacht werden müssen), in *Elektronik-Fabrikationsräumen* (die staubfrei sein müssen), in *Kernkraftwerken* und Räumen, in denen mit *radioaktiven Substanzen* gearbeitet wird.

Für die genannten Themen ist die Problemlösung und damit zugleich der Schutz vor den Angriffen durch Überarbeiten der

Bodenbeschichtungen mit flüssigen Kunststoffen. Verlegung von Gehopon ®-E 90 im Kernkraftwerk Obrigheim (BRD). In Kernkraftwerken sind Epoxidbetonbeschichtungen vorgeschrieben

Belchen Tunnel. Mit Biladur ®-A-Tunnelfarbe gestrichen

