

## Editorial

Werte Lesende,  
wir haben sie nicht gerne, wir zeigen sie nicht gerne, wir sprechen nicht gerne über sie und wir versuchen häufig, sie zu verdrängen. Sie zu leugnen, wäre allerdings ein fataler Irrtum, denn sie ist ein ständiger Begleiter des Menschen. Sie werden es vielleicht geahnt haben: Es geht um die Angst.

Sollte Angst erlaubt sein? Eine im Grunde genommen überflüssige Frage, betrachtet man die nicht unerheblichen Probleme, die unsere uralten Vorfahren gehabt hätten, wenn sie auf Angst als überlebensnotwendigen Schutzmechanismus verzichtet hätten. Etliche von ihnen wären den Angriffen von Raubtieren im Urwald anheimgefallen. Die Evolution hat dafür gesorgt, dass die Aufmerksamen und Zweifler überleben. Schwärmer und Ignoranten wurden zur Raubtiermahlzeit. Und weil es in freier Wildbahn immer um Sekundenbruchteile, um eine Luftbewegung aus einer unerwarteten Richtung oder eine noch so geringfügige Bewegung im Augenwinkel ging, liegt dieses Verhalten noch heute in unseren Genen.

Wir reagieren hochsensibel auf flüchtige und schnelle Reize, sind aber beachtenswert unempfindlich gegenüber der Kontinentalverschiebung, dem eigenen Älterwerden oder auch dem Klimawandel. Weil wir viel Zeit haben, uns an die Veränderungen zu gewöhnen, nehmen wir sie kaum wahr. Unser Gehirn ist nun einmal so programmiert, der Mensch ist und bleibt ein Gewohnheitstier.

Auch gute Nachrichten finden bei schleichender Veränderung bemerkenswert wenig Notiz: Die Halbierung des Hungers auf der Welt in den letzten 20 Jahren, der stetig zunehmende Zugang der Menschen zu sauberem Trinkwasser, die höhere Lebenserwartung sowie auch die Verringerung des Analphabetismus oder auch die Möglichkeit demokratischer Wahlen.

Alles in bester Ordnung, mag mancher jetzt denken. Dem ist leider nicht so. Der menschengemachte Klimawandel gilt zurecht als das zentrale Problem unserer Zeit. Steigende Meeresspiegel, Dürren, Flutkatastrophen und in ihrer Folge massenhafte Migration in vermeintlich sicherere Gebiete und Kriege um lebensnotwendige Ressourcen erscheinen aktuell fast so sicher, wie das sprichwörtliche Amen in der Kirche.

Die Bedrohung hat sich grundlegend verändert, die Realität hat unsere Wahrnehmung überholt. Denn heute ist es nicht mehr das einzelne Raubtier, das uns Menschen bedroht. Wir sollten stattdessen besser den Urwald im Auge behalten.

Ihre Redaktionsleitung

## Termine

- Jahreshauptversammlung 2023  
14.09.2023 bis 16.09.2023 in Maastricht
- Jahresarbeitstagung 2024  
13.03.2024 bis 15.03.2024 in Berlin mit  
**BTE-Dialog 2024 am 14.03.2024**

## Inhalt

1. Personalia
2. Aus den Fachgruppen
3. Aufsätze
  - Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) als alternative Sanierungsmethode an Betonbauteilen im Schadenfall?  
*Lars Fahlbusch, M.Eng.*
  - Ist feuchter Betonboden die Ursache für Schiefstand der Druckmaschine?  
*Dr.-Ing. Colin Sailer*

## 1. Personalia

Im Rahmen der letzten Jahreshauptversammlung konnte der BTE wieder einmal sein Bestreben nach Kontinuität unter Beweis stellen. So wurden nicht weniger als fünf neue Vollmitglieder aufgenommen, nachdem die Kandidaten ihre zweite Prüfung erfolgreich absolviert haben. BTE Präsident Dipl.-Ing. Erik Thees begrüßte Dipl.-Ing./MBA Sebastian Herrmann, Dipl.-Ing. (FH) Alexander Ohlau, Dipl.-Ing. Arch. Sebastian Renz, Dipl.-Ing. (FH) Stefan Götzelmann und Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Kaiser im Kreis des BTE. Die Büroadressen der Neumitglieder finden Sie am Ende der Ausgabe.



Im Bild von links: Sebastian Herrmann, Alexander Ohlau, Sebastian Renz, Stefan Götzelmann, Sebastian Kaiser und Erik Thees

## 2. Aus den Fachgruppen

### FG Betriebswirtschaftslehre

#### Auswirkung globaler Lieferkettenprobleme auf den BU-Schaden

Aufgrund von landesübergreifenden Covid-19-Lockdowns in den Jahren 2020/21 wurden globale Lieferketten massiv gestört. Russlands Angriff auf die Ukraine Anfang 2022 sowie die damit einhergehenden Sanktionen und stark steigenden Energiepreise führten zu weiteren, bis dato anhaltenden Störungen der Lieferketten. Ein internationaler Fachkräftemangel verschärft diese Gemengelage.

Die Versicherungsnehmer sind so im Falle eines Sachschadens oft mit erheblich verlängerten technischen Unterbrechungszeiten konfrontiert mit der Folge, dass Betriebsunterbrechungsschäden oftmals über die vertraglich vereinbarten Haftzeiten hinaus fortbestehen.

Weitergehenden Informationen über:

Falko Orsinger

Tel.: 02204/54711

E-Mail: buero@dr-franz-gmbh.de

### FG Naturwissenschaften & Sondergebiete

#### Kontrolluntersuchung nach Schimmelpilzsanierung (Fallbeispiel)

Vor Beginn einer Sanierung sollte mit allen Beteiligten das Sanierungsziel vereinbart werden. Dann können sowohl die Sanierung als auch die Kontrolluntersuchung entsprechend darauf abgestimmt werden. Das WTA-Merkblatt 4-12 (2021) empfiehlt für Sanierungskontrollen die Bestimmung der Gesamtsporenzahl in der Raumluft (Partikelmessung). Dabei erfolgt eine mikroskopische Auswertung und die Erfassung von keimfähigen und nicht-keimfähigen Pilzsporen. Dies ist besonders wichtig, wenn im Zuge der Sanierung Desinfektionsmaßnahmen durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu werden bei Luftkeimmessungen nur die keimfähigen Pilzbestandteile erfasst. Durch Desinfektionsmittel beeinträchtigte Pilzbestandteile wachsen auf den Nährböden nicht an.

Anhand eines Fallbeispiels wird erläutert, wie unterschiedlich die Ergebnisse von Partikel- und Luftkeimmessungen ausfallen können. In dem vorgestellten Fall wurde der Sanierungsbereich unzureichend gereinigt, aber reichlich Desinfektionsmittel ausgebracht. Ein Gutachter hat Luftkeimmessungen durchgeführt und die Sanierungsmaßnahmen für ausreichend und erfolgreich erklärt. Ein zweiter Gutachter hat Partikelmessungen vorgenommen und im Vergleich zu den Luftkeimmessungen 500- bis 1.000fach höhere Sporenkonzentrationen nachgewiesen. Da auch die nicht-keimfähigen Pilzbestandteile gesundheitliche Beeinträchtigungen verursachen können, wurde das Sanierungsziel nach den Vorgaben des WTA-Merkblattes 4-12 nicht erreicht.

Weitergehende Informationen über:

Dr. Ilka Toepfer

Tel.: 0151/14438358

E-Mail: toepfer@abis-analytik.de

#### Vorsätzliche Brandstiftung – Grundlagen, Täterprofile, Beispiele

Die Statistik der letzten 20 Jahre zeigt, dass neben den Ursachen für Brände durch Elektrizität bzw. menschliches Fehlverhalten die Rubrik „Unbekannt und Sonstiges“ immer mehr zunimmt. Besonders hier gilt es, die Brandursachen bzw. die Täter / Schadenverursacher zu ermitteln.

Der Sachverständige für Brand- und Explosionsursachen kann für die Aufklärungen von Brandursachen und evtl. Brandstiftungen sehr hilfreich sein. Durch Besichtigung der Brandstellen sowie die Bewertung einzelner Fundstücke / Objekte / Spuren, welche sich in der näheren Umgebung der Brandstelle befinden, können Rückschlüsse auf die Art und Weise des Brandes gezogen werden. Bereits bei der Tatortbesichtigung kann es erste Hinweise geben, welche einen Verdacht auf vorsätzliche Brandstiftung zulassen. Diese Vermutung gilt es zu beweisen.

Um den Brandstiftungsnachweis zu führen, wird der Brandermittler einen Katalog von Verfahrensschritten abarbeiten, die dazu geeignet sind, seine Arbeitsziele (Klärung der Brandursache, Feststellung einer Straftat und des Täters) zu erreichen. Unter anderem werden Verdachtsmomente (z. B. Zeugenaussagen, Drohungen, Diskrepanzen zwischen Schadensforderungen und Brandstoffresten oder das Fehlen wertvoller Gegenstände) geprüft. Es wird systematisch nach verwendeten Zündquellen gesucht, wodurch bestimmte Brandursachen bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden können. Bei den Brandstellen / -herden muss festgestellt werden, ob diese durch den Täter „gelegt“ wurden oder durch Funkenflug, Rauchgasschicht oder Explosionen am Ort des Hauptbrandes entstanden sind. Durch den Einsatz von speziellen Geräten / Detektoren / Hunden sowie das Lesen von Spuren kann die Brandstelle auf Brandbeschleuniger untersucht werden, wie z. B. Benzin, brennbare Gase usw.

Durch Auswertung der ersten Beweise / Indizien kann in vielen Fällen bereits eindeutig eine Aussage getroffen werden, ob es sich um vorsätzliche Brandstiftung handelt. In diesem Fall liegt eine Straftat vor, die es aufzuklären und den Täter zu überführen gilt.

Man kann die Täter in verschiedene Tätertypen einordnen:

- Eigentumsbrandstifter
- Brandstifter am Arbeitsplatz
- Gelegenheitstäter
- politische Täter
- Serientäter / Mehrfachtäter
- Beziehungstäter
- Kinder und Jugendliche.

Bei allen genannten Tätergruppen liegen zu jeder Zeit verschiedene Motive und Beweggründe bzgl. der Ausübung der Tat vor. Auch spielt das soziale Umfeld, die eigene Persönlichkeit und das Verhalten vor oder nach einem Brand des Täters eine entscheidende Rolle. Meist werden unbewusst Aussagen gegenüber der Familie, Freunden, Bekannten getroffen, welche den Kreis der Tatverdächtigen einengen. Ebenso ist das Verhalten von Tätern zu analysieren. Spielen sie sich durch mehrfaches Betonen als Brandmelder / Entdecker oder auch als Geschädigter in den Vordergrund, kann dies den Anschein erwecken, dass es sich um den Täter handelt.

In der gesamten Auswertung der gefundenen Spuren, Fundstücke und Täteranalyse sollten die gesammelten Ergebnisse des Sachverständigen den eindeutigen Beweis ergeben, dass es sich um eine vorsätzliche Brandstiftung handelt, welche einem Täter eindeutig zugewiesen werden kann.

Die Arbeit des Sachverständigen für Brand- und Explosionsursachen ist besonders für Versicherungsgesellschaften bei der Bewertung der Schadensansprüche der Geschädigten eine Unterstützung.

Weitergehende Informationen über:

Dr.-Ing. Henry Portz

Tel.: 0711/514535

E-Mail: [information@dr-portz-brandschutz.de](mailto:information@dr-portz-brandschutz.de)

## FG Maschinenwesen

### Schäden an Reinräumen verursacht durch Unterbrechung der Energieversorgung

Reinräume sind Umgebungen mit einer kontrollierten Anzahl von Partikeln in der Luft und werden in der DIN EN ISO 14644-1, der VDI 2083 sowie dem EG-Leitfaden zur Guten Herstellungspraxis (EU-GMP), entsprechend der jeweiligen Anwendung, in Reinraumklassen eingeteilt und definiert.

In einem Schadenfall handelte es sich um mehrere Reinräume zur sterilen Herstellung von Arzneimitteln. Um die Anforderungen der jeweils erforderlichen Reinraumklassen zu erreichen, wurden dort raumlufttechnische Anlagen zur Filterung und Überdruckhaltung eingesetzt, die Anlagen sorgten weiterhin für eine konstante Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Durch eine Unterbrechung der Energieversorgung kam es nach einem Wiederanlauf der Anlagen zu einem Überdruck in den Reinraumbereichen und in der Folge zu mechanischen Beschädigungen der abgehängenen Klemmkassetendecken.

Zur Ermittlung der Schadenursache wurden nach einem Studium der Konstruktionsunterlagen des Gesamtsystems auch vorhandene Messdaten über Zu- und Abluftdrücke sowie Einschaltssignale der einzelnen Ventilatoren ausgewertet.

Die Auswertung ergab, dass die jeweiligen Zuluftsysteme vor den Abluftsystemen den Betrieb aufnahmen, bis zum Anlauf der Abluftsysteme herrschte in der Folge Überdruck in den Reinraumbereichen. Die Ursache hierfür waren in der Pro-

grammierung der Anlagen nicht berücksichtigte Laufzeitunterschiede mechanischer Komponenten, die den unterschiedlichen Anlauf der einzelnen Ventilatoren bedingten. Die durch den Überdruck entstandene Kraft verursachte an den Raumbooberflächen, insbesondere an den Deckenelementen, zum Teil erhebliche Schäden.

Der festgestellte Programmierfehler fiel erst durch die Unterbrechung der Energieversorgung auf, die der Lieferant der Gesamtanlage bei der Programmierung hätte berücksichtigen müssen.

Neben der Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen zur Schadenbeseitigung wurde im vorliegenden Fall geprüft, inwieweit die Räume bis zur Ausführung der Reparaturarbeiten betriebsicher weiter genutzt werden können. Hierzu wurde eine provisorische Abdichtung der Raumbooberflächen vorgenommen und der Betrieb wurde durch umfangreiche qualitätssichernde Maßnahmen (engmaschige Überprüfung der Partikelzahl und der Luftkeimzahl) fortgesetzt, so dass eine Aufrechterhaltung des Betriebes bis zur Ausführung der Reparaturarbeiten gewährleistet war.

Weitergehende Informationen über:

Tobias May, M.Sc., MBA

Tel.: 02152/205620

E-Mail: [info@tm-sv.de](mailto:info@tm-sv.de)

## 2. Aufsätze

Die folgenden Beiträge geben die Meinung der jeweiligen Autoren wieder und entsprechen nicht zwangsläufig der Auffassung des BTE. Inhaltlich verantwortlich sind daher die jeweiligen Autoren.

*Lars Fahlbusch, M.Eng.*

Tel.: 05551/2233

E-Mail: [sachverstaendige@rbg-ing.de](mailto:sachverstaendige@rbg-ing.de)

### Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) als alternative Sanierungsmethode an Betonbauteilen im Schadenfall?

Im Brandschadenfall, zum Beispiel bei industriellen und gewerblichen Gebäuden, kommt es aufgrund von Brandfolgeprodukten bei Abbrand vorhandener PVC- bzw. kunststoffhaltiger Brandlasten, oftmals zu Beeinträchtigungen von Betonbauteilen.

Die Brandfolgeprodukte wiederum enthalten oftmals große Anteile aus z. B. Chloriden (Cl<sup>-</sup>). Diese können je nach Beaufschlagung und bei entsprechend vorhandenen Betonqualitäten eine Beschädigung von Betonbauteilen hervorrufen.

Analog zur, aus der Betontechnologie bekannten, Karbonatisierung wirkt sich der durch den Brandschadenfall hervorgerufene Chlorideintrag in die Betonbauteile negativ auf die statisch relevante Stahlbewehrung aus.

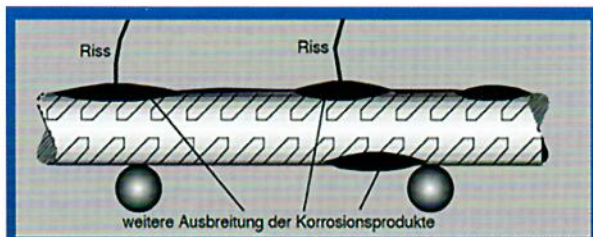
Beton besteht aus den Bindemitteln Zement, Wasser und einer Gesteinskörnung (meist Kies und Sand). Das sogenannte Zugabe- oder Anmachwasser ist notwendig, damit es zur Hydratation des

Zements kommt, der dabei aushärtet. In dieser chemischen Reaktion bildet sich unter anderem Kalziumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) (sogenanntes Portlandit), das einen sehr alkalischen pH-Wert von 12,6-13,9 besitzt. Dieses alkalische Milieu bildet eine sogenannte Passivschicht auf der Stahlbewehrung, welche als Korrosionsschutz dient. Der Beton schützt die Bewehrung vor Korrosion, abhängig von Betonklasse und Zementsorte, Betonüberdeckung sowie Betonstruktur. Der Einfluss aus dem Brandfolgeprodukt Chlorid auf das Betonbauteil wirkt sich als Depassivierung auf den Betonstahl aus.

Das durch den Abbindeprozess entstandene alkalische Milieu und somit die Passivierungsschicht der Stahlbewehrung wird aufgrund des ausgelösten chemischen Prozesses innerhalb des Bauteils gestört bzw. aufgelöst. Der pH-Wert sinkt auf einen Wert bis zu 9. Es entstehen Hohlstellen durch Lochfraß am Stahl in einer Art von Tiefenwirkung. Es kommt somit zum Korrosionsvorgang (Rosten am Betonstahl). Dieses erfolgt auch oftmals punktuell ohne Volumenvergrößerung und somit besteht ein Querschnittverlust, beschränkt auf einzelne exponierte Stellen. Der Betonstahl kann dann vorrangig in den Zugzonen versagen.

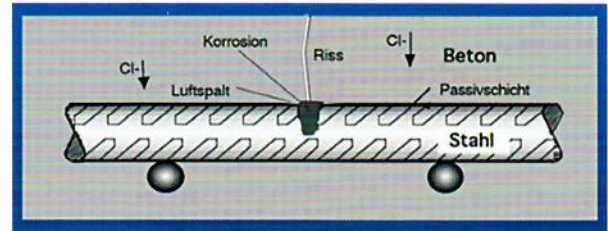
Eine Rissbildung an den Betonbauteilen entsteht daher nicht durch eine Volumenvergrößerung des Betonstahls, sondern durch einen ggf. plötzlich eintretenden Festigkeitsverlust an exponierten Stellen. In Folge dessen kann für das Gesamtbetonteil ein Tragfähigkeitsverlust (plötzlich) eintreten.

Aufgrund der nicht stattfindenden Volumenvergrößerung, da durch den chemischen Prozess wenig Korrosionsprodukte freigesetzt werden, sind diese Beeinträchtigungen bzw. der Eintrag von Chloriden äußerlich und augenscheinlich nicht erkennbar. In den Richtlinien zur Brandschadensanierung (VdS2357) sowie in den Richtlinien "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen des deutschen Ausschusses für Stahlbeton" bestehen Grenzwerte für den Chloridgehalt in abgeordneten Betonbauteilen mit  $>0,4$  Gewichtsprozent Chlorid bezogen auf Zement, bei Spannbetonbauteilen  $>0,2$  Gewichtsprozent. Ein Totalverlust der Passivierungsschicht wird mit einem pH-Grenzwert von  $<9,0$  angegeben.



**Bild 1:** Volumenvergrößerung bei Karbonatisierung  
Somit ist es für den zu Beurteilenden nach Erkenntnissen von Abbrand der vorhandenen Brandlast entsprechende Untersuchungsmethoden einzuleiten. In Fällen von Großflächenbereichen bietet sich die

Bauwerksdiagnostik durch Fachplaner bzw. chemische Sachverständige an.



**Bild 2:** Chlorideintrag mit Lochfraßkorrosion ohne Volumenvergrößerung

Bei z. B. von Karbonatisierung betroffenen Außenbauteilen, wie Brücken, Parkhäusern etc. sind Untersuchungsmethoden wie u.a. die Phenolphthalein-Methode bekannt. Dabei ist nach Freilegen der Bewehrungsebene an Bruchstellen Phenolphthalein aufzusprühen. In nicht karbonisierten Bereichen bzw. nicht beanspruchten Bereichen färbt sich die eingesprühte Fläche violett. Somit kann im ersten Schritt festgestellt werden, ob und in welchem Umfang eine Karbonatisierung bzw. Chlorideintrag in das Bauteil stattgefunden hat.

Die aussagekräftigste bzw. auf die erforderliche Sanierungsmethode hinweisende Prüfungsform stellt im Bereich des Chlorideintrags jedoch die Bohrmehlprobe dar.

Zum "Kennenlernen" des Betonbauteils sind im Vorfeld Freilegungen der Bewehrungslagen zur Feststellung von Betondeckungen erforderlich.

Dieses kann bei Großflächen auch über entsprechende Messtechnik zur Feststellung der Betonüberdeckung durchgeführt und dokumentiert werden.

Die Betonmehlproben werden dann in verschiedenen Tiefenebenen entnommen und laborseitig auf ihre Bestandteile untersucht und ausgewertet. Das Ergebnis zeigt dann aus den verschiedenen Tiefenebenen die mögliche Chlorideinwirkung in entsprechender Tiefe mit Angaben des Chloridgehalts sowie pH-Wert.

Die Ermittlung des pH-Werts erfolgt in der Regel mittels pH-Elektrode. Aus betontechnologischer Sicht ist bei Bestätigung erhöhter Werte davon auszugehen, dass in Zukunft an den untersuchten Bauteilen die entsprechende Depassivierung und fehlender Korrosionsschutz nicht ausgeschlossen werden kann. Aus Vergleichen sowie Langzeituntersuchungen ist bei hohen Chloridgehalten zu erwarten, dass sich die Chloride im Laufe der Zeit in die Tiefe des Bauteils migrieren können. Es besteht durchaus die Gefahr, dass diese die Stahlbetonbewehrungen in den tiefen Ebenen in größeren Flächen erreichen können. Aber auch in Bereichen der noch nicht betroffenen Stahlbewehrungen können sich die Chloride mobilisieren. Die Transportgeschwindigkeit kann aufgrund der oftmals unbekanntem Betonzusammensetzung sowie des unbekanntem Feuchteangebots in der Zukunft nicht zielsicher eingeschätzt werden. Mittel- und langfris-

tig ist mit Gefahr einer chloridinduzierten Korrosion zu rechnen. Es ist somit davon auszugehen, dass die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons in Teilbereichen nicht mehr gegeben ist. Bei flächiger Korrosion der Stahlbewehrung wird die Tragfähigkeit der Stahlbetonbauteile dadurch gefährdet.

Es ist jedoch zu erwähnen, dass nach der Erstreinigungsmaßnahme von beaufschlagten Gebäudeoberflächen / Betonflächen nach dem Brandfall augenscheinlich kurz nach Brandeinwirkung bis auf Verschmutzungserscheinungen die vorgenannten Einflüsse und Einwirkungen und Folgen nicht vorhanden bzw. erkannt werden können.

Der durch das Brandfolgeprodukt entstehende chemische Prozess im Betonbauteil ist, bezogen auf die Chlorideinwirkungen, irreversibel.

Die konventionelle Sanierungsmethode sieht u. a. nach der Instandsetzungsrichtlinie des deutschen Ausschusses für Stahlbeton vor, dass chloridbelastete Bereiche (Beton) bis zur Bewehrung bzw. um einen Sicherheitszuschlag hinaus abgetragen werden. Dem zur Folge handelt es sich um umfangreiche Maßnahmen sowie statische Eingriffe in die Bausubstanz mit Folge von umfangreichen temporären Abstützmaßnahmen, Schmutz- und Lärmbelastigungen sowie Übertragungen von Bewegungen (Stemmarbeiten) auf das Gesamtgebäude. Es ist außerdem nicht auszuschließen, dass durch Stemm- bzw. Strahlarbeiten tiefergehende Zerstörungen des Betons möglich sind. Insbesondere besteht außerdem das Risiko von Rissbildungen und einer Schädigung der Stahlbewehrung (Querschnittsverlust). Des Weiteren sind bei dieser Sanierungsmaßnahme sensible und umfangreiche Prüfungen auf noch vorhandene Chloridrückstände im Beton zur Prüfung des Sanierungserfolgs erforderlich, um weitergehende Einflüsse durch Rückstände zu verhindern. Beim Einbringen des Betonersatzes nach konventioneller Spritzbetonmethode entstehen außerdem massive Verschmutzungen durch Abprallrückstände. Für die Wiederbelastung des Bauteils sind entsprechend und ggf. lange Aushärtungszeiten erforderlich.

Als Alternative zur konventionellen vorgenannten Betonsanierungsmethode bietet sich das katodische Korrosionsschutzsystem an (KKS).

Im Allgemeinen wird beim katodischen Korrosionsschutz dem Korrosionssystem durch den Einsatz von Opferanoden (z. B. Zink, Magnesium) ein unedlerer Werkstoff hinzugefügt, welcher sich auflöst und dabei den benötigten Schutzstrom abgibt, damit das zu schützende Metall (Stahlbetonbewehrung) nicht korrodiert. Dieses bedeutet passiver Korrosionsschutz.

Beim Einsatz von Fremdstromanoden werden hochbeständige Materialien, z. B. Titan, als Anode eingesetzt und mittels Schutzstromgerät mit dem notwendigen Schutzstrom beschickt. Durch die externe Schutzstromeinspeisung kann der benötigte Schutzstrom geregelt und überwacht werden. Der

KKS ist damit sowohl ein Schutzsystem als auch eine Überwachungsanlage. Hierbei handelt es sich um aktiven Korrosionsschutz.

In Bezug auf das Beispiel eines Brandschadenfalls im industriellen Gebäudebereich ist nicht auszuschließen, dass Betonbauteile im Kellergeschoss von Brandfolgeprodukten betroffen sind. Weiterführende obere Geschosse verfügen ggf. über Produktionsbereiche. Im Falle eines Vergleichsschadenfalls des Verfassers sind hochsensible CNC-Bearbeitungsmaschinen auf der Geschossdecke vorhanden. In diesem vorgenannten Beispiel sind Betonbauteile, vorrangig Decken, im Kellergeschoss umfangreich von Chloridbeaufschlagungen betroffen.

Um eine Störung des, über dem Kellergeschoss befindlichen, Produktionsbereichs zu vermeiden, sind Alternativen wie KKS für die konventionellen Sanierungsmethoden (Betonersatz) zunächst zu empfehlen. Die Verwendung des KKS im vorgenannten Fall besitzt den Vorteil, dass keine konstruktiv notwendigen Maßnahmen, wie Abstützungen, Rückbau von Betonflächen/ -ebenen sowie den daraus resultierenden Verschmutzungen und auf das Gebäude einwirkende Bewegungen, ausbleiben.

Das schon über Jahrzehnte im Betonbau etablierte KKS-Verfahren ermöglicht je nach Bauteilsituation verschiedene Ausführungsvarianten. Am Beispiel von Betonoberflächen, wie z. B. in Parkhäusern, ist, in Abhängigkeit von Betonüberdeckungen, die Ausführung einer eingefrästen Titanbandkonstruktion bzw. einer Titangitterkonstruktion auf der Oberfläche möglich.

Unterseitige Ausführungen werden oftmals und zielführend auch aus dem Grund, das vorhandene Bauteil möglichst gering zu beanspruchen, mit leitfähigen Beschichtungssystemen versehen. Nach der planerischen Erfassung eines Bauteils bzw. betroffenen Gebäudeteils sind die entsprechenden Bemessungen der Anlage durch die Fachplaner durchzuführen. Nach heute möglicher Technik ist der kontinuierliche Betrieb mit Überwachungssystemen über Monitoring durch eingebaute Sensorik und somit eine Fehlerfrüherkennung einfach zu betreiben.



**Bild 3:** Beschichtungssystem KKS

Im Gegensatz zur konventionellen Betonsanierung mit Betonerersatz/Spritzbetonsanierung mit einer Lebensdauer von mindestens 30 Jahren, besitzt das

KKS, je nach Ausführungsvariante, im Mittel eine Lebensdauer von ca. 25 Jahren.

Unter Berücksichtigung einer Lebensdauer von ca. 25 Jahren mit Stromverbrauchskosten, Wartungskosten sowie einem Reparaturansatz belaufen sich nach Schätzungen des Verfassers für den vorgenannten Zeitraum im Vergleich zur konventionellen Methode ca. 30% höhere Kosten.

Es ist nicht auszuschließen, dass in einem Schadenfall bei Ausführung der konventionellen Spritzbetonmethode aufgrund der notwendigen technischen Maßnahmen derart in die (nicht direkt betroffene) Produktion eingegriffen wird, dass mit einem hohen Betriebsunterbrechungsschaden zu rechnen ist.

Bei der konventionellen Spritzbetonmethode wäre nach überschlägigen Ermittlungen eine Bauzeit von ca. 2-3 Monaten zu rechnen. Unter diesem Aspekt sowie der betrieblichen Aspekte einer Produktionsunterbrechung ist das KKS ein alternatives Sanierungssystem.

#### Abwicklung im Schadenfall

Das KKS ist eine Alternative zur konventionellen Spritzbetonmethode. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass dieses explizit im Schadenfall einer Prüfung auf Wirtschaftlichkeit und vorrangig im „Zusammenspiel“ einer möglichen Konstellation der versicherten Risiken und somit der jeweiligen Versicherer erfordert. Es ist davon auszugehen, dass nach Ablauf der Lebensdauer des Systems ein Austausch des KKS sowie eine Neuerrichtung erforderlich wird.

Aus betontechnologischer Sicht sieht der Verfasser den Einsatz des KKS und somit der Wiederaufrechterhaltung einer Passivierungsschicht für den Betonstahl in Bezug auf versicherungsvertragliche Grundlagen kritisch, da aufgrund der nicht genau absehbaren Lebensdauer des KKS-Verfahrens im Vergleich zu einer konventionellen Betonsanierung weitere Kosten wie z. B. Wertminderungen oder die Kosten für den Ersatz des Systems nach Ablauf einer möglichen geringeren Lebensdauer zu berücksichtigen sind. Es unterliegt somit der Entscheidung des Versicherers in welcher Form Regulierungen bzw. vertragliche Regulierungsvereinbarungen auf die Lebensdauer bzw. Instandhaltung des betroffenen Bauteils getroffen werden.

Nicht auszuschließen sind Eigentümerwechsel und Nutzungsänderungen der betroffenen Gebäude, welche durch die Verwendung des KKS eingeschränkt wären.

Der Verfasser sieht dennoch, vorrangig aus technischer Sicht, ein entsprechendes Potential zur Verwendung des KKS, jedoch immer unter Betrachtung im Einzelfall und den versicherungsvertraglichen Grundsätzen.

Dr.-Ing. Colin Sailer

Tel.: 089/69388594

E-Mail: colin.sailer@web.de

### Ist feuchter Betonboden die Ursache für Schiefstand der Druckmaschine?

Immer wieder musste eine großformatige Bogendruckmaschine ausgerichtet werden, da sie in Längs- und Querrichtung nicht mehr hinreichend nivelliert war. Ebenso war das Zahnspiel zwischen einigen Antriebszahnradern kleiner als 0,03 mm und lag damit deutlich unterhalb des zulässigen Grenzwertes von 0,06 mm. Beim neuerlichen Ausrichten der Maschine wurde nun vom Maschinenhersteller festgestellt, dass der Plan- und Rundlauf zweier Antriebszahnradern weit außerhalb der zulässigen Toleranz von 0,01 mm lag.

Da die Maschinenanlage für Schäden aus solchen Schiefstellungen versichert ist, wurde unser Sachverständiger vom Versicherer beauftragt, die Ursachen für die immer wiederkehrenden Schiefstellungen der Bogendruckmaschine herauszufinden. Da in der Vergangenheit seitens des Maschinenherstellers vermutet wurde, die Fundamentbodenplatte sei hierfür verantwortlich, sollte dieses Mal eine detailliert Ursachenermittlung erfolgen.

#### Ortstermine

Zunächst wurden nochmals die Plan- und Rundläufe aller Antriebszahnradern vermessen. Eine kalibrierte Messuhr mit der Auflösung 0,001 mm (= 1 µm) mit Magnetstativ kam zum Einsatz (Bild 1). Dabei bestätigte sich, dass die Abweichungen der Rundläufe bis zu 0,023 mm betragen, die der Planläufe bis zu 0,042 mm und somit weit oberhalb der zulässigen Toleranzen von 0,01 mm (=10 µm) liegen. Diese zulässige Toleranz ist nicht maschinenabhängig, sondern nach Stand der praktizierten Technik ein Herstellerübergreifender Parameter. Diese Rund- und Planlauf-toleranzen übertragen sich nämlich unmittelbar auf den Druckzylinder und somit auf das bedruckte Substrat, womit die Druckqualität negativ beeinflusst wird. Außerdem wird die Einsatzhärte-tiefe der Zahnflanken beschädigt mit einem daraus resultierenden großen wirtschaftlichen Schaden.



Bild 1: Vermessung des Rundlaufs am Zahnrad des Gegendruckzylinders

Nachdem die Druckwerke untereinander mechanisch getrennt wurden, zeigten sich bei den Wiederholmessungen der Rund- und Planläufe der Antriebszahnradern dieselben Ergebnisse wie zuvor in nicht getrenntem Zustand. Weitere Detailmessun-

gen ergaben, dass auch die Lagerung eines Transferzylinders bereits geschädigt war.

Auffällig war, dass extreme Verschmutzungen mit an der Betonbodenplatte anhaftenden Korrosionsprodukten unterhalb der Druckwerke vorhanden waren (Bild 2). Auch die einzelnen Bodenbleche wiesen hin zum Betonboden extrem ausgeprägte Korrosionsprodukte (Bild 3) auf, wohin gegen die Blechseiten zur Maschine hin ohne Korrosionsspuren sind. Man erkennt an der Blechunterseite eindeutig den Abdruck des Stellfußes eines Druckwerks (insgesamt acht Stellfüsse pro Druckwerk). Es liegen hier sehr unterschiedlich ausgeprägte Korrosionserscheinungen vor.



Bild 2: Extreme Verschmutzungen mit Korrosionsprodukten unterhalb der Druckwerke

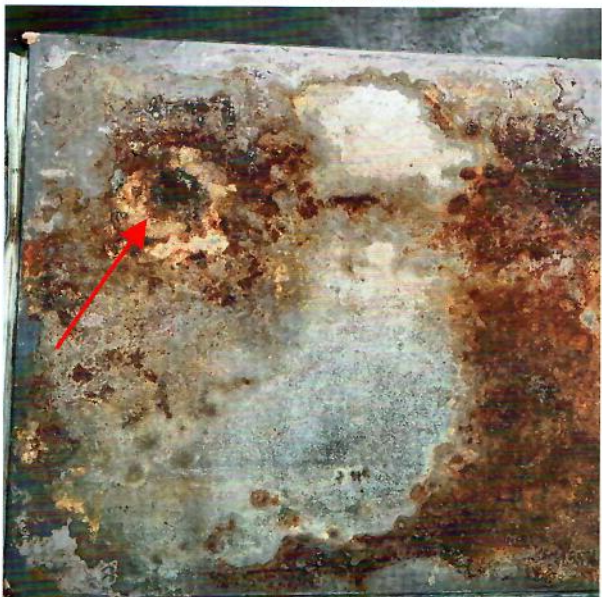


Bild 3: Stark korrodiertes Bodenblech hin zur Fundamentbodenplatte (roter Pfeil: Position des Stellfußes auf der Rückseite des Bleches)

#### Bodenbleche

Im Labor wurden daraufhin mehrere charakteristische Bodenbleche vom Bereich der Stellfüsse näher untersucht. Neben ausgeprägtem Eisenoxid konnte auch ausgeprägtes Zinkoxid nachgewiesen werden. Das Zinkoxid kommt von der Feuerverzinkung des unlegierten Stahlblechs. Da diese Zinkschicht

durch Oxidation großflächig beschädigt bzw. zerstört wurde, kam es zur Oxidation des unlegierten Stahlblechs. Im Bereich des Stellfußes eines Druckwerks ist ein Querschliff des Bodenblechs in Bild 4 wiedergegeben. Man erkennt ganz deutlich das extrem zerrüttete Blech mit mächtigem Eisenoxid, zerstörter Zinkschicht und reduzierter Blechdicke von ursprünglich 1,0 mm auf 0,68 mm. Die untere Blechoberfläche in Bild 4 hat zur Maschine hin gezeigt und ist nicht beschädigt.

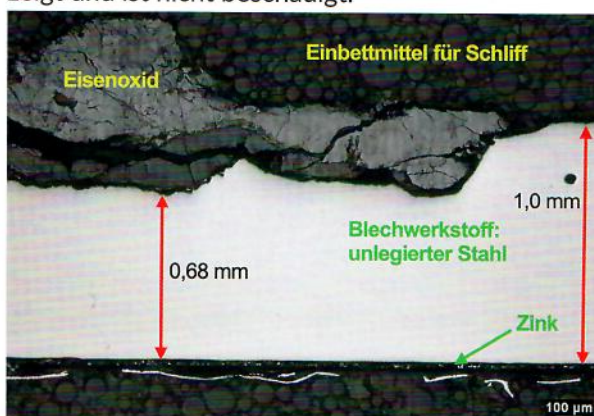


Bild 4: Querschliff durch verzinktes Bodenblech mit ausgeprägten Korrosionsprodukten

#### Oxidbildung an den Bodenblechen

Die einzelnen Stellfüsse der Druckwerke konnten sich unterschiedlich im Laufe der Zeit in vertikaler Richtung bewegen aufgrund der Korrosionsausbildung direkt unterhalb dieser Standfüsse zwischen verzinktem Stahlblech und Fundamentbodenplatte. Eisenoxid und Zinkoxid haben sich hier über einen längeren Zeitraum gebildet. Diese Oxide nehmen im Volumen zu und sind sehr hart und spröde. Dies erklärt auch, dass sich ein Druckwerk vertikal verschoben hat, so dass das Zahnspiel reduziert wurde. Entstanden sind die Korrosionsprodukte sicherlich seit der Inbetriebnahme der Bogendruckmaschine vor sechs Jahren aufgrund immer wieder überlaufender diverser Reinigungsflüssigkeiten und überlaufenden Feuchtwassers, welche als flüssige Medien unterhalb der am Fundamentboden liegenden Bleche eindringen und dadurch die Korrosionsprodukte an den feuerverzinkten Stahlblechen bilden. Zwischen den Blechen und der Fundamentbodenplatte bildet sich ein Mikroklima, da die Fluide nicht verdampfen können, wie dies oberhalb der Bleche zur Maschine hin möglich ist. Somit kommt es zwischen der Blechunterseiten und der Fundamentbodenplatte zur ausgeprägten Korrosion.

#### Fundamentbodenplatte

Parallel zu den Untersuchungen durch unseren Sachverständigen wurde ein Baugutachter, spezialisiert auf Beton, beauftragt.

Dieser hat die Werte der Chloridionenkonzentration im Beton gemessen mit dem Ergebnis, dass im Laufe der Jahre ein deutlicher Chlorideintrag stattgefunden hat. Offensichtlich durch ausgelaufene, nicht weiter definierbare Flüssigkeiten aus

der Maschine. In der Fachliteratur geht man davon aus, dass ab einem Wert von 0,5 Massen-% zur Zementmenge Bedingungen im Beton vorherrschen, welche eine Korrosion des eingelegten Bewehrungsstahls auslösen können. Im vorliegenden Fall liegt eine Betondeckung gem. Bestandsplan von ca. 4,0 cm vor, was durch einen Bewehrungstreffer im Bohrkern 1 bestätigt werden konnte. Dabei wurde ein Bewehrungsseisen in einer Tiefe von 4,5 cm festgestellt. Die Ergebnisse der Chloridproben zeigen in der Tiefe deutlich abnehmende Werte. Zudem sind die Werte bis zur Tiefe von 3,0 cm mit max. 0,21 Massen-% noch als unbedenklich einzustufen, was den Korrosionsangriff auf den Bewehrungsstahl betrifft. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit des Bauteils können diese Werte ebenfalls als unbedenklich eingestuft werden, wenn folgende Maßnahmen zukünftig beachtet werden:

- Die Aufstellflächen der Standfüße werden mit einem entsprechenden Schutzanstrich versehen.
- Auslaufende Flüssigkeiten sind zukünftig unmittelbar nach dem Austritt auf der Fundamentplatte zu entfernen.

Im Zuge der Untersuchungen wurde durch das beauftragte Baustofflabor auch eine Betondruckfestigkeitsprüfung an den beiden Bohrkernen durchgeführt. Im Ergebnis werden dabei Zylinderdruckfestigkeiten von 51,4 N/mm<sup>2</sup> bei Bohrkern 1 und 45,0 N/mm<sup>2</sup> bei Bohrkern 2 festgestellt. Die Ergebnisse erlauben eine Einordnung in die Druckfestigkeitsklasse C30/37 gemäß EC2. In den Ausführungs-Planunterlagen der Fundamentplatte wurde eine Betongüte C25/30 gefordert. Damit besitzt der vorliegende Beton eine höhere Festigkeitsklasse als ursprünglich gefordert, was sich eher als Vorteil für das vorliegende Bauteil zeigt.

Die Ergebnisse der Betonuntersuchungen konnten die erforderliche Qualität des Betongefüges an der Oberfläche und der erforderlichen Druckfestigkeit bestätigen. Die Erhebungen, welche sich durch die Korrosionsbildung auf der Betonoberfläche einstellten, wurden mechanisch aufwendig beseitigt und anschließend die Oberfläche mit einem geeigneten Schutzanstrich versiegelt.

#### Zusammenfassung

Es konnte erst jetzt durch aufwendige Untersuchungen gezeigt werden, dass der Betonboden unterhalb der Bogendruckmaschine nicht für die Beschädigungen, verursacht durch Schiefstellungen der Maschine, die Ursache ist. Ursache waren definitiv die ungeeigneten Bodenbleche, welche stark ausgeprägte Korrosionsprodukte bildeten mit dem Resultat der unterschiedlichen vertikalen Verschiebungen der Maschinenstellfüße. Der Maschinenhersteller ist hier zum Handeln aufgefordert, um solche oder ähnliche Schäden künftig zu vermeiden. Insgesamt sind in diesem Schadenfall Kosten in Höhe von 400.000 Euro angefallen.

## Büroadressen der neuen Vollmitglieder des BTE

Dipl.-Ing. / MBA Sebastian Herrmann  
Adjustex Schulz Herrmann Beratende Ingenieure  
PartG mbB  
Bachstraße 16  
58706 Menden (Sauerland)  
Tel.: 02373/84282  
E-Mail: adjustex@adjustex.de

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Ohlau  
Sachverständigenbüro Küster & Partner mbB,  
Beratende Ingenieure  
Hammeweg 1  
31303 Burgdorf  
Tel.: 05136/972270  
E-Mail: ohlau@sv-kuester.de

Dipl.-Ing. Architekt Sebastian Renz  
Renz + Partner mbB Architekten  
Junkersring 5  
53844 Troisdorf  
Tel.: 02241/87170  
E-Mail: post@svrenz.de

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Götzelmann  
Sachverständigenbüro  
Götzelmann & Dillbner GbR  
Brandenburgische Straße 30  
12167 Berlin (Steglitz)  
Tel.: 030/79780532  
E-Mail: goetzelmann@sv-gd.de

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Kaiser  
Sachverständigenbüro Kaiser  
Paracelsusstraße 18  
58515 Lüdenscheid  
Deutschland  
Tel.: 02351/3682010  
E-Mail: post@svkaiser.de

### IMPRESSUM

Herausgeber:  
Bund Technischer Experten e.V.  
Händelstraße 50  
40593 Düsseldorf  
E-Mail: geschaeftsstelle@expertepte.de  
Internet: www.expertepte.de

Redaktion:  
Dr. Markus Fenner  
Kastanienweg 11  
44577 Castrop-Rauxel  
Tel.: 02305 / 581 582  
E-Mail: fenner@sv-fenner.de