

# Den Bogen raus

**Für Stahlbeton – kathodischer Korrosionsschutz mit Zink.** Ein aktives Korrosionsschutzsystem ist dringend notwendig für Stahlbeton-Bauwerke, die unter stark korrosiven Umgebungsbedingungen leiden. Besonders bewährt hat sich dabei die US-amerikanische Entwicklung des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS). Ein in Deutschland weiterentwickeltes Lichtbogen-Spritzverfahren macht den KKS noch wirksamer.

**K**orrosionsschäden an Stahlbetonbauwerken sind weit verbreitet und kosten jedes Jahr allein in Deutschland Milliarden für Instandhaltung und tief greifende Sanierung. Dass Zink vor solcher Zerstörung bewahren kann, ist noch längst nicht allgemein bekannt. Bisher jedenfalls sind verzinkte Bewehrungsstähe bei Bauwerken in Deutschland nur in sehr geringem Umfang im Einsatz.

Unter normalen klimatischen Bedingungen ist die Stahlbewehrung durch den alkalischen

Beton ( $\text{pH} > 12.5$ ) ausreichend vor Korrosion geschützt. Dieser pH-Wert führt zu einer Passivierung der Stahloberfläche, welche die Korrosion unterbindet.

Ist ein Stahlbetonbauwerk ohne besonderen Schutz dem  $\text{CO}_2$  der Luft oder Chloriden ausgesetzt, wie es durch Seeluft und Seewasser oder Streusalz häufig vorkommt, dann kann es in nur wenigen Jahren zu gravierender Lochfraß- und Flächenkorrosion an der Bewehrung kommen.

Der Rost, dessen Volumen das bis zu Fünffache des ursprünglichen Stahls einnehmen kann, übt dadurch massiven Druck von innen auf den Beton aus. Zuerst bilden sich Risse, dann platzt der Beton einfach ab.

## Eine Alternative zu großem Betonabtrag

Mit herkömmlichen Korrosionsschutzmethoden ist dieses Problem nur schwer zu lösen. Bei salzbedingten Sanierungen ist meist ein großer Betonabtrag erforderlich.

»Der chloridverseuchte Beton muss an den betroffenen Stellen bis mindestens einen Zentimeter unterhalb der korrodierten Bewehrung abgetragen werden. Das ist ein erheblicher Eingriff in die Gesamtkonstruktion und sehr teuer«, veranschaulicht Dr. Frank Prenger, Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung der Duisburger Grillo-Werke AG.

Anschließend muss der Stahl gereinigt, grundiert oder womöglich an einigen Stellen

ersetzt und danach wieder mit Beton verfüllt werden. Allerdings besteht bei dieser konventionellen Instandsetzung die Gefahr, dass Chloride im Beton zurückbleiben. Dadurch können nach einigen Jahren sogar verstärkt neue Schäden auftreten.

Wesentlich effektiver ist da der kathodische Korrosionsschutz. Schon im 17. Jahrhundert wurden auf diese Weise kupferverkleidete Holzschiffe mit Zink- und Eisenanoden gegen Korrosion geschützt. Und auch Bauwerke aus Stahl können so vor ihrem Todfeind Rost bewahrt werden.

Der Gedanke, kathodischen Korrosionsschutz auch bei der Sanierung korrodiert oder korrosionsgefährdeter Betonstähe einzusetzen, wurde Mitte der 1970er Jahre in den USA entwickelt.

Beim KKS findet ein aktiver Eingriff in den Korrosionsprozess statt. Die Elektronen von einer Anode werden der zu schützenden Stahlbewehrung angeboten. Der Stromkreis wird auf der einen Seite durch

### Autorin

Dr.-Ing. Sabina Grund  
Initiative Zink,  
Wirtschaftsvereinigung Metalle  
Düsseldorf

[www.bautenschutz-bausanierung.de](http://www.bautenschutz-bausanierung.de)

### Das B+B Abo-Archiv:

Schlagworte: Abplatzung,  
Korrosion, Korrosionsschutz,  
Reinigung, Spritzverfahren



**Abb. 1:** Das Verfahren des Lichtbogenspritzens: Zinkmetall wird geschmolzen, per Gasstrahl zerstäubt und auf den Beton geschleudert



die Kontaktierung der Zinkanode mit der Bewehrung und auf der anderen Seite durch den Beton, der als Elektrolyt dient, geschlossen.

### Prinzip: Stromfluss treibt Chloridionen weg

Durch den Stromfluss wandern die negativen Chloridionen zur Anode und bewegen sich von der Stahlbewehrung weg. Kathodische Korrosionsschutzsysteme können durch eine externe Stromquelle (Fremdstromverfahren) oder durch den Potenzialunterschied zwischen einer Opferanode (wie Zink) und dem Eisen der Bewehrung gespeist werden.

Die Duisburger haben dies Verfahren mittlerweile weiterentwickelt. So ist ein Fremdstromverfahren zum kathodischen Korrosionsschutz konzipiert worden, bei dem in den Stahlbeton ein Titannetz eingelegt wird.

Dieses Netz wird an der Betonoberfläche befestigt und mit Spritzbeton überzogen. Über eine externe Gleichstromversorgung und entsprechende Mess- und Regeltechnik wird ein den Korrosionsbedingungen angepasster Strom auf die zu schützenden Bereiche aufgegeben.

Beim KKS mit Zink als Opferanode wird der Schutzstrom über den Spannungsunterschied der Metalle Zink (Spritzschicht) und Eisen (Bewehrungsstahl) erzeugt und über den Betonwiderstand geregelt (Abb. 2).

### Anwendungsbereiche und Wirtschaftlichkeit

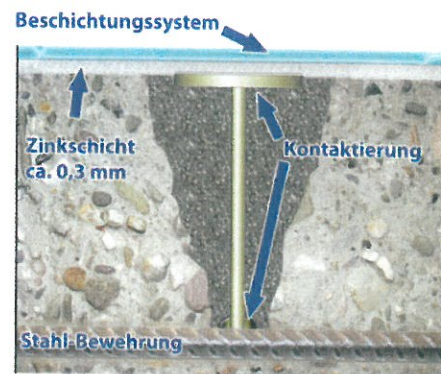
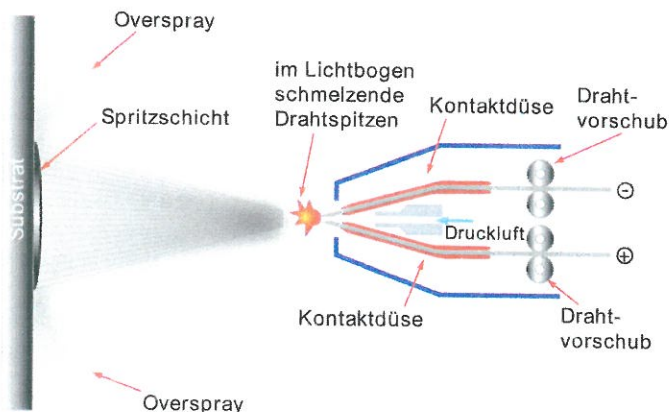
Die Installation dieses Systems ist sehr kostengünstig und sowohl auf Böden wie auch an Decken und Säulen möglich. Durch die geringe Schichtdicke der Anode ergeben sich keine geänderten Höhen oder statische Bedingungen.

Im ersten Schritt muss die Betonoberfläche zunächst gereinigt und aufgeraut werden, damit eine gute mechanische Haftfestigkeit erreicht wird. Die Spritzverzinkung wird dann in

**Abb. 2:** Prinzip Grillo-KKS-Beton – mehrlagig wird die Spritzverzinkung auf die aufgeraute und gereinigte Betonoberfläche gebracht. Über spezielle elektrische Kontakte wird die Zinkschicht mit der Stahlbewehrung verbunden.

**Abb. 3:** Das Prinzip des Drahtlichtbogenspritzens nach DIN EN 657

**Abb. 4:** Der Beton dieses Treppenhausturms einer Industrieanlage ist durch KKS über 30 Jahre geschützt.



mehreren Lagen aufgebracht.

Über spezielle elektrische Kontakte wird die Zinkschicht mit der Stahlbewehrung verbunden. Die Schichtdicke der Zinkanode beeinflusst die Lebensdauer des Korrosionsschutzsystems und liegt gewöhnlich im Bereich von 250 bis 400 µm. Die Haftzugfestigkeit der Zinkschicht liegt bei ordnungsgemäßer Vorbereitung der Betonoberfläche oft höher als die Festigkeit des Betons – im Bereich von 2 bis 3,5 MPa.

Sowohl die Haftzugfestigkeit als auch die Schichtdicke können mittels spezieller Messgeräte nach dem Aufbringen der Spritzschicht geprüft werden. Neben Bauwerken in Küstennähe und Industrieanlagen in chloridhaltiger Atmosphäre sind insbesondere Verkehrsbauten ein großer Einsatzbereich für den kathodischen Korrosionsschutz.

Schwere, teure Schäden treten vor allem an Brücken, Straßenbauwerken und in Parkhäusern auf. Die Kosten für eine konventionelle Sanierung übersteigen dabei die Herstellungskosten der Bauwerke oft um ein Mehrfaches.

### Fest haftender Zink auf Beton gebracht

»Einen fest haftenden metallischen Zinküberzug auf Beton aufzubringen, ist im Prinzip kein Problem. Wir benutzen dafür das für den Korrosionsschutz von Stahlbauwerken bewährte Lichtbogenspritzen«, erklärt Grillo-Projektingenieur Markus Kattanek (Abb. 3).

Dabei wird ein Spritzwerkstoff, in diesem Falle Zink, mit Hilfe eines elektrischen Entladungsprozesses vom festen in den flüssigen Zustand überführt und anschließend auf den Beton aufgetragen.

Zwei elektrisch leitende Zinkdrähte werden von einem Motor mit einem konstanten Vorschub aufeinander zugeführt und mit Spannung beaufschlagt. Zwischen den beiden Drahtenden wird ein über 4000° C heißer Lichtbogen gezündet, der als Energiequelle zum Aufschmelzen des Zinks dient.

Eine Stromdichte von über 100 A/mm<sup>2</sup> lässt die Drahtenden sofort schmelzen. Ein kräftiger Druckluftstrom zerstäubt und beschleunigt das flüssige Zink. Beim Aufprall auf den Beton erstarren die Tropfen und bilden eine festhaftende metallische Beschichtung aus.

»Das Verfahren arbeitet mit einem nur sehr geringen Wärmeeintrag in den Substratwerkstoff, denn die Tropfen kühlen sich aufgrund des großen Luftvolumens so schnell ab, dass sogar Pappe metallisiert werden kann, ohne dass sie verbrennt«, erläutert Kattanek.

Die Lebensdauer der aufgespritzten Zinkanode kann noch deutlich verlängert werden, wenn diese mit einem auf die Anwendung abgestimmten

### Bewährter Rostschutz

Zink schützt Stahl sehr wirkungsvoll vor Korrosion. Bekannt ist, dass schon seit Jahrzehnten Zink- und Zinklegierungen in der Automobilindustrie als Rostschutz erfolgreich eingesetzt werden. Oder dass Produkte aus Bauzink Fassaden, Dächer und andere Bereiche eines Hauses verschönern, ohne regelmäßige Wartungsarbeiten zu benötigen.



### Kathodischer Korrosionsschutz zur Sanierung und Prävention

Der KKS mit einer thermisch gespritzten Zinkschicht als Opferanode und einer darüber angeordneten Deckbeschichtung kann nicht nur zur Instandsetzung eingesetzt werden. Ist die Bewehrung nicht selbst bereits verzinkt, kann das Verfahren auch als Präventivmaßnahme genutzt werden. Er bietet immer dann eine gute Alternative zu anderen Verfahren, wenn Chloride bei Bauwerken bis in große Tiefen eingedrungen sind und die Bewehrung erreicht haben.

Deckschichtsystem geschützt wird. Dies ist zum einen auf das Verhindern der Korrosion der Zinkschicht durch die Umgebungsluft und zum anderen auf die Vermeidung von mechanischem Verschleiß der Spritzschicht zurückzuführen.

### Kombination von Zinkanode und Deckbeschichtung

Dieses weltweit patentierte Korrosionsschutzsystem besteht aus der Kombination der Zinkanode mit einer angepassten Deckbeschichtung. Es ist anwendbar für alle Stahlbetonstrukturen und wird seit 1997 unter besonders aggressiven Umgebungsbedingungen in Feldversuchen und Projekten getestet.

In freibewitterten Versuchständen in Industrie- und Seeklima wurden zahlreiche Voruntersuchungen mit salzbelastetem Beton durchgeführt. Unter anderem lassen sich die Potenziale und Ströme aufzeichnen. Anhand der Messwerte können kontinuierlich und zerstörungsfrei Aussagen über das Korrosionsverhalten gemacht werden.

Ausgewertet wurden auch Betonbohrkerne mit einem 3 %-igen Chloridgehalt bezogen auf den Zementgehalt. Bereits nach sechs Jahren kam es bei ungeschützten Proben zu starker Korrosion, wohingegen die mit dem System geschützten Proben keine Anzeichen von Korrosion zeigten.

Neben der farblichen Gestaltung erlaubt die Deckbeschichtung auch das Befahren der Flächen und schützt die Zinkanode vor mechanischem Verschleiß. Das ist vor allem bei Parkhäusern, die im Winter

dem abtropfenden salzhaltigen Schneematsch der Fahrzeuge ausgesetzt sind, sehr wichtig.

In speziellen Monitoringfeldern kann die Aktivität des KKS-Betons überwacht werden. Damit wird es möglich, die Bausubstanz zu überwachen und die Instandhaltungskosten langfristig zu reduzieren.

### Fallbeispiel: Mit Erfolg gegen Salz

»Bei diesem Verfahren bleiben die Kosten in einem überschaubaren Rahmen«, so Dr. Prenger. Ein Grund, warum es auch in Deutschland immer häufiger angewendet wird. Dies geschah beispielsweise am Treppenhausturm einer Industrieanlage auf dem ehemaligen Höchst-Gelände in Frankfurt (Abb. 4).

Das Gebäude wurde zum Sanierungsfall, weil in direkter Nachbarschaft pulverisiertes Salz aus Schiffen entladen wurde und die salzhaltige Luft den Stahlbeton zerstörte. Die Sanierung wurde bereits im Jahr 2004 durchgeführt und umfasste die Entfernung der losen Betonteile sowie das Ausbessern der Fehlstellen mit Spritzbeton.

Der salzbelastete Beton musste nicht komplett abgetragen werden. Lediglich alle 10 m<sup>2</sup> wurde eine kleine Stelle der Stahlbewehrung freigelegt und ein Edelstahlbolzen aufgeschweißt. Nach der Reinigung durch Sandstrahlen und einer einwöchigen Trockenphase der ausgebesserten Stellen konnte bereits die Verzinkung beginnen. Je nach Auslegung und Umweltbedingungen beträgt der Schutz des Betons nach einer solchen Behandlung 30 Jahre und mehr. ■

### REMMERS

## Schimmelsanierung

Auf der »Bau 2007« bildet das Thema Schimmelsanierung mit Nanotechnologie einen Präsentationsschwerpunkt der Lönninger. Ein hochaktuelles Marktfeld bei rund 10 Mio. Schimmelpilz-Allergikern in Deutschland.

Mit dem »Dreierpack« Putz, Platte und Beschichtung will das Unternehmen dem Schimmel Paroli bieten: Das Schimmelsanierputz-System bietet variable Schichtdicken, insbesondere für unebene Untergründe und hohe Alkalität (pH = 12–13). Das bedeutet Schimmel-Resistenz bei Teileinsatz im Wand- und Deckenbereich. Erstellte homogene Flächen weisen keine Stoßfugen auf, und ganzflächiger Verputz ergibt keine Schimmelnester.

Für die schnelle Instandsetzung von Innenwänden bei Schimmel- und Wasserschäden ist die neue Schimmel-Sanierplatte vorgesehen. Die leichte, zellstoffarmierte Kalzium-Silikatplatte ist ideal zur Verbesserung der Wärmedämmwerte, zur Regulierung der Innenkondensation und des Raumklimas. Bei Kondensataufnahme bleibt die Oberfläche dauerhaft trocken, verhindert damit das Einnisten von Schimmelpilzsporen. Die leichte Platte wird



Abb.: Remmers  
Mit Nanotechnologie-Entwicklung gegen Schimmel

ohne zusätzliche Vorsatzschale montiert. Die Schlussbeschichtung Bioni-Nature schafft dann mit Nanotechnologie und Silberpartikeln keimfreie Oberflächen, gift- und biozidfrei, dauerhaft und gesundheitsschonend, so der Hersteller weiter. Ein einfaches Beschichten damit reicht häufig, wenn sich der Schimmel nur auf Oberflächen wie Tapeten ausgebreitet hat.

Remmers Baustofftechnik GmbH  
Postfach 12 55  
49624 Lönningen  
Tel.: 05432 83-0  
Fax: 05432 3985  
E-Mail: info@remmers.de  
Internet: www.remmers.de

### HAHNE

## KMB im Winter

Als einsatzfähig für kalte Temperaturen bis –5 Grad ist das Bitumen-Abdichtungssystem Imberal 2K Winter zur Grundmauerabdichtung konzipiert worden. Das Datteler Unternehmen bietet diese besondere Systemanwendung bereits seit 1998, so dass es sich hier um eine bewährte Einsatzmöglichkeit handelt. Selbstverständlich

Für Abdichtungsbaustellen im Winter

