

Zink schützt Stahl

Schäden durch Korrosion an Stahlbetonbauwerken gehen in die Millionen. Der nachträgliche Schutz der Bewehrung mit Zink ist eine wenig bekannte, aber wirkungsvolle Methode



Auf Jahre geschützt: Der Beton des Treppenhausturms einer Industrieanlage auf dem ehemaligen Höchst-Gelände ist dank des kathodischen Korrosionsschutzes für über 30 Jahre geschützt.

Schon seit Jahrzehnten werden Zink und Zinklegierungen in der Automobilindustrie als Rostschutz erfolgreich eingesetzt. Auch Produkte aus Bauzink verschönern Fassaden, Dächer und andere Bereiche eines Hauses, ohne regelmäßige Wartungsarbeiten zu benötigen. Sogar Stahlbeton kann Zink vor dem Verfall bewahren.

Besonders bewährt hat sich dabei der kathodische Korrosionsschutz (KKS), der seit den siebziger Jahren in den USA und mittlerweile auch in Europa erfolgreich zum Einsatz kommt. Ein in Deutschland weiterentwickeltes Verfahren, welches aus der Kombination einer thermisch aufgespritzten Zinkanode mit Deckbeschichtung besteht, macht den KKS noch wirksamer. Der Einsatz dieses Verfahrens eignet sich vor allem für Bauwerke, die durch aggressive Umweltbedingungen wie salzhaltige Luft oder auch Streusalz gefährdet sind.

Unter normalen klimatischen Bedingungen ist die Stahlbewehrung durch den alkalischen Beton (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 CO₂ der Luft oder Chloriden ausgesetzt, wie es durch Seeluft, 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 Fünf-

fache 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. Bei der chloridinduzierten Korrosion handelt es sich aber meist um den noch gefährlicheren Lochfraß. Bei dieser Art der Korrosion kommt es zu sehr hohen lokalen Korrosionsraten, so dass die Standsicherheit eines Gebäudes schon nach kurzer Zeit gefährdet sein kann, obwohl sich dies von außen nicht durch Abplatzungen ankündigt.

Mit herkömmlichen Korrosionsschutzmethoden ist dieses Problem nur schwer zu lösen. Bei salzbedingten Sanierungen ist meist ein großer Betonabtrager erforderlich. Der chloridverseuchte Beton muss an den betroffenen Stellen entfernt werden. Das ist ein erheblicher Eingriff in die Gesamtkonstruktion und sehr teuer. 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 verstärkte 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 dem Todfeind Rost bewahrt werden.

Das Verfahren des Lichtbogenspritzens arbeitet mit einem nur sehr geringem Wärmeeintrag in den Substratwerkstoff. Die Tropfen kühlen sich so schnell ab, dass sogar Pappe metallisiert werden kann, ohne dass sie verbrennt..



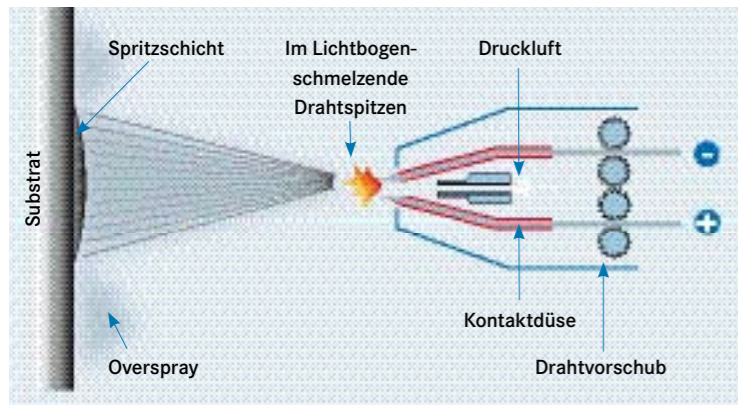
Chloride bekämpfen. Der Gedanke, kathodischen Korrosionsschutz auch bei der Sanierung korrodierter oder korrosionsgefährdeter Betonstähle einzusetzen, wurde Mitte der 1970er Jahre in den USA entwickelt. Der KKS mit einer thermisch gespritzten Zinkschicht als Opferanode und einer darüber angeordneten Deckbeschichtung kann nicht nur zur Instandsetzung sondern auch als Präventivmaßnahme eingesetzt werden. Es bietet immer dann eine gute Alternative zu anderen Verfahren, wenn Chloride bei Bauwerken bis in große Tiefen eingedrungen sind und die Bewehrung bereits erreicht haben.

Beim KKS findet ein aktiver Eingriff in den Korrosionsprozess statt. Die Elektronen der Zinkanode werden der zu schützenden Stahlbewehrung angeboten, so dass die Bewehrung durch den Elektronenüberschuß nicht mehr korrodieren kann. Der Stromkreis wird auf der einen Seite durch den Kontakt der Zinkanode mit der Bewehrung und auf der anderen Seite durch den Beton, der als Elektrolyt dient, geschlossen. Durch den Stromfluss wandern die negativen Chloridionen zur Anode und bewegen sich von der Stahlbewehrung weg. Kathodische Korrosionssysteme können durch eine externe Stromquelle (Fremdstromverfahren) oder durch den Potentialunterschied zwischen einer Opferanode (zum Beispiel Zink) und der Stahlbewehrung gespeist werden.

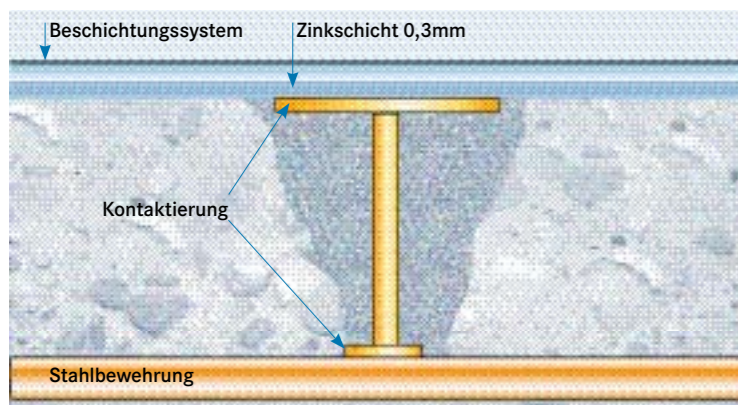
Es wurde ein Fremdstromverfahren zum kathodischen Korrosionsschutz

entwickelt, bei dem in den Stahlbeton ein Titannetz eingelegt wird. Das 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. 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.

Funktionsweise. Im ersten Schritt muss die Betonoberfläche gereinigt und aufgeraut werden, damit eine gute mechanische Haftung erreicht wird. Die Spritzverzinkung wird dann in 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 200 bis 300 µm. Die Haftzugfestigkeit der Zinkschicht liegt bei ordnungsgemäßer Vorbereitung der Betonoberfläche normalerweise höher als die Festigkeit des Betons. Sowohl die Haftzugfestigkeit als auch die Schicht-



Lichtbogenspritzen: Das Prinzip des Drahtlichtbogenspritzens nach DIN EN 657



Prinzip KKS-Beton. Die Spritzverzinkung wird auf die aufgeraute und gereinigte Betonoberfläche in mehreren Lagen aufgebracht. Über spezielle elektrische Kontakte wird die Zinkschicht mit der Stahlbewehrung verbunden. Die Lebensdauer der aufgespritzten Zinkanode wird durch das Aufbringen eines auf die Anwendung abgestimmten Deckschichtsystems deutlich verlängert.

dicke 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 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 Vielfaches.

„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 Markus Kattanek,

Projektingenieur bei der Firma Grillo. Bei diesem Verfahren 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 aufeinander zugeführt und mit Spannung beaufschlagt. Zwischen den beiden Drahtenden wird ein über 4 000 Grad Celsius heißer Lichtbogen gezündet, der als Energiequelle zum Aufschmelzen des Zinks dient. Eine Stromdichten bis über 100 A/mm² lassen 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. Dabei arbeitet das Verfahren mit einem nur sehr geringem Wärmeeintrag in den Substratwerkstoff. Die Tropfen kühlen sich aufgrund des großen Luftvolumens so schnell ab, dass sogar Papier metallisiert werden kann, ohne dass es verbrennt.

Die Lebensdauer der aufgespritzten Zinkanode kann noch deutlich verlängert werden, wenn diese mit einem auf die Anwendung abgestimmten Deckschichtsystem geschützt wird. Dies ist zum einen auf das Verhindern der Korrosion der Zinkschicht durch die Umgebungsatmosphäre und zum anderen auf die Vermeidung von mechanischem Verschleiß der Spritzschicht zurückzuführen. Dieses weltweit patentierte Korrosionsschutzsystem besteht aus der Kombination der Zinkanode mit einer angepassten Deckbeschichtung. Es eignet sich für alle Stahlbetonstrukturen und wird seit 1997 unter besonders aggressiven Umgebungsbedingungen in Feldversuchen und Projekten getestet.

Bewährungsprobe Praxis. In freibewitterten Versuchsständen in Industrie- und Seeklima wurden zahlreiche Voruntersuchungen mit salzbelastetem Beton durchgeführt. Unter anderem werden die Potenziale und Ströme aufgezeichnet. 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 Ver-

schleiß. 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-Beton überwacht werden. Damit wird es möglich, die Bausubstanz zu überwachen und die Instandhaltungskosten langfristig zu reduzieren.

Bei diesem Verfahren bleiben die Kosten in einem überschaubaren Rahmen. Ein Grund, warum es auch in Deutschland immer häufiger angewendet wird. So zum Beispiel bei einem Treppenhausturm einer Industrieanlage auf dem ehemaligen Höchst-Gelände in Frankfurt. Das Gebäude wurde zum Sanierungsfall, weil in direkter Nachbarschaft pulverisiertes Salz aus Schiffen entladen wird und die salzhaltige Luft den Stahlbeton angreift. 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 zehn Quadratmeter wurde eine kleine Stelle der Stahlbewehrung freigelegt und ein Edelstahlbolzen aufgeschweißt. Nach dem Sandstrahlen und der 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.

▲ Dr.-Ing. Sabina Grund ist Projektleiterin bei der Initiative Zink

Weitere Informationen unter:

www.initiative-zink.de
www.kks-beton.de

Produkte zur Betonsanierung



Feste Verbindung

In nur wenigen Arbeitsschritten erhalten neue wie alte Betonböden mit Basic System eine dauerhaft glänzende und leicht zu reinigende Oberfläche. Nach dem Schleifen mit einer speziellen Diamantschleifmethode wird Vitro Beton aufgetragen, der sich aufgrund seiner silikatischen Materialbasis fest mit dem Untergrund verbindet. Besondere Anforderungen an die Struktur der Oberfläche werden durch erneutes Schleifen erzielt.
www.basicsystem-deutschland.de



Abgestimmtes System

Mit dem neuen Reparatur-System bietet Sopro für eine Vielzahl von Betoninstandsetzungsarbeiten ein spezielles Produkt. Dazu zählen güteüberwachte Korrosionsschuttmörtel und Mörtelhaftbrücken ebenso wie Betoninstandsetzungs- oder Betonfeinspachtel. Die Materialien ermöglichen eine fach- und normgerechte Betonsanierung nach der ZTV-ING sowie nach der Instandsetzungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton.
www.sopro.de



Sicherheit durch Qualität

Die technischen Regeln und Verfahren zur Betoninstandsetzung bilden die Grundlage für Ausschreibung, Materialanforderungen, Abwicklung und Qualitätssicherung der Arbeiten. Ihre Beachtung schützt Planer außerdem vor Fehlern. Zum Beispiel kann ein Verstoß gegen die Instandsetzungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) nicht nur zu vertraglichen, sondern gegebenenfalls auch zu (haftungs)rechtlichen Konsequenzen führen.
www.betonerhaltung.com



Breites Spektrum

Der leichte Reparaturmörtel PCI Nanocret 100 und der leichte Instandsetzungsmörtel PCI Nanocret 70 repräsentieren eine neue Generation von Reparatur- und Instandsetzungsmörteln für Betonbauteile. Die beiden Produkte zeichnen sich durch ein außergewöhnlich breites Einsatzfeld für Anwendungen an Wänden, Böden und Decken sowie innen und außen aus. Zusätzliche Vorteile bieten die durch die Leichtmörteltechnologie erreichten positiven Verarbeitungseigenschaften.
www.pci-augsburg.de