

## Hinweise zur Überprüfung von feuerverzinkten Stahlkonstruktionen

Bei feuerverzinkten Stahlkonstruktionen sind Risse aufgetreten, die zu einer Gefährdung der Standsicherheit geführt haben. Die Schadensfälle sind Anlass, bestimmte Stahlkonstruktionen auf mögliche Rissbildungen hin zu überprüfen, um Gefahren rechtzeitig erkennen und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen ergreifen zu können.

In den nachfolgenden Ausführungen wird die Problematik erläutert und aufgezeigt, wie in den kritischen Fällen zu verfahren ist.

### Worum geht es?

Das Feuerverzinken von Stahlkonstruktionen schützt den Werkstoff vor Korrosion. Der übliche Verzinkungsvorgang selbst erfolgt durch Eintauchen der Stahlbauteile, nach einem Beizvorgang üblicherweise in verdünnter Salzsäure zur Entfernung von Verunreinigungen, in eine 440° C bis 460° C heiße Zinkschmelze. Besonders für Kleinteile gibt es das Hochtemperaturverzinken bei Temperaturen von ca. 530° C. Diese Art des Korrosionsschutzes hat sich seit Jahrzehnten bewährt.

Weil die Oberflächenbeschaffenheit verzinkter Stahlbauteile aber oft nicht ästhetischen Ansprüchen genügte, variierten die Verzinkungsbetriebe die Zinkschmelzenlegierung derart, bis mit der Verzinkung bei den Stahlkonstruktionen die gewünschte Optik entstand und eine vom Siliziumgehalt des Stahls relativ unabhängige Schichtdickenausbildung gegenüber herkömmlichen Zinkschmelzen möglich war. Durch diese Zinkschmelzenumstellungen seit Mitte 2000 ist es zu Schäden bei großen verzinkten Stahlkonstruktionen gekommen, die zu einer Gefährdung der Standsicherheit geführt haben. Die Umstellung kann bewirken, dass Stahlgüten und konstruktive Details, die früher problemlos zu verzinken waren, nun erhebliche Rissbildungen beim Verzinken zeigen. Bei Verwendung dieser geänderten Zinkschmelzenlegierungen ist mit einer Erhöhung des Schadenspotentials zu rechnen, wenn entsprechende Veränderungen der Flussmittelzusammensetzung und der Beizzusammensetzung vorgenommen und zudem ungünstige Eintauchgeschwindigkeiten gewählt worden sind.

Als Hauptursache für die Probleme wird eine Umstellung von Verzinkungsbädern auf veränderte Blei-, Zinn- und Bismutanteile gesehen. Zinkschmelzen mit einem Zinngehalt von > 0,3 Masseprozent, einem Bleigehalt von > 0,9 Masseprozent und einem Bismutgehalt von > 0,1 Masseprozent werden als kritisch angesehen.

Es sind meistens ein Hauptriss und diverse Nebenrisse vorhanden. In den Rissen ist die Konzentration an Zinn und Blei oft höher als in der Schmelze. Risse an Stahlprofilen sind in der Regel geschlossen und von der Zinkschicht überdeckt, so dass sie nicht mit dem bloßen

Auge erkennbar sind. Sie entstehen fast ausschließlich durch flüssigmetallinduzierte Spannungsrisskorrosion (durch von außen aufgebrachte oder durch innere Zugspannungen ausgelöste Korrosion). Mit steigender Härte, z. B. durch Aufhärtungen (Brennschneiden, Heftschweißung) steigt die Rissanfälligkeit. Die Rissauffindung ist schwierig, da die Risse in der Regel mit einer Zinkschicht überzogen sind und damit visuell nicht erkennbar sind. Das einzige praktikable zerstörungsfreie Verfahren ist die Magnetpulverprüfung, die eigentlich dafür nicht vorgesehen ist und auch nur bei modifizierter Anwendung (stärkeres Magnetfeld) eine Anzeige bringt. Feine Risse werden u. U. nicht angezeigt. Die aus dem Eintauchprozess herrührenden Spannungszustände können zusammen mit der Schmelzenlegierung und der Temperatur rissauslösend sein. Bei abnehmender Eintauchgeschwindigkeit steigt das Risspotential bei entsprechend anfälligen Konstruktionen erheblich. Es wurde ein Weiterwachsen von Rissen unter der Zinkschicht beobachtet. Ursache dafür könnte die Zinnkonzentration in den Rissen sein, im Gegensatz zum Zink ist Zinn "edler" als Stahl was evtl. zur Schädigung des Stahls führt. Besonders gefährdet sind Bauteile mit hohen Eigenspannungen aus Kaltverfestigung, Kaltumformung oder Schweißen. Risse gehen oft von konstruktiv- oder fertigungsbedingten Kerben aus. Damit es zur Rissbildung kommt, sind in der Regel mehrere nachteilige Einflüsse erforderlich. Wie hoch der jeweilige Anteil ist, kann man derzeit nicht mit Bestimmtheit sagen. Weitere Einflüsse auf das Ergebnis der Verzinkung haben u. a. der Eintauchwinkel, die Eintauchgeschwindigkeit, die Flussmittelzusammensetzung und -konzentration (Eisengehalt), eine Vorwärmung des Materials sowie das Trocknen der Bauteile nach dem Beizvorgang. Verzinkungsrisse sind besonders heimtückisch, da sie in den meisten Fällen im unbelasteten Zustand (wegen der Zinkschicht) nicht sichtbar sind und sich nur im Grenzzustand öffnen (Ausnahmen z. B. halbe Kopfplatten).

#### Was ist zu tun?

Schäden an verzinkten Stahlkonstruktionen können die Standsicherheit erheblich beeinträchtigen und somit eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere für das Leben und die Gesundheit von Menschen darstellen.

Es hat sich als notwendig erwiesen, bei weitgespannten oder hohen Konstruktionen zu überprüfen, ob Risse in den für die Standsicherheit maßgeblichen Bauteilen aufgetreten sind. Die Untersuchungen erstrecken sich auf

1. Stahlkonstruktionen mit Spannweiten von mehr als 15 m oder Konstruktionshöhen von mehr als 10 m sowie deren Anschlüsse,

2. Konstruktionsteile mit hohem Eigenspannungszustand - das sind vor allem geschweißte (Kopfplatten, Steifen, Stumpfstöße) und kaltverformte Bauteile, da zur flüssigmetallinduzierten Spannungsrisskorrosion ein Spannungszustand gehört - und
3. Bauteile aus S355 und höherwertig. Bei hohen Kaltverformungsgraden sind jedoch auch Bauteile aus S235 zu erfassen. Höherfeste Stähle begünstigen wegen ihrer chemischen und metallurgischen Zusammensetzung die Spannungsrisskorrosion.

Es werden nur Stahlkonstruktionen untersucht, die nach dem Juli 2000 verzinkt wurden. Ab diesem Zeitpunkt wurden problematische Zinkbadlegierungen mit kritischen Anteilen von Zinn, Bismut und Blei verwendet.

Bei Vorliegen der vorgenannten Voraussetzungen sind die beteiligten Verzinkereien über die Stahlbaufirma zu ermitteln. Bei den Verzinkereien ist die Zusammensetzung der Zinkbadschmelze für die betreffenden Bauvorhaben (Zeiträume) abzufragen. Schmelzen mit einem Zinnanteil von  $> 0,3 \%$ , einem Bleigehalt von  $> 0,9 \%$  und einem Bismutanteil  $> 0,1 \%$  gelten als bedenklich.

Werden diese Mengenanteile überschritten, sind die Stahlbauten stichprobenartig an ihren statisch bedeutenden Stellen mit dem modifizierten Magnetpulververfahren zu untersuchen. Dies gilt auch, wenn die Zinkbadzusammensetzung nicht zeitnah zu ermitteln ist. Für die sachgerechte Durchführung des modifizierten Magnetpulververfahrens kann z. B. die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV im Saarland befragt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die meisten Schäden von der Zinkschicht überdeckt werden und mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind.

Der Prüflingenieur für Baustatik und ggf. auch der Tragwerksplaner sollten bei der Festlegung der kritischen Stellen, die am Bauwerk geprüft werden müssen, beteiligt werden.

Je nach Ergebnis ist über ein weiteres Vorgehen zu entscheiden (Anzahl der Prüfungen, möglicherweise erforderliche Maßnahmen zur Sicherung und Reparatur, weitere Auswahl von Bauwerken).

Für Rückfragen stehen die Bauaufsichtsbehörden zur Verfügung.