

Korrosion bei Boilern

Es besteht ein möglicher Konflikt zwischen Korrosionsschutz, der eine dünne Kalkschicht benötigt, und dem effizienten Betrieb des Boilers (Wassererwärmer/Warmwassererzeuger), welcher durch zu dicke Kalkschichten beeinträchtigt wird. Es ist daher unerlässlich die möglichen Massnahmen aufzuzeigen, welche den zuverlässigen und dauerhaften Betrieb des Boilers ermöglichen.

Einleitung

Basierend auf den Ausführungen des Berichtes SGK (Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz) ^[1] kann die nachträgliche Installation einer Enthärtungsanlage als unkritisch eingestuft werden, sofern die Fehlstellen im Boiler bereits mit einer Kalkschicht bedeckt sind und keine Entkalkung der Hausinstallation vorgenommen wird. Allfällige Korrosionsprobleme sind in diesem Fall auf Fehlstellen in der Beschichtung begrenzt, welche sich erst während dem Betrieb oder bei späteren Revisionen bilden. Kritischer ist aber der Ersatz eines Boilers oder der Weiterbetrieb eines Boilers nach einer mechanischen oder chemischen Entkalkung des Systems. In diesen beiden Fällen muss sich zunächst eine ausreichende Kalkschicht bilden. Dies kann insbesondere bei weichem Wasser oder bei zu tief eingestellter Resthärte nach einer Enthärtungsanlage der Fall sein.

Bildung der Kalkschicht bei der Inbetriebnahme

Für den Korrosionsschutz ist die Bildung einer dünnen Kalkschicht erforderlich. Der Betrieb einer Enthärtungsanlage kann die Bildung der Kalkschicht erschweren oder gar verhindern. Das Ausmass dieses Effekts ist in erheblichem Masse abhängig von der Einstellung der Enthärtungsanlage. Insbesondere wenn eine vollständige Enthärtung ($<1^\circ\text{fH}$) erreicht wird, ist es üblicherweise nicht möglich eine Kalkschicht aufzubauen.

Aufbau einer Kalkschicht im Betrieb

Es kann daher sinnvoll sein, die Enthärtungsanlage beim Einbau eines neuen schwarzen emaillierten Stahl-Boilers für ca. 3 Monate ausser Betrieb zu nehmen. In diesem Zeitraum besteht für das System die Möglichkeit, eine Kalkschicht aufzubauen. Die Möglichkeit des Aufbaus einer Kalkschicht durch Ausserbetriebnahme der Enthärtungsanlage besteht dadurch. Alternativ kann es sinnvoll sein die Enthärtung zu begrenzen. Damit ist in vielen Fällen die Neubildung der Kalkschicht unter der Wirkung des **kathodischen Korrosionsschutzes (KKS)** möglich. Damit kann auch die Verkalkung von Fehlstellen erreicht werden, welche sich erst während dem Betrieb der Anlage bilden.

Zementauskleidung

In sehr weichem Wasser ist die Bildung einer Kalkschicht nicht möglich und die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes ist in solchen Wässern stark eingeschränkt. Durch Zementauskleidung der blanken Metalloberflächen vor der Inbetriebnahme kann die Korrosionsschutzwirkung deutlich verbessert werden.

Streuströme

Mit dem vermehrten Einsatz von modernen Elektronikkomponenten wie Wechselrichtern oder Frequenzumformern wird eine Zunahme des Stromflusses

auf den Potenzialausgleichsleitern in Gebäuden beobachtet. Bis heute gibt es keinen Nachweis, dass diese Ströme für Korrosionsschäden an Boilern verantwortlich sind. Für Korrosionsschäden am Boiler müsste ein Stromübertritt aus dem C-Stahl (schwarzer Stahl) ins Wasser erfolgen. Dies ist technisch unmöglich, da der KKS einen Stromeintritt in den C-Stahl bewirkt. Ein Beitrag von Streuströmen zur Korrosion ist nach heutigem Kenntnisstand daher ausgeschlossen.

Boilerqualität

Der Korrosionsschutz wird massgeblich durch die Qualität des Boilers bestimmt. Insbesondere der Beschichtung und deren Fehlstellenfreiheit kommt eine grosse Bedeutung zu, aber auch die Konstruktion, die Detailausbildung, als auch die Verarbeitung und die Installation beeinflussen massgeblich den Korrosionsschutz. Diese Aspekte werden im Folgenden behandelt.

Beschichtung

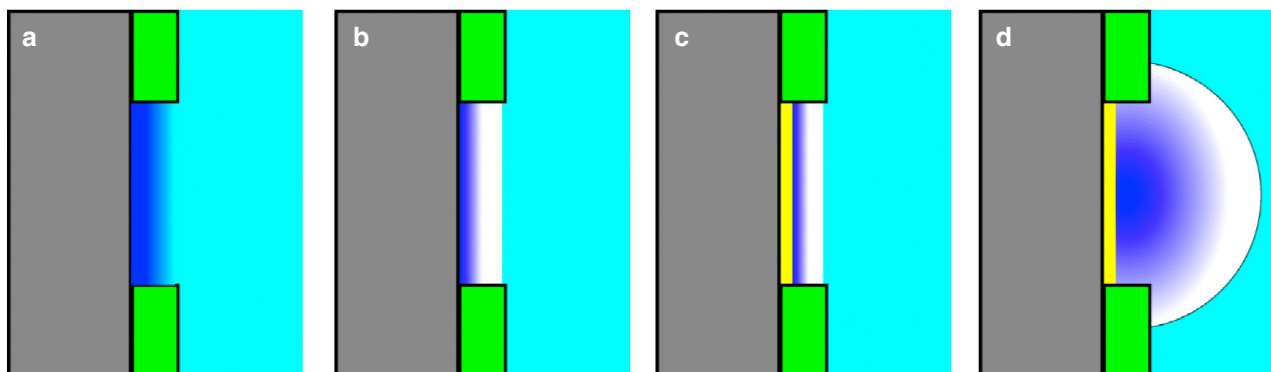
Die Beschichtung der Boiler aus C-Stahl bewirkt einen hervorragenden Korrosionsschutz. Eine

vollständige Beschichtung sämtlicher metallischer Komponenten ist die Voraussetzung für eine maximale Wirksamkeit. Je grösser die Fehlstellen und die blanken Metalloberflächen aus nichtrostendem Stahl oder Kupferwerkstoffen sind, desto aufwändiger wird der Korrosionsschutz. In der Folge steigt auch die Bedeutung der Kalkschicht für die effiziente Verhinderung von Korrosion. Die Fehlstellenfreiheit und die gute Haftung der Beschichtung ist somit ebenfalls in hohem Masse relevant für den dauerhaften Korrosionsschutz.

Konstruktion

Die konstruktive Auslegung beeinflusst den Korrosionsschutz durch die folgenden Effekte:

- Mischkonstruktionen sind zu vermeiden. Sie beeinträchtigen die Wirksamkeit des KKS massgeblich.
- In Spalten ist der Stromzutritt und damit der Korrosionsschutz beeinträchtigt. Konstruktive Spalten sind daher zu verhindern.
- Die Auslegung des KKS muss der Geometrie und dem Strombedarf angepasst sein.



Emaille-Beschichtung (grün) mit Fehlstelle auf C-Stahl (dunkelgrau)

- der KKS führt zur pH-Erhöhung (dunkelblau) an der Stahloberfläche;
- der erhöhte pH-Wert führt zur Bildung einer dünnen Kalkschicht;
- der erhöhte pH-Wert im Kalk führt zur Bildung eines schützenden Passivfilms (gelb);
- bei erhöhter Härte des Wassers kommt es zur Bildung von voluminösen Kalkschichten.



Fremdstrom-Anode

Metallisches Bauteil aus Titan mit einer Mischmetalloxid-beschichtung (MMO), welches elektrisch isoliert am Boiler installiert wird. Der Schutzstrom wird zwischen Fremdstrom-Anode und Boiler durch ein Schutzstromgerät eingespeist.



Opfer-Anode

Metallisches Bauteil aus einer Magnesiumlegierung, welches beim kathodischen Korrosionsschutz als Anode verwendet wird und während der Nutzungsdauer fortlaufend abgebaut wird.

Verarbeitung und Installation

Bei der Produktion und Installation von Boilern können die folgenden Effekte auftreten:

- Die Beschichtung wird beim Transport oder der Montage beschädigt.
- Flussmittelrückstände von Lötprozessen begünstigen die Korrosion.
- Die Nachbehandlung von Schweißnähten ist unzureichend und führt zu einer beeinträchtigten Beschichtungsqualität.

Die optimierte Konstruktion und die einwandfreie Werkstoff- und Verarbeitungsqualität des Boilers tragen wesentlich zur Dauerhaftigkeit des Systems bei.

Schlussfolgerungen

Die Innenbeschichtung von Boilern aus C-Stahl in Kombination mit einem KKS verringert die Korrosion auf ein vernachlässigbares Mass und bewirkt eine hohe Dauerhaftigkeit dieser Systeme. Voraussetzungen dafür sind ein angemessen sorgfältiger Umgang bei Transport und Montage, sowie:

- Eine hervorragende Beschichtungsqualität
- Ein korrekt ausgelegter KKS
- Eine Wasserzusammensetzung, welche die Bildung von Kalkschichten ermöglicht

Idealerweise sind alle drei Bedingungen erfüllt. Es wird aber oft auch ein befriedigender Korrosionsschutz erreicht, wenn nur zwei dieser Bedingungen gegeben sind. Sobald aber nur noch eine Bedingung erfüllt ist, können Korrosionsschäden und beeinträchtigte Nutzungsdauer nicht ausgeschlossen werden.

Der Bildung von dünnen und korrosionsschützenden Kalkschichten kommt in der Folge eine relevante Bedeutung zu. Beim Einbau eines neuen Boilers oder nach einer Entkalkung muss dafür gesorgt sein, dass eine einwandfreie Beschichtungsqualität vorliegt oder dass sich die schützende Kalkschicht wieder bilden kann. Dies ist sowohl beim Betrieb des Wassers in Regionen mit sehr weichem Wasser



als auch beim Betrieb einer Enthärtungsanlage von Bedeutung. Für die Bildung einer Kalkschicht stehen die folgenden Möglichkeiten im Vordergrund:

- Ausserbetriebnahme der Enthärtungsanlage während ca. 3 Monaten zur Kalkschichtbildung
- Begrenzung der Enthärtung, sodass eine verbleibende Härte bestehen bleibt. (in der Praxis bewährt sich eine Resthärte von ca. 6-12°fH, gemäss Vortrag vom 9.11.2023 durch Dr. M. Büchler, SGK)
- Zementauskleidung des Boilers

Mit diesen Massnahmen wird sowohl die Korrosionsgefährdung als auch die Energieeffizienz des Boilers optimiert. Dünne Kalkschichten können sich bilden, welche für den Korrosionsschutz erforderlich sind. Gleichzeitig wird die Bildung von voluminösen Verkalkungen vermindert. Die Energieeffizienz bleibt durch die Enthärtung erhalten und die angrenzenden Verrohrungen werden damit geschützt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Bildung der Kalkschichten gemäss Berichtes SGK [1] von verschiedenen Einflussfaktoren abhängt. Es gibt bis heute keine Möglichkeit deren Beitrag zu quantifizieren und verlässliche Aussagen in Bezug auf den Umfang der Kalkbildung zu machen.

Trotzdem kann bei Berücksichtigung der vorgeschlagenen Massnahmen eine Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Boilern aus C-Stahl erreicht werden.

Literatur

1. Merkblatt zu Korrosion in Boilern aus C-Stahl, Bericht-Nr. 23045 Dr. Markus Büchler, SGK