

# Verhütung von Korrosionsschäden an Be- und Entlüftungseinrichtungen in industriemäßigen Tierproduktionsanlagen

Ing. W. Schreck, KDT, Leitstelle für Korrosionsschutz des Ministeriums für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft beim VEB Ausrüstungskombinat für Rinderanlagen Nauen, Betrieb VEB Landtechnische Industrieanlagen Seehausen

Die weitere Intensivierung und Steigerung der Tierproduktion erfordert die Einhaltung bestimmter Stallklimaparameter. Seit 1974 sind die Stallklimaanforderungen im Standard TGL 29084 „Landwirtschaftsbau — Stallklimagestaltung“ [1] festgelegt.

Die gegenwärtig von der Industrie zur Verfügung gestellten Einrichtungen zur Klimagestaltung erfüllen bereits die grundlegenden Anforderungen [2]:

- Unterschiedliche Außenluftmenge im Jahresverlauf, d. h. großer Luftstrom im Sommer und kleiner Luftstrom im Winter
- Ausnutzung der von den Tieren abgegebenen fühlbaren Wärme durch Erzeugung eines stabilen Raumwirbels
- Absaugung von Schadgasen.

Die Lüftungstechnik ist ein sehr kostenintensiver Mechanisierungsfaktor. Die Aufwendungen betragen z. B. in einer 1930er-Milchviehanlage rd. 270 M je Tierplatz (ohne BMSR-Technik und Elektroausrüstung). Daraus ergibt sich die Aufgabe, die Lüftungstechnischen Einrichtungen zu verbilligen und ihre Lebensdauer zu erhöhen, wozu auch ein effektiver Korrosionsschutz entscheidend beiträgt.

## 1. Allgemeine Angaben zum Aufbau und zur Funktionsweise der Lüftungstechnischen Anlagen

Die von der Leitstelle für Korrosionsschutz untersuchten Korrosionsschadensfälle betrafen Lüftungstechnische Anlagen nach dem ILKA-SL-System. Das SL-System wurde vom Institut für Luft- und Kältetechnik speziell für den Einsatz von Großviehanlagen entwickelt. Hierbei wird eine den Wärmelastbedingungen angepasste Außenluftmenge (Primärluft) zentral aufbereitet und über ein Kanal- bzw. Röhrensystem zu den Stalllüftungsgeräten (SL-Bausteinen) gefördert. Dort tritt sie über Düsen aus und saugt infolge Injektorwirkung einen Sekundärstrom an. Diese Mischluft wird als Zuluft in den Stallraum geblasen. Die Fortluft wird über Fortlüfter abgesaugt. Das SL-System besteht im Prinzip aus folgenden Teilsystemen:

- Primärluftaufbereitung
- Primärluftverteilung
- SL-Geräte
- Regelanlage
- Fortluftsystem.

## 2. Mögliche Korrosionsschadensfälle

Korrosionsschäden traten insbesondere bei den Rohrleitungen der Primärluftverteilung, aber auch bei allen anderen Anlagenteilen auf. Die Rohrleitungen bestehen aus sendzimirverzinntem Blech (Schichtdicke 25 bis 30 µm). Wie Bild 1 verdeutlicht, war die Zinkschutzschicht nach einer Nutzungsdauer der Rohrleitungen von 1 bis 2 Jahren z. T. vollkommen abgetragen. Weiterhin sind Stellen anzutreffen, an denen lose haftende Zinkschichten aufliegen, die mühelos entfernt werden können. Dabei sind Dickenverluste bis zu 20 µm zu verzeichnen.

## 3. Ursachen der Korrosionsschäden an den Lüftungstechnischen Anlagen

### 3.1. Einschätzung des Stallklimas

In den Ställen, in denen Korrosionsschäden auftraten, wurden Messungen der Stallklimawerte Luftfeuchte und Schadgaskonzentrationen (Schwefelwasserstoff H<sub>2</sub>S, Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, Ammoniak NH<sub>3</sub>) durch die zuständigen Bezirksinstitute für Veterinärwesen durchgeführt. Dabei zeigten sich folgende Ergebnisse:

- Die Schadgaskonzentrationen lagen während der gesamten Meßzeiträume in den zulässigen Grenzen.
- Mit geringen Ausnahmen lagen die Temperaturen im geforderten Optimalbereich.
- Die relative Luftfeuchte wies während der Messungen folgende Verteilung auf:
  - 39 % der Meßstunden mit einer Luftfeuchte über 60 % bis 80 % (Optimalbereich)
  - 30 % der Meßstunden mit einer Luftfeuchte von 80 % bis 85 % (oberer Grenzbereich)
  - 31 % der Meßstunden mit einer Luftfeuchte über 85 %.

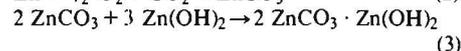
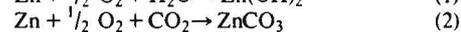
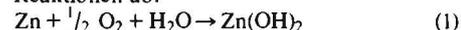
Diese Messungen wurden in den Sommermonaten durchgeführt. Die relative Luftfeuchte in den Frühjahrsmonaten bewegte sich zwischen 90 % und 100 %.

### 3.2. Korrosionsschutzwirkung von Zinkschutzschichten

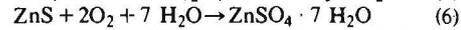
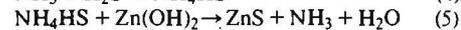
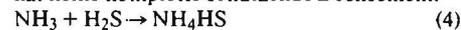
Eine Zinkschicht schützt den darunterliegenden Stahl in zweifacher Hinsicht. Einmal schützt die Zinkschicht katodisch, indem sie selbst zur Lösungsanode wird. Die katodische Schutzwirkung tritt erst dann auf, wenn die Zinkschicht auf dem Stahl durch mechanische Beanspruchungen oder durch die Korrosion abgetragen ist und örtliche Stahlflächen freiliegen sowie gleichzeitig Wasser vorhanden ist. Diese Schutzwirkung kann nur so lange erfolgen, bis sich das Zink durch den ablaufenden elektrochemischen Prozeß (Redoxreaktion) aufgelöst hat. Dieser Vorgang darf nicht überbewertet werden. Ein Durchbruch der Zinkschicht bis auf das Grundmetall ist auf jeden Fall zu vermeiden, da die schützende Zinkschicht durch Unterrostung rasch abgestoßen werden kann. Außer dieser katodischen

Schutzwirkung bildet sich an der Atmosphäre auf dem Zink eine dichte Deckschicht von basischem Zinkkarbonat bzw. Zinkhydroxid, deren Korrosionsbeständigkeit auf der sehr geringen Wasserlöslichkeit beruht. Äußerlich ist die Schichtbildung daran zu erkennen, daß die anfangs allgemein glänzende blumige Zinkoberfläche ihren Glanz verliert und hell- oder dunkelgrau wird. Der trotzdem vorhandene Abbau der Zinkschutzschicht verläuft annähernd linear und ist von den Korrosionsbeanspruchungen abhängig. In Tafel I sind die Korrosionsverluste bei einer Zinkschicht in Abhängigkeit vom Atmosphärentyp zusammengestellt [3]. Stallatmosphäre ist jedoch nicht gleich Landatmosphäre, sie ist in ihrer korrosiven Wirkung eher der Industrielatmosphäre gleichzusetzen. Daher haben die aufgeführten Zahlen nur orientierenden Charakter.

Ein wesentliches Merkmal der Stallatmosphäre ist die ständige hohe Luftfeuchtigkeit. Die schützende Deckschicht kann sich nicht ausbilden, wenn die Zinkoberfläche mit Wasser, insbesondere mit sehr weichem Wasser, wie Regen- oder Schwitzwasser, benetzt ist. Unter diesen Bedingungen kommt es zur Bildung lockerer, wasserreicher weißer Schichten (Weißrost). Dadurch kann die Zinkschicht in vielen Fällen bis zum Stahluntergrund zerstört werden. Diese Reaktion wird noch durch die Anwesenheit sehr kleiner Mengen Chlorwasserstoff, Ameisensäure, Formaldehyd u. a. m. (z. B. aus Reinigungs- und Desinfektionsmitteln) beschleunigt. Es ist offensichtlich, daß unter diesen äußeren Bedingungen besonders dünne Zinkschichten gefährdet sind. Hier kann die Umwandlung innerhalb kurzer Zeit, je nach den äußeren Bedingungen, bis zum Grundmetall erfolgen. Unter Berücksichtigung der in der Stallluft vorhandenen Schadgase Ammoniak und Schwefelwasserstoff laufen u. a. folgende Reaktionen ab:



In Gegenwart von viel Feuchtigkeit, z. B. Schwitzwasser, bildet das basische Zinkkarbonat keine komplette schützende Deckschicht.



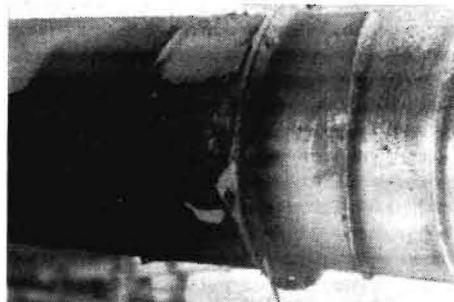
Das durch die Reaktion zwischen Zinkhydroxid und Ammonhydrogensulfid entstandene Zinksulfid wird durch Luftsauerstoff zu Zinksulfat oxidiert. Da Zinksulfat leicht wasserlöslich ist, führt sein Herauslösen durch Schwitzwasser ebenfalls zu einer Lockerung der Schicht.

Diese aufgezeigten Faktoren müssen speziell beim Einsatz von Werkstoffen mit geringer Zinkauflage unter den Bedingungen einer Stallatmosphäre berücksichtigt werden.

### 3.3. Einschätzung der Ursachen der aufgetretenen Korrosionsschäden

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß neben der katodischen Schutzwirkung des Zinks besonders die Ausbildung einer dichten Schicht

Bild 1. Primärluftleitung mit teilweise bzw. vollkommen zerstörter Zinkschutzschicht



von basischem Zinkkarbonat für die antikorrosive Funktion des Zinks verantwortlich ist und daß gerade die Anwesenheit von weichem Wasser (Regen- und Schwitzwasser) bei atmosphärischen Bedingungen diese Schichtbildung verhindert bzw. nur zum Bilden einer lockeren, durchlässigen (Weißrost-)Schicht führt. Bei den untersuchten Schadensfällen konnte nicht nachgeprüft werden, ob die aus sendzimirverzinktem Werkstoff hergestellten Teile vor ihrer Montage Regen- oder Schwitzwasser ausgesetzt waren, die bereits zur Weißrostbildung geführt hatten. Man muß aber von folgenden Tatsachen ausgehen:

— In den Ställen war vom Beginn der Belegung an eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit vorhanden.

— An Luftleitungen, die Außenluft transportieren und durch den Stallraum geführt sind, muß mit Kondensatbildung an der Außenseite der Leitung gerechnet werden. Diese Kondensatwasserbildung ist sehr stark und äußert sich in einem ständigen Feuchtigkeitsfilm auf den Anlagenteilen der Lüftung mit dauerndem Abtropfen des Wassers nach unten in die Kondensatwasser auffangrinne.

— Die Schadgase und die Reinigungs- und Desinfektionsmittel verstärken noch den Verlauf der Korrosion von Zinkschutzschichten.

Tabellenwerte (s. Tafel 1) über Korrosionsverluste an Zinkschutzschichten in Abhängigkeit vom Atmosphärentyp sind für die vorgenannten Bedingungen nicht brauchbar. Die Messungen haben ergeben, daß bei den Primärluftleitungen mit Dickenverlusten der Zinkschicht zwischen  $8 \mu\text{m}/\text{Jahr}$  und  $15 \mu\text{m}/\text{Jahr}$  gerechnet werden muß. Häufig treten aber auch Zerstörungen bis zum Grundwerkstoff auf. Diese örtlich auftretenden durchgehenden Zerstörungen bestimmen entscheidend die Haltbarkeit der gesamten Rohrleitungen.

In den Projektunterlagen ist zum zusätzlichen Korrosionsschutz ein Anstrichsystem vorgesehen. Die aufgezeigten starken Korrosionsschäden traten bei Anlagenteilen auf, die nicht mit einem Anstrich versehen worden waren. Erste Schäden waren aber auch bei anstrichstoffbeschichteten Rohrleitungen zu verzeichnen.

#### 4. Vorschläge zur Verhinderung bzw. Einschränkung der Korrosion

##### 4.1. Neuanlagen

Sendzimirverzinkte Anlagenteile müssen unbedingt mit einem geeigneten Anstrichsystem versehen werden. Diese Duplexsysteme weisen bei richtiger Herstellung folgende Vorteile auf:

— Die im Anstrich nach einer gewissen Zeit entstandenen Fehlstellen werden, wenn es sich nicht um großflächige Fehler handelt,

durch Korrosionsprodukte der Zinkschicht abgedichtet.

— Die Erneuerung der Anstriche ist einfacher, weil die Untergrundvorbehandlung nur in einem gründlichen Säubern der Oberfläche besteht.

— Die Schutzwirkung eines Duplexsystems übertrifft bei weitem die Summe der Schutzwirkung von Verzinkung und Anstrich.

— Aufgrund der Schutzwirkung der Zinkschicht kann die Anstrichdicke niedriger gehalten werden als auf Stahl.

Das Anstrichsystem muß eine Schichtdicke von  $90 \mu\text{m}$  aufweisen. Folgende Systeme können eingesetzt werden:

##### Anstrichsystem 1

- 1 × Ringal PVB-Eintopfprimer
- 1 × RGV 32 T
- 1 × RDV 102
- 1 × RDV 002

##### Anstrichsystem 2

- 1 × Ringal PVB-Eintopfprimer
- 1 × SuGV
- 2 × SeDV.

Der Hersteller des Ringal PVB-Eintopfprimers ist der VEB Lackfabrik Dresden. Die übrigen Farben des Anstrichsystems 1 stellt der VEB Lackfabrik Wolfen her. Der Hersteller der Grundierung SuGV und der Lackfarbe SeDV ist der VEB Lackfabrik Berlin, BA Teltow.

##### 4.2. Wiederholungsschutzmaßnahmen

Hierbei ist zu entscheiden zwischen Anlagenteilen, die nur aus verzinktem Werkstoff bestehen, und Anlagenteilen, die bereits mit einem Duplexsystem versehen sind. Bei den *nur verzinkten Anlagenteilen* sind als Schwachpunkte die Stellen anzusehen, wo die Zinkschutzschicht bereits bis zum Untergrund zerstört ist. Hier kann es innerhalb kurzer Zeit zu lochfraßähnlichen Durchbrüchen kommen. Der Zeitpunkt, wann diese Durchbrüche auftreten können, ist nur sehr schwer vorherzubestimmen. Im Pkt. 3.2. wurde bereits darauf hingewiesen, daß die katodische Schutzwirkung nicht überbewertet werden darf.

Um die Lebensdauer der Rohrleitungen zu verlängern, müßte ein Anstrichsystem aufgetragen werden. Vorher ist eine gründliche Untergrundvorbehandlung durchzuführen. Die verrosteten Stellen sind mit Hilfe von Drahtbürsten, Schaber, u.ä. zu reinigen. Anschließend ist die gesamte zu schützende Oberfläche von lose haftenden Zinkresten, Ablagerungen, Schmutz und dgl. sorgfältig zu reinigen. Man kann dazu warmes netzmittelhaltiges Wasser verwenden. Danach wird mit kaltem Wasser nachgespült. Vor dem Auftragen des ersten Anstrichs, muß die Oberfläche vollkommen trocken sein. Das Anstrichsystem hat folgenden Aufbau:

- 1 × Epoxidharz-Zinkstaubgrundierung KzGE
- 1 × SuGV
- 2 × SeDV.

Die Epoxidharz-Zinkstaubgrundierung wird im VEB Lackfabrik Coswig produziert. Mit dieser Farbe werden nur die durchgerosteten Stellen und die angrenzende Zinkschicht überstrichen. Es handelt sich um eine zinkreiche, kalt-härtende Zweikomponentengrundierung. Nach erfolgter Homogenisierung der Grundierung sind 100 Teilen KzGE 7 Teile Härter Ko5E zuzusetzen und gut zu vermischen. Die günstigsten Bedingungen für Anstricharbeiten liegen bei Temperaturen zwischen  $+10^\circ\text{C}$  und  $+30^\circ\text{C}$  und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 75%. Weitere Verarbeitungshinweise der

Anstrichstoffhersteller sind den Verarbeitungsrichtlinien zu entnehmen. Bei voller Belegung im Stall sind die Anstricharbeiten kaum durchzuführen. Man muß überprüfen, ob die Rohre abschnittsweise ausgebaut werden können, um die Arbeiten an einem geeigneten Platz durchführen zu können.

Bei den *mit einem Duplexsystem versehenen Anlagenteilen* sind die verrosteten Stellen mit Hilfe von Drahtbürste, Schaber u. ä. zu reinigen. Anschließend sind diese Stellen und die angrenzenden Flächen, deren Anstriche noch gut haften, von Schmutz, Salzen und dgl. mit Hilfe von entsprechenden Verdünnungsmitteln sorgfältig zu reinigen. Handelt es sich um PC-Anstriche, ist die SB-Verdünnung zu benutzen, bei Anstrichen auf Vinoflexbasis (VEB Lackfabrik Wolfen) ist der K2-Verdünnner einzusetzen.

Als erste Schicht wird die Epoxidharz-Zinkstaubgrundierung KzGE mit dem Pinsel aufgetragen. Frühestens nach 16 Stunden kann das entsprechende System auf diese Stelle aufgetragen werden.

Die vorstehend genannte Technologie gilt für kleinere Korrosionsschäden. Dazu müssen im Laufe der Nutzung der Anlagen Ergänzungsanstriche durchgeführt werden, wenn die Zerstörung der Anstriche, speziell der Deckanstriche, schon sehr weit vorangeschritten ist.

Dabei sind die unterrosteten Stellen gemäß der o. a. Reihenfolge gereinigt und komplettiert worden. Anschließend erfolgt eine gründliche Reinigung der gesamten Anstrichfläche, wonach zwei Deckanstriche des entsprechenden ursprünglichen Anstrichsystems aufgetragen werden.

#### 5. Zusammenfassung

Die Anlagenteile der Be- und Entlüftungstechnik unterliegen einem verstärkten Korrosionsangriff. Es werden die Faktoren geschildert, die bei sendzimirverzinkten Rohrleitungen in relativ kurzer Zeit zur Zerstörung der Zinkschutzschicht führen. Ein zusätzliches Anstrichsystem ist dadurch erforderlich. Diese Anstrichsysteme haben nur eine begrenzte Lebensdauer. Deshalb werden Vorschläge zur Durchführung von Wiederholungsschutzmaßnahmen genannt.

Gegenwärtig befinden sich Anlagenteile der Lüftungstechnik, die aus entsprechenden Plastmaterialien gefertigt worden sind, in der Erprobung. Es ist zu erwarten, daß diese korrosionsbeständigen Werkstoffe die z. Z. eingesetzten sendzimirverzinkten Stahlrohreile und die anderen Stahlteile ablösen werden.

#### Literatur

- [1] TGL 29084 Landwirtschaftsbau — Stallklimagegestaltung. Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Bereich Melioration und Landwirtschaftsbau. Ausg. vom 1. April 1975.
- [2] Maltry, W.: Stand und Probleme der Klimagegestaltung in Rinderproduktionsanlagen. Vortrag auf der Tagung „Mechanisierung der Tierproduktion“ am 10. und 11. Nov. 1976 in Berlin.
- [3] Autorenkollektiv: Handbuch Feuerverzinken. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1970. A 1651

Tafel 1. Jährliche Korrosionsverluste bei einer Zinkschicht in Abhängigkeit vom Atmosphärentyp

Atmosphärentyp	Korrosionsverluste im Jahr	
	$\text{g}/\text{m}^2$	$\mu\text{m}$
Landatmosphäre	15... 7	2,1... 1,0
Meeresatmosphäre	50... 17	7,1... 2,4
Stadtatmosphäre	43... 20	6,1... 2,9
Industrieatmosphäre	80... 40	11,4... 5,7