

Verantwortlich für die Organisation und Leitung der Pflegestation mit Nebeneinrichtungen ist laut Beschluß der Vollversammlung der Kooperationsrat. Die Leitung der Station übernahm ein fähiger Landmaschineningenieur, der langjährige Erfahrungen schon aus der Zeit der MAS/MTS als Technischer Leiter mitbrachte.

Des weiteren stehen ihm je ein Ingenieur als Abt.-Leiter für die Instandsetzung sowie für Pflege und Wartung zur Verfügung.

Der Leiter der Pflegestation berichtet wöchentlich im Kooperationsrat.

Zur Klärung organisatorischer Fragen kommen wöchentlich einmal die Leiter der Feldwirtschaft der LPG, die Leiter der Außenstützpunkte der LPG und die Leitung der Pflegestation zusammen und koordinieren die anfallenden Aufgaben.

In dieser Gemeinschaftseinrichtung der beteiligten LPG nehmen die Mitglieder der LPG auch ihre Kontrollrechte wahr und delegieren die Vorsitzenden ihrer Revisionskommission in die Revisionskommission der Pflegestation.

Diese Form der Leitungsstruktur hat sich in den vergangenen Monaten gut bewährt und wir haben keine Veranlassung, daran etwas zu ändern.

Die Einrichtung der Pflegestation fand innerhalb kurzer Zeit die volle Zustimmung der dort beschäftigten Kollegen und auch der Traktoristen in den LPG. Folgende Vorteile haben sich herauskristallisiert:

1. Die Mitarbeiter der Instandhaltung können spezialisierter als vorher eingesetzt werden, damit erreichen wir einen kontinuierlichen Ablauf des Instandsetzungs- und Pflegedienstes.
2. Die Qualität der Instandhaltungsarbeiten verbesserte sich wesentlich.
3. Die Stillstandszeiten der Maschinen reduzierten sich.
4. Die Bestandhaltung an Ersatzteilen verringerte sich in wenigen Monaten um über 100 000 Mark.
5. Die Abstellordnung wird kontinuierlich durchgesetzt und nur konservierte Maschinen werden abgestellt.

6. Durch den mobilen Pflegedienst und den Werkstattwagen erhöht sich in Komplexeinsätzen die produktive Zeit.
7. Die Qualifizierung der Kollegen für spezialisierte Instandhaltungsarbeiten ist besser möglich.
8. Gegenüber dem früheren System verringerte sich die Anzahl der Beschäftigten auf dem Gebiete der Instandhaltung von 58 auf 45 Kollegen.

Die Einrichtung der Pflegestation ist nicht nur eine organisatorische Frage der Leitung, sondern auch mit einem Umdenkungsprozeß der Mitarbeiter in der Instandhaltung verbunden. Nicht alle Kollegen konnten sofort verstehen, daß einzelne, sehr gut qualifizierte Fachkräfte, die bisher auf allen Gebieten der Instandhaltung eingesetzt waren, sich nun zu Spezialisten auf einem bestimmten Gebiet entwickeln. Einzelne Schlosser, die in den bisherigen Instandsetzungsstützpunkten der LPG durch ihre allseitigen Fähigkeiten großes Ansehen genossen, fühlten sich durch die Spezialisierung vorübergehend zurückgesetzt. Sie glaubten, ihre Arbeit fände nicht mehr genügend Anerkennung und fühlten sich in ihrer persönlichen Autorität beschnitten.

Aber die erreichten Erfolge, wie Verbesserung der Qualität, Senkung der Stillstandszeiten, Senkung der Kosten und Verbesserung der Arbeitsbedingungen am Arbeitsplatz selbst, überzeugten nach wenigen Wochen alle Schlosser und Traktoristen der Gemeinschaftseinrichtung.

Wir haben, wie eingangs gesagt, alles seit 1966 getan, um die Kosten der Instandhaltung zu senken. So wollen wir auch durch die Einrichtung dieser Pflegestation im Jahre 1969 die Instandhaltungskosten auf 14 Prozent des Bruttowertes der Grundmittel senken, d. h. im Jahre 1969 im Vergleich zu 1968 eine Einsparung von 240 000 Mark erzielen. Anders ausgedrückt, diese Investition weist eine Rückflußdauer von 4,37 Jahren aus, sie muß sich also in weniger als 4 1/2 Jahren bezahlt machen.

Wir arbeiten in dieser Weise erst seit 8 Monaten, eine Jahresabschlussbilanz können wir noch nicht vorlegen. Die bisherigen Zahlen der monatlichen Zwischenauswertungen geben uns jedoch die Gewißheit, daß die im Projekt ausgewiesene Rentabilität auch erreicht wird. A 7835

### 1. Die wachsende Bedeutung des Korrosionsschutzes

Im Interesse der Werterhaltung sowie der Funktionstüchtigkeit der aus Stahl hergestellten Erzeugnisse und Konstruktionen kommt dem Korrosionsschutz eine immer größere Bedeutung zu. Dies um so mehr, als die Korrosionsbeanspruchung in den letzten Jahrzehnten immer stärker geworden ist. Dafür gibt es u. a. folgende Ursachen:

- Sowohl in der Atmosphäre als in wässrigen Medien ist der Anteil an aggressiven Stoffen (z. B. SO<sub>2</sub>) gestiegen [1] [2].
- Ebenso verhält es sich mit dem enorm gestiegenen Wasserverbrauch und den Möglichkeiten seiner Verunreinigung [2].
- Senkung des Materialeinsatzes und Übergang zum Leichtbau, wie z. B. bei maschinentechnischen Ausrüstungen der Landwirtschaft, führten zur Verringerung der Waudicken, der Stahl erfordert deshalb einen besseren Korrosionsschutz, damit die Nutzungsdauer der Konstruktionen nicht verkürzt wird.

- Die in der Instandhaltung beschäftigten Arbeitskräfte bewältigen den Aufwand an Korrosionsschutzarbeiten nicht mehr, so daß z. B. möglichen Anstrichzyklen in der chemischen Industrie von 10 bis 15 Jahren eine Haltbarkeit der Anstriche von 3 bis 5 Jahren gegenübersteht.
- Der verstärkte Stahleinsatz in der Wirtschaft, die Forderung nach möglichst wartungsfreien korrosionsgeschützten Erzeugnissen und Konstruktionen sowie die Kenntnis der möglichen Korrosionsschäden führten zu wachsender Bedeutung des Korrosionsschutzes.

Unter den verschiedenen Korrosionsschutzmöglichkeiten haben in letzter Zeit metallische Überzüge, speziell die Feuerverzinkung, eine beachtliche Entwicklung erfahren.

### 2. Struktureller Aufbau einer Zinkschicht

Die Forderung, die heute an eine Korrosionsschutzschicht bzw. an einen Überzug gestellt werden, sind im wesentlichen folgende:

- Schutzschicht bzw. Überzug müssen porenfrei sein,
- Schutzschicht muß fest auf dem Grundwerkstoff haften,

<sup>1</sup> s. a. H. 5/1969, S. 233

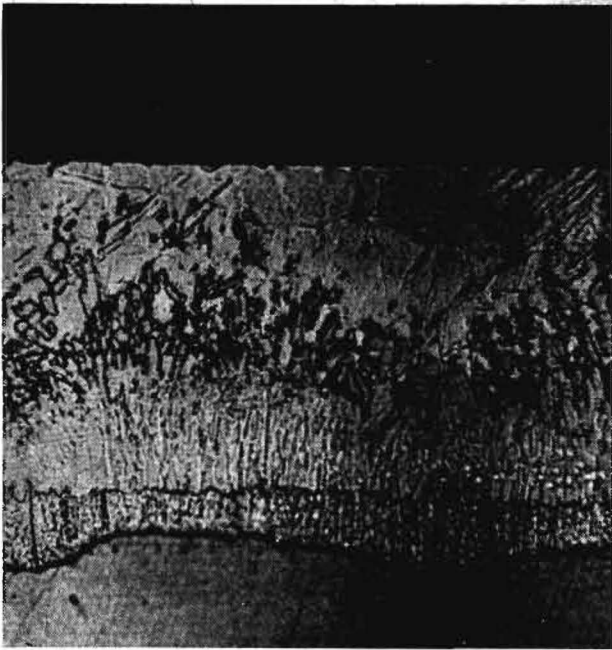


Bild 1. Mikroschnitt von feuerverzinktem Stahl, von oben nach unten: Luft (schwarz), Reinzinkschicht, Zetaschicht (6 bis 6,2 % Fe), Deltaschicht (7 bis 11,5 % Fe), Doppelgamma-schicht (21 bis 28 % Fe), Stahl. Alle Legierungsschichten sowie die darüberliegende Reinzinkschicht sind deutlich zu unterscheiden.  
V = 450

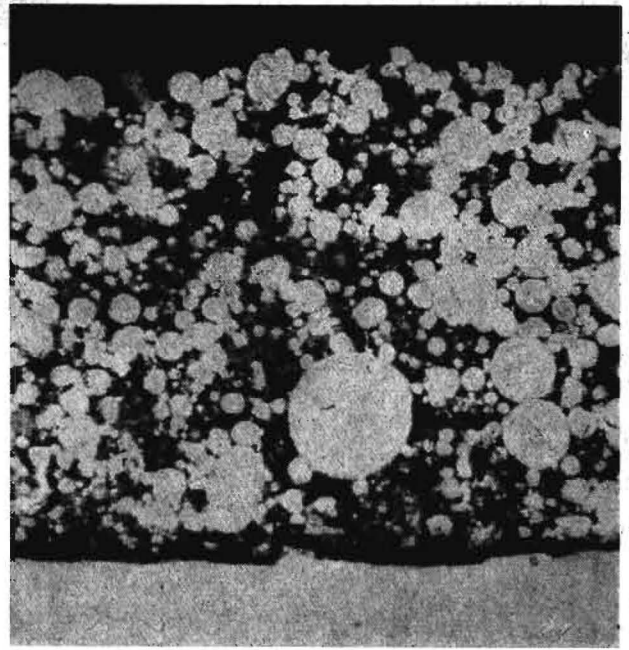


Bild 2. Mikroschnitt durch einen Zinkstaubanstrich mit organischen Bindemitteln. Die Zinkteilchen sind als Kügelchen verschiedenen Durchmessers sichtbar. Zwischen den Teilchen befindet sich das Bindemittel. Teilweise sind auch Zinksalze zu sehen (weiße Flächen). Die Schicht liegt auf dem Stahl, ist damit nicht chemisch verbunden. V = 350 [5]

- Beständigkeit gegenüber äußeren mechanischen Beanspruchungen,
- der Überzug muß eine gewisse Formbarkeit aufweisen [3],
- gute Korrosionsbeständigkeit.

Metallische Schutzschichten, besonders die Feuerverzinkung, erfüllen diese Forderungen weitestgehend.

Bei der Feuerverzinkung tritt eine wechselseitige Diffusion des flüssigen Zinks mit der Stahloberfläche auf und es entsteht eine mehr oder weniger dicke Eisen-Zink-Legierungsschicht und eine Reinzinkschicht.

Die Eisen-Zink-Schicht besteht aus verschiedenen Phasen, die durch das Aufwachsen nicht nur untereinander, sondern auch mit der Stahloberfläche und der Reinzinkschicht fest verbunden ist.

Der Fe-Bestandteil nimmt dabei zur Reinzinkschicht immer mehr ab (Bild 1).

Im Vergleich dazu wird in Bild 2 ein Mikroschnitt durch einen Zinkstaubanstrich dargestellt, bei dem eine klare Trennlinie zwischen Stahl und Anstrich vorhanden ist. Bei diesem Anstrich tritt keine chemische Bindung oder Legierung mit dem Stahl ein.

### 3. Das Korrosionsverhalten von Zink

Bei der Feuerverzinkung wird der Stahl mit einem völlig dichten Überzug aus Zink versehen. Demzufolge ist das Korrosionsverhalten des Zinks für die Beständigkeit der Erzeugnisse und Konstruktionen entscheidend.

An einen Metallüberzug an Stahl werden zwei Forderungen gestellt:

1. Die Korrosionsgeschwindigkeit des Überzugmetalls soll gering sein.
2. An Poren und Verletzungen des Überzuges soll der Angriff des Grundmetalls durch chemische und elektrochemische Einwirkungen des Überzuges herabgesetzt oder unterdrückt werden. [6]

Diesen Forderungen kommt das Zink weitgehend entgegen. Zink ist seiner chemischen Natur nach ein unedles Metall und unterliegt daher dem Einfluß des Luftsauerstoffes ebenso wie das Eisen. Selbst in geschlossenen Räumen überzieht sich Zink verhältnismäßig schnell mit einem Oxidfilm. Schon während der Abkühlung verzinkter Konstruktionen von 450 °C auf Raumtemperatur bildet sich ein relativ dicker Oxidüberzug.

Durch das Zusammenwirken von Luftsauerstoff, Wasser und Kohlensäure aus der Luft entstehen aus diesen Zinkoxidschichten basisches Zinkkarbonat bzw. Zinkhydroxid. Die Oxydationsprodukte des Zinks bilden eine dichte zusammenhängende Schicht auf der Zinkoberfläche.

Die in kohlenstoffhaltiger Luft auf Zink entstehenden Sekundärschichten aus Hydrozinkit verhindern einen weiteren Angriff in SO<sub>2</sub>-freier Luft fast völlig. Nur so ist z. B. die geringe Abtragung von Zink in Landluft zu erklären.

Andererseits ist in der Industrieatmosphäre mit relativ hohen Gehalten an SO<sub>2</sub> das Zink weniger beständig, da es hier nur unvollständig oder gar nicht zur Ausbildung einer kompakten Schicht von basischem Zinkkarbonat kommt [7]. Trotzdem ist Zink je nach atmosphärischen Bedingungen 11 bis 28 mal korrosionsbeständiger als Stahl, d. h. die jährliche Abtragung bei ungeschütztem Stahl liegt 11 bis 28 mal höher [8].

Das Zink schützt jedoch den Stahl nicht nur durch die Bildung von Deckschichten, sondern es besitzt auch eine kathodische Schutzwirkung. Diese kann allerdings erst dann eintreten, wenn die Zinkschicht entweder mechanisch oder durch Abtragung zerstört ist, denn die Voraussetzungen des kathodischen Schutzes — zwei Metalle, die elektrisch miteinander verbunden sind und ein Elektrolyt — müssen gegeben sein [8].

Das Zink fungiert hier als Lösungsanode und schützt das Eisen (Kathode), solange es nicht aufgezehrt ist. Der praktische Nutzen liegt darin, daß selbst bei zerstörtem Zinküberzug keine Unterrostung eintritt. In aggressiven flüssigen Medien reagiert Zink mit Säuren zu Salzen, in dem das

Zink das Kation bildet und mit starken Basen zu Salzen, in denen es als Anion auftritt. Das Zink wird in diesen Medien durch chemische Auflösung gleichmäßig abgetragen. Zwischen den pH-Werten 6 und 12,5 ist jedoch der Angriff gering. Da in diesen Bereichen die meisten vorhandenen Korrosionsmedien liegen (Seewasser, Regenwasser usw.), kann auch hier die Feuerverzinkung ihre Aufgabe als wirksamer Korrosionsschutz erfüllen.

#### 4. Die Schutzdauer der Feuerverzinkungsschicht in Abhängigkeit von ihrer Dicke und der Korrosionsbeanspruchung

Unter Schutzdauer wird hier die Zeit bis zur Abtragung der Zinkschicht verstanden, also die Korrosionsschutzzeit.

Die Schutzdauer dieser Feuerverzinkungsschicht ist abhängig von der Dicke der Zinkschicht sowie von der Art der Korrosionsbeanspruchung.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß die Schutzdauer der Zinkschicht proportional ihrer Dicke ist.

Folgende Faktoren haben einen wesentlichen Einfluß auf die Dicke des Zinküberzuges:

##### 4.1. Zusammensetzung des Stahls

Die chemische und physikalische Beschaffenheit der Stahloberfläche kann durch die Verzinkerei nicht beeinflußt werden. Die Dicke der Zinkschicht hängt wesentlich vom Silizium- und Kohlenstoffgehalt des Stahls ab. Bei Stählen mit wenig Silizium und Kohlenstoff erreicht man je nach Wanddicke der Konstruktion eine Zinkauflage zwischen 300 bis 700 g/m<sup>2</sup> Oberfläche, das entspricht einer Zinkschichtdicke von  $\approx 40$  bis 100  $\mu\text{m}$ . Bei Stählen mit höherem Siliziumgehalt sind dickere Zinküberzüge möglich. Es werden Zinkauflagen von 1000 g/m<sup>2</sup> bis 1500 g/m<sup>2</sup> Oberfläche und mehr erreicht, mit denen die Schutzdauer erhöht wird. Mit diesen hohen Zinkauflagen sinkt jedoch die Haftfestigkeit und es muß bei Transport und Montage sorgsam verfahren werden, da diese Konstruktionen sehr anfällig gegen Schlag und Stoß sind.

Sie erreichen nicht die Festigkeit normaler Zinkauflagen und halten nur einer begrenzten mechanischen Beanspruchung stand. Außerdem weist die Oberfläche eine leicht graue Färbung auf, sie ist also in der Regel nicht glänzend oder blumig.

##### 4.2. Oberflächenbeschaffenheit des Stahls

Rauhe Oberflächen lassen dickere Zinkschichten erreichen. Stähle mit Walzfehlern (Doppelungen, Walzungen, Risse, Schlackeneinschlüsse) oder Teile mit Lunkerstellen werden nicht einwandfrei verzinkt. Bei stark verrosteten, narbigen Oberflächen ist auch nach dem Verzinken die Narbenbildung sichtbar. Weiterhin muß der Stahl frei von Farbe, Teer, Fett, Öl sowie von Schweißschlacke sein.

##### 4.3. Wanddicke des Stahls

Mit zunehmender Wanddicke erhält man im Normalfall höhere Zinkauflagen.

##### 4.4. Tauchvorgang

Horizontal aus dem Zinkbad gezogene Flächen des zu verzinkenden Gegenstandes haben eine höhere Zinkauflage als die vertikal liegenden Flächen.

##### 4.5. Tauchzeit

Die Tauchdauer beeinflußt die Dicke der Legierungsschichten. Bestimmt wird die Tauchzeit einmal durch die Wanddicke des Materials und zum anderen (bei langen und schweren Teilen) durch die Handhabung.

##### 4.6. Ausziehgeschwindigkeit

Die Ausziehgeschwindigkeit bestimmt die Mengen des anhaftenden Reinzinks.

##### 4.7. Badtemperatur

Die Badtemperatur beeinflußt neben der Legierungsschicht auch die Reinzinkschicht.

##### 4.8. Zusätze

Zusätze zum Zinkbad aus geringen Mengen Aluminium hemmen die Legierungsbildung und ermöglichen dünnere und falzbare Überzüge.

Außer den Problemen der Zusammensetzung des Stahls und seiner Oberflächenbeschaffenheit können die Verzinkereibetriebe auch andere Faktoren, die für die Dicke des Zinküberzuges wesentlich sind, beeinflussen.

Man sollte überprüfen, inwieweit statt einer relativ hohen Zinkauflage, die nicht nur höhere Kosten verursacht, sondern bedingt durch längere Tauchzeiten eine Reduzierung der Produktionskapazität zur Folge hat, eine übliche Zinkauflage im Kombination mit einem Anstrich wirtschaftlicher ist.

Da der Einsatz von landtechnischen Ausrüstungen sowie Stallanlagen unterschiedlichen Korrosionsbeanspruchungen unterliegt, ist natürlich auch die Schutzdauer der Zinkschicht sehr unterschiedlich.

Hauptsächlich sollen feuerverzinkte Konstruktionen vor der atmosphärischen Korrosion geschützt werden, weniger vor der Korrosion in flüssigen Medien und der Korrosion im Boden.

Bei der atmosphärischen Korrosion unterscheidet man in wesentlichen folgende Einflußfaktoren:

**Luft:** Sauerstoffgehalt der Luft, Kohlensäuregehalt der Luft, Verunreinigung wie Schwefeldioxyd, Stickstoff-Sauerstoffverbindungen in Form von freien Säuren (HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>) oder von Salzen, Staub, d. h. mehr oder weniger große Anteile fester Stoffe, Salzgehalt der Luft.

**Wasser:** Wasserdampf, flüssiges Wasser — Regen, kondensiertes Wasser, Nebel, Tau, gefrorenes Wasser — Schnee, Reif, Hagel.

Die Einflußfaktoren wirken zum Teil abwechselnd, gleichzeitig oder auch nacheinander und mit unterschiedlicher Intensität, so daß über den Umfang der Korrosionsangriffe nur aufgrund von Erfahrungswerten Voraussagen zu geben sind.

Nach den in der Praxis vorkommenden Bedingungen für den Korrosionsangriff unterteilt man in: Landluft, Stadtluft, Industrieluft, Meeresluft und Tropenluft.

#### 5. Die Korrosionsbeständigkeit in unterschiedlichen Atmosphären

Die Zinkauflage wird in Masse je Flächeneinheit — g/m<sup>2</sup> berechnet, während die Zinkschichtdicke in  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$ ) gemessen wird. Da die Dichte von Zink 7,12 beträgt, entsprechen z. B. 712 g Zinkauflage je m<sup>2</sup> einer Schichtdicke von 100  $\mu\text{m}$ .

In einzelnen wird nun die Korrosionsbeständigkeit feuerverzinkter Konstruktionen unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen dargestellt.

##### 5.1. Korrosionsbeständigkeit in Landluft

In Landluft verläuft die Korrosionsgeschwindigkeit feuerverzinkten Stahls äußerst langsam. Durch zahlreiche praktische Beispiele wird bewiesen, daß selbst nach 30- bis 50jähriger Bewitterung bei vielen Stahlerzeugnissen noch keine Rostschäden aufgetreten sind.

Aus Tafel 1 ist ersichtlich, daß die Schutzdauer des Überzuges nahezu der vieler Erzeugnisse und Konstruktionen aus Stahl entspricht, so daß der Korrosionsschutz in der Regel wartungsfrei ist.

##### 5.2. Korrosionsbeständigkeit in Stadtluft

In der Stadtluft treten in zunehmendem Maße Verunreinigungen durch Kohlenstoff, Schwefeldioxyd und Kraftstoff-

Tafel 1. Mittlere Korrosionsbeständigkeit von feuerverzinktem Stahl in Landluft [9]

Zinkauflage g/m <sup>2</sup>	Schutzdauer Jahre
20 ... 30 <sup>1</sup>	0,3 ... 2
120 ... 200 <sup>2</sup>	5 ... 10
300 ... 400	20 ... 25
400 ... 500	25 ... 35
500 ... 700	35 ... 60

<sup>1</sup> Elektrolytisch verzinkte Dünnbleche  
<sup>2</sup> Sendzimirverzinkte Bleche

verbrennung auf. Die Korrosionsgefährdung ist in Großstädten fast ebensogroß wie in Industriezentren (Tafel 2). Bei der Prüfung von Einsatzmöglichkeiten von Metallleichtbauhallen z. B. muß aber zwischen Land- und Groß- bzw. Industriestädten unterschieden werden. Beträgt z. B. die jährliche Abtragung in Stadtluft bis zu 7 µm/Jahr, so ist sie in Randgebieten mit niedrigerem SO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft und in Landstädten um die Hälfte geringer.

### 5.3. Die Korrosionsbeständigkeit in Industrieluft

Im allgemeinen ist der Korrosionsangriff in Industrieluft stärker als in Stadtluft. Beim SO<sub>2</sub>-Gehalt dieser Atmosphäre ist nicht der absolute Anteil entscheidend, sondern jener, der mit der Zinkoberfläche reagieren kann, wobei die relative Luftfeuchtigkeit maßgebend ist. Ist der Masseverlust des Zinks bzw. die SO<sub>2</sub>-Aufnahme noch bis zu 70 Prozent relative Luftfeuchtigkeit gering, so steigt er über 70 Prozent stark an. Die Abtragung des Zinks beträgt im allgemeinen 3 bis 12 µm/Jahr und ist damit immer noch um 10 bis 20 mal schwächer als die Korrosion von ungeschütztem Stahl.

Die Korrosion in Industrieatmosphäre wird neben dem Vorhandensein von Schwefeloxiden vor allen Dingen durch weitere Verunreinigungen wie Ruß, Ammonsulfat und Fluoriden beschleunigt (Tafel 3).

### 5.4. Die Korrosionsbeständigkeit in Meeresluft

Bedingt durch die höhere Cl-Ionenkonzentration in Verbindung mit der Erosion durch herumfliegende Sandteilchen sowie vor allen Dingen durch Windrichtung und Windstärke tritt an der Küste eine verstärkte Korrosion ein. Die jährlichen Abtragungen liegen etwa zwischen 1 µm bis 7 µm, in der Nähe starker Brandung bis zu 15 µm [9].

### 5.5. Die Korrosionsbeständigkeit in Tropenluft

Während in trockenen Tropengebieten die Abtragung von Zinkschichten normalerweise unter 2 µm/Jahr beträgt, erhöht sie sich in feuchten Tropengebieten auf ≈ 3 µm/Jahr. An der Küste und in Großstädten wirken natürlich ähnliche Bedingungen wie in Europa, demzufolge liegen auch hier die Werte der Abtragung der Zinkschicht etwa gleich hoch. Aufgrund der nur unwesentlichen Verunreinigung der Luft mit SO<sub>2</sub> werden nicht ganz die Werte europäischer Städte erreicht.

Im tropischen Binnengebiet nimmt, bedingt durch den Aufbau von Deckschichten, die Abtragung der Zinkschicht erheblich ab.

### 5.6. Besondere Korrosionsfälle

In den Punkten 5.1 bis 5.5 wurde von einer mittleren Schutzdauer feuerverzinkten Stahls bei unterschiedlichen atmosphärischen Bedingungen gesprochen. Der Schutzwert der Zinkschicht in ‰ steht in folgendem Verhältnis zur verrosteten Fläche in ‰:

Schutzwert	Verrostete Fläche
100	0
80	0 ... 5
60	5 ... 10 [10]

Tafel 2. Mittlere Korrosionsbeständigkeit von feuerverzinktem Stahl in Stadtluft [9]

Zinkauflage g/m <sup>2</sup>	Schutzdauer Jahre
200 ... 300 <sup>1</sup>	5 ... 7
300 ... 400	7 ... 10
400 ... 500	10 ... 15
500 ... 700	15 ... 20

<sup>1</sup> Sendzimirverzinkte Bleche

Tafel 3. Mittlere Korrosionsbeständigkeit von feuerverzinktem Stahl in Industrieluft [9]

Zinkauflage g/m <sup>2</sup>	Schutzdauer Jahre
120 ... 200 <sup>1</sup>	2 ... 4
300 ... 400	5 ... 7
400 ... 500	7 ... 10
500 ... 700	10 ... 15

<sup>1</sup> Sendzimirverzinkte Bleche

Im einzelnen sollen folgende besondere Korrosionsfälle kurz behandelt werden:

#### 5.6.1. Rostflecke auf feuerverzinktem Stahl

Ursache dieser braunen bzw. rotbraunen Rostflecke ist das Fehlen der Reinzinkschicht, die entweder nicht ausgebildet oder schon abgewittert ist, so daß durch freigelegte Eisenpartikeln, die in den Legierungsschichten enthalten sind, durch Oxydation und Wassereinwirkung lokaler Rost entsteht. Unterhalb derartiger Flecke befinden sich jedoch eine genügend dicke Zn/Fe-Legierungsschicht, so daß der darunter befindliche Stahl keinerlei Rostbildung aufweist.

#### 5.6.2. Weißer Rost

Während sich normalerweise auf der Zinkoberfläche Oxidschichten bilden, die unter weiterem Einfluß der Atmosphäre zu basischen Zinkcarbonaten umgewandelt werden — die entstehenden Deckschichten sehen grau aus — treten bei weißem Rost weiße, lockere und wenig haftende Oxidschichten auf, die nicht die Korrosionsbeständigkeit wie Deckschichten erfüllen. Die Bildung des weißen Rostes wird begünstigt durch Kondenswasser auf der Zinkoberfläche sowie durch mangelnde CO<sub>2</sub>-Zufuhr.

Weißrostbildung kann durch Unterdrückung von Kondens- und Schwitzwasserbildung sowie Regenwasserzutritt vermieden werden.

Da frischverzinkte Stahloberflächen anfälliger gegen Weißrostbildung sind, kommt dem Problem der Lagerung und des Transport eine gewisse Bedeutung zu.

Haben sich erst Zinkoxidschichten gebildet, so bieten diese einen Schutz gegen Weißrostbildung.

## 6. Feuerverzinkung plus Anstrich

Unter normalen atmosphärischen Bedingungen bieten die üblichen Zinkauflagen einen ausreichenden Korrosionsschutz. Da aber einerseits der Zinkschichtdicke Grenzen gesetzt sind und andererseits dickere Überzüge stoß- und schlagempfindlicher sind, wird in Fällen, wo ein starker Korrosionsangriff eintreten kann, eine normale Zinkauflage mit zusätzlichem Anstrich versehen.

Die Korrosionsbeständigkeit dieser Kombination von Feuerverzinkung und Anstrich, auch als Duplexsystem bekannt, hat sich in der Praxis bewährt.

Vorwiegend sollte diese Kombination aus Zink und Anstrich verwendet werden bei:



- Konstruktionen, die ständig aggressiver Industrieatmosphäre ausgesetzt sind;
- Konstruktionen, von denen eine lange Nutzungsdauer erwartet wird;
- Konstruktionen, die in Seewasser oder aggressiven Wässern verbleiben;
- Konstruktionen, die aus ästhetischen Gründen eine andere Farbe als die hellgraue Zinkpatina haben sollen;
- Konstruktionen, die später nicht oder nur mit einem großen Kostenaufwand ausgebessert werden können;
- Blechkonstruktionen (Wände, Dächer usw.), die aus sendzimir-verzinkten Blechen oder Bändern mit einer entsprechend geringen Zinkauflage hergestellt werden.

#### 6.1. Vorteile dieser Kombination

Im einzelnen ergeben sich u. a. folgende Vorteile dieser Kombination:

- Anstriche werden im Laufe der Zeit durch mechanische Beanspruchungen sowie durch atmosphärische Bedingungen rissig und porig.  
An diesen Fehlstellen treten beim Stahl Unterrostungen auf, die dann zum Abblättern des Anstriches führen. Ist der Stahl feuerverzinkt und mit einem Anstrich versehen, so wird der Anstrich zwar auch im Laufe der Zeit zerstört, aber durch das darunterliegende Zink tritt an den Fehlstellen keine Unterrostung auf. Die Korrosionsprodukte des Zinks schützen die Risse und dichten die Poren des Anstrichs ab. Anstrich und Feuerverzinkung schützen sich gegenseitig und erhalten somit die Konstruktion aus Stahl über Jahre.
- Während bei unverzinkten, mit Anstrich versehenen Konstruktionen nach Zerstörung des Anstriches eine kostspielige Entrostung durchgeführt werden muß, ist bei verzinkten Konstruktionen nur ein mechanisches Entfernen der alten Anstriche vor dem Aufbringen neuer Anstriche notwendig.
- Erhöhung der Nutzungsdauer der feuerverzinkten Konstruktionen.
- Da die Zinkschicht eine Korrosion der Oberfläche des Stahls verhindert, besteht in bezug auf das Auftragen z. B. des Grundanstrichs, der Deckschichten sowie der Erneuerung eine freie Wahl des Zeitpunktes der Durchführung dieser Aufgaben.
- Da eine Feuerverzinkung auf Grund der Legierung mit dem Stahl einen besseren Korrosionsschutz als mehrere Grundanstriche bietet, sind meistens nur noch zwei weitere Anstriche notwendig.
- Durch die Wahl mannigfacher Farben verbessert sich neben der Korrosionsbeständigkeit noch die Schönheit des Aussehens.

#### 6.2. Voraussetzungen für die Kombination Zink plus Anstrich

Die Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der Kombination aus Feuerverzinkung und Anstrich ist eine gute Haftung des Anstriches. Das schlechte Netzvermögen von Lacken gegenüber frischverzinkten Oberflächen verlangt eine Vorbehandlung.

Folgende Möglichkeiten ergeben sich u. a.:

- Abwitterung der Zinkschicht bis zur vollständigen Zinkpatinabildung. Diese Methode stößt auf gewisse praktische Schwierigkeiten, da einmal die Abwitterungsperiode unterschiedlich ist und meistens zu lange dauert und zum anderen etwa vorhandene lösliche Zinksalze auf der Oxidationsschicht des Zinks zu einer Blasenbildung auf dem Anstrich führt.

- Eine Vorbehandlung der Zinkoberfläche mit einem Washprimer, sogenannte Reaktionsgrundlacke, die auf die Eigenschaften der Zinkoberfläche eine besonders zugeschnittene Anstrichgrundierung ergeben.

- Neuerdings gibt es auch Anstriche, die auf frisch verzinkten Flächen gut haften, ohne daß die Zinkschicht vorbehandelt wird.

Die Eignung eines Anstrichs ist sowohl vom Bindemittel, von Pigmenten, als auch von beiden abhängig. Als Bindemittel sind u. a. Öl, Teer, Epoxydharz und Alkydharz geeignet, während als Pigmente vor allem Zinkchromat, Kalziumplumbat, Zinkstaub und Zinkoxid Verwendung finden.

Unter Berücksichtigung der Art des Bindemittels als auch der Auswahl der Pigmente sind Zinkchromatgrundanstriche, Kalziumplumbatgrundanstriche, Zinkstaubanstriche, Zinkstaub/Zinkoxidanstriche sowie Anstriche auf Bitumen, Teerpechbasis sowie Epoxydharze auf frisch feuerverzinktem Untergrund möglich.

- Bei allen abgewitterten Zinkflächen ist die Haftung von Anstrichen wesentlich besser, so daß eine Vorbehandlung und auch besondere Spezialanstriche kaum notwendig sind.

Die Feuerverzinkung übernimmt im Duplexsystem Zink und Anstrich die Aufgabe der Grundanstriche. Es sind daher nicht mehr 3 bis 5 Anstriche, sondern nur noch 1 oder 2 Deckanstriche erforderlich.

Während der erste Anstrich die Haftung vermittelt, muß der Deckanstrich auf den haftungsvermittelnden Anstrich abgestimmt sein. Von der Qualität beider hängt die Korrosionsbeständigkeit der Kombination Feuerverzinkung und Anstrich ab.

Die vielen praktischen Beispiele der Korrosionsbeständigkeit dieses Systems, sowie die immer mehr zunehmende Bedeutung des Korrosionsschutzes zwingen zur Anwendung haltbarer Korrosionsschutzverfahren, daher nimmt in der weiteren Trendentwicklung die Feuerverzinkung plus Anstrich eine wesentliche Rolle ein. Nicht zuletzt wird durch die Haltbarkeit des Korrosionsschutzes die Entwicklung des Bedarfs an feuerverzinkten landtechnischen Anlagen stark beeinflusst.

Die guten Erfahrungen in anderen Wirtschaftszweigen mit der Korrosionsbeständigkeit feuerverzinkten Stahls sollten Anlaß sein, um auch die landtechnischen Anlagen mit diesem modernen und wirtschaftlichen Korrosionsschutz zu versehen. Zur Zeit werden umfangreiche Untersuchungen geführt, um möglichst schnell insbesondere Stallausrüstungen verzinkt herzustellen, im Interesse der Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Höchststandes auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes auch in der Landwirtschaft.

#### Literatur

- [1] HAARMANN, R.: Zum Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen durch Feuerverzinkung. Bänder, Bleche, Rohre. Düsseldorf (1965) H. 8, S. 461
- [2] BRAUMÜLLER, H. J.: Die Wirtschaftlichkeit metallischer Überzüge. Sonderdruck aus: Europäisches Symposium „Schutz von Stahlkonstruktionen durch metallische Überzüge“ vom 9. bis 11. Sept. 1964 in Wien
- [3] BAUMGÄRTL: Werkstoffkunde. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1967. S. 102
- [4] Zink als Korrosionsschutz. Broschüre Zinkberatung e. V. Hagen, S. 4
- [5] Bilder und Bildtext aus J. F. H. van EIJSBERGEN: Vergleich zwischen Feuerverzinkung und hochzinkhaltigen Anstrichen. Bänder, Bleche, Rohre (1964) H. 1, S. 22
- [6] ENGELL, H. J.: Der Korrosionsmechanismus von Überzugmetallen und die Wirkungsweise des Korrosionsschutzes von Metallüberzügen auf Stahl. Sonderdruck aus: Europäisches Symposium „Schutz von Stahlkonstruktionen durch metallische Überzüge“ vom 9. bis 11. Sept. 1964 in Wien

(Schluß auf S. 91)