

## 1. Korrosionsschutz und Volkswirtschaft

### 1.1. Verluste durch Korrosion und Kosten für den Korrosionsschutz

Durch Korrosion gehen der Volkswirtschaft ständig beträchtliche Werte an Material und Arbeit verloren.

Eine Ermittlung der Gesamtschäden ist nur schwer möglich, da neben den Verlusten an Werkstoffen, der Arbeits- und Kostenaufwand für ihre Herstellung, Verarbeitung, der Produktionsausfall, der durch die Korrosion verursacht wird, sowie die Bindung von Arbeitskräften und Material für die Beseitigung der Korrosionsschäden u. a. m. nicht exakt berechnet werden können.

Während die jährlichen Korrosionsschäden in der Wirtschaft der DDR auf mehr als 1 Md. Mark geschätzt werden, haben die Ausgaben für den erstmaligen Korrosionsschutz für die in unserer Wirtschaft hergestellten Erzeugnisse aus Stahl im Jahre 1965  $\approx$  2 Md. Mark betragen [1].

Internationale Schätzungen geben für das Jahr 1969 die jährlichen Korrosionsverluste in der Welt mit  $\approx$  50 Md. Mark an [2].

Wissenschaftler der Sowjetunion haben errechnet, daß  $\approx$  9 Prozent des jährlich produzierten Stahls bzw. die daraus gefertigten Erzeugnisse und Konstruktionen durch Korrosion in der Sowjetunion verloren gehen. Auf die jährliche Produktion der Sowjetunion von z. Z. 100 Mill. t Stahl bezogen, bedeutet das einen jährlichen Verlust von  $\approx$  9 Mill. t Stahl [2].

Durch die zunehmende Industrialisierung und den Übergang zum leichteren Bauen gewinnt die Oberflächenbehandlung immer mehr an Bedeutung. Die höheren Ansprüche, die an die Qualität der Oberfläche gestellt werden, bedingen, daß der Anteil der Kosten für den Korrosionsschutz im Vergleich zu den Gesamtherstellungskosten der Erzeugnisse und Konstruktionen größer wird.

### 1.2. Korrosionsschutz und Materialökonomie

Eine der wichtigsten Aufgaben der komplexen sozialistischen Rationalisierung besteht in der grundlegenden Verbesserung der Materialökonomie. Sie wird wesentlich bestimmt durch den günstigen Materialeinsatz, durch eine hohe Qualität und eine lange Nutzungsdauer der Erzeugnisse und Konstruktionen.

Sparsamer und zweckmäßiger Einsatz der Werkstoffe, die der Korrosion unterliegen, ist nur möglich, wenn gleichzeitig der Korrosionsschutz gelöst wird.

Die höheren Ansprüche an die Qualität der Oberfläche sind unter Berücksichtigung der Entwicklungstendenzen des Korrosionsschutzes nach ökonomischen Gesichtspunkten zu realisieren.

Einsparung von Material auf lange Sicht heißt, daß sowohl von der Auswahl der Materialien als auch vom Korrosionsschutz ausgehend eine lange Nutzungsdauer erreicht wird und beinhaltet eine Eindämmung und weitestgehende Verhinderung von volkswirtschaftlichen Verlusten durch die Korrosion [1].

Der Zusammenhang zwischen Korrosionsschutz und Materialökonomie besteht darin, daß schon bei der Projektierung und Konstruktion u. a. die Sicherheit gegen Korrosionsschäden genauso garantiert wird wie die statische Sicherheit gegen Bruch, die Standsicherheit von Gebäuden wie auch die Betriebssicherheit in bezug auf Leistung und Nutzungsdauer [3].

Das bedeutet, daß unter Berücksichtigung der ökonomischen Verwendung von Werkstoffen der Weiterentwicklung und Nutzung des Leichtbaues in allen Zweigen der Volkswirtschaft neben der richtigen Auswahl der geeigneten Werk-

stoffe auch ein dem Verwendungszweck entsprechender Korrosionsschutz eingesetzt wird, der nach Möglichkeit die Nutzungsdauer der Erzeugnisse und Konstruktionen erreicht.

### 1.3. Korrosionsschutz und Instandhaltung

Ökonomischer Materialeinsatz und Auswahl eines entsprechenden Korrosionsschutzes sind im Zusammenhang mit der Instandhaltung der Maschinen, Geräte und der Anlagen zu sehen. Der Übergang zur leichteren Bauweise sowie die Einsparung von Instandhaltungskosten und eine damit verbundene Verringerung der Stillstandzeiten von Maschinen und Anlagen bedingen einen wirtschaftlichen Korrosionsschutz.

Wenn es gelingt, den Zyklus der notwendigen ständigen Korrosionsschutzarbeiten durch die volkswirtschaftlich besten Korrosionsschutzarten auf den doppelten Zeitabstand zu verlängern, dann könnten viele Arbeitskräfte eingespart und die angespannte Arbeitskräftesituation entlastet werden.

Daß z. Z. in der DDR die Korrosionsschutzarbeiten zu  $\approx$  90 Prozent durch Anstriche erfolgen und der Anteil des Lohnes für diese Arbeiten  $\approx$  80 Prozent der Anstrichkosten beträgt, verdeutlicht den hohen Anteil manueller Arbeit.

Wenn z. B. bei der weiteren Entwicklung der Landtechnik das Problem des Korrosionsschutzes nicht gleichzeitig gelöst wird, müssen überall in der Landwirtschaft viele Arbeitskräfte diese Maschinen und Anlagen in bestimmten Zeitabschnitten entrostet und wieder neu streichen.

Wie entscheidend die Haltbarkeit eines Anstriches vom Untergrund bzw. von der Untergrundvorbehandlung abhängig ist und welchen Einfluß diese Haltbarkeit auf die Instandhaltung des Korrosionsschutzes hat, soll in Tafel 1 bewiesen werden.

Daraus ist klar zu ersehen, welche Möglichkeiten bestehen, um den Aufwand der Instandhaltungskosten auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes zu reduzieren.

Der internationale Trend geht zum wartungsfreien Korrosionsschutz, dessen Haltbarkeit nach Möglichkeit mit der Nutzungsdauer der Erzeugnisse und Konstruktionen übereinstimmen soll.

### 1.4. Komplexaufgabe Korrosionsschutz

Die Grundforderungen, die an einen modernen Korrosionsschutz gestellt werden, lauten:

„Wenig Zeitaufwand, gute Schutzwirkung und lange Haltbarkeit.“

Auf der Grundlage der nationalen und internationalen Erfahrungen und Erkenntnisse auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes geht es einmal um die praktische Anwendung dieser Erkenntnisse und zum anderen sollten unter Berücksichtigung von Material- und Kostenanalysen für den Korrosionsschutz in der DDR sowie des Entwicklungsstandes für Korrosionsschutzanlagen Lösungswege entwickelt und angewendet werden, die einen sicheren Korrosionsschutz für lange Zeit gewährleisten und die volkswirtschaftlichen Schäden und Aufwendungen wesentlich senken.

Tafel 1. Haltbarkeit eines Anstriches in Abhängigkeit vom Untergrund bzw. von der Untergrundvorbehandlung [4]

Untergrundvorbehandlung 2 Grund-, 2 Deckanstriche (180 $\mu$ m)	Jahre
Rostumwandler	0,7
Walzhaut	3,0
Handentrostung	4,0
Maschinelle Entrostung	5,0
Beizen	6,0
Flammstrahlentrostung	7,0
Sandstrahlentrostung	8,5
Feuerverzinken	10,0

Die Lösung der Komplexaufgabe Korrosionsschutz als wirkungsvoller Weg zur Durchsetzung der Materialökonomie, der Erhaltung des Volksvermögens, der Reduzierung der zeitlich und kostenmäßig sehr hohen Instandhaltungsaufwendungen, der Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Erhöhung des Nationaleinkommens bedeutet speziell für die breitere Anwendung des Leichtbaues eine wesentliche Voraussetzung, denn Leichtbau wird dadurch gekennzeichnet, daß in der Konstruktion mit niedrigen Sicherheitszuschlägen gearbeitet wird.

## 2. Die Wirtschaftlichkeit des Korrosionsschutzverfahrens Feuerverzinkung

In der Landtechnik geht es um die Durchsetzung eines dem technischen Höchststand entsprechenden Korrosionsschlutzes. Neben der Anwendung des aktiven Korrosionsschlutzes durch Vermeiden von korrosionstechnisch ungünstigen Bedingungen (korrosionsschutzgerechte Gestaltung der Konstruktion) sowie vor allen Dingen durch den Einsatz von korrosionsbeständigem und korrosionsträgem Stahl stellt innerhalb der Verfahren des passiven Korrosionsschlutzes die Feuerverzinkung einen dauerhaften Korrosionsschutz für viele landtechnische Maschinen und Anlagen dar.

### 2.1. Die Vorteile der Feuerverzinkung

Im Vergleich zu anderen Korrosionsschutzverfahren erfüllt die Feuerverzinkung die wesentlichen Forderungen, die an eine Korrosionsschutzschicht gestellt werden:

- Der Zinküberzug ist porenfrei,
- er haftet fest auf dem Stahl,
- ist beständig gegenüber äußeren Beanspruchungen,
- er weist eine gewisse Formbarkeit auf [5].
- er zeigt eine gute Korrosionsbeständigkeit,

Aufgrund der Verfahrenstechnologie ergeben sich folgende Vorteile:

- Beim Feuerverzinken überzieht das Zink die ganze Stahloberfläche mit einer Schutzschicht;
- das Feuerverzinken wird stationär, das heißt in Hallen durchgeführt und ist dadurch witterungsunabhängig, prüf- und kontrollierbar;
- der Anteil an lebendiger Arbeit ist im Vergleich zur gegenständlichen Arbeit und im Vergleich zu anderen Korrosionsschutzverfahren gering;
- aufgrund des geringen Lohnanteils und der Verfahrenstechnologie ist die Pro-Kopf-Leistung bzw. die Arbeitsproduktivität sehr hoch;
- die Herstellungskosten beim Feuerverzinken sind relativ gering;
- technische Sicherheit sowie Einfachheit des Verfahrens;
- durch die längere Nutzungsdauer der Zinkschicht ist die Feuerverzinkung in ihrer Wirtschaftlichkeit anderen Korrosionsschutzverfahren überlegen.

Die Eigenschaften einer Feuerverzinkungsschicht ergeben u. a. folgende Vorteile:

- Es erfolgt eine Legierung an der Stahloberfläche;
- gute Dichte der Gesamtschicht;
- sehr gute Oberflächenhärte;
- guter Verschleißwiderstand;
- gute Wasserbeständigkeit;
- die aufgebrauchte Zinkschicht widersteht den Beanspruchungen bei Transport, Montage und Demontage durch Schlag, Stoß und Abrieb (eine Nachbehandlung auf der Baustelle entfällt);
- die Feuerverzinkung ist ein wartungsfreier bzw. wartungsarmer Korrosionsschutz (hängt von atmosphärischen und aggressiven Bedingungen ab);
- es fallen so gut wie keine Verpackungskosten an.

### 2.2. Die Nachteile der Feuerverzinkung

Im Vergleich zu anderen Korrosionsschutzverfahren:

- Begrenzung der Abmessungen;
- relativ schlechte Haftung von Anstrichen auf einer frisch verzinkten Schicht;
- hohe Investitionskosten  $\approx$  500 bis 750 TM je 1000 t Verzinkungskapazität;
- der zur Zeit gültige Preis für die Verzinkung wird wesentlich durch den hohen Preis des Zinks bestimmt;
- Schweißarbeiten feuerverzinkter Konstruktionen erfordern eine Ausbesserung der beschädigten feuerverzinkten Oberfläche beiderseits der Schweißnaht;
- eine Verzinkerei benötigt einen relativ hohen Platzbedarf;
- hohe Wartung und Pflege speziell der Beheizungseinrichtungen und Hebezeuge;
- Anfall von Transportkosten zur und von der Verzinkerei.

Trotz dieser Nachteile empfiehlt es sich, nach gründlicher Analyse der Korrosionsschutzmöglichkeiten bei Entscheidung für Feuerverzinkung unter Berücksichtigung aller technischen und ökonomischen Aspekte bei einer entsprechenden jährlich zu verzinkenden Menge von Erzeugnissen und Konstruktionen eine eigene Feuerverzinkerei zu errichten.

## 3. Wirtschaftlichkeitsvergleiche der Feuerverzinkung mit anderen Korrosionsschutzverfahren

### 3.1. Grundsätze der Wirtschaftlichkeitsvergleiche

Im Interesse der Herstellung weltmarktfähiger Erzeugnisse der Landtechnik und des Landmaschinenbaues sowie der Durchsetzung der wirtschaftlichen Rechnungsführung kommt dem Preis und der Wirtschaftlichkeit des Korrosionsschlutzes eine besondere Bedeutung zu.

Bei den Wirtschaftlichkeitsvergleichen der Feuerverzinkung mit anderen Korrosionsschutzverfahren sind folgende Faktoren zu beachten:

- Preis für den Korrosionsschutz (Herstellungskosten);
- die geforderte Nutzungsdauer des Korrosionsschlutzes in Abhängigkeit von der geforderten Standzeit des Bauwerks bzw. der Konstruktionen und unter Berücksichtigung der atmosphärischen Bedingungen;
- Wirtschaftlichkeit als Ausdruck des Quotienten von Preis und Haltbarkeit des Korrosionsschlutzes (jährliche Korrosionsschutzkosten);
- Wirtschaftlichkeit =  $\frac{\text{Erstschutz} + \text{Wiederholschutz}}{\text{Korrosionsbeständigkeit in Jahren}}$
- Wirtschaftlichkeit des Aufbringens des Korrosionsschlutzes, so z. B. Stand der Technik oder die Arbeitsproduktivität bei den einzelnen Verfahren;
- Anteil der Lohnkosten, der z. B. bei Anstricharbeiten  $\approx$  80 Prozent beträgt, verdeutlicht den hohen Anteil manueller Arbeit;
- Berücksichtigung der internationalen Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet des Korrosionsschlutzes im Interesse der Weltmarktfähigkeit der Erzeugnisse und Konstruktionen;
- die Konstruktion der Bauwerke bzw. ihrer Teile.

Die nachfolgend aufgeführten Wirtschaftsvergleiche stammen aus der DDR, den Niederlanden und Großbritannien.

Es sind dabei in jedem Falle die unterschiedlichen Material- und Lohnkosten, der unterschiedliche Stand der Technik, die Verschiedenartigkeit der Konstruktionen, die Einbeziehung der Unterhaltungskosten des Korrosionsschlutzes sowie die mögliche Unterbrechung des normalen Gebrauchs der Bauwerke und Konstruktionen (Betriebsunterbrechung sowie Einrückungskosten) zu beachten.

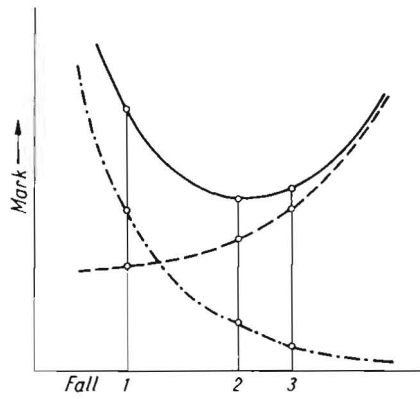


Bild 1. Allgemeines Beispiel für das Verhältnis von Material- und Korrosionsschutzkosten (schematisch). ——— Grundkosten, - - - - - Kosten des Stahls, - · - · - - Kosten für Korrosionsschutz

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren muß ein Optimum erreicht werden, daß in einem bestimmten Verhältnis zu den Gesamtkosten bzw. der Material- zu den Korrosionsschutzkosten steht (Bild 1. Fall 2).

Weder zu hohe noch zu niedrige Korrosionsschutzkosten, bedingt durch die geringen Kosten und korrosionsfähigen Eigenschaften des Stahls, ergeben ein Optimum (Bild 1, Fall 1 bis 3).

Wie wichtig für die Gesamtoökonomie eines Bauwerkes oder einer Konstruktion der Korrosionsschutz ist, soll in Tafel 2 dokumentiert werden, wo Preis und Nutzungsdauer verschiedener Korrosionsschutzverfahren nebeneinander gestellt sind.

### 3.2. Grundsätze des Preises der Feuerverzinkung

Der Preis der Feuerverzinkung hängt ab von der geforderten Schichtdicke, von der Masse der Konstruktion, von ihrer Materialdicke, vom Verformungsgrad der Konstruktion.

Im Gegensatz zu anderen Korrosionsschutzverfahren sind die festgelegten Preise für je 100 kg Fertigmasse berechnet (PAO 4570).

Bezogen auf die Oberfläche können folgende Beziehungen aufgestellt werden:

- $> m^2/t \cong$  fallender Preis  $M/m^2$
- $< m^2/t \cong$  steigender Preis  $M/m^2$

Im Preis sind nicht enthalten

- Zusätzliche Vorbehandlungskosten:  
Entfernen von Schweißschlacke, Blätterrost, Gießereirückstände, Anstriche, Ölkreide, Fett und sonstige Verunreinigungen, weiterhin demontieren, sandstrahlen, entzinken, entfetten, errichten und ausbeulen vor dem Verzinken
- Zusätzliche Nachbehandlungskosten:  
Richten, vollständiges Verputzen, nachschneiden von Gewinden, montieren nach der Verzinkung

Anhand der PAO 4570 wird im Bild 2 ein Beispiel vermittelt.

### 3.3. Wirtschaftlichkeitsvergleiche von Korrosionsschutzverfahren für den Einsatz von Stahl in der Landtechnik

Robustheit und Zuverlässigkeit machen feuerverzinkten Stahl zu einem idealen Werkstoff für landwirtschaftliche Geräte, Maschinen, Ausrüstungen, Anlagen und Gebäude. Dieser Werkstoff soll mithelfen, die Anforderungen in der modernen Wirtschaftsführung der Landwirtschaft, die für Instandhaltung oder dekorativen Anstrich nur wenig Zeit lassen, zu erfüllen.

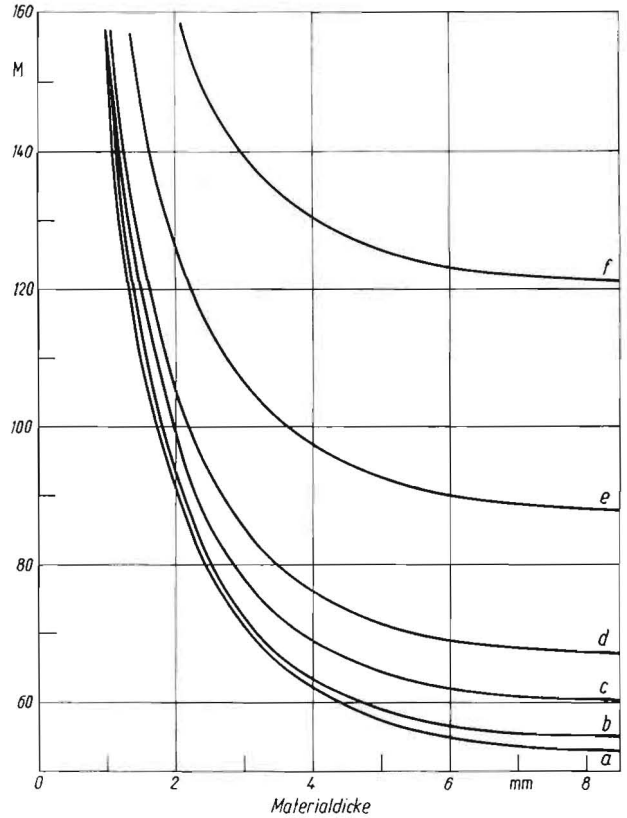


Bild 2. Abhängigkeit der Feuerverzinkungskosten von der Materialdicke (Preis je 100 kg): a Masse bis 1 kg, b Masse über 1 bis 2 kg, c Masse über 2...4 kg, d Masse über 4...10 kg, e Masse über 10...20 kg, f Masse über 20 kg

Tafel 2. Gegenüberstellung von Herstellungskosten und Nutzungsdauer verschiedener Korrosionsschutzverfahren<sup>1</sup>

Anstrich ohne Vorbehandlung																	
Tauchen ohne Vorbehandlung																	
Handtrostung und 1 Grundanstrich																	
desgl., + 2 Grundanstriche																	
desgl., + 2 Grundanstriche, + 2 Deckanstriche																	
Sandstrahlen + 2 Grundanstr. Grad I + 2 Deckanstr.																	
Sandstrahlen + 2 Grundanstr. Grad II + 2 Deckanstr.																	
Sandstrahlen + 2 Grundanstr. Grad III + 2 Deckanstr.																	
Feuerverzinkung Schichtdicke 100 µm																	
		0	2	4	6	8	10	12	14	0	5	10	15	20	25	30	35
		Herstellungskosten in DM/m²							Nutzungsdauer in Jahren (in Landluft)								

<sup>1</sup> Aus: Runter mit dem Rost vom Bau. Herausgegeben vom Verband Deutscher Feuerverzinkereien, Hagen 54

Die Forderungen der Landwirtschaft an einen Korrosionsschutz sind: zuverlässig, haltbar, relativ billig, wartungsarm und leicht kontrollierbar.

Wirtschaftlichkeitsvergleiche mit anderen Korrosionsschutzverfahren sollen die Überlegenheit der Feuerverzinkung dokumentieren (Tafel 3).

Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung läßt erkennen, daß die Feuerverzinkung in Landluft ein Schutzsystem darstellt, das allen Anforderungen gerecht wird:

Tafel 3. Vergleich der Kosten und der Leistungskennziffern für feuerverzinkten und durch andere Methoden geschützten Stahl in ländlichem Klima [6]<sup>1</sup>

Methode	Durchschn. Standzeit bis zum Anstrich (Jahre)	Gestehungskosten	Gesamtjahreskosten	Kosten über 25 J. einschl. Wartung
Feuerverzinken	25	100	4,0	100
Putzstrahlen von Hand	25	145	5,8	145
Spritzverzinken von Hand				
Schleuderrad- Putzstrahlen und 3 Anstrichschichten	12	75	6,0	150
Putzstrahlen von Hand und 3 Anstrichschichten	12	120	7,8	195
Beizen und 3 Anstrichschichten	10	85	8,0	200
Drahtbürsten und 3 Anstrichschichten	8	75	9,2	230
Drahtbürsten und 2 Anstrichschichten	5	55	11,2	280

<sup>1</sup> Die Zahlenwerte sind auf die mit 100% angesetzten Gestehungskosten von verzinktem Stahl bezogen. Die Daten basieren auf statistischem Material der Industrie über Stahlhochbau mit Teilen von 9,525 mm mittlerer Dicke.

Bei dünnerem Material ist der Vorteil der Verzinkung noch ausgeprägter.

Tafel 4. Vergleich der Herstellungskosten [7]<sup>1</sup>

Schutzsystem	Schichtdicke	Stahlbauten schwer (14 ... 20 m <sup>2</sup> /t)	leicht (30 ... 60 m <sup>2</sup> /t)
1. Feuerverzinkung	65 ... 80 µm	100	100
2. Spritzverzinken	80 ... 100 µm	60 ... 90	100 ... 140
3. Stahlkornstrahlen + 2 Zinkstaubanstriche	70 ... 90 µm	70 ... 80	100 ... 120
4. Maschinelles Strahlen + 4 Anstriche	2x Blei-Mennige 2x Deckanstrich auf Alkydharzbasis 100 ... 125 µm (wie 4)	55 ... 80	70 ... 120
5. Handgestrahlt + 4 Anstriche		70 ... 90	115 ... 135
6. Handgebürstet + 3 Anstriche	2x Blei-Mennige 1x Deckanstrich 80 ... 100 µm	40 ... 60	60 ... 85
7. Duplexsystem	Feuerverzinkung + Haftgrund + Deckanstrich (Kunstharzbasis)	115 ... 135	110 ... 165

<sup>1</sup> Für die Feuerverzinkung wurde der Standard 100 gewählt.

Tafel 5. Vergleich der jährlichen Korrosionsschutzkosten [7]<sup>1</sup>

Schutzsystem	Stahlbauten schwer	leicht
1. Feuerverzinkung	100	100
2. Spritzverzinken	110 ... 145	160 ... 215
3. Stahlkornstrahlen + 2 Zinkstaubanstriche	110 ... 135	145 ... 185
4. Maschinelles Strahlen + 4 Anstriche	100 ... 135	145 ... 215
5. Handgestrahlt + 4 Anstriche	135 ... 170	220 ... 250
6. Handgebürstet + 3 Anstriche	130 ... 170	205 ... 265
7. Duplexsystem	60 ... 75	60 ... 80

<sup>1</sup> Für Schichtdicke und Oberfläche ist Tafel 4 zu vergleichen.

- wartungsarmer bzw. wartungsfreier Korrosionsschutz;
- Einsparung von Unterhaltungskosten;
- Einsparung an Arbeitszeit und Arbeitskräften (der Arbeitskräftebedarf liegt bei Anstrichen einschließlich Wiederholanstrichen um ein mehrfaches höher als bei der Feuerverzinkung);

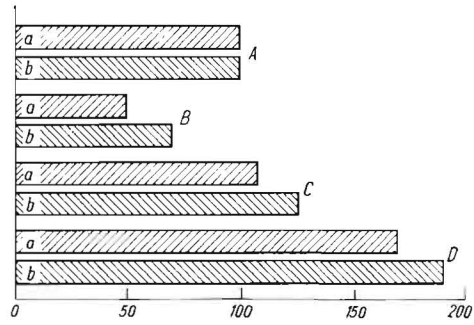


Bild 3. Herstellungskosten von Stahlkonstruktionen für die Landtechnik (Feuerverzinken = 100). a 20 m<sup>2</sup> je t Stahl, b 30 m<sup>2</sup> je t Stahl, A Feuerverzinken, 500 bis 600 g/m<sup>2</sup>, B Putzstrahlen von Hand, Grundanstrich, Alkydharzdeckanstrich, C maschinell gestrahlt mit Stahlkies, Grundanstrich, 2facher Alkydharzdeckanstrich, D maschinell gestrahlt mit Stahlkies, Zinkspritzen (100 µm)

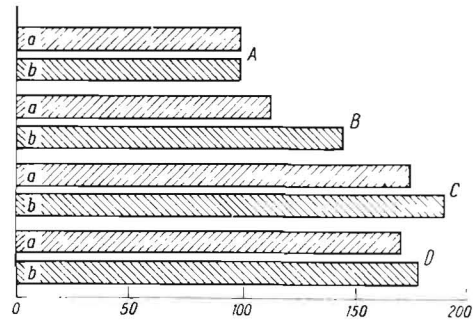


Bild 4. Gesamtkosten von Stahlkonstruktionen über 25 Jahre in Landluft (Feuerverzinken = 100). a 20 m<sup>2</sup> je t Stahl, b 30 m<sup>2</sup> je t Stahl, Verfahren wie in Bild 3. A keine Unterhaltskosten, B Wiederholerschutz nach 5, 10, 15 und 20 Jahren, C Wiederholerschutz nach 9 und 17 Jahren, D keine Unterhaltskosten

- Steigerung der Arbeitsproduktivität der Korrosionsschutzarbeiten;
- Bauzeitverkürzung.

Je mehr die Oberfläche — bezogen auf 1 t Stahl — zunimmt, um so wirtschaftlicher wird die Feuerverzinkung im Vergleich zu anderen Korrosionsschutzverfahren schon bei den Herstellungskosten (Tafel 4).

Bezogen jedoch auf Korrosionsschutz je m<sup>2</sup> und Jahr zeigt sich die Wirtschaftlichkeit feuerverzinkten Stahls schon bei schweren Konstruktionen (Tafel 5).

Mit der weiteren Entwicklung und Anwendung der modernen Landtechnik zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Landwirtschaft kommt der Ökonomie des Korrosionsschutzes eine besondere Bedeutung zu.

Auch die in den Bildern 3 und 4 graphisch dargestellten Herstellungs- und Gesamtkosten verschiedener Korrosionsschutzverfahren sollen die Vorteile der Feuerverzinkung dokumentieren.

Die Wirtschaftlichkeit in der Landtechnik hängt entscheidend von einem wirtschaftlichen, dem technischen Höchststand entsprechenden und wartungsarmen bzw. wartungsfreien Korrosionsschutz für eine Haltbarkeitsdauer von 20 bis 30 Jahren ab.

Nach wissenschaftlichen Unterlagen und Auswertung der international vorliegenden Erfahrungen wird der wissenschaftlich-technische Höchststand im Korrosionsschutz überwiegend durch die Feuerverzinkung bzw. durch die Feuerverzinkung mit nachfolgendem Anstrich bestimmt.

## Literatur

- [1] WILLY STÖPH: Referat auf dem VII. Parteitag. Zeitschrift „Die Wirtschaft“, Ausgabe A. vom 27. April 1967, Nr. 17, S. 10
- [2] Autorenkollektiv: „Chemie heute — Chemie morgen“. Urania-Verlag 1967. S. 15 und 259
- [3] BAUDE, B.: „Komplexaufgabe Korrosionsschutz“. JfL-Mitteilung, H. 2/1965, S. 42
- [4] OLDEN, J.: „Zweckmäßige Auswahl der Korrosionsschutzverfahren“. Zeitschrift „Die Wirtschaft“, Ausgabe A, Nr. 43/1968, S. 6
- [5] BAUMGÄTL: „Werkstoffkunde“. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1967. S. 102 und 103

- [6] Broschüre „Hot galvanized steel in agriculture“. Hot Dip Galvanizers Association, 34 Berkeley Square London; S. 4. Printed in England by „The Whitepiars Press Limited“
- [7] EIJNSBERGEN, van I. F. H.: „Fortschritt und Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung“. Zeitschrift: Bänder, Bleche, Rohre. Düsseldorf 8/1967, Nr. 9, S. 627 und 628

## Bildnachweis

- Bild 1. OLDEN, J.: „Zweckmäßige Auswahl von Korrosionsschutzverfahren.“ Zeitschrift „Die Wirtschaft“, Ausgabe A. Nr. 43/1968, S. 6
- Bild 3 und 4. Kostprijzen van thermisch verzinken opzichte van andere conserverings methoden. Bulletin Thermisch Verzinken (Niederland) 1968, S. 8 A 7849

Ing. H. SCHOBERT\*

# Neues Verfahren zur Untersuchung der Antriebsaggregate und -systeme von Maschinen und Fahrzeugen (Teil I)

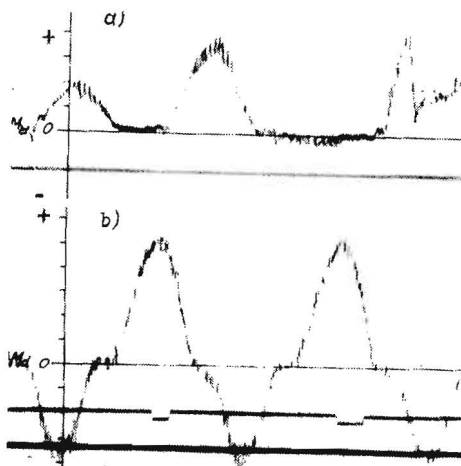
## Beispiel: Untersuchung einer Pflanzenschutzmaschine

Bei komplizierten Antriebssystemen ist immer wieder festzustellen, daß sich die Grenznutzungsdauer der Gesamtsysteme in der Praxis als niedriger erweist als die Grenznutzungsdauer der nach den üblichen Normen dimensionierten Aggregate. Das hängt meistens damit zusammen, daß sich das Drehschwingungsverhalten des Gesamtsystems wesentlich von dem der einzelnen Aggregate unterscheidet. Im Gesamtsystem treten dadurch zusätzliche dynamische Belastungen infolge innerer Drehschwingungen auf. Diese Zusatzbelastungen werden noch erhöht, wenn die Drehmomente infolge der Schwingungen von positiven zu negativen Werten fallen und durch das Spiel im Antriebssystem Stöße auftreten, die überdies noch den Verschleiß einzelner Teile begünstigen. Es handelt sich also um ein komplexes Problem der Schwingungstechnik, der Betriebsfestigkeit und des Verschleißes, das theoretisch selten vollkommen beherrscht werden kann. Eine optimale schwingungstechnische Abstimmung und eine Dimensionierung hinsichtlich Betriebsfestigkeit und Verschleiß erfordern daher entsprechende experimentelle Untersuchungen.

Im vorliegenden Beitrag wird gemäß Patentschrift 59 962 ein neues Verfahren zur Untersuchung von Antriebsaggregaten und -systemen durch praxisnahe dynamische Drehmomentbelastung erläutert.

\* Institut für Leichtbau Dresden

Bild 1. Drehschwingungen mit pulsierender und wechselnder Beanspruchungsamplitude



## 1. Problemstellung

Hochwertiges Material von Antriebsaggregaten und -systemen (Wälzlager, Zahnräder, Kupplungen, Gelenkwellen usw.), Zeit und Geld werden noch in beträchtlichen Mengen für Instandsetzungen aufgewendet. Außerdem entstehen durch den Ausfall der Maschinen hohe ökonomische Verluste. Um die Instandsetzungen radikal einzuschränken, ist es notwendig, bei den Erzeugnissen bereits im Entwicklungsstadium die reparaturanfälligen Teile (Schwachstellen) zu erkennen und zu verbessern. Nicht größere Instandsetzungskapazität, sondern höhere Zuverlässigkeit und Grenznutzungsdauer der Aggregate ist die Forderung der Zeit.

Der Idealzustand „Grenznutzungsdauer der Maschine — Grenznutzungsdauer ihrer Einzelteile“ sollte ständig angestrebt werden. Im Hinblick auf Verformung und Verschleiß sind zu schwach dimensionierte Bauteile zu verstärken bzw. zu stark dimensionierte Bauteile schwächer zu halten. In einer Studie wurde z. B. bei Getrieben die Notwendigkeit einer praxisnahen Erprobung zur systematischen Ermittlung von Schwachstellen, Leistungsgrenze und Grenznutzungsdauer nachgewiesen. Die Ergebnisse sind grundsätzlich für alle Antriebsaggregate und komplette Antriebssysteme zutreffend.

Schwachstellen, Leistungsgrenze und Grenznutzungsdauer sind aber keine konstanten Größen, sondern weitgehend von Art, Größe und Häufigkeit der Drehmomentbeanspruchung abhängig.

In der Praxis werden die Antriebssysteme und -aggregate von Fahrzeugen und Maschinen überwiegend durch schwelende und wechselnde Drehmomente beansprucht (Bild 1). Werden bei schwelender Belastung die unteren Drehmo-

Bild 2. Anlaufvorgang bei einer Landmaschine

