

Steinbeck/Schwenk/Dahl

## **Korrosionsschutz im Stahlbau durch Feuerverzinken + Beschichten (Duplex-System)**

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Laboratoriums- und  
Freibewitterungsversuchen bei Duplex-Systemen?

Bericht Nr. 141  
des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e. V.  
GAV-Nr. FE 23

# Haftvermögen alternativer Beschichtungen im Stahlbau

## Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Laboratoriums- und Freibewitterungsversuchen bei Duplex-Systemen?

Gregor Steinbeck, Düsseldorf, Wilhelm Schwenk und Winfried Dahl, Aachen

Feuerverzinkte Stahlbleche mit normaler blumenartiger Zinkschicht, überwiegend vorbehandelt durch Sweepen, sowie einer Zinkschicht wurden mit fünf unterschiedlichen Beschichtungssystemen versehen und folgenden Korrosionsbelastungen ausgesetzt: 14 Tage Haagen- und  $\Delta T$ -Test sowie vier Jahre Freibewitterung in verschiedenen Klimata.

Im allgemeinen sind die Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchungen, die nach AGK-Arbeitsblatt recht gut miteinander korrelierten, stärker differenzierend als die der Freibewitterung.

Hinsichtlich des Werkstoffeinflusses zeigte sich, daß auf unbehandelter blumiger Zinkfläche die schlechtesten Prüfwerte vorkommen, während bei Zinküberzügen mit Sweep-Vorbehandlung sowie auf matten Zinkoberflächen keine besonderen Unterschiede bestehen.

Zum Beschichtungseinfluß wird bestätigt, daß EP-Grundbeschichtungen einer Sweep-Behandlung bedürfen. Wasserverdünnbare Systeme sind nicht nachteilig. Am besten verhielten sich Acrylharz-Beschichtungen.

### 1 Einleitung

Zur Verbesserung des Umweltschutzes hat auch die Entwicklung von neuartigen Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlbau beigetragen. Hierzu zählen der Einsatz von ungiftigen Korrosionsschutzpigmenten in der Grundbeschichtung sowie der Wegfall von organischen Lösemitteln bei mit Wasser verdünnbaren Lacken. Über die Korrosionsschutzwirkung solcher Beschichtungssy-

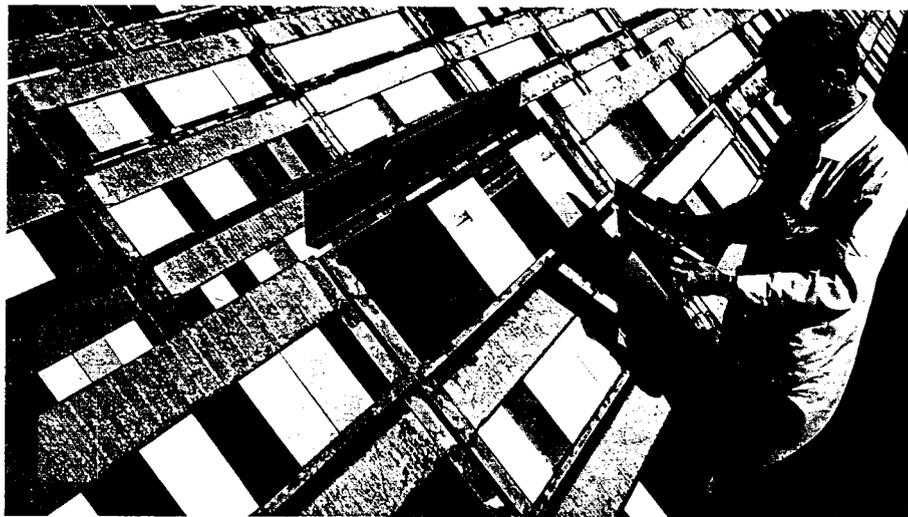


Bild: BASF Coatings AG, Münster

Prüftafeln, soweit das Auge reicht: In der Freibewitterungsstation sind die Beschichtungen Wind und Wetter ausgesetzt

steme bei Laboratoriumsbelastung und Freibewitterung wird in [1] berichtet.

Als eine erprobte Alternative zu konventionellen organischen Beschichtungssystemen ist die Kombination des Feuerverzinkens mit organischen Beschichtungssystemen anzusehen, die als Duplex-System bekannt ist [2, 3]. Trotz der ausgeprägten synergetischen Schutzwirkung der beiden Schichtkomponenten gibt es in der Anwendung offene Fragen zur Schutzwirkung, die allein mit Problemen des langzeitigen Haftvermögens der Beschichtung auf Zink zusammenhängen [2-5]. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeiten wird ein schwaches Strahlen, das als „Sweepen“ bekannt ist, empfohlen [3-6].

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen eines größeren Forschungsvorhabens gemeinsam mit den Untersuchungen in [1] durchgeführt. Es sollten Zusammenhänge zwischen Ergebnissen aus Laboratoriums- und Freibewitterungsversuchen hergestellt und die Wirkung des Sweepens geprüft werden.

### 2 Grundwerkstoffe und Beschichtungssysteme

Als Grundwerkstoffe dienen nach DIN 50 976 [7] feuerverzinkte Baustähle (Tab. 1). Dabei entsteht auf Stahl S235J2W (früherer

Kurzname St 37-2) ein normaler blumiger Zinküberzug, der Haftungsprobleme aufweisen kann. Aus diesem Grunde wurde bei diesem Werkstoff auch ein Sweepen vorgesehen, wobei die Dauer zwischen Sweepen und Beschichten variiert wurde. Zum Vergleich wurde der Stahl S355JG1W (früherer Kurzname St 52-3) gewählt, der aufgrund seiner Zusammensetzung eine graue Zinkschicht erhält, die nahezu keine  $\eta$ -Phase, sondern eine durchgewachsene Legierungsphase ( $\xi$ -Phase) besitzt.

Die Beschichtungssysteme sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Die Sollwerte der Trockenschichtdicken betragen einheitlich 150  $\mu\text{m}$ . Die Grundbeschichtung benötigt keine Korrosionsschutzpigmente, wie man sie für Stahl kennt [1], sondern sie muß die Haftung auf dem Zink sicherstellen. Im wesentlichen wurde die Bindemittelbasis variiert, wobei auch wasserverdünnbare Bindemittel vorgesehen waren.

### 3 Korrosionsversuche und Meßwerte

#### 3.1 Laboratoriumsuntersuchungen nach [8]

Im Laboratorium wurden die in [8] beschriebenen Untersuchungsmethoden an-

gewandt, die auch in [7] zur Eignungsprüfung empfohlen sind. Es handelt sich dabei um Versuche mit Wasserdampftransport im Temperaturgefälle.

### 3.1.1 Haagen-Test (H)

Dieser Versuch ist in [4] und [8] beschrieben. Die beschichtete Probenseite wird bei 40 °C Wasserdampf ausgesetzt ( $p(\text{H}_2\text{O}) = 0,07 \text{ bar}$ ) und auf der Rückseite undefiniert durch die Umgebungsluft gekühlt. Die Prüfdauer beträgt 14 Tage. Der Meßwert wird als *H* bezeichnet und ist der GT-Wert (Gitterschnitt) der Naßfilmaftung im Klebebandabreißversuch nach [9].

### 3.1.2 $\Delta T$ -Test (T)

Dieser Versuch entspricht den Angaben in [8] und [10], wobei mittels thermostatisierter Wässer die beschichtete Fläche auf 42 °C erwärmt und die Rückseite auf 37 °C gekühlt wird. Prüfdauer und Messung entsprechen dem Haagen-Test. Der Meßwert wird als *T* bezeichnet.

## 3.2 Freibewitterungsversuche

Die Freibewitterungsversuche entsprechen [11] und erfolgten auf den Versuchsständen Duisburg, Kaiser-Wilhelm-Koog und Olpe über vier Jahre. In dieser Zeit konnten visuell keine Veränderungen erkannt werden. Eine zerstörende Beurteilung mittels Gitterschnitt-Prüfung nach [9] erfolgte in den letzten beiden Jahren 1995 und 1996.

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der Laboriumsversuche

Die Untersuchungsergebnisse (*H* und *T*) sind in *Tab. 3* zusammengestellt. Die Korrelation beider Werte ist verhältnismäßig gut. Zum Vergleich enthält *Abb. 1* eine Häufigkeitsaufstellung der Abweichungen zwischen beiden GT-Werten. Die *T*-Werte können etwas höher liegen. Für eine nähere Erörterung der Befunde werden Summenwerte sowohl aller Werkstoffe 1 bis 5 (*Tab. 1*) als auch aller Beschichtungssysteme 1 bis 5 (*Tab. 2*) gebildet.

Über den Einfluß der Werkstoffe gibt die letzte Zeile von *Tab. 3* einen guten Überblick. Demnach besteht ein eindeutiger Vorteil durch das Sweepen, wobei eine Zeitspanne bis zur Beschichtung von 5 h keinen Effekt hat. Dagegen ist eine Lagerung von 54 d vergleichsweise ungünstiger. Probe 4 wurde erst später gefertigt und nur den Laboriumsprüfungen, nicht aber der Freibewitterung ausgesetzt.

Zum Einfluß der Beschichtungssysteme sind die Summenwerte für *H* und *T* sowie die Summe beider Daten in *Tab. 2* eingetragen.

Tab. 1: Werkstoffe und Oberflächenbehandlung

Werkstoff	Grundwerkstoff, verzinkt nach DIN 50 976	Oberfläche/Behandlung
1	St 37-2	blumige Zinkschicht
2	wie 1 mit Sweepen	Beschichten sofort nach Sweepen
3	wie 2	Beschichten 5 h nach Sweepen
4	wie 2	Beschichten 54 d nach Sweepen
5	St 52-3	graue Zinkschicht (keine $\eta$ -Phase)

### 4.2 Ergebnisse der Freibewitterungsversuche

Die Untersuchungsergebnisse, zusammengestellt in *Tab. 4*, sind ausschließlich GT-Werte nach [9]. Für eine nähere Erörte-

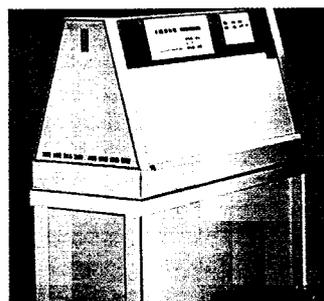
rung der Befunde werden wieder Summenwerte sowohl aller Werkstoffe 1 bis 3 und 5 nach *Tab. 1* als auch aller Beschichtungssysteme 1 bis 5 nach *Tab. 2* gebildet.

Ein Vergleich zum Einfluß der Klimata wird durch die Summen aller GT-Befunde

## Produkte zur Sache

### Bewitterungsprüfung in zweiter Generation

Die „QUV“-Systeme eines englischen Herstellers zur beschleunigten Bewitterungsprüfung sind jetzt in zweiter Generation auf dem Markt erhältlich. Bei der Überarbeitung der Einheit ist das Steuerungssystem verfeinert und ein Selbstdiagnose-System integriert worden. Die Produktreihe



umfaßt drei Ausführungen, wobei das Modell „QUV/spray“ zusätzlich mit einer Sprühoption ausgestattet ist, die zum Einsatz kommt, wenn große Mengen für den Wassersprühtest erforderlich sind. Auch hinsichtlich des thermischen Schlages erweist sich diese Funktion als nützlich. Die Systeme sind sowohl zur Bestimmung der UV-Degradation geeignet als auch zur Prüfung von Proben, die zum Ausbleichen, Kreiden, Reißen etc. neigen.

Q-Panel Lab Products  
Express Trading Estate  
Stone Hill Road, Farnworth  
GB-Bolton BL4 9TP  
Fax +44 (1204) 861617

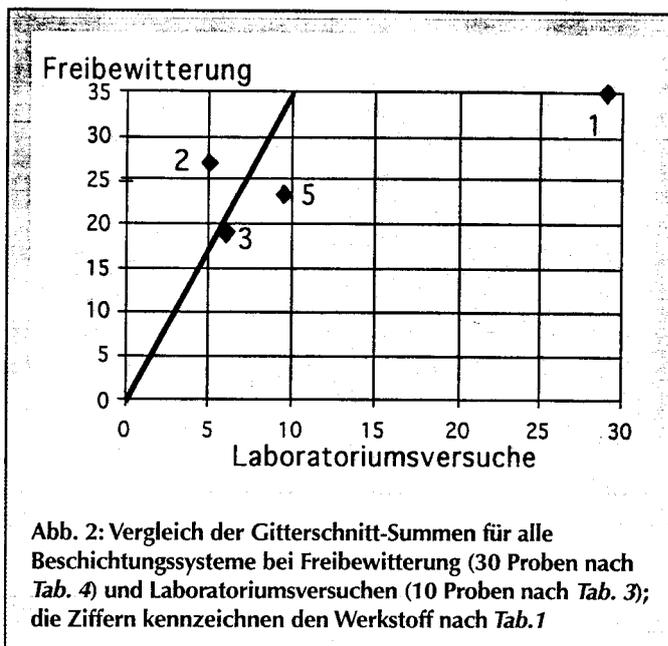
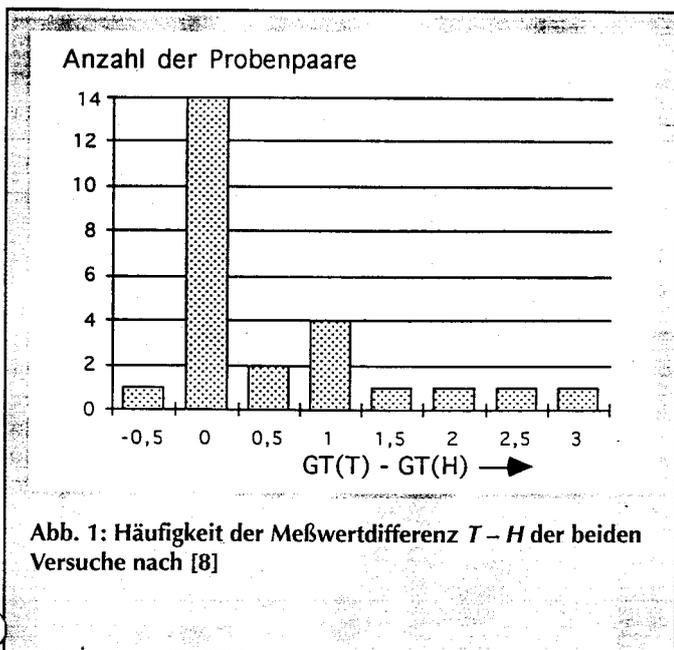
### Einfache Handhabung bei Bewitterungsprüfung

Das Modell „Ci3000+“, das die Reihe der Xenon Weather-Ometer“



ergänzt, ist mit einer 4500 W wassergekühlten Xenon-Bogenlampe und einer Prüffläche von 2,188 cm<sup>2</sup> (339 in<sup>2</sup>) ausgestattet. Mit der Steuerung per Mikroprozessor, dem günstigen Preis-/Leistungsverhältnis sowie dem verfeinerten Temperatur-Kontrollsystem demonstriert das Instrument nach Angaben des amerikanischen Herstellers den derzeitigen Stand in Sachen Bewitterungs- und Lichtechtheitsprüfung. Die menügesteuerte LCD-Kontrollanzeige gewährleistet die einfache und akkurate Programmierung sowie Durchführung der Tests. Der Temperaturbereich deckt 40 bis 110 °C (BPT) bzw. 40 bis 120 °C (BST) ab.

Atlas Electric Devices Company  
4114 North Ravenswood Avenue  
Chicago, Illinois 60613  
USA  
Fax +1 (773) 3245787



(siehe Klammerangaben zu den jeweiligen Versuchsständen in Tab. 4) verdeutlicht. Hierbei werden durch die beiden Summanden separat die Teilsommen für 1995 und 1996 ausgewiesen. Die Beurteilungsergebnisse in diesen beiden Jahren unterscheiden sich nur wenig. Es zeichnet sich aber ein Klimaeinfluß ab, nach dem die Daten für das Landklima Olpe signifikant günstiger sind als bei den beiden anderen Versuchsständen mit Industrie- und Meeresluft.

Über den Einfluß der Werkstoffe gibt die letzte Zeile von Tab. 4 einen Überblick. Demnach ist der Unterschied deutlich kleiner als bei den Laboratoriumsversuchen. Nur das eindeutig schlechtere Verhalten von Werkstoff 1 wird bestätigt. Zum Einfluß der Beschichtungssysteme sind die Summenwerte für die einzelnen Versuchsstände sowie die Summen aller Daten in Tab. 2 eingetragen.

## 5 Erörterung der Untersuchungsergebnisse

### 5.1 Eigenschaften der Werkstoffe

Die Eigenschaften der fünf Werkstoffe werden durch die über alle Beschichtungen und Korrosionsbelastungen aufsummierten GT-Werte beschrieben. Diese sind jeweils in der letzten Zeile von Tab. 3 und 4 angegeben. Die Zuordnung der Summenwerte für Freibewitterung und Laboratoriumsversuche der Werkstoffe 1 bis 3 und 5 geht aus Abb. 2 hervor. Aufgrund der unterschiedlichen Probenanzahl bei den beiden Korrosionsarten sind die Summenwerte nicht direkt vergleichbar. Die fett eingetragene Gerade berücksichtigt die unterschiedliche Probenanzahl. Punkte auf dieser Geraden entsprechen gleichen Mittelwerten für die GT-Werte beim Laboratoriumsversuch und bei der Freilagerung.

Von allen Werkstoffen verhält sich der Werkstoff 1 am ungünstigsten. Im Vergleich zur Freibewitterung fällt der Laboratoriumsversuch hier noch schlechter aus. Beim Werkstoff 2 kehrt sich dieser Befund durch das Sweepen nahezu um, wobei das etwas schlechtere Verhalten bei der Freibewitterung auch im Bereich der Streuung liegen kann. Bei den Werkstoffen 3 und 5 sind die mittleren Daten bei beiden Korrosionsbelastungen gleich groß. Nach diesen Befunden hat folglich das Sweepen eindeutig Vorteile für einen normalerweise vorliegenden blumigen Zinküberzug. Bei der matten Zinkschicht mit durchgewachsenen Legierungsphasen ist ein Sweepen nicht erforderlich, weil die Meßwerte in den Streubereich der Proben 2 bis 4 fallen.

**Tab. 2: Zusammenstellung der Beschichtungssysteme und Auswertung**

Beschichtungssystem	1	2	3	4	5	
Grundbeschichtung, Bindemittel	EP	EP	AY-W	AY-AK	AY-W	
Grundbeschichtung, Pigment	ZnP	CaSi	TiO <sub>2</sub>	-	TiO <sub>2</sub>	
Deckbeschichtung, Bindemittel*)	PUR	PUR	PUR	AY-AK	AY-W	
GT-Summe für Haagen-Test	4	6,5	0	6	7,5	24,0
GT-Summe für ΔT-Test	7,5	10	1	8	9	35,5
GT-Summe Laboratoriumsversuche	11,5	16,5	1	14	16,5	59,5
GT-Abnahme durch Sweepen [%]	100	100	-	80	14	83
GT-Summe Duisburg	9,5	7	4	16	0,5	37
GT-Summe Kaiser-Wilhelm-Koog	7,5	6	3	14,5	13	44,0
GT-Summe Olpe	4,5	4,5	2,5	9	3	23,5
GT-Summe Freibewitterung	21,5	17,5	9,5	39,5	16,5	104,5
GT-Abnahme durch Sweepen [%]	35	56	0	-	30	23

Bedeutung der Kurzzeichen: AK = Alkydharz, AY = Acrylharz, EP = Epoxidharz, PUR = Polyurethan; W = Wasser verdünnbar; ZnP = Zinkphosphat, CaSi = Calciumsilicat

\*) Mit Ausnahme von Beschichtungssystem 5 enthalten alle Deckbeschichtungen Eisenglimmer als Schuppenpigment

## 5.2 Eigenschaften der Beschichtungssysteme

Die Eigenschaften der Beschichtungssysteme werden durch die über alle Beschichtungen und Korrosionsbelastungen aufsummierten GT-Werte beschrieben, die in der siebten und zwölften Zeile der Tab. 2 angegeben sind. Die Zuordnung der Summenwerte für Freibewitterung und Laboratoriumsversuche der Beschichtungssysteme 1 bis 5 ist in Abb. 3 dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Probenanzahl bei den beiden Korrosionsarten sind die Summenwerte direkt nicht vergleichbar. Die fett eingetragene Gerade berücksichtigt die unterschiedliche Probenanzahl und entspricht gleichen Mittelwerten für die GT-Werte beim Laboratoriumsversuch und bei der Freilagierung.

Nach Abb. 3 sind die Mittelwerte bei beiden Korrosionsbelastungen für die Beschichtungssysteme 1, 3 und 4 gleich. Bei den Beschichtungssystemen 2 und 5 sind die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche aber verhältnismäßig schlechter. System 2 besitzt eine Epoxidharz-Grundbeschichtung mit Calciumsilicat und unterscheidet sich von System 1 nur durch das Pigment. Hier scheint bei der stärkeren Wasserbelastung im Laboratoriumsversuch das Zinkphosphat vorteilhafter zu sein, wohingegen bei der Freibewitterung praktisch kein Unterschied besteht. System 5 basiert auf wasserverdünnbarem Bindemittel, was wahrscheinlich bei der stärkeren Wasserbelastung ungünstig ist. Weiterhin könnte das Fehlen von Eisenglimmer einen Einfluß haben.

Eindeutig günstig verhält sich System 3, welches sich von System 5 nur in bezug auf die Deckbeschichtung unterscheidet. Bei beiden Systemen ist das unterschiedliche Verhalten hinsichtlich Freibewitterung

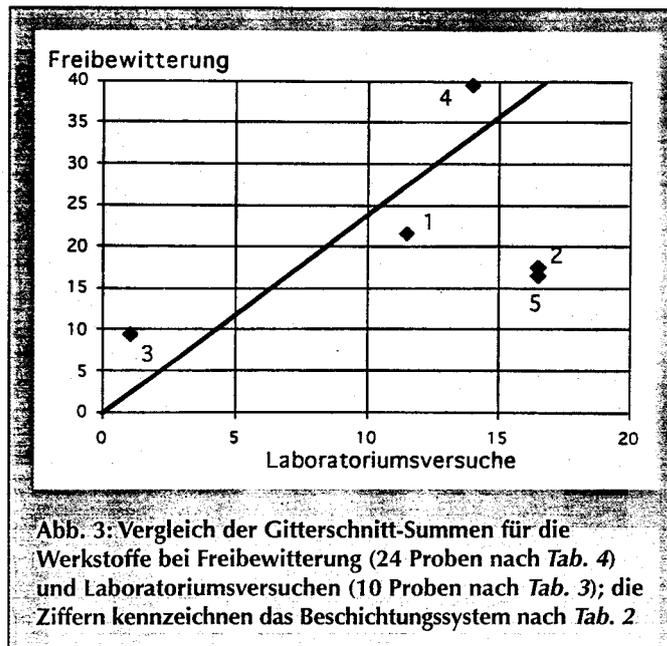


Abb. 3: Vergleich der Gitterschnitt-Summen für die Werkstoffe bei Freibewitterung (24 Proben nach Tab. 4) und Laboratoriumsversuchen (10 Proben nach Tab. 3); die Ziffern kennzeichnen das Beschichtungssystem nach Tab. 2

und Laboratoriumsversuch besonders groß. Verhältnismäßig schlecht verhält sich System 4, was vermutlich auf eine weniger günstige Bindemittel- und Pigmentkombination zurückzuführen ist.

Zur Wirksamkeit des Sweepens werden die Werkstoffe 1 und 2 verglichen und die prozentualen Abnahmen der GT-Summenwerte in Tab. 2 angegeben. Hierbei ist zu erkennen, daß das Sweepen deutliche Vorteile bei den Systemen 1 und 2 bringt. Dabei handelt es sich um Systeme mit Epoxidharz-Grundbeschichtungen, die nach [2] und [6] nicht unproblematisch sind. Einen vergleichsweise geringen Vorteil bringt das Sweepen auch bei System 5. Einen deutlichen Vorteil zeigt das Sweepen mit dem verhältnismäßig schlechten System 4 nur im Laboratoriumsversuch. Bei der Freibewitterung führt das Sweepen zu keinem Erfolg.

### 5.3 Schlußbetrachtung

Nach diesen Befunden können die Laboratoriumsversuche gemäß [8] über das Ver-

halten bei der Freibewitterung nur dann eine sichere Aussage liefern, wenn die Befunde im Sinne von [8] verhältnismäßig gut sind. Dazu zählen GT-Werte bis maximal 2. Bei schlechteren Werten besteht keine Korrelation zwischen den Befunden nach [8] und der Freibewitterung. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß nach vier Jahren Freibewitterung alle Proben einen schadfreien Eindruck machten und praktisch als gleichwertig beständig anzusehen waren. Im Vergleich zu den in [2] berichteten Schadensfällen hätten ungeeignete Systeme frühzeitig durch Abblättern auffallen müssen. Epoxidharz-Beschichtungssysteme sind nicht unproblematisch und bedürfen im allgemeinen einer Oberflächenvorbereitung durch Sweepen. Bei den anderen

untersuchten Beschichtungssystemen ist eine solche Oberflächenvorbereitung in der Wirksamkeit indifferent oder ohne Einfluß auf das Ergebnis. Die Dauer zwischen dem Sweepen und dem Aufbringen der Grundbeschichtung kann einige Stunden betragen. Eine geringe Verschlechterung wurde erst nach sieben Wochen Freilagierung unter Dach beobachtet.

Die wasserverdünnbaren Bindemittel zeigen bei der Freilagierung verhältnismäßig gute Ergebnisse, während sie bei den Laboratoriumsversuchen indifferent sind. Das beste Verhalten wiesen Beschichtungssysteme mit Grundbeschichtungen auf Basis von Acrylharz auf.

Die Ergebnisse gelten nur für die untersuchten Systeme, wobei eine Übertragbarkeit auf andere, stofflich ähnliche Systeme nicht ohne Prüfung vorgenommen werden darf. So wurde in [6] gezeigt, daß es auch Epoxidharz-Systeme gibt, die keine Sweep-Behandlung benötigen.

Tab. 3: Untersuchungsergebnisse der Laboratoriumsversuche nach [8]

Probennummer	1		2		3		4		5		Summe	
	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
Gitterschnitt-Werte (Naßfilmhaftung)												
1	3	5,5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	11,5
2	6	6	0	0	0,5	0,5	0	2	0	1,5	1,5	16,5
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,0
4	1	4	0	1	0,5	0,5	2	2,5	1,5	1	1,5	14,0
5	1,5	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	16,5
<b>Summe</b>	<b>11,5</b>	<b>17,5</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>6,5</b>	<b>4,5</b>	<b>5,5</b>	<b>23,0</b>	<b>36,5</b>
	29,0		5,0		6,0		9,5		10,0		59,5	

\*) H: Meßwert des Haagen-Testes; T: Meßwert des  $\Delta T$ -Testes

Tab. 4: Untersuchungsergebnisse der Freibewitterung nach drei und nach vier Jahren

Probennummer	1		2		3		5		Summe
	1995	1996	1995	1996	1995	1996	1995	1996	
Beschichtungssystem									
Versuchsstand Duisburg (17 + 20 = 37,0)									
1	2	1,5	1	1	1	1	1	1	9,5
2	2	1	0	1	0,5	1	0,5	1	7,0
3	0	1	0	1	0	1	0	1	4
4	3	2	3	2	2	2	1	1	16
5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
Versuchsstand Kaiser-Wilhelm-Koog (20 + 24 = 44,0)									
1	2	2	1	1,5	0	0	0	1	7,5
2	2	1	1	1	0	0,5	0	0,5	6,0
3	1	0	1	0	0	0	0	1	3
4	1	2,5	3	2	1	2	1	2	14,5
5	2	2	1	2	1	2	2	1	13
Versuchsstand Olpe (14,5 + 9 = 23,5)									
1	1	0	1	0	1	0	1	0,5	4,5
2	1	1	0,5	0	0	0	1	1	4,5
3	0	1	0,5	0,5	0	0,5	0	0	2,5
4	1	1	1	0,5	1	1,5	1,5	1,5	9,0
5	1	0	0,5	0	0	0	1,5	0	3,0
Summe	19	16,0	14,5	12,5	7,5	11,5	10,5	13,0	104,5
	35,0		27,0		19,0		23,5		

Wir danken den Europäischen Gemeinschaften für Kohle und Stahl (EGKS), die mit Ihren Mitteln diese Arbeit als EGKS-Forschungsvorhaben-Nr. 7210-KB/121 gefördert haben.

Weiterhin danken wir der Preussag Stahl AG für die Bereitstellung der Stähle, dem Gemeinschaftsausschuß Verzinken e. V. für die Stückverzinkung der Stahlproben, der BASF AG, der Bayer AG sowie der Geholit und Wiemer Lack- und Kunststoff-Chemie GmbH für die Bereitstellung der Beschichtungssysteme. Für die Durchführung der Laboratoriumsuntersuchungen danken wir dem Mannesmannröhren-Werken AG Mannesmann Forschungsinstitut. Schließlich sei auch dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) für die Bereitstellung seiner Naturkorrosionsstände zur Durchführung der Freibewitterungsversuche gedankt.

#### Literatur

- [1] G. Steinbeck, W. Schwenk, W. Dahl, Laboratoriumsuntersuchungen und Freibewitterung von neuartigen Beschichtungssystemen für den Stahlbau, Veröffentlichung in FARBE&LACK geplant
- [2] Merkblatt 329, Feuerverzinken + Beschichten = Duplex, Stahlberatungsstelle Düsseldorf, 6. Auflage (1981)
- [3] Gemeinschaftsausschuß Verzinken, Vortrags- und Diskussionsveranstaltung, Düsseldorf (1987)
- [4] H. Haagen, J. Zeb, D. Martinovic, FARBE&LACK 90 (1984), S. 903-909
- [5] H. Haagen, W. Schwenk, FARBE&LACK 92 (1986), S. 106-108

- [6] W. Schwenk, FARBE&LACK 97 (1991), S. 405-408
- [7] DIN 50976, Feuerverzinken von Einzelteilen (Stückverzinken), 5. 1989
- [8] AGK-Arbeitsblatt B1, Werkstoffe u. Korrosion 38 (1987), S. 135-136
- [9] DIN 53 151, Gitterschnittprüfung von Anstrichen und ähnlichen Beschichtungen, 5. 1983

- [10] DIN 50 928, Prüfung und Beurteilung des Korrosionsschutzes beschichteter metallischer Werkstoffe bei Korrosionsbelastung durch wäßrige Korrosionsmedien, 9. 1985
- [11] DIN 50 917-1, Naturversuche, Freibewitterung, 8. 1979

Dr. Gregor Steinbeck, Jahrgang 1963, studierte von 1984 bis 1990 Eisenhüttenkunde an der RWTH Aachen. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter trat er 1990 in die Hauptabteilung Werkstofftechnik des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) ein und ist seit dieser Zeit für Korrosion, chemisch beständige Stähle, zerstörungsfreie Prüfung und Meßtechnik sowie für Stähle und Oberflächentechnik für Feinblech und Band zuständig. 1994 übernahm er dort die Position des Abteilungsleiters der Fachabteilung 3. Im Rahmen seiner Tätigkeit promovierte er 1997 bei Prof. Dahl und Prof. Schwenk. Der veröffentlichte Beitrag ist ein Auszug aus seiner Dissertation.

Prof. Dr. Winfried Dahl, Jahrgang 1928, studierte Physik in Göttingen und promovierte 1953 bei Prof. Masing am Institut für Metallkunde. Nach verschiedenen Tätigkeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter bzw. Oberingenieur wechselte er 1958 als wissenschaftlicher Mitarbeiter zum Mannesmann Forschungsinstitut/ Duisburg-Huckingen, Abteilung Werkstoffkunde, zu dessen Direktor er sieben Jahre später ernannt wurde. 1969 erfolgte die Berufung als ordentlicher Professor an die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. 1990 wurde ihm die Ehrendoktorwürde der Bergakademie Freiberg/Sachsen verliehen. Bis zu seiner Emeritierung 1993 war er Direktor des Instituts für Eisenhüttenkunde der RWTH Aachen, dessen Leitung er 1994 an Prof. Bleck übergab.

Prof. Dr. Wilhelm Schwenk, Jahrgang 1931, studierte in Marburg und Aachen Chemie. Die Promotionsarbeit (1960) befaßte sich mit der Lochkorrosion nichtrostender Stähle. Metallkorrosion und Korrosionsschutzprobleme waren Schwerpunkt der Tätigkeit im Mannesmann Forschungsinstitut, wo er seit 1964 die Abteilung für Korrosion und Korrosionsschutz leitet. Seit 1970 besteht eine Lehrverpflichtung an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (Habilitation 1977). Ein Schwerpunkt seiner Arbeiten behandelte Wechselwirkungen zwischen Beschichtungen und kathodischem Schutz.