

# Einfluß der Zusammensetzung und Temperatur von Wässern auf die Korrosion verschieden legierter Zinküberzüge auf Stahl

Von Wilhelm Rädeler und Werner Friehe in Mülheim (Ruhr)

[Bericht Nr. 60 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e. V.]

*Untersuchung des Korrosionsverhaltens feuerverzinkter Oberflächen bei Bewitterung und in Wässern verschiedener Temperaturen und Zusammensetzung. Einfluß der Legierungselemente Zinn, Blei, Aluminium, Titan und Kupfer.*

*Effect of the composition and temperature of corrosive waters on the corrosion of zinc coats with different alloying additions deposited on steel. Study of the corrosion behaviour of hot-dip galvanized surfaces exposed to the atmosphere and to waters of different temperature and composition. Effect of the alloying elements tin, lead, aluminium, titanium and copper.*

*L'influence de la composition et de la température d'eaux sur la corrosion de couches de zinc d'alliage différent déposées sur l'acier. Etude du comportement de surfaces galvanisées à chaud aux intempéries et aux eaux de température et composition différentes. Influence des éléments d'alliage étain, plomb, aluminium, titane et cuivre.*

Die Korrosion feuerverzinkter Oberflächen bei Freibewitterung ist an verschiedenen Stellen untersucht worden<sup>1) 2)</sup>. Aus den gewonnenen Erfahrungen kann man das Maß der Abzehrung in Abhängigkeit vom Standort einigermaßen genau abschätzen. Auch über die Wirkung möglicher Legierungsmetalle im Zink herrscht hinreichend Klarheit<sup>3) bis 5)</sup>.

Die Verzinkung hat sich fernerhin als Korrosionsschutz in üblichen Brauchwässern seit langem bewährt. Es liegen deshalb auch umfangreiche Untersuchungsergebnisse über die Korrosionswirkung des Wassers auf Zink vor<sup>6) bis 13)</sup>. Trotzdem sind in der letzten Zeit einige Korrosionsfälle vorgekommen, die auch für die Fachleute überraschend waren. Es ergaben sich dabei gewisse Unklarheiten, durch welche Maßnahmen man diese Schäden bekämpfen könnte.

Aus Erfahrungen bei der Bewitterung lag es nahe, auch hier die Möglichkeiten einer Beeinflussung durch Legierung des Zinks zu untersuchen.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, einen Überblick über das Verhalten von Zinküberzügen gegenüber verschiedenen zusammengesetzten Wässern und bei verschiedenen Temperaturen unter ständiger Benetzung zu gewinnen und die Ergebnisse mit dem Verhalten bei der atmosphärischen Korrosion zu vergleichen.

Dazu wurden neben einem unlegierten Reinstzinküberzug noch solche mit einem Zusatz von Zinn, Blei, Aluminium und Kupfer sowie Titan in die Untersuchung einbezogen. Gerade über das zuletzt genannte Metall als Legierungszusatz zum Zink ist insgesamt noch wenig bekannt.

## Versuchsdurchführung

Wie schon bei früheren Untersuchungen beschrieben<sup>3) bis 5)</sup>, wurden für die Versuche Proben der Abmessung  $150 \times 100 \times 1$  mm aus warm gewalztem Feinblech aus einem unberuhigten Stahl mit rd. 0,10% C, 0,35% Mn, 0,010% P, 0,020% S, 0,008% N, 0,006% Al, 0,02% Cr, 0,03% Cu und 0,010% Sn verwendet.

Als Verzinkungskessel diente ein keramisch ausgemauertes Gefäß mit 120 kg Zinkinhalt und Strahlungsbeheizung.

Auf diese Weise ließen sich Beeinflussungen durch Kesselwerkstoff ausschalten.

Die zum Verzinken benutzten Legierungen wurden aus dem gleichen Ausgangswerkstoff, einem Reinstzink mit 99,99% Zn, unter Zusatz möglichst reiner Legierungsmetalle hergestellt. Bei ihrer Erschmelzung traten z. B. durch Entmischungerscheinungen gewisse Schwierigkeiten auf, die die Gehalte der zulegierten Metalle Blei, Aluminium, Kupfer und Titan nach oben begrenzten, so daß man sich bei den Versuchen auf die in *Tafel 1* angegebenen Werte beschränkt.

Tafel 1. Zusammensetzung und Flächengewichte der Überzüge

Zusammensetzung des Überzugs	Zinkauflage g/m <sup>2</sup> ermittelt durch	
	Ablösung (Einzelprobe)	Gewichtszunahme (Mittelwert)
Reinstzink	341	334
1,05 % Sn	432	374
0,32 % Pb	357	334
0,68 % Pb	347	337
0,15 % Al	218	219
0,075 % Al	329	298
0,035 % Ti	287	246
0,06 % Ti	221	249
0,13 % Ti	396	381
0,20 % Ti	623	609
0,54 % Cu	357	325

Durch Zusätze kann die Eisen-Zink-Reaktion und damit die Dicke und Ausbildungsform der Hartzinkschicht beeinflußt werden. Deshalb wurden die erzielten Auflagedicken durch die Gewichtszunahme (an je 25 zu einer Reihe gehörigen Proben) und weiterhin nach dem Ablöseverfahren gemäß DIN 50952 – Prüfung metallischer Überzüge, Bestimmung des Flächengewichtes von Zinküberzügen auf Stahl durch chemisches Ablösen des Überzuges, gravimetrisches Verfahren – (an einer Probe) ermittelt. Die letzteren Werte sind erfahrungsgemäß etwas höher, da auch die Menge des mit Zink umgesetzten Eisens mit einbezogen wird. Die Ergebnisse der Verzinkung sind in *Tafel 1* zusammengefaßt; die Ausziehgeschwindigkeit betrug bei allen Proben rd. 2 m/min. Zinn, Blei und Kupfer haben die Höhe der Zinkauflage nur wenig beeinflußt, wogegen Aluminium und Titan die Dicke der Auflageschicht durch Behinderung der Eisen-Zink-Reaktion herabgesetzt haben. Die höheren Titanzusätze haben durch eine Erhöhung der Zähflüssigkeit der Schmelze eine Verdickung der Zinkauflage bewirkt. Die Verformbarkeit und Haftung der Zinküberzüge wurde durch Faltversuche, Zugversuche und Tiefziehversuche überprüft. Dabei zeigten die meisten Überzüge ein ähnliches Verhalten wie die Reinstzinküberzüge. Die Verformbarkeit war bei den aluminium- und titanhaltigen Überzügen zum Teil besser als beim Reinstzink. Durch Schliffproben konnte allgemein festgestellt werden, daß die Verformbarkeit von

<sup>1)</sup> Schikorr, G.: Korrosionsverhalten von Zink. Bd. 1: Verhalten von Zink an der Atmosphäre. Berlin 1962.

<sup>2)</sup> Friehe, W., B. Meuthen u. W. Schwenk: Stahl u. Eisen 88 (1968) S. 477/84.

<sup>3)</sup> Rädeler, W., F. K. Peters u. W. Friehe: Stahl u. Eisen 81 (1961) S. 1313/21.

<sup>4)</sup> Rädeler, W., u. W. Friehe: Stahl u. Eisen 84 (1964) S. 713/18.

<sup>5)</sup> Rädeler, W., u. W. Friehe: Bänder Bleche Rohre 8 (1967) S. 13/18.

<sup>6)</sup> Kaesche, H.: Heiz. Lüft. Haustechn. 13 (1962) S. 332/39.

<sup>7)</sup> Wiederholt, W.: Korrosionsverhalten von Zink. Bd. 2: Verhalten von Zink in Wässern. Berlin 1965.

<sup>8)</sup> Schwenk, W.: Werkst. u. Korrosion 17 (1966) S. 1033/39.

<sup>9)</sup> Schikorr, G.: Gas- u. Wasserfach 108 (1967) S. 203/06.

<sup>10)</sup> Kruse, C.-L.: Heiz. Lüft. Haustechn. 19 (1968) S. 77/82.

<sup>11)</sup> Friehe, W.: Sanitär- u. Heizungstechn. 1969, S. 193/98.

<sup>12)</sup> Kruse, C.-L.: Sanitär- u. Heizungstechn. 1969, S. 375/77.

<sup>13)</sup> Moehring, H.: Öl, Gas u. Feuerungstechn. 14 (1969) Nr. 3, S. 29/40.

der Ausbildung der Hartzink-Zwischenschicht abhängig war und mit zunehmender Dicke derselben schlechter wurde.

Das Korrosionsverhalten der Überzüge wurde nach drei Verfahren geprüft, von denen der Feuchtlagerver-

Für die Korrosionsversuche in warmem und kaltem Wasser wurde 1. destilliertes Wasser, 2. mit Kohlendioxid gesättigtes Wasser, 3. destilliertes kohlendioxidgesättigtes Wasser mit Marmorgrieß als Bodenkörper sowie 4. destillier-

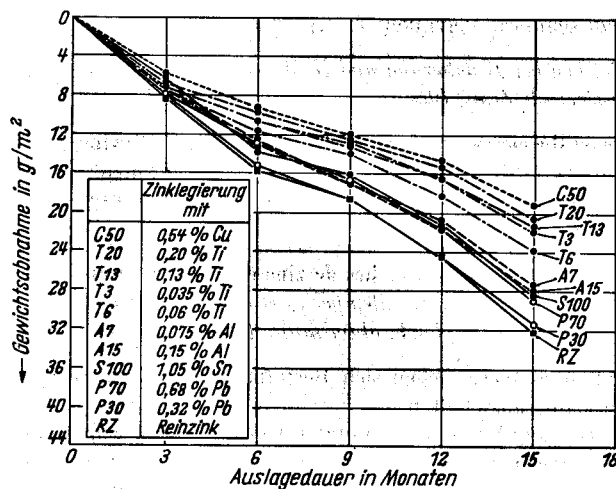


Bild 1. Abwitterung feuerverzinkter Überzüge in Abhängigkeit vom Legierungszusatz

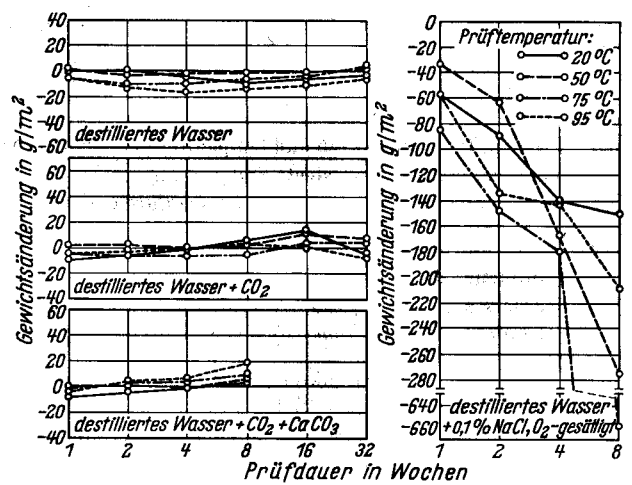


Bild 4. Korrosion von Zink mit 0,32 % Pb in Wässern

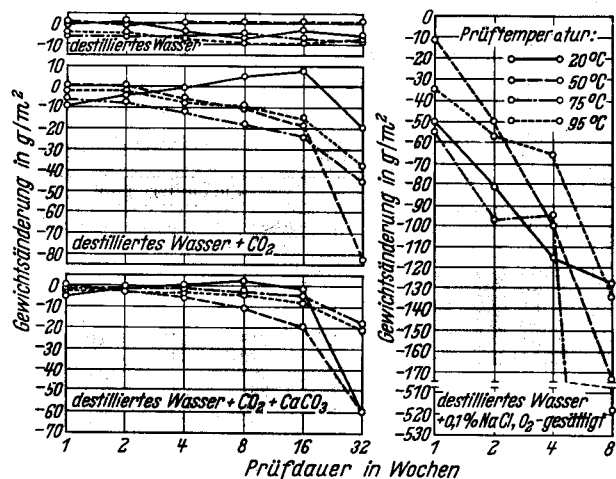


Bild 2. Korrosion von Reinzink in Wässern

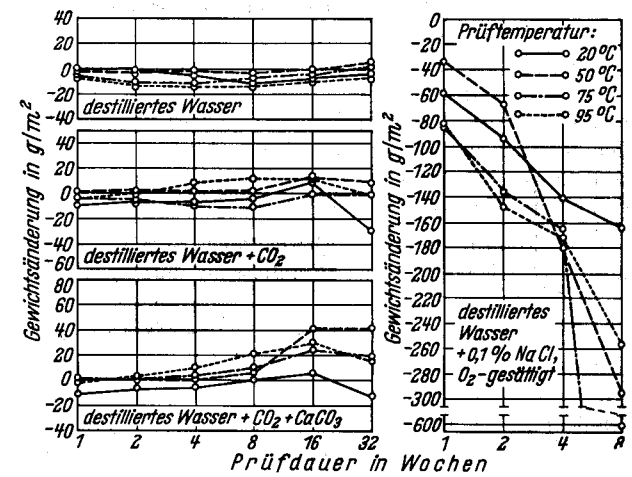


Bild 5. Korrosion von Zink mit 0,68 % Pb in Wässern

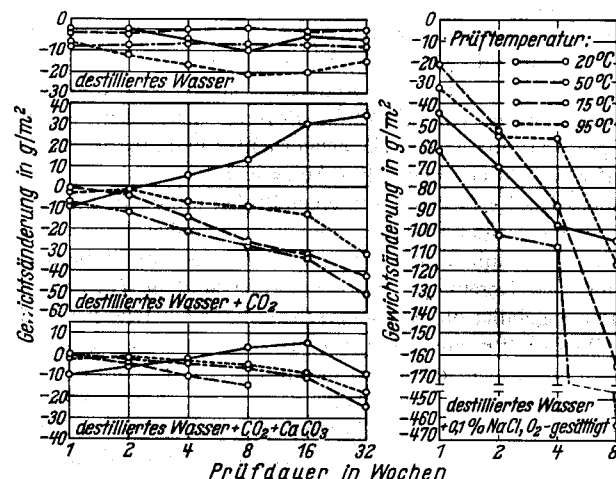


Bild 3. Korrosion von Zink mit 1,05 % Sn in Wässern

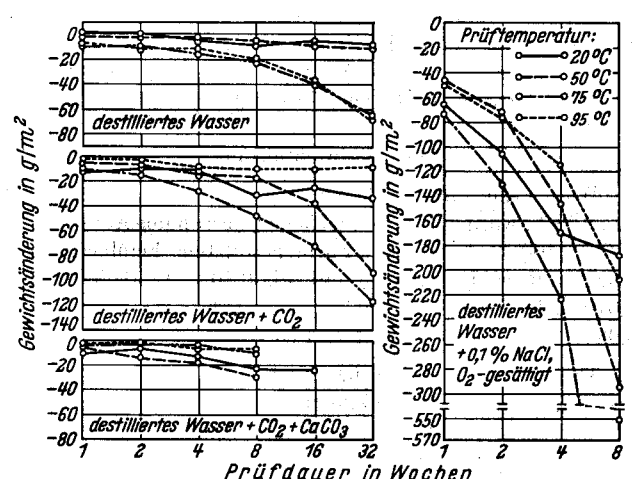


Bild 6. Korrosion von Zink mit 0,15 % Al in Wässern

such in DIN 50 017 – Werkstoff-, Bauelemente- und Geräteprüfung; Beanspruchung in Schwitzwasser-Klimaten – beschrieben ist. Die Freibewitterung wurde an Industrieluft in der Nachbarschaft eines Siemens-Martin-Stahlwerkes bis zu einer Auslagedauer von 15 Monaten vorgenommen.

tes Wasser mit einem Zusatz von 1 g/l NaCl unter Luft-einleitung verwendet. Die Prüftemperaturen betrugen rd. 20, 50, 75 und 95 °C. Die Wässer wurden in Abständen von 4 Wochen erneuert. Auf eine künstliche Bewegung des Wassers wurde verzichtet. Eine Prüfung der verzinkten Blechoberfläche mit anschließender Wägung erfolgte nach

1, 2, 4, 8, 16 und 32 Wochen. Die Proben wurden nach dem Herausnehmen aus den Bädern unter fließendem Wasser mit einer weichen Bürste gesäubert, an warmer Luft getrocknet und gewogen.

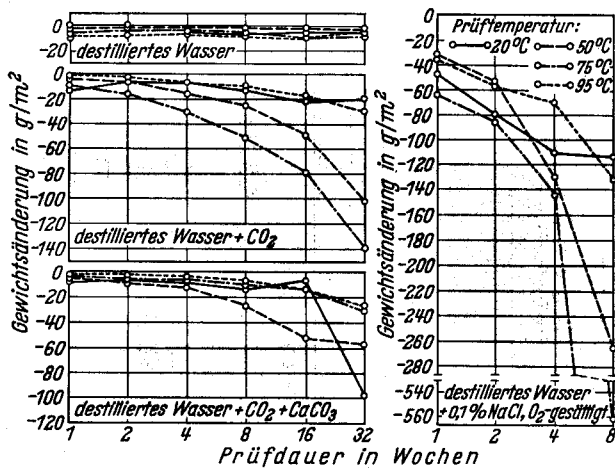


Bild 7. Korrosion von Zink mit 0,075 % Al in Wässern

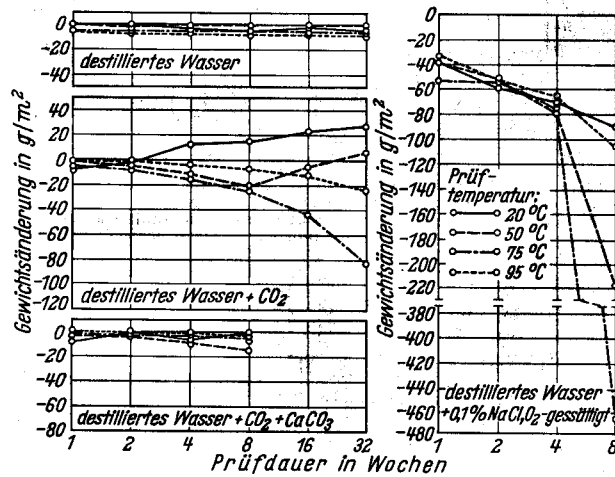


Bild 8. Korrosion von Zink mit 0,035 % Ti in Wässern

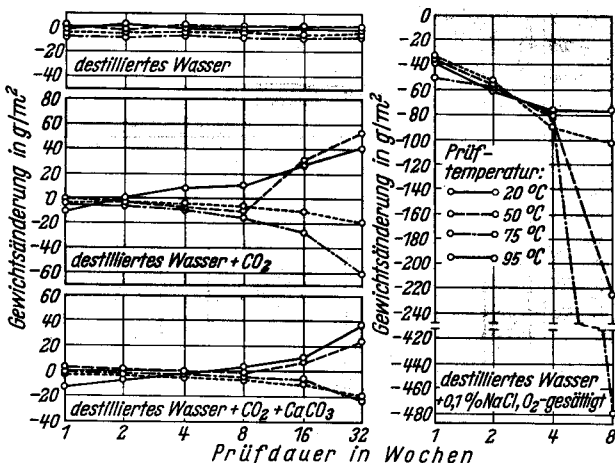


Bild 9. Korrosion von Zink mit 0,06 % Ti in Wässern

Gewichtszunahmen sind durch Oxydation der Zinkoberfläche und Verbleiben der festhaftenden Oxydationsprodukte auf der Unterlage zu erklären, wogegen sich ein Gewichtsverlust ergab, wenn die Korrosionsprodukte sich bei der Säuberung abwischen ließen.

#### Versuchsergebnisse

Der Feuchtlagerversuch hat für die praktische Bewährung nur geringe Aussagekraft, da fast alle Zinküberzüge

im Schwitzkasten verhältnismäßig schnell den bekannten „weißen Rost“ ansetzten und kaum einen Unterschied im Verhalten der einzelnen Legierungen erkennen ließen. Die Weißrostbildung des Zinks ist zwar eine gefürchtete, nur

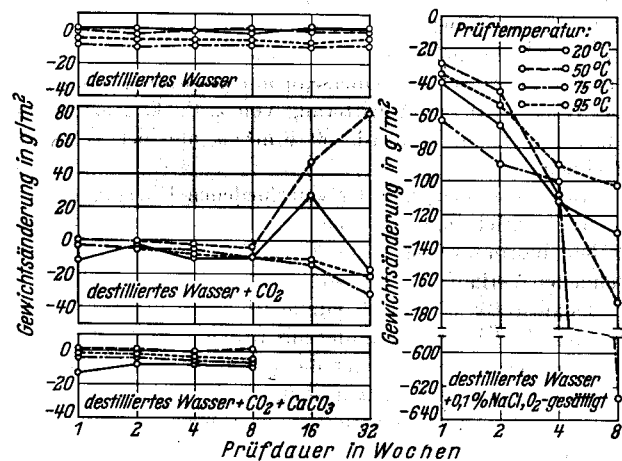


Bild 10. Korrosion von Zink mit 0,13 % Ti in Wässern

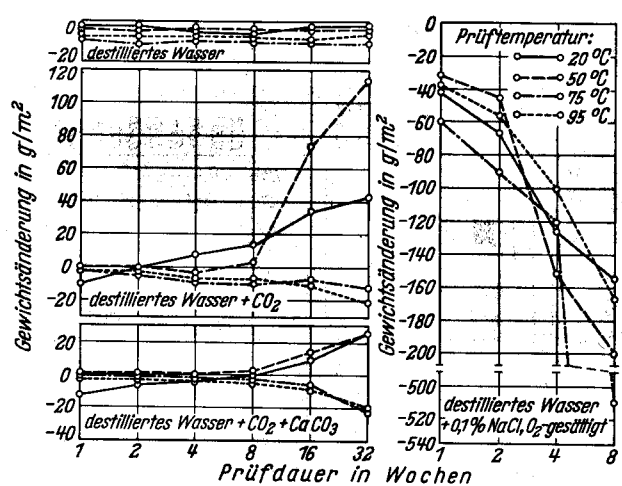


Bild 11. Korrosion von Zink mit 0,20 % Ti in Wässern

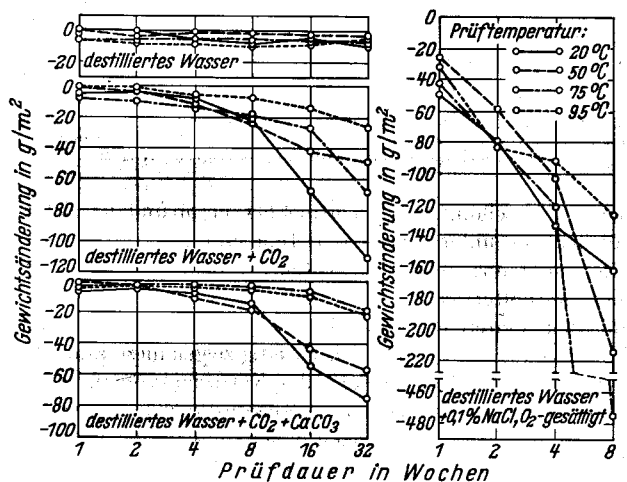


Bild 12. Korrosion von Zink mit 0,54 % Cu in Wässern

bei feuchter Lagerung auftretende Schädigung der Oberfläche, läßt sich aber keineswegs mit der üblichen atmosphärischen Korrosion vergleichen. Alle Überzüge zeigten bei dieser Prüfung nach der ersten Prüfrunde ausnahmslos einen deutlichen Weißrostbelag. Von der zweiten bis zur vierten Prüfrunde ging der Belag in eine mehr pelzige Form über. Nach der fünften Prüfrunde nahm der Belag – aller-

dings nur auf dem kupferlegierten Zinküberzug — eine schuppige Form an.

Die Ergebnisse der Naturrostversuche in Industrieluft sind in *Bild 1* zusammengefaßt, wobei die ermittelten Gewichtsverluste der Proben auf die gesamte Probenfläche, d. h. also auf Ober- und Unterseite, bezogen sind. Da nach anderen Untersuchungen<sup>14)</sup> die Abwitterung auf der Unterseite im Vergleich zur Oberseite nur gering ist, kann man bei einer mittleren Abwitterung von z. B.  $30 \text{ g/m}^2 \cdot a$  mit einer Abtragung von rd.  $50 \text{ g/m}^2 \cdot a$  auf der Oberseite rechnen.

Bei einem Vergleich der verschiedenen Überzüge ist ein deutlich gleichsinniger Verlauf zu erkennen, d. h., in allen Fällen bestimmte das Mikroklima den mehr oder weniger schnellen Verlauf der Abtragung.

Quantitativ ist jedoch ein deutlicher Unterschied vorhanden. In Übereinstimmung mit früheren Feststellungen<sup>5)</sup> hat die Zugabe von Kupfer die wirksamste Hemmung der Abtragung bewirkt; danach kommen die Titanzusätze, wogegen die Wirkung der anderen Legierungsmetalle unbedeutender war.

Für die Korrosionsversuche in Wasser sind die Gewichtsänderungen in Abhängigkeit von der Tauchdauer zunächst in den *Bildern 2 bis 12* zusammengestellt. Aus

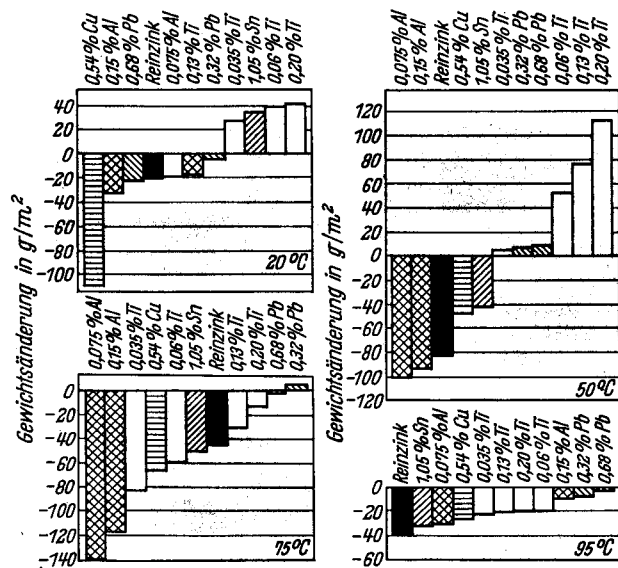


Bild 13. Gewichtsänderung von mit unterschiedlichen Zinklegierungen feuerverzinkten Proben nach einer Auslagedauer von 32 Wochen in destilliertem kohlenstoffdioxidgesättigtem Wasser

diesen Darstellungen geht deutlich hervor, ob und in welchem Ausmaß es unter den durch Temperatur und Wasserzusammensetzung gekennzeichneten Prüfbedingungen zur Bildung festhaftender Korrosionsprodukte kommt und ob diese auf den weiteren Ablauf der Korrosion eine hemmende Wirkung ausgeübt haben. Gleichzeitig zeigen diese Bilder bereits die starke Abhängigkeit des Korrosionsvorganges von dem Angriffsmittel, das fast ausnahmslos den Legierungseinfluß überdeckt. Es erschien daher sinnvoll, die Versuchsergebnisse mit Ausnahme derjenigen in reinem destilliertem Wasser, in dem lediglich die Legierungsschicht mit dem höchsten Aluminiumgehalt von 0,15% eine verhältnismäßig hohe, im Verlauf der Tauchdauer zunehmende Abtragungsgeschwindigkeit zeigte, noch einmal in den *Bildern 13 bis 15* so zusammenzustellen, daß die in den verschiedenen Wässern nach einer einheitlichen Einwirkungsdauer erhaltenen Gewichtsänderungen für die einzelnen Legierungen in der Reihenfolge der Angriffsstärke klar hervortraten. Bei den

<sup>14)</sup> Rädcker, W., u. W. Fricke: Werkst. u. Korrosion 21 (1970) S. 263/66.

Versuchen in destilliertem, sauerstoffgesättigtem Wasser mit einem Zusatz von 0,1% NaCl konnte dabei nur eine Tauchdauer von 8 Wochen als Vergleichszeitraum gewählt werden,

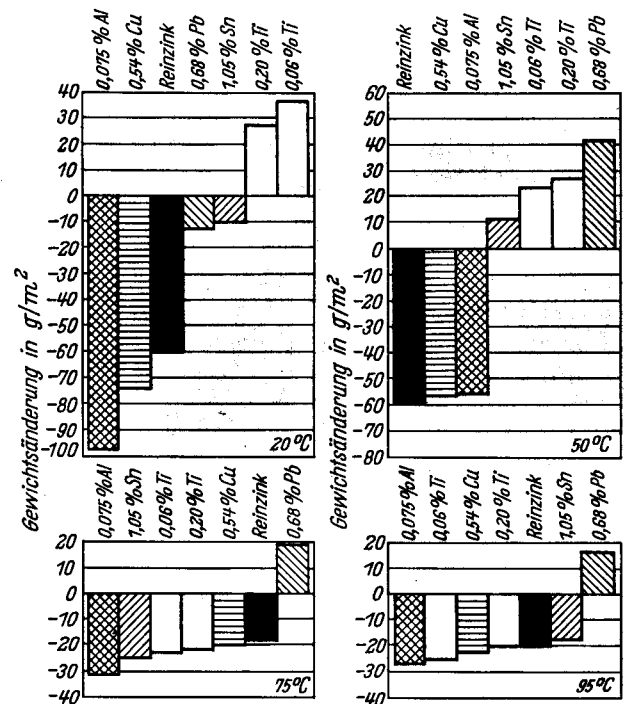


Bild 14. Gewichtsänderung von mit unterschiedlichen Zinklegierungen feuerverzinkten Proben nach einer Auslagedauer von 32 Wochen in kohlenstoffdioxidgesättigtem Wasser mit Kaliumkarbonat als Bodenkörper

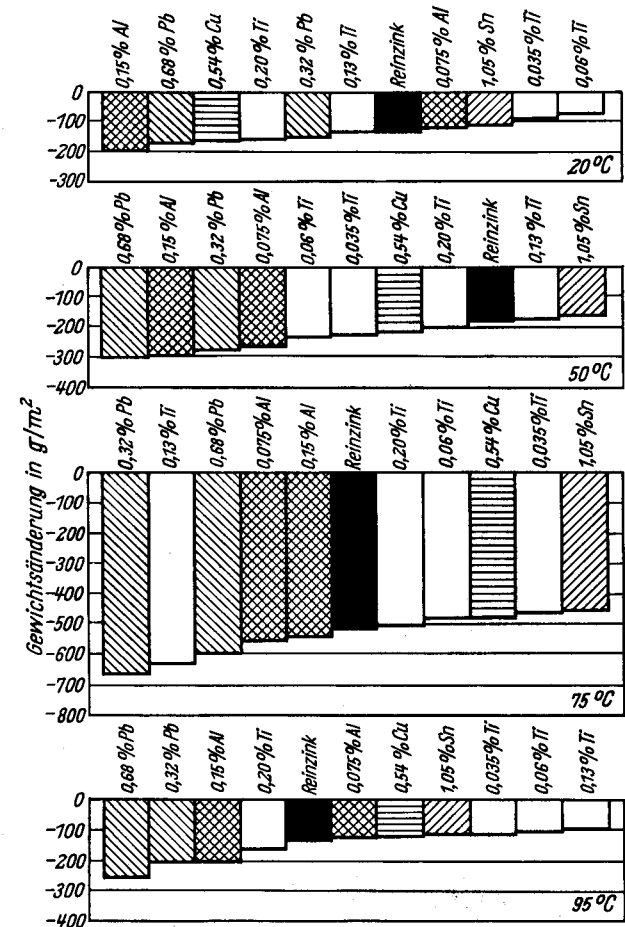


Bild 15. Gewichtsänderung von mit unterschiedlichen Zinklegierungen feuerverzinkten Proben nach einer Auslagedauer von 8 Wochen in destilliertem sauerstoffgesättigtem Wasser mit einem Zusatz von 0,1% NaCl

da bei längerer Prüfdauer alle Zinküberzüge nahezu vollständig zerstört waren.

Es erscheint auf den ersten Blick schwierig, aus den Bildern 13 bis 15 eine einheitliche Aussage über den Legierungseinfluß der einzelnen Elemente zu machen, da offenbar durch die Prüfbedingungen verschiedenartige Reaktionsmechanismen zum Tragen kommen und die Bedeutung ein und desselben Legierungselementes in seiner Wirkung auf den Ablauf der Reaktionen sehr verschieden sein kann. Dennoch deuten die Ergebnisse eindeutig auf einen günstigen, d. h. korrosionshemmenden Einfluß von Titanzusätzen hin, während sich hier die aluminium- und auch die kupferlegierten Zinküberzüge vorwiegend ungünstig verhielten. Es bedarf weiterer Untersuchungen, das Zusammenwirken von Angriffsbedingungen und Legierung des Überzuges vor allem durch Strukturanalyse der gebildeten Deckschichten näher aufzuklären.

#### Zusammenfassung

Die Eigenschaften feuerverzinkter Bleche mit Überzügen aus Reinzink sowie aus Zinklegierungen mit Gehalten bis rd. 1% Sn, 0,7% Pb, 0,15% Al, 0,2% Ti oder 0,5% Cu wurden im Hinblick auf ihr Korrosionsverhalten untersucht.

Die Korrosion an der Atmosphäre war bei Reinzinküberzügen am stärksten. Sie wurde am deutlichsten durch Kupfer, aber auch merkbar durch einen Titanzusatz verringert.

Die Korrosion in Wasser wurde am stärksten durch die Wasserzusammensetzung beeinflusst. Auch die Temperatur war von Bedeutung, wobei aber keineswegs die stärkste Korrosion bei der höchsten Temperatur zu beobachten war. Der geringste Angriff wurde durch destilliertes Wasser bewirkt wobei auch der Temperatureinfluß gering war. Der heftigste Angriff erfolgte bei dem sauerstoffgesättigten Wasser mit 0,1% NaCl. Wenn auch derartige Unterschiede in den Korrosionsraten, wie sie durch die Wasserzusammensetzung bewirkt wurden, bei den verschiedenen Legierungen nicht auftraten, so sind doch gewisse Einflüsse unverkennbar. Am ungünstigsten erwiesen sich Aluminiumzusätze, günstig hingegen titanhaltige Legierungen. Das Kupfer, welches bei der atmosphärischen Korrosion eine eindeutig günstige Wirkung ausübt, zeigte diese bei der Korrosionsbeanspruchung in Wässern nicht. Der Feuchtlagerungsversuch nach DIN 50017 ergab keine verwertbaren Aufschlüsse.

## Der Einfluß der Arbeitsweise beim Feuerverzinken von allgemeinen Baustählen auf die Dicke und den Gefügebau des Zinküberzuges

Von Dietrich Horstmann in Düsseldorf

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Abhandlung 1197

[Bericht Nr. 58 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e. V.]

*Der Angriff von Zink auf allgemeine Baustähle. Das Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten bei verschiedenen Temperaturen. Der Einfluß von Ausziehgeschwindigkeit, Temperatur und Oberflächenrauheit des Stahles auf die Menge der mitgerissenen Zinkschmelze. Das Nachwachsen der Legierungsschichten beim Abkühlen nach dem Verzinken. Das Gefüge von Zinküberzügen. Bildung von Hartzink durch die Reaktion des Stahles mit dem Flußmittel und der Zinkschmelze beim Trocken- und Naßverzinken.*

*Effect of the practice used in hot-dip galvanizing structural steels of general use on the thickness and structure of the zinc coat. Attack of zinc on general structural steels. Growth of the iron-zinc-alloy layers at different temperatures. Effect of withdrawal speed, temperature and surface roughness of the steel on the amount of zinc drift. Growing again of the alloy layers during cooling after zinc-coating. Structure of zinc coats. Formation of zinc dross by the reaction of the steel with the fluxing agent and the zinc melt during dry and wet galvanizing.*

*Influence du mode de galvanisation au trempé d'aciers de construction courants sur l'épaisseur et la structure du revêtement de zinc. Attaque du zinc sur les aciers de construction courants. Croissance de couches fer-zinc à diverses températures. Influence de la vitesse d'extraction, de la température et de la rugosité superficielle de l'acier sur la quantité de zinc entraîné. Croissance des couches d'alliage lors du refroidissement après zingage. Structure des revêtements de zinc, formation d'une couche dure par réaction de l'acier sur le flux et le bain de zinc lors de la galvanisation à sec et humide.*

Beim Feuerverzinken von Konstruktionsteilen treten gelegentlich Schwierigkeiten auf, die dadurch bedingt sind, daß die verschiedenen Baustähle mit der Zinkschmelze unterschiedlich reagieren. Während sich Bauteile aus unberuhigten Stählen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt im allgemeinen leicht verzinken lassen, ist es meistens schwieriger, auch auf solchen Teilen einen guten Zinküberzug herzustellen, die aus mit Silizium beruhigten Stählen höherer Zugfestigkeit gefertigt sind. Viele Beispiele zeigen jedoch, daß es grundsätzlich möglich ist, auch Stähle dieser Art einwandfrei zu verzinken. Um in allen Fällen ein gutes Verzinkungsergebnis zu erzielen, ist es allerdings nötig, die Arbeitsweise dem jeweiligen Stahl anzupassen. Trotz mehrerer Untersuchungen<sup>1) bis 8)</sup> sind die Bedingungen, die das Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten und die Bildung der Zink-

schicht bestimmen, noch nicht genügend bekannt. Daher erschien es zweckmäßig, die hier vorliegenden Verhältnisse weiter aufzuklären. Dabei sollte versucht werden, die neu gewonnenen Erkenntnisse mit älteren Ergebnissen über die Reaktionen zwischen Zweistofflegierungen des Eisens mit flüssigem Zink<sup>9) bis 20)</sup> zu koppeln, um auf diese Weise ein möglichst umfassendes Bild zu gewinnen.

<sup>1)</sup> Barmaek, B. J.: In: 6. Intern. Conf. on Hot Dip Galvanizing at Interlaken 1961. London 1962. S. 27/32.

<sup>2)</sup> Mantle, E. C.: wie <sup>1)</sup>; s. bes. S. 33/45.

<sup>3)</sup> The Swedish State Power Board, Västerås Kraftwerk; nach Rundschreiben des Gemeinschaftsausschusses Verzinken Nr. IV vom 29. Dezember 1961.

<sup>4)</sup> Stricker, F., u. D. Horstmann: Stahl u. Eisen 83 (1963) S. 1640/46.

<sup>5)</sup> Horstmann, D., u. F. Stricker: In: 7. Intern. Conf. on Hot Dip Galvanizing at Paris 1964. London 1967. S. 129/45.

<sup>6)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 73 (1953) S. 659/65.

<sup>7)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 25 (1954) S. 215/19.

<sup>8)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 25 (1954) S. 527/33.

<sup>9)</sup> Wiester, H.-J., u. D. Horstmann: Arch. Eisenhüttenwes. 26 (1955) S. 199/204.

<sup>10)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 26 (1955) S. 577/81.

<sup>11)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 27 (1956) S. 85/93.

<sup>12)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 27 (1956) S. 161/63.

<sup>13)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 27 (1956) S. 231/33.

<sup>14)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 29 (1958) S. 463/66.

<sup>15)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 29 (1958) S. 731/35.

<sup>16)</sup> Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenwes. 31 (1960) S. 405/10.

<sup>17)</sup> Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 80 (1960) S. 1531/40.

<sup>1)</sup> Hall, W. L., u. P. N. Fagg: In: Intern. Conf. on Hot Dip Galvanizing at Copenhagen 1950. Oxford 1951. S. 14/19.

<sup>2)</sup> Frieli, I.: In: 4. Intern. Conf. on Hot Dip Galvanizing at Milan 1956. London 1957. S. 121/32.

<sup>3)</sup> Gerber, W., R. Gloor u. H. Oertli: In: 5. Intern. Conf. on Hot Dip Galvanizing in Holland and Belgium 1958. London 1959. S. 264/70.