

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 86 (1968)  
**Heft:** 46

**Artikel:** 50 Jahre Spritzmetallisierung in der Schweiz  
**Autor:** Friedli, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70182>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 31.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Widerstand und Feuchtigkeitsgrad

Widerstand	100	1000	10000	100000	über 100000 Ohm
Feuchtigkeitsgrad	nass	mässig	feucht	schwach trocken	nass feucht

Bei der Beurteilung einer Entfeuchtungsmassnahme kann erst vom Beginn einer Wirksamkeit gesprochen werden, wenn der Ohmsche Widerstand allermindestens auf den zehnfachen Wert angestiegen ist. Von einer Austrocknung des Mauerwerkes kann aber erst gesprochen werden, wenn der Ohmsche Widerstand auf das 100 bis 1000fache des Wertes, gemessen vor der Entfeuchtungsmassnahme, ansteigt.

Der Wassergehalt eines Mauerwerkes kann sich im Laufe eines Jahres verändern. Längerer Regenanfall, stärkere Zuwanderung von Grundwasser zum Fundament, schlechtere Verdunstungsbedingungen lassen den Feuchtigkeitsspiegel  $h$  ansteigen, wobei gleichzeitig der kleinere Ohmsche Widerstand auch eine Zunahme des Wassergehaltes anzeigen, Bild 3.

#### E. Rechtliche Fragen

Wie im vorstehenden Abschnitt ausgeführt, kann die Wirksamkeit eines Entfeuchtungsverfahrens nur durch wiederholte, sich über ein Jahr erstreckende Überprüfung des Wassergehaltes durch Bohrungen oder einfacher durch die Messung des Ohmschen Widerstandes nachgewiesen werden. Erfahrungsgemäß lässt sich der Trocknungseffekt nur in seltenen Fällen vor Ablauf von 5 bis 10 Jahren mit Sicherheit ohne derartige Kontrollen feststellen, aus dem einfachen Grund, weil die Gebäude nach diesen Arbeiten einen neuen, oft sogar dichteren Verputz erhalten.

Wie kann sich nun der Eigentümer gegen eine Fehlleistung schützen? Eine Möglichkeit besteht in der Kontrolle des Austrocknungseffektes unter Anwendung der unter D genannten Messmethoden; eine andere durch das Begehr einer mehrjährigen Bank-

garantie bzw. durch das Hinterlegen der Reparaturkosten und deren Auszahlung erst nach ausgewiesem Erfolg. Bei Bauten der öffentlichen Hand und bei solchen, die mit öffentlichen Geldern subventioniert werden, sollten nur ausgewiesene, bewährte Verfahren zum Einsatz gelangen. Neuartige Entfeuchtungsmassnahmen, die möglicherweise mit geringeren Kosten durchgeführt werden können, die aber nicht zum Ziele führen, sind zweifellos zu teuer erkauf. Deshalb sollten neue Verfahren nur unter Kontrolle zur Anwendung kommen und auch nur bei Erfolg honoriert werden.

#### Bezeichnungen

$h$	Höhe der Verdunstungsfläche in cm
$a$	Mauerlänge in cm
$b$	Mauerdicke in cm
$l_m$	mittlere Länge der Kapillaren in cm
$l_1$	Länge der Kapillare im Materialwürfel von 1 cm Kantenlänge in cm
$p$	Porosität in $\text{cm}^3$
$r_m$	mittlerer Kapillarradius in cm
$e$	Verdunstungskoeffizient in $\text{g}/\text{cm}^2 \text{ h}$
$\sigma$	Oberflächenspannung in $\text{g}/\text{cm}$ (reines Wasser von $18^\circ: 0,075$ )
$\eta$	kinematische Zähigkeit in $\text{g s}/\text{cm}^2$ (reines Wasser von $18^\circ\text{C}: 0,000011$ )
$v_m$	mittlere Steig-Geschwindigkeit des Wassers in der Kapillare in $\text{cm}/\text{s}$
$n$	Anzahl der Kapillaren je $\text{cm}^2$
$Q_1$	Wasserfluss in $\text{cm}^3/\text{s}$ je $1 \text{ cm}^2$ Durchtrittsfläche
$Q'_1$	Wasserfluss durch die Durchschnittsfläche ( $a b$ ) in $\text{cm}^3/\text{s}$
$Q'_2$	auf der Fläche ( $a h$ ) verdunstender Wasserfluss in $\text{cm}^3/\text{s}$

Adresse des Verfassers: Prof. P. Haller, Regensbergstrasse 54, 8050 Zürich.

## 50 Jahre Spritzmetallisierung in der Schweiz

Von Dr. J. Friedli, ehemals Abteilungschef der EMPA, Dübendorf-Zürich

DK 620.197.6:669.586

Es besteht heute wohl kein Zweifel mehr darüber, dass es sich bei der Spritzmetallisierung um ein wertvolles Oberflächenverfahren handelt, das besonders auf dem Gebiete des Korrosionsschutzes, nicht nur in der Schweiz, sondern auch in vielen andern Ländern, eine grosse Bedeutung erlangt hat. Dies ist nicht so selbstverständlich, denn in der ersten Zeit seiner Anwendung waren zahlreiche Misserfolge zu verzeichnen. Sie haben in unserem Lande einige Jahre dauerndes Misstrauen gegenüber diesem Verfahren zur Folge gehabt, das erst gewichen ist, nachdem durch entsprechende Untersuchungen deren Ursachen ermittelt werden konnten. Im folgenden soll versucht werden, einen kurzen Überblick über die Erfahrungen zu geben, die in den letzten 50 Jahren in der Schweiz mit der Spritzmetallisierung gemacht wurden. Dabei müssen wir uns wegen des vorgeschriebenen Umfangs dieses Berichtes auf die Spritzverzinkung beschränken, die eine grosse Verbreitung gefunden hat, während das Flammespritzen anderer Metalle auf Sondergebiete beschränkt blieb.

Nachdem der Erfinder des Metallspritzens, der Zürcher Ingenieur M. U. Schoop im Januar 1913 nach langjährigem Kampf um die Anerkennung seiner Idee, endlich den deutschen Patentschutz erhielt, dauerte es noch Jahre, bis sein Verfahren allgemeine Anerkennung fand. Kurz nach dem Ersten Weltkrieg waren die Schweizerischen Bundesbahnen mit von den ersten, die es wagten, die Spritzverzinkung als Korrosionsschutz anzuwenden. Mit dem Beginn der Elektrifikation haben die SBB bestimmte Teile von Fahrleitungs-Tragwerken und Fachwerkträgern für die Energieübertragung mit gespritzten Zinküberzügen gegen atmosphärische Korrosion geschützt und zwar mit bestem Erfolg. Es wurden hauptsächlich die obersten, für Revisionsarbeiten schlecht zugänglichen Teile der Tragwerke und Masten verzinkt, während die ohne Gefährdung durch den elektrischen Strom gut zugänglichen Teile einen Anstrich erhielten. Nach 20 Jahren waren die spritzverzinkten Teile noch praktisch unverändert und ohne Rostbildungen, während die gestrichenen Teile starke Rost-

Bild 1 (links). Spritzzink auf Stahl, ungeätzt, Vergrösserung 200fach. Obere Hälfte Zink, praktisch porfrei. Untere Hälfte Grundwerkstoff

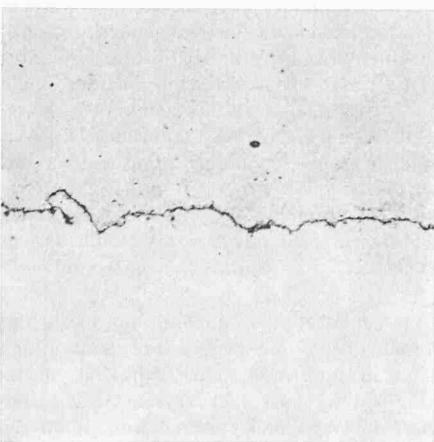
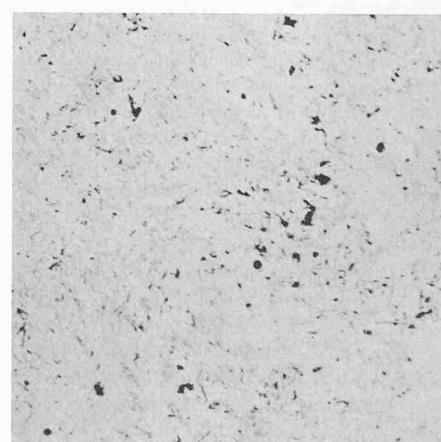


Bild 2 (rechts). Spritzzink, stark porig, ungeätzt, Vergrösserung 200fach



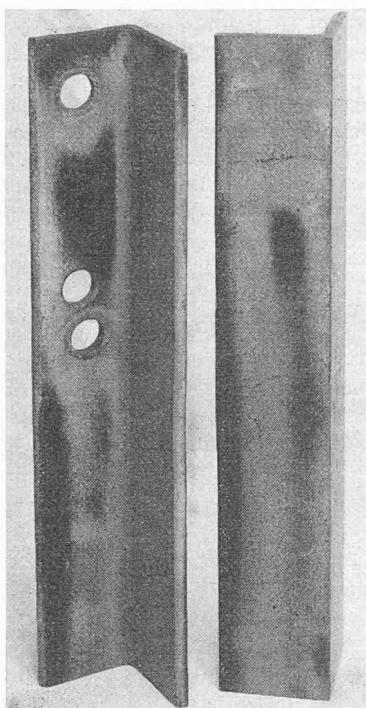


Bild 3 (links). Spritzverzinkte Profilabschnitte nach mehrjähriger Freiluft-Bewitterung. Unzureichender und ungleichmässiger Zinkauftrag mit Roststreifen

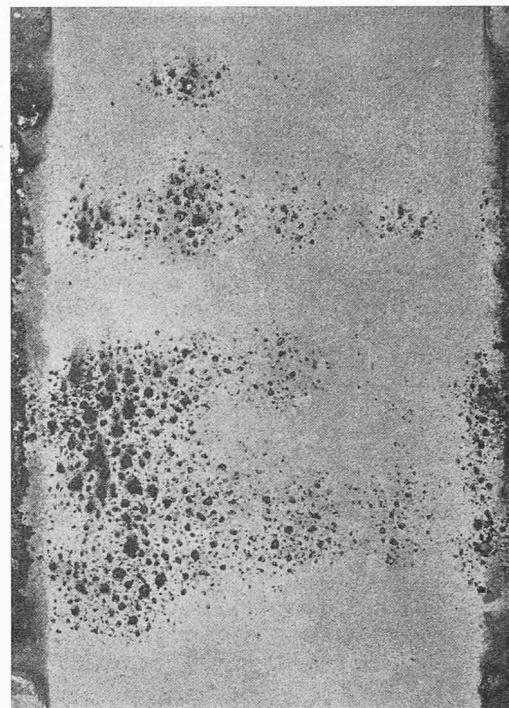


Bild 4 (rechts). Spritzverzinktes Stahlblech nach sechs Jahren Wasserlagerung mit Rostbildungen an Poren im Überzug

ansätze und Unterrostungen aufwiesen, so dass eine Erneuerung des Anstriches nicht mehr zu umgehen war.

Zink ist bekanntlich ein idealer Rostschutz gegenüber atmosphärischen Einflüssen. Darauf ist ja der Erfolg der Vollbadverzinkung zurückzuführen. Bei der Spritzverzinkung sind anfänglich die diesbezüglichen Erwartungen nicht so selbstverständlich gewesen, einerseits weil flammgespritzte Metalle im allgemeinen und Zink im besonderen keine chemische Verbindung oder Legierung mit dem Haftgrund eingehen, sondern an diesem nur mechanisch haften, und anderseits weil die durch Flammenspritzen erhaltenen Überzüge nicht durchwegs porenfrei sind und den zu schützenden Untergrund erst dicht abdecken, wenn sie eine hinreichende Schichtdicke und Haftfestigkeit aufweisen (Bilder 1 und 2).

Die Haftfestigkeit des Überzuges ist weitgehend abhängig von der Beschaffenheit des Haftgrundes. Dieser muss nicht nur metallisch rein sein, sondern gleichzeitig auch die nötige Rauheit aufweisen. Für eine gute Haftung des Zinks und aller flammgespritzten Metalle ist also eine einwandfreie Vorbehandlung des Haftgrundes Voraussetzung. Sie ist nie auf chemischem Wege durch Beizen mit Säure oder durch eine Behandlung mit einem im Handel erhältlichen Entroster, sondern nur durch Strahlen mit Quarzsand oder Sinterkorrhund (Korndurchmesser 2 bis 3 mm) zu erreichen. Das Strahlen mit Stahlkies ist weniger zu empfehlen, da gewisse Nebenerscheinungen das Haften des Zinks beeinträchtigen können. Dass bei einer einwandfreien Vorbehandlung die Haftfestigkeiten von Zinküberzügen mit 1 bis 4 mm Dicke beachtlich sind, haben eingehende Versuche in der EMPA gezeigt, sind doch bei Zugversuchen Abreissfestigkeiten bis zu 150 kg/cm<sup>2</sup> und bei der Prüfung mittels Biegeversuchen bis zu 50 Hin- und Herbiegungen bis zum Beginn des Abblätterns des Zinküberzuges ermittelt worden, wobei mit zunehmender Schichtdicke eine Abnahme der Abreissfestigkeit und der Biegezahl festgestellt werden konnte. Sie war jedoch nicht derart, dass dadurch eine hinreichende Haftung nicht mehr gewährleistet gewesen wäre. So ergab sich bei den 0,3 und 0,4 mm dicken Schichten eine Abnahme der Abreissfestigkeit bis zu 50 % des obengenannten Wertes von 150 kg/cm<sup>2</sup>, während die Biegezahlen nur unwesentlich niedriger waren.

Die vorstehend erwähnten Teile von Masten und Fahrleitungstragwerken der SBB wurden mit Quarzsand gestrahlt und anschliessend sofort verzinkt. Welches sind nun die Gründe, dass sie sich nach 20 Jahren noch in einem einwandfreien Zustande befanden und dass in jenen Jahren, besonders etwa zwischen 1920 und 1930 zahlreiche Misserfolge mit spritzverzinkten Freiluftbau teilen wegen frühzeitigem Rosten registriert werden mussten? In

erster Linie der unzureichende Zinkauftrag. Wie an nachträglich in der EMPA untersuchten Bauteilen festgestellt werden konnte, betrug bei diesen Teilen der Zinkauftrag rund 1200 bis 1500 g/m<sup>2</sup>, während die bei den frühzeitig gerosteten Teilen anderer Herkunft ermittelte Zinkmenge zwischen etwa 200 und 400 g/m<sup>2</sup> schwankte und auf den gerosteten Partien unter 100 g/m<sup>2</sup> lag. Da man bei unsern klimatischen Verhältnissen je nach Gegend mit einem jährlichen Zinkverlust durch Abwitterung von etwa 8 bis 15 g/m<sup>2</sup> rechnen muss, ist es nicht verwunderlich, dass unzureichend und ungenügend spritzverzinkte Teile nach wenigen Jahren lokal zu rosten beginnen, wenn man bedenkt, dass im Vollbad verzinckte Teile im Minimum etwa 300 bis 400 g/m<sup>2</sup>, im Maximum etwa 800 bis 1200 g/m<sup>2</sup> Zink aufweisen.

Nach den heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen war der Zinkauftrag von 1200 g/m<sup>2</sup> und mehr bei den obenerwähnten Bauteilen zu gross. Mit rund 600 g/m<sup>2</sup> Zink im Mittel für Schutzüberzüge gegenüber atmosphärischen Einflüssen darf eine genügende Rostsicherheit erwartet werden, eine zuverlässige Arbeit vorausgesetzt. Dieser Zinkauftrag ist erforderlich, weil bei den durch das Verfahren bedingten Streuungen im Zinkauftrag, besonders bei unsorgfältigem Arbeiten, lokale Mindestschichtdicken bis zu 50 % und mehr gegenüber der vorgeschriebenen Soll-Schichtdicke möglich sind.

Immer wieder und auch heute noch kommt es vor, dass zu wenig Zink aufgetragen wird. Die Folge davon sind vorzeitige Rostschäden, wie man sie an spritzverzinkten Brückengeländern, Gartenzäunen und andern, aus Profilen, Stabeisen oder Stahlblech hergestellten Objekten in Form von Roststreifen und Rostfahnen feststellen kann (Bild 3). Es sind Brückengeländer bekannt, die mit Zinkdraht oder mit Zinkpulver spritzverzinkt wurden, welche nach 15 bis 20 Jahren, dank einem genügenden Zinkauftrag und einer im allgemeinen sorgfältigen Ausführung, nur vereinzelte Rostbildungen aufweisen, sich sonst aber noch in einem guten Zustand befinden. Es ist also auch mit Zinkpulver möglich, Bauteile und Objekte irgendwelcher Art einwandfrei gegen atmosphärische Korrosion zu schützen, immer vorausgesetzt, dass genügend Zink aufgetragen und einwandfrei gearbeitet wird. Trotzdem ist man mit der Zeit immer mehr davon abgekommen, mit Zinkpulver zu metallisieren, weil das Verzinken mit Pulver umständlicher und störanfälliger ist als das Arbeiten mit Zinkdraht.

Das Metallisieren mit Zinkdraht hat dagegen im Laufe der dreissiger und vierziger Jahre eine immer grössere Verbreitung gefunden. Nicht nur sind in unserm Lande zahlreiche Spritzmetallisier-Betriebe entstanden, sondern auch verschiedene Eisenbau-Werkstätten, Maschinenfabriken und einzelne Bundesbetriebe

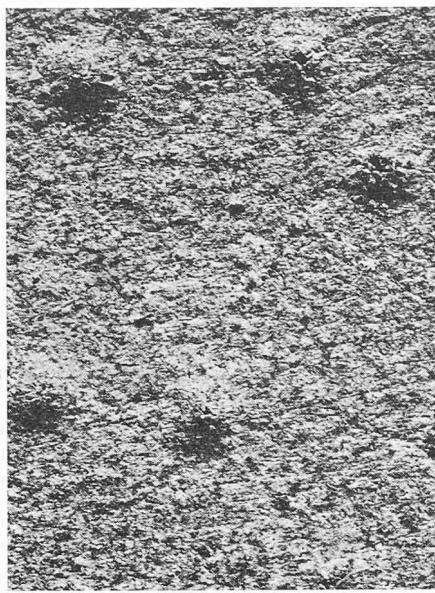


Bild 5 (links). Spritzverzinktes Stahlblech nach sieben Jahren Wasserlagerung. Blasen im Zinküberzug. Vergrösserung fünffach

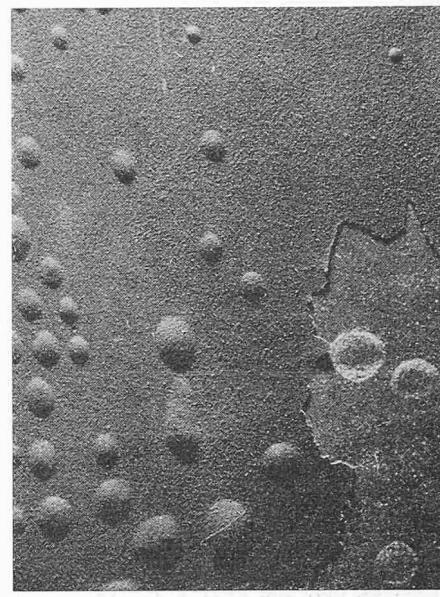


Bild 6 (rechts). Stahlrohr-Innenseite nach Wasserdurchdruckprobe. Blasen im Zinküberzug. Rechts im Bild Überzug lokal abgeblättert. Natürliche Grösse

haben sich zum Spritzmetallisieren eingerichtet. Die grösste Verbreitung hat es im Unterwasser-Rostschutz gefunden. Bei den meisten Kraftwerken, die in den letzten 25 Jahren gebaut wurden, gelangte die Spritzverzinkung und zwar ausnahmslos das Flammenspritzen mit Zinkdraht, in grossem Massstabe zur Anwendung. Es wurden Wehrschützen, Druckleitungen, Verteilleitungen, Druckschachtpanzierungen, Turbineneinläufe und dergleichen spritzverzinkt.

Eines der ersten Stauwehre, bei dem sämtliche Stahlteile über und unter Wasser spritzverzinkt wurden, ist das Wehr Port bei Nidau, am Ausfluss des Bielersees im Nidau-Büren-Kanal. Nach 12jähriger Betriebsdauer konnte festgestellt werden, dass die Verzinkung aller Bauteile, die nur atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt waren, noch keine Rostbildung zeigten und die Verzinkung noch intakt war. Alle Teile, die unter Wasser lagen, wiesen dagegen zahlreiche Rostschäden auf, wobei die Teile, die sich dauernd im ruhenden Wasser befanden, weniger stark korrodiert waren als die in fliessendem Wasser. Der Zinkauftrag soll bei diesem Wehr 900 bis 1000 g/m<sup>2</sup> Fläche betragen haben.

Nach den heutigen Erfahrungen muss jedoch die auf den Bauteilen dieses Wehres vorhanden gewesene Zinkmenge weit geringer gewesen sein. Wahrscheinlich hat sie höchstens etwa 500 bis 700 g/m<sup>2</sup> im Mittel betragen, denn beim Flammenspritzen muss man mit grösseren Metallverlusten durch Verdampfung und durch weggeschleudertes, auf dem Objekt nicht auftreffendes Metall rechnen. Versuche haben ergeben, dass beim Flammenspritzen von Zink, auch bei sorgfältigem Arbeiten und bei normalen Spritzbedingungen, mit Verlusten von 30 bis 50 % des zu verspritzenden Zinks gerechnet werden muss, je nachdem Profile oder Bleche metallisiert werden. Auf Grund dieser Ergebnisse darf somit angenommen werden, dass auf den Bauteilen des Wehres Port nicht 900 bis 1000 g/m<sup>2</sup>, sondern höchstens etwa 500 bis 700 g/m<sup>2</sup> Zink vorhanden waren. Diese Zinkmenge ge-

nügte, um die Freiluftteile gegen Rostbildung zu schützen, während sie als Unterwasser-Rostschutz nicht ausreichte, vor allem für diejenigen Teile, die dauernd strömendem Wasser ausgesetzt waren, bei denen ein Teil des Zinks und die unter der Einwirkung des Wassers entstehenden Korrosionsprodukte des Zinks durch das Wasser noch zusätzlich mechanisch abgetragen wurden.

Zink ist gegen Wasser nicht korrosionsbeständig. Es wird von jedem Wasser angegriffen und zwar um so stärker, je weicher oder je stärker es mit aggressiven Stoffen verunreinigt ist. Vor allem weiche Wässer mit freier aggressiver Kohlensäure greifen Zink stark an, weil sie keine natürlichen, korrosionshemmenden Karbonatschutzschichten zu bilden vermögen. Zudem versagt in den meisten Wässern der kathodische Schutz des Eisens durch das Zink. Man kann diese Tatsache nie genug wiederholen. Zu viele Beispiele und Misserfolge haben dafür den Beweis erbracht. Es sei besonders auf den jahrelang durchgeföhrten Grossversuch der EMPA hingewiesen, bei dem spritzverzinkte und im Vollbad verzinkte Versuchsbleche in den von verschiedenen Kraftwerken in verdankenswerter Weise eingerichteten Versuchsstationen der natürlichen Beanspruchung durch ruhendes oder fliessendes Wasser ausgesetzt waren.

Von den vielen Versuchen soll nur ein einziges Beispiel zeigen, welche Folgen eine unsorgfältige Spritzverzinkung haben kann und dass in einem solchen Fall der kathodische Schutz nicht wirksam ist. Das in Bild 4 wiedergegebene Versuchsblech Nr. 139 wies im Mittel einen Zinkauftrag von 743 g/m<sup>2</sup> (etwa 0,15 mm Schichtdicke) auf. Es war sechs Jahre lang fliessendem, weichem Wasser ausgesetzt. In dieser Zeit betrug der Zinkverlust 350 g/m<sup>2</sup>, also fast die Hälfte des ursprünglichen Zinkauftrages. Zonen, die lokal schwächer verzinkt waren, zeigten nach sechs Jahren bereits Rostbildungen, die an Poren im Überzug einsetzen konnten (also kein kathodischer Schutz durch die relativ grosse Menge Zink im Bereich der Poren).

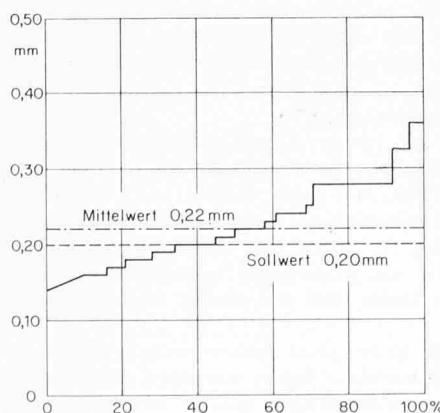


Bild 7 (links). Ergebnisse von 9130 Schichtdickenmessungen an einem Objekt mit sorgfältig ausgeführter Spritzverzinkung. Vorgeschriebene Schichtdicke 0,2 mm mit lokaler Minustoleranz von 0,18 mm. Häufigkeit in Prozenten der gemessenen Schichtdicken

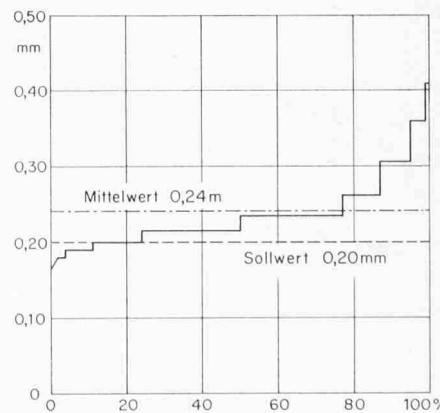


Bild 8 (rechts). Wie Bild 7, jedoch bei 17 619 Messungen und unsorgfältig ausgeführter Spritzverzinkung. Vorgeschriebene Schichtdicke 0,2 mm mit lokaler Minustoleranz von 0,16 mm

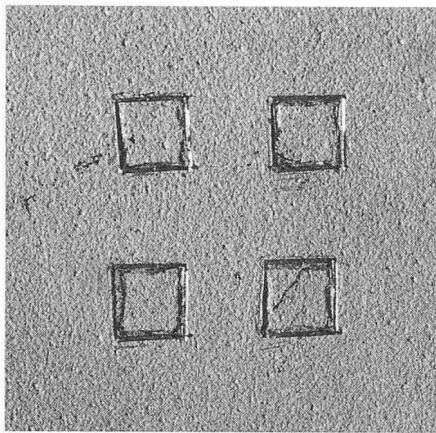


Bild 9 (links) Spritzzink auf Stahlblech, 0,2 mm dick. Prüfung mit der Meisselprobe. Einwandfreie Haftung des Überzuges

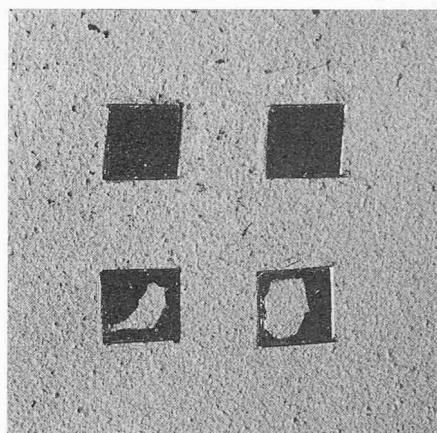


Bild 10 (rechts). Wie Bild 9, jedoch bei ungünstiger Haftung des Überzuges

Noch eine weitere Erscheinung hat sich bei diesen Versuchen gezeigt. Einzelne spritzverzinkte Bleche mit dauernder Wasserlagerung wiesen nach sieben Jahren Versuchszeit nicht nur einen starken Zinkverlust, sondern auch Blasenbildungen im Überzug auf, und zwar waren es hauptsächlich Bleche mit starkem Algenansatz (Bild 5). Beim Öffnen solcher Blasen waren bereits die ersten Rostbildung zu erkennen, der Korrosionsangriff des Grundwerkstoffes hatte also schon begonnen. Solche Blasenbildungen konnten hauptsächlich an Versuchsbrettern festgestellt werden, die einem Wasser von besonders ungünstiger Beschaffenheit ausgesetzt waren.

Für diese Blasenbildungen ist, wie durch zahlreiche Versuche festgestellt werden konnte, in erster Linie die Entwicklung von Wasserstoff verantwortlich, wobei schon bei Atmosphärendruck (Lagerung im ruhenden Wasser), besonders ausgeprägt aber bei erhöhtem Druck diese Erscheinung einsetzen kann. Die Blasenbildung wird erleichtert, wenn der Zinküberzug wegen ungenügender Vorbehandlung bzw. einer zu geringen Rauheit des Untergrundes nur schlecht haftet. So konnten beispielsweise bei einer neu erstellten Druckleitung an Rohren, die im Werk mit Stahlkies gestrahlt, verzinkt und mit einem einmaligen Anstrich von Chlorkautschukmennige versehen wurden, nach der Wasserdrukprobe im Zinküberzug zahlreiche Blasen festgestellt werden, während diese bei allen übrigen, in gleicher Weise geschützten Rohren, die mit Quarzsand gestrahlt wurden, nicht aufraten (Bild 6), allein deswegen, weil beim Strahlen mit Quarzsand eine hinreichende Aufrauhung und damit eine einwandfreie Haftung des Zinks erzielt wurde. Auch ein mit Quarzsand gestrahlter Untergrund kann Anlass zu Blasenbildungen geben, nämlich dann, wenn der Haftgrund nicht metallisch blank ist, sondern Rückstände bzw. einen feinen Film von Verunreinigungen, beispielsweise Staub vom Strahlen herrührend, aufweist, welcher eine gute Verankerung des Zinks im Untergrund verhindert. Das gleiche

ist der Fall, wenn sich auf dem frisch gestrahlten Haftgrund Flugrost bildet.

Die aus umfangreichen Versuchen im Laboratorium und aus Langzeit-Korrosionsversuchen unter natürlichen Beanspruchungsbedingungen erhaltenen Ergebnisse, sowie die an verschiedenen spritzverzinkten Objekten gewonnenen, praktischen Erfahrungen führten schliesslich zur Auffassung, dass bei einer Spritzverzinkung ein dauerhafter Unterwasser-Rostschutz nur dann zu erwarten ist, wenn das zu schützende Objekt einen Zinkauftrag von mindestens  $1000 \text{ g/m}^2$  aufweist, was einer Schichtdicke von 0,2 mm entspricht, und wenn der Zinküberzug selbst noch zusätzlich mit einem wasserfesten Anstrich von mindestens 0,12 mm Dicke gegen einen Angriff durch das Wasser geschützt wird. Auf dieser Basis wurden während und nach dem Zweiten Weltkrieg bei zahlreichen Fluss- und Speicherkräftewerken die Wehrschützen, Druckleitungen, Druckschachtpanzierungen usw. gegen Unterwasser-Korrosion geschützt, sei es im Neuzustand, sei es bei einer nötig gewordenen Revision, und zwar durchwegs mit bestem Erfolg.

Dieser Erfolg war indessen nur zu erzielen, weil es inzwischen gelungen war, Messinstrumente zu entwickeln, die es erlaubten, die Schichtdicke mit hinreichender Genauigkeit zerstörungsfrei zu messen. Besonders mit einem von der EMPA entwickelten Gerät können solche Messungen rasch und zuverlässig durchgeführt werden. Solche Kontrollmessungen sind jedoch nur sinnvoll, wenn das ganze spritzverzinkte Objekt, also eine ganze Druckleitung oder Druckschachtpanzierung systematisch nach einem bestimmten Schema und mit nicht zu grossem Abstand der einzelnen Messpunkte voneinander (etwa 25 bis 30 cm) durchgemessen werden. Denn, wie schon erwähnt, sind bei der Spritzmetallisierung die Streuungen ziemlich gross (Bilder 7 und 8). Solche Messungen fördern das zuverlässige Arbeiten der Metalliseure und erlauben es, Stellen mit zu geringem Zinkauftrag nachzuspritzen.

Wenn der Zinkauftrag  $1000 \text{ g/m}^2$  betragen soll, ist zu beachten, dass das am Grundwerkstoff haftende und nicht das zu verspritzende Zink zu verstehen ist. Um  $1000 \text{ g/m}^2$  haftendes Zink zu erhalten und wenn, wie das üblich und notwendig ist, eine Mindestschichtdicke von 0,2 mm und mit einer nicht zu unterschreitenden Minustoleranz von 0,18 oder 0,16 mm verlangt wird, müssen mindestens 1,3 bis  $1,6 \text{ kg/m}^2$  Zink verspritzt werden. Wie zahlreiche Versuche gezeigt haben, muss bei einem Zinkauftrag von  $1000 \text{ g/m}^2$  mit einem Raumgewicht des Zinks von 5 gerechnet werden, bei kleineren Schichtdicken als 0,2 mm kann das Raumgewicht bis auf 3,8 zurückgehen, bei grösseren Schichtdicken bis auf etwa 6,3 ansteigen.

Zur Bestimmung des Haftvermögens gespritzter Zinküberzüge hat sich für Kontrollen am Objekt die Meisselprobe nach Dr. H. Oertli gut bewährt, die darin besteht, dass mit einem Flachmeissel mit 1 cm Kantenlänge Quadrate von 1 cm Seitenlänge geschlagen werden. Bei schlechter Haftung löst sich das geschlagene Zinkquadrat vom Untergrund und die angrenzenden Partien des Überzuges lassen sich mit einem Messer abheben (Bilder 9 und 10).

Wie schon erwähnt, ist bei einer Spritzverzinkung als Unterwasser-Rostschutz ein dauerhafter Schutz nur dann gewährleistet, wenn der Zinküberzug noch durch einen zusätzlichen wasserfesten

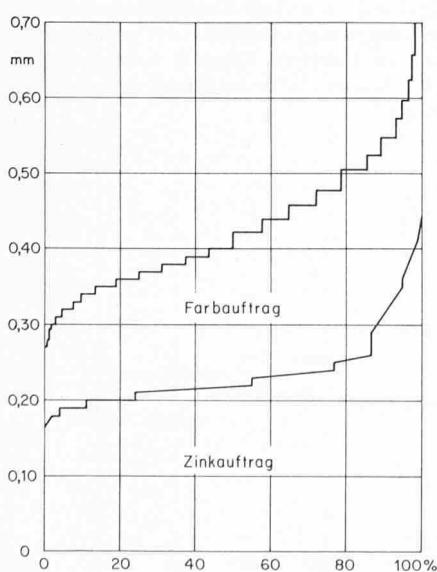


Bild 11. Ergebnisse von Schichtdickenmessungen an einem spritzverzinkten Objekt (0,2 mm Zink) mit dreimaligem Bitumenanstrich. Häufigkeit in Prozenten der gemessenen Schichtdicken



Bild 12 (links). Flammgespritzter rostfreier Stahl, stark mit Oxyden durchsetzt, ungeätzt. Vergrösserung 60fach

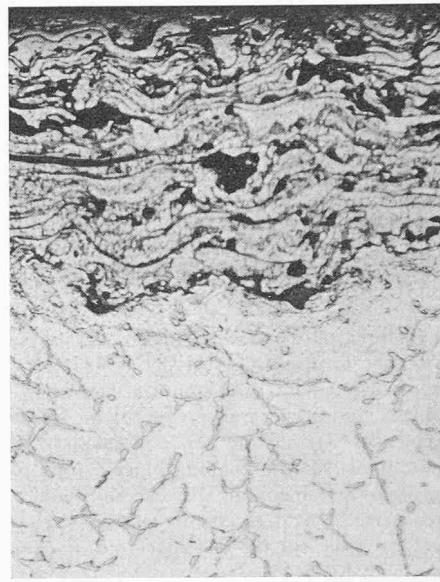


Bild 13 (rechts). Flammgespritzter Stahl auf Leichtmetallguss, Stahlschicht (oben) stark mit Oxyden durchsetzt, ungeätzt. Vergrösserung 60fach

Anstrich von hinreichender Stärke vor einem Angriff durch das Wasser geschützt wird. Sehr gut bewährt hat sich beispielsweise ein drei- bis viermaliger Anstrich mit Bitumenlack, der gegenüber andern Anstrichsystemen den Vorteil hat, dass er zu jeder Zeit, sollte es je nötig werden, leicht ausgebessert oder erneuert werden kann. Bevor dieser zusätzliche Anstrich aufgebracht wird, müssen die vorstehenden Spitzen und lose haftende Partikel des relativ rauen Zinküberzuges mechanisch, am besten durch Abziehen, entfernt werden, damit eine lückenlose Überdeckung des Zinküberzuges durch den Farbauftrag möglich ist. An vorstehenden Zinkspitzen setzt früher oder später der erste Korrosionsangriff ein und kommt dann gewöhnlich nicht mehr zum Stillstand, sondern schreitet allmählich in die Tiefe fort und kann dann unter Umständen zur Bildung von Blasen im Überzug und schliesslich zu Unterrostungen Anlass geben.

Um eine hinreichende Sicherheit über einen möglichst gleichmässigen Farbauftrag zu erhalten, wird das ganze Schutzsystem in gleicher Weise wie der Zinküberzug nochmals zerstörungsfrei kontrolliert. Das Ergebnis einer solchen Kontrolle zeigt Bild 11. Dieser Rostschutzaufbau bewährt sich, wie der Verfasser selbst feststellen konnte, sehr gut, war doch bei Druckschachtpanzierungen und Druckleitungen nach acht- bis zehnjährigem Betrieb der Schutzüberzug noch praktisch unverändert.

Mit dem Aufkommen der Zinkstaubfarben ist der Spritzverzinkung eine fühlbare Konkurrenz erwachsen. Seit etwa 10 bis 12 Jahren haben die Zinkstaubfarben im Unterwasser-Rostschutz in zunehmendem Masse Anwendung gefunden, meist in Verbindung mit der Spritzverzinkung, indem zuerst eine Spritzzinkschicht von 0,1 mm Stärke, dann ein Anstrich mit Zinkstaubfarbe von ebenfalls 0,1 mm Dicke und schliesslich zwei bis drei Bitumenanstriche aufgebracht werden. Die Verwendung von Zinkstaubfarben ermöglicht nicht nur einen rascheren Arbeitsfortschritt, sondern es wirken diese Farben auch als gute Porenfüller, denn ein Zinküberzug von nur 0,1 mm Dicke ist ziemlich porös. Dieser kombinierte Aufbau des Schutzsystems scheint sich, soviel bis heute festgestellt werden kann, ebenfalls sehr gut zu bewähren, zeigen doch derart geschützte Objekte nach mehrjährigem Betrieb noch keine Schäden irgendwelcher Art.

## Der Schiesslärm in der Umgebung von Schiessständen

Von A. Lauber, Vorstand der Abteilung Akustik und Lärmbekämpfung, E. Eichenberger, H. Wichser, EMPA, Dübendorf-Zürich

Der Schiesslärm in der Umgebung von Schiessständen ist immer wieder Gegenstand von Reklamationen und Diskussionen. Tatsächlich nimmt der Knall im Rahmen der Schallereignisse eine besondere Stellung ein. Über seine Akustik hat Professor W. Furrer in mehreren Veröffentlichungen berichtet, und die für das menschliche Ohr gefährlichen Schallvorgänge wurden in der Monographie «das akustische Trauma» von den Professoren Rüedi und Furrer beschrieben.

Eine gewisse Bedeutung hat auch das Flamspritzen von Aluminium erlangt, weniger auf dem Gebiete des Korrosionsschutzes, als zum Schutz gegen ein frühzeitiges Verzundern von Eisenwerkstoffen, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Gespritzte Aluminiumschichten von gleicher Dicke wie gespritzte Zinküberzüge lassen gegenüber atmosphärischen Einflüssen eine ähnliche Korrosionssicherheit erwarten wie diese. Sie kann noch erhöht werden, wenn der Aluminiumüberzug mit einem aluminiumpigmentierten Kunststofflack abgedeckt wird. Zur Verbesserung des Haftvermögens des Aluminiums wird häufig zuerst mit einer dünnen Zinkspritzschicht «grundiert». Dieses Schutzsystem gegen atmosphärische Korrosion konnte sich in unserem Lande hauptsächlich aus preislichen Gründen nicht durchsetzen.

Auf das Flamspritzen der andern technisch wichtigen Gebrauchsmetalle, wie Stahl, nichtrostender Stahl, Kupfer und seine Legierungen, Blei, Zinn usw. kann, wie schon eingangs vermerkt, nicht mehr eingegangen werden. Es sei lediglich noch darauf hingewiesen, dass die gespritzten Schichten dieser Metalle stark mit Oxyden des jeweiligen Metalls durchsetzt sind, welche die Korrosionsbeständigkeit, sofern sie zum Schutz gegen Korrosion aufgebracht werden, beeinträchtigen können (Bilder 12 und 13).

Für viele Zwecke wird sich die Spritzmetallisierung auch in Zukunft behaupten. Um jedoch gespritzte Metallüberzüge von optimalen Eigenschaften zu erhalten, sind eine sachgemässen und sorgfältige Vorbehandlung des Untergrundes des zu metallisierenden Werkstückes oder Bauteils wie auch die Einhaltung der richtigen Spritzbedingungen sowie eine sorgfältige Ausführung der Arbeit unerlässlich.

Adresse des Verfassers: Dr. J. Friedli, Scheuchzerstrasse 193, 8057 Zürich.

### Literaturverzeichnis

- [1] J. Friedli: Unterwasser-Korrosionsversuche mit verzinkten Blechen. «Bulletin SEV», 1952, Nr. 24, S. 965/73.
- [2] M. Hochweber: Probleme beim Anstrich von Spritzverzinkungen im Unterwasserbau. «Bulletin SEV», 1960, Nr. 14, S. 701/707.

DK 699.844.1:725.891

Beim Schiesslärm stellt sich zunächst die Frage nach der geeigneten physikalischen Messmethode. Die vollständigste Information liefert immer das Oszillogramm, das den zeitlichen Verlauf des Schalldruckes angibt. Die Bilder 1a und 1b zeigen die Oszillogramme vom Mündungsknall und vom Geschossknall eines Sturmgewehrschusses, gemessen in 7 m Abstand, seitlich. Charakteristisch für jede Detonation ist der plötzliche Druckstoss mit einer steil ansteigenden Flanke und einem aperiodischen oder