

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 43 (1952)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Erfahrungen mit Spritzverzinkungen als Unterwasserrostschutz  
**Autor:** Oerli, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057913>

### **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:** 21.01.2026

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

etwa 300...700 g/m<sup>2</sup> reicht als Unterwasser-Rostschutz nicht aus, da bei ungünstigen Wasserverhältnissen ein solcher Überzug den Grundwerkstoff nur wenige Jahre vor einem Korrosionsangriff gänzlich zu schützen vermag. Eine Verlängerung seiner rost-schützenden Wirkung ist einzig zu erwarten in einem Wasser, das in der Lage ist, *natürliche Schutzschichten* zu bilden, welche die allmähliche Auflösung bzw. den fortschreitenden Abtrag des Zinks verlangsamen, ja unter besonders günstigen Verhältnissen praktisch zum Stillstand bringen können.

Eine Verlängerung der Lebensdauer von Zinküberzügen ist indessen möglich, wenn sie ihrerseits durch einen *zusätzlichen Anstrich* vor einem Angriff geschützt werden. Um dies zu erreichen, müssen solche Anstriche eine *genügende Dicke* aufweisen und hinreichend *wasserfest* sein. Für diesen zusätzlichen Schutz kommen in erster Linie Anstrichsysteme auf Chlorkautschuk- und Bitumenbasis in Frage.

Auf Grund der durchgeführten Korrosionsversuche muss heute bei Objekten, die spritzverzinkt werden, für einen dauerhaften Unterwasser-Rostschutz ein Zinkauftrag von mindestens 1000 g/m<sup>2</sup> oder 0,2 mm Stärke verlangt werden, mit einer zulässigen Untertoleranz von höchstens 20 % und zwar lediglich an vereinzelten, kleinen Stellen. Dieser Überzug ist zusätzlich mit einem zwei- oder dreimaligen Anstrich einer bewährten Unterwasserfarbe zu schützen. Für vollbadverzinkte Objekte lassen sich gegenwärtig noch keine Vorschriften für die Schichtdicke aufstellen, da diese von verschiedenen im Verfahren selber begründeten, nicht ohne weiteres beeinflussbaren Faktoren abhängig ist. Es darf indessen gesagt werden, dass nach unseren Erfahrungen beispielsweise vollbadverzinkte Profileisen normalerweise Zinkauflagen von ähnlicher Grössenordnung, wie sie für die Spritzverzinkung gefordert werden müssen, aufweisen.

Da es heute möglich ist, sowohl Zinküberzüge als auch Anstriche hinsichtlich ihrer Stärke und Gleichmässigkeit *zerstörungsfrei* zu prüfen, ist auch eine diesbezügliche Kontrolle der Rostschutzarbeiten im Hinblick auf die Gewähr ihrer einwandfreien Ausführung entschieden angezeigt. Bei verschiedenen Bauwerken, wie Druckleitungen, Druckschachtpanzerungen, Wehrschützen, Turbineneinläufen u. dgl. ist in den letzten Jahren als Korrosionsschutz eine Spritzverzinkung mit zwei oder drei zusätzlichen Anstrichen mit gutem Erfolg zur Anwendung gekommen. Einen solchen Korrosionsschutz haben u. a. erhalten die Druckleitung II des KW Kandergrund (BKW), die Druckleitung Islas (EW St. Moritz), die Druckschachtpanzerung des KW Handeck II (KWO), die Stauwehrschützen der Kraftwerke Laufenburg, Rapperswil-Auenstein, Wildeggburg, Wettingen (EWZ), Wassen (CKW), Calanca, Dietikon (EKW), Zürich-Letten (EWZ), die Turbineneinläufe (Spiralgehäuse) des Kraftwerkes Wettingen (EWZ). Gegenwärtig in Ausführung begriffen sind: die Druckschachtpanzerung des KW Verbano (Maggia-Kraftwerke), die Stauwehrschützen des KW Augst (EW Basel) und die Schützen des Wehres Felsenau (EW Bern). Bei allen diesen Objekten ist die Verzinkung bezüglich Schichtdicke und Gleichmässigkeit des Überzuges von der EMPA kontrolliert worden. Unter dem Vorbehalt, dass wir von den betreffenden Werken die Einwilligung dazu erhalten, soll später auch über diese Messungen berichtet werden.

Zusammenfassend darf gesagt werden, dass ein Korrosionsschutz, wie ihn die genannten Bauwerke nunmehr aufweisen, selbstverständlich dessen fachgemässe und einwandfreie Ausführung vorausgesetzt, zum Besten gehört, was heute als Unterwasser-Rostschutz empfohlen werden kann.

Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. J. Friedli, Sektionschef der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Leonhardstr. 27, Zürich.

## Erfahrungen mit Spritzverzinkung als Unterwasserrostschutz

Von H. Oertli, Bern

621.793.7 : 669.5 : 620.197.23

*Vor dem Aufkommen der zerstörungsfreien Zinkschichtdickenmessung erhielten die spritzverzinkten Unterwasserobjekte in der Regel einen zu schwachen Zinkauftrag; der Rostschutz war deswegen nicht dauerhaft. In den beschriebenen Beispielen wird die Bedeutung einer guten Haftfestigkeit, einer genügenden Zinkschichtdicke und zusätzlicher Anstriche gezeigt. Am Schluss des Artikels werden einige weitere Objekte beschrieben, bei deren Rostschutz die geschilderten Erfahrungen verwertet wurden.*

*Avant l'entrée en usage de la méthode de mesure de l'épaisseur de la couche de zinc sans destruction de matière, les objets zingués au pistolet et destinés à séjourner dans l'eau recevaient généralement une couche de zinc trop mince, de sorte que la protection contre la rouille n'était pas durable. A l'aide d'exemples, l'auteur montre l'importance d'une bonne adhérence, d'une épaisseur de zinc convenable et de l'application de peintures supplémentaires. Il décrit également quelques autres objets protégés contre la rouille en mettant à profit les expériences faites.*

### 1. Einleitung

Wenn der Verfasser von ungünstigen Erfahrungen über die Spritzverzinkung als Unterwasserrostschutz hört, so fragt er immer zuerst: Wie gross war die Zinkschichtdicke? Er kann sicher sein, die Antwort zu bekommen: Wir kennen die auf dem Eisen haftende Zinkmenge nicht. Im besten Falle ist die Menge des verspritzten Zinkdrahtes bekannt.

In Fällen, wo sich die Spritzverzinkung als Unterwasserrostschutz nicht bewährte, fehlte ein

geeigneter wasserfester Anstrich über der Verzinkung.

Die folgenden Beispiele sollen die praktische Bedeutung der Zinkschichtdicke und den Wert zusätzlicher Anstriche zeigen.

### 2. Wehr Port bei Nidau

Über diese Anlage liegt der von der Baudirektion des Kantons Bern im Jahre 1945 veröffentlichte

Bericht des Bauleiters, Oberingenieur *A. Peter*, vor: Die Wehranlage Port am Ausfluss des Bielersees im Nidau-Büren-Kanal, gedruckt bei Rösch, Vogt & Co., Bern.

Über das Spritzverzinken steht auf Seite 30 dieses Berichtes folgendes:

«Rostschutz. Gegen Rostgefahr wurden alle Eisenkonstruktionsteile, welche nicht in geschütztem Raum untergebracht sind, nach dem Schoopschen Spritzverfahren verzinkt. Die Verzinkung wurde auf dem Platz durchgeführt. Das Eisen wurde zuerst vermittelst Sandstrahlgebläse blank gereinigt und darauf sofort verzinkt. Nach der Verzinkung wurde die Konstruktion mit einer Salzlösung abgewaschen. Die dadurch entstehende Zinkchloridschicht soll ein noch sichereres Abdichten ergeben. Für das Verzinken wurde mit etwa 800...1000 g Zink pro m<sup>2</sup> Fläche gerechnet.

In der Schweiz bestehen noch wenig Erfahrungen über verzinkte Eisenkonstruktionen bei Wehren. Die verzinkten Eisenmaste der Starkstromleitungen sind meistens feuerverzinkt. Es war somit ein gewisses Wagnis, das Verfahren hier anzuwenden. Der Entscheid wurde aber erleichtert durch die günstigen Erfahrungen, welche in Frankreich erzielt worden sind. Die dortigen Anwendungen sind nach 18 und 20 Jahren noch ohne Schäden.

Bei der Metallisierung wurden die einzelnen Teile vor der Montage behandelt und auch die Überlappungsflächen verzinkt. Nach der Montage wurden die Nieten und auch die Anschlüsse bei den Überlappungsstellen nochmals nachbehandelt.

Für die Durchführung der Metallisierung muss ein geschlossener Raum vorhanden sein für das Sandstrahlen, und aus demselben muss der Staub abgeführt werden. Sonst entstehen unhaltbare Zustände, und namentlich besteht die Gefahr, dass der Staub in alle Maschinen eindringt. — Die Arbeit wurde ausgeführt vom Metallspritzwerk Ad. Bergner & Cie., in Wabern.»

Nach ungefähr zwölfjähriger Betriebszeit der Anlage war folgendes festzustellen<sup>1)</sup>:

a) Die spritzverzinkten Freiluftanlagen waren einwandfrei.

b) Die spritzverzinkten Teile des Wehres in meist ruhendem Wasser befanden sich im allgemeinen noch in gutem Zustand.

c) Die spritzverzinkten Teile in strömendem Wasser waren grösstenteils rostig. Es war nur noch an den Stellen eine Zinkschicht vorhanden und der Rostschutz noch intakt, wo absichtlich (z. B. bei Nieten) oder unabsichtlich mehr Zink als vorgesehen aufgetragen worden war (Fig. 1 und 2).

Die unter c) genannten Beobachtungen zeigen die grosse Bedeutung der Zinkschichtdicke. Diese war seinerzeit — mangels eines zerstörungsfreien Messverfahrens — nicht gemessen worden; indessen war gewissenhaft nach den damaligen Kenntnissen und Erfahrungen gearbeitet worden. Die aufgetragene Zinkmenge war aber für dieses Objekt im allgemeinen zu gering. Wäre überall soviel Zink aufgetragen worden wie an den nichtgerosteten Stellen, so wäre der Rostschutz nach der zwölfjährigen Betriebszeit zweifellos durchwegs immer noch gut gewesen. Diese Überlegung bewog die Bauherrschaft, bei der Erneuerung des Rostschutzes wieder die Spritzverzinkung anzuwenden, aber dabei die neuesten Erfahrungen zu berücksichtigen. Sie schrieb eine Mindestzinkschichtdicke von 0,20 mm (bezo-

<sup>1)</sup> Der Verfasser dankt dem Wasserrechtsamt des Kantons Bern für die Bewilligung, die Erfahrungen im Bull. SEV veröffentlichten zu dürfen.

gen auf die sandgestrahlte Eisenoberfläche) und einen zweimaligen Bitumenlackanstrich vor. Die Zinkschichtdicke wurde während der Ausführung und bei den Abnahmekontrollen zerstörungsfrei mit dem vom Metallspritzwerk Ad. Bergner entwickelten Magnus-Dickenmesser gemessen.



Fig. 1

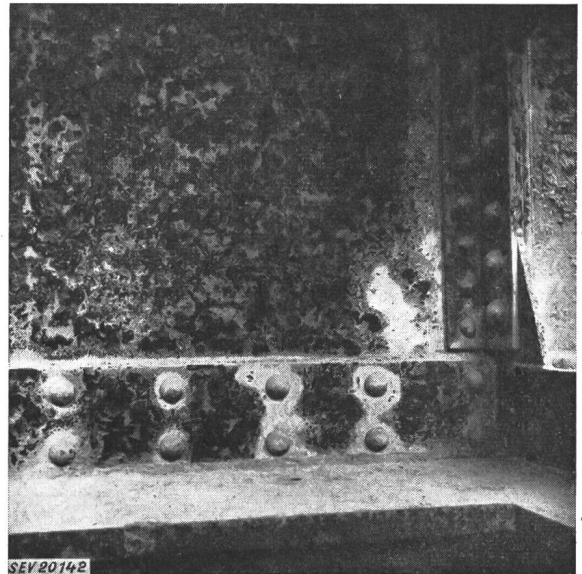


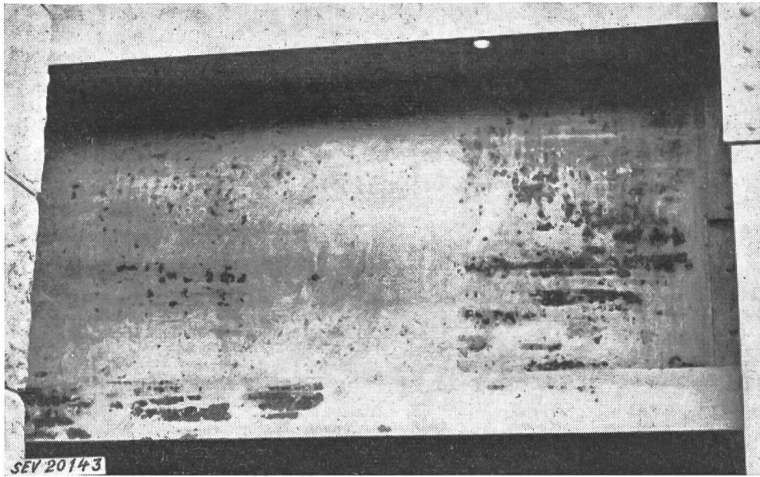
Fig. 2

Fig. 1 und 2

Wehr Port, untere Schütze, Unterwasserseite  
Nach zwölfjähriger Betriebszeit grösstenteils rostig.  
Zinkschicht noch vorhanden und Rostschutz dort intakt, wo wegen Nieten oder unabsichtlich mehr Zink aufgetragen worden war

Aufnahmen vom 8. Oktober 1948

Auch Fig. 3 zeigt die Bedeutung der Zinkschichtdicke. Heute kann der Arbeiter mit einem handlichen Instrument die Zinkschichtdicke rasch und zerstörungsfrei kontrollieren; er kann also eine zu schwache Verzinkung rechtzeitig feststellen und korrigieren.



Rechen mit dem Verbrauch für später verzinkte gleiche Rechen, so wird offensichtlich, dass auf dem 1936 verzinkten Rechen weit weniger als 1000 g Zn/m<sup>2</sup> hafteten. Im Jahre 1936 fehlte ein Gerät zum zerstörungsfreien Messen der Zinkschichtdicke.

Fig. 3

Wehr Port, Schiffschleuse  
Unterwasserseite des unteren Schleusentores  
nach vierzehnjähriger Betriebszeit

Verschieden gut erhaltene spritzverzinkte Flächen. Das mittlere Rechteck war am stärksten, das rechte am schwächsten verzinkt worden. Zu schwach verzinkte Flächen lassen sich heute mit einem Dickenmesser leicht rechtzeitig feststellen  
Aufnahme vom 5. Oktober 1950

### 3. Turbineneinlaufrechen des Kraftwerkes Mühleberg der Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW)

Im Jahre 1936 wendeten die BKW die Spritzverzinkung erstmals versuchsweise an einem Unterwasserobjekt an. Dieses — ein Turbineneinlaufrechen des Kraftwerkes Mühleberg — wurde von

Die Hälfte des Rechens wurde nach der Spritzverzinkung zusätzlich mit Bitumenlack gestrichen. Fig. 5, verglichen mit Fig. 4, zeigt den günstigen Einfluss dieses Anstriches (der allein kein dauerhafter Rostschutz gewesen wäre); nach einer Betriebszeit von neun Jahren war die gestrichene Hälfte des Rechens noch rostfrei; die andere, nach

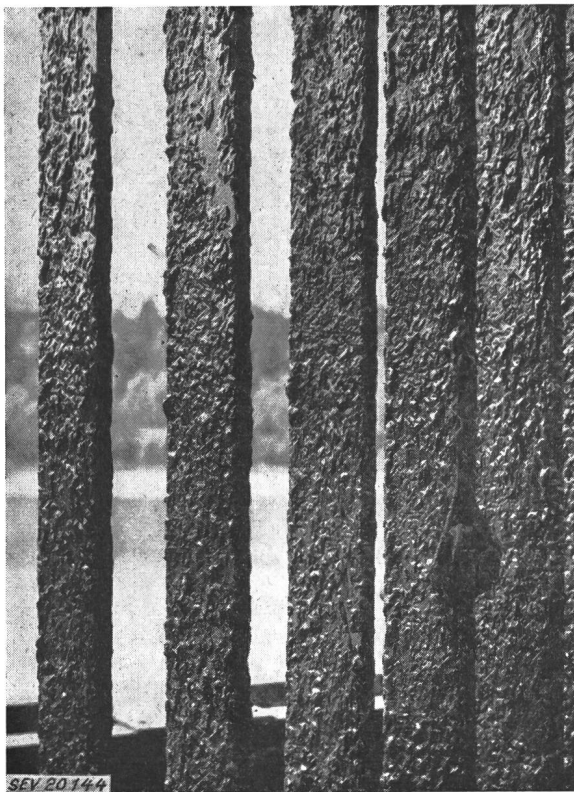


Fig. 4

Rechenstäbe eines Turbineneinlaufrechens des Kraftwerkes Mühleberg (BKW), in Betrieb seit 1920

Ganzer Rechen im Jahre 1936 spritzverzinkt, die eine Hälfte (Fig. 5) nach der Verzinkung mit Bitumenlack gestrichen. Betriebszeit nach der Verzinkung 9 Jahre; gestrichene Hälfte (Fig. 5) rostfrei (Unebenheiten von früheren Verrostungen herrührend), nicht gestrichene Hälfte (Fig. 4) verrostet

Aufnahmen vom 6. Juni 1945



Fig. 5

der gleichen Firma und in gleicher Weise behandelt wie die Schützen des Wehres Port. Es bestand die Absicht, 1000 g Zink pro m<sup>2</sup> aufzutragen. Vergleicht man den Zinkdrahtverbrauch für diesen

der Spritzverzinkung nicht gestrichene Hälfte war verrostet.

Fig. 6 und 7 lassen ebenfalls die Bedeutung der Zinkschichtdicke erkennen. Sie stellen einen zu

Turbineneinlaufrechen gehörenden Rahmen des Kraftwerkes Mühleberg dar. Es wurde in ähnlicher Weise verzinkt wie der beschriebene Rechen. Nach elfjähriger Betriebszeit war der oberste Teil des Rahmens, der immer über dem Wasser war, rostfrei; im übrigen war der Rahmen grösstenteils verrostet. Die auffälligen guten Stellen, die sich in

Am 7. September 1950 betrug an einer nicht gerosteten Stelle die Zinkschichtdicke 0,13 mm; da kein Anstrich vorhanden war und elf Betriebsjahre verflossen waren, kann die ursprüngliche Zinkschichtdicke auf etwa 0,17 mm geschätzt werden. Diese Schätzung beruht auf Zinkverlusten, die sich aus Messungen der EMPA an spritzverzinkten Ble-

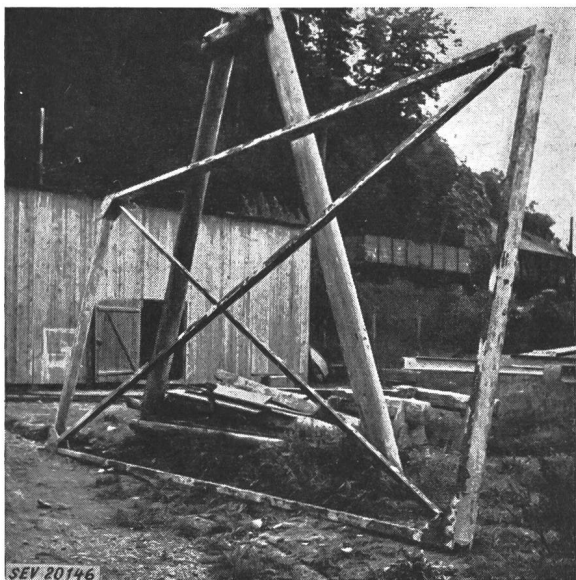


Fig. 6

Fig. 7

**Rechenrahmen des Kraftwerkes Mühleberg,**

seit der Spritzverzinkung 11 Jahre im Betrieb. Oberer Teil des Rahmens (in Fig. 6 links) immer über Wasser, rostfrei; übriger Rahmen grösstenteils verrostet; gute Stellen in regelmässigen Abständen entsprechen Überlappungen beim Spritzverzinken

Aufnahmen vom 7. September 1950

regelmässigem Abstände folgten, waren zweifellos als Überlappungen beim Spritzen stärker verzinkt worden. Der Auftrag dürfte an diesen Stellen ungefähr doppelt so gross gewesen sein als an den gerosteten Stellen. Wäre überall soviel Zink aufgetragen worden wie bei den genannten Überlappungen, so wäre wohl der ganze Rechenrahmen rostfrei geblieben.

chen von Mühleberg ergaben (s. S. 970 dieser Nummer).



Fig. 8

**Zerstörungsfreie Messung der Zinkschichtdicke**

Dickenmesser Magnus des Metallspritzwerkes Ad. Bergner, Wabern-Bern; das Gerät ist an eine Wechselstromquelle angeschlossen. Erstmalige Verwendung des Dickenmessers an einem Turbineneinlaufrechen von Mühleberg

Aufnahme vom 1. Juli 1942

Seitdem der Magnus-Dickenmesser des Metallspritzwerkes Ad. Bergner (Fig. 8) eine zerstörungsfreie Zinkschichtmessung erlaubte, liessen die BKW jeweils die Verzinkung der Rechen durch ihren Abnahmebeamten mit dem Dickenmesser prüfen. Bei ungenügender Zinkschichtdicke (unter 0,20 mm) wurde nachverzinkt; hierauf wurden die Rechen zweimal mit Bitumenlack gestrichen. Bei den Revisionen, die sich im Abstand von sechs Jahren folgen, sind die Rechen sorgfältig zu reinigen; anschliessend ist der teilweise abgetragene Anstrich zu erneuern, so dass im Betrieb kein nennenswerter Zinkverbrauch eintreten kann. Der Verfasser erwartet, und die bisherigen Erfahrungen scheinen ihm recht zu geben, dass bei einem solchen Unterhalt die Rechen in absehbarer Zeit nicht mehr sandgestrahlt und neuverzinkt werden müssen.

**4. Schlussfolgerungen aus praktischen Erfahrungen und Versuchen über die Spritzverzinkung als Unterwasserrostschutz**

Man darf ein Verfahren nicht ohne weiteres nach vorgekommenen Misserfolgen verurteilen. So wäre es falsch, nach dem unter 2. und 3. beschriebenen, zum Teil ungünstigen Verhalten der Spritzverzinkung, diese als ungeeignet für den Unterwasserrostschutz zu betrachten. In den beiden Abschnitten

wurde gezeigt, wie ein dauerhafter Rostschutz erreicht werden kann.

In erster Linie soll überall ein genügender, festhaftender Zinkauftrag vorhanden sein. Früher wurde in der Regel zu wenig Zink aufgetragen, erstens weil man kleinere Zinkmengen als genügend erachtete, zweitens weil man den Wirkungsgrad des Zinkspritzens überschätzte, indem wesentlich weniger Zink haftete als man aufspritzen wollte und nach dem Zinkdraht-Verbrauch schätzte, und drittens, weil damals noch kein praktisch brauchbares zerstörungsfreies Verfahren zur Prüfung der Zinkschichtdicke bekannt war. Heute gibt es Dickenmesser, mit denen durch Messung des magnetischen Spaltes die Zinkschichtdicke rasch und zuverlässig bestimmt werden kann (Fig. 8 und 9). Die zer-

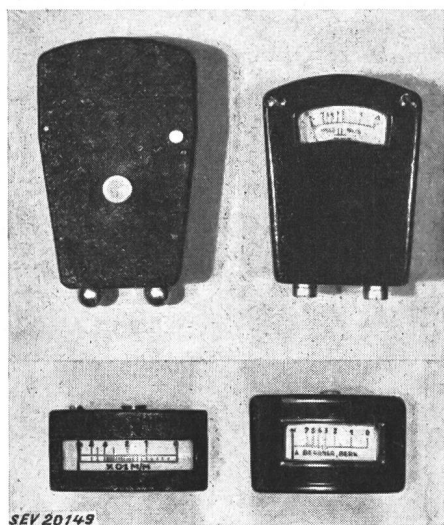


Fig. 9

Zerstörungsfreie Messung der Zinkschichtdicke

Kleine Dickenmesser, die keine Stromquelle benötigen

rechts: Magnus junior des Metallspritzwerkes Ad. Bergner, Wabern-Bern

links: Der ähnlich gebaute englische Dickenmesser Elco-meter<sup>1)</sup>

Abbildungsmaßstab ca. 1 : 2,5 natürlicher Grösse

<sup>1)</sup> in der Schweiz erhältlich bei Dr. A. G. Epprecht, Zürich 35.

störungsfreie Messung der Zinkschichtdicke ist ein wesentlicher Fortschritt in der Spritzverzinkung. Der Arbeiter weiss, dass jede Stelle gefunden werden kann, wo zu wenig Zink aufgespritzt wurde. Er kann während der Arbeit die Zinkschichtdicke selbst kontrollieren. Bei der Abnahme kann zerstörungsfrei geprüft werden, ob die garantierte Mindest-Zinkschichtdicke vorhanden ist.

Für den Unterwasserrostschutz ist eine vollkommen porenfreie wasserfeste Schutzschicht nötig. Eine dünne gespritzte Zinkschicht hat aber immer durchgehende Poren. (Der Verfasser empfiehlt, zur Demonstration Zink auf eine durchsichtige Unterlage zu spritzen oder auf ein leicht geöltes Blech, von dem die Zinkschicht abgelöst werden kann.) Man kann eine wasserundurchlässige Schicht nicht nur durch eine Verstärkung des Zinkauftrages, sondern auch durch zusätzlichen Anstrich der gespritzten Zinkschicht erreichen. Als Anstrichstoff eignen sich im allgemeinen Bitumenlacke; in gewissen Wässern, z. B. in der Limmat, haben Chlorkautschuklacke eine grössere Widerstandsfähigkeit ge-

zeigt. Auf den gespritzten Zinkschichten haften die Anstriche sehr gut. Bitumenschichten von 1 bis 2 mm Dicke, die auf dünne Bitumenanstriche aufzutragen sind, können vorteilhaft sein, wenn besondere Beanspruchungen und Anforderungen vorliegen und die Schichtdicke nicht stört. — Die unter 2 hievor erwähnte Salzlösung, mit der die Dichtigkeit der gespritzten Zinkschicht verbessert werden sollte, erwies sich bei vergleichenden Versuchen des Verfassers als praktisch wirkungslos.

Es ist zu beachten, dass eine ungeschützte Zinkschicht — ob sie durch Spritzverzinkung oder durch Vollbadverzinkung erzeugt wird — im Wasser im Laufe der Zeit aufgelöst bzw. abgetragen wird. Der jährliche Zinkverlust hängt von der Wasserbeschaffenheit und von der Wasserströmung ab. Die Dicke der Zinkschicht nimmt also im Laufe der Zeit ab, und eine Zinkschicht, die anfänglich keine durchgehenden Poren hatte, wird nach einer gewissen Zeit derart porig, dass das Eisen mit dem Wasser in Berührung kommt und die Verrostung einsetzt.

Ein geeigneter wasserfester Anstrich füllt die Poren in der gespritzten Zinkschicht und schützt das Zink vor den Angriffen des Wassers. (Der Verfasser legt Wert darauf, dass der erste Anstrich bald nach der Verzinkung auf eine vollkommen saubere und trockene Zinkschicht aufgetragen wird.) Der Anstrich selbst ist den Angriffen des Wassers und der darin schwimmenden festen Körper ausgesetzt und der Abnutzung unterworfen. Bessert man in geeigneten Zeitintervallen den abgenutzten Anstrich aus, so kann man verhindern, dass die Zinkschicht in nennenswertem Masse angegriffen wird; bei diesem Vorgehen bleibt der Rostschutz dauerhaft erhalten.

Für den Unterwasserrostschutz ist die Kombination von Spritzverzinkung und Anstrich im allgemeinen wohl wirtschaftlicher als eine sehr dicke Spritzverzinkung, die ohne zusätzlichen Anstrich einen genügend dauerhaften Rostschutz bieten würde. Es ist auch zu beachten, dass bei sehr dicken gespritzten Zinkschichten die Gefahr besteht, dass sie bei Stossbeanspruchung abblättern.

Trotzdem auch mit einer 0,1 mm dicken Zinkschicht und geeigneten Anstrichen ein dauerhafter Rostschutz erreicht werden kann, empfiehlt der Verfasser für den Unterwasserrostschutz eine Zinkschichtdicke von etwa 0,2 mm, die nach einer Zerstörung des Anstriches das Eisen doch noch längere Zeit vor einer Verrostung schützt.

### 5. Spritzverzinkte Unterwasser-Objekte

Bei den im folgenden genannten Objekten wirkte der Verfasser als Auftraggeber oder als Berater für den Rostschutz. Die seit den Rostschutzarbeiten verstrichene Betriebsdauer ist noch so kurz, dass der heutige Zustand kein Zeugnis für die Bewahrung des Rostschutzes dieser Objekte darstellt. Die Beschreibung kann aber — in Erweiterung des unter 2 und 3 hievorigen Gesagten — zeigen, wie die früheren Erfahrungen auf die Wahl der Zinkschichtdicke und der Anstriche sich auswirkten.

Bei allen Objekten wurde zum Sandstrahlen Quarzsand und zum Zinkspritzen Zinkdraht verwendet.

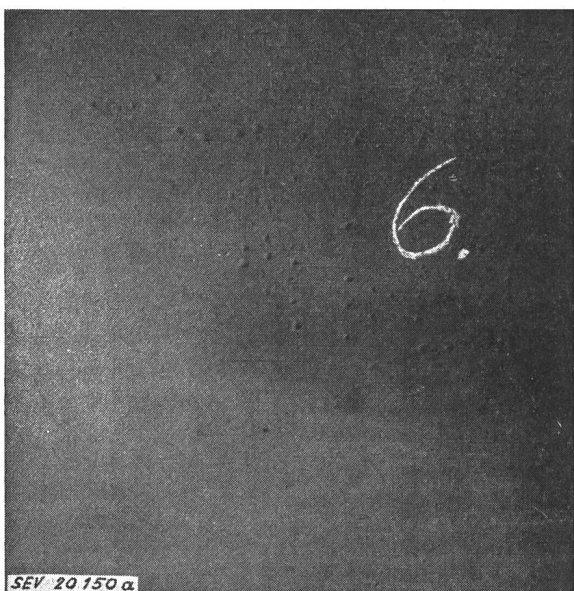
a) *Kraftwerk Kallnach der BKW, Wehr Niederried. Oberwasserseite der obern Schütze des Grundablasses Nr. 2:*

1949 Spritzverzinkung durch Metallspritzwerk Ad. Bergner, Wabern. Zinkschichtdicke bezogen auf die sandgestrahlten Flächen mindestens 0,20 mm; Kontrolle mit Magnus-Dickenmesser. Zweimaliger Anstrich mit dem Kunstharzlack Socol-Tropic-Rot, der im Jahre 1933 erstmals von den BKW am Wehr Niederried praktisch verwendet wurde.

nach zwanzig bis dreissig Jahren vollständig revidiert werden. Es wurde deswegen ein Rostschutz gewählt, von dem man erwartet, dass er diese Zeitspanne aushält.

c) *Kraftwerk Handeck II der Kraftwerke Oberhasli (KWO); Druckschachtpanzerung<sup>2)</sup>:*

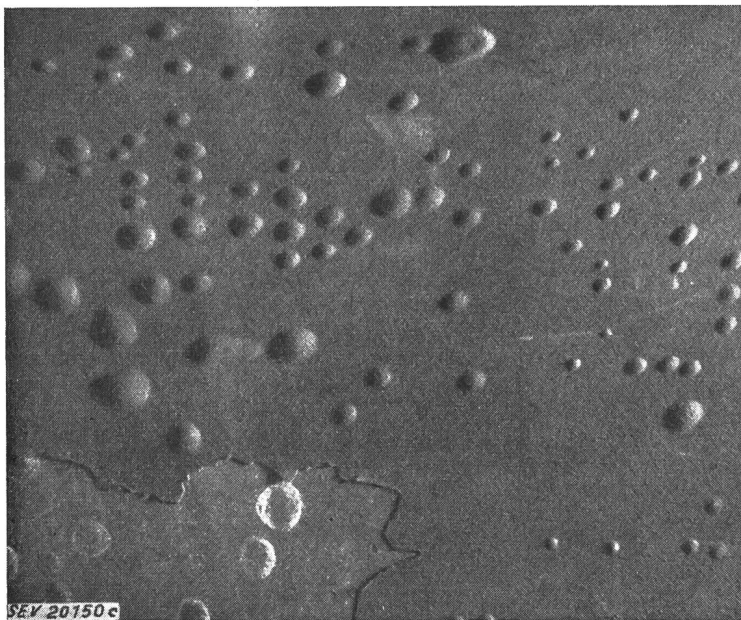
1950 und 1951, Spritzverzinkung durch die G. Blatti A.-G. Zürich; Zinkschichtdicke 0,20 mm nach dem Messverfahren der Eidg. Materialprüfungs-



a



b



c

Fig. 10

**Druckleitung II des Kraftwerkes Kandergrund (BKW)**

Rohre spritzverzinkt, erst einmal gestrichen. Blasen in einigen Rohren des unteren Druckleitungsteiles nach der Druckprobe

a Stelle mit kleinen Zinkschichtblasen in einem grösstenteils einwandfreien Rohr. Blasen in Zeilen angeordnet, die den Pinselstrichen entsprechen<sup>\*)</sup>.

Abbildungsmaßstab ca. 1:6 natürlicher Grösse

b Kleine Zinkschicht-Blasen in einem sonst einwandfreien Rohr, in dem der Anstrich gespritzt wurde. Blasen in einem Band, das eine andere Farbe hat als der übrige Anstrich und offenbar weniger dicht war.

Abbildungsmaßstab Mittelwert ca. 1:6 natürlicher Grösse

c Zinkschicht-Blasen und -Ablösung in einem Rohr, das nicht mit Quarzsand, sondern mit einem Stahlsand gestrahlt wurde, der eine für die Spritzverzinkung ungeeignete Blechoberfläche erzeugte

Abbildungsmaßstab ca. 1:6 natürlicher Grösse Aufnahme vom 10. Juni 1952

<sup>\*)</sup> Anfänglich war vorgeschrieben, den ersten Anstrich mit steifem Pinsel aufzutragen; nach vergleichenden Versuchen liessen die BKW später das Spritzen auch beim ersten Anstrich zu.

b) *Kraftwerk Mühleberg der BKW; Gleitschützen des Grundablasses:*

1949 Spritzverzinkung wie a): Dünner Bitumenlackanstrich, darüber heissgespritzte Bitumenschicht durch die Strassenbaumaterial A.-G. Bern.

Diese Schützen werden nicht besonders schwer beansprucht; sie werden aber voraussichtlich erst

anstalt (EMPA), mit Toleranz; Kontrolle durch die EMPA.

<sup>2)</sup> In dem im Bull. SEV Bd. 33(1942), Nr. 16, S. 437...443, erschienenen Bericht «Betriebserfahrungen über das Rosten und den Rostschutz von Druckleitungen in der Schweiz», der auf einer Umfrage bei 40 Kraftwerken beruhte, schrieb der Verfasser: «Es sind uns keine praktischen Erfahrungen bekannt geworden über die Metallisierung von Druckleitungen zum äusseren oder internen Rostschutz —.»

Drei Anstriche mit Imerit-Bitumenlack, Gesamtdicke 0,12 mm.

d) *Kraftwerk Kandergrund der BKW; neue Druckleitung II, Innendurchmesser 1,0 m:*

1951, Rohre vor der Montage durch die G. Blatti A.-G. Zürich aussen und innen spritzverzinkt; Zinkschichtdicke innen 0,20 mm nach dem Messverfahren der EMPA, ohne Minus-Toleranz. Nach der Kontrolle der Zinkschicht durch die EMPA aussen und innen ein Anstrich mit Imerit-Chlor kautschukmennige; nach der Montage der Druckleitung, Ausbesserung des Anstriches, dann zweiter Aussenanstrich und zweiter und dritter Innenanstrich (anfänglich nur zwei Innenanstriche vorgesehen).

Bei dieser Druckleitung hat sich eine neuartige Erscheinung gezeigt. Die Druckprobe an der neuen Druckleitung wurde nach beendeter Montage vorgenommen, als sie erst einen Innenanstrich hatte; im untersten Teil der Druckleitung betrug der Probedruck nahezu 40 kg/cm<sup>2</sup>. Bei einer spätern Kontrolle des Rohrrinnern wiesen einige Rohre des untern Druckleitungsteiles Blasen auf (Fig. 10 a, b, c). Die Blasenbildung konnte wie folgt erklärt werden: An den betreffenden Stellen war der Anstrich porig. Beim hohen Wasserdruck drang Wasser durch diese Poren und durch die Zinkschicht bis zum Blech. Als die Druckleitung entleert und dann besonders durch die Sonne erwärmt wurde, entstanden durch den Wasserüberdruck unter der Zinkschicht und durch die Wasserdampfbildung Blasen in der Zinkschicht. Mit Ausnahme des zu beschreibenden Falles waren die Blasen klein, und es haftete die Zinkschicht so gut, dass beim Schaben mit dem Messer nicht mehr als die Blasenschicht abgelöst werden konnte. Fig. 10c stellt einen Teil eines Rohres dar, das infolge eines Missverständnisses nicht mit Quarzsand, sondern mit einem Stahlsand gestrahlt wurde, der eine für die Spritzverzinkung ungeeignete Blechoberfläche erzeugte; an diesem Rohr liessen sich Zinkschichten ablösen. Dieses Rohr wurde vollständig neu sandgestrahlt und spritzverzinkt; auch die übrigen Mängel wurden vor der Inbetriebsetzung der Druckleitung behoben.

Die geschilderten Beobachtungen zeigen, dass die Haftfestigkeit der Zinkschicht wesentlich von der Beschaffenheit der Blechoberfläche und diese von der Art des Sandes abhängt, und dass bei hohen Wasserdrücken die Dichtigkeit des Rostschutzüberzuges eine erhöhte Bedeutung hat. Die BKW liessen deswegen das Rohrrinnere dieser Druckleitung nicht nur mit total zwei, wie anfänglich vorgeschrieben, sondern mit drei Anstrichen versehen. In einem

ähnlichen künftigen Fall würde die Druckprobe erst nach vollendetem Innenanstrich ausgeführt werden.

e) *Kraftwerk Oberaar der KWO; Panzerung des Zulaufstollens Oberaar:*

1952, Spritzverzinkung durch Metallspritzwerk Ad. Bergner, Wabern; Zinkschichtdicke 0,20 mm. Bitumenanstrich und Heissbitumieren mit 2 mm Schichtdicke durch die ENTRAG A.-G. Zürich. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass die ENTRAG

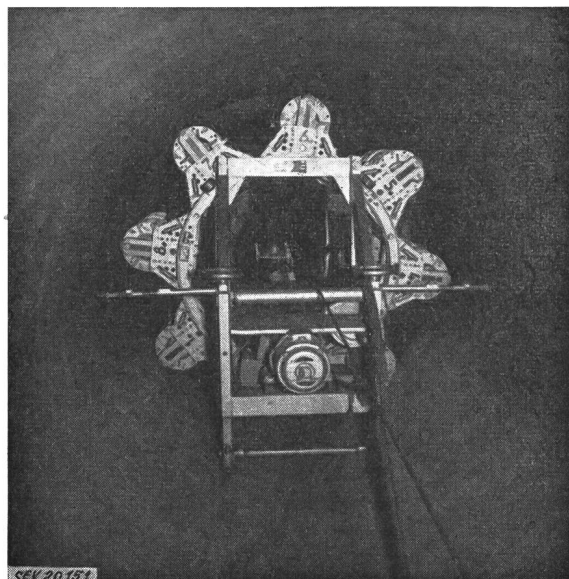


Fig. 11

Rohrreinigungsmaschine der Maschinenfabrik von Arx, Sissach, Baselland, im Zulaufstollen des Kraftwerkes Oberaar der KWO

vor dem Spritzverzinken nicht sandstrahlte, sondern die Rohre entsprechend der von den KWO gestellten Bedingung mit der von-Arx-Rohrreinigungsmaschine (Fig. 11) bearbeitete, die in ähnlicher Ausführung zur Verwendung in bestehenden Anlagen vorgesehen ist, wo eine grosse Entrostungsleistung besonders wichtig ist<sup>3)</sup>. Vor der praktischen Verwendung dieser Maschine wurde ausser dem Reinigungsgrad und der Leistungsfähigkeit der Maschine besonders die Haftfestigkeit der Zinkschicht auf den maschinell gereinigten Flächen geprüft. Es konnte eine ebenso gute Haftfestigkeit wie auf sandgestrahlten Flächen erzielt werden<sup>4)</sup>.

Adresse des Autors:

Dr. H. Oertli, Ingenieur der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.

<sup>3)</sup> siehe Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 2, S. 48.

<sup>4)</sup> vgl. S. 987 dieses Heftes.