

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Schweizerische Bauzeitung |
| Herausgeber: | Verlags-AG der akademischen technischen Vereine |
| Band: | 94 (1976) |
| Heft: | 45 |
| Artikel: | Haftvermögen von Armierungsstählen mit rostiger, verzinkter und öliger Oberfläche |
| Autor: | Maissen, Aluis |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-73190 |

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: 26.01.2026

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

Haftvermögen von Armierungsstählen mit rostiger, verzinkter und öliger Oberfläche

Von Aluis Maissen, Dübendorf

DK 693.554

Es werden einige Ergebnisse wiedergegeben, die sich aus einfachen Haftversuchen ergaben, wie sie in der Norm SIA 162, Richtlinie 13, beschrieben sind. Es handelt sich dabei ausschliesslich um *Ausziehversuche*, die vorwiegend vergleichenden Charakter haben. Trotzdem konnten einige grundlegende Erkenntnisse gewonnen werden, um die es bei den vorliegenden Untersuchungen ging. Es sollte nämlich primär der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit von Armierungsstählen auf das Haftvermögen untersucht werden. Zur Diskussion stand somit für einmal nicht die Art und Güte einer bestimmten Profilierung, sondern die *Beschichtung der Bewehrungsstäbe* mit bestimmten Elementen wie *Zink, Rost oder Öl*.

Bei der Versuchsplanung konnte zunächst von der Tatsache ausgegangen werden, dass sich ein Schweizer Stahlwerk (Monteforno, Bodio) in Zusammenhang mit einem bestimmten Bauwerk unter anderem auch das Problem der Haftfestigkeit unter verschiedenen Voraussetzungen untersucht haben wollte. Ausserdem wird die Frage nach der Zulässigkeit der Verwendung von rostigen oder verzinkten Stäben im Stahlbetonbau verhältnismässig häufig an die EMPA herangetragen, und so entschloss man sich gemeinsam zu einer einheitlichen Versuchsserie, bei der möglichst alle sekundären Einflüsse ausgeschaltet werden sollten. Dies war umso mehr notwendig, als die Streuung bei dieser Art von Versuchen ohnehin gross ist. Die Versuche sollten vor allem hinsichtlich der folgenden Punkte auf gleicher Basis durchgeführt werden:

- gleiche Betonzusammensetzung
- gleicher Armierungsstahl
- gleiche Versuchsdurchführung.

Die Wahl des Stahles war aus obenerwähnten Gründen gegeben (Bild 1). Zudem sollte ein Vertreter aus der Stahlgruppe III verwendet werden, da diese Stähle in der Praxis am häufigsten zur Anwendung gelangen.

In der Folge zeigte sich, dass das Haftvermögen von beschichteten Profilstäben gerade wegen der vorhandenen Rippen und deren Kraftübertragung nicht endgültig abgeklärt werden kann. Deshalb wurden, sozusagen als verfeinerte Untersuchungen, *Zusatztversuche an unprofilierten Rundstählen* (Bild 2) durchgeführt, in denen vor allem das Verhalten der verzinkten Stäbe etwas näher untersucht werden konnte. Um schliesslich auch dem Einfluss des *Durchmessers* und damit dem *Verhältnis zwischen Querschnitt und Umfang* Rechnung zu tragen, wurden drei verschiedene Durchmesser aus einem üblichen Walzprogramm gewählt, nämlich $\varnothing 8, 16$ und 30 mm .

Versuchsdurchführung

Die Ausziehversuche wurden in einer Zugmaschine gemäss der Anordnung in Bild 3 durchgeführt. Die Form des Betonkörpers ist durch die Seitenlänge b ($b = 10 \cdot d$, jedoch mind. 16 cm) und die Haftlänge h ($h = 10 \cdot d$) gegeben. Im Ausziehversuch wurden die in prismatischen Körpern einbetonierte Probestäbe herausgezogen, wobei der Schlupf (Gleitmass) am spannungslosen Ende des Stahles in Abhängigkeit von der Ausziehkraft Z gemessen wurde. Als charakte-

ristischer Wert gilt die Stahlspannung $\sigma_e = Z/Fe$ bei einem Gleitmass von 0,1 mm. Für Armierungsstahl III gilt dabei folgender Richtwert:

$$\frac{\sigma_e, 0,10}{\beta_w} \geq 7,5$$

Bei der Auswertung waren jeweils die Mittelwerte aus drei gleichen Versuchen massgebend. Im weiteren waren die folgenden Versuchsbedingungen einzuhalten:

- Armierungsstäbe stehend einbetonieren
- Lasterhöhung pro Minute entsprechend 250 kp/cm^2 Stahlspannung
- Versuche nach 28 Tagen, bei einer Würfeldruckfestigkeit des Betons von rd. 300 kp/cm^2 .

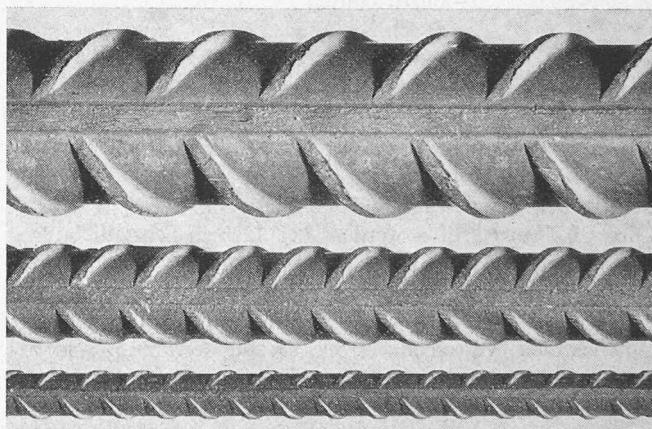
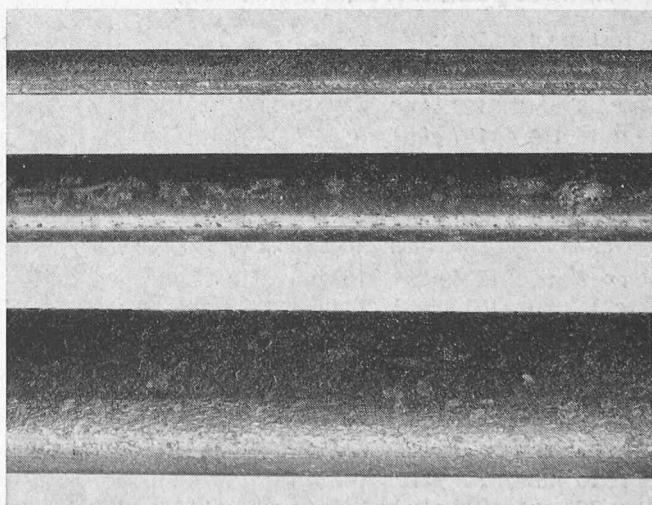


Bild 1. Box-Ultra, $\varnothing 8, 16$ und 30 mm , Armierungsstahl IIIa (naturhart) gemäss Norm SIA 162

Bild 2. Rundstahl St. 37, $\varnothing 8, 16$ und 30 mm , Armierungsstahl I gemäss Norm SIA 162



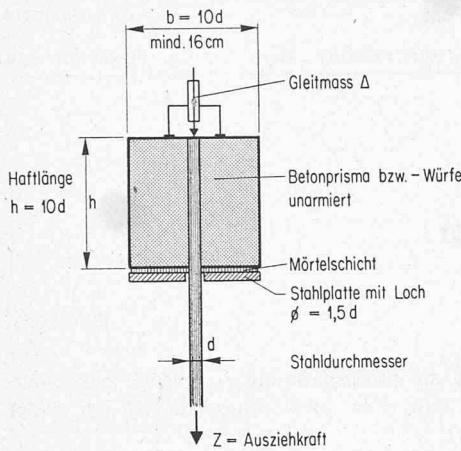


Bild 3. Versuchsanordnung

Versuchsergebnisse

Allgemeines

Um den Unterschied zwischen profilierten und glatten Stählen besser zu verstehen, seien hier kurz die Grundlagen der Haftung in Erinnerung gerufen. Der Verbund zwischen Stahl und Beton wird grundsätzlich durch die folgenden Komponenten hergestellt:

- durch Haften
- durch Reibung
- durch Kraftübertragung.

Das Haften von Stahl und Beton wird durch Adhäsions- und Kapillarkräfte hervorgerufen und ist nur bei kleinsten Verschiebungen wirksam. Der Gleitwiderstand infolge Reibung zwischen Stahl und Beton beruht auf einer Verzahnung der unebenen und rauen Stahloberfläche mit dem Mörtel. Diese Reibungskräfte werden bei kleinen Verschiebungen wirksam und bleiben mit zunehmendem Weg konstant. Die Kraftübertragung erfolgt durch Abstützen der Stahlrippen auf den umhüllenden Beton. Dieser Widerstand nimmt mit zunehmender Verschiebung zu, bis die Betonkonsolen abgescheren werden oder der Betonkörper gesprengt wird, bzw. Teile davon abplatzen.

Versuche an Rippenstählen

Wie bereits erwähnt, gelangte bei diesen Versuchen nur eine Stahlsorte zur Anwendung. Die besonders präparierten Stahloberflächen wiesen dabei folgende Beschichtungen auf:

- walzfrische Oberfläche: keine Beschichtung

- rostige Oberfläche:

Gewicht der Rostschicht

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| $\varnothing 8 \text{ mm}$ | 183 g/m^2 |
| $\varnothing 16 \text{ mm}$ | 187 g/m^2 |
| $\varnothing 30 \text{ mm}$ | 234 g/m^2 |

- feuerverzinkte Oberfläche (Vollbadverzinkung):

Gewicht und Dicke der Zinkschicht ($\gamma = 7,14 \text{ g/cm}^3$)

| | | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|
| $\varnothing 8 \text{ mm}$ | 1206 g/m^2 | $169 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 16 \text{ mm}$ | 1030 g/m^2 | $144 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 30 \text{ mm}$ | 701 g/m^2 | $98 \mu\text{m}$ |

- spritzverzinkte Oberfläche:

Gewicht und Dicke der Zinkschicht ($\gamma = 5,0 \text{ g/cm}^3$)

| | | |
|-----------------------------|---------------------|------------------|
| $\varnothing 8 \text{ mm}$ | 208 g/m^2 | $42 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 16 \text{ mm}$ | 211 g/m^2 | $42 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 30 \text{ mm}$ | 234 g/m^2 | $47 \mu\text{m}$ |

Rippenstähle Box-ULTRA

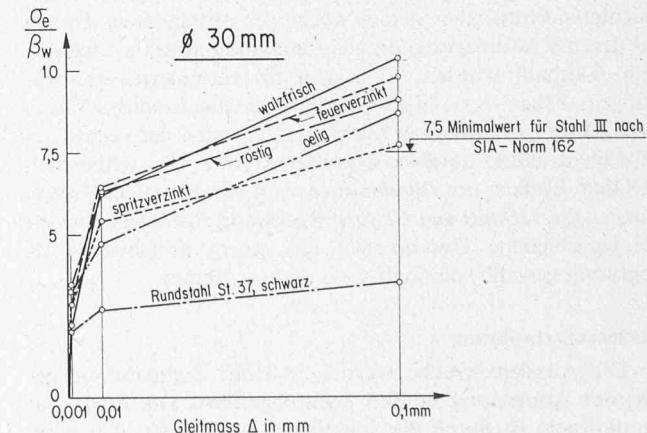
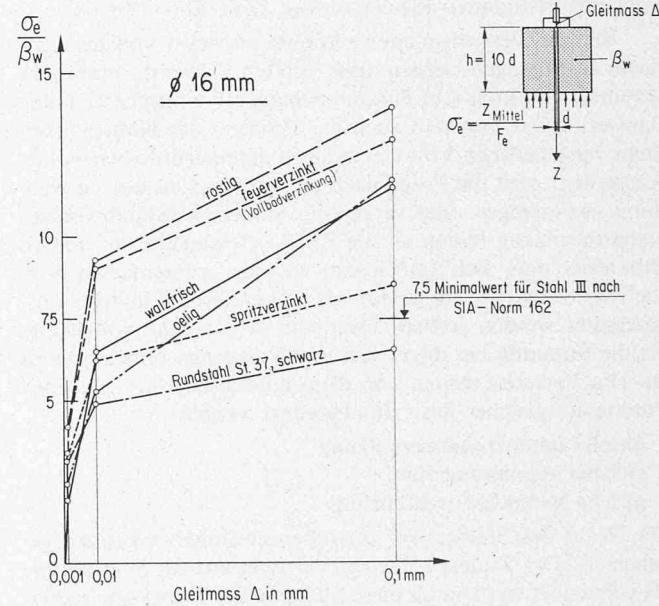
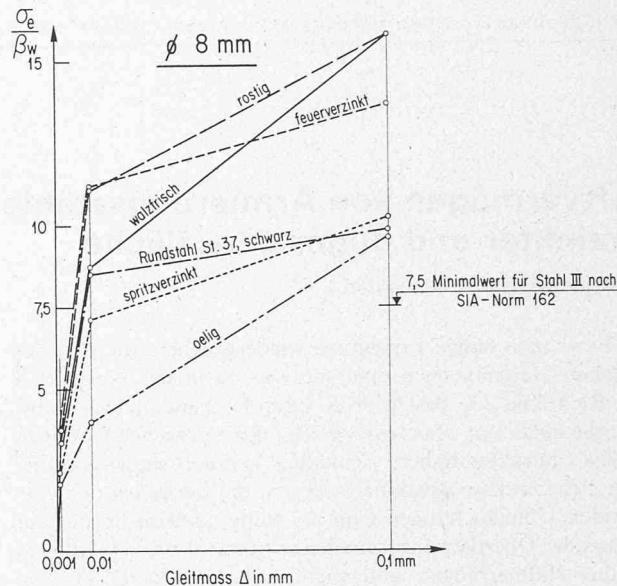


Bild 4. Gleitmassdiagramme für die Rippenstähle $\varnothing 8, 16$ und 30 mm . Schematische Darstellung der auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahlspannungen in Funktion des auftretenden Schlupfes. Oberflächenbeschaffenheit: walzfrisch, rostig, feuerverzinkt, spritzverzinkt, ölig. Zum Vergleich wurden die Diagramme der walzfrischen Rundstäbe aufgetragen

Stahl IV, $\varnothing 8 \text{ mm}$

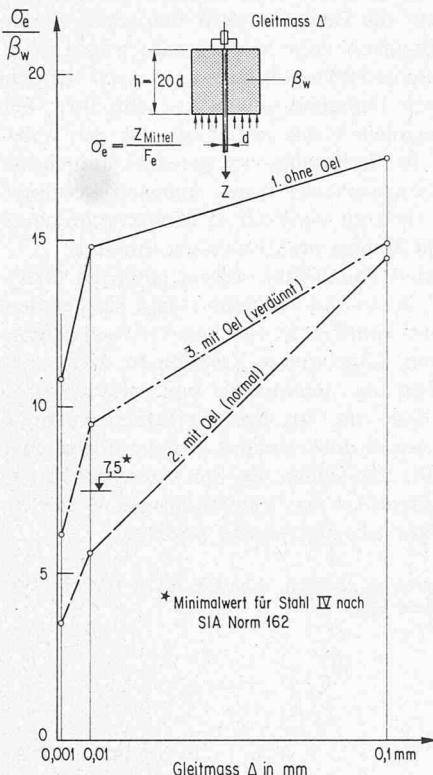


Bild 5. Gleitmassendiagramme für schwach profilierte Armierungsstäbe (Stahl IV) mit walzfrischer bzw. öliger Oberfläche, $\varnothing 8 \text{ mm}$

– ölige Oberfläche, Beschichtung durch Schalungöle, unverdünnt: Dicke des aufgetragenen Ölfilms

| | |
|-----------------------------|------------------|
| $\varnothing 8 \text{ mm}$ | $37 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 16 \text{ mm}$ | $32 \mu\text{m}$ |
| $\varnothing 30 \text{ mm}$ | $21 \mu\text{m}$ |

Die graphische Darstellung in Bild 4 enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Versuchsergebnisse. Darin sind die auf die Würfeldruckfestigkeit des Betons bezogenen Stahldrähte in Funktion des Schlupfes aufgetragen. Jede Kurve stellt einen Mittelwert aus drei gleichen Versuchen dar, wobei die Werte bei den Gleitmassen von 0,001, 0,01 und 0,1 mm geradlinig miteinander verbunden wurden. Danach streben die Diagramme für die kleinen Durchmesser stark auseinander, im Gegensatz zu den grösseren. Der Einfluss der Oberflächenstruktur und -behandlung macht sich somit stärker bemerkbar bei kleinen Durchmessern. Die wichtigste Erkenntnis aus diesen Versuchen ist: Rostige und feuerverzinkte Armierungsstäbe mit Rippenbildung dürfen hinsichtlich des Haftvermögens ohne Bedenken verwendet werden. In der vorliegenden Prüfung liegen die entsprechenden Werte etwa bei denen der walzfrischen Stäbe. Unter Rost sind in diesem Zusammenhang jedoch nicht blättrige und lose Rostschichten zu verstehen!

Bei den im Spritzverfahren verzinkten Stäben liegen die Verhältnisse hingegen ganz anders. Die Versuchswerte liegen hier deutlich unter denen der walzfrischen Proben. Wenn sie trotzdem die vorgeschriebenen Normwerte knapp erreichen, so liegt das lediglich an der vorhandenen Profilierung, die a priori ein gewisses Haftvermögen gewährleistet. Auf diese Art von Verzinken und die entsprechenden Vorbehalte hinsichtlich des Haftvermögens wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen.

Rundstäbe St. 37

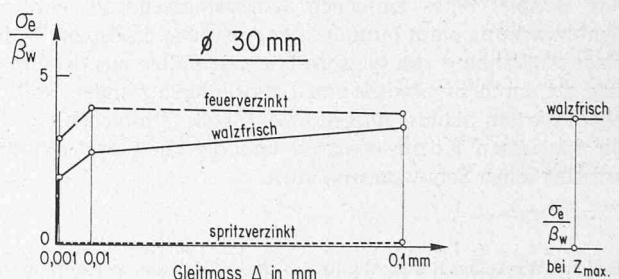
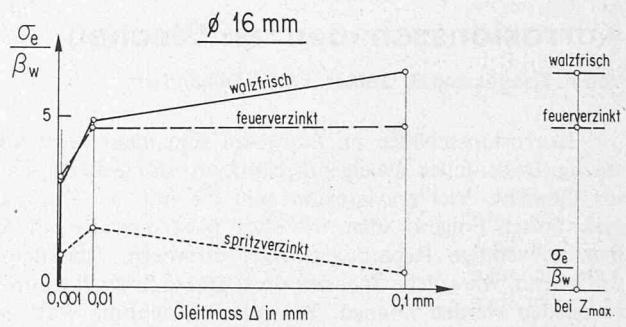
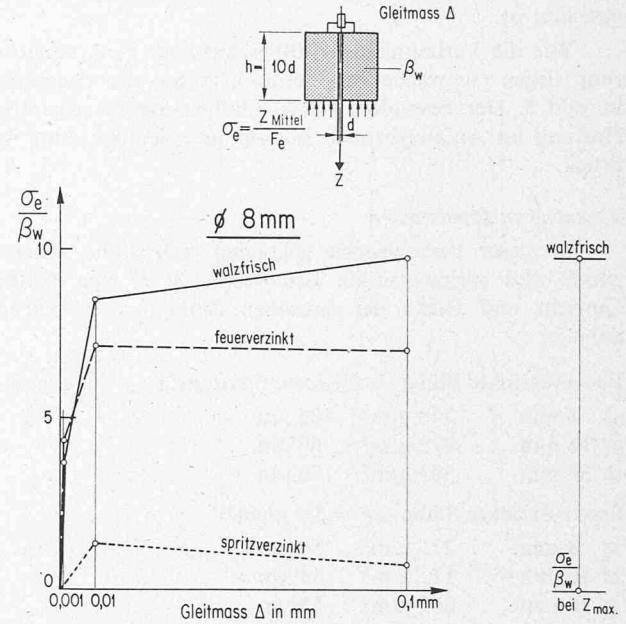


Bild 6. Gleitmassendiagramme für die Rundstäbe Ø 8, 16 und 30 mm. Schematische Darstellung der auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahldrähte in Funktion des auftretenden Schlupfes. Oberflächenbeschaffenheit: walzfrisch, feuerverzinkt und spritzverzinkt

Die mit Schalungöle beschichteten Stäbe weisen *Gleitmassendiagramme* auf, die im allgemeinen steiler verlaufen als die der übrigen Stäbe. Bei verhältnismässig tiefen Anfangswerten nehmen die Stahldrähte wiederum dank der Profilierung, mit zunehmendem Schlupf ebenfalls zu. Die ersten zwei Komponenten bei der Herstellung des Verbundes werden somit von dieser Schmierschicht stark beeinflusst, die dritte Komponente hingegen, die eigentliche Kraftübertragung durch die Stahlrippen, wird dadurch nicht tangiert. Eine allenfalls vorhandene Ölschicht auf Rippenstäben wirkt sich demnach vor allem auf die Verformungen im Nutzlastenbereich und auf die Rissbildung negativ aus; die Bruchsicherheit dürfte dadurch nicht wesentlich beeinflusst werden, sofern

die Verankerungszone genügend gegen Abplatzen des Betons gesichert ist.

Wie die Verhältnisse bei ölbeschichteter Netzstahlarmierung liegen (schwache Profilierung), zeigen die Diagramme in Bild 5. Der besonders starke Einfluss auf die eigentliche Haftung im Anfangsbereich kommt hier deutlich zum Ausdruck.

Versuche an Rundstählen

In dieser Versuchsserie gelangten walzfrische, feuerverzinkte und spritzverzinkte Rundstäbe St. 37 zur Prüfung. Gewicht und Dicke der einzelnen Zinkschichten betrugen dabei:

Feuerverzinkte Stäbe (Vollbadverzinkung): ($\gamma = 7,14 \text{ g/cm}^3$)

| | | |
|---------------------|----------------------|-------------------|
| \varnothing 8 mm | 748 g/m ² | 105 μm |
| \varnothing 16 mm | 472 g/m ² | 66 μm |
| \varnothing 30 mm | 503 g/m ² | 70 μm |

Spritzverzinkte Stäbe: ($\gamma = 5,0 \text{ g/cm}^3$)

| | | |
|---------------------|----------------------|------------------|
| \varnothing 8 mm | 271 g/m ² | 54 μm |
| \varnothing 16 mm | 172 g/m ² | 34 μm |
| \varnothing 30 mm | 265 g/m ² | 53 μm |

Die Versuchsergebnisse sind in Bild 6 graphisch dargestellt. Wiederum sind die auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahldruckspannungen in Abhängigkeit vom Schlupf aufgetragen. Das Haftvermögen der feuerverzinkten Stäbe war danach bei den kleineren und mittleren Durchmessern etwas schlechter, bei den grösseren Dimensionen etwas besser als das der walzfrischen Rundstähle. In Anbetracht der grossen Streueigenschaften solcher Ausziehversuche kann indessen gefolgert werden, dass die Verzinkung im Vollbad (Feuerverzinkung) das Haftvermögen von Stählen praktisch nicht mindert.

Die spritzverzinkten Rundstäbe weisen hingegen Gleitmassendiagramme auf, die so tief verlaufen, dass sie bei den grösseren Durchmessern kaum mehr messbare Grössen liefern. Die im Spritzverfahren aufgebrachte Zinkschicht wirkt sich wie eine Schmierschicht aus. Rundstähle und schwach profilierte Armierungsstäbe, die im Spritzverfahren verzinkt werden, sind somit überall dort, wo das Haftvermögen eine wesentliche Rolle spielt, abzulehnen. Bei den stark profilierten Rippenstäben sollte diese Art von Verzinkung aus dem gleichen Grund nur mit Vorsicht angewendet werden.

Adresse des Verfassers: A. Maissen, dipl. Ing. ETH, EMPA, 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129.

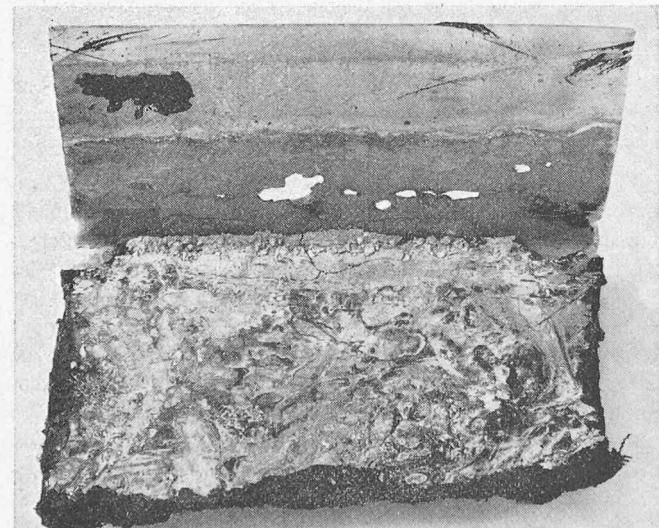
Korrosionsschäden an Blechen

Von F. Theiler und R. Geiser, EMPA Dübendorf

DK 620.197:621.771.23

Korrosionsschäden im Bauwesen sind meist recht kostspielig. Dabei fallen die eigentlichen Korrosionsschäden kaum ins Gewicht. Viel gravierender sind die mit der Korrosion verknüpften Folgeschäden, wie etwa Wasserschäden, die immer aufwendige Reparaturarbeiten erfordern. Der Beitrag soll zeigen, wie solche Schäden ohne grosse Spezialkenntnisse vermieden werden können. Besondere Beachtung wird dem erst kürzlich eingeführten Kupfer-Titan-Zink-Blech geschenkt. Als Beispiel eines einfachen Korrosionsschutzes wird die Schutzwirkung eines bituminösen Anstrichs diskutiert. Neben einer Aufzählung von typischen Schadensfällen aus der Praxis, ergänzt durch Ergebnisse von Laboruntersuchungen, soll vor allem die am Schluss aufgeföhrte Tabelle 7 informieren über die häufigsten Korrosionsarten und die zu ihrer Verhütung erforderlichen Schutzmaßnahmen.

Bild 1. Winkelblech aus Aluminium, Korrosion und Perforation, verursacht durch frische Alkalien, herausgelöst aus dem auf der Wasserisolation aufliegenden Schutzmörtel



Einleitung

Die heute im Bauwesen am häufigsten verwendeten Bleche sind aus Kupfer, Aluminium-Werkstoffen, verzinktem Stahl, Chromnickelstahl, Blei und in jüngster Zeit auch aus Kupfer-Titan-Zink. Werden die von uns (EMPA Abt. Anstrichstoffe, Beschichtungen, Korrosion) in den letzten zehn Jahren behandelten Korrosionsfälle eingeordnet nach Korrosionsursache und Blech-Werkstoff, ergibt sich die Tabelle 1. Dieser Aufstellung können wir zwei wichtige Folgerungen entnehmen:

1. Drei Viertel der von uns behandelten Schadensfälle betreffen Bleche aus verzinktem Stahl oder Aluminium-Werkstoffen.
2. In neun von zehn Fällen sind Alkalien oder ständige Nässe für die Korrosionsschäden verantwortlich.

Damit sind bereits die Richtlinien für eine erfolgreiche Bekämpfung der Korrosion gegeben, nämlich:

- Bleche aus verzinktem Stahl oder Aluminium-Werkstoffen an den kritischen Stellen mit einem Korrosionsschutz versehen,

Tabelle 1. Ursache der Korrosion von Blechen; Zusammenstellung der Schadensfälle aus den letzten zehn Jahren

| | Chloride | Alkalien | Ständige Nässe | Andere Einflüsse | Total |
|------------------------|----------|----------|-----------------|------------------|-------|
| Kupfer | 1 | 6 | 5 | - | 12 |
| Aluminium-Werkstoffe | 3 | 23 | 22 | 1 ¹⁾ | 49 |
| Verzinkter Stahl | 3 | 18 | 22 | - | 43 |
| Chromnickelstahl (V2A) | 3 | - | 2 ²⁾ | 1 ³⁾ | 6 |
| Blei | - | 6 | 6 | - | 12 |
| Total | 10 | 53 | 57 | 2 | 122 |

¹⁾ Rauchgas-Korrosion

²⁾ Spalt-Korrosion

³⁾ Korrosion der Hartlötnaht