Haftvermögen von Armierungsstählen mit rostiger, verzinkter und öliger Oberfläche

Autor(en): **Maissen, Aluis**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **94 (1976)**

Heft 45

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73190

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

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, *Zusatzversuche 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 ⌀ 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 einbetonierten Probestäbe herausgezogen, wobei der Schlupf (Gleitmass) am spannungslosen Ende des Stahles in Abhängigkeit von der Ausziehkraft Z gemessen wurde. Als charakteristischer 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/cm² Stahlspannung
- Versuche nach 28 Tagen, bei einer Würfeldruckfestigkeit des Betons von rd. 300 kp/cm².

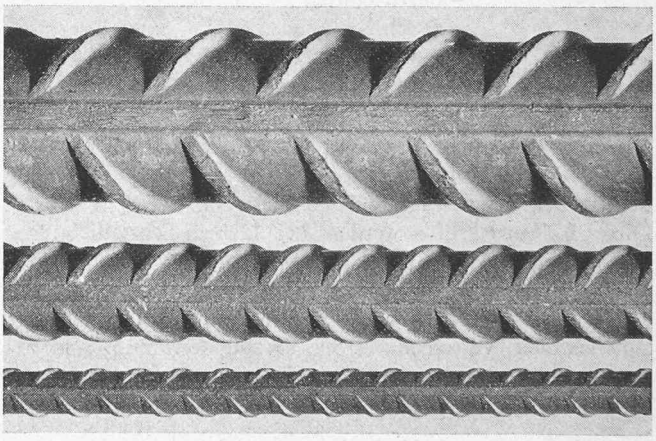
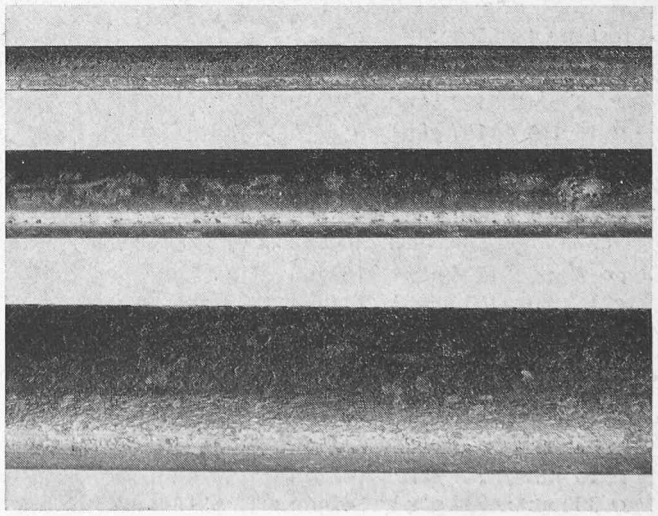


Bild 1. Box-Ultra, ⌀ 8, 16 und 30 mm, Armierungsstahl IIIa (naturhart) gemäss Norm SIA 162

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



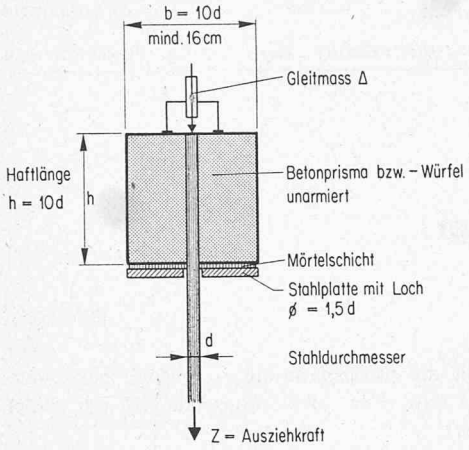


Bild 3. Versuchsanordnung

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 rauhen 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 abgeschert 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
  ø 8 mm 183 g/m²
  ø 16 mm 187 g/m²
  ø 30 mm 234 g/m²
- feuerverzinkte Oberfläche (Vollbadverzinkung):
  Gewicht und Dicke der Zinkschicht (γ = 7,14 g/cm³)
  ø 8 mm 1206 g/m² 169 µm
  ø 16 mm 1030 g/m² 144 µm
  ø 30 mm 701 g/m² 98 µm
- spritzverzinkte Oberfläche:
  Gewicht und Dicke der Zinkschicht (γ = 5,0 g/cm³)
  ø 8 mm 208 g/m² 42 µm
  ø 16 mm 211 g/m² 42 µm
  ø 30 mm 234 g/m² 47 µm

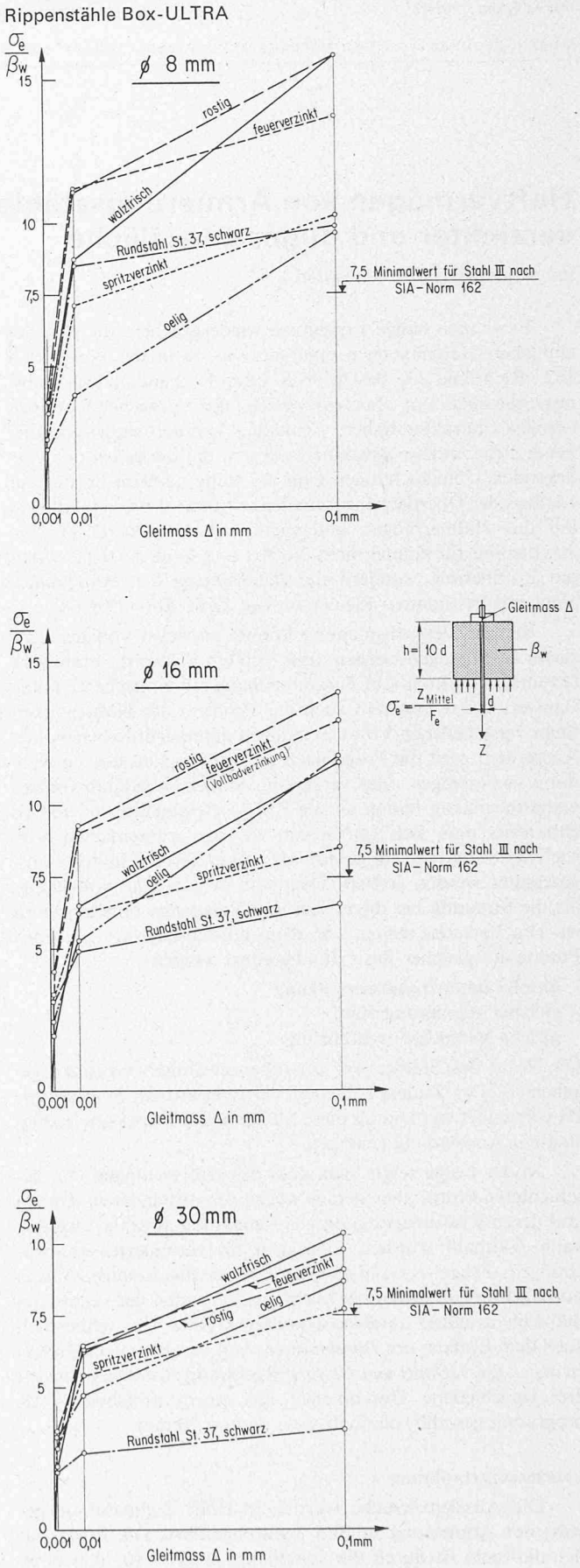


Bild 4. Gleitmassdiagramme für die Rippenstähle ⌀ 8, 16 und 30 mm. Schematische Darstellung der auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahlspannungen in Funktion des auftretenden Schlupfes. Oberflächenbeschaffenheit: walzfrisch, rostig, feuerverzinkt, spritzverzinkt, ölig. Zum Vergleich wurden die Diagramme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

Stahl IV, ⌀ 8 mm

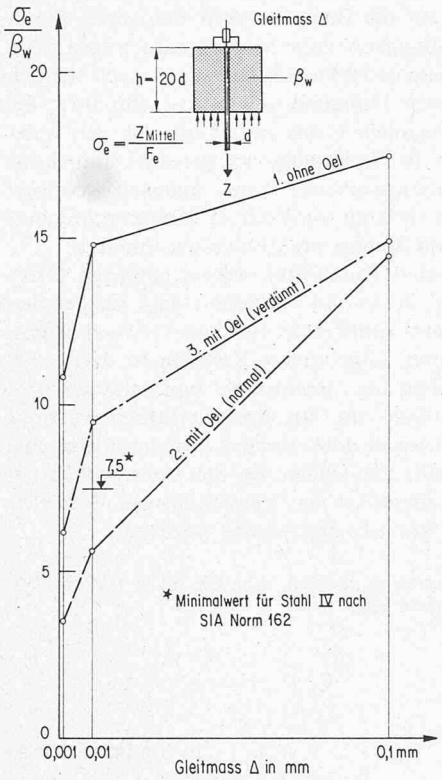


Bild 5. Gleitmassdiagramme für schwach profilierte Armierungsstähle (Stahl IV) mit walzfrischer bzw. öliger Oberfläche, ⌀ 8 mm

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

⌀ 8 mm	37 μm
⌀ 16 mm	32 μm
⌀ 30 mm	21 μm

Die graphische Darstellung in Bild 4 enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Versuchsergebnisse. Darin sind die auf die Würfeldruckfestigkeit des Betons bezogenen Stahlspannungen 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.

Rundstähle St. 37

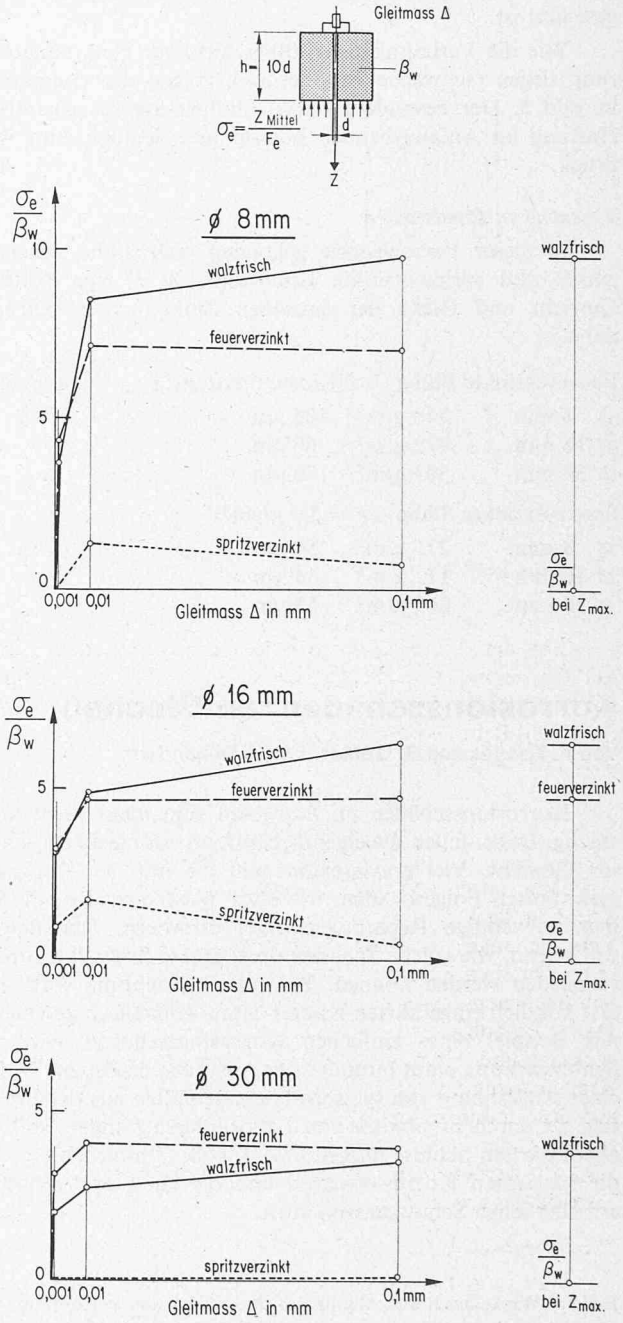


Bild 6. Gleitmassdiagramme für die Rundstähle ⌀ 8, 16 und 30 mm. Schematische Darstellung der auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahlspannungen in Funktion des auftretenden Schlupfes. Oberflächenbeschaffenheit: walzfrisch, feuerverzinkt und spritzverzinkt

Die mit Schalungsöl beschichteten Stäbe weisen *Gleitmassdiagramme* auf, die im allgemeinen steiler verlaufen als die der übrigen Stäbe. Bei verhältnismässig tiefen Anfangswerten nehmen die Stahlspannungen, 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 Rippenstählen 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 Rundstähle St. 37 zur Prüfung. Gewicht und Dicke der einzelnen Zinkschichten betrugen dabei:

Feuerverzinkte Stäbe (Vollbadverzinkung): (γ = 7,14 g/cm³)

⌀ 8 mm	748 g/m²	105 µm
⌀ 16 mm	472 g/m²	66 µm
⌀ 30 mm	503 g/m²	70 µm

Spritzverzinkte Stäbe: (γ = 5,0 g/cm³)

⌀ 8 mm	271 g/m²	54 µm
⌀ 16 mm	172 g/m²	34 µm
⌀ 30 mm	265 g/m²	53 µm

Die Versuchsergebnisse sind in Bild 6 graphisch dargestellt. Wiederum sind die auf die Betonfestigkeit bezogenen Stahlspannungen 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 Rundstähle weisen hingegen Gleitmassdiagramme 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 Armierungsstähle, die im Spritzverfahren verzinkt werden, sind somit überall dort, wo das Haftvermögen eine wesentliche Rolle spielt, abzulehnen. Bei den stark profilierten Rippenstählen 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.

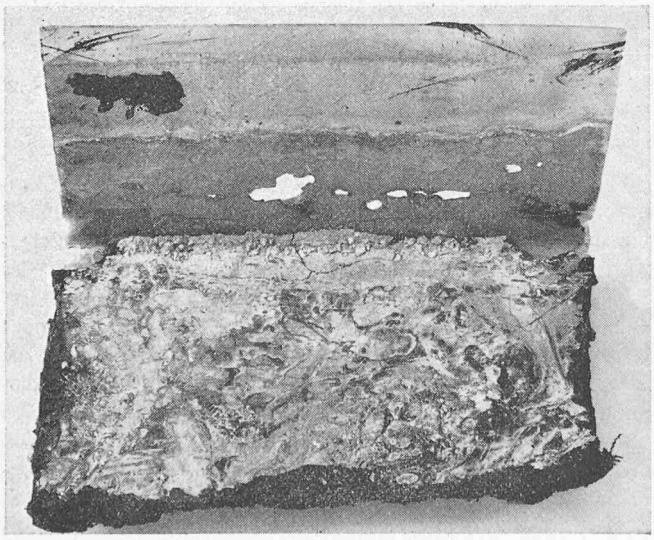
Korrosionsschäden an Blechen

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 Schadenfällen aus der Praxis, ergänzt durch Ergebnisse von Laboruntersuchungen, soll vor allem die am Schluss aufgeführte 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 Schadenfälle 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 Schadenfälle 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