

# Korrosion durch Mikroorganismen: Korrosion an einem Dach aus sendzimir-verzinkter Stahltrapezprofilen durch Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen

Autor(en): **Escher, Frank / Moor, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 44

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85838>

## **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.

Die bei diesen Versuchen gemessenen hohen Stromstärken gelten nur für belüftete Betonstrukturen mit hohem Chloridgehalt und homogener Chloridverteilung. Bei inhomogen versalztem Beton wird der mittlere Schutzstrombedarf geringer, weil die passiven Oberflächenanteile der Bewehrung des höheren Oberflächenwiderstandes wegen viel weniger Strom aufnehmen.

Der Spannungsanstieg des gesprungenen Versuchsprismas 4 war darauf zu-

rückzuführen, dass die im Kontakt mit Beton befindliche Magnetitoberfläche selbst als Elektrode wirkte und ein viel höheres Potential aufwies als Stahl. Dieser Effekt muss bei der Beurteilung von gerissenen Stahlbetonstrukturen berücksichtigt werden, um Fehlbeurteilungen zu vermeiden.

Der bei den vorliegenden Versuchen eingesetzte Bewehrungsstahl ist unempfindlich auf Wasserstoffversprödung. Aber auch hochfeste Spannstähle wä-

ren unter den erreichten Potentialbedingungen vor Wasserstoffversprödung geschützt worden.

Adressen der Verfasser: Dr. R.O. Müller, dipl. Ing. Chem. ETH, Helbling Ingenieurunternehmung AG, Hohlstrasse 610, 8048 Zürich, und H. Wolter, Chem. Ing. (grad.), Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweiz, Zementindustrie, TFB, 5103 Wildegg.

## Korrosion durch Mikroorganismen

Korrosion an einem Dach aus sendzimir-verzinkten Stahltrapezprofilen durch Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen

**Mikroorganismen, welche auf Kunststoffrahmen von Dachaufbauten oder an der Kunststoffbeschichtung von Stahltrapezprofilen leben, können durch Stoffwechselprodukte Korrosion auf im Wasserlauf unterhalb liegenden verzinkten Stahlblechteilen verursachen.**

### Allgemeines Schadenbild

#### Dach und Lichtkuppeln

Das Dach besteht aus verzinktem Eisenblech (gerippt) und hat eine Neigung von etwa 6°. In das Dach sind

VON FRANK ESCHER UND  
HANS MOOR,  
WINTERTHUR

mehrere Lichtkuppeln eingesetzt, welche mit glasfaserverstärktem Polyester eingefasst sind. Von diesen Einfassungen geht eine intensive Korrosion auf das untenliegende verzinkte Eisenblech aus (Bild 1).

Auf der Polyestereinfassung sind starke Schmutzablagerungen vorhanden. Diese hängen offensichtlich mit der Korrosionsursache zusammen (Bild 2).

#### Dach und First

Wie die Skizze (Bild 3) zeigt, hat das Dach eine ca. 2 m hohe senkrechte Wand, die in den First übergeht (sog. versetzte Dachfläche). Das Material dieser Wand ist ein blaubeschichtetes, geripptes Eisenblech. Die chemische Zusammensetzung der Beschichtung wurde nicht bestimmt. Es dürfte sich um eine Polyesterbeschichtung handeln, wie sie für solche Zwecke oft ver-

wendet wird. Die Dicke dieser Schicht beträgt ca. 0,025 mm. Das Firstblech ist aus architektonischen Gründen ebenfalls blau beschichtet.

Man sieht auch hier, dass die Korrosion überall dort ihren Anfang nimmt, wo Tropfwasser vom Firstblech oder der senkrechten Wand auf das verzinkte Dachblech gelangt. Ferner sind deutliche Verfärbungen des Firstbleches zu erkennen (Bild 4).

### Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchung der Lichtkuppelneinfassung und der Blaubeschichtung des Dach- und Firstbleches hat folgendes ergeben:

Wie bereits erwähnt, wurden starke Ablagerungen von Schmutz- und Russpartikeln auf dem Dach und insbesondere auf der Kunststoffeinfassung der Lichtkuppeln festgestellt. Die Partikel haften auf dem Kunststoff, während sie vom verzinkten Blechdach weggeschwemmt werden. Die Partikel sind Agglomerate von Russ, Sand bzw. Quarz und flechtenartigen Gebilden (Bild 5). Die genaue chemische Zusammensetzung konnte nicht bestimmt werden. Es war nur möglich, eine qualitative Aussage zu machen.

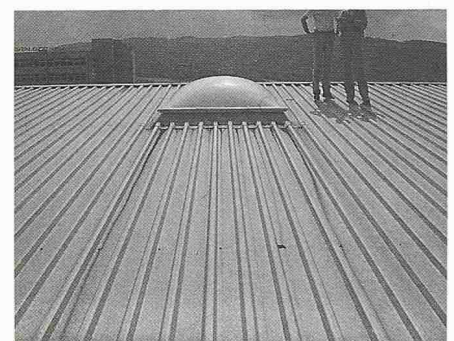


Bild 1. Lichtkuppel mit Polyestereinfassung. Korrosion auf dem verzinkten Eisenblech

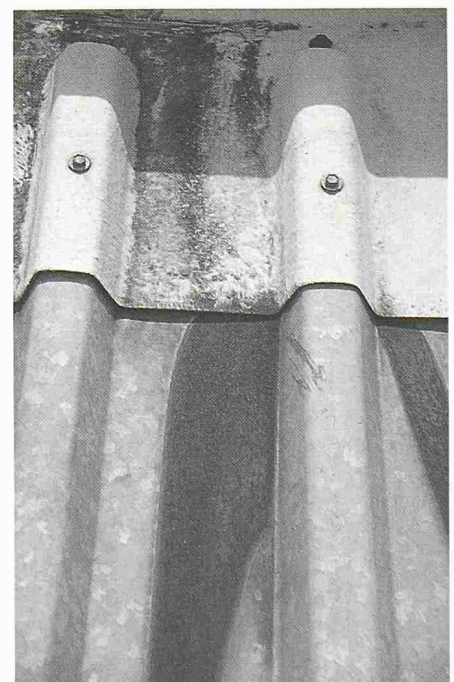


Bild 2. Wie Bild 1, vergrössert



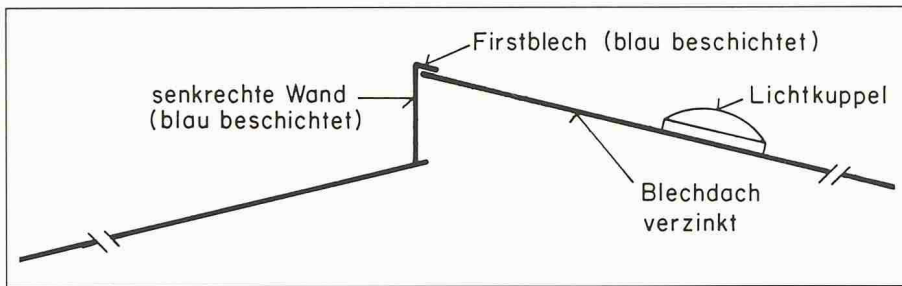


Bild 3. Schnittskizze durch das Dach

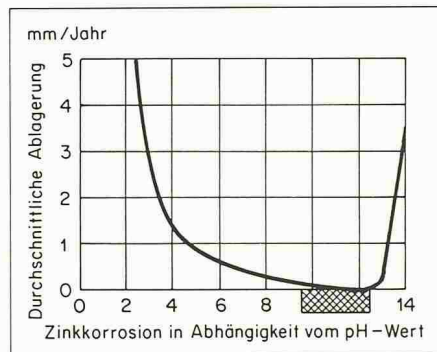
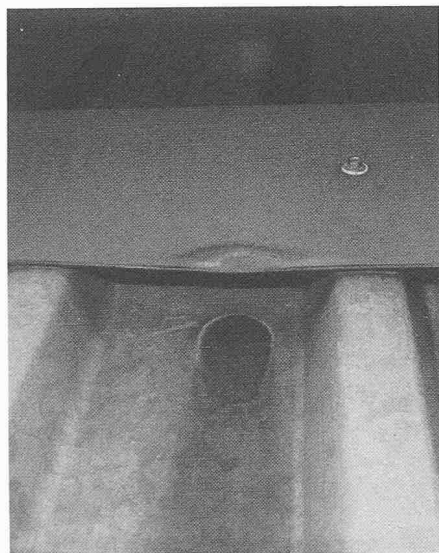


Bild 6. Zinkkorrosion in Abhängigkeit vom pH-Wert

Bild 4. Firstblech, Ausgang der Korrosion

Eine kleine Menge der Ablagerungen wurde in destilliertem Wasser bei 100 °C suspendiert, um festzustellen, ob säurebildende Salze enthalten sind. Es wurde keinerlei pH-Veränderung festgestellt. Somit kann ausgeschlossen werden, dass die Korrosion von sauren Salzurückständen stammt, die durch eventuelle Luftverfrachtung auf dem Dach abgelagert worden sind.

Die Korrosion ist mit grosser Wahrscheinlichkeit durch Mikroorganismen

verursacht worden. Nach Dolezel [1] ist die biologische Schädigung von Polymeren durch Einwirkung von Schimmel oder Bakterien eine häufige Erscheinung. Es gibt zahlreiche Veröffentlichungen zu diesem Thema [2,3].

So können nach Dolezel Stoffwechselprodukte, vor allem durch Schimmel oder Bakterien erzeugte Enzyme, entweder das polymere Material oder dessen Zusatzstoffe chemisch angreifen, was sich in einer oberflächlichen Zer-

störung, in Glanzverlust und Verfärbungen sowie in Veränderungen der mechanischen und elektrischen Eigenschaften äussert. Diese Stoffwechselprodukte von unter aeroben Bedingungen wachsendem Schimmel sind vor allem Kohlendioxid und Wasser, ausserdem auch organische Säuren, unter anderem Bernstein-, Oxal-, Wein-, Milch- und Zitronensäure, die alle mit den Polymeren reagieren können.

Falls diese organischen Säuren nun aber auf das verzinkte Blechdach gelangen, ist eine Zerstörung desselben gegeben. Das Metall Zink ist gegen jegliche Säure unbeständig. Nach Müller [4] ist die Zinkkorrosion in Abhängigkeit vom pH-Wert aus der Graphik (Bild 6) ersichtlich.

An einem Kurzzeittest konnte nachgewiesen werden, dass eine 10%-Milchsäure-Lösung bereits nach 2 Stunden die Zinkschicht weg gelöst hatte.

**Nachweis von Bakterien**

Der Nachweis der Existenz von Bakterien bzw. Mikroorganismen gelang insofern, als Proben aus den Kunststoffen und vor allem aus den Ablagerungen in einer Nährlösung eine sehr grosse Population ergaben. Dabei muss allerdings erwähnt werden, dass Mikroorganismen bzw. Bakterien praktisch überall vorkommen. Eine entsprechende Studie, d.h. Laboreinrichtung mit der Kombination Kunststoff-Zinkblech und Beaufschlagung von Ablagerungen vom Dach, ist in Aussicht gestellt, dürfte aber erst in einem Jahr Ergebnisse zeigen. Zum jetzigen Zeitpunkt muss angenommen werden, dass der Kunststoff bakteriell zerstört wird, wobei Stoffwechselprodukte gebildet werden, welche die Zinkschicht weglösen.

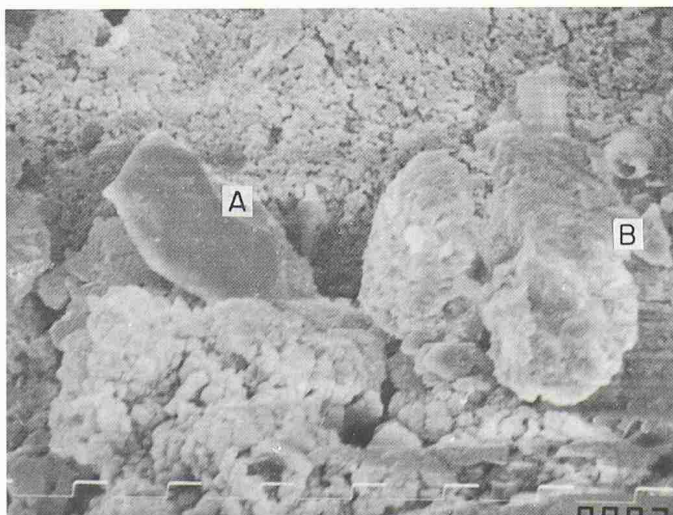


Bild 5. Partikel auf der Kunststoffeinfassung der Lichtkuppel (REM 1500xAu-bedampft); A=Quarzpartikel, B=Partikel von Russagglomeration sowie flechtenartige Gebilde

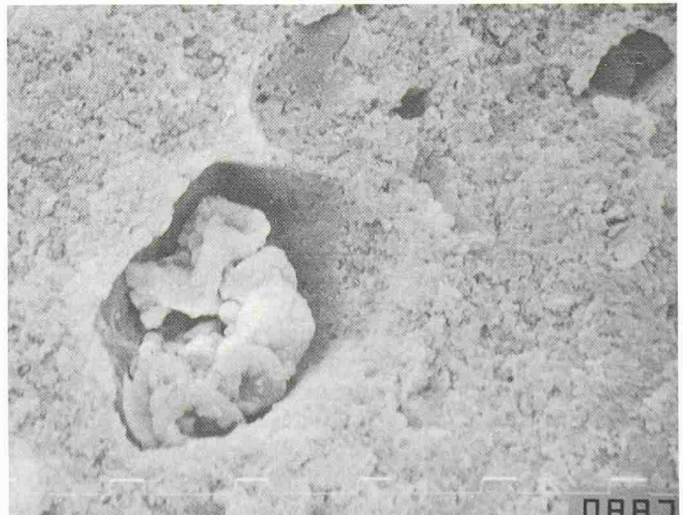


Bild 7. Die Oberfläche der Lichtkuppel-einfassung mit flechtenartigen Partikeln (REM, Au-bedampft, 2000x)



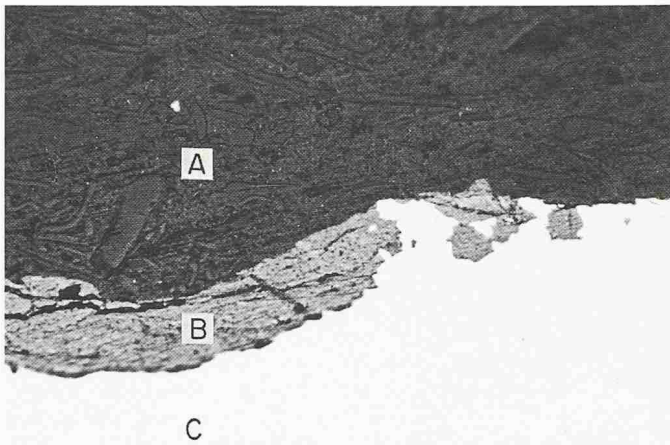


Bild 8. Zinkschicht auf Stahlblech vom Dach, Mikroschliff ( $V=500x$ ); A=Einbettmasse, B=Zinkschicht, C=Stahlblech

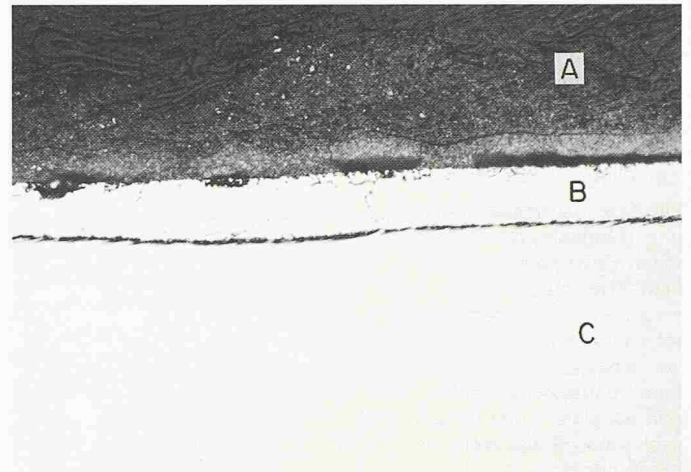


Bild 9. Die Zinkschicht ist wegkorrodiert, Oxide sowie Abtragung des Stahlbleches ( $V=500x$ ); A=Einbettmasse, B=Oxide, C=Stahlblech

Die mikroskopische Untersuchung der Kunststoffflächen zeigte eindeutig eine Zerstörung derselben. So wurden an der Lichtkuppeleinfassung aus glasfaserverstärktem Kunststoff kleine Vertiefungen festgestellt, und zwar nur im Bereich der Russ- und Schmutzablagerungen. Diese wurden mit Ultraschall teilweise entfernt, um die darunterliegende Fläche freizulegen.

In Bild 7 sind flechtenartige Partikel, die auf der Kunststoff-Oberfläche haften, erkennbar. Diese sind trotz Reinigen einer Probe der Kunststofffläche mit Ultraschall nicht vollständig entfernbar. Es ist deutlich sichtbar, dass diese Partikel in Vertiefungen liegen. In einzelnen Fällen konnten sogar kleine Löcher von ca. 0,5 mm Durchmesser konstatiert werden.

Eine qualitative Analyse der Oberfläche mit dem Rasterelektronenmikroskop und energiedispersivem Röntgenanalysenzusatz ergab, dass der Schwefelgehalt verschwindend gering ist.

#### Literatur

- [1] Dolezel, B.: Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi
- [2] O'Neill, Th.B.: Succession and Interrelationships of Microorganisms on Painted Surfaces, Journal of Coatings Tech., Vol. 58., No 734, March 86
- [3] Jakubowski, J.A., Gyuris, J., Simpson, S.L.: Microbiology of Modern Coatings Systems, Journal of Coatings Tech., Vol. 55, No 705, Oct. 83
- [4] Müller, K.: Lehrbuch der Metallkorrosion
- [5] Klopfer, H.: Anstrichschäden, Strukturen, Verhaltensweisen und Schadensformen von Anstrichen und Kunststoffbeschichtungen.

Nach Klopfer [5] sind ähnliche Gebilde an titanpigmentierten Alkydharzlacken auf Holz konstatiert worden. Die Untersuchungen stammen von der EMPA.

Festzuhalten ist ferner, dass bei Benetzen mit Wasser an solchen Partikeln stets eine grosse Zahl von lebenden Mikroorganismen im Durchlichtmikroskop sichtbar wurden. Die genaue Bestimmung der Bakterien war aus zeitlichen Gründen nicht möglich und ist praktisch nicht realisierbar.

#### Metallkundliche Untersuchung

Das verzinkte Blechdach wurde metallkundlich untersucht, d.h. an verschiedenen Querschnitten wurde die intakte Zinkschicht und die korrodierte Blechoberfläche mikrophotographisch festgehalten (Bild 8, 9).

Man erkennt, dass die Abtragung des Stahlbleches durch Korrosion bereits 0,03 bis 0,05 mm beträgt. Die ursprüngliche Blechdicke war 0,85 mm. Es ist aber zu betonen, dass im jetzigen Stadium die Abtragung ziemlich schnell erfolgt, da stellenweise die Zinkschutzschicht völlig wegkorrodiert ist.

Die Untersuchung des blaubeschichteten Firstbleches ergab bezüglich Ablagerung von flechtenartigen Gebilden einen ähnlichen Befund. Auffallend war, dass die Beschichtung infolge von Alterungsprozessen vor allem an der Kante sehr rissig ist. Dies erleichtert natürlich das Festklammern von Mikroorganismen.

#### Zusammenfassung

Die Korrosion des zinkbeschichteten Blechdaches ist auf Mikroorganismen

bzw. die von ihnen produzierten sauren Stoffwechselprodukte zurückzuführen. Es kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass Salze durch Windverfrachtung auf dem Dach abgelagert wurden und durch Hydrolyse mit Regenwasser eine Säure bildeten.

Die starken Schmutz- und Russablagerungen sowie die flechtenartigen Kolonien ergaben zusammen mit dem Kunststoffbelag einen Nährboden für Bakterien.

In solchen Russpartikeln und Proben der Beschichtung des Firstbleches wurden extrem viele Bakterien in der Nährlösung RBP/1 (10 g Tryptone, 5 g Yeast Extract, 10 g NaCl + 10 ml 0,4% Thyminlösung + 5 ml 40% Alucoselösung) gefunden.

Eine Möglichkeit der Sanierung wäre die Behandlung aller Kunststoffflächen mit einem Biocid, nachdem diese sorgfältig gereinigt worden sind. Die korrodierten Partien des Blechdaches sollten nach entsprechender Reinigung mit einem Zinkanstrich versehen werden. Letztlich scheint eine Kontrolle in jährlichen oder kürzeren Abständen angebracht.

Adressen: F.A. Escher, Prof. für Werkstofftechnik und Chemie, Dr. H. Moor, Prof. für Physik und Bauphysik, Institut für analytische Bauphysik. Die beiden Autoren sind Dozenten am Technikum Winterthur, TWI, Postfach, 8401 Winterthur.