

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 96 (1978)
Heft: 14

Artikel: Korrosionsschutz an Schienenfahrzeugen
Autor: Lilljeqvist, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

Korrosionsschutz an Schienenfahrzeugen

Von Hans Lilljeqvist, Zürich

Ein zweckmässiger Anstrich der Schienenfahrzeuge, der auf überflüssige Perfektion verzichtet, aber Stoffe verwendet, die in erster Linie lange Haltbarkeit, aber auch einfache Verarbeitung ermöglichen, trägt wesentlich zur Wirtschaftlichkeit im Fahrzeugunterhalt bei. Nach über zehn Jahren Betriebserfahrung ergibt sich die Zweckmässigkeit der damals gewählten Lösungen und Anstrichstoffarten.

Wirtschaftliche Bedeutung des Anstrichs

Der Rhythmus im Fahrzeugunterhalt zur Sicherung und Erhaltung der Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Komforterhaltung wird nicht nur vom «Mechanischen Verschleiss» der Fahrzeuge und ihrer einzelnen Bauteile, sondern auch und in manchen Fällen sogar primär vom «Stoffverschleiss durch Korrosion» bestimmt. Es leuchtet deshalb ein, dass der Korrosionsschutz schon bei der Herstellung der Fahrzeuge bestmöglichst auszuführen ist. Muss ein Fahrzeug wegen des Abbaues des Korrosionsschutzes in die Hauptausbesserung genommen werden, so sind dort zusätzlich zur Erneuerung des Korrosionsschutzes zuerst die korrodierten Stellen durch Zerlegung des Fahrzeuges frei zu machen und einwandfrei zu reinigen. Diese Arbeiten benötigen meistens mehr Aufwand an Arbeitsstunden als die Wiederaufbringung der Schutzüberzüge. Durch sinnvolle «Erstkosten-Aufwendung» können die wesentlich höheren «Spätkosten» durch Korrosionsschutz vermindert werden.

Eine Arbeitsgruppe der UIC (*Union internationale des Chemins de fer*) unter Schweizer Vorsitz hat in langer Arbeit umfassende *Empfehlungen für den Korrosionsschutz von Eisenbahnfahrzeugen* ausgearbeitet. Die Einsparungen im Fahrzeugunterhalt durch Anwendung der UIC-Empfehlungen dürften bei den SBB allein gegen 10 Prozent des Unterhaltes betragen. Es ist nun aber nicht etwa so, dass Forderungen gestellt werden, die wirtschaftlich nicht vertretbar sind. Man strebt im Gegenteil an, nur soviel zu fordern, was unbedingt nötig ist; aber das, was nötig ist, muss aber auch einwandfrei ausgeführt werden.

Schutz vor Korrosion ist auch im Rahmen des *Energieverbrauches* zu betrachten. Im Jahre 1970 kostete die Korrosion den USA 60 Mia Fr. Ein Drittel dieses Betrages entfiel auf *unwiederbringliche* Verluste an Gütern, zwei Drittel mussten für den *Korrosionsschutz* aufgewendet werden. Angesichts der schwindenden Vorräte an Rohstoff und Energie muss *heute dem Schutze aller Güter höchste Aufmerksamkeit geschenkt werden*. Die Zeiten der Wegwerfwirtschaft sind vorbei. Unsere Anstrengungen müssen sich in Zukunft vermehrt auf die *Erhaltung* von Gütern hin richten. Der Schutz der Werkstoffe vor Korrosion oder Verrottung gewinnt damit vermehrt an Bedeutung. Wenn anorganische Stoffe, vor allem Metalle, verhältnismässig effektiv zurückgewonnen werden können, so ist dies bei den organischen Werkstoffen, Kunststoffen beispielsweise, viel schwieriger. Die Rückgewinnung von Metallen erfordert aber ansehnliche Energiemengen. Ein effektiver Korrosionsschutz ist deshalb vor allem für die westlichen Wirtschaftsgebiete, die nur einen kleinen Teil der Energievorräte der Welt besitzen, für die Zukunft eine wichtige Aufgabe. Er kann nur erreicht werden, wenn die folgenden Tätigkeiten ernsthaft umschrieben, ausgeführt und überwacht werden.

Ausführungsbedingungen

Konstruktion

Der Korrosionsschutz beginnt auf dem Reissbrett. Korrosionsgefährdete Stellen sind Überlappungen, Kasten-Hohlprofile, scharfe Ecken, Säcke, in denen sich Feuchtigkeit ansammeln kann, Fensteröffnungen, scharfe Kanten, Rohrleitungen, Durchbrüche, Verbindungen von Teilen aus verschiedenen Materialien u.a.m.

Oberflächen-Vorbereitung

Der beste Anstrichstoff und die beste Applikation nützen nichts, wenn die Oberflächen, die geschützt werden sollen, nicht vorher einwandfrei von Walzhaut, Fett und anderen störenden Fremdstoffen befreit werden. Die Oberflächenvorbereitung ist aufwendig und braucht geeignete Anlagen und Einrichtungen (Stahlkiesstrahlen).

Fertigungsbedingungen für die Beschichtungen

Die Fertigungsbedingungen für die Beschichtungen geben dem Hersteller an, was für Beschichtungsstoffe für die verschiedenen zu schützenden Oberflächen verwendet werden sollen. Je nach Beanspruchung durch die Umwelteinflüsse und je nach Wirtschaftlichkeit sind die dazu geeignetsten Stoffe empfohlen. Die erforderlichen Trockenschichtdicken der Schutzschichten hängen ab von der Beschaffenheit (Rauheit) der zu schützenden Oberfläche und von der Beanspruchung des Schutzsystems durch die Umwelteinflüsse, wie Witterung, mechanische und chemische Beanspruchung durch das Ladegut.

Technische Lieferbedingungen für Beschichtungsstoffe

Die zur Beschichtung zugelassenen Stoffe müssen eine ganze Reihe von minimalen Eigenschaften aufweisen. Diese teilen sich auf in Anforderungen im Lieferungszustand, Verarbeitungszustand und im Zustand des getrockneten Films. Lager- und Transportfähigkeit sind weitere Eigenschaften, die erfüllt sein müssen. Die Lieferbedingungen umschreiben für jede Art Stoff die spezifischen Anforderungen. Alle geforderten Eigenschaften müssen zum mindesten bei der Entscheidung über die Zulassung geprüft werden. Je nach Fähigkeit und Zuverlässigkeit des Herstellers kann sich die Überprüfung auf einige wenige Eigenschaften beschränken. Eine laufende Überwachung der gelieferten Stoffe, sowohl bei den Fahrzeugherstellern wie in den Eisenbahnwerkstätten, ist notwendig zur Sicherung der Qualität der Fahrzeuganstriche und dient der Erziehung der Lieferer zur Qualitätshaltung. Die technischen Lieferbedingungen enthalten keine Zusammensetzungsvorschriften, sondern legen nur die physiologischen und technologischen Anforderungen fest. Damit wird dem Hersteller ein grosser Spielraum für die Zusammensetzung der Produkte gelassen.

Prüfverfahren für Anstrichstoffe

Damit zwischen Hersteller und Verbraucher über die Prüfverfahren von Anstrichstoffen keine Meinungsverschiedenheiten aufkommen, ist es wichtig, die Prüfverfahren so genau wie möglich zu umschreiben. Überall da, wo ISO- (International Organization for Standardization)-Prüfverfahren vorliegen, sind diese als verbindlich erklärt. Da jedoch für die Hälfte aller Prüfverfahren noch keine solchen Nor-

men vorliegen, wurden sogenannte *UIC-Verfahren* festgelegt. Da ISO-Methoden sehr ausführlich, umfangreich und zeitraubend sind, wurden für Routineprüfungen im Falle von Lieferkontrollen als Alternativlösung vereinfachte UIC-Prüfmethoden ausgearbeitet.

Güteprüfung von Anstrichsystemen

Vielleicht die wichtigste Tätigkeit bei der Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten ist die Überwachung der Arbeiten und der Anstrichstoffe. Ein *Abnahmekontrolleur* hat der Reihe nach

- die Konstruktion auf korrosionsschutzgerechte Ausführung,
- die Oberflächenbeschaffenheit vor dem Aufbringen der ersten Schicht,
- die Applikationsverfahren,
- die erzielten Trockenschichtdicken, vor allem an schwer zugänglichen Stellen,
- die genügende Überdeckung der Oberflächen zu überprüfen.

Erfahrungen mit den gewählten Systemen

Es dürfte interessieren, was für Erfahrungen seit der Einführung mit den gewählten Schutzsystemen gemacht wurden.

Grundsätzlich darf gesagt werden, dass sich die gewählten Systeme, Methoden und Stoffe bewährt haben und auch in Zukunft mit einigen wenigen Modifikationen weiter angewendet werden:

Dispersionsfarben für Reisezugwagen-Deckanstriche

Vor ziemlich genau zwanzig Jahren wurde ein Wettbewerb für Farben für den Anstrich der *hölzernen Güterwagenkasten* abgeschlossen. Es zeigte sich, dass weder Kunstharzlacke noch Dispersionsfarben bei der natürlichen Bewitterung eindeutig obenaus schwangen. Da die meisten Dispersionsfarben mit weniger Schichten auskamen, eine wesentlich kürzere Trockenzeit aufwiesen und zudem in der Verarbeitung erhebliche Vorteile boten, entschlossen sich damals die SBB, künftig für den Anstrich der Güterwagen der Regelausführung nur noch Dispersionsfarben zu verwenden. Ab 1957 wurden bereits auch die *Güterwagen mit Stahlkasten* mit Dispersionsdeckfarben gespritzt. Dieser Anstrichaufbau hat sich in der Praxis so gut bewährt, dass im Jahre 1965 als Versuch der Kasten eines *Triebwagens* mit Dispersionsfarbe auf PVA-Basis gespritzt wurde; es war dieselbe Qualität, wie sie bei den Güterwagen Verwendung fand.

Die Beobachtungen an diesem Anstrich waren durchwegs positiv. Die Farbtonhaltung war sehr gut, die periodische Aussenreinigung dieses Fahrzeuges mit den üblichen Reinigungsmethoden gab zu keinen Beanstandungen Anlass. Die Anfälligkeit auf Verschmutzung war nicht anders als beim bisherigen Alkydharzanstrich. Ein Jahr später hörte man dann von den *restriktiven Gesetzen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung in Kalifornien*. Dies gab zu denken. Ausserdem hatte man einige Jahre früher unliebsame Vorgänge bei der Verarbeitung von dickschichtigen Bitumenlösungen zur Kenntnis zu nehmen. Mehrere explosionsartige Brände von ganzen Wagenkasten führten dazu, die *Entwicklung von wässrigen Bitumenemulsionen* anzuregen. Bald darauf konnte man bei den Bitumenprodukten auf die Lösungsmittel verzichten, was eine erhebliche Verminderung der Gefahren in den Werkstätten ermöglichte. Explosions- und Brandgefahr, Beeinträchtigung der Gesundheit der Mitarbeiter und Beschaffungskosten für die Lösungsmittel, die bei der Verarbeitung verdunsten und im Trockenfilm nicht mehr vorhanden sind, fielen weg. Alle diese Vorteile wollte man weitgehend auch für die übrigen Anstriche erreichen.

Dank den Bemühungen einiger schweizerischer Farbenhersteller gelang es, eine Dispersionsfarbe zu entwickeln, die für den Deckanstrich von Reisezugwagen geeignet ist. Die Hauptwerkstätte SBB Zürich begann mit diesen *Farben auf Acrylharzbasis* ausgedehnte Versuche mit einer grösseren Anzahl von Fahrzeugen. Es bestätigte sich dabei, dass die Dispersionsfarben in bezug auf Verschmutzungsanfälligkeit, Reinigungsfähigkeit und Beständigkeit gegen Reinigungsbeanspruchung so gut sind wie andere hochwertige Deckanstrichlackfarben.

Im Jahre 1968 beschlossen die SBB, für den *Deckanstrich von Triebfahrzeugen und Reisezugwagen* die *Dispersionsfarbe auf Acrylharzbasis* einzuführen und allgemein vorzuschreiben. Die laufende kritische Beobachtung dieser Anstriche im Vergleich mit andern modernen Systemen wie beispielsweise PUR (Polyurethanharz) zeigen, dass mit der Wahl dieser Dispersionsfarben der richtige Weg eingeschlagen wurde.

Heute, d.h. nach etwa 10 Jahren, sind etwa 70 Prozent der Triebfahrzeuge, u.a. der neue Vorortzug gelb/lila, und die Re 6/6-Lokomotiven dunkelgrün, mit Dispersionsfarbe gespritzt. Bei den Reisezugwagen beträgt der Anteil, der mit Dispersionsfarbe behandelt wurde, etwa 40 Prozent, u.a. die TEE-Züge beige/dunkelrot und die Swissexpresszüge steingrau/hellrot. Selbstverständlich gibt es unter den Dispersionsfarben gute und weniger gute Qualitäten. Die letzteren konnten durch laufende Prüfungen ausgeschieden werden. Die stete Überwachung dieses Anstriches, sowohl auf dem Bewitterungsprüfstand wie auch im praktischen Betrieb zeigt, dass er nach wie vor in bezug auf Wetterbeständigkeit (Auskreiden, Farbtonveränderung und Glanzgradhaltung) auch nach über zehn Jahren Betrieb praktisch keine Veränderungen aufweist. Die Anfälligkeit auf Verschmutzung ist nicht grösser als bei andern hochwertigen Aussenanstrichen, und die Fähigkeit, sich reinigen zu lassen, ist ebenfalls als problemlos zu bezeichnen. Die Betriebszeit bis zu einer notwendigen Erneuerung der Deckfarbe wird doppelt so gross sein wie beim vorherigen System mit Nitrokombilacken, wobei meistens die mechanischen Beschädigungen und nicht die Abwitterung eine Erneuerung erfordern.

Zweikomponenten-Epoxysspachtel

Die lange Zeit verwendeten *Öl- oder Alkydharzspachtel* waren das grosse Sorgenkind. Oxidativtrocknend sind sie einem steten Abbau unterworfen und nach 10 bis 15 Jahren dermassen abgebaut (Risse, Ausbröckelungen u.a.m.), dass das ganze Anstrichsystem entfernt und von Grund auf neu aufgebaut werden muss. Man suchte deshalb nach Lösungen, um dieses schwächste Glied in jedem Anstrichaufbau durch etwas besseres zu ersetzen. Schon 1959 wurden Versuche mit einem *Aralditspachtel* auf einzelnen Fahrzeugen ausgeführt. Das System scheiterte lange Zeit an der schlechten Verarbeitbarkeit des Spachtels. Er war sowohl zum Ziehen und Schleifen ausserordentlich zähe. Erst 1965 konnte ein Spachtel mit dem gleichen Basismaterial, jedoch mit weit besseren Verarbeitungseigenschaften eingesetzt werden.

Sämtliche Fahrzeuge, sowohl im Neubau wie auch im Unterhalt bei Neuanstrich, wurden seither mit Epoxysspachtel behandelt, so dass heute etwa 90 Prozent der Triebfahrzeuge und 70 Prozent der Reisezugwagen einen dauerhaften Spachtel besitzen. Die Ergebnisse auf dem Bewitterungsstand sowie die Beobachtungen im Betrieb überzeugen, dass der Spachtel die Lebensdauer des Fahrzeuges aushalten wird (etwa 30 bis 40 Jahre). Es ist also nicht mehr mit Totalanstricherneuerungen an den bereits behandelten Fahrzeugen zu rechnen. Wenn für eine solche Gesamtanstricherneuerung mit Zusatzkosten von Fr. 5000.- gegenüber lediglich einer Deckanstricherneuerung gerechnet wird und etwa 180 Fahrzeuge jährlich behan-

delt werden müssen, so betragen die jährlichen Einsparungen gegen 1 Mio Franken.

Zinkstaubfarben

Jahrelang wurden die Stahlkonstruktionen der Güterwagen nach dem Stahlkiesstrahlen mit einem Kunstharz-Zinkchromatprimer von meist zwei Schichten grundiert und mit einem dicken Bitumendeckanstrich oder einem Deckanstrich mit Kunstharzlack- oder Dispersionsfarbe versehen. 1958 wurden versuchsweise Spezialflachwagen nach dem Strahlen mit Zinkstaubfarbe von etwa 80 µm Trockenschichtdicke gespritzt und ohne weiteren Deckanstrich in Betrieb gesetzt. Man stellte bald fest, dass die Schutzwirkung dieses Systems verblüffend gut war. Neben überdurchschnittlich guten korrosionsschützenden Eigenschaften widersteht dieser Anstrich hohen mechanischen Beanspruchungen. Da sich diese Art Anstrichstoff zudem in den Verarbeitungsbetrieben wegen seiner kurzen Trockenzeit und problemlosen Verarbeitungseigenschaften beliebt machte, wurden die ab 1970 gebauten Güterwagen ausschliesslich nur noch mit Zinkstaubfarbe gespritzt, nämlich die Stahlkonstruktion der Schiebewagen, die Flachwagen, die Zementsilowagen, Schotterwagen u.a.m. Es wird eine Trockenschichtdicke von 150 µm gefordert, die mit zwei Spritzschichten erreicht werden kann; dabei kann wegen der kurzen Trockenzeit die zweite Schicht unmittelbar nach der ersten aufgebracht werden. Die Zinkstaubanstriche erhalten in der Regel keinen Deckanstrich.

Vor zehn Jahren wurden von einer grösseren Serie von Kohlesilowagen mit Schwerkraftentleerung einige innen mit einem Zinkstaubanstrich versehen. Kürzlich wurde anlässlich

der periodischen Revision festgestellt, dass der Schutz zu etwa 90 Prozent noch vorhanden ist und die Stahlkonstruktion praktisch nicht gelitten hat. Die Wagen ohne diesen Innenschutz sind nach gleichlanger Betriebszeit zum Teil derart korrodiert, dass der ganze Kastenaufbau ersetzt werden muss. Auch an den gewöhnlichen offenen Wagen hat sich die Innenauskleidung bestens bewährt und trägt zu einer deutlichen Verlängerung der Lebensdauer des Kastenaufbaus bei.

Materialmehrkosten für diese Art Anstrichstoff werden in jedem Fall kompensiert durch die Minderkosten für die Anstricharbeiten.

Zukunft

Es ist kaum damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren umwälzende Neuerungen die zur Zeit angewandten Methoden verdrängen werden. Die *Umweltschutzverordnungen* werden aber noch einiges zu reden, zu untersuchen und anzupassen geben. Es ist nämlich festgestellt worden, dass der Gehalt an Metallen wie *Chrom, Zink, Kupfer* u.ä. in den *Abwässern von Reinigungsanlagen für Fahrzeuge und Fahrzeugteile* die zulässigen Werte erreicht hat und dass die zurückbleibenden Schlämme nicht mehr ohne weiteres deponiert werden können. Aktiver Korrosionsschutz und damit Erhaltung aller Stahlkonstruktionen kann nach bisheriger Kenntnis *nur mit schwermetallhaltigen Pigmenten* erreicht werden. Was für geeignete, wasserungefährdende Pigmente kommen künftig in Frage?

Adresse des Verfassers: *H. Lilljeqvist*, dipl. Ing. ETH, Sachbearbeiter Korrosionsschutz der SBB, Hauptwerkstätte Zürich, Hohlstr. 400, Postfach 122, 8048 Zürich.

Umschau

Grösste Supraleiter-Kabelstrecke der Welt funktionsfähig

Erfolgreich haben Wissenschaftler und Ingenieure des *Erlanger Forschungszentrums* und des *Berliner Kabelwerkes der Siemens AG* ihre rund acht Jahre währenden Untersuchungen an der derzeit grössten funktionsfähigen Supraleiter-Kabelstrecke der Welt abgeschlossen. Das aus Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie geförderte Projekt «Supraleitendes Drehstromkabel» soll mit Übertragungsleistungen von mehr als 2000 MVA die Voraussetzungen für die sichere Versorgung mit Elektroenergie – vor allem von Ballungszentren – *nach der Jahrhundertwende* schaffen. Mit der dafür samt allen Komponenten entwickelten und aufgebauten 35 m langen einphasigen 110-kV-Versuchsstrecke, die auch mit den entsprechenden Endverschlüssen versehen war, wurde erstmals die grundsätzliche Eignung solcher Kabel zur verlustlosen Übertragung höchster Leistungen nachgewiesen.

Der Spannungstest ergab für die Wechselspannungsfestigkeit einen bis zu 2,4fachen und für die Stossspannungsfestigkeit einen bis zu 4,7fachen Wert der Betriebsspannung. Der Stromtest lief über längere Zeit mit einem höchsten Phasenstrom von 10000 A. Das Abkühlen auf die Betriebstemperatur von 4 K dauert etwa zwölf Stunden. Eine praxisgerechte dreiphasige Ausführung des Supraleiter-Drehstromkabels für 2000 MVA würde heute für die elektrische Versorgung einer Grossstadt, wie z.B. Hamburg, ausreichen.

Supraleiterkabel werden die Umwelt nicht beeinträchtigen: Ihre drei flexiblen Phasenleiter werden gemeinsam in eine starre thermische Isolierung eingezogen und ähnlich wie ein Hochdruck-Ölkabel mit Stahlmantel in der Erde verlegt. Sie sind nach aussen völlig feldfrei, geben keine Wärme ab und machen mit einem Gesamtdurchmesser von nur 0,5 m ausserordentlich schmale Trassen möglich. Bevorzugt werden sie deshalb beim Einspeisen und Durchqueren von Ballungsräumen angewendet werden, wo die Energie unterirdisch bei geringstem Raumbedarf übertragen werden muss. Ihre Länge dürfte deshalb zwischen 10 und 100 km betragen.

Die elektrische Kabelisolierung besteht aus Polyäthylen-Folien. Für die supraleitende Schicht des Leiters wurde reines Niob benutzt. Die dielektrischen wie die Supraleiter-Verluste sind vernachlässigbar klein. Verluste entstehen im wesentlichen nur durch die Wärmeströmung von dem im Erdreich liegenden Aussenrohr auf den heliumgeköhlten Leiter; sie belaufen sich unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Helium-Kältemaschine auf etwa 80 kW/km – das sind 0,004 Prozent der Übertragungsleistung.

