

Langzeitkorrosionsschutzversuch im Simplontunnel

Duplexsystem (Zink + Farbe) bietet nachhaltigen Korrosionsschutz bei starker Belastung

Entwicklung des Korrosionsschutzes

Alle unsere Gebrauchsgegenstände, deren Grundmaterial in der Natur nicht gediegen vorkommt, neigen zur Korrosion und gehen in die chemisch stabile Lage zurück. Dieser Vorgang ist seit altersher bekannt und es wird mit verschiedenen Massnahmen mit mehr oder weniger Erfolg dagegen angekämpft. Korrosion zerstört nicht nur Werte, sondern beeinträchtigt auch unser tägliches Leben: Unfälle, Werteverfall, Störungen des öffentlichen Verkehrs etc.

Seit dem Altertum werden Verfahren gesucht und Massnahmen angewendet, um diesen Vorgang zu stoppen und/oder zumindest zu verzögern. Mangels Alternativen war man mit den zur Verfügung stehenden Mitteln – diese waren fast ausschliesslich Beschichtungen - zufrieden. Mitte des 18. Jahrhunderts änderte sich dies, als 1742 der Franzose Malouin einen Vorgang entdeckte, Eisenwerkstoffe mit einer metallischen Zinkschicht zu überziehen und so gegen Korrosion zu schützen.

1836 „erfand“ Sorel, ebenfalls ein Franzose, dass der metallische Reinheitsgrad, welcher für diesen Prozess erforderlich ist, am zweckmässigsten durch Beizen in verdünnter Salzsäure erreicht wird. Damit begann das industrielle Zeitalter des Feuerverzinkens. Nebst der reinen Beschichtung gab es ab jetzt auch metallische Ueberzüge.

Obwohl der Korrosionsschutz ständig Fortschritte machte, konnten weder die Beschichter noch die Verzinker den absoluten Schutz erbringen. Dies ist auch heute noch der Fall. Zink ist anfällig auf stark saure wie auf erhöhte alkalische Medien, bietet aber mit der Diffusion (intermetallische Verbindung) den optimalen Untergrund für eine nachträgliche Beschichtung. Zink gleicht die Schwäche der Farbe, direkt auf Stahl zu unterrosten, aus. Die Farbe wiederum schützt das Zink vor chemischen Belastungen.

Im Laufe der Zeit wurden die zu schützenden Anlagen immer komplexer und deren Verfügbarkeit höher. Genau diesem Dilemma war und ist u.a. die Schweizerische Bundesbahn ausgesetzt.

Den Herren J.F.K. van Eijnsbergen aus den Niederlanden und K.A. van Oeteren aus Deutschland ist es zu verdanken, dass sich Verzinker und Beschichter nicht mehr befehdeten, sondern gemeinsam nach Lösungen suchten - und auch fanden.

Die Schwachpunkte des einen Systems werden durch die Vorteile des anderen behoben. Zink und Farbe oder Duplex heisst das Zauberwort.

Wenn die negativen klimatischen Einflussfaktoren, der Standort sowie die Objektnutzungsdauer bekannt sind, ist man heute in der Lage, einen nahezu 100%igen Korrosionsschutz anzubieten, Seriosität der Firma vorausgesetzt.

Da Theorie und Praxis oftmals nicht korrelieren, schätzt man nebst dem Versprechen handfeste Fakten. Im Falle von Korrosionsschutz lassen sich diese nur mit Langzeitversuchen im betreffenden (kontaminierten) Umfeld erbringen.

Langzeitversuch Duplexsystem

Mit dem Bau der ersten Beschichtungsanlage konnte die Galvaswiss AG Aarberg hochwertigen Korrosionsschutz aus einer Hand anbieten.

1992 entschloss man sich zusammen mit den schweizerischen Bundesbahnen, Sektion Fahrleitungen, einen Langzeitversuch mit duplexierten Fahrleitungsauslegern zu machen. Um dem Versuch die nötige Aussagekraft zu verleihen, wurden dabei erschwerte

Bedingungen miteinbezogen. Auf Vorschlag der SBB wurde als Standort der Simplontunnel gewählt. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbelastung stellen hier erhöhte Anforderungen an den Korrosionsschutz.

Ursprünglich waren für den Versuch zehn Jahre vorgesehen. Die ersten Ergebnisse der periodisch vorgenommenen Kontrollen wurden in einem Zwischenbericht vier Jahre nach Versuchsbeginn veröffentlicht. Da das Versuchsfeld den Betrieb nicht störte, beschlossen beide Parteien, den Versuch auf unbestimmte Zeit weiterzuführen.



Die Zusammenarbeit von Verzinkerei, Auftraggeber und Lackspezialist führte zu nachhaltigem Korrosionsschutz.
Start des Versuches: September 1992

2010 wurde beschlossen, auch in den Diagonalen (Spurwechsel) des Simplontunnels das Geleisebett abzusenken und dem Lichtraumprofil der zwei Hauptröhren anzupassen. Im Dezember erfolgte die Demontage der Versuchsanlage. Alle Bauteile wurden nach Möglichkeit im Ist-Zustand zur Auswertung nach Aarberg gebracht.

Versuchsobjekt Tragwerksausleger, bestehend aus:

- Befestigungskonsole – Spezialanfertigung
- Schwenksupport SBB Art. 317.25.16 d
- Stützisolator SBB Art. 377.00.07 g
- Tragrohr SBB Art. 375.25.20 e
- Spurhalterabzug SBB Art. 381.080.001 a
- Hängerohr SBB Art. 375.05.06
- Traverse SBB Art. 378.71.031 d
- Einsatzrohr SBB Art. 373.75.316 d
- dazu Prüfplatten Nr. 4 – 5 – 6

<u>Versuchsbeginn</u>	Montage in der Diagonale 3 – 4	02. September 1992
<u>Versuchsende</u>	Demontage der Anlage	03. Dezember 2010
<u>Versuchsdauer</u>	18 Jahre und drei Monate	
<u>Korrosionsschutz</u>	Duroplex	Feuerverzinken nach DIN 50976 (neu EN 1461) Staubstrahlen (sweepen) Beschichten nach DIN 55928 (neu EN 12944) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundierung Aarolac Epoxid TM 92-100 S ▪ Deckbeschichtung Aarolac Polyurethan TM 97-100 S
<u>Messungen</u>	Die Schichtdickenmessungen erfolgten elektromagnetisch mit Fischer Deltascope MP 3	
<u>Prüfungen</u>	An den montierten Anlageteilen erfolgte nur eine visuelle Prüfung. Zerstörungsprüfungen wurden nur an den mitmontierten Prüfplatten Nr. 4 – 5 – 6 durchgeführt. Es sind dies: <ul style="list-style-type: none"> - Gitterschnittprüfung nach DIN 53151 - Haftzugtest nach DIN/ISO 4624 - Härteprüfung nach Erichsen 318 (ISO 1518) 	

Zu Beginn des Versuches 1992 erfüllten alle Prüfungen die normativen Anforderungen, z.T. um ein Mehrfaches (siehe Prüf- + Messplätter).

Bei den Schichtdickenmessungen ist anzumerken, dass es 1992 noch keine Geräte gab, mit denen man verlässliche Dualmessungen – d.h. Zink und Farbe getrennt – machen konnte. Pro Prüfplatte gibt es demnach 3 Protokolle. (tZn – tZn+Grundierung – tZn + Grundierung + Deckbeschichtung), Leider waren die Geräte auch noch nicht EDV-kompatibel, sodass mit Thermodrucker gearbeitet wurde, was die Wiedergabequalität etwas beeinträchtigt.

- Einflüsse Als erhöhte Einflussfaktoren auf den Korrosionsschutz wurden zu Beginn ermittelt:
- konstante Temperatur von 30.3°C
 - relative Luftfeuchtigkeit konstant 82.6%
 - auskristallisierte Ablagerungen von Schwefel an den Tunnelwänden.



Starke Belastung durch Schwefel und Feuchtigkeit im Simplontunnel

Nach Abschluss der Arbeiten am Lichtraumprofil und des dadurch vergrößerten Querschnittes einerseits und der erhöhten Durchfahrtsgeschwindigkeiten andererseits, kommt es zu intensiverem Luftaustausch, was zur Folge hat, dass die Temperatur auf 28°C sank. Die Luftfeuchtigkeit konnte zum Zeitpunkt der Demontage nicht genau ermittelt

werden. Bei den Schwefelablagerungen ergab der subjektive Eindruck, dass diese eher zu als abgenommen haben. Dies speziell in der Südröhre zwischen km 6 und 9.

Demontage der Anlage – optische Feststellungen - Messungen – Auswertung

Bei der Demontage im Dezember 2010 wurden alle Anlageteile mit möglichst allen Belastungen in Schutzfolien verpackt und zur Auswertung in die Galvaswiss AG Aarberg gebracht. Eine erste Kontrolle ergab, dass an keinem Teil Korrosionsprodukte ersichtlich waren. Schichttrennungen zwischen Zink und Farbe waren auch keine ersichtlich. Auch nach intensiver Prüfung aller Anlageteile – allerdings ohne Entfernung der vorhandenen Schmutzbelastungen – konnten beim Korrosionsschutz keine Unregelmässigkeiten bezüglich den normativen Anforderungen festgestellt werden. Schichtdickenmessungen – diesmal mit der neuesten DUAL-Generation – verglichen mit den Messwerten von 1992 ergaben keine signifikanten Differenzen. Sie lassen sich alle geometriebedingt und mit der normalen Messunsicherheiten begründen. An der Befestigungskonsole wurde mittels Gitterschnitt die Versprödung und mittels Haftzug die adhäsive Haftung der Applikation gemessen.



Gitterschnittprüfung nach Versuchsende an der Hängekonsole erfüllt den höchsten normativen Wert (Gt 0)



Haftzugprüfung an der Hängekonsole; die Prüfung wurde bei 35 kg cm² abgebrochen

Die Ergebnisse von G 0 und einer Haftung > 35 kg dürfen nach 18 Jahren als sensationell bezeichnet werden. Da Gitterschnitt- wie Haftzugprüfungen Zerstörungsprüfungen sind, wurden diese vor Versuchsbeginn nur an den drei Prüfplatten gemacht.



Gitterschnitt an der Prüfplatte Nr. 4, keine Veränderung nach 18 Jahren



Gitterschnitt- und Haftzugprüfung an Prüfplatte Nr. 5, keine feststellbaren Veränderungen nach 18 Jahren

Nach Versuchsende wurde der Gitterschnitt speziell überprüft. Es ergab sich auch nach 18 Jahren kein anderer Gt-Wert, was einerseits für die Qualität der Grundierung und andererseits für einen fehlerfreien Applikationsprozess spricht. Die Prüfplatten Nr. 4 und 5 wurden unabsichtlich nur einseitig beschichtet. Bei genauer Prüfung zwischen „vorne und hinten“ (Duplex versus tZn) stellt man fest, dass sich die Zinkschicht über die ganze Einwirkzeit von 18 Jahren um 5 μ respektive 7 μ , oder 9 resp. 16.5 % abgebaut hat, die Vorderseite durch die Beschichtung hingegen keine Veränderung erfuhr.

Das Ergebnis zeigt eindeutig die positive Symbiose zwischen Zink und Farbe. Zink bietet durch die Diffusion die beste Grundierung - kein Unterrosten, und eine zusätzliche Beschichtung mit einer oder mehreren Applikationen schützt die Zinkschicht vor chemischen Belastungen. Je nach Ausführung ergibt sich ein grosser synergetischer Effekt: Duplex wirkt bis zu 2.6-mal länger als die Summe der einzelnen Korrosionsschutz-Zeiten von Zink und Farbe!

Zusammenfassung

Aufgrund der nach Versuchsende ausgeführten Gitterschnitt- und Haftzugprüfungen an der Befestigungskonsole, sowie den Ergebnissen der Prüfplatten, wird mit diesem Langzeitversuch der Nachweis erbracht, dass auch unter erschwerten Bedingungen mit einem Duplexsystem langjähriger Korrosionsschutz möglich ist. Auch wenn der Abbau nicht linear weiterverläuft, können ohne weiteres Standzeiten von 70 und mehr Jahren erreicht werden. Voraussetzung dazu sind allerdings ein paar wesentliche Faktoren:

- Alle Einflussfaktoren müssen vor der Ausführung bekannt sein.
- Die Beratung soll von Fachleuten mit dokumentiertem Leistungsausweis erfolgen und nicht von „Verkäufern“.
- Handelt es sich um Duplex-Korrosionsschutz, so soll nach Möglichkeit nur eine Firma involviert sein.
- Referenzen erhöhen die Glaubwürdigkeit.
- Auch der perfektste Korrosionsschutz bedarf einer Wartung, eine Pflegeanweisung ist integraler Bestandteil der Auftragserfüllung.

Galvaswiss AG Aarberg
Qualitätsmanagement
H.A. Haslinger