

**Straßen.NRW**

Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen

**InfraTech2026**

Die Fachmesse für Infrastruktur  
13.-15. Januar 2026 | Messe Essen

## Straßen.NRW: Neue Wege für eine nachhaltigere und effizientere Tunnelsicherheit

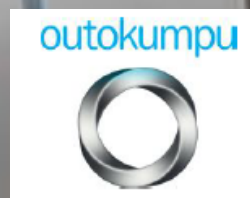
Korrosivität in Straßentunneln | Korrosionsbeständiger Duplexstahl 1.4462 | Erhöhung der Nutzungsdauer | Senkung der Kosten

## Rostfreier Stahl für Straßentunnel – Rückblick auf das Forschungsvorhaben von Straßen.NRW zur Qualifizierung rostfreier Stähle in Straßentunneln:

- Korrosion als Systemeigenschaft
- Wirksame Korrosionsprodukte im Straßentunnel
- Korrosivität in Straßentunneln vs. Offshore- und Küstenbereich
- Ausgelagerte Prüfteile (250 St.) in drei Straßentunneln
- Folgen beim Einsatz von Werkstoffen der Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC III – Eurocode 3 (DIN EN 1993-1-4)
- Vorteile/Sicherheitsgewinn durch Duplexstähle bzw. Werkstoffen der Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC IV
- Erkenntnistransfer und Integration der Forschungsergebnisse in das Bauprojekt – «Tunnel Menkhauser Berg (L751)»



# Teil 1: Rostfreier Stahl für Straßentunnel: Das Forschungsvorhaben zur Qualifizierung rostfreier Stähle in Straßentunneln



# Wie Korrosion zu verstehen ist – Korrosion als Systemeigenschaft

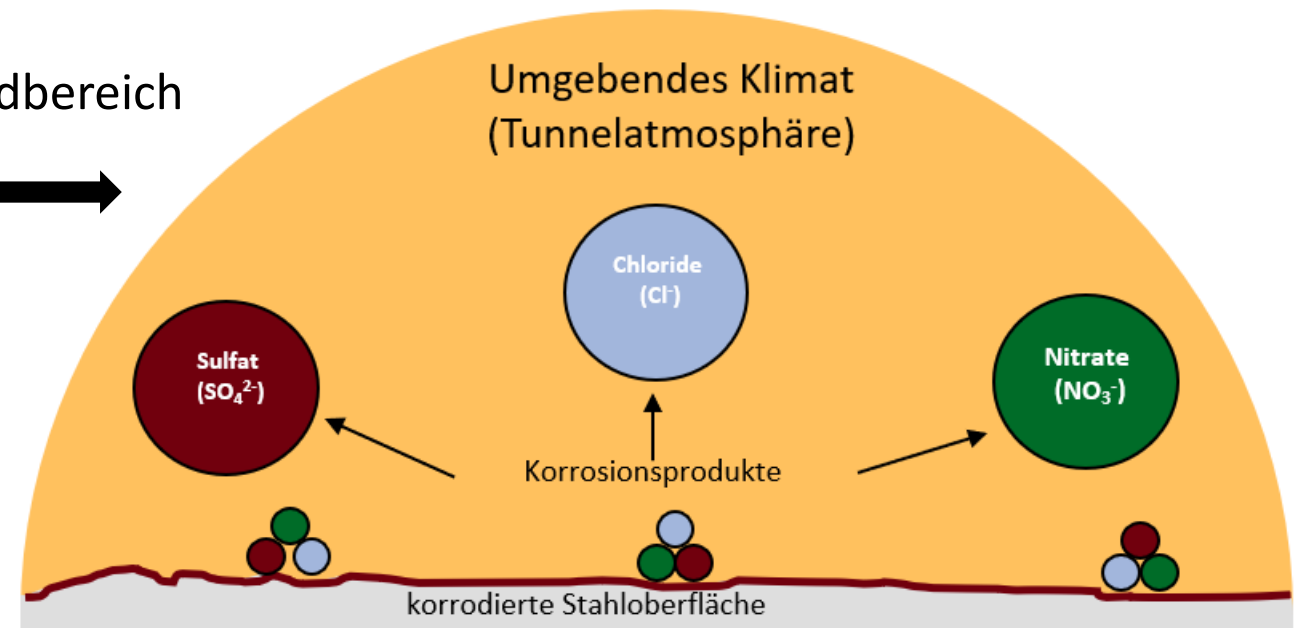
Alle Faktoren stehen in einer stetigen Wechselwirkung miteinander!



- **Start** des Projekts im **Nov. 2017** mit vier weiteren Partnern
- **Auslagerung von 250 Prüfkörper** (7 Werkstoffe, 8 Varianten) in **3 Tunneln (Wersten, Burgholz, Elbtunnel)**

## Erkenntnisgewinne nach 7 Auslagerungsjahren:

- Deckenbereiche sind etwas korrosiver als Wandbereich
- Es gibt 3 wesentliche Korrosionsprodukte
- Lange Befeuchtungsdauern (mehrere tausend Stunden/a fördern die Korrosion der BSA\*
- Aufkonzentration der Korrosionsprodukte da...
- ...keine natürlichen Abwascheffekte (Regen)
- Einbausituation und Konstruktionseigenschaften (spaltreiche/spaltarme Konstruktionen) wirken signifikant auf die Korrosion an der BSA



\*BSA = Betriebs- und Sicherheitsausstattung

# Rückblick auf das Forschungsvorhaben – Zentrale Ergebnisse



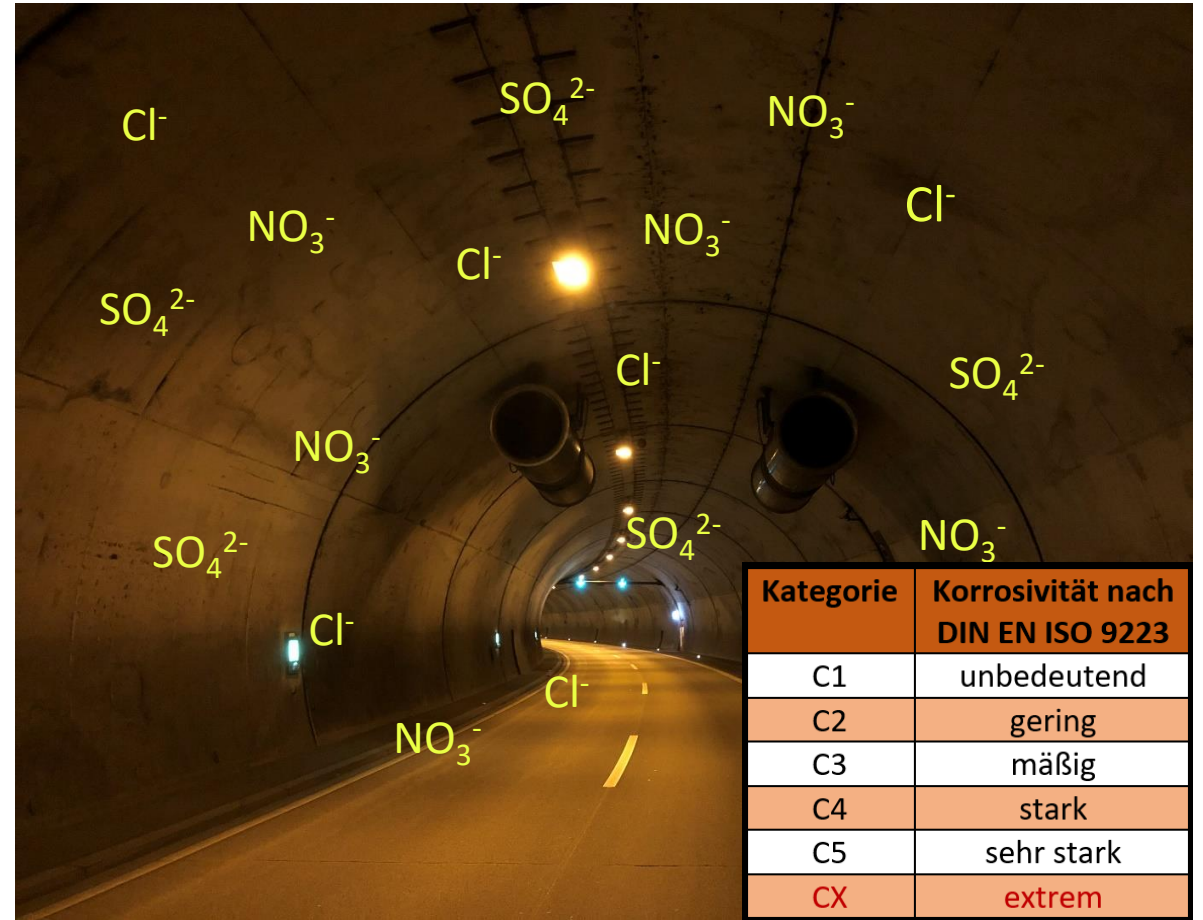
Foto: Pixabay

**Küste/Offshore  
vs.  
Straßentunnel**



Foto: Pixabay

**Korrosivität**  
∅ C3-C4



Fotos: Straßen.NRW/Uwe Köstermann

Kategorie	Korrosivität nach DIN EN ISO 9223
C1	unbedeutend
C2	gering
C3	mäßig
C4	stark
C5	sehr stark
CX	extrem

**Korrosivität**  
∅ C4-C5, teilweise CX

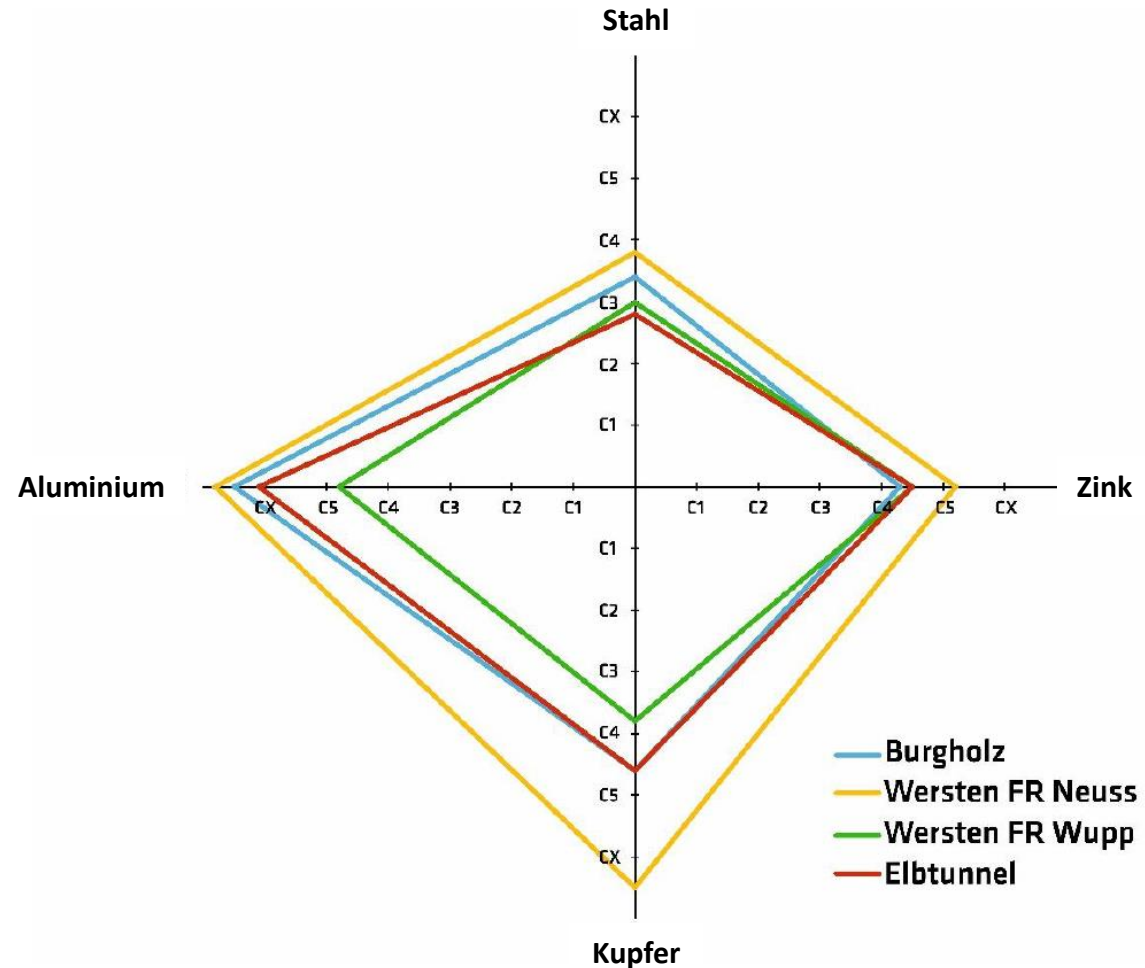
Maximale Korrosivitätskategorie aller Tunnelmontagepositionen nach DIN EN ISO 9223



## Hinweis:

Die DIN EN ISO 9223 liefert eine Basisinformation zur Korrosivität der Umgebung in Bezug auf die 4 Metalle. Der Euro code 3 nutzt andere Parameter, um den Korrosionsbeständigkeitsfaktor (**CRF**) und die Korrosionsbeständigkeitsklasse (**CRC**) bei rostfreien Stählen zu bestimmen (**DIN EN 1993-1-4** → Tabelle A.1 ).

Der Korrosivität ist im Kontext von Beschichtungssystemen nach DIN EN ISO 12944-5 Rechnung zu tragen!

**Empfehlung:** C5 very high (z. B. Motoren)



  
 besonders  
 Augenmerk  


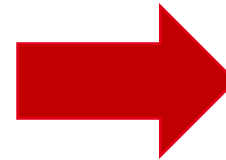
→ Vorgabe in aktueller ZTV-ING-7-4 bei Anforderungsklasse I

Werkstoff	CRC nach Eurocode 3	Werkstoffgruppe	PRE(N)-Mittelwerte	Prüfteilausführung
1.4404	III	Austenit	25	Blech – 2B
1.4404	III	Austenit	25	Blech – EPOL
1.4062	III	Lean-Duplex	27	Blech – 3E
1.4062	III	Lean-Duplex	27	Blech – EPOL
1.4162	III	Lean-Duplex	25	Blech – 2E
1.4162	III	Lean-Duplex	25	Blech – EPOL
1.4162	III	Lean-Duplex	25	Blech – K 320
1.4662	III	Lean-Duplex	29	Blech – 2E
1.4462	IV	Duplex	35	Blech – 2E
1.4462	IV	Duplex	35	Biegeprobe
1.4547	V	Superaustenit	44	Blech – 2E
1.4547	V	Superaustenit	44	Biegeprobe
1.4410	V	Superduplex	44	Blech – 2E
1.4501	V	Superduplex	45	Biegeprobe

CRC = Korrosionsbeständigkeitsklasse nach DIN EN 1993-1-4 (Eurocode 3)

- Beispiel Wandrack in leerer Lüfternische, Masse ca. 1325 x 1000 mm

1.4404 2B Blech	1.4404 2B Blech	1.4404 2B Blech	1.4404 2B Blech	1.4404 2B Blech	1.4404 2B Blech
1.4404 EPOL Blech	1.4404 EPOL Blech	1.4404 EPOL Blech	1.4404 EPOL Blech	1.4404 EPOL Blech	1.4404 EPOL Blech
1.4162 2E Blech	1.4162 2E Blech	1.4162 2E Blech	1.4162 2E Blech	1.4162 2E Blech	1.4162 2E Blech
1.4162 EPOL Blech	1.4162 EPOL Blech	1.4162 EPOL Blech	1.4162 EPOL Blech	1.4162 EPOL Blech	1.4162 EPOL Blech
1.4062 2E Blech	1.4062 2E Blech	1.4062 2E Blech	1.4062 2E Blech	1.4062 2E Blech	1.4062 2E Blech
1.4062 EPOL Blech	1.4062 EPOL Blech	1.4062 EPOL Blech	1.4062 EPOL Blech	1.4062 EPOL Blech	1.4062 EPOL Blech
1.4662 2E Blech	1.4662 2E Blech	1.4662 2E Blech	1.4662 2E Blech	1.4662 2E Blech	1.4662 2E Blech



1. Jahr

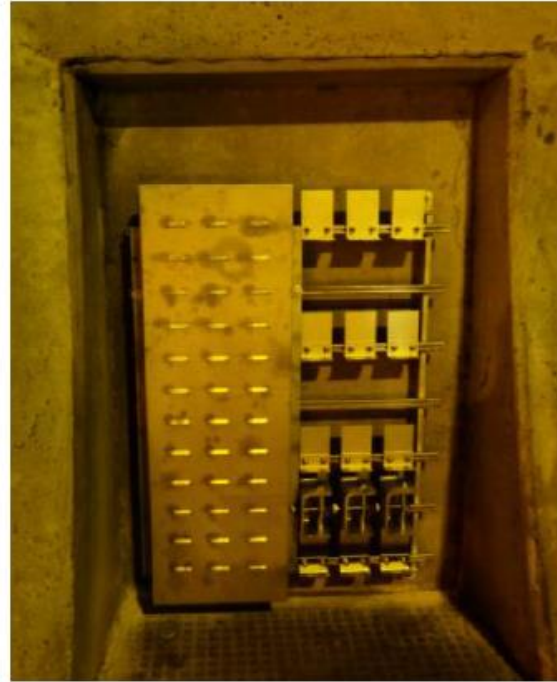
2. Jahr

3. Jahr

verdeckt

freibewittert / offen

## Auslagerung der Prüfkörpern im Tunnel Burgholz L418:



Fotos: BAM, Straßen.NRW/Uwe Köstermann

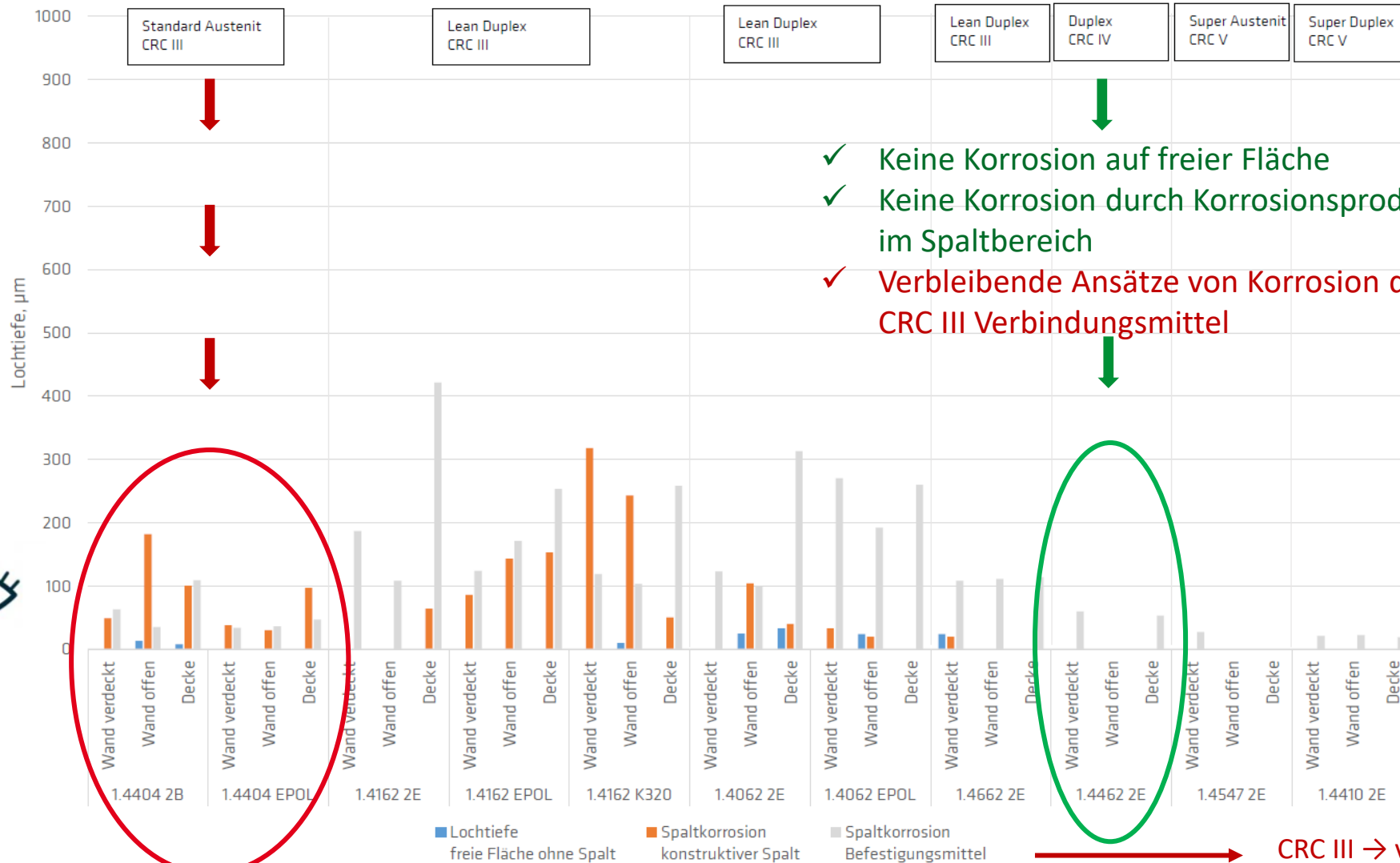
- Länge 1.856 Meter, 2 Fahrstreifen, Längslüftung, Richtungsverkehr – 2 Röhren
- DTV 40.000 Kfz/24 h, SV-Anteil 11 %, Tendenz 45.000 Kfz/24 h
- Auslagerung der Proben in steigender Röhre (bis zu 6 %)

## Auslagerung der Prüfkörpern im Tunnel Wersten A46:



Fotos: BAM

- Länge 865 Meter, 3 Fahrstreifen, Längslüftung, Richtungsverkehr – 2 Röhren
- DTV 96.000 Kfz/24 h in 2017, heute ca. 102.000 Kfz/24 h, SV-Anteil 8 % bzw. 13 %
- Auslagerung der Prüfteile in beiden Fahrrichtungen, Abbildung Fahrtrichtung Neuss, Gefälle -2,2 %

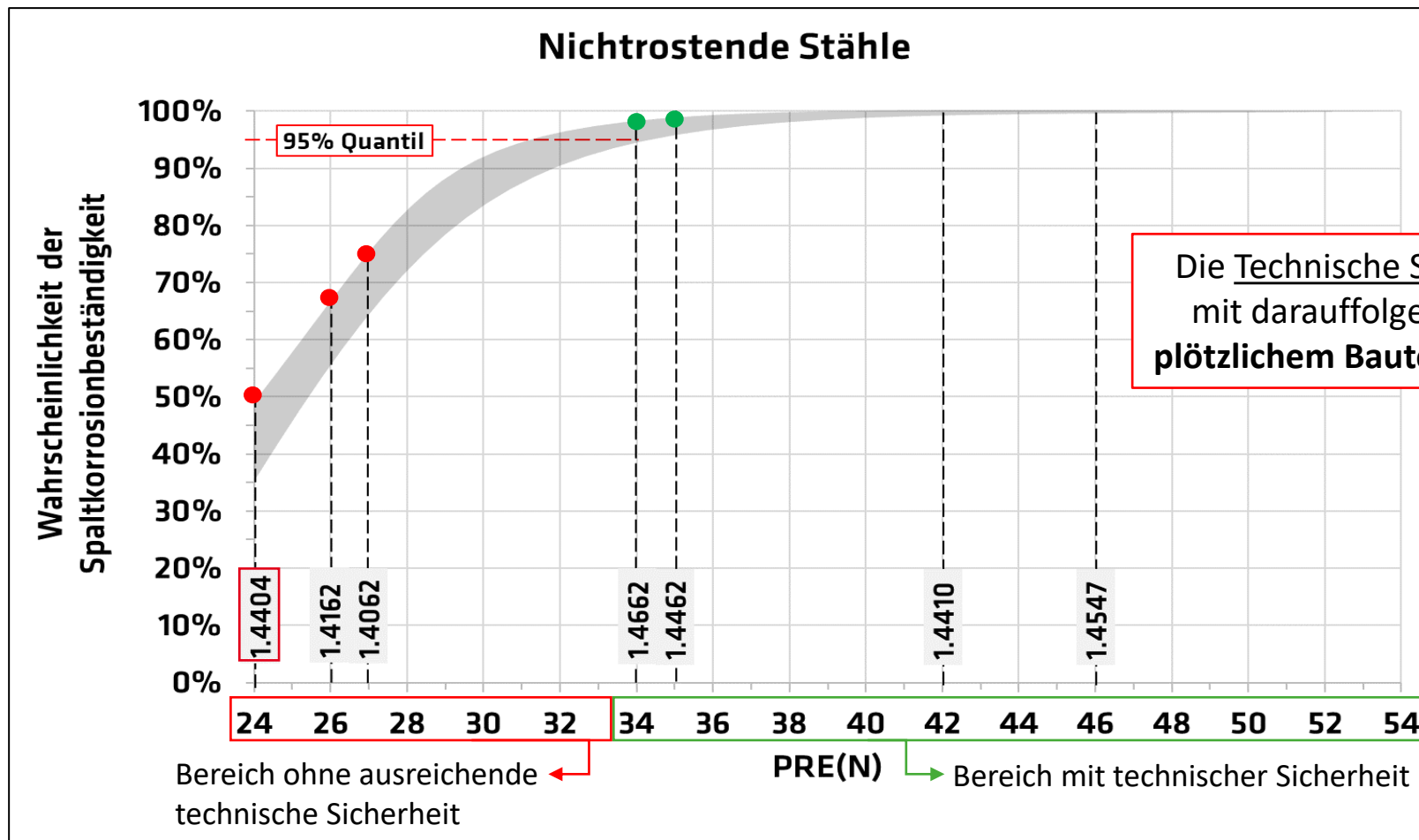


- ✓ Keine Korrosion auf freier Fläche
- ✓ Keine Korrosion durch Korrosionsprodukte im Spaltbereich
- ✓ Verbleibende Ansätze von Korrosion durch CRC III Verbindungsmittel

**CRC III → vor allem langfristig ein Problem!**

CRC = Korrosionsbeständigkeitsklasse nach DIN EN 1993-1-4

## Wahrscheinlichkeit der Spaltkorrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle in Abhängigkeit der Wirksumme (PRE(N))



!Werkstoff 1.4571 ist dem Werkstoff 1.4404 nominell gleichzusetzen

# Folgen beim Einsatz von Werkstoffen der CRC III – Beispielbilder zur Korrosion an Strahlventilatoren und Leuchtgehäusen

Lochkorrosion an Bauteiloberflächen – mannigfaltige Ursachen



Alter Ventilator 1 Jahre



Spalt- und Spannungsrissskorrosion (CRC III)



Alter Verschluss Leuchte 7 Jahre

In der Folge unkontrollierte Bauteilabstürze (CRC III)



Spannungsrissskorrosion entsteht durch Wasserstoffbildung (Hydrogen Induced Stress Corrosion Cracking) im Konstruktions- oder Montagespalt. Diffundierende Wasserstoffatome verspröden das Metall (hier das Verbindungsmittel) und begünstigen unter mechanischer Spannung Risse im Bauteil. Die Folge: **Plötzliches Bauteilversagen!**

Fotos: links, Straßen.NRW/Uwe Köstermann – Mitte u. rechts, Die Autobahn GmbH des Bundes - NL Hamm

# Folgen beim Einsatz von Werkstoffen der CRC III – Beispielbilder zu Schäden an Strahlventilatoren und Kabeltragsystemen



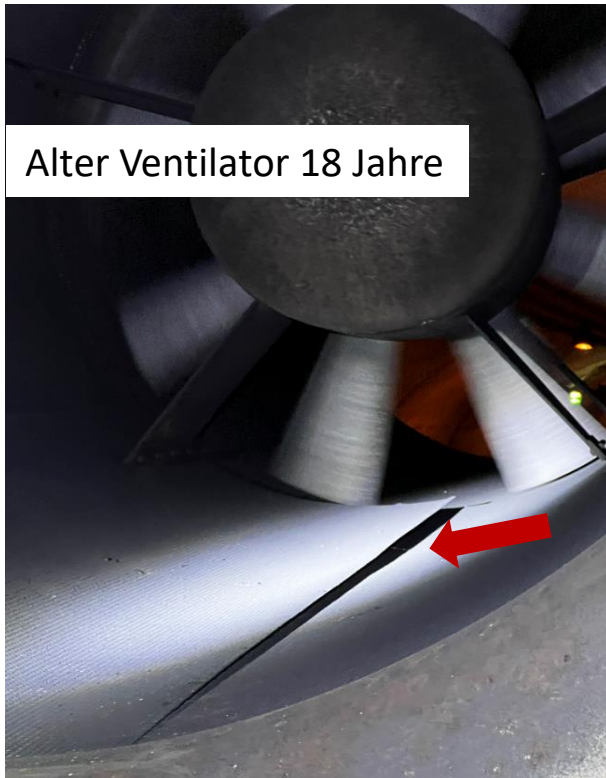
Drohendes/plötzliches Bauteilversagen beim Einsatz von CRC III-Werkstoffen:  
Gefahr durch korrodierte Nieten an Lochblechen sowie herabfallende Kabeltragsysteme bzw. deren Komponenten.

**Insbesondere Nietverbindungen müssen zukünftig im konstruktiven Aufbau bei der BSA ausgeschlossen werden!**

Fotos: links - Straßen.NRW/Uwe Köstermann  
rechts - Die Autobahn GmbH des Bundes – NL Nordbayern

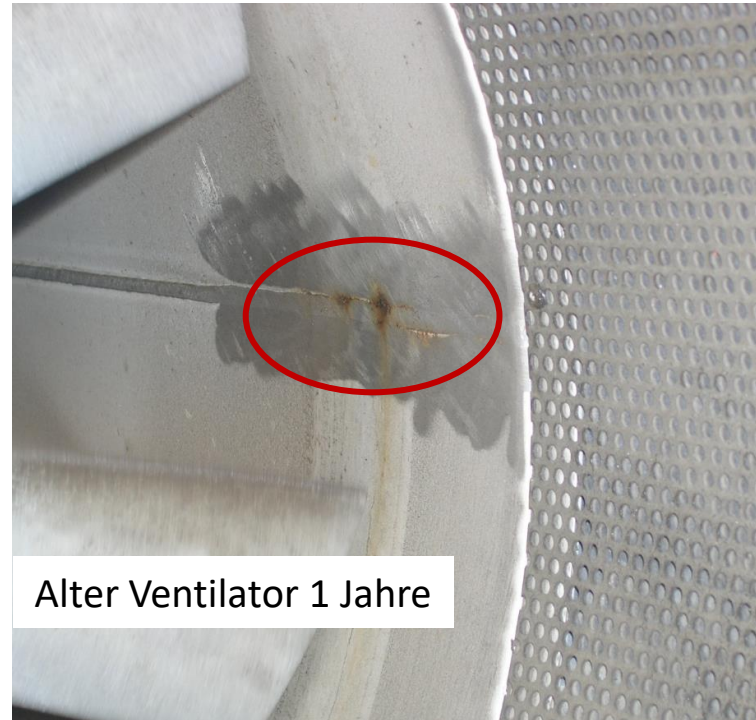
# Korrosion durch ungeeignete Konstruktion und mangelhafte Schweißnahtausführungen – Beispielbilder zur Verarbeitung bei Strahlventilatoren

Spaltkorrosion an Nietverbindungen



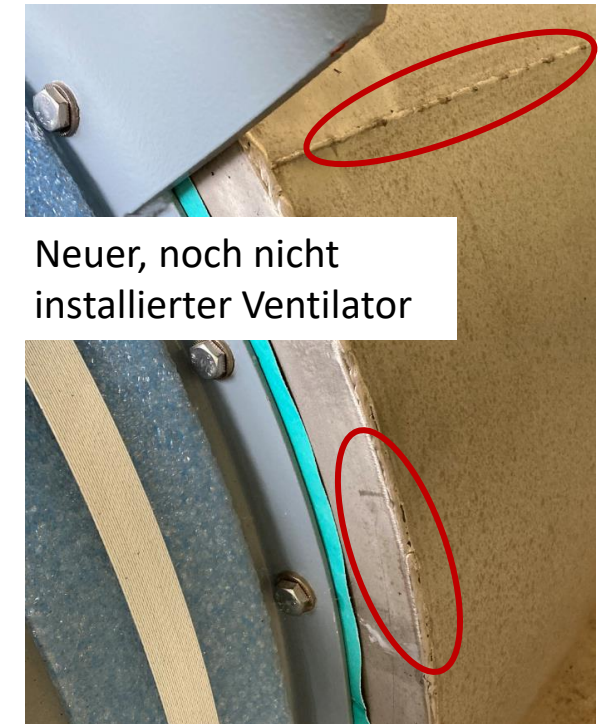
Innenfläche Schalldämpfer

Korrosionsschaden durch unsachgemäße Schweißnahtausführung/-nachbehandlung



Innenfläche Nabentopf (Motorschacht)

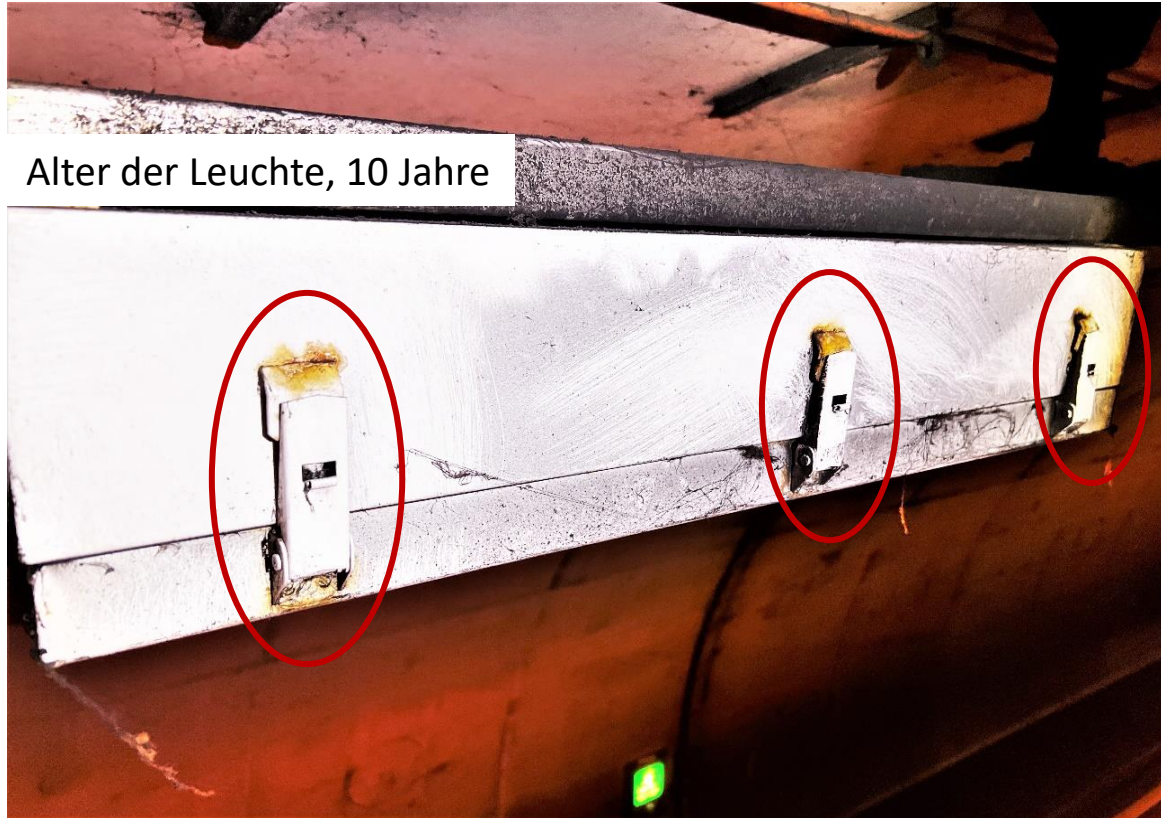
Unsachgemäße Schweißnahtausführung – Korrosion stark begünstigt



Außenmantel Schalldämpfer

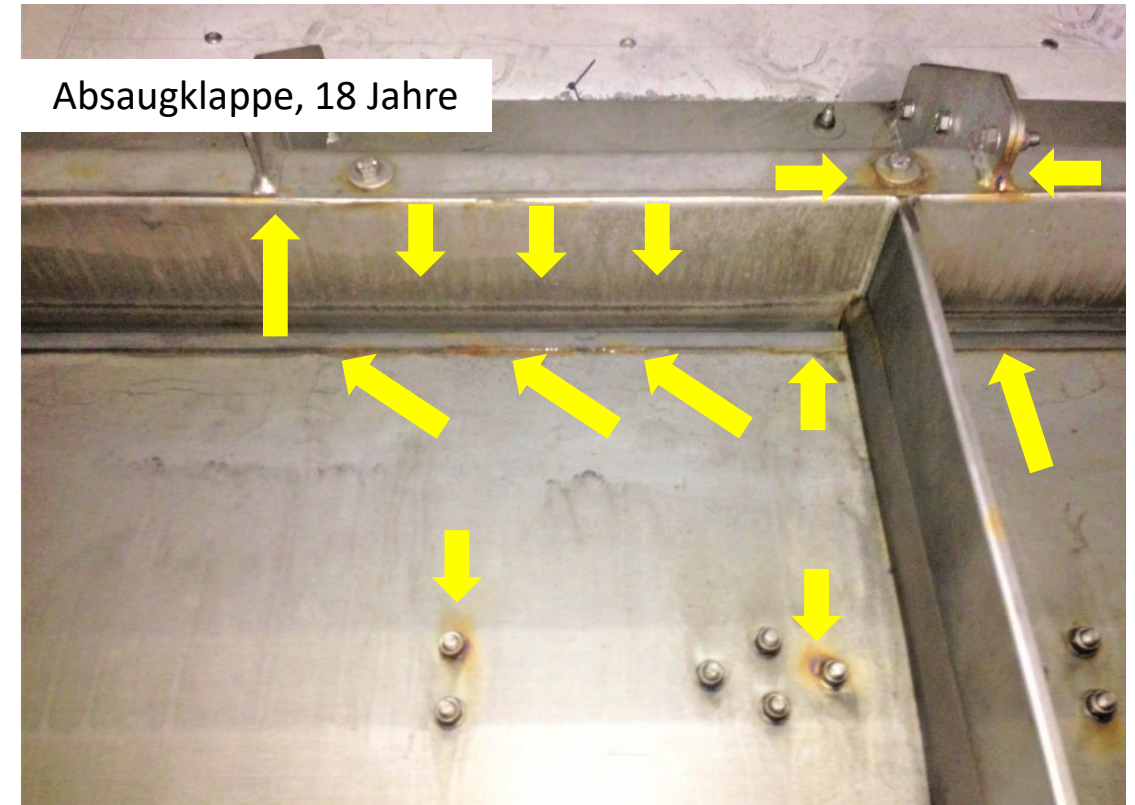
# Korrosion durch ungeeignete Beschichtung und mangelhafte Schweißnahtausführungen – Beispielbilder zur Verarbeitung bei Leuchten und Strahlventilatoren

Korrosionsschaden durch unzureichendes Beschichtungssystem



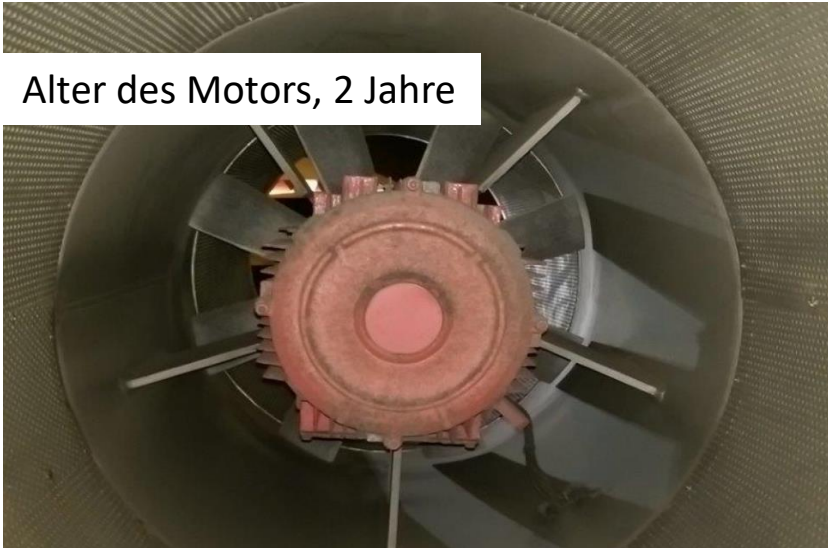
Verschlüsse Leuchte

Unsachgemäße Schweißnahtausführung – Korrosion begünstigt



Verschraubungen: Spalt- und Flächenkorrosion

# Folgen durch Korrosion im Straßentunnel – Beispielbilder für Schäden an Komponenten von Strahlventilatoren



Alter des Motors, 2 Jahre

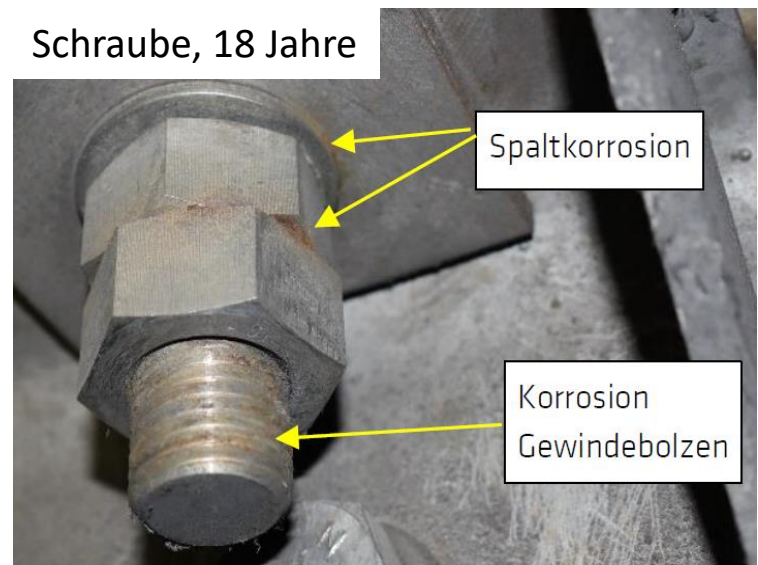


Alter des Ventilators, 6 Jahre



Alter des Motors, 18 Jahre

Korrosion bei Bauteilen der BSA ohne Beschichtung entsprechend der Korrosivität im Tunnel.



Schraube, 18 Jahre

Spaltkorrosion

Korrosion Gewindebolzen



Spröbruchfläche

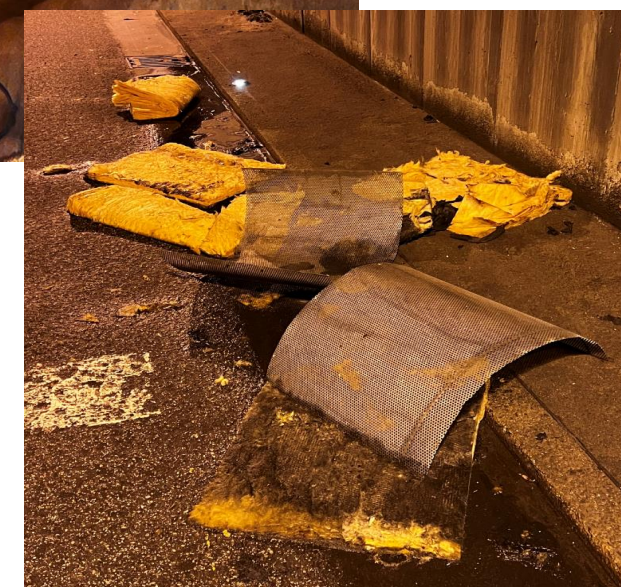
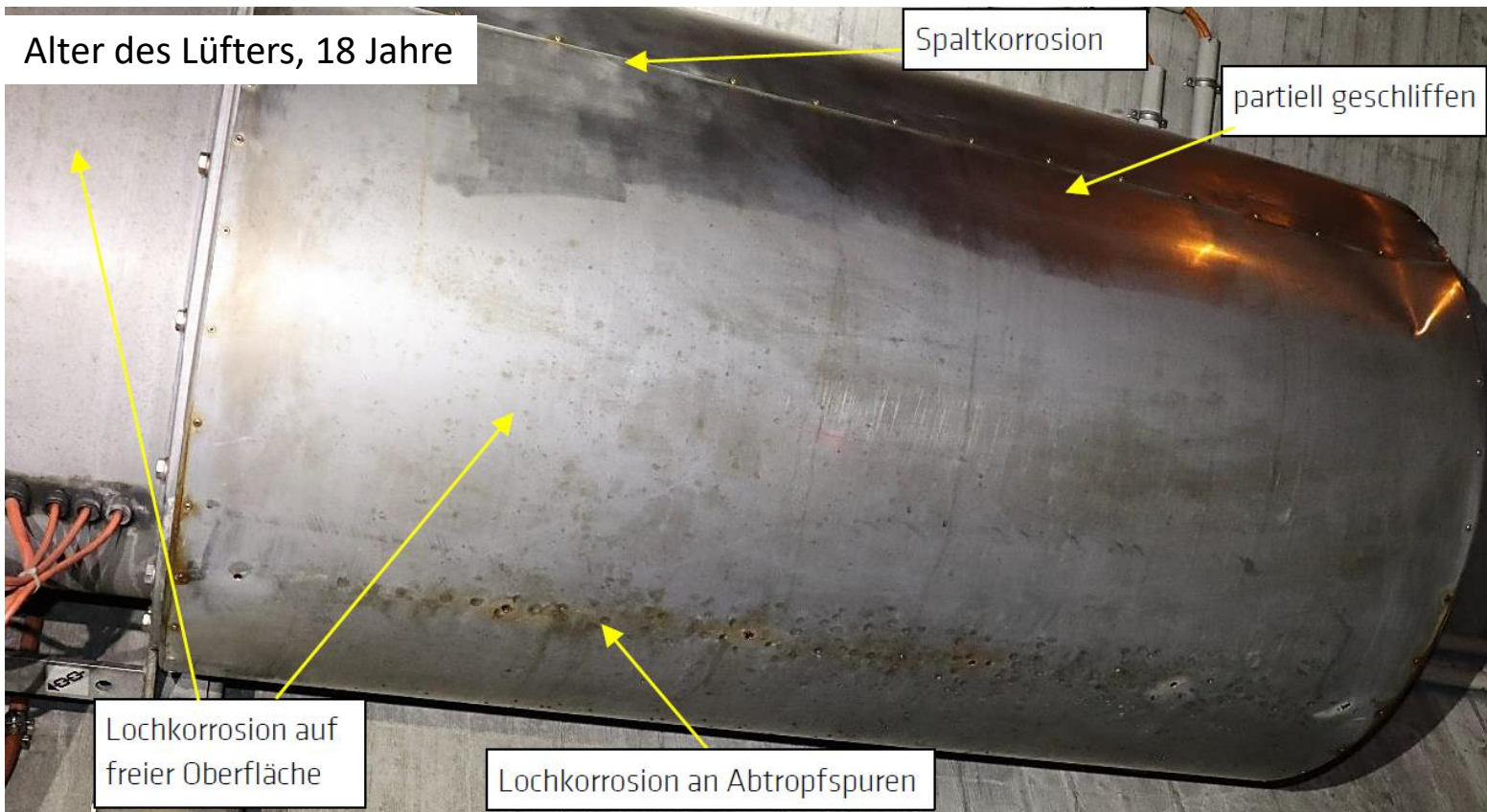
Mutter

Schraubenschaft

Verbindungsmitel aus CRC III fördern Spalt- und Spannungsrisskorrosion – sie könne auch Flächenkorrosion zeigen.

Fotos: Links – Straßen.NRW/Uwe Köstermann; Mitte u. rechts – Fa. Howden

# Folgen beim Einsatz von Werkstoffen der CRC III – Beispielbilder für Schäden an Strahlventilatoren und Kabeltragsystemen



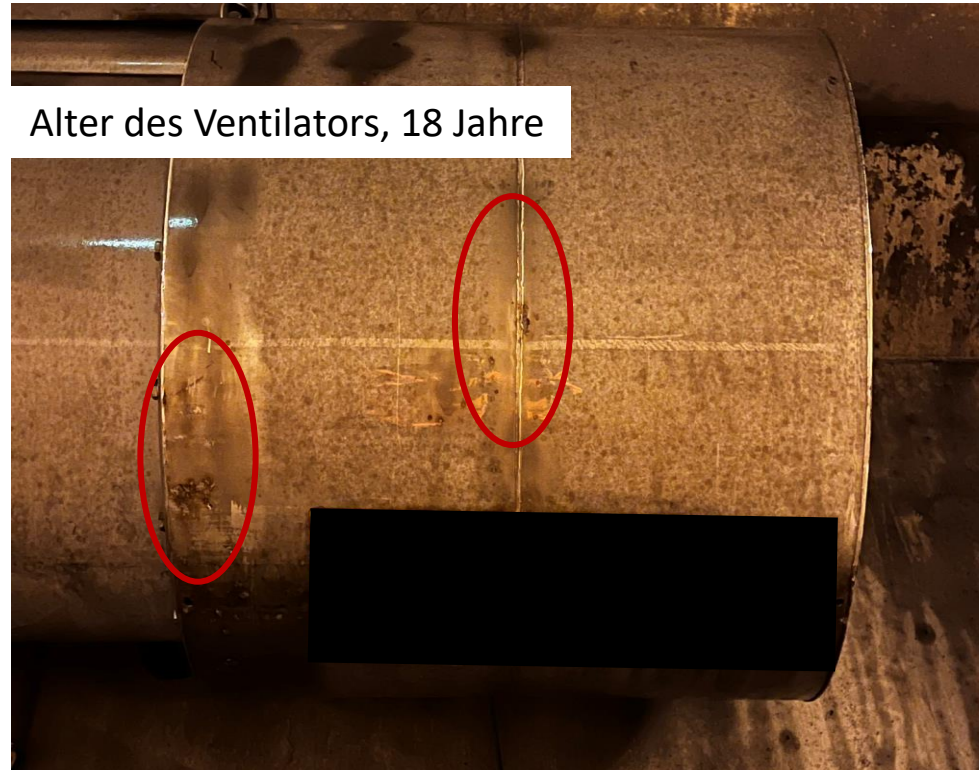
Links: Stark korrodierter Schalldämpfer (CRC III) bei Strahlventilator.

Rechts: Plötzliches Bauteilversagen (Nietverbindung – CRC III) beim Einschalten des Ventilators – hohes Gefahrenpotential.

# Vorgaben diverser Hersteller als Prävention gegen Korrosion – Regelmäßiges Reinigen der Ventilatoren (seit 2007)



Alter des Ventilators, 18 Jahre



Regelmäßig gereinigter Schalldämpfer (1/a), dennoch mäßig bis ausgeprägte Lochkorrosion

**Richtungsverkehrstunnel, 860 Meter**

Zeitaufwand mit Rüstzeit:

- Je Ventilator ca. 12 Minuten
- Anzahl der Lüfter: 28
- Zeitaufwand Reinigung  $\approx$  5,6 h, **ohne** Veränderung der Verkehrsführung (Außen-/Mittelwand)

# Exkurs – Korrosionsschäden an Aluminiumlegierungen – Laufräder bei Strahlventilatoren



Alter des Laufrades, 10 Jahre

Fotos: Straßen.NRW/Uwe Köstermann



Alter des Laufrades unbekannt

Fotos: ASTRA/Empa (CH)



Durch Spaltkorrosion aufgeplatzte Halbschalen an einem Ventilatorlaufrad (F<sub>400</sub>: Legierung, Verarbeitung fehlerhaft?)  
Vorgabe ZTV-ING-7-4 : Aluminiumlegierungen – Serie 5000 (Al-Mg-Legierungen)

→ gute Korrosionsbeständigkeit, Legierung kann Bestandteile an Mangan und Chrom enthalten –

Abgerissene Schaufeln am Strahlventilator: Aluminiumlegierungen – Serie 4000 (Al-Si-Legierungen)

→ nicht korrosionsbeständig, da Kupfer oder Eisen als Nebenbestandteile in der Legierung vorhanden –

- **Volkswirtschaftlichen Kosten** infolge **eingeschränkter Tunnelverfügbarkeit** hängen im Wesentlichen von der **Streckenklasse**, der **Auslastung** und dem **Verkehrsaufkommen** ab und **sind mit den folgenden Einflussfaktoren verknüpft:**
  - (Signifikante) **Verkehrsverlagerung** in das untergeordnete Netz
  - Erhöhter **Kraftstoff-/Stromverbrauch**
  - Erhöhte **Schadstoff- und Klimagasemissionen**
  - Erhöhter **Personalkosten** (z. B. Lkw-Fahrer) durch/und **Mehrreisezeiten**
  - Erhöhte **Unfallraten** (u. a. bei Verkehrsüberlastungen oder Baustellen)
- **Zusammenfassend ist festzustellen:**
  - **Volkswirtschaftlichen Kosten** wirken sich auf die **Regionalwirtschaft**, die **Umwelt** sowie auf den **Schutz von Leben und Sachwerten** aus.
  - In Abhängigkeit der Einflussfaktoren können sie pro Tag und Tunnelröhre **niedrige bis hohe sechsstelligen Beträge\*** erreichen.



## Erhöhung der Sicherheit und Nachhaltigkeit, Senken der Unterhaltskosten – Warum der Einsatz innovativer Werkstoffe im Straßentunnel sinnvoll und gut investiert ist

- Der **Einsatz** von rostfreien Stählen der **Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC IV** erreicht eine Verlängerung der **Nutzungsdauer** von **ca. 20 Jahren** auf rund **35 Jahren (+X)**.
- Die **Tunnelsicherheit** kann durch das **Vermeiden von Korrosion** weiter **erhöht ↑** werden.
- Eine **längere Nutzungsdauer** bedeutet auch mehr **Nachhaltigkeit bei der Tunnelausstattung**; jedes Bauteil, was vorzeitig ausgetauscht werden muss, ist ein CO<sub>2</sub>-Emittent (CO<sub>2</sub>-Emission ↓).
- **Wartungseinsätze** können **kürzer** erfolgen – der **Einfluss** auf den **Verkehr** und die **Verkehrssicherheit** **sinkt ↓**, die **Tunnelverfügbarkeit** und **-sicherheit steigt ↑**.
- In der **mittel- bis langfristigen** Betrachtung **sinken die Kosten ↓** für den **technischen Unterhalt**.

# Schlussfolgerungen – Neuer, verfügbarer technischer Standard bei Straßen.NRW sowie Novellierung der ZTV-ING-7-4

Einsatz von rostfreien und unlegierten Stählen bei der Betriebs- und Sicherheitsausstattung (BSA) in den Straßen- sowie Geh- und Radwegtunneln von Straßen.NRW

- **Neue, interne technische Vorgaben** für die Verwendung und den Einsatz von rostfreien Stählen in den **Straßentunneln** von **Straßen.NRW**.
- **Bewusstes Abweichen** von der aktuellen **ZTV-ING, Teil 7, Abschnitt 4** im Bereich der Material- bzw. Werkstoffvorgaben.
- **Veränderte Planungs- und Ausschreibungspraxis (inkl. Konstruktionsvorgaben).**
- **Monitoring Bestandstunnel:** Regelmäßige Inaugenscheinnahme der Betriebs- und Sicherheitsausstattung (BSA) im Zuge der Tunnelwartung und Bauwerksprüfung (DIN 1076).
- **BMV/BAST: Anpassung des bundesdeutschen Regelwerkes (ZTV-ING, ggf. RE-ING),** **perspektivisch bis Ende 2026.**



**Straßen.NRW**  
Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen

## Pilotprojekt Tunnel Menkhauser Berg (L751, Oerlinghausen)



# Erkenntnistransfer und Integration der Forschungsergebnisse für den Tunnel Menkhauser Berg – Strahlventilator aus Werkstoff 1.4462 – CRC IV

Werksabnahme (Straßen.NRW) u. a. Standschubmessung



Fotos: Straßen.NRW/Uwe Köstermann

Anlieferung im Tunnel



# Übertragung und Integration der Forschungsergebnisse für den Tunnel Menkhauser Berg – Nabentopf und Schalldämpfer mit Strahlableiter



## Werksabnahme (BAM) zum Metallbau:

- Schweißnähte am Nabentopf (Motoraufnahme Leitwerk) und am Strahlableiter noch nicht nachbehandelt (Anlauffarbenbeseitigung, Beizen, Passivieren)
- Schalldämpfer, Tauchbad gebeizt, montagefertig

# Übertragung und Integration der Forschungsergebnisse für den Tunnel Menkhauser Berg – Verschweißtes Lochblech am Schalldämpfer eines Strahlventilators



## Werksabnahme (BAM) zum Metallbau:

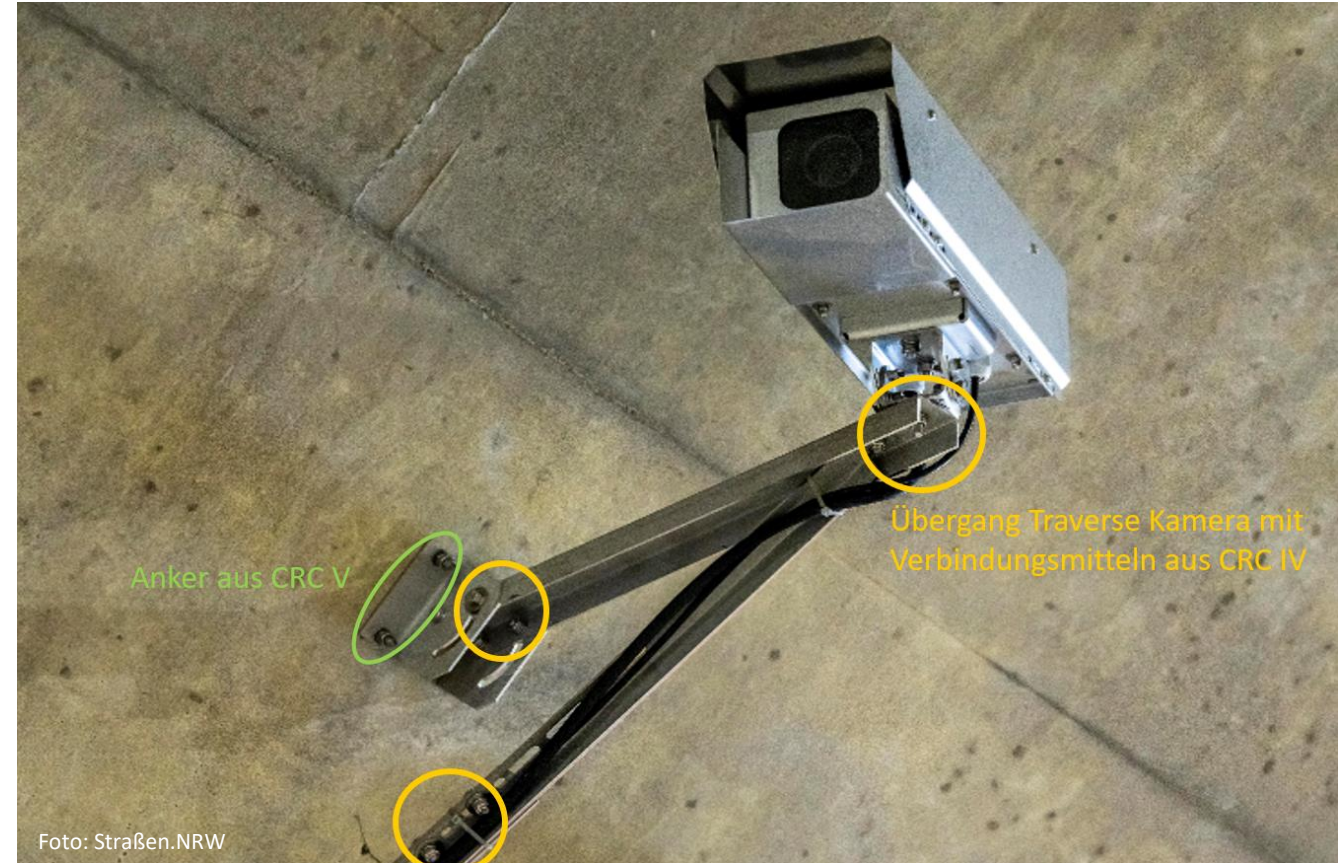
- Schweißnaht aus rostfreiem Stahl mit fachgerechter Nachbehandlung
- Bei der Werksabnahme waren (insgesamt) keine einschränkenden Schadstellen festzustellen
- Sehr hoher Qualitätsstandard beim Hersteller

# Übertragung und Integration der Forschungsergebnisse für den Tunnel Menkhauser Berg – Erster Einsatz von Duplexstahl im Straßentunnel



- Drei neue Strahlventilatoren aus Duplexstahl 1.4462 (exklusiv Motorwelle, Laufrad und Aufhängekonstruktion)
- Beschichtung Antriebsmotor gemäß DIN 12944-5 C5 (vh) - Sollsichtdicke des Beschichtungssystems insgesamt 320 µm
- Die erwartete Nutzungsdauer der Ventilatoren beträgt bei einer geplanten Zwischenrevision des Motors 35 Jahre (+ X)

# Übertragung und Integration der Forschungsergebnisse für den Tunnel Menkhauser Berg – Erster Einsatz von Duplexstahl im Straßentunnel



- Stiel/Träger Sichttrübe messung aus Duplexstahl 1.4462 (CRC IV)
- 2.100 Verbindungsmittel an Kameragehäusen, am Kabeltragsystem und bei weiteren Befestigungen aus Duplexstahl 1.4462 (CRC IV)



## Kontakt

Uwe Köstermann

**Landesbetrieb Straßenbau NRW**

Betriebssitz Gelsenkirchen

Wildenbruchplatz 1

D-45888 Gelsenkirchen

Tel.: +49(0)209/3808-454

Mobil: +49(0)172/2537787

Mail: [uwe.koestermann@strassen.nrw.de](mailto:uwe.koestermann@strassen.nrw.de)

