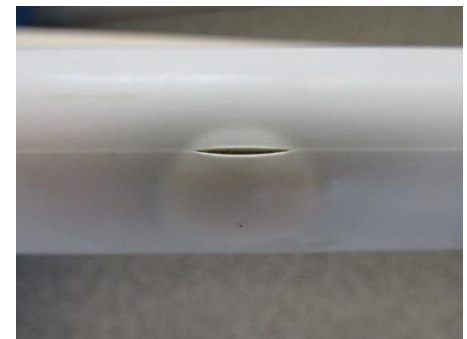


Schadenfälle an Aluminium- Kunststoff-Verbundrohren

Bundesinnung der Sanitär-, Heizungs- und
Lüftungstechniker

13. Juni 2024, Wien

Michael Strigl



Sachverständigenbüro Dr. Strigl GmbH

- Dr. Meinhard Strigl seit 1997 als allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger tätig
- Michael Strigl seit 2001 Mitarbeiter im Büro des Vaters, Studium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau an der TU Wien
- ca. 250 Schadenfälle im Jahr
- ca. 100 – 150 Bauteiluntersuchungen jährlich
- davon ca. 10 – 20 % Kunststoffrohre



Bauteiluntersuchungen

- Stereomikroskop
- Lichtmikroskop
- Kleinlast- und
Mikrohärteprüfung
- Zusammenarbeit mit
TU Wien (REM, EDX, etc.)



Aluminium-Kunststoffverbundrohre:

→ Rohraufbau

- Inliner
- innere Haftvermittlerschicht (PE/PP-Copolymer)
- Stabilisationsrohr (längsgeschweißtes Aluminium)
- äußere Haftvermittlerschicht
- Außenschutzschicht (Exliner)

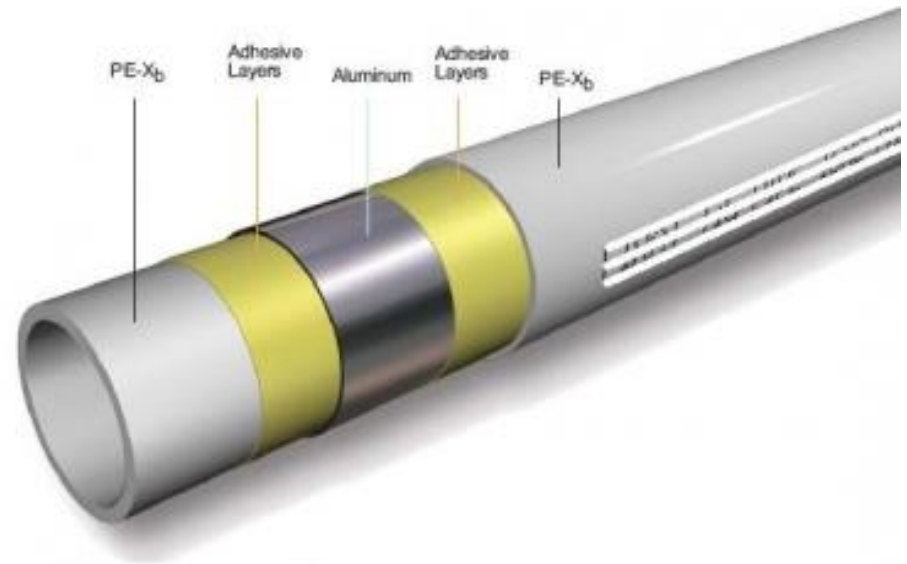
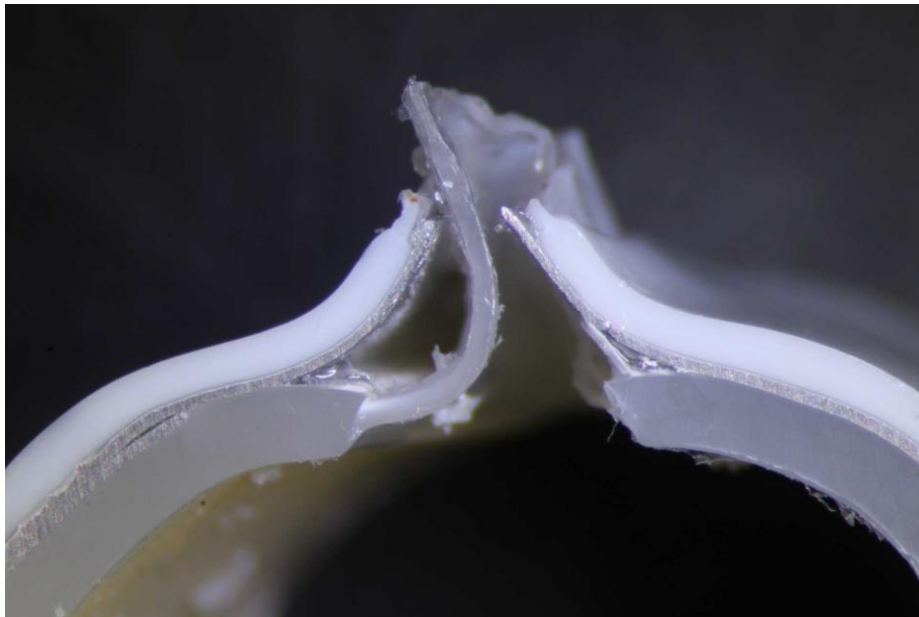


Abb.: Beispielbild

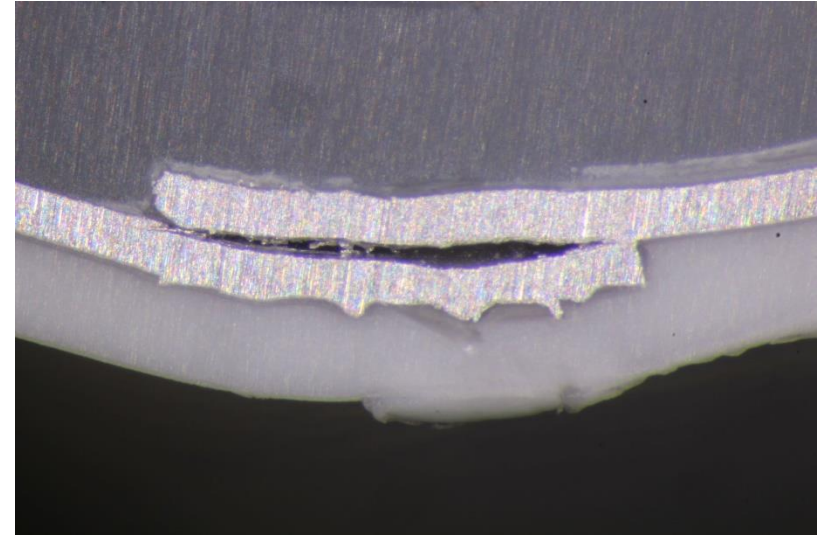
Schadenfälle an Verbundrohren



→ Schaden durch Übertemperatur

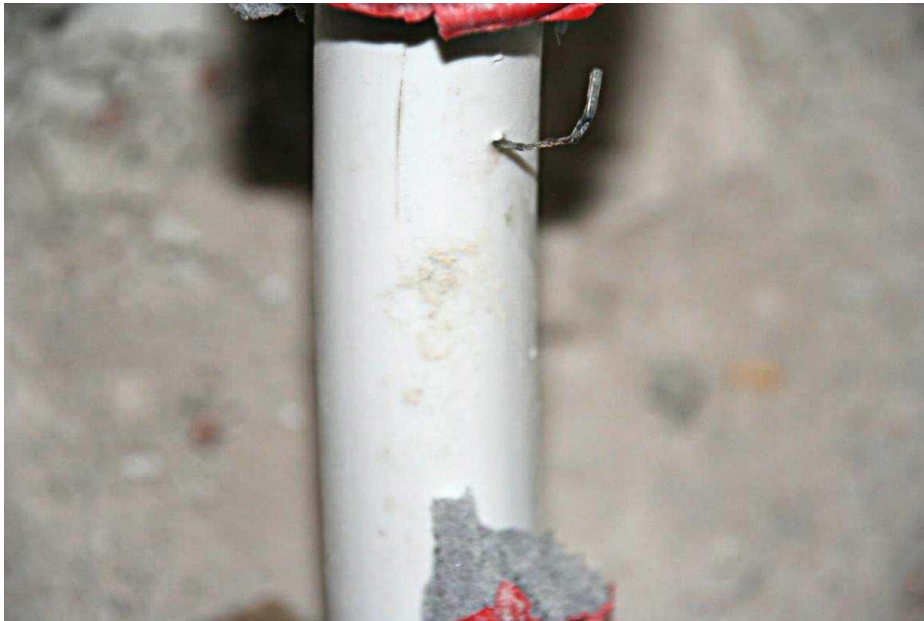


→ Schaden durch
Frosteinwirkung

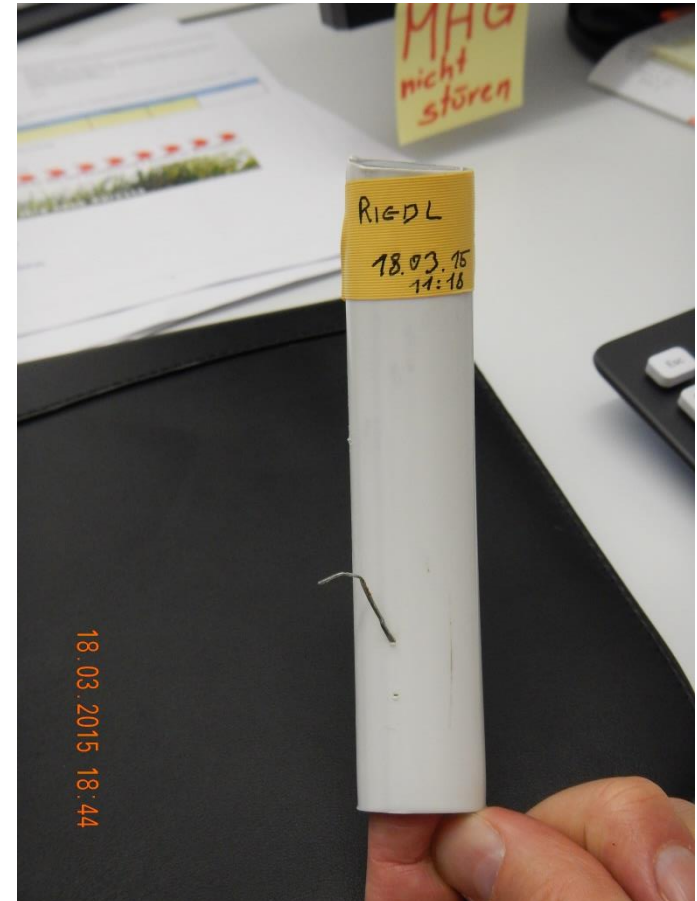


→ Schaden durch
Produktionsfehler

Ursache: nicht verschweißte Längsnaht des
Aluminiumrohres



→ Schaden durch
Tackerklammer



→ Schaden durch
Aluminium-Korrosion



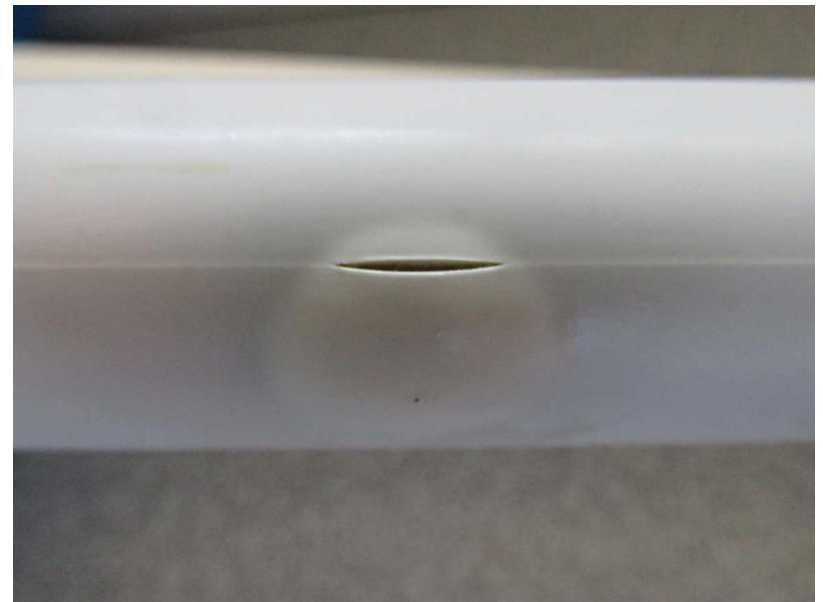
Ursache: ungeschützte Verlegung
in zementgebundener Schüttung

→ Blasenbildung



Abb.: Blasen an der Außenschutzschicht

- Blasenbildung an der äußeren Rohroberfläche der Warmwasserrohre
- Kaltwasserleitungen sind von Blasenbildung meistens nicht betroffen
- Wasseraustritt erfolgt an „aufgeplatzten“ Blasen
- Problematik nicht auf einen Hersteller begrenzt



Einsatzbereich:

(typische Herstellerangaben)

- Betriebstemperatur: 70° Celsius
- Kurzzeitbelastung bis 95° Celsius
- Betriebsdruck: 10 bar
- Chlor- und Chlordioxidinfektion im Rahmen bestehender Normen kein Problem

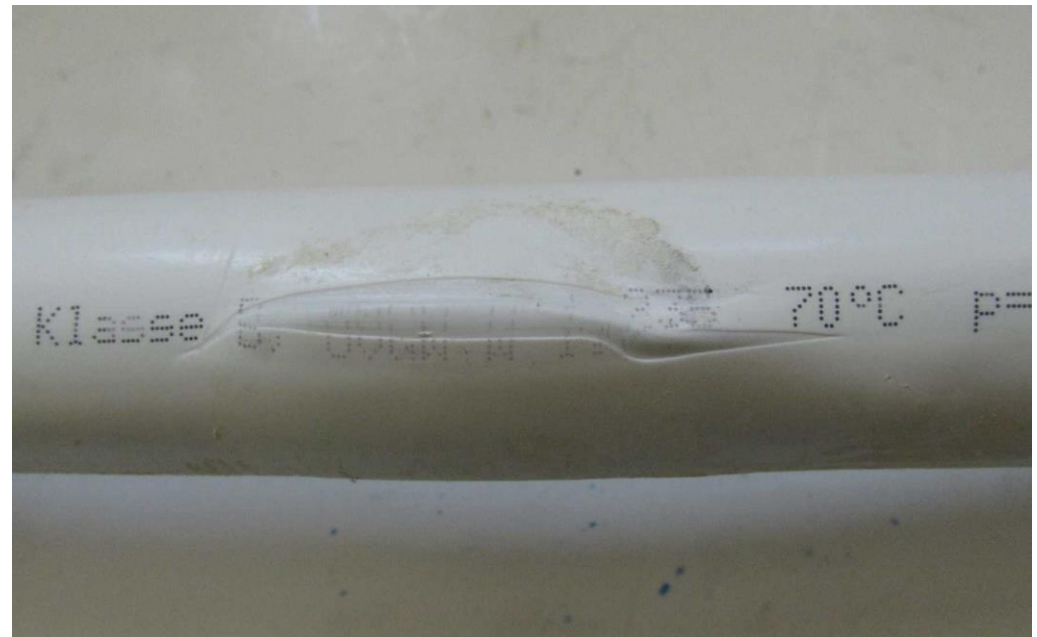


Abb.: Blase an der Außenschutzschicht

Betriebsbedingungen nach EN ISO 201003

- Trinkwasserinstallation: Klasse 2
- der zulässige Betriebsdruck entspricht dem höchsten Systembetriebsdruck MDP nach EN 806-1
- Berechnungstemperatur: Temperatur oder Temperaturkollektiv des transportierten Wassers, bezogen auf die Bedingungen, für die das Rohrleitungssystem ausgelegt ist

Tabelle 1 — Klassifizierung der Betriebsbedingungen

Anwendungs- klasse	Berechnungs- temperatur T_D °C	Betriebs- dauer ^b bei T_D Jahre	T_{max} °C	Betriebsdauer bei T_{max} Jahre	T_{mal} °C	Betriebs- dauer bei T_{mal} h	Typischer Anwendungs- bereich
1 ^a	60	49	80	1	95	100	Warmwasser- versorgung (60 °C)
2 ^a	70	49	80	1	95	100	Warmwasser- versorgung (70 °C)
4 ^b	20 plus kumulativ 40 plus kumulativ 60	2,5 20 25	70	2,5	100	100	Fußbodenheiz- ung und Nieder- temperatur- Radiatoren- anbindungen
5 ^b	20 plus kumulativ 60 plus kumulativ 80	14 25 10	90	1	100	100	Hoch- temperatur- Radiatoren- anbindungen
ANMERKUNG Für Werte von T_D , T_{max} und T_{mal} , die die in dieser Tabelle angegebenen Werte überschreiten, gilt diese Norm nicht.							
^a Ein Staat kann entsprechend seiner nationalen Vorschriften entweder Klasse 1 oder Klasse 2 auswählen.							
^b Ergibt sich für eine Anwendungs-kategorie mehr als eine Berechnungstemperatur für die Betriebsdauer und die damit verbundene Temperatur, sollten die zugehörigen Zeiten der Betriebsdauer addiert werden. „Plus kumulativ“ in der Tabelle impliziert ein Temperaturkollektiv der genannten Temperatur für eine Betriebsdauer (z. B. setzt sich das Temperaturkollektiv für eine Dauer von 50 Jahren für Klasse 5 wie folgt zusammen: 20 °C über 14 Jahre, gefolgt von 60 °C über 25 Jahre, gefolgt von 80 °C über 10 Jahre, gefolgt von 90 °C über 1 Jahr, gefolgt von 100 °C über 100 h).							

Abb.: Auszug EN ISO 21003 – Mehrschichtverbund-Rohrleitungssysteme für die Warm- und Kaltwasserinstallation innerhalb von Gebäuden

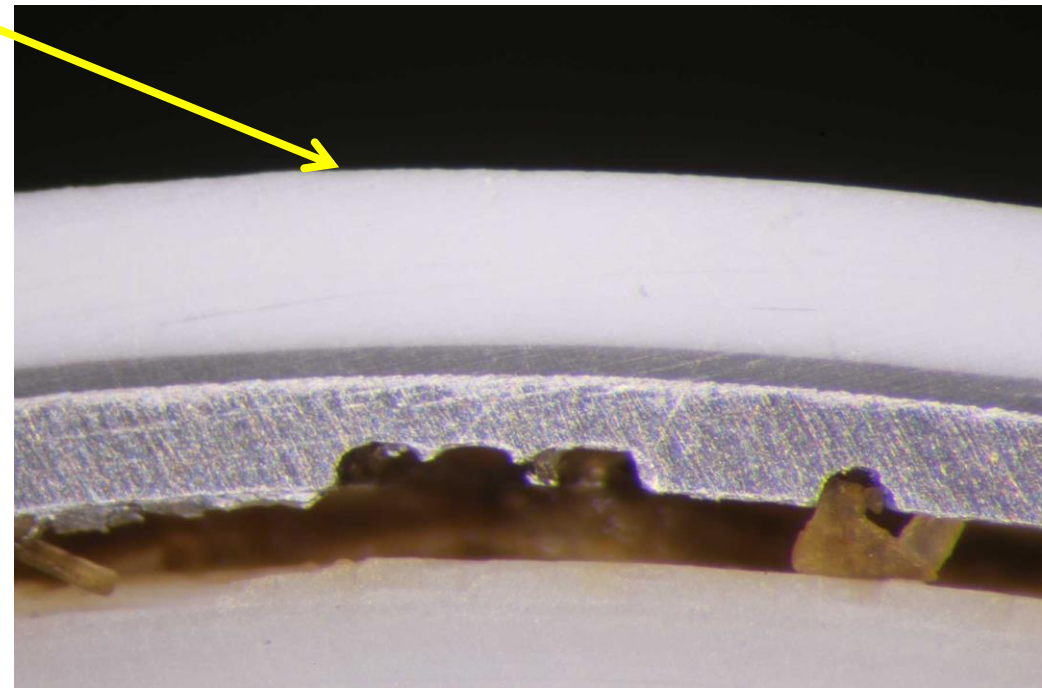


- innere PE-Schicht löst sich ohne Kraftaufwand vom Aluminium-Stabilisationsrohr
- Haftvermittlerschicht geschädigt



Abb.: Korrosion beginnend an der
Innenoberfläche des Aluminiumrohres

- Ablösen bzw. Degradation des Haftvermittlers ermöglicht Diffusion von Wassermolekülen durch Inliner
→ Auslöser für Korrosion am Aluminiumrohr



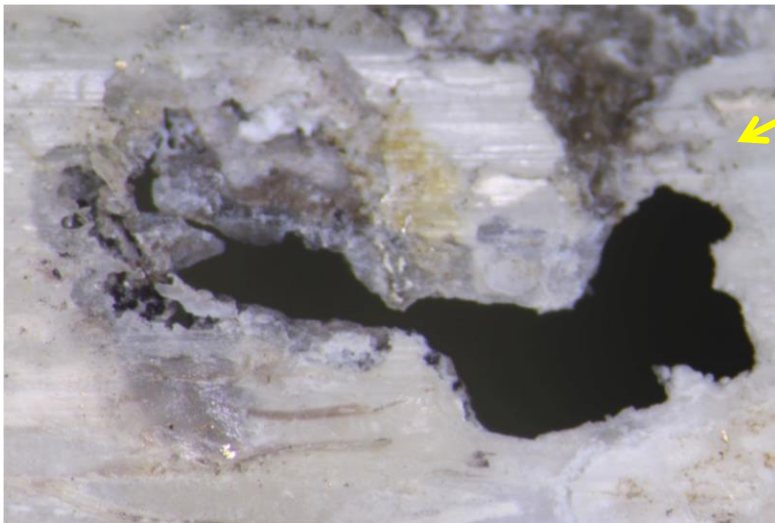
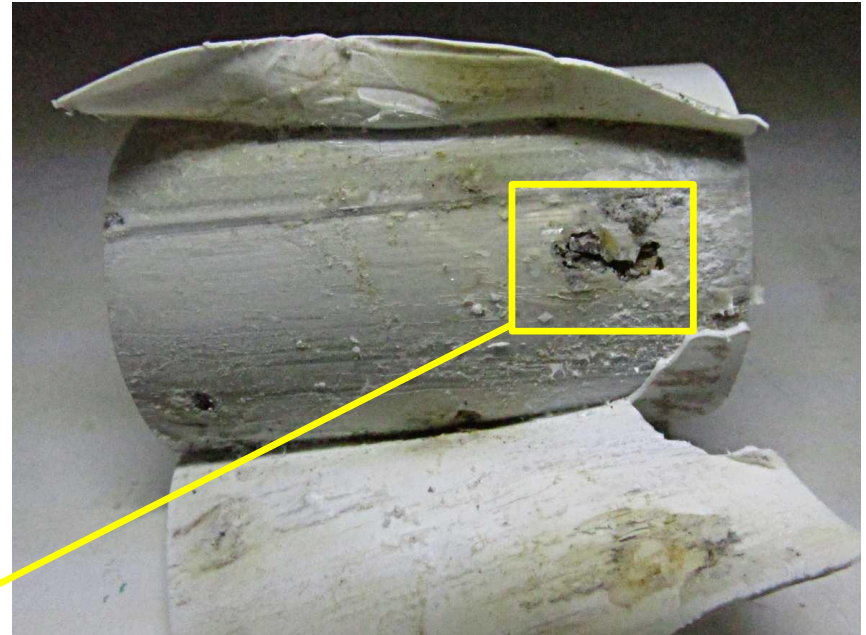


Abb.: Durchbruch des Stützrohres zufolge von Korrosion,
ausgehend von der Innenseite

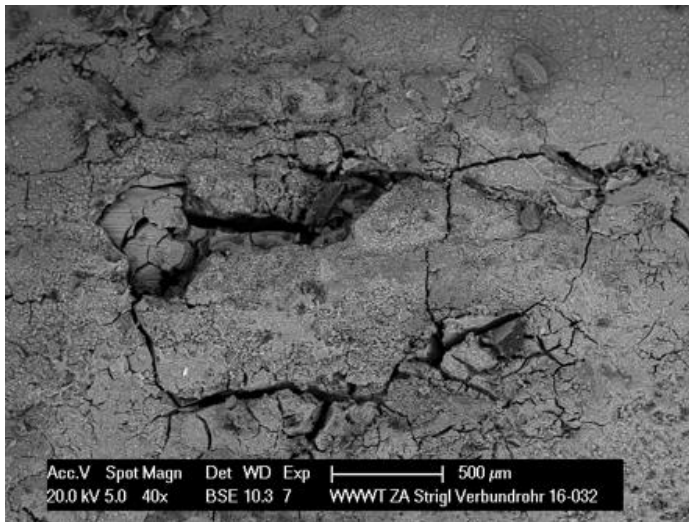
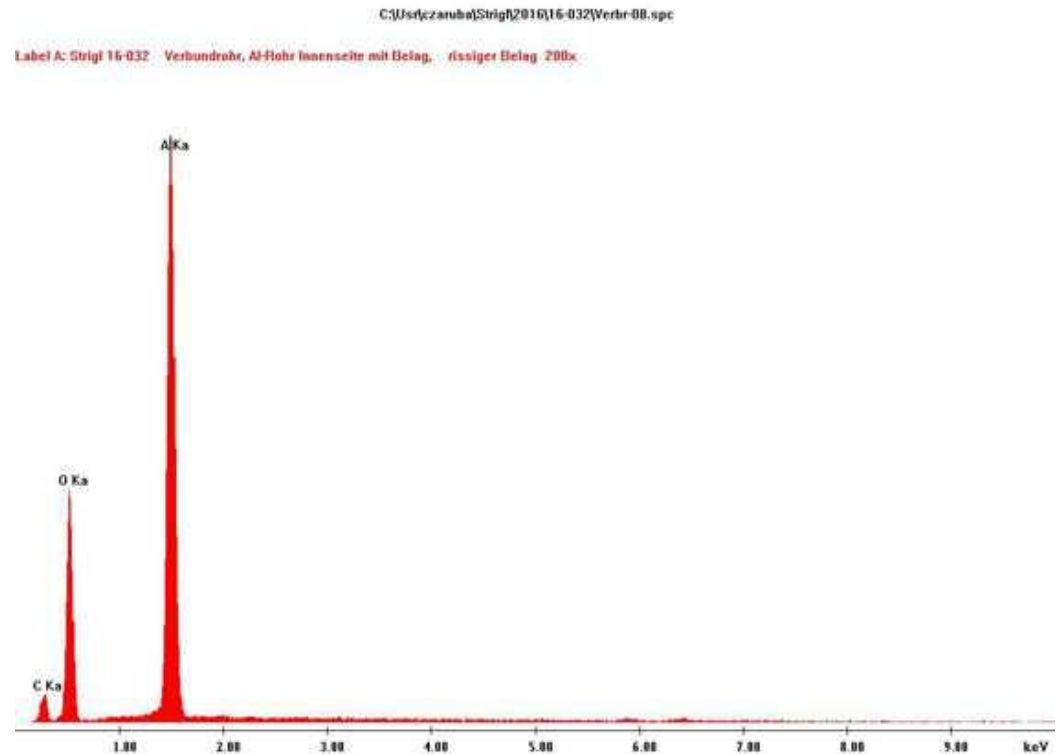


Abb.: Aluminiumoberfläche mit Belägen
im REM

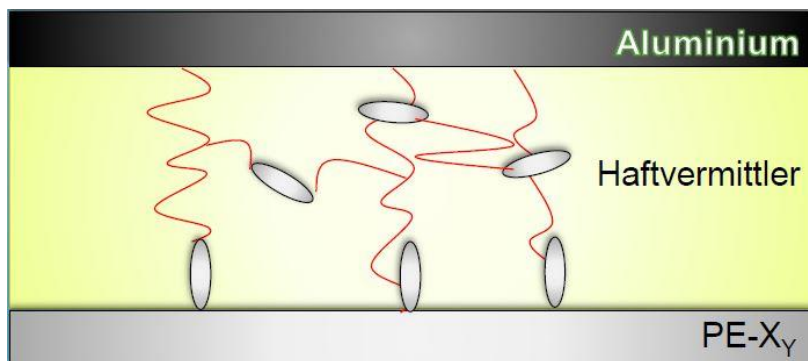
- bei EDX-Analyse auf Aluminiumoberfläche keine Chloride, etc. nachweisbar



Haftvermittler - Schädigungsmechanismus

- Wärmeausdehnung von Kunststoff ca. 10-mal höher als von Aluminium
- „Chemische“ Brücken-Verbindungsschicht als Haftvermittler an PE und Aluminium (z.B. Polyethylen-Maleinsäurehydrid)
- Feuchtigkeit löst Haftvermittler auf → produziert freie Maleinsäure → Korrosion von Aluminium → Volumenausdehnung und Blasenbildung

Quelle: Dr.-Ing. Beate Heisterkamp, Materials Consulting, Witten



Grafik: Dr.-Ing. Beate Heisterkamp, Materials Consulting, Witten

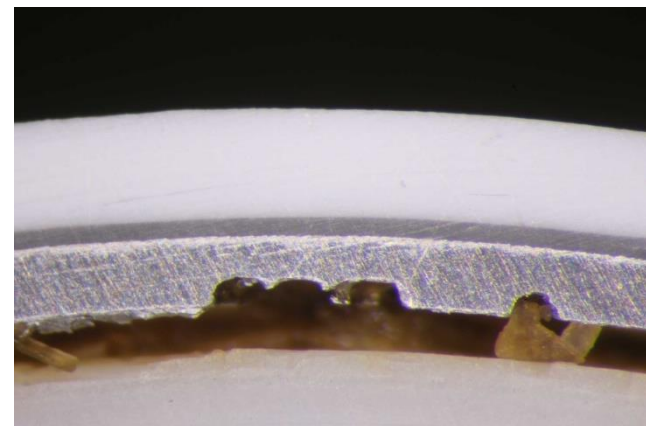
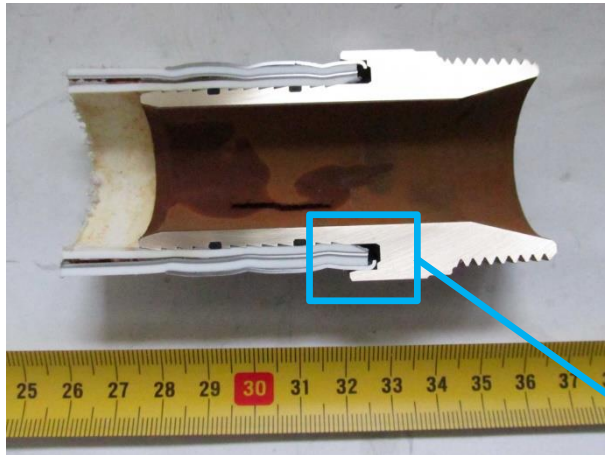




Abb.: Inliner an den Schnittstellen der Probenstücke eingezogen

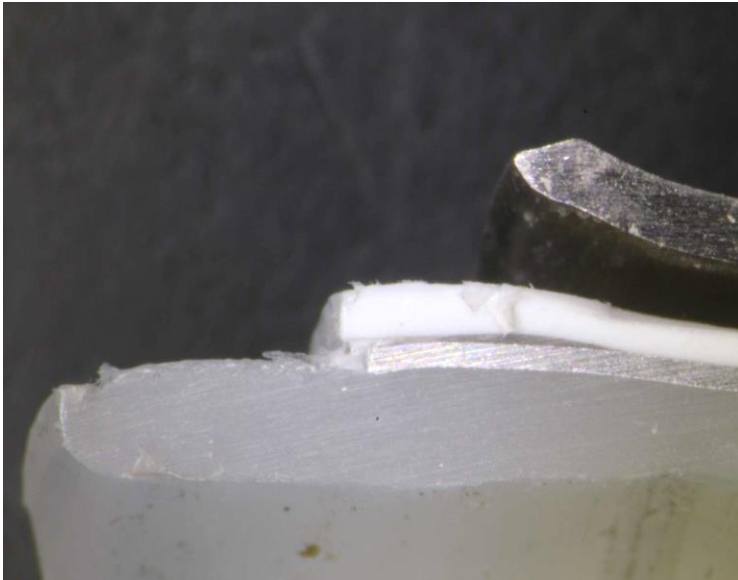
→ mögliches Indiz für Schaden durch Überhitzung



Makroschliff durch Presshülse am Boileranschluss
→ wärmste Stelle im System



Betrieb mit „Übertemperatur“ müsste sich
an dieser Stelle am stärksten auswirken



≠

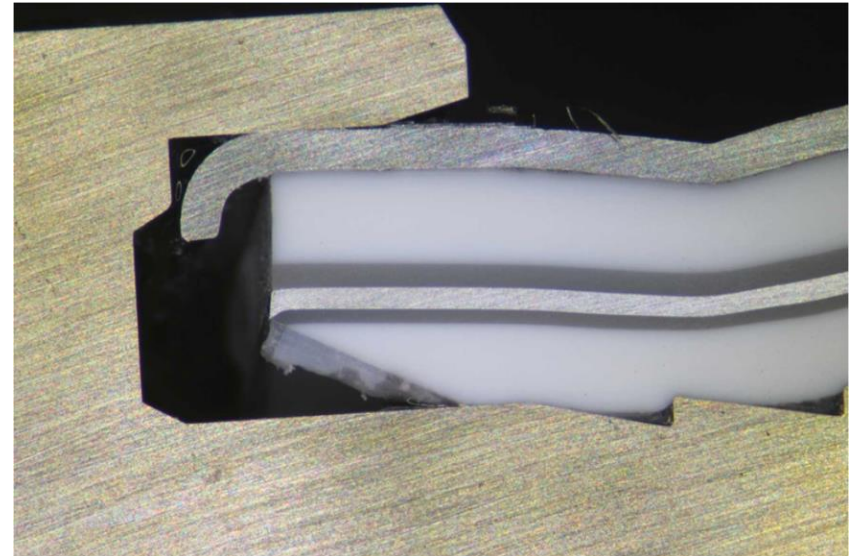


Abb.: Beispielbild aus anderem Schadensfall -
Verbundrohr mit Presshülse → Überhitzung

Abb.: schadengegenständliches Verbundrohr

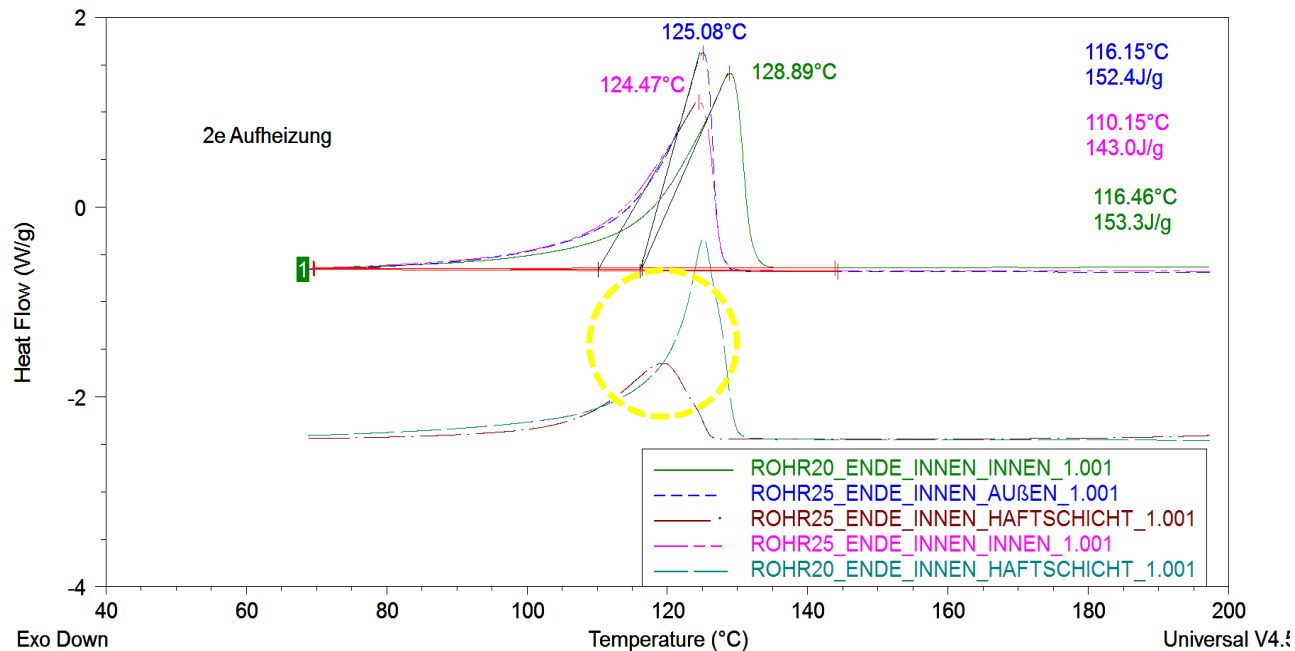
→ bei längerem Betrieb mit übermäßig hoher Temperatur kommt es zufolge der Vorspannung der Presshülse und der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zum „Fließen“ bzw. Verschieben der Schichten gegeneinander

• Aufheizkurven der DSC-Analyse

DSC.....dynamische Differenzkalorimetrie
 (Messung des aufgenommenen bzw.
 abgegebenen Wärmestroms)

Curve 1: Rohr20_Enden_innen_innen_1

DSC File: V:\...ROHR20_ENDE_INNEN_INNEN_1.01

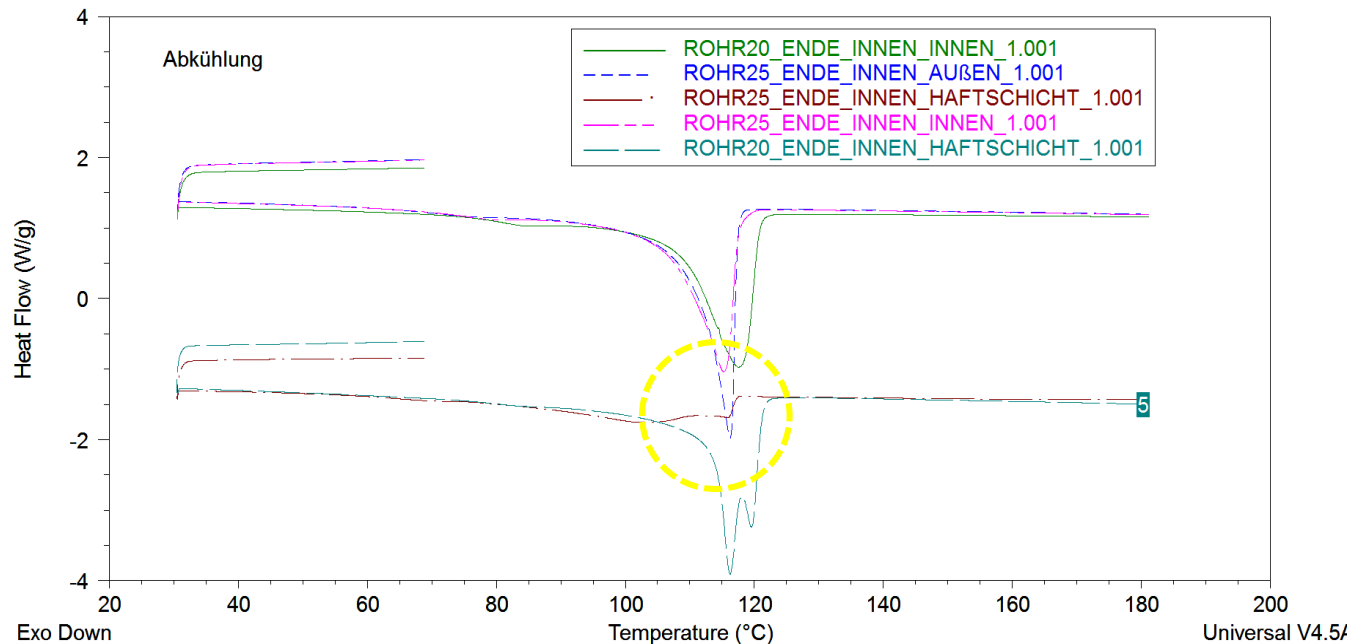


→ Schmelztemperatur der Haftvermittlerschicht des schadengegenständlichen Rohres niedriger als bei Vergleichsrohr

- Abkühlungskurven der DSC-Analyse

Curve 5: Rohr20_Enden_innen_Haftschrift_1

DSC File: ROHR20_ENDE_INNEN_HAFTSCHICHT..



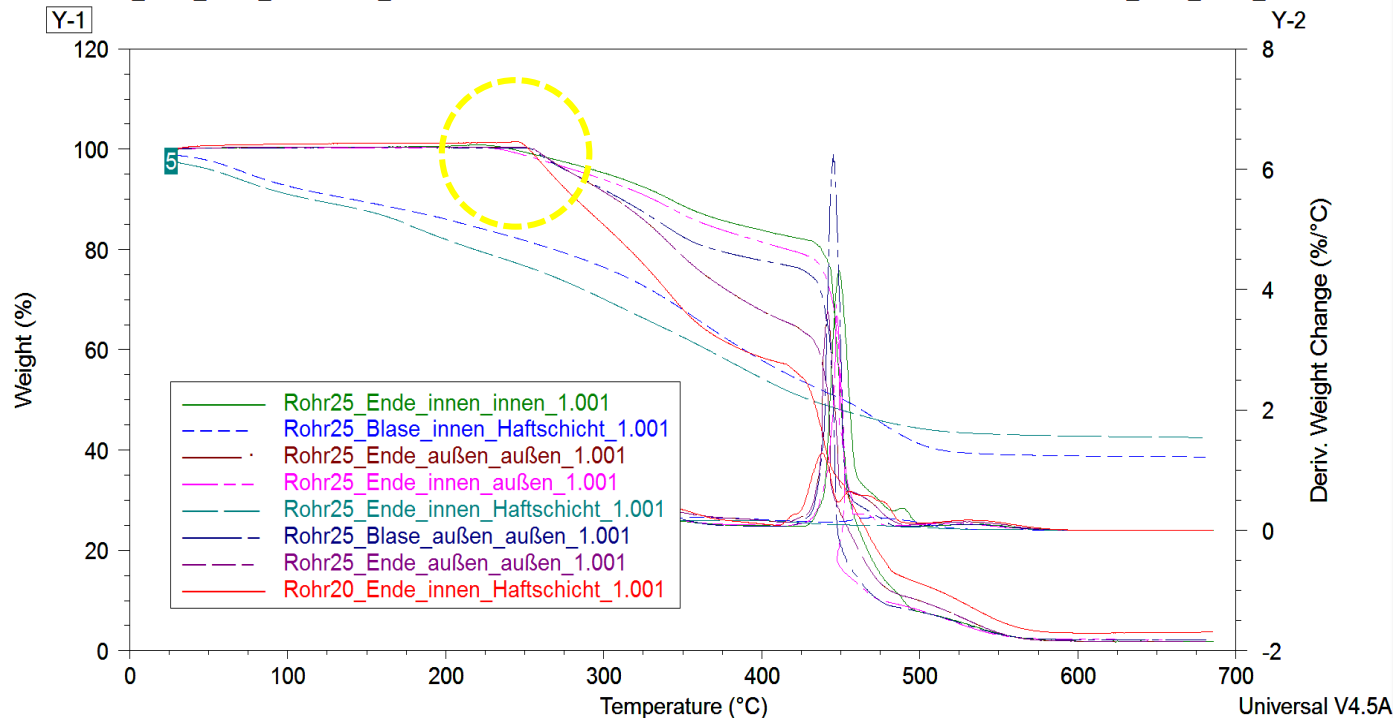
→ Haftvermittlerschicht des schadengegenständlichen Rohres zeigt anderes Kristallisationsverhalten als das Vergleichsrohr

- Thermogravimetrische Analyse (TGA)

TGA.....Bestimmung der Massenänderung einer Probe in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur

Curve 5: Rohr25_Ende_innen_Haftschrift_1

TGA File: Rohr25_Ende_innen_Haftschrift...



→ Haftvermittlerschicht des Vergleichsrohres zeigt bis ca. 250° Celsius stabiles Verhalten, Schädigung der inneren PE-Schicht eher auszuschließen

Schlussfolgerungen:

- „Blasenbildung“ zufolge vorzeitiger Alterung kann nach einem Bruchteil der normativen Lebensdauererwartung von 50 Jahren eine Erneuerung der gesamten Warmwasserinstallation notwendig machen
- als Auslöser für vorzeitige Alterung kommen sowohl der Einfluss der Betriebstemperatur, als auch chemischer Angriff (z.B. durch Desinfektion), oder eine Kombination aus beiden Einflüssen in Frage
- Produktionsfehler in Form von unzureichender Vernetzung, zu geringem Stabilisatorengehalt, etc. nur durch Untersuchung von Referenz- oder Rückstellproben überprüfbar
- Nachweis der kausalen Ursache im Schadensfall in vielen Fällen nur indirekt möglich
- DSC-Analysen bzw. OIT-Messungen dienen primär dem Schadensnachweis, erlauben aber keinen direkten Rückschluss auf den Schädigungsmechanismus

DR STRIGL Sachverständigenbüro

Sachverständigenbüro Dr. Strigl GmbH

Michael Strigl

Engilgasse 6
A – 1160 Wien

+43 (0)1 486 37 86

office@sv-strigl.at

www.sv-strigl.at

