

Schäden an Aluminium-Verbundrohren

Sachverständigenforum

Osnabrück, 07.12.2016

Dr.-Ing. Beate Heisterkamp

Materials Consulting, Witten

werkstoffberatung(at)dr-heisterkamp.de



VEREIN DER VEREIDIGTEN SACHVERSTÄNDIGEN
DER SHK-HANDWERKE NIEDERSACHSEN e.V.

EXPERTEN FÜR SICHERE HAUSTECHNIK

Diskussion über aktuelle Problemfälle



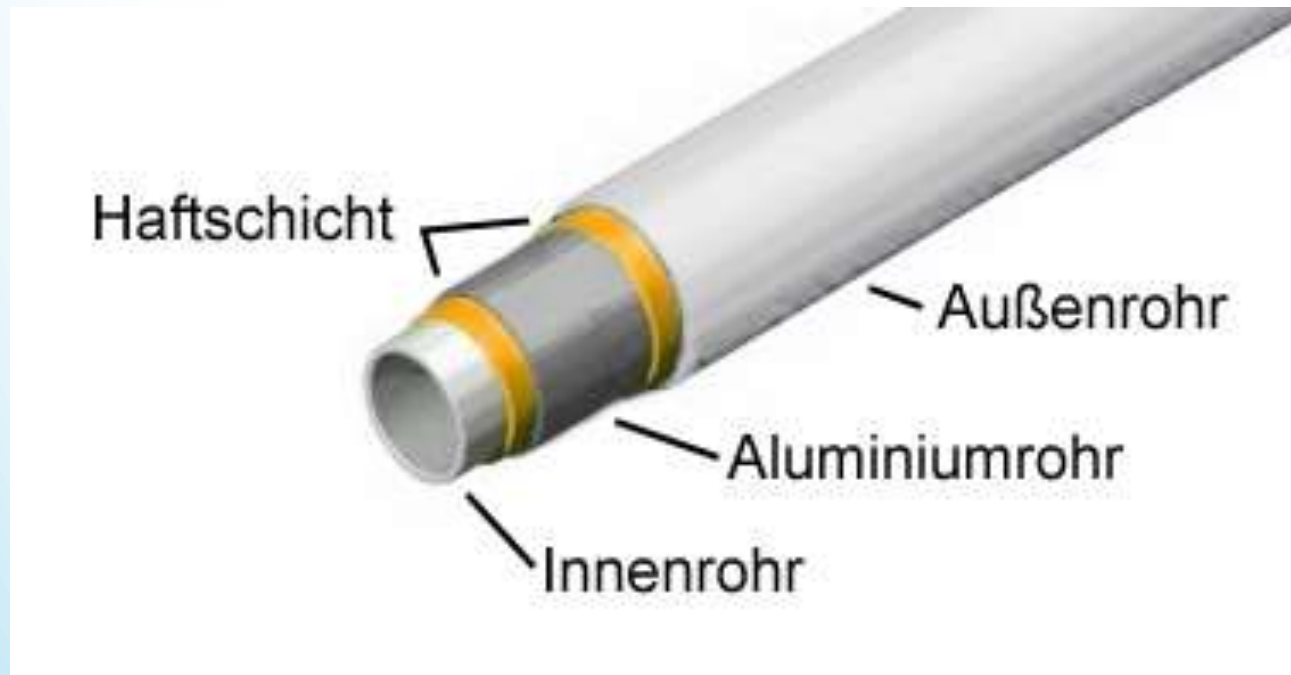
Aluminium-Verbundrohre



Foto: Michael Strigl

[Sachverständigenbüro Dr. Strigl, Wien \[1\]](#)

Aluminium-Verbundrohr



Exliner
Haftvermittler
Aluminium
Haftvermittler
Inliner
Medium

Grafik: [Sascha Pöschl \[1\]](#)

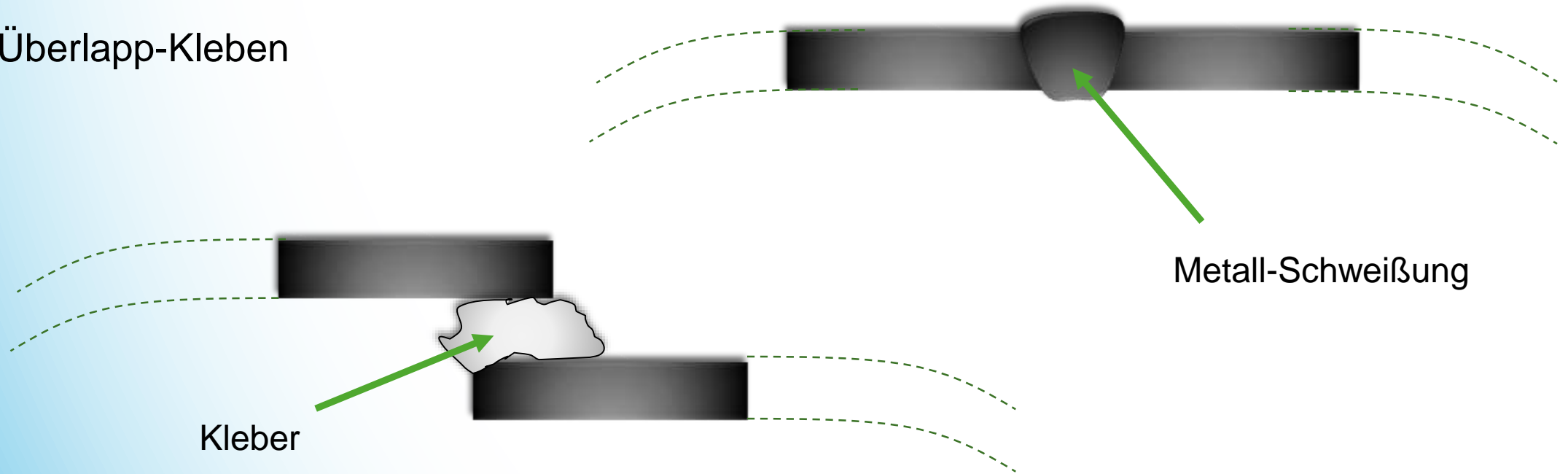
Bsp. Produktion Alu-Verbundrohr

- Abfolge: Inliner-Extrusion, Aluminiumband-Formen, Aluminium-Stumpfschweißen
- Das Polymergranulat wird aufgeschmolzen, durch eine Düse gepresst und dabei mit einer Kalibrierhülse auf Rundheit kalibriert.
- Ein Aluminiumband (-streifen) mit Haftvermittler wird um das innere Kunststoffrohr gebogen und verschweißt.
- Bilder unter SHK-Profi 6-2006

http://six4.bauverlag.de/sixcms_4/sixcms_upload/media/1232/gelungene_verbindung.pdf

Nahtformen

- Aluminium-Stumpfschweißen
- Überlapp-Kleben





Funktionen Aluminiumrohr im Verbund

- Rohrfestigkeit
- (Mechanische Rohrleitungsunterstützung, nicht zu empfehlen)
- Biegesteif / -freundlich bei der Verlegung
- Längenausdehnungsverminderer
- Gas- / Dampf-Permeationssperre

Aluminium-Verbundrohre



Mögliche Schadenstypen

Mögliche Schadensursachen für Undichtigkeiten



- Undichtigkeiten an verpressten Rohranschlussschellen
 - Aufkelchung durch Biegemoment
- Überhitzung
 - Rohr
 - Haftvermittler
- Blasenbildung / Risse an der Rohroberfläche
 - Enthftung des Inliners
 - Chemische Auflösung Haftvermittler
- Medienrisse durch Alterung / Autoxidation bei Desinfektion



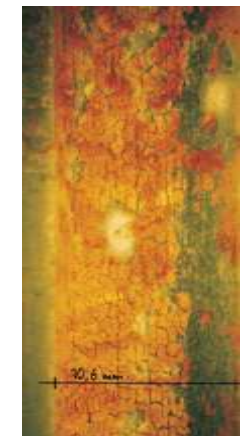
Mehrschicht-Verbundrohr und Wandwinkel, Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)



Überhitzung, Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)



Blase und Riss
Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)



Medienrisse in PP in Warmwasser nach 15 Jahren
Foto [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)



Aluminium-Verbundrohre

Undichtigkeiten
- durch Aufkelchung

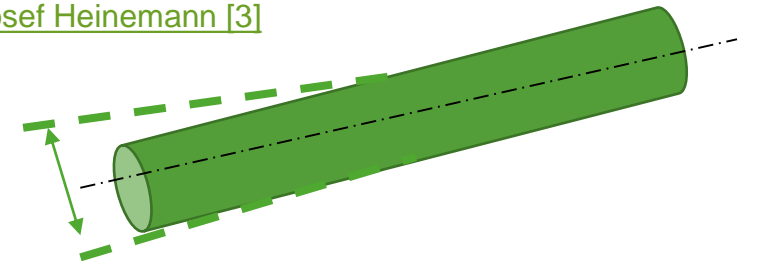
...

Aufkelchung Alu-Verbundrohr

- 10 % Aufkelchung ausreichend für
 - Schweiß- / Klebnaht geht auf
 - Haftung Haftvermittlerschicht geht lokal verloren
 - Schadensausbreitung durch Temperaturwechsel
- Ursache Biegemoment durch Montage möglich
 - Abfräsen des Gewindeanschlusses
 - Eindrehen des aufgehanften Anschlussgewindes
- Abhilfe: Biegemoment vermeiden
 - Wandwinkel verdrehsicher befestigen (nicht eingipsen), Biegeschenkel vorsehen
 - Pressverbinder fixieren



Mehrschicht-Verbundrohr
und Wandwinkel, Foto:
[Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)



Aluminium-Verbundrohre

Rätsel



[Grafik: OpenClipart-Vectors \[4\]](#)

Schadensursache für Wasserschaden?

- Dichtfunktion O-Ring (grüne Pfeile)?
- Ausreichend verpresst?
- Richtige Position?
 - Verpressung
 - Schlauchende

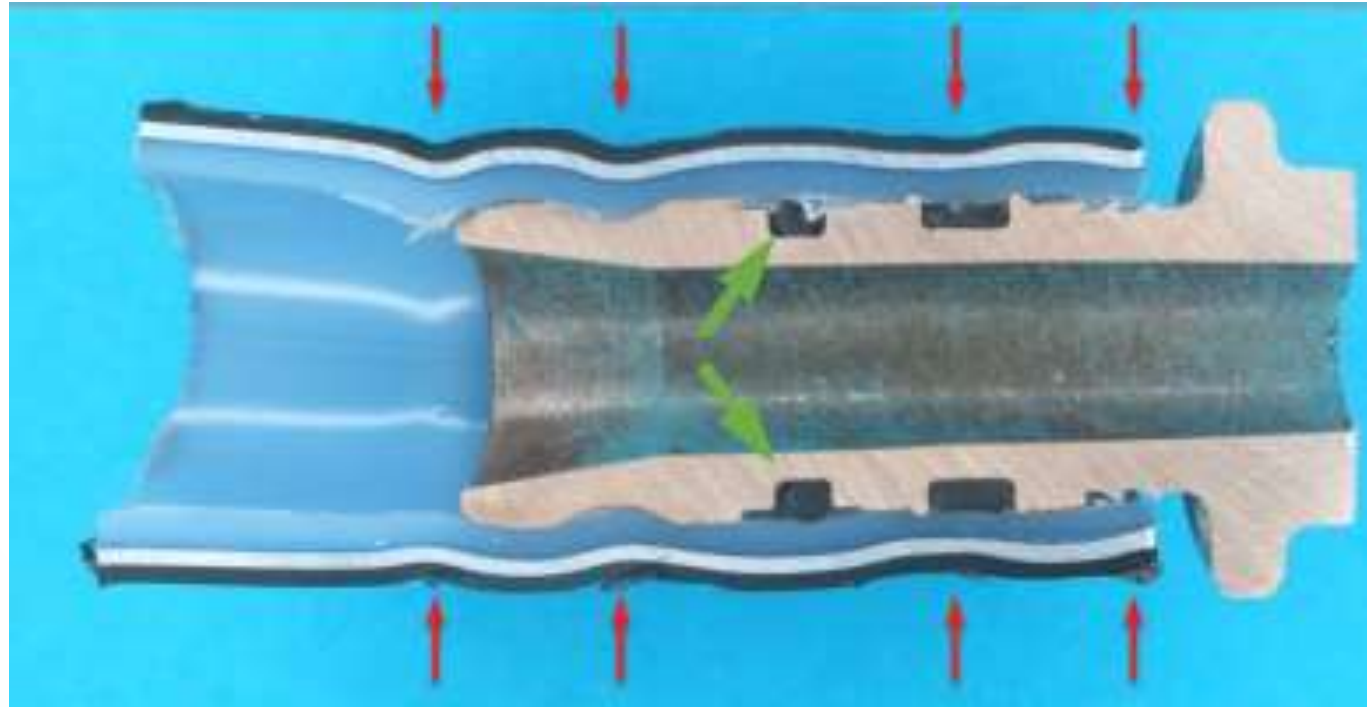


Foto Dr.-Ing. Korbinian Puchner, Werkstoffkundliche Schadensanalytik, Wessling [5]

Aluminium-Verbundrohre

Überhitzung



Überhitzung PE-Xa (ohne Alu) unter Druckbeanspruchung
Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)



Überhitzung PVC-C (ohne Alu) durch defekten Temperaturregler
Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Überhitzung an Alu-Verbundrohr

- Wärmste Stelle ansehen (meist Boileranschluss)
- Überhitzung
 - Versatz der Schichten durch unterschiedliche Wärmeausdehnung
 - Austritt des Haftvermittlers zwischen Exliner und Aluminium



Überhitzung

Überhitzung Alu-Verbundrohr
Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)



Überhitzung

Austritt Haftvermittler zwischen Exliner und Aluminium
Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Wärmeausdehnung Alu-Verbundrohr

- Wärmeausdehnung von Kunststoff ca. 10 x höher als von Alu
- Bsp. $\Delta T = +20 \text{ K}$ \rightarrow 5 m PE dehnt sich um 17 mm aus \rightarrow Schadensausbreitung durch mechanische Überlastung des Haftvermittlers



Abhilfe Überhitzungsschaden

Mögliche Ursachen (ca. > 100 °C)

Schornsteinfegermessung
Normalbetrieb → Nutzer befragen

Boilerdefekt
→ bröselige Korrosionskontaktscheiben
→ Überhitzungsanzeichen an PE

Kalkhaltiges Wasser
→ Kalkabplatzungen mit Übertemperatur

Keine Ursache

Legionellen-
schaltung
(aber ggf.
Schadens-
ausbreitung
durch
Temperatur-
wechsel)

Schadens- begrenzung

mehr
Rohrleitungs-
festpunkte
(nicht
nachhaltig)

Schadens- beseitigung

Austausch

100 °C

Aluminium-Verbundrohre



Chemische Auflösung Haftvermittler

Inliner-Ablösung

- Inliner löst sich leicht von Alu-Stützrohr (meterlang)
- Inliner eingezogen

Delle



Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)

Luftspalt

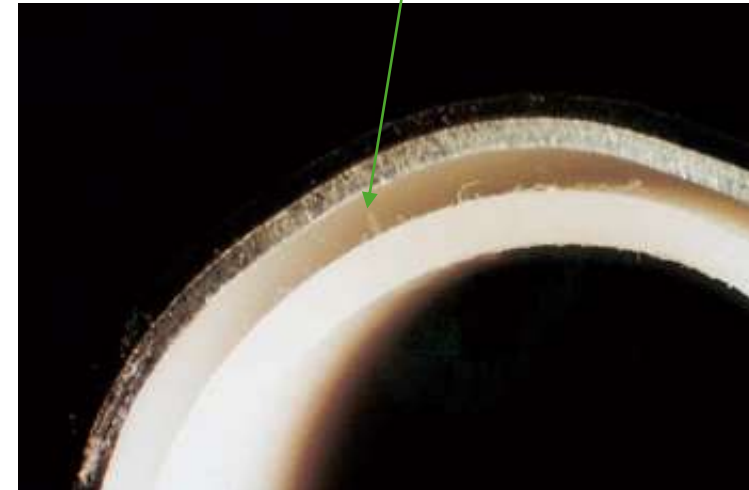


Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Haftvermittlerauflösung – Aussehen Rohr

- PE-X, PE-RT, oft erste Chargen bei massiver Zunahme der Marktanteile seit 2000er
- Kleine Blasen / Aufwerfungen in Linie auf der äußeren Oberfläche – besonders an Biegungen
- Längsrisse
- Schaden von innen nach außen, bröseliges Material innen
- „Brei“ innen, verfärbter Haftvermittler (oft rot)
- Undichter Fitting → Feuchtigkeit von Außen
- Löcher in Aluminium, darüber flüssigkeitsgefüllte Blasen
- Beginn der Undichtigkeit oft an den Stauchungspunkten der Alu-Presshülse (längsseitig eingerissen)



Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)



Haftvermittlerauflösung – System

- Nur Warmwasserleitung
 - Oft mehrere Jahre im Einsatz, Schaden außerhalb Gewährleistung
 - Mechanische Schäden sichtbar
 - Rohr unrund
 - Abknicken durch mechanische (Gewichts-) Last
 - „Verdämmliertes“ Aussehen

Haftvermittlerverarbeitung

- Bekanntes Produktionsverfahren
- Haftvermittler wie bei der Lackierung von Kunststoffteilen am Auto mit sehr hohen Stückzahlen
- Boom ab Ende der 90er für Rohre → jetzt gehäuft Schäden in der Hausinstallation? → Warum?



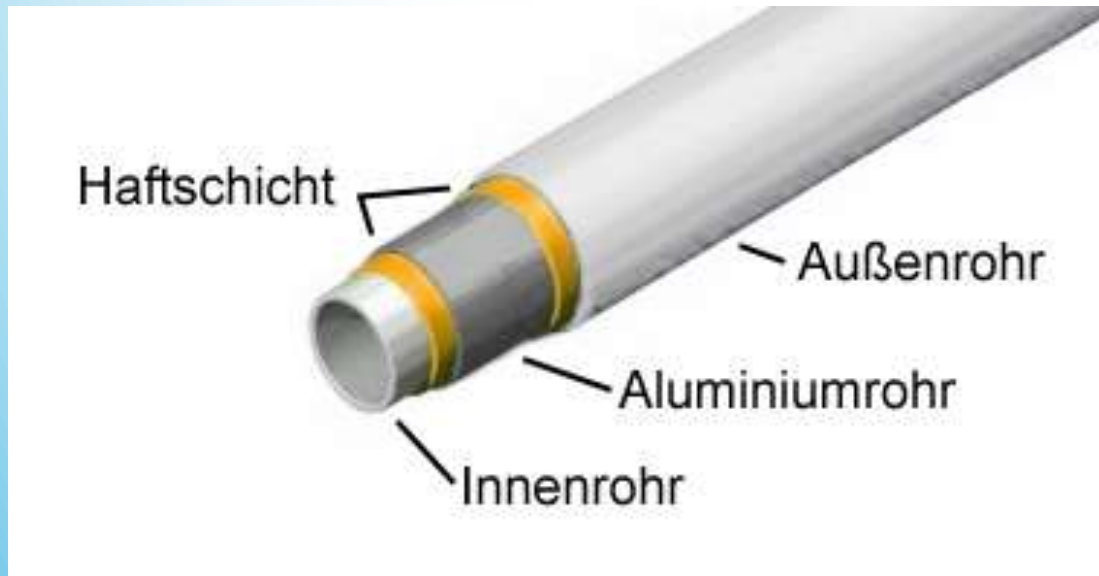
Foto: [Erich Westendarp \[6\]](#)



Foto: [Mike \[7\]](#)

Warum wird Haftvermittler gebraucht?

- PE unpolar, Aluminium polar



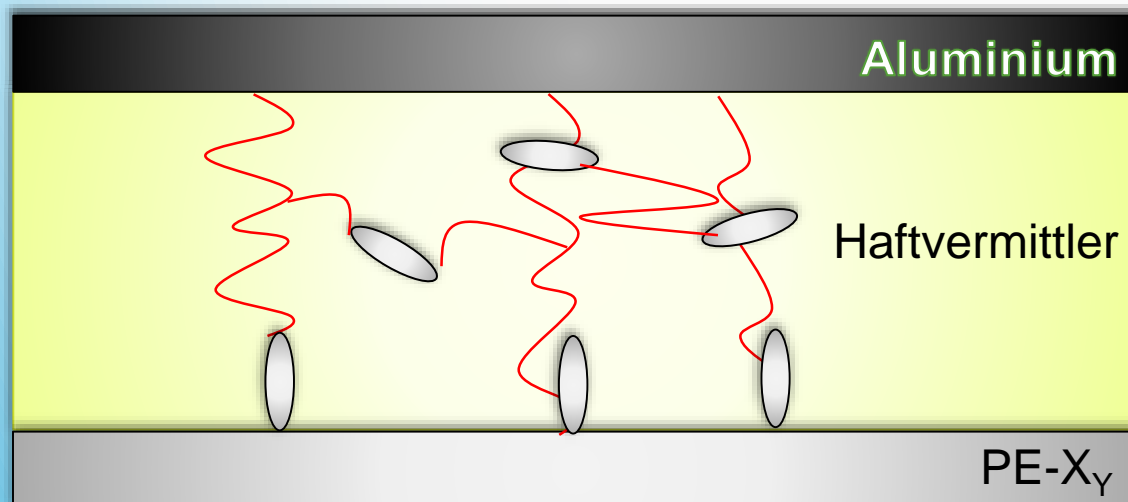
Grafik: [Sascha Pöschl \[1\]](#)



Foto: [Andrea Candraja \[8\]](#)

Aufbau Haftvermittler

- „Chemische“ Brücken-Verbindungsschicht (Haftvermittler aus CPO oder APO)
- z.B. Polyethylen-**Maleinsäureanhydrid** (PEMSA) bindet als Haftvermittler an PE und an Aluminium sowie untereinander



Grafik: Clker-Free-Vector-Images [9]



Foto: Ulrike Mai [10]

Schaden von Außen gesehen

- Risse und Blasen an Korrosionsstellen nach Feuchtigkeit von innen oder außen
- Ggf. Austritt von Haftvermittler am Pressverbinder
- Folgeschaden: Schrumpfeffekt mit Faltenwurf durch Temperaturwechsel nach Enthftung des Inliners innen



Foto: [Michael Strigl \[1\]](#)



PP-R Alu-Verbundrohr mit Schrumpf außen nach langer Temperaturwechselbelastung
Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Schadensmechanismus mit PE-Xc

- Mechanische Überlastung des Haftvermittlers
- PE-Xc – elektronenstrahlvernetzt, Fokus des Elektronenstrahls trifft PE nicht → Festigkeit PE wird nicht erreicht → lokal unterschiedliche Spannung an Haftvermittler beim Verarbeiten → Enthftung durch „Aufdehnen“ beim Biegen → Feuchteintritt

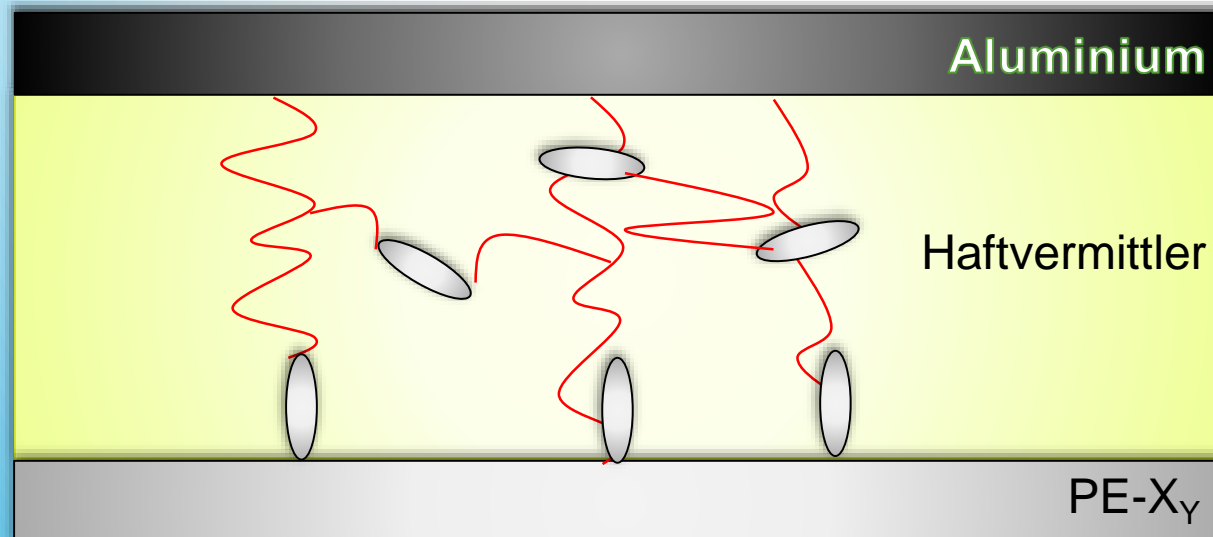
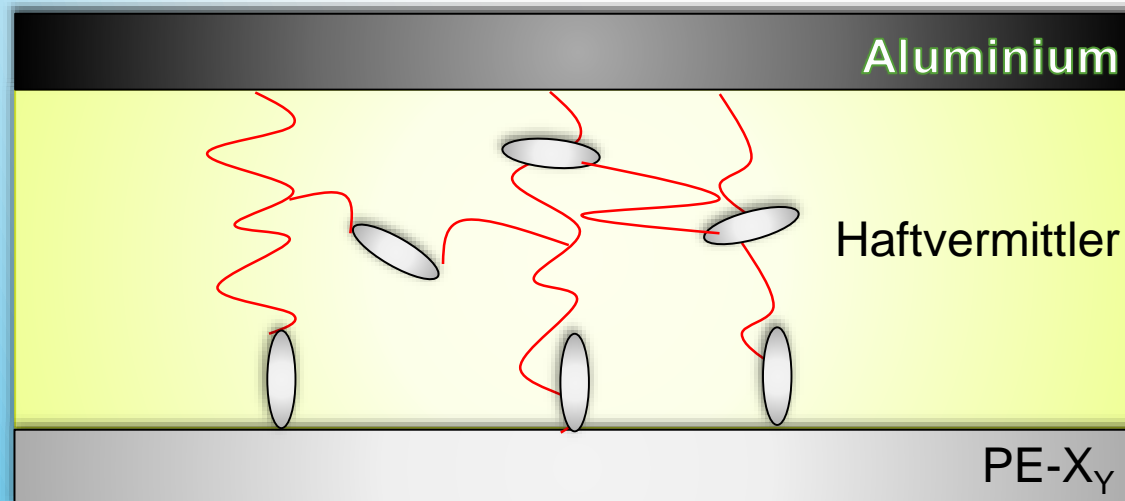


Foto: Silvia & Frank [11]

Mechanismus Auflösung Haftvermittler bei PE-Xb

- PE-Xb – silanvernetzt mit modifiziertem Maleinsäureanhydrid-Copolymer als Haftvermittler
- Feuchtigkeit löst Haftvermittler auf → produziert freie Maleinsäure → Korrosion von Aluminium → Volumenausdehnung und Blasenbildung → Enthftung des Inliners bzw. Löcher im Aluminium



Fotos: Michael Strigl [1]



Auflösung Haftvermittler: Aussehen der Blase

Von Außen



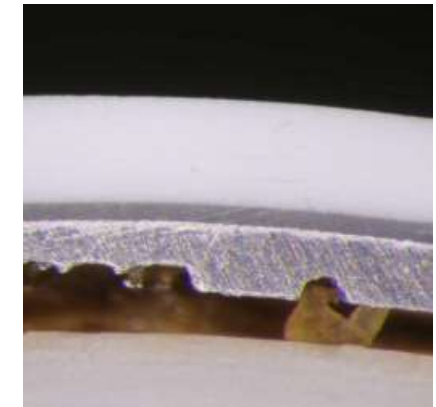
aufgerissen



geöffnet



Im Querschliff poliert



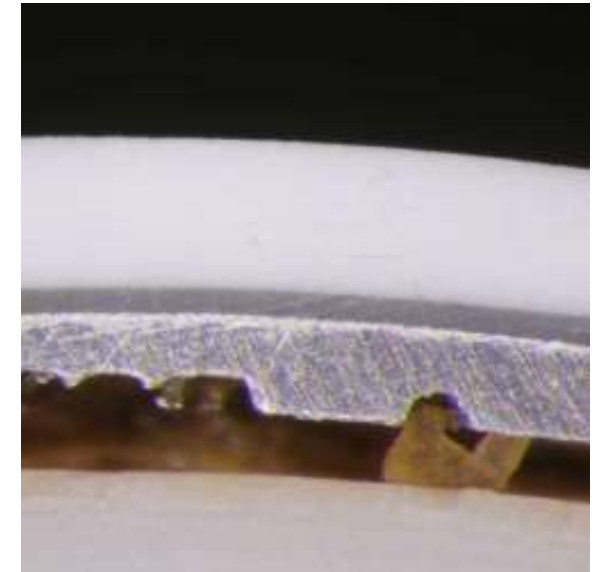
Fotos: Michael Strigl [1]

Aluminium-Korrosion durch Maleinsäure

- Aluminium-Korrosion mit Wanddurchbruch von der Rohrinnenseite beginnend



Fotos: Michael Strigl [1]



Schadensausbreitung Auflösung Haftvermittler

- Folgeschaden durch Temperaturwechsel
- Aussehen wie bei Überhitzung, wenn nicht schon vorher Undichtigkeit an Rissen



PP-R Alu-Verbundrohr mit Schrumpfung außen nach langer Temperaturwechselbelastung
Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Kritische Anlagen für Auflösung Haftvermittler

- Kleiner Kessel
- Direkt beheizte Systeme
 - Fernwärme
- Hohes Temperaturniveau oder -differenzen
 - Solarthermie, Festbrennstoff, BHKW



Foto: Willi Heidelberg [12]



Ursacheneingrenzung

- Eine Charge, ein Hersteller, eine Dimension betroffen? → Materialfehler?
 - PE-Xc? Vernetzung der Rohre mit dem Elektronenstrahl?
- Überhitzung ausgeschlossen? (Pressfitting am Boileranschluss ansehen)

Abgrenzung von Überhitzung zu Auflösung der Haftvermittlerschicht

- Überhitzung an wärmster Stelle → Versatz der Schichten



Überhitzung

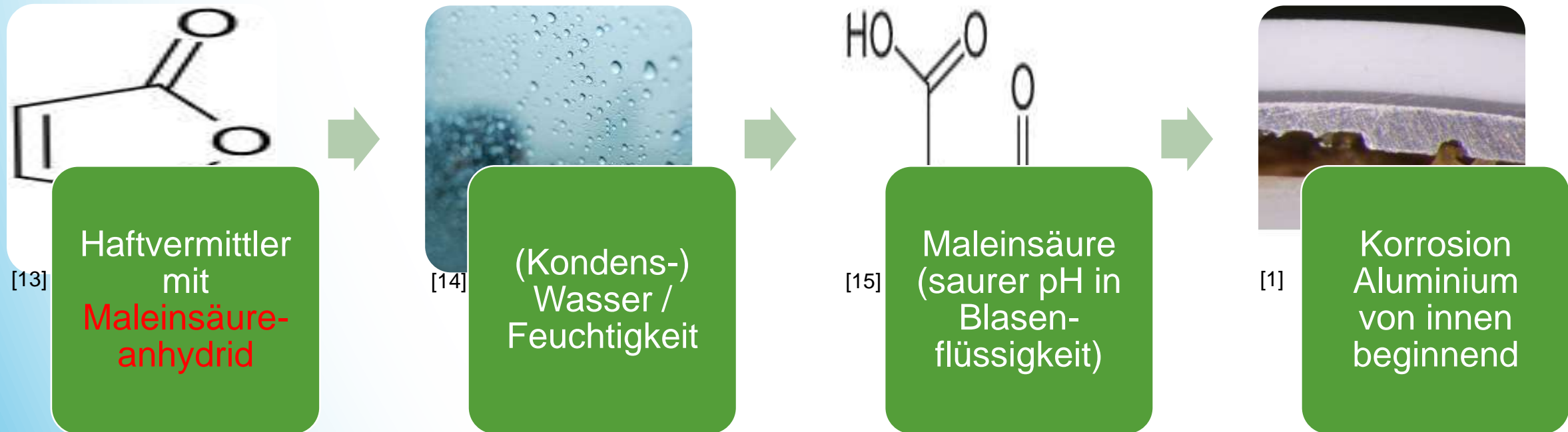
[Foto: Michael Strigl \[1\]](#)

Lokale Auflösung der Haftvermittlerschicht;
Pressfitting unbeschädigt



[Foto: Michael Strigl \[1\]](#)

Maleinsäureanhydrid und Feuchtigkeit



- Dilemma: Feuchtigkeit diffundiert von Innen und von Außen an den Haftvermittler

Mögliche Abhilfe Auflösung Haftvermittler

- Feuchtigkeit ausschließen
 - Taupunkt nicht unterschreiten
 - Dämmen an kritischen kalten Stellen
 - Diffusion vermeiden
- Dokumentation für den Betreiber übergeben
 - Temperaturen nach DIN EN 12318-1 (PE-X) bzw. nach Herstellerangaben vorschreiben

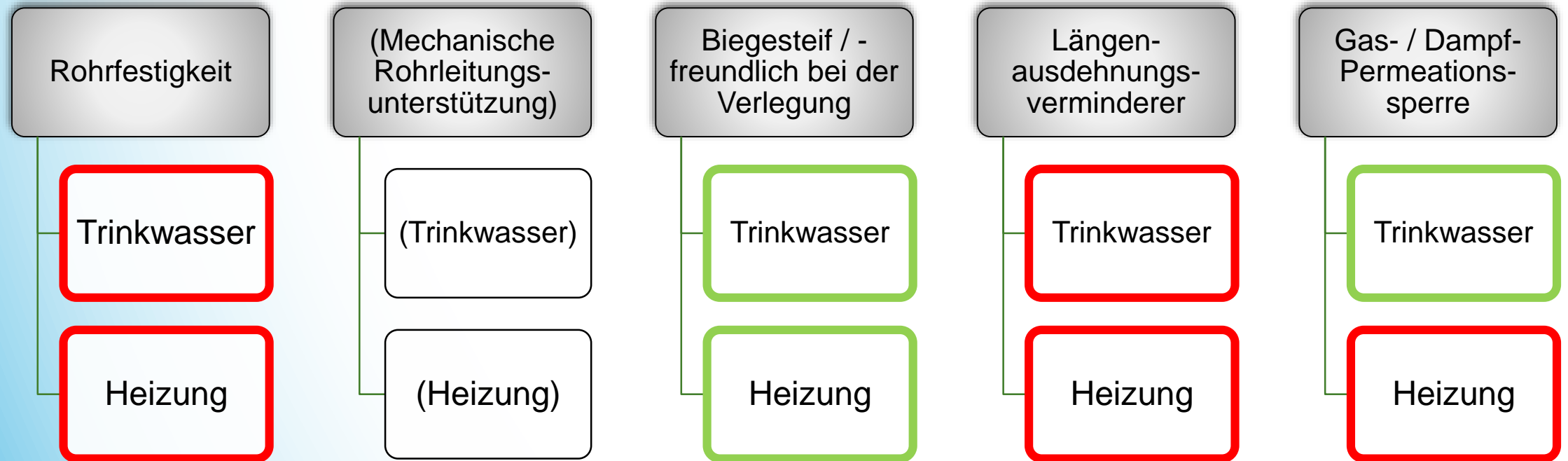


Foto: Jaeyeon Lim [14]



Fotos: Michael Strigl [1]

Funktionsverlust durch Aluminiumrohr-Schaden?



Hygiene im Schadensfall?

- Maleinsäure als Zersetzungsprodukt des Haftvermittlers wirkt **stark sauer**
 - **Nicht anfassen, nicht abspritzen**
- Verdünnung im Trinkwasser
 - **Ungefährlich beim Trinken**

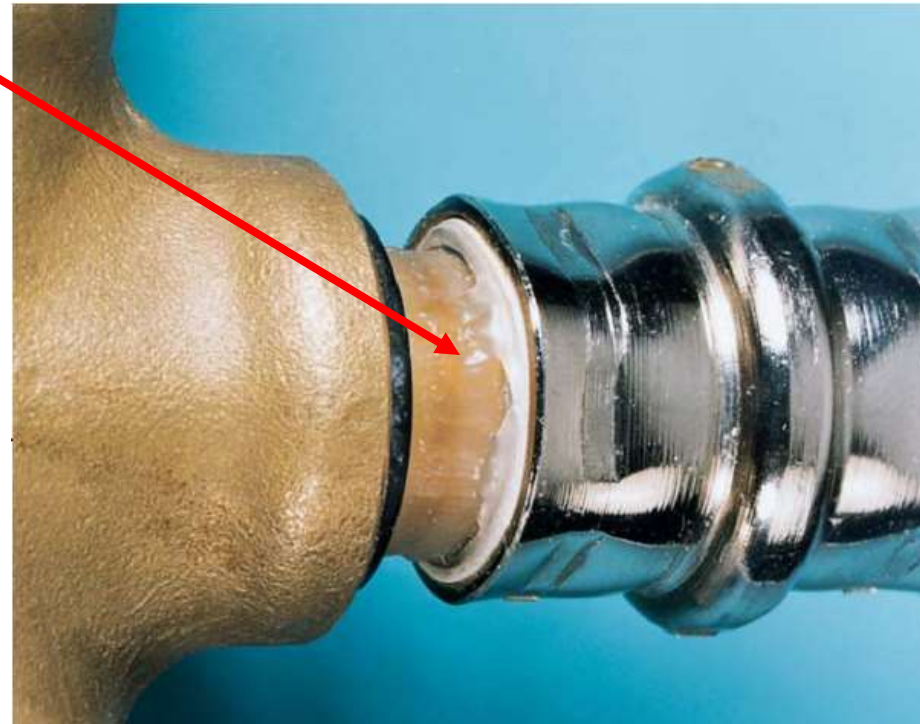


Foto: [Karl-Josef Heinemann \[3\]](#)

Warum jetzt?

- Schäden treten nach einigen Jahren Gebrauch auf
 - Serienproduktionsstart / -boom Ende der 90er
 - Kontinuierliche Messtechnik in-line während der Produktion erforderlich für Robustheit bei der Montage auf der Baustelle
 - Kalibrierhülse für rundes Rohr bei der Extrusion erforderlich
 - Gleichmäßiger Auftrag des Haftvermittlers notwendig
 - Erfahrung des (Vor-) Lieferanten wichtig
 - Deutsche Produktionsmaschinen sind weltweit führend
 - Ggf. Fertigungsaudit durchführen

Fotos **Kalibrierhülse** unter
http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fconpro.de%2Fwww%2Ffiles%2F10_kalibrierhuels_e-neu-kkc.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fconpro.de%2Fwww%2Findex.php%3Farticle_id%3D45%26clang%3D0&h=354&w=500&tbnid=i5i55bZ6oeAk5M%3A&vet=1&docid=ugNpaktLle0MzM&ei=Q5VTWO31AqXCgAbV_Y_wAQ&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=975&page=0&start=0&ndsp=8&ved=0ahUKEwito7mClvjQAhUllcAKHdX-Ax4QMwgeKAAwAA&bih=638&biw=1366



Vorbild aus der Wasserverteilung: Technische Nutzungsdauer

- Empfehlungen zur vorbeugenden Leitungserneuerung in der Wasserverteilung nach DVGW-W 403 bereits bei Erreichen einer aus der Schadenshäufigkeit berechneten „technischen Nutzungsdauer“
 - Schadensstatistik ermitteln
- Quelle: Energie, Wasser-Praxis 7/8 2014,
https://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/netze/nutzungsdauer_rohrleitungen_wallerath_1407.pdf

Haftung

- Lebensdauererwartung Rohre nach Bauproduktenverordnung oder Bauregelliste geregelt
 - Heizung 50 Jahre nach DIN 4726
 - Trinkwasser nach Bauproduktenverordnung „Eignung für Trinkwasser“
 - Standfestigkeit mindestens 50 Jahre
 - Abgabe kritischer Substanzen an das Wasser länger (abhängig von üblicher allgemein anerkannter Lebensdauer bis zu 100 Jahre)
- Einzelfehler erlaubt aus Qualitätssicht (Standfestigkeit), aber nicht bei Verstoß gegen TrinkwV § 6 (Gesundheitsschaden – hier unkritisch)
- Betreiberhaftung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Bildnachweis

[1] Michael Strigl,

<https://static1.squarespace.com/static/5551124be4b0a69c0910c14f/t/5813182037c581f8dfa7d9e4/1477646417481/Verbundrohre.pdf>

[2] Sascha Pöschl,

http://images.google.de/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F6%2F6d%2FMehrschichtverbundrohr.jpg%2F300px-Mehrschichtverbundrohr.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FMehrschichtverbundrohr&h=149&w=300&tbnid=1xAWbbSeDIJ4YM%3A&vet=1&docid=cCzDJe1EwN6fkM&ei=iZZTWKyJD6fWgAb625fQCA&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=958&page=0&start=0&ndsp=20&ved=0ahUKEwjs8f6dl_jQAhUnK8AKHfrtBYoQMwgdKAAwAA&bih=638&biw=1366

[3] Karl-Josef Heinemann, Installationsprobleme? Ein Ratgeber zu Schadensfällen in der Hausinstallation, Sonderdruck der Beiträge in der Sanitär + Heizungstechnik von 1998 bis 2001, 3. unveränderte Auflage (2006), http://kupfer.de/sites/default/files/publication_files/heinemann_installationsprobleme_0.pdf

[4] OpenClipart-Vectors, <https://pixabay.com/de/sherlock-holmes-detektiv-lupe-lupen-147255/>

[5] Dr-Ing. Korbinian Puchner, http://www.puchner-schadensanalytik.de/download/Fehlmontage_Pressverbindungen.pdf

[6] Erich Westendarp , <https://pixabay.com/de/stra%C3%9Fenkreuzer-chrom-cadillac-usa-1589286/>

Bildnachweis

- [7] Mike, <https://pixabay.com/de/jaguar-auto-fahrzeug-stil-1366978/>
- [8] Andrea Candrāja, <https://pixabay.com/de/glas-kristallglas-trinken-%C3%B6l-101666/>
- [9] Clker-Free-Vector-Images, <https://pixabay.com/de/tennis-schuhe-rot-laufen-paar-312023/>
- [10] Ulrike Mai, <https://pixabay.com/de/klebestift-seminar-b%C3%BCro-prittstift-574016/>
- [11] Silvia & Frank, <https://pixabay.com/de/see-wasser-fokus-objektiv-schwan-1781692/>
- [12] Willi Heidelberg, <https://pixabay.com/de/fernw%C3%A4rme-energie-heizkosten-heizen-749208/>
- [13] <https://de.wikipedia.org/wiki/Maleins%C3%A4ureanhydrid>
- [14] Jaeyeon Lim, <https://pixabay.com/de/trickle-fenster-wasser-nicht-630467/>
- [15] <https://de.wikipedia.org/wiki/Maleins%C3%A4ure>