

Swiss Safety Center AG
Materials Technology
Richtstrasse 15
CH-8304 Wallisellen

Tel. 044 / 877 63 33
Fax: 044 / 877 63 34
www.safetycenter.ch
info.MT@safetycenter.ch



Morini Competition Arm SA
Frau Dr. Sylvia Repich-Lips
Via ai Gelsi 11
CH-6930 Bedano

Nr.: 17016972_1

Dokumentart: Untersuchungsbericht

Titel: Schadenanalyse an einem Luftdruckbehälter

Prüfobjekt: Aluminium Luftdruckbehälter

Werkstoff: AW-7075

Total Seiten: 13 (inkl. Titelblatt)

Bestellung: 27.06.2018 per E-Mail

Wareneingang: 25.06.2018

Auftraggeber: Morini Competition Arm SA / CH-6930

Inhalt

1	Einleitung / Aufgabenstellung / Angaben zum Prüfobjekt	2
2	Fraktographische Untersuchungen	2
2.1	Makroskopische Untersuchung	2
2.2	Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung	2
3	Metallographische Untersuchungen	2
4	Chemische Analyse	3
5	Mechanisch-technologische Prüfungen	4
5.1	Ergebnisse der Härtemessungen	4
6	Zusammenfassung	4
7	Interpretation der Ergebnisse	5
Anhang:		
1	Fotodokumentation	6
2	EDX-Spektren	13

CH-8304 Wallisellen, 25.07.2018
Prüfleitung: Natascha Portner

Swiss Safety Center AG
Leiter Werkstofftechnik

Markus Zraggen

Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Kopieren (auch auszugsweise) des Berichts bedarf der schriftlichen Genehmigung der Swiss Safety Center AG. Dieser Bericht wird 5 Jahre archiviert. Das Restmaterial wird mindestens 3 Monate aufbewahrt und anschliessend vernichtet, wenn es vom Kunden nicht zurückgefordert wird.

1 Einleitung / Aufgabenstellung / Angaben zum Prüfobjekt

Gegenstand der Untersuchungen ist ein geborstener Luftdruckzylinder (Bilder 1 bis 2, Anhang 1.1). Gemäss Angaben des Auftraggebers handelt es sich beim verwendeten Werkstoff um eine hochfeste Aluminiumlegierung vom Typus 7075 im Wärmebehandlungszustand T6. Der Auftraggeber wünschte eine schadensanalytische Untersuchung der Berstursache. Dieser Berichtsentwurf gibt den Stand der Untersuchungen zum Zeitpunkt vom 13. Juli 2018 wieder.

2 Fraktographische Untersuchungen

2.1 Makroskopische Untersuchung

An der Oberfläche des Zylinders sind zahlreiche Korrosionsnarben auffällig. Die Bruchfläche des geborstenen Behälters zeigt eine verformungsarme, partiell zerklüftete Bruchstruktur. Es ist eine halbelliptische Struktur auffällig die sich als hell glänzende Zone abhebt. Der Bruchausgang kann somit an der Aussenseite des Zylinders lokalisiert werden. Der Rest der Bruchfläche ist gleichmässig grau gefärbt (Bilder 3 bis 4, Anhang 1.2).

2.2 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung

Rasterelektronenmikroskopisch lässt sich im Anrissbereich eine glatte, mit Korrosionsprodukten belegte, interkristalline Struktur nachweisen. An der Oberfläche im Bruchausgangsbereich sind Nebenrisse detektierbar. Der Restgewaltbruch zeigt die Merkmale eines mikroduktilen Gewaltbruches (Bilder 5 bis 9, Anhang 1.3 bis 1.5).

In den Korrosionsprodukten kann mittels EDX als korrosionsförderndes Element Chlor nachgewiesen werden (Spektrum 1, Anhang 2.1).

3 Metallographische Untersuchungen

Im polierten Mikroschliff lassen sich verzweigte, von Korrosionsnarben ausgehende Rissysteme nachweisen. Die geätzte Mikrostruktur zeigt ein Pressgefüge mit intermetallischen Phasen. Die Rissverläufe sind überwiegend interkristallin (Bilder 10 bis 13, Anhang 1.6 und 1.7).

4 Chemische Analyse

Die Probenfläche wurde überfräst und mittels eines Funkenemissionsspektrometers vom Typ ARL 3450 Advantage analysiert. Die Messung wurde gemäss SOP-Nr. ZP320 durchgeführt. Die Messwerte sind mit Messunsicherheiten belegt und können bei Bedarf angefordert werden.

Sollwerte nach: AW-7075 nach ISO 209-1:2007-07

Tabelle 1: Funkenemissionsspektrometrie *optical emission spectroscopy*, Massenanteil *mass fraction W*

	gebrochene Probe g/100g	Sollwerte <i>Nominal values</i> g/100g	
		min.	max.
Si	0.10		0.400
Mn	0.18		0.300
Cr	0.19	0.180	0.280
Ti	0.03		0.200
Cu	1.36	1.200	2.000
Fe	0.18		0.500
Zn	5.97	5.100	6.100
Mg	2.34	2.100	2.900
Zr+Ti	0.07		0.250
Al	Basis	Basis	

< = Kleiner als die Nachweisgrenze *below detection limit.*, --- = keine Vorgaben *no specifications*

Die chemische Zusammensetzung der gebrochenen Probe entspricht der nach Zeichnung vorgesehene Aluminiumlegierung 7075 (Perunal 215).

5 Mechanisch-technologische Prüfungen

5.1 Ergebnisse der Härtemessungen

Die Härtemessungen wurden mit dem Vickersverfahren nach EN ISO 6507-1 (2005) und SOP Nr. ZP167 durchgeführt. Die relative Messunsicherheit bei diesem Verfahren beträgt erfahrungsgemäss ca. $\pm 4\%$ des Messwertes.

Tabelle 2: Ergebnisse der Härtemessungen

	1	2	3	Mittelwert
	HV1	HV1	HV1	<i>Mean</i> HV1
Proben-Nr. <i>Sample No.</i>				
gebrochene Probe	169	174	174	172

Typische Richtwerte für den Zustand T6 sind 160 HV. Auf Grund der Härte kann der Zylinder als dem nach Zeichnung vorgesehenen Wärmebehandlungs- und Festigkeitszustand entsprechend bezeichnet werden.

6 Zusammenfassung

Gegenstand der Untersuchungen ist ein geborstener Luftdruckzylinder.

Die Ergebnisse lassen sich stichwortartig wie folgt zusammenfassen:

- Die chemische Zusammensetzung des geborstene Zylinders entspricht der Soll-Legierung 7075 (Perunal 215).
- Auf Grund der Härtewerte liegt der Zylinder im nach Zeichnungsvorgaben vorgesehenen Wärmebehandlungszustand vor.
- Der Bruchausgang kann an der Aussenseite des Zylinders lokalisiert werden und zeigt eine interkristalline Struktur.
- Metallographisch lassen sich diverse, interkristallin verlaufende, von Korrosionsnarben ausgehende Nebenrissysteme nachweisen.

7 Interpretation der Ergebnisse

Auf Grund der Ergebnisse kann ausgesagt werden, dass beim geborstenen Zylinder alle Merkmale der Spannungsrisskorrosion vorliegen.

Für das Auftreten der Spannungsrisskorrosion müssen folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein:

- Der Werkstoff muss empfindlich für Spannungsrisskorrosion sein.
- Es muss ein spezifisches Korrosionsmedium vorliegen.
- Das Bauteil muss ausreichend hohen Zugspannungen ausgesetzt sein (Eigenspannungen, Montagespannungen, Betriebsspannungen).

Sobald eine dieser drei Bedingungen eliminiert wird, tritt der Mechanismus nicht auf. Sobald die Zylinder befüllt sind, stehen die Bauteile zwangsläufig unter mechanischen Spannungen. Die für Spannungsrisskorrosion notwendige Bedingung der mechanischen Spannungen ist somit immer gegeben und kann nicht eliminiert werden.

Auf Grund des Oberflächenzustandes kann ausgesagt werden, dass das Bauteil aussenseitig einer korrosiven, chloridhaltigen Atmosphäre ausgesetzt war. Dieser Oberflächenzustand sowie die zahlreichen Nebenrisse sind ein Indiz für ungeeignete Handhabung bzw. Lagerbedingungen. Die Zylinder sind zwar dekorativ eloxiert und somit für übliche, geringe Korrosionsbelastungen geschützt. Für aggressivere Bedingungen, wie sie vorzuliegen scheinen, sind die Zylinder nicht ausgelegt. Der für Spannungsrisskorrosion notwendige Kontakt mit aggressivem Medium kann durch geeignete Handhabung und Lagerung vermieden werden.

Fotodokumentation

Anhang 1.1

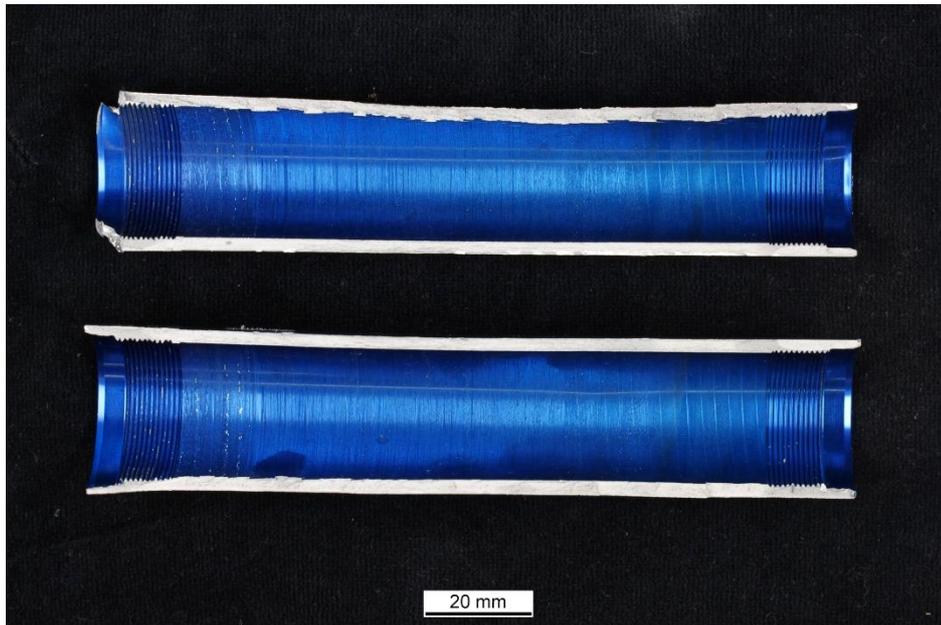


Bild 1: Einlieferungszustand von der gebrochenen Probe.



Bild 2: Einlieferungszustand von der gebrochenen Probe. Auffällig sind die Korrosionsangriffe (Kreis).

Anhang 1.2

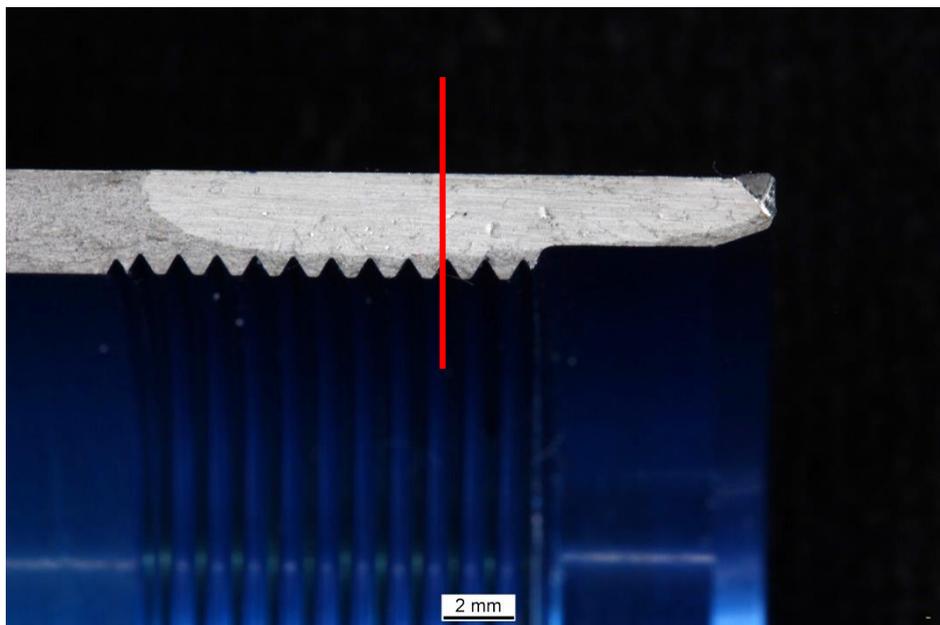


Bild 3: Detailaufnahme von der Bruchfläche mit der halb elliptischen, hellen Bruchausgangszone. Schliffebene der Metallographischen Untersuchung als rote Linie gekennzeichnet.

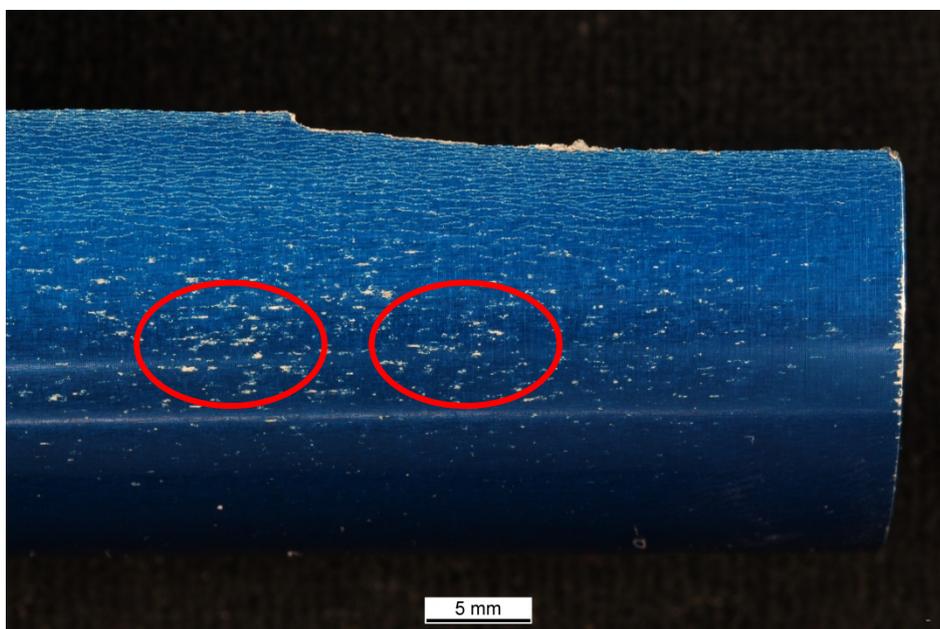


Bild 4: seitliche Ansicht des Zylinders mit Korrosionsangriffen (Kreise).

Anhang 1.3

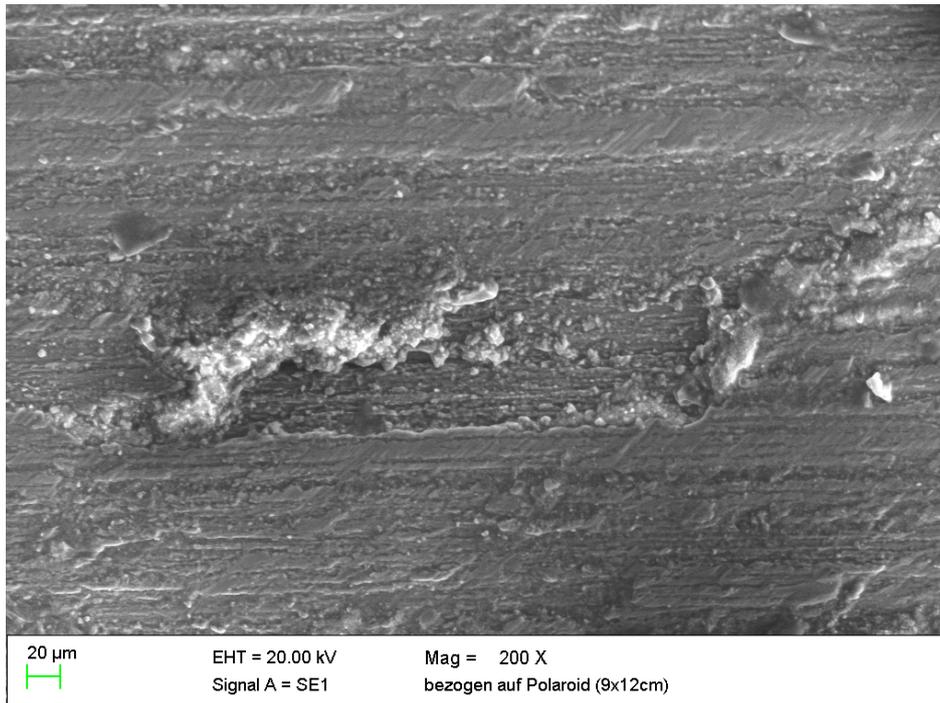


Bild 5: REM-Aufnahme der gebrochenen Probe: Bruchausgang. Partiiell mit Korrosionsprodukten belegte Bruchfläche.

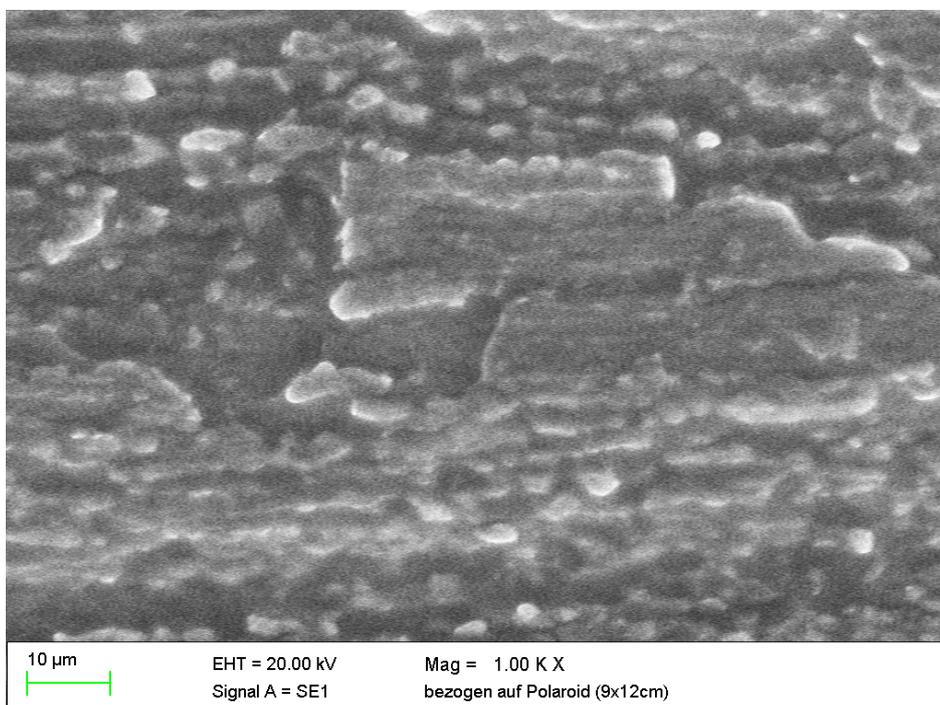


Bild 6: REM-Aufnahme der gebrochenen Probe: Interkristalline Struktur, belegt mit Korrosionsprodukten.

Anhang 1.4

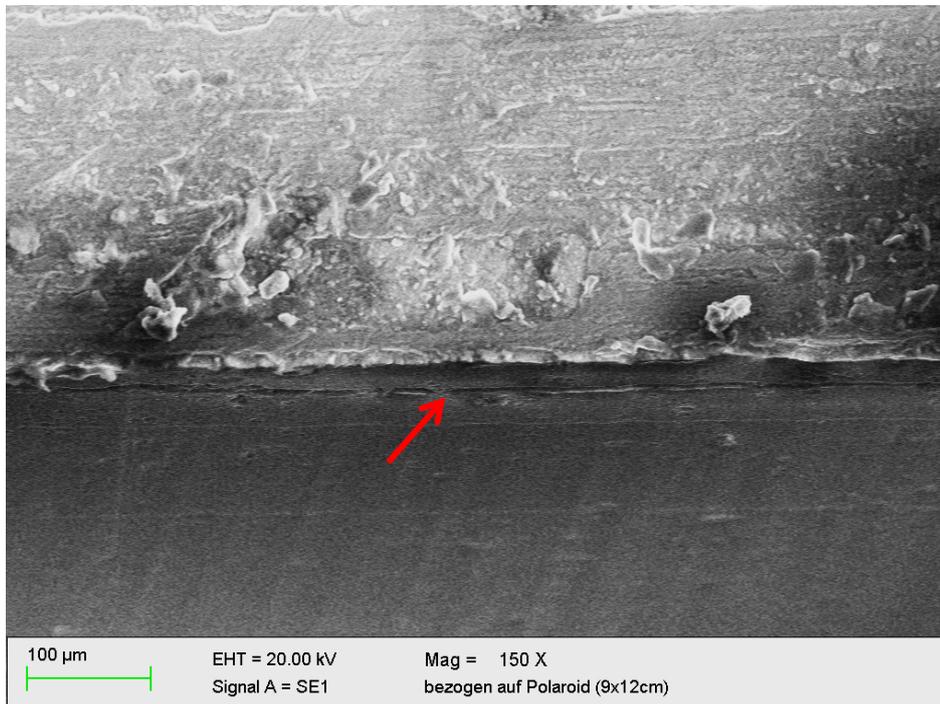


Bild 7: REM-Aufnahme der gebrochenen Probe: Nebenriss (Pfeil) unterhalb des Bruchausganges.

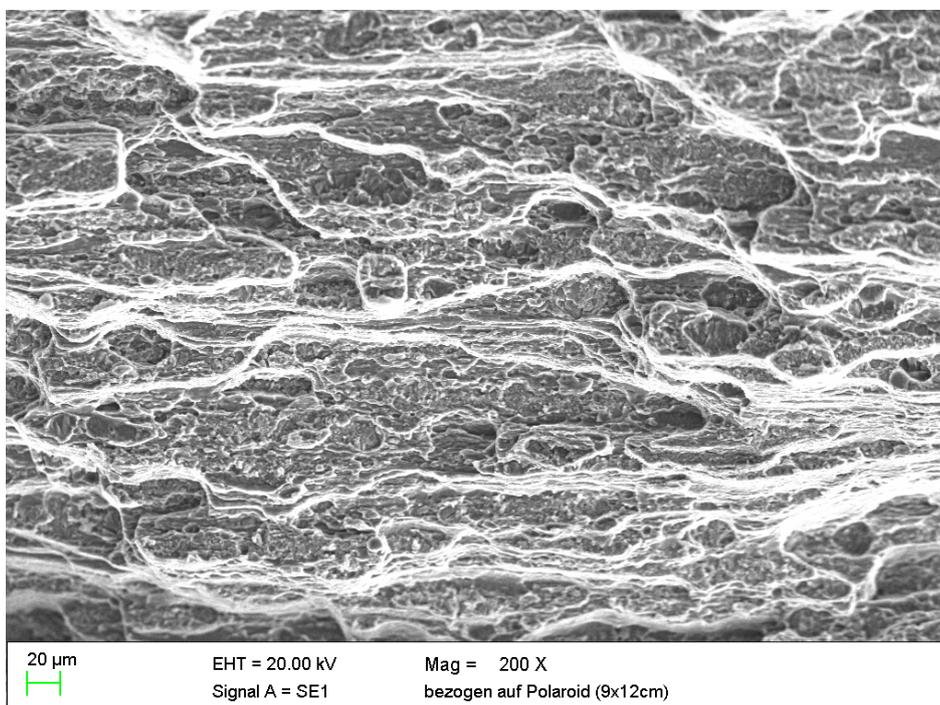


Bild 8: REM-Aufnahme der gebrochenen Probe: Restgewaltbruch; mikroduktiler Bruch mit Waben.

Anhang 1.5

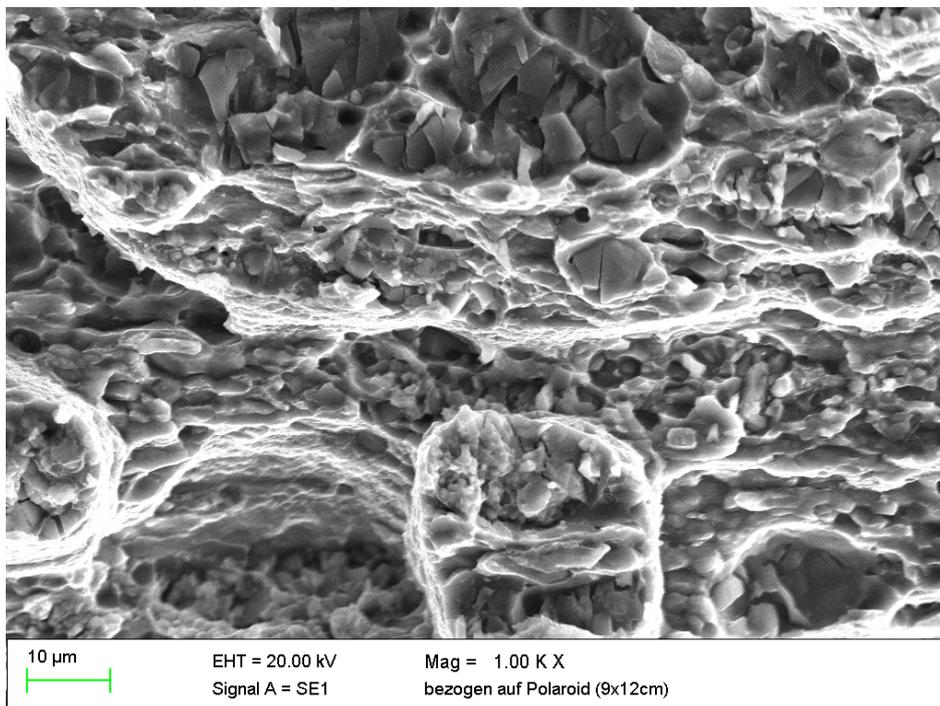


Bild 9: REM-Aufnahme der gebrochenen Probe: Restgewaltbruch; mikroduktiler Bruch mit Waben.

Anhang 1.6

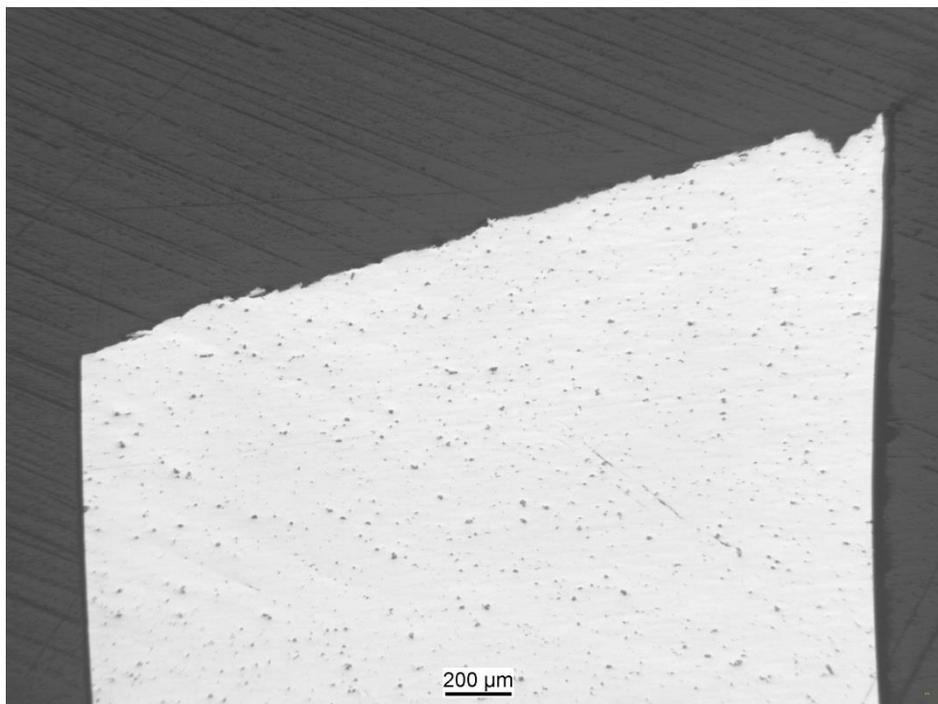


Bild 10: gebrochene Probe; polierter Mikroschliff, seitliche Sicht auf die Bruchfläche.

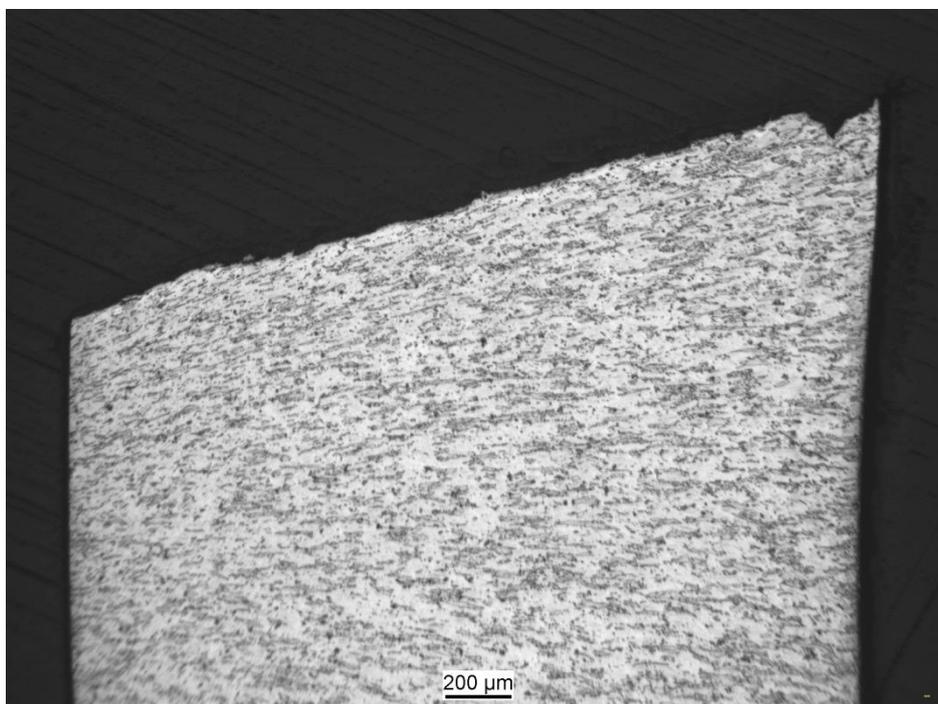


Bild 11: gebrochene Probe; geätzter Mikroschliff, seitliche Sicht auf die Bruchfläche. Erkennbar ist ein Pressgefüge.

Anhang 1.7

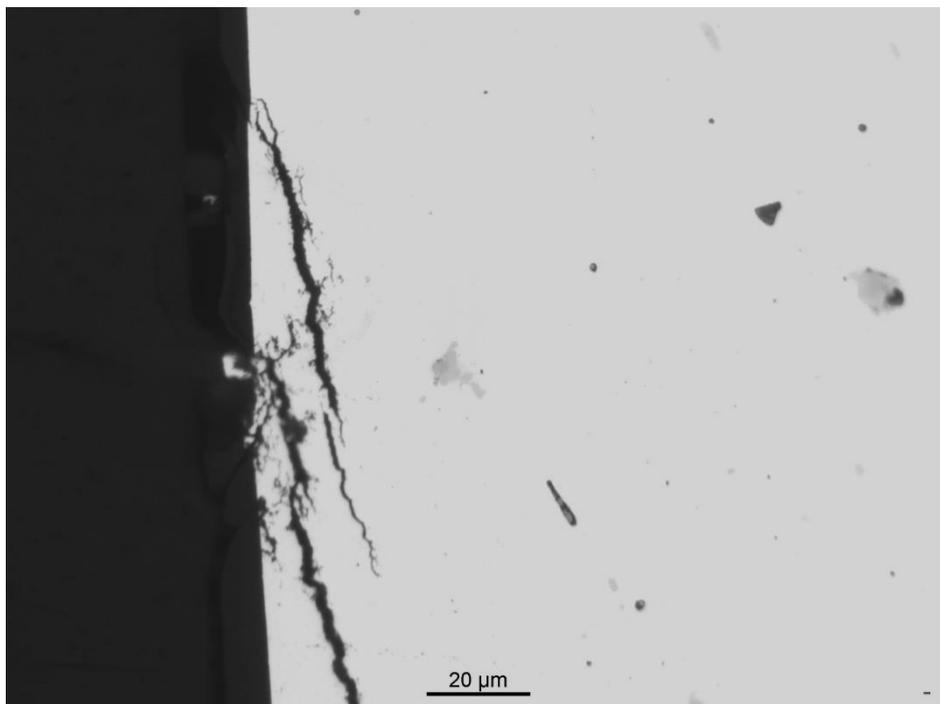


Bild 12: gebrochene Probe; polierter Mikroschliff, Beispiel Bild eines verzweigten Nebenrisses ausgehend von einer Korrosionsnarbe.

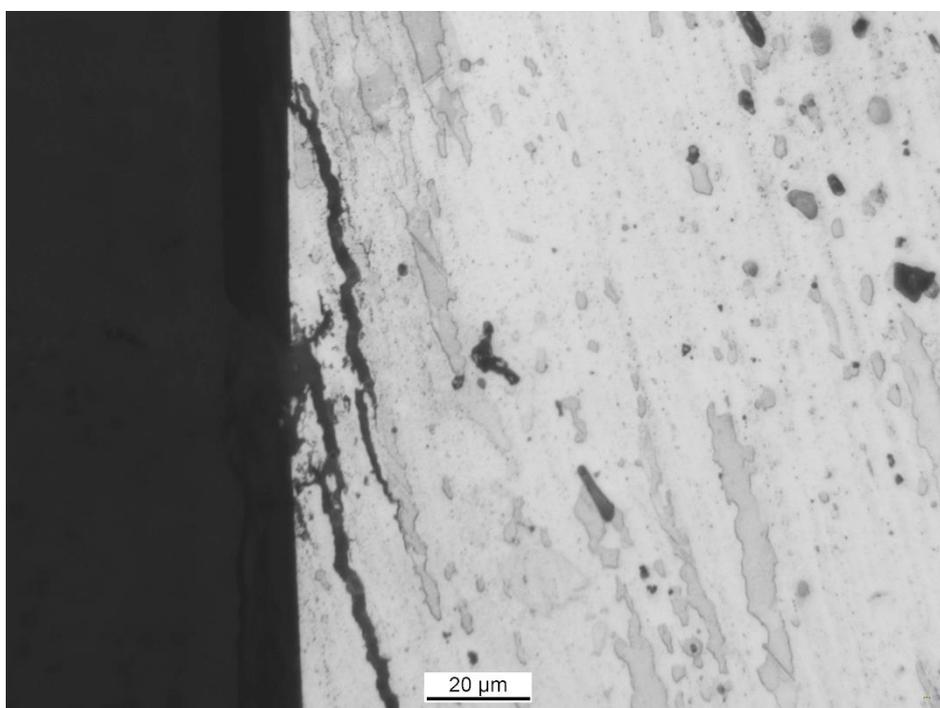
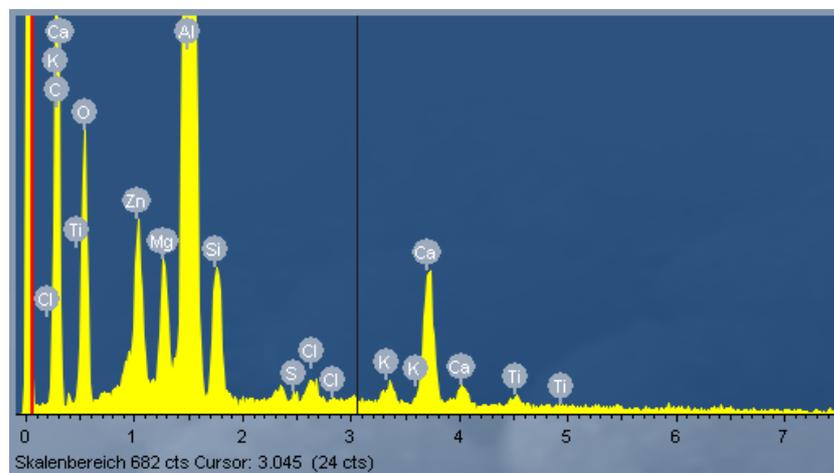


Bild 13: gebrochene Probe; geätzter Mikroschliff, Interkristalliner Rissverlauf.

EDX-Spektren

Anhang 2.1



Spektrum 1: Chlorid als korrosive Substanz an der Oberfläche der Aluminiumzylinder.