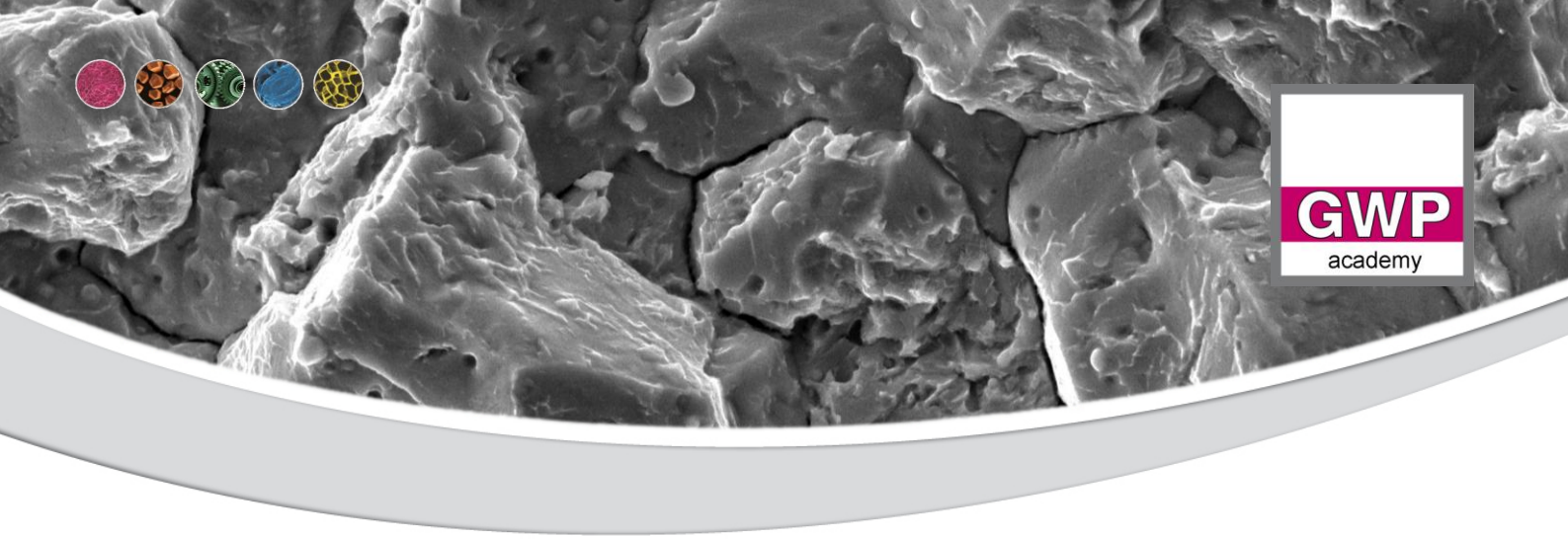


› Wissen schafft Fortschritt®

» Korrosion & Fraktographie: Bruchcharakterisierung an einer gerissenen Spritzguss-Kavität

› Technische Mitteilung 20170608

› Simon Löhe
Leitung Labor-Services München
Experte für Schadensanalyse und Metallographie
simon.loehe@gwp.eu

© GWP mbH 2016 SO technische Mitteilung REV09
X:\Organisation\Marketing\technische Mitteilungen\ExpS Brü 20170608 Bruchcharakterisierungn an einer Kavität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie an einer Spritzguss-Kavität REV02.docx

GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH
Georg-Wimmer-Ring 25
D-85604 Zorneding/München
☎ +49 (0)8106 994 110
+49 (0)8106 994 111
info@gwp.eu
www.gwp.eu

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-19907-01-00

Inhalt

1. Zusammenfassung 2
2. Aufgabenstellung 2
3. Erhaltene Proben 2
4. Untersuchungen 3
4.1. Makroskopische Dokumentation 3
4.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung 3
4.3. Metallographische Untersuchung 4
5. Ergebnis und Bewertung 4
6. Bildanhang 4

1. Zusammenfassung

Bei dem vorliegenden Schaden konnte ein interkristalliner Bruch nachgewiesen werden, der seinen Ursprung in einem Bereich starker interkristalliner Korrosion hat.

In diesem Rahmen sollten die chemische Zusammensetzung, der Wasserstoffgehalt, die mechanischen Eigenschaften, die beanspruchenden Medien, die Eigenspannungen sowie eine mögliche Cr-Verarmung überprüft werden.

2. Aufgabenstellung

Kundenseitig wurde ein Riss an einer Kavität festgestellt, ein Leck trat auf.

Auftragsgemäß sollte eine fraktographische Bewertung des Risses erfolgen um den vorliegenden Schadensmechanismus zu bestimmen.

3. Erhaltene Proben

Der GWP wurden folgende Proben zur Verfügung gestellt:

Tabelle 1: erhaltene Proben

Eingang	GWP #	Kunden-#	Bezeichnung	Material	Bemerkung
-	01	12345-DEMO	Kavität	1.2083 X40Cr14	längs gerissen

Auf die Auswahl des Probenmaterials hatte GWP mbH keinen Einfluss.

© GWP mbH SO technische Mitteilung REV07
X:\Organisation\Marketing\technische Mitteilungen\ExpS Brü 20170608 Bruchcharakterisierungn an einer Kavität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie an einer Spritzguss-Kavität REV02.docx

4. Untersuchungen

4.1. Makroskopische Dokumentation

Die Kavität zeigt einen feinen Riss, der sich axial nahezu über das gesamte Bauteil erstreckt. Der Riss hat dabei die komplette Rohrwandstärke durchquert. An den Stirnseiten sind jeweils ca. 10 mm Querschnitt ohne Trennung vorhanden.
Im vorderen Bereich des Schneckenganges ist die Oberfläche mit rostfarbenen Korrosionsprodukten belegt. Im weiteren Verlauf des Schneckenganges nehmen diese Beläge ab und erscheinen weißlich.

Nach dem gewaltsamen Öffnen des Bruches kann der Bruchausgang und -verlauf anhand der makroskopischen Bruchmerkmale und Färbung durch Korrosion identifiziert werden, siehe Bild 4.

4.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung

Für die REM-Untersuchung wurde der Riss mittels Hydraulikpresse aufgebrochen. Der dabei entstandene Laborbruch zeigt einen typischen Gewaltbruch mit Wabenbildung (Referenz für Bruchverhalten bei mechanischer Überlast). Auffällig sind hier vereinzelt Anzeichen für geöffnete Korngrenzen.

Im Bruchausgangsbereich liegt interkristalline Korrosion vor. Diese ist an den Radien des Steges am stärksten ausgeprägt. Hier liegt ein regelrechter Kornzerfall mit deutlichen Korrosionserscheinungen vor. Der Steg ist überwiegend mit einem oxydischen, Si-, P, S- und Ca-haltigen Belag bedeckt.
Unterhalb der interkristallinen Korrosion liegt weiterhin ein interkristalliner Bruchverlauf vor. Die Korrosionserscheinungen („angefressene Körner und Sauerstoffanteil“) nehmen jedoch deutlich ab. Die interkristallinen Bruchstrukturen erstrecken sich über den gesamten Bruchverlauf bis hin zu den ehemaligen Rissspitzen.

Die mikrofraktographischen Merkmale zeichnen sich durch die freigelegten ehemaligen Austenitkörner, geöffneten Korngrenzen und Cr-Karbiden auf den Kornflächen aus. Zudem sind aber auch durchweg gefiederte Bruchstrukturen ersichtlich.

Die Oberfläche im Bruchausgangsbereich zeigt deutlich den interkristallinen Angriff der ehemaligen Austenitkorngrenzen. Dies konnte in einem unbeeinflussten Bereich (Oberfläche Steg) nicht beobachtet werden.

Für eine Überprüfung der Werkstoffzusammensetzung wurde eine semiquantitative Elementanalyse (EDX) der Schliffläche durchgeführt. Es konnten ca. 14% Cr nachgewiesen werden. Alle weiteren Elemente liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Hinweise auf eine Werkstoffverwechslung oder zu geringem Cr-Gehalt liegen somit nicht vor (1.2083 Cr 12,5 – 14,5).

Die REM-Untersuchung ist in den Bildern 5 – 33 dokumentiert.

© GWP mbH SO technische Mitteilung REV07
X:\Organisation\Marketing\technische Mitteilungen\ExpS Brü 20170608 Bruchcharakterisierungn an einer Kavität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie an einer Spritzguss-Kavität REV02.docx

4.3. Metallographische Untersuchung

Für eine Gefügebewertung im Bruchausgangsbereich wurde ein Schliff parallel zur Bruchfläche angefertigt.
Es zeigt sich deutlich die interkristalline Korrosion im Stegbereich, die tief in das Material eindringt (hier ca. 1,5 mm).

Es liegt ein martensitisches Gefüge mit fein verteilten Cr-Karbiden vor. Auffällig ist, dass außerhalb der interkristallinen Korrosion ebenfalls teilweise die Korngrenzen sichtbar sind.

Die metallographische Untersuchung ist in den Bildern 34 – 38 dokumentiert.

5. Ergebnis und Bewertung

Bei dem vorliegenden Schaden konnte ein interkristalliner Bruch nachgewiesen werden, der seinen Ursprung in einem Bereich starker interkristalliner Korrosion hat. Hinweise auf eine zyklische Beanspruchung konnten nicht nachgewiesen werden.

Die vorliegenden Bruchstrukturen sind vorrangig Kennzeichen für zwei Schadensmechanismen. Der starke interkristalline Angriff und die Cr-Karbide auf den Korngrenzen sprechen für eine Sensibilisierung des Werkstoffes. Hierbei würde eine Cr-Verarmung entlang der Korngrenzen auf Grund von ausgeschiedenen Cr-Karbiden auf den Korngrenzen vorliegen. In diesem Fall treten die Brüche typischerweise als Spaltbruch senkrecht zur äußeren Spannung auf. Karbidausscheidungen auf den Korngrenzen in Cr-Stählen können z.B. infolge eines Wärmebehandlungsfehler durch ein Überhitzten beim Härten auftreten.
Als weiterer Mechanismus ist eine Spannungsrisskorrosion denkbar. Diese Brüche entstehen unter vorliegenden Zugspannungen und korrosiven Medien.

Die mikrofraktographischen Merkmale dieser Mechanismen ähneln sich und können leicht zu Verwechslungen führen. Zudem sind auch Überlagerungen möglich. In diesem Falle liefern die Strukturen z.B. auch Hinweise für einen wasserstoffinduzierten Rissverlauf.

Zur Klärung der Schadensursache empfehlen wir eine umfassende Schadensanalyse. In diesem Rahmen sollten die chemische Zusammensetzung, der Wasserstoffgehalt, die mechanischen Eigenschaften, die beanspruchenden Medien, die Eigenspannungen sowie die Cr-Verarmung überprüft werden.

6. Bildanhang

© GWP mbH SO technische Mitteilung REV07
X:\Organisation\Marketing\technische Mitteilungen\ExpS Brü 20170608 Bruchcharakterisierungn an einer Kavität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie an einer Spritzguss-Kavität REV02.docx

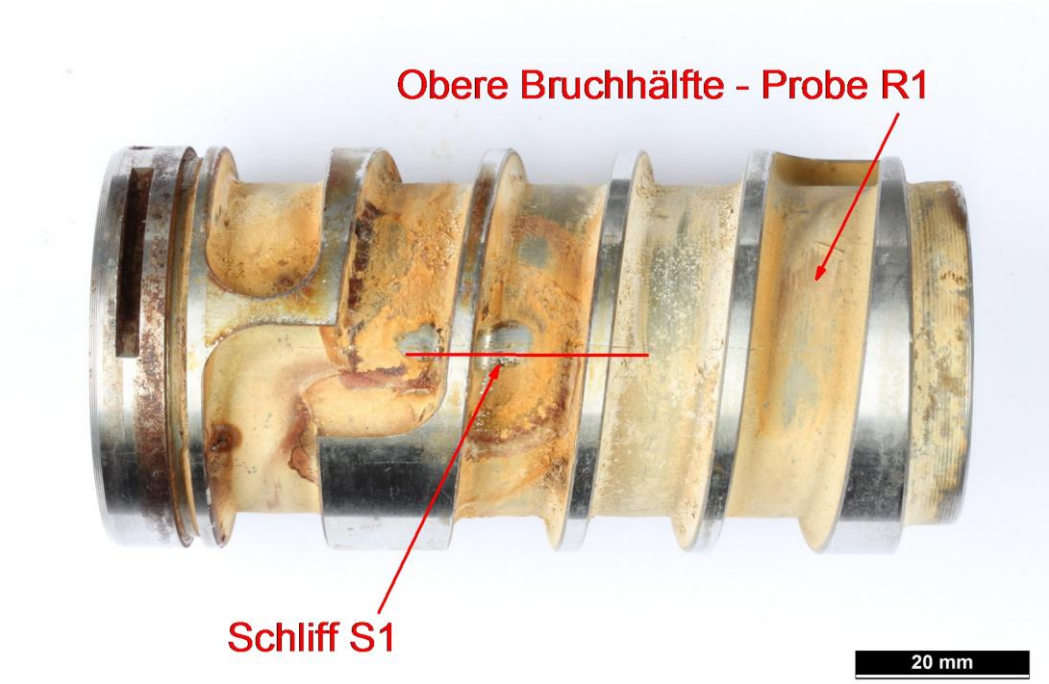


Bild 1

Probe 1
Makro-Aufnahme
Probeneingang

Probennahme:
R1 für Fraktographie
S1 ca. 1 mm
unterhalb Rissverlauf

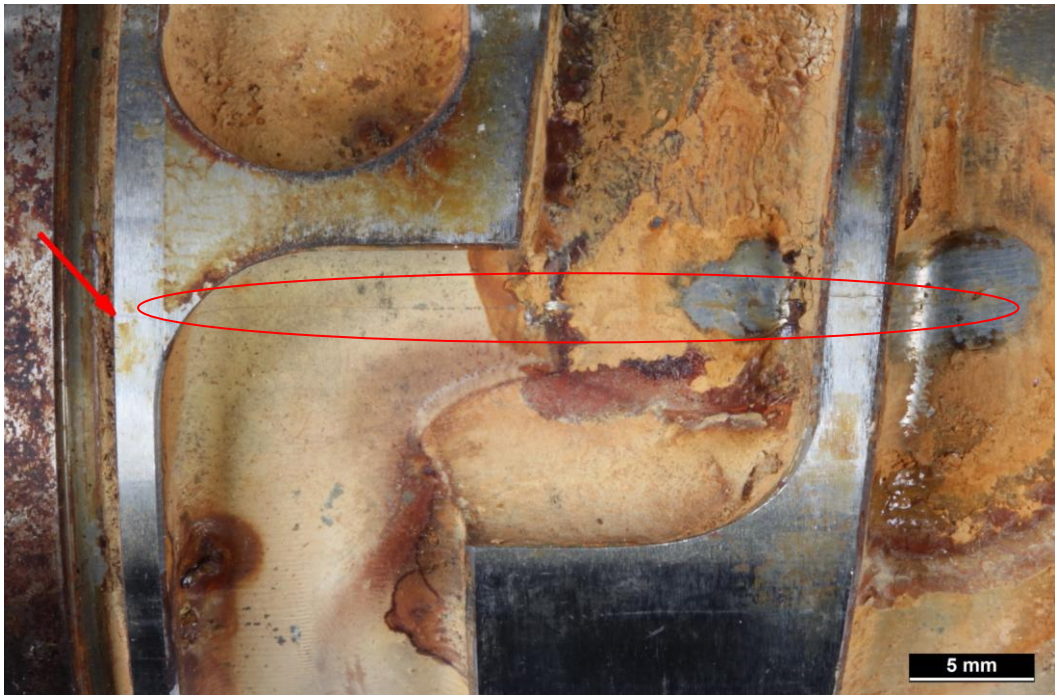


Bild 2

Probe 1
Makro-Aufnahme

Detail Rissstart/-ende
linke Seite

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

Bild 3

Probe 1
Makro-Aufnahme

Detail Rissstart/-ende rechte Seite

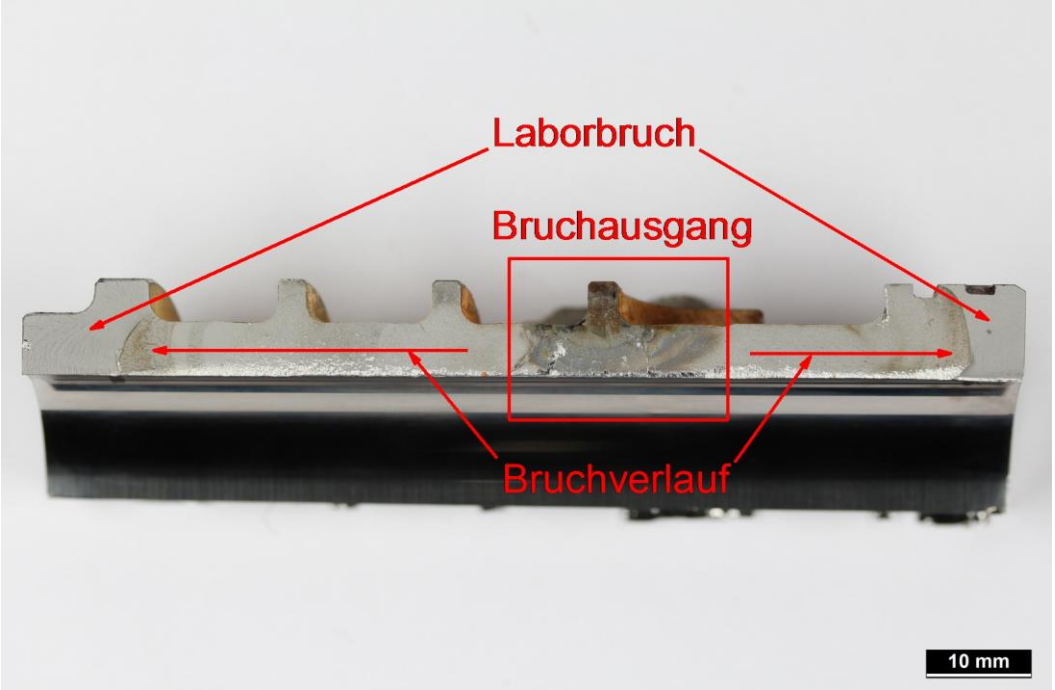


Bild 4

Probe 1
Makro-Aufnahme

Übersicht Bruchfläche nach dem Öffnen

Bruchausgangs-Bereich am ersten Steg

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

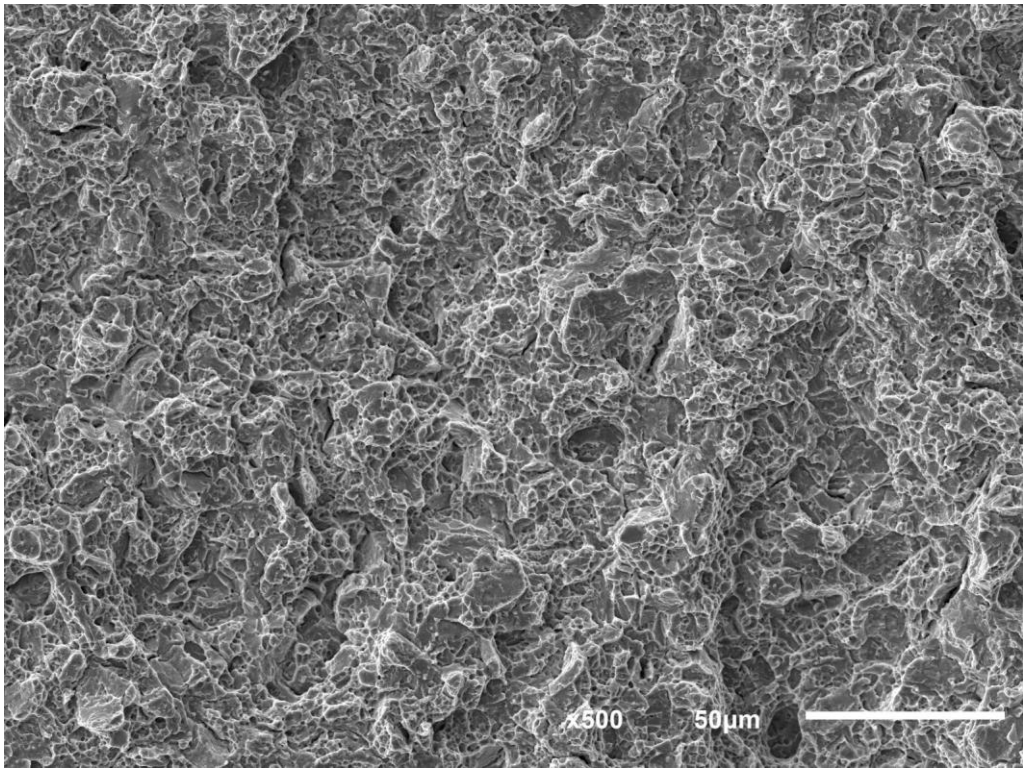


Bild 5

Probe R1
SE-Detektor

Referenz-Laborbruch
duktiler Gewaltbruch

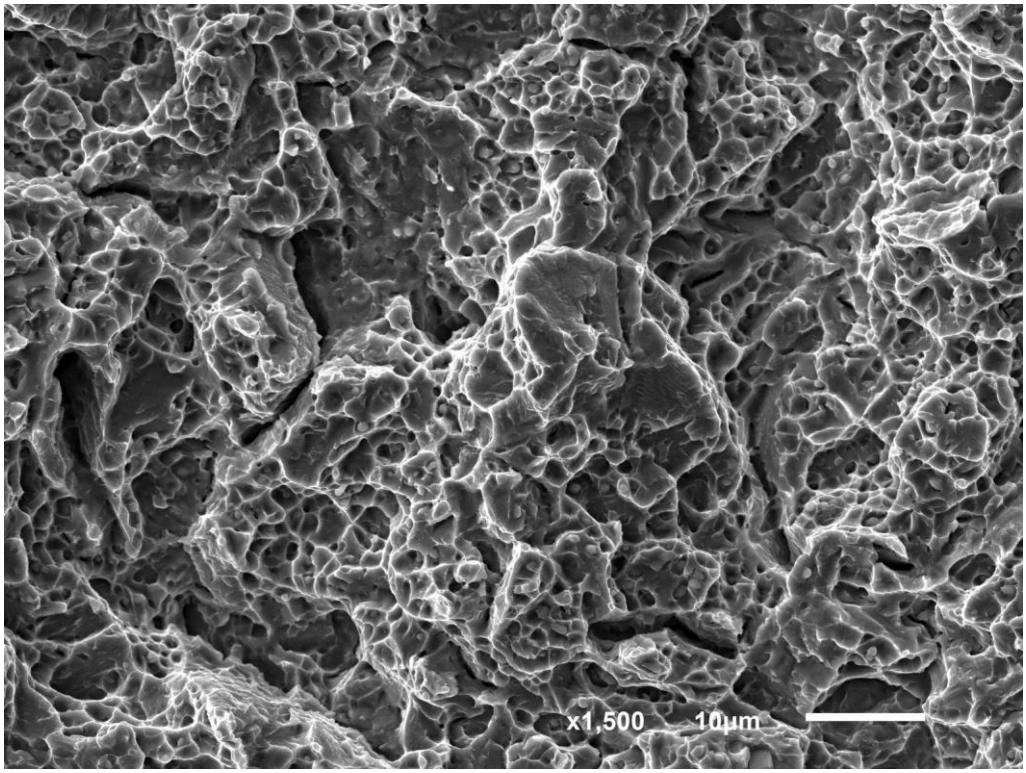


Bild 6

Probe R1
SE-Detektor

Referenz-Laborbruch
duktiler Gewaltbruch
teilweise geöffnete Korngrenzen

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

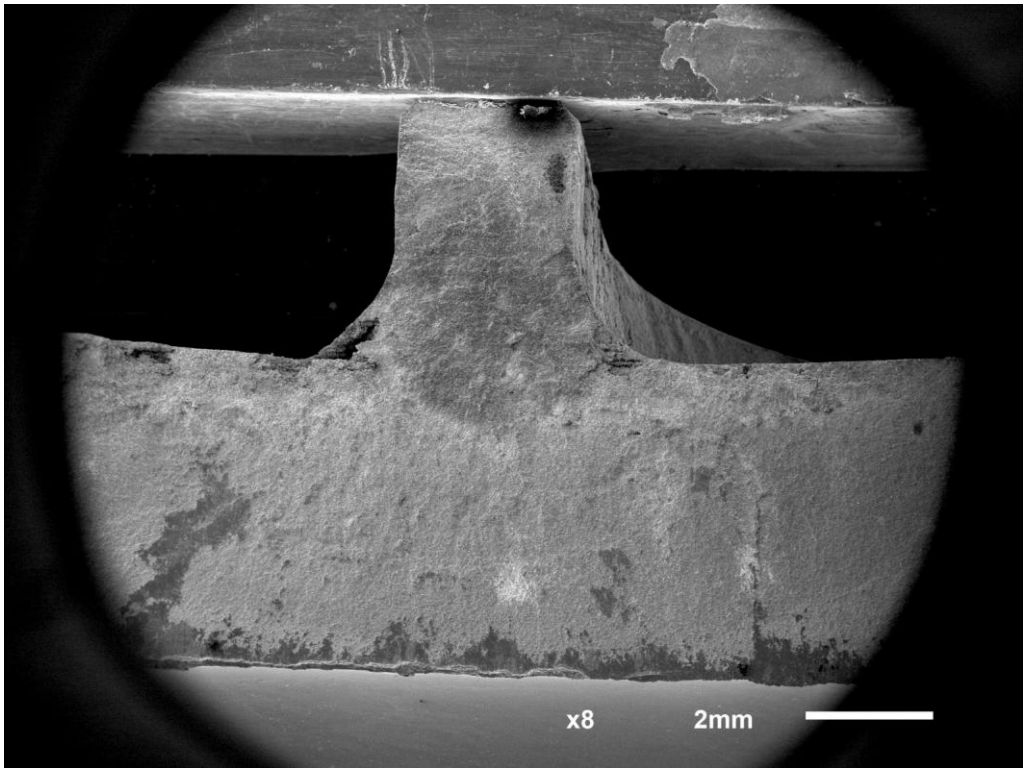


Bild 7

Probe R1
SE-Detektor

Übersicht
identifizierter
Bruchausgang

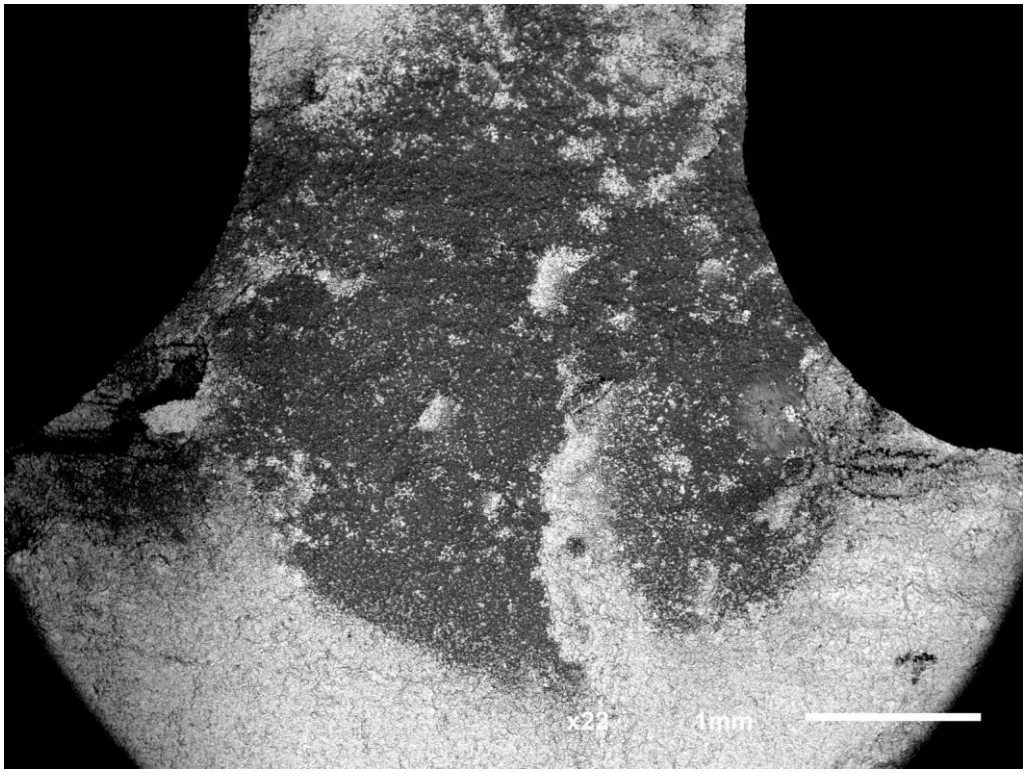


Bild 8

Probe R1
RE-Detektor-
Materialkontrast

Bruchfläche Steg
Verteilung Belag
(dunkel

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketingliter
REV02.docx

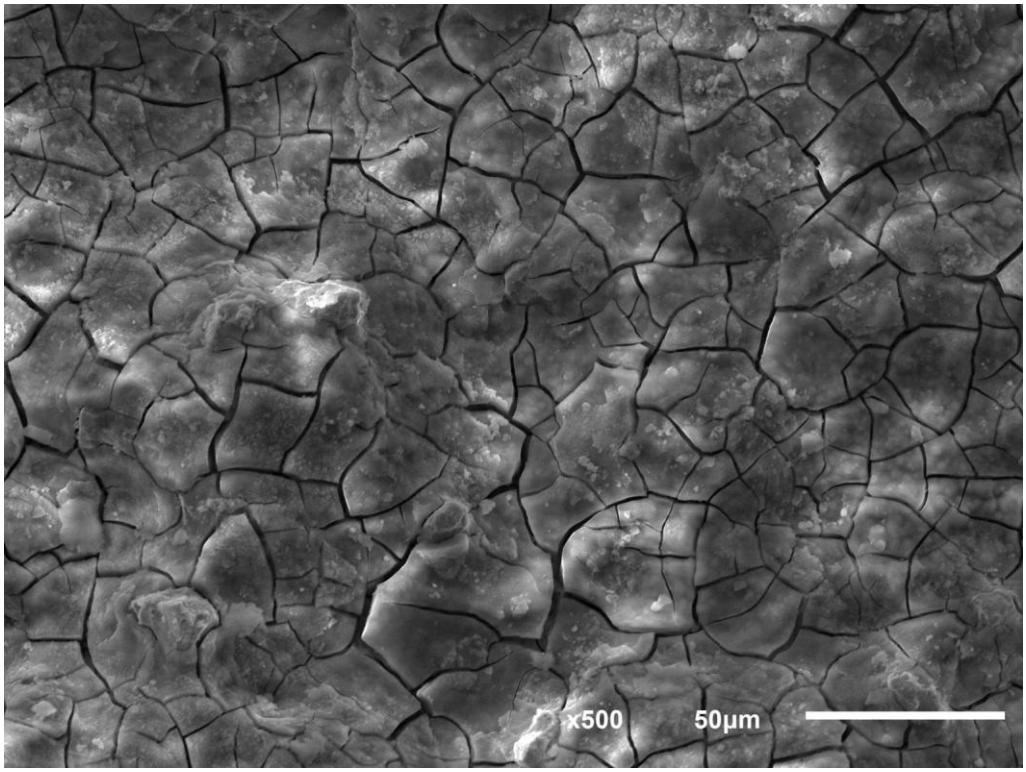


Bild 9

Probe R1
SE-Detektor

Bruchfläche Steg
Detail Belag

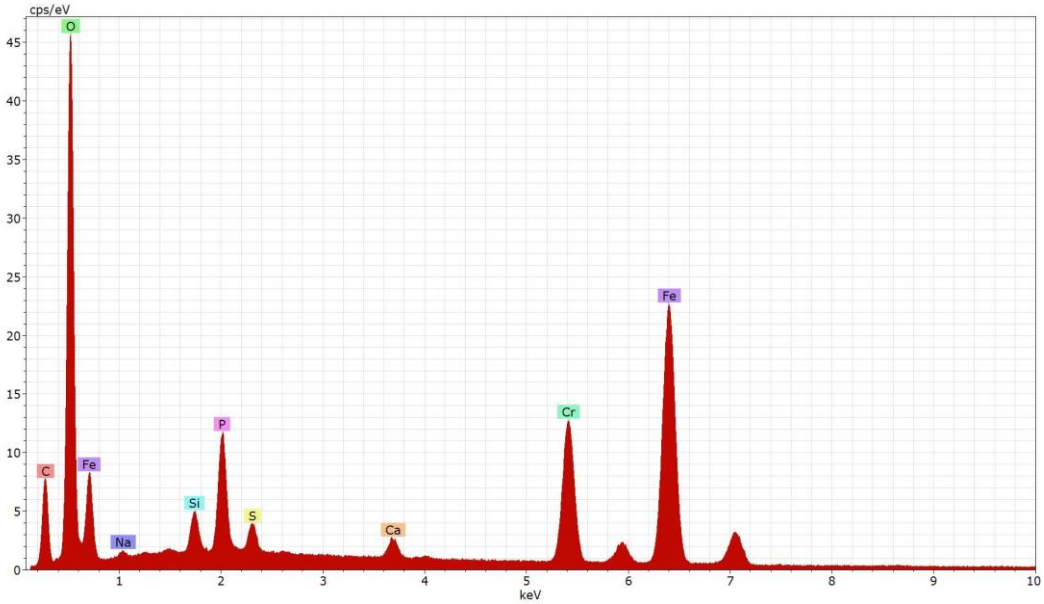


Bild 10

Probe R1
EDX-Analyse

Bruchfläche Steg
Analyse Belag

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

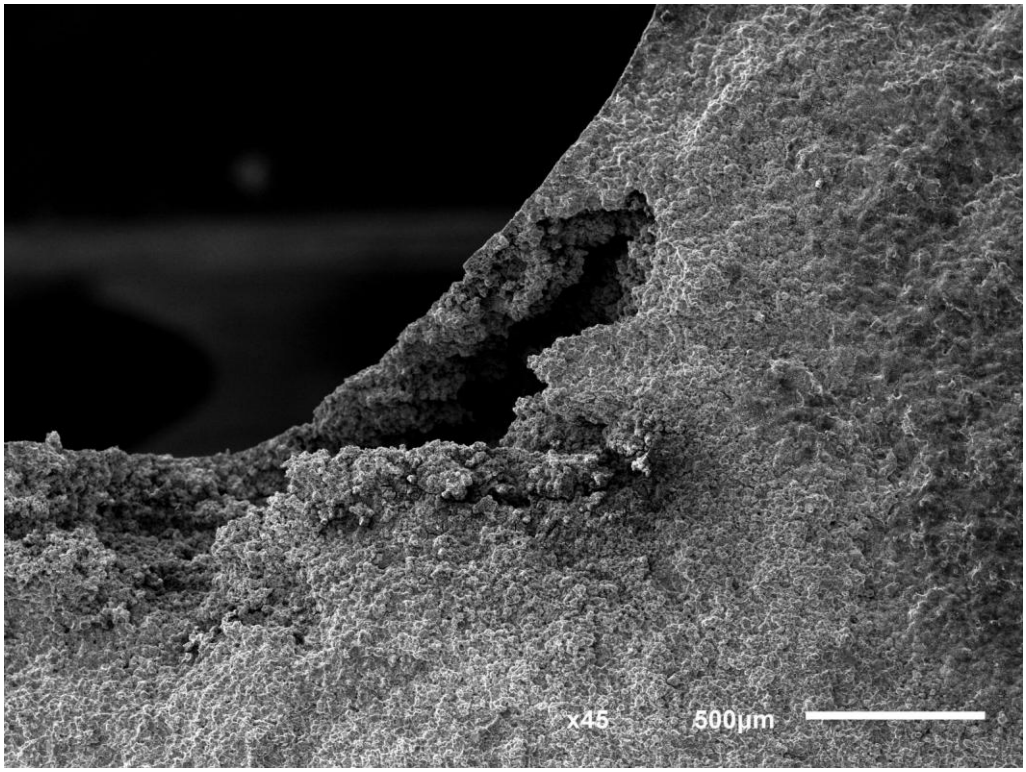


Bild 11

Probe R1
SE-Detektor

Bereich
Bruchausgang
linke Seite
interkristallin
korrodiert unterhalb
der Oberfläche

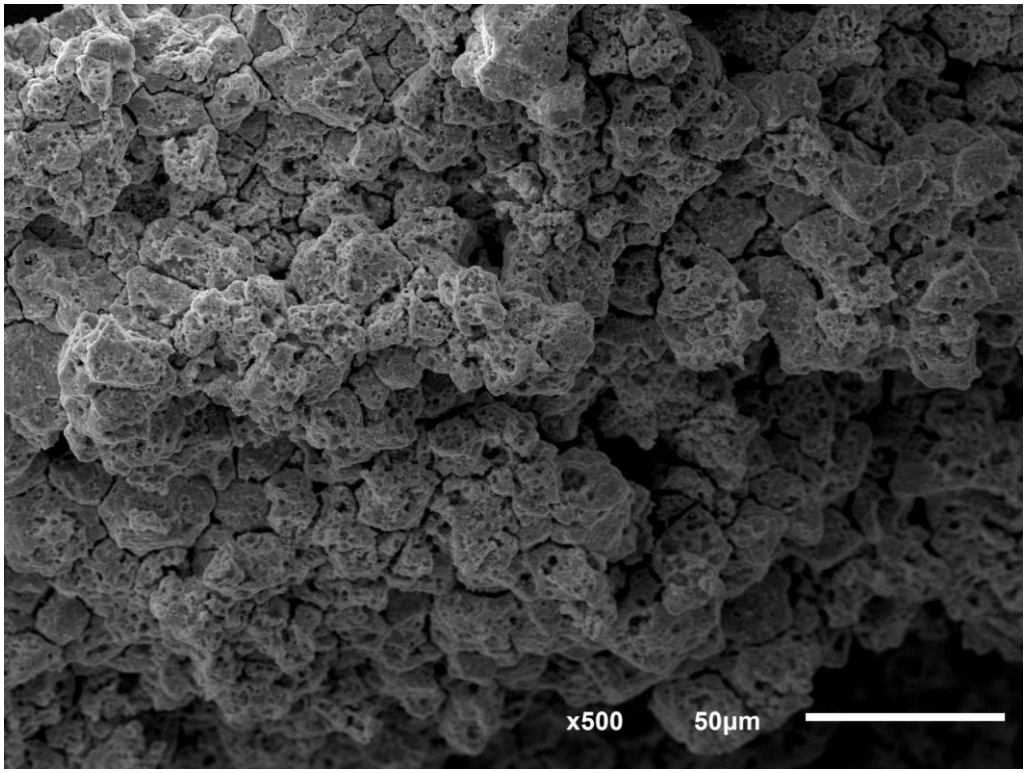


Bild 12

Probe R1
SE-Detektor

Bereich
Bruchausgang
linke Seite
interkristallin
korrodiert unterhalb
der Oberfläche

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

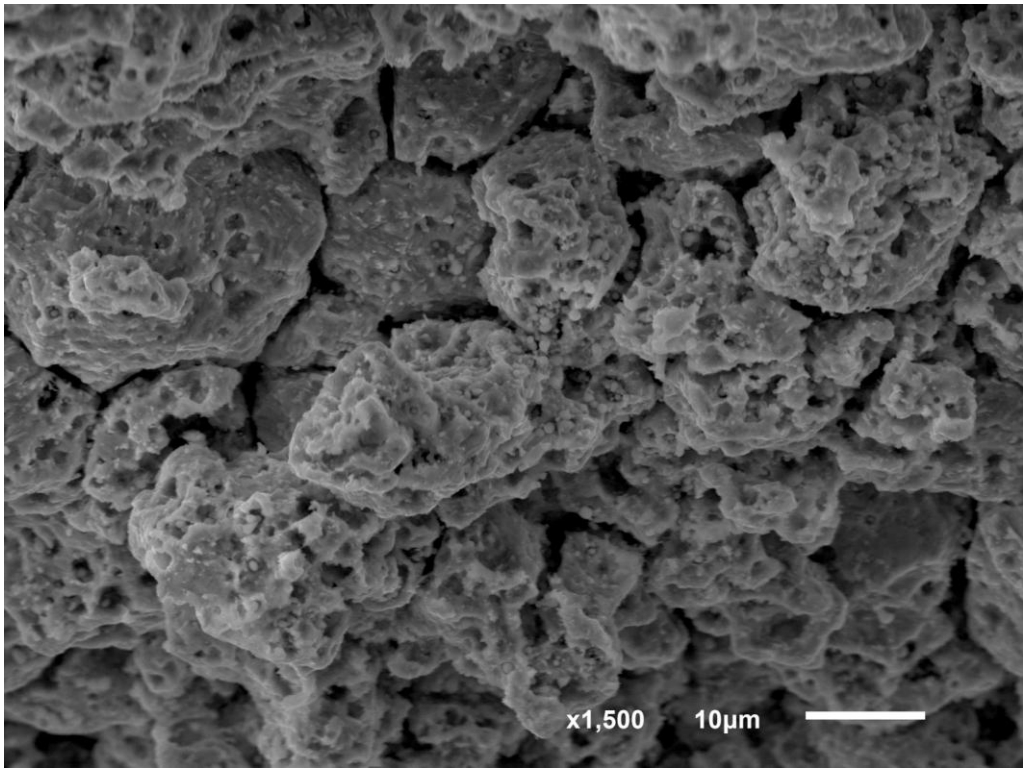


Bild 13

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang
linke Seite
interkristallin korrodiert unterhalb der Oberfläche

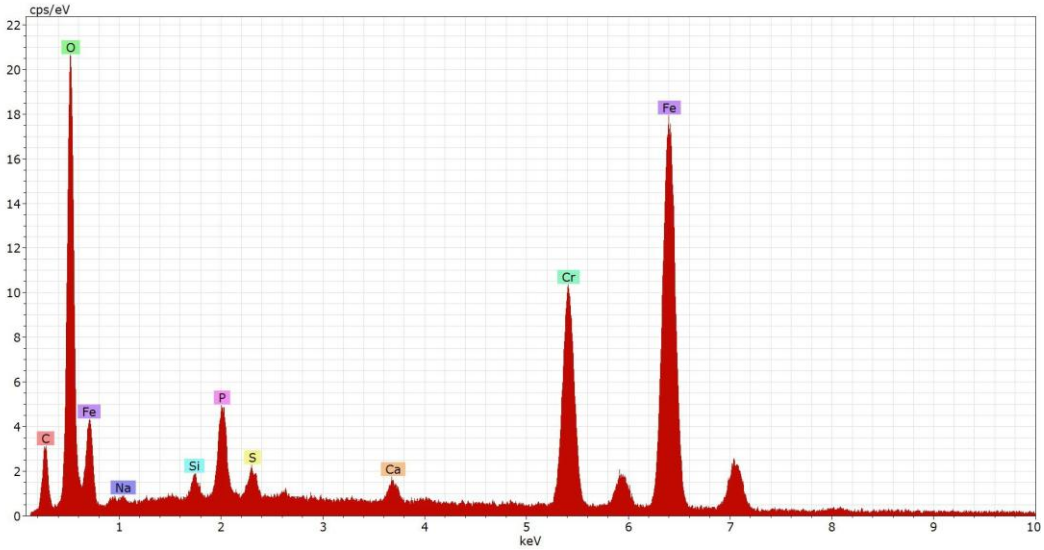


Bild 14

Probe R1
EDX-Analyse

Bereich Bruchausgang
linke Seite
Analyse des korrodierten Bereiches

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

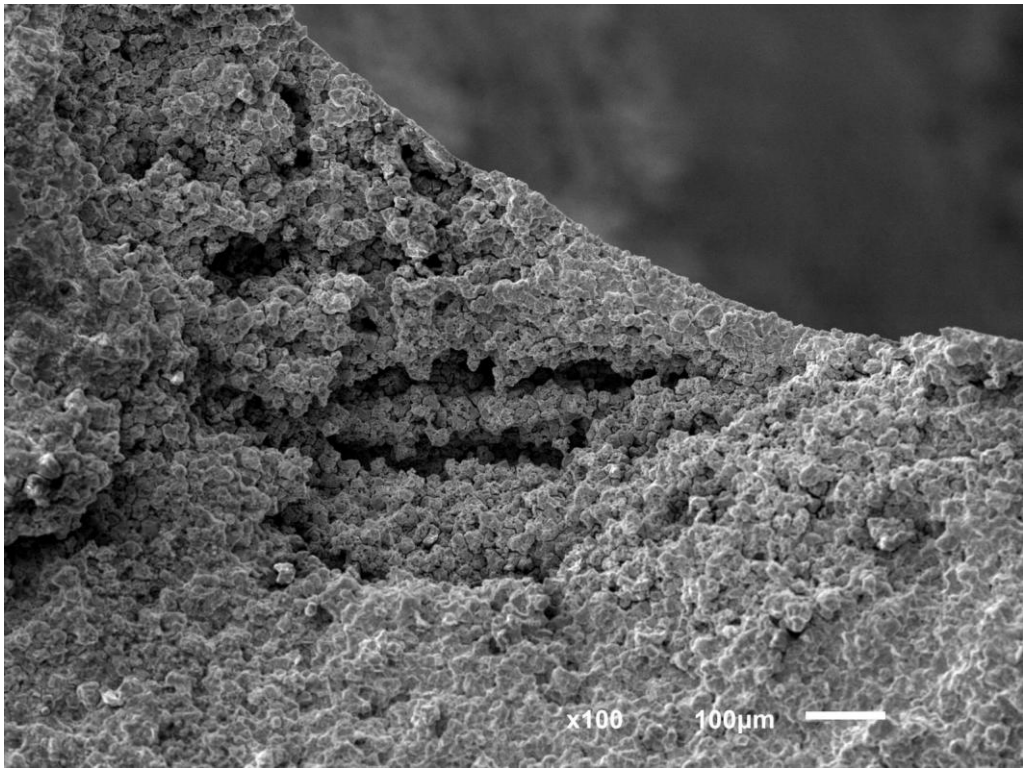


Bild 15

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang rechte Seite interkristallin korrodiert unterhalb der Oberfläche

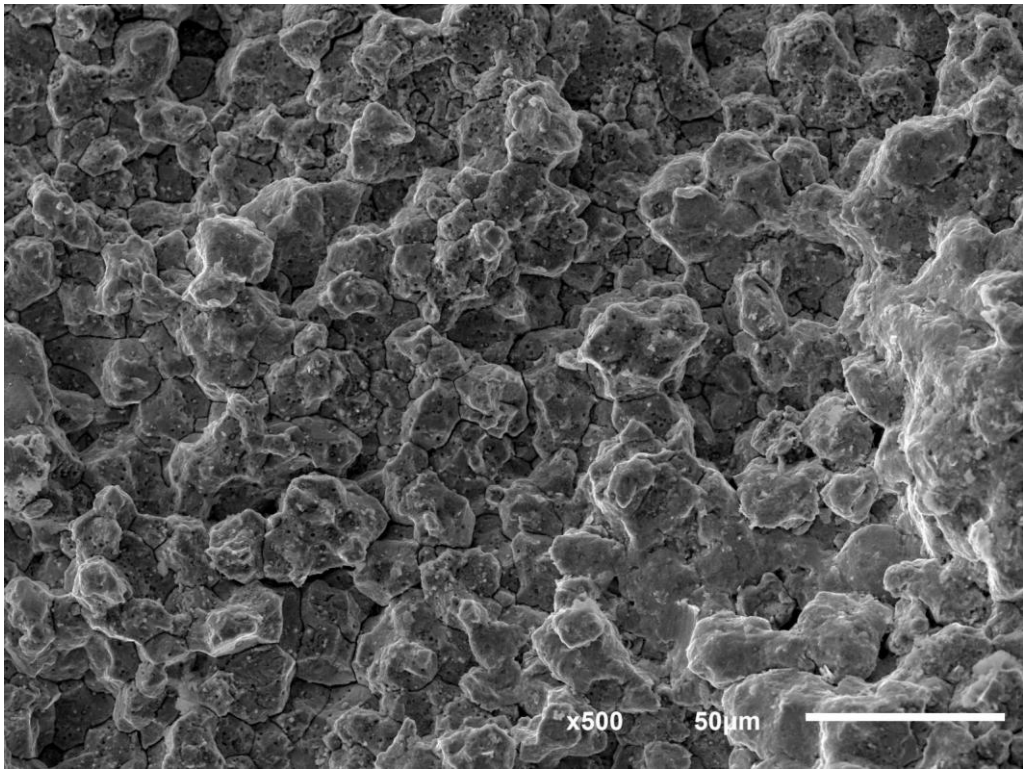


Bild 16

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang rechte Seite interkristalline Bruchstrukturen unterhalb des stark korrodierten Bereiches

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

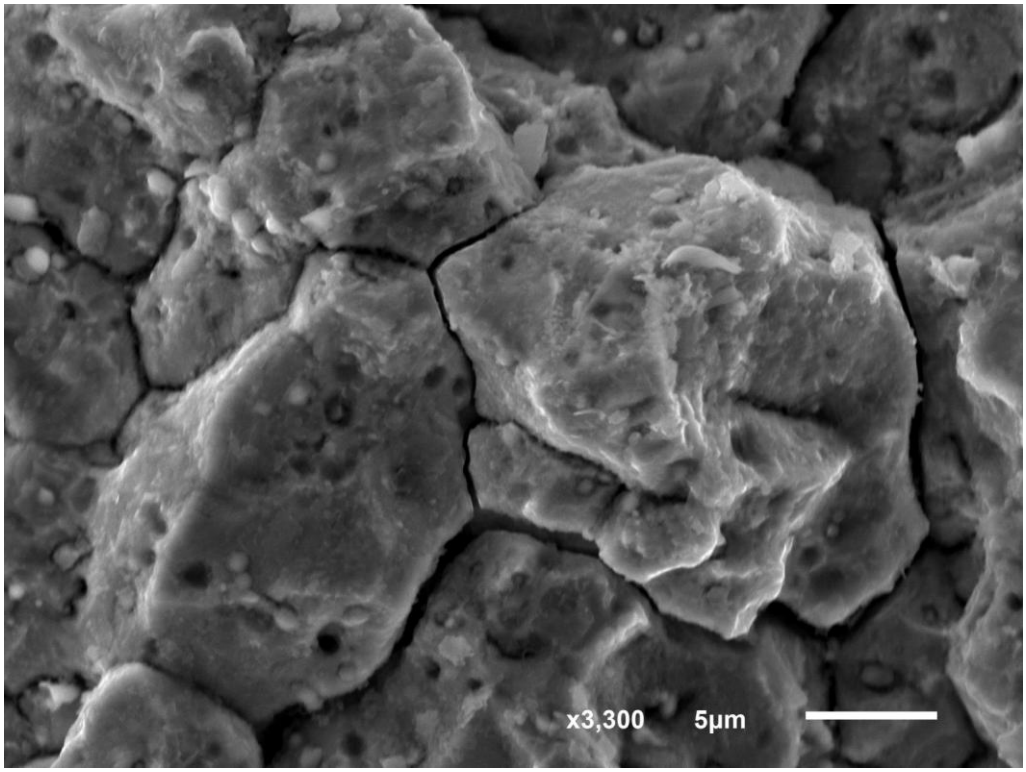


Bild 17

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang rechte Seite interkristalline Bruchstrukturen unterhalb des stark korrodierten Bereiches

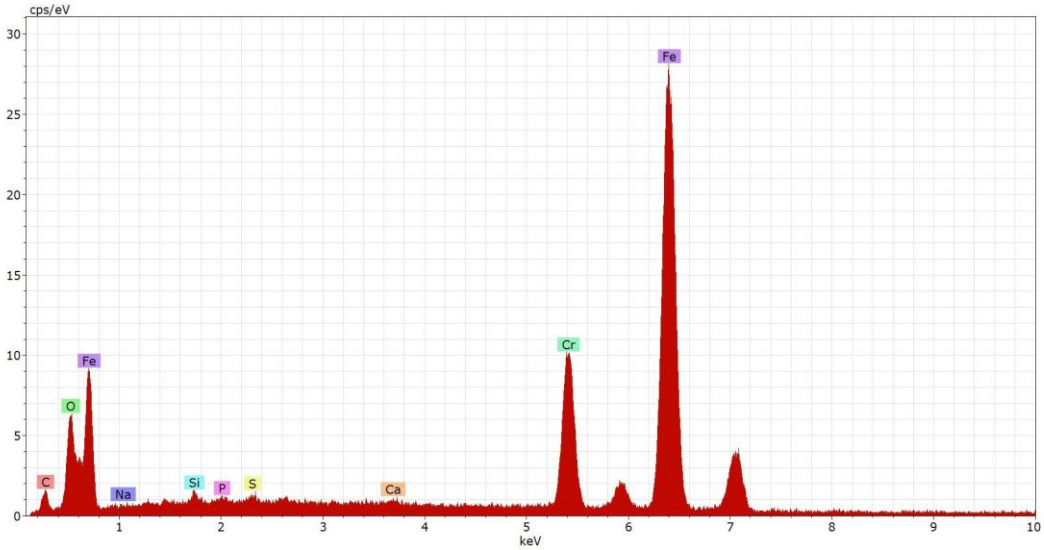


Bild 18

Probe R1
EDX-Analyse

Bereich Bruchausgang rechte Seite
Analyse der interkristallinen Bruchstrukturen unterhalb des stark korrodierten Bereiches

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische X:\Organisation\Marketing\te REV02.docx

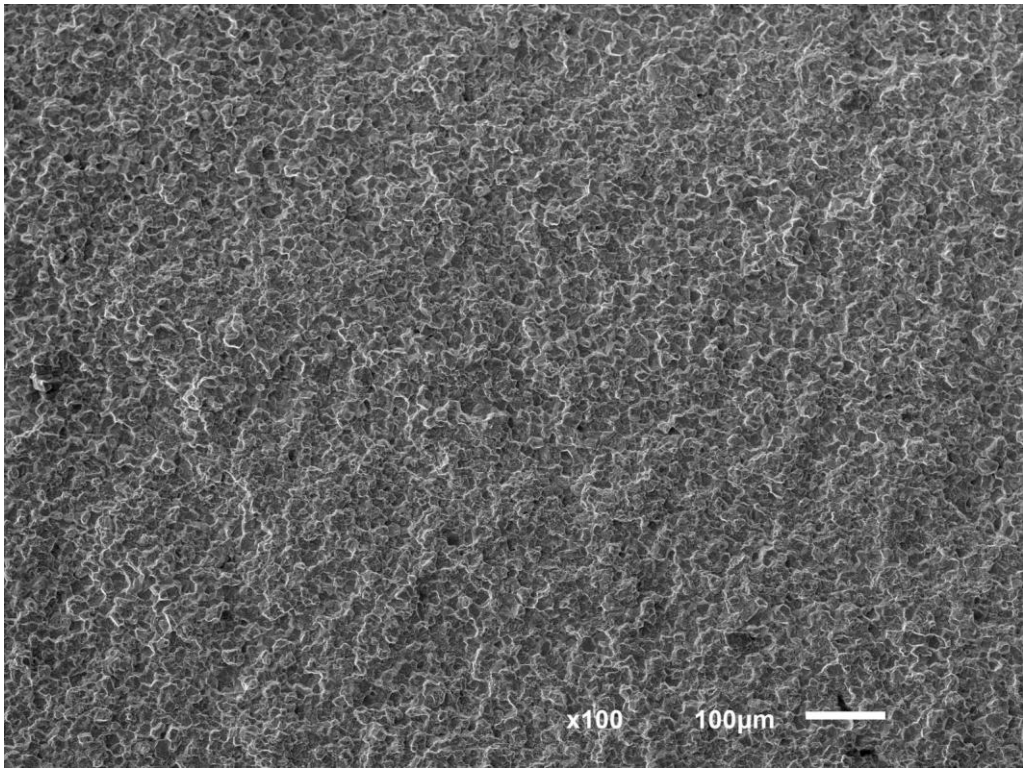


Bild 19

Probe R1
EDX-Analyse

Bereich Bruchausgang
linke Seite
Analyse des korrodierten Bereiches

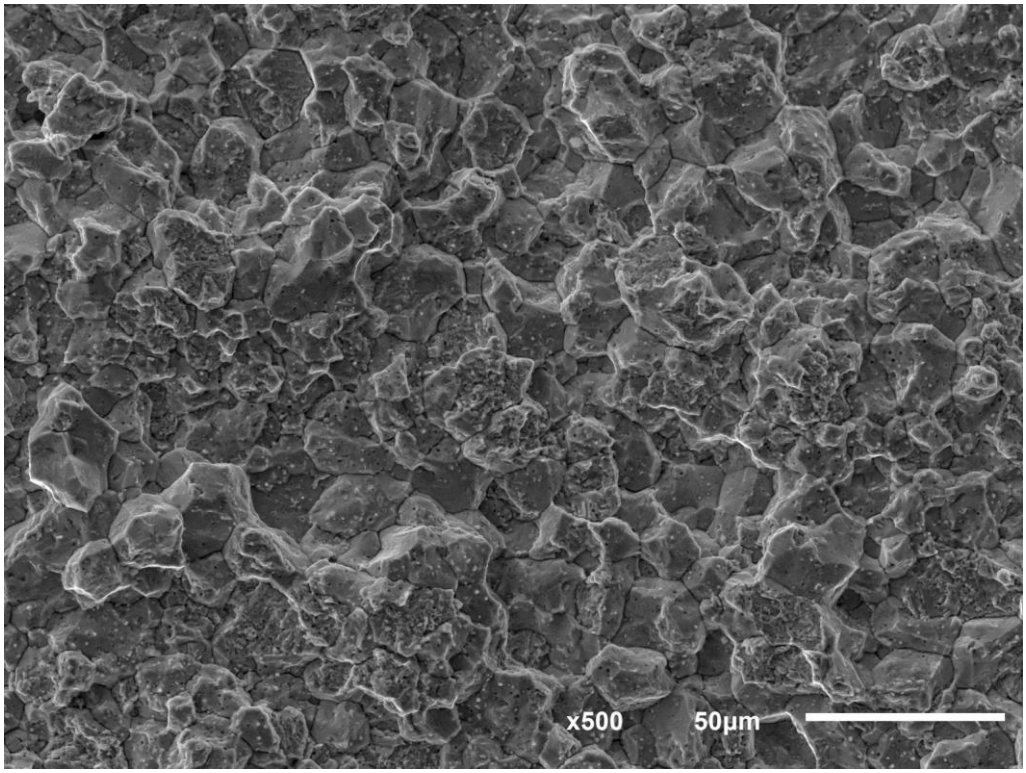


Bild 20

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang
Mitte Rohrwandstärke
korrodierte, interkristalline Bruchstrukturen

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

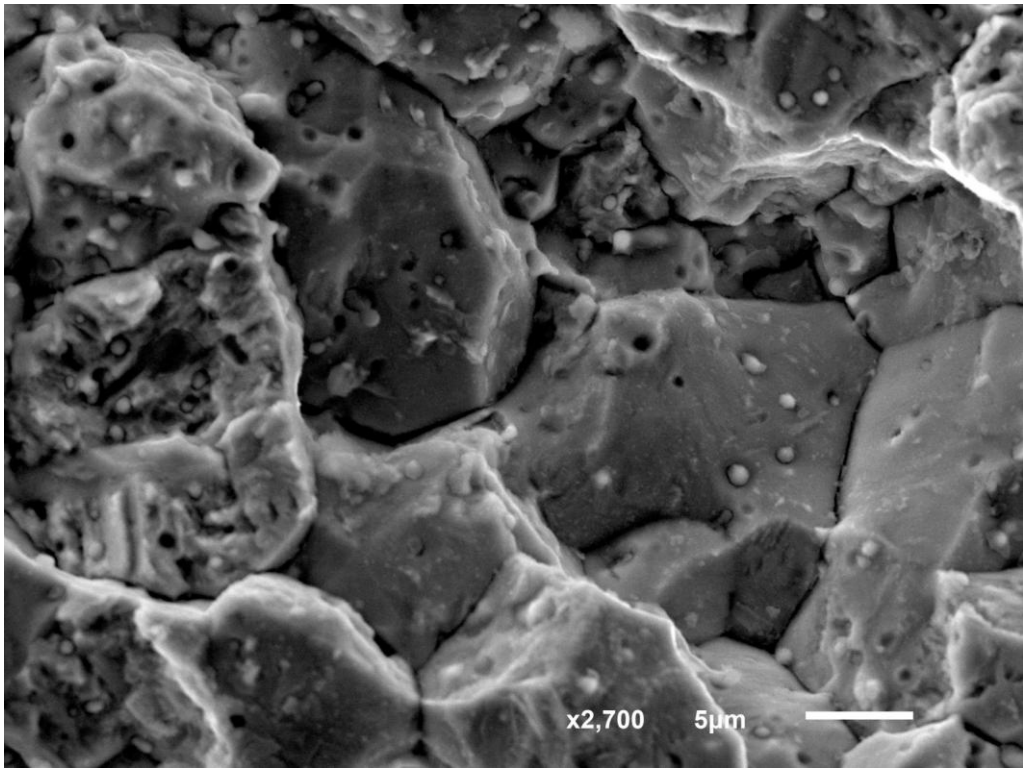


Bild 21

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang
Mitte Rohrwandstärke
korrodierte, interkristalline Bruchstrukturen mit geöffneten Korngrenzen und Ausscheidungen auf den Kornflächen

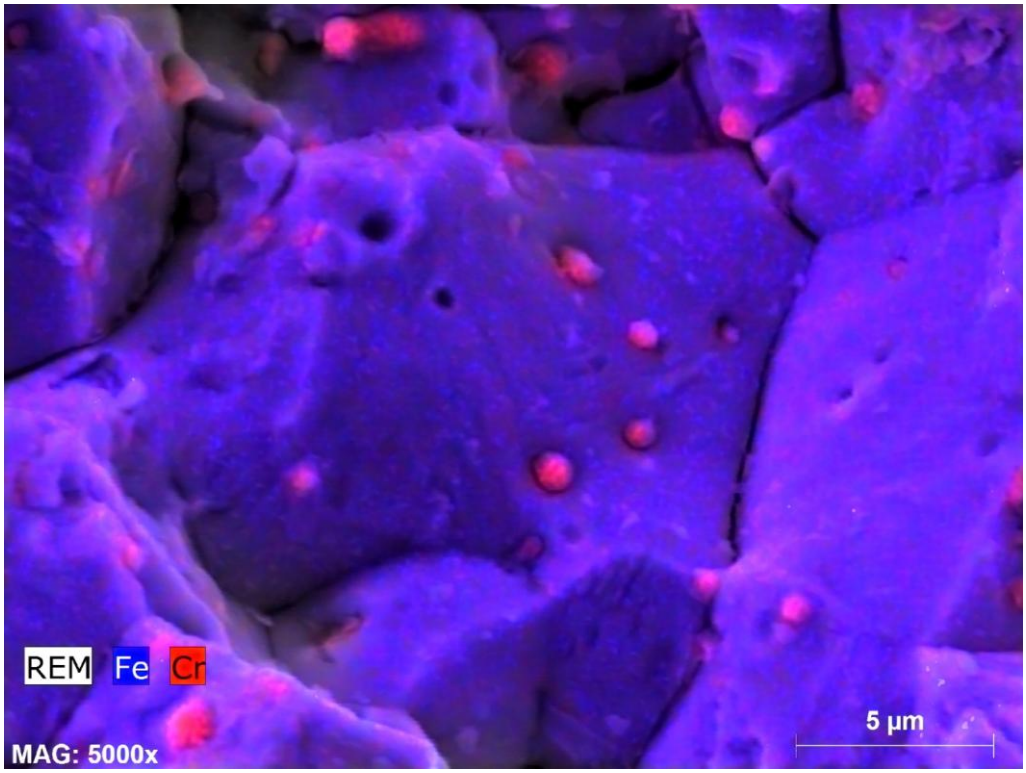


Bild 22

Probe R1
EDX-Mapping, Fe und Cr

Bereich Bruchausgang
Mitte Rohrwandstärke
Cr-Karbide auf den Kornflächen

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie
© GWP mbH SO technische X:\Organisation\Marketing\te REV02.docx

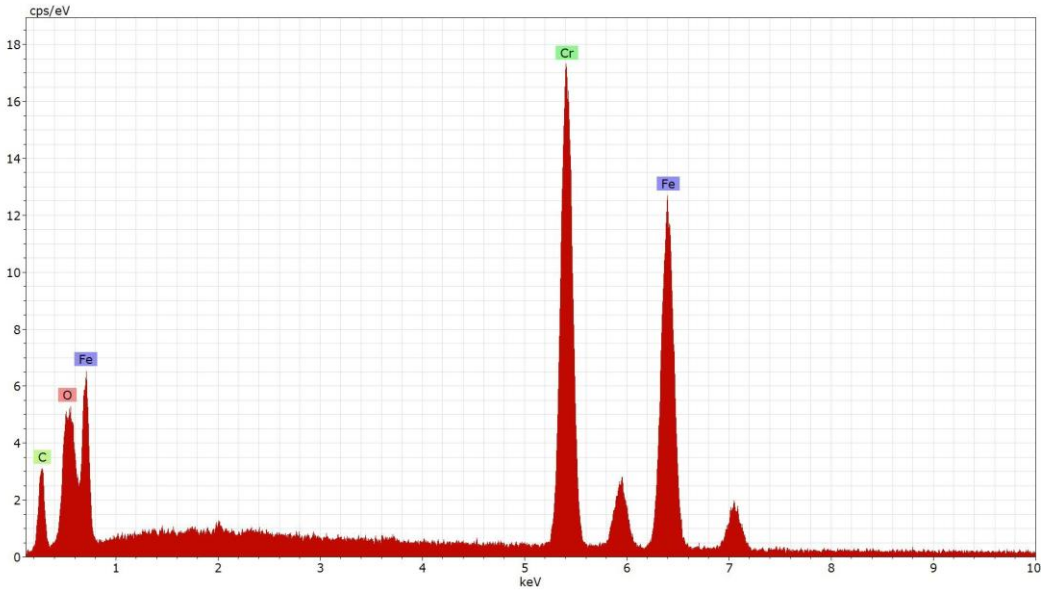


Bild 23

Probe R1
EDX-Analyse

Bereich
Bruchausgang
Mitte Rohrwandstärke
Analyse Cr-Karbid

Bild 24

Probe 1
Makro-Aufnahme

Übersicht
Bruchfläche nach
dem Öffnen

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

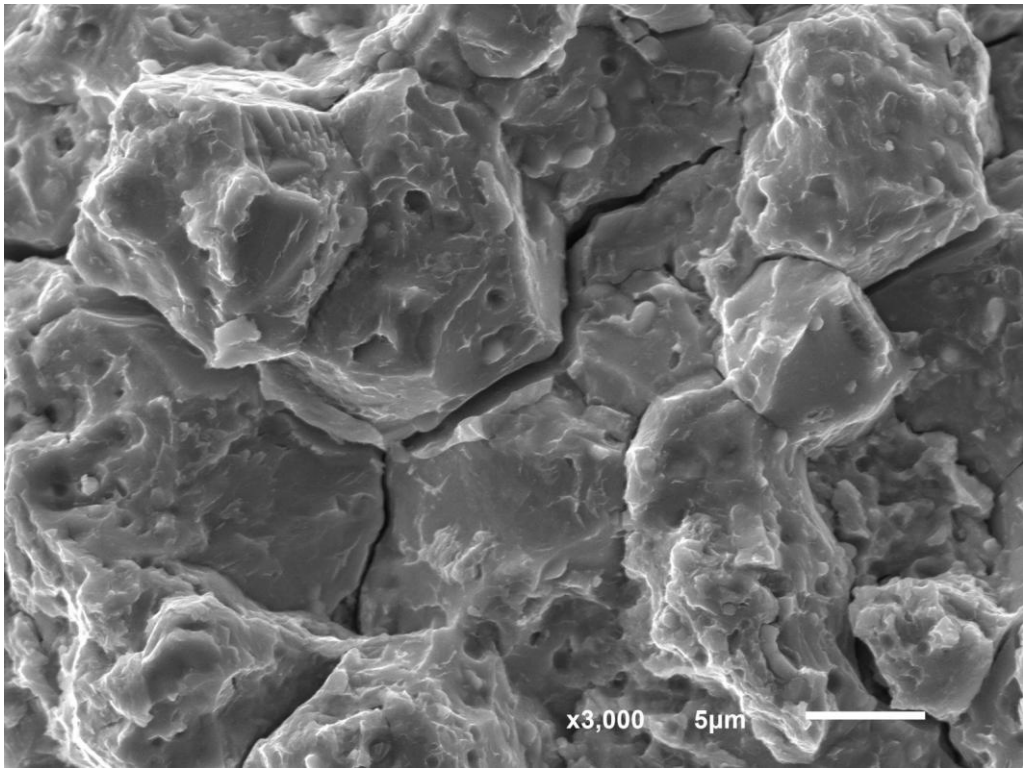


Bild 25

Probe R1
SE-Detektor

weiterer Bruchverlauf rechts
Mitte Rohrwandstärke
interkristalline Bruchstrukturen mit geöffneten Korngrenzen

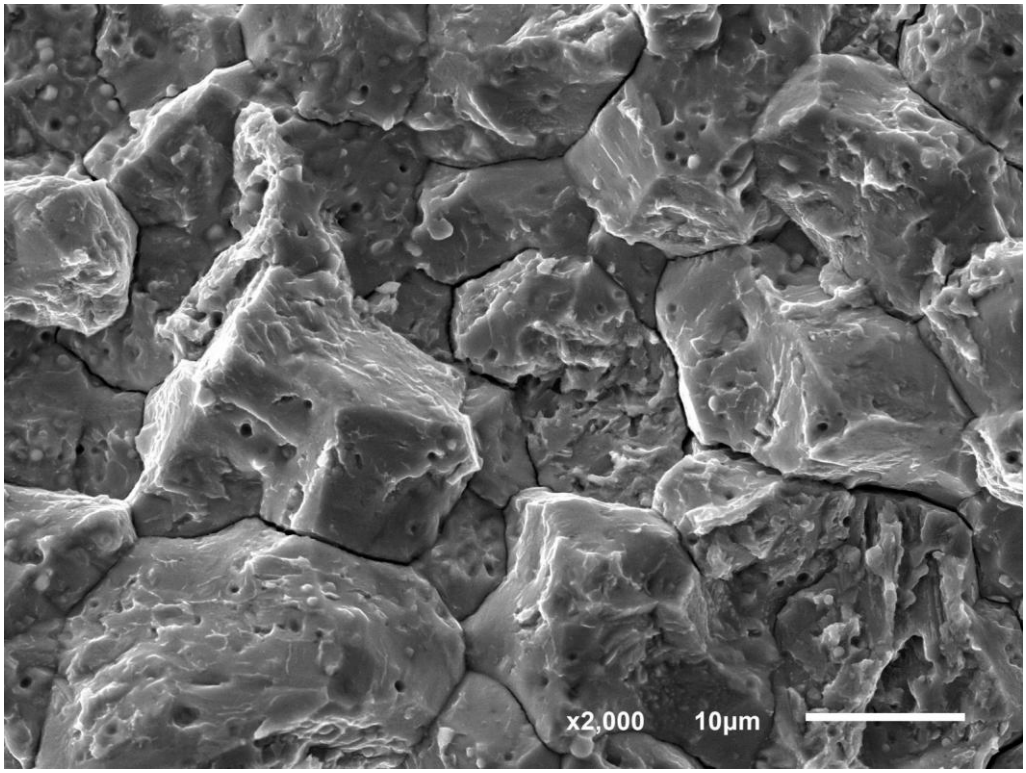


Bild 26

Probe R1
SE-Detektor

Bruchverlauf Ende
Mitte Rohrwandstärke
interkristalline Bruchstrukturen mit geöffneten Korngrenzen

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

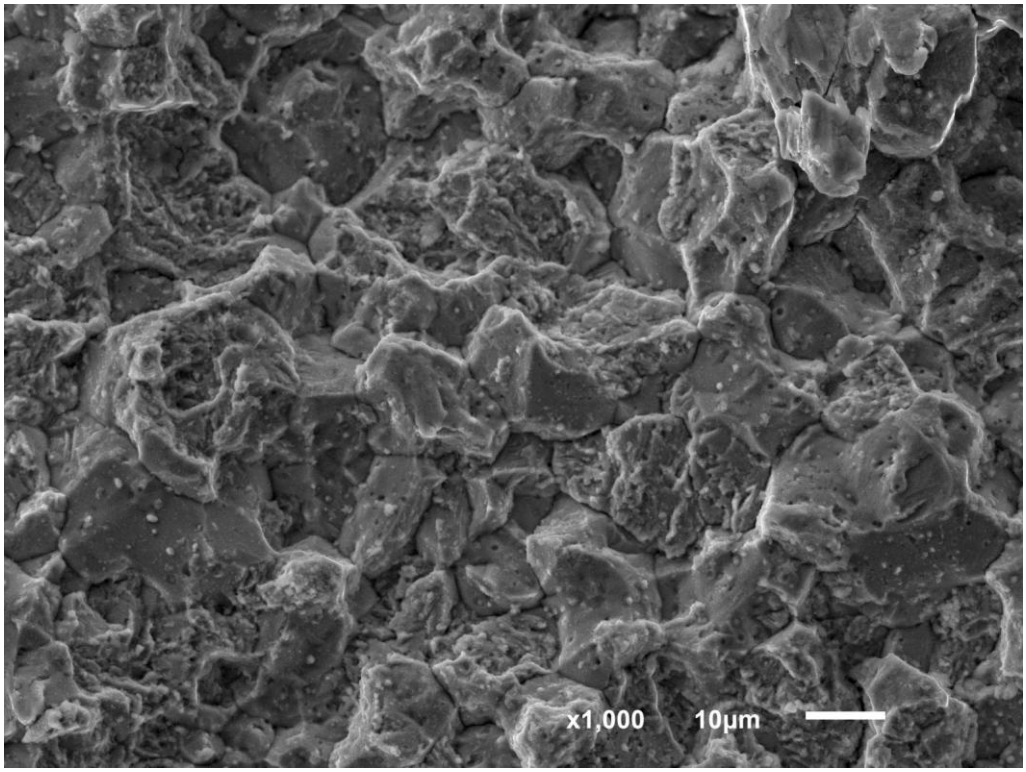


Bild 27

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang
unter Oberfläche Innendurchmesser
korrodierte, interkristalline Bruchstrukturen

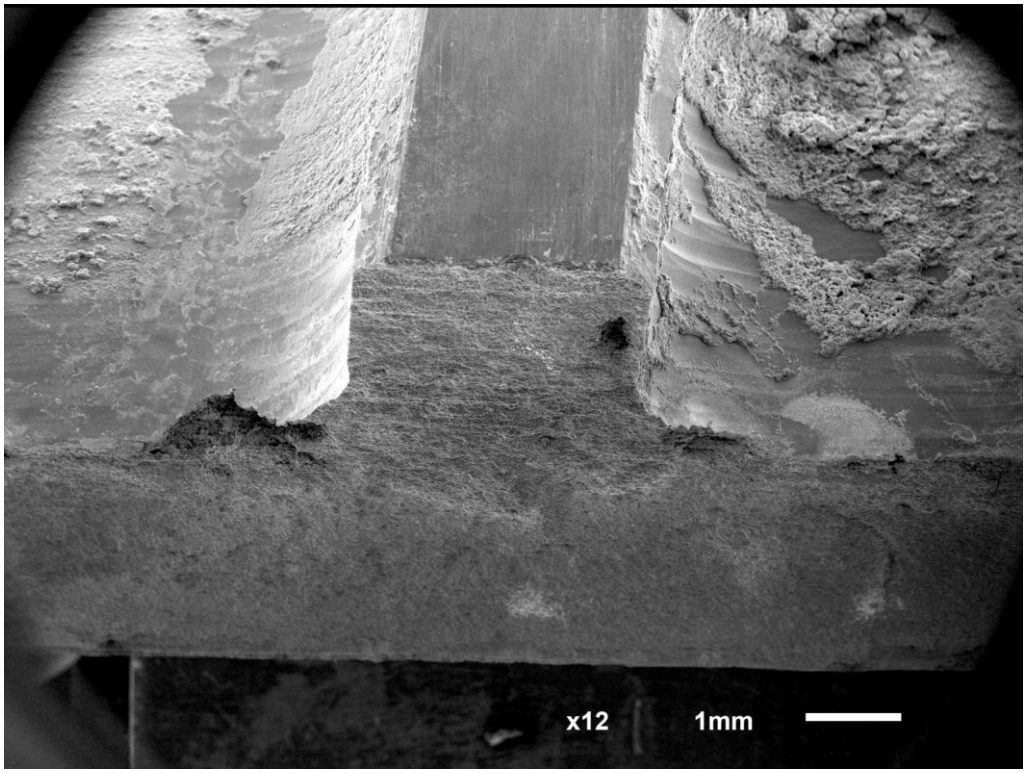


Bild 28

Probe R1
SE-Detektor

Übersicht
identifizierter Bruchausgang
Ansicht auf Aussendurchmesser

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

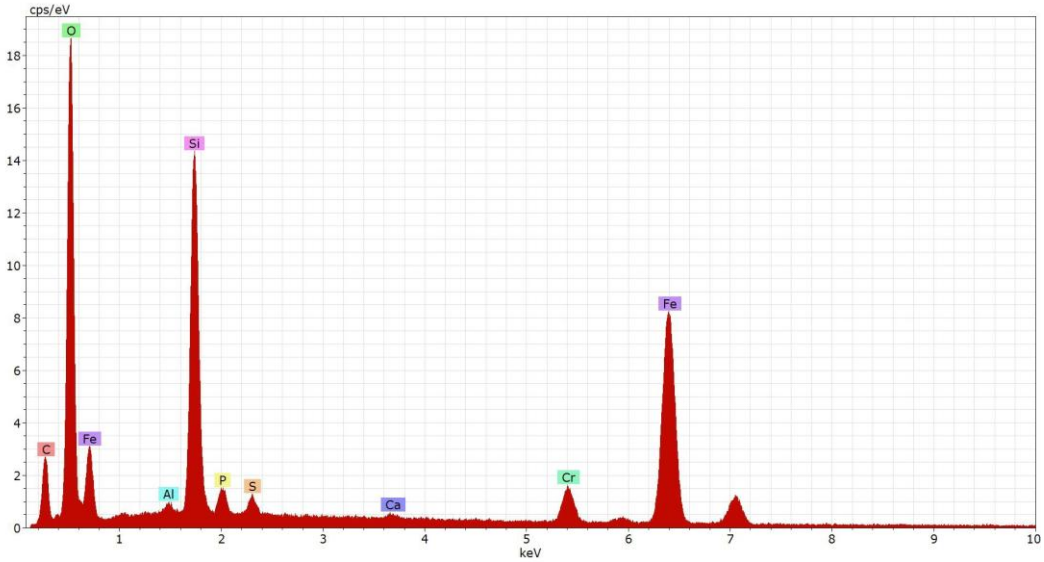


Bild 29

Probe R1
EDX-Analyse

Bereich
Bruchausgang
Analyse Belag auf
Oberfläche

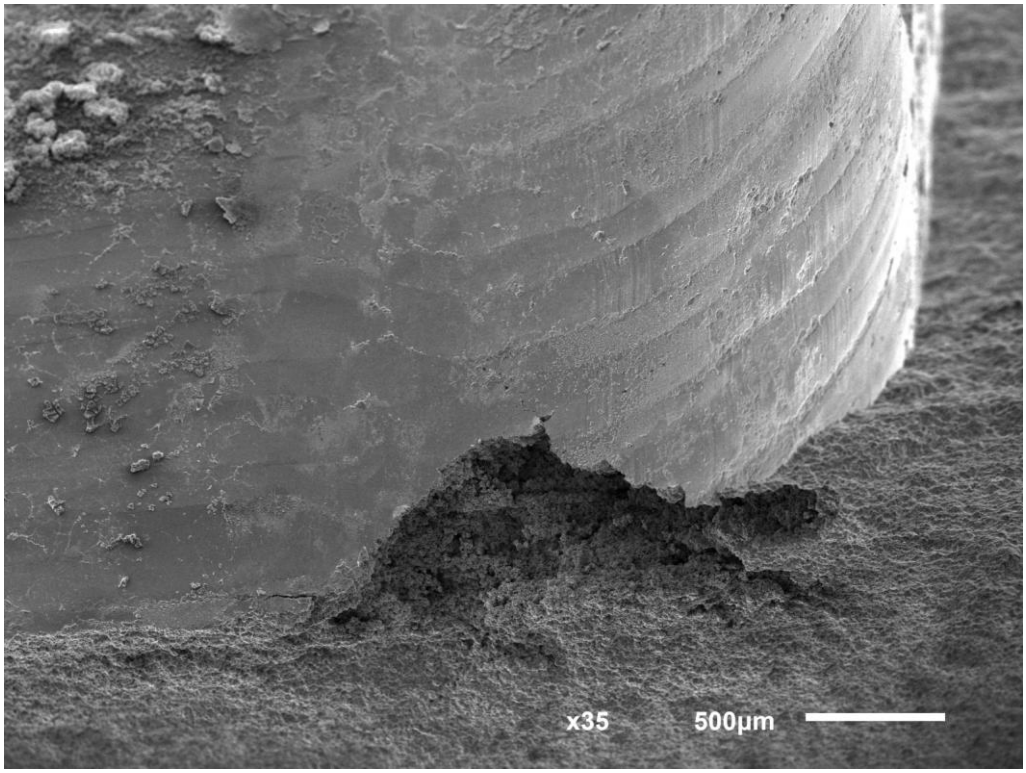


Bild 30

Probe R1
SE-Detektor

Bereich
Bruchausgang
linke Seite

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

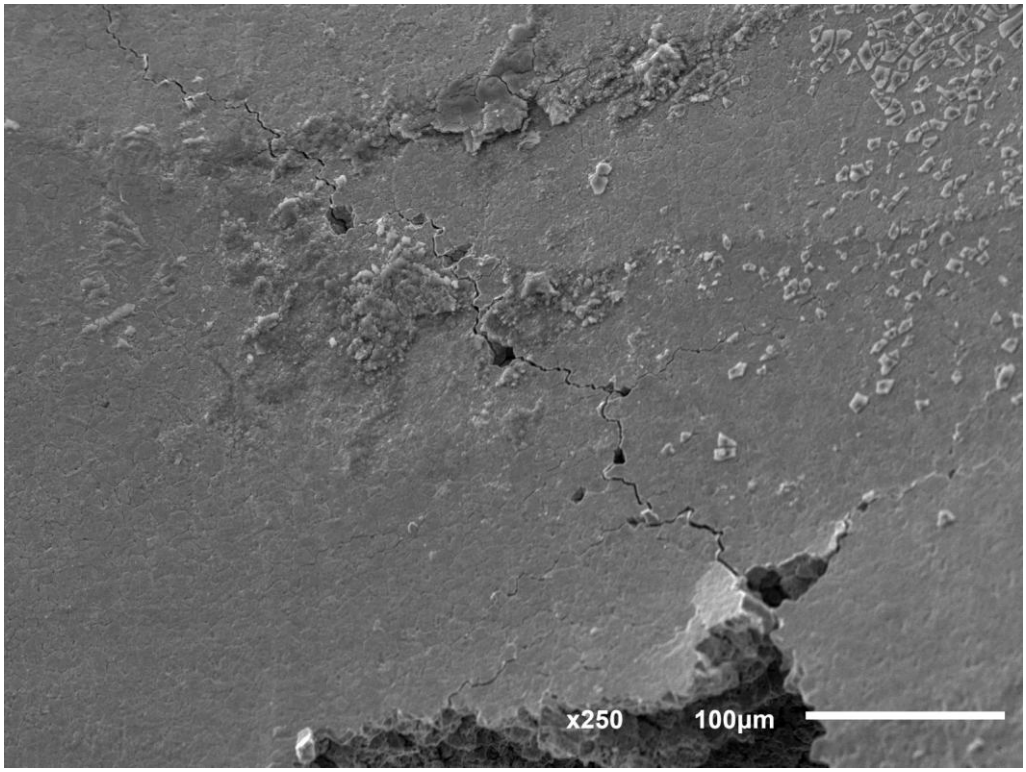


Bild 31

Probe R1
SE-Detektor

Bereich
Bruchausgang
linke Seite
interkristalliner Angriff

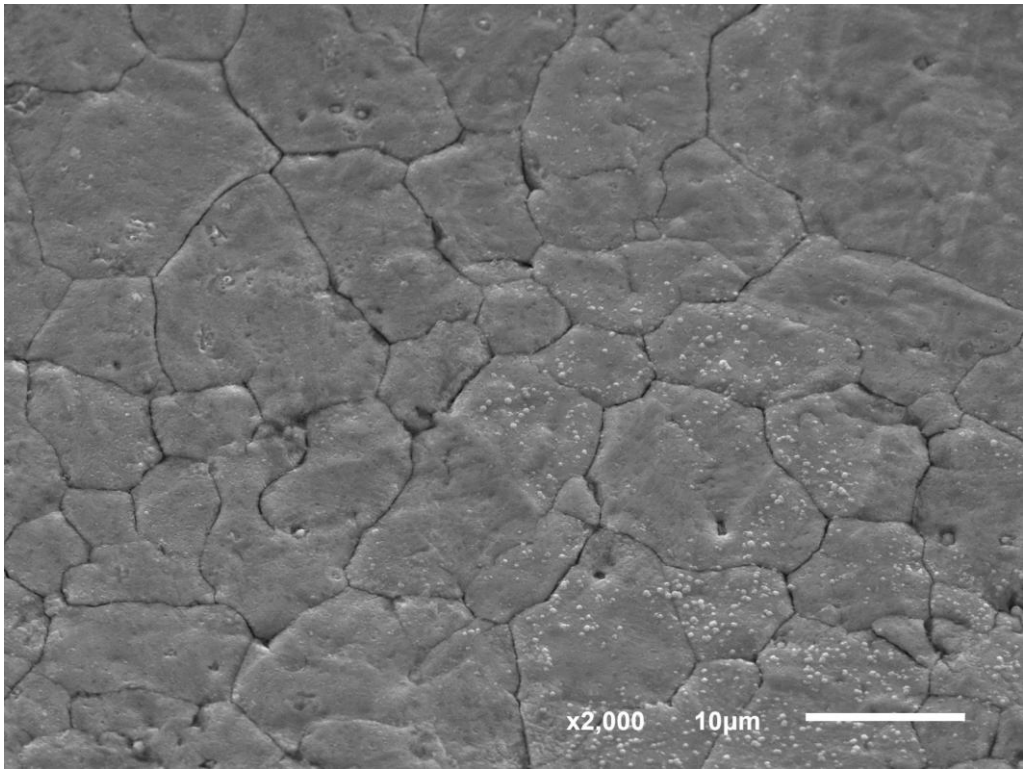


Bild 32

Probe R1
SE-Detektor

Bereich
Bruchausgang
linke Seite
interkristalliner Angriff

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

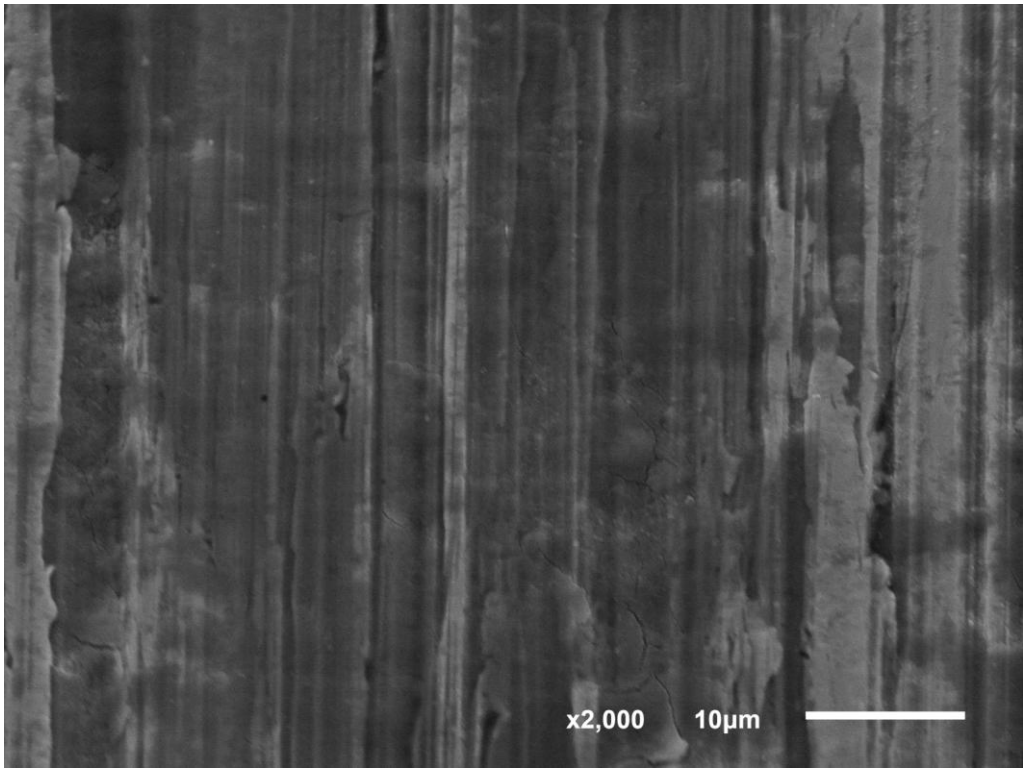


Bild 33

Probe R1
SE-Detektor

Bereich Bruchausgang
Oberfläche Steg
Referenz Oberfläche im unbeeinflussten Zustand

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

Bild 34

Probe S1
LIM-Aufnahme
ungeätzt

Übersicht
Schlifflage ca. 1 mm hinter Bruchebene

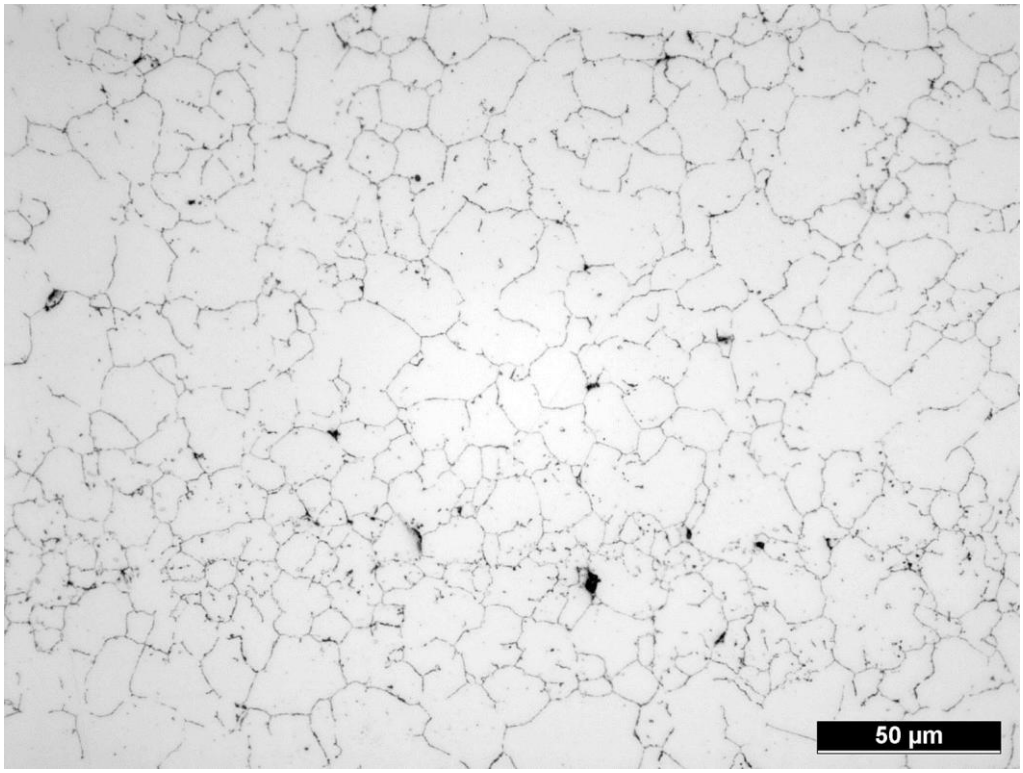


Bild 35

Probe S1
LIM-Aufnahme
ungeätzt

Steg rechte Seite
interkristalline Korrosion unterhalb der Oberfläche

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische X:\Organisation\Marketing\te REV02.docx

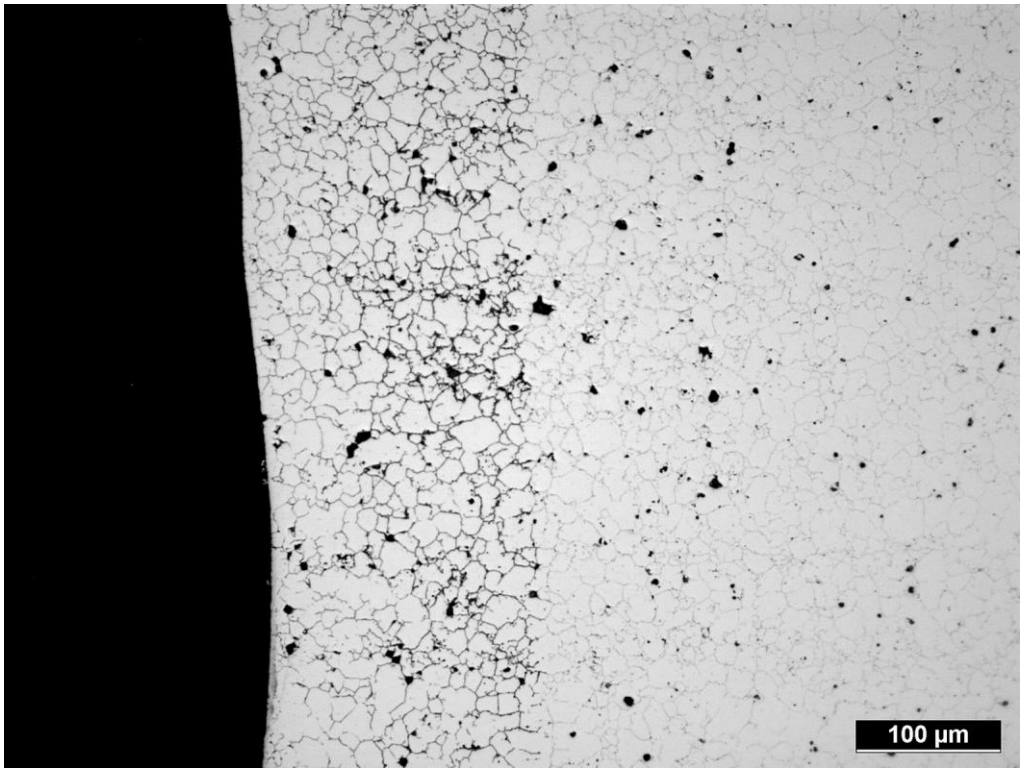


Bild 36

Probe S1
LIM-Aufnahme
ungeätzt

Steg
interkristalline Korrosion unterhalb der Oberfläche

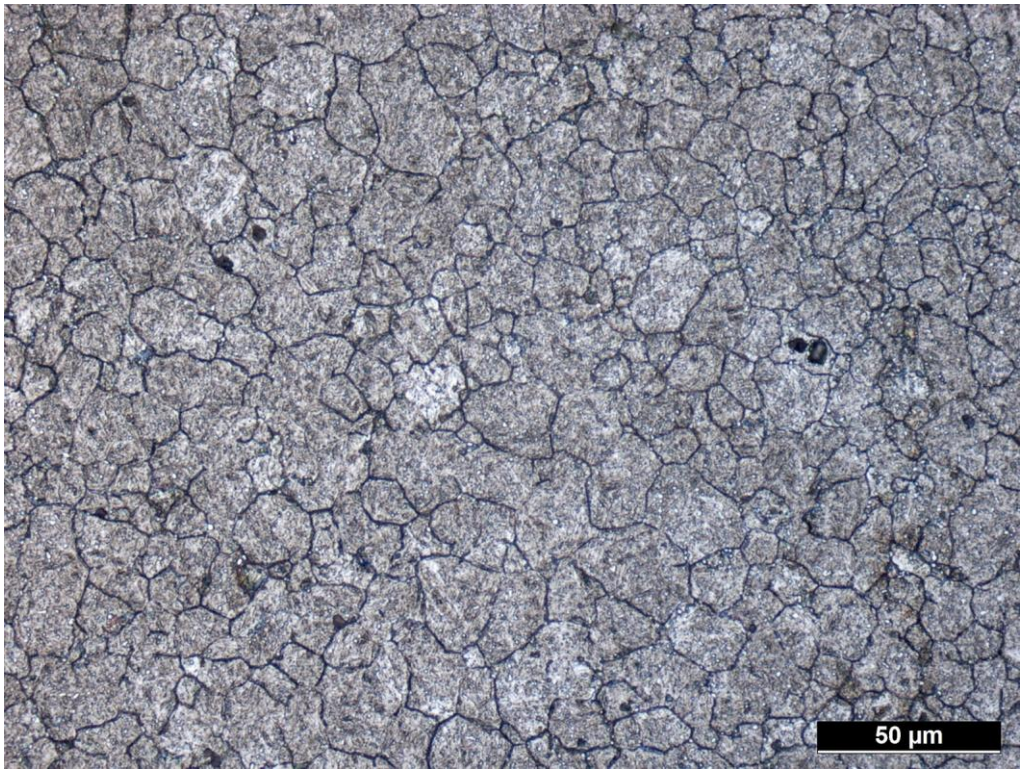


Bild 37

Probe S1
LIM-Aufnahme
Pikral-Ätzung

Steg
interkristalline Korrosion unterhalb der Oberfläche
Vergütungsgefüge mit fein verteilten Cr-Karbiden

avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie
© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

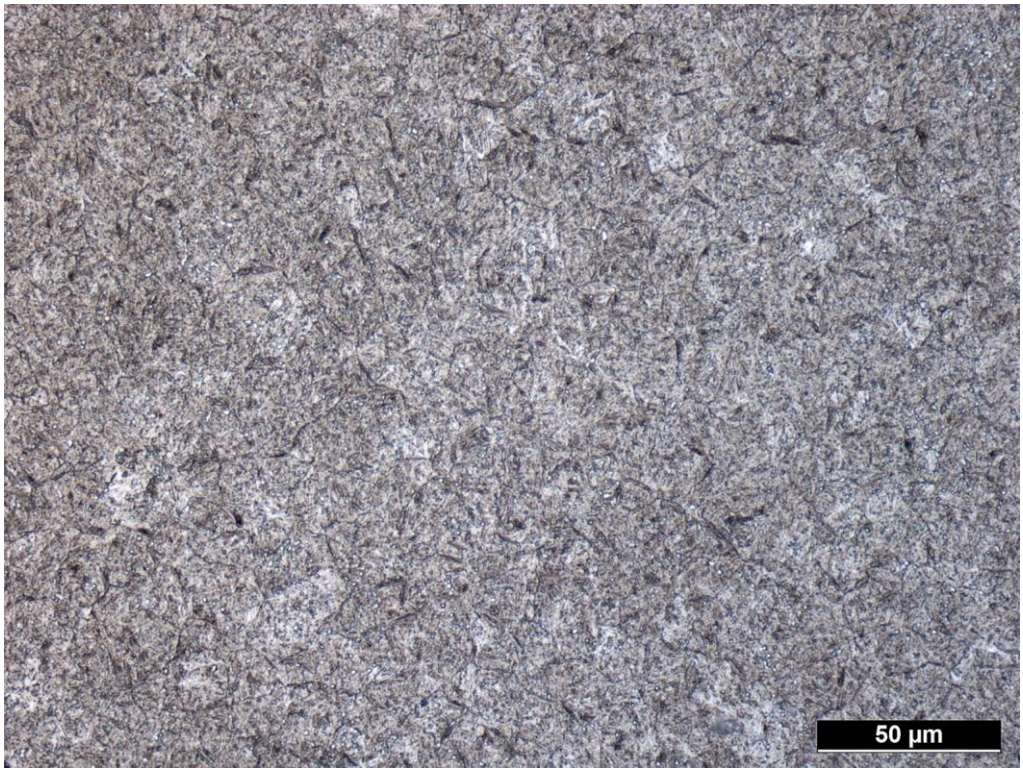


Bild 38

Probe S1
LIM-Aufnahme
Pikral-Ätzung

Mitte Rohrwandstärke
Außerhalb Korrosionsbereich
Vergütungsgefüge mit fein verteilten Cr-Karbiden
Korngrenzen teilweise sichtbar

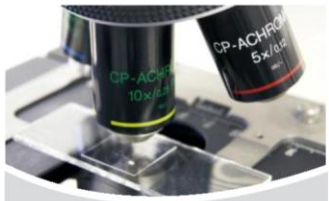
avität\ExpS Brü 20170608 Korrosion und Fraktographie

© GWP mbH SO technische
X:\Organisation\Marketing\te
REV02.docx

» Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH

› Analytik

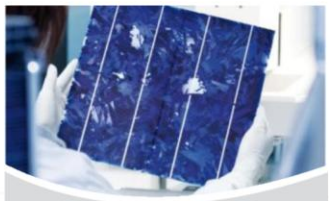
› Werkstoffprüfung



› Materialografie

› Qualitätssicherung

› Schadensanalyse



› Entwicklung

› Laborservices

› Analytikum
› Chemie & Korrosionslabor
› Elektroniklabor
› Gaslabor
› Kunststofflabor
› Materialografie
› Mikroskopie REM/LIM
› Umweltsimulation
› Werkstatt
› Werkstoffprüfung
› Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

› Schadensanalyse

› Airbag
› Batterien
› Baustoffe
› Fraktographie
› Heterogene Katalyse
› Industrielle Prozesse und Produkte
› Korrosion
› Kunststoffe
› Medizintechnik
› Metallische Gefüge
› Oberflächentechnik
› Zerstörungsfreie Prüfung

› GWP Gesellschaft für Werkstoffprüfung mbH
› Georg-Wimmer-Ring 25, D-85604 Zorneding/München
› Tel. +49 (0) 8106 994 110
› Fax +49 (0) 8106 994 111
› Mail info@gwp.eu
› Web www.gwp.eu

DAkkS
Deutsche Akkreditierungsstelle
D-PL-19907-01-00

GWP