

Auftrag-Nr. 12345-A123

Order no.

Auftraggeber:

Orderer

Musterfirma GmbH
Frau Mustermann
Musterweg 1
01234 Musterstadt
Tel. 0123-45-6789
S.Mustermann@muster.com

Auftrag vom: 1. Februar 2021

Bearbeiter:

Customer

Zeros GmbH
Dipl.-Ing. Michael Ohme
Tel. 030 - 6780-999-12
Ohme@zeros-gmbh.de

Objekt:

Object

Antriebswelle Anlage 2 BBO RUL-Z Katalyse (Ø 46 mm)

Auftrag:

Order

Klärung der Schadensursache

Vorgang:

Procedure

Nach der Inbetriebnahme von Anlage 2 erfolgte nach 1.430 Betriebsstunden ein Bruch der Antriebswelle. Ein Teilstück wurde der Zeros GmbH zur Schadensuntersuchung übergeben.

Resümee:

Der Ausfall der Antriebswelle wurde durch **Überlastung** verursacht. Nach der Entstehung eines Anrisses im ersten tragenden Gewindegang erfolgte der Rissfortschritt durch **Überlastung**.

1. Gegenstand der Untersuchung

Zur Untersuchung stand eine Antriebswelle (s. Bild 1, Anlage 1) mit folgenden Betriebsparametern:

Inbetriebnahme: **1. Februar 2018**
Betriebstemperatur: **max. 120°C**
Betriebsdruck: **1,2 MPa**
Lastwechsel: **1000**
Betriebsmedium: **Öl**

2. Untersuchungen und Ergebnisse

2.1 Visuelle Begutachtung

Die untersuchte Antriebswelle wies auf einer Seite **Riefen** auf. Im mittleren Bereich sowie am Wellenabsatz waren fest haftende Beläge sowie braune Verfärbungen zu finden (s. Bild 2 – 4, Anlage 2).

Der Bruch erfolgte am ersten Gewindegang nach dem Kolbenabsatz. Auf der Bruchfläche war mittig eine Vielzahl **kleiner Riefen** zu sehen. Die Seitenbereiche der Bruchfläche zeigten keine Auffälligkeiten (s. Bilder 5 und 6, Anlage 2).

2.2 Chemische Analyse

Mittels Emissionsspektroskopie wurde die Werkstoffzusammensetzung im Gewindebereich analysiert. Tabelle 1 enthält die ermittelten Werte. Diese erfüllen die Vorgaben der DIN EN 10085: Nitrierstähle. Es handelt sich demnach um den Nitrierstahl 34CrAlNi7-10 (1.8550).

Tabelle 1 Emissionsspektroskopische Analyse (Angaben in %)

Bauteil	C	Al	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	Werkstoff
DIN EN 10085:2001	0,2407	0,012	0,007	13,18	0,015	0,0025	0,04	1.8550 (34CrAlNi7-10)
Antriebswelle	0,2407	0,012	0,007	13,18	0,015	0,0025	0,04	1.8550

2.3 Mechanisch-technologische Werkstoffprüfung

Der Welle wurde aus dem bruchflächennahen Bereich eine Zugprobe entnommen. Tabelle 2 enthält die ermittelten mechanischen Kennwerte. Die Werte der Zugfestigkeit R_m und der Bruchdehnung A_5 erfüllen die Vorgaben der DIN EN 10085: Nitrierstähle. Da die Spannungsdehnungskurve der Probe keine ausgeprägte Streckgrenze zeigte, konnte der ermittelte Streckgrenzen-Wert nicht mit der Normvorgabe verglichen werden.

Tabelle 2 Ergebnisse des statischen Zugversuchs

	d₀ [mm]	S [mm ²]	T [°C]	R_{p0.2} [MPa]	R_m [MPa]	A₅ [%]	Z [%]
DIN EN 10085 (40-100 mm)	-	-	RT	500	600	15	-
Antriebswelle	10	78,5	RT	450	550	12	10

d₀ .. Probendurchmesser
S .. Flächeninhalt
T .. Temperatur
RT.. Raumtemperatur
Z .. Brucheinschnürung
R_{p0.2} .. Streckgrenze bei 0,2 % bleibender Dehnung
R_e .. Streckgrenze
R_m .. Zugfestigkeit
A₅ .. Dehnung

2.4 Metallografische Untersuchungen

Es wurde ein Querschliff durch die Bruchfläche angefertigt. Das dokumentierte **Querschliff**-Gefüge zeigte bis auf längs verlaufende und herstellungsbedingte **Linien** keine Auffälligkeiten. Im Gewindegrund war der Werkstoff **gleichmäßig**. Zudem war im Gewindebereich ein **Defekt** zu sehen, welcher unregelmäßig vorhanden war und insbesondere in den Anrissbereichen unterbrochen war (s. Bilder 7 – 12, Anlage 3).

2.5 Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop (REM)

Zur Bruchflächenuntersuchung mittels Rasterelektronenmikroskop wurde eine Probe aus dem Anriss-nahen Bereich entnommen. Es waren andere Bruchflächenstrukturen zu erkennen als die auf einer **glatten**. Im Randbereich der Probe, also im Gewindebereich, zeigte sich eine ca. 5-10 µm breite **Linie**. Bei einer vergleichenden EDX-Punktanalyse (energiedispersive Röntgenanalyse zur Elementbestimmung) zwischen Grundwerkstoff und diesem Randbereich unterschieden sich die Ergebnisse deutlich im **Elementgehalt**. Im Randbereich lag der **Elementgehalt** bei über 30% (s. Bilder 13 – 17, Anlage 4).

3. Diskussion und Bewertung

Die bei der visuellen Begutachtung der Bruchfläche festgestellten Strukturen sind ~~.....~~ ~~.....~~ deuten auf eine ~~.....~~ ~~.....~~ und somit ~~.....~~ hin und entstehen nur dann, wenn sich während des Rissfortschritts die ~~.....~~ bzw. die ~~.....~~.

Der auf den Gewindeflanken unregelmäßig verteilte Belag konnte mittels EDX als ~~.....~~ (bzw. ~~.....~~) identifiziert werden. Dieser Belag war an den Stellen nicht mehr vorhanden, an denen sich Anrisse gebildet hatten. Dies spricht für ~~.....~~ als primäre Schadensursache.

~~.....~~ ist eine ~~.....~~ in metallischen Bauteilen, bei der ~~.....~~ Metalle über ~~.....~~ in den ~~.....~~ und so auf Mikroebene Risse verursachen. Bekannte Elemente, die ~~.....~~ verursachen, sind z. B. ~~.....~~, ~~.....~~. Außer einem ~~.....~~ Metall ist zudem eine ~~.....~~ nötig.

Es ist davon auszugehen, dass ein durch ~~.....~~ verursachter Mikroriss lokal die ~~.....~~ der Antriebswelle herabsetzte, was zum Rissfortschritt in Form eines ~~.....~~ führte. Die einseitig vorhandenen ~~.....~~ sind schadensbedingt entstanden.

Im vorliegenden Fall liegt die maximale Einsatztemperatur ~~.....~~ zwar bei 130°C, jedoch ist davon auszugehen, dass die Temperatur im Gewinde lokal darüber gelegen haben muss, da die ~~.....~~ von ~~.....~~ bei ca. ~~.....~~ °C liegt. Ob diese ~~.....~~ während des Betriebes oder bereits während der Fertigung auftrat, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist davon auszugehen, dass der ~~.....~~ während der Fertigung auf das Gewinde aufgebracht wurde. Häufig rühren ~~.....~~ von ~~.....~~ in ~~.....~~ von Umformwerkzeugen her (wie z. B. durch den Abrieb von ~~.....~~), die während des Umformprozesses mit hoher Kraft auf die Oberfläche ~~.....~~ aufgepresst werden.

Ob ~~.....~~ elementar vorlag oder als chemische Verbindung mit einem anderen Element, konnte mittels EDX nicht festgestellt werden. Dies ließe sich mit einer zusätzlichen ~~.....~~ ermitteln (~~.....~~) und wäre nur dann relevant, sofern nachträglich eine Klärung der ~~.....~~ und lokalen ~~.....~~ am Gewinde durchgeführt wird.

Grundsätzlich ist die Umstellung des ~~.....~~ des Gewindes von ~~.....~~ auf ~~.....~~ als die werkstofftechnisch bessere Lösung zu erachten, jedoch sollten ~~.....~~ vermieden werden. Da sich der ~~.....~~ durch eine ~~.....~~-Analyse (~~.....~~) nachweisen lässt, wird empfohlen, vor dem Einbau neuer Antriebswellen eine chemische Analyse im Rahmen einer Wareneingangsprüfung durchzuführen.

.....
Der Sachverständige

Anlage 1 - Untersuchungsobjekt

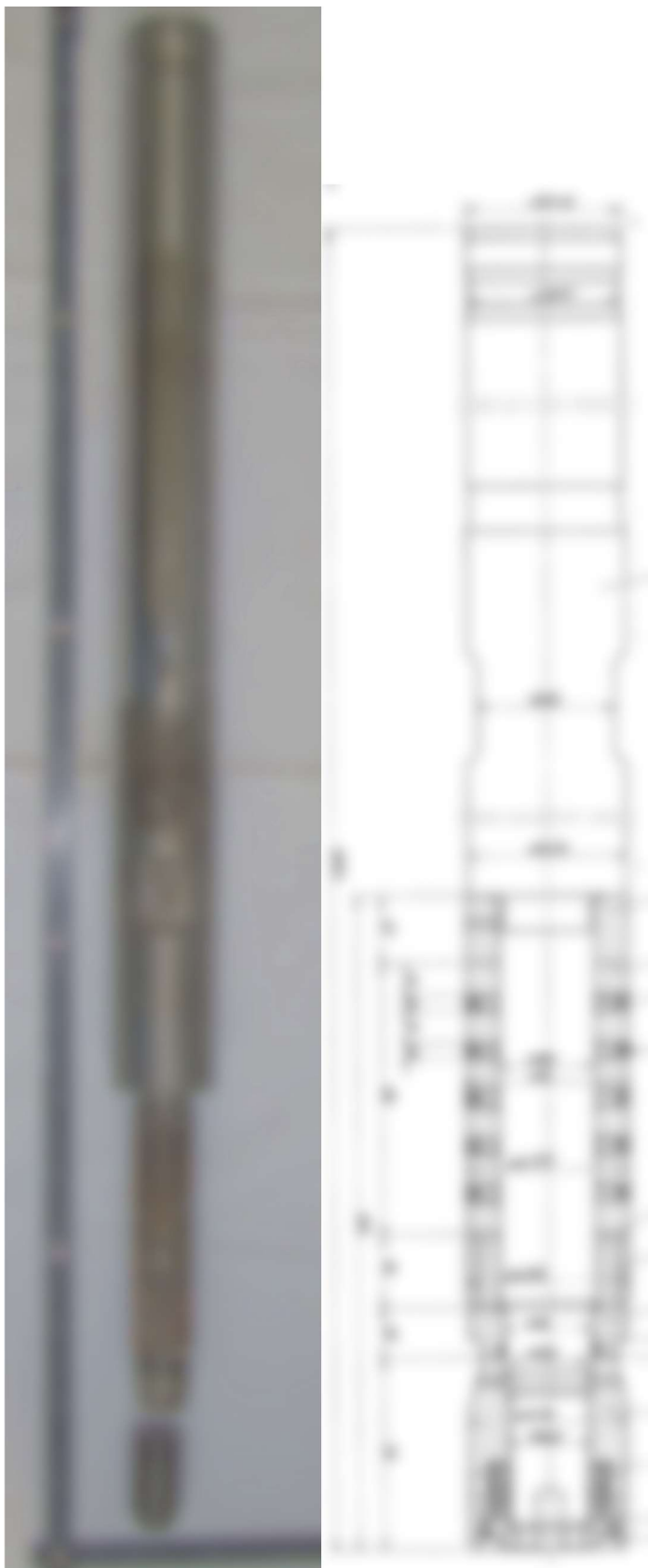



Bild 1 Antriebswelle mit  (rechts: Zeichnung)

Anlage 2 – Visuelle Begutachtung



Bild 2 Dunkler Belag am Mittelstück

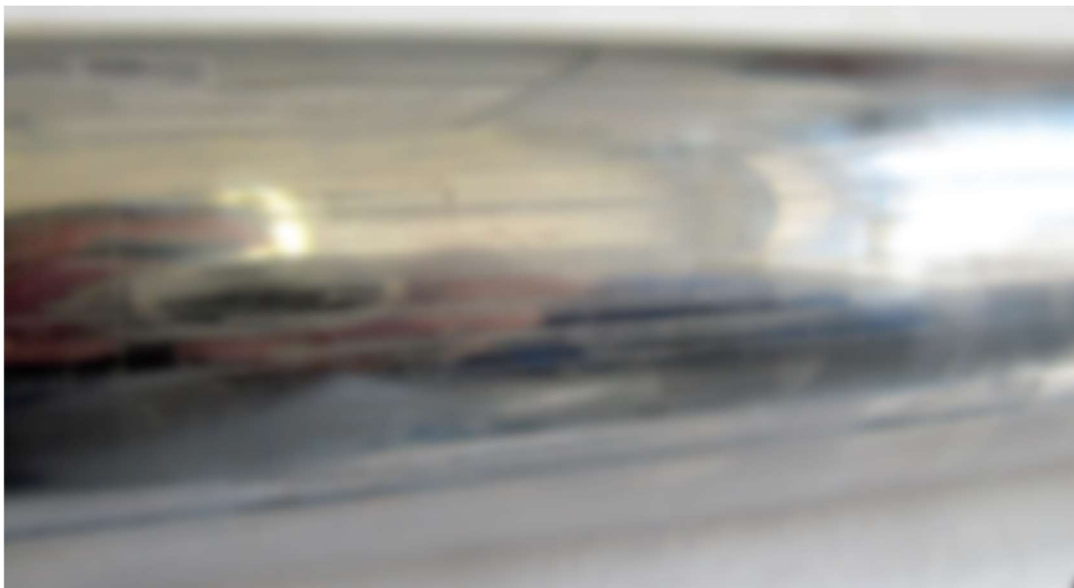


Bild 3 



Bild 4 Kolbenabsatz an der Bruchstelle

Anlage 2 – Visuelle Begutachtung

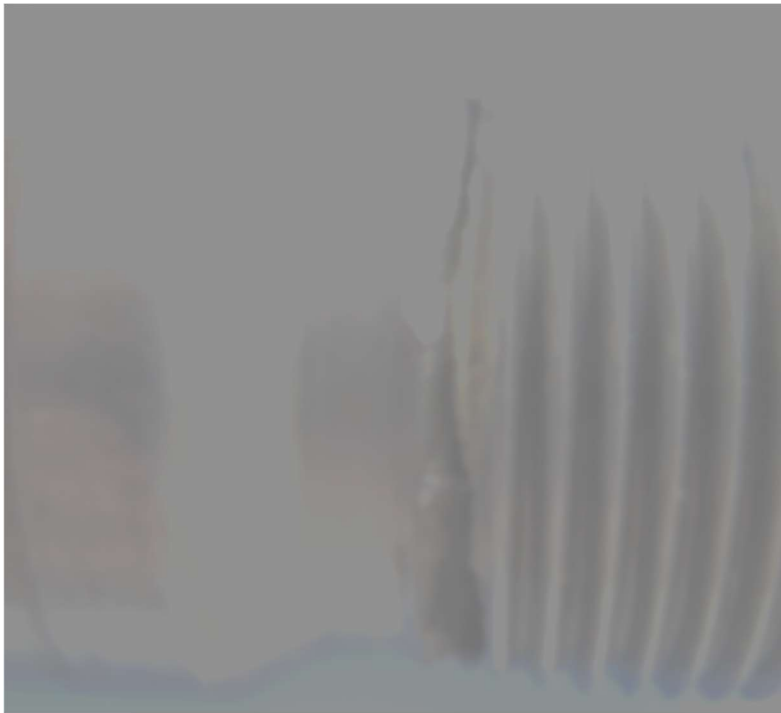


Bild 5 Zusammengefügte Bruchstücke,

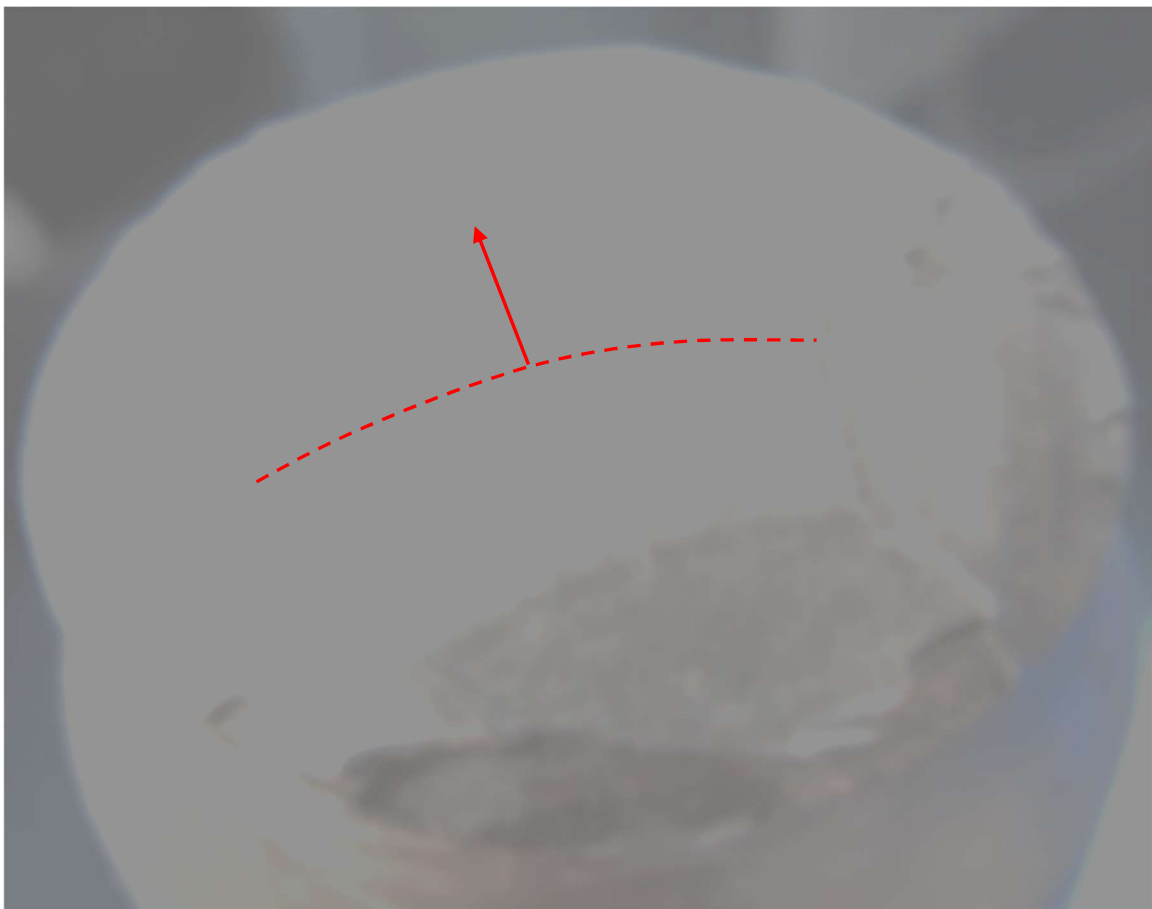


Bild 6 Bruchfläche mit

Anlage 3 – Metallografie



Bild 7 Querschliff des Bruchflächenbereichs

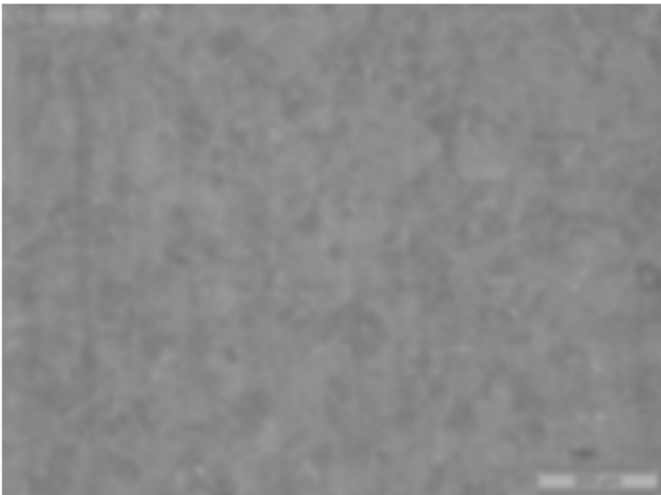


Bild 8

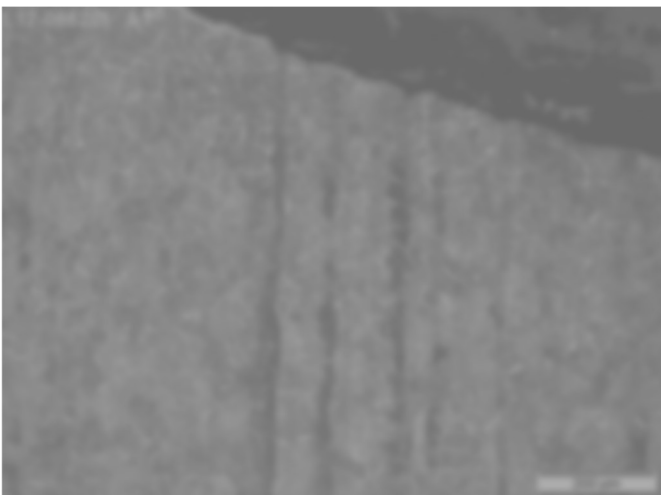


Bild 9

Anlage 3 – Metallografie

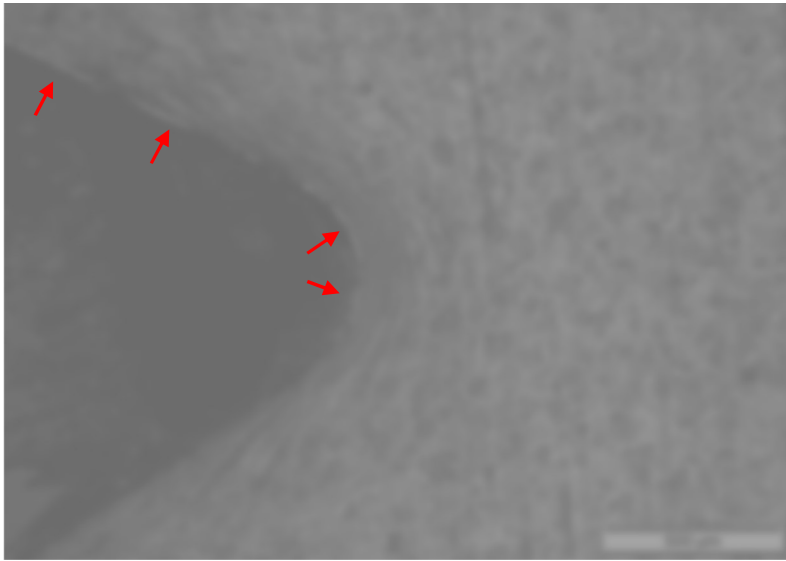


Bild 10 (→Pfeile)



Bild 11

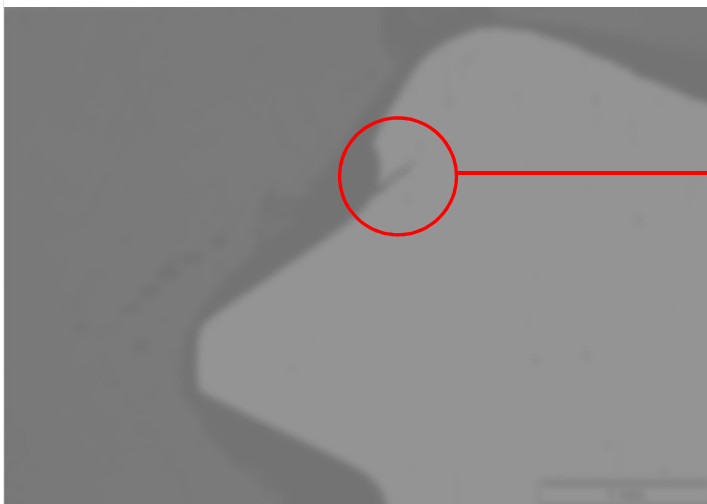
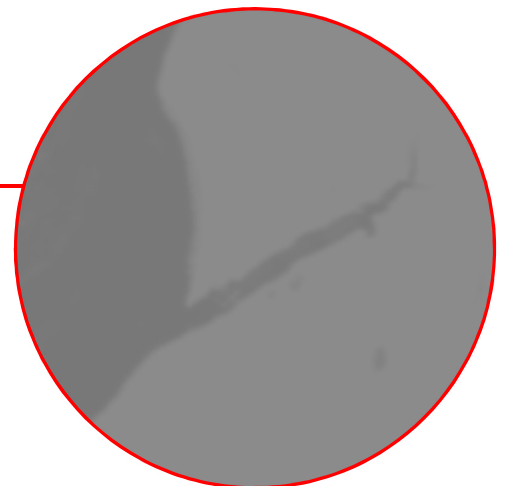


Bild 12



Anlage 4 – Rasterelektronenmikroskopie

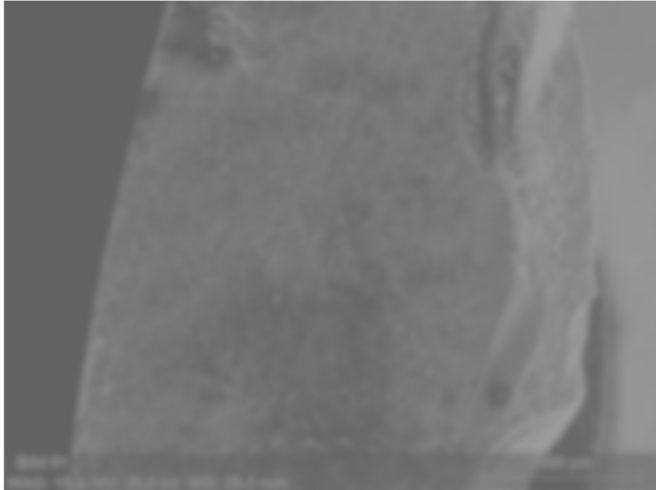


Bild 13

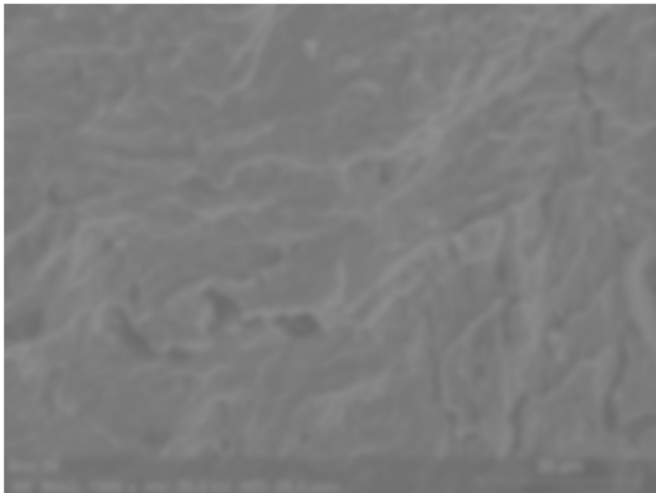


Bild 14



Bild 15

Anlage 4 – Rasterelektronenmikroskopie

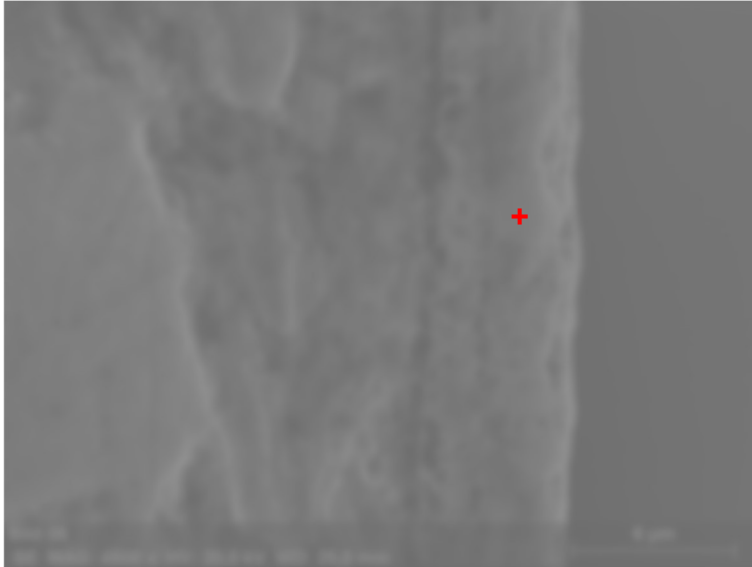


Bild 16 : das + markiert EDX-Randmesspunkt

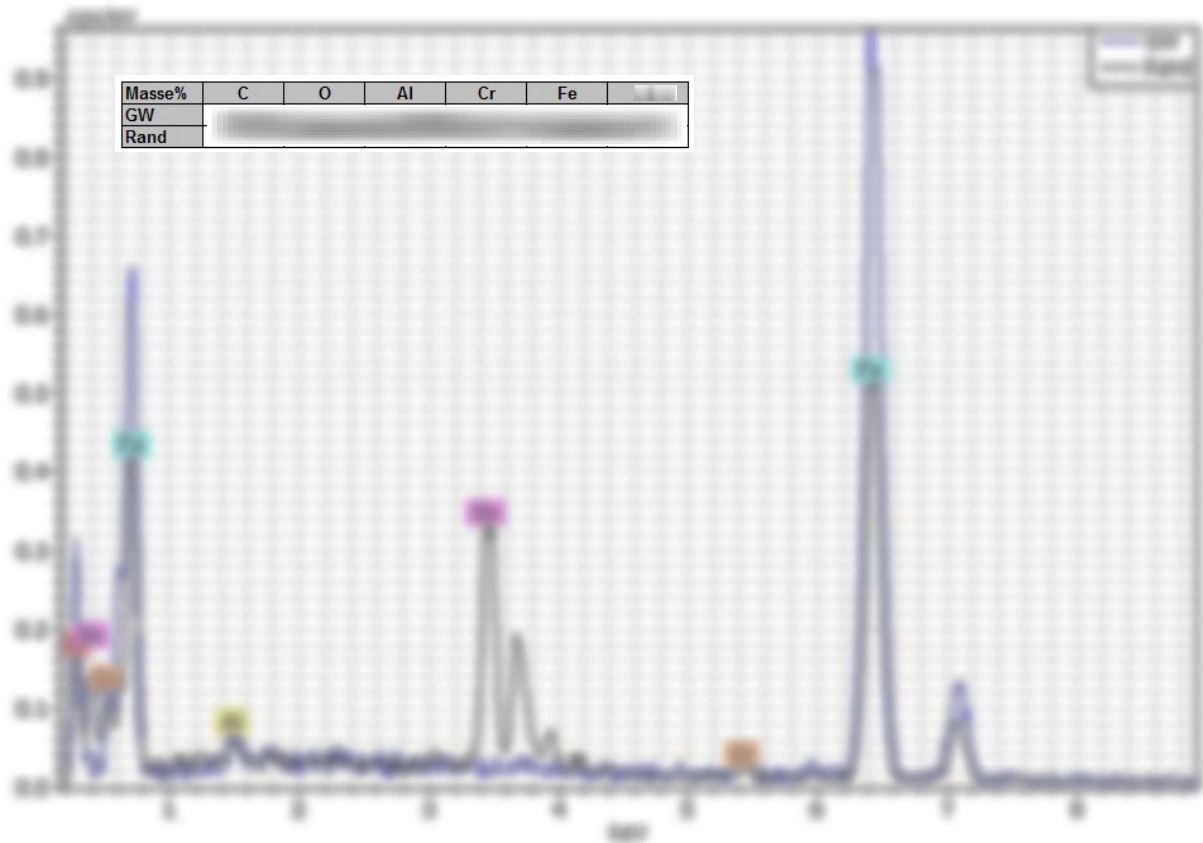


Bild 17 EDX-Analyse im