

Bearbeiter: Dr. Marcel Scheepers
Abteilung: Schadensanalyse u. Korrosion
Telefon: +49 (0)221 806 – 5297
E-Mail: marcel.scheepers@de.tuv.com

Kurzbericht
über
Untersuchungen an Ablagerungen aus einem Panzerschlauch
aus einer Heizungsanlage eines Bürobaus in Potsdam

Berichts Nr.: 708-8069-22-00

Auftraggeber: TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Hauptverwaltung
Konstantin-Wille-Straße 4-5
51105 Köln

Auftrags-Datum: 04.05.2022

Kunden-Auftragsnr.: 1692073

Gegenstand: Panzerschlauch aus einer Heizungsanlage

- Herkunft: Anschlussleitung Bodenkonvektor
- System: Heizung
- Werkstoffe: Unlegierter Stahl, Panzerschlauch, Konvektoren
- Medium: Wasser
- Baujahr: 2011

Bearbeiter: Dr. M. Scheepers, K. Hesnaoui M. Eng.

Anzahl Textseiten: 8

Anzahl Bilder: 25

Anhänge: -

Die Veröffentlichung oder Vervielfältigung des vorliegenden Berichtes –auch auszugsweise– bedarf unserer schriftlichen Genehmigung.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

An der Pappelallee 4, 14469 Potsdam wurde im Auftrag der kommunalen Wohnungsgesellschaft Pro Potsdam GmbH ein 5-geschossiger Bürobau mit Untergeschoss und Tiefgarage errichtet und im Jahr 2011 fertiggestellt.

Das Heizungssystem ist an das Fernwärmenetz der Energie und Wasser Potsdam GmbH angeschlossen und das Gebäude wird indirekt über Plattenwärmeaustauscher geheizt.

Laut den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Informationen bestehen die Hauptleitungen sowie die Stränge aus geschweißten Rohren aus unlegiertem Stahl. Die Verteilungsleitungen sind erreicht aus dem Presssystem der Firma Sanha GmbH aus unlegiertem Stahl.

Nach Informationen des Auftraggebers sind die Leitungen alle gemäß EnEV wärmegeklämt.

Nach mehrjähriger Betriebszeit wurden wiederholt Fehlfunktionen von Ventilen festgestellt. Bei visuellen Inspektionen dieser Ventile konnten schwarze Rückstände vorgefunden werden, die für die Fehlfunktionen verantwortlich sein sollen

Die TÜV Rheinland Industrieservice GmbH wurde beauftragt eine Betrachtung dieses Systems durchzuführen. In diesem Rahmen wurde eine Analyse des Heizungswassers als Unterauftrag bei der TÜV Rheinland Energy GmbH durchgeführt und die Ergebnisse dieser Analyse im Bericht vom 11.11.2022 mit der Berichtsnummer 931/21256716/01 dokumentiert.

Mitte November 2022 erhielt die TÜV Rheinland Werkstoffprüfung von der Gewoba Wohnungsverwaltungsgesellschaft Potsdam mbH einen Panzerschlauch aus dem oben genannten Heizungssystem mit dem Auftrag die in diesem Bauteil vorhandenen Ablagerungen zu charakterisieren.

2 Untersuchungen und Ergebnisse

2.1 Visuelle Inspektion

Der für die Untersuchungen zur Verfügung gestellte Panzerschlauch, aus der Heizungsanlage, ist in **Bild 01** im Anlieferungszustand dargestellt.

Bild 02 zeigt denselben Panzerschlauch nach dem Auspacken. Die Bereiche der Detailfotos an beiden Anschlussenden sind gelb markiert.

Das Anschlussende mit Außengewinde ist in **Bild 03** dargestellt. Am Rand der Klemmhülse (**Bild 04**) ist eine Stempelung „13 DN LC 2010/4“ (**Bild 05**) mit der Typbezeichnung und dem Herstellungsdatum eingepreßt.

Auf der Innenoberfläche der Anschlussverschraubung mit Außengewinde sind schwarze Beläge sowie rotbraune Ablagerungen sichtbar (**Bild 06**). Die rotbraunen Ablagerungen liegen teilweise als lose Partikel vor.

An der Anschlussseite mit Innengewinde (**Bild 07**) weist die Klemmhülse keine Stempelung auf, es sind aber Korrosionserscheinungen an der Außenoberfläche der Klemmhülse erkennbar (**Bild 08**).

Bild 09 zeigt die Innenoberfläche der Anschlussverschraubung mit Innengewinde. An dieser Seite sind schwarze Ablagerungen sowie signifikante Mengen an weißen Ablagerungen auf der Innenoberfläche sichtbar (**Bild 10**).

2.2 Untersuchungen und Ergebnisse

Es stellte sich die Frage, ob die schwarzen Ablagerungen, die zu den Fehlfunktionen der Ventile geführt haben, aus Bestandteilen des Kunststoffkerns des Panzerschlauchs stammen können.

Um die vorgefundenen Ablagerungen zu charakterisieren wurden rasterelektronenmikroskopische Messungen (REM) durchgeführt und die elementare Zusammensetzung mittels der im REM integrierten Röntgenmikrosonde anhand von energiedispersiven Messungen (EDX) bestimmt.

Für die Messungen wurden die jeweiligen Proben aus dem Panzerschlauch entnommen und separat auf ein REM-Klebeband transferiert, um die elektrische Leitfähigkeit zu bewirken.

Alle Messungen wurden mit einer Beschleunigungsspannung von 20 keV durchgeführt. Zur besseren Signaltrennung sind die nachfolgend dargestellten Röntgenspektren bis zu einer Beschleunigungsspannung von 10 keV angegeben.

Bild 11 zeigt die aus dem Anschlussende mit Außengewinde entnommenen und auf ein REM-Pad transferierten schwarzen Beläge. Diese Probe wurde mit der Probenbezeichnung EDX1 markiert. Das zugehörige REM-BSE-Bild ist in **Bild 12** dargestellt und die Analysepositionen EDX1.1 und EDX1.2 sind im selben Bild gelb markiert.

Die mit Analysepositionen EDX1.1 und EDX1.2 korrelierenden REM-EDX-Spektren sind in **Bild 13** bzw. in **Bild 14** dargestellt. Die Ergebnisse deuten eindeutig darauf hin, dass die schwarzen Beläge hauptanteilig aus Korrosionsprodukten eines Eisenbasiswerkstoffs (Stahlleitungen) sowie Korrosionsprodukten aus einem Kupferbasiswerkstoff (wahrscheinlich Messing) bestehen. Zusätzlich finden sich geringe Anteile von Rückständen aus Wasserinhaltsstoffen.

Auffällig ist bei der Analyse an Position EDX1.2 die hohe Signalintensität für das Element Schwefel, dies deutet auf die Anwesenheit von schwefelhaltigen Korrosionsprodukten des Kupfers hin.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der REM/EDX-Untersuchungen an Position EDX1 ist in **Tabelle 1** aufgelistet.

Bild 15 zeigt die braunen Beläge, die an dem Anschlussende mit Außengewinde entnommen wurden, nach dem Transferieren auf ein REM-Klebepad. Das zugehörige REM-BSE-Bild ist in **Bild 16** dargestellt und die Analysepositionen EDX2.1 sowie EDX2.2 im selben Bild gelb markiert.

Das zu Analyseposition EDX2.1 zugehörige EDX-Flächenspektrum ist in **Bild 17** dargestellt.

Auf Grund der gemessenen Elementsignale und deren Intensitätsverhältnisse sind die braunen Beläge hauptanteilig als Korrosionsprodukte eines Eisenbasiswerkstoffs sowie Ausfällungen von Härtebildnern (Kalk) zu deuten. Ferner liegen in den Produkten geringe Mengen an Rückständen von Wasserinhaltsstoffen und Korrosionsprodukten aus einem Kupferbasiswerkstoff (wahrscheinlich Messing) vor.

Dass es sich, wie oben beschrieben, zum Teil um Ausfällungen von Härtebildnern handelt geht eindeutig aus der Punktanalyse an Position EDX2.2 hervor (**Bild 18**).

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der REM/EDX-Untersuchungen an Position EDX2 ist in Tabelle 1 aufgelistet.

Wie bereits in Abschnitt 2.1 "Visuellen Inspektion" beschrieben, lag ein Teil der Beläge als lose Partikel vor. Zwei dieser Partikel wurden auf ein REM-Pad übertragen und im REM untersucht (**Bild 19**).

Bild 20 zeigt eine REM-BSE-Aufnahme des im Bild 19 markierten Bereichs. Der Bereich EDX3.1 zur Analyse ist im selben Bild gelb markiert.

Auch an Position EDX3.1 ist klar ersichtlich, dass die Zusammensetzung der rotbraunen Produkte vor allem aus Korrosionsprodukten eines Eisenbasiswerkstoffs bestehen und wiederum geringen Anteilen ausgefällter Härtebildner, Rückständen von Wasserinhaltsstoffen und Korrosionsprodukten von einem Kupferbasiswerkstoff.

Eine Auflistung der Ergebnisse der REM/EDX-Untersuchungen an Position EDX3 ist in Tabelle 1 angegeben.

Die an dem Anschlussende mit Innengewinde vorgefundenen weißen Ablagerungen wurden aus dem Panzerschlauch entnommen und auf ein REM-Klebeband übertragen (**Bild 22**). Bei der Entnahme war festzustellen, dass diese weißen Ablagerungen eine schmiermittelartige Konsistenz aufwiesen.

Diese Beläge sind in einer REM-BSE-Aufnahme in **Bild 23** dargestellt und die Analysebereiche EDX4.1 und EDX4.2 sind im selben Bild gelb markiert.

Die korrelierenden EDX-Flächenspektren sind in **Bild 24** und **Bild 25** dargestellt. Die gemessenen Elementsignale und deren Intensitätsverhältnisse decken sich mit anderen Messungen für Montagehilfsmittel, welche manchmal in diesem Anwendungsbereich eingesetzt werden. Somit bestehen die an dieser Stelle entnommenen weißen Beläge vermutlich aus Rückständen eines Montagehilfsmittels. Ferner sind auch Signale messbar, die auf die Anwesenheit von Korrosionsprodukten hindeuten.

Eine Auflistung der Ergebnisse der REM/EDX-Untersuchungen an Position EDX4 ist in Tabelle 1 angegeben.

3 Zusammenfassende Bewertung

An der Pappelallee 4, 14469 Potsdam wurde im Auftrag der kommunalen Wohnungsgesellschaft Pro Potsdam GmbH ein 5-geschossiger Bürobau errichtet. Das Heizungssystem ist an das Fernwärmenetz der Energie und Wasser Potsdam GmbH angeschlossen und das Gebäude wird indirekt über Plattenwärmeaustauscher geheizt.

Laut den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Informationen bestehen die Hauptleitungen sowie die Stränge aus geschweißten Rohren aus unlegiertem Stahl. Die Verteilungsleitungen sind erreicht aus dem Presssystem der Firma Sanha GmbH aus unlegiertem Stahl.

Nach den Informationen des Auftraggebers sind die Leitungen alle gemäß EnEV wärmegeklämt.

Nach mehrjähriger Betriebszeit wurden wiederholt Fehlfunktionen von Ventilen festgestellt. Bei visuellen Inspektionen dieser Ventile konnten schwarze Rückstände vorgefunden werden, die für die Fehlfunktionen verantwortlich sein sollen

Zur Klärung der Herkunft dieser Ablagerungen wurde der TÜV Rheinland Werkstoffprüfung GmbH ein Panzerschlauch aus diesem Heizsystem zur Verfügung gestellt, welcher unterschiedliche Ablagerungen aufwies.

Es wurden rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an den Ablagerungen durchgeführt um Hinweise auf die Herkunft der schwarzen Ablagerungen zu bekommen, die zu den Fehlfunktionen der Ventile geführt haben.

Bei den schwarzen Belägen aus dem Panzerschlauch handelt es sich hauptanteilig und eindeutig um Korrosionsprodukte eines eisenhaltigen Werkstoffs, vermutlich dem der Stahlleitungen. Es kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass es sich bei den untersuchten schwarzen Ablagerungen um Bestandteile des Kunststoffinnenschlauchs des Panzerschlauchs handelt.

Ferner wurden auch geringere Anteile an Korrosionsprodukten von Kupferwerkstoffen, vermutlich aus Rohren der Wärmeregister und Messing-/Rotgussventilen, festgestellt. Diese wiesen teilweise hohe Schwefelanteile auf.

Ein Vergleich der allgemeinen Wasseranalyse des zuständigen Trinkwasserversorgers, mit der informativ zur Verfügung gestellten Wasseranalyse der Probe aus der hier betrachteten Heizungsanlage, lässt einen ähnlichen Chloridgehalt

beider Proben erkennen. Der Sulfatgehalt des Wassers in der Anlage ist jedoch deutlich geringer als im Versorgungswasser. Ferner ist festzustellen, dass im Heizungswasser eine deutliche Alkalisierung vorliegt.

Die Bildung der bei den Untersuchungen festgestellten Korrosionsprodukten ist lediglich, in Anwesenheit einer gewissen Menge an Sauerstoff im Heizungswasser, möglich. Da aber eine deutliche Alkalisierung des Wassers im Heizungssystem erkennbar war, deutet dies stark darauf hin, dass die Sauerstoffmengen, die zu den Korrosionsprodukten führen, lokal begrenzt in das System eingebracht werden.

Ferner kann eine Abnahme des Sulfatgehalts und die Anwesenheit von schwefelhaltigen Kupferkorrosionsprodukten auf die Anwesenheit von korrosionsrelevanten Bakterien hindeuten.

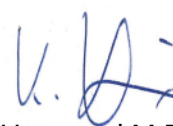
Auf Grund der hier berichteten Ergebnisse ist es empfehlungswert zu untersuchen, an welche(r) Stelle oder Stellen des Heizungssystems Sauerstoff eingebracht wird. In diesem Rahmen erscheint es sinnvoll zu überprüfen, ob Panzerschläuche eingesetzt wurden die eine Sauerstoffdiffusionssperrschicht aufweisen. Ferner stellen generell defekte Entlüftungsventile oder ein suboptimaler hydraulischer Betrieb oft eine Quelle für einen Sauerstoffeintrag dar. Messungen des Sauerstoffgehalts von Wasserproben an strategisch günstigen Positionen der Heizungsanlage geben möglicherweise Hinweise auf den Bereich des Sauerstoffeintrags.

Des Weiteren empfehlen sich vergleichende Untersuchungen an den schwarzen, zu Fehlfunktionen führenden Ablagerungen in den Ventilen, um zu verifizieren, dass es sich bei diesen Ablagerungen ebenfalls um Eisenkorrosionsprodukte handelt.

Weitere Wasseranalysen, zur Identifizierung der Anwesenheit von Mikrobiologie und im Speziellen der Anwesenheit von sulfatreduzierenden Bakterien, erscheint bei dieser Heizungsanlage ebenfalls sinnvoll, um eventuelle Schäden an den Kupferrohren der Wärmeregister zu verhindern.



Dr. M. Scheepers



K. Hesnaoui M.Eng.

Tabelle 1: Ergebnisse der REM-EDX-Untersuchungen

Probe	Lage	Position	Bild	Analyse- position	Bild Spektrum	Elementsignale		
						stark	mittel	schwach
Schwarze Beläge	Innenoberfläche Anschlussende mit Außengewinde	EDX1	11	EDX1.1	12	O, Fe	Zn	C, Si, S, Ca, Ni, Cu
				EDX1.2	12	O, Cu, S	Fe	C, Mg, Si, Ni, Zn
Braune Beläge	Innenoberfläche Anschlussende mit Außengewinde	EDX2	15	EDX2.1	16	C, O, Fe	Ca	Ni, Zn, Mg, Al, Si, P, S, Mn
				EDX2.2	16	C, O, Ca	Mg	Fe
Braune Beläge	Innenoberfläche Anschlussende mit Außengewinde	EDX3	19	EDX3.1	20	O, Fe	C, Ca	Zn, Mg, Si, P, S, Cl, Mn, Cu
Weiße Beläge	Innenoberfläche Anschlussende mit Innengewinde	EDX4	22	EDX4.1	23	C, O, Ca	Mg, Si	Fe, Al
				EDX4.2	23	C, O, Ca	Fe	Mg, Si, P, Ni



Bild 01
708-8069-22-00-
265950

Panzerschlauch im Anlieferungszustand;
Übersicht

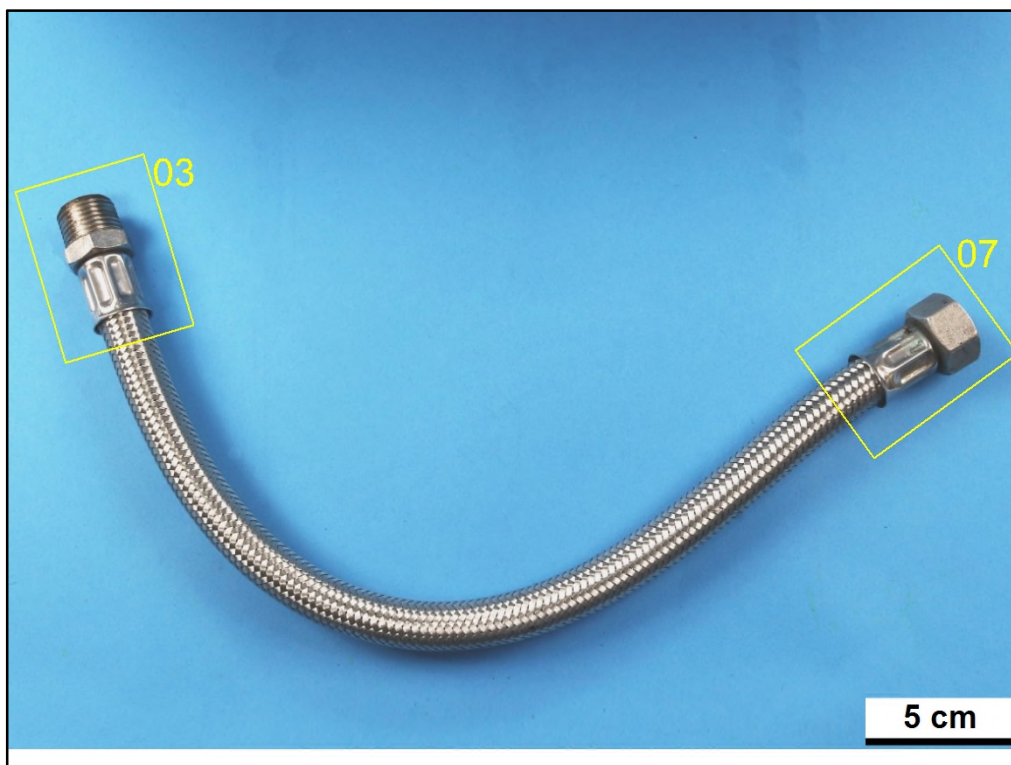


Bild 02
708-8069-22-00-
265951

Panzerschlauch im Anlieferungszustand nach
Auspacken aus der Folie;
Übersicht

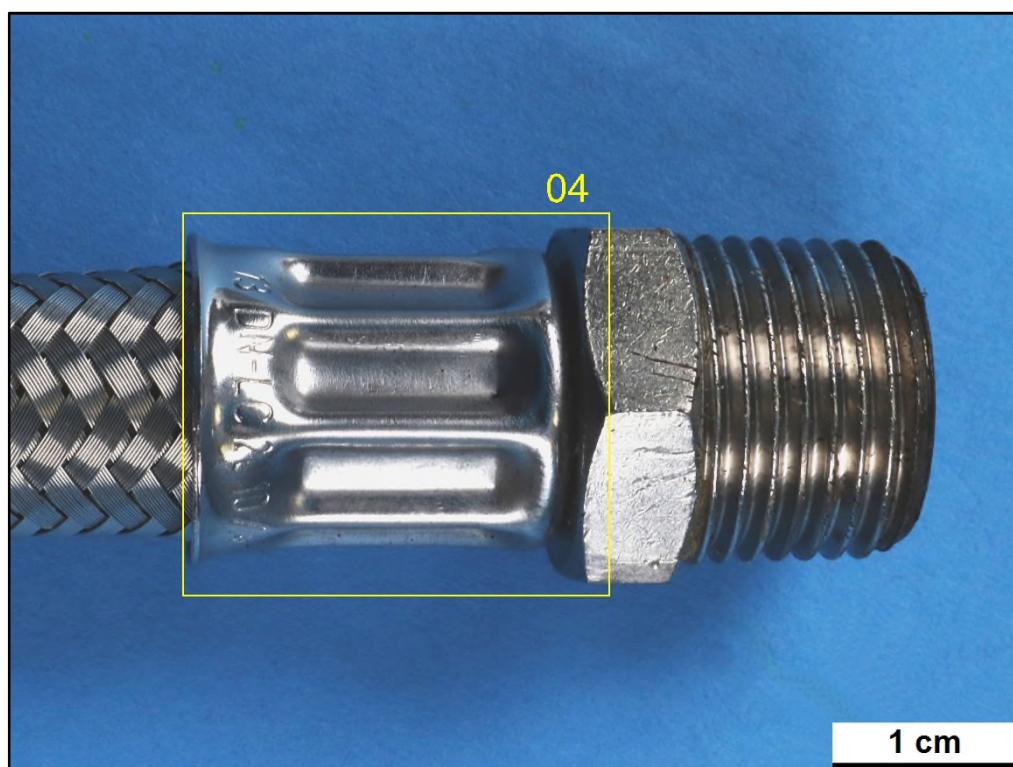


Bild 03
708-8069-22-00-
265952

Detail aus Bild 02;
Anschlussende mit Außengewinde



Bild 04
708-8069-22-00-
265953

Detail aus Bild 03 (90° UZS rotiert);
Stempelung auf dem Rand der Klemmhülse



Bild 05
708-8069-22-00-
258835

Detail aus Bild 04;
Stempelung: 13 DN LC 2010/4



Bild 06
708-8069-22-00-
265954

Detail an der Anschlussseite mit Außengewinde;
schwarze Beläge und rostbraune Ablagerungen auf
der Innenoberfläche sichtbar



Bild 07
708-8069-22-00-
265955

Detail aus Bild 02;
Anschlussende mit Innengewinde

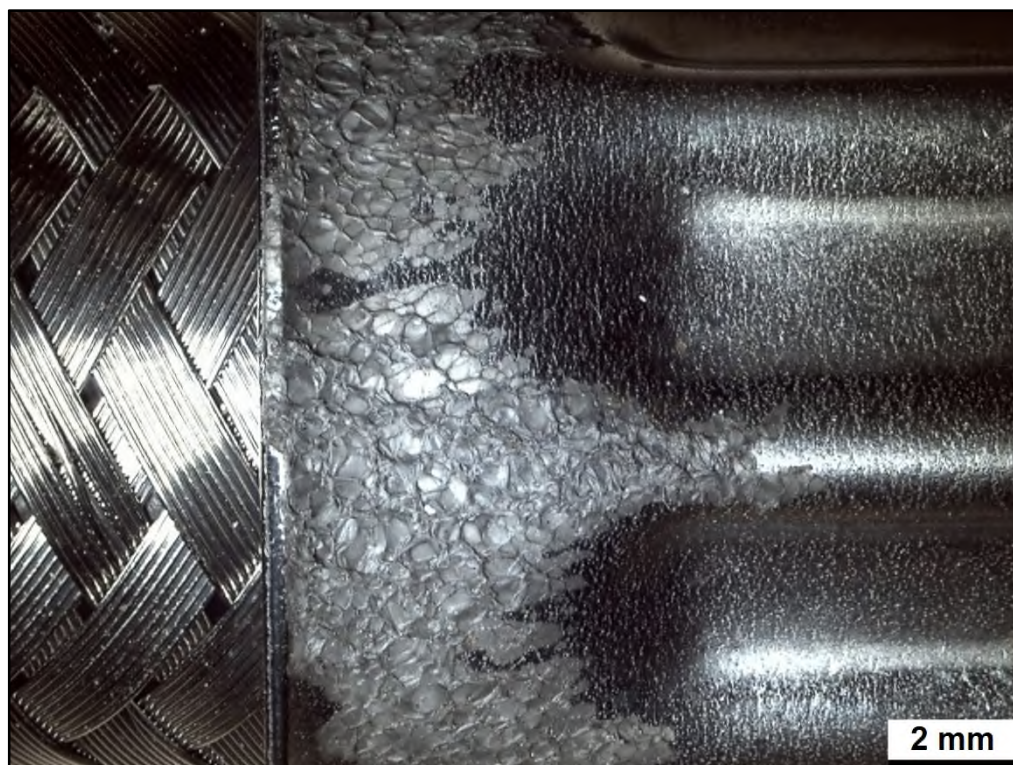


Bild 08
708-8069-22-00-
258831

Detail aus Bild 07;
Korrosionserscheinungen an der Klemmhülse



Bild 09
708-8069-22-00-
265956

Detail an der Anschlussseite mit Innengewinde;
weiße Ablagerungen auf der Innenoberfläche

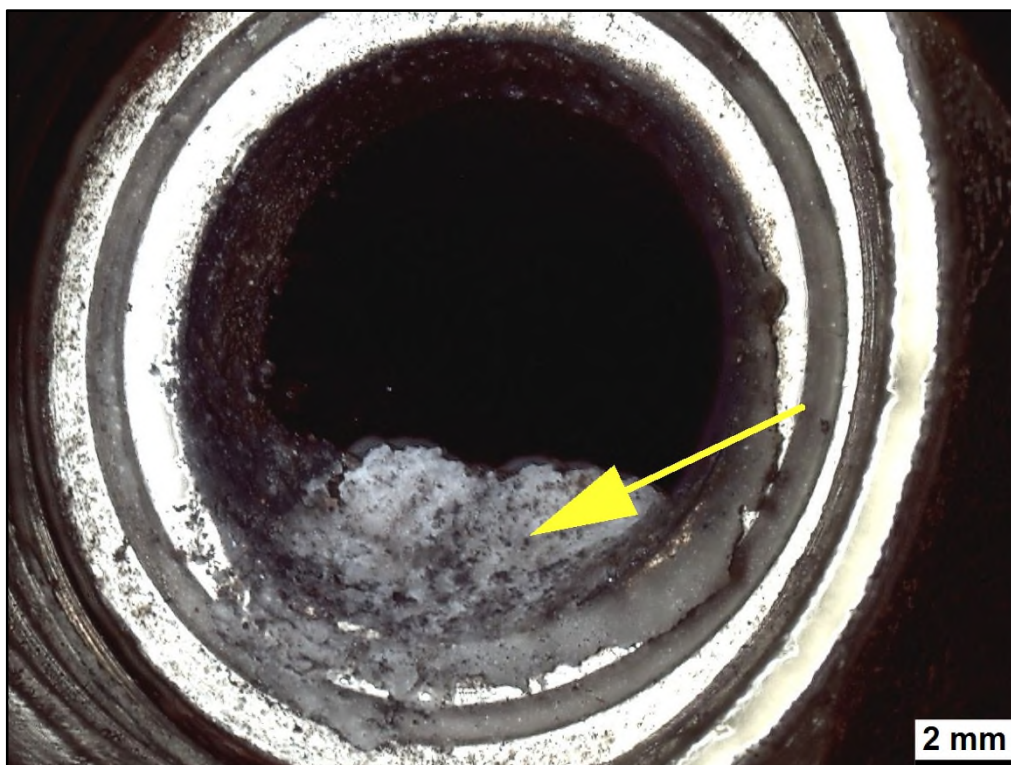


Bild 10
708-8069-22-00-
258833

Detail aus Bild 09;
weiße Ablagerungen auf der Innenoberfläche an
dem Anschlussende mit Innengewinde

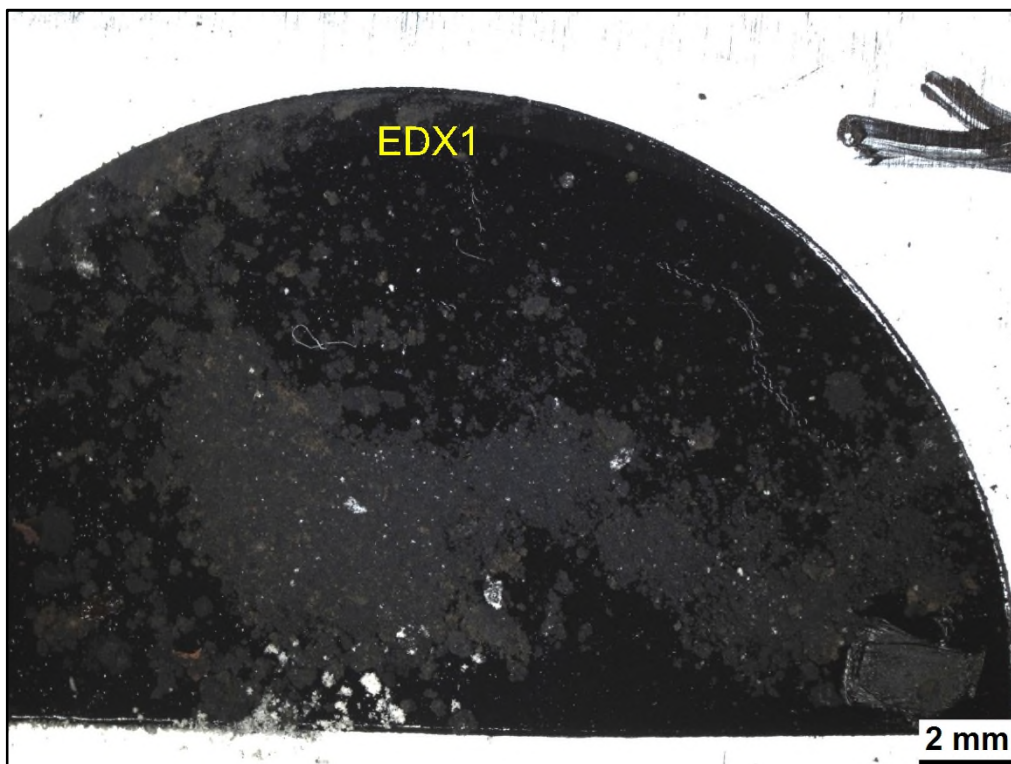


Bild 11
708-8069-22-00-
259914

REM-Probe EDX1 der schwarzen Ablagerungen
aus dem Anschlussende mit Außengewinde
(siehe Abb. 06)

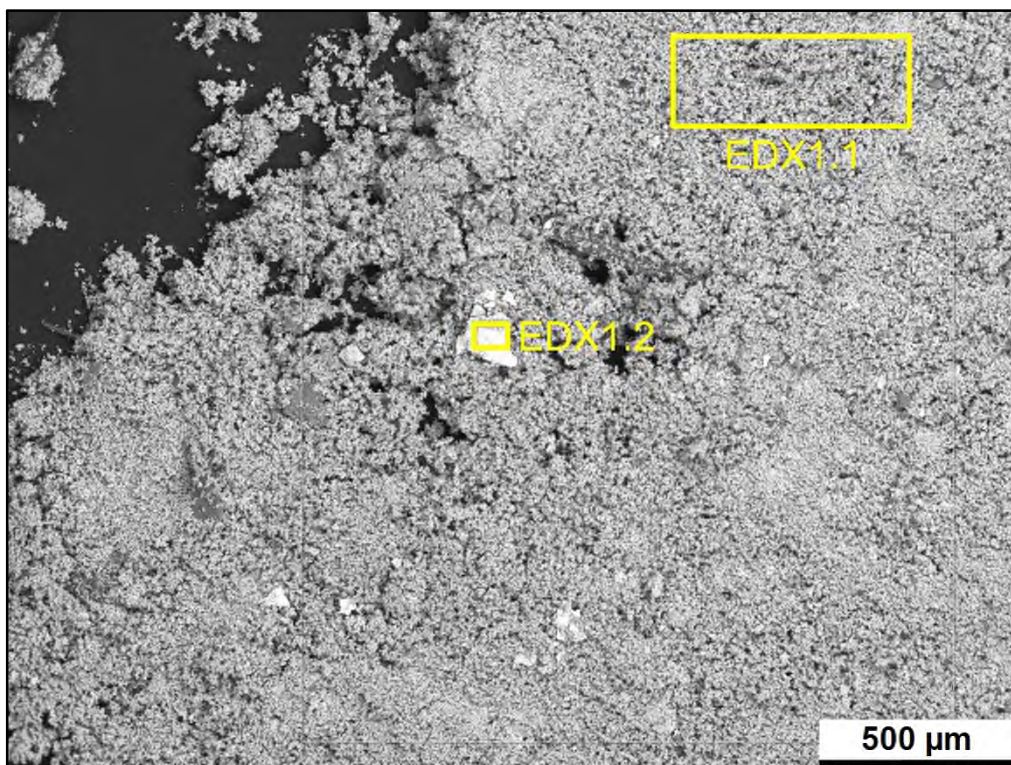


Bild 12
708-8069-22-00-
265998

REM-BSE-Aufnahme eines Teilbereichs der Probe EDX1;
Analysepositionen EDX1.1 und EDX1.2 sind
gelb markiert (siehe Abb. 11)

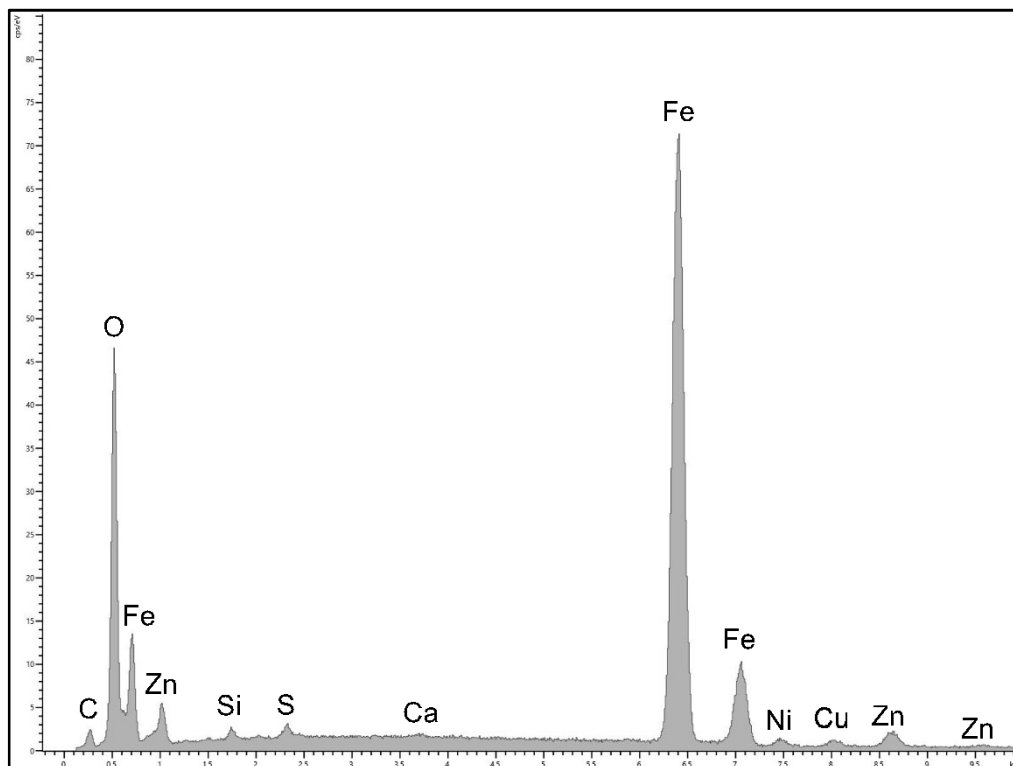


Bild 13
708-8069-22-00-
266007

Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX1.1
(vgl. Abb. 12)

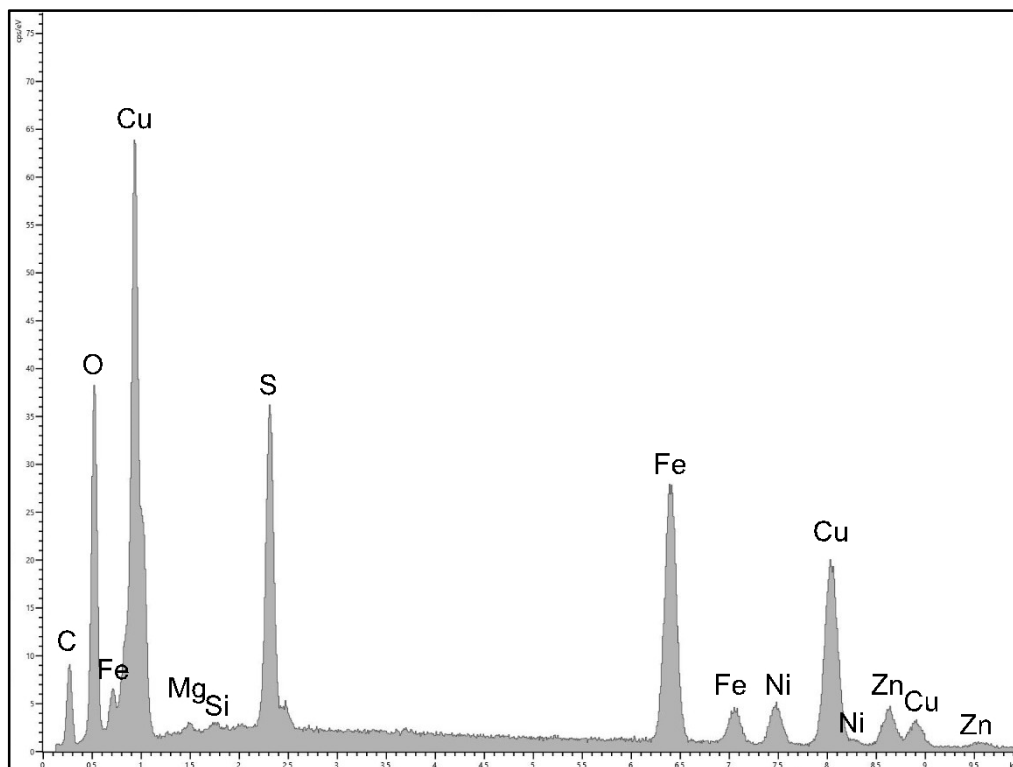


Bild 14
708-8069-22-00-
266008

Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX1.2
(vgl. Abb. 12)

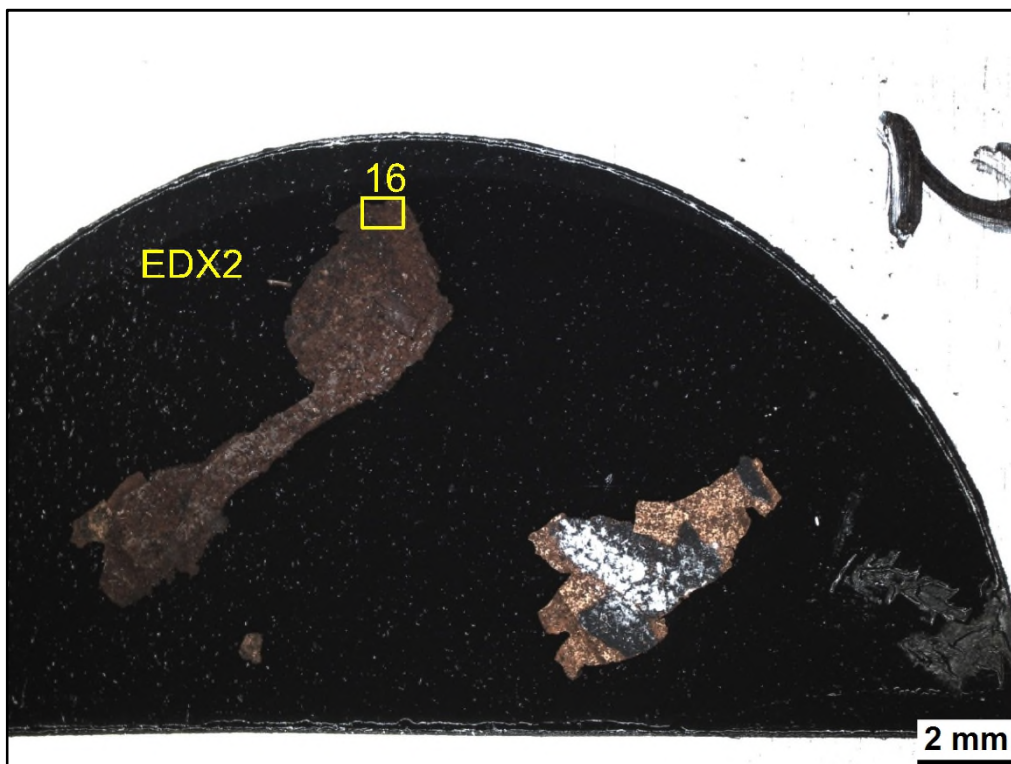


Bild 15
708-8069-22-00-
259915

REM-Probe EDX2 der rotbraunen Ablagerungen
aus dem Anschlussende mit Außengewinde
(siehe Abb. 06)

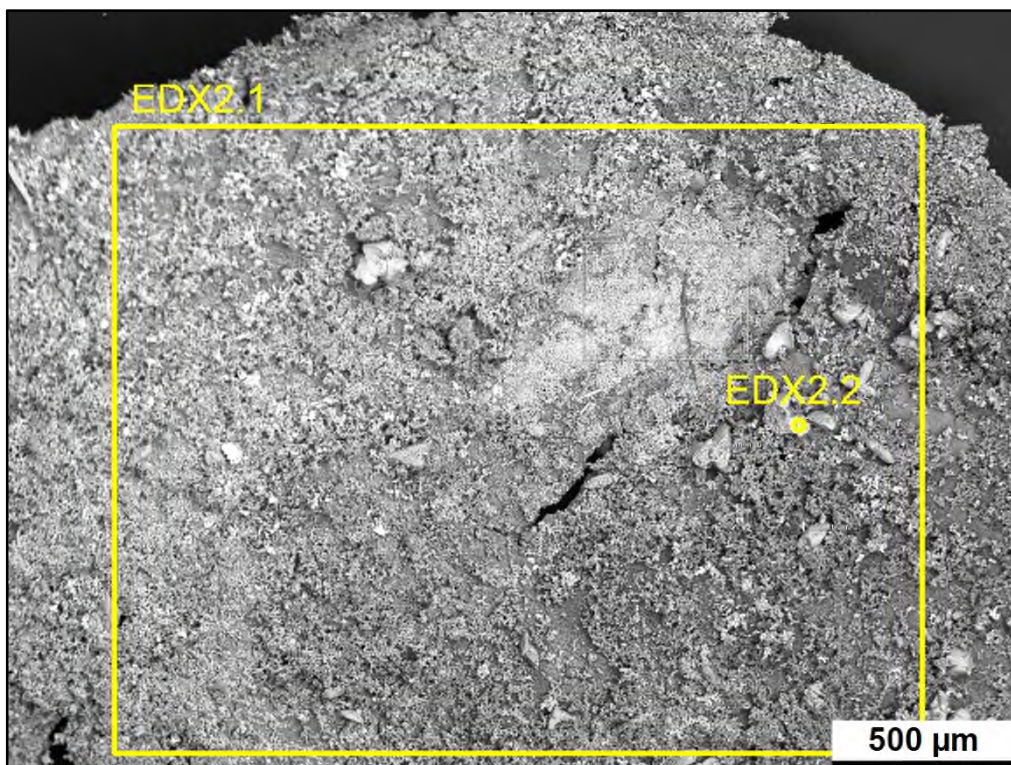


Bild 16
708-8069-22-00-
266013

REM-BSE-Aufnahme eines Teilbereichs der Probe EDX2;
Analysepositionen EDX2.1 und EDX2.2 sind
gelb markiert (siehe Abb. 15)

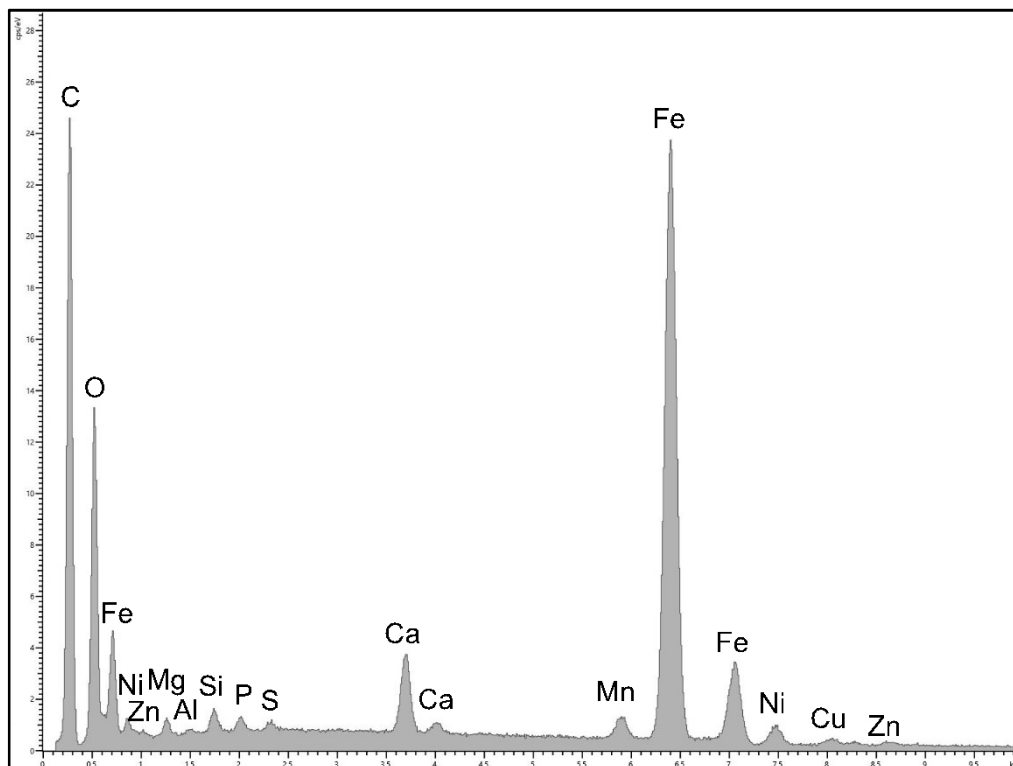


Bild 17
708-8069-22-00-
266014

Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX2.1
(vgl. Abb. 16)

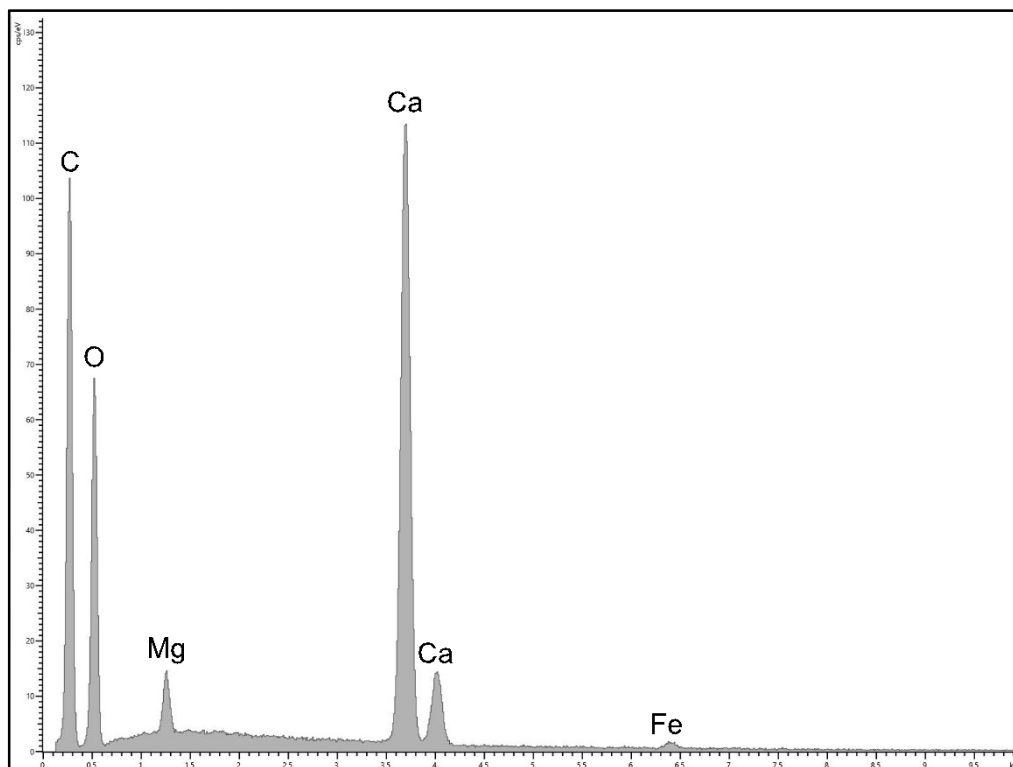


Bild 18
708-8069-22-00-
266015

Repräsentative EDX Punktanalyse zu
Position EDX2.2
(vgl. Abb. 16)

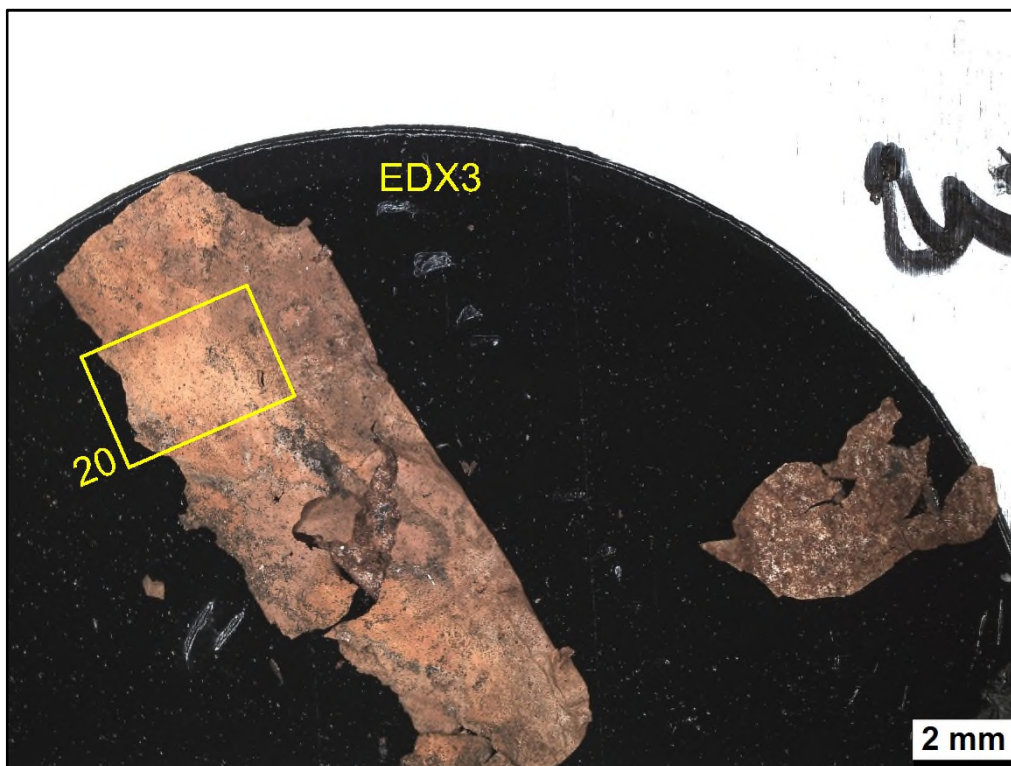


Bild 19
708-8069-22-00-
259916

REM-Probe EDX3 der losen rotbraunen Ablagerungen
aus dem Anschlusse mit Außengewinde
(siehe Abb. 06)

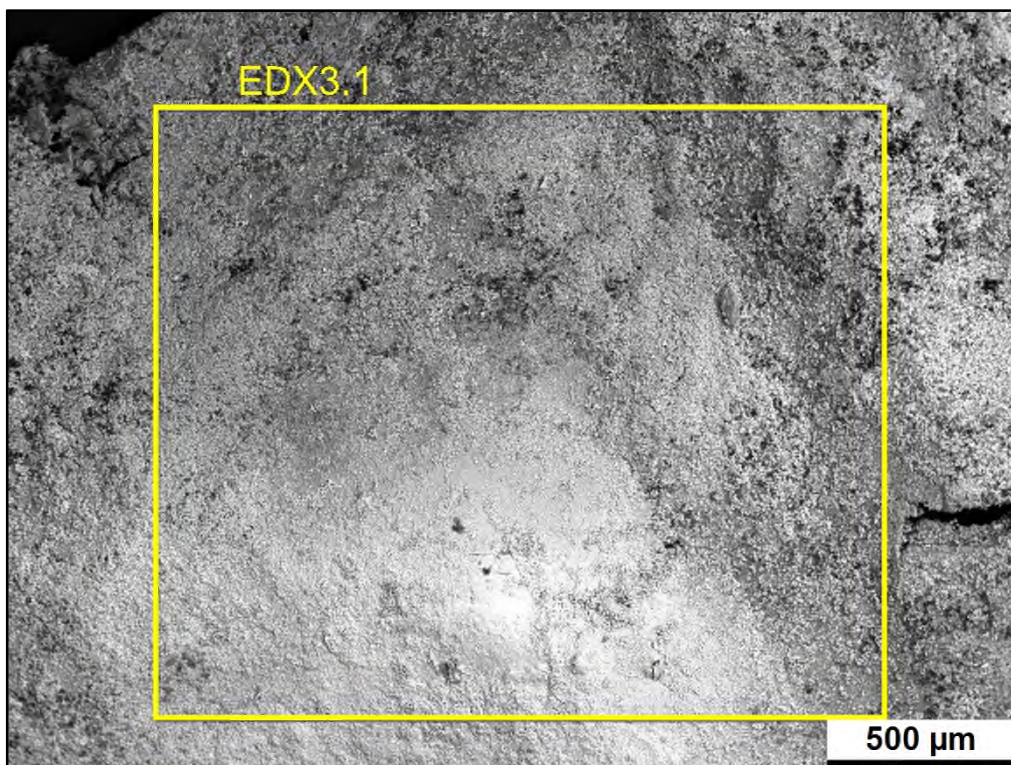


Bild 20
708-8069-22-00-
266038

REM-BSE-Aufnahme eines Teilbereichs der Probe EDX3;
Analyseposition EDX3.1 ist gelb markiert
(siehe Abb. 19)

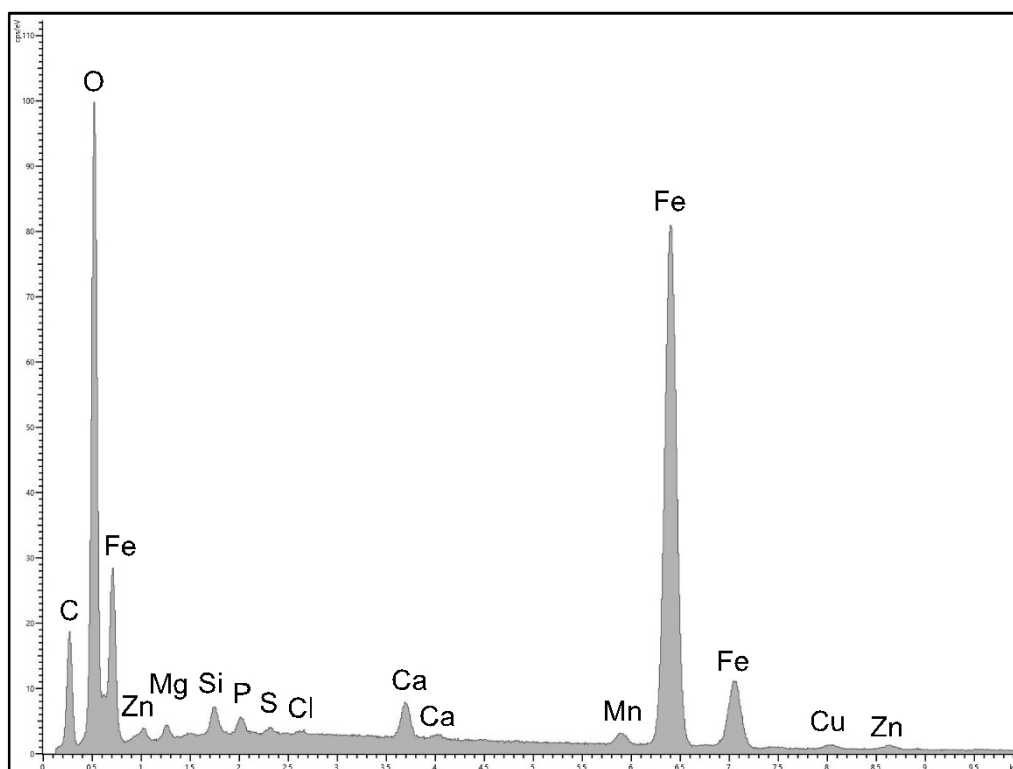


Bild 21
708-8069-22-00-
266039

Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX3.1
(vgl. Abb. 20)



Bild 22
708-8069-22-00-
259918

REM-Probe EDX4 der weißen Ablagerungen
aus dem Anschlussende mit Innengewinde
(siehe Abb. 10)

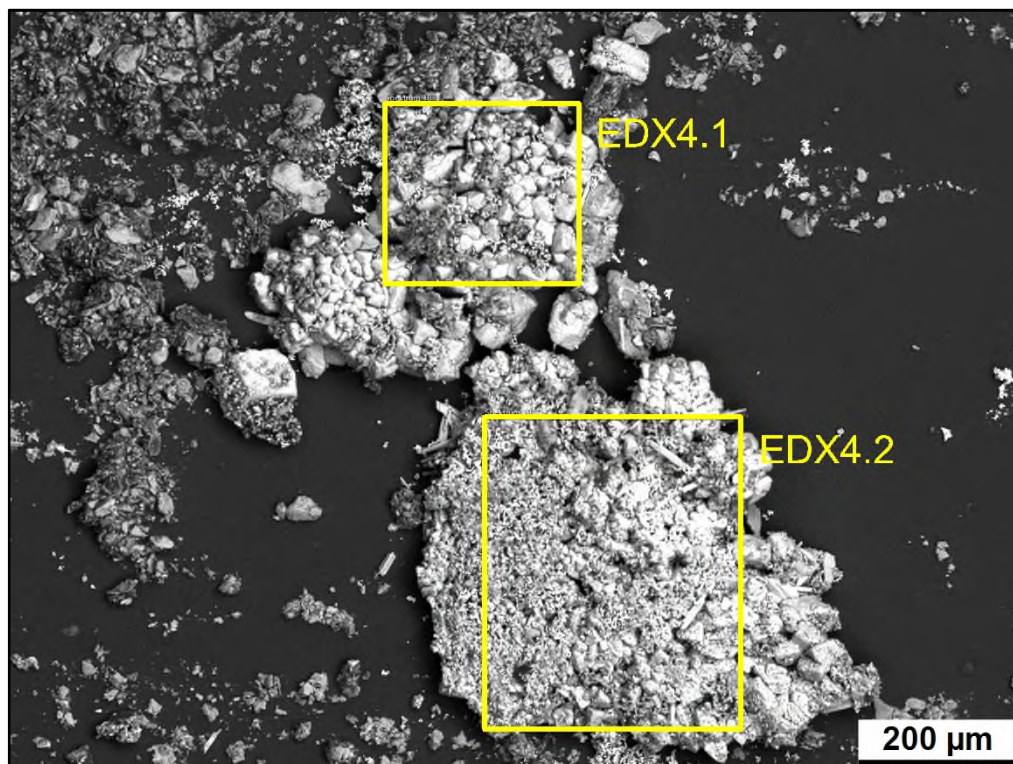


Bild 23
708-8069-22-00-
266040
REM-BSE-Aufnahme eines Teilbereichs der Probe EDX4;
Analysepositionen EDX4.1 und EDX4.2 sind gelb markiert
(siehe Abb. 22)

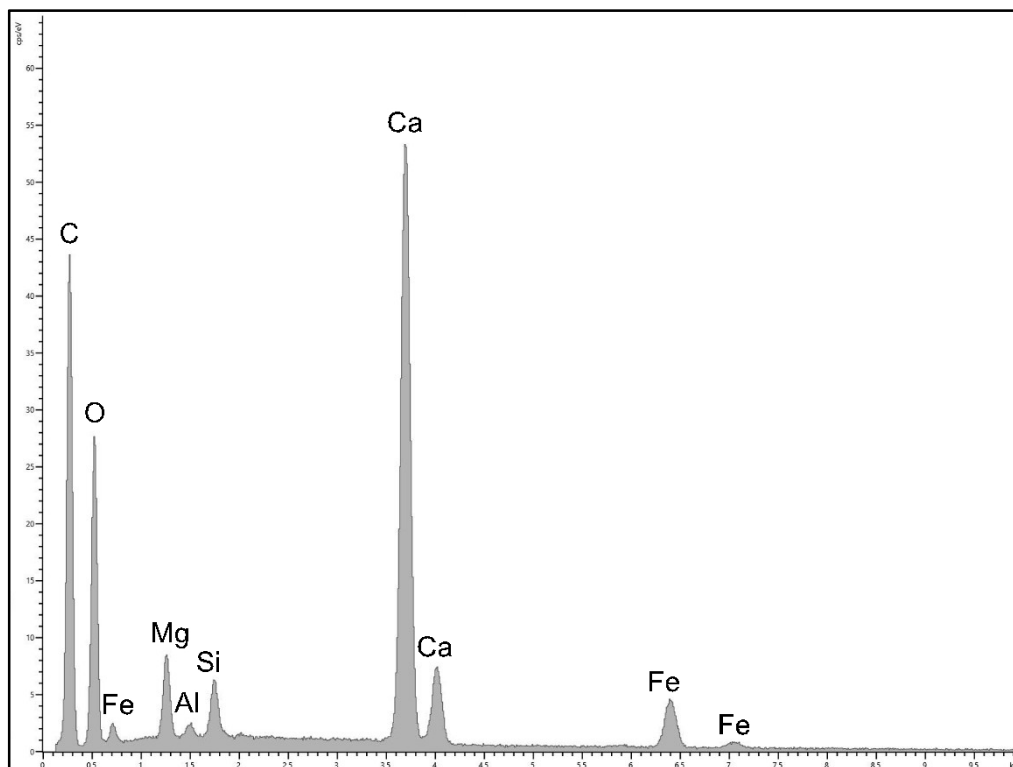


Bild 24
708-8069-22-00-
266041
Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX4.1
(vgl. Abb. 23)

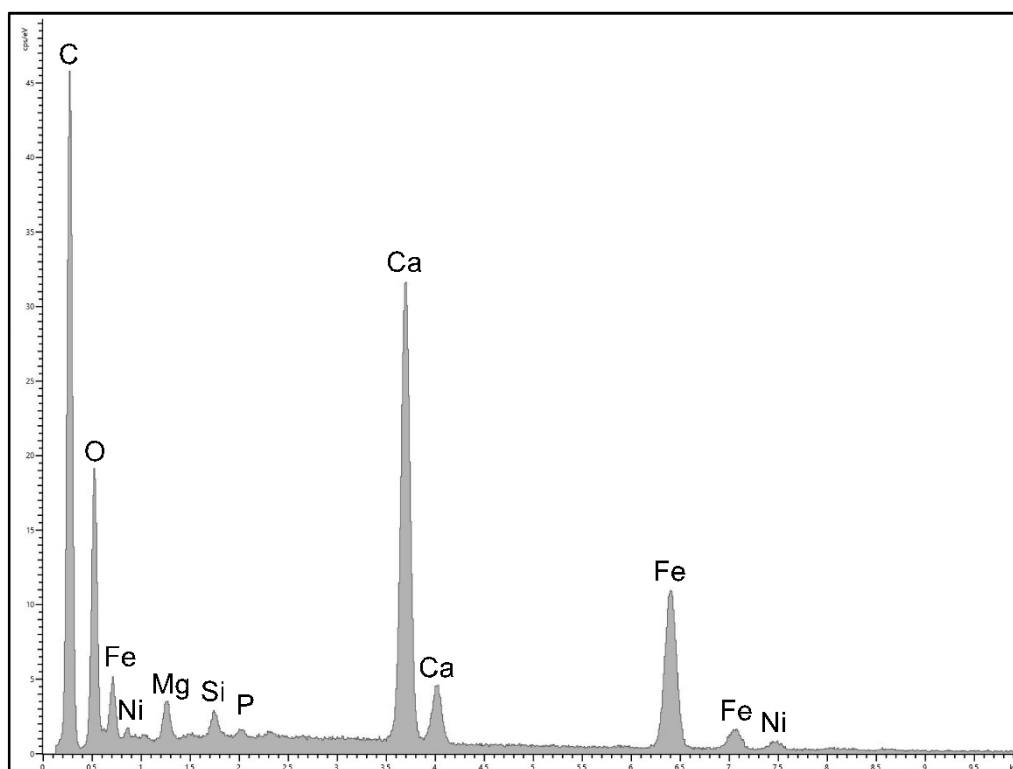


Bild 25
708-8069-22-00-
266042

Repräsentative EDX Flächenanalyse zu
Position EDX4.2
(vgl. Abb. 23)