

**Bitte beachten: Der vorliegende Bericht dient zu Informationszwecken! Der originale Inhalt ist stark verkürzt und nur auszugsweise wiedergegeben.**

# Untersuchungsbericht

Ermittlung der Rissursache an einer Einhebel-Mischarmatur



Dr.-Ing. Korbinian Puchner ■ Werkstoffkundliche Schadensanalytik

Mariengasse 6  
82234 Wessling

Tel.: +49 (0)8153 909 83 00  
Mobil: +49 (0)173 996 50 80

Web: [www.puchner-schadensanalytik.de](http://www.puchner-schadensanalytik.de)  
Mail: [info@puchner-schadensanalytik.de](mailto:info@puchner-schadensanalytik.de)

# Untersuchungsgegenstand



Bild 1 zeigt eine Einhebel-Mischarmatur einer Küchenspüle, an der im Betrieb ein Riss im Armaturenkörper eingetreten ist. Der Schadenseintritt erfolgte ca. neun Monate nach der Inbetriebnahme der Armatur.

Ein bereits vorliegendes Gutachten kommt zu dem Ergebnis, dass eine äußere Gewalteinwirkung den Bruch des Armaturenkörpers verursacht hat.

**Bild 1:** Übersichtsaufnahme der untersuchungsgegenständlichen Einhebel-Mischarmatur mit Rissbildung im Armaturenkörper





# Aufbau des Schadensteils

Der Bediengriff (1) wird über eine Stiftschraube mit dem Betätigungshebel auf der Oberseite der Kartusche (4) verschraubt (Bild 2). Unterhalb des Bediengriffs befindet sich eine Zierblende (2), die die Spannmutter (3) abdeckt.

Mit Hilfe der Spannmutter (3) wird die Kartusche (4) im Grundkörper (5) fixiert. Die über die Spannmutter (3) aufgebrachte Axialverspannung dichtet zugleich die auf der Unterseite der Kartusche (4) befindlichen Zu- und Ablauföffnungen gegen den Boden des topfförmigen Grundkörpers (5) ab.

Der Auslauf-Schwenkarm (6) wird über die Auslauföffnung des Grundkörpers (5) geschoben, wobei Dichtringe einen Wasseraustritt verhindern. Eine von der Unterseite her aufgeschraubte Spannmutter (7) fixiert den Schwenkarm (6) gegen den Grundkörper (5). Ein zusätzlich eingelegter Gleitring aus Teflon (7) verringert die Reibung des axial verspannten Schwenkarms und erleichtert somit die Drehbewegung.

**Bild 2:** Explosionsdarstellung einer Vergleichsarmatur mit Bezeichnung der Einzelteile

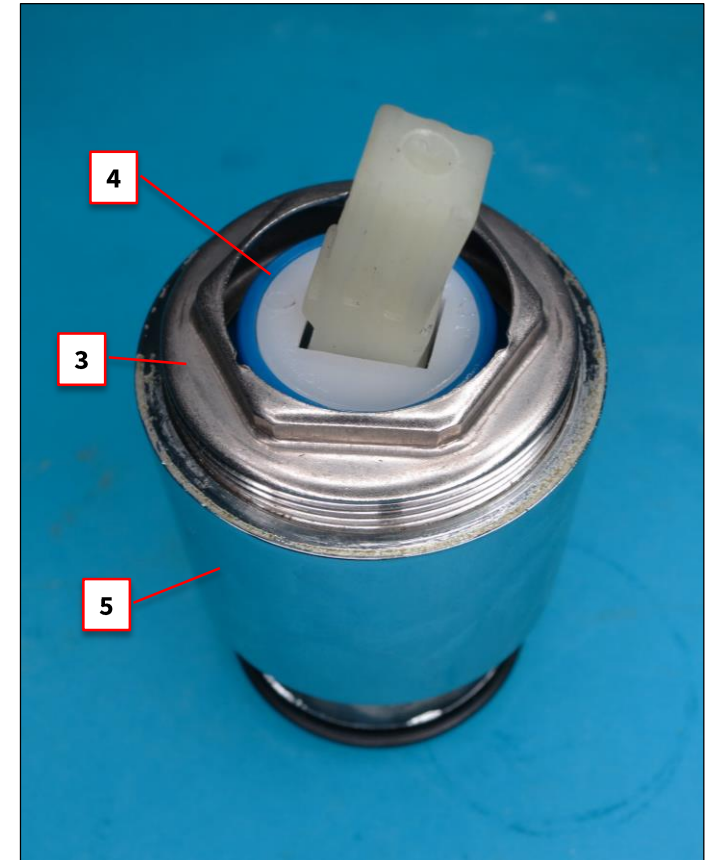


# Funktioneller Aufbau



Der Grundkörper enthält als zentrales funktionelles Bauteil die Kartusche (4) zur Regelung der Durchflussmenge und der gewünschten Mischtemperatur (Bild 3). Die Verschraubung der Kartusche mit dem Grundkörper (5) erfolgt über die Spannmutter (3), wobei die aus der Verspannung folgenden Axialkräfte über den Zylindermantel des Grundkörpers als Zugspannungen übertragen werden. Die genannten Bauteile stehen somit in einem geschlossenen Kraftfluss, der bei der werksseitigen Herstellung der Armatur aufgebracht wird.

Bezogen auf den Rissbereich bedeutet dies, dass dort ein Beanspruchungskollektiv aus mehreren Teileinflüssen zu berücksichtigen ist. In erster Linie liegen Zugspannungen vor, die sich aus der Verspannung der Kartusche im Grundkörper ergeben. Dieses konstante Zugspannungsniveau wird durch statische und dynamische Zusatzkräfte aus den Leitungsdrücken erhöht, die auf die Unterseite der Kartusche einwirken. Zusätzlich erfolgt bei Betätigung des Bedienhebels eine kurzzeitige Überlagerung mit einem Biegemoment.

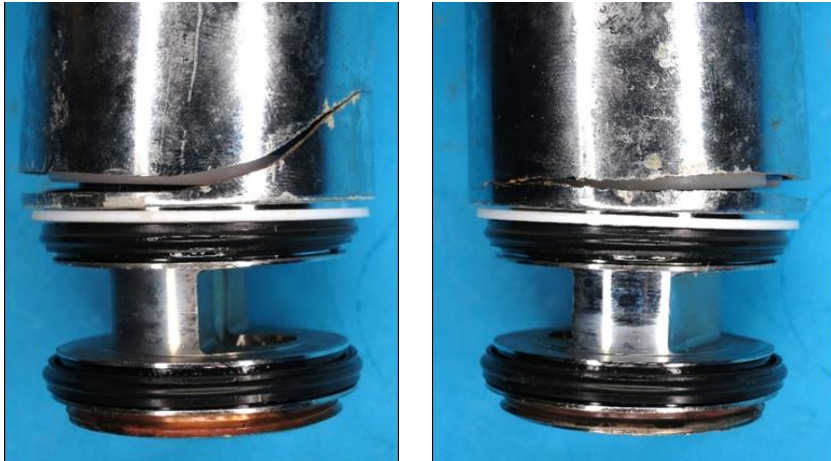


**Bild 3:** Teilzusammenbau der Bauteile Grundkörper (5), Kartusche (4), Spannmutter (3)

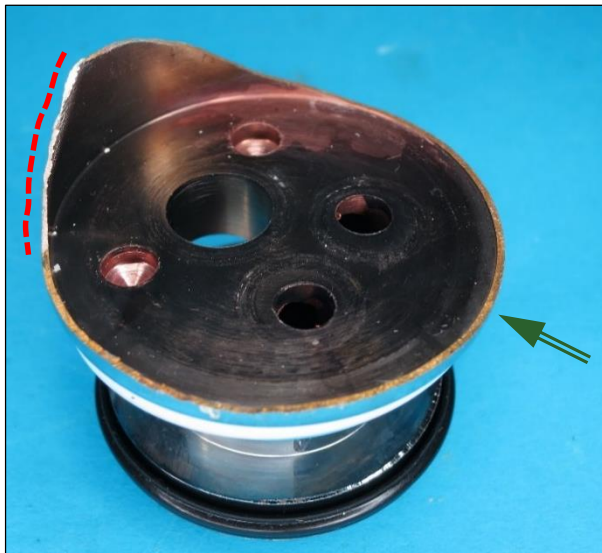




# Makroskopische Untersuchung



Die Bilder 4 und 5 verdeutlichen den nahezu vollständig umlaufenden, klaffenden Rissverlauf. Das Risszentrum befindet sich im Bezug zur Einbauposition im vorderen Bereich des Grundkörpers. Der überwiegende Teil des Risses erstreckt sich quer zur Achse des topfförmigen Grundkörpers. Im Auslaufbereich einer der beiden Risspitzen erfolgt eine Umorientierung, durch die das Rissende unter einem Winkel von ca. 45° zur Mitte des Grundkörpers hin ansteigt.



**Bilder 4 und 5:**  
Detailaufnahmen  
des Rissverlaufes

**Bild 6:**  
Übersichtsaufnahme des im Labor geöffneten Rissverlaufes (rot: Laborgewaltbruch Pfeil: Bereich maximaler Rissöffnung)

Zur weiteren Begutachtung wird der Rissverlauf vollständig aufgebrochen (Bild 6). Aufgrund der sehr geringen Wanddicke kann diese Rissöffnung ohne weiteren Werkzeugeinsatz erfolgen. Nach Abtrennen der oberen Bruchhälfte wird deutlich, wie sich der Rissverlauf über weite Teile entlang der Kante zwischen Zylindermantel und Bodenfläche orientiert. Die durch den Laborgewaltbruch entstandene Restgewaltbruchfläche ist in Bild 6 durch eine gestrichelte Linie hervorgehoben.



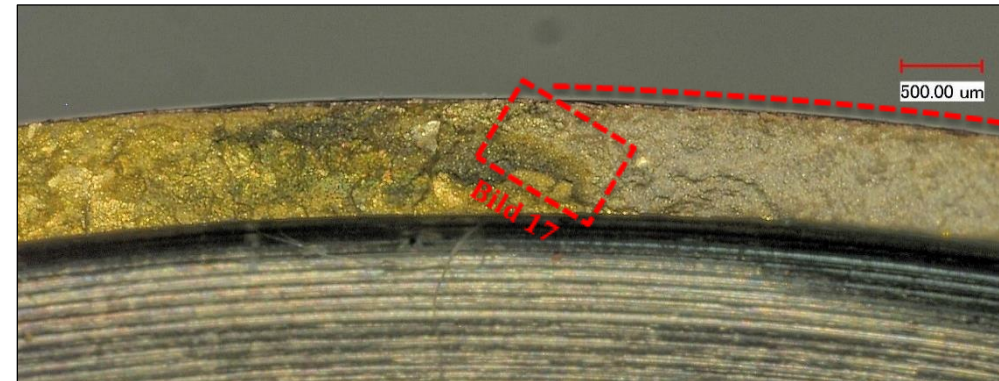
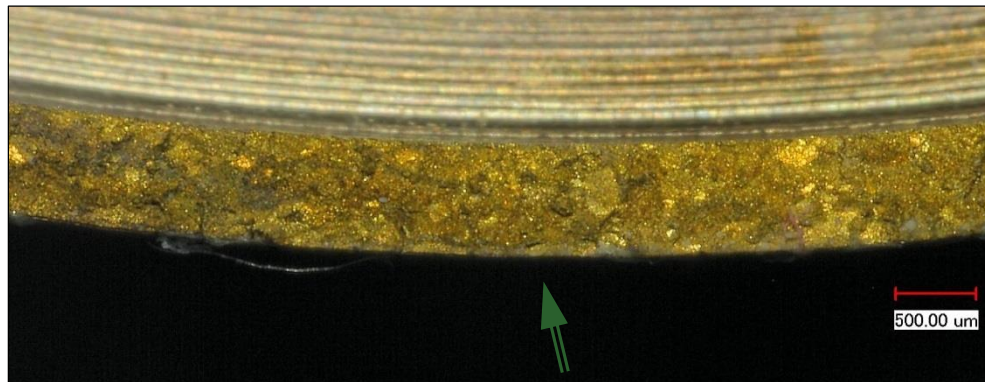
# Makroskopische Untersuchung



Die Bilder 7 und 8 zeigen digitalmikroskopische Detailaufnahmen der Bruchoberflächen in verschiedenen Bereichen des Rissverlaufs.

Die im Risszentrum angefertigte Aufnahme (Bild 7) charakterisiert den Zustand der verformungslosen Bruchfläche mit messing-typischer Grundfärbung. Die überwiegend ebene Topographie ist bereichsweise von radialen Bruchstufen überdeckt. Das Reflexionsvermögen der vergleichsweise grob strukturierten Bruchfläche ist als matt mit glitzernden Teilbereichen zu beschreiben.

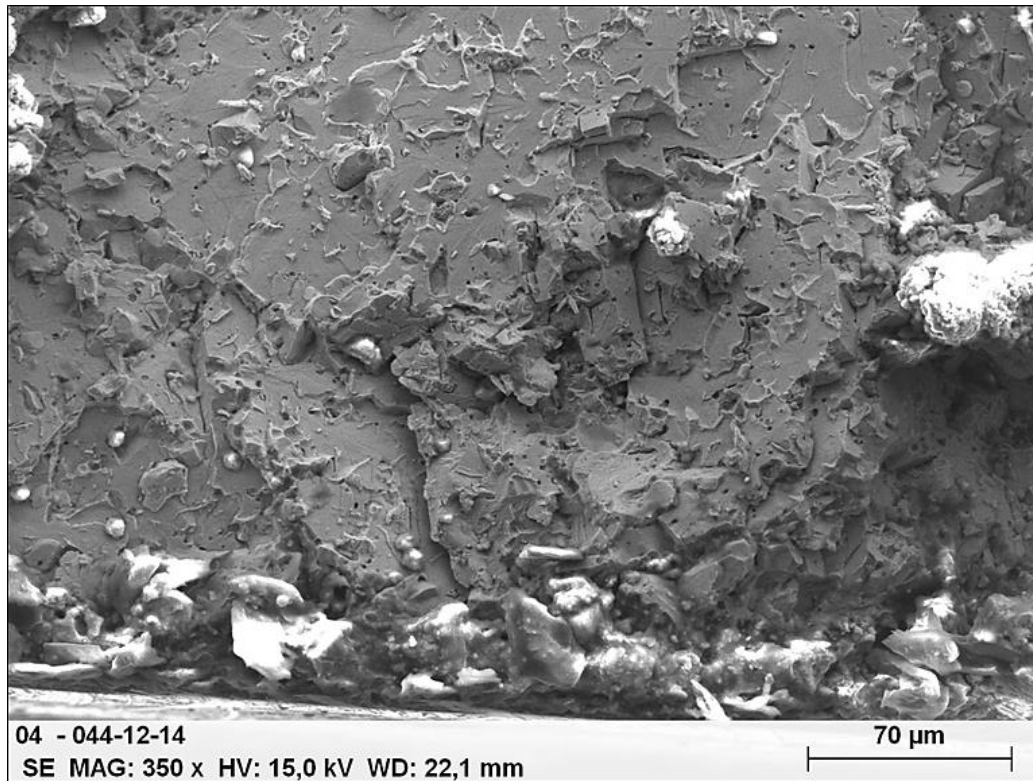
Bild 8 verdeutlicht eine abrupte Änderung der Rissmorphologie. Dieser Strukturwechsel markiert den Übergang zum Laborbruch (vgl. Bild 6). Die Teilfläche des Gewaltbruchs zeigt ein mattes, homogenes Erscheinungsbild mit samtartiger Topographie.



**Bilder 7 und 8:** Digitalmikroskopische Aufnahmen der Bruchfläche im Bereich maximaler Rissöffnung sowie im Übergangsbereich zum Laborgewaltbruch



# Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung



Die rasterelektronenmikroskopische Begutachtung der Bruchfläche im Bereich maximaler Rissöffnung bestätigt, dass die Bruchstruktur durch spaltartige Merkmale geprägt ist. Das am Außenumfang der Bruchfläche aufgenommene Detailbild 9 verdeutlicht die überwiegend flächige, spaltbruchartige Bruchmorphologie. Die transkristallinen Spaltflächen sind dabei teilweise mit Fiederungsmerkmalen überzogen. Vereinzelt Löcher sind auf die im Werkstoff vorhandenen, punktförmigen Bleieinschlüsse zurückzuführen.

**Bild 9:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Bruchfläche im Bereich maximaler Rissöffnung

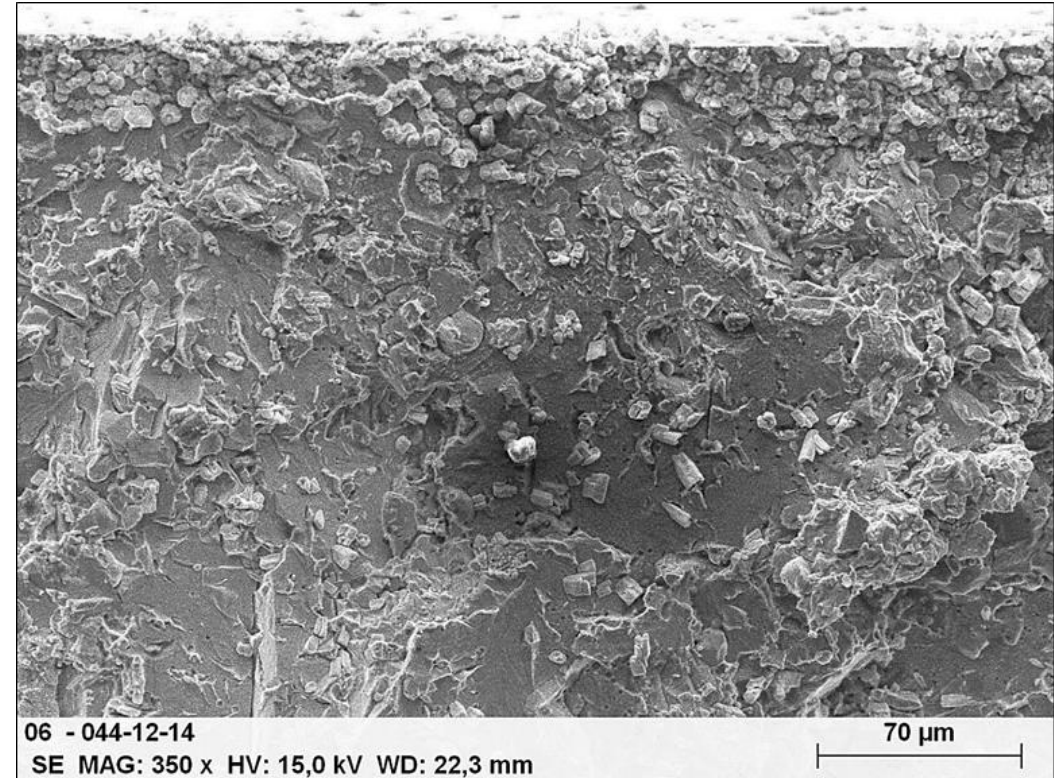




# Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung



Die am Innenumfang des Rissquerschnitts vorgefundene Bruchmorphologie (Bild 10) zeigt ein identisches Erscheinungsbild, wie für die Außenseite beschrieben. Zur Innenoberfläche hin liegt jedoch eine zunehmende Belegung der Bruchfläche mit kristallinen, würfelförmigen Partikeln vor. Die zugehörige EDX-Analyse bestätigt, dass es sich hierbei um Bleioxide handelt. In Ergänzung dazu sind die Elemente des Grundwerkstoffs sowie oxydische Ablagerungen der Wasserbestandteile Aluminium und insbesondere Silicium nachzuweisen. Der zusätzlich in geringer Ausprägung detektierte Eisenpeak ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein Nebenelement des Grundwerkstoffs zurückzuführen.



**Bild 10:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Bruchfläche im Bereich maximaler Rissöffnung, Innenumfang des Rissquerschnitts

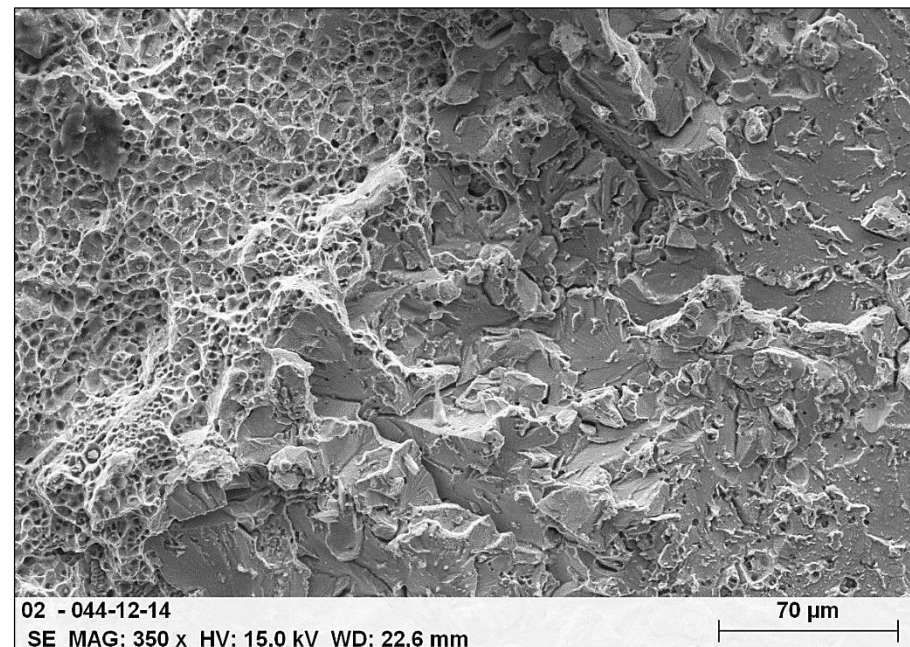
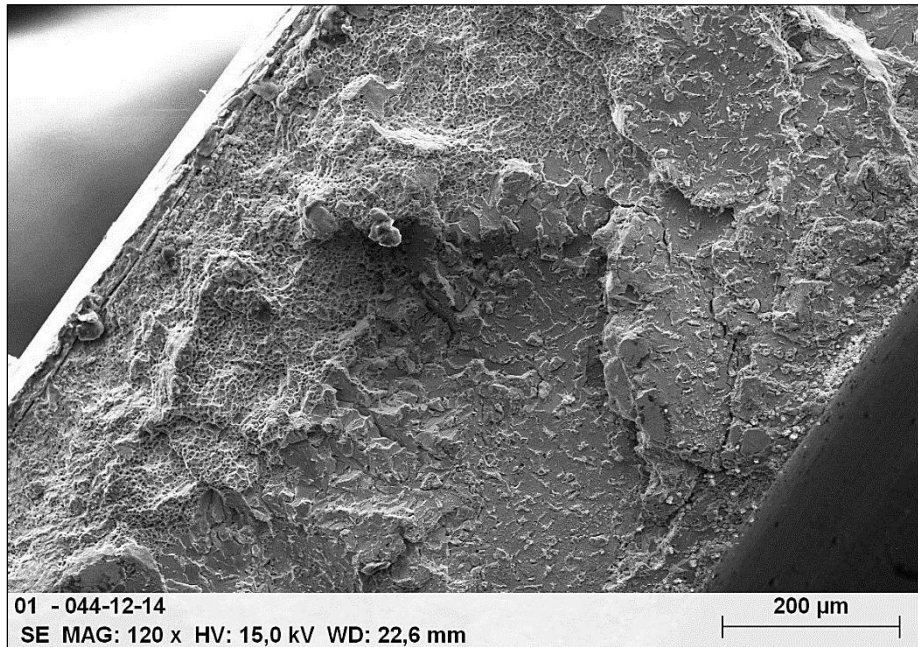




# Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung



Die Detailbetrachtung der Übergangszone zum Laborgewaltbruch verdeutlicht den abrupten Wechsel der Bruchmorphologie zwischen den beiden Bruchzonen (Bilder 11 und 12). Während die schadenbedingte Trennung von spaltartigen Bruchmerkmalen dominiert wird, ist für die Laborbruchfläche eine fein strukturierte Wabenmorphologie charakteristisch. Eine derartige Bruchstruktur stellt bei Messinglegierungen das erwartungsgemäße Ergebnis eines duktilen Gewaltbruchs dar.



## Bilder 11 und 12:

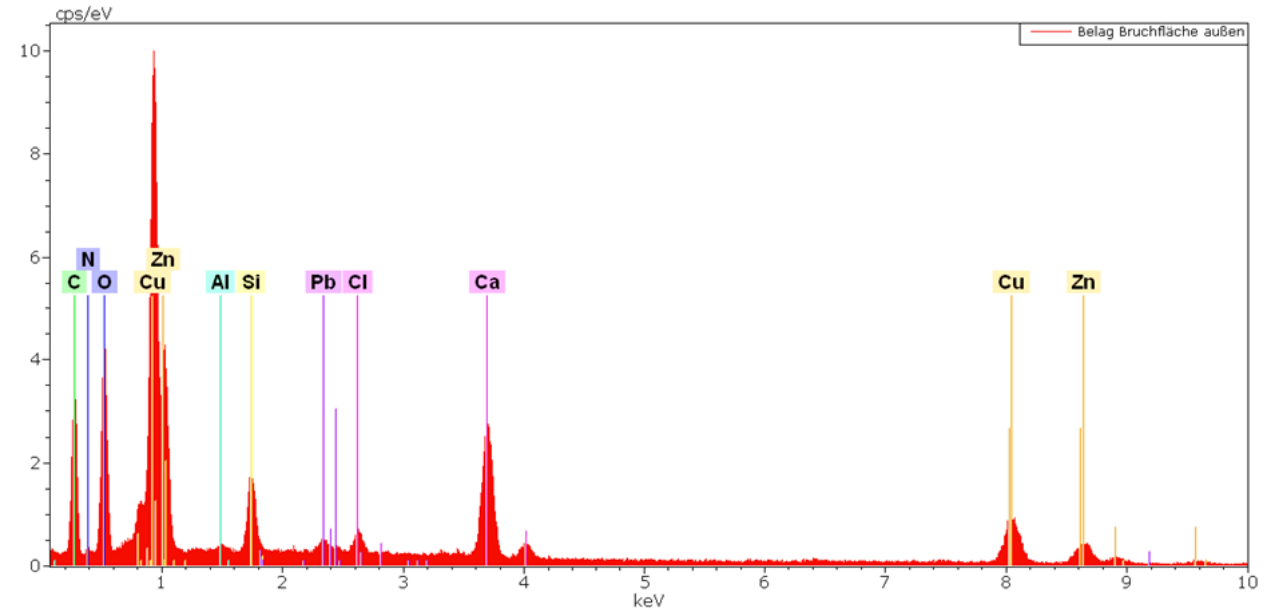
Rasterelektronenmikroskopische Übersichts- und Detailaufnahme der Bruchfläche im Übergangsbereich zum Laborgewaltbruch



# Feinbereichsanalyse



Mittels energiedispersiver Analyse (EDX) sind für die samtartige Randbelegung als chemische Hauptbestandteile die Legierungselemente des Grundwerkstoffs (Kupfer, Zink, Blei) zu detektieren (Bild 13). Die Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und Calcium deuten auf feststoffliche Wasserrückstände hin (Calciumcarbonat). In gleicher Weise sind die Elemente Silicium und Aluminium mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Wasser zuzuordnen. Die Elemente Chlor und Stickstoff hingegen können auch aus äußeren Einflüssen, beispielsweise aus Reinigungsmitteln stammen.

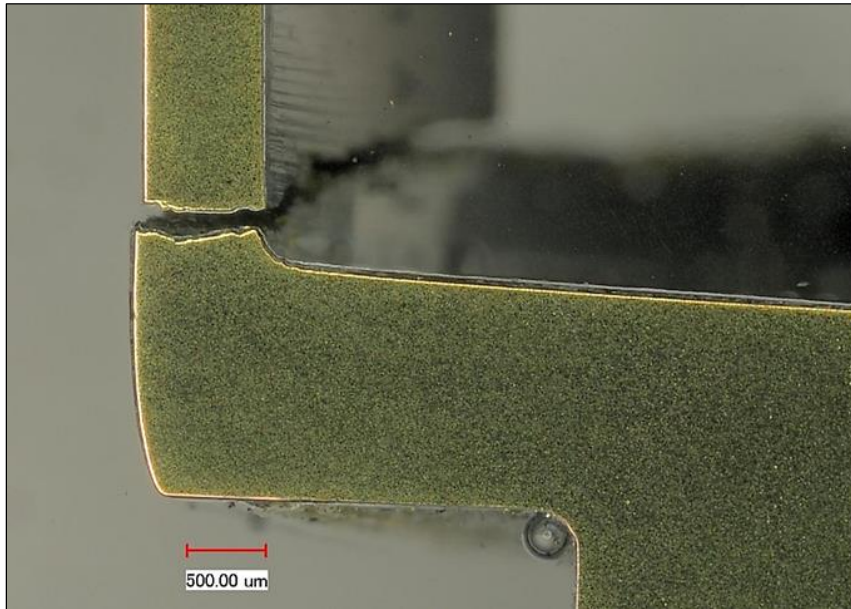


**Bild 13:** Energiedispersive Analyse der Beläge auf der Außenseite der Bruchfläche im Bereich maximaler Rissöffnung (vgl. Bild 9)





# Makroschliffpräparation



## Bilder 14 und 15:

Übersichtsschliff der Bruchstelle am Schadenteil und Detailaufnahme des Rissverlaufs mit Bearbeitungsspuren auf der Innenseite des Grundkörpers (Pfeile)

Zur Bewertung des Gefügestands wird ein metallographischer Schliff präpariert. Die Schliffebene wird parallel zur Bauteilachse im Bereich maximaler Rissöffnung der beiden zur Präparation zusammengefügt Bruchhälften gewählt. Bild 14 verdeutlicht die Risslage im unmittelbaren Übergangsbereich zwischen dem Boden des topfförmigen Grundkörpers und dessen Mantelfläche. Der tragende Bauteilquerschnitt im Rissbereich ist mit ca. 0,75 mm anzugeben. Unter höherer Vergrößerung (Bild 15) ist festzustellen, dass in der Fußausrundung deutliche Bearbeitungsspuren vorliegen (Pfeile).

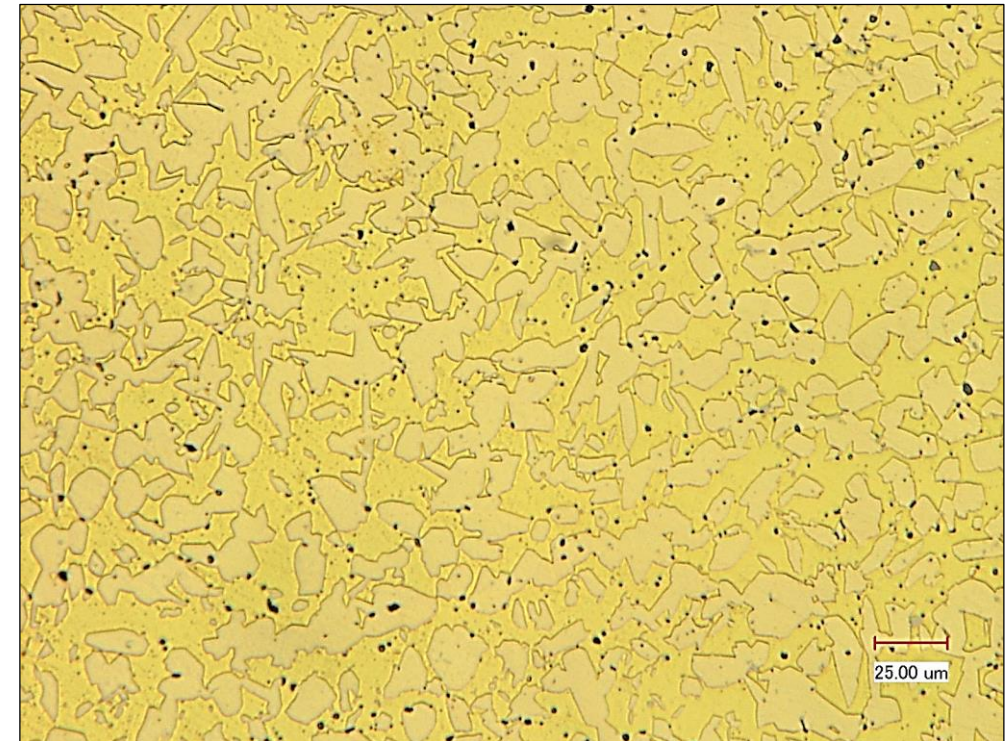




# Mikroschliffpräparation



Das mittels präparativer Ätzung entwickelte Gefüge stellt sich als zweiphasiges  $\alpha$ - $\beta$ -Messing mit punktförmigen Bleieinschlüssen dar (Bild 22). Die hell angeätzte  $\alpha$ -Phase liegt in überwiegend globularer Gestalt vor. Der vorliegende Gefügezustand ist als werkstofftypisch zu bezeichnen.



**Bild 17:** Metallographisches Schlibfbild in der Peripherie der Kehlnaht





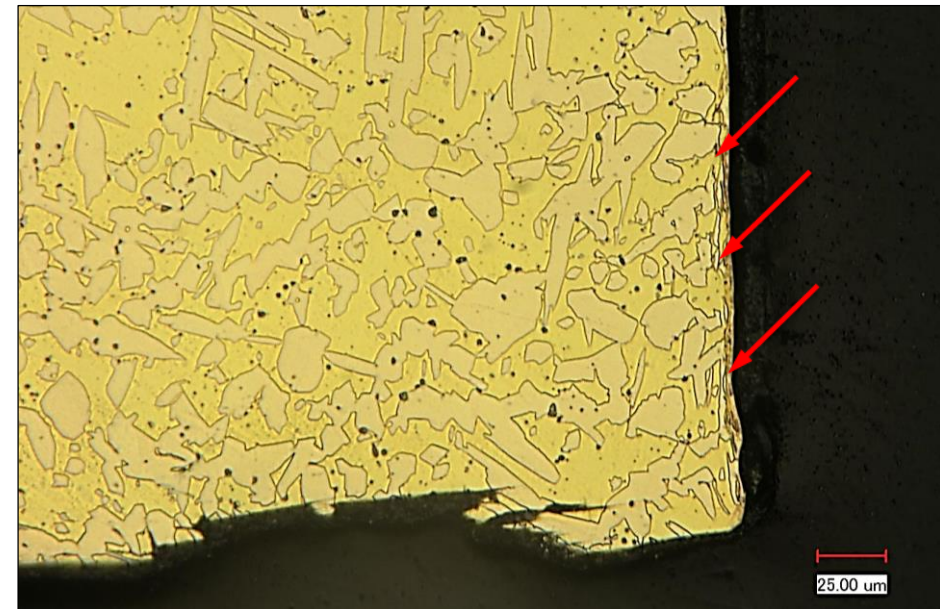
# Mikroschliffpräparation

Die Außenbeschichtung zeigt im metallographischen Schliffbild einen zweiseichtigen Aufbau (Bild 23). Sowohl die Kupfer-Zwischenschicht wie auch der Glanzüberzug stellen sich als fest haftend und rissfrei dar.



**Bild 16:** Metallographisches Schliffbild einer geschädigten Kehlnaht

Die Innenoberfläche ist Rissperipherie durch eine randnahe Korndeformation gekennzeichnet (Pfeile in Bild 24). Ein derartiger Randeffekt ist auf die spanende Herstellung zurückzuführen und bewirkt eine erhebliche Kaltverfestigung.



**Bild 17:** Metallographisches Schliffbild in der Peripherie der Kehlnaht



# Chemische Analyse



Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung wird mittels optischer Emissionsspektroskopie vorgenommen:

	Cu	Al	Fe	Ni	Pb	Sn	Mn	Zn
Ist	58,56	<b>0,247</b>	<b>0,529</b>	<b>0,616</b>	2,06	<b>0,841</b>	<b>0,147</b>	36,89
CW617N	57,0-59,0	≤0,05	≤0,30	≤0,30	1,6-2,5	≤0,30	-	Rest

**Angaben in Gew.-%**

Die Analyse führt zu dem Ergebnis, dass der Werkstoff aufgrund der Anteile an den Legierungselementen Kupfer, Zink und Blei mit hoher Wahrscheinlichkeit der Solllegierung CuZn40Pb2 (CW617N) zuzuordnen ist. Es zeigt sich jedoch, dass unter Maßgabe dieses Sollwerkstoffs die in DIN EN 12164 festgelegten Obergrenzen der Begleitelemente Aluminium, Eisen, Nickel und Zinn teils erheblich überschritten sind. In gleicher Weise ist der Mangengehalt als sehr hoch einzustufen (Maximalanteil sonstiger Begleitelemente in CW617N maximal 0,2 %).





# Ergebnisbewertung



Die Untersuchung führt anhand der schadenstypischen mikrofraktographischen Merkmale zweifelsfrei zu dem Befund, dass ein korrosiv bedingter Schadensmechanismus die Rissbildung begründet hat. Die charakteristische Bruchmorphologie mit transkristallin verlaufenden, spaltartigen und verformungslosen Trennungen bei gleichzeitig duktilen Werkstoffeigenschaften (vgl. Wabenstruktur im Bereich des Laborgewaltbruchs) belegen eine Spannungsrisskorrosion (SpRK) als Schadensursache.

Unter Ausbildung eines SpRK-Systems kommt es während der Betriebsdauer zu einem stetig fortschreitenden Risswachstum, bis schließlich der tragende Restquerschnitt der Betriebsbelastung nicht mehr standhalten kann und durch plastische Verformung nachgibt. Die damit verbundene, makroskopische Öffnung des Bruchquerschnitts führt bei der vorliegenden Konstruktion zum Verlust der Dichtpressung an den Anschlüssen der Kartusche und somit zum Wasseraustritt.

Ein derartiges Korrosionssystem erfordert das gleichzeitige Einwirken von drei Parametern, nämlich

1. gegenüber SpRK empfindlicher Werkstoff
2. spezifisches Angriffsmittel
3. mechanische (Zug-)Spannungen



# Ergebnisbewertung



**Zu 1.:** Zunächst muss der Werkstoff anfällig gegenüber dieser Schadenart sein, was bei Messinglegierungen grundsätzlich gegeben ist. Aufgrund der deutlich zu hohen Legierungsgehalte mehrerer Begleitelemente besteht eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber SpRK.

**Zu 2.:** Die Auslösung eines Schadens durch SpRK erfordert die Einwirkung eines spezifischen Mediums. Mit höchster Wahrscheinlichkeit war im Ringspalt zwischen der Kartusche und der Innenoberfläche des hohlzylindrischen Grundkörpers gebildetes Kondenswasser (z.B. bei Änderung der Mischtemperatur) als auslösendes Medium hinreichend, zumal durch spaltbedingt eingeschränkten Elektrolytaustausch von einer Verschärfung der Korrosionsbedingungen auszugehen ist.

**Zu 3.:** Als weitere, wesentliche Voraussetzung für SpRK sind Zugspannungen notwendig. Diese sind am vorliegenden Bauteil konstruktiv vorgegeben (Axialverspannung der Kartusche im Grundkörper der Armatur). Der dünnwandige Grundkörper ist dadurch einer ständigen, statischen Zugspannung ausgesetzt. Eine Verschärfung der Beanspruchungssituation ergibt sich durch:

- mehrachsigen Spannungszustand im Übergang zwischen massivem Boden und dünnwandiger Seitenwand
- Spannungskonzentration durch Kerbwirkung an kantigen Bearbeitungsspuren im Übergangsradius
- fertigungsbedingte Korndeformation im Oberflächenbereich mit der Folge einer lokalen Härtezunahme (Kaltverfestigung)



# Zusammenfassung



Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Bruch des Armaturenkörpers und der daraus folgende Wasserschaden zweifelsfrei durch Spannungsrisskorrosion verursacht wurden. Schadenrelevante Einflüsse sind durch die konstruktive Gestaltung, den Fertigungszustand sowie die Werkstoffeigenschaften gegeben.

Die Untersuchung ergibt keine Hinweise auf eine fehlerhafte Montage, zumal die dadurch einwirkenden Kräfte keinen Einfluss auf die Beanspruchungssituation im Rissbereich haben. Eine nachträgliche mechanische Einwirkung ist ebenso auszuschließen, da der damit einhergehende Gewaltbruch zu einem vollflächigen Wabenbruch geführt hätte.

