

## Mangelnde Tragfähigkeit von Ösenklöppeln

An einer Hochspannungsleitung verbinden die Ösenklöppel die Isolatoren mit den Mastauslegern. Über einen Knauf werden diese Klöppel in den jeweiligen Isolator einzementiert und über die Öse an einen entsprechenden Masthaken gehängt.

Bei der Montage der Isolatoren hatte es Anfang 1988 im Kraftwerk Hagenwerder Abbrüche gegeben. Als Ursache war primär festgestellt worden, dass statt eines unlegierten Vergütungsstahls (C35) ein legierter (50CrMo4) verwendet wurde, der zwangsläufig eine deutlich überhöhte Härte aufwies. Als Folge war es zur Versprödung teils durch Restwasserstoff (im Knauf), teils durch Beizwasserstoff (in der Öse) gekommen, vgl. [1].

Zur Veranschaulichung der konstruktiven Verhältnisse wird das Schadensteil noch einmal von Bild 1 gezeigt.

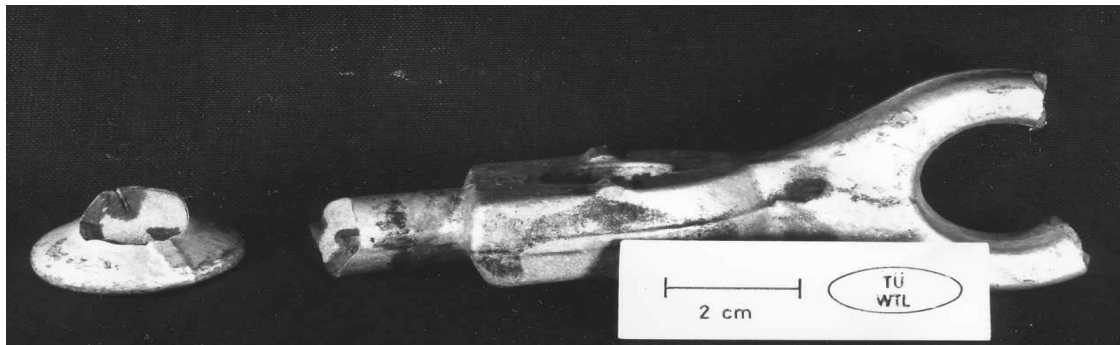


Bild 1: schadhafter Ösenklöppel; Bruch am Knauf (links) und in den Schenkeln der Öse (rechts), Schmiedegrat auffällig

Als Vorsorge hatte man eine stichprobenartige Belastungsprüfung der Ösenklöppel empfohlen.

Der angelieferte Ösenklöppel war (wiederum) im Knauf gebrochen.

### Technische Daten

Stahl: C35, vergütet und feuerverzinkt  
geforderte Festigkeit: 600-750 MPa  
Mindestlast: 40 kN  
gemessene Härte: 262-302 HV30, entspricht einer Festigkeit von 920-1050 MPa

Der chemische Zusammensetzung wurde überprüft und als korrekt befunden.

Auf der Bruchfläche des Knaufes findet sich makroskopisch eine Dreiteilung. Die Bereiche A und B sind senkrecht zur Bauteilachse orientiert und zeigen ein körniges Gefüge. Der Bereich G ist faserig ausgebildet und unter  $45^\circ$  zur Achse orientiert, was den Verformungsbruch kennzeichnet (Bild 2).

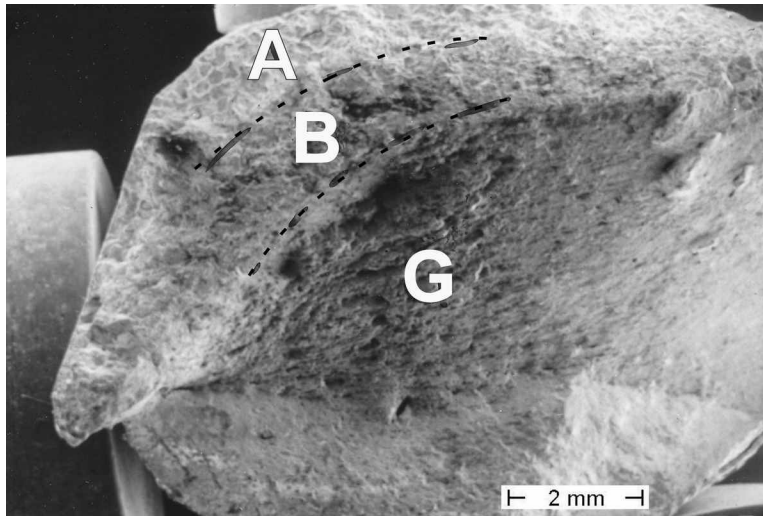


Bild 2:  
Bereiche A und B  
senkrechte Lage,  
Bereich G als Scherbruch

Bei den Bereichen A und B handelt es sich somit um den Anriss in jeweils unterschiedlicher Ausbildung, bei G um den Restbruch (Gewaltbruch). Im Bereich A wirken die Strukturen eingerundet, im Bereich B körniger (Bild 3).

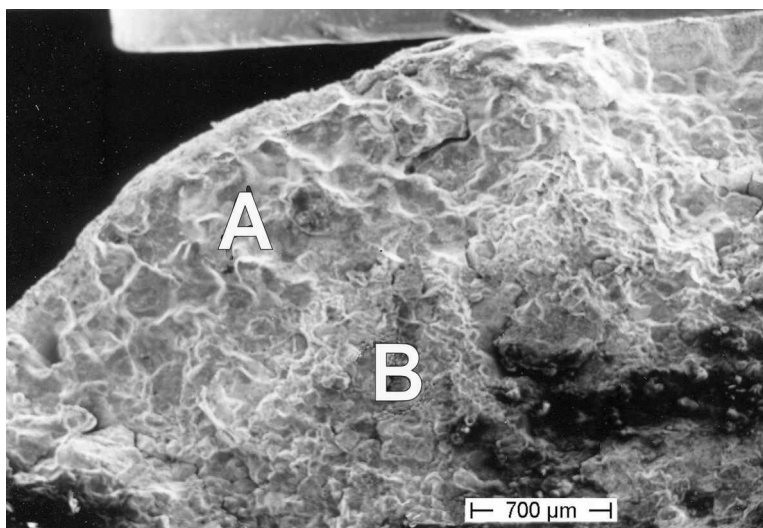


Bild 3:  
Kornstruktur im  
Bereich A eingerundet  
(Ausschnitt aus Bild 2)

Die Verrundung der Strukturen ergibt sich aus Ablagerungen (Bild 4). Die Analyse (EDAX) ergab, dass es sich um eine dünne Zinkschicht handelt.

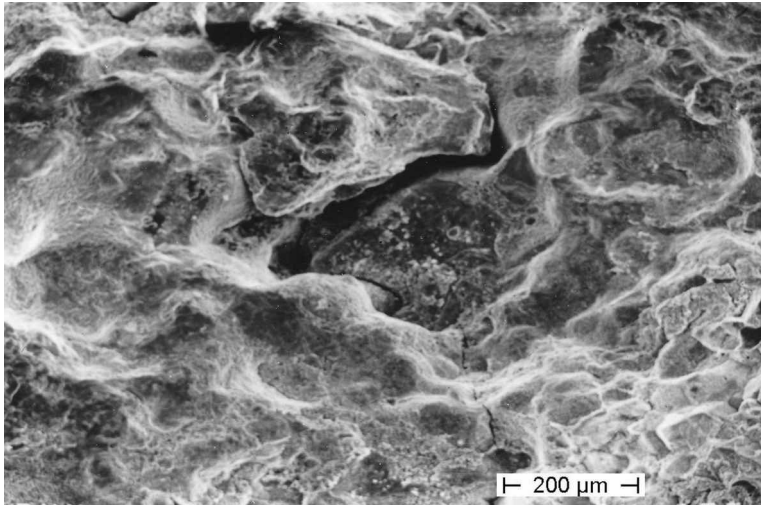


Bild 4  
Ablagerungen auf den  
Korngrenzflächen  
(Ausschnitt aus Bild 3)

Im Bereich B sind die Kornstrukturen markant ausgeprägt (Bild 5).

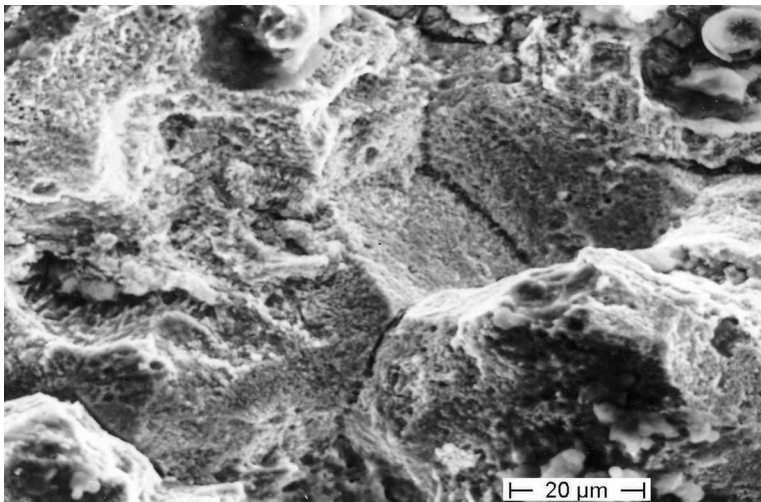


Bild 5:  
Zone B,  
Korngrenzflächen deutlich

Bei höherer Vergrößerung ist zu erkennen, dass die Strukturen verätzt sind (Bild 6).

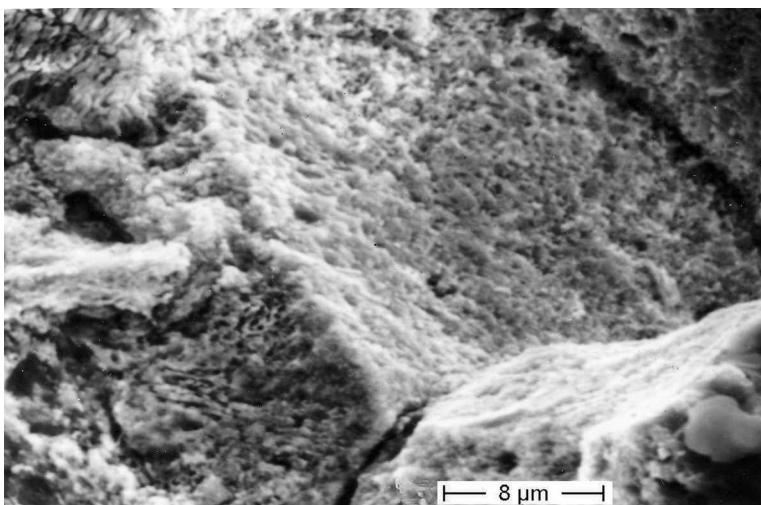


Bild 6:  
Korngrenzflächen  
verätzt  
(Ausschnitt aus Bild 5)

## **Diskussion**

Das Teil hat im Test versagt, weil es einen Anriss enthielt. Der Bruch hat dort die Korngrenzen freigelegt.

In seinem oberflächennahen Bereich (A) trägt der Anriss eine Zinkschicht. In der Tiefe (B) liegen die Korngrenzen frei; sie wurden schwach verätzt.

Der Anriss ist schon vor dem Verzinken entstanden, wahrscheinlich zwischen dem Härten und dem Anlassen, als die volle Abschreckhärte anlag.

Dem Verzinken ist ein Beizen vorgelagert. Die Säure gelangte in den Riss und hat die Flächen etwas verätzt. Die Schmelze selbst drang nur bis zur etwa halben Tiefe des Risses ein und hat die Strukturen dort mehr oder weniger zugedeckt.

Zur Rissentstehung sind zwei Ursachen denkbar:

- Umwandlungsspannungen beim Härten („Härterisse“)
- Einfluss von Restwasserstoff (noch aus der Erschmelzung stammend)

Das Auftreten von Härterissen ist an einen Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,5% gebunden (Ausnahme bei Hochlegierung, vgl. [2]). Wie die Stahlbezeichnung angibt, lag der Kohlenstoffgehalt darunter (0,35%). Diese Möglichkeit scheidet also aus. Bleibt nur noch die Wasserstoffversprödung.

Der Stahl war überhärtet. Dieser Umstand könnte die Rissbildung befördert haben, obwohl nur der Zustand vor dem Anlassen maßgebend ist.

Der Querschnittsübergang wurde sehr scharf ausgeführt, wodurch die Schrumpfung naturgemäß behindert wird. Als Folge ergeben sich hohe Eigenspannungen, welche die mechanische Komponente der Schadenentstehung liefern.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine Rissbildung durch Restwasserstoff vorlag, die in der Zeitspanne zwischen Härten und Anlassen wirksam wurde, analog zu den Aussagen in [1].

## **Literatur**

- [1] Möser, M.: Wasserstoffversprödung an Aufhängungen für Isolatoren als Folge einer Materialverwechslung (in dieser Homepage)
- [2] Jöst, H.; Mecke, P.; Schneider K.: Metallografische und mikrofraktographische Untersuchungen von Härterissen in X 22 CrMoV 12 1. In: Bruchuntersuchungen und Schadensklärung – Probleme bei Eisenwerkstoffen, Allianz-Versicherungs AG München und Berlin 1976, S. 114-118

Martin Möser, 01. Dezember 2015