

Silber-Migration an Steckerleisten von Hochspannungsschaltanlagen infolge Sulfidisierung

Martin Möser, 14.05.2010

In Umspannungswerken häuften sich die Kurzschlüsse. Die Ursache fand man darin, dass sich Strombrücken an den „Prüfsteckerleisten“ gebildet hatten.

Die Leisten enthielten sogenannte Buchsenbohrungen. Dort wurden weißliche Ablagerungen beobachtet. Diese waren teilweise flächig ausgebildet, teilweise verbanden sie nur die Bohrungen (Bild 1).

Die Steckerleisten waren aus Pertinax (Phenolharz + Papier) gefertigt.

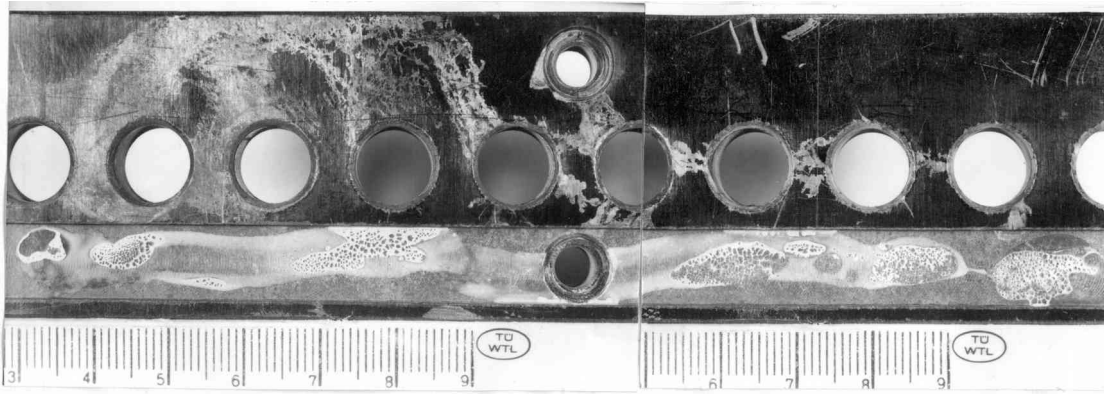


Bild 1: Prüfsteckerleiste mit hellen Niederschlägen an den Buchsenbohrungen, Aufnahme: SATÜ

Vereinzelt bildeten sich ausgedehnte Dendriten, siehe Bild 2.

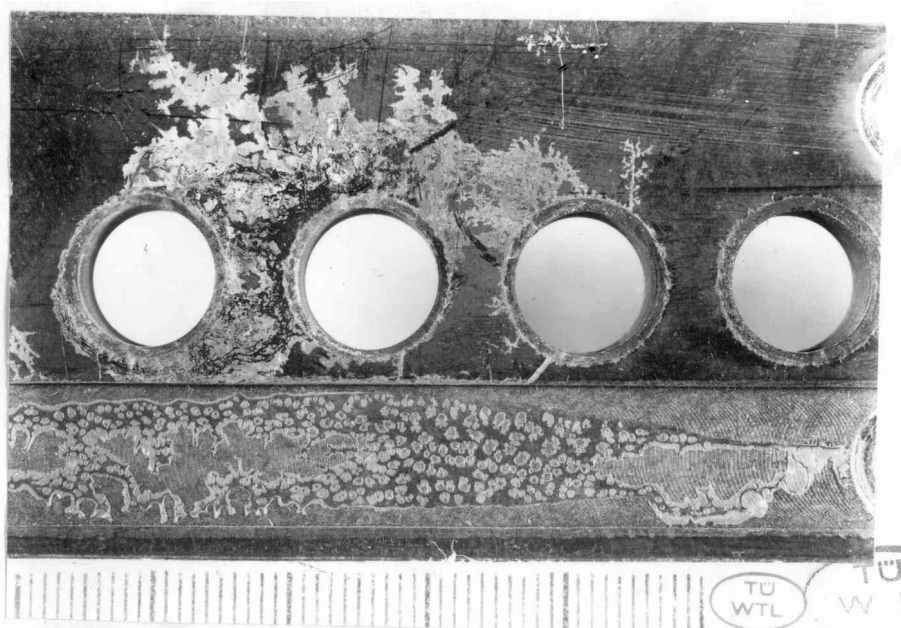


Bild 2:
dendritische
Aufwachsungen.
Aufnahme: SATÜ

Diese dendritischen Strukturen wurden mit dem REM betrachtet. Sie bedecken den Boden ungleichmäßig (Bild 3).

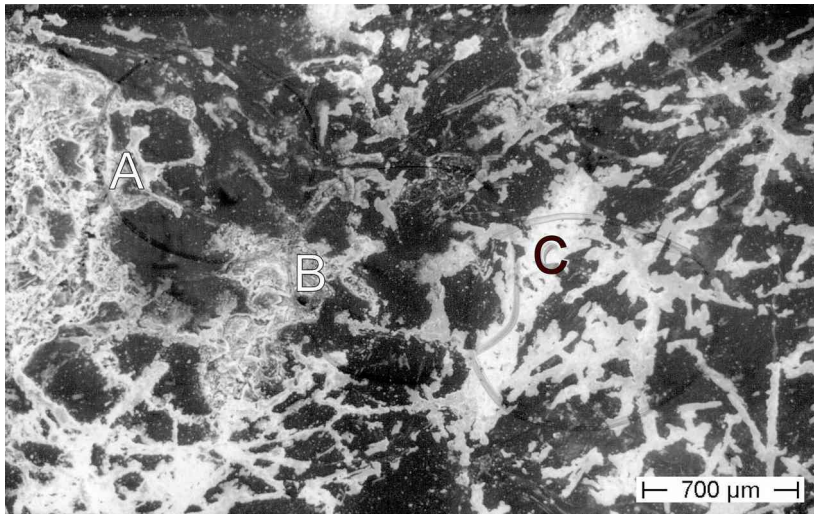


Bild 3:
REM-Aufnahme
als Ausschnitt aus
Bild 2 mit den Zonen
A...C

Die folgenden Aufnahmen stellen Detailbetrachtungen dar. Ringförmige Ablagerungen haben sich in die Unterlage eingearbeitet (Bild 4). Dabei tritt der wabenartige Aufbau der Unterlage zu Tage (Bild 5).

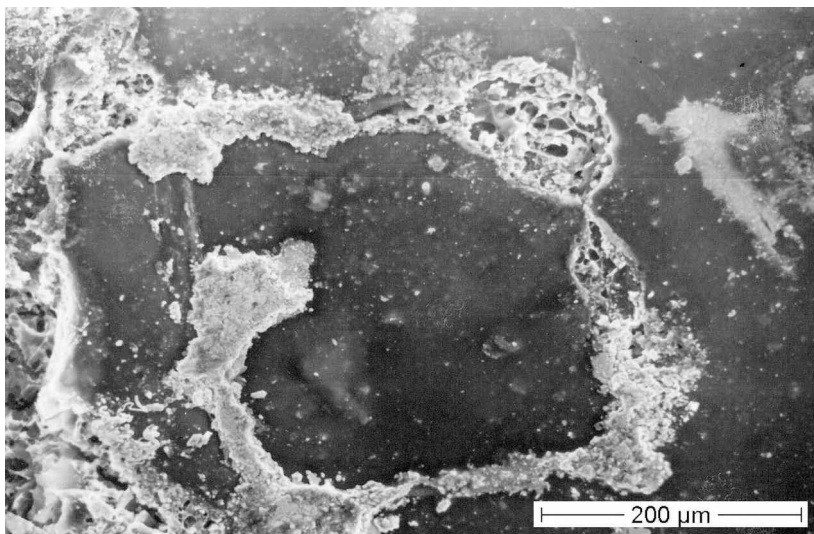


Bild 4:
ringförmige
Ablagerung, Struktur
der Unterlage
erkennbar
(Ausschnitt aus
Bild 3, Stelle A)

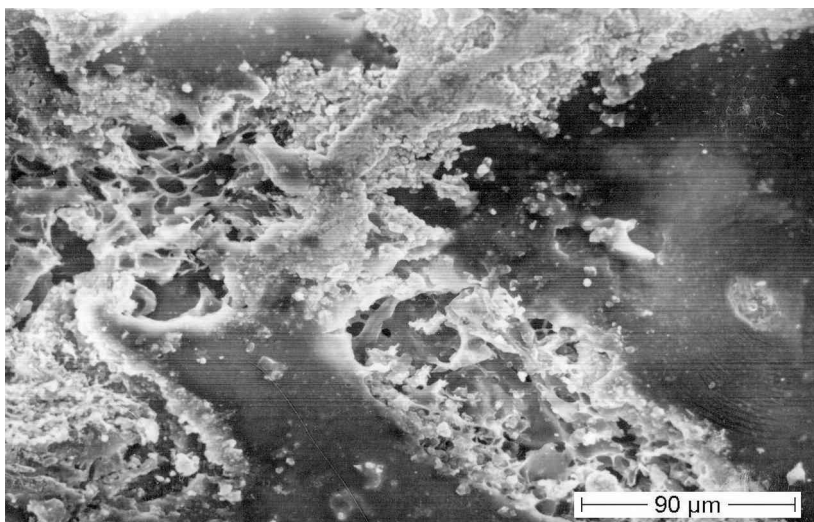


Bild 5
Struktur wabenartig
(Ausschnitt aus
Bild 3, Stelle B)

Die Breite der Dendriten liegt bei etwa 50 μm . Sie wachsen seitlich zusammen und bilden massive Teppiche (Bild 6). Bei höherer Vergrößerung wirkt ihre Oberfläche pulvrig (Bild 7).

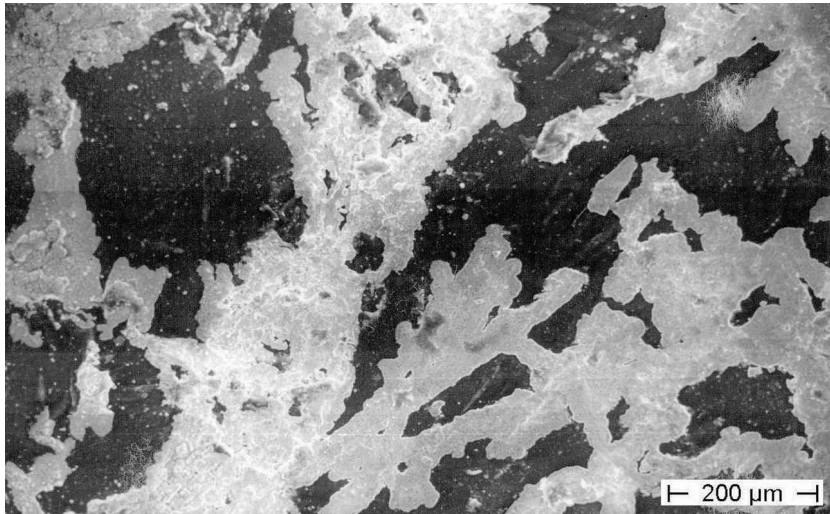


Bild 6:
Dendriten und
„Teppiche“
(Ausschnitt aus
Bild 3, Stelle C)

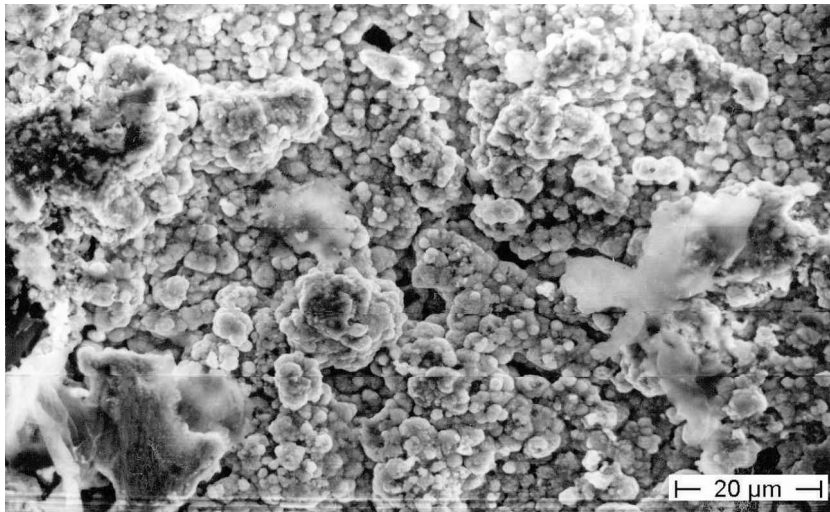


Bild 7
Teppich als
geschlossene
Ablagerung mit
pulvriger
Oberfläche
(Ausschnitt aus
Bild 6)

Die Analyse der Ablagerungen (EDX) ergab das Vorliegen von Silber und Schwefel im Verhältnis von etwa 2,7:1 (Bild 8). Das passt ungefähr auf Silbersulfid (Ag_2S).

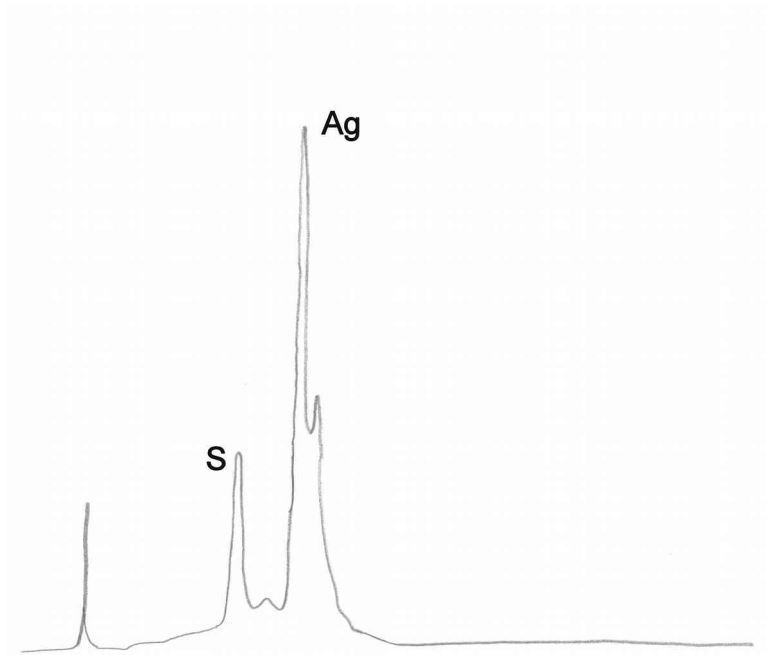


Bild 8
Analyse des
Massebereiches
von Bild 7:
Silber und Schwefel

Diskussion

Festzustellen ist, dass sich Beläge von Silbersulfid ausgebildet hatten, welche als Strombrücken dienten.

Die Kontakte waren mit Silber überzogen worden. Aus der Umgebungsluft schlug sich Wasser nieder. Das Silber reagierte mit dem Schwefelwasserstoffanteil dieses Wasserfilms. Die jeweiligen Ionen gelangten auf die Pertinaxunterlage. Dort wanderten sie im elektrischen Feld zwischen den Kontakten. Lag eine längere Trockenphase an, schied sich die Sulfidmasse unter Aufbau dendritischer Strukturen wieder aus. Diese Ablagerungen schlossen sich und dienten als Strombrücken. Bei den folgenden Überschlügen bildeten sich in der Unterlage Gräben aus, in denen sich die Sulfidmasse anreicherte. Die Strombrücken wurden somit stabiler und die Überschlüge verstärkten sich.

Da man die Reinheit der Luft nicht verbessern konnte (DDR-Gebiet im Jahre 1988), wurde angeordnet, die Luftfeuchtigkeit in den Schaltanlagen zu senken (auf unter 60%). Es wurden also Lufttrockner eingebaut.

Anmerkung: Die eigentliche Silbermigration, wie sie beispielsweise in [1] beschrieben wird, läuft ohne den Schritt der Sulfidierung ab.

[1] Kim Vu: Silver Migration – The Mechanism and Effects on Thick-Film Conductors.
<http://www.sjsu.edu/faculty/selvaduray/page/papers/mate234/kimvu.pdf>