

# Kombinierte Schadensanalyse und zerstörungsfreie Prüfung an einem Equipment der petrochemischen Industrie

Ralph MALKE<sup>1</sup>, Ulrich BAUMGARTEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DEKRA Incos GmbH, Ingolstadt

Kontakt E-Mail: ralph.malke@dekra.com

**Kurzfassung.** Am Beispiel einer Kombination aus Schadensanalyse und zerstörungsfreier Prüfung wird die Kombination der beiden Methoden präsentiert. An einem Equipment in der petrochemischen Industrie wurden bei der UT-TOFD Prüfung großflächige unzulässige Anzeigen festgestellt. Der beschädigte Bereich wurde erneuert und der herausgetrennte Bereich war einer Schadensanalyse, unterstützt durch zerstörungsfreie Werkstoffprüfung zu unterziehen.

## 1. Untersuchungsanlass - Ausgangsfragestellung

Im Rahmen eines Stillstands in der Petrochemischen Industrie wurde an einem Equipment im Umfeld einer Schweißnaht eine Prüfung mittels Ultraschall Beugungslaufzeittechnik (UT-TOFD) durchgeführt. Dabei wurden großflächig rückwandnahe Anzeigen festgestellt (Abbildung 1).

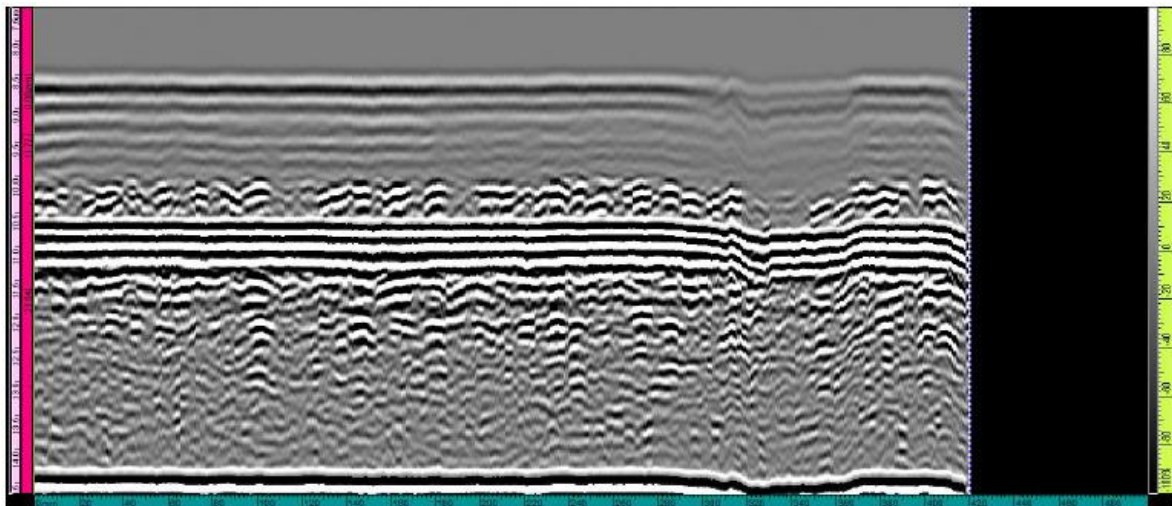


Abb. 1: UT-TOFD-Scan des betroffenen Equipments

Der betroffene Mantelbereich wurde ersetzt. Der herausgetrennte Bereich war somit einer Schadensanalyse im Hinblick auf die Ursache der Anzeigen zu unterziehen. Insbesondere sollte geklärt werden inwieweit die Ursachen der Anzeigen auf betriebsbedingte oder auf herstellungsbedingte Einflüsse des Blechs zurückgeführt werden können.

## 2. Ergänzende zerstörungsfreie Prüfungen zur Beginn der Laboruntersuchungen

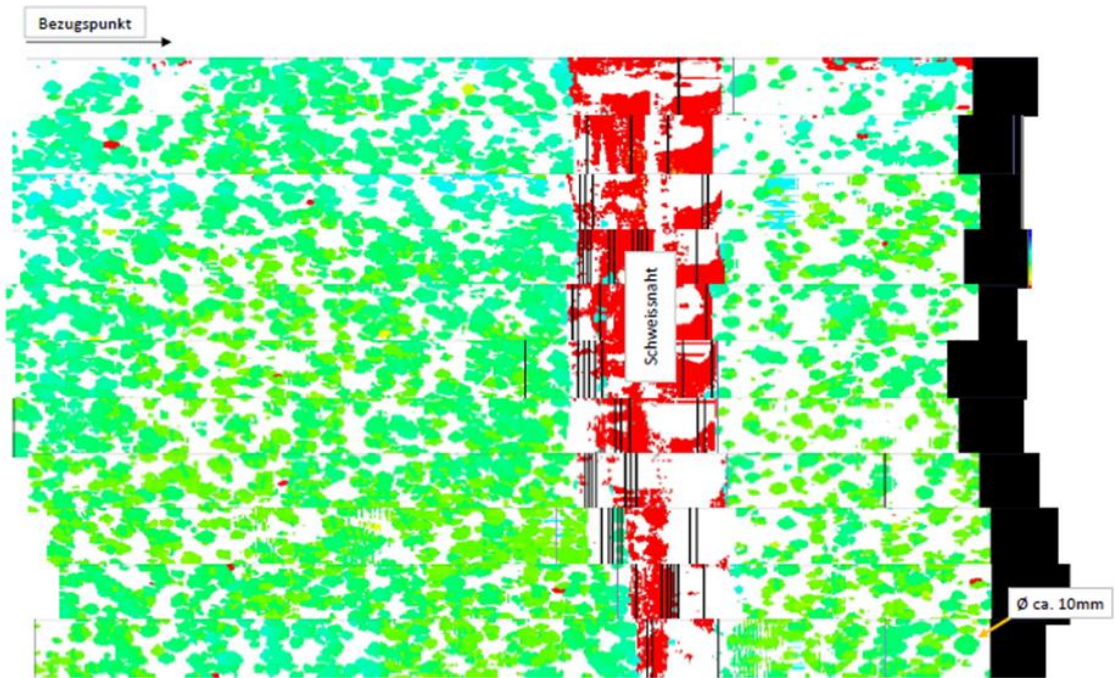
An dem herausgetrennten Blech (Abbildung 2) wurden verschiedene zerstörungsfreie Prüfungen durchgeführt. Eine Magnetpulverprüfung an der Rückwand (Mantelinnenseite) ergab keine Anzeigen. Die im Vorfeld gefundenen Anzeigen waren folglich ohne Verbindung zur Innenoberfläche des untersuchungsgegenständlichen Blechabschnittes.



Abb. 2: Herausgetrennter Bereich zur weiteren Schadensanalyse

In einem weiteren Schritt wurde der herausgetrennte Bereich mittels Ultraschall Phased Array (Hydroform) in Senkrechteinschallung gescannt.

Dabei bestätigten sich die Ergebnisse der UT-TOFD Prüfung indem eine größere Anzahl an Anzeigen mit ca. 1 mm Durchmesser rückwandnah (auf einer Tiefe von 17 – 18 mm bei 20 mm Wanddicke) festgestellt wurden (Abbildung 3).



**Abb. 3:** UT Phased Array Scan des herausgetrennten Bereichs

Auf Basis der UT Phased Array Prüfungen wurden die Bereiche der metallographischen Untersuchungen zur Ermittlung der Anzeigenursache festgelegt.

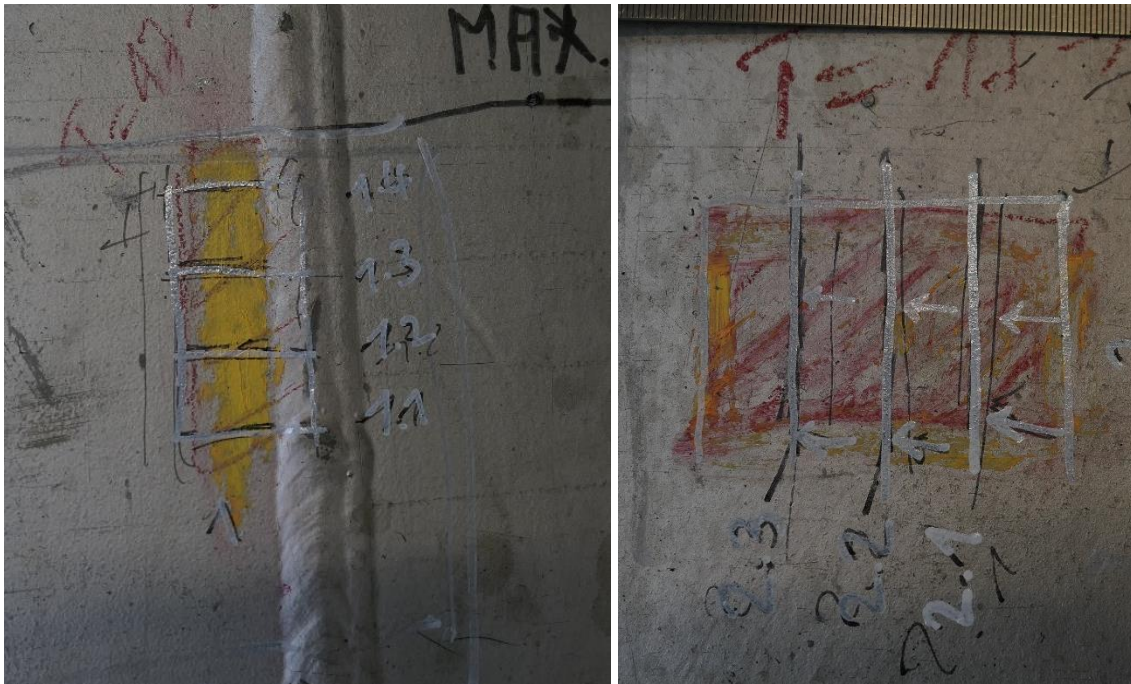
### 3. Metallographische Untersuchungen

Für die metallographische Untersuchungen wurden zunächst in zwei Bereichen mit entsprechend großen Anzeigen verschiedene Schliffebenen festgelegt. Es handelt sich dabei um Bereiche, an denen im Rahmen der Untersuchungen vermehrt Anzeigen zu detektieren waren. Die Anordnung der Bereiche ist beispielhaft in Abbildung 4 dargestellt.

Es handelt sich dabei zum einen um einen Werkstoffvolumenbereich parallel zur Schweißnaht mit Anzeigen im Grundwerkstoff; wie auch um einen Volumenbereich in der Blechmitte.

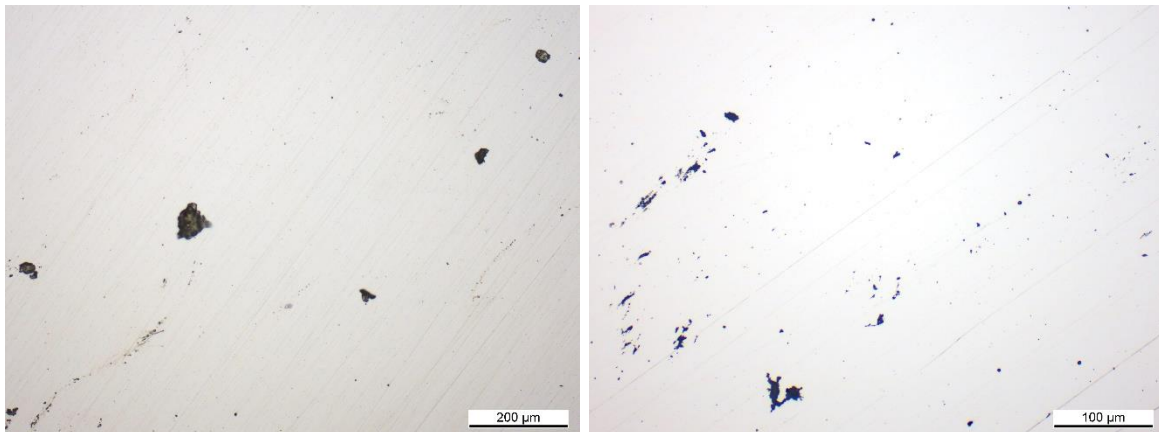
Die ersten Untersuchungen erfolgten an Schliffebenen senkrecht zur Bauteiloberfläche.





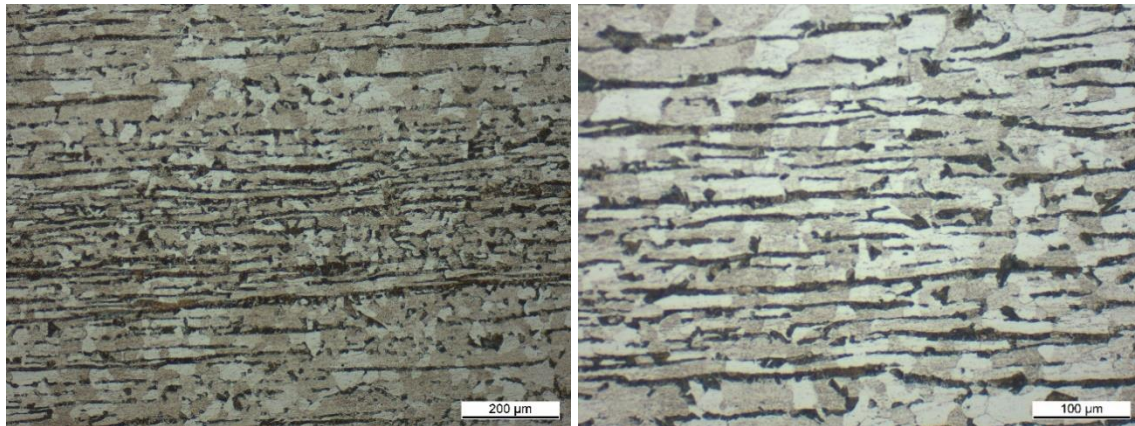
**Abb. 4:** Bereiche der metallographischen Untersuchung mit Kennzeichnung der Schlifffebenen

Die Ergebnisse zeigen dieser ersten Untersuchungen zeigen, dass im ungeätzten Zustand vereinzelte nichtmetallische Einschlüsse zu detektieren sind. Allerdings können diese nicht den mittels UT-Prüfung festgestellten Tiefenlagen (17 – 18 mm) – ausgehend von der Oberfläche – zugeordnet werden (Abbildung 5).

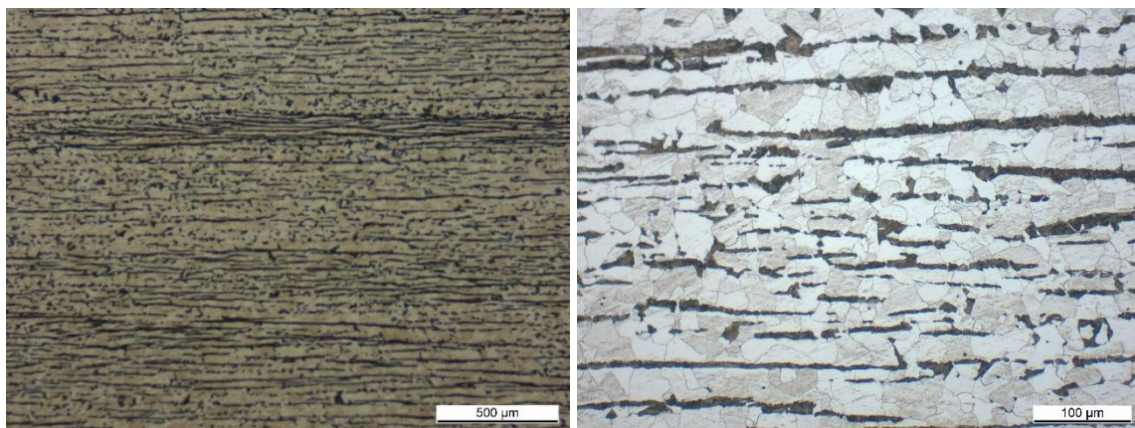


**Abb. 5:** Nichtmetallische Einschlüsse in den Schlifffebenen 1.1 und 1.2 (Querschliiff)

Im geätzten Zustand ist ein bereichsweises ausgeprägt zeiliges ferritisch-perlitisches Gefüge zu detektieren. Auffallend ist dabei, dass die Perlitzeilen nicht gleichmäßig verteilt sind, sondern im Hinblick auf deren Verteilung über die Blechdicke ausgesprochen inhomogen angeordnet sind (Abbildungen 6, 7).

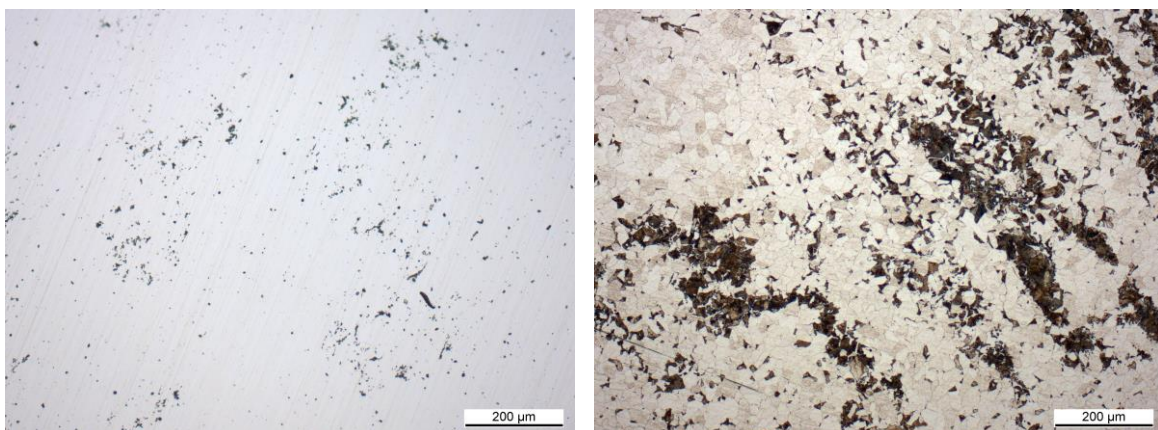


**Abb. 6:** Gefügeausbildung in der Schliffebene 1.1 (Querschliff) – zeiliges ferritisch-perlitisches Gefüge



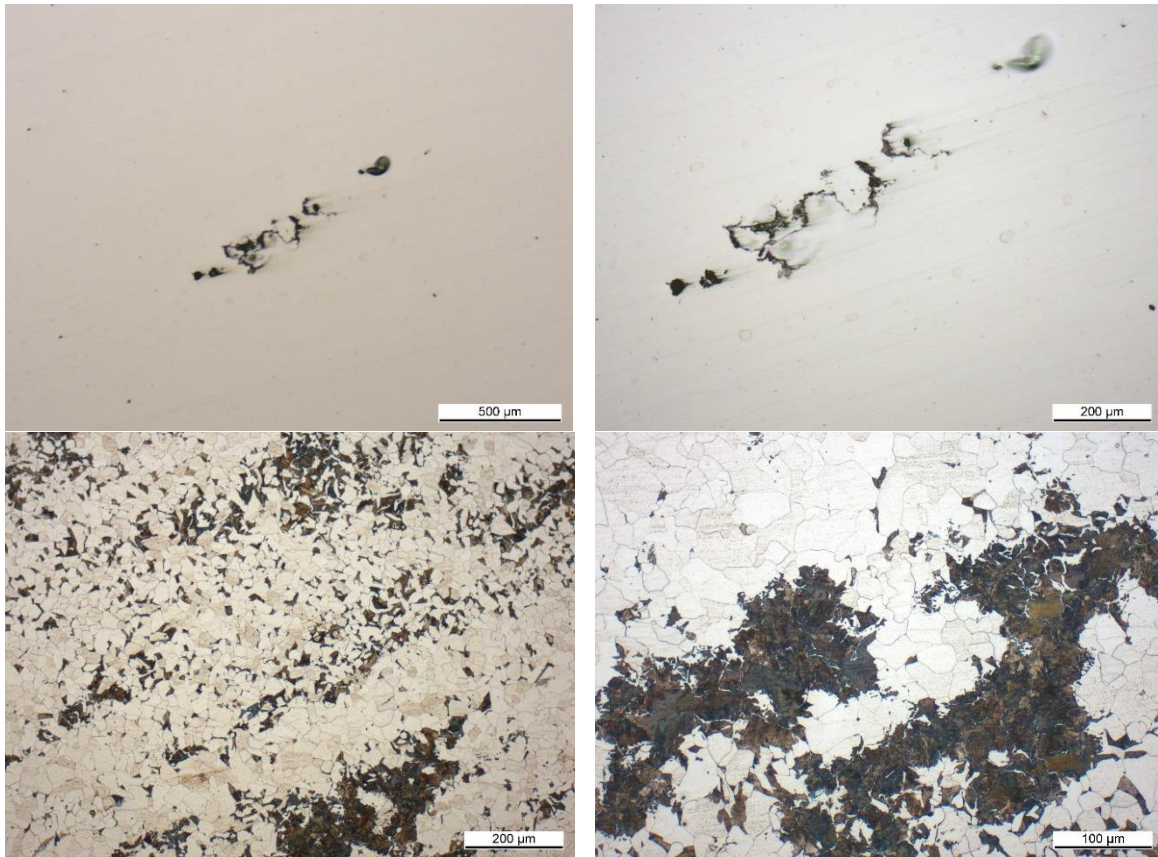
**Abb. 7:** Gefügeausbildung in der Schliffebene 1.2 (Querschliff) – zeiliges ferritisch-perlitisches Gefüge

Nachdem an den senkrecht zur Bauteiloberfläche orientierten Schliffebenen augenscheinlich keine zu den ZfP-Untersuchungen korrelierenden Auffälligkeiten festzustellen waren wurden im folgenden Schritt an den bereits ausgetrennten Proben Flachschliffe in einer Tiefenlage von 17 – 18 mm (ausgehend von der Bauteiloberfläche - Tiefe der Anzeigen) angefertigt.



**Abb. 8:** Gefügeausbildung in der Schliffebene 1.3 (Flachschliff) – schlierenartige verteilte Einschlüsse



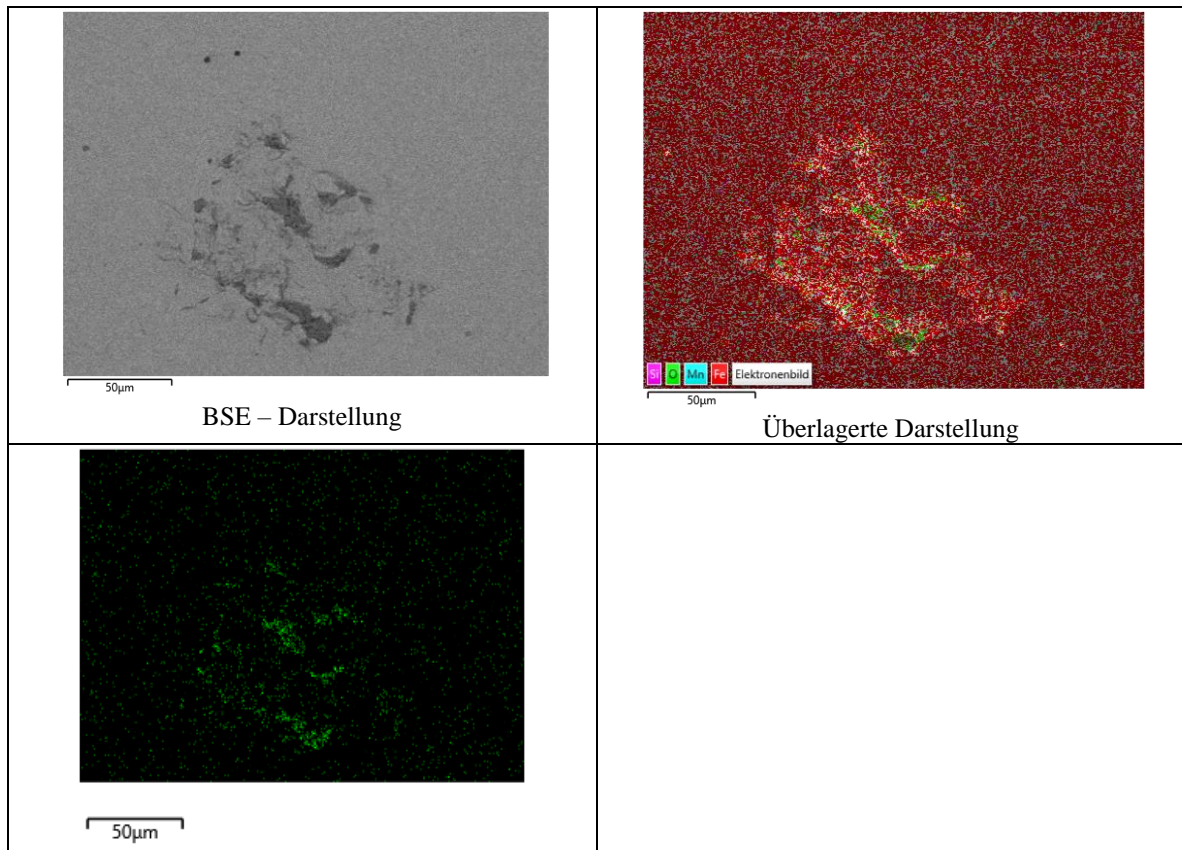


**Abb. 9:** Gefügeausbildung in der Schliffebene 1.3 (Flachschliff) – schlierenartig verteilte Einschlüsse mit Anhäufung von Perlit im Bereich der Einschlüsse

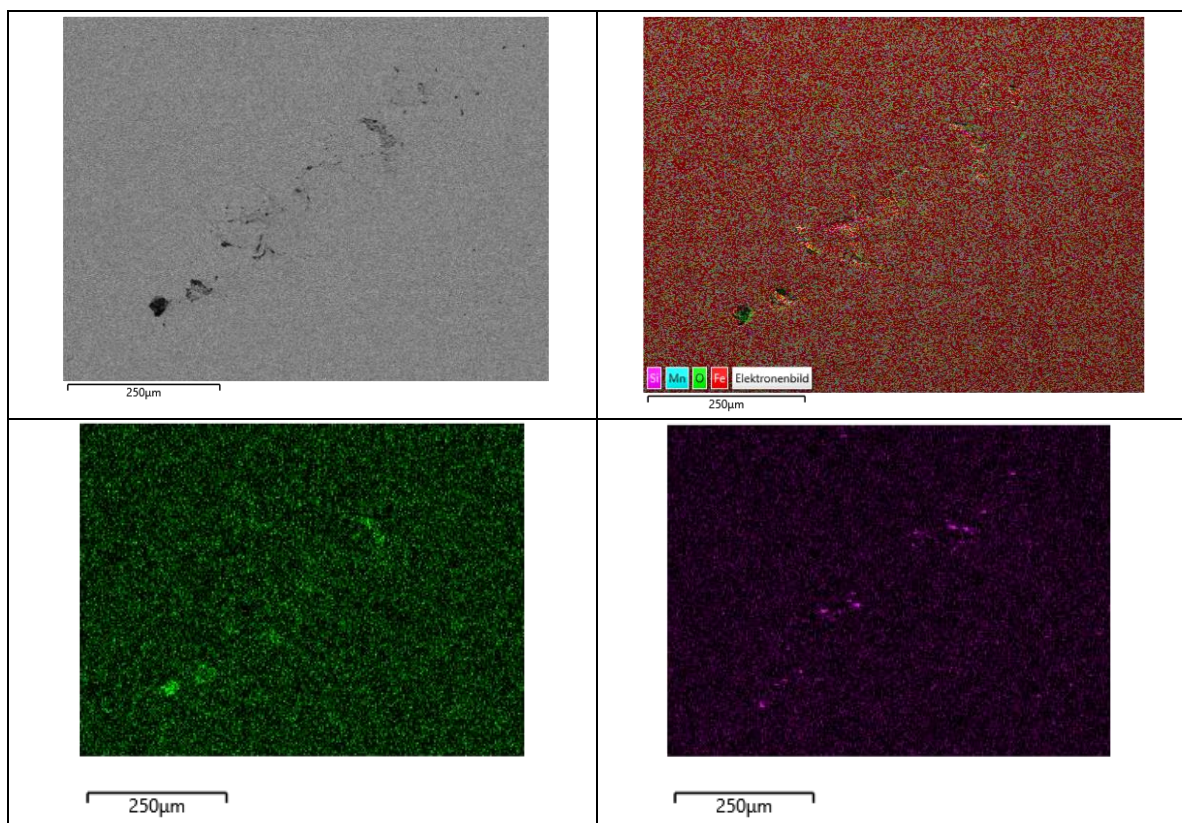
Die Ergebnisse an diesen Schliffen (Abbildungen 8, 9) zeigen, dass lokal schlierenartige oxidische sowie nicht-nichtmetallische Einschlüsse detektiert werden können. Die Einschlüsse sind dabei nicht als zusammenhängende Ebene zu beobachten; vielmehr liegen diese unregelmäßig angeordnet in dem untersuchten Volumenbereich vor und werden durch die Flachschliffebene entsprechend geschnitten. Auffallend ist zudem die Tatsache, dass um die jeweiligen Einschlüsse vermehrt perlitische Gefügebestandteile vorhanden sind.

#### 4. Feinbereichsanalysen an den metallographisch detektierten Einschlüssen

Die Charakterisierung der Einschlüsse erfolgte mittels energiedispersiver Analysenmethode im Rasterelektronenmikroskop. Beispielhaft sind in den folgenden Abbildungen Ergebnisse mittels Elementverteilungsdarstellung gezeigt (Abbildungen 10, 11).



**Abb. 10:** Elementverteilungsbild an einem oxidischen Einschluss – beispielhaft



**Abb. 10:** Elementverteilungsbild an einem oxidischen Einschluss – beispielhaft

Die Ergebnisse der Feinbereichsanalysen bestätigen, dass es sich bei den in den Flachschliffen schlierenartig erscheinend festgestellten Einschlüssen maßgeblich um oxidische bzw. nicht metallische Einschlüsse handelt.

## **5. Schlussfolgerungen**

Im Rahmen der Untersuchungen sollten die mittels Ultraschalltechnik in einem Blech vorgefundene Anzeigen mittels metallographischer Methoden verifiziert werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass diese zunächst in Querschliffen nicht festgestellt werden konnten, da hierbei jeweils nur eine singuläre Ebene die dünnen Einschlüsse schneidet. Bei der Untersuchung mittels Flachschliffen mit definierten Schliffebenen zwischen 17 und 18 mm von der Oberfläche und korrespondierend zur Tiefe der Anzeigen, können lokale oxidische und nicht-metallische Einschlüsse detektiert werden.

Diese konnten auch mittels energiedispersiver Analyse im Rasterelektronenmikroskop verifiziert werden.

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist auszuschließen, dass die Anzeigen auf Einflüsse des Betriebs zurückzuführen sind. Vielmehr ist davon auszugehen, dass es sich dabei zweifelsfrei um herstellungsbedingte Fehlstellen im Blechwerkstoff handelt.