

# Nachweis bohrungsbedingter Schädigungen in CFK mit Ultraschall und Verifizierung durch Röntgencomputertomografie

Kai Daubert, Andreas Ockert, Dr. Silvia Schuhmacher

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft; Studiengang: Oberflächen- und Werkstofftechnik; Beethovenstraße 1, 73430 Aalen

## I. Einleitung

Ein typisches Schadensbild an CFK-Bauteilen sind Delaminationen welche einer Trennung zwischen Matrixmaterial und Fasern entsprechen. Diese Delaminationen treten besonders häufig bei der zerspanenden Bearbeitung wie dem Bohren auf. In dieser Arbeit wird die Ultraschallmesstechnik als Werkzeug der zerstörungsfreien Bauteilprüfung für die Detektion solcher Delaminationen vorgestellt und dessen Ergebnisse durch Röntgencomputertomografie verifiziert.

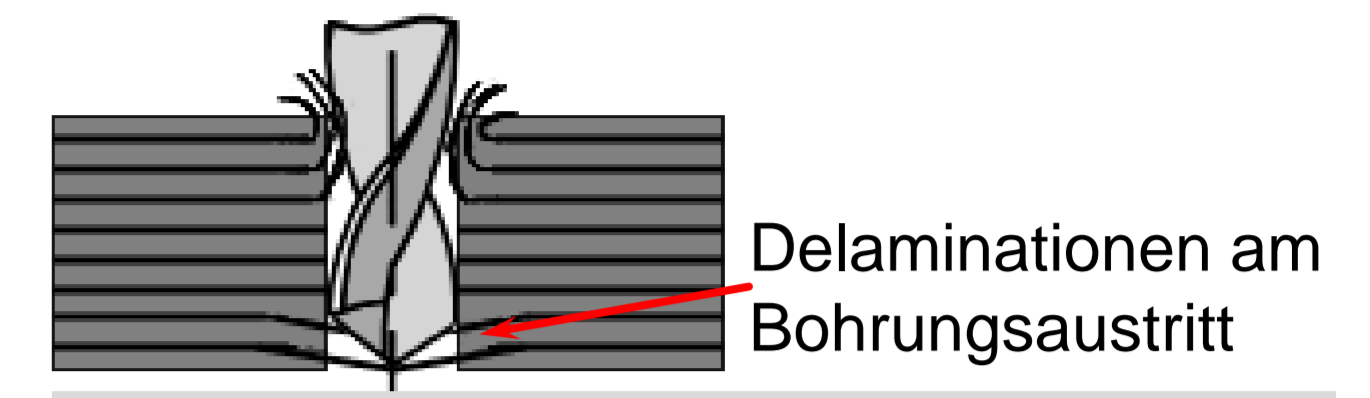


Abb. 1: Entstehung von Delaminationen

## II. Ziele & Vorgehen

- Nachweis von Delaminationen, hervorgerufen durch spanende Bearbeitung, mithilfe von Ultraschallmessverfahren.
- Verifizierung der Ultraschallmessdatendaten mit Röntgencomputertomografie.

### Vorgehen:

- Erzeugung von Bohrungen mit und ohne Delaminationen in aus unidirektionalen Lagen bestehenden CFK-Proben.
- Durchführung der Ultraschallmessungen mit dem Phased Array Messgerät *OmniScan MX 2* der Firma *Olympus*.
- Analyse der Ultraschall C- und B-Bilder im Bohrungsbereich.
- CT Aufnahmen des Bohrungsbereichs und Verifizierung der Ultraschallmessdaten.
- Erstellung eines Ultraschall-3D Volumens mit anschließender Segmentierung aller Messsignale  $\geq 6$  dB.



Abb. 2: Für die Untersuchungen verwendete Geräte und Proben. a) Prüfkopf 5L64; b) Phased Array Prüfgerät *OmniScan MX 2*; c) CFK-Probe



Abb. 3: Schematische Zeichnung zur Durchführung der Ultraschallmessung; a) C-Bild; b) B-Bild

## III. Ergebnisse

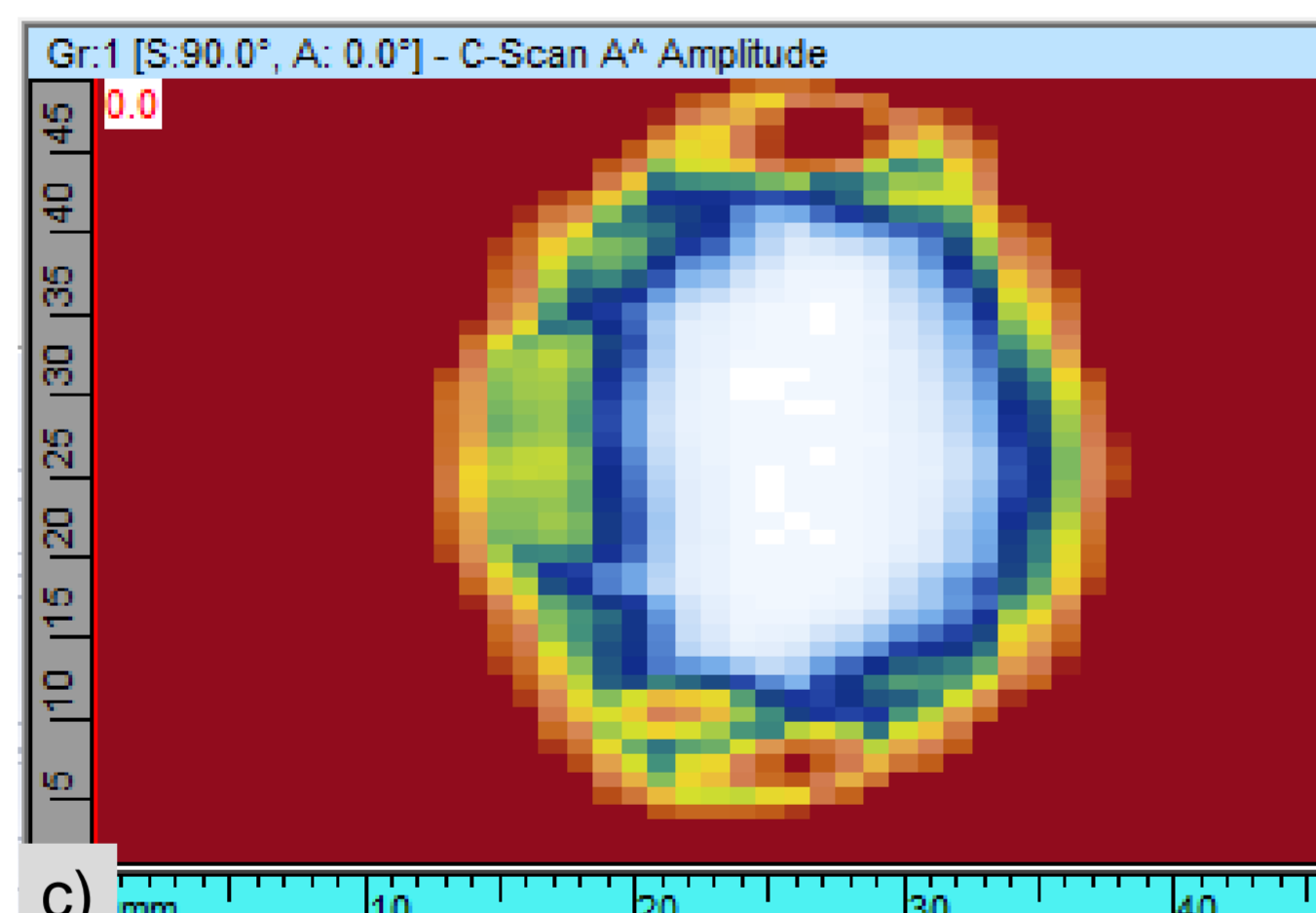
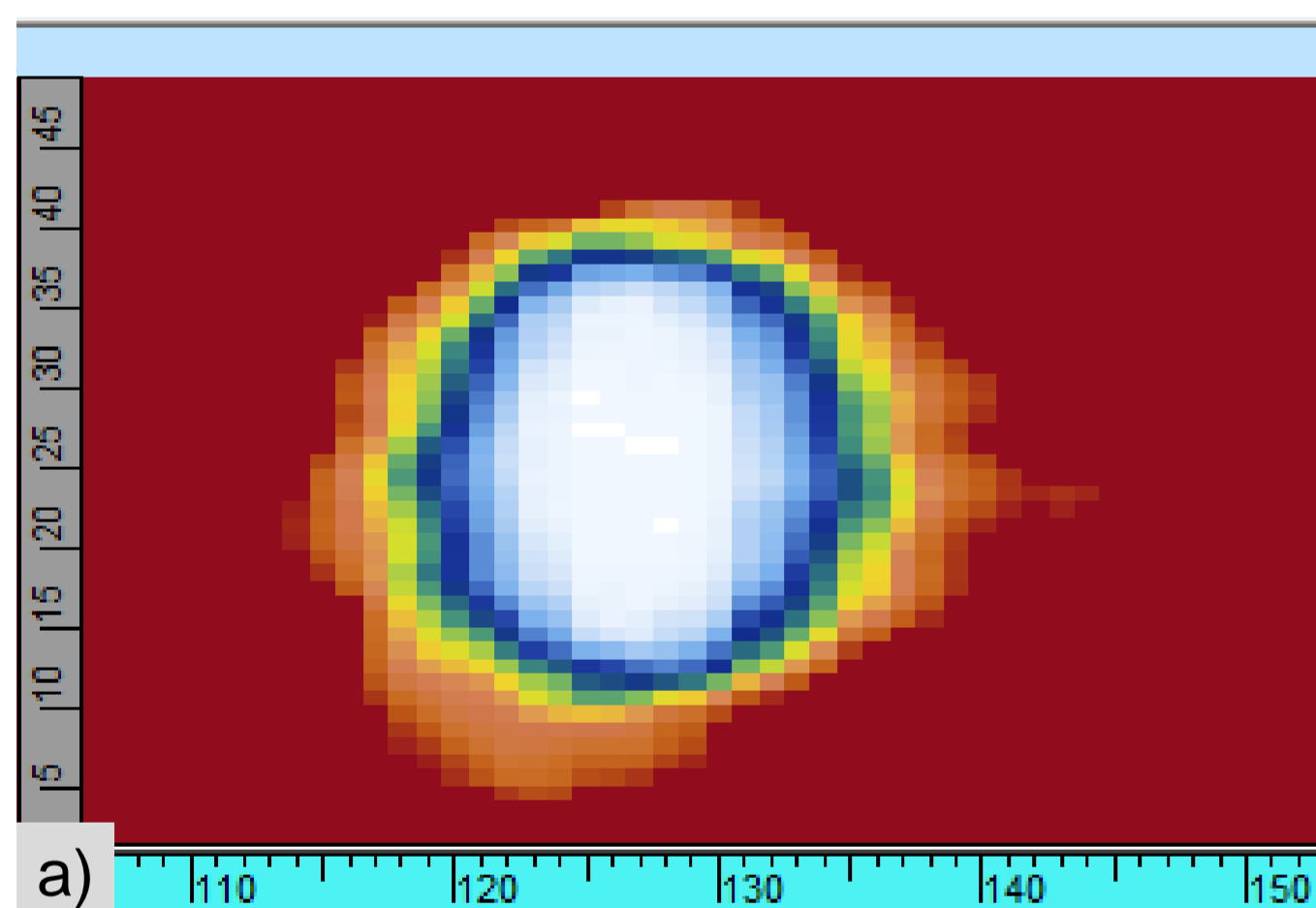
### Bohrung ohne Delamination



### Bohrung mit Delamination



### Ultraschall C-Bild



### Ultraschall B-Bild

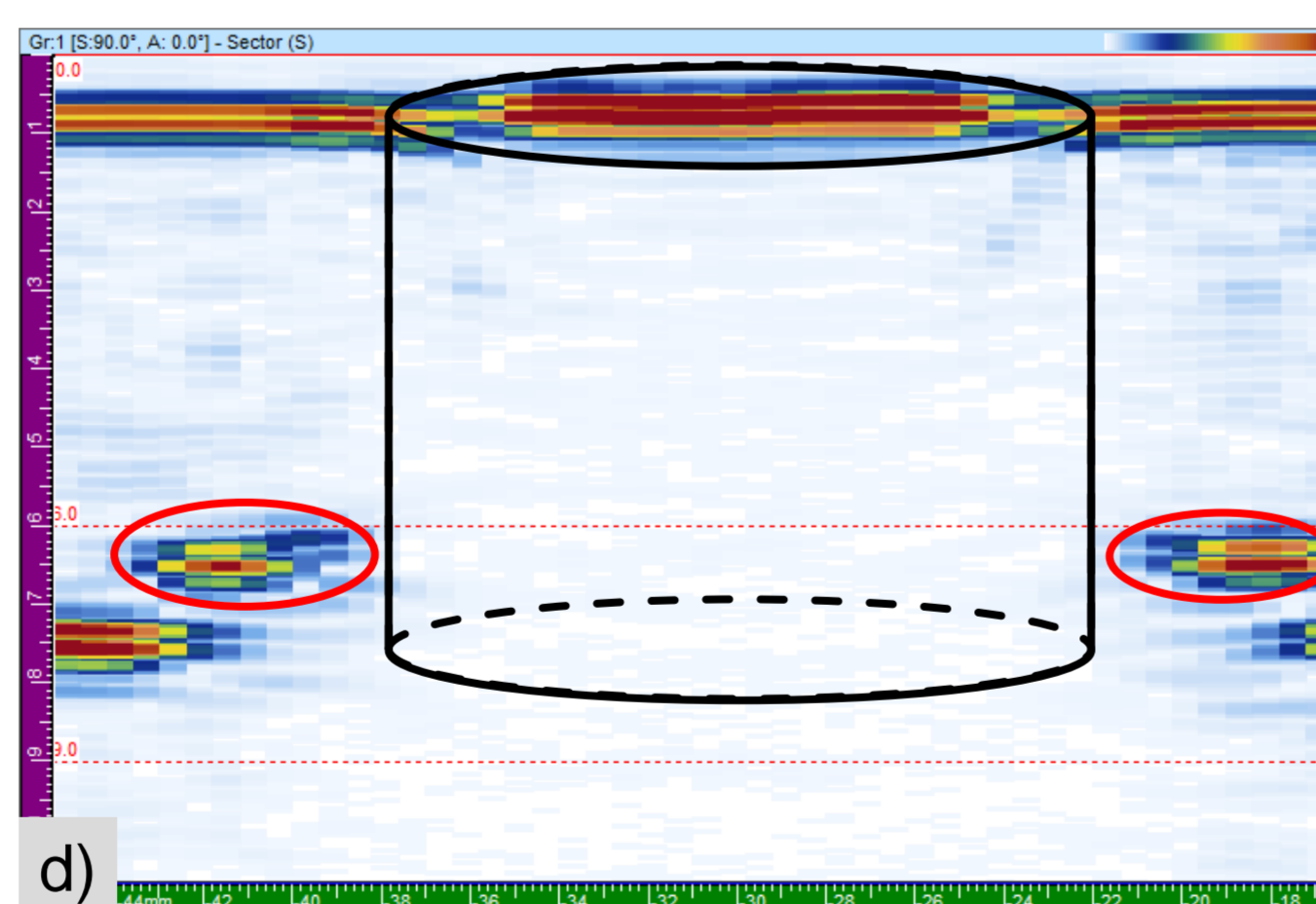
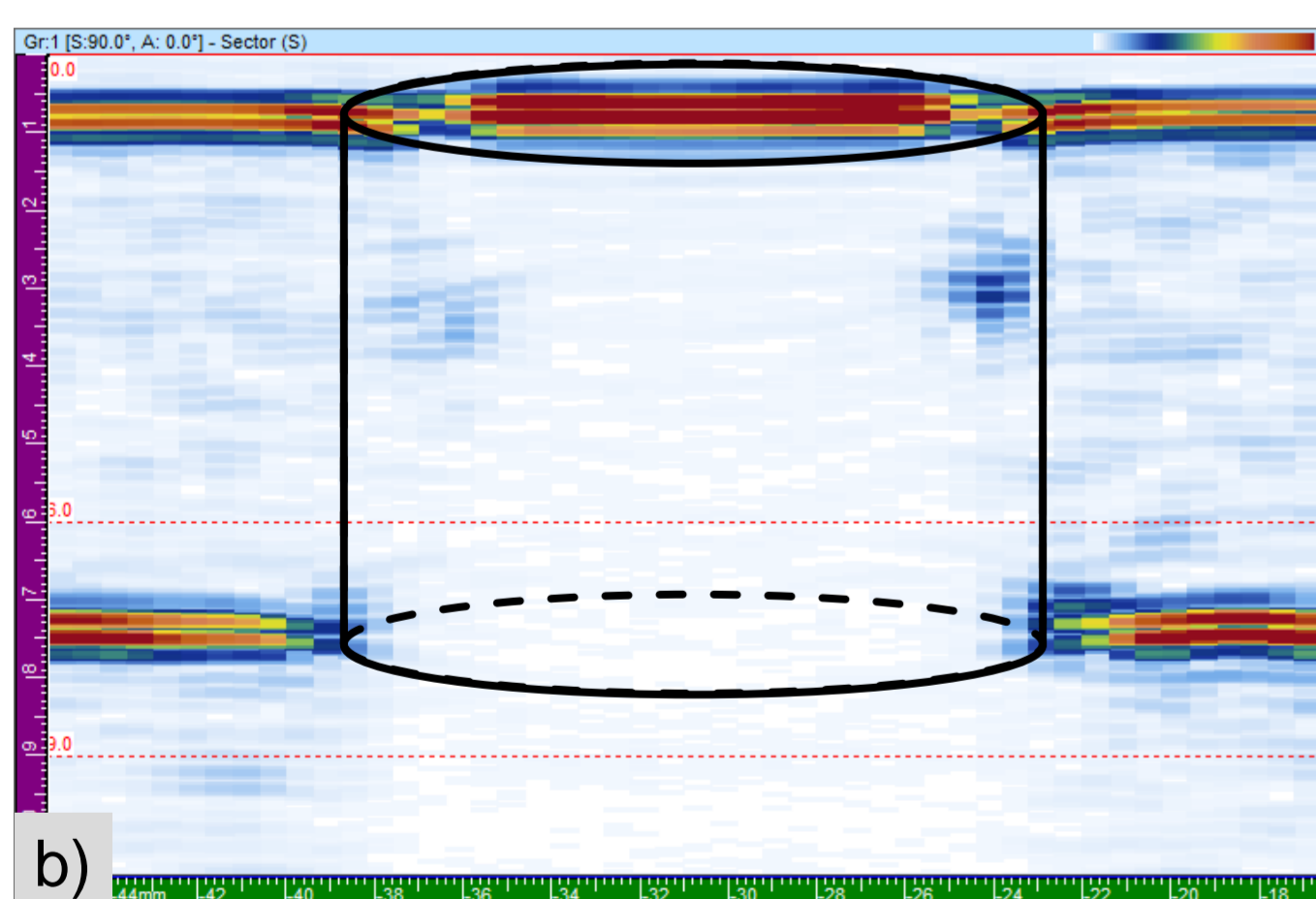


Abb. 4: a) C-Bild und b) B-Bild ohne Delamination; c) C-Bild und d) B-Bild mit Delamination

- Delaminationen besitzen einen größeren Durchmesser im Vergleich zu einer delaminationsfreien Referenzbohrung im C-Bild.
- Im B-Bild sind die von der Delamination stammenden Fehlersignale im Bohrungsbereich erkennbar.

### Interpretation der Ultraschallsignale

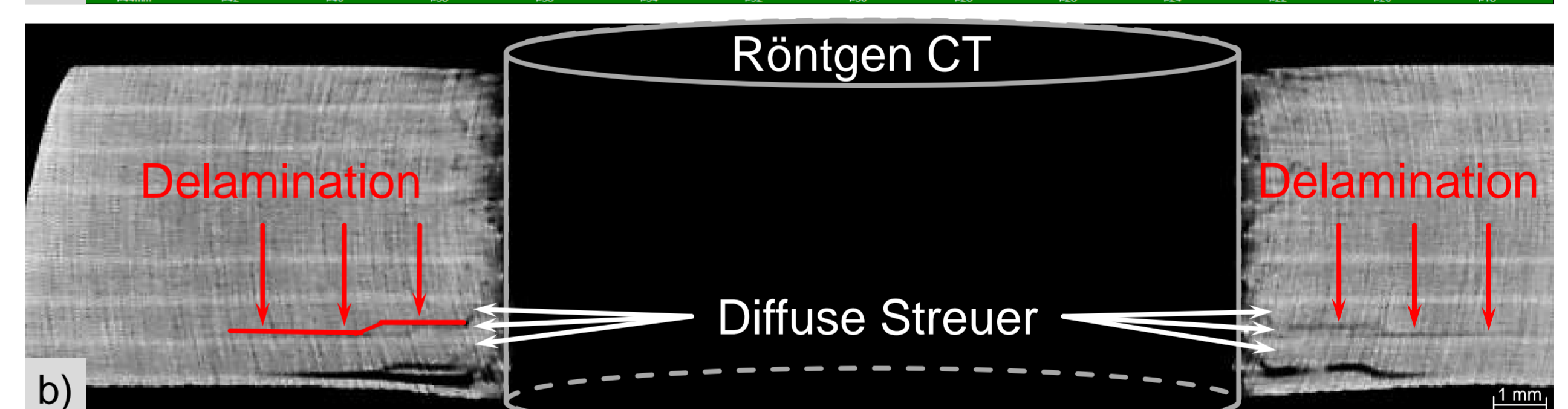
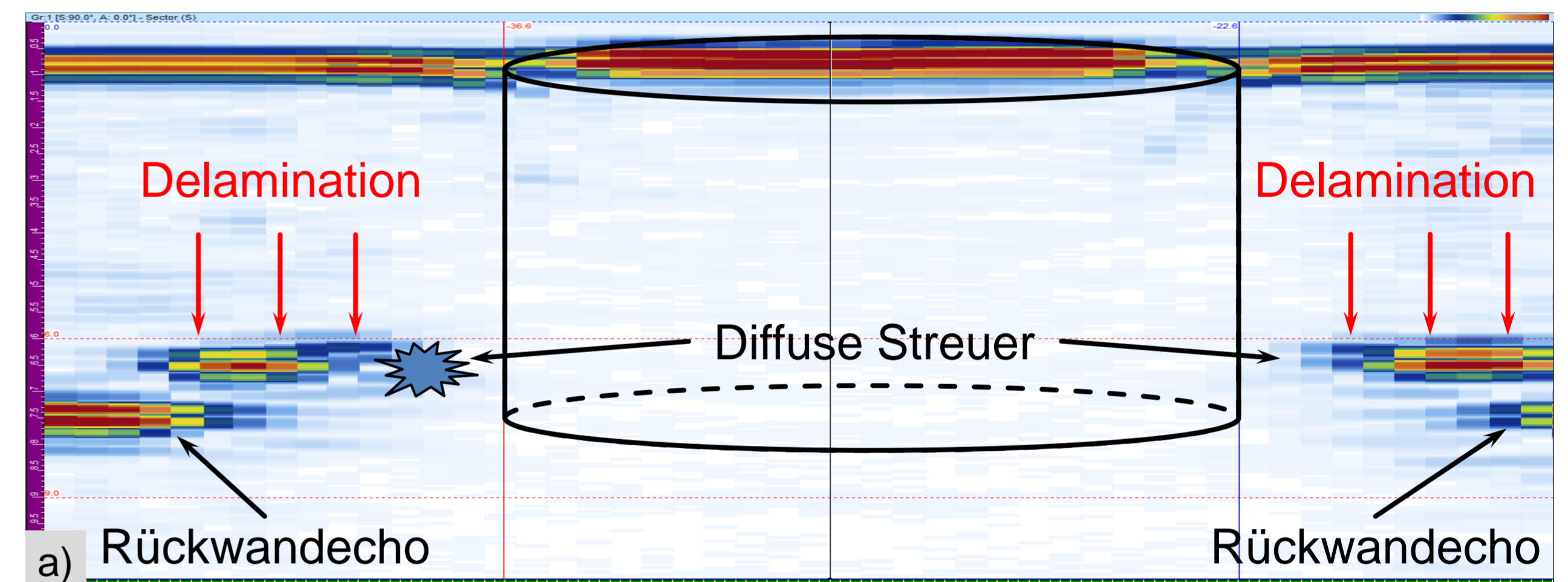


Abb. 5: Vergleich Ultraschall B-Bild a) mit CT-Slice b); B-Bild aus der Mitte der Bohrung entnommen

### 3D Ultraschall Visualisierung und Segmentierung

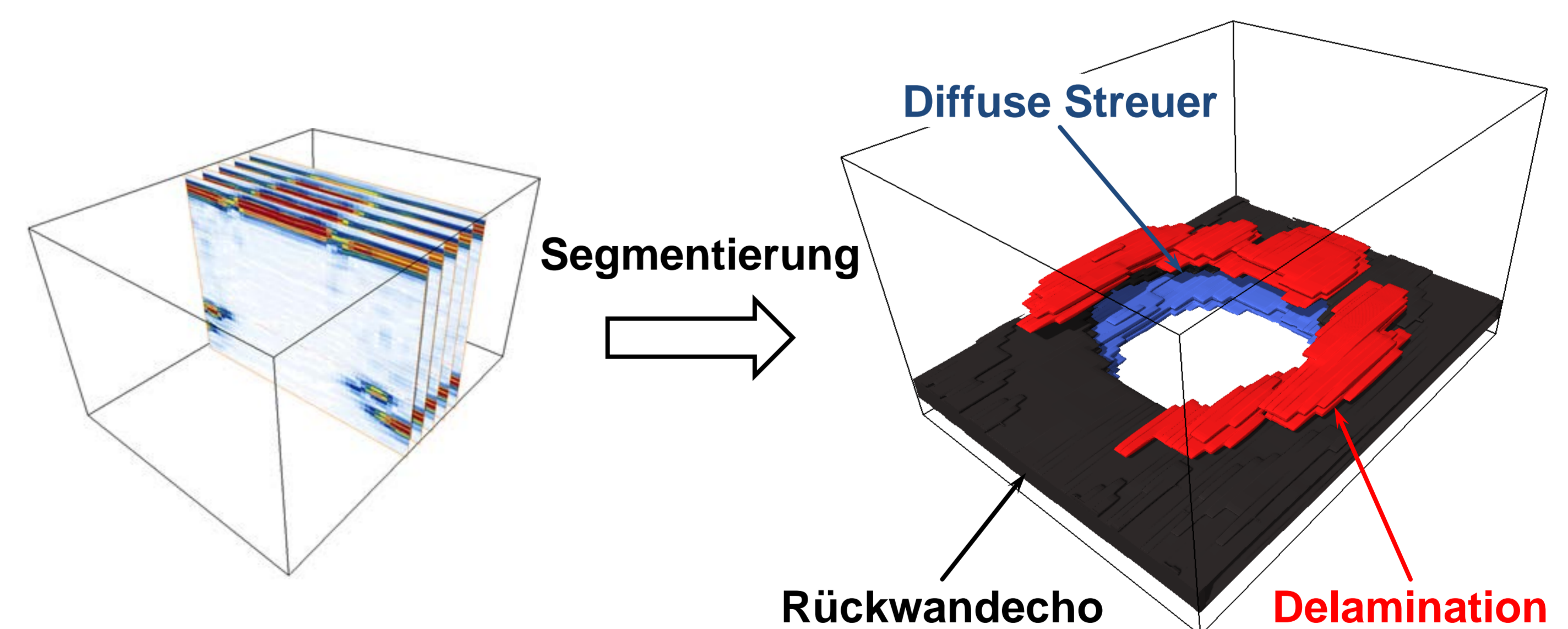


Abb. 6: Erstellung des US-3D Volumens aus einer Vielzahl an B-Bildern; Segmentierung aller Messsignale  $\geq 6$  dB

## IV. Fazit

Die zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall liefert Informationen über Delaminationen welche mit optischen Methoden nicht erreichbar sind.

Eine 3D-Darstellung mit Segmentierung der Messdaten ermöglicht eine Visualisierung der entstandenen Delaminationen.

Weiteres Vorgehen: Untersuchung des geeigneten Segmentierungsschwellwertes anhand einer Vielzahl an Bohrungen mit dem Ziel einer Quantifizierung.

### Kontakt:

kai.daubert@gmx.de  
Andreas.Ockert@htw-aalen.de  
Silvia.Schuhmacher@htw-aalen.de