

Untersuchung zum Potential der Ultraschall-Phased-Array-Technik zur Charakterisierung von CFK-Klebverbindungen

Cornelius Stähle, Andreas Ockert, Dr. Georgeta Schön, Prof. Dr. Silvia Schuhmacher, Studiengang Oberflächentechnologie / Neue Materialien
Markus Schweizer, Dr. Dieter Meinhard, Institut für Materialforschung Aalen IMFAA
Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft; Studiengang; Beethovenstraße 1, 73430 Aalen

I. Einleitung

Klebverbindungen gewinnen im Leichtbau mit Faserverbundkonstruktionen anhaltend höheren Stellenwert gegenüber herkömmlichen Fügeverfahren. Die zerstörungsfreie Prüfung von geklebten Verbindungen ist weniger fortgeschritten im Vergleich zu anderen Fügeverfahren wie z.B. Nietverbindungen oder Schweißnähten. In dieser Studie werden Untersuchungen zum Potential der Ultraschall-Phased-Array-Prüftechnik zur Charakterisierung von CFK-Klebverbindungen vorgestellt. Zur Verifikation der Erkenntnisse wurden Röntgen Computertomographie hinzugezogen.

II. Vorgehen

- Herstellung von repräsentativen CFK-Klebverbindungen. Hierbei werden strukturelle Verklebungen auf Epoxidbasis und elastische Verklebungen aus Polyurethan unterschieden.
- Durchführung der Ultraschallmessungen mit dem Phased Array Messgerät *OmniScan MX 2* der Firma *Olympus*.
- Analyse der Ultraschall A-, B-, C- und D-Bilder im verklebten Bereich
- CT Aufnahmen der Verklebung und Verifizierung der Ultraschallmessdaten.

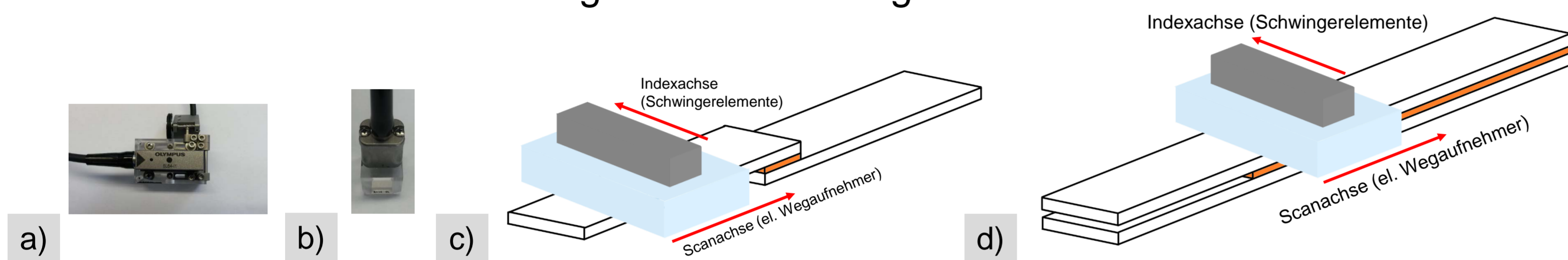


Abb. 1: Verwendete Prüfköpfe und Messanordnungen a) Prüfkopf 5L64; b) Prüfkopf 10L32; c) US-Messanordnung auf Single-Lap-Joint (SLJ) Zugprobe d) US-Messanordnung Double-Cantilever-Beam (DCB) Zugprobe

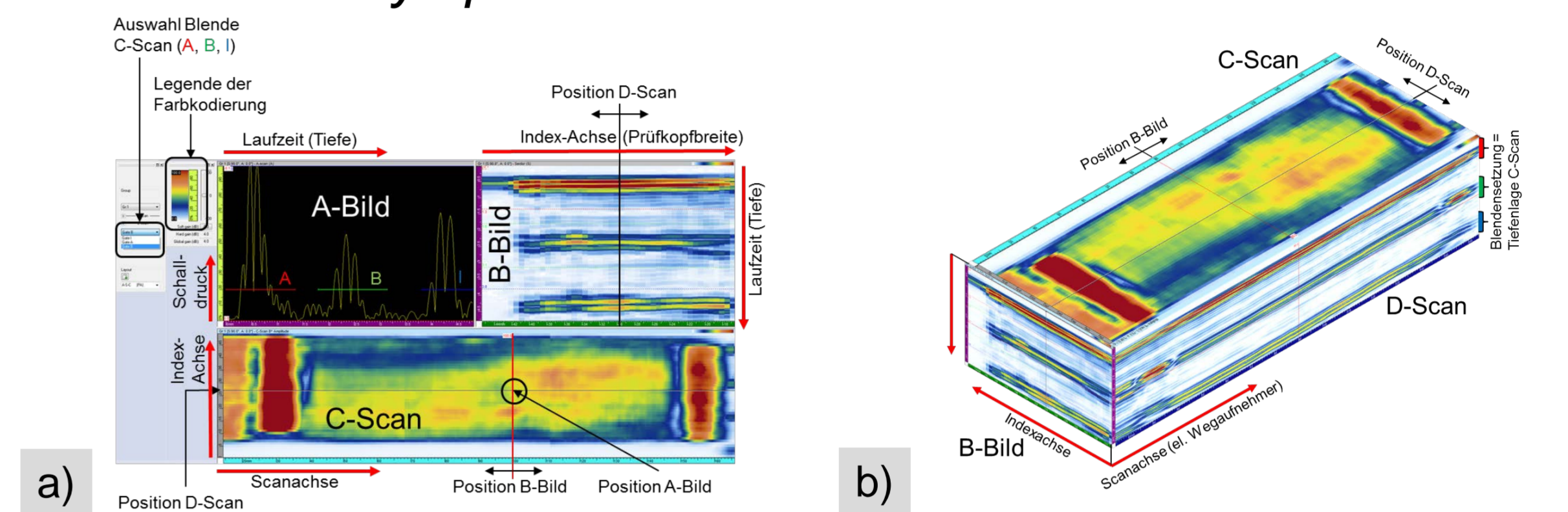


Abb. 2: Auswertung der Ultraschallmessung; a) Ansicht der Software *Olympus TomoViewer*; b) 3D-Ansicht der Ultraschalldarstellungen anhand einer Verklebung

III. Ergebnisse

Strukturelle Klebungen auf Epoxidharzbasis Klebschicht $\leq 200\mu\text{m}$

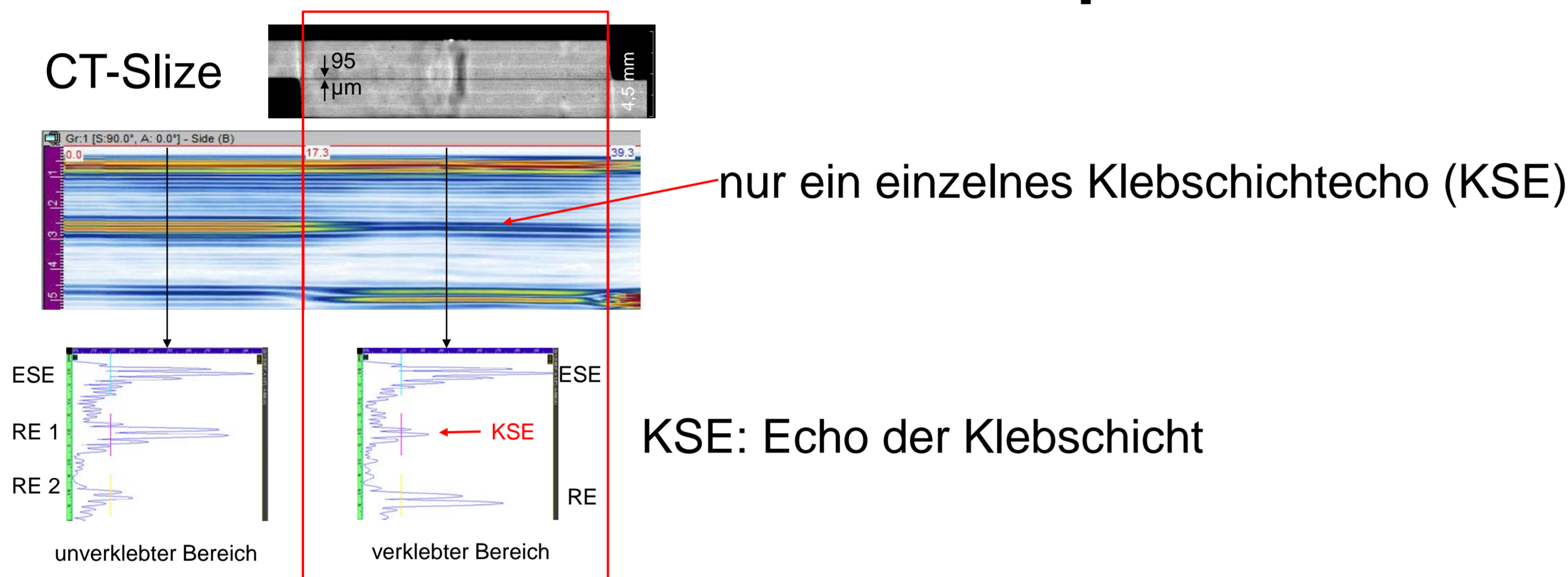


Abb. 3: Vergleich CT und US-Darstellung, Längsschnitt einer SLJ-Zugprobe Klebschicht $< 200\mu\text{m}$

Zusammenhang von US-Amplitudenhöhe des Klebschichtechos und der mit CT ermittelten Klebschichtdicke für Klebschichten $\leq 200\mu\text{m}$

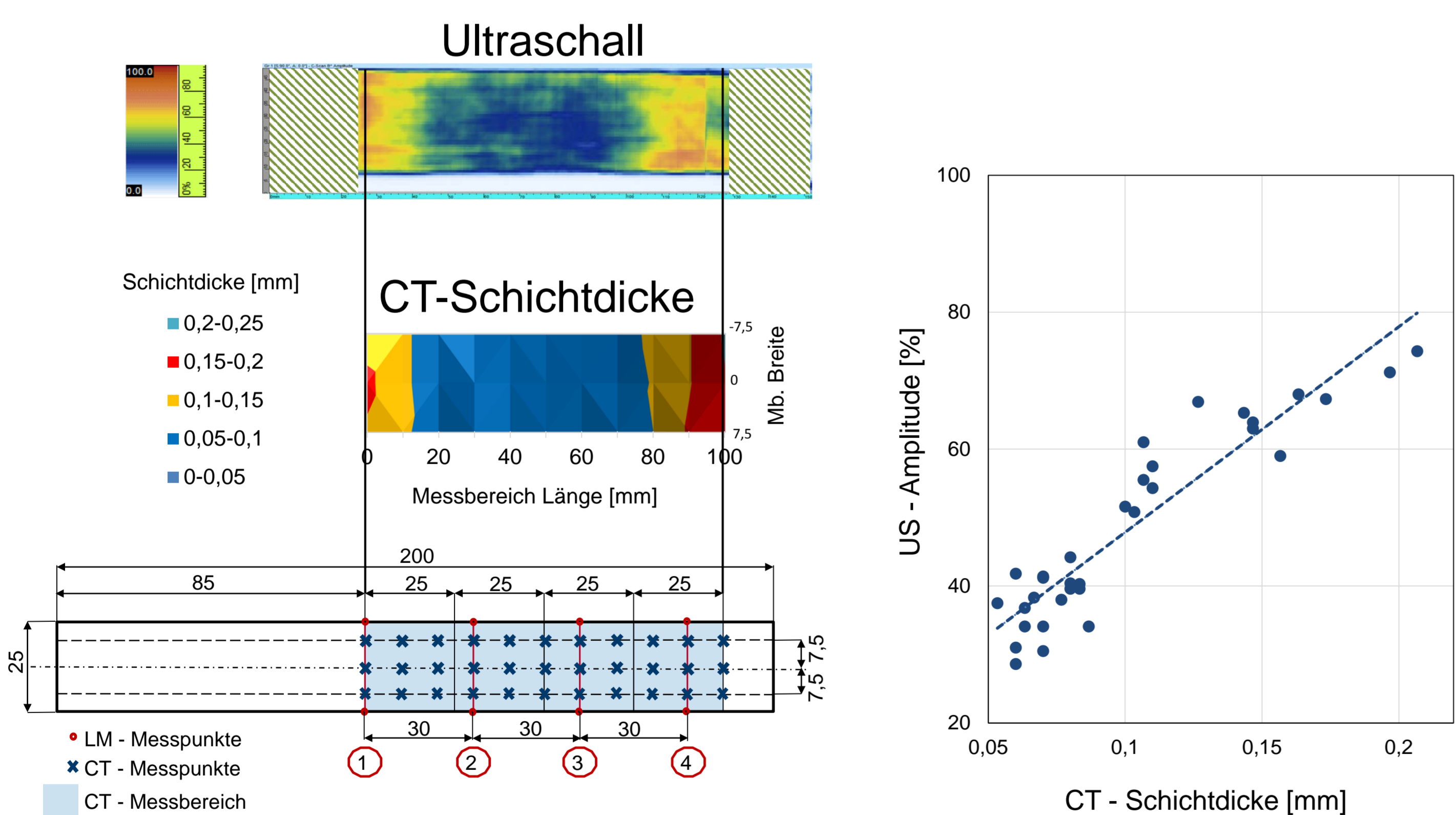


Abb. 4: Vergleich Ultraschall C-Scan mit Schichtdickenverteilung basierend auf CT-Messung, für DCB-Zugprobe (CT: $20\mu\text{m}$ Voxelgröße)

Abb. 5: Zusammenhang US-Amplitudenhöhe mit Schichtdicke (aus CT-Messungen, Messanordnung Abb. 4 unten)

Strukturelle Klebungen auf Epoxidharzbasis Klebschicht $\geq 300\mu\text{m}$

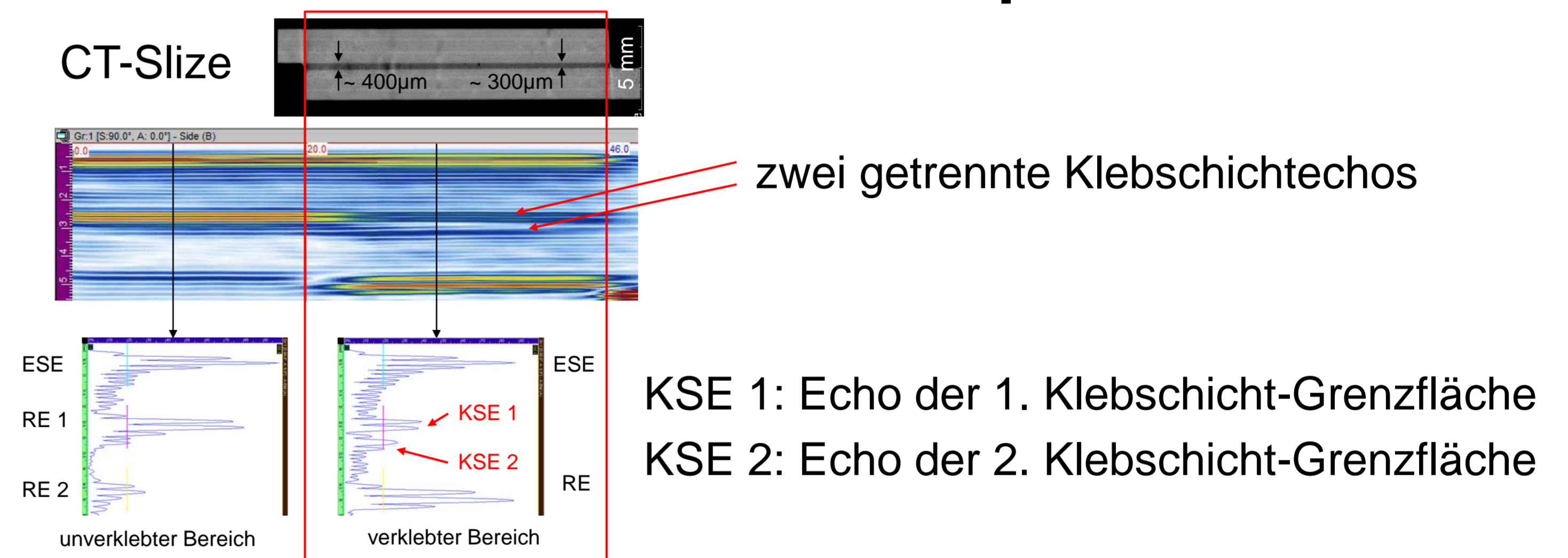
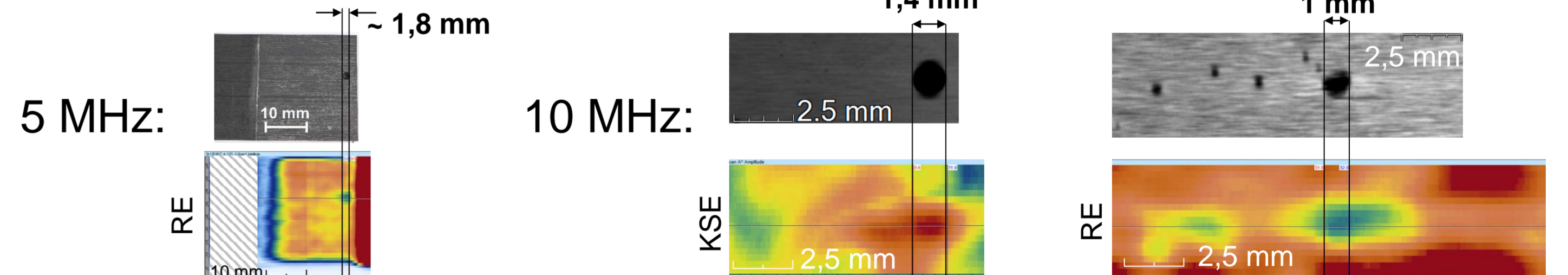


Abb. 5: Vergleich CT und US-Darstellung, Längsschnitt einer SLJ-Zugprobe Schicht $> 300\mu\text{m}$

Porendetektion



Elastische Klebungen auf Polyurethanbasis

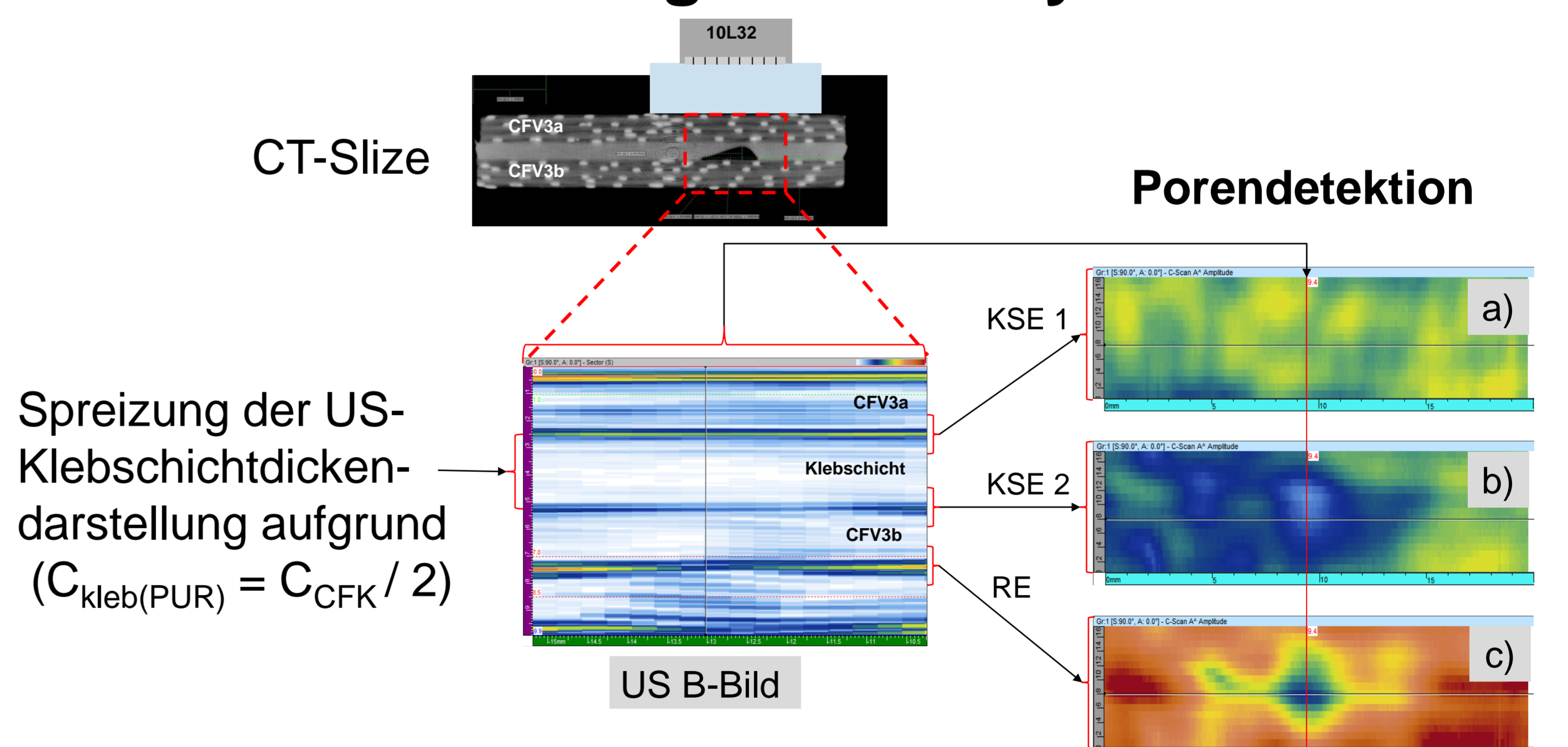


Abb. 6: Vergleich CT und US-Darstellung von elastischen Klebschichten

C-Scans der Pore an der Markierung im CT-Schnittbild

IV. Fazit

Die Untersuchungen haben ergeben, dass bei dünnen strukturellen Klebschichten $\leq 0,2\text{ mm}$ die Ultraschallsignale der beiden Klebschichtgrenzflächen sich überlagern. Das resultierende US-Signal zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen Amplitudenhöhe und Klebschichtdicke; Dickenvariationen von $0,05$ bis $0,15\text{ mm}$ innerhalb der jeweiligen Klebschichten konnten mit US-Amplitudenauswertung dargestellt werden. Bei strukturellen Klebungen $\geq 0,3\text{ mm}$ können die Klebschichtgrenzflächen in 2 getrennten US-Echos dargestellt werden. Hier bietet sich die US-Laufzeitmessung zur Bestimmung der Klebschichtdicke an. Dies ist auch bei den elastischen Klebungen auf Polyurethanbasis der Fall, bei welchen der große Schallgeschwindigkeitsunterschied zu einer Spreizung der US-Klebschichtdickendarstellung führt. Des Weiteren konnten Poren (Luft einschüsse) in den Klebschichten nachgewiesen werden.