

Die F-GZP informiert:

## - Zur Prüfsicherheit der ZfP - Einfluß der Fehlerneigung bei Ultraschall-Tandemprüfung

K. Kolb

In einer früheren Arbeit [1] wurde für die Einkopfmethode der Einfluß der azimuthalen Winkelabweichung vom Oberflächenlot der reflektierenden Fehlerfläche untersucht. Auf die Tandemmethode bezogen wurde dieses Problem theoretisch und empirisch behandelt [2]. Als Bedingung wurde hierbei angenommen, daß das Oberflächenlot der Reflexionsebene zwar nicht mehr die Winkelhalbierende bei V-Durchschallung darstellt, jedoch sollen nach wie vor die Schallstrahlen und das Oberflächenlot in einer Ebene liegen.

Mit Hilfe dieser Hypothese wurden in letzter Zeit verschiedentlich zu optimistische Folgerungen in Bezug auf die Nachweismöglichkeiten von Fehlern gezogen. Es wurde hierbei vernachlässigt, daß das Oberflächenlot des reflektierenden Fehlers die durch die Schallstrahlen aufgespannte Ebene verlassen und somit zusätzlich noch einer horizontalen Abweichung unterliegen kann. Dies ist z.B. bei der Mehrzahl der Querrisse in einer Schweißnaht der Fall.

Aus diesem Grunde wurde an dem in einer früheren Arbeit [1] beschriebenen Testblock entsprechende Versuchsfahrten durchgeführt. Es wurde nach der Tandemmethode mit 45° Einschallwinkel bei Arbeitsfrequenzen von 2 MHz und 4 MHz gearbeitet. Angeschallt wurde eine künstliche Bruchfläche mit 6 mm Ø. Zur Verwirklichung der horizontalen Abweichung wurde die durch die Schallstrahlen aufgespannte Ebene aus der von Bruchoberflächenlot und Werkstückoberflächenlot aufgespannten Ebene schrittweise herausgekippt. Bild 1 gibt die Gesamtheit des Versuchsablaufes in der A-Bild-Darstellung wieder.

Aufgetragen sind jeweils bei konstanter horizontaler Fehlerabweichung die Echohöhen (Z-Achse) bei schrittweisem seitlichem Versatz bezogen auf den Bruchflächenmittelpunkt (Y-Achse). Das Maximum des Echoberges entspricht jeweils der optimalen Tandemstellung. Der Verlauf über die X-Achse (Echodynamik) ist der Annäherung bzw. dem Entfernen der Tandemeinheit zuzuordnen. Die linke Kolonne zeigt die Echo-Berg-Darstellung für 2 MHz, die rechte Kolonne für 4 MHz. Rechts unten ist den einzelnen Diagrammen maßstäblich zuzuordnen das verwendete Koordinatensystem beigefügt. Um den Divergenzeinfluß klein zu halten, wurden bei 2 MHz Schwingergrößen von  $D_{\text{eff}}$  25 mm und bei 4 MHz von  $D_{\text{eff}}$  9,5 mm verwendet. Somit konnten Werte für  $\eta_{\text{6dB Echo}}$  von 1,7° bei 2 MHz und 2,2° bei 4 MHz zugrunde gelegt werden.

Betrachtet man die Darstellungen von oben nach unten bei einem gleichzeitigen Vergleich der einander entsprechenden Frequenzbilder, so stellt man fest, daß sich das relativ scharfe 4 MHz-Echogebirge schon nach kleinen

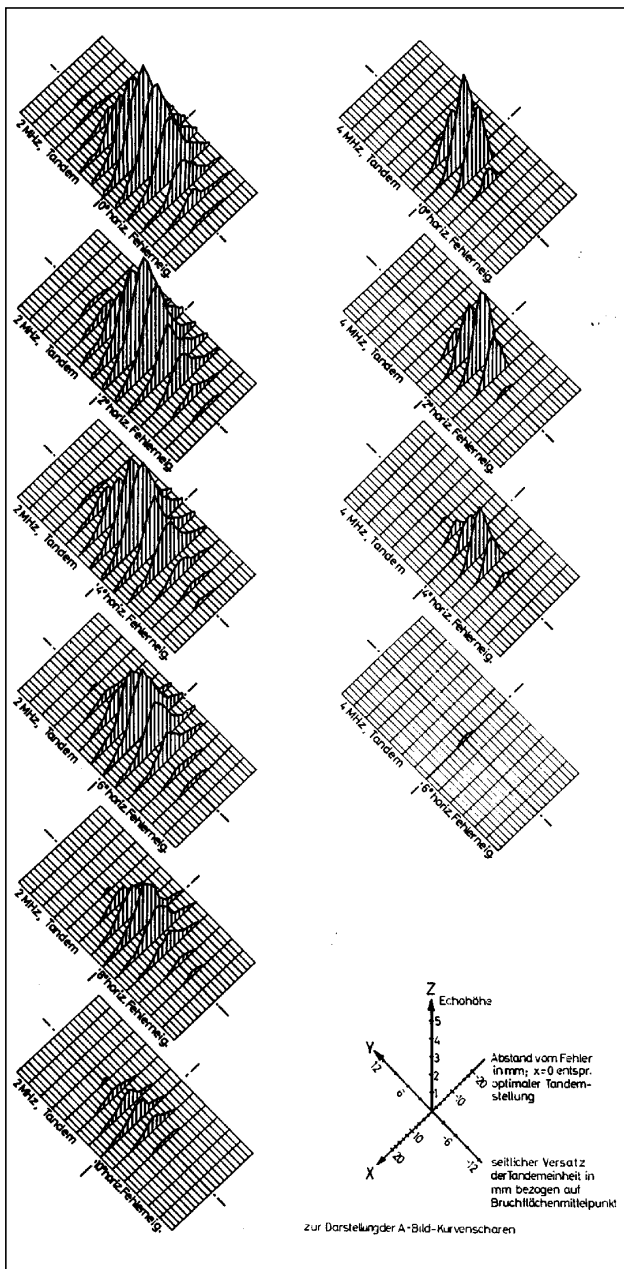


Bild 1: A-Bild-Gebirgedarstellung einer 6-mm-Ø-Bruchfläche bei Tandemprüfung mit 2 MHz (linke Spalte) und 4 MHz (rechte Spalte)

Von oben nach unten nimmt in Schritten von 2° die horizontale Fehlerneigung zu. Rechts unten ist der Koordinaten- bzw. Maßstabschlüssel wiedergegeben. (100 % Bildschirmhöhe Z = 5)

horizontalen Winkelabweichungen der Registrierung entzieht. Im Gegensatz hierzu kann bei einer Arbeitsfrequenz von 2 MHz die horizontale Winkelabweichung um den Faktor 2 größer sein. Werden die in Bild 1 wiedergegebenen Echoberge durch eine in den Y-Z-Achsen liegende Fläche geschnitten und trägt man, wie in Bild 2 oben angedeutet, die Schnittpunkte für  $X = 0$  im Y-Z-Koordinatensystem auf, so erhält man die in Bild 2 Mitte und unten dargestellten C-Bilder für 2 und 4 MHz.

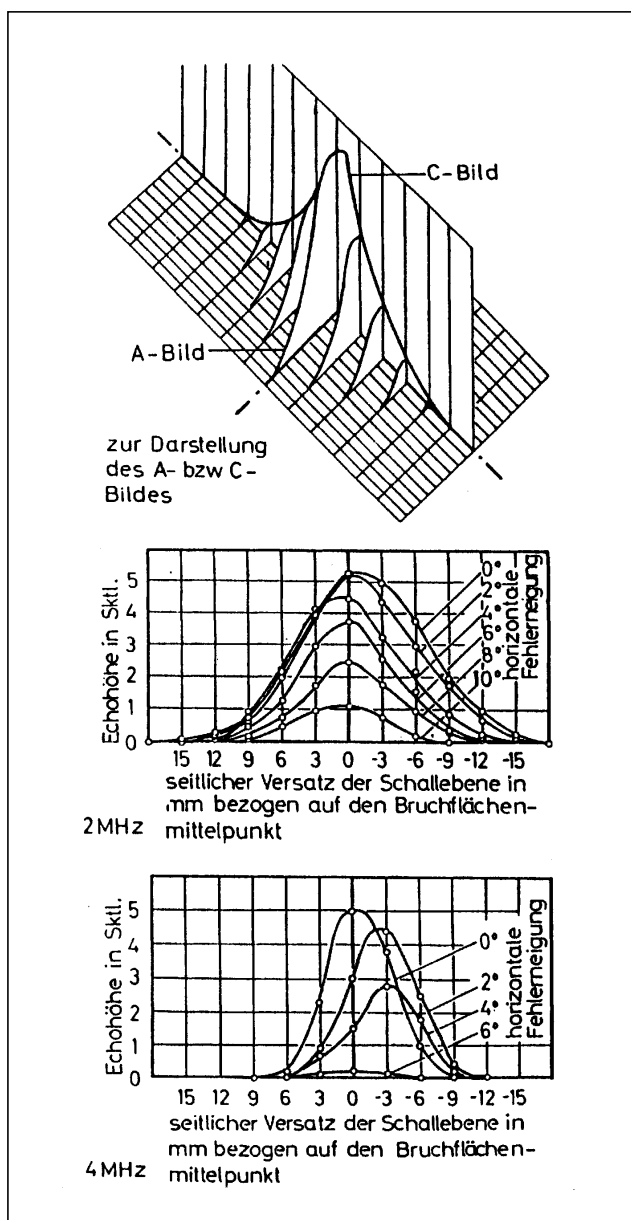


Bild 2: C-Bild-Darstellung einer 6-mm-Ø-Bruchfläche bei Tandemprüfung mit 2 MHz (Mitte) und 4 MHz (unten)

Den Darstellungen entnimmt man, daß die Halbwertsbreite bei einer Frequenz von 4 MHz dem Bruchflächendurchmesser entspricht. Bei 2 MHz hingegen wird die Halbwertsbreite um mehr als einen Faktor 2 zu groß bestimmt. Die Verläufe von Bild 2 zeigen außerdem, daß die Abweichung der von den Schallstrahlen einerseits und der Bruch- und Werkstückoberflächenlot anderer-

seits aufgespannten Ebenen voneinander nicht mehr als  $10^\circ$  bzw.  $5^\circ$  bei 2 MHz bzw. 4 MHz betragen darf. Es wird hierbei davon ausgegangen, daß ein Absinken des registrierbaren Echos auf weniger als 20 % vom optimalen Ausgangswert das Auffinden des Fehlers nicht mehr sicherstellen kann.

### Schlußfolgerung

Die beschriebenen Versuchsergebnisse zeigen, daß bei der Tandem-Ultraschallprüfung dickwandiger Bauteile die Sicherheit des Prüfbefundes außer von beeinflussbaren Faktoren wie Kopplungsbedingungen, Arbeitsfrequenz, Prüfkopfcharakteristika oder Prüfgeschwindigkeit sehr stark von einem Faktor abhängig ist, der nicht direkt beeinflussbar ist. Es ist die azimutale und horizontale Abweichung der Fehlerfläche von der optimalen Schallstrahlgeometrie.

Die Versuche haben gezeigt, daß der Einfluß dieses Faktors durch ein Absenken der Prüffrequenz wesentlich reduziert werden kann.

Ein Senken der Prüffrequenz ist jedoch wegen der größeren Schallstrahldivergenz u.a. immer mit zunehmender Schwierigkeit bei der Fehlerpositionierung begleitet. Wenn auch die vorliegenden Versuchsergebnisse die Wahl einer Arbeitsfrequenz von 1 MHz nahelegt, so zeigen die Ergebnisse ebenso zweifelsfrei, daß die Frequenz ohne wesentliche Aussageverluste angehoben oder zusätzliche Aussagesicherheit bei kleiner Frequenz erreicht werden kann, wenn folgende Bedingung erfüllt wird:

- Horizontale Fächerung der manuell oder automatisch geführten Prüfköpfeanordnung um  $\pm 5$  bis  $10^\circ$ . Die Prüfgeschwindigkeit muß hierbei der Dauer einer Einzelfächerung angepaßt sein.

Die Realisierung einer horizontalen Fächerung der Prüfköpfeinheit würde der automatischen Ultraschallprüfung einen Vorteil bringen, der bisher nur der Handprüfung vorbehalten war. Probleme wie z.B. zusätzlich hierdurch entstehende Kopplungsschwankungen oder Prüfkopf-abnutzung sind lösbar. Die einzige Grenze für den absoluten Wert der  $\pm$  Fächerung ist die Krümmung des Objektes. Eine Verschiebung bzw. Beeinflussung dieser Grenze läßt sich z.B. über die Vergrößerung des Wassertropfens als Vorlaufstrecke erreichen.

### Literaturangaben:

[1] Kolb, K.: Einfluß der Fehlerbeschaffenheit und -geometrie auf das Ultraschallergebnis, DIN EN 12062-Forderung an den Ultraschallprüfer. DGZfP-Zeitung Nr. 54, S.53 bis 56

[2] Wüstenberg, H., Völkel, U., Kutzner, J.: Reflexionsverhalten von flächigen Trennungen in festen Körpern bei der Ultraschallprüfung. Vortragstagung 1974 Zerstörungsfreie Materialprüfung, Nimwegen. Materialprüfung Nr. 16 (1974) Nr. 10 S. 323/24.