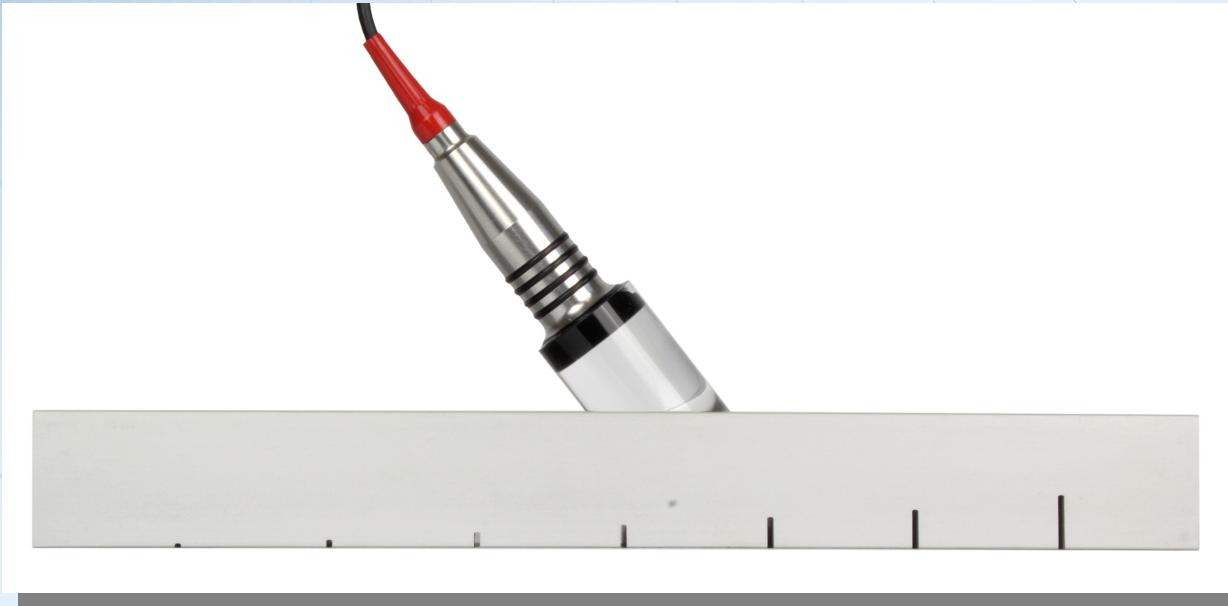


Begrüßung



Uwe Peterson - GAMPT mbH

NDT im Praktikum



Ultraschallwinkelkopf- und TOFD-Experimente

GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE MEDIZINISCHE PHYSIK UND TECHNIK

1998 Firmengründung

2003 Zappendorf

seit **2010** in Merseburg bei Halle

- 
- ⇒ **Ultraschall in der Ausbildung**
 - Equipment für die Ausbildung an Fach- und Hochschulen
 - ⇒ **Ultraschall in der Medizin**
 - Messung von Mikroblasen (BubbleCounter)
 - THED - Time Harmonic Elastography (Kooperation mit Charité Berlin)
 - ⇒ **Ultraschall in der Industrie**
 - Messungen dünner Schichten
 - Ultraschallsonden nach Kundenspezifikation
 - Forschung und Entwicklung (Entwicklung von Sensoren und Messtechnik)



18 Jahre Ultraschallgeräte und Zubehör für die Ausbildung

1999 – erstes GAMPT-Scan-Ultraschallgerät für das Grundpraktikum Physik an der MLU Halle-Wittenberg

- ⇒ **Experimente zu Grundlagen und Anwendungen** der Ultraschalltechnik in Physik, Medizin und Ingenieurwissenschaften
- ⇒ **Bildgebende Verfahren mit Ultraschall** (A-Bild, B-Bild, M-Mode, Ultraschalltomographie, Dopplersonografie)
- ⇒ **Akustooptische Versuche** zur Brechung (Zentralprojektion), Beugung (Debye-Sears) und Modulation von Laserlicht an bzw. durch Ultraschallwellen
- ⇒ **Anwenderspezifische Experimentiersets** für Physiker, Mediziner und Ingenieure





Set 3 Ultraschall in den Material- und Ingenieurwissenschaften

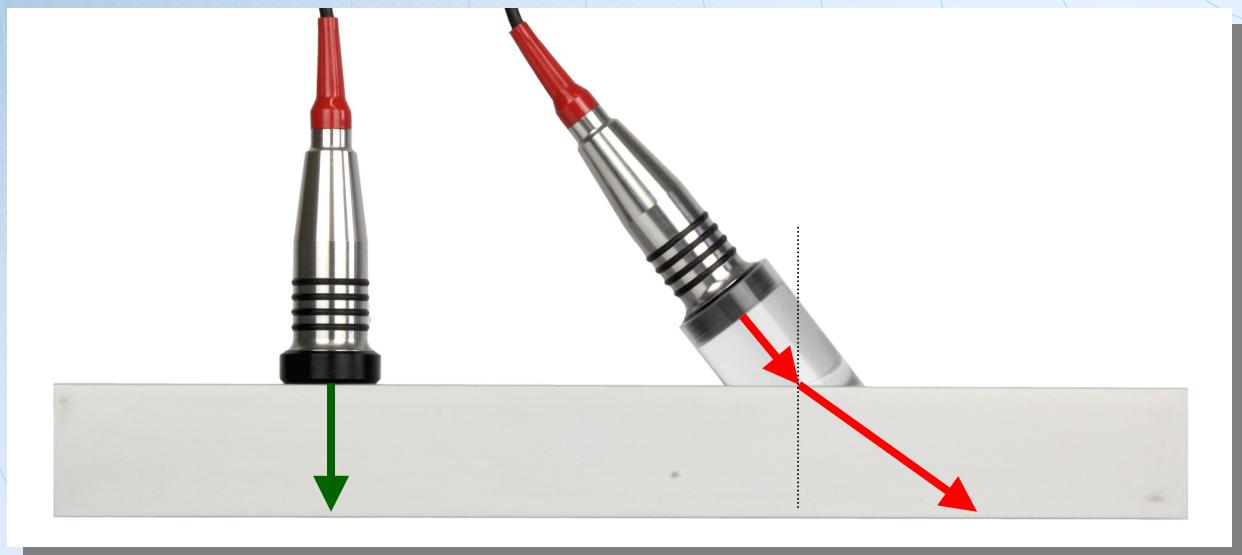
IND06 Winkelkopfprüfung

Verwendung von Ultraschall-Winkelprüfköpfen zur Ungänzenortung ...

IND07 Rissstiefenbestimmung (TOFD)

Vergleich des Echoamplituden- und TOFD-Verfahrens hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Nachweisgrenzen ...

Normalprüfkopf und Winkelprüfkopf



Normalprüfkopf (Einschallung senkrecht zur Oberfläche)

- Veranschaulichung grundlegender Phänomene der Ultraschallausbreitung (Laufzeit, Schallgeschwindigkeit, Reflexion, Dämpfung, Auflösung, ...)

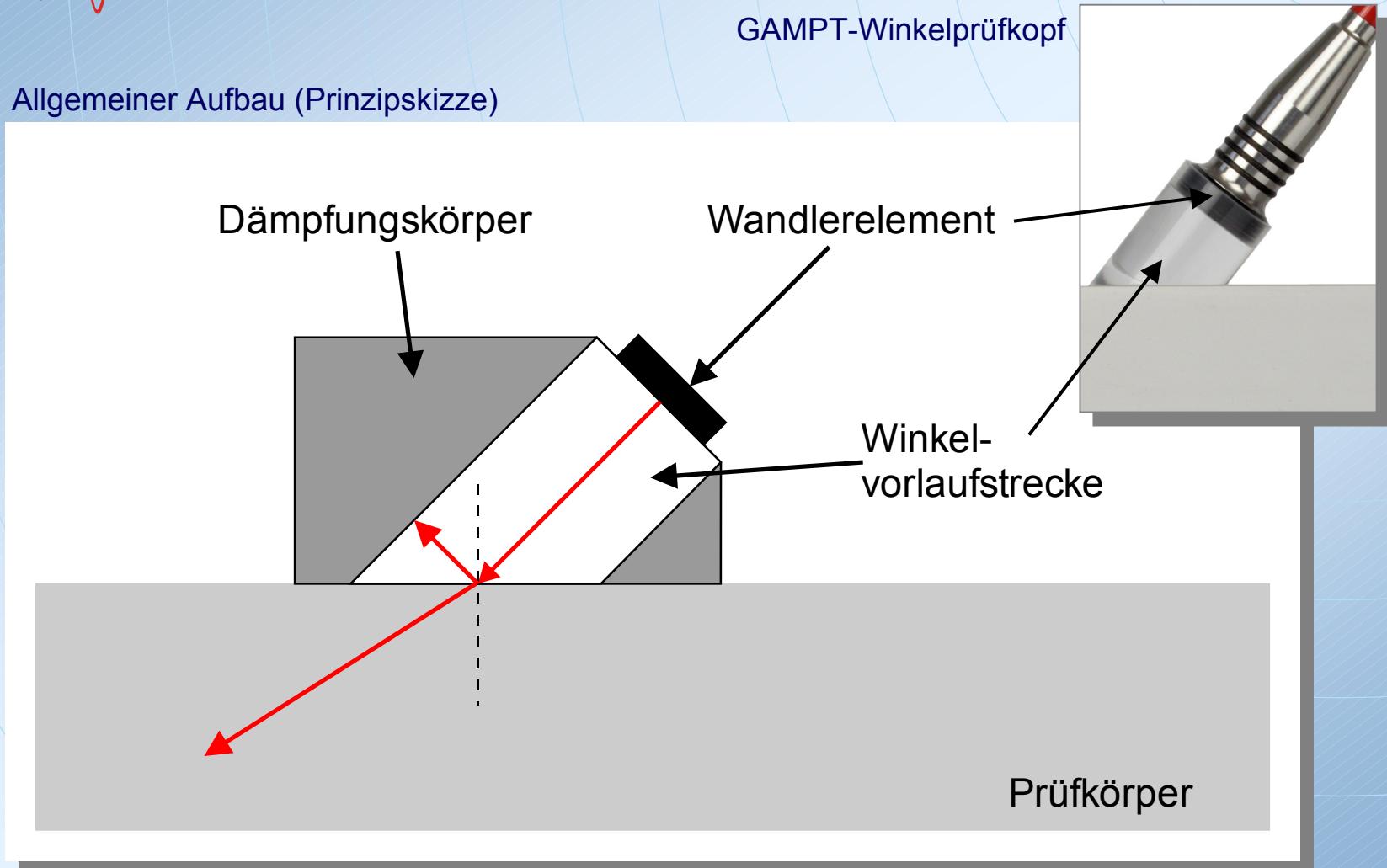
Winkelprüfkopf (Einschallung schräg zur Oberfläche)

- Untersuchung weiterführender Phänomene der Ultraschallausbreitung in Festkörpern (Modenwandlung, Brechung, Beugung, ...)

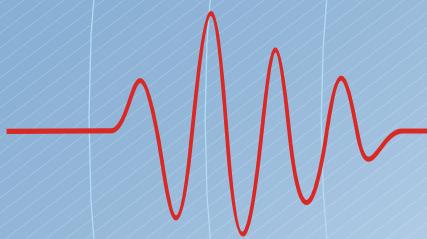
Aufbau eines Winkelprüfkopfs

Allgemeiner Aufbau (Prinzipskizze)

GAMPT-Winkelprüfkopf



Brechung und Reflexion



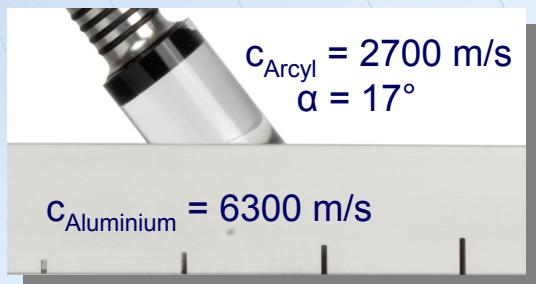
Reflexion:

$$\alpha = \alpha'$$

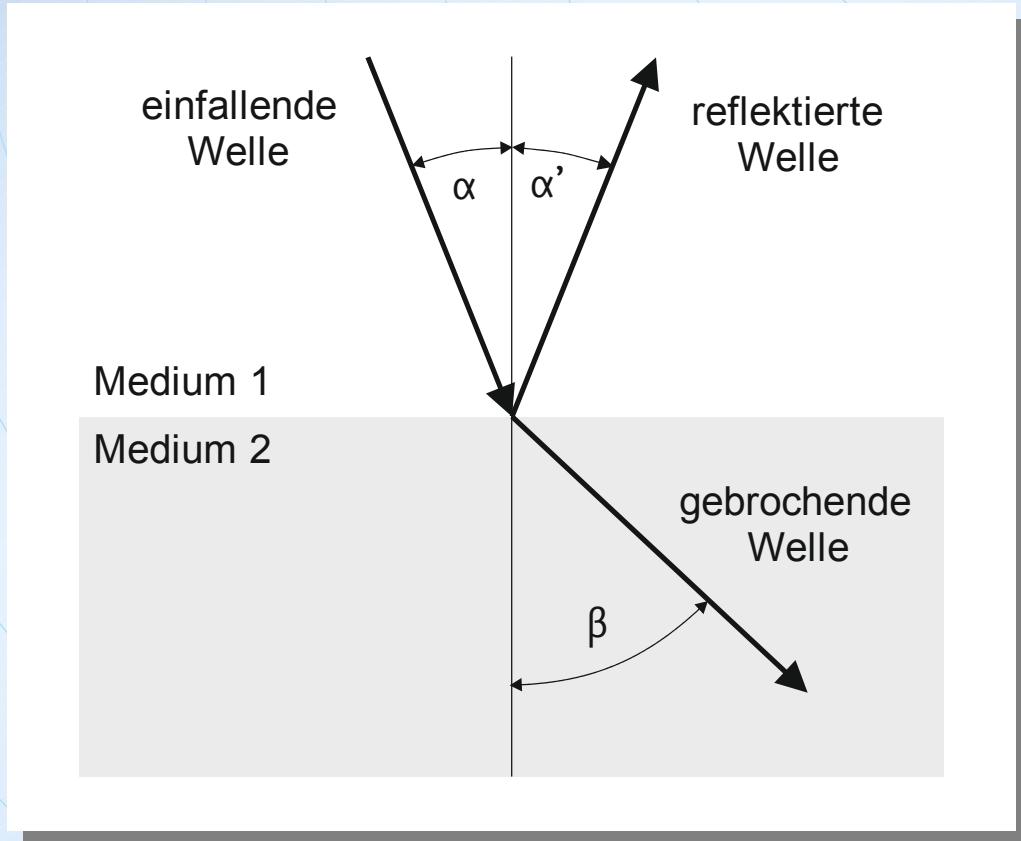
Brechung:

$$\frac{c_{\text{Medium 1}}}{c_{\text{Medium 2}}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

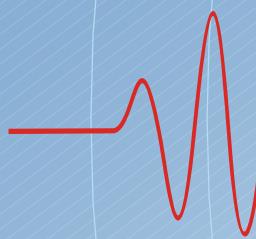
Beispiel:



$$\beta = 43^\circ$$



Modenkonversion an Festkörpergrenze

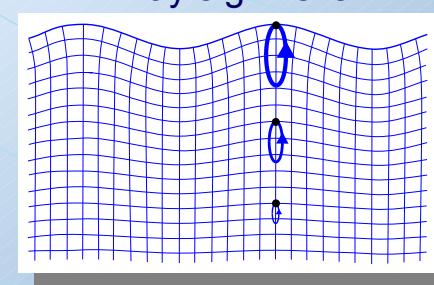
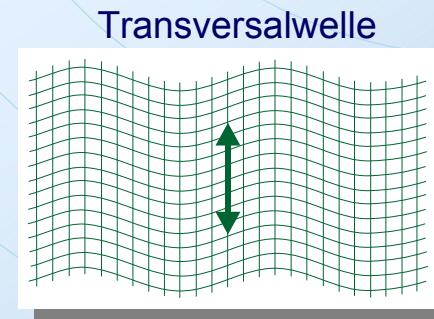
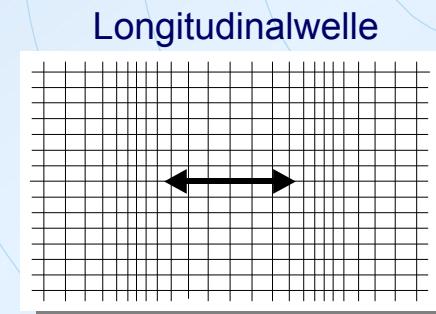
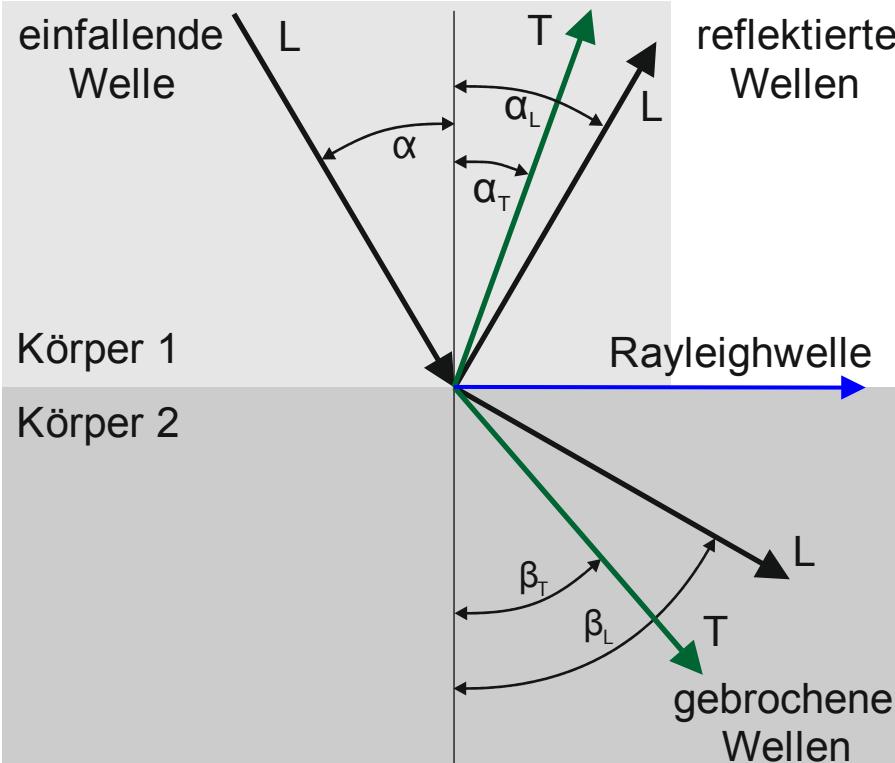


$$c_L = \sqrt{\frac{E(1-u)}{\rho(1-u-2u^2)}}$$

$$c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$$G = \frac{E}{2(1+u)}$$

E: Elastizitätsmodul, G: Schermodul, u: Poissonzahl, ρ : Dichte,
 $c_{L|T}$: longitudinale|transversale Schallgeschwindigkeit

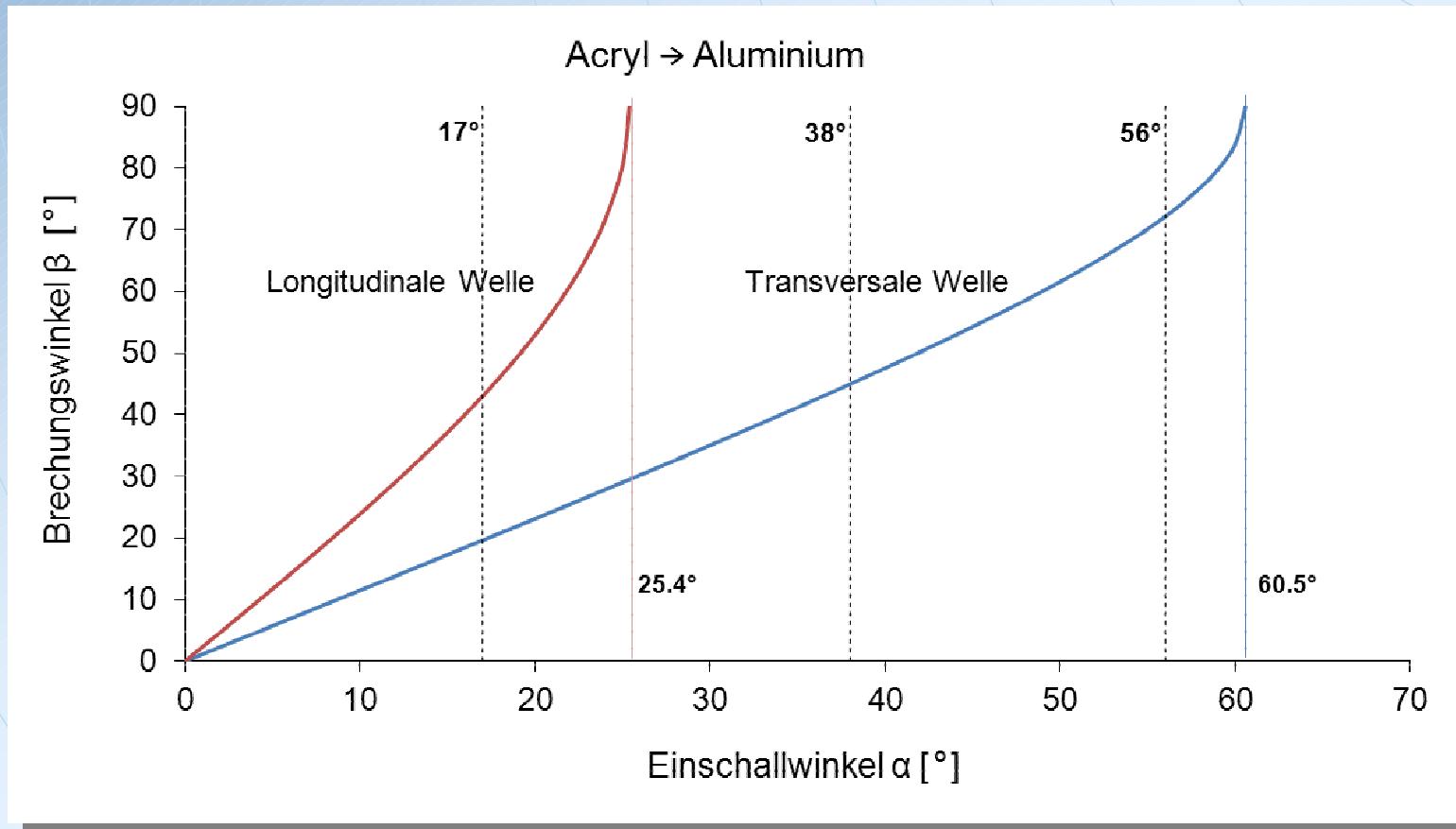


Ausbreitungsrichtung

Kritische Winkel / Totalreflexion

$$\frac{c_{\text{Acryl}}}{c_{\text{Alum.}}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$\beta = \arcsin \left(\frac{c_{\text{Alum.}}}{c_{\text{Acryl}}} \sin \alpha \right)$$

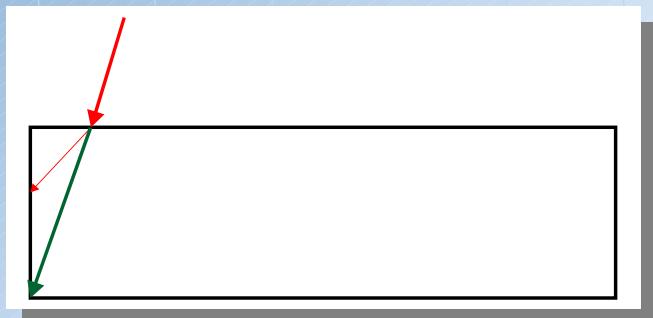
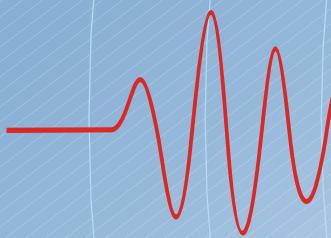


$$c_{\text{Acryl}} = 2700 \text{ m/s}$$

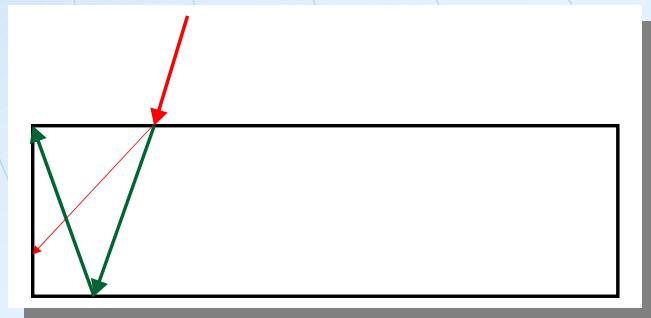
$$c_{\text{Alum.L}} = 6300 \text{ m/s}$$

$$c_{\text{Alum.T}} = 3100 \text{ m/s}$$

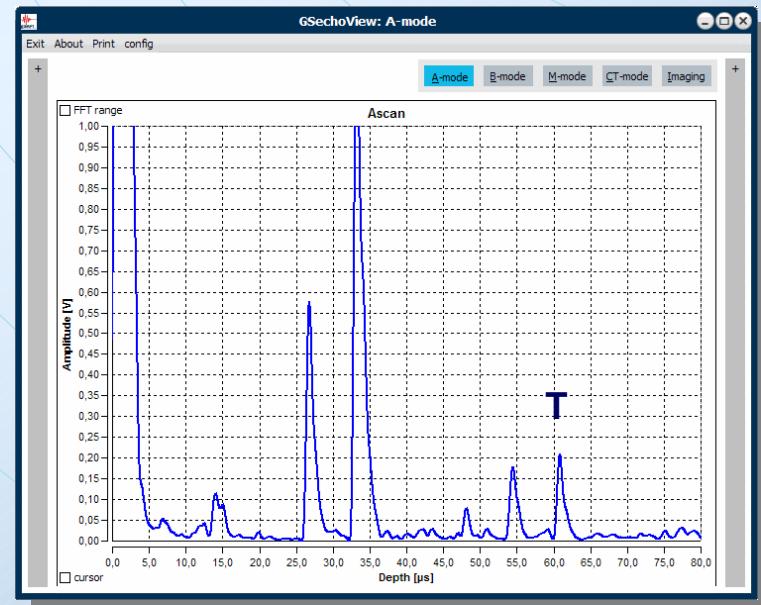
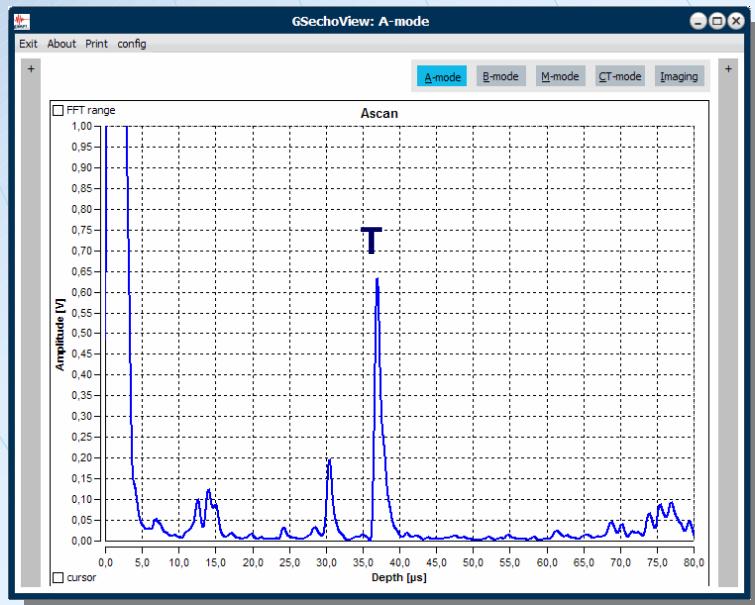
Transversalwellenechos - 17°-Keil



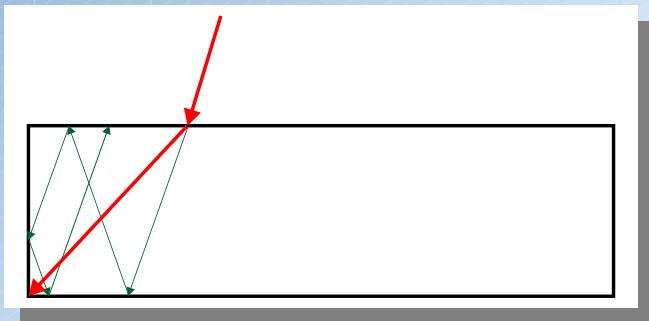
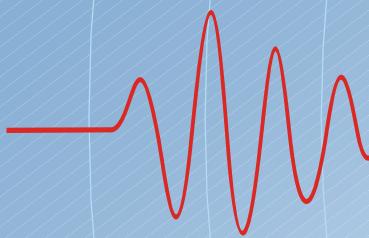
Echo im halben Sprungabstand



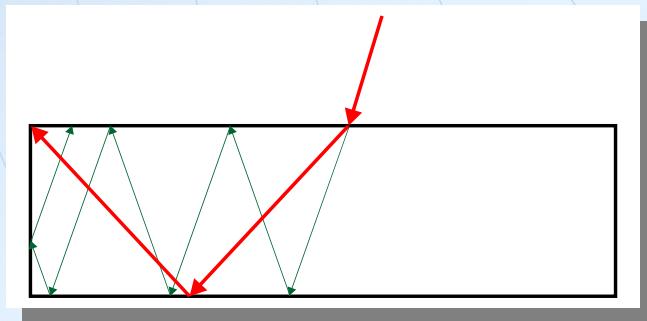
Echo im vollen Sprungabstand



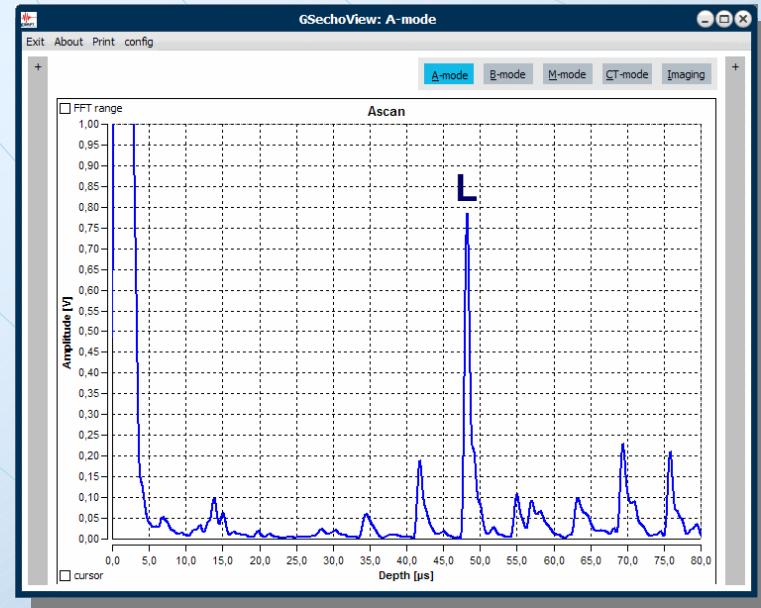
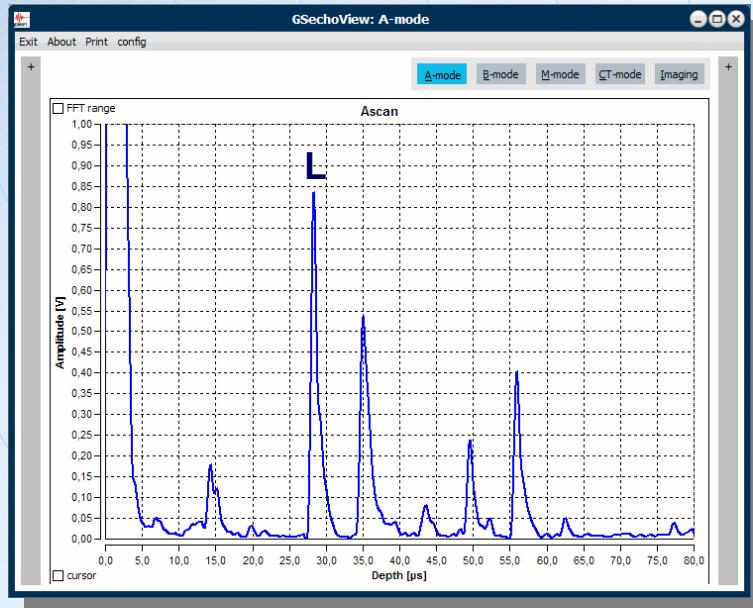
Longitudinalwellenechos - 17°-Keil



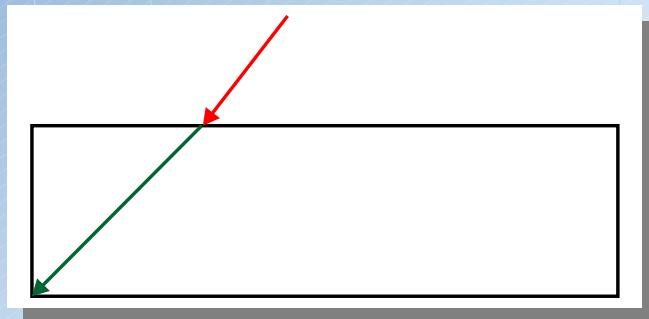
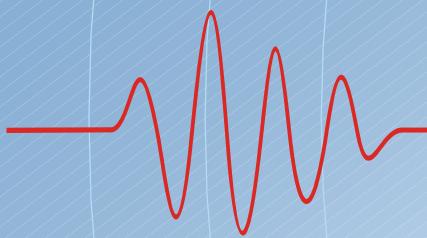
Echo im halben Sprungabstand



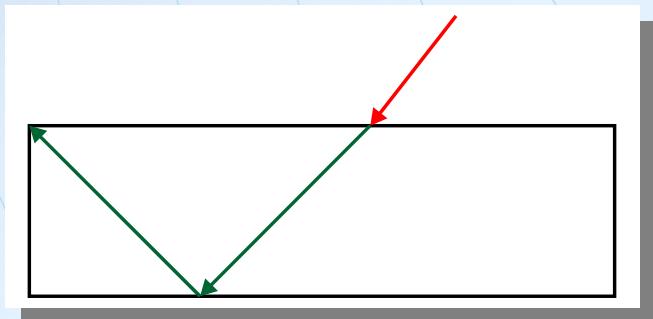
Echo im vollen Sprungabstand



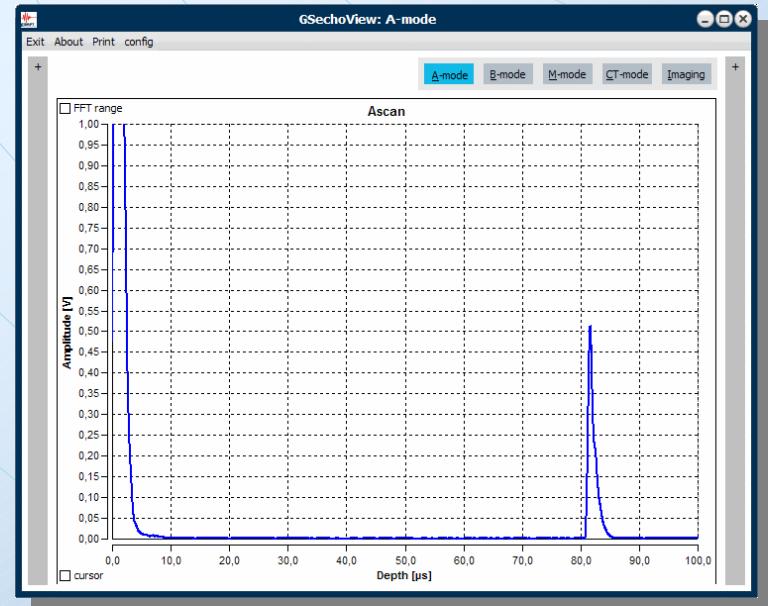
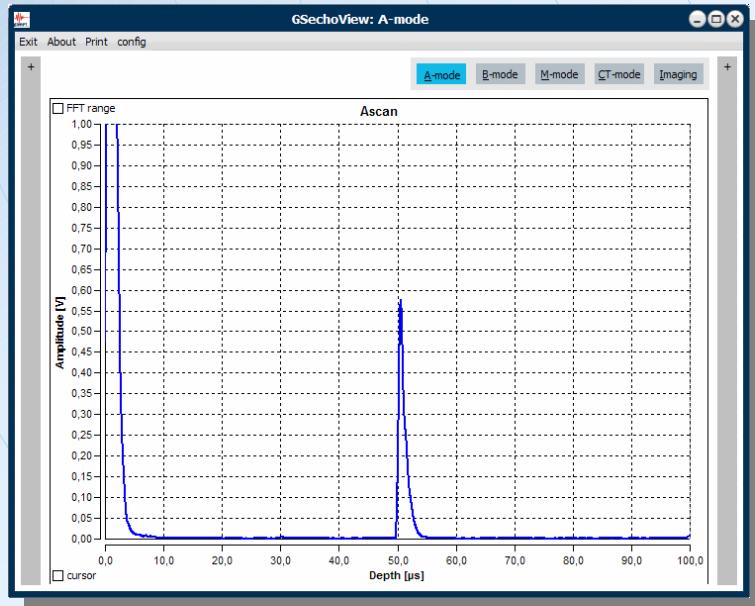
Transversalwellenechos - 38°-Keil



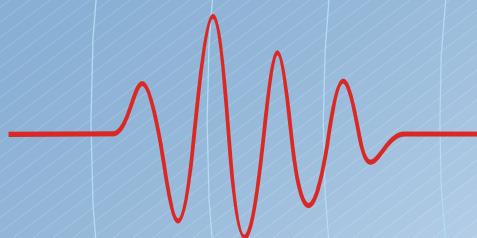
Echo im halben Sprungabstand



Echo im vollen Sprungabstand



Winkelprüfkopf-Kalibrierung



Schallaustrittspunkt:

$$x_u = p_1 - 2 p_0$$

Sprungabstand:

$$x_a^2 = a^2 + (p_1 - p_0)^2$$

Brechungswinkel:

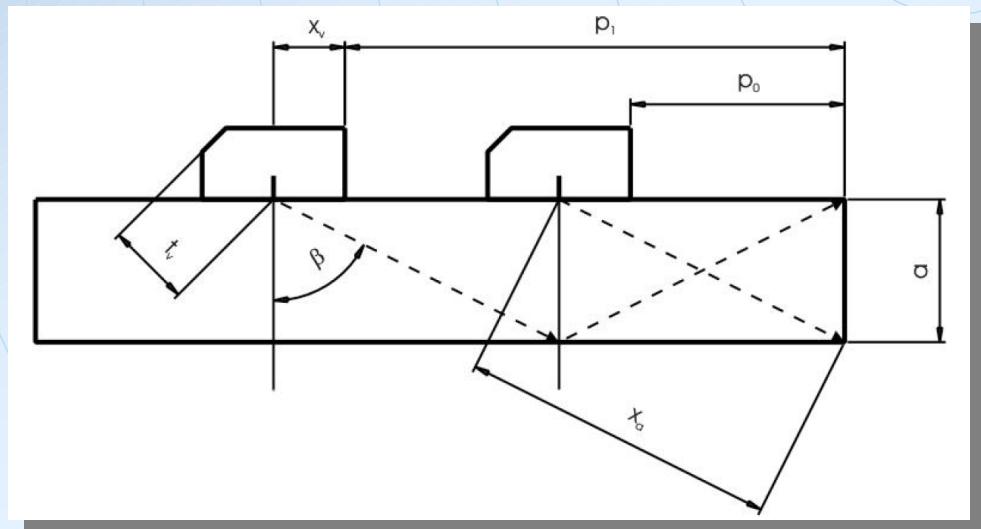
$$\tan \beta = \frac{p_1 - p_0}{a}$$

Schallgeschwindigkeit:

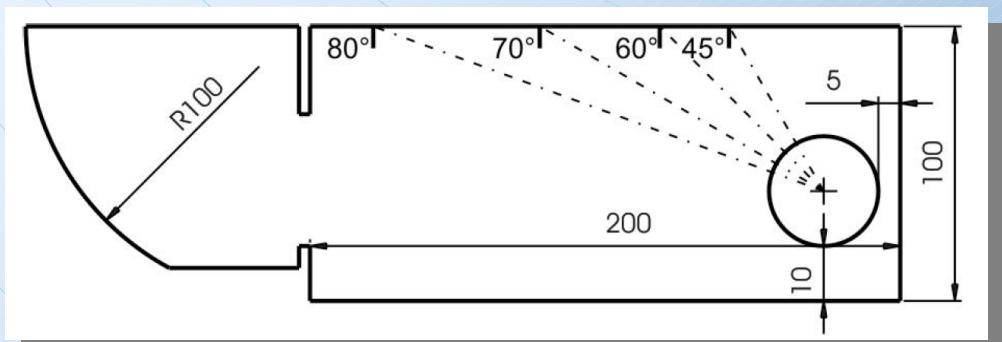
$$c = \frac{2 x_a}{t_1 - t_0}$$

Laufzeit in Vorlaufstrecke:

$$t_u = t_0 - \frac{2 x_a}{c}$$



Verkürzte Projektionsabstände p_0 und p_1
im halben und vollen Sprungabstand

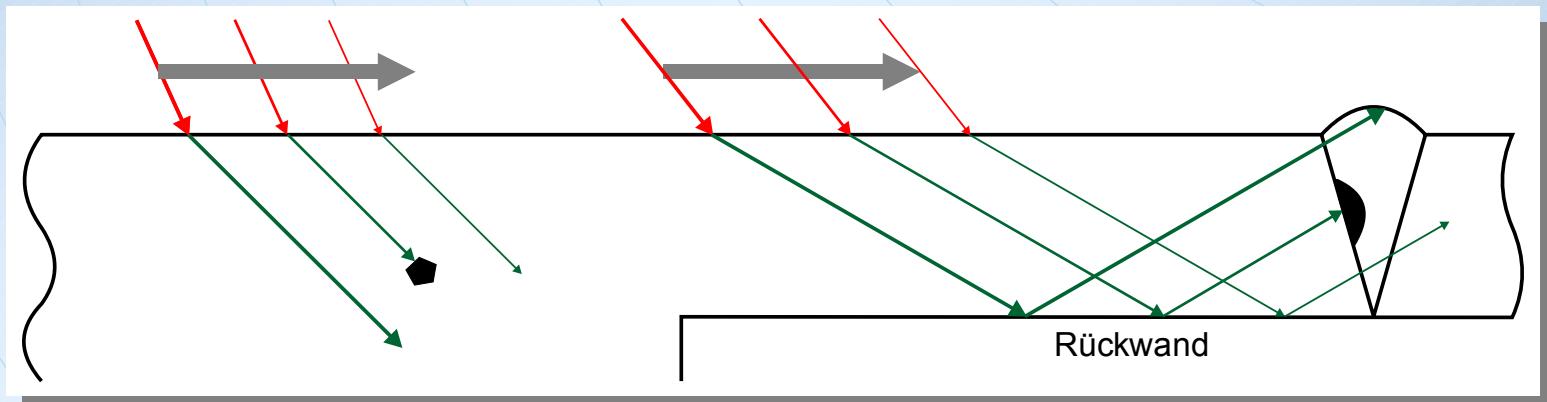


Prüfkörper für Winkelprüfköpfe

Ungänzenortung

Suche nach Störstellen im Material

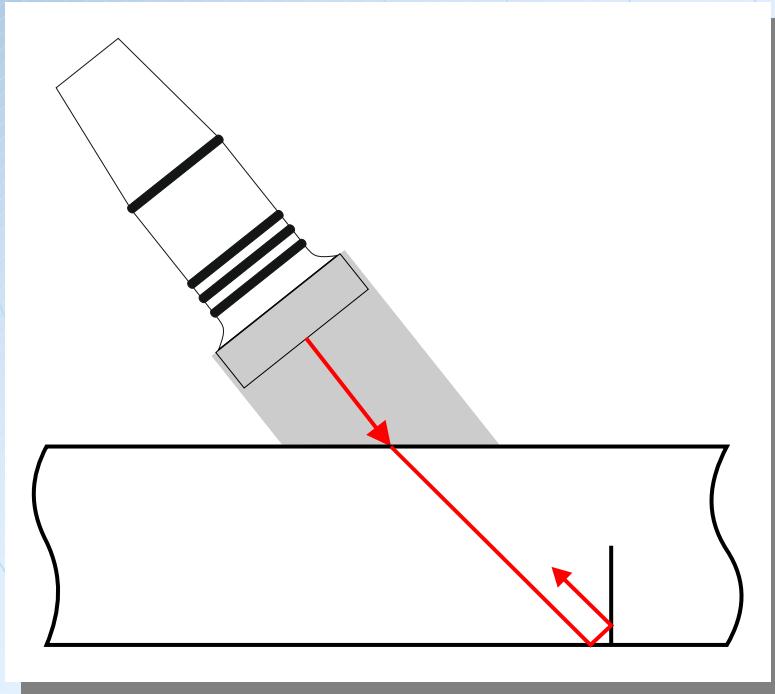
- Prüfkopf wird über die Oberfläche des Prüfobjekts geschoben
- bekannte Signale (z. B. Rückwandecho) dienen als Referenzpunkte
- unerwartete Echos deuten auf Störstellen hin
- durch Verschieben des Prüfkopfs kann eine vollständige Abtastung (Größenabschätzung) einer Störung erfolgen
- Reflexion an der Rückwand erlaubt das Auffinden von Störungen nahe der Oberfläche



Modenkonversion durch Beugung

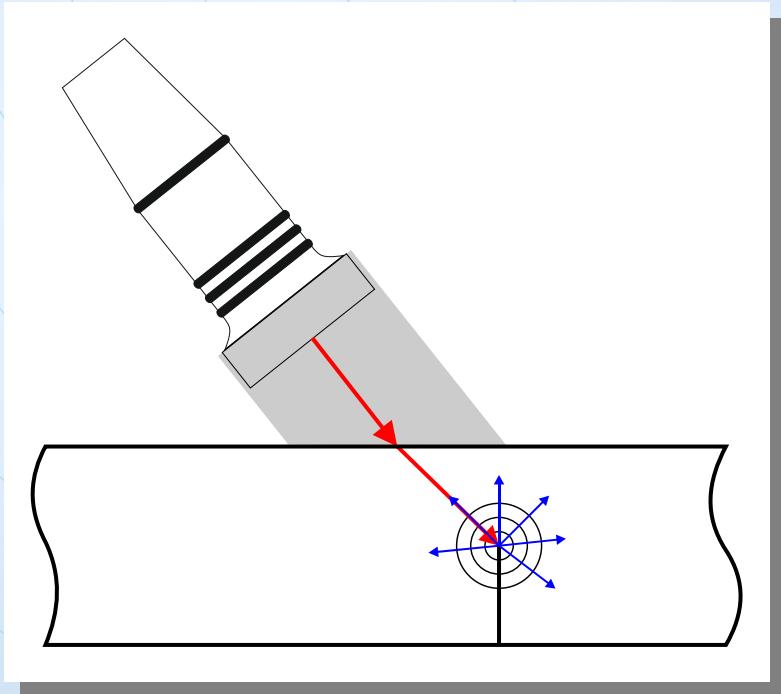
Winkelecho

Reflexion an Rückwand und Rissfläche

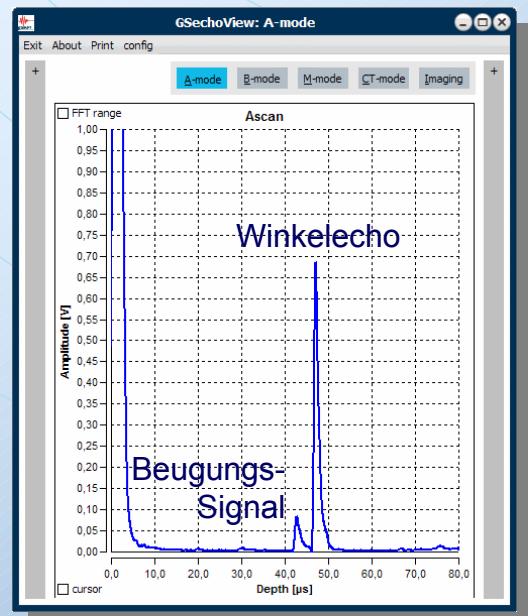
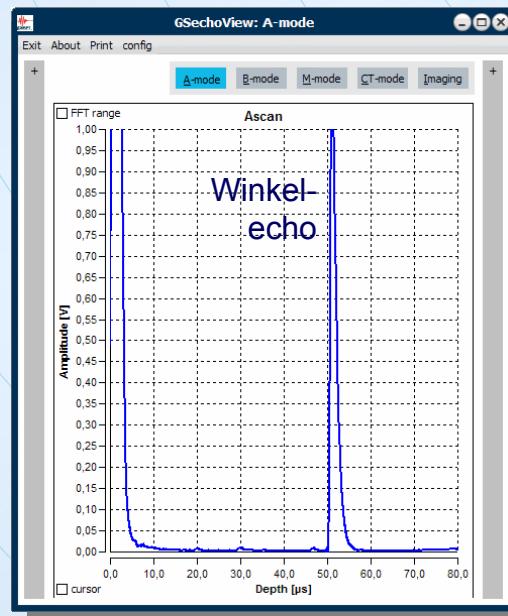
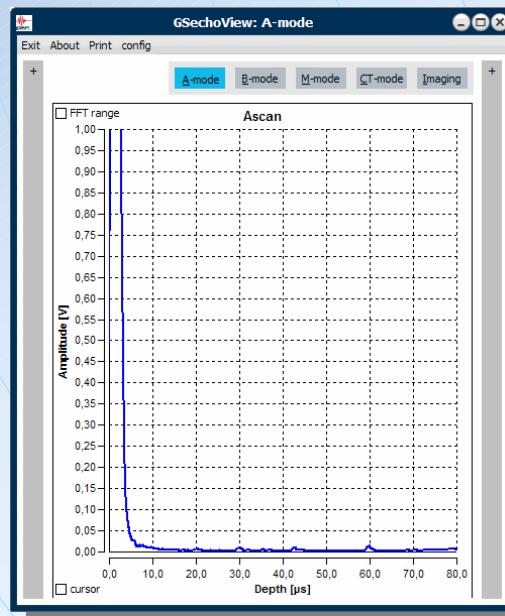
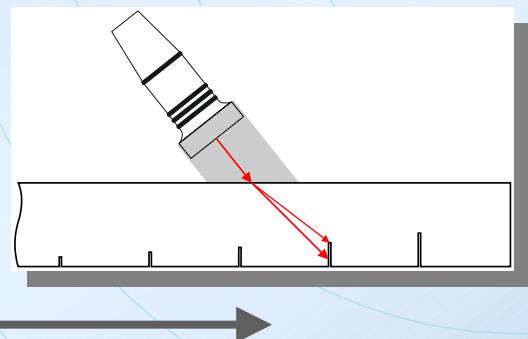
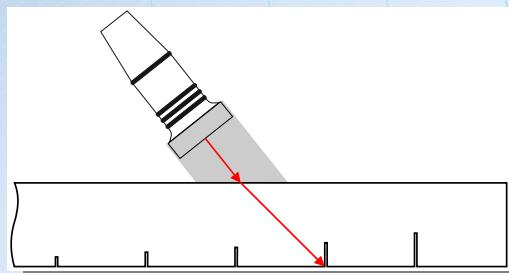
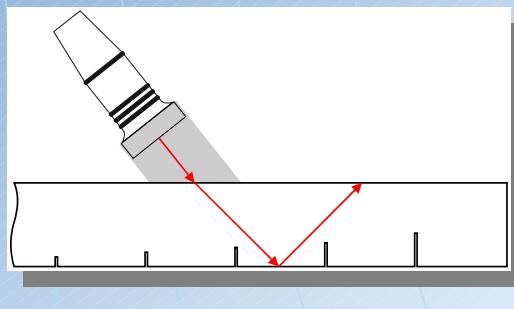


Kugelförmige Wellenfront

Beugung an der Rissspitze



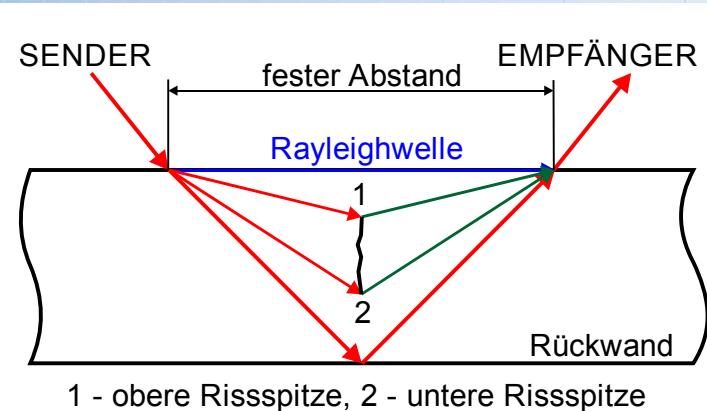
Winkel- und Beugungsecho



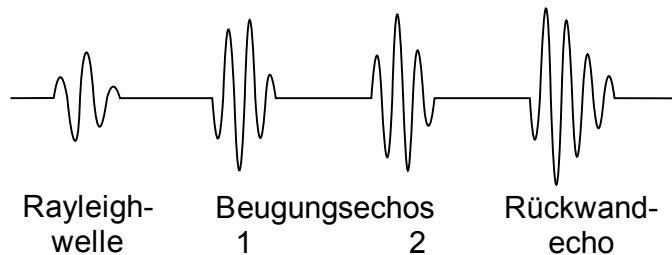
TOFD – Time of Flight Diffraction

Standardisiertes Prüfverfahren (Schweißnahtprüfung)

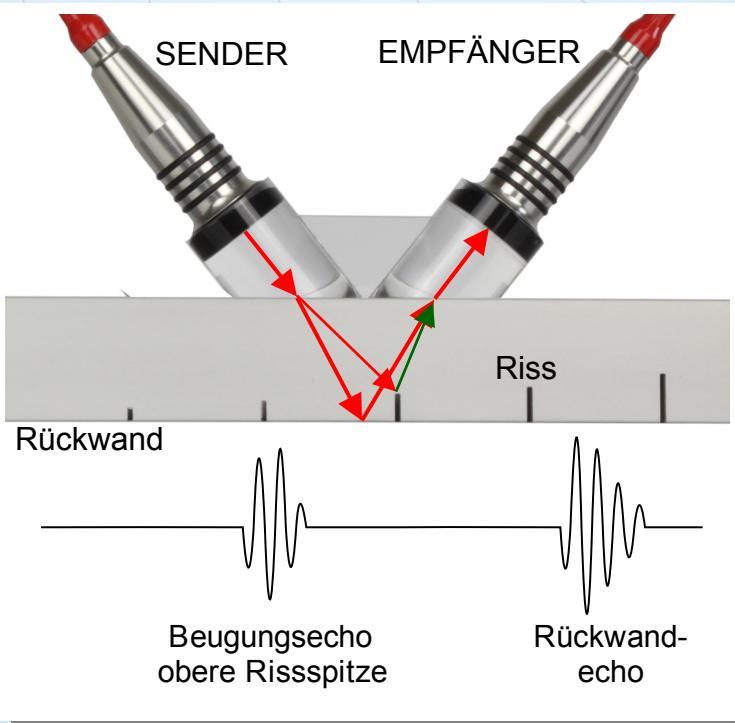
Grundprinzip des TOFD-Verfahrens



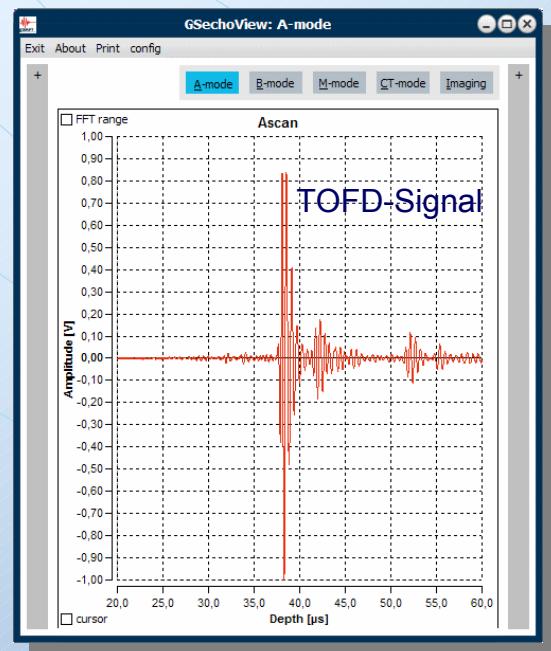
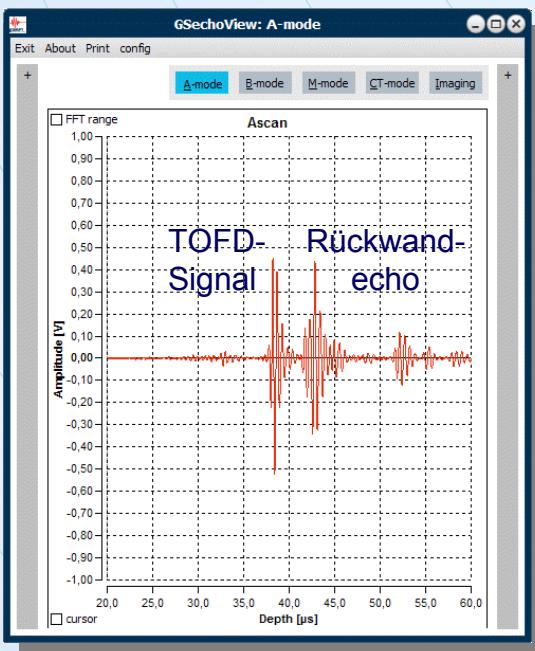
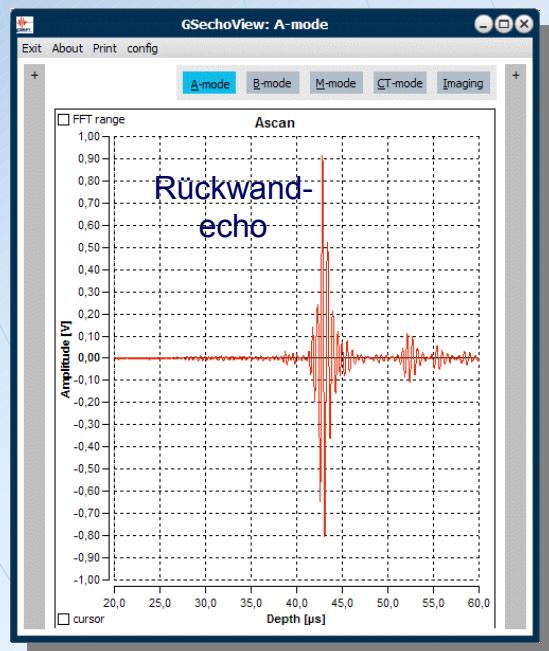
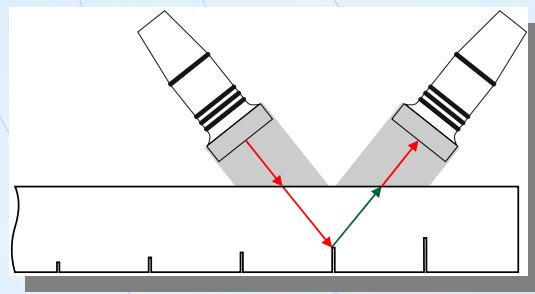
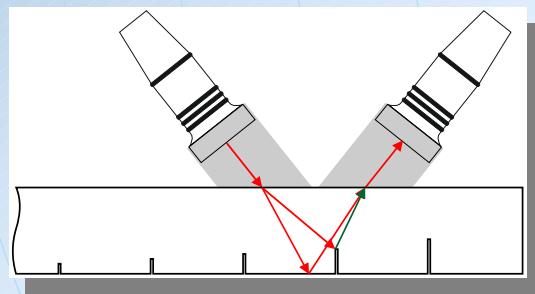
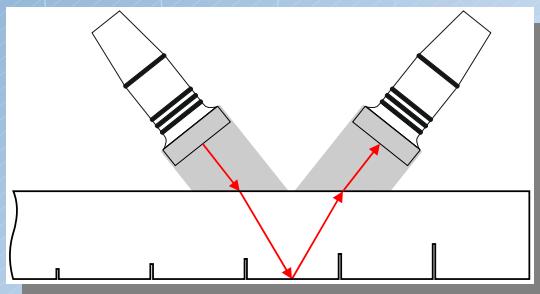
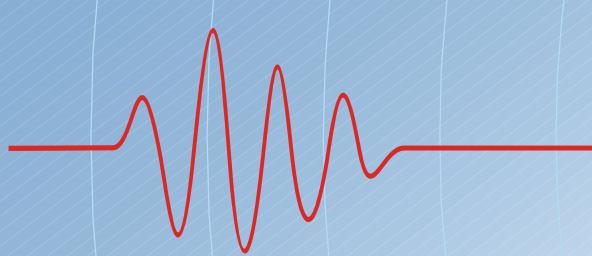
1 - obere Riss spitze, 2 - untere Riss spitze



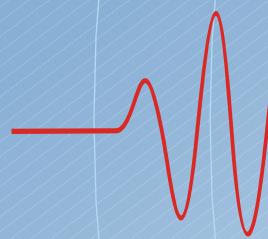
TOFD im Experiment (IND07)



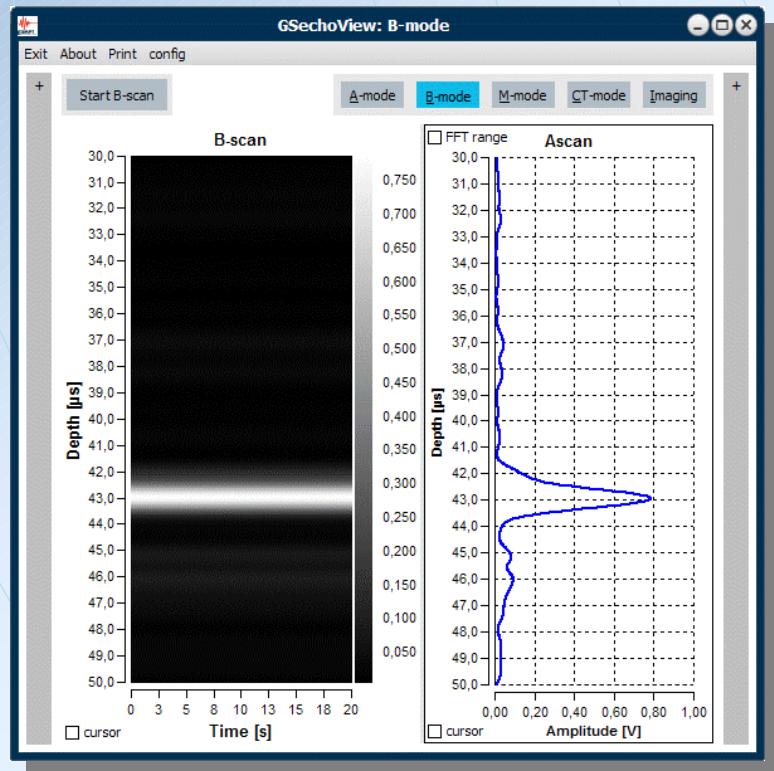
TOFD-HF-Bilder



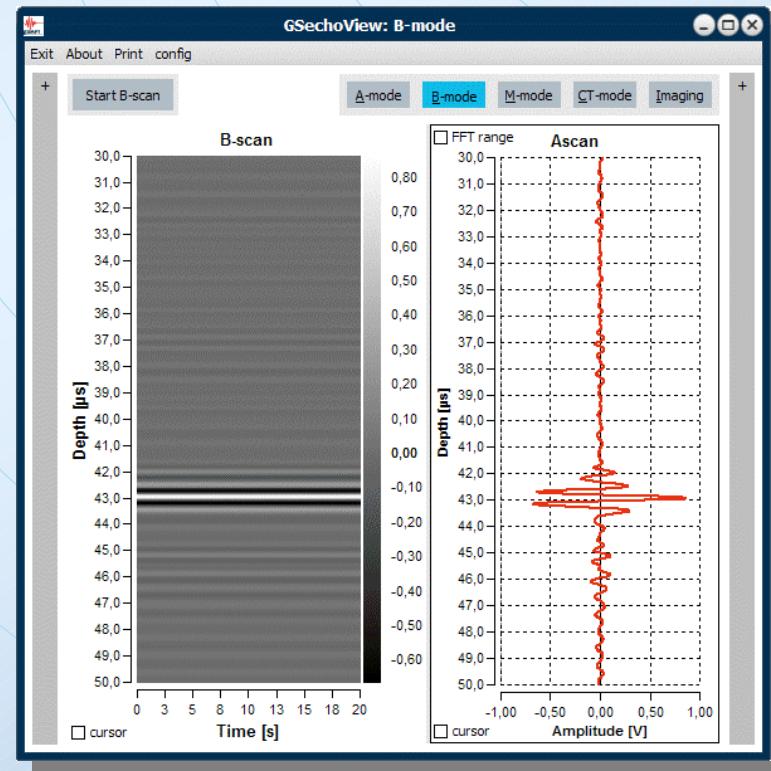
TOFD-(B)-Bild



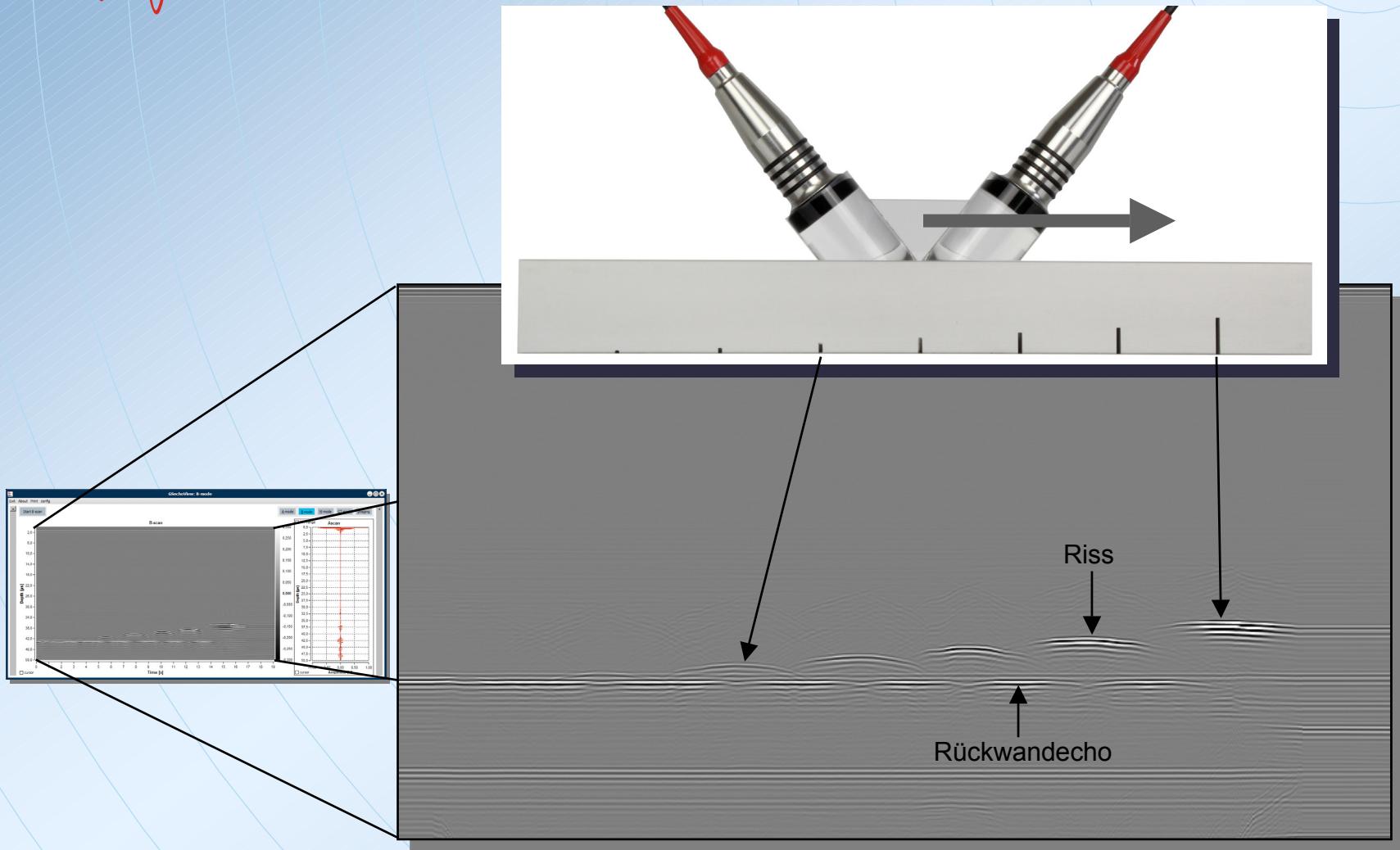
B-Bild
Grauwertkodierung
des Amplitudensignals



TOFD-Bild
Grauwertkodierung
des HF-Signals



Rissprüfung am Modell



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Weitere Informationen und Antworten auf Ihre Fragen erhalten Sie
... an unserem Stand,

... in unserem
Praktikumskatalog

The cover of the GAMPT Ausbildung catalog. It features a blue header with the title "Katalog Ausbildung" and a sub-section "Produkte Experimente Anleitungen". Below the header are three small images showing various ultrasonic experiments and applications. The main body of the catalog is white with black text, including the subtitle "Ultraschall in Physik, Medizin und Technik". The footer contains the website address "www.gampt.de" and a red wavy line graphic.

A screenshot of the GAMPT website. The header includes the company logo, navigation links for Home, Kontakt, Impressum, Sitemap, Downloads, and language selection (German/English). A search bar is also present. The main content area is divided into four sections: "Ausbildung" (with an image of students working), "Medizintechnik" (with an image of medical equipment), "Schallfeld-messtechnik" (with an image of a measurement setup), and "Forschung & Entwicklung" (with an image of a circuit board). To the right, there is a sidebar with news items, event details like "Innovationsforum QSonoMed" and "DPG-Workshop", and a "Termine" section. A "made in Germany" badge is located at the top right of the sidebar.