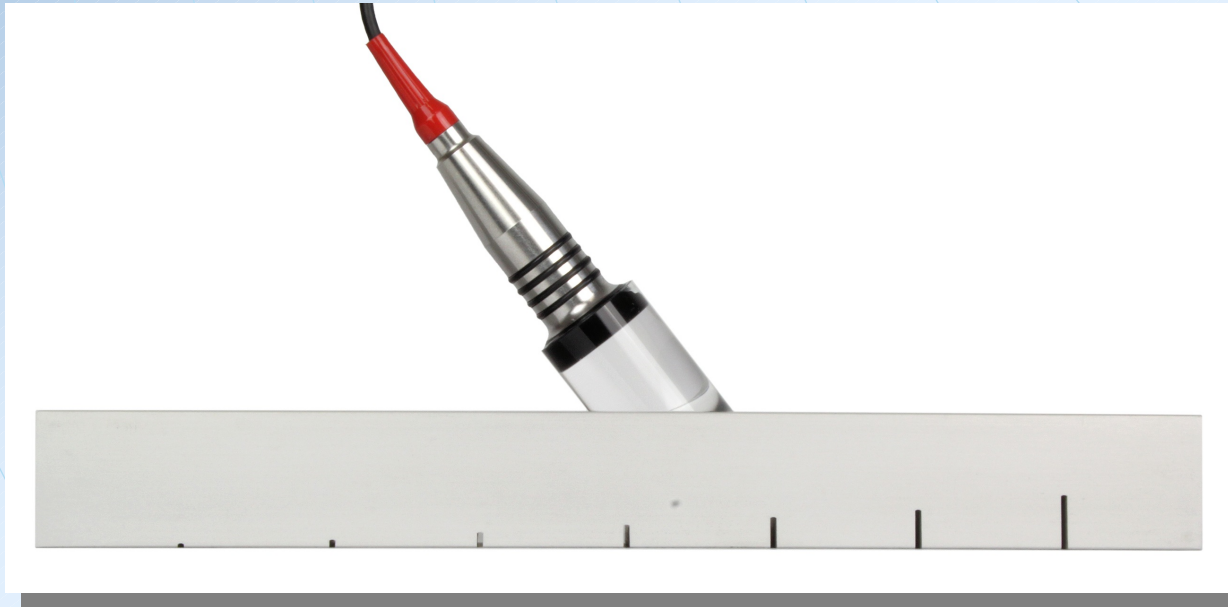


**Begrüßung**

**Uwe Peterson - GAMPT mbH**

## **NDT im Praktikum**



**Ultraschallwinkelkopf- und TOFD-Experimente**

## GESELLSCHAFT FÜR **A**NGEWANDTE **M**EDIZINISCHE **P**HYSIK UND **T**ECHNIK

**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







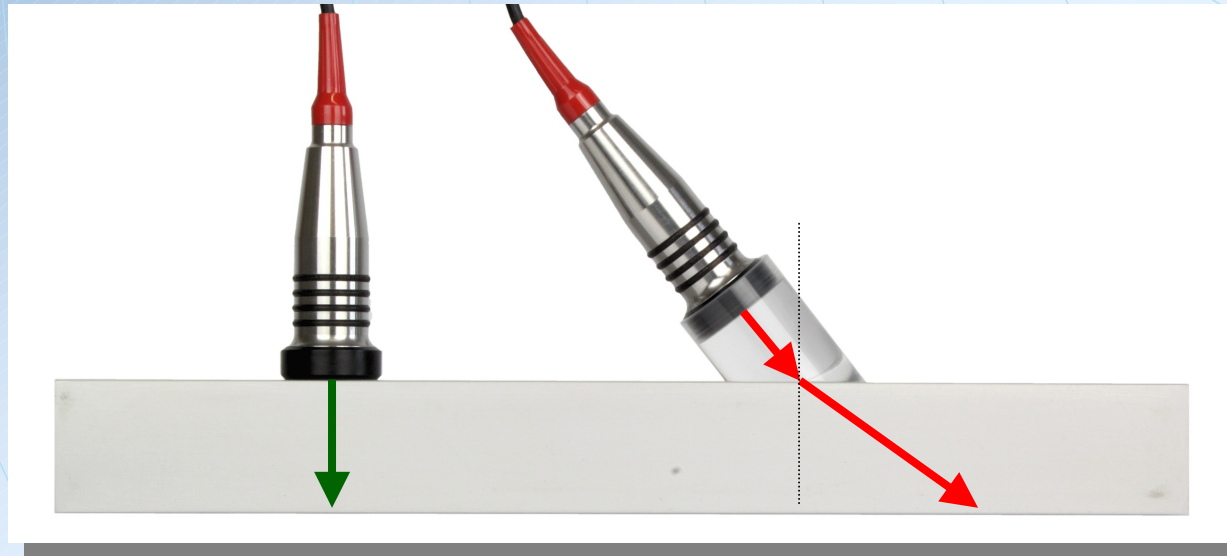
Set 3 Ultraschall in den Material- und Ingenieurwissenschaften

## IND06 Winkelkopfprüfung

Verwendung von Ultraschall-Winkelprüfköpfen zur Ungängenortung ...

## IND07 Risstiefenbestimmung (TOFD)

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



## **Normalprüfkopf** (Einschallung senkrecht zur Oberfläche)

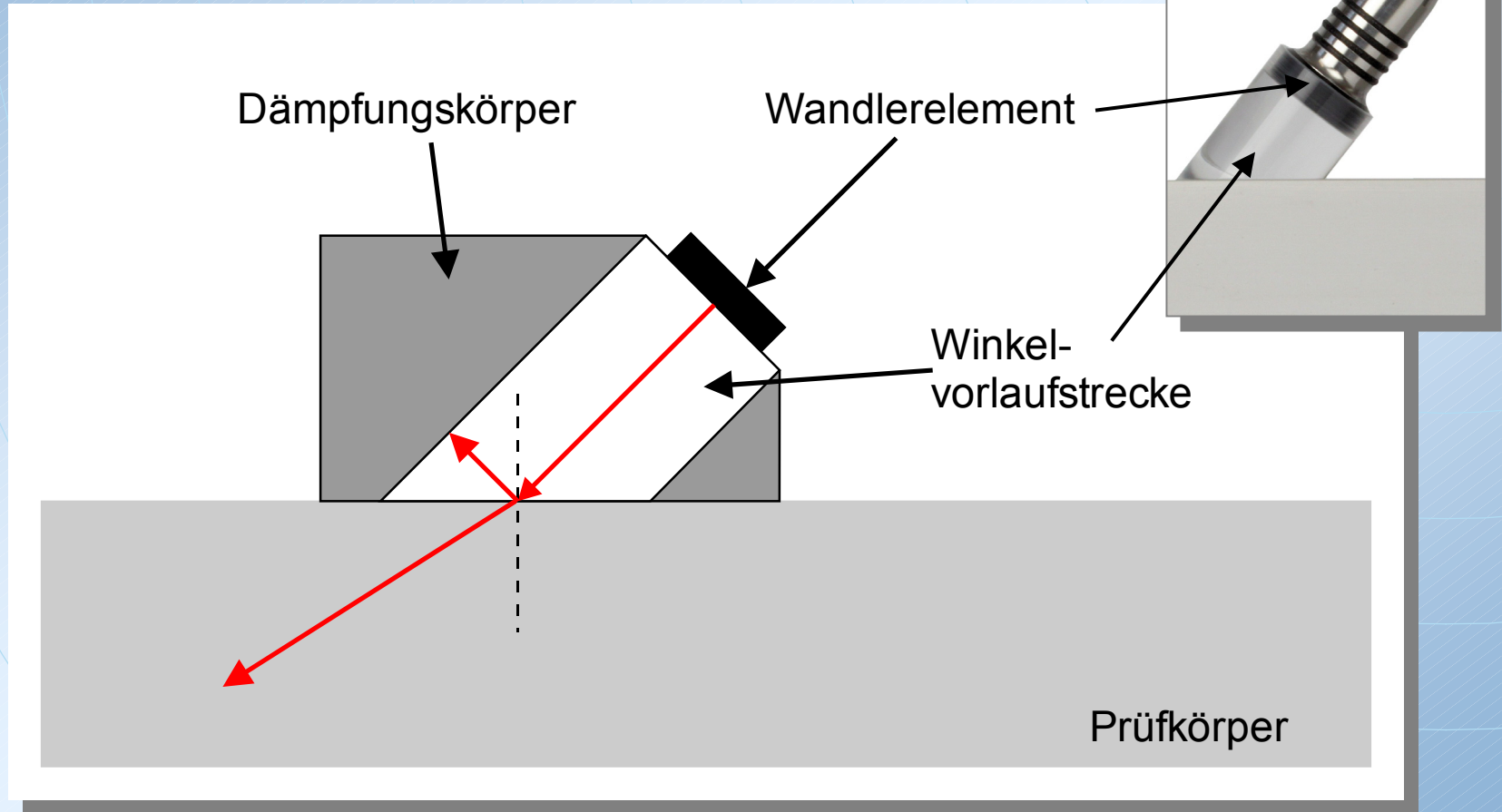
- Veranschaulichung grundlegender Phänomene der Ultraschallausbreitung (Laufzeit, Schallgeschwindigkeit, Reflexion, Dämpfung, Auflösung, ...)

## **Winkelprüfkopf** (Einschallung schräg zur Oberfläche)

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

GAMPT-Winkelprüfkopf

Allgemeiner Aufbau (Prinzipskizze)



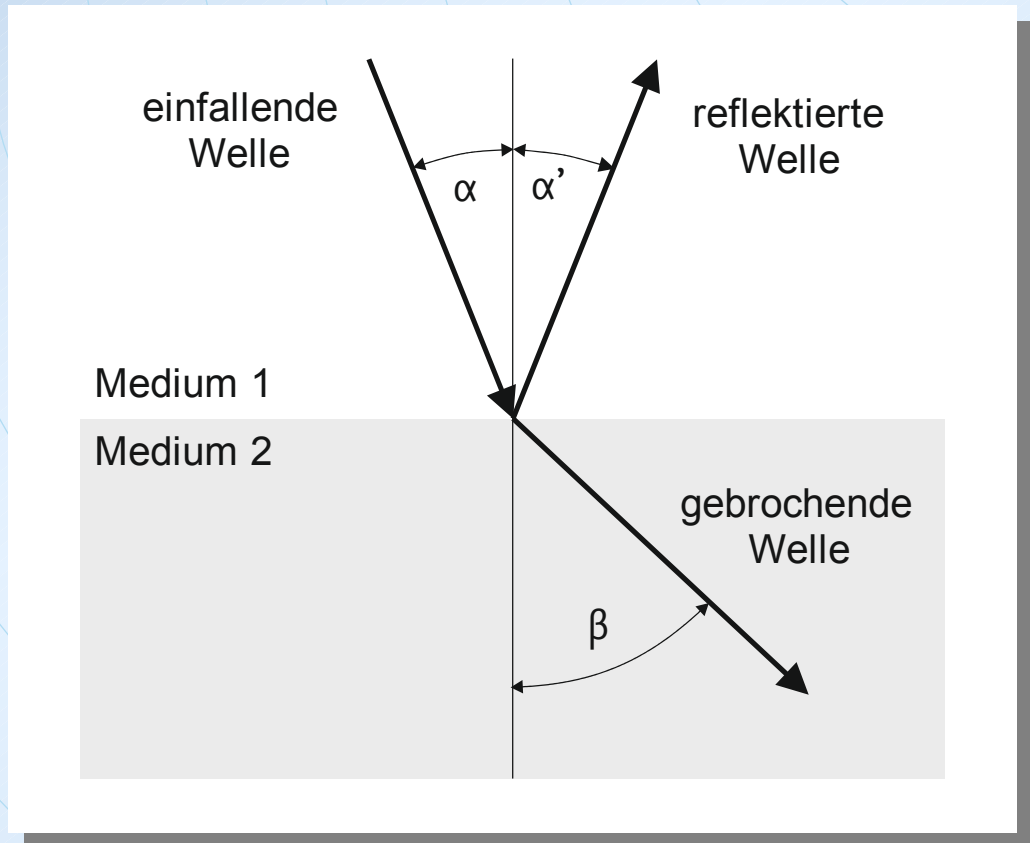
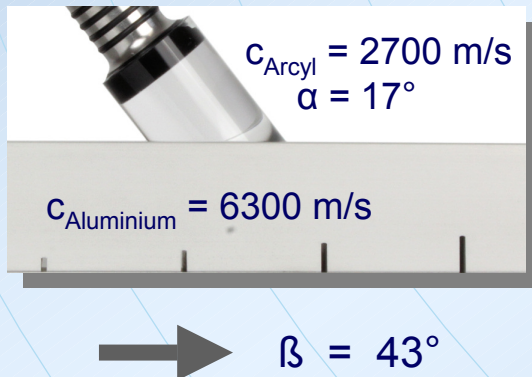
Reflexion:

$$\alpha = \alpha'$$

Brechung:

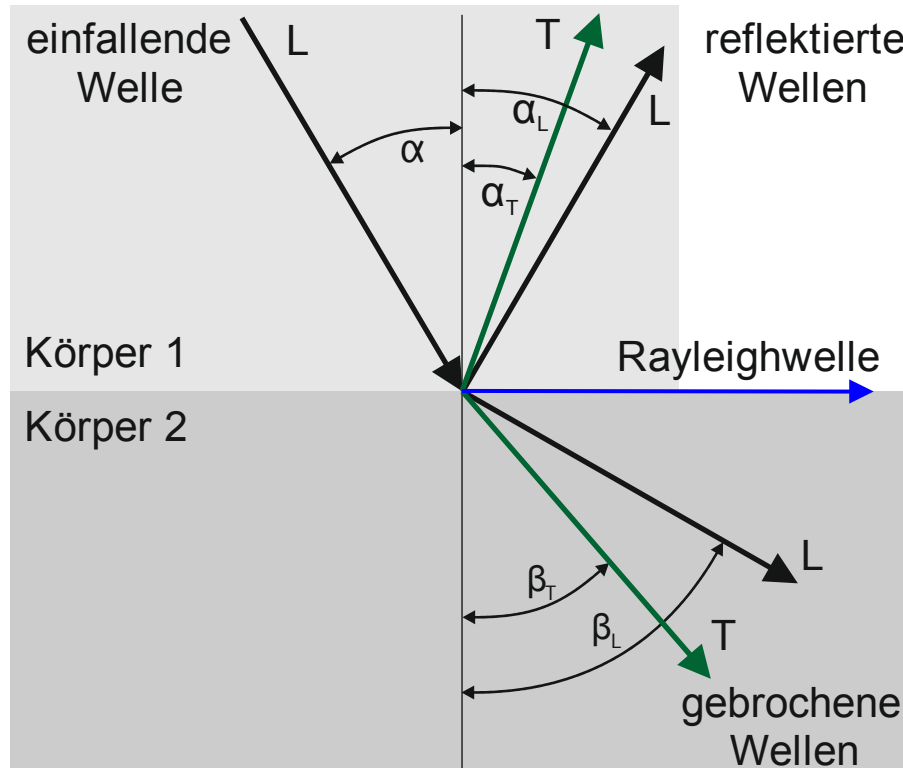
$$\frac{c_{\text{Medium 1}}}{c_{\text{Medium 2}}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Beispiel:

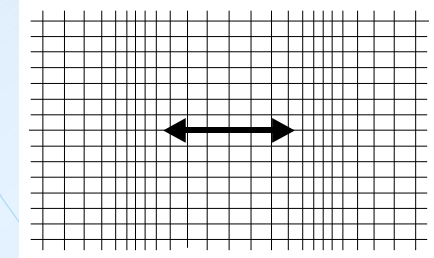


$$c_L = \sqrt{\frac{E(1-u)}{\rho(1-u-2u^2)}} \quad c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad G = \frac{E}{2(1+u)}$$

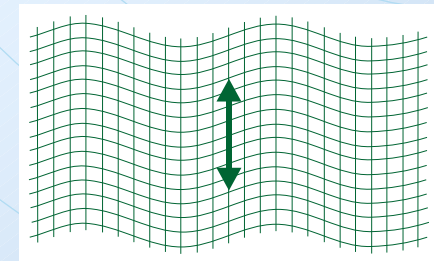
E: Elastizitätsmodul, G: Schermodul, u: Poissonzahl,  $\rho$  Dichte,  
 $c_{L/T}$ : longitudinale/transversale Schallgeschwindigkeit



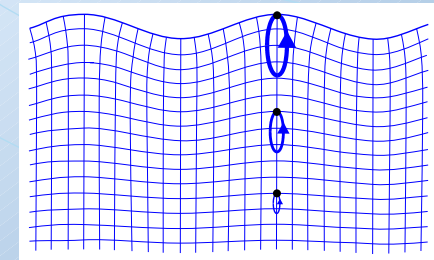
Longitudinalwelle



Transversalwelle



Rayleighwelle

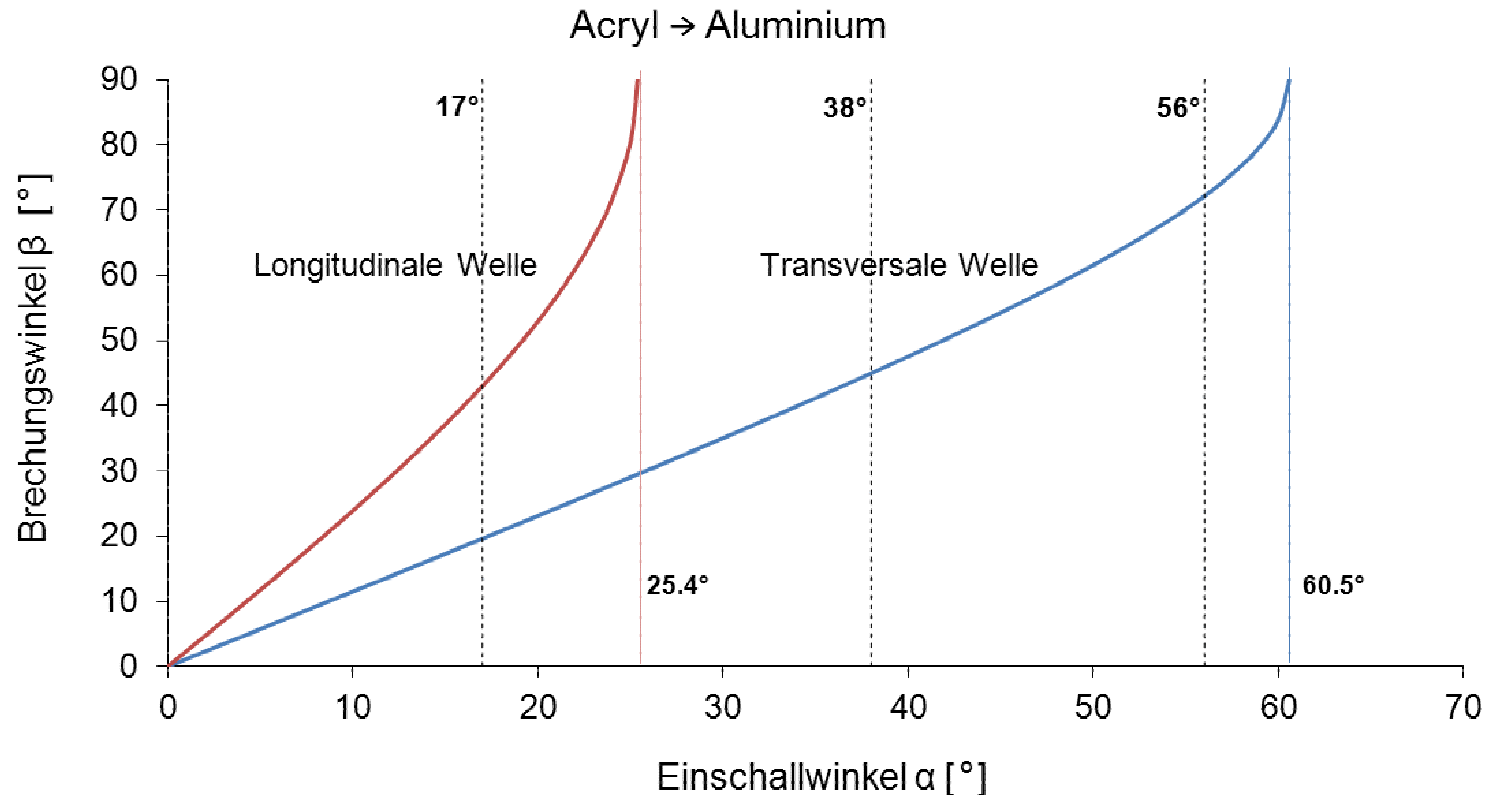


Ausbreitungsrichtung



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

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

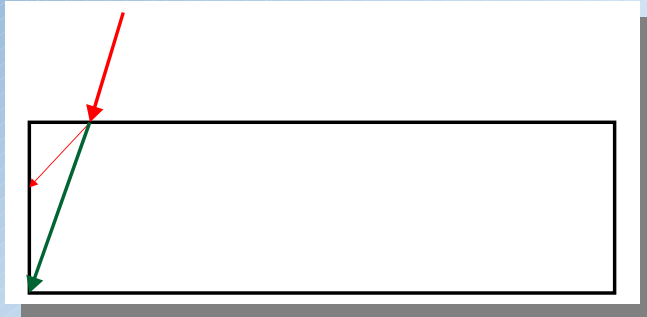


$$c_{\text{Acryl}} = 2700 \text{ m/s}$$

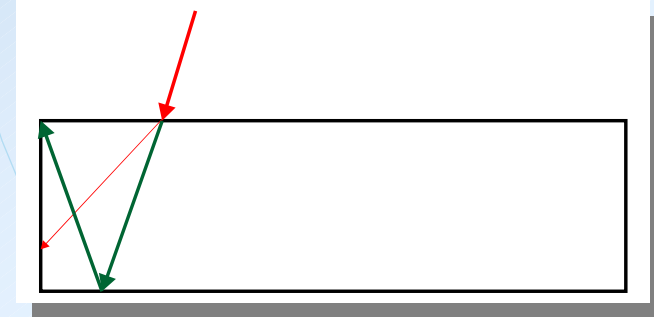
$$c_{\text{Alum.L}} = 6300 \text{ m/s}$$

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

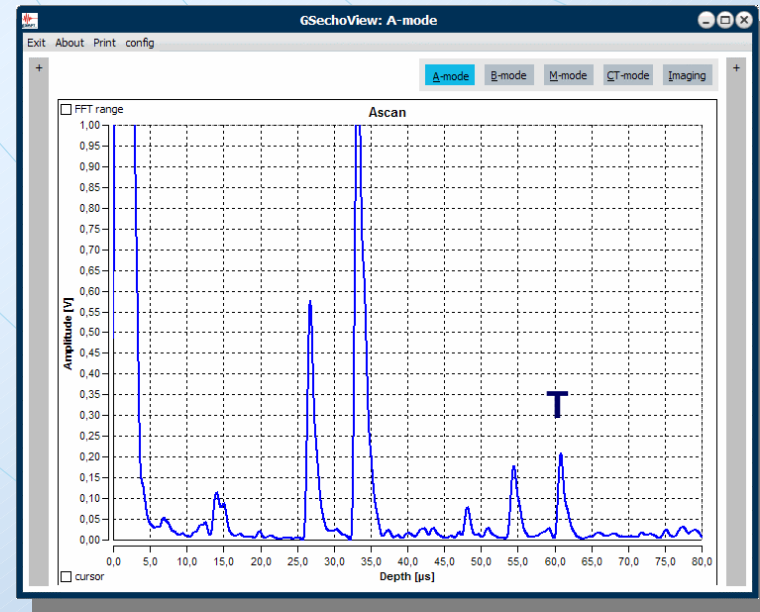
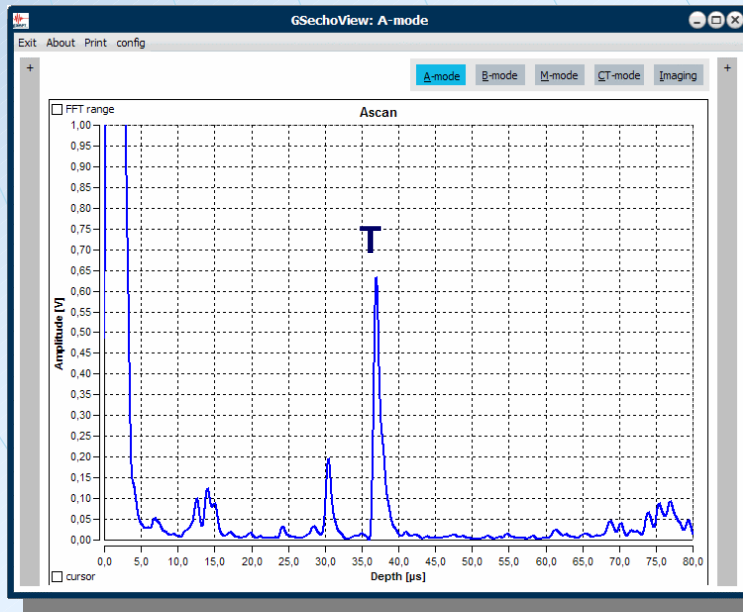
# Transversalwellenechos - 17°-Keil



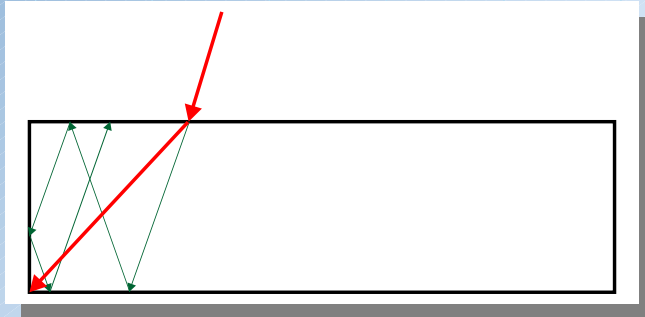
Echo im halben Sprungabstand



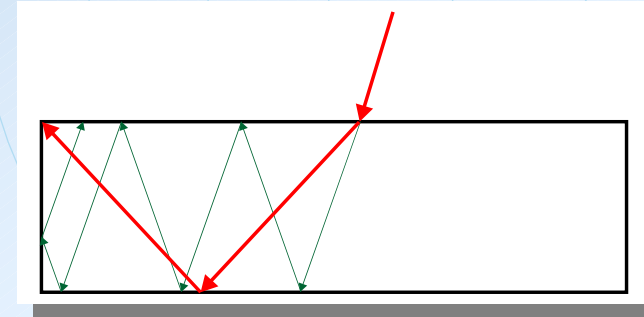
Echo im vollen Sprungabstand



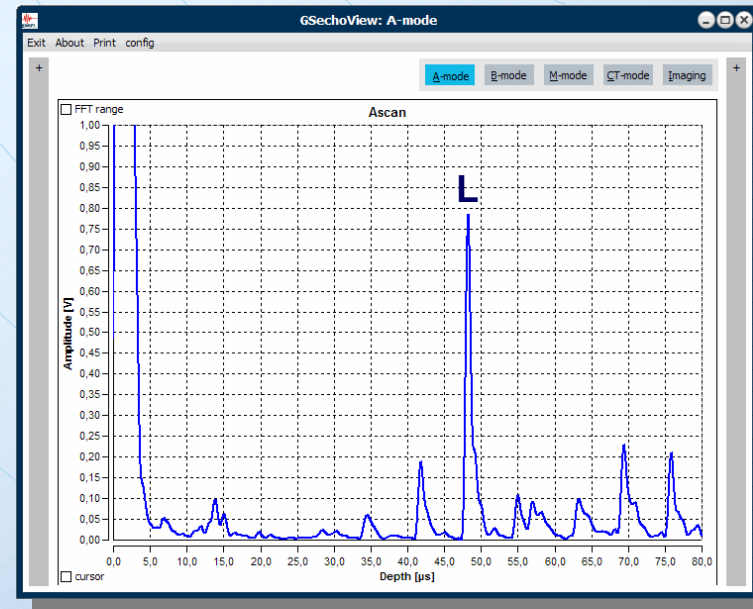
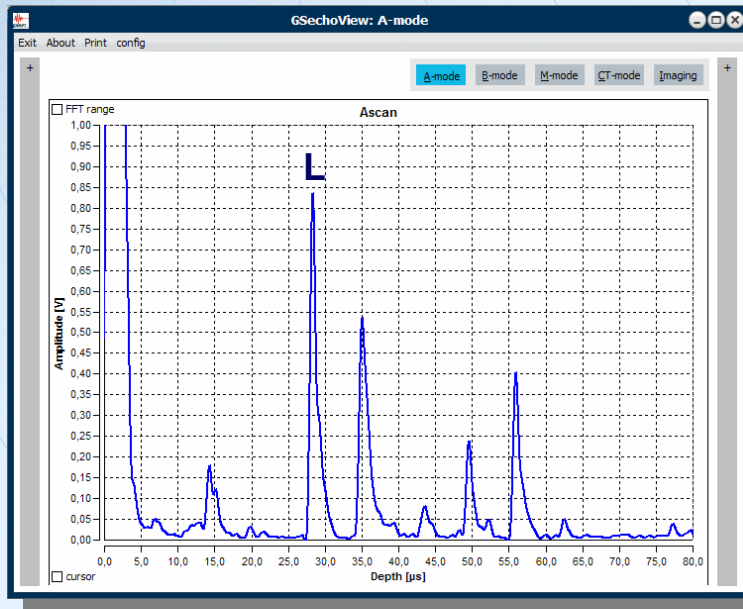
# Longitudinalwellenechos - 17°-Keil



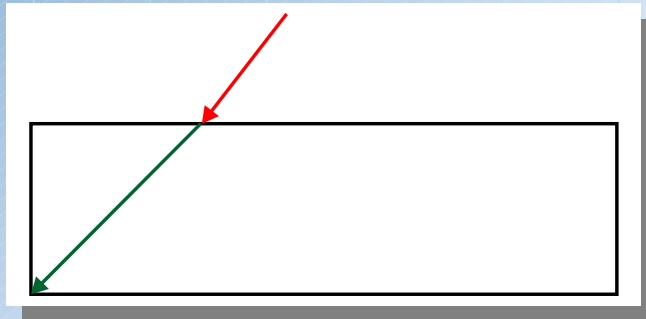
Echo im halben Sprungabstand



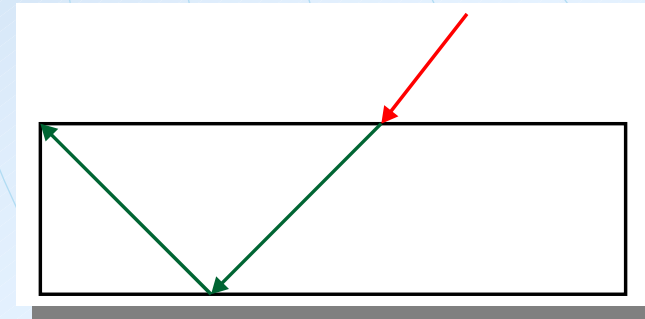
Echo im vollen Sprungabstand



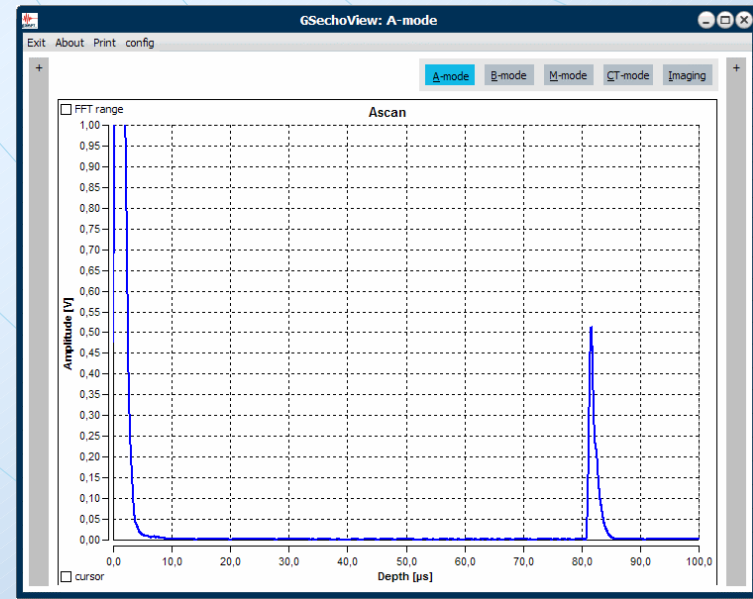
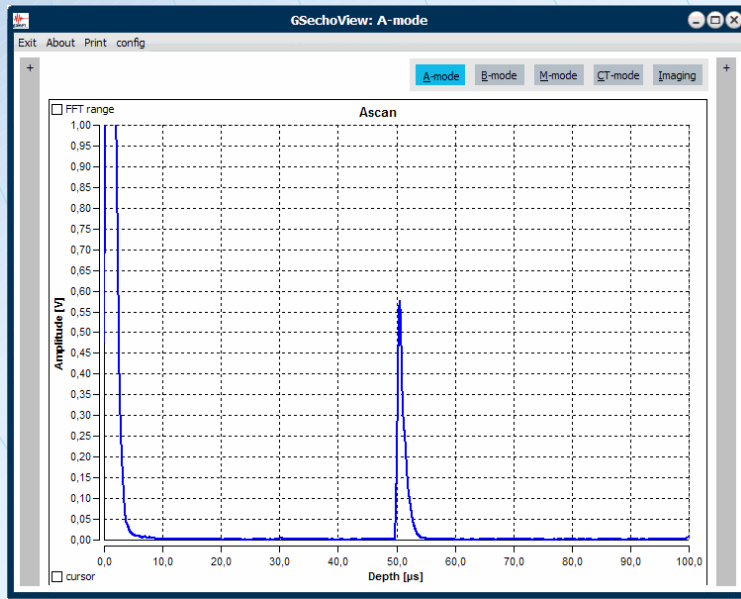
# Transversalwellenechos - 38°-Keil



Echo im halben Sprungabstand



Echo im vollen Sprungabstand





Schallaustrittspunkt:

$$x_u = p_1 - 2 p_0$$

Sprungabstand:

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

Brechungswinkel:

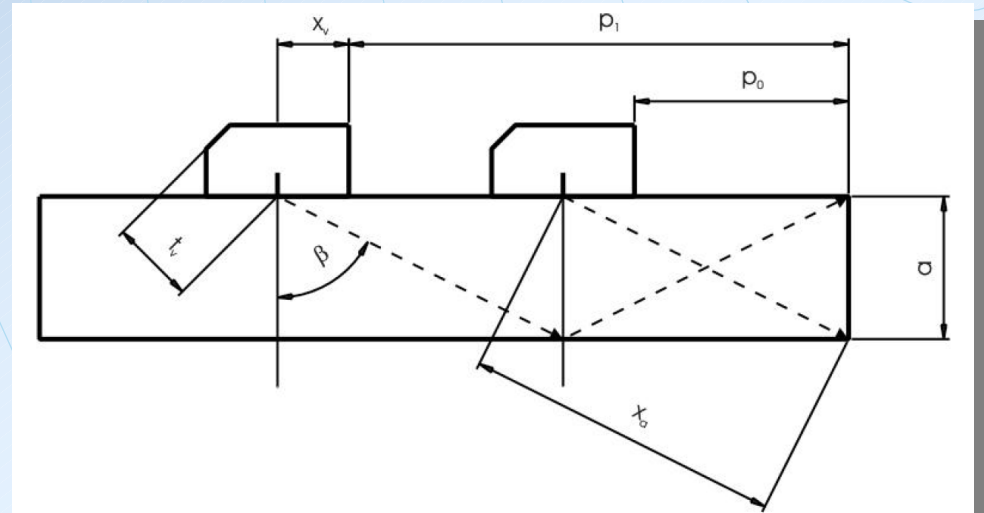
$$\tan \beta = \frac{p_1 - p_0}{a}$$

Schallgeschwindigkeit:

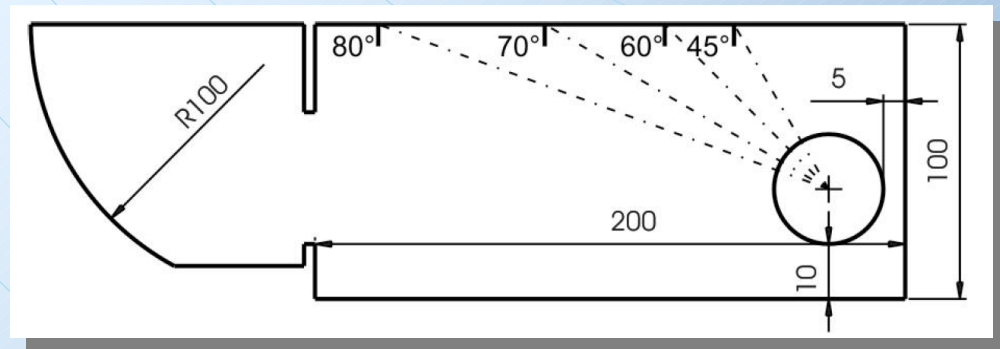
$$c = \frac{2 x_a}{t_1 - t_0}$$

Laufzeit in Vorlaufstrecke:

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



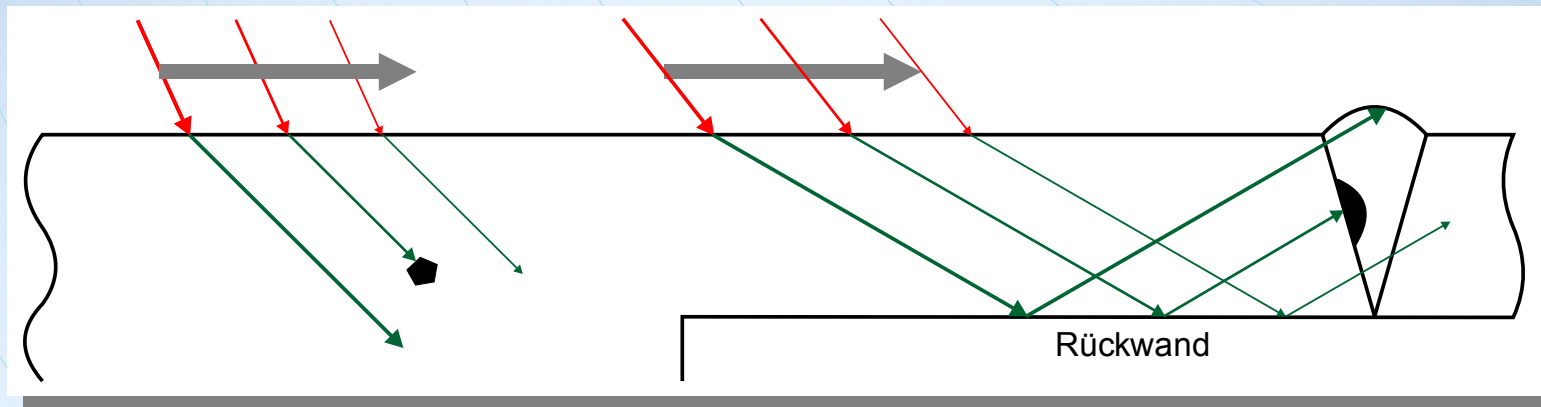
Verkürzte Projektionsabstände  $p_0$  und  $p_1$   
im halben und vollen Sprungabstand



Prüfkörper für Winkelprüfköpfe

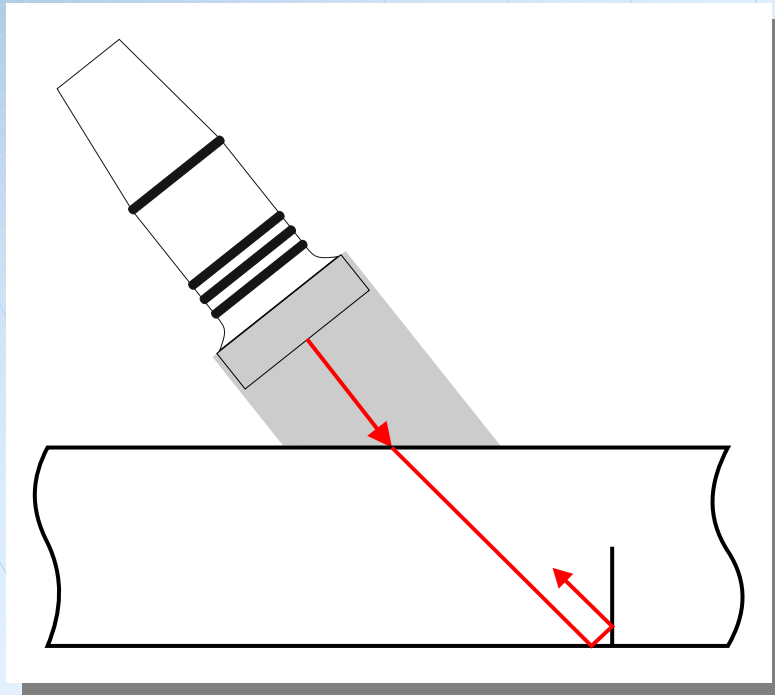
## Suche nach Störstellen im Material

- 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



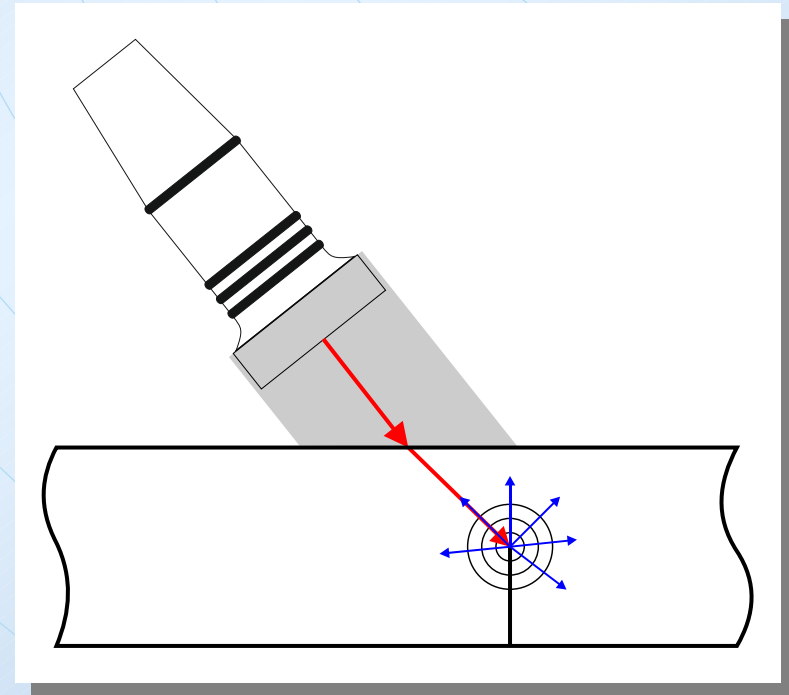
## Winkelecho

Reflexion an Rückwand und Rissfläche

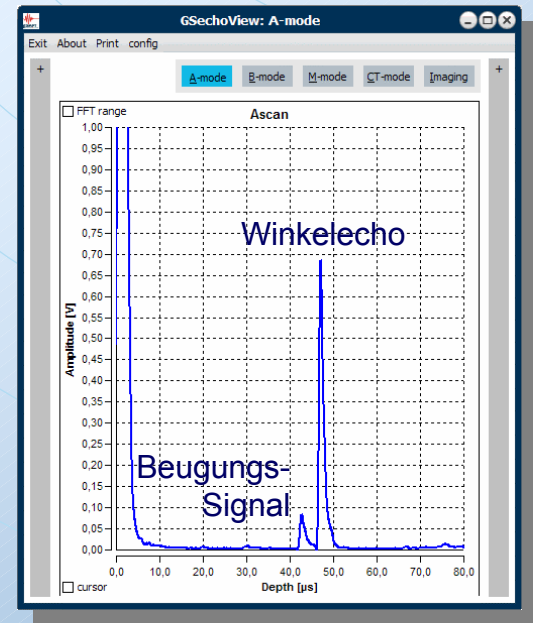
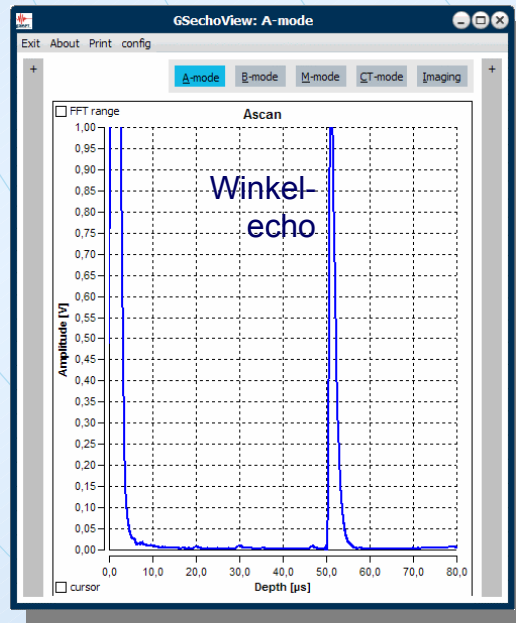
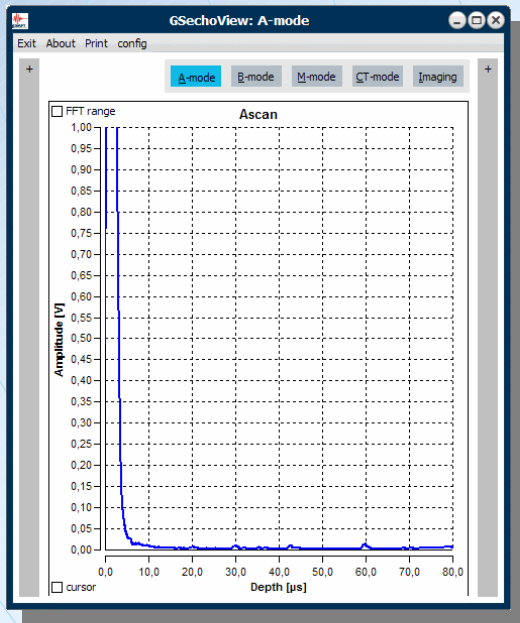
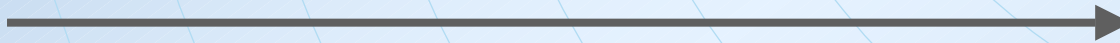
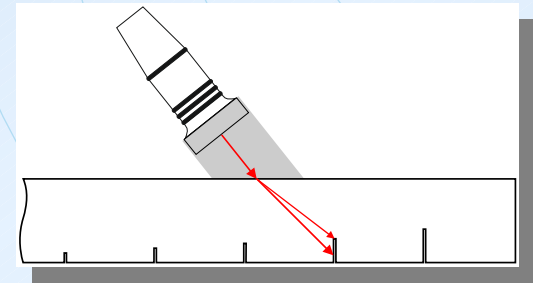
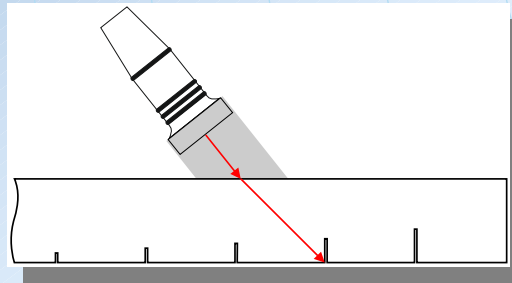
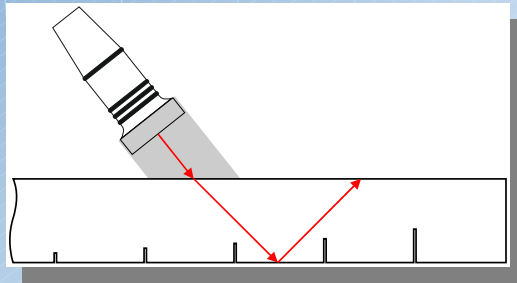


## Kugelförmige Wellenfront

Beugung an der Risspitze



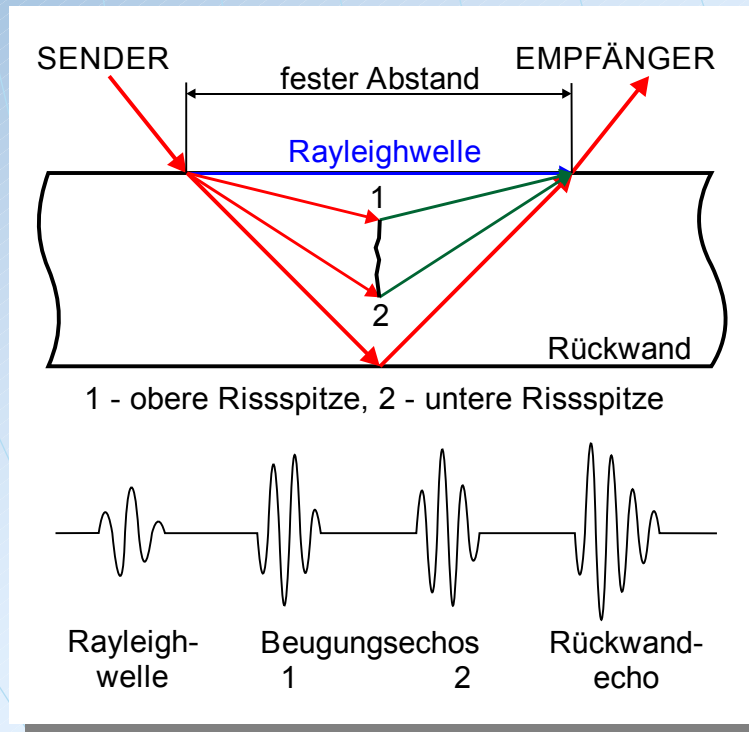
# Winkel- und Beugungsecho



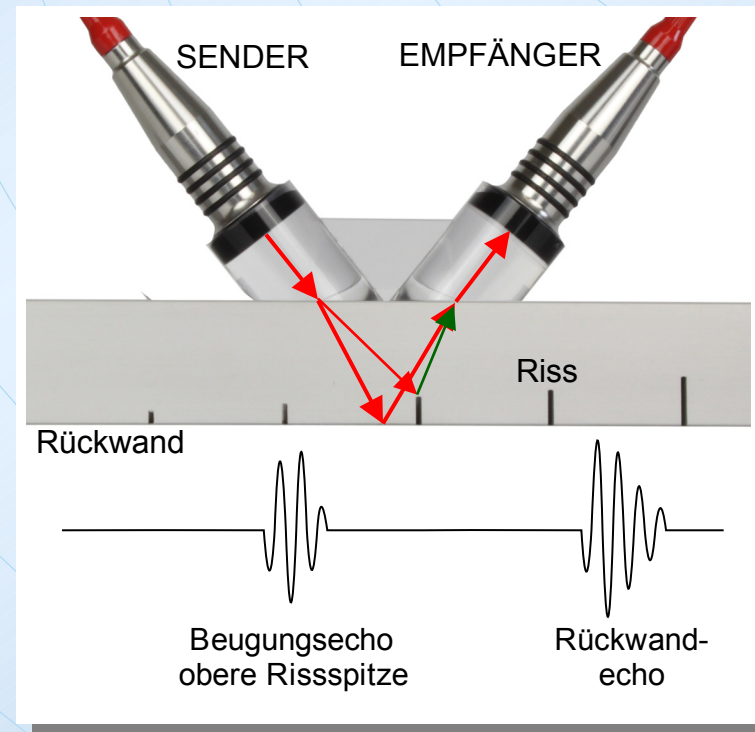


## Standardisiertes Prüfverfahren (Schweißnahtprüfung)

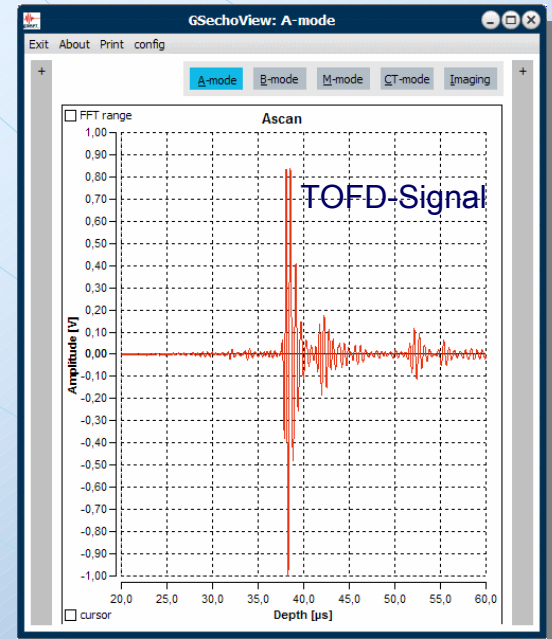
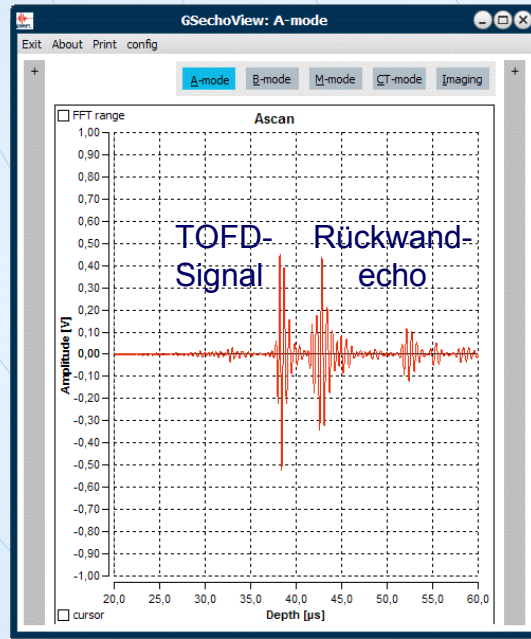
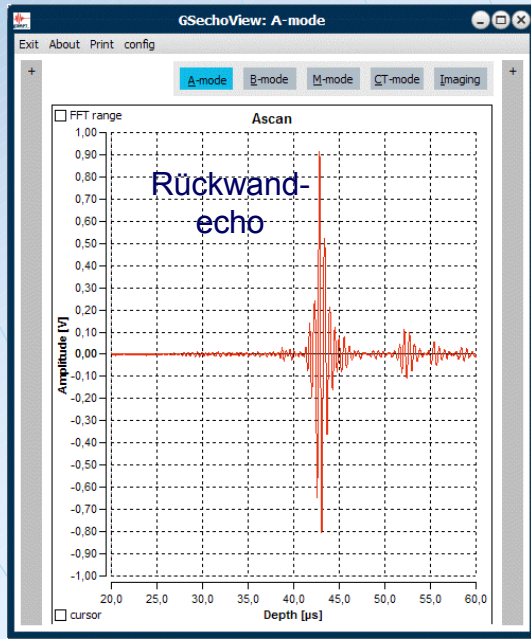
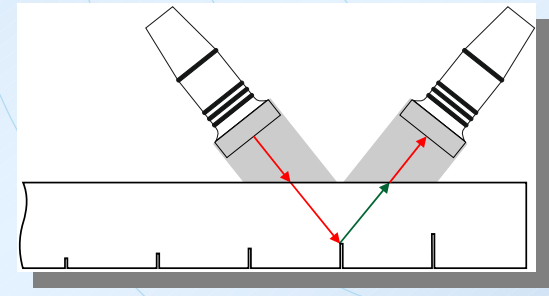
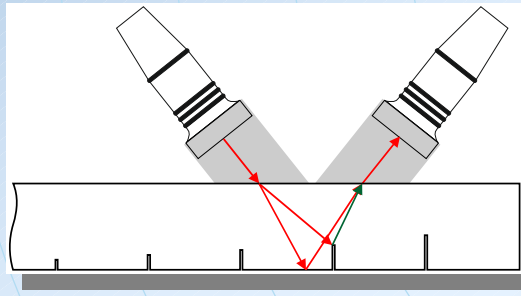
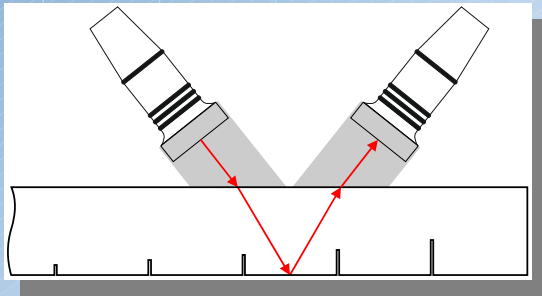
### Grundprinzip des TOFD-Verfahrens



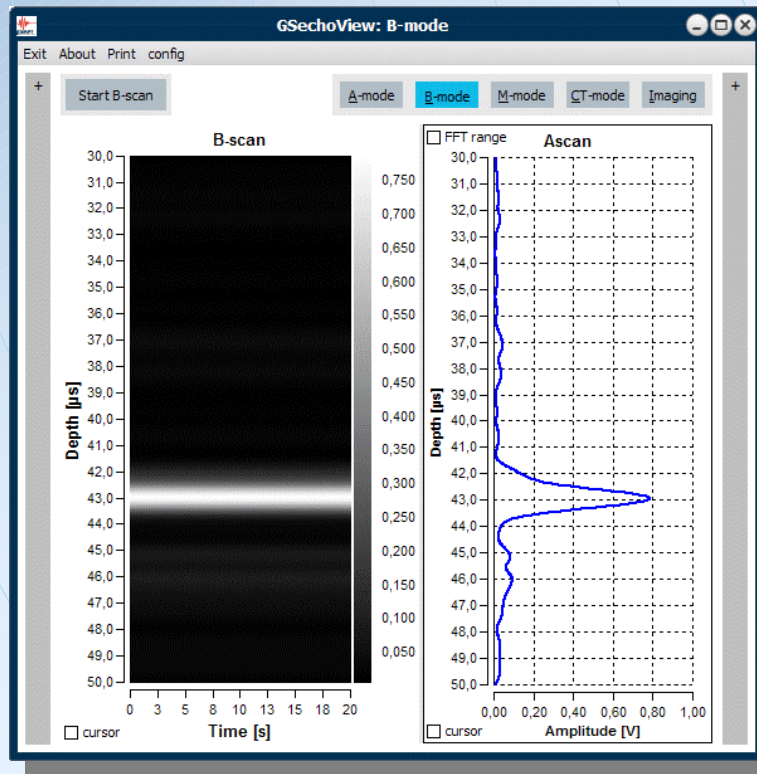
### TOFD im Experiment (IND07)



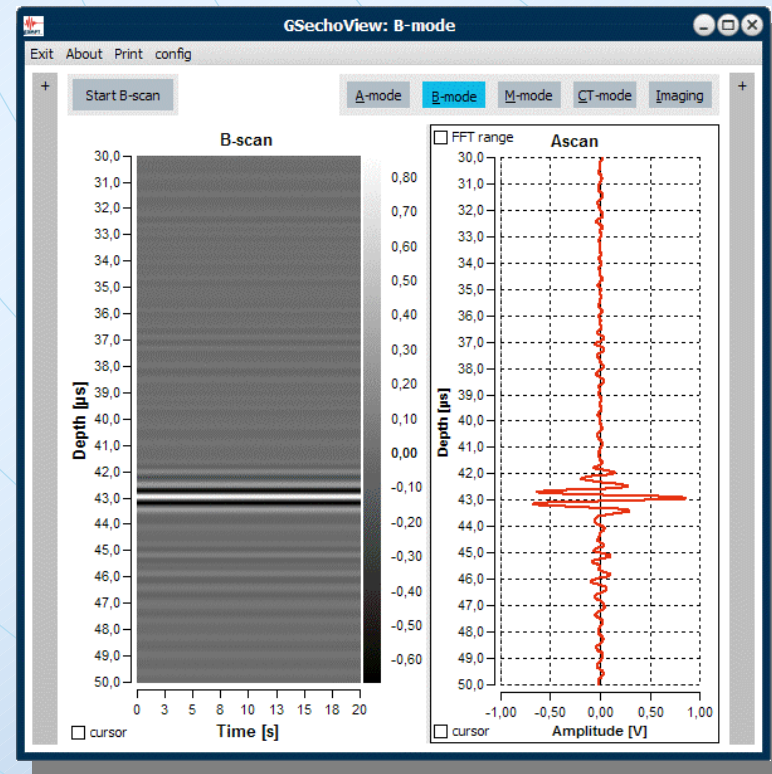
# TOFD-HF-Bilder

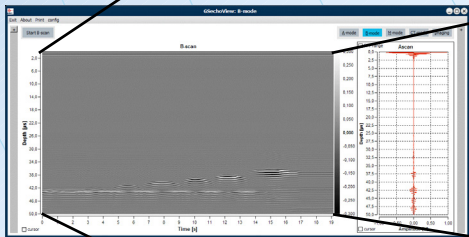
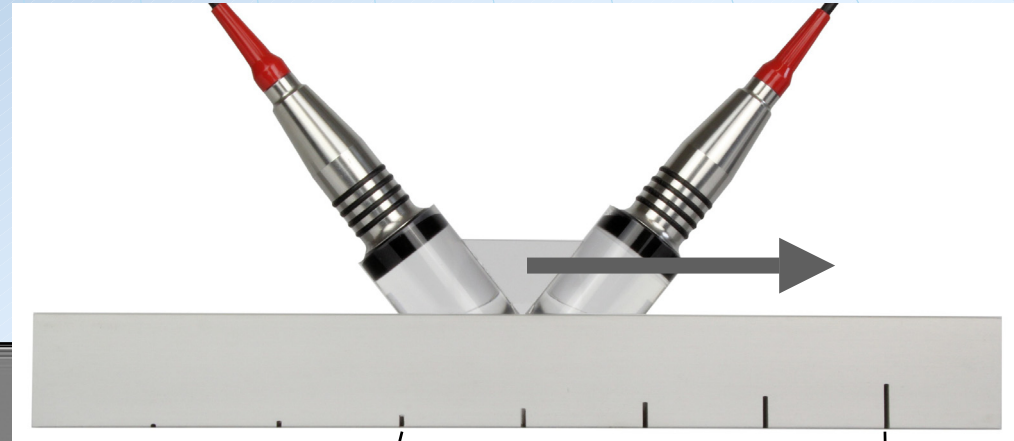


## B-Bild Grauwertkodierung des Amplitudensignals



## TOFD-Bild Grauwertkodierung des HF-Signals







Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

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

... in unserem  
Praktikumskatalog

... oder auf unserer Webseite unter  
**www.gampt.de.**

