

Reflexion von ebenen Ultraschallwellen an einer Planfläche

Versuchsziele

- Messung der reflektierten Intensität bei festem Einfallswinkel in Abhängigkeit von der Winkelstellung des Empfängers
- Bestimmung des Ausfallwinkels
- Bestätigung der Beziehung „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“

Grundlagen

Ziel des Versuchs ist der Nachweis, daß das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ auch für Ultraschallwellen gilt. Als Ausfallswinkel wird der Winkel zwischen Lot und Richtung maximal reflektierter Intensität definiert (siehe Fig. 1).

Zwei Ultraschallwandler – es handelt sich um sog. Biegeschwinger – dienen je nach Beschaltung als Sender bzw. Empfänger. Die Umwandlung zwischen elektrischer und mechanischer Energie erfolgt durch einen piezoelektrischen Körper.

Wenn man eine elektrische Wechselspannung an den piezoelektrischen Körper legt, liefert der Wandler als Sender auf zwei verschiedenen Resonanzfrequenzen (ca. 40 kHz und 48 kHz) eine genügend hohe Schallamplitude. Umgekehrt regen Schallwellen mechanische Schwingungen im Wandler an. Der Wandler dient als Empfänger; die Amplitude der erzeugten piezoelektrischen Wechselspannung ist proportional zur Schallamplitude.

Der erste Wandler steht als punktförmige Ultraschallquelle im Brennpunkt eines Hohlspiegels, so daß eine ebene Welle entsteht. Das Signal des zweiten Wandlers, des Empfängers, wird über einen AC-Verstärker an ein Oszilloskop geführt. Das Amplitudenquadrat dieses Signals ist ein Maß für die reflektierte Intensität.

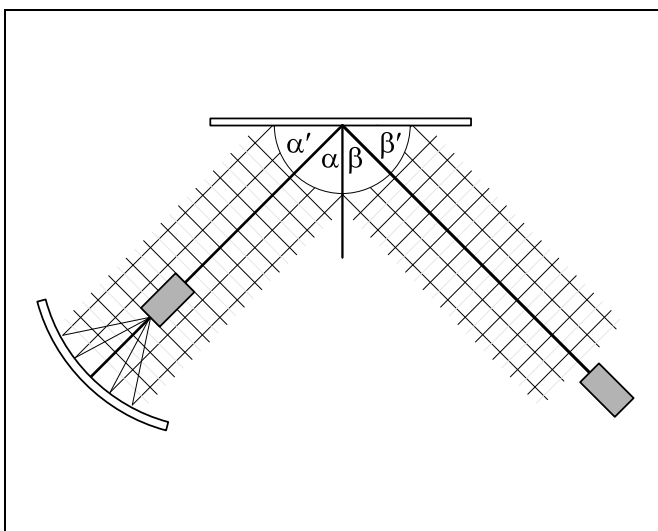


Fig. 1 Reflexion von ebenen Ultraschallwellen an einer Planfläche
 α = Einfallswinkel
 β = Ausfallswinkel

Geräte	
2 Ultraschallwandler, 40 kHz	416 000
1 Generator 40 kHz	416 012
1 AC-Verstärker	416 010
1 Hohlspiegel	389 241
1 Sensorhalter für Hohlspiegel	416 020
1 Zweikanal-Oszilloskop 303	575 211
1 Meßkabel BNC/4 mm	575 24
2 Kleine Optische Bänke	
mit kurzem Halter	460 43
1 Drehgelenk mit Winkelskala	460 40
1 Reflexionsplatte	587 66
1 Großer Stativfuß, V-förmig	300 01
2 Kleine Stativfüße, V-förmig	300 02
1 Stativstange, 50 cm, Ø 10 mm	301 27
1 Stativstange, 25 cm, Ø 12 mm	300 41
1 Stativstange, 10 cm, Ø 12 mm	300 40
1 Universalmuffe	666 615
2 Leybold-Muffen	301 01
1 Dosenlibelle	361 051
1 Rollbandmaß, 2 m	311 77

Aufbau

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 2 dargestellt.

zunächst:

- die beiden kleinen Optischen Bänke **(a)**, **(b)** auf kleinen Stativfüßen befestigen und durch das Drehgelenk mit Winkelskala **(c)** verbinden.
- Stativstange (301 27) durch Drehgelenk **(c)** schieben (nicht arretieren) und an großem Stativfuß befestigen.
- Optische Bänke sorgfältig in horizontale Lage bringen; mit Dosenlibelle kontrollieren.
- Reflexionsplatte an Stativstange montieren.
- Anordnung aus Hohlspiegel, Sensorhalter und erstem Ultraschallwandler **(d)** auf Optischer Bank **(a)** montieren.
- Zweiten Ultraschallwandler **(e)** auf Optischer Bank **(b)** befestigen und auf die Höhe des ersten Ultraschallwandlers justieren.
- Ultraschallwandler **(d)** an Generator schließen; Generator auf kontinuierlichen Betrieb stellen.
- Ultraschallwandler **(e)** über AC-Verstärker mit Oszilloskop verbinden.

Justierung:

- Anordnung auf $\alpha + \beta = 180^\circ$ stellen (siehe Fig. 1).
- Reflexionsplatte mit Hilfe des Rollbandmaßes möglichst genau parallel zur Optischen Bank ausrichten.
- Verstärkung des AC-Verstärkers auf Minimum stellen und Empfängersignal mit dem Oszilloskop beobachten.
- Frequenz am Generator so verstellen, daß das Empfängersignal maximale Amplitude hat.

Falls das Empfängersignal nicht „sinusförmig“ ist, der Verstärker also übersteuert:

- Frequenz am Generator so verstellen, daß Betriebsfrequenz des Senders etwas außerhalb der Resonanz liegt.

Feinjustierung:

- Empfänger so justieren, daß er genau gegenüber dem Sender liegt (maximale Spannungsamplitude des Empfängersignals).
- Senderarm auf 45° stellen, Empfängerarm schwenken und Spannungsamplitude des Empfängersignals in Abhängigkeit vom Winkel des Empfängerarms messen.

Falls die Spannungsamplitude neben einem Maximum bei ca. 45° ausgeprägte Nebenmaxima aufweist:

- Justierung der Ultraschallwandler überprüfen.

Durchführung

Erster Teil:

- festen Winkel $\alpha' = 45^\circ$ (siehe Fig. 1) einstellen.
- Winkel β' (siehe Fig. 1) von 30° bis 60° in Schritten von 1° variieren und Spannungsamplitude des Empfängersignals messen.
- $\beta = 90^\circ - \beta'$ und Spannungsamplitude protokollieren.

Zweiter Teil:

Bestätigung des Reflexionsgesetzes

- $\alpha' = 80^\circ$ einstellen.
- Zur Bestimmung des Ausfallswinkels β den Winkel β' solange variieren, bis die angezeigte Spannung maximal ist.
- Einfallswinkel $\alpha = 90^\circ - \alpha'$ und Ausfallswinkel $\beta = 90^\circ - \beta'$ protokollieren.
- Nächsten Wert für α' einstellen (Tab. 2)
- Ausfallswinkel β bestimmen.

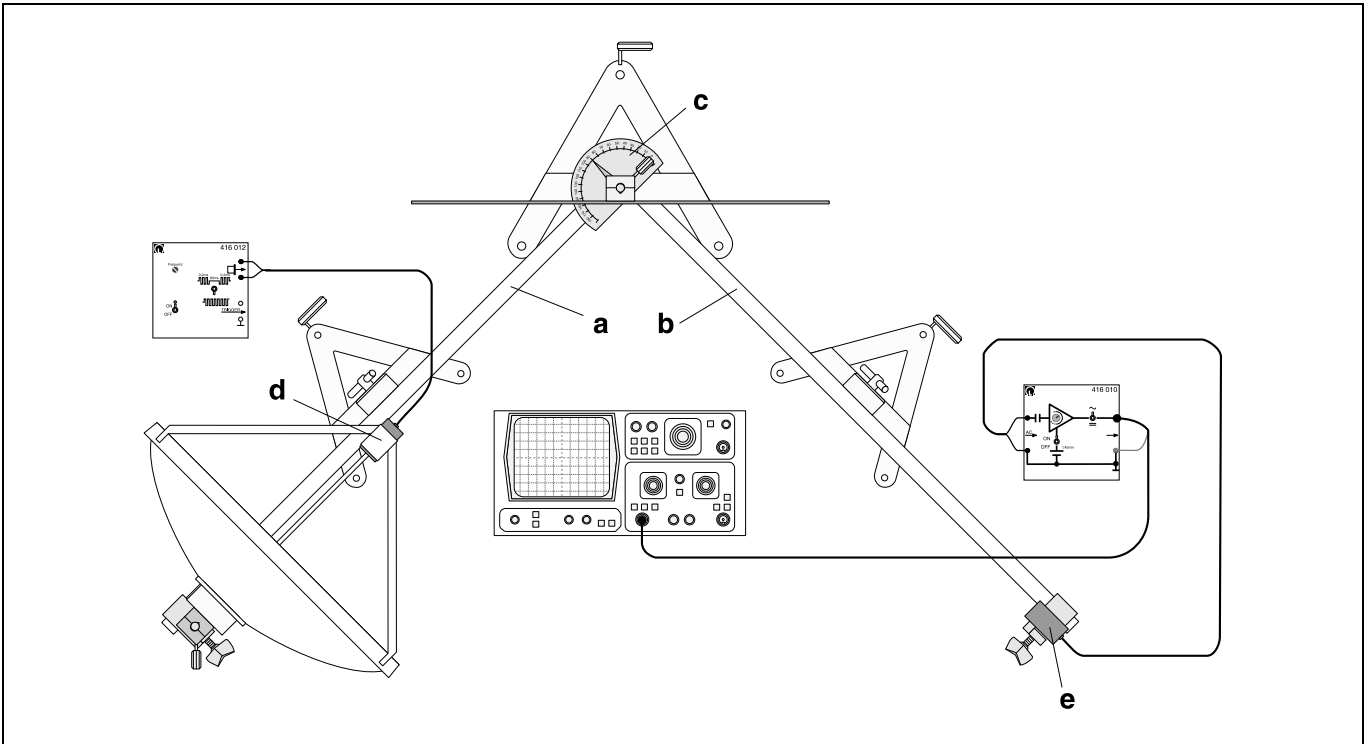


Fig. 2 Versuchsaufbau zur Reflexion von Ultraschallwellen, von oben betrachtet

Meßbeispiel

Tab. 1: Spannungsamplitude U des Empfängersignals bei $\alpha = 45^\circ$ in Abhängigkeit von β

β	$\frac{U}{V}$
30°	0
31°	0
32°	0
33°	0,05
34°	0,12
35°	0,12
36°	0,1
37°	0,1
38°	0,3
39°	0,4
40°	0,5
41°	0,9
42°	1,25
43°	1,95
44°	2,15
45°	2,3
46°	2,1
47°	1,75
48°	1,25
49°	0,8
50°	0,45
51°	0,4
52°	0,5
53°	0,5
54°	0,5
55°	0,5
56°	0,25
57°	0
58°	0
59°	0
60°	0

Tab. 2: Ausfallswinkel β in Abhängigkeit von Einfallswinkel α

$\alpha = 90^\circ - \alpha'$	$\beta = 90^\circ - \beta'$
10°	10°
20°	20°
30°	30,5°
40°	39,5°
45°	44,5°
50°	49°
60°	58°
70°	68,5°
80°	78,5°

Auswertung und Ergebnis

Fig. 3 zeigt die reflektierte Intensität als Funktion des Winkels β bei fest eingestelltem Winkel $\alpha = 45^\circ$ in graphischer Darstellung. Beim Ausfallswinkel $\beta = 45^\circ$ ist die Intensität maximal. Etwa 3° oberhalb bzw. unterhalb vom Ausfallswinkel nimmt die Intensität auf die Hälfte ab, d.h. die Halbwertsbreite der Intensitätsverteilung beträgt ca. 6° .

In Fig. 4 findet man das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel $\alpha =$ Ausfallswinkel β bestätigt. Die gemessenen Werte für α bzw. β liegen im Rahmen der Meßgenauigkeit auf einer Ursprungsgerechten mit der Steigung 1.

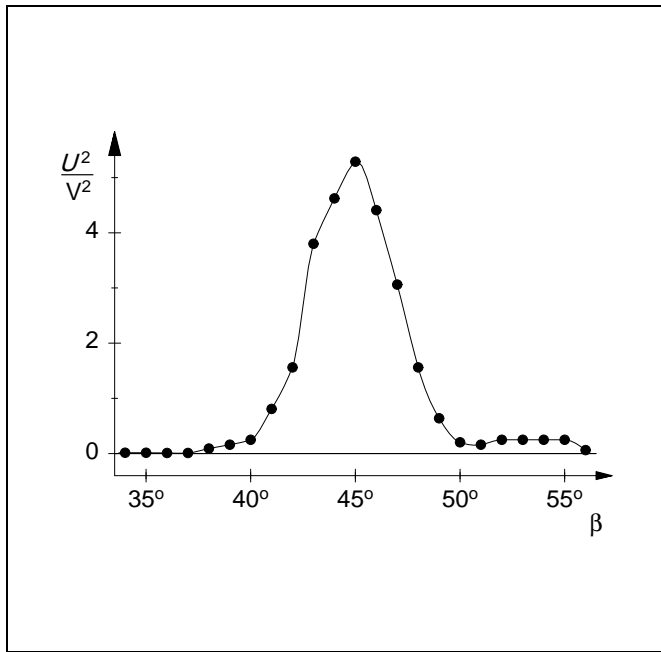


Fig. 3 Quadrat der Spannungsamplitude U am Empfänger als Funktion des Winkels β

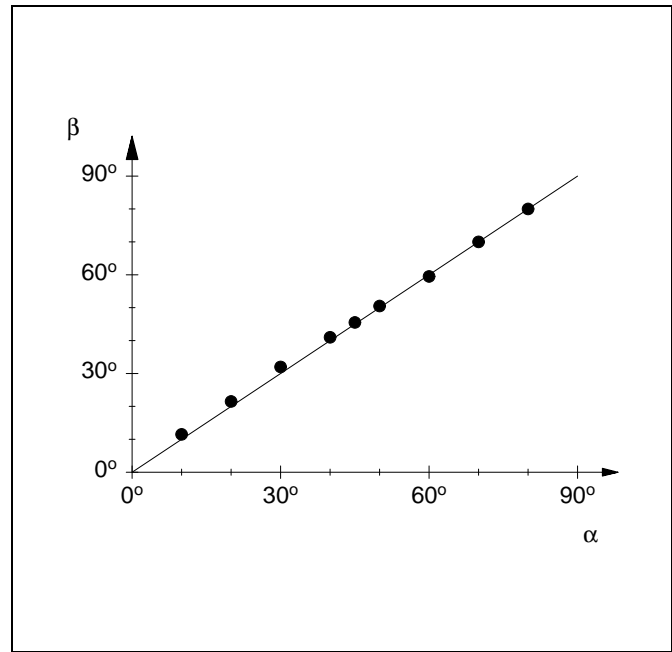


Fig. 4 Ausfallwinkel β als Funktion des Einfallswinkels α