



HSB

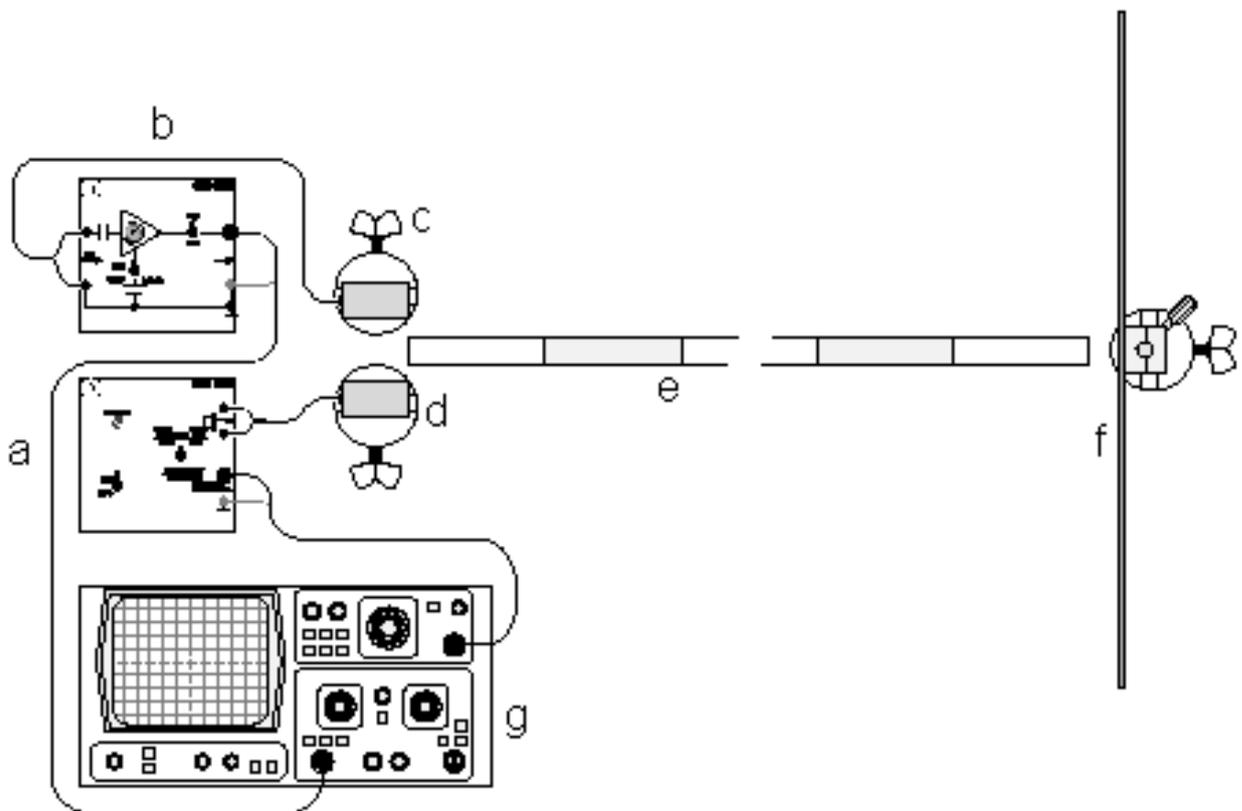
Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences

Labor für Technische Akustik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus

Versuch 8b:

Prinzip des Echolots



a: Generator 40 kHz

b: AC-Verstärker

c: Ultraschallwandler 40 kHz

d: Ultraschallwandler 40 kHz

e: Maßstab

f: Reflexionsplatte

g: Oszilloskop

1. Versuchsziele

In diesem Versuch soll das Prinzip des Echolots demonstriert und die Schallgeschwindigkeit in der Luft aus der Laufzeit eines Schallimpulses und der Entfernung zu einem reflektierenden Gegenstand bestimmt werden. Durch Messung der Laufzeit eines Schallimpulses kann zudem eine Entfernungsbestimmung durchgeführt werden.

2. Theoretische Grundlagen

Ultraschallwellen werden an Grenzflächen zwischen Medien unterschiedlichen Schallwellenwiderstands reflektiert. Beim Echolot sendet man gepulste Ultraschallsignale aus und misst die Zeit, nach der das an der Grenzfläche reflektierte Signal am Empfänger erscheint. Sender und Empfänger stehen dabei der Einfachheit halber möglichst am gleichen Ort. Aus der Zeitdifferenz zwischen Senden und Empfangen lässt sich bei bekannter Schallgeschwindigkeit die Entfernung zum Reflektor oder bei bekannter Entfernung die Schallgeschwindigkeit ermitteln. Technisch angewendet wird dieses Verfahren z.B. bei der Bestimmung von Meerestiefen.

Im folgenden Versuch wird das Echolotprinzip zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft und zur Bestimmung von Entfernungen genutzt.

Zwei Ultraschallwandler dienen je nach Beschaltung als Sender bzw. Empfänger. Die Umwandlung zwischen elektrischer und mechanischer Energie erfolgt durch ein piezoelektrisches Material.

Legt man eine elektrische Wechselspannung an das piezoelektrische Material, liefert der Wandler als Sender bei seiner Resonanzfrequenz eine genügend hohe Schallamplitude. Umgekehrt regen die Schallwellen mechanische Schwingungen im Wandler an. Der Wandler dient in diesem Fall als Empfänger. Die Amplitude der erzeugten piezoelektrischen Spannung ist proportional zur Schallamplitude.

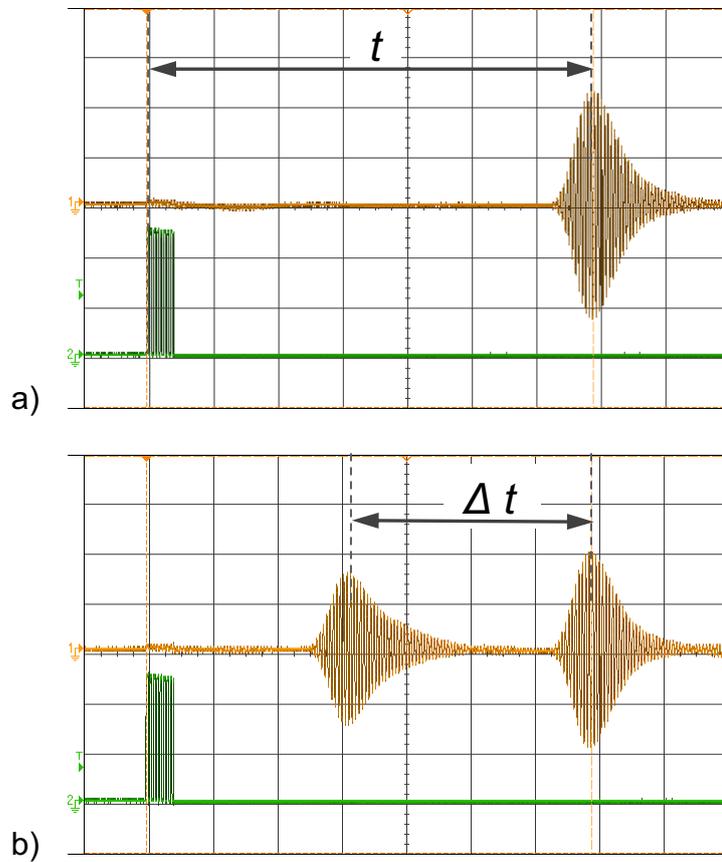


Abb. 1: Echolotsignal bei Reflexion an
a) der Reflexionsplatte und
b) der Reflexionsplatte und einem davor aufgestellten Hindernis

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

2	Ultraschallwandler, 40 kHz	416 000
1	Generator 40 kHz	416 013
1	AC-Verstärker	416 010
1	Oszilloskop	
2	Messkabel BNC/4 mm	575 24
1	Reflexionsplatte	587 66
1	Stativstange, 500 mm, Ø 10 mm	301 27
3	Sockel	300 11

Der Versuchsaufbau ist auf der Titelseite dieser Anleitung dargestellt; die Komponenten werden folgendermaßen miteinander verbunden:

- ein Ultraschallwandler (c) über den AC-Verstärker (b) mit Kanal 1 des Oszilloskops (g)
- ein zweiter Ultraschallwandler (d) mit dem Ausgang des Generators (a) und der Trigger-Ausgang des Generators (a) mit Kanal 2 des Oszilloskops (g)

Um eine genügend hohe Schallamplitude zu erhalten, muss die Generatorfrequenz mit der Resonanzfrequenz der Ultraschallwandler abgestimmt werden:

Dazu die beiden Ultraschallwandler einander zugewandt im Abstand von ca. 50 cm aufstellen. Am Generator die Betriebsart „kontinuierliches Signal“ (Schalter nach unten) wählen.

Den AC-Verstärker auf Betriebsart (~) und minimale Verstärkung einstellen. Die Frequenz am Generator dahingehend variieren, dass die Signalamplitude auf dem Oszilloskop ein Maximum erreicht.

- Nun den Ultraschallsender und -empfänger nebeneinander im Abstand von ca. 10 cm aufstellen.
- Die Reflexionsplatte (f) mit Standfuß im Abstand von $d = 100$ cm von den Ultraschallwandlern platzieren.

- Den Sender und den Empfänger so ausrichten, dass beide auf einen gemeinsamen Punkt in der Mitte der Reflexionsplatte zeigen.
- Den Generator auf Betriebsart „gepulstes Signal“ schalten.
- Am Oszilloskop als Trigger-Eingang Kanal 2 wählen.
- Die Verstärkung des AC-Verstärkers und die Einstellungen am Oszilloskop so anpassen, dass eine zweckmäßige Darstellung des Echolotsignals auf dem Bildschirm ähnlich wie in Abb. 1 erfolgt.

Hinweis:

Der AC-Verstärker und der Funktionsgenerator verfügen über eine Abschaltautomatik, deshalb bei fehlendem Signal die Geräte manuell aus- und wieder einschalten.

4. Versuchsdurchführung

Qualitative Demonstration des Echolotprinzips:

- Verändern Sie den Abstand zwischen Reflexionsplatte und Ultraschallwandler und beobachten Sie das Echolotsignal auf dem Oszilloskop.

Reflexion an einem zweiten Gegenstand:

- Positionieren Sie die Reflexionsplatte wieder im Abstand von $d = 100$ cm von den Ultraschallwandlern.
- Halten Sie zusätzlich ein Hindernis (z.B. Hand) zwischen Ultraschallwandler und Reflexionsplatte und beobachten Sie das Echolotsignal auf dem Oszilloskop.

Bestimmen Sie mit Hilfe des Oszilloskops die Laufzeiten t und Δt der empfangenen Echolotsignale entsprechend Abb. 1.

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit:

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Oszilloskops die Laufzeit t des Impulses und protokollieren Sie die Messwerte für Abstände zwischen Ultraschallwandler und Reflexionsplatte von $d = 40$ cm, $d = 60$ cm, $d = 80$ cm und $d = 100$ cm.

Hinweis:

Screenshots des Oszilloskops werden durch Drücken der Taste ‚Quick Action‘ auf einem vorne eingesteckten USB-Stick als png-Bilddateien gespeichert.

5. Auswertung

- Stellen sie den Signalweg $s = 2d$ in Abhängigkeit der Signallaufzeit grafisch dar.
- Ermitteln Sie die Schallgeschwindigkeit durch Bestimmung der Steigung ihrer Kennlinie.
- Bestimmen Sie die Position des von ihnen eingefügten Hindernisses in Bezug zur Reflexionsplatte unter Verwendung ihrer Messwerte aus obigen Experimenten für die Laufzeit und der berechneten Schallgeschwindigkeit.
- Erläutern Sie die Messergebnisse.

Hinweis:

Die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit c in Luft von der Raumtemperatur ϑ ist gegeben durch:

$$c = 331,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\vartheta}{^{\circ}\text{C}}$$