



# HSB

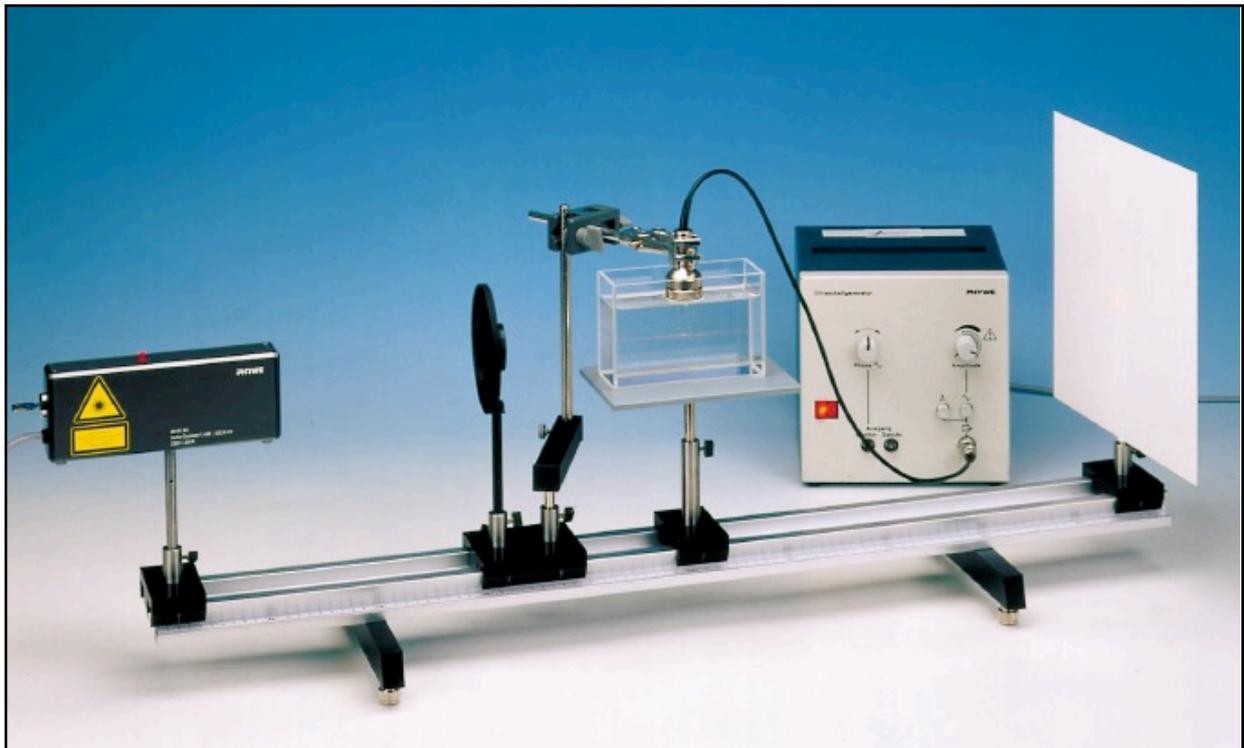
Hochschule Bremen  
City University of Applied Sciences

## Labor für Technische Akustik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus

### Versuch 5a:

### Optische Ermittlung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten



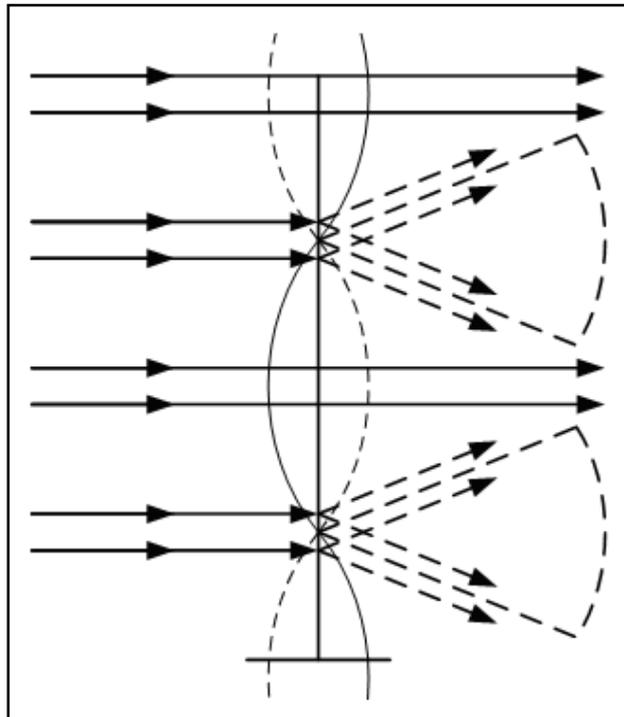
**Abbildung 1:** Experimenteller Aufbau zur optischen Ermittlung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten.

## 1. Versuchsziel

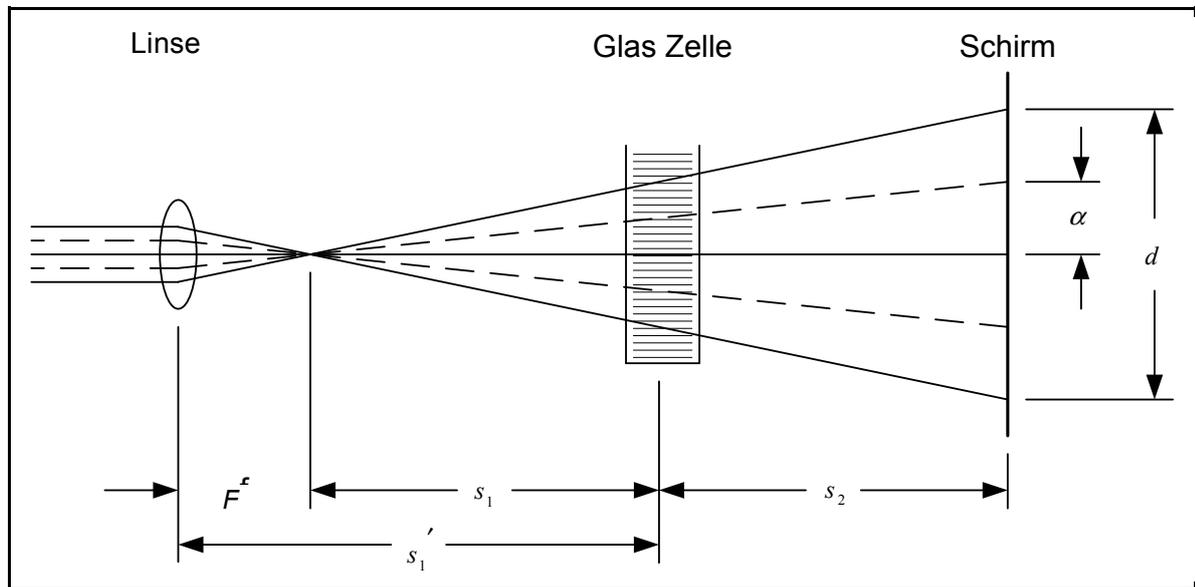
In einer mit einer Flüssigkeit gefüllten Küvette ist eine stehende Ultraschallwelle zu erzeugen die ihrerseits von einem Laserstrahl durchquert wird. Die Wellenlänge  $\lambda$  des Ultraschalls kann aufgrund des schalldruckabhängigen Brechungsindex durch Projektion des Schalldruckfeldes auf einen Schirm ermittelt werden. Anschließend lässt sich bei bekannter Frequenz  $f$  mithilfe der Wellenlänge die Schallgeschwindigkeit  $c$  der jeweiligen in der Küvette befindlichen Flüssigkeit bestimmen.

## 2. Theoretische Grundlagen

Der durch eine Linse aufgeweitete, die Flüssigkeit durchstrahlende Laserstrahl, wird in den Bereichen der Schwingungsknoten aufgrund großer Brechungsindexänderung abgelenkt. In der Umgebung von Schwingungsbäuchen findet demgegenüber nahezu keine Ablenkung der Lichtstrahlen statt, da dort die Brechungsindexänderung sehr gering ist. Die Schwingungsbäuche erscheinen daher als helle Streifen und die Schwingungsknoten demgegenüber als dunklere Bereiche auf dem Schirm.



**Abbildung 2:** Brechung von Licht an einer stehenden Ultraschallwelle



**Abbildung 3:** Strahlengang des Laserstrahls im Versuchsaufbau

Mithilfe des Abstandes zweier aufeinanderfolgender heller Streifen  $\alpha$  kann die Wellenlänge  $\lambda$  bestimmt werden, wobei ein geometrischer Korrekturfaktor berücksichtigt werden muss. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus der Brennweite  $F$  der Linse und den geometrischen Abständen  $s_1$ ,  $s_2$  und  $s_1'$  des Versuchsaufbaus zu

$$k = \frac{s_1}{s_1 + s_2} = \frac{s_1}{s_1' - F + s_2}. \quad (1)$$

Die Schallwellenlänge erhält man dann durch

$$\lambda = 2\alpha k = 2\alpha \frac{s_1}{s_1' - F + s_2}, \quad (2)$$

wobei zur genaueren Bestimmung des Streifenabstand die Beziehung

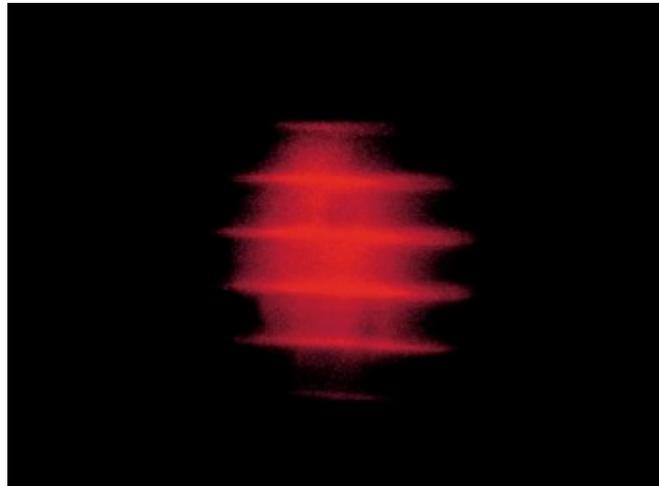
$$\alpha = \frac{d}{N+1} \quad (3)$$

verwendet werden sollte. Hierbei gibt  $d$  den Abstand zwischen dem obersten und untersten Streifen und  $N$  die Anzahl der dazwischen liegenden Streifen an. Die Geschwindigkeit des Schalls ergibt sich schlussendlich aus

$$c = \lambda f, \quad (4)$$

wobei  $f = 800$  kHz als bekannte Ultraschallfrequenz vorausgesetzt werden kann.

In Abb. 4 ist ein typisches auf den Schirm projiziertes Streifen-Bild dargestellt.



**Abbildung 4:** Auf dem Schirm während der Messung sichtbares Bild

### 3. Versuchsaufbau

Abb. 1 zeigt den experimentellen Aufbau. Die Küvette ist zu  $\frac{2}{3}$  mit Flüssigkeit gefüllt. Der Schallkopf wird einige wenige Millimeter mit der Auflagefläche parallel zum Boden der Küvette eingetaucht.

**Achtung:** Wird der Schallkopf in Luft betrieben, so kommt es zu einer erhöhten Wärmeentwicklung des Schallkopfes. Die Marke des Stellknopfes darf deshalb nicht in den schraffierten Bereich gedreht werden! Befindet sich hingegen die Abstrahlfläche des Schallkopfes in der Flüssigkeit, so kann auch im Dauerbetrieb mit maximaler Erregerspannung gearbeitet werden.

Der Laserstrahl wird mit einer Linse, welche einen Brennpunkt von 20 mm besitzt, aufgeweitet. Die Linse ist ungefähr 20 cm vor der Küvette, der Bildschirm ungefähr 50 cm nach der Küvette entfernt anzuordnen. Laser und Linse sind so einzustellen, dass der Laserstrahl die Flüssigkeit genau zwischen dem Schallkopf und dem Boden der Küvette durchquert.

Das Experiment wird in einem halbdunklen Raum durchgeführt. Die Generatoramplitude wird auf einen mittleren Wert eingestellt. Der Schallkopf wird so eingetaucht, dass auf dem Bildschirm definierte helle Streifen und dunklere Bereiche entstehen.

Die Entfernungen der Streifen werden für verschiedene Flüssigkeiten bestimmt. Für eine präzise Beurteilung der Ergebnisse, ist die Temperatur der Flüssigkeiten festzuhalten.

Gasblasen, welche sich auf der Oberfläche des Tonkopfes oder an den Wänden der Küvette befinden, müssen entfernt werden.

**Geräteliste:**

|   |   |          |
|---|---|----------|
| 1 | Ultraschallgenerator  | 11744.93 |
| 1 | Laser, Helium-Neon, 1,0 mW, 230 V AC                        | 08181.93 |
| 1 | Küvette, 150 x 55 x 100 mm                                  | 03504.00 |
| 1 | Linsenhalter  | 08012.00 |
| 1 | Linse in Fassung, $f = +20$ mm                              | 08018.01 |
| 1 | Schirm, Metall, 300 x 300mm                                 | 08062.00 |
| 1 | Optische Profilbank, $l = 1000$ mm                          | 08282.00 |
| 2 | Fuß für optische Profilbank, justierbar                     | 08284.00 |
| 1 | Reiter für optische Profilbank, $h = 80$ mm                 | 08286.02 |
| 3 | Reiter für optische Profilbank, $h = 30$ mm                 | 08286.01 |
| 1 | Fuß   | 02005.55 |
| 1 | Tischchen auf Stiel, 18,5 x 11 cm                           | 08060.00 |
| 1 | Thermometer $-10^{\circ}\text{C} \dots +30^{\circ}\text{C}$ | 05949.00 |
| 2 | Doppelmuffe –PASS-  | 02040.55 |
| 1 | Stativstange Edelstahl 18/8, $l = 500$ mm                   | 02031.00 |
| 1 | Stativstange Edelstahl 18/8, $l = 150$ mm                   |          |
| 1 | Universalklemme   | 37715.00 |
| 3 | Glycerol, 250 ml  | 30084.25 |
| 1 | Destilliertes Wasser, 5 l                                   | 31246.81 |
| 1 | Salzlösung 200 ppt  |          |
| 1 | Messschieber  |          |

## 4. Versuchsdurchführung

Der Versuch wird mit drei unterschiedlichen Medien durchgeführt.

- destilliertes Wasser
- Salzlösung (200 ppt)
- Glycerin

**Hinweis:** Die Flüssigkeit in der Region des akustischen Feldes wird durch die Absorption des Ultraschalls aufgeheizt. Die Messung sollte daher mit der kleinstmöglichen Amplitude durchgeführt werden.

- Laser, Linse und Küvette sind in einer Flucht auszurichten, so dass das projizierte Bild mittig auf dem Schirm erscheint.
- Abstand zwischen Schallkopf und Küvettenboden einstellen bis klar definierte Streifen entstehen. Nutzen Sie die Höhenpositionierung der optischen Profilbank.
- Übertragen sie die Streifen auf ein Blatt Papier und messen Sie den Abstand  $\alpha$  zwischen den Streifen bei dem jeweiligen Medium.
- Messen Sie die Temperatur im ausgeschalteten Zustand des Schallkopfes bei dem jeweiligen Medium.

**Hinweis:** Für eine genauere Bestimmung des Abstandes  $\alpha$  messen Sie die gesamte Höhe  $d$  des projizierten Bildes, d.h. den Abstand der äußersten Streifen voneinander, und teilen sie diese durch  $N + 1$ , wobei  $N$  die Anzahl der dazwischenliegenden Streifen angibt.

## 5. Auswertung

- Legen Sie die theoretischen Grundlagen dar.
- Bestimmen Sie die Wellenlänge  $\lambda$  bei dem jeweiligen Medium.
- Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit  $c$  der unterschiedlichen Medien.
- Erläutern Sie die Entstehung einer stehenden Welle.
- Beschreiben Sie, warum sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls in unterschiedlichen Flüssigkeiten ändert.
- Erläutern Sie die Messergebnisse und vergleichen Sie diese mit der Literatur.