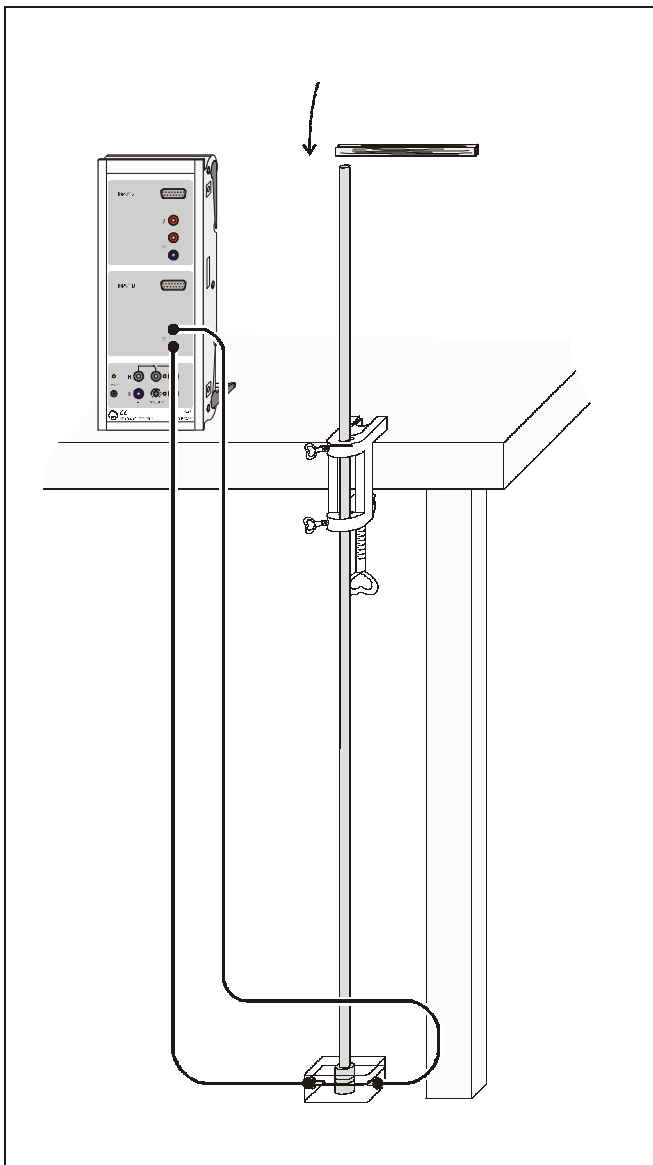


Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Festkörpern

Versuchsziele

- Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Aluminium, Kupfer, Messing und Stahl aus der Laufzeit eines Schallimpulses in einem Stab.
- Bestimmung des Elastizitätsmoduls aus der Schallgeschwindigkeit und der Dichte des Materials.



Grundlagen

Schall breitet sich nicht nur in Gasen sondern auch in flüssigen und festen Körpern aus. Für die Schallgeschwindigkeit ergeben sich in den verschiedenen Stoffen sehr unterschiedliche Werte. In festen Stoffen ist sie größer als in Gasen oder in Flüssigkeiten.

Bei festen Stoffen ist es am einfachsten die Schallgeschwindigkeit in einem langen Stab zu untersuchen, dessen Durchmesser klein gegen seine Länge ist. Hier gilt der Zusammenhang

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (I)$$

E : Elastizitätsmodul, ρ : Dichte

Im Versuch wird zur Messung der Schallgeschwindigkeit in langen Metallstäben die Mehrfachreflexion eines kurzen Schallimpulses an den Stabenden ausgenutzt. Der Impuls wird durch Anticken des oberen Stabendes mit einem kleinen Hammer erzeugt und läuft zunächst nach unten. An beiden Stabenden wird er nacheinander mehrfach reflektiert, wobei die an einem Stabende ankommenden Impulse gegeneinander um die Laufzeit t verzögert sind.

Da die Laufzeit t die Summe aus Hin- und Rücklaufzeit ist, ergibt sich die Schallgeschwindigkeit c zusammen mit der Stablänge s zu

$$c = \frac{2s}{t} \quad (II).$$

Die Metallstäbe stehen auf einem piezoelektrischen Körper, der die durch den Schallimpuls am Stabende verursachten Druckänderungen in elektrische Ströme umwandelt. Diese werden vom computerunterstützten Messsystem Sensor-CASSY als Spannungssignale aufgezeichnet.

Fig. 1 Versuchsaufbau zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Festkörpern

Geräte

1 Satz 3 Metallstangen	413 651
1 Stativstange, 150 cm	300 46
1 Piezoelektrischer Körper	587 25
1 Sensor-CASSY	524 010
1 CASSY Lab	524 200
1 Tischklemme, einfach	301 07
Experimentierkabel	


zusätzlich erforderlich:

- 1 Holzstab
- 1 PC mit Windows 95/98/NT oder höher

zusätzlich empfohlen:

1 Einteller-Oberschalenwaage	315 232
------------------------------	---------

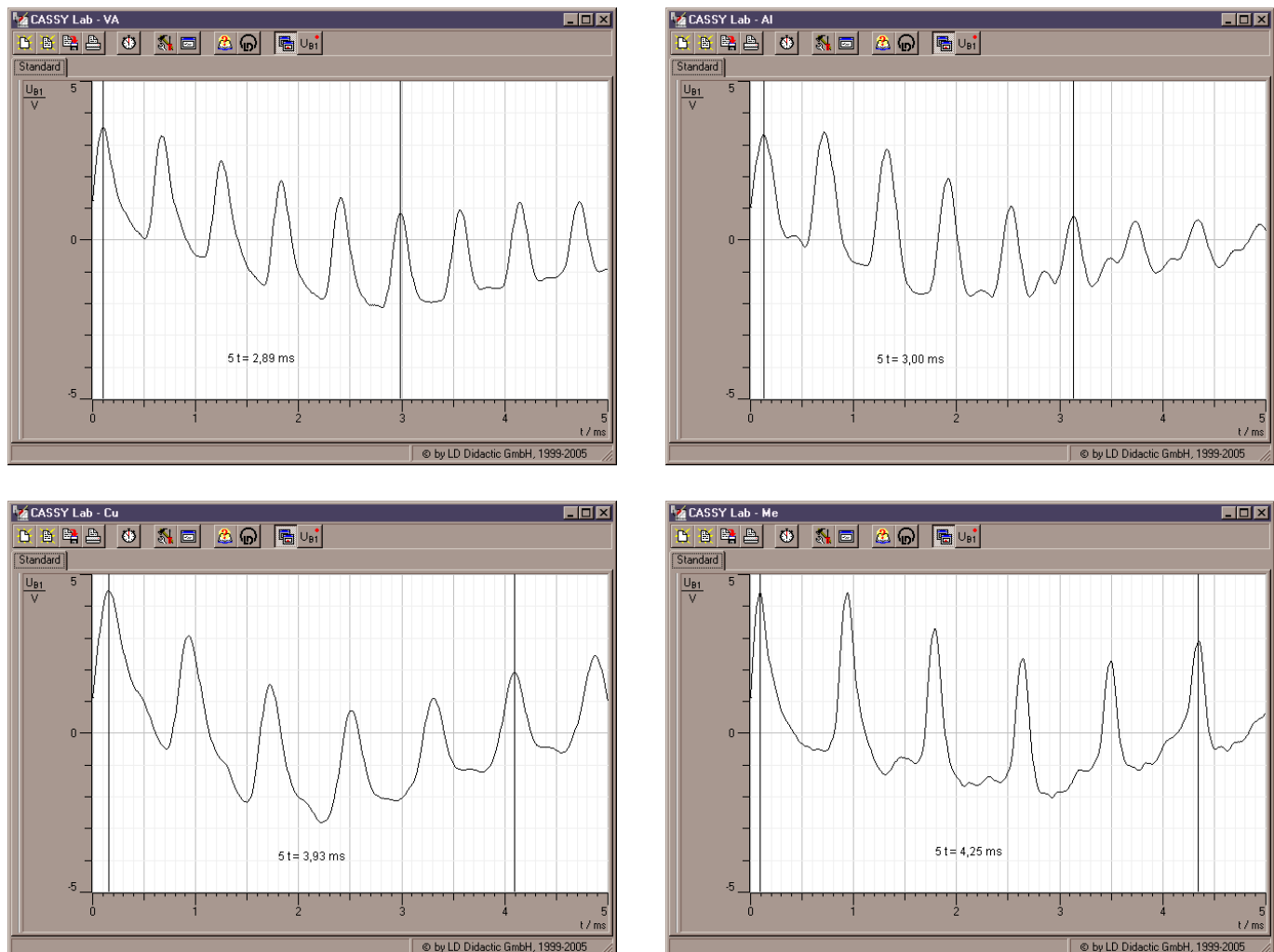
Aufbau und Durchführung

- Ausgang des piezoelektrischen Körpers an Eingang B des Sensor-CASSY anschließen.
- CASSY Lab aufrufen und die Messparameter „automatische Aufnahme“, Intervall: 10 μ s, Messzeit: 5 ms, Trigger: „U_{B1} 1,00 V steigend“ einstellen.
- Stahlstange (Stativstange, 150 cm) lose durch Tischklemme führen und auf piezoelektrischem Körper aufsitzen lassen.
- Messung mit  oder Taste F9 starten (wartet auf Triggersignal).
- Oberes Ende des Metallstabs mit einem Holzstab anticken (erzeugt Triggersignal).
- Abstand zwischen erstem und sechstem Maximum des aufgezeichneten Signals bestimmen.
- Ergebnis unter einem passenden Namen abspeichern.
- Messung mit anderen Metallstäben wiederholen.

Falls eine Waage zur Verfügung steht:

- Massen der vier Metallstäbe bestimmen.

Fig. 2 Messergebnis für Stahlstab, Aluminiumstab, Kupferstab und Messingstab (von links oben nach rechts unten)



Messbeispiel

Tab. 1: Abstände $5t$ zwischen ersten und sechstem Maximum (siehe Fig. 2) und Masse m der Metallstäbe

Material	$\frac{5 \cdot t}{\text{ms}}$	$\frac{m}{\text{g}}$
Stahl	2,89	1380
Aluminium	3,00	460
Kupfer	3,93	1510
Messing	4,25	1430

Abmessungen der Metallstäbe: $s = 150 \text{ cm}$, $d = 1,2 \text{ cm}$

$$\text{also: } V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot s = 170 \text{ cm}^3$$

Auswertung**a) Bestimmung der Schallgeschwindigkeit:**

Aus den Messwerten der Tab. 1 ergeben sich die in Tab. 2 aufgeführten Werte für die Schallgeschwindigkeiten.

Tab. 2: Laufzeiten t und Schallgeschwindigkeiten c

Material	$\frac{t}{\text{ms}}$	$\frac{c}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$
Stahl	0,578	5190
Aluminium	0,600	5000
Kupfer	0,786	3820
Messing	0,850	3530

b) Bestimmung des Elastizitätsmoduls aus Schallgeschwindigkeit und Dichte:

Wie Gl. (1) zeigt, geht in die Bestimmung des Elastizitätsmoduls E neben der Schallgeschwindigkeit c auch die Dichte ρ des jeweiligen Materials ein. Diese wird aus der Masse m und dem Volumen V berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 aufgeführt.

Tab. 3: Dichte ρ und Elastizitätsmodul E

			Tabellenwerte
Material	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$	$\frac{E}{\text{GPa}}$	$\frac{E}{\text{GPa}}$
Stahl	8,13	222	210
Aluminium	2,71	68	71
Kupfer	8,90	129	123
Messing	8,43	105	98

Ergebnis

Die Schallgeschwindigkeit in Metallen ist wesentlich größer als in Luft (Faktor 10 und mehr).

Sie ist umso größer je größer der Elastizitätsmodul des Materials und je kleiner die Dichte des Materials ist.

