

1 Versuchsziel

Experimentelle Bestimmung von Eigenschaften und Kenngrößen von Ultraschallsensoren.

2 Aufbau und Wirkungsweise

Bei dem hier verwendeten Sensor handelt es sich um einen $\lambda/4$ - Schwinger in der Betriebsart Tastbetrieb Einkopfsystem. Der Transceiver, der Sender und Empfänger in einem Gehäuse vereinigt, sendet Impulspakete in äquidistanten Zeitintervallen. Die Elektronik des Sensors bestimmt die Signallaufzeit nach Empfang des Impulses. Die Signallaufzeit ist abhängig vom Abstand Sensor/Objekt und der Schallgeschwindigkeit. Die Schallgeschwindigkeit wird im Wesentlichen durch das Übertragungsmedium (Luft) bestimmt. Weitere Einflussfaktoren sind Temperatur, Luftfeuchtigkeit, und Luftdruck. Voraussetzung für das Messprinzip ist, dass die Schallwellen vom Objekt in Richtung des Sensors reflektiert werden. Objekte mit kugel- oder zylinderförmiger Oberfläche sind daher schwer detektierbar.

3 Versuchsvorbereitung

Machen Sie sich mit dem Aufbau und der Wirkungsweise eines Ultraschallsensors vertraut. Welche Grundprinzipien zur technischen Erzeugung von Ultraschall sind Ihnen bekannt.

Welche Eigenschaften kennzeichnen Ultraschallsensoren?

Was verstehen Sie unter folgenden Begriffen:

- Erfassungsbereich, Schaltabstand und Schalthysterese
- Reduktionsfaktor
- Ansprechkurve

4 Versuchsdurchführung

4.1 Versuchsaufbau

Geräteliste:

- Rasterplatte
- Höhenausgleich
- Führungsschlitten mit Probenhalter
- Wegmesseinrichtung (Ultraschall-Wegmesseinrichtung oder Messschieber)
- Anzeigeeinheit akustisch
- Materialprobenkoffer
- Ultraschall-Sensor
- Verteilerbaustein
- Netzteil 24 V
- (PC für Anzeige der Ultraschall-Wegmessung)

Der zu verwendende Sensortyp trägt die Bezeichnung: US – 1827 003 271 bzw. 637. Versuchsaufbau, Justierung und Herstellung der elektrischen Anschlüsse erfolgen entsprechend Bild 1 bzw. Bild 2 und dem ausliegenden Plan.

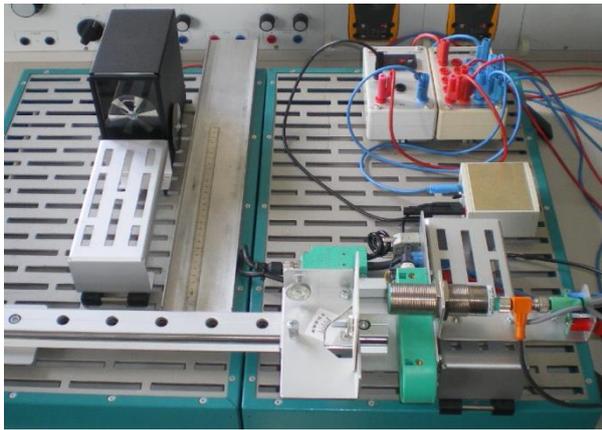


Bild 1: Versuchsaufbau (Snap-In)

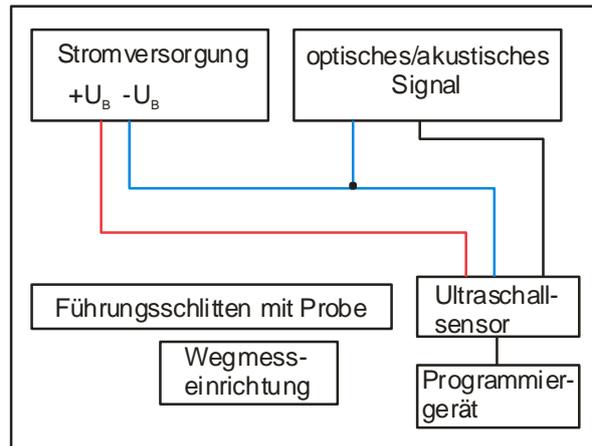


Bild 2: Schaltplan

Der Ultraschallsensor besitzt einen Schaltausgang mit 2 einlernbaren Schaltpunkten. Diese werden durch Anlegen der Betriebsspannung $-U_B$ bzw. $+U_B$ an den Lerneingang eingestellt. Dazu wird das Programmiergerät UB-PROG1 benutzt. Es ist zwischen die V15-Kabelanschlussdose und den V15-Steckeranschluss des Sensors geschaltet.

Einlernen eines Schaltpunktes (Schließerfunktion):

1. Alle Objekte aus dem Erfassungsbereich entfernen, Führungsschlitten auf maximalen Abstand fahren ($> 300\text{ mm}$), dann Taste **A1** (ca. 1 s) drücken.
2. Objekt auf gewünschte Entfernung stellen und danach Taste **A2** (ca. 1 s) drücken.

Während des Tastendruckes blinkt die Doppel-LED des Sensors gelb und grün. Nach dem Loslassen leuchtet die grüne LED konstant. Wenn sich ein Objekt im Erfassungsbereich befindet leuchtet zusätzlich die gelbe LED (und ein Signalton ertönt). Blinkt während des Einlernens zusätzlich die rote LED liegt ein Fehler vor, meist verursacht durch Interferenzen mit dem Ultraschallgeber der Wegmessung. Die Interferenzen können durch Abdecken des Wegmessensors während des Einlernvorgangs behoben werden (siehe auch Hinweise in 4.3).

4.2 Materialerkennung

Der Sensor wird wie oben beschrieben auf eine Entfernung von **100 mm** eingelernt.

Bestimmen Sie für verschiedene Materialproben die in der Tabelle 1 genannten Eigenschaften durch Sichtprüfung, Messungen und Tabellenbücher.

Stellen Sie fest, welche dieser Materialien mittels Ultraschallsensoren erkannt werden. Führen Sie dazu nacheinander die verschiedenen Materialproben an den Sensor heran und kontrollieren Sie den Zustand der LED-Anzeige des Sensors bzw. der akustischen Anzeigeeinheit

Stellen Sie die Ergebnisse zusammen (Tabelle 1) und klassifizieren Sie nach den Kriterien Dicke der Materialprobe und Oberflächengüte (glatt, rau).

Material	Dicke	Oberfläche	Probe erkannt? J/N	Bemerkung
Stahl (St37)				
Kunststoff				
Magnet				
Pappe				
Schaumstoff				

Tabelle 1: Materialerkennung

4.3 Einlernen von Schaltabständen und Bestimmung der Schalthysterese

Bestimmen Sie Schaltabstand und Schalthysterese für das Material Kunststoff (weiß).

Hinweis:

Beim Versuchsstand mit Ultraschall-Wegmesseinrichtung kann der Weg s direkt am PC dargestellt oder im Bereich 0 - 300 mm als Stromsignal 4 - 20 mA abgebildet und als Strom i am Digitalmultimeter abgelesen werden. Die Umrechnung in den Weg s erfolgt dann mit Gleichung (1):

$$s = (i - 4\text{mA}) \cdot k \quad (1)$$

mit

s :	Weg in mm
i :	gemessener Strom in mA
k :	Umrechnungsfaktor = $\frac{300 \text{ mm}}{16 \text{ mA}} = 18,75 \text{ mm/mA}$

Wenn die Anzeige der Ultraschall-Wegmesseinrichtung stark schwankt, dann dämpfen Sie während des Ablesens den Schallwandler des getesteten US-Sensors durch Abdecken mit der Hand (oder ziehen einen Pol der Spannungsversorgung des US-Sensors zeitweilig ab). Die Schwankungen sind auf die gegenseitige Beeinflussung (Interferenzen) der beiden Ultraschallsensoren zurückzuführen.

Runden Sie die berechneten bzw. abgelesenen Werte bei allen Messungen auf eine Stelle nach dem Komma.

Aufbau:

Platzieren Sie die Geräte aus der Geräteliste entsprechend Bild 1 bzw. Bild 3 auf der Rasterplatte und stellen Sie die elektrischen Verbindungen her.

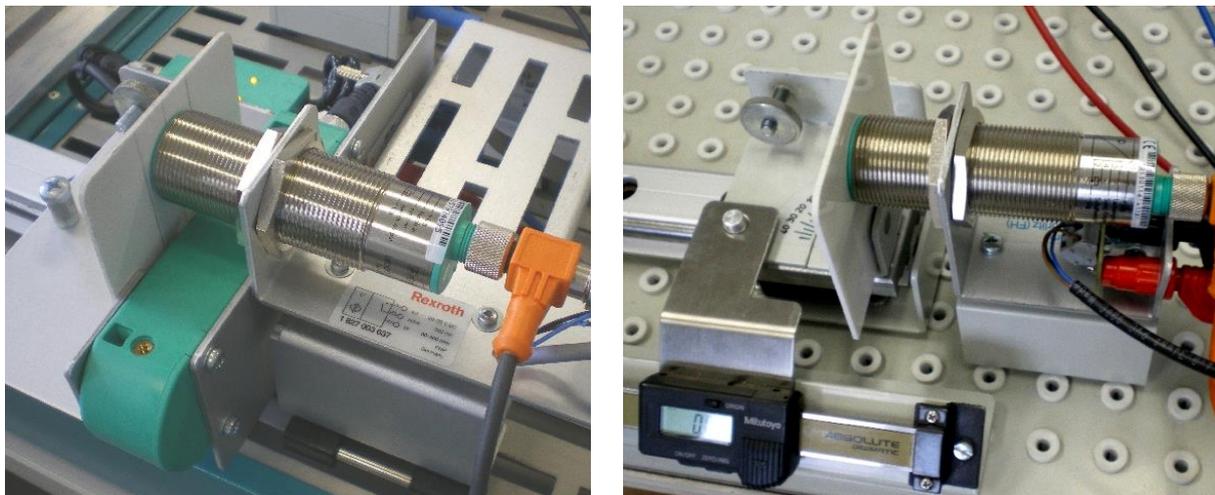


Bild 3: Versuchsaufbau Schalthysterese Snap-In und Steck-Modul (Messschieber)

Befestigen Sie die Materialprobe (Kunststoff weiß, Breite $b = 80 \text{ mm}$) am Probenhalter.

Schieben Sie den Führungsschlitten in Richtung des Sensors, bis die Probe die Sensorstirnfläche berührt. Der Führungsschlitten (Messschiebervariante) muss dabei noch eine Verschiebung in beide Richtungen erlauben (ca. Messschiebermitte). Schalten Sie die Wegmesseinrichtung ein und setzen Sie die Anzeige auf Null (Referenzposition).

Versuchsdurchführung:

Da der Erfassungsbereich des Sensors größer ist als der Messbereich der Wegmessenrichtung mit Messschieber muss diese weit genug entfernt platziert werden. Der Rasterabstand der Grundplatte beträgt 25 mm, eine Verschiebung der Wegmessenrichtung um 8 Raster ergibt somit einen zusätzlichen Abstand von 200 mm.

Verschieben Sie eventuell die Wegmessenrichtung und lernen Sie den Sensor auf **200 mm** ein. Der Führungsschlitten (Messschiebervariante) muss dabei eine Bewegung in beide Richtungen erlauben.

Verschieben Sie den Schlitten so weit vom Sensor weg, bis die LED am Sensor bzw. das akustische Signal erlischt und dann wieder in Richtung des Sensors, bis dieser **einschaltet** (LED leuchtet bzw. akustisches Signal ertönt).

Bestimmen Sie den Abstand (bezogen auf die Referenzposition; bei der Messeinrichtung mit Messschieber ist der Versatz zu addieren!) mit Hilfe der Wegmessenrichtung und notieren Sie den Wert (Tabelle 2).

Führen Sie die Messung 5-mal durch und berechnen Sie den Mittelwert \bar{M} des Einschaltpunktes s^- .

Fahren Sie die Materialprobe langsam mit dem Führungsschlitten vom Sensor weg, bis er **ausschaltet**. Führen Sie die Messung 5-mal durch und berechnen Sie den Mittelwert \bar{M} des Ausschaltpunktes s^+ .

Versetzen Sie die Wegmessenrichtung mit Messschieber so, dass der Abstand zwischen Materialprobe und Sensor **100 mm** beträgt und lernen Sie den Sensor auf diese Entfernung ein.

Wiederholen Sie die Messungen analog zur Verfahrensweise beim Abstand von 200 mm.

	M1	M2	M3	M4	M5	\bar{M}
Einschaltpunkt s^- [mm] 200 mm						
Ausschaltpunkt s^+ [mm] 200 mm						
Einschaltpunkt s^- [mm] 100 mm						
Ausschaltpunkt s^+ [mm] 100 mm						

Tabelle 2: Schalthysterese

Berechnen Sie Schalthysterese und relative Schalthysterese. Stellen Sie die Hysterese in einem Diagramm dar.

Hinweis

Als Bezugspunkt für die relative Schalthysterese dient die eingelernte Entfernung.

4.4 Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Materialien auf den Schaltabstand

Aufbau:

Verwenden Sie den gleichen Aufbau wie beim vorhergehenden Versuch.

Versetzen Sie die Wegmessenrichtung mit Messschieber **100 mm** vom Sensor weg und lernen Sie den Sensor auf diese Entfernung ein.

Versuchsdurchführung:

Verschieben Sie den Schlitten so weit vom Sensor weg, bis die LED am Sensor bzw. das akustische Signal erlischt und dann wieder in Richtung des Sensors, bis dieser **einschaltet**.

Bestimmen Sie diesen Abstand (Einschaltzeitpunkt, bezogen auf die Referenzposition; bei der Messeinrichtung mit Messschieber ist der Versatz zu addieren!) mit Hilfe der Wegmesseinrichtung und notieren Sie den Wert (Tabelle 3).

Führen Sie die Messung 5-mal durch und berechnen Sie den Mittelwert \bar{M} des Schaltabstandes.

Wiederholen Sie die oben beschriebene Messung für die in der Tabelle 3 angegebenen Materialien. Überprüfen bzw. korrigieren Sie nach dem Wechsel der Materialprobe die korrekte Referenzposition (Nullpunkt)!

Material	Schaltabstand s [mm]					
	M1	M2	M3	M4	M5	\bar{M}
Kunststoff weiß 80x80						
Kunststoff weiß 40x80						
Pappe						
Schaumstoff (gelbe Seite)						
St37						

Tabelle 3: Schaltabstand

4.5 Bestimmung der Ansprechkurve $s = f(x)$

Mit der Ansprechkurve kann die Form der Schallkeule des Sensors dargestellt werden, in der ein Objekt erkannt wird.

Lernen Sie den Sensor auf eine Entfernung von **300 mm** ein.

Platzieren Sie die Geräte aus der Geräteliste entsprechend Bild 4 auf der Rasterplatte und stellen Sie die elektrischen Verbindungen her.

Bei der Snap-In-Variante wird der Sensor mit dem Höhenausgleichsbock auf die lotrecht zum Führungsschlitten der Materialprobe angebrachte Führungsschiene gesetzt und kann auf dieser verschoben werden. Zur Abstandsbestimmung ist auf der Führungsschiene eine Skala angebracht.

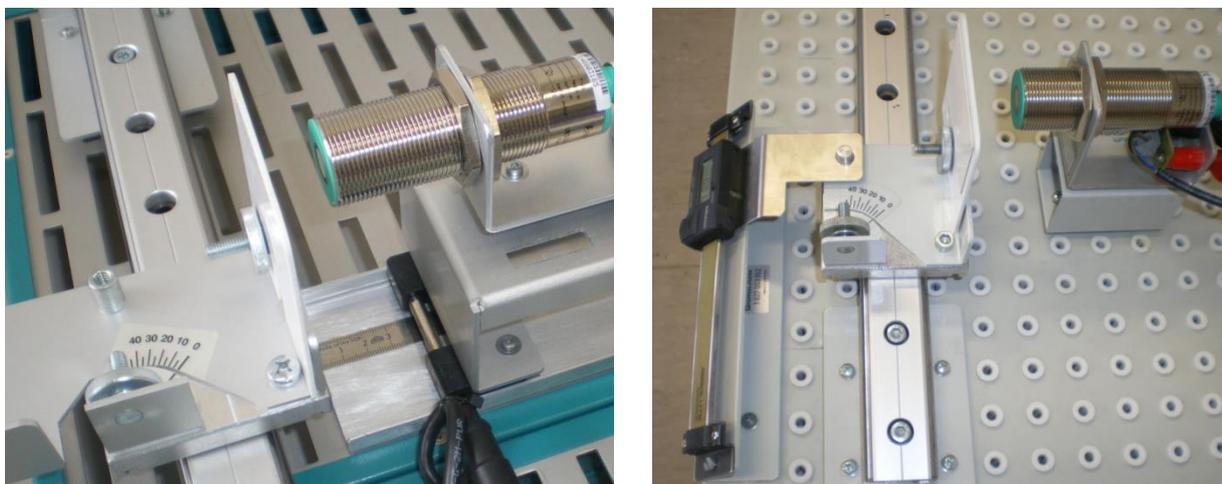


Bild 4: Versuchsaufbau Ansprechkurve Snap-In und Steck-Modul (Messschieber)

Befestigen Sie die Materialprobe (Kunststoff weiß, $b = 80$ mm) **seitlich** am Probenhalter und fahren Sie die Materialprobe mit dem Führungsschlitten seitlich so an die Stirnfläche des Sensors heran, dass er vollständig überdeckt ist und die **Sensorachse** (Mitte der weißen Schallwandlerschicht) **sich genau in der Mitte der Materialprobe** befindet. Der Führungsschlitten (Messschiebervariante) muss dabei noch eine Verschiebung nach rechts von ca. 100 mm erlauben.

Justieren Sie den Sensor durch Lösen der Muttern und verschieben Sie den Sensor im Haltewinkel so, dass er die Materialprobe berührt. ($s = 0$).

Setzen Sie die Anzeige der Wegmessenrichtung auf Null (Referenzposition).

Versuchsdurchführung:

Der Sensor besitzt eine Blindzone von ca. 10 - 30 mm (Snap-In-Sensor) bzw. 60 mm (Steck-Modul-Sensor). Setzen Sie den Sensor um 25 mm bzw. 75 mm (1 bzw. 3 Raster) lotrecht vom Führungsschlitten der Materialprobe zurück.

Fahren Sie die Materialprobe nach **rechts**, bis der Sensor ausschaltet (LED bzw. akustisches Signal aus). Fahren Sie dann zurück, bis der Sensor wieder **einschaltet**. Bestimmen Sie diese seitliche Verschiebung x (Einschaltpunkt, bezogen auf die Referenzposition) mit Hilfe der Wegmessenrichtung und notieren Sie den Wert (Tabelle 4).

Führen Sie die Messung 5-mal durch und berechnen Sie den Mittelwert \bar{M} der seitlichen Verschiebung x .

Setzen Sie den Sensor um 25 mm (1 Raster) zurück. Der Abstand s beträgt nun 50 mm bzw. 100 mm.

Wiederholen Sie die oben beschriebene Messung in Schritten von 25 mm bis zu einer Entfernung von 300 mm (Tabelle 4).

Wiederholen sie die Messreihen von der anderen Seite (**links**). Der Führungsschlitten (Messschiebervariante) muss nun eine Verschiebung von ca. 100 mm nach links erlauben. Setzen Sie gegebenenfalls erneut die Referenzposition auf Null.

Abstand s [mm]	Seitliche Verschiebung x [mm]											
	M1		M2		M3		M4		M5		\bar{M}	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
25												
50												
75												
100												
125												
150												
175												
200												
225												
250												
275												
300												

Tabelle 4: Ansprechkurve

Ermitteln Sie aus den Messwerten die Breite der Ansprechkurve und tragen Sie diese in das Diagramm $s = f(x)$ ein.

Hinweis:

- Alle Maße beziehen sich auf den Oberflächenmittelpunkt der Materialprobe.
- Die Ansprechkurve ist durch links – und rechtsseitige Annäherung des Führungsschlittens an den Sensor zu bestimmen.

5 Versuchsauswertung

Stellen Sie die Kenngrößen grafisch dar und bewerten Sie die Ergebnisse.
Machen Sie Aussagen zu

- Schalthysterese,
- Reduktionsfaktor,
- Schaltabstand,
- Erfassungsbereich.

6 Kolloquiumsschwerpunkte

1. Wodurch sind Sensoren gekennzeichnet? Erklären Sie in diesem Zusammenhang den Begriff Initiator.
2. Beschreiben Sie die Komponenten einer Messkette.
3. Nennen Sie Einsatzgebiete von Ultraschallsensoren.
4. Nennen und Erläutern Sie Möglichkeiten der Ultraschallerzeugung.
5. Beschreiben Sie Aufbau und Wirkungsweise von Ultraschallsensoren.
6. Nennen und erläutern Sie die möglichen Betriebsarten.
7. Erläutern Sie Blindzone, kleinster Schaltabstand, Erfassungsbereich, Ansprechbereich.
8. Welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten sind bei der Ultraschallmessung ausschlaggebend und wie ist das beim Einsatz der Sensoren zu berücksichtigen.
9. Was verstehen Sie unter den Begriffen Reduktionsfaktor, Schalthysterese, Empfindlichkeit.

7 Literatur

- [1] Vorlesung Sensortechnik
- [2] Profos: Handbuch der industriellen Messtechnik
- [3] Hauptmann: Sensoren – Prinzipien und Anwendungen, Hanser-Verlag