



Ultraschall-Sensor

HC-SR04

von Pascal Franke - FI22_1

Einleitung:

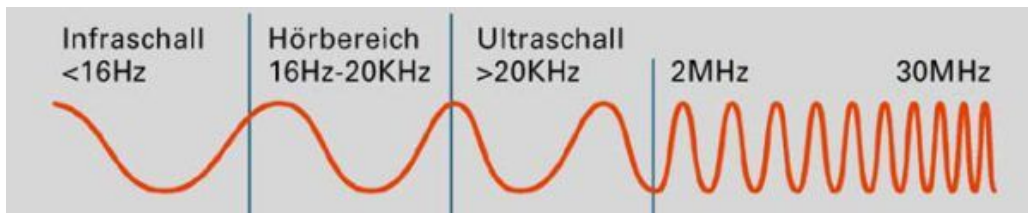
Hier gibt es weitere Erläuterungen zum Ultraschall-Sensor. Darunter die Funktionsweise, die physikalische Grundlage sowie der Aufbau. Ultraschallsensoren gibt es zu verschiedenen Formaten, Größen und Preisen. In diesem Vortrag liegt der Fokus auf dem HC-SR04, der günstig zu haben ist (2-5 €) und einfach aufgebaut ist. Häufig ist dieser auch in Kleinelektronik-Sets enthalten.

Inhalt:

1. Grundinformationen
2. Funktionsweise
3. Physikalische Grundlage
4. Video
5. Aufbau
6. Vor- & Nachteile

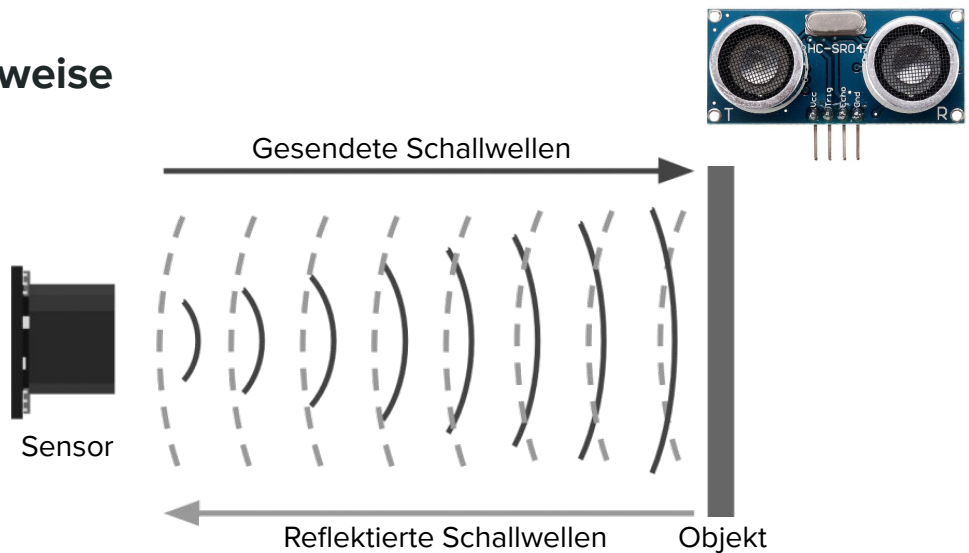
Grundinformationen

- Sendet & Empfängt Schallwellen
- Frequenzbereich: 20 kHz - 80 kHz
- Für Menschen nicht hörbar
- Objekterfassung
- Distanzmessung
- 3 cm bis 250 cm



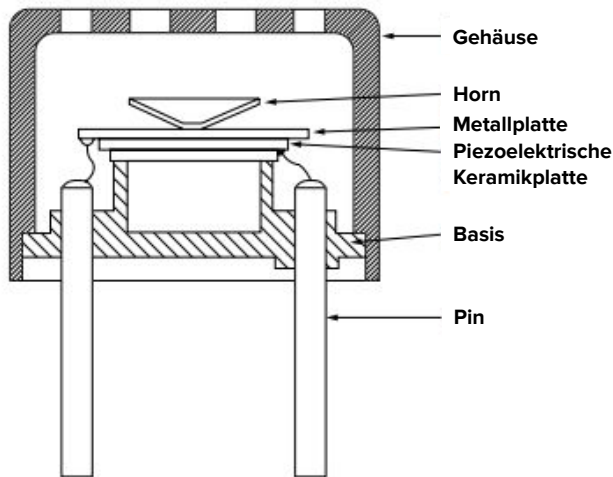
Der Ultraschall-Sensor **empfängt und sendet Schallwellen**, also ist das Medium die **Luft**. Hörbar ist das für Menschen nicht, da der Frequenzbereich zwischen 20 kHz und 2 MHz liegt (siehe Grafik). Der Sensor dient der **Objekterfassung** und **Distanzmessung**, was beides über Schallwellen gelingt.

Funktionsweise



Die **Objekterfassung** und **Distanzmessung** funktioniert wie folgt: Einer der beiden Sensoren sendet Schallwellen, die sich auf der Sichtlinie verteilen. Treffen die Schallwellen nun auf ein Objekt, werden sie in der Regel zurück reflektiert. Die Schallwellen treffen dann wieder auf das Bauteil und werden vom anderen Sensor aufgenommen. Um nun die Distanz eines Objektes festzustellen, wird die Zeit, welche die Schallwelle bis zum Wiedereintritt zurückgelegt hat, gemessen und ausgewertet. Zu beachten ist, dass der Sensor am zuverlässigsten auf einer Distanz zwischen 3 cm und 250 cm arbeitet. Außerdem wird die Schallgeschwindigkeit durch Temperatur beeinflusst. Die Berechnung der Zeit kann [hier](#) nachgelesen werden.

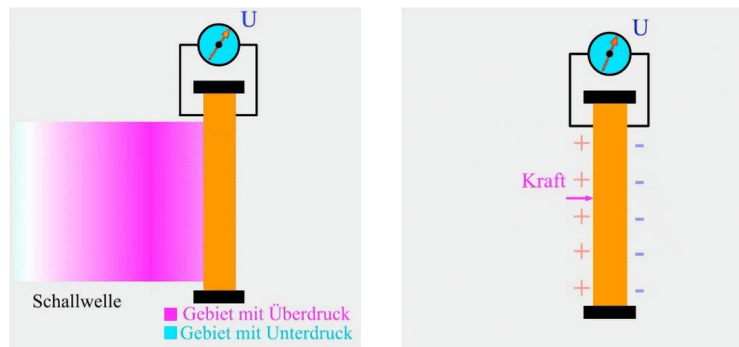
Funktionsweise



“Der Sensor enthält ein Metall-Gehäuse mit einem Drahtgeflecht gegen den äußeren Schutz. Im Inneren des Sensors befindet sich ein Mehrfachvibrator, der unter Schwingung ein Ultraschallsignal erzeugen kann. Ebenso kann er durch reflektierende Ultraschallwellen in Schwingung versetzt werden und einen elektrischen Strom erzeugen. Der Mehrfachvibrator besteht aus einer Metallplatte und einer piezoelektrischen Keramikplatte. Jeder dieser Platten ist mit einem Pin verbunden. Wenn an den Pins Strom angeschlossen ist, entsteht eine mechanische Deformation zwischen den Platten, die in diesem Fall Ultraschallimpulse erzeugen. Um dieses Signal gebündelt auszustoßen, befindet sich auf der Metallplatte ein konisches Metallhorn, welches diesen Prozess maßgeblich unterstützt. Der Effekt tritt umgekehrt bei dem Empfangen der Ultraschallsignale auf. Das Horn nimmt die Signale auf und bringt die Platten in eine leichte Schwingung. Durch die Schwingung entsteht in diesem Fall ein messbarer Strom. Auf der Platine befinden sich zwei baugleiche Sensoren. Diese werden benötigt, da bei der Erzeugung eines Ultraschallsignals Strom hinzugeführt wird, um ein Signal zu senden. Das reflektierende Signal erzeugt nur einen geringen Strom. Um dieses Signal zu verarbeiten, muss dieses wie oben beschrieben verstärkt und gefiltert werden. Die beiden Schaltkreise sind in diesem Fall getrennt.” (Zitiert von [Ultraschall Abstandssensor HC-SR04 – HSHL Mechatronik](#), 15.09.2023)

Physikalische Grundlage: Piezoelektrischer Effekt

- Piezoelektrische Materialien u. A.: Kristalle, Keramiken, Polymere, biologische Materialien
- Druck auf Material → erzeugt Spannung
- Spannung auf Material → erzeugt Ausdehnung



“Bei Ultraschall-Sensoren nutzt man den sogenannten piezoelektrischen-Effekt (piezein, griech.: drücken) aus, der durch die Gebrüder Curie im Jahre 1880 entdeckt wurde. In besonderen Kristallen tritt bei mechanischer Krafteinwirkung auf bestimmte Kristall-Flächen eine Deformation des Kristalls auf und damit verbunden eine Verschiebung der Ladungsschwerpunkte im Kristall. Infolgedessen kann an den Kristallflächen eine elektrische Spannung abgegriffen werden.

Lässt man eine Schallwelle mit ihrer periodischen Abfolge von Stellen mit Überdruck bzw. Unterdruck auf einen Piezo-Kristall treffen, so kann an den Anschlüssen eine Wechselspannung abgegriffen werden.

Bei den Ultraschallsensoren im Auto beträgt die Frequenz der Wechselspannung die an den Piezokristall gelegt wird meist 40kHz. Schall mit dieser Frequenz ist für den Menschen nicht mehr hörbar. In der Regel dient der Piezokristall sowohl als Sender als auch als Empfänger des Ultraschalls. Mit Hilfe des reziproken piezoelektrischen Effekts wird ein kurzer Ultraschallimpuls ausgesandt, der auf ein Hindernis trifft und von diesem reflektiert wird. Trifft der reflektierte Impuls dann auf den Sender, so bewirkt der ankommende Schallimpuls über den normalen piezoelektrischen Effekt einen Spannungsimpuls. Aus der Zeitdifferenz, die zwischen dem schallauslösenden Spannungsimpuls und dem vom Schallreflex verursachten Spannungsimpuls liegt, kann bei bekannter Schallgeschwindigkeit die Entfernung des Hindernisses ermittelt werden.” (Zitiert von [Ultraschall-Sensoren - Schallgeschwindigkeit](#))

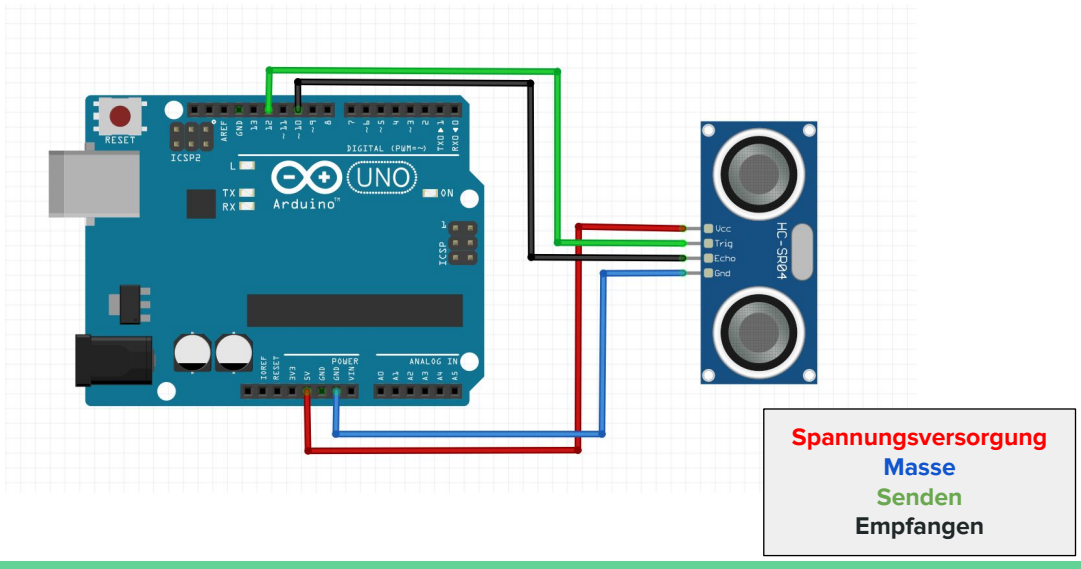
Zu den animierten Grafiken: [Ultraschall-Sensoren - Schallgeschwindigkeit](#)

Physikalische Grundlage: Piezoelektrischer Effekt



In diesem Video hat jemand sich einen eigenen Kristall aus einfachen Hausmitteln hergestellt. Es wird gezeigt, dass eine Spannung anliegt, sobald auf dem Kristall ein mechanischer Druck ausgeübt wird.

Aufbau



Hier ein exemplarischer Aufbau in Kombination mit dem Arduino UNO.

Belegung:

Spannungsversorgung: + 5V (Vcc)

Masse: - (Gnd)

Senden: (Trig)

Empfangen: (Echo)

Vorteile

- Günstig (Eine Komponente nötig)¹
- Kompakt
- "Unsichtbar"²



Nachteile

- Schall kann reflektiert/absorbiert werden³
- Klare Sichtlinie nötig⁴
- Echos verfälschen Werte⁵

1: Preis: 2-5 € / Im Vergleich z.B. zu anderen Sensoren kompakt und allein Funktionsfähig

2: Anders wie z.B. bei einer Lichtschranke, ist nichts für den Menschen zu sehen oder hören

3: Umweltfaktoren aber auch je nach Oberfläche des anvisierten Objekts können Messwerte verfälschen. Hohe Frequenzen lassen sich recht leicht absorbiert (verschluckt) oder allgemein reflektiert werden.

4: Das Objekt muss innerhalb der Sichtlinie des Sensors liegen.

5: Räume mit viel Echo Werte auch verfälschen, wobei hohe Frequenzen nicht so viel Echo erzeugen, wie Tiefe.

Quellen



<https://pastebin.com/3WHxEFz0>