



Einführung in die Robotik
Sensoren

Mohamed Oubbati
Institut für Neuroinformatik

Tel.: (+49) 731 / 50 24153
mohamed.oubbati@uni-ulm.de

30. 10. 2012

Was ist ein Sensor?

Ein **Sensor** empfängt ein **physikalisches Signal** und reagiert darauf mit einem **elektrischen Ausgangssignal**.



z.B.

- Temperatur
- Feuchtigkeit
- Druck (Flüssigkeit, Gas)
- Licht (Intensität u. Farbe)
- Entfernung
- Bewegung
- Beschleunigung
- ...

Anwendungsgebiete

Sicherheit



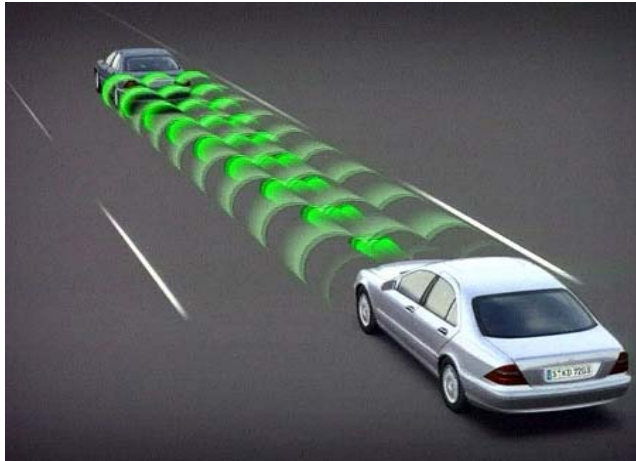
Überwachungskamera



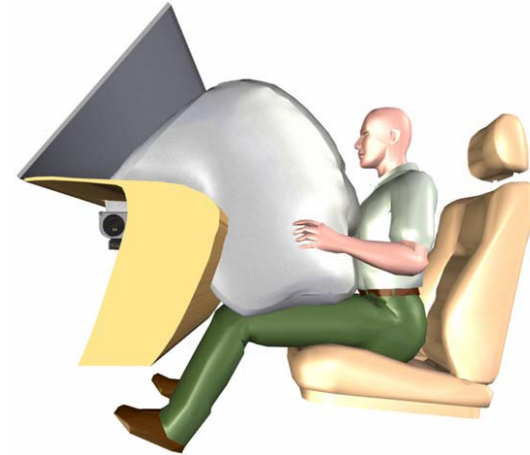
LASER Sensor
(Geschwindigkeitskontrolle)

Anwendungsgebiete

Auto



Abstandsensoren



Drucksensoren (Airbag)

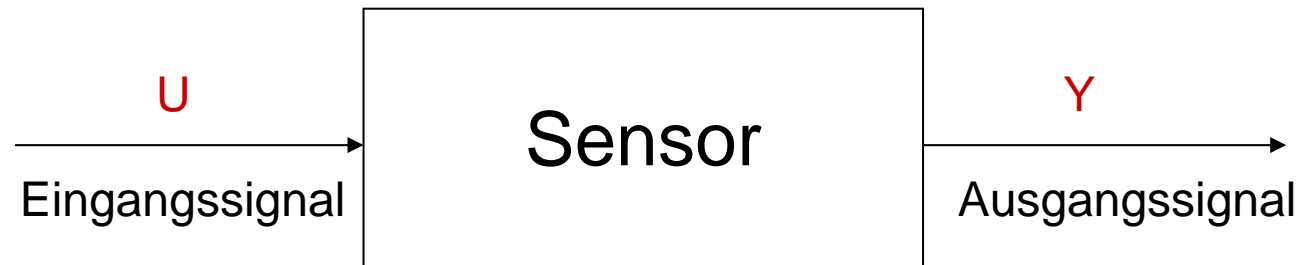


Tachometer



Temperature-Sensoren
(Klimaanlage)

Eigenschaften von Sensoren



Für jeden Sensor gibt es eine Relation zwischen Eingangs- und Ausgangssignal \rightarrow ein Funktion F :
$$Y=F(U)$$

Eigenschaften

1. Linearität / Nichtlinearität
2. Ungenauigkeit
3. Messbereich
4. Messempfindlichkeit
5. Auflösung

1. Linearität / Nichtlinearität

$Y=F(U)$ Linear \rightarrow z.B. $Y=a.U$ a :constant

2. Ungenauigkeit

Messungen sind (fast) immer fehlerbehaftet, aber man sollte unterscheiden zwischen **systematischen** und **zufälligen Fehlern**.

Systematischer Fehler \rightarrow hängen vom Sensor ab: schlechte Qualität, falsche Einstellung,...

Genauigkeit = maximale Differenz zwischen den idealen und gemessenen Werten.

$$e = \max |Y_{ideal} - Y|$$

Zufälliger Fehler \rightarrow Einige Messungen für die gleiche Größe weichen voneinander ab...

3. Messbereich

Der Bereich eines physikalischen Signals, das von einem Sensor erfasst werden kann.

4. Messempfindlichkeit

Das Verhältnis zwischen eine Änderung am Ausgangssignals bei einer Änderung am Eingangssignal

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta U}$$

5. Auflösung

Kleinster Änderungsschritt des Eingangssignals, der vom Sensor erfasst werden kann.

Sensorklassifikation

klassifikation (1)

Interne / Externe Sensoren

Interne Sensoren (Propriozeptive Sensoren)

Interne Sensoren messen
Eigenschaften on board des Roboters.

Zum Beispiel:

- Motor Geschwindigkeit
- Batterie Ladezustand (Spannung)
- Temperatur

Externe Sensoren (Exterozeptive Sensoren)

Externe Sensoren liefern dagegen
Informationen aus der Umgebung.

Zum Beispiel:

- Sensoren, die Distance zu Objekten messen (Infrarot, Laserscanner, Ultraschall)
- Kamera

klassifikation (2)

Passive / Aktive Sensoren

Passive Sensoren nutzen die Energie in der Umgebung.

Zum Beispiel: Kamera

Aktive Sensoren senden Energie aus und messen die Reaktion der Umgebung.

Zum Beispiel:

- Laserscanner
- Ultraschall

In dieser Vorlesung betrachten wir

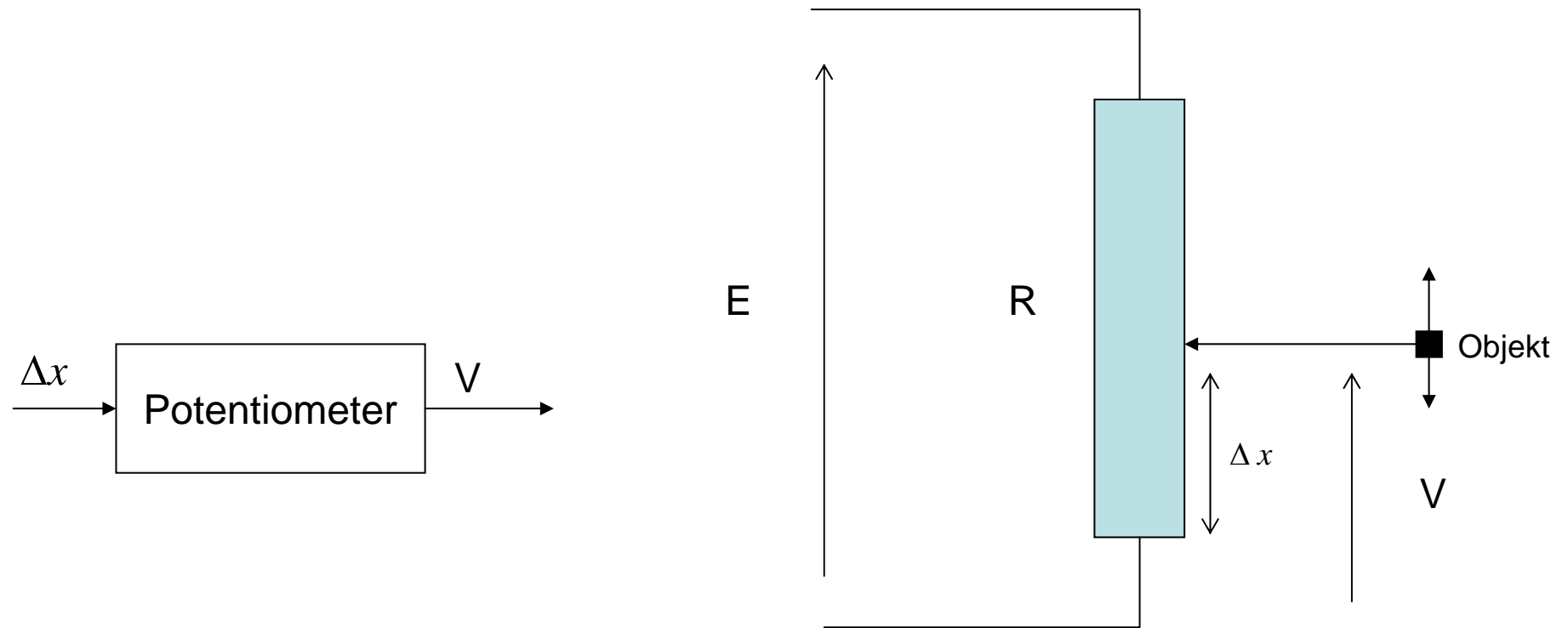
1. Bewegungssensoren

2. Abstandssensoren

Bewegungssensoren

Potentiometer

Die Spannung V ist abhängig von Position auf einer geeigneten Widerstandsbahn.



Radencoder

Messung der Umdrehungen eines Rades durch Beobachtung von Markierungen.

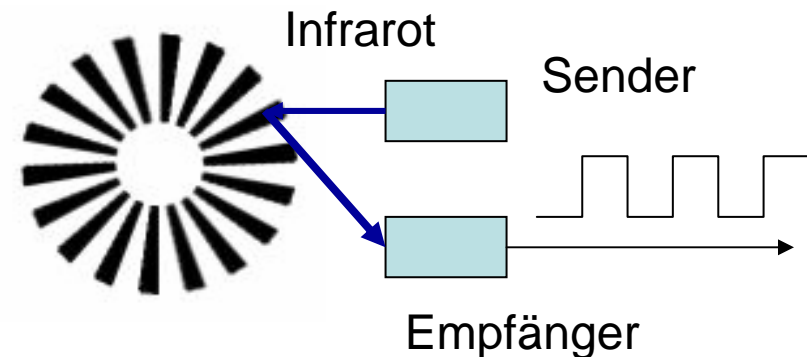
Es gibt 2 Klassen von Radencoder:

- Inkrementeller Radencoder
- Absoluter Radencoder

Inkrementeller Radencoder

Ein einfacher **Inkrementeller** Radencoder kann aus einer radial gestreiften Drehscheibe bestehen.

Je nach dem ob ein Schwarzer oder weißer Streifen vor die Lichtschranke gedreht wird, wird ihr Licht in ihren Lichtsensor reflektiert oder nicht.



da die Anzahl von Impulsen pro Umdrehung fest ist, die resultierende Pulsfolge ist direkt proportional zur Rotation.

Beispiel

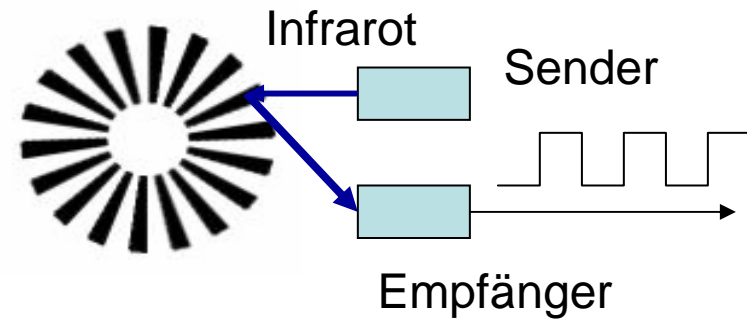
Die Scheibe besitzt 12 weiße Streifen.

→ drei Impulse bedeutet eine 90°-Drehung

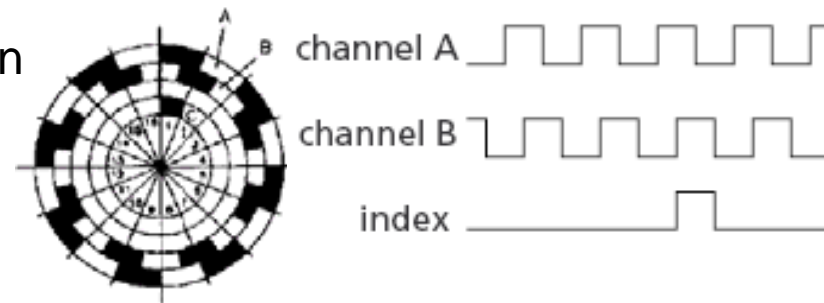
→ und 1200 Impulse bedeutet 100 Umdrehungen.

Inkrementeller Radencoder

Mit Einkanal-Drehimpulsgeber
 → **keine Drehrichtungserkennung**

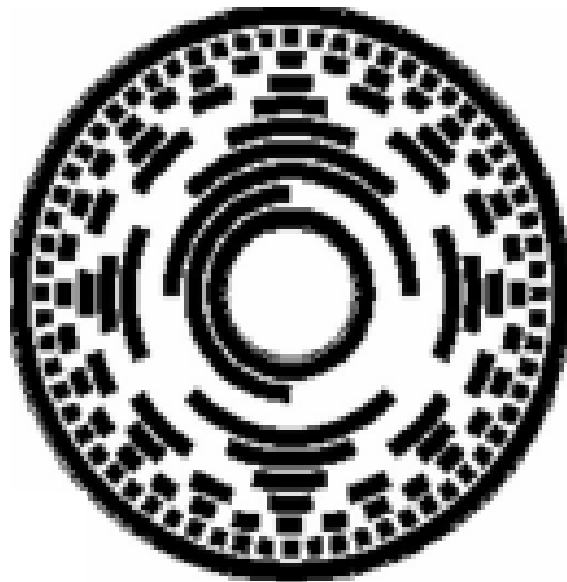


Der **Mehrkanal-drehimpulsgeber** hat ein
 eine **Nullstellung**, und kann die
Drehrichtung erkennen.

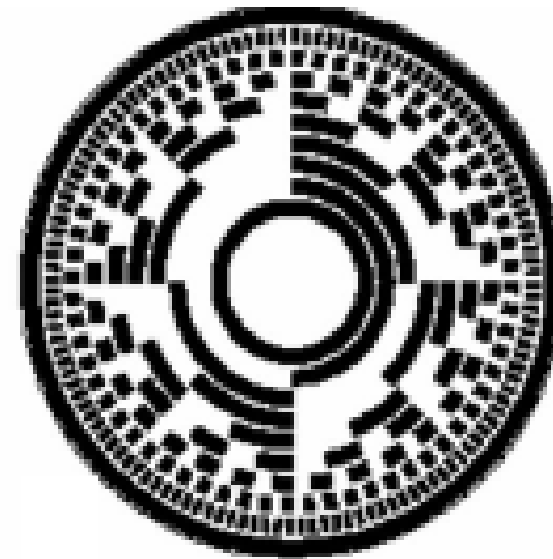


Absoluter Radencoder

Der absolute Radencoder kodiert jede Stelle auf dem Rad durch ein eindeutiges Wortmuster.



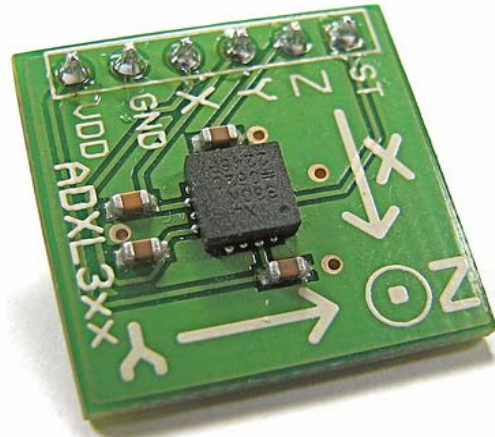
Gray-Code



Binäre Code

Accelerometer

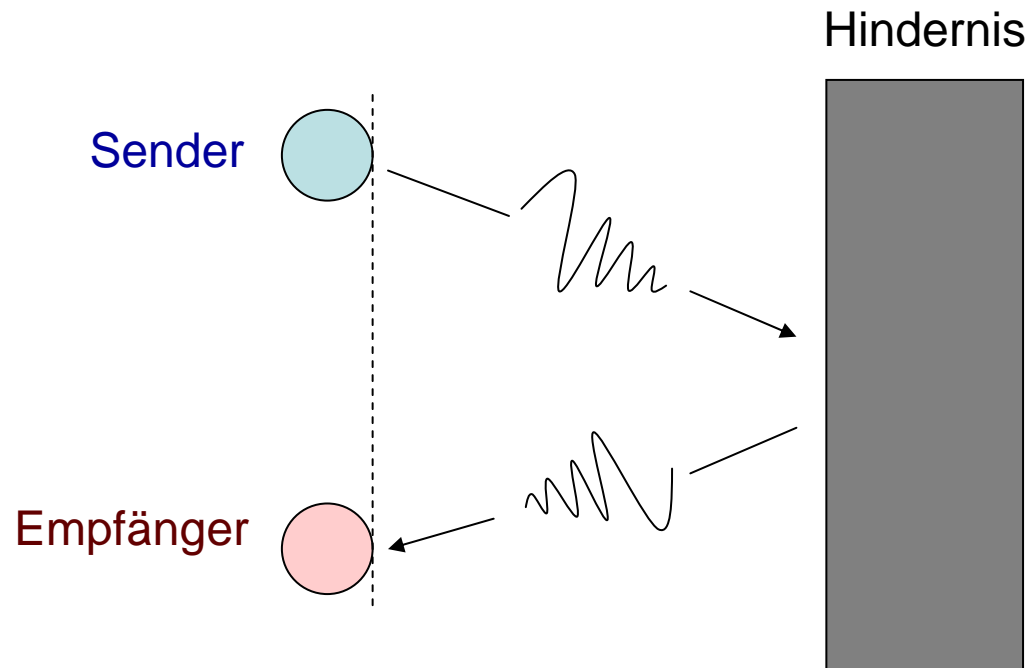
Messung der Beschleunigung



Accelerometer (**ADXL330**)

Abstandssensoren

Ein **Abstandssensor** (auch Distanzsensor) ist in der Lage, berührungslos den **Abstand** zwischen sich und einem **Objekt** zu messen.



Techniken der Abstandsmessung

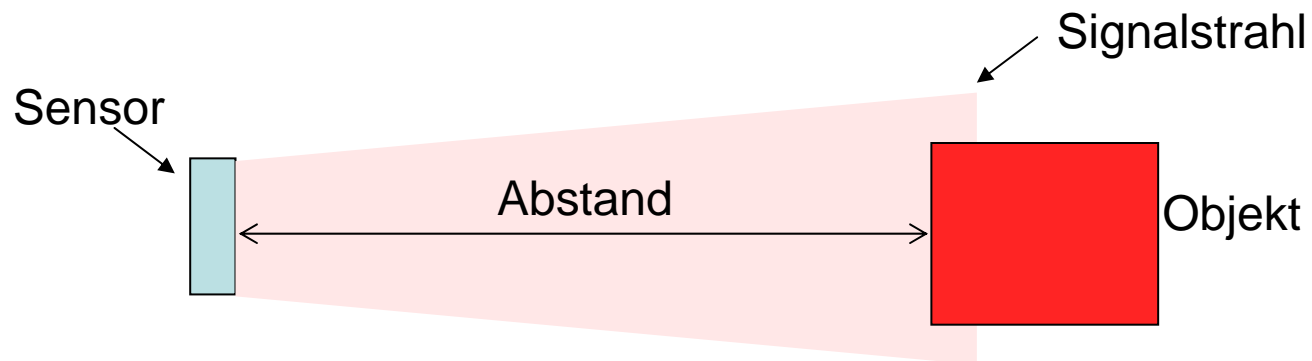
- Signallaufzeit (*time-of-flight*)
- Triangulation
- Phasendifferenz

Technik der Abstandsmessung

Signallaufzeit

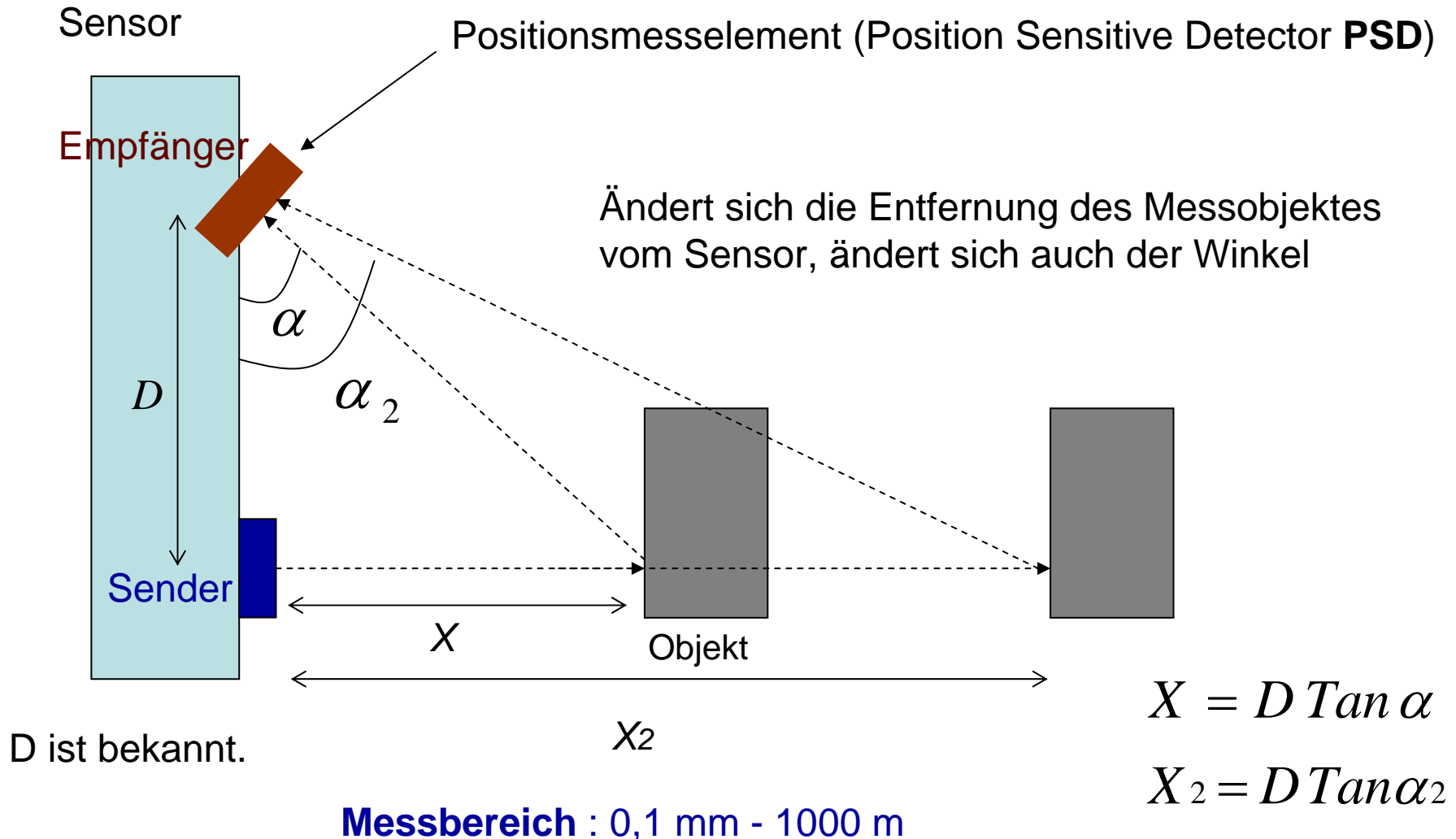
Messung zwischen aussenden und empfangen eines Impulses:

$$\text{Abstand} = \text{gemessene Zeit} \times \text{Geschwindigkeit des Signals} / 2$$



Der **Sender** und der **Empfänger** müssen **auf derselben Achse** liegen.

Technik der Abstandsmessung Triangulation



Technik der Abstandsmessung

Phasendifferenz

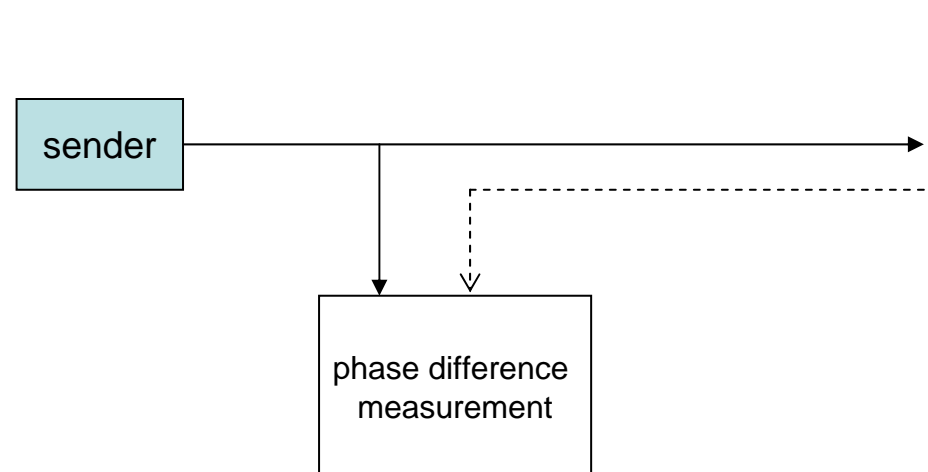
Es wird die Phasenverschiebung zwischen Sende- und Empfangssignal gemessen, und dadurch kann die Zeitdifferenz berechnet werden.

$$\text{Es gilt: } \frac{\Delta t}{T} = \frac{\phi}{2\pi}$$

mit Δt : Zeitdifferenz

T : Periodendauer

ϕ : Phasenverschiebung



Bumper

Ein **Bumper** (Touch Sensor) ist ein **Schalter**.

Ein **Schalter** ist ein Bauteil, welches entweder **Strom fließen lässt oder nicht**.



Bumper werden durch den **direkten Kontakt mit dem Hindernis aktiviert**. Jedoch sind sie zur **Kollisionsvermeidung nicht geeignet**.

Infrarot-Sensor

Infrarot ist für das menschliche Auge unsichtbar.

Ein einfaches IR-Sensor besteht aus einer **IR-Diode** als **Sender** und einem **Fototransistor** als **Empfänger**.



Um die Signale vom Infrarotanteil des Sonnenlichtes oder des anderen Sensoren zu unterscheiden, wird eine Frequenzmodulation genutzt. Dann nur Strahlung mit dieser Modulationsfrequenz werden registriert.

Ultraschall

Ultraschall gibt es in der Natur. Fledermäuse und Delphine nutzen die so genannten SONAR- Techniken.

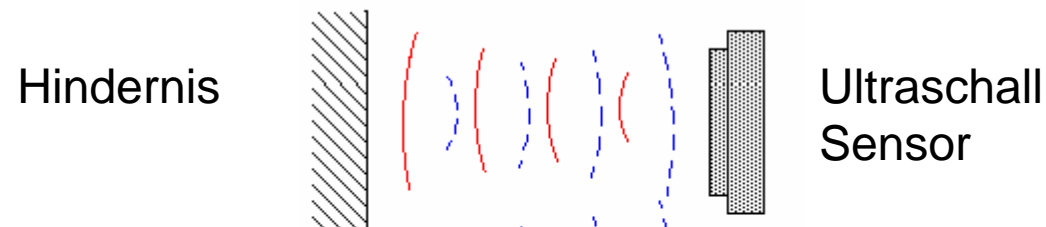
SONAR: SOund **NA**avigation and **R**anging
(Schall- Navigation und Messung)



Die Frequenzen des Ultraschalls liegen oberhalb des Hörbereiches des Menschen (20 Khz bis Gigahertzbereich).

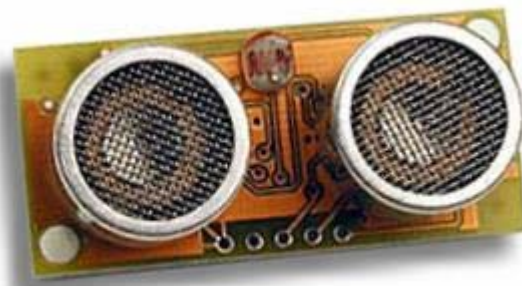
Ultraschall

Ultraschall wird hauptsächlich auf Basis des Piezoelektrisches Effekts erzeugt und empfangen.



Sensor strahlt Ultraschall ab und erkennt den reflektierten Strahl wieder. Dadurch erkennt die Entfernung, in dem ein Hindernis auftritt.

Beispiel

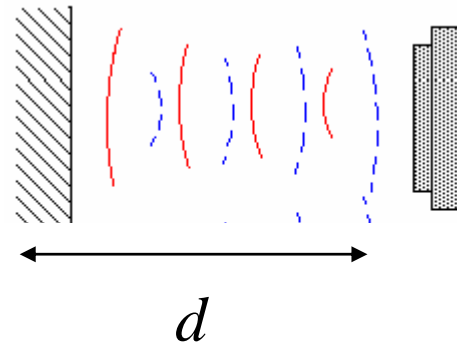


Ultraschallsensor

Ultraschall

Funktionsprinzip

Signallaufzeit



Die Entfernung d lässt sich mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit c wie folgt berechnen:

$$d = \frac{1}{2} c \cdot t \quad c \approx 340 \text{ m/s} \quad \text{Bei } 20^\circ$$

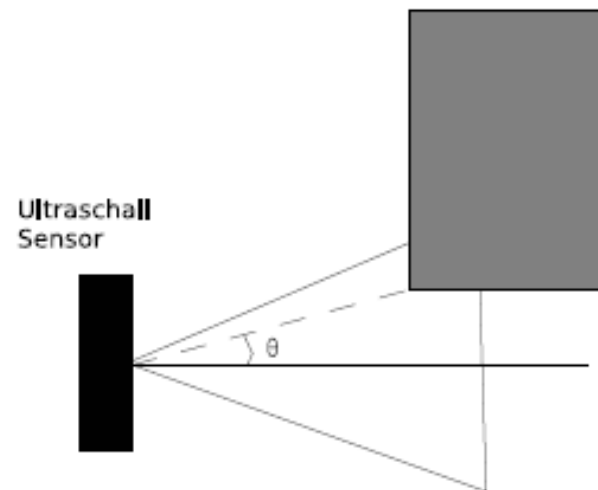
Messbereich: Die maximale Reichweite kann ein paar Meter betragen.

Ultraschall

Messfehler

Winkelrichtung

das empfangene Signal gibt Informationen über die Entfernung, nicht über die Winkelrichtung.

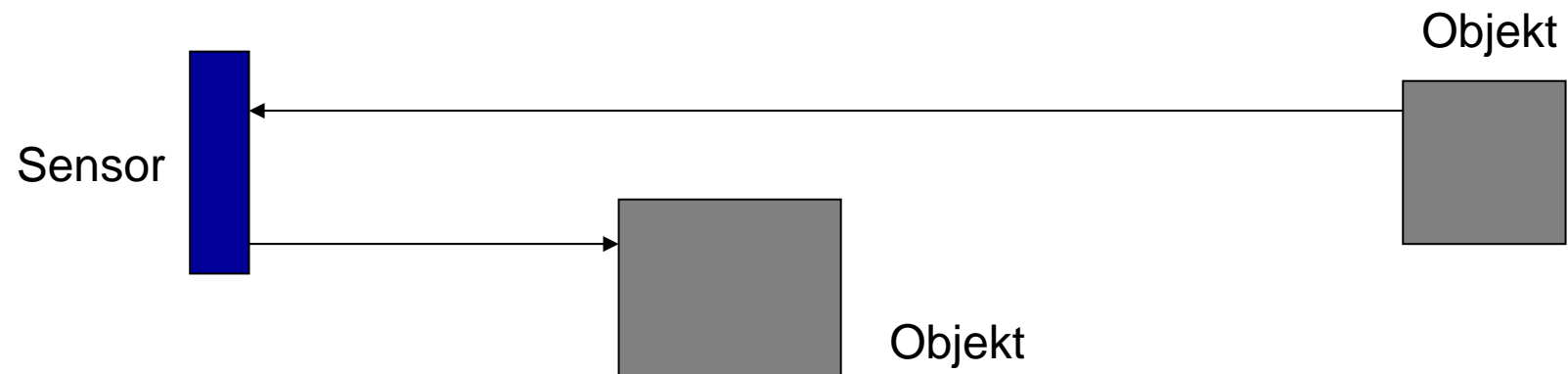


Ultraschall

Messfehler

Scheinechos

eine Welle kann auf mehreren Objekten reflektiert werden, bevor sie als Echo vom Sensor empfangen wird.

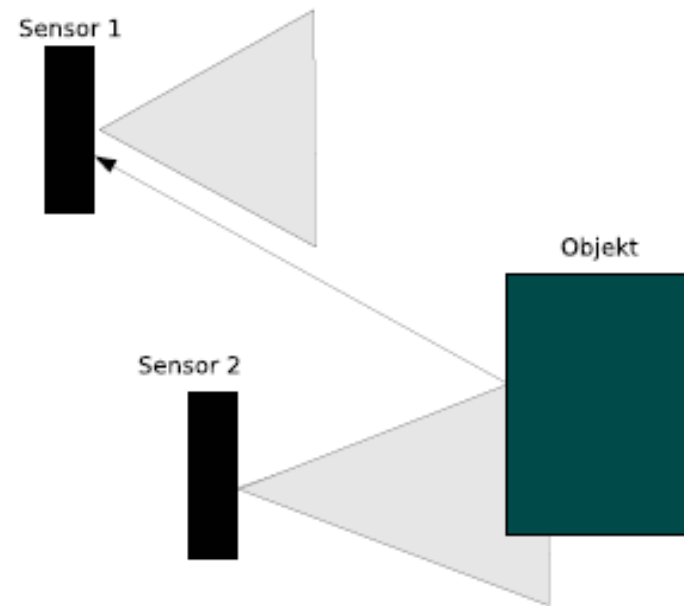


Ultraschall

Messfehler

Crosstalk Problem

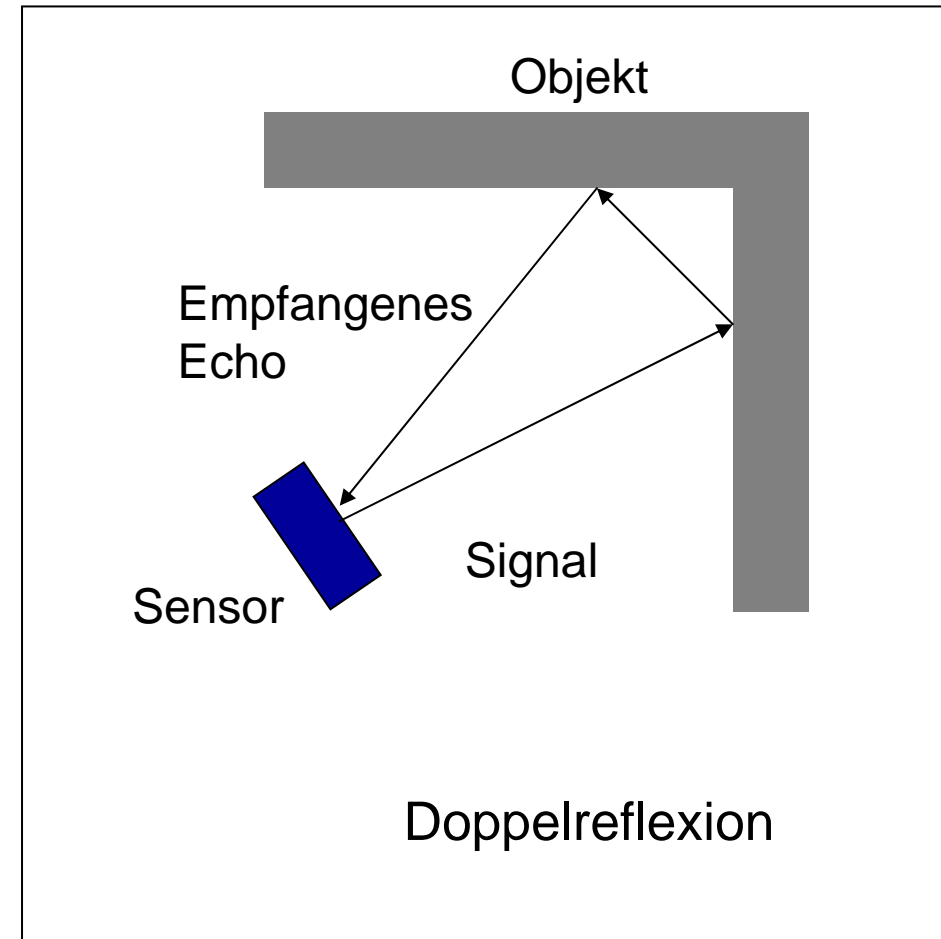
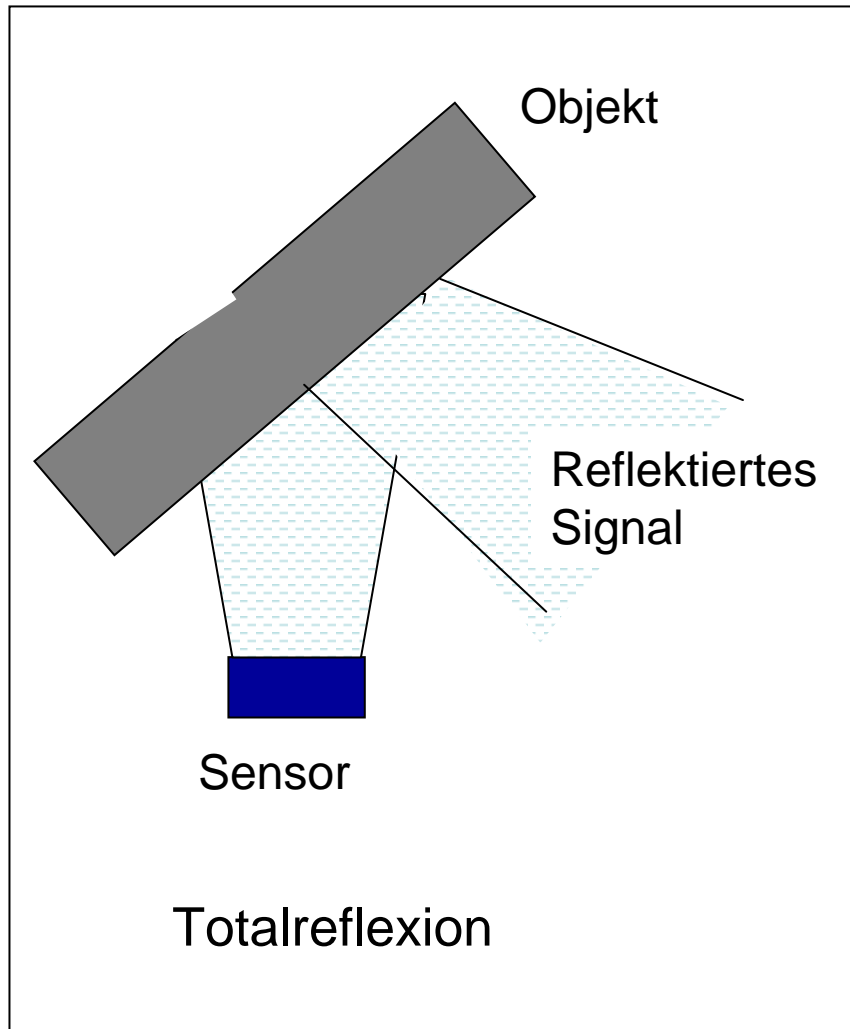
bei gleichzeitigem Betrieb von mehreren Ultraschallsensoren kann ein Sensor das Echo einer Welle empfangen, die von einem anderen Sensor gesendet wurde.



Ultraschall

Messfehler

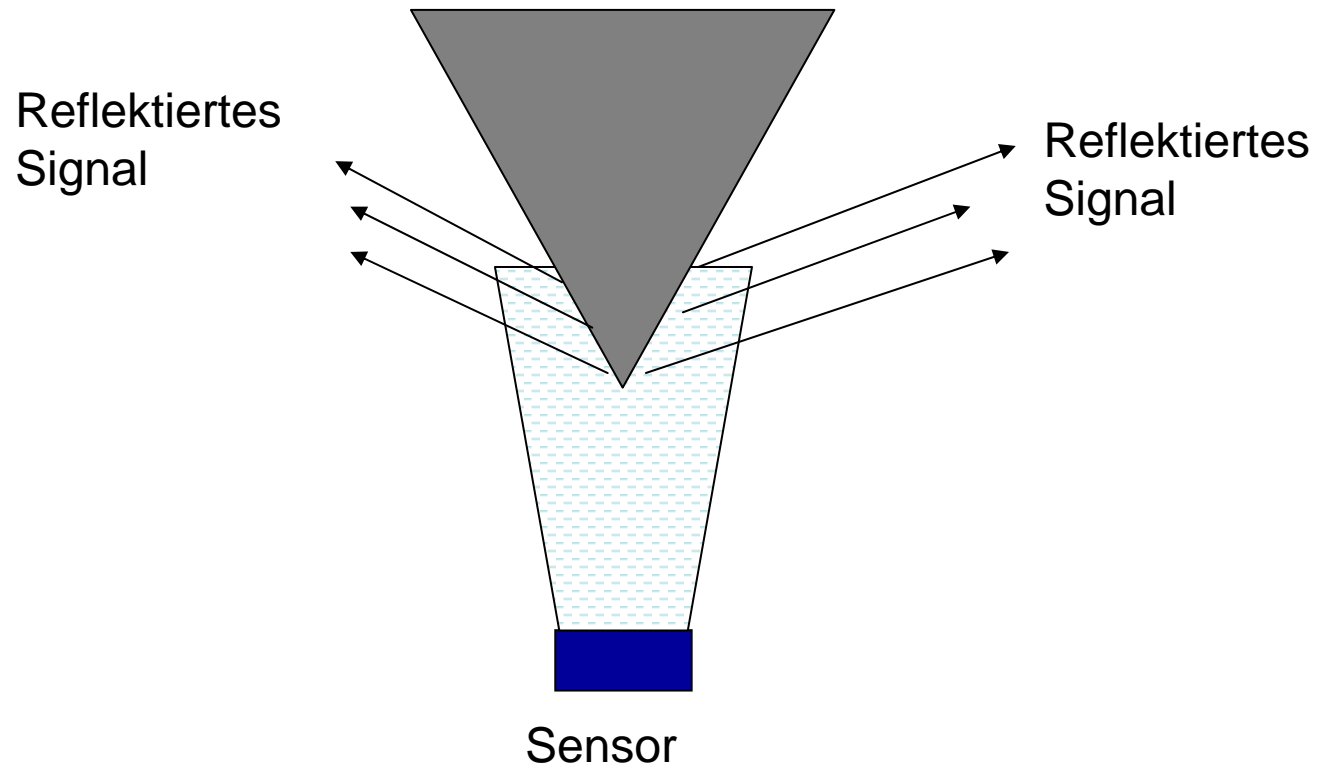
Reflexionen



Ultraschall

Messfehler

Unsichtbare Ecke



Ultraschall



Preiswert und klein,
deshalb fast überall
montierbar.



- durch großen Öffnungswinkel ungenaue Entfernungsmessung.
- Scheinechos
- Reflektionen
- Unsichtbare Ecke
- Crosstalk Problem

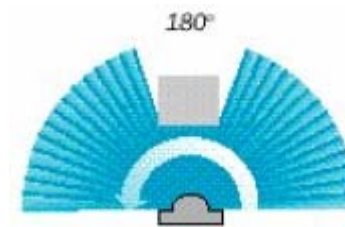
Laserscanner

Phasendifferenz

LASER: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation
(Lichtverstärkung durch Induzierte Emission)

SICK Laserscanner

Gemessen wird die Zeit zwischen Aussendung und Empfang eines Laserimpulses.

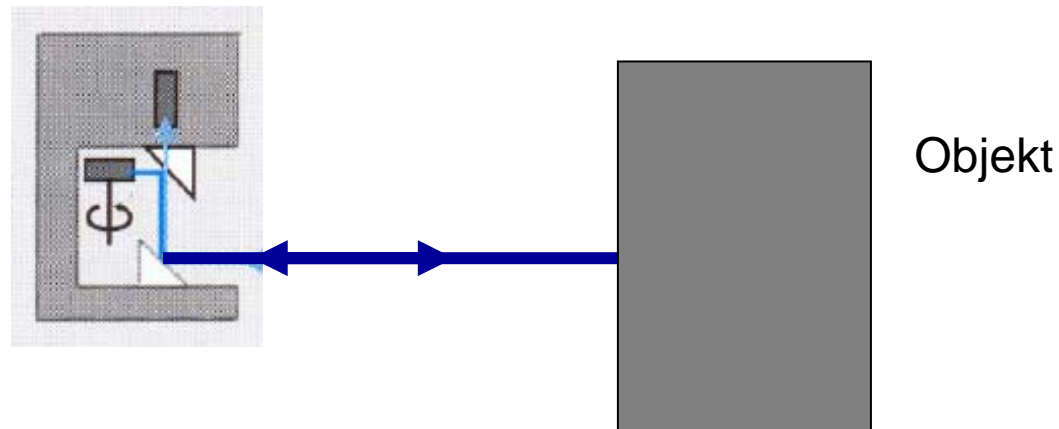


Messbereich: Die Reichweite beträgt ca. 80m in 180°

SICK Laserscanner

- Der gepulste Laserstrahl wird bei dem **SICK Laserscanner** über einen rotierenden Spiegel abgelenkt. Für eine Rotation benötigt der Spiegel 13,32 ms (75 Hz).
- Bei der ersten Rotation wird die Entfernung bei 0° , 1° , 2° , . . . und bei der zweiten Rotation bei $0,5^\circ$, $1,5^\circ$, $2,5^\circ$, . . . gemessen.

In einem Abstand von 10 Metern wird c.a 3,13 cm breite keine Messung haben.



Laserscanner

SICK Laserscanner

- **Messmethode:** gepulster Laserstrahl
- **Reichweite:** ca. 30 m
- **Entfernungsmessgenauigkeit:** ± 16 mm
- **Schnittstelle:** RS 232
- **Versorgungsspannung:** 24 V DC, $\pm 15\%$



Laserscanner



- kleiner Öffnungswinkel
→ genauere Daten.
- kürzere Signallaufzeiten (Laser hat Lichtgeschwindigkeit)
- Falsche Reflektionen sind sehr viel geringer als beim **SONAR**



- Augenempfindlichkeit
- Glas reflektiert nicht
- Spiegel lenken Strahl ab