

Ausgewählte Mitglieder der  
swisst.net-Sektion 10 «Sensoren»

Bachofen AG  
8610 Uster

**BACHOFEN**  
Industrielle Automation

Balluff Sensortechnik AG  
8953 Dietikon

**BALLUFF**

Baumer Electric AG  
8501 Frauenfeld

**Baumer**

Bernstein (Schweiz) AG  
8954 Geroldswil

**BERNSTEIN**  
safe solutions

Contrinex Schweiz  
6314 Unterägeri

**CONTRINEX**

Hamamatsu Photonics  
4500 Solothurn

**HAMAMATSU**  
PHOTON IS OUR BUSINESS

ifm electronic ag  
4624 Härkingen



Kistler Instrumente AG  
8408 Winterthur

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Leuze electronic AG  
8306 Brüttisellen

**Leuze electronic**

NM GmbH  
8400 Winterthur

**NM**  
Numerical  
Modelling GmbH

Omron Electronics AG  
6312 Steinhausen

**OMRON**

Panasonic Electric  
Works Schweiz AG  
6343 Rotkreuz

**SUNX**

Pepperl+Fuchs AG  
2557 Studen / BE

**PEPPERL+FUCHS**  
SENSING YOUR NEEDS

Ringspann AG  
6303 Zug



Schmersal (Schweiz) AG  
8047 Zürich

**SCHMERSAL**

Schneider Electric AG  
3063 Ittigen

**Schneider  
Electric**

Sick AG  
6370 Stans

**SICK**  
Sensor Intelligence.

Siemens Schweiz AG  
8047 Zürich

**SIEMENS**

SNT Sensortechnik AG  
8153 Rümlang

**SNT**  
SNT SENSORTECHNIK AG

Kommunikationsausschuss der  
swisst.net-Sektion 10 «Sensoren»

Präsident: Stefan Stübi, Bachofen AG  
Vorstand: Claudio Masoch, Sick AG  
Vorstand: Willy Bauer, Panasonic AG  
Vorstand: Marc Waltisperger, Pepperl+Fuchs AG

## Innovatives Verfahren für Ultraschallsensoren

**Fachbericht**

Obwohl Ultraschallsensoren seit über 20

Jahren in der industriellen Automatisierung

eingesetzt werden, eröffnen sich selbst heute noch völlig neue Anwendungsbereiche. Dieser Beitrag erklärt die Auswerteverfahren mittels Laufzeitmessung, Schrankenbetrieb und Amplitudenmessung sowie die Entwicklung eines innovativen Ultraschallsensors für die Bahnkantenmessung.

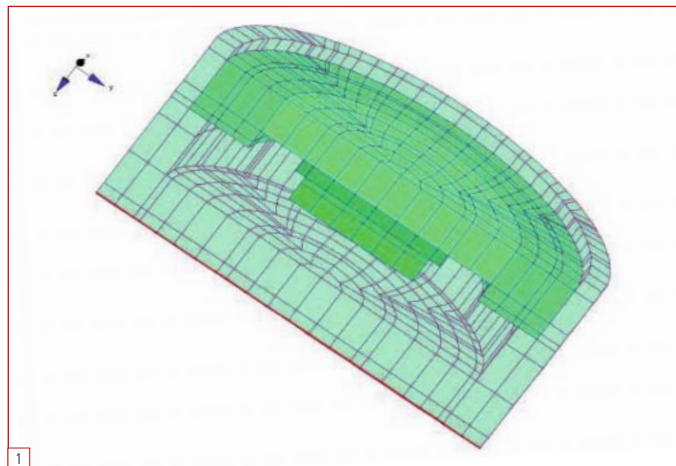
Bild 1: FEM-Darstellung eines Ultraschallwandlers.

Bild 2: Laufzeitmessung.

Bild 3: Ultraschallschranke

Bild 4: Bahnlaufregelung mit Ultraschall-Gabelschranke.

Bild 5: Das Sensorsignal ist eine lineare Funktion der Abdeckung.



### Berührungslose Sensoren

Berührungslose Sensoren werden in der Automatisierungstechnik zur Erkennung von Teilen oder zur Messung von Abständen eingesetzt. Es stehen mehrere Technologien zur Verfügung, zum Beispiel optisch, induktiv, Ultraschall, kapazitiv, magnetisch oder Mikrowelle. Jede Technik hat ihre Vor- und Nachteile. Dabei spielen vor allem die Materialeigenschaften des zu erkennenden Objektes eine Rolle. Eines der universellsten Verfahren ist die Ultraschalltechnik. Die SNT Sensortechnik AG hat sich ganz auf Ultraschallsensoren spezialisiert. Verglichen mit anderen Messtechniken ist das Verfahren sehr robust. Ultraschall durchdringt selbst schmutzige und staubige Umgebungen und wird von fast allen Oberflächen reflektiert. Dadurch ist das Verfahren vollkommen unabhängig von Material, Farbe und Struktur des abzutastenden Objektes.

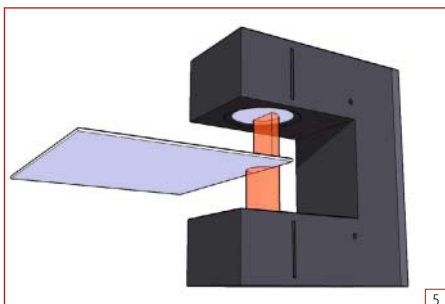
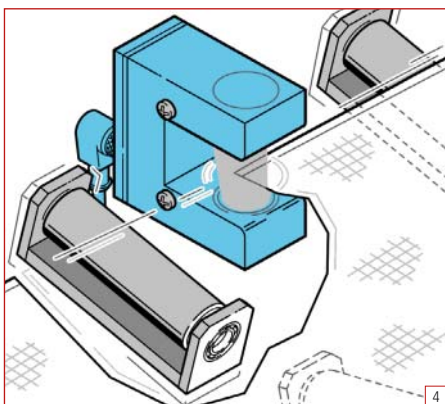
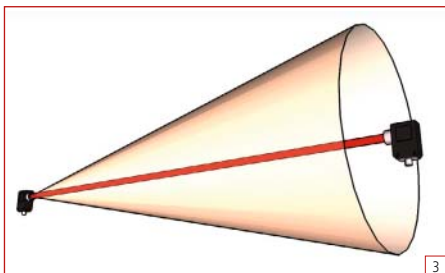
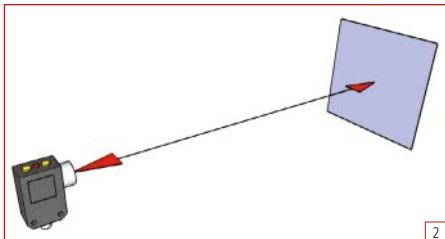
### Ultraschall

Der Ultraschall im Bereich zwischen circa 80 und 400 kHz reicht aus, um Objekte in Distan-

zen von wenigen Millimetern bis zu mehreren Metern zu detektieren. Diese Sensoren haben somit einen erstaunlich grossen Messbereich. Tiefere Frequenzen als 80 kHz sind anfällig auf Fremdgeräusche und höhere als 400 kHz haben eine zu starke Dämpfung in Luft. Die Auflösung von Ultraschallsensoren liegt im Bereich von 0,1 Prozent des Vollbereiches. Bei den Kurzbereichsensoren sind so Auflösungen bis 0,3 mm möglich, bei den Sensoren mit mehreren Metern Messbereich beträgt diese wenige Millimeter.

Der Schall wird mittels sogenannter Schallwandler erzeugt. Das elektromechanische Bauteil, das die SNT Sensortechnik AG selber entwickelt und herstellt, hat die Aufgabe, die elektrisch erzeugte Schwingung einer piezoelektrischen Scheibe in eine Oberflächen-schwingung der Sensormembrane mit grösstmöglicher Amplitude umzuwandeln. In diesem Zusammenhang wird auch von Impedanz-Anpassung gesprochen. Je grösser die Amplitude, desto «lauter» ist der Ultraschall und desto «besser» der Sensor. Besser bedeu-

tet hier, dass der Sensor auch kleinste und bewegte Teile in grosser Entfernung erkennen kann. Gewisse Ultraschallsensoren der SNT Sensortechnik AG können einen Draht mit weniger als 1 mm Durchmesser in mehr als 1 m Distanz erkennen. Luft ist an sich ein denkbar ungünstiges Medium, um Schall zu übertragen; besonders für die beim Ultraschall üblichen hohen Frequenzen. Die Schalldämpfung ist extrem hoch, weshalb es einen starken Schallsender und ein äusserst empfindliches Mikrofon braucht, um die periodischen Bursts zu detektieren. Die Sensoren sind zum Teil so empfindlich, dass sie ein Signal empfangen können, welches 100 000 Mal kleiner ist als das ausgesendete. Im Folgenden werden die verschiedenen Auswerteverfahren vorgestellt.



### Die Laufzeitmessung

Die traditionellen Ultraschallsensoren arbeiten nach dem Prinzip der Laufzeitmessung des Schalls. Die Laufzeit (hin und zurück) in Luft beträgt pro Meter rund 6 ms. Der Sensor sendet einen kurzen Ultraschall-Burst aus, dieser wird vom Objekt mindestens teilweise reflektiert, und schliesslich wird im Sensor aufgrund der verstrichenen Zeit bis zum Erfassen des Echos die Distanz des Objektes ermittelt. Dieser Vorgang wiederholt sich circa 30 Mal pro Sekunde. Derselbe Schallwandler arbeitet hier alternierend als Sender und Empfänger. Deshalb sind der Geschwindigkeit Grenzen gesetzt. Zudem haben Laufzeitsensoren aus diesem Grund im Nahbereich eine Blindzone, in der keine zuverlässige Distanzmessung möglich ist. Laufzeitsensoren werden in der Industrie als Näherungsschalter oder als Distanzsensoren eingesetzt.

### Ultraschallschranken mit Schaltausgang

Sender und Empfänger können auch von zwei getrennten Sensoren dargestellt werden. Der Empfänger fragt dabei circa 200 Mal pro Sekunde ab, ob das Signal des Senders vorhanden ist oder ob es durch ein Objekt verdeckt wird. Daraus ergibt sich eine Schranke. Das Prinzip ist von Lichtschranken her bekannt. Diese haben aber den Nachteil, dass eine Verschmutzung der Optik oder der Luft zwischen Sender und Empfänger die Empfindlichkeit stark abschwächen kann. Ultraschall ist da toleranter und durchdringt auch eine schmutzige Umgebung. Zudem durchdringt der Schall im Gegensatz zum Licht keine transparenten Objekte wie zum Beispiel Glas- oder PET-Flaschen. Deshalb haben Ultraschallschranken ihre Anwendungen vorwiegend beim Detektieren von transparenten Objekten. Sie werden den Laufzeitsensoren vorgezogen, wenn sich die Objekte besonders schnell bewegen, wenn sich die Oberfläche in sehr ungünstigem, das heisst flachem Winkel zum Sensorstrahl befindet oder wenn die Abstände zwischen den Objekten sehr klein sind. Ebenso haben Ultraschallschranken keinen Blindbereich. Ausserdem sind sie sehr unkritisch bezüglich der präzisen Ausrichtung von Sender und Empfänger.

### Ultraschall-Gabelschranken mit Analog-Ausgang

Eine neue Entwicklung der SNT Sensortechnik AG ist die Ultraschallschranke mit Analog-Ausgang. Sie ist von den Anforderungen an den Schallwandler und die Signalauswertung her am anspruchsvollsten, weil nicht nur ein Ja/Nein-

Kriterium abgefragt wird, sondern die Schallamplitude gemessen werden muss. Wie bei einer Schranke üblich, sind Sender und Empfänger getrennt. Aus anwendungstechnischen Gründen sind beide in ein U-förmiges Gabelgehäuse eingebaut. Die Hauptanwendung dieses innovativen Produktes ist die Kantenerkennung bei der Bahnlaufregelung. Die Position der seitlichen Kante einer schnell laufenden Bahn, zum Beispiel Papier, Folien oder Textilien, wird auf 1/10 mm genau ermittelt. Das Signal wird dabei verwendet, um das Material mit mechanischen Stellgliedern exakt auf der Bahn zu halten. In der Verpackungsindustrie sind solche Sensoren heute Standard. Neu ist der Einsatz von Ultraschallsensoren anstelle von optischen Geräten, da wiederum transparente Folien nur mit Ultraschall erkannt werden.

Je mehr der Schallstrahl zwischen Sender und Empfänger abgedeckt ist, desto weniger Signalamplitude registriert der Empfänger. Leider ist diese Funktion aber höchst unlinear und stark beeinflusst durch Temperatur und Luftströmung. Exemplarstreuungen erschweren die Aufgabe zusätzlich. Zudem kommt es in der Gabel zu Mehrfachechos. Kurz gesagt, das Rohsignal ist absolut unbrauchbar für einen Präzisionsensor. In langwieriger Entwicklungsarbeit wurden schliesslich die physikalischen Unzulänglichkeiten in fünf Schritten eliminiert.

### Die fünf Vorteile der SNT-Ultraschall-Gabelschranken

1. Die SNT-Schallwandler sind gross im Durchmesser. Daraus ergibt sich eine grosse Messbreite bei guter Linearität und Auflösung.
2. Das neue Sonarange-Material der Ultraschallwandler weist einen E-Modul auf, der bis zu weit höheren Temperaturen als bisher konstant ist, was zu einer hohen Temperaturstabilität führt.
3. Signale werden aufgrund von berechneten Werten und mittels Temperatursensor kompensiert. So ist ein genauer Betrieb bis 60 °C möglich.
4. Jeder Sensor wird individuell softwaremässig abgestimmt. Die Sensoren sind reproduzierbar, der Einfluss von Luftfeuchtigkeit und -druck ist stark reduziert.
5. Software und Schallwandler sind so ausgelegt, dass Mehrfachechos eine untergeordnete Rolle spielen. Dies ermöglicht einen sehr kleinen Höhenschlageinfluss und eine hohe Messgeschwindigkeit. ■

SNT Sensortechnik AG, [www.sntag.ch](http://www.sntag.ch)