

## Extrem robust und genau

Schlagfeste Technologie zur Messung von Neigungswinkeln, Vibrationen und Wegen an Baufahrzeugen

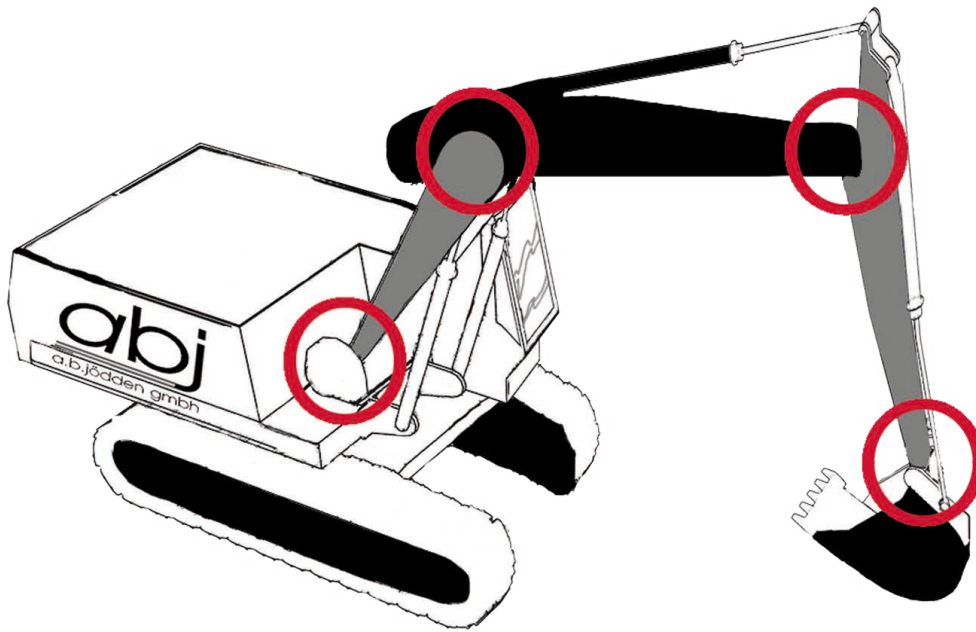


Bild 1: Neigungswinkelmessung am Bagger

Bei Messsystemen können Umwelteinflüsse wie Schocks, starke Vibrationen oder Temperaturdifferenzen das Messergebnis beeinträchtigen oder gar das System zerstören. Mit der 3D-MEMS-Technologie und induktiven Wegaufnehmern wird eine hohe Schock- und Vibrationsfestigkeit erzielt, bei Auflösungen bis 0,015 mg oder 0,01 mm.

Typische Anwendung von Neigungssensoren ist die Nivellierung von Plattformen bei Kränen, Baggern oder Radladern. Wegmessungen werden an Federungen, Stützen und Achsen benötigt. Zum einen darf aus Sicherheitsgründen eine bestimmte Neigung der Karosserie nicht überschritten werden, zum anderen müssen Positionen der Ausleger oder die Schiefelage von Schaufeln sicher erfasst werden.

### Anwendungsbeispiel: Neigungswinkelmessung am Bagger

Eine bewährte Anwendung ist die Neigungswinkelmessung am Bagger, bei der immer das gleiche Profil ausgehoben werden soll, unabhängig von der Neigung des Gerätes.

An verschiedenen Positionen wird der Neigungswinkel gemessen und dem Regelkreis als Istwert zugeführt. Mit diesen Daten wird die Neigung des Baggers ohne Fehler und Drift trotz der rauen Bedingungen auf dem Bau korrigiert (Bild 1).

### Systemaufbau: Hochreine Siliziumpendel

Hier kommt die Methode des „Pendels“ zur Anwendung. Das heißt, eine Prüfmassse wird durch die Neigung bewegt bzw. durch die Erdbeschleunigung bzw. geneigt. Die Prüfmassse ist zwischen zwei Kondensatorplatten angeordnet und wird kapazitiv abgegriffen. Dieses bewährte Verfahren kommt besonders dann zur Anwendung, wenn hohe Anforderungen an die Genauigkeit gestellt und die Sensoren auch bei externen Störeinflüssen wie Temperatur, Vibration und Schock eingesetzt werden sollen.

Durch die Neigung in horizontaler Richtung (nach rechts) neigt sich der Biegebalken. Dies ergibt eine (positive) Kapazitätsveränderung, deren hohes Nutzsinal sehr rauscharm ist (Bild 2).

Durch die Neigung oder Beschleunigung in die entgegengesetzte Messrichtung ergibt sich ein negatives Signal. Daher spricht man von z. B. +90° und -90° also  $\pm 90^\circ$  (Bild 3).

### Messprinzip

Neigungs-, Beschleunigungs- und Vibrationsmessung in einem Sensor. Grundsätzlich kann mit den gleichen Sensoren Neigung, Beschleunigung und Vibration gemessen werden. Bei der Neigungsmessung ist die Prüfmassse senkrecht, d. h. gegen den Erdmittelpunkt gerichtet. Neigt sich der Sensor, bewegt sich die Prüfmassse durch die Erdgravitation zum Erdmittelpunkt. Das Verhalten des Ausgangssignals gegenüber dem Winkel ist sinusförmig, damit ist die Auflösung bei Winkeln um 0° maximal.

Bei Vibration und Beschleunigung erfolgt die Montage grundsätzlich vertikal bzw. im 90°-Winkel zur Prüfmassse. Wirken Neigung und Beschleunigung gleichzeitig und aus der gleichen Messrichtung, kann man die Physik allenfalls mit einem anders positionierten zweiten Sensor, überlisten.

### Technologie: 3D-MEMS

Bei der 3D-MEMS-Technologie wird die Prüfmassse aus einem Stück hochreinem Silizium herausgeätzt. Dieses Teil wird hermetisch dicht und isoliert zwischen zwei ebenfalls hochreinen Silizium-Platten eingeschlossen, die gleichzeitig die Kondensatorplatten bilden. Dieser hermetische Einschluss schützt das Sensorelement gegenüber Feuchtigkeit. Durch das Auffüllen mit Gas unter Druck wird das Dämpfungsverhalten der Prüfmassse bestimmt und störende Vibration vermindert. Das einkristalline Material verleiht dem Messbalken eine hohe Schockfestigkeit (20.000g) und gleichzeitig eine sehr hohe Reproduzierbarkeit. Bisher ist keine, durch das Messelement verursachte, Langzeitdrift festgestellt worden. Fehler wie Temperaturhysteresen bilden sich wieder zurück (z. B. nach Temperaturschocks). Weitere große Vorteile der 3D-MEMS-Technologie



**Bild 2: Neigung in horizontaler Richtung**

sind die Unempfindlichkeit gegenüber Verformungen, das wesentlich größere Nutzsignal und dadurch bedingt größere Auflösungen bzw. Genauigkeiten. Die symmetrische Bauform vermindert den Temperatur-Koeffizienten beträchtlich.

### Klein und hochgenau

Das Sensorelement (Bild 4) ist nur 1,4 x 1,4 x 2 mm groß und aus drei verschiedenen Wafern ausgesägt. Diese drei Elemente werden in einem speziellen Verfahren mit den Glaszwischen-schichten verschweißt und sind hermetisch dicht. Die Verbindungsstellen sind so fest, dass sie nicht mehr voneinander getrennt werden können.

Um störende Einflüsse von Vibration bei der Neigungswinkelmessung zu verhindern sind nicht nur Gas- (bis 6 Hz), sondern auch elektronisch gedämpfte Sensoren erhältlich. Die 3D-MEMS-Sensoren erreichen bei einer Auflösung von bis 0,008° eine Reproduzierbarkeit besser als 0,01° und eine Langzeitstabilität von 0,03° über ein Jahr.

### Elektronische Auswertung und Gehäuse

Die Sensoren werden mit integriertem ASIC und einem Ausgangssignal von 0,5...4,5 V über den Messbereich in SMD-Gehäusen von 5 x 10,5 x 11,3 mm Größe



**Bild 3: Neigung oder Beschleunigung in die entgegengesetzte Messrichtung**

angeboten. Die neuen 2-achsigen Sensoren sind mit 5 x 15,6 x 11,3 mm nur unwesentlich größer. Bei den genauesten Neigungssensoren sind zusätzlich noch eine aktive Temperaturkompensation und eine digitale SPI-Schnittstelle integriert. Diese Sensoren sind ratiometrisch und benötigen eine gut stabilisierte und rauscharme 5 V (oder evtl. 3 V) Spannungsquelle.

Im Inneren des 10 x 11 x 6 mm großen SMD-Gehäuses sind rechts das Sensorelement und links der ASIC angeordnet. Diese sind an der Grundplatte angebunden und

mit einer Vergussmasse geschützt. Interessant ist, dass der größte Teil des Rauschens vom ASIC und nicht vom Sensorelement herführt. Die Grundplatte zusammen mit den SMD-Anschlüssen ist gleichzeitig die Referenz beim Einbau.

Die Sensoren sind in folgenden Bauformen lieferbar:

- Druckgussgehäuse mit Kabel, 2 Befestigungsbohrungen für Betriebsspannungen zwischen 7 und 36 VDC (ein- und zweiachsig),
- Robustes Industriegehäuse mit M12 Sensorstecker, 3 Befestigungsbohrungen,
- Ausgang 4...20 mA (resp. 1...5 oder 2...10 V) Ausgang, ein- und zweiachsig,
- OEM Printplatine mit 4...20 mA (resp. 1... oder 2...10 V) Ausgang, ein- und zweiachsig

### Wegmessung

Kompakte, programmierbare, induktive Wegaufnehmer für die mobile Automation. Zusätzlich zur Messung von Neigung, Beschleunigung und Vibration werden auch Wege erfasst. Dies geschieht durch induktive Wegaufnehmer. Der analoge Messwert wird mit einem 16-Bit A/D-Wandler digitalisiert und in einem Mikrocontroller verarbeitet. Die auf der Messmaschine ermittelten Abweichungen zur idealen Kennlinie werden in einem EEPROM gespeichert und zur Korrektur der Messwerte eingesetzt. Die digitale Information wird mit einem D/A-Wandler in normierte analoge

Ausgangssignale 0(4) – 20 mA oder 0 – 5 (10) V gewandelt.

Durch diese Technik sind unterschiedliche Messwege mit nur einem Wegaufnehmer durch den Anwender programmierbar. Vorgehen: Nach der Montage und mechanischer Nullstellung wird der Kontakt ANF ca. 3 Sek. mit der Betriebsspannung verbunden. Damit ist der Anfangswert des Wegaufnehmers programmiert. Analog dazu wird der Endwert mit dem Kontakt END programmiert.

Werden die Wegaufnehmer, z. B. als Rückführgeber parallel zu Hydraulikzylindern angebaut, ist damit eine sehr einfache, schnelle und damit kostengünstige Inbetriebnahme möglich.

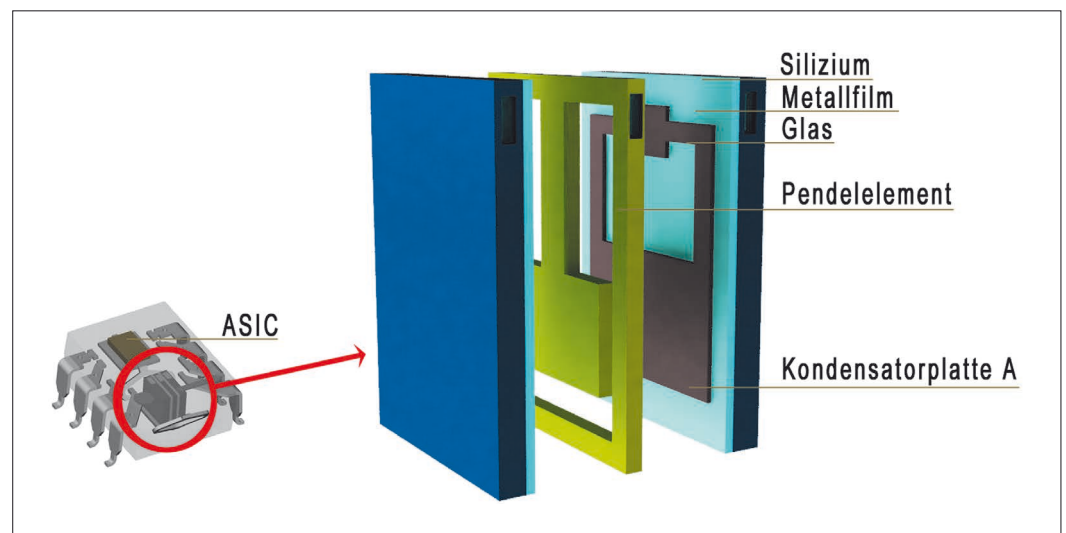
### Vielseitig einsetzbar

Die vergossene Bauweise, ermöglicht einen Einsatz bei Schockbelastungen bis 250 g SRS (20 – 2000 Hz) und Vibrationsbelastungen bis 20 g rms (50 g Spitze).

Der zulässige Betriebsspannungsbereich zwischen 9 und 32 VDC, die hohe Genauigkeit von 0,1 % und die verschiedenen Ausgangssignale ermöglichen den Einsatz in vielen Bereichen.

### Zubehör

Zusätzliche mechanische Anbauten, wie z. B. Kugelgelenke an Stößeln und Gehäusen, Schutzrohre, Taster-Versionen mit Rückholfedern und Faltenbälgen sind lieferbar. Der elektrische Anschluss erfolgt wahlweise über Stecker oder wasserdicht angegossenes Kabel. ◀



**Bild 4: Aufbau des Sensorelementes**