

Kapazitive Sensoren

GRUNDLAGEN UND EINBAUHINWEISE



Technisches Glossar

Geben Sie ein Begriff ein.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Begriff

Absolut

Definition

Charakteristik eines magnetkodierten Messsystems, bei dem der Messwert der aktuellen Position sofort nach dem Einschalten verfügbar ist. Jeder Position, z. B. einer Messstrecke, ist ein absolut codiertes digitales Signal oder ein Analogwert zugeordnet. Eine Referenzpunktfahrt ist nicht notwendig.

Abstandssensor mit Analogausgang

Sensor, der ein kontinuierlich variables Ausgangssignal erzeugt, das vom Abstand zwischen aktiver Fläche und dem Bedämpfungselement abhängt.

Absolutdruck

Druck gegenüber Druck Null (Vakuum). Der Wertebereich des Absolutdrucks ist immer positiv.

AIDA

Automatisierungsinitiative Deutscher Automobilisten

Aktive Fläche

Aktiv messender Bereich und somit nach außen empfindliche Elektrode/Platte des Elektrodenystems. Sie ist in der Regel etwas kleiner als die Fläche der Abdeckhaube.

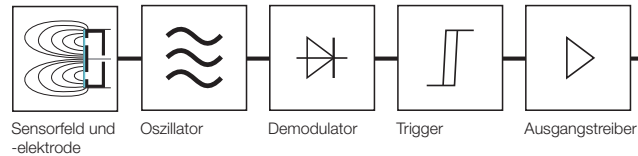
Alarmausgang

> nähere Informationen

Vorrichtung/Funktion am Empfänger, die bei Funktionsstörungen ein Warnsignal auslöst. Diese können durch Verschmutzung oder mechanische Dejustierung verursacht sein. Der Alarmausgang ist aktiviert, wenn das Empfangssignal für eine definierte Zeit im Alarmbereich liegt.

Funktionsprinzip

Der berührungslose kapazitive Sensor wandelt eine produktionstechnisch zu überwachende Größe (Objekt- oder Füllstanderkennung) in ein weiter verarbeitbares Signal um. Die Funktion beruht auf der Änderung des elektrischen Feldes in der Umgebung der aktiven Zone. Der Sensor besteht im Grundaufbau aus: einem Elektrodensystem, Oszillator, Demodulator, Triggerstufe, Ausgangstreiber/Schaltverstärker. Das Elektrodensystem bildet zusammen mit einer aktiven Messelektrode (aktive Fläche) einen offenen Plattenkondensator. Dieser ist Bestandteil eines RC-Oszillators.



Nähern sich Gegenstände aus Metall oder Nichtmetall der aktiven Fläche des kapazitiven Sensors erhöht sich die Kapazität des offenen Plattenkondensators und der Oszillator beginnt zu schwingen. Dadurch kippt die, dem Oszillator nachgeschaltete Triggerstufe und der Schaltverstärker ändert seinen Ausgangszustand. Die Funktion des kapazitiven Sensors lässt sich an der Gleichung für die Kapazität eines Plattenkondensators erklären:

$$C = \epsilon_0 \times \epsilon_r \times F \times (1/S)$$

ϵ_r : als relative Dielektrizitätszahl (Eigenschaft des abzufragenden Mediums)

ϵ_0 : als absolute Dielektrizitätszahl (Naturkonstante)

F: als Elektrodenfläche

S: als Abstand

Aus oben stehender Formel folgt, dass Objekte, die eine hinreichend große relative Dielektrizitätszahl (ϵ_r) sowie Fläche (im Verhältnis zur aktiven Fläche) und ausreichend geringen Abstand haben, vom kapazitiven Sensor erfasst werden. Neben der oben beschriebenen universellen Technologie bei welcher der Aufnehmer Bestandteil einer Oszillatorschaltung ist, gibt es auch modernere Verfahren, die speziellen Anwendungsanforderungen genügen.

Sensor zur Objekterfassung (bündig)

Sensoren mit geradlinigem elektrischen Feld (keine Seitenempfindlichkeit). Diese erkennen Festkörper z. B. Kartonagen, Papierstapel, Kunststoffblöcke und -platten sowie Glas. Und erfassen Füllstände von Medien durch eine Trennwand, die aus Kunststoff oder Glas besteht. Die Wandstärke darf 4 mm nicht überschreiten.

Sensor zur Füllstanderkennung (nichtbündig)

Sensoren mit kugelförmigem elektrischen Feld. Sie erfassen mit ihrer aktiven Fläche das abzutastende Produkt, Schüttgut oder Flüssigkeiten (z. B. Granulat, Zucker, Mehl, Getreide, Sand, Öl und Wasser), vorzugsweise berührend oder indirekt durch eine Glas- oder Kunststoff-Trennwand eines Behälters.

Schaum- und Anhaftungskompensation (smart level Technologie)

Patentertechnologie, die eine optimale Erfassung von Füllständen elektrisch leitfähiger (polarer) Medien (Wasser, Laugen, Säuren, ...) ermöglicht. Diese erfolgt direkt berührend (Tauchsonden) und durch maximal 10 mm starke Trennwände aus Kunststoff, Glas oder Keramik. Die Sensoren, die auf dieser Technologie basieren, kompensieren den dielektrischen Einfluss der Behälterwand und ermöglichen die sichere Unterscheidung zwischen dem abzufragenden Medium und seinen Anhaftungsresten, Filmen und Schäumen.

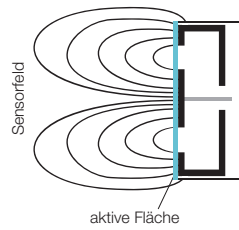
Empfindlichkeitseinstellung von kapazitiven Sensoren

In den meisten Fällen ist eine Adaption der Sensorempfindlichkeit (Kapazitätswert bei dessen Überschreitung der Sensor schaltet) an die Umgebung erforderlich (Vorbelastung durch andere Objekte im Erfassungsbereich, z. B. eine Behälterwand). Die Einstellung erfolgt je nach Gerätegeneration an einem Potenziometer, über eine Taste, eine separate Leitung oder IO-Link.

Definitionen und Kennwerte

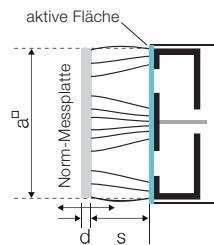
Aktive Fläche

Aktiv messender Bereich und somit nach außen empfindliche Elektrode/Platte des Elektrodensystems. Sie ist in der Regel etwas kleiner als die Fläche der Abdeckhaube.



Norm-Messplatte

Quadratische Platte aus Fe 360 (ISO 630), mit der Schaltabstände s nach EN 60947-5-2 ermittelt werden. Die Dicke ist $d = 1 \text{ mm}$; und die Seitenlänge a entspricht dem Durchmesser des eingeschriebenen Kreises der „aktiven Fläche“ oder $3 s_n$, wenn der Wert größer als der genannte Durchmesser ist.



Nennschaltabstand S_n

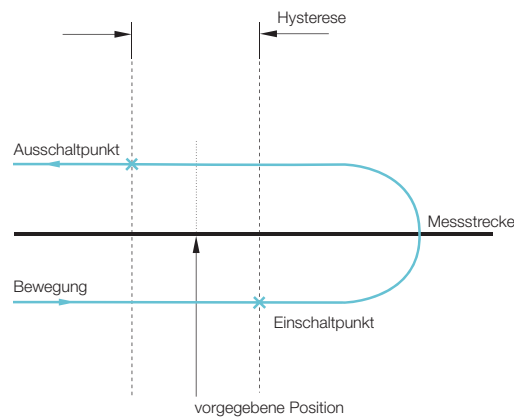
Maximal erreichbarer Schaltabstand auf die Norm-Messplatte unter Einhaltung der Gerätespezifikation (Auslieferung ab Werk in der Regel mit s_n).

Realschaltabstand S_r

Schaltabstand eines Sensors, der bei festgelegten Bedingungen wie Einbauart, Bemessungsbetriebsspannung U_e und Temperatur T_a gemessen wird.

Hysterese

Die Hysterese ist der Distanzunterschied zwischen dem Einschaltpunkt (bei sich annäherndem Objekt) und dem Ausschaltpunkt (bei sich wieder entfernendem Objekt).



Wiederholgenauigkeit	Streuung der Ausgabewerte bei wiederholtem einseitigem Anfahren einer mechanisch vorgegebenen Position.
Schaltfrequenz	Die maximale Geschwindigkeit, mit der ein Sensor unter standardisierten Bedingungen, ein Objekt sicher erfassen kann. Dies entspricht der maximal möglichen Anzahl von Schaltfolgen (EIN/AUS) pro Sekunde. Wert ist abhängig von der Größe und Geschwindigkeit des Objekts und seinem Abstand zur Schaltfläche.
Temperaturdrift	Die Temperaturdrift gibt an, um welchen prozentualen Betrag vom sr sich der Schaltabstand Innerhalb eines definierten Temperaturbereiches maximal ändern darf.
Umgebungstemperatur T_a	Der maximal zulässige Temperaturbereich, bei der ein Sensor betrieben werden darf und ein sicheres Funktionieren des Sensors gewährleistet ist.

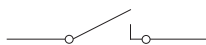
Schutzart Gibt die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln für verschiedene Umgebungsbedingungen an und den Schutz von Menschen gegen potenzielle Gefährung bei deren Benutzung. Die Schutzarten werden nach IEC 60529 bezeichnet. Kennbuchstaben IP (International Protection), Berührungs-, Fremdkörper- und Wasserschutz für elektrische Betriebsmittel. Beispiel IP69K: Schutz gegen Eindringen von Wasser bei Hochdruck bzw. Dampfstrahlreinigung nach DIN 40050 Teil 9.

Ausgangsfunktionen, Anschlüsse und elektrische Kennwerte

Normally closed (NC) Auch „Öffner“ – Sensorprinzip/Ausgangsfunktion, bei dem/der der Schaltausgang inaktiv ist, wenn der Sensor ein Objekt erfasst. Ist kein Objekt vorhanden, ist der Schaltausgang aktiv.



Normally open (NO) Auch „Schließer“ – Sensorprinzip/Ausgangsfunktion, bei dem/der der Schaltausgang aktiv ist, wenn der Sensor ein Objekt erfasst. Ist kein Objekt vorhanden, ist der Schaltausgang inaktiv. Dieses Prinzip ist in der Automatisierungstechnik am weitesten verbreitet.



PNP Pluschaltend – der Sensor schaltet positives Potential auf seinen Ausgang.

NPN Minus (Negativ-)schaltend – der Sensor schaltet die Masse auf seinen Ausgang.

PNP/NPN (Gegentakt oder push/pull) Der Sensor kann sowohl als PNP oder NPN genutzt werden, je nach Beschaltung der Last. (Die Ausgänge mehrerer Geräte können nicht parallel geschaltet werden)

PNP/NPN Schließer/Öffner (NO/NC) codierbar Der Sensor kann sowohl als PNP oder NPN genutzt werden, je nach Beschaltung der Last. Durch Verpolung der Versorgungsspannung (braun an –, blau an +) kann die Schaltfunktion von NO auf NC gesetzt werden.

IO-Link

Der kapazitive Sensor kann mit einer geeigneten Gegenstelle (Master) über seinen Schaltausgang in Datenkommunikation (com2, 30Kbit) treten. Hierbei kann er einerseits zahlreiche Daten übermitteln (z. B. den kontinuierlichen Bedämpfungswert durch ein Objekt oder Füllmedium als Zahlenwert), andererseits von der Gegenstelle fernparametriert werden. Bei fehlendem Master geht der Sensor automatisch in den normal-schaltenden Betrieb (SIO) über: z. B. PNP/NC

Analogausgang

Ausgang schalter zwischen $+U_B$ und $-U_B$. Durch Verpolung der Versorgungsspannung (braun an minus, blau an +) kann die Schaltfunktion von NO auf NC gesetzt werden.

Anschlussbilder

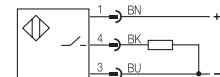
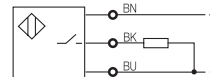
DC 3-/4-Draht

PNP (+) schaltend

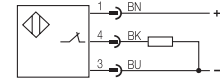
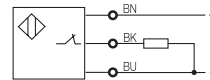
Kabel/Klemmen

Stecker

Schließer



Öffner

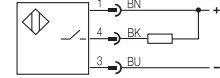
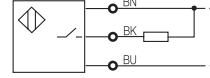


NPN (-) schaltend

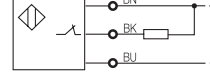
Kabel/Klemmen

Stecker

Schließer

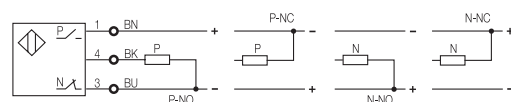


Öffner



PNP/NPN codierbar

Schließer/Öffner codierbar

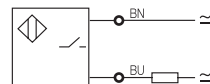


AC/DC 2-Draht

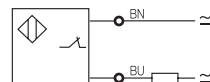
schutzisoliert (Schutzklasse II)

Kabel/Klemmen

Schließer



Öffner



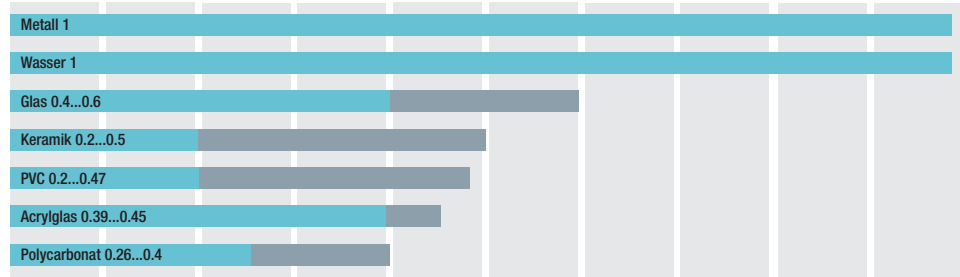
6 | Sensortechnik

Betriebsspannung U_B	Spannungsbereich (V), in dem eine einwandfreie Funktion des Sensors gewährleistet ist. Er beinhaltet alle Spannungstoleranzen und Restwelligkeiten.
Spannungsabfall U_d	Der maximale Spannungsverlust der Schaltendstufe zwischen Schaltausgang und $+U_B$ (PNP) oder $-U_B$ (NPN) bei maximal spezifiziertem Laststrom.
Restwelligkeit	Höchst zulässige Wechsellspannung (Spitze zu Spitze von U_e), die der Betriebsspannung U_B überlagert sein darf, ohne dass die Sensorfunktion beeinflusst wird.
Ausgangsstrom I_e	Der maximale Laststrom, mit dem der Sensor im Dauerbetrieb am Schaltausgang belastet werden darf. Auch Betriebsstrom bezeichnet.
Leerlaufstrom	Der maximale Eigenstromverbrauch des Sensors ohne angeschlossene Last am Schaltausgang (in der Regel bei $U_{B\ max.}$ und betätigt).
Kurzschlussschutz	Schutzeinrichtung vor Überlast und Kurzschluss. Bei allen unseren DC-Sensoren vorhanden. Bei Überlast oder Kurzschluss am Ausgang wird automatisch der Ausgangstransistor abgeschaltet. Sobald die Störung beseitigt ist, wird die Ausgangsstufe wieder in Funktion gesetzt.
Verpolungssicherheit	Auch Verpolungsschutz. Die Sensorelektronik ist gegen Verpolung der Versorgungsspannung (plus und minus) beziehungsweise die Vertauschung der Anschlussdrähte (braun und blau) geschützt.
Vertauschschutz	Die Sensorelektronik ist gegen alle Vertauschmöglichkeiten aller Anschlüsse geschützt.

Korrekturfaktoren und Leitwertangaben smart level Technologie

Einsatzbedingungen und Korrekturfaktoren

Tritt ein elektrisch nichtleitendes Betätigungselement in das Sensorfeld ein, ändert sich die Kapazität proportional zu ϵ_r und zur Eintauchtiefe bzw. zum Abstand zur aktiven Fläche. Da der Nennschaltabstand s_n sich auf eine geerdete Normmessplatte aus Metall bezieht, müssen die Schaltabstände für andere Materialien entsprechend des Korrekturfaktors reduziert werden:



Diese Angaben sind u.a. abhängig vom Sensortyp und den Objektdimensionen und daher nur Anhaltswerte.

Einsatzbereich der smart level Technologie (Schaum- und Anhaftungskompensation) mit Leitwertangaben

Die hier angegebenen Medien und Leitwerte sind nur Anhaltswerte und dienen der groben Orientierung. Grundsätzlich werden alle genannten Medien sicher erkannt. Die Unterschiede bestehen bei der Kompensationsfähigkeit von Anhaftungen, Schäumen und Filmen bei absinkendem Füllstand. In Einzelfällen sollten Tests durchgeführt werden, da z. B. Temperatur und Konzentration der Medien Einfluss auf die Leitwerte haben. Bitte sprechen Sie uns an. Leitwerte weiterer Medien erhalten Sie auf Anfrage.

Industrielle Abwässer (Wahl des Sensors, je nach Leitfähigkeit des Mediums)			
	Desinfektionsmittel (chlorhaltige Medien)		
	Kochsalzlösung		
Alkohol	Klarspüler		
Marmelade	Milch/Buttermilch/Joghurt		
VE-Wasser	Fruchtsaft		
Mineralische Öle	Kühlschmiermittel		Ketchup/Mayonnaise/Senf
Pflanzliche Öle	Ameisensäure (30 %)		Phosphorsäure (10 %)
Ammoniak (30 %)	Speiseessig		Schwefelsäure (10 %)
Trinkwasser	Cola		Calciumchlorid (30 %)
Zuckerlösung verdünnt	Honig/Leim	Blut	Salzsäure (40 %)
Zahnpasta	Bier	Meerwasser	Salpetersäure (12 %)

BCS Standard bis ca. 0,7 mS

smart level Technologie 15 ca. 0,7...15 mS

smart level Technologie 50 ca. 15...50 mS

smart level Technologie 500+ ca. 50...500 mS und höher

Anwendungs- und Einstellungsbeispiele grundlegender Sensortypen

Bündige Sensoren

Mit dem geradlinigen Feld der bündigen Sensoren werden üblicherweise Objekte abgefragt. Um ein einwandfreies Schalten des Sensors zu erreichen, muss vor dem Geräteinsatz der maximale Schaltabstand geprüft werden. Nachfolgende exemplarische Applikationen erläutern, wie Sie dabei vorgehen können.



Festkörper unterschiedlicher Materialien erkennen

Mit einem bündigen kapazitiven Sensor soll eine Keramikplatte abgefragt werden. Der Sensor wird auf den maximalen Nennschaltabstand s_n von z. B. 4 mm auf Metall oder näherungsweise auf die Hand eingestellt. Mit diesem voreingestellten Abstand von 4 mm bewegt man den Sensor auf die Keramikplatte zu. Der Nennschaltabstand s_n zur Keramikplatte hat sich auf ca. 2 mm verringert. Diese 2 mm sind nun der maximal zulässige Schaltabstand zur Keramikplatte. Nur die Justage geringerer Schaltabstände als 2 mm ist zulässig.

Achtung! Damit unsere Sensoren innerhalb Ihrer technischen Spezifikation zuverlässig arbeiten, haben die Geräte einen größeren Erfassungsbereich als den im Katalog angegebenen maximalen Nennschaltabstand s_n . Wird nun vom Anwender der Schaltabstand auf die oben beschriebene Keramikplatte auf 4 mm justiert, arbeitet der Sensor in einem unzulässigen Bereich. Dadurch besteht die Gefahr, dass Temperatur- und sonstige Umwelteinflüsse sowie elektrische Störgrößen im Netz zu Fehlschaltungen des Sensors führen können.

Füllstände durch Behälterwände erkennen

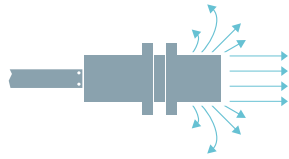
Mit einem bündigen kapazitiven Sensor soll durch eine Trennwand eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, abgefragt werden. Die Trennwand darf nur aus nicht leitfähigem Werkstoff, z. B. Glas oder Kunststoff bestehen. Die max. zulässige Wandstärke steigt mit dem Durchmesser der aktiven Fläche: max. 4 mm (außer smart level Technologie).

Der Sensor wird nun mit seiner Stirnseite (aktive Fläche) an die Glas- oder Kunststoffwand möglichst formschlüssig montiert. Der Behälter wird mit Wasser angefüllt, bis ca. 30 bis 50 % der aktiven Fläche des Sensors bedeckt sind.

Insbesondere bei kleinen und kleinsten zu erfassenden Flüssigkeitsmengen sowie bei nichtformschlüssigem Anbau des Sensors (flache Sensorfläche an Behälterwandung mit geringem Radius) sollten 30 % als Bedeckungsfläche gewählt werden. Nun ist das Potenziometer des Sensors solange nach links zu drehen (geringere Empfindlichkeit), bis dieser ausschaltet (NO). Das Potenziometer ist nun wieder nach rechts zu drehen (Empfindlichkeit größer), bis die LED bzw. der Sensor wieder einschaltet. Bei modernen Geräten mit Teachfunktion bei 30-50 % der Bedeckung der aktiven Fläche durch des Füllgut so lange Taste drücken oder separate Teachleitung auf definiertes Potenzial legen bis LED blinkt (Vollteach).

Nichtbündige Sensoren

Diese kapazitiven Sensoren eignen sich durch ihr kugelförmiges elektrisches Feld besonders als Füllstandserfasser für Flüssigkeit, Granulat oder Pulver.



Füllstände direkt im Behälter erkennen

Mit dem nichtbündigen kapazitiven Sensor soll in einem Behälter Granulat abgefragt werden. Der Sensor wird nun mit seiner aktiven Fläche (Freizone am Kopf wie im Katalog beschrieben) so in den Behälter eingebaut, dass der Kopf vollständig mit dem Produkt bedeckt ist.

Das Potenziometer des Sensors wird jetzt nach links gedreht (Empfindlichkeit kleiner), bis die LED und somit das Ausgangssignal ausschaltet. Anschließend wird das Potenziometer wieder nach rechts gedreht (Empfindlichkeit größer), bis die LED und somit das Ausgangssignal gerade wieder einschaltet. Danach muss noch ca. eine ½-Umdrehung (180°-Drehung) nach rechts erfolgen. Dadurch werden mögliche Temperaturschwankungen oder Feuchtigkeitsänderungen des zu erfassenden Produkts ausgeglichen. Bei Medien mit hohem ϵ_r , insbesondere Wasser, reagiert der Sensor wesentlich empfindlicher. Daher sollte die Justage bei etwa 50 % Bedeckung durchgeführt oder ein Sensor bzw. Tauchsonde der Serie smart level Technologie verwendet werden.

Füllstände leitfähiger Flüssigkeiten direkt im Behälter oder durch eine Behälterwand erkennen

Die Füllstandssensoren mit smart level Technologie (Schaum- und Anhaftungskompensation) erkennen wässrige, leitfähige und auch anhaftende Flüssigkeiten direkt oder indirekt durch Behälterwände. Und dies justagefrei mit der Werkseinstellung wenn die Behälterwand 6 mm nicht übersteigt. Bei dickeren Wänden oder extrem leitfähigen und anhaftenden Medien ist der Füllstandssensoren mit smart level Technologie zu justieren.

Justage:

Zunächst Sensor bündig an der Behälterwand installieren. Füllstand auf 30-50 % Bedeckung der aktiven Fläche bringen. Schalterpunkt am Poti einstellen so dass der Sensor gerade schaltet. Bei neuer Gerätegeneration Teachtaste so lange drücken oder separate Teachleitung auf definiertes Potential legen bis LED blinkt.

Die Justage ist auch bei vollständig gefülltem oder leerem Behälter durchführbar:

Vollabgleich: Das Potenziometer langsam gegen den Uhrzeigersinn drehen, bis der Sensor ausschaltet. Das Potenziometer des ausgeschalteten Sensors jetzt langsam im Uhrzeigersinn nach rechts drehen bis der Sensor wieder einschaltet. Am Einschaltpunkt muss jetzt noch etwa eine halbe Umdrehung (ca. 180°) nach rechts erfolgen und der smart level ist justiert.

Leerabgleich: Das Potenziometer des ausgeschalteten Sensors langsam im Uhrzeigersinn nach rechts drehen bis der Sensor einschaltet. Am Einschaltpunkt muss das Potenziometer 3-mal jeweils um etwa 360° nach links gedreht werden und der smart level ist justiert.

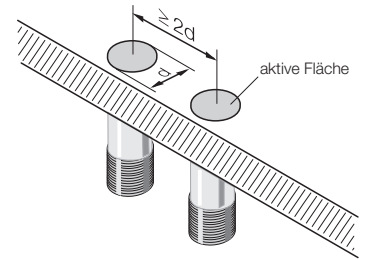
Grundsätzlich sollte der Schalterpunkt bei smart level bei 30-50 % Bedeckung der aktiven Fläche mit dem Medium liegen.

10 | Sensortechnik

Einbauvorschriften

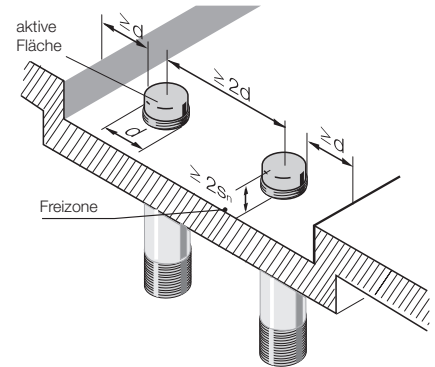
Bündig einbaubare Näherungsschalter

Bündig einbaubare Näherungsschalter können bis zur aktiven Fläche in Metall eingelassen werden. Der Abstand zwischen zwei Näherungsschaltern (bei Reihenmontage) muss $\geq 2d$ sein.



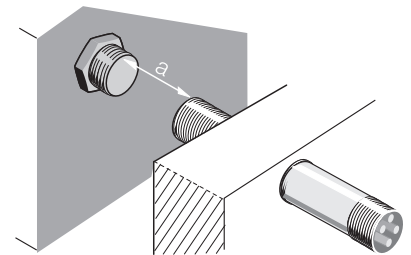
Nichtbündig einbaubare Näherungsschalter

Die aktive Fläche muss $\geq 2s_n$ aus dem metallischen Einbaumedium ragen. Der Abstand zwischen zwei Näherungsschaltern muss $\geq 2d$ sein.



Gegenüberliegender Einbau von zwei Sensoren

Der gegenüberliegende Einbau von zwei Sensoren erfordert einen Mindestabstand von $a \geq 4d$ zwischen den aktiven Flächen.



Headquarter
Balluff GmbH
Schurwaldstraße 9
73765 Neuhausen a. d. F.
Deutschland
Tel. +49 7158 173-777
tsm.de@balluff.de

Balluff GmbH
Sochorgasse 12-16
2512 Tribuswinkel
Österreich
Tel. +43 5 7887-0
tsm.at@balluff.at

Balluff AG
Zürichstrasse 23c
2504 Biel
Schweiz
Tel. +41 32 366 66 77
tsm.ch@balluff.ch



www.balluff.com



SO
ERREICHEN
SIE UNS