

## NICHT NUR FEINFÜHLIG, SONDERN AUCH EXAKT

### SENSORLÖSUNG ZUR FÜLLSTANDSKONTROLLE MIT BESONDEREN EIGENSCHAFTEN

Die Wirtschaftlichkeit von automatisierten Produktionen hängt vor allem von prozesssicheren Fertigungsabläufen ab. Probleme bereiten in diesem Zusammenhang jedoch oftmals nicht die Maschinen oder Anlagen selbst, sondern vielmehr deren Peripherie, z. B. bei der Füllstandskontrolle etwa von Kühl- oder Schmiermitteln, die sich zumeist zur kontinuierlichen Versorgung einer Anlage in separaten Behältern in unmittelbarer Nähe des eigentlichen Produktionsprozesses befinden.

Zur Abfrage von Füllständen oder Medienniveaus existieren eine ganze Reihe an Sensorlösungen, wobei deren Auswahl vor allem von dem zu erfassenden Material bzw. Medium und den Umgebungsbedingungen abhängt. So lässt sich bspw. bei der automatischen Materialzuführung über Rütteltöpfe an Maschinen der Materialfluss mit Füllstandssensoren abfragen, bei denen ein induktiver Näherungsschalter über ein Pendel betätigt wird, wenn es nicht mehr von dem im Topf befindlichen Material bewegt wird. Konduktive Füllstandsrelais wiederum eignen sich zur Erfassung leitfähiger Medien vorwiegend auf Wasserbasis, z. B. Kühlemulsionen, Abwässer oder Materialbäder in Galvaniken. Solche Lösungen bestehen aus einer Bezugs- und einer oder mehreren Messelektroden, zwischen denen der Widerstand des zu kontrollierenden Mediums gemessen wird. Wenn das Medium die Messelektrode mit der Bezugselektrode leitfähig verbindet, schaltet der Relaisausgang.

#### DIE GRUNDLAGE: DER PLATTENKONDENSATOR

Kapazitive Sensoren funktionieren nach dem Prinzip eines Plattenkondensators. Die aktive Fläche der Sensoren besteht aus zwei Elektroden bzw. Feldplatten, zwischen denen sich ein elektrisches Feld aufbaut. Die Kapazität eines Kondensators wird u. a. durch das Dielektrikum, dem Material zwischen den Feldplatten, beeinflusst. Demzufolge hängt die Kapazität der Elektrodenanordnung eines kapazitiven Sensors auch von dem Material ab, das sich in seinem elektrischen Feld befindet.

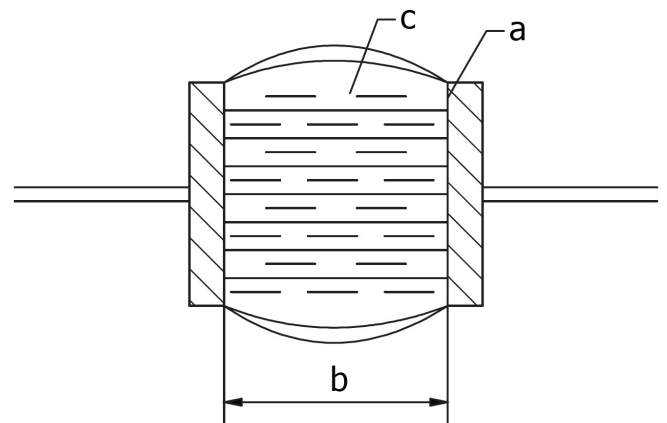
Nähert sich ein Objekt der aktiven Fläche, verändert sich das elektrische Feld vor den Elektrodenflächen und damit die Kapazität. Die Eigenschaft eines Materials, eine Kapazitätsänderung herbeizuführen, wird durch die sogenannte Dielektrizitätskonstante (auch Dielektrizitätszahl oder Permittivitätszahl) ausgedrückt. Sie ist das Maß für die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder und gibt an, wievielfach größer die Kapazität wird, wenn anstelle von Vakuum ein anderer Isolierstoff als Dielektrikum (Isolator zwischen den Kondensatorplatten) verwendet wird. Die vom Material hervorgerufene Kapazitätsänderung wird von einem Sensor in ein Schaltsignal umgesetzt.

#### FÜLLSTANDSKONTROLLE MIT STRÖMUNGSSENSOREN

Eine weniger bekannte Technologie zur Füllstandskontrolle bieten sogenannte Strömungssensoren, bei denen das Sensorelement von innen heraus um einige Grad Celsius gegenüber dem Medium, in das das Element hineinragt, aufgeheizt wird. Das Medium führt die so erzeugte Wärme ab, wobei der Effekt der Wärmeabfuhr bzw. der Kühlung umso stärker ist, je schneller das Medium am Sensorelement vorbeiströmt.

Die im Sensorelement entstehende Temperatur wird gemessen, mit der ebenfalls erfassten Medientemperatur verglichen und aus der Temperaturdifferenz der Strömungszustand eines Mediums abgeleitet. Mit diesem Funktionsprinzip lässt sich auch der Füllstand in einem Behälter überwachen, sofern das Medium genügend Wärme aufnehmen kann. In diesem Fall wird das Sensorelement in Kontakt mit dem Medium gekühlt, wohingegen dieser Effekt unterbleibt, wenn kein Kontakt bzw. ausreichender Medienfüllstand vorhanden ist.

Last, but not least, bieten sich kapazitive Füllstandssensoren zur Kontrolle verschiedenster Medien an. Und Sonderlösungen bewältigen sogar ganz spezielle Herausforderungen in der Praxis, wie noch gezeigt wird. Für ein besseres Verständnis sollten jedoch zuvor einige zentrale Begriffe im Zusammenhang mit dem typischen Aufbau kapazitiver Sensoren geklärt werden.



Berechnung der Kapazität eines Plattenkondensators: a: Plattengröße (A), b: Plattenabstand (d) und c: Dielektrikum  $\epsilon_r$ . Die Formel lautet: Kapazität =  $\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A / d$ .

**MECHANISCHER AUFBAU BESTIMMT KAPAZITÄT**

Die Kapazität eines Sensors ist im Wesentlichen durch den mechanischen Aufbau des Gerätes festgelegt, da sie von der Größe der Feldplatten und dem Abstand der Platten zueinander abhängt. Analog zum Plattenkondensator wird die Kapazität wie folgt berechnet:  $\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A / d$ .  $\epsilon_0$  bezeichnet die Dielektrizitätskonstante für Vakuum,  $\epsilon_r$  bezeichnet die Dielektrizitätskonstante für das Dielektrikum, A die Plattengröße und d schließlich den Plattenabstand. Je höher die Dielektrizitätskonstante eines Mediums, desto besser spricht ein kapazitiver Sensor hierauf an, wobei dessen Ansprechverhalten und somit auch die Ansprechempfindlichkeit bzw. Einstellempfindlichkeit maßgeblich von der Kapazität des Gerätes abhängt. Und genau das kann in der Praxis mitunter entscheidend sein, wie nachfolgendes Beispiel zeigt.

**PERMANENTSMIERUNG IN DER AUTOMATION**

In einem metallverarbeitenden Betrieb werden Fahrzeugteile an einer automatisierten Stanze gefertigt. Ein Bestandteil des Stanzwerkzeuges muss permanent mit einer Graphitpaste geschmiert werden. Daher wird das Schmiermedium über eine Pumpe aus einem Behälter neben dem Stanzautomaten an die betreffenden Stellen des Werkzeuges geleitet. Der Füllstand des Behälters soll kontinuierlich geprüft werden, um eine prozesssichere automatisierte Produktion zu gewährleisten.

Da Graphit über eine Dielektrizitätskonstante von 10 - 15 verfügt, bieten sich für diese Aufgabe auch verschiedenste kapazitive Sensoren an. Alle getesteten Geräte waren aber aufgrund von Anhaftungen nicht in der Lage, den Füllstand wirklich zuverlässig zu kontrollieren. Daher entschied sich das Unternehmen schließlich für den kapazitiven Füllstandssensor **FK920420** von ipf electronic- und das aus guten Gründen.



Zur Kontrolle des Füllstandes von Graphitpaste, die sich zur Permanent schmierung eines Werkzeuges in einem Behälter neben einem Stanzautomaten befindet, entschied sich ein metallverarbeitender Betrieb für den kapazitiven Sensor **FK920420** von ipf electronic.

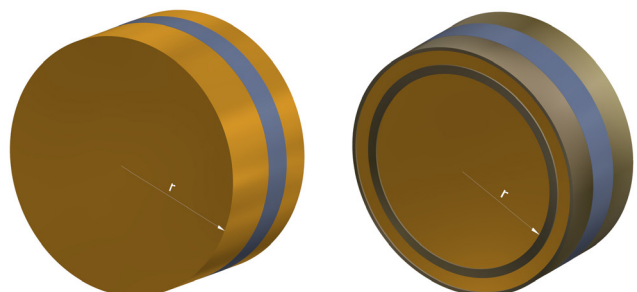
**BESONDERS IN JEDER HINSICHT**

Auffällig ist die Bauart dieser Sonderlösung in Kolbenform mit einem Gehäuse aus Teflon, das dazu konzipiert ist, den Sensor senkrecht von oben in einen Behälter und somit in das zu kontrollierende Medium hineinragen zu lassen. Im Zusammenhang mit dem genannten Anwendungsbeispiel ist die besondere Bauform grundlegend, nicht nur hinsichtlich des Abtropfverhaltens, sondern vor allem auch mit Blick auf die Größe der aktiven Sensorfläche und damit der Kapazität des **FK920420** im Vergleich zu herkömmlichen Geräten.

Die Größe bzw. Fläche der Feldplatten (aktive Fläche) von kapazitiven Standardsensoren lässt sich wie folgt berechnen:  $A = r^2 \times 3,14$ , wobei r dem Radius der aktiven Fläche entspricht. Für einen kapazitiven Standardsensor in Baugröße M30 ergibt sich somit bei nicht-bündig einbaubaren Geräten eine aktive Fläche von 490,6mm<sup>2</sup> (bündig: 254,3 mm<sup>2</sup>).

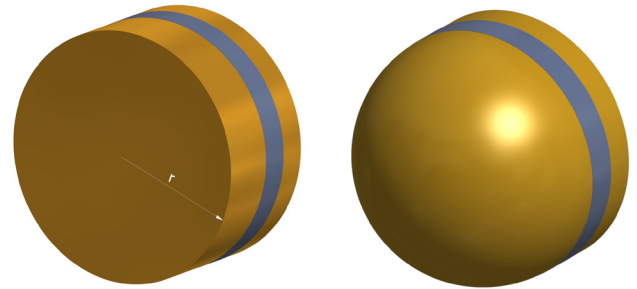


Die besondere Bauform der Sensor-Sonderlösung, die senkrecht von oben in einen Behälter hineinragt, gewährleistet nicht nur ein gutes Abtropfverhalten, u.a. durch die gerundete Gerätekappe.



Die Größe der aktiven Fläche eines kapazitiven Sensors lässt sich gemäß der folgenden Formel berechnen:  $A = r^2 \times 3,14$ . Die Größe der aktiven Fläche eines Gerätes in Baugröße M30 für den nicht-bündigen Einbau (links) beträgt 490,6mm<sup>2</sup> und für den bündigen Einbau (rechts) 254,3 mm<sup>2</sup>.

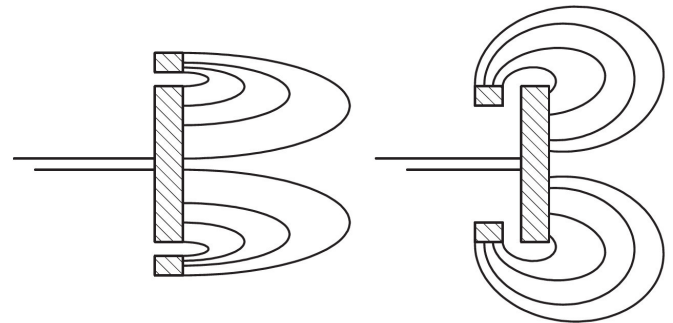
Aufgrund seiner Bauform lässt sich die aktive Fläche des **FK920420**, die sich im Schafft des Sensors befindet, anders gestalten, sodass für deren Größenberechnung die Formel für Halbkugelflächen gilt:  $A = 2 r^2 \times 3,14$ . Bei einem Durchmesser von nur 26mm verfügt dieser Füllstandssensor somit über eine aktive Fläche von 904mm<sup>2</sup>, was nahezu dem doppelten Wert im Vergleich zu einem Sensor in Baugröße M30 (nicht-bündig) entspricht. Im Vergleich zu bündigen Geräten sogar mehr als das Dreifache. Wie bereits weiter oben beschrieben, ist die Kapazität von kapazitiven Sensoren u.a. abhängig von deren Fläche. Je größer die Fläche, desto größer die Kapazität und damit auch die Ansprechempfindlichkeit sowie der mögliche Einstellbereich der Geräte .



Ein Vergleich verdeutlicht den Größenunterschied der aktiven Fläche einer klassischen Elektrode (links) und einer halbkugelförmigen Elektrode (rechts). Die größere aktive Fläche des **FK920420** erhöht somit das Primärsignal.

**MEDIUMRESTE GEZIELTE AUSBLENDEN**

Für die beschriebene Anwendung bietet das Design des **FK920420** daher hinsichtlich einer zuverlässigen Füllstandskontrolle verschiedenste Vorteile. Sinkt der Pegel der Graphitpaste bspw. im Behälter unterhalb der Messsonde, so läuft das Medium bedingt durch die Kolbenform sehr gut vom Sensor ab, wobei mögliche Tropfenreste des Graphitfilms an der Sensorkappe die Messung nicht beeinflussen. Reste der zähflüssigen Graphitpaste, die sich indes auch am Sensorschaft und daher im Bereich des elektrischen Feldes bilden, lassen sich wiederum aufgrund der hohen Kapazität des Gerätes durch eine exakte Justierung der erforderlichen Ansprechempfindlichkeit gezielt ausblenden. Bei kapazitive Standardsensoren mit geringerer Empfindlichkeit, wäre eine Ausblendung der anhaftenden Graphitpastenreste im Bereich der aktiven Fläche nur schwer möglich und würde letztendlich eine wirklich zuverlässige Füllstandskontrolle verhindern.



Die Einteilung von kapazitiven Sensoren erfolgt nach bündig einbaubaren und nicht-bündig einbaubaren Geräten. Links: bündiger Sensor mit zwei Feldplatten (schraffiert), zwischen denen sich das elektrische Feld aufbaut. Rechts: nicht-bündiger Sensor mit vorderer Feldplatte und hinterem Feldplattenring.