

# **WHITEPAPER**

## MINIATURSENSOREN

# **INHALTSVERZEICHNIS**

1 Einleitung .....	3
2 Induktive Näherungsschalter .....	3
3 Magnetfeldsensoren .....	5
4 Zylindersensoren .....	6
5 Ultraschallsensoren .....	7
6 Optische Sensoren .....	8
6.1 Einweglichtschranken .....	8
6.2 Optische Taster mit Hintergrundausblendung .....	9
6.3 Energetische Taster .....	10
7 Lichtleitersensoren .....	11
8 Kapazitive Sensoren .....	13
9 Applikationsbeispiele .....	14
9.1 Dauerbrenner in schwieriger Umgebung .....	14
9.2 Extrembedingungen auf der Schiene .....	16
10 Zusammenfassung und Fazit .....	17

## 1 EINLEITUNG

Sensoren sind ein Investitionsgut und sollen im Einsatz eine lange Lebensdauer haben. Daher tendieren Anwender zumeist dazu, solche Geräte möglichst in einer größeren Entfernung zu beweglichen Objekten zu platzieren, um während der Detektion etwaige Kollisionen und damit Beschädigungen des Sensors zu vermeiden. Höhere Reichweiten von Sensoren gehen aber in der Regel auch immer mit größeren Gerätebauformen einher. Aus diesem Grunde müssen oftmals Kompromisse zwischen der in einer konkreten Applikation gegebenen Einbausituation, also dem für die Sensormontage zur Verfügung stehenden Platz, und der maximalen Reichweite eines spezifischen Gerätes eingegangen werden, um eine wirklich optimale Lösung zu erhalten.

Ist der Montageraum für einen Sensor indes derart begrenzt, dass ein Gerät in einer Standardgröße nicht mehr passt, empfiehlt sich in den meisten Fällen der Einsatz von Miniatursensoren, immer unter Berücksichtigung der für eine Anwendung notwendigen Reichweiten. Aufgrund ihrer Dimensionen lassen sich solche Lösungen überdies durch die Wahl einer spezifischen Einbauortes und hier möglicherweise auch durch besondere konstruktionsbedingte Maßnahmen wesentlich besser vor nicht erwünschten äußeren Einflüssen schützen, z. B. vor mechanischen Beschädigungen.

Dieses White Paper bietet einen Überblick über verschiedenste Sensoren im Miniaturformat, wobei das breitgefächerte Portfolio von ipf electronic für nahezu jede Technologie eine Lösung parat hält.

## 2 INDUKTIVE NÄHERUNGSSCHALTER

Induktive Sensoren erkennen auf kurze Distanzen alle leitfähigen Metalle, während andere Materialien ihr Schaltverhalten nicht beeinflussen. Die Geräte sind äußerst robust und eignen sich daher für extrem raue Einsatzbedingungen und Umgebungen mit sehr hoher Schmutzbelastung in nahezu jeder Ausprägung. Der **IB06A023** in Zylinderbauform gehört mit einem Durchmesser von 6,5mm und einer Länge von 16mm zu den kompakten Lösungen unter den induktiven Näherungsschaltern. Auffällig ist das Gerätedesign mit seitlicher Kabeleinführung am VA-Gehäuse. Der zu den Sondergeräten zählende Sensor in Schutzklasse IP67 erzielt einen maximalen Schaltabstand von 1,5mm. Als Sonderbauform entwickelte ipf electronic zudem den quaderförmigen **IB98E314** (Schaltabstand 2mm) mit einer Bauhöhe von lediglich 9,5mm (Länge 24,5mm, Breite 23mm), der sich über zwei seitliche Bohrungen im Aluminiumgehäuse befestigen lässt.



Die zu den Sondergeräten zählenden **IB06A023** (rechts) und **IB98E314** gehören zu den kompakten Lösungen bei den induktiven Sensoren.

Der Querschnitt des zylinderförmigen **IOR40176** beträgt lediglich 4mm. Damit hat der induktive Sensor gerade mal den Durchmesser eines Streichholzkopfes und ist mit einer Länge von 30mm kürzer als ein Zündholz. Der induktive Sensor überzeugt darüber hinaus durch weitere besondere Eigenschaften. Da der Näherungsschalter mit einer getakteten Spule hinter der aktiven Fläche anstelle eines kontinuierlich betriebenen Schwingkreises arbeitet, kann er komplett in Edelstahl ausgeführt werden und verfügt über einen erweiterten Schaltabstand von 3mm. Selbst bei unterschiedlichen Metallen (z. B. Aluminium oder Stahl) erreicht der **IOR40176** die gleichen maximalen Reichweiten. In diesem Zusammenhang soll der Vollständigkeit halber kurz auf die Funktionsweisen von induktiven Sensoren eingegangen werden.



Gerade mal auf die Größe eines Streichholzkopfes kommt der **IOR40176** mit einem Durchmesser von lediglich 4mm.

### **2.1 KONTINUIERLICH BETRIEBENER SCHWINGKREIS VS. GETAKTETE SPULE**

Das Funktionsprinzip des kontinuierlich betriebenen Schwingkreises basiert darauf, dass die Schwingkreisspule hinter der aktiven Fläche eines Näherungsschalters ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt, das kontinuierlich angeregt wird und sich in dem Raum vor der aktiven Fläche ausdehnt. Gelangt ein elektrisch leitfähiges Material in dieses Feld, so werden darin Wirbelströme induziert, die dem Schwingkreis Energie entziehen. Diese „Bedämpfung“ des Oszillators wird im Ausgangsverstärker der Geräte in ein Schaltsignal umgesetzt.

Beim Funktionsprinzip der getakteten Spule ist die Spule zur Erzeugung des magnetischen Felds kein Bestandteil eines Oszillators. Stattdessen wird das magnetische Feld durch periodische, kurze Sendestromimpulse erzeugt, die durch die Spule fließen. Dieses Feld induziert eine Spannung im zu erfassenden Objekt und erzeugt dort einen Wirbelstromfluss. Nach Abschalten des Sendestromimpulses klingt der Wirbelstrom im Objekt ab. In der Folge wird eine Spannung in der Spule rückinduziert. Diese Induktionsspannung bildet ein auswertbares Signal, das im Prinzip unabhängig von Energieverlusten im Feld ist. Wie bereits weiter oben beschrieben, besteht der entscheidende Vorteil dieses Funktionsprinzips darin, dass sich der Sensor, einschließlich der aktiven Fläche, vollständig in ein Gehäuse aus Edelstahl integrieren lässt. Das Ergebnis: Äußerst robuste Sensoren wie der **IOR40176**, die noch in Anwendungen zuverlässig funktionieren, wo andere Lösungen möglicherweise versagen.

### 3 MAGNETFELDESENSOREN

Stoßen induktive Sensoren hinsichtlich ihrer Reichweiten an Grenzen, bieten sich Magnetfeldsensoren als Alternativen an. Magnetfeldsensoren bzw. magnetische Näherungsschalter arbeiten ebenfalls berührungslos und erfassen magnetische Gegenstände bzw. Magnete, unabhängig davon, ob sich diese bewegen oder nicht. Magnetfelder durchdringen alle nicht-magnetisierbaren Materialien. Daher können diese Sensoren auch als Schaltelemente eingesetzte Magnete beispielsweise durch Buntmetall, Edelstahl, Aluminium, Kunststoff, Holzwände oder starken Verschmutzungen hindurch erkennen. Der erreichbare Schaltabstand der Sensoren ist dabei von der Stärke des einwirkenden Magnetfeldes abhängig.

Zu den Miniaturbauformen im Portfolio an Magnetfeldsensoren von ipf electronic gehören der **MC050176** und **MC0501A6**, beide in Bauform M5. Mit diesen Sensoren lassen sich in Abhängigkeit zur Stärke der Magnete als Schaltelemente (z. B. **AM000009**) maximale Schaltabstände bis 40mm erzielen. Damit erreichen die beiden genannten Lösungen die gleichen Schaltabstände wie Magnetfeldsensoren in den Baugrößen M8 und M12. Durch den Einsatz noch stärkerer Magnete lassen sich zudem noch höhere Schaltabstände realisieren.



Alternative zu induktiven Sensoren: Magnetfeldsensoren wie der **MC050176** und **MC0501A6** erzielen trotz Miniaturbauform große Schaltabstände.

Die Geräte sind komplett aus Edelstahl und daher, wie induktive Sensoren, äußerst robust sowie unempfindlich gegenüber Verschmutzungen. Magnetfeldsensoren werden zur Positionierung (z. B. Positionskontrolle an Hebevorrichtungen), Drehzahlkontrolle (z. B. an Förderbändern oder an Getriebezahnrädern durch Aluminiumgehäuse hindurch) oder zur Positionsabfrage (z. B. von Warengutträgern) verwendet. Darüber hinaus finden sich diese Geräte häufiger in der chemischen Industrie und der Lebensmittelindustrie. Dort werden sie bspw. eingesetzt, um sogenannte Molche zur Reinigung von Rohrleitungssystemen abzufragen und somit deren exakte Position in einer Rohrleitung zu bestimmen.

#### 4 ZYLINDERSENSOREN

Aus technologischer Sicht sind Zylindersensoren ähnliche Entwicklungen wie Magnetfeldsensoren, dienen aber einem ganz spezifischem Einsatzfeld: der berührungslosen und damit verschleißfreien Positionserfassung eines Zylinderkolbens in hydraulischen oder pneumatischen Zylindern. Die Zylindersensoren werden hierzu entweder in die Rundnut eines Zylinders eingeschoben, mit einem Adapter befestigt oder von außen bzw. von oben direkt in eine T-Nut eingesetzt.

Der Zylindersensor **MZR40178** ist für die Montage in Pneumatikzylinder konzipiert und wird hierzu in eine 3,75mm Rundnut (C-Nut) eingeschoben. Das Sensorgehäuse aus Edelstahl hat einen Durchmesser von 3,6mm und eine Länge von 20mm. Für eine sichere Befestigung des **MZR40178** sorgt eine Innensechskant-Schraube (Madenschraube).

Eine Lösung, die aus der Rundnut eines Pneumatikzylinders hinausragt, ist der Zylindersensor **MZR40175**. Ein auffallendes Detail ist die im Gehäuse integrierte Steckverbindung für den direkten Anschluss. Eine solche Lösung kann immer dann sinnvoll sein, wenn sich der Sensor in einer Applikation bewegt und somit das Anschlusskabel einem gewissen Verschleiß unterliegt. Mit einem konfektionierten Kabel lässt sich die bewegte Strecke überbrücken und das Kabel bei einem Defekt oder Bruch schnell austauschen, ohne hierbei den Sensor selbst demontieren zu müssen. Eine weitere Besonderheit des **MZR40175** ist außerdem das robuste Gehäuse aus Zinkdruckguss. Damit verfügt der Sensor über ein gewisses Alleinstellungsmerkmal, denn vergleichbare Geräte im Markt werden in der Regel nur mit einem Gehäuse aus Kunststoff offeriert.

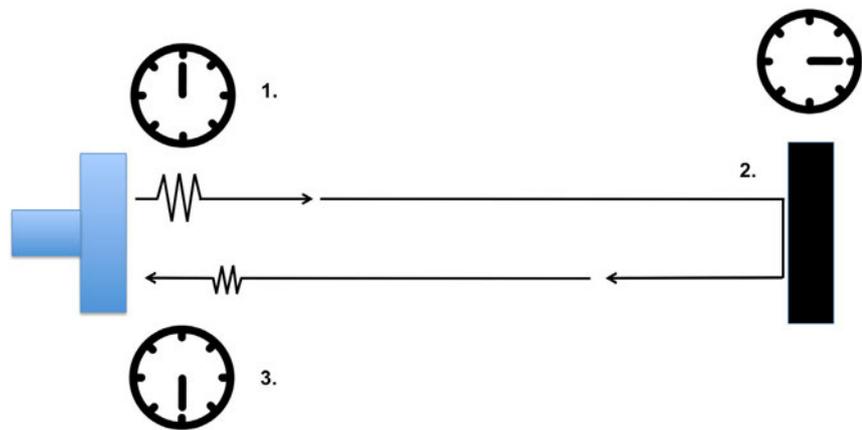
Solche Materialien unterliegen unter bestimmten Umgebungseinflüssen jedoch Alterungsprozessen und werden bspw. spröde, wodurch sich die Haltbarkeit des Sensors entscheidend verkürzt. Besonders raue bzw. aggressive Umgebungsbedingungen können den Kunststoff des Gehäuses noch mehr in Mitleidenschaft ziehen, wobei er möglicherweise weich oder hart bzw. extrem spröde und brüchig wird. Hinzu kommt, dass sich solche Zylindersensoren aus Kunststoff nur mit einem vergleichsweise geringen Drehmoment befestigen lassen, da ansonsten bei der Montage das Gewinde der Madenschraube zerstört wird. Zwar gibt es Ansätze, dieses Problem mit Metalleinsätzen zu lösen. Diese können aber bspw. bei fortschreitender Versprödung des Kunststoffs aufgrund äußerer Einflüsse herausbrechen. Die Zylindersensoren **MZR40178** und **MZR40175** im Metallgehäuse unterliegen indes so gut wie keinem Verschleiß und sind z. B. für Umgebungstemperaturen von -25° C bis +70° C ausgelegt.



Klein, kompakt und technologisch durchdacht: die Zylindersensoren **MZR40178** (Mitte) und **MZR40175**.

**5 ULTRASCHALLSENSOREN**

Ultraschallsensoren arbeiten nach dem Prinzip der Laufzeitmessung und können daher aus großen Distanzen berührungslos unterschiedliche Objekte und Medien völlig unabhängig vom Material oder den Objekteigenschaften (fest, flüssig, körnig, pulverförmig, transparent, etc.) detektieren. Hierzu sendet bspw. ein Ultraschalltaster zyklisch einen kurzen, hochfrequenten Schallimpuls aus, der sich mit Schallgeschwindigkeit in der Luft fortpflanzt. Trifft dieser Schallimpuls auf ein Objekt, wird er von dessen Oberfläche reflektiert und gelangt als Echo zurück zum Empfänger des Ultraschalltasters. Der im Gerät integrierte Schallwandler übernimmt hierbei gleichzeitig die Funktion des Senders und Empfängers. Aus der Zeit, die der Schallimpuls vom Aussenden bis zum Empfang des Echos benötigt, lässt sich die Entfernung eines Objektes bzw. Mediums zum Taster bestimmen. Durch ihr spezielles Funktionsprinzip sind Ultraschallsensoren ebenfalls für den Einsatz in rauen Umgebungen prädestiniert. Zu den klassischen Anwendungsfeldern von Ultraschallsensoren gehören z. B. Füllstandsabfragen, die Detektion von Folien oder anderen dünnen Materialien, die Durchmessererfassung, die Schlaufenregelung (Coils) oder die Anwesenheitskontrolle.



Über die Laufzeitmessung des Schallimpulses lässt sich die Entfernung eines Objektes zum Sensor bestimmen: 1. Schallimpuls wird gesendet. 2. Schallimpuls wird vom Objekt reflektiert. 3. Das Echo des Schallimpulses wird empfangen.

Zu den MiniaturbaufORMen im Ultraschallsensor-Portfolio von ipf electronic gehört der **UT089570**. Der Ultraschalltaster in M8 hat eine Länge von 70mm, eignet sich für Umgebungstemperaturen von 0° C bis +50° C und ermöglicht Schaltabstände von 20mm bis 100mm. Dank der IO-Link-Schnittstelle lässt sich der Sensor mit Schaltausgang vom Taster zur Reflexschranke umschalten, wodurch das Gerät auf vielfältige Weise auch auf einen Hintergrund (z. B. Maschinenteil, Blech, etc.) anstatt auf ein zu erfassendes Objekt einstellbar ist. Vergleichbar mit einem optischen System, wird in dieser Betriebsart der Schaltausgang dann aktiv, wenn sich ein Objekt zwischen Sensor und dem Hintergrund befindet. Nach dem Einbau lassen sich alle Einstellungen und Anpassung über die IO-Link-Schnittstelle vornehmen, was vor allem in Applikationen von Vorteil sein kann, in denen der Sensor nur sehr schwer zugänglich ist.



Der **UT089570** in M8, hier im Größenvergleich zu einer 2-Euro-Münze, hat eine Länge von 70mm. Die erreichbaren Schaltabstände liegen zwischen 20mm und 100mm.

## **6 OPTISCHE SENSOREN**

Optische Sensoren ermöglichen sehr hohe Reichweiten und detektieren eine Vielzahl unterschiedlicher Objekte unabhängig von ihrer Beschaffenheit (Geometrie, Form, Farbe, Material, etc.). Für die jeweiligen applikationsspezifischen Aufgaben bietet ipf electronic Einweglichtschranken, Reflexlichtschranken und Lichttaster an.

### **6.1 EINWEGLICHTSCHRANKEN**

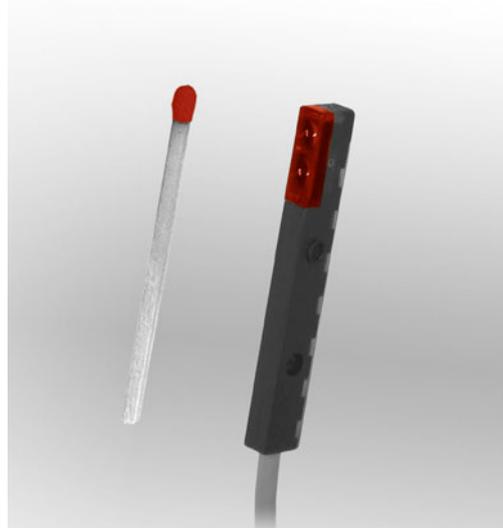
Durch die extrem schlanke Bauform fallen vor allem der **OS050075** (Sender) in Kombination mit dem **OE050175** (Empfänger) bei den Einwegsystemen auf. Sender und Empfänger im V2A-Gehäuse haben bei einer Länge von je 36mm einen Durchmesser von lediglich 5mm. Der maximal mögliche Abstand zwischen den beiden Komponenten der mit Rotlicht arbeitenden Lichtschranke beträgt 0,5m.



Der Sender **OS050075** (links) und der Empfänger **OE050175** (Empfänger) der Einweglichtschranke haben bei einer Länge von je 36mm lediglich einen Durchmesser von 5mm. Sender und Empfänger können in einem Abstand von bis zu 0,5m zueinander ausgerichtet werden.

### 6.2 OPTISCHE TASTER MIT HINTERGRUNDAUSBLENDUNG

Gleichermaßen schlank präsentieren sich die optischen Taster der Reihe **OTQ4**. Das Funktionsprinzip der Geräte beruht auf dem Triangulationsverfahren, das nicht nur eine zuverlässige Hintergrundausbildung ermöglicht, sondern zusätzlich eine Objekterfassung annähernd unabhängig von der Oberflächenfarbe sicherstellt. Die stabförmigen Sensoren sind bei einer Höhe von 44,8mm nur 4mm breit sowie 6,2mm lang und erkennen selbst kleinste Objekte. Aufgrund fest vorgegebener Tastweiten von 30mm bzw. 50mm sind die ebenfalls mit Rotlicht arbeitenden Geräte einfach zu installieren und zudem manipulationsicher. Eine automatische Störunterdrückung verhindert die gegenseitige optische Beeinflussung, wenn mehrere **OTQ4** unmittelbar nebeneinander in Betrieb sind.



Überzeugende Eigenschaften auf kleinstem Raum: Die stabförmigen optischen Sensoren der Reihe **OTQ4** verfügen u.a. über eine Hintergrundausbildung und eine automatische Störunterdrückung.

Äußerst kompakt gebaut sind auch die optischen Taster der Reihe **OTQ9**, deren Funktionsprinzip wie bei den **OTQ4** auf dem Triangulationsverfahren basiert. Die Taster haben ungefähr die Größe einer 10-Eurocent-Münze und zählen damit zu den kleinsten optischen Sensoren mit integriertem Verstärker und einstellbarer Hintergrundausbildung. Die sowohl an unbewegten (statisch) als auch bewegten (dynamisch) Objekten einstellbare Tastweite reicht von 2mm bis 60mm. Die mit sichtbarem Rotlicht arbeitenden Geräte eignen sich aufgrund einer hohen Schaltfrequenz und einer kurzen Ansprech- sowie Abfallzeit insbesondere zur Detektion kleinster Objekte und zur zuverlässigen Positionserfassung in schnell laufenden Prozessen.

### **6.3 ENERGETISCHE TASTER**

Energetische Taster nehmen unter den optischen Sensoren gewissermaßen eine Sonderstellung ein, da sie nach dem Prinzip der Intensitätsunterscheidung arbeiten. Die Taster verfügen über eine fest eingestellte Schaltschwelle in Bezug auf die detektierte spezifische Lichtmenge (Empfindlichkeit). Erreicht oder überschreitet die von einem Objekt reflektierte Lichtmenge (Intensität) diese Schwelle, schaltet der Signalausgang. Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, erzeugt der Sensor kein Schaltsignal. Energetische Taster erkennen somit alle Objekte sicher, die genügend Licht bzw. so viel Licht reflektieren, dass die interne Schaltschwelle überschritten wird. Der **OT059170** ist mit einer Länge von 36mm und einem Durchmesser von 5mm der kleinste energetische Taster im Portfolio von ipf electronic.



Nur 5mm beträgt der Durchmesser des energetischen Tasters **OT059170**, der auch über eine IO-Link-Schnittstelle verfügt.

**7 LICHTLEITERSENSOREN**

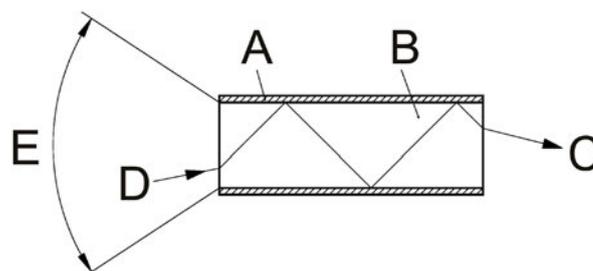
Lichtleitersensoren oder faseroptische Sensoren sind u.a. aus der Anforderung heraus entstanden, insbesondere Lösungen für Einsatzfälle zu finden, in denen nur äußerst wenig Platz für den Einbau von optischen Sensoren zur Verfügung steht bzw. der Einbauort sehr schwer zugänglich ist. Durch die Lichtleiter wird es möglich, die Auswertelektronik bzw. eigentliche Sensorik in einen Bereich verlagern zu können, in dem ein entsprechend ausreichender Einbauraum und auch leicht zugänglicher Montageort vorhanden ist.

Lichtleitersensoren werden im Grunde durch die Faseroptiken unterschieden. Glasfaser-Lichtleiter bestehen aus einem Bündel von ultradünnen Glasfasern und Kunststoff-Lichtleiter (engl.: Fiber Optics) aus ebenfalls extrem dünnen Kunststofffasern. Die als Frontends bezeichneten Enden der Lichtleiter erleichtern die Installation und verfügen über Tastköpfe für zusätzliche Optiken. Die Tastköpfe sind in verschiedenen Ausführungen, darunter z. B. als Winkeltastköpfe, erhältlich.



Lichtleiter mit unterschiedlichen Tastköpfen.

Glasfaserleiter von ipf electronic bestehen aus einem Bündel von einzelnen zirka 50µm starken Fasern. In Kombination mit dem passenden Lichtleiterverstärker sind Lichtleiter berührungslos und damit verschleißfrei arbeitende Positionsschalter, die auch unter rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden können. Die Lichtleiterverstärker senden moduliertes Infrarotlicht aus, das durch die lichtleitenden Glasfasern nach dem Prinzip der Totalreflexion übertragen wird. Die einzelne Glasfaser besteht aus Kern- und Mantelglas. Der in das Kernglas eintretende Lichtstrahl wird aufgrund der Reflexion an den Berührungsflächen Kern/Mantel durch die Glasfaser geleitet.



Reflexion in einer Glasfaser: Mantel (A), Kern (B), IR-Licht (C, D), Öffnungswinkel 67° (E).

Lichtleiter erfassen Objekte unabhängig von ihrer Beschaffenheit (z. B. Form, Farbe, Oberflächenstruktur, Material). Da die Lichtleiterenden bzw. Lichtleiterköpfe sehr kleine Abmessungen haben und die Lichtleiter selbst flexibel sind, lassen sich Objektabfragen vor allem an schwer zugänglichen Stellen sehr elegant lösen. Aufgrund der ausgezeichneten optischen und mechanischen Eigenschaften der Lichtleiter von ipf electronic eignet sich diese Technologie besonders zum Einsatz in Automations- und Fertigungsabläufen sowie im Bereich der Kleinstteile-Erfassung.

Lichtleiter können zudem ohne besondere Vorkehrungen in explosionsgefährdeten Bereichen oder in Zonen mit elektrischen und/oder magnetischen Feldern (z. B. Hochspannungsanlagen, elektrische Schweißeinrichtungen) eingesetzt werden, zumal solche Bedingungen ihre Funktion nicht beeinträchtigen. Glasfaser-Lichtleiter finden vielseitige Anwendungen in allen Industriebereichen, u.a. im Maschinenbau, in der Chemie, Pharmazie sowie Keramik- und Kunststoffverarbeitung. Die Lösungen sind je nach Applikationsanforderung als Einweglichtschranken oder Taster verfügbar.

Einen Eindruck von der Größe eines Glasfaser-Lichtleiters gibt die Lichtleiterschranke **LS030101**. Die Durchmesser der Tastköpfe betragen 1,5mm (vorne) bzw. 6mm. Das Faserbündel selbst hat einen Durchmesser von nur 1mm. Die Lichtleiterschranke verfügt über eine maximale Reichweite von 180mm und ist für den Einsatz bei erhöhten Umgebungstemperaturen bis +180° C geeignet.



Die Lichtleiterschranke **LS030101** erreicht Schaltabstände bis 180mm und ist für Umgebungstemperaturen von -40° C bis +180° C ausgelegt.

### 8 KAPAZITIVE SENSOREN

Ein breites Einsatzspektrum eröffnen kapazitive Sensoren, denn sie erfassen berührungslos metallische und nichtmetallische Objekte wie auch flüssige Medien. Die Reichweiten der Geräte hängen vom Material, den Objektabmessungen und der eingestellten Ansprechempfindlichkeit ab. Die größten Schaltabstände erreichen kapazitive Sensoren bei ferromagnetischen Materialien (Stahl, Eisen) und Wasser. Zu den potenziellen Aufgaben dieser Sensoren gehören u.a. die Anwesenheitskontrolle, Positionierung, Zählung, Füllstands- und Niveauabfrage sowie Abstandsmessungen. Im Portfolio an kapazitiven Sensoren von ipf electronic sind sehr kompakte Lösungen wie der **KB060170** (Durchmesser 6,5mm, Länge 54mm) und der **KB080100** (Durchmesser 8mm, Länge 42mm) zu finden. Beide Sensoren im V2A-Gehäuse (IP65) sind für Umgebungstemperaturen von -10 °C bis +70 °C ausgelegt und verfügen über Normschaltabstände bis 1,5mm.



Die kapazitiven Sensoren **KB060170** (oben) und **KB080100** im Edelstahlgehäuse haben Durchmesser von 6,5mm bzw. 8mm.

Aus dem Rahmen fällt sicherlich der **KB050180**, nicht nur aufgrund seiner Abmessungen (Durchmesser 5mm, Länge 20mm). Da die Lösung aus einem zweiteiligen System mit einem externen Verstärker besteht, hält der Sensor (maximaler Schaltabstand bis 1mm) sehr niedrigen sowie hohen Umgebungstemperaturen von -55 °C bis +125 °C stand.



Der **KB050180** ist ein zweiteiliges System mit externem Verstärker. Daher hält der eigentliche Sensor sehr hohen und niedrigen Umgebungstemperaturen stand.

## 9 APPLIKATIONSBEISPIELE

Sensoren im „Miniaturformat“ sind in der Praxis vielseitig einsetzbar und bewähren sich nicht nur aufgrund ihrer kompakten Bauformen vor allem in Applikationen, in denen konventionelle Geräte an ihre Grenzen stoßen. Einige Applikationsbeispiele zu ausgewählten Lösungen.

### 9.1 DAUERBRENNER IN SCHWIERIGER UMGEBUNG

Sensoren der Reihe **OTQ9** haben sich in der Fertigung von Federal-Mogul Sealing Systems aus mehreren triftigen Gründen zu einem wahren Dauerbrenner entwickelt. Federal-Mogul Sealing Systems ist ein Unternehmen der Federal-Mogul Corporation, einem weltweit führenden Hersteller von Produkten und Lösungen vor allem für die Automobilindustrie und Produzenten von leichten und schweren Nutzfahrzeugen. Am Standort in Herdorf stellt Federal-Mogul Sealing Systems Zylinderkopfdichtungen für Verbrennungsmotoren und Hitzeschilde her. Die Produktion deckt nahezu alle Fahrzeugfabrikate und auch sämtliche Motorvarianten ab. Entsprechend hoch ist die Anzahl an unterschiedlichen Werkzeugen, die man z. B. für die Stanzmaschinen zur Herstellung der Zylinderkopfdichtungen benötigt.

Die Produktion erfolgt vom laufenden Stahlcoil, wobei die Mehrlagenstahldichtungen (MLS-Dichtungen) mit Folgeverbundwerkzeugen gefertigt werden, die mehrere Arbeitsschritte vereinen. In der MLS-Stanzerei wurden zur Vorschubkontrolle der Stahlbänder zunächst Gabellichtschranken eingesetzt. Die empfindlichen und zudem teuren Geräte wiesen jedoch einsatzbedingt hohe Ausfallraten auf, wobei einige Geräte mitunter schon beim Umrüsten der Stanzen zerstört wurden. Versuche mit einem Lasertaster brachten aufgrund der äußeren Geräteabmessungen und der zu geringen Schaltfrequenz nicht den gewünschten Erfolg. Auf der Suche nach einer echten Alternative zu den Gabellichtschranken wurde das Unternehmen schließlich auf die optischen Sensoren der Reihe **OTQ9** aufmerksam, genauer auf den Sensor **OTQ90170** (siehe Kapitel 6.2).

Überzeugen konnte der Taster mit Blick auf die beschriebene Anwendung als wirtschaftliche Lösung zu den kostspieligen Gabellichtschranken gleich in mehrerlei Hinsicht: durch seine äußerst kompakte Bauform, seine Hintergrundausbildung, seine dynamisch einstellbare Tastweite und die hohe Schaltfrequenz bzw. niedrige Ansprechzeit. Zusammengefasst alle Eigenschaften, die viel Potenzial für flexible Einsatzmöglichkeiten in der MSL-Stanzerei gaben. Aufgrund seiner Abmessungen von lediglich 9,2x10,8x21,2mm kann der **OTQ90170** direkt in die Folgeverbundwerkzeuge verbaut werden. Die Voreinstellungen der Geräte für die jeweiligen Einsatzfälle erfolgen bereits im Werkzeugbau von Federal-Mogul Sealing Systems. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Sensor von außen über eine Teachbox zu teachen.



Aufgrund seiner Abmessungen kann der **OTQ90170** direkt in die Folgeverbundwerkzeuge der MLS-Stanzerei zur Vorschubkontrolle verbaut werden.

Zur Vorschubkontrolle wird beim ersten Schnitt an einer definierten Stelle im Stahlband ein Loch eingebracht, das vom sogenannten Vorschubsensor erkannt werden muss, damit die korrekte Position des Materials im Werkzeug für jeden einzelnen Hub sichergestellt ist. Der Weitertransport des Bandes erfolgt dabei so schnell, dass lediglich Millisekunden für die sichere Erfassung des Positionslochs zur Verfügung stehen, um ein Schaltsignal für die SPS der Stanzpresse zur Verfügung zu stellen. Geschieht dies nicht, wird die Anlage über die SPS sofort gestoppt. Zum Abfragezeitpunkt ist zudem eine Hintergrundausbldung notwendig, da der Sensor durch das Positionsloch hindurch auch das glänzende Oberwerkzeug „sieht“ und das auf keinen Fall detektiert werden darf.

Ein weiterer entscheidenden Pluspunkt für die Anwendungen bei Federal-Mogul Sealing Systems ist die vergleichsweise große und bei Bedarf dynamisch einstellbare Tastweite des optischen Sensors (maximale Reichweite 60mm), die dazu führt, die Lösung sehr flexibel für verschiedenste Abfragen einsetzen zu können. In dieser konkreten Applikation wird zumeist ein Schaltabstand von rund 30mm verwendet. Je nachdem, wie schnell der jeweilige Vorschub für die Bearbeitung eingestellt ist oder mit welcher Taktung die Stanze läuft, kommt es beim Weitertransport mitunter zu kleineren Wellen im Band, wodurch sich dessen Abstand zum Sensor vergrößert. Dies kann der Sensor aufgrund des großen Einstellbereichs mit exakter Justierbarkeit der Endreichweite kompensieren, wobei die Tast- bzw. Reichweite des **OTQ90170** idealerweise so eingestellt wird, dass sie kurz vor dem Oberwerkzeug endet.



Hohe Prozesssicherheit: In verschiedenen Stationen des Folgeberbundwerkzeuges integrierte optische Sensoren stellen sicher, dass die jeweiligen Platinen zur Bearbeitung vorhanden sind.

Die Sensoren der Reihe **OTQ9** sind seit mehreren Jahren im Einsatz und haben sich mittlerweile zum Dauerbrenner entwickelt, denn die kostengünstigen Geräte haben aufgrund der rauen Umgebungsbedingungen nur eine begrenzte Lebensdauer. Dennoch ist das Unternehmen mit dieser wirtschaftlichen Lösung überaus zufrieden, da alle bislang getesteten Geräte die Erwartungen nicht erfüllten.

### 9.2 EXTREMBEDINGUNGEN AUF DER SCHIENE

Im Kapitel 4 wurden sehr kompakte Zylindersensoren als spezielle Lösungen im Bereich Magnetfeldsensoren vorgestellt. Die nachfolgende Applikation zeigt, welche hohen Beanspruchungen solche Sensoren u.a. aufgrund ihrer robusten Gehäuse (Edelstahl, Zinkdruckguss) und vergossenen Elektronik standhalten.

Das Kupplungssystem der Triebwagen von Hochgeschwindigkeitszügen ist durch GFK-Halbschalen aerodynamisch verkleidet, die sich für den Zugang zur Kupplung über Pneumatikzylinder öffnen lassen. Die Position der Zylinder (aus- oder eingefahren) muss überwacht werden, da bei geöffneten Halbschalen die zulässige Maximalgeschwindigkeit des Triebwagens aus Sicherheitsgründen begrenzt wird. Weil die GFK-Halbschalen das Kupplungssystem nicht hermetisch dicht abschließen, unterliegen die Pneumatikzylinder extrem rauen Betriebsbedingungen unter allen erdenklichen Umgebungseinflüssen. Die Herausforderungen: ein Einsatztemperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+80^{\circ}\text{C}$ , extreme mechanische Erschütterungen, starke Witterungsschwankungen (Wechsel von hohen und niedrigen Temperaturen, Vereisung), Schmutz, Staub, Feuchtigkeit, etc. Hinzu kommt, dass die Befestigungsnuten der Pneumatikzylinder nur von oben zugänglich sind.



Durch GFK-Halbschalen aerodynamisch verkleidetes Kupplungssystem eines Triebwagens, die sich über Pneumatikzylinder öffnen lassen. Die Aufgabe: Eine stets zuverlässige Abfrage der Zylinderposition unter extrem rauen Betriebsbedingungen.

ipf electronic entwickelte auf Basis eines bestehenden magnetischen Zylindersensors den **MZA7C970**. Der Sensor baut mit  $16 \times 20 \times 9,2\text{mm}$  äußerst kompakt und wurde mit einem speziellen Befestigungselement auf die  $6,4\text{mm}$  Rundnut des Pneumatikzylinders angepasst, sodass er sich von oben montieren lässt. Durch den im Sensorgehäuse integrierten M8-Anschlussstecker können die hieran angeschlossenen Kabel im Falle eines Defektes (z. B. Kabelbruch aufgrund der stetigen Erschütterungen im Einsatz) separat ausgetauscht werden. Das Gehäuse des Zylindersensors in Schutzklasse IP67 besteht aus robustem Zinkdruckguss und hält daher den bereits beschriebenen extremen Betriebsbedingungen stand. Die Elektronik ist zudem komplett vergossen und wird somit vor Erschütterungen sowie starken Vibrationen geschützt.



Der sehr robuste Zylindersensor **MZA7C970** im Zinkdruckgehäuse baut sehr kompakt, verfügt über ein spezielles Befestigungssystem und integriert einen Anschlussstecker für den schnellen Austausch der im Einsatz hoch beanspruchten Kabel.

Das Beispiel belegt, wie u.a. durch Einsatz bestimmter Gehäusewerkstoffe und der Anpassung von Befestigungssystemen sowie Anschlüssen maßgeschneiderte Sensoren mit kleinen Abmessungen für spezielle Anwendungsbereiche mit sehr hohen Anforderungen realisiert werden können.

#### **10 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT**

Reicht in einer Applikation der vorgesehene Einbauort für ein Standardgerät nicht aus, können oftmals Miniatur Sensoren weiterhelfen, zumal solche Lösungen oftmals über vergleichbare Eigenschaften verfügen. Ein weiterer Vorteil von Sensoren im Miniformat besteht darin, dass sie durch die Wahl eines spezifischen Einbauorts besser vor mechanischen Beschädigungen oder anderen unerwünschten Umfeld- sowie Umwelteinflüssen geschützt werden können. Bei der Auswahl einer potenziellen Lösung ist natürlich darauf zu achten, dass der Sensor die für eine bestimmte Applikation erforderlichen technischen Voraussetzungen erfüllt und in diesem Zusammenhang auch über die notwendige Reichweite verfügt.

ipf electronic hat eine große Auswahl an Miniatur Sensoren, die nach unterschiedlichen Verfahren arbeiten bzw. auf verschiedensten Funktionsprinzipien basieren, seien es induktive, kapazitive oder optische Sensoren, Ultraschall-, Magnetfeld-, Zylinder- oder Lichtleitersensoren. Da sich hierunter auch Geräte befinden, die u.a. aufgrund der verwendeten Gehäusematerialien bzw. -werkstoffe und der speziellen Verarbeitung besonders robust sind, eignen sich die Lösungen selbst für Einsätze unter äußerst rauen Umgebungsbedingungen. Für nahezu jede erdenkliche Applikation steht daher ein passendes Gerät in kompakten Abmessungen bereit.

Sollte sich trotz der breitgefächerten Auswahl an Miniatur Sensoren für eine Applikation kein geeignetes Gerät finden, entwickelt ipf electronic auf Wunsch einsatzspezifische Sonderlösungen, entweder auf Basis eines bestehenden Sensors oder aber als komplette Neuentwicklung. Konkrete Lösungen hierzu sind in diesem Whitepaper zu finden, z. B. die zu den Sondergeräten zählenden induktiven Sensoren **IB06A023** und **IB98E314** (siehe Kapitel 2) und der in einem Applikationsbeispiel vorgestellte Zylindersensor **MZA7C970** (siehe Kapitel 9.2).

**© ipf electronic gmbh: Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet.**

**ipf electronic gmbh**  
info@ipf.de • www.ipf.de

Änderungen vorbehalten! Stand: März 2022