

# **WHITEPAPER**

## LICHTLEITERSENSOREN

# **INHALTSVERZEICHNIS**

1 Einleitung .....	3
2 Einteilung von Lichtleitersensoren .....	4
3 Lichtleiter: Die Faser macht den Unterschied .....	4
4 Verstärker: Optimales Licht für geringste Dämpfung.....	5
5 Besondere Eigenschaften erfüllen viele Anforderungen .....	6
5.1 Hohe Reichweiten vor allem bei Kunststofffasern .....	6
5.2 Temperaturbeständig und für Ex-Bereiche geeignet .....	6
5.3 Einfache, hochpräzise Detektion bei beengten Platzverhältnissen .....	7
5.4 Zusätzlicher Schutz vor schädlichen Einflüssen .....	7
6 Verschiedene Lichtleiterköpfe für stets passenden Lichtaustritt .....	8
6.1 Aufbau der Frontends bei Lichtleitertastern .....	8
7 Applikationsbeispiel: Detektion unterschiedlicher Folien für Datenkabel.....	9
7.1 Folien mit sehr verschiedenen Materialeigenschaften.....	9
7.2 Hohe Sicherheit durch lückenlose Prozessüberwachung .....	9
7.3 Sichere Detektion mit hoher Schaltfrequenz .....	10
7.4 Kontinuierliche Überwachung der Signalunterbrechung .....	10
7.5 Einfache und vielfach bewährte Lösung.....	11

## **1 EINLEITUNG**

Man muss kein Fan von „Star Trek“ sein, um zu wissen, dass sich mit Lichtgeschwindigkeit schier unglaublich große Distanzen quasi mit einem Wimpernschlag überwinden lassen. So legen im Vakuum Lichtwellen eine Distanz von rund 300.000 Kilometer pro Sekunde zurück. In der Realität geht es zwar nicht ganz so schnell, aber dennoch haben Lichtwellenleiter mit herausragenden Eigenschaften wie hohe Bandbreiten und hohe Übertragungsgeschwindigkeiten die Datenübertragung und damit die Datenverarbeitung revolutioniert. Lichtwellenleiter übertragen optische Signale in Form von Licht, wodurch eine schnelle und annähernd verlustfreie Signalübertragung selbst über große Entfernungen möglich wird. Nur einige wenige entscheidende Vorzüge, die sich ohne Abstriche auch auf Lichtleitersensoren bzw. sogenannte faseroptische Sensoren übertragen lassen.

Lichtleiter sind in Kombination mit den jeweils passenden Lichtleiterenden bzw. Lichtleiterköpfen sowie Lichtleiterverstärkern berührungslos und damit verschleißfrei arbeitende Positionsschalter, die verschiedenste Objekte unabhängig von ihrer Beschaffenheit (etwa Form, Farbe, Geometrie, Material, Oberflächenbeschaffenheit, etc.) erfassen.

Da sich die Lichtleiterköpfe durch besonders kleine Abmessungen im Millimeterbereich auszeichnen und die Lichtleiter selbst bis zu einem gewissen Grad biegsam sind, lassen sich mit Lichtleitersensoren insbesondere an schwer zugänglichen Einsatzorten mit sehr knapp bemessenen Einbauverhältnissen sehr elegant Objektanfragen lösen, bei denen andere Sensoren auch aus vielerlei anderen Gründen oftmals scheitern.

Aufgrund der Lichtleiter zur Signalübertragung kann die Auswerteelektronik bzw. eigentliche Sensorik in Bereiche außerhalb einer Abfragestelle verlagert werden, in denen ein leicht zugänglicher Montageort mit ausreichendem Einbauraum vorhanden ist. Außerdem ist hierdurch die Auswerteelektronik abseits der Abfragestelle positioniert, an der möglicherweise widrige Umgebungsbedingungen vorherrschen, sodass Lichtleiter auch für sehr anspruchsvolle Einsatzorte, z. B. mit hohen Temperaturen, einsetzbar sind.

Dieses Whitepaper beschreibt den Aufbau und die Eigenschaften von Lichtleitersensoren und stellt in diesem Zusammenhang einige konkrete Lösungen von ipf electronic vor. Abschließend wird anhand eines Applikationsbeispiels beschrieben, wie ein Unternehmen bei der Herstellung von Datenkabeln mit Lichtleitersensoren von ipf electronic die Prozesssicherheit erhöht.

## **2 EINTEILUNG VON LICHTLEITERSENSOREN**

Wie andere optische Sensoren lassen sich Lichtleitersensoren in Einwegsysteme und Taster einteilen. Bei optischen Sensoren ebenfalls weit verbreitete Reflexionssysteme, die mit einem Reflektor als Gegenelement arbeiten, gibt es bei Lichtleitersensoren jedoch nicht.

Einwegsysteme bestehen aus einem getrennten Sender und Empfänger, wobei die Unterbrechung des Lichts durch ein Objekt ausgewertet wird. Bei Lichtleitertastern wird indes das von einem Objekt reflektierte Licht zur Detektion herangezogen.



Abb. 1: Lichtleiterverstärker OL100340 mit Einwegschränke LS208161 bestehend aus Sender und Empfänger.

## **3 LICHTLEITER: DIE FASER MACHT DEN UNTERSCHIED**

Lichtleitersensoren unterscheiden sich in erster Linie durch die verwendeten Materialien für die Faseroptiken. Glasfaserlichtleiter von ipf electronic bestehen aus einem Bündel von extrem dünnen Glasfasern, während sich Kunststofflichtleiter (engl. Fiber Optics) aus ultradünnen Kunststofffasern zusammensetzen. Der Gesamtquerschnitt der Kunststofffasern ist mit 1,0mm im Vergleich zu einer Glasfaser ( $\varnothing$  4,2mm) wesentlich kleiner. Lichtleiterkabel aus Kunststofffaser lassen sich zudem variabel in der Länge kürzen und sind daher als Meterware vor Ort flexibler einsetzbar als bereits vorkonfektionierte Lichtleiterkabel aus Glasfaser.

#### 4 VERSTÄRKER: OPTIMALES LICHT FÜR GERINGSTE DÄMPFUNG

Die Verstärker von ipf electronic für Lichtleitersensoren liefern je nach verwendeter Faser unterschiedliches Licht.

Die Lichtleiterverstärker für Glasfaser arbeiten in diesem Zusammenhang ausschließlich mit Infrarotlicht (IR-Licht), da der Transmissionsgrad der Glasfaser optimal auf dieses Licht abgestimmt ist und die Faser somit nur über eine geringe optische Dämpfung verfügt. Mit Transmissionsgrad ist hier die Durchlässigkeit eines Mediums (in diesem Fall die Glasfaser) für Lichtstrahlen gemeint.

Das vom Lichtleiterverstärker ausgesendete modulierte IR-Licht wird nach dem Prinzip der Totalreflexion über die lichtleitenden Glasfasern übertragen. Die einzelne Glasfaser setzt sich aus dem Kern- und dem Mantelglas zusammen. Der in das Kernglas eintretende Lichtstrahl wird durch die Reflexion an den Berührungsflächen Kern/Mantel durch die Glasfaser geleitet.

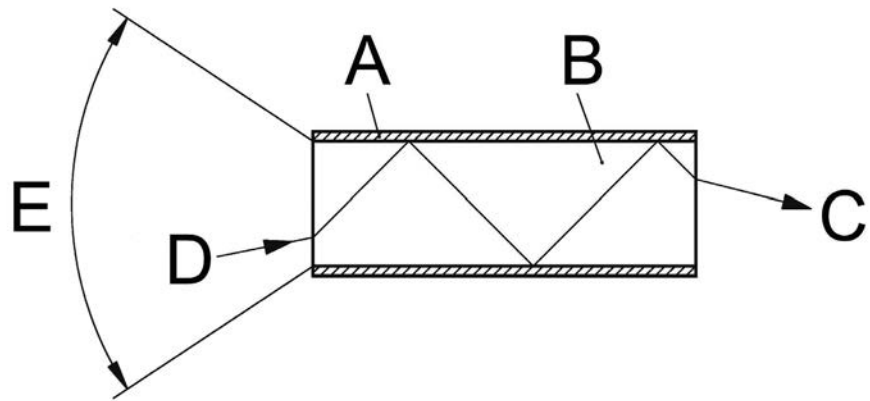


Abb. 2: Das modulierte IR-Licht wird nach dem Prinzip der Totalreflexion durch die lichtleitenden Glasfasern geleitet. Die Grafik zeigt die Lichtreflexion in einer Glasfaser: Mantelglas (A), Kernglas (B), IR-Licht (C, D), Öffnungswinkel 67° (E).

Während für die Glasfaserlichtleiter ausnahmslos nicht sichtbares IR-Licht genutzt wird, können die Verstärker für Kunststofflichtleiter je nach Applikationsanforderungen unterschiedliche Lichtfarben erzeugen, in der Regel handelt es sich hierbei um sichtbares Rotlicht oder optional auch grünes oder blaues Licht.

## **5 BESONDERE EIGENSCHAFTEN ERFÜLLEN VIELE ANFORDERUNGEN**

Glasfaser- und Kunststofffaserlichtleiter haben eine ganze Reihe an Eigenschaften, die sie besonders interessant für eine Fülle an Applikationen in verschiedensten Industriebereichen machen. Nachfolgend werde hier die wichtigsten Eigenschaften beschrieben.

### **5.1 HOHE REICHWEITEN VOR ALLEM BEI KUNSTSTOFFFASERN**

Einweglichtschranken von ipf electronic mit Glasfaserlichtleitern erzielen Reichweiten bis 1.500mm, mit Kunststofflichtleitern sogar bis 14.000mm. Die maximalen Schaltabstände bei den Tastern betragen 170mm (Glasfaser) bzw. 400mm (Kunststofffaser). Die jeweilige Reichweite respektive Tastweite ist jedoch immer auch abhängig vom verwendeten Lichtleiterverstärker.

### **5.2 TEMPERATURBESTÄNDIG UND FÜR EX-BEREICHE GEEIGNET**

Das für Glasfaserlichtleiter verwendete IR-Licht hat aufgrund seiner Wellenlänge hervorragende Durchdringungseigenschaften, wodurch eine im Vergleich zu Kunststofflichtleitern höhere Verschmutzungskompensation ermöglicht wird. Glasfaserkabel erweisen sich darüber hinaus als beständig gegenüber Chemikalien und widerstehen Umgebungstemperaturen bis +180 °C. Sonderausführungen der Glasfaserlichtleiter von ipf electronic haben eine Temperaturbeständigkeit von bis zu +300 °C, wodurch sie für besonders anspruchsvolle Bedingungen mit sehr hohen Wärmestrahlungen geeignet sind. Kunststofflichtleiter sind weniger beständig gegenüber Chemikalien und überwiegend für Umgebungstemperaturen bis +80 °C ausgelegt.

Alle Glasfaser- und Kunststofflichtleiter lassen sich zumeist ohne besondere Schutzvorkehrungen sowie Funktionsbeeinträchtigungen in explosionsgefährdeten Zonen und Bereichen mit elektrischen und/oder magnetischen Feldern wie bspw. Hochspannungsanlagen oder elektrische Schweißeinrichtungen einsetzen.

### **5.3 EINFACHE, HOCHPRÄZISE DETEKTION BEI BEENGTEN PLATZVERHÄLTNISSEN**

In der Einleitung wurde schon erwähnt, dass die Lichtleitersensoren von ipf electronic über äußerst kleine Lichtleiterköpfe verfügen und die Lichtleiter zudem bis zu einem gewissen Grad biegsam sind. Hierdurch sind die Lichtleitersensoren geradezu dafür prädestiniert, verschiedenste, hochpräzise Detektionsaufgaben an eher schwer zugänglichen Einsatzorten mit beengten Platzverhältnissen zu übernehmen.

Allerdings sind hierbei insbesondere in bewegten Anwendungen die zulässigen Biegeradien für Glasfaser- und Kunststofflichtleiter zu beachten.



Abb. 3: Die Lichtleiterschranke LS030101 von ipf electronic vermittelt einen Eindruck von der Größe eines Glasfaser-Lichtleiters. Die Tastköpfe ganz vorne haben einen Durchmesser von nur 1,5mm. Das Faserbündel selbst verfügt über einen Durchmesser von 1mm.

Vor allem Lichtleiter aus Glasfaserbündel können bei extremer Beanspruchung brechen, z. B. wenn sie in einer Anwendung abgeknickt oder gequetscht werden. Generell ist aber darauf zu achten, dass der Biegeradius bei Glasfaser im bewegten Zustand mindestens das Sechsfache des Kabel- bzw. Schlauchdurchmessers betragen sollte. Im statischen Einsatz, bei dem der Glasfaserlichtleiter nicht bewegt wird, darf der Biegeradius schon den dreifachen Kabeldurchmesser haben. Mit Kunststofflichtleitern können indes wesentlich kleinere Biegeradien von bis zu 1mm realisiert werden.

### **5.4 ZUSÄTZLICHER SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN EINFLÜSSEN**

Über die positiven Eigenschaften hinaus, sind die Glasfaserlichtleiter von ipf electronic durch spezielle Materialien vor schädlichen äußeren Einflüssen geschützt. So bestehen die Glasfaserlichtleiterkabel, abgesehen von der Glasfaser, aus einem Edelstahlwendel, der den Lichtleiter vor seitlichen Kräften und damit möglichen Beschädigungen schützt. Die Glasfasern sind zum Schutz vor Zugkräften außerdem mit einem Silikonmantel und einem darunterliegenden Gewebe umgeben. Bei Glasfaserlichtleitern für den Einsatz in erweiterten Temperaturbereichen bis +300 °C wird für den äußeren Mantel ein zweites Spiralrohr aus Edelstahl anstelle eines Silikonmantels verwendet.

## **6 VERSCHIEDENE LICHTLEITERKÖPFE FÜR STETS PASSENDEN LICHTAUSTRITT**

Für die Glasfaser- sowie Kunststofflichtleiter als Einwegsysteme und Taster bietet ipf electronic eine Vielzahl von Endstücken bzw. Einbauköpfen in sehr unterschiedlichen Ausführungen mit axialem oder radialem Lichtaustritt an. Hierzu gehören u.a. auch besonders kleine Köpfe z. B. mit einem Durchmesser von lediglich 1,5mm oder sogenannte Winkelköpfe, mit denen der Lichtaustritt um 90° umgelenkt werden kann, falls es die Anwendung erfordert.

Mit sogenannten Querschnittswandlern als Endstück lässt sich anstelle eines punktförmigen Lichtaustritts ein linienförmiger Lichtaustritt erzeugen. Dieses Licht kann bspw. in Applikationen hilfreich sein, in denen mit Einweglichtschranken ein nicht exakt positionierbares Objekt detektiert werden muss.



Abb. 4: Ein kleiner Ausschnitt aus dem breitgefächerten Angebot an Frontends für Lichtleiter von ipf electronic.

### **6.1 AUFBAU DER FRONTENDS BEI LICHTLEITERTASTERN**

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, werten Einwegsysteme die Unterbrechung des Lichts durch ein Objekt aus, während Taster das von einem Objekt reflektierte Licht zur Detektion heranziehen. Die Frontends von Glasfaser- und Kunststofffaserlichtleitern haben hierzu einen speziellen Aufbau.

So verfügen die Frontends von Lichtleitertastern mit Kunststofffasern über zwei Fasern, auch Monoblock genannt. Eine Faser dient als Sender und die zweite als Empfänger. Darüber hinaus können Lichtleitertaster mit Kunststofffasern am Frontend aber bspw. auch zwei Faserbündel mit koaxialem Aufbau haben, bei dem um das Kernbündel in der Mitte das zweite Bündel als Faserring angeordnet ist. Durch diese Anordnung ist das Ansprechverhalten unabhängig von der Richtung, aus der sich das Objekt vor die Optik bewegt. Je nach gewähltem Eingang am Verstärker, fungiert ein Faserbündel als Sender und das andere Bündel als Empfänger.

Glasfaserlichtleiter setzen sich als Taster aus einem einzigen Faserbündel zusammen. Die Aufteilung in Sender- und Empfängerfasern erfolgt erst in einem Anschlussstück (Adapter) für den Verstärker als Auswerteeinheit. Statistisch betrachtet, besteht bei den Glasfaserbündeln von ipf electronic über die gesamte Lichtaustrittsfläche am Frontend eine homogene Verteilung zwischen der Anzahl der Sender- und Empfängerfasern.

Die bislang gemachten Ausführungen zum Aufbau und den Eigenschaften von Lichtleitersensoren lassen die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Lösungen von ipf electronic erahnen. Ein konkretes Beispiel hierzu liefert in der nachfolgenden Applikation ein Unternehmen, das bei der Fertigung von Datenkabeln mithilfe der Lichtleitersensoren von ipf electronic spezifische Produktionsschritte überwacht und somit deren Prozesssicherheit erhöht.

## **7 APPLIKATIONSBEISPIEL: DETEKTION UNTERSCHIEDLICHER FOLIEN FÜR DATENKABEL**

BizLink Special Cables Germany mit Sitz in Friesoythe ist auf die Herstellung von Kabel für die Automatisierungstechnik, Telekommunikation und Medizintechnik spezialisiert. Die Produktion besteht u.a. aus Aderlinien, in denen einzelne Kupferadern in Extrudern mit Kunststoff umspritzt und nach der Qualitätskontrolle aufgerollt werden. Durch Verdrillen der einzelnen kunststoffummantelten Adern entstehen in sogenannten Verseilllinien wiederum ganze Kabelstränge zur Weiterverarbeitung.

Gefertigt werden die Kabel zu einem Großteil auf Standardmaschinen, für die im Hinblick auf ganz spezifische Prozessschritte aber auch Sonderlösungen entwickelt und in die Fertigungslinien integriert wurden.

Hierzu gehören u.a. auch sogenannte Umspinnanlagen bzw. Bandierer, die in einer Produktionslinie zur Herstellung von Datenkabeln integriert sind.

### **7.1 FOLIEN MIT SEHR VERSCHIEDENEN MATERIALEIGENSCHAFTEN**

In diesen Bandierern werden z. B. einzelne Adern, Adernpaare oder mit einem zusätzlichen Drahtgeflecht versehene Adern mit Folienbändern umwickelt, um u.a. die elektrischen Eigenschaften der Datenkabel z. B. im Hinblick auf die elektromagnetische Abschirmung zu verbessern.

Innerhalb der Produktionslinien sind mehrere Bandierer hintereinander angeordnet, um in aufeinanderfolgenden Prozessschritten die Adern kontinuierlich mit unterschiedlichen Folien zu umwickeln, die sehr verschiedene Materialeigenschaften haben können, z. B. transparent, farbig, alukaschiert, mit einer Klebefläche versehen, etc.

### **7.2 HOHE SICHERHEIT DURCH LÜCKENLOSE PROZESSÜBERWACHUNG**

Die Folie rotiert beim Umwickeln bzw. Umspinnen quasi kegelförmig um die Adern. Je nach Folienstärke, Folienbreite sowie dem Winkel der Folie zu den Adern kann die jeweilige Rotationsgeschwindigkeit des Spinnkopfes bis zu 4.000U/min betragen.

Im Sinne einer hohen Prozesssicherheit sollte permanent überwacht werden, ob die jeweils zugeführte Folie im Bandierer vorhanden ist oder nicht. Im Falle eines Foliennis muss die Maschine sofort stoppen, damit ein fehlerhaftes Kabel erst gar nicht in den nachfolgenden Fertigungsschritt der Produktionslinie gelangt. Zu den besonderen Herausforderungen gehörten hier die mitunter sehr hohen Rotationsgeschwindigkeiten der Folien sowie deren unterschiedliche materialspezifischen Eigenschaften, die eine zuverlässige Detektion erschwerten.

Als Lösung für die ambitionierte Aufgabenstellung empfahl ipf electronic schließlich eine Lichtleiterschranke in Kombination mit einem Verstärker.

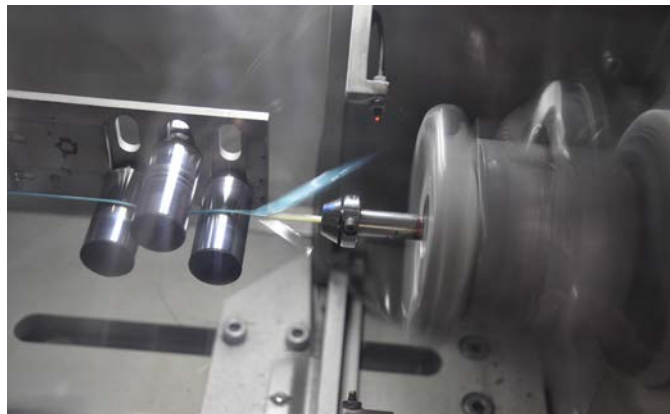


Abb. 5: Beim Umspinnen rotiert die Folie quasi kegelförmig um die Adern, wobei die jeweilige Rotationsgeschwindigkeit des Spinnkopfes von der Folienstärke, der Folienbreite sowie dem Winkel der Folie zu den Adern abhängt. Sender und Empfänger der Lichtschranke sind in der Bildmitte zu erkennen.

### **7.3 SICHERE DETEKTION MIT HOHER SCHALTFREQUENZ**

Die berührungslos und damit verschleißfrei arbeitende Einwegschränke **LS208161** (Kunststofffaser) ist im Zusammenspiel mit dem Lichtleiterverstärker **OL100340** in der Lage, Objekte unabhängig von ihrer Beschaffenheit (z. B. Form, Farbe, Oberflächenstruktur, Material, etc.) innerhalb eines Schaltabstandes von bis zu 200mm zu erkennen. Die Lichtleiterenden haben sehr kleine Abmessungen, in diesem Fall von lediglich 4mm, wodurch sich Sender und Empfänger problemlos an der Abfragestelle im Bandierer montieren lassen. Eingestellt wird die Einwegschränke am Verstärker per Teach-In. Der Verstärker verfügt über einen Schaltausgang und ermöglicht mit einer Schaltfrequenz von 7.000Hz die sichere Erfassung von Objekten auch in schnell laufenden Prozessen, wie in dieser Applikation gefordert.

### **7.4 KONTINUIERLICHE ÜBERWACHUNG DER SIGNALUNTERBRECHUNG**

In der Anwendung bei BizLink Special Cables Germany sind der Sender und Empfänger der Systemlösung seitlich zur kegelförmigen Rotationsachse der Folie hinter dem Spinnkopf positioniert. Das kontinuierlich anstehende Signal der Einwegschränke wird hierdurch pro Umdrehung des Spinnkopfes insgesamt zwei Mal von dem Folienband unterbrochen. Überwacht wird somit die Unterbrechung der Lichtleiterschranke, wobei jedes Mal die danach ablaufende Zeit angetriggert wird. Das Funktionsprinzip ist demnach ähnlich wie bei einem Timer, der ab einer Unterbrechung über eine vordefinierte Zeit herunterzählt. Bei der nächsten Unterbrechung muss diese Zeit abgelaufen sein, damit der Timer von Neuem beginnen kann.

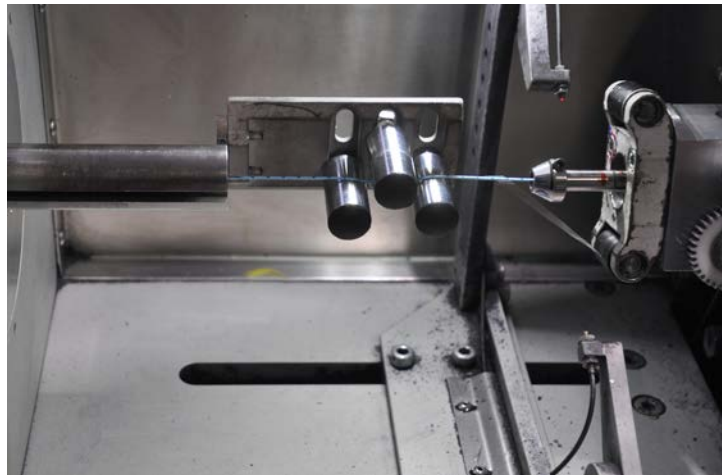


Abb. 6: Aufnahme bei angehaltener Maschine. Die transparente Folie (hier unterhalb des Spinnkopfes) wird um die Ader gewickelt. Kontinuierlich überwacht wird die Unterbrechung der Lichtschranke.

Wird demzufolge nach Ablauf der vorgegebenen Zeit die Lichtschranke nicht erneut unterbrochen, ist dies ein untrügliches Zeichen dafür, dass keine Folie mehr vorhanden ist. Der Verstärker sendet daraufhin ein Signal an die SPS der Maschine, die den laufenden Prozess sofort stoppt.

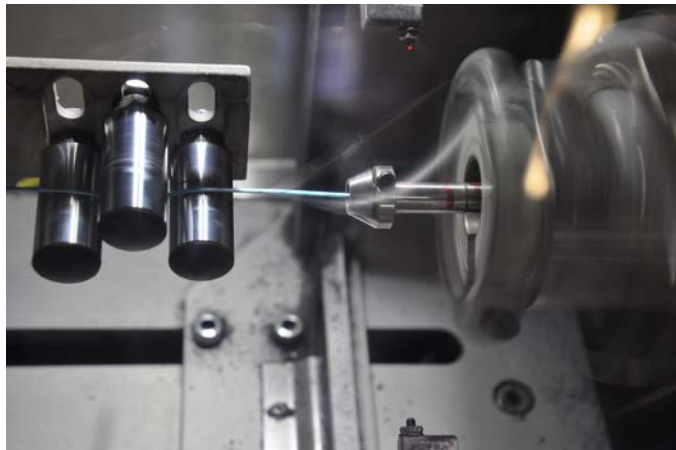


Abb. 7: Sender und Empfänger der **LS208161** sind seitlich zur kegelförmigen Rotationsachse der Folie hinter dem Spinnkopf positioniert. Das kontinuierlich anstehende Signal der Einwegschanke wird pro Umdrehung des Spinnkopfes insgesamt zwei Mal von dem Folienband unterbrochen.



Abb. 8: Detailansicht des Verstärkers. Der angezeigte Wert gibt die Signalstärke der Lichtschranke bei Unterbrechung des Lichtsignals wieder.

### **7.5 EINFACHE UND VIELFACH BEWÄHRTE LÖSUNG**

Rund 40 Bandierer wurden bisher mit den Lichtleiterschranken **LS208161** in Kombination mit dem Lichtleiterverstärker **OL100340** von ipf electronic ausgestattet. Alle Systeme funktionieren seit der Erstinstallation einwandfrei. Nach Aussagen des Kunden ist die Lösung „ideal“, weil sich die Lichtschranken mit wenig Aufwand in die Maschinen integrieren ließen und unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit des Spinnkopfes und den Materialeigenschaften der Folien stets zuverlässig arbeiten.

© 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. Änderungen vorbehalten.

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

Änderungen vorbehalten! Stand: Juni 2024