

WHITEPAPER

LASERSENSOREN

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	3
2. Einteilung von Lasersensoren	3
3. Laser-Lichtschraken	4
3.1 Lösungen mit Verschmutzungskompensation	5
3.2 Sender mit Testeingang	6
3.3.1 Abdeckungsproportionale Systeme	6
3.3.2 Systeme mit Empfänger- oder Pixelzeilen	6
4. Laserreflex-Lichtschraken	7
4.1 Systeme mit Polarisationsfilter	7
5. Tastende Systeme	8
6. Energetische Taster	9
7. Taster mit Hintergrundausbldung	10
7.1 Mechanische Hintergrundausbldung	10
7.2 Hintergrundausbldung durch Diodenarray	11
7.2.1 Mit spezieller Signalauswertung zum Applikationsspezialisten	11
7.3 Hintergrundausbldung mit „Time-of-Flight“	11
8. Laser-Distanzsensoren	12
8.1 Abstandsmessung mit Diodenarray	12
8.2 Abstandsmessung mit Time-of-Flight	12
8.3 Abstandsmessung nach dem Phasenvergleichsprinzip	13
8.4. Laser-Sensoren mit besonderen Lichtstrahlgeometrien	14
9. Kontinuierliche Weiterentwicklungen	15

1. EINLEITUNG

Bereits 2013 erschien das White Paper „Optische Sensoren“ von ipf electronic, in dem sich ein Kapitel dem Thema Lasersensoren widmete. Das Angebot an solchen Geräten ist groß und die potenziellen Einsatzgebiete äußerst vielseitig. Daher bietet ipf electronic allein in diesem Bereich rund 160 Lasersensoren in den unterschiedlichsten Ausführungen an (Stand 2016). Grund genug, sich mit dieser Thematik einmal ausführlicher in diesem White Paper zu befassen.

2. EINTEILUNG VON LASERSENSOREN

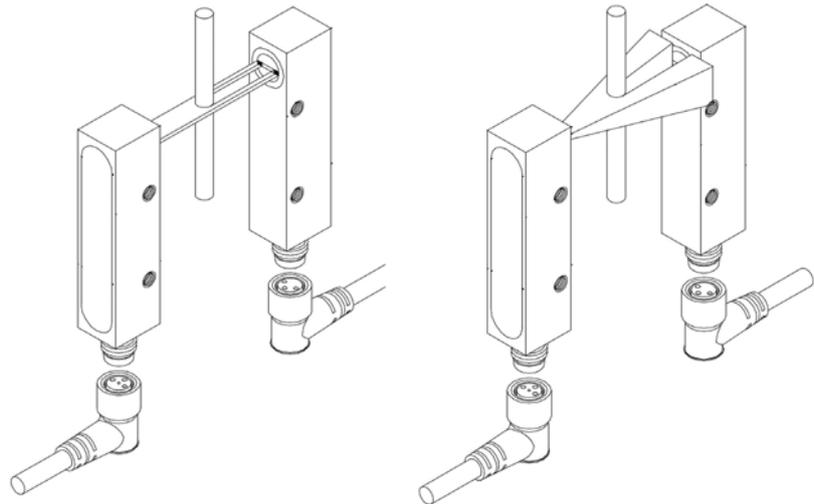
Lasersensoren werden bevorzugt dort eingesetzt, wo hohe Anforderungen an Auflösung, Wiederholgenauigkeit, Zuverlässigkeit, Schalthäufigkeit, Schaltfrequenz und Tast- bzw. Reichweite bestehen. Die Sender solcher Sensoren arbeiten mit Laserlicht der Klasse 1 oder 2 gemäß EN 60825.

Lasersensoren gehören zu den optischen Sensoren und können daher in Einweg-Systeme, Reflexions-Systeme und tastende Systeme eingeteilt werden. Zu den Einwegsystemen zählen Laser-Einweglichtschranken, Lasergabellichtschranken, Laserwinkellichtschranken sowie Laser-Messsysteme, während in der Kategorie Reflexionssysteme im Grunde nur Laserreflex-Lichtschranken zu finden sind. Zu den tastenden Systemen gehören ebenfalls Laser-Messsysteme sowie Lasertaster mit und ohne Hintergrundaussblendung.

Einweg-Systeme	Reflexions-Systeme	Tastende-Systeme
Laser-Einweglichtschranken	Laserreflex-Lichtschranken	Lasertaster mit Hintergrundaussblendung
Lasergabel- Laserwinkellichtschranken		Lasertaster ohne Hintergrundaussblendung (energetisch)
Laser-Messsysteme		Laser-Messsysteme

3. LASER-LICHTSCHRANKEN

Laser-Lichtschraken arbeiten mit sichtbarem, parallel gerichtetem Laserlicht (kollimierter Laserstrahl), das mit einer Präzisionsoptik erzeugt wird und ermöglichen sehr große Sender-Empfänger-Abstände. Bei Einweg-Systemen ist es unerheblich, wo die Unterbrechung des Lichtstrahls erfolgt, da auf den Empfänger eine exakte Schattenprojektion eines zu detektierenden Objektes trifft. Der Abstand von Messobjekten zum Sender bzw. Empfänger beeinflusst somit in weiten Teilen nicht das Signal. Eine gegenseitige Beeinflussung der Sensoren selbst findet ebenfalls nur bedingt statt, wodurch mehrere Geräte auf engem Raum betrieben werden können.



Im Gegensatz zu konventionellen Lichtschraken (rechts) trifft bei Laser-Lichtschraken eine exakte Schattenprojektion eines Objektes auf den Empfänger. (Alle Bilder: ipf electronic gmbh)

Die Justierung von Laser-Gabellichtschraken ist nicht notwendig, denn Sender und Empfänger bilden eine kompakte Einheit. Aber auch bei Systemen mit separatem Sender und Empfänger ist die Justierung aufgrund des sichtbaren Laserlichtpunktes denkbar einfach.



Laser-Gabellichtschraken wie die PG800370 sind sofort einsatzbereit, da sie nicht justiert werden müssen.

Mit dem extrem kleinen Durchmesser des Lichtflecks lassen sich selbst Objekte in der Größe eines Haares erkennen. Blenden und Optiken sorgen darüber hinaus für eine gleichmäßige Lichtverteilung im Laserstrahl sowie eine scharfe Strahlbegrenzung.

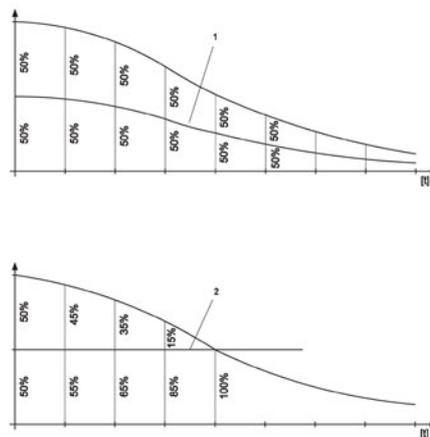
3.1 LÖSUNGEN MIT VERSCHMUTZUNGSKOMPENSATION

Eine Besonderheit unter den Laser-Lichtschranken sind Lösungen mit Verschmutzungskompensation für entsprechend raue Umgebungsbedingungen. Die Empfänger dieser Systeme verfügen über eine automatische Nachführung der internen Schaltschwelle, wodurch eine Verschiebung der Schaltpunktlage im Lichtstrahl, verursacht durch zunehmende Verschmutzung, vermieden wird.



Laser-System mit Verschmutzungskompensation (oben Empfänger PE180122, unten Sender PS180022). Durch die Integration von Schlitzblenden im Sender und Empfänger wird der Lichtstrahl für spezielle Messaufgaben fokussiert.

Die Funktionsweise: Eine Verschmutzung der Optiken von Sender oder Empfänger führen zu einer Signaldämpfung, die der Empfänger kompensiert, indem er die Schaltschwelle absenkt bzw. in Abhängigkeit zum jeweiligen Verschmutzungsgrad nachführt. Hierzu überprüft der Empfänger bei freier Lichtschranke kontinuierlich die auf seine Optik aktuell auftreffende Lichtmenge. Diese aktuelle Intensität wird als 100-Prozent-Lichtmenge angenommen und darauf die Schaltschwelle mit 50 Prozent bezogen. Dieses Verfahren funktioniert auch deshalb, weil der Empfänger zwischen einer allmählichen Verschmutzung der Optik und einem Objekt, das in einer konkreten Anwendung sehr schnell den Erfassungsbereich der Lichtschranke passiert (der Lichtstrahl wird abrupt unterbrochen), differenzieren kann.

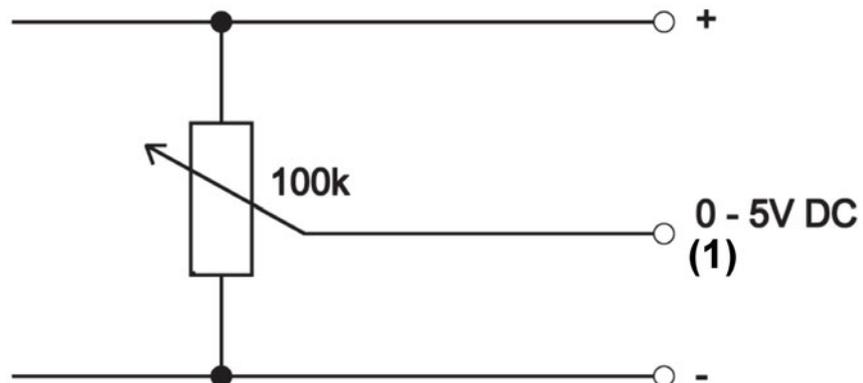


Die dynamische Schwellennachführung (oben) (1 = nachgeführte Schaltschwelle) kompensiert im Gegensatz zu einer festen Schaltschwelle (2) den Verschmutzungsgrad der Einweg-Schranke. Die y-Achse stellt den Grad der Abdeckung dar.

3.2 SENDER MIT TESTEINGANG

Verschiedene Sender aus dem Portfolio von ipf electronic verfügen über einen sogenannten Testeingang. Über diesen bzw. ein angelegtes Spannungssignal zwischen 0 und 5V lässt sich die Laserleistung des Senders im Bereich zwischen 0 und 100% stufenlos einstellen. Wird mit dem Sender ein Empfänger mit einer fest eingestellten Schaltschwelle verwendet (z. B. 50%), besteht die Möglichkeit, über die Einstellung der Sendeleistung den Schaltpunkt bzw. die Systemempfindlichkeit zu variieren.

Der Lasersender wird bei einem Eingangssignal > 5V ausgeschaltet. Aus diesem Grund kann dieser Eingang auch zum Funktionstest der Lichtschranke genutzt werden, da bei abgeschaltetem Sender an den Schaltausgängen des Empfängers ein Signalwechsel stattfinden muss. Darüber hinaus lässt sich diese Funktion bei Wartungsarbeiten nutzen, um den Laser auszuschalten. Hierzu wird in der Regel einfach ein 24V-Signal auf diesen Eingang geschaltet.



Beschaltung Testeingang (1)

3.3 EMPFÄNGER MIT ANALOGAUSGANG

Bei den Lasereinweg-Lichtschranken mit empfängerseitigem Analogausgang unterscheidet man zwei Funktionsprinzipien: zum einen die sogenannten abdeckungsproportionalen Systeme und zum anderen Systeme mit Empfänger- oder Pixelzeilen.

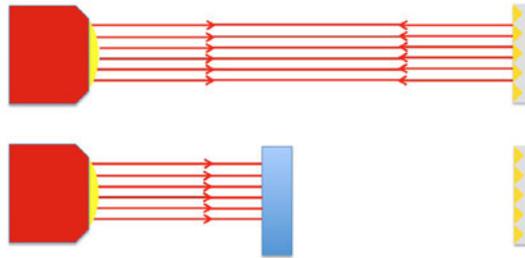
3.3.1 ABDECKUNGSPROPORTIONALE SYSTEME

Bei abdeckungsproportionalen Systemen wird das vom Sender projizierte Lichtstrahlbündel auf ein einzelnes Empfängerelement abgebildet. Der Empfänger wandelt die auf ihn treffende Lichtmenge in ein entsprechendes Analogsignal um. D. h. man kann über das Analogsignal den Abdeckungs- bzw. Dämpfungsgrad des Laserlichtstrahls ermitteln. Dem Anwender eröffnen sich dadurch zwei Nutzungsmöglichkeiten: zum einen kann dieses Signal für Messaufgaben eingesetzt werden, zum anderen kann hierüber eine Aussage über die Ausrichtung und den Verschmutzungsgrad des Gesamtsystems gemacht werden. Allerdings ermöglicht dieses Signal keine Aussagen darüber, wie die Laserstrahlabdeckung zustande kommt. Man kann also nicht unterscheiden, ob die Lichtstrahlabdeckung am Stück (Vollmaterial) oder von einer Struktur (Lochband) verursacht wird. Es lässt sich somit lediglich eine Aussage über die prozentuale Abdeckung treffen.

3.3.2 SYSTEME MIT EMPFÄNGER- ODER PIXELZEILEN

Bei Systemen mit Empfänger- oder Pixelzeilen wird das vom Sender projizierte Lichtstrahlbündel auf mehreren Empfängerelementen abgebildet, die zeilenförmig angeordnet sind. Diese sogenannte Pixelzeile wird ausgelesen und in der Regel über einen Mikrocontroller ausgewertet. Bei einem Objekt im Lichtstrahl wird dessen Schattenwurf auf dieser Empfängerzeile abgebildet, wodurch belichtete und unbelichtete Pixel entstehen bzw. ein Muster auf der Empfängerzeile erzeugt wird, das proportional zur jeweiligen Objektgeometrie ist. Somit ist es dem auswertenden Controller möglich, die Strukturen des Objektes zu ermitteln. Daraus können nun Daten wie die Objektbreite oder Lage ermittelt und je nach Einstellung als elektrisches Mess- bzw. Analogsignal ausgegeben werden.

4. LASERREFLEX-LICHTSCHRANKEN



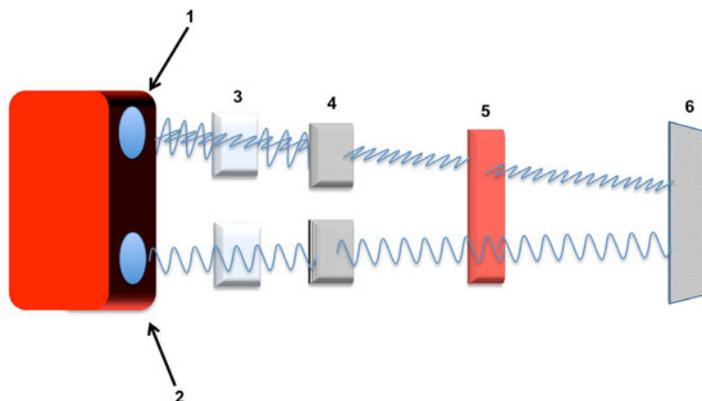
Beim Laserreflex-System wird ein Reflektor (rechts) als Gegenelement benötigt.

Sender und Empfänger befinden sich beim Laserreflex-System in einem Gehäuse, daher ist als Gegenelement ein Reflektor (Triplespiegel / Retroreflektor) notwendig. Wie beim Einweg-System, wird auch beim Reflexions-System die Lichtunterbrechung ausgewertet. Auch diese Sensorvariante erkennt alle Objekte unabhängig von ihrer Farbe, Form und Oberfläche sicher, wobei sehr große Reichweiten, in Abhängigkeit von der Reflektorgröße, möglich sind. Im Gegensatz zu Einweg-Systemen benötigen die Reflexions-Systeme jedoch nur eine Spannungsversorgung auf der Geräteseite.

Der Montageaufwand ist bei einem Reflexions-System ähnlich hoch, wie bei einem Einweg-System. Das Gerät in dem sich Sender und Empfänger befinden, muss auf den Reflektor exakt ausgerichtet sein. Wie bereits weiter oben betont, beeinflusst die Größe des Reflektors die Systemreichweite und damit auch die Empfindlichkeit. Transparente Objekte lassen sich mit einem solchen System nur schwer erfassen und bei stark reflektierenden Oberflächen, beispielsweise verchromte Teile, müssen die Geräte mit einem Polarisationsfilter ausgestattet sein. Im Folgenden wird daher auf die Funktionsweise von Polarisationsfiltern eingegangen.

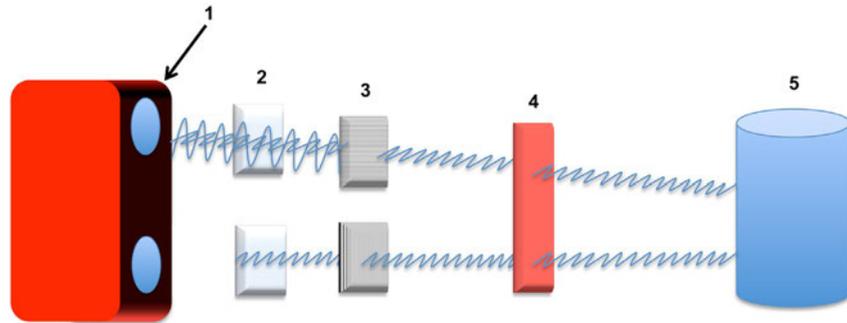
4.1 SYSTEME MIT POLARISATIONSFILTER

In der Physik steht der Begriff „Polarisation“ für die Ausrichtung der Schwingungsebene transversaler (von lat. transversus – quer) Wellen. „Transversal“ beschreibt in diesem Kontext die Ausbreitungseigenschaft einer Welle und bedeutet, dass die Schwingung senkrecht zu deren Ausbreitungsrichtung erfolgt. Ein Polfilter ist demnach ein Polarisator für Licht und beeinflusst dessen Schwingungsachse.



Funktion eines Polfilters. Der Filter der Sendeoptik ist nur für eine bestimmte Schwingungsachse des Lichts durchlässig. Ebenso verhält es sich mit dem empfängerseitigen Filter. 1 vom Sender, 2 zum Empfänger, 3 Linse, 4 Polfilter, 5 Frontscheibe, 6 Reflektor

Durch den Polfilter der Sendeoptik verlässt nur Licht einer Schwingungsachse das Gerät. Die einzelnen Tripelemente des Reflektors drehen die Schwingungsebene des Lichtstrahls um 90°. Nur in diesem Fall kann das vom Tripelspiegel reflektierte Licht den Polfilter der Empfangsoptik passieren und den Empfänger erreichen.

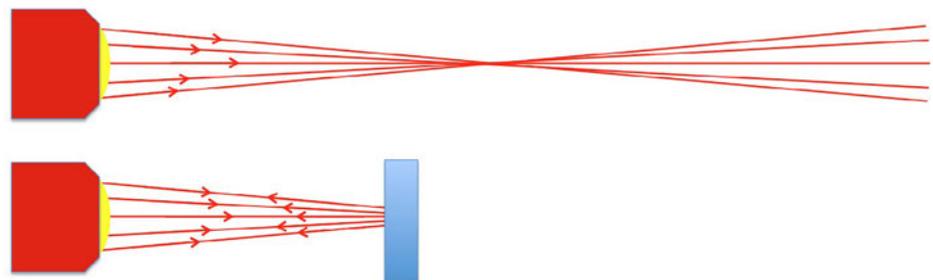


Das vom Objekt reflektierte Licht kann den Polfilter nicht passieren, so dass das Objekt sicher erkannt wird. 1 vom Sender, 2 Linse, 3 Polfilter, 4 Frontscheibe, 5 spiegelndes Objekt

Spiegelnde oder stark glänzende Oberflächen sind indes nicht in der Lage, die Schwingungsebene des Sendelichtstrahls zu beeinflussen. Das vom Objekt reflektierte Licht kann den Polarisationsfilter vor dem Empfänger nicht passieren, so dass das Objekt sicher erkannt wird.

5. TASTENDE SYSTEME

Tastende Lasersysteme integrieren Sender und Empfänger in einem Gerät und benötigen kein Gegenelement wie einen Reflektor als Referenzfläche, da die Lichtstrahlreflektion am zu detektierenden Objekt ausgewertet wird.



Tastende Systeme werten den Lichtstrahl aus, der von einem Objekt reflektiert wird.

6. ENERGETISCHE TASTER

Energetische Taster arbeiten nach dem Prinzip der Intensitätsunterscheidung. Hierzu wird in der Regel über einen Potentiometer an dem Sensor eine spezifische Lichtmenge (Empfindlichkeit) eingestellt. Erreicht oder überschreitet nun die vom Objekt reflektierte Lichtmenge diese voreingestellte Schwelle, schaltet das Gerät ein. Wird nur wenig Licht vom zu detektierenden Objekt reflektiert (Intensität), so erhält der Sensor kein Schaltsignal.



Systembedingt erkennen energetische Taster alle Objekte sicher, die genügend Licht reflektieren bzw. die so viel Licht reflektieren, dass die eingestellte Schaltschwelle überschritten wird. Somit können nur Objekte mit ausreichendem Reflexionsverhalten zuverlässig detektiert werden. Bei gleicher Grundempfindlichkeit kann es bei Materialoberflächen mit stark variierendem Reflexionsgrad zu unterschiedlichen Ansprechverhalten bzw. Schaltabständen des Tasters kommen. Dunkle Materialien können dabei nur schwer oder gar nicht vor hellen Hintergründen erfasst werden, da der Taster durch solche Hintergründe ein starkes Reflexionssignal erhält, was unter Umständen die notwendigerweise niedrig eingestellte Schaltschwelle bereits überschreitet.

Ein weiteres Problem wirft die Oberflächenbeschaffenheit der zu detektierenden Objekte auf. Je rauer diese sind, desto größer ist die Lichtstreuung, was wiederum zu Lasten der Reichweite bzw. der Empfindlichkeit von energetischen Tastern geht. Das bedeutet im Umkehrschluss: Je glatter die Oberfläche ist, desto besser ist das Ansprechverhalten des Tasters – allerdings immer vorausgesetzt, die Oberfläche des zu erfassenden Objektes befindet sich in einem Winkel von 90 Grad zum Sensor respektive Sendesignal.

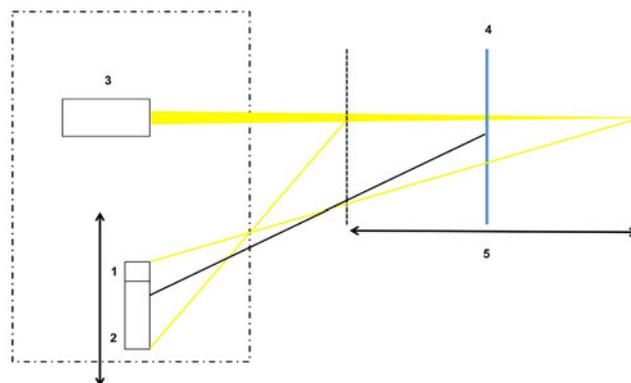
7. TASTER MIT HINTERGRUNDAUSBLENDUNG

Die Probleme, die sich mit energetischen Tastern ergeben, werden im Grunde durch Taster mit Hintergrundausbldung eliminiert. Diese Geräte erkennen Materialien im Tastbereich weitestgehend unabhängig von ihrem Reflexionsgrad (Farbe, Oberfläche). Grundlage für diese Funktionsweise ist, dass die verwendeten Empfangerelemente die Objektposition bewerten, aus der das auftreffende Sendelicht reflektiert wird. Dadurch ist die Aussage möglich, ob sich das Objekt im gewählten Erfassungs- bzw. Schaltbereich befindet.

Grundvoraussetzung ist natürlich, dass die Objektoberfläche das auftreffende Senderlicht in hinreichendem Maße reflektieren kann. Somit ist die effektive Tastweite nicht vom zu detektierenden Objekt abhängig, sondern ausschließlich vom eingestellten Tastabstand. Ein störender Hintergrund lässt sich dadurch sicher ausblenden. Diese Eigenschaft hat dazu geführt, dass die Geräte auch als „Taster mit Hintergrundausbldung“ bezeichnet werden, eine Bezeichnung, die stellvertretend für eine materialunabhangige Objekterfassung bei tastenden Systemen steht. Technisch lässt sich bei Lasersensoren diese Hintergrundausbldung auf verschiedenste Weise realisieren. Im Folgenden wird die mechanische Hintergrundausbldung (Triangulationsprinzip), der Aufbau mit einem Diodenarray (elektronische Hintergrundausbldung / Triangulation) und das „Time-of-Flight“-Prinzip erläutert.

7.1 MECHANISCHE HINTERGRUNDAUSBLENDUNG

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Funktionsweise der mechanischen Hintergrundausbldung. Hierbei werden zwei Empfänger bzw. Dioden (Hintergrund- und Vordergrundiode) auf einem einstellbaren Schlitten nebeneinander platziert. Je nachdem welcher Empfänger ein Ausgangssignal erzeugt (bedingt durch den auftreffenden Reflexionslichtstrahl), lässt sich genau sagen, ob sich das Objekt im vorgegebenen Erfassungsbereich befindet oder nicht. Der Erfassungsbereich kann bei diesen Geräten durch das Verschieben der Empfangeranordnung verändert werden. Dies erfolgt mechanisch über eine Spindel.

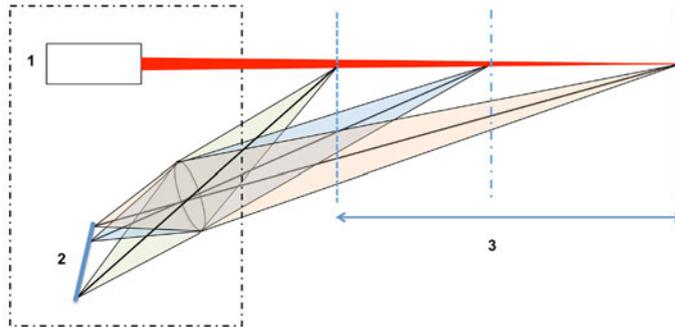


1 Hintergrundiode, 2 Vordergrundiode, 3 Lichtquelle, 4 Objekt, 5 Messbereich

Wesentlicher Vorteil von Tastern mit mechanischer Hintergrundausbldung ist deren sehr hohe Einstellgenauigkeit, wodurch Objekte unabhängig von ihrer Farbe sehr gut erfasst werden können. Dagegen werden Objekte oder Gegenstände im Hintergrund nicht erfasst. Erklären lässt sich dies im Zusammenhang mit dunklen oder rauen Objektoberflächen, wie bei allen optischen Sensoren, durch das Fotometrische Entfernungsgesetz, das im White Paper „Optische Sensoren“ ausführlich erklärt wird. Zum Ende des Arbeitsbereichs fallen jedoch die technischen Eigenschaften der hier beschriebenen Taster leicht ab. D.h. die Detektion von dunklen Objekten oder rauen Materialoberflächen wird schwieriger und die Schaltpunktgenauigkeit nimmt ab.

7.2 HINTERGRUNDAUSBLENDUNG DURCH DIODENARRAY

Bei der Hintergrundausblendung mit einem Diodenarray wird über einen Microcontroller eine große Anzahl von Dioden (128 und mehr), die sich auf einem Array befinden, einzeln ausgelesen und das Signal ausgewertet. Durch die hohe Anzahl von Dioden kann die Lage bzw. Entfernung eines Objektes genau angegeben und entschieden werden, ob es sich im Erfassungsbereich befindet oder nicht. Hierzu wird mittels eines Teach-In-Verfahrens das Diodenarray in zwei Empfänger-Gruppen für den Vorder- und Hintergrund aufgeteilt.



1 Laser, 2 Diodenarray, 3 Messbereich

7.2.1 MIT SPEZIELLER SIGNALAUSWERTUNG ZUM APPLIKATIONSSPEZIALISTEN

Aufgrund des integrierten Microcontrollers können Laser-Distanz-Sensoren mit Diodenarray zu besonderen Applikationsspezialisten werden. Ein Beispiel hierfür ist die Erkennung von sehr flachen Objekten auf Transportbändern mit einem Höhengschlag, wobei dieser größer sein darf, als die Bauteilstärke. Ein solcher Höhengschlag des Bandes erfolgt zumeist nicht abrupt. Stattdessen ändert sich der Sensor-Bandabstand kontinuierlich, ähnlich einer sinusförmigen Kurve. Zur Bauteilerkennung vergleicht der Microcontroller der Sondergeräte intern das aufgenommene Abstandsmesssignal und erzeugt ein Schaltsignal, wenn sich der Messabstand schlagartig verändert. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein Objekt auf dem Band in den Erfassungsbereich des Sensors gelangt. Für solche Applikationen steht u. a. der **PT16C031** zur Verfügung. Geräte mit dem beschriebenen Funktionsprinzip sind in diesem Zusammenhang als Alternative zu Tastern mit Hintergrundausblendung zu betrachten, bei denen nur ein einziger Grenzwert festgelegt werden kann. Der Einsatz solcher Taster ist nur dann sinnvoll, wenn der Höhengschlag eines Transportbandes deutlich kleiner ist, als die kleinste Bauteilhöhe, die noch erkannt werden soll.

7.3 HINTERGRUNDAUSBLENDUNG MIT „TIME-OF-FLIGHT“

Das Time-of-Flight-Prinzip ist ein Laufzeitverfahren zur Objekterkennung. Die Position eines Objektes wird bei diesem Prinzip über die Laufzeit eines Lichtimpulses bestimmt, der vom Sensorsender ausgesendet, von dem zu detektierenden Objekt reflektiert und schließlich vom Empfänger erfasst wird. Durch die Laufzeit des getakteten Lichts vom Sender zum Empfänger lässt sich der Abstand eines Objektes zum Sensor bestimmen und damit auswerten, ob die Abstandsinformation dem vorab geteachten Sollwerten entspricht. Ist dies der Fall, erzeugt das Gerät ein Schaltsignal, welches sich in der übergeordneten Steuerung weiter verarbeiten lässt. Die Reichweite bzw. der Schaltabstand ist hierbei weitestgehend unabhängig von den Reflexionseigenschaften einer Objektoberfläche. Somit lassen sich bspw. auch sehr dunkle Objekte auf sehr hellen Hintergründen sehr gut erfassen, wenn solche Objekte noch genügend Licht reflektieren. Da man durch die Time-of-Flight-Technologie sehr kleine und auch eng beieinanderliegende Optiken realisieren kann, hat dieses Verfahren im Hinblick auf den benötigten Bauraum für die Sensorik im Vergleich zum Triangulations-Prinzip Vorteile, da letzteres vergleichsweise größere Empfängeroptiken benötigt, um den Einfallswinkel des von einer Objektoberfläche reflektierten Lichts ermitteln zu können.

8. LASER-DISTANZSENSOREN

Zur Abstandsmessung mit einer Auflösung in sehr feinen Schritten eignen sich sehr präzise messende Laser-Distanz-Sensoren. Solche Geräte sind insbesondere für Messvorgänge an kleinen und schnell bewegten Objekten konzipiert. Selbst Gegenstände mit häufig wechselnden Farben können mit diesen Sensoren sicher vermessen werden. Zur Distanzmessung stehen u. a. folgende Funktionsprinzipien zur Verfügung: Diodenarray (Pixelzeilen), Time-of-Flight und Phasenvergleichsmessung.



Laser-Distanz-Sensoren wie der PT160070 erkennen selbst Objekte mit häufig wechselnden Farben.

8.1 ABSTANDSMESSUNG MIT DIODENARRAY

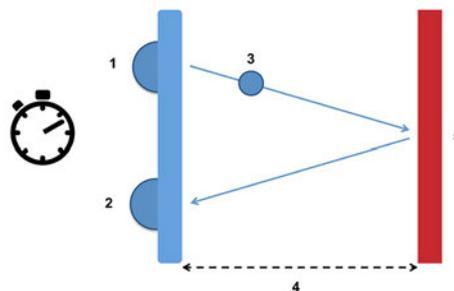
Eine Distanzmessung lässt sich mithilfe eines im Sensor integrierten Diodenarrays bzw. einer Pixelzeile durchführen. Auf das Array mit den Dioden bzw. Pixeln wird der vom Objekt reflektierte Lichtstrahl abgebildet. D. h. bestimmte Dioden des Array erfassen den Lichtstrahl bzw. werden von dem Lichtstrahl getroffen. Aus der Lage dieses Reflexsignals bezogen auf die Zeile kann nun auf den Abstand des Objektes geschlossen werden.



Signalverlauf über die Pixelzeile für drei unterschiedliche Objektabstände zum Gerät.

8.2 ABSTANDSMESSUNG MIT TIME-OF-FLIGHT

Alternativ zu einer Lösung mit integriertem Diodenarray wie unter 8.1 beschrieben wird z. B. bei größeren Distanzen auf ein anderes Messprinzip zurückgegriffen. Der Grund hierfür ist die wachsende Messungengenauigkeit bei größeren Entfernungen resultierend aus dem Triangulationsprinzip. Vergleichbar zum Funktionsprinzip der Hintergrundausblendung mit Time-of-Flight kann das Laufzeitverfahren auch zur Distanzmessung verwendet werden. Durch die Laufzeit des getakteten Lichts vom Sender zum Empfänger wird der Abstand eines Objektes zum Sensor bestimmt. Die Reichweite ist hierbei wiederum weitestgehend unabhängig von den Reflexionseigenschaften einer Objektoberfläche.



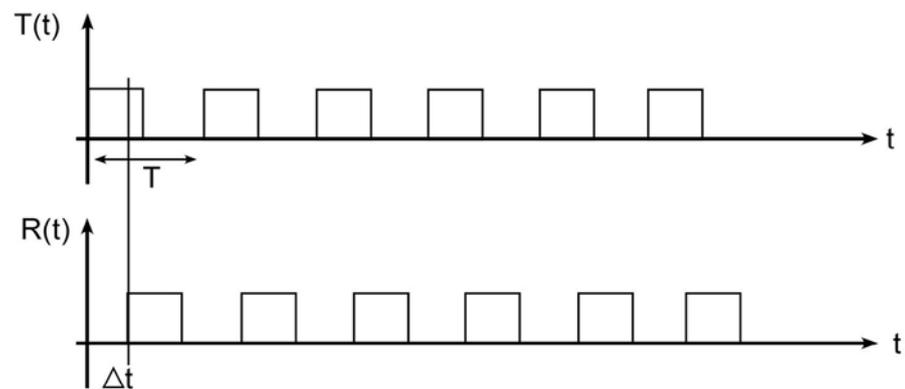
1 Sender, 2 Empfänger, 3 Photonen, 4 Distanz, 5 Objekt. Die Formel für die Distanzmessung lautet: Gemessene Distanz = (Laufzeit Photonen / 2) x Geschwindigkeit Licht

8.3 ABSTANDSMESSUNG NACH DEM PHASENVERGLEICHSPRINZIP

Als technische Alternative zur Laufzeitmessung kann auch das sogenannte „Phasenvergleichsverfahren“ zum Einsatz kommen. Dabei wird die Sendelichtquelle (Laser-LED) mit einer festgelegten Frequenz getaktet, d. h. in vorgegebenen Intervallen ein- und ausgeschaltet. Damit ergibt sich für den Sendelichtstrahl eine definierte Phasenlage. Der getaktete oder gepulste Lichtstrahl wird von dem Sensor abgestrahlt, durchläuft den Raum bis zum Objekt, wird von diesem reflektiert, und erreicht die im Sensor integrierte Empfangseinheit. Bedingt durch die vom Lichtstrahl zurückgelegte Wegstrecke zwischen Sensor und Objekt erfährt das Empfangssignal eine distanzabhängige Phasenverschiebung. Diese wird im Gerät bestimmt und in ein abstandsproportionales Messsignal umgewandelt.



Das Laser-Messsystem PT900020 arbeitet zur Abstandsmessung nach dem Phasenvergleichsprinzip



Durch die vom Lichtstrahl zurückgelegte Entfernung zwischen Sensor und Objekt ergibt sich eine abstandsproportionale Phasenverschiebung Δt zwischen Sende- $T(t)$ und Empfangssignal $R(t)$.

8.4. LASER-SENSOREN MIT BESONDEREN LICHTSTRAHLGEOMETRIEN

Für die Detektion von Objekten mit porösen oder rauen Oberflächen mittels Lasertastern wurden spezielle Sensoren mit besonderen Lichtstrahlgeometrien entwickelt. Durch einen feinen, linienförmigen Lichtstrahl haben wechselnde Beschaffenheiten der Objekt-oberflächen einen wesentlich geringeren bis gar keinen Einfluss auf die Zuverlässigkeit und Präzision einer Abstandsmessung oder Bauteilerfassung mit diesen Geräten.

Um zudem die Auswirkungen von stark unterschiedlichen Reflexionseigenschaften oder Objektfarben auf Messungen zu verringern, verfügt eine Vielzahl der Lasertaster über einen integrierten Regelkreis, der die Leistung der Laserdiode in Abhängigkeit von den Reflexionseigenschaften einer Objektoberfläche bzw. zur Qualität des Empfängersignals reguliert. Bei dunklen Oberflächen hat die Sendediode daher eine hohe Intensität, bei hellen Objekten hingegen eine geringere Intensität. Auf diese Weise lassen sich die Messergebnisse nahezu farbunabhängig bilden. Sollte trotz Leistungserhöhung kein verwertbares Empfangssignal zu erzielen sein (zu starke Verschmutzung, Objekt reflektiert kein Licht), wird dies über einen Schaltsignalausgang gemeldet. Damit steht dem Nutzer immer ein Statussignal über die Qualität der Messwertbildung zur Verfügung und er erkennt direkt, wenn keine Messwertbildung mehr möglich ist. Durch integrierte Teach-Optionen kann der genutzte Messbereich außerdem innerhalb des werkseitigen Messbereichs auf kleinere Grenzen eingestellt werden, wodurch Strom und Spannungsausgang eine neue, individuelle Kennlinie erhalten.

9. KONTINUIERLICHE WEITERENTWICKLUNGEN

Die Beispiele in diesem White Paper vermitteln einen Eindruck, wie immens groß die Auswahl an Lasersensoren mit unterschiedlichsten Funktionalitäten ist. Da sich solche Geräte aufgrund der eingangs erwähnten Eigenschaften insbesondere in Anwendungen einsetzen lassen, in denen „herkömmliche“ Sensorik oftmals nicht die gewünschten Ergebnisse liefert oder gar gänzlich versagt, ermöglichen Laser-Sensoren gewissermaßen den Vorstoß in neue Dimensionen. Parallel hierzu schreitet auch die Weiterentwicklung kontinuierlich voran. Ein Beispiel hierfür liefern der Laser-Distanzsensor **PT730520** und die Lasertaster der Serie **PT44**, die erstmals 2015 von ipf electronic vorgestellt wurden.



Beispiele für die kontinuierliche Weiterentwicklung von Laser-Sensoren: der Laserdistanz-Sensor PT730520 (links) und die Lasertaster der Serie PT44 (rechts).

Der Laser-Distanzsensor **PT730520** mit Hinter- und Vordergrundausbuchtung eignet sich für Positionieraufgaben über große Distanzen und arbeitet mit Lichtlaufzeittechnologie (Time-of-Flight-Prinzip bzw. Phasenvergleichsprinzip, siehe Seite 19 und 20), sodass kein Reflektor benötigt wird. Der **PT730520** im robusten Zinkdruckguss-Gehäuse (IP67) verfügt über eine hohe Stoßfestigkeit bis 30G und eignet sich für den Einsatz z. B. in automatisierten Warenlagern, Lastenaufzügen, Produktionsanlagen, Verpackungsmaschinen, Nutzfahrzeugen, zur Kranpositionierung, etc.

Kleinste Objekte erkennen können die Lasertaster **PT44** aufgrund ihrer hohen Messwiederholgenauigkeit von bis zu 10µm und einer Linearitätsabweichung von lediglich $\pm 0,1\%$ des Messbereichsendwertes. Diese Lasertaster wurden zunächst mit Messbereichen von 25 bis 35mm, 35 bis 65mm und 65 bis 135mm angeboten. Im Jahr 2016 kamen dann zwei neue Versionen mit erweiterten Messbereichen von 120 bis 280mm und 200 bis 600mm hinzu. Mit diesen Geräten ergeben sich für die Lasertaster mit einem sehr kleinen Strahldurchmesser von ~50 (**PT440300**) bis ~500µm (**PT440304**) somit zusätzliche potenzielle Einsatzfelder, wenn es um die Anwesenheitskontrolle von kleinsten Objekten geht oder auch die Überlappung von dünnen Materialien wie z. B. Blechen erkannt werden soll.

© 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: Oktober 2019