

## Das perfekte Paar Laserdioden und Photodioden optimal für die Anwendung abgestimmt

In der optoelektronischen Messtechnik spielt die optimale Abstimmung zwischen Emittor und Detektor die entscheidende Rolle für den reibungsfreien Betrieb von Systemen. Schon bei der Entwicklung ist darauf zu achten, dass bestimmte Bauteile anwendungsspezifisch angepasst werden.

Während für den Einsatz optoelektronischer Bauteile in der Militärtechnik extreme Bedingungen herrschen, aber eine kurze Lebensdauer ausreichen kann, ist in der Sicherheitstechnik und im Automotive-Bereich ein jahrelanger garantierter Betrieb zwingend erforderlich.

Basiselement für zahlreiche Anwendungen ist die optische Distanzmessung nach dem Prinzip der Pulslaufzeit („TOF – Time-of-light“). Mit diesem berührungslos arbeitenden Werkzeug lassen sich Abstände und Geschwindigkeiten von einigen cm bis km messen.



### Pulslaufzeit - Funktionsprinzip:

Bei der Laufzeitmessung wird ein zeitlich modulierter Lichtimpuls durch eine Sendeoptik scharf gebündelt ausgesandt. Aus der Ankunftszeit des reflektierten Lichts wird die Laufzeit  $\Delta t$  des Lichts bestimmt. Daraus wird über die Lichtgeschwindigkeit  $c$  die Entfernung  $l$  ermittelt. Da das Licht den Weg zweimal zurücklegt, muss die Entfernung noch durch zwei geteilt werden. Die Brechkraft  $n$  des umgebenden Mediums reduziert die Lichtgeschwindigkeit.

$$l = \frac{c \cdot \Delta t}{2 \cdot n}$$

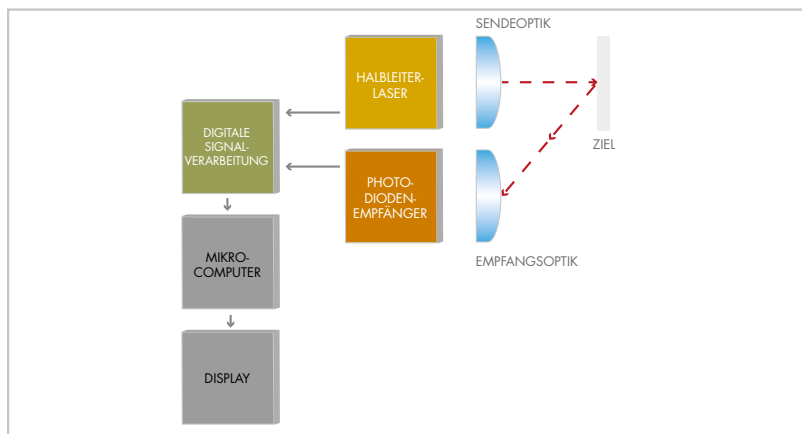


Abbildung 1: Funktionsprinzip der Pulslaufzeit

Da die direkte Messung der Laufzeiten bei kurzen Entfernungen extrem schwierig ist, wird oft auf indirekte Verfahren zurückgegriffen. Dazu wird das Lasersignal periodisch mit einer Wellenlänge von einigen Metern moduliert und der reflektierte mit dem ausgesandten Strahl überlagert („Phasenverschiebung“). Das resultierende Signal erlaubt eine relative Entfernungsmessung. Je höher die Anforderungen an die Genauigkeit und die Auflösung der Abstandsmessung sind, desto aufwändiger und somit kostspieliger wird diese Methode.

## Abstandsmessung

Einfache Entfernungsmesser und Distanzsensoren, mit denen sich Räume vermessen oder Entfernungen bis 200 m berechnen lassen, gibt es mittlerweile in gut sortierten Baumärkten. Integriert sind meist kostengünstige Laserdioden, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren und ihren Einsatz auch in Konsumerprodukten wie CD- und DVD-Playern haben. Auf der Empfängerseite werden Silizium-PIN-Photodioden verwendet. Die Reichweite erhöht sich natürlich, wenn auf der Empfängerseite Reflektoren angebracht werden oder empfindlichere Empfänger verwendet werden. Eine low cost Si-Avalanche-Photodiode (APD) kann bei gleicher Laserleistung etwa viermal so weit messen wie eine PIN-Diode, und eine rauscharme High End APD schafft sogar eine zehnfache Entfernung.

Auf der Senderseite können leistungsstarke PulsLaserdioden (PLD) eingesetzt werden. Diese emittieren im NIR (Near Infrared Range) mit einer Wellenlänge bei typisch 905 nm. Das hat zwar zur Folge, dass der Strahl selbst nicht sichtbar ist, erleichtert es aber, bei hinreichend kleinen Pulsbreiten die Augensicherheit der Systeme zu erreichen – trotz hoher optischer Spitzenleistung. Diese kann bei speziellen PLDs immerhin 400 Watt betragen. Einige 10 Watt reichen allerdings bereits aus, um Abstände bis zu 1 km zu messen.

Entfernungsmesser mit diesen Komponenten finden Einsatz in der Industrie, der Messtechnik und im Freizeitbereich. Als Beispiel seien genannt:

- Abstandssicherung von Kränen und Fahrzeugen
- Distanz- und Füllstandsmessungen in Silos oder in Schmelzriegeln auch bei hohen Temperaturen
- Messung der Position und Größendimensionen von glühenden Materialien in einem Walzwerk
- Höhenmessung von Gebäuden, Bäumen und anderen Objekten zur Vermessung von Stadt- und Freilandgebieten
- Profilmessung von Steinbrüchen oder Abraumhalden
- Sensoren für Schiff-Andocksysteme
- Laser-Wolkenhöhenmesser: Ceilometer ermöglichen eine hochauflösende Detektion und Entfernungsmessung von Wolken und Aerosolschichten bis zu 13.000 m
- Golfspieler versuchen mit Laser Rangefindern ihr Handicap zu verbessern
- Jäger erfassen im Zielfernrohr die Entfernung zum ausgewählten Objekt



Abbildung 2:  
Abstands- und Relativgeschwindigkeitsmessung im Automobilbereich

## Geschwindigkeitsmessung

In der Automobilindustrie entlasten moderne Systeme zur Abstandsregelung den Fahrer und führen zu signifikanten Verbesserungen von Fahrtsicherheit und -komfort. Diese Adaptive Cruise Control, abgekürzt ACC bedeutet wörtlich übersetzt „Adaptive Geschwindigkeitsregelung“. Die übliche deutsche Bezeichnung lautet Abstandsregel-Tempomat. Dabei wird die Position und die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs mit einem RADAR- oder einem LIDAR- („light detection and ranging“) basierten Sensor durch Laufzeitmessung der Frequenzverschiebung ermittelt. Die Geschwindigkeit sowie der Abstand des mit diesem System ausgerüsteten, nachfolgenden Fahrzeugs wird entsprechend adaptiv mit Motor- und Bremsengriff geregelt. In den heutigen Fahrzeugen wird noch vorwiegend das Radarsystem eingesetzt, da die LIDAR Systeme momentan noch zu hohe Störungen bei sichteinschränkender Wetterlage aufzeigen. Der Vorteil der LIDAR-Systeme liegt jedoch im deutlichen Preisunterschied. Die LIDAR-Systeme kosten ca. 1/3 der RADAR Systeme. Zum Einsatz kommen dabei 850 nm oder 905 nm PLDs in Verbindung mit PIN- oder Avalanche-Photodioden.

Dieser Technologie bedienen sich auch Polizei und Gemeinden in der Verkehrsüberwachung. Mit ns-Pulsen wird die Geschwindigkeit bis 250 km/h überwacht. Der Abstand zwischen dem fest installierten Lasergeschwindigkeitsmesssystem oder der Laserradarpistole und dem vorbeifahrenden Fahrzeug kann bis zu 1000 m betragen. Die Fahrtgeschwindigkeit wird mit einer Genauigkeit zwischen ein bis drei Prozent gemessen.

## Laserscanner

Ein weiteres Einsatzgebiet sind Laserscanner für die Fahrzeugklassifizierung. Diese werden oberhalb der Fahrbahn montiert. Die Laserstrahlen schaffen einen „Vorhang“ aus Infrarotlicht, wodurch mit Hilfe von Photodioden-Arrays ein dreidimensionales Profil des unterhalb passierenden Fahrzeuges aufgezeichnet wird. Das hieraus errechnete Höhenprofil wird mit vordefinierten Fahrzeugklassen verglichen. Typische Anwendungen für diese Scanner sind die Fahrzeugklassifizierung auf Mautstraßen, die Höhenmessung, die Fahrzeug-, Anhänger-, Fahrzeugrichtungs- und Geisterfahrererkennung sowie die Datenermittlung für Verkehrsstatistiken.

In automatisierten Produktions- und Logistikprozessen hat ein wirksamer Unfall- und Personenschutz höchste Priorität. Aus diesem Grund werden Sicherheits-Laserscanner für die Gefahrenbereichssicherung stationärer und mobiler Anlagen, bzw. in fahrerlosen Fahrzeugen eingesetzt. Dabei wird mit Hilfe von Puls-laserdioden und einem rotierenden Polygonspiegel ein Flächenscanner erzeugt, der permanent – ähnlich einem Radar – den kompletten Gefahrenbereich in einem Winkelbereich von 190° und einem Radius von mehreren Metern zweidimensional abtastet. Innerhalb dieses Arbeitsbereiches lassen sich über eine PC-Software unabhängige

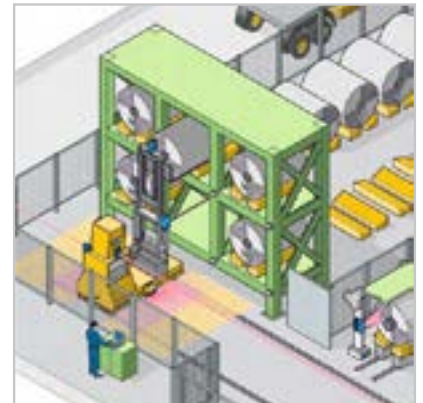


Abbildung 3:  
Laserscanner in der Sicherheitstechnik  
Quellenangabe: Sick AG, Waldkirch

## Das perfekte Paar Laserdioden und Photodioden optimal für die Anwendung abgestimmt

Schutz- und Warnfelder programmieren, die während des Betriebs über Steuersignale jederzeit umschaltbar sind. Dringen Personen in die Schutzfelder ein, werden sie erkannt und für die Maschine wird umgehend ein Abschaltbefehl generiert. Die Sicherheits-Laserscanner haben eine hohe Auflösung von 5 – 10 mm wodurch auch einzelne Körperteile geschützt werden können. Auf Grund der geringen Reflektion wird eine hochsensitive Avalanche Photodiode benötigt.

Wird der Scanner in die dritte Dimension ausgeweitet, spricht man von einem Laser-Tracker. Abhängig von der Reichweite (bis zu 40 m) und der Auflösung (bis zu 25 µm auf 40 m) werden unterschiedliche Laserdioden und positionsempfindliche Detektoren verbaut. Diese Laser-Tracker werden in der einfachen Qualitätssicherung bei der individuellen Bauteilmontage oder in vollautomatisierten Prüfvorgängen in der Automobilindustrie und der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Optional lassen sich die Objektdaten exakt erfassen, schnell modellieren, einfach analysieren und mit geeigneter Software in 3D darstellen.

### Militärtechnik

Wie in vielen anderen Fällen auch, ist es der Militärtechnik zu verdanken, dass die Entwicklung und Fertigung von Pulslaserdioden und hochsensitiven APDs vorangetrieben wurde und diese Komponenten mittlerweile für die bereits vorgestellten Anwendungen eingesetzt werden. Die ersten PLDs wurden zum Zünden von Sprengköpfen verwendet und auch heute ist die Optoelektronik in vielen Bereichen der Militärtechnik zu finden. Sei es um den Abstand von der Abschussbasis bis zum Ziel zu messen, aus der Luft zwischen Freund und Feind zu unterscheiden oder Flugkörper ins Ziel zu lenken. Bevorzugt werden hier Laser und passende InGaAs-Detektoren bei 1550 nm eingesetzt. Diese Wellenlänge hat eine bessere Transmission in der Atmosphäre und überbrückt somit größere Reichweiten. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass diese Wellenlänge von einfachen Nachtsichtgeräten nicht erkannt werden kann. Aus Sicherheits- und Kostengründen wird die Ausbildung mit Kampfmunition allerdings zunehmend eingeschränkt und durch Simulationssysteme ersetzt. Dazu werden die NIR-Laser auf die Echtwaffen montiert und nach der Zielerfassung und dem Betätigen des Abzugmechanismus wird ein codierter Laserpuls abgefeuert. Am Zielobjekt sind zahlreiche PIN-Photodioden angebracht, sodass sofort eine Aussage vorliegt, ob ein Treffer oder Streifschuss existiert. Die Schießresultate sind 100% authentisch zum Echtschuss.

### Fazit:

Emitter und Detektor treten in Messsystemen immer paarweise auf. Damit die Messaufgabe mit der geforderten Performance erfüllt werden kann, müssen die optoelektronischen Komponenten optimal aufeinander abgestimmt sein.



**DER AUTOR**  
Winfried Reeb

Winfried Reeb studierte an der FH Aalen Feinwerktechnik/Optoelektronik. Seit 1994 ist er Produktingenieur bei LASER COMPONENTS und beschäftigt sich mit dem Vertrieb von aktiven Komponenten für die Lasertechnik und Optoelektronik.

Dipl.-Ing. (FH) Winfried Reeb  
Tel. 08142-2864-42

**Die Firma**  
LASER COMPONENTS GmbH Olching

Gegründet 1982, hat sich das Familienunternehmen LASER COMPONENTS auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb hochwertiger Komponenten und Dienstleistungen für die Lasertechnik und Optoelektronik spezialisiert. Etwa die Hälfte der umfangreichen Angebotspalette stammt aus Eigenproduktion. Der Hauptsitz der Firmengruppe ist in Olching bei München, Verkaufsniederlassungen befinden sich in fünf Ländern sowie sechs Produktionsstandorte in drei Ländern. Zudem haben langjährige Partnerschaften mit Firmen auf allen Kontinenten LASER COMPONENTS zu einem weltweit engagierten Unternehmen gemacht. Info unter [www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com)

Ähnlich veröffentlicht in der  
Zeitschrift *Optik & Photonik*,  
April 2006