

# Optosensoren und Lichtschranken

## Projekte für Elektronikeinsteiger

Teil 11

Optosensoren nutzen Licht zur Sicherung von Zugängen, zur Erfassung von Objekten oder zur Abstandsmessung. Sie spielen eine zentrale Rolle in vielen industriellen, medizinischen und allgemeinen technischen Anwendungen. Dieser Artikel beschreibt ihre Anwendung in Lichtschranken, zur Objekterfassung und für einfache Abstandsmessungen.



### Optosensoren

Optosensoren sind elektronische Bauteile, die auf der Detektion von Licht basieren. Sie wandeln Lichtsignale in elektrische Signale um und ermöglichen es, physikalische Größen wie Helligkeit, Bewegung oder Abstände zu messen. Sie umfassen verschiedene Sensortypen wie:

- **Fotodioden:** Diese Detektoren reagieren auf einfallendes Licht und erzeugen einen Strom oder eine Spannung
- **Fototransistoren:** Eine Kombination aus Lichtdetektor und Transistor, die bereits verstärkte elektrische Signale liefert
- **Fotowiderstände (LDRs):** LDRs ändern ihren Widerstand in Abhängigkeit von der einfallenden Lichtmenge

### Erforderliches Material für dieses Projekt:

- Fotodiode, z. B. BPW 34
- LED oder LED-Cluster
- verschiedene Widerstände
- Transistor, z. B. BC 847 Modul oder BC547
- WAGO-Klemmenmodule

Siehe auch Kasten „Benötigtes Material“ am Ende des Beitrags.

#### Über den Autor

Dr. Günter Spanner ist als Autor zu den Themen Elektronik, Sensortechnik und Mikrocontroller einem weiten Fachpublikum bekannt. Schwerpunkt seiner hauptberuflichen Tätigkeit für verschiedene Großkonzerne wie Siemens und ABB ist die Projektleitung im Bereich Entwicklung und Technologie-Management. Der Dozent für Physik und Elektrotechnik hat zudem zahlreiche Fachartikel und Bücher veröffentlicht sowie Kurse und Lernpakete erstellt.

## Lichtschranken und ihre Anwendungen

Lichtschranken sind spezielle Anwendungen von Optosensoren, die Licht als Signalquelle nutzen. Sie bestehen in der Regel aus einem Lichtsender (z. B. LED oder Laser) und einem Lichtempfänger (z. B. Fotodiode). Wenn ein Objekt einen Lichtstrahl unterbricht, wird dies vom Sensor erkannt.

Es gibt drei Haupttypen von Lichtschranken:

- **Einweg-Lichtschranken:** Sender und Empfänger sind separat positioniert, und der Lichtstrahl verläuft zwischen ihnen. Wird der Strahl unterbrochen, kann der Empfänger dies erkennen.
- **Reflexions-Lichtschranken:** Sender und Empfänger sind im selben Gehäuse, und der Lichtstrahl wird von einem Reflektor zurückgeworfen. Wird der Strahl durch ein Objekt blockiert, löst das ein entsprechendes Signal aus.
- **Gabel-Lichtschranken** (Artikel-Nr. [112342](#)): Hier sind Sender und Empfänger in einem U-förmigen Gehäuse integriert, durch das das Objekt, z. B. ein spezielles Zahnrad, hindurchgeführt wird. Unterbrechungen des Strahls signalisieren die Bewegungen des Rades. Dieses Prinzip kommt beispielsweise in Computer-Mäusen zum Einsatz.

Optosensoren und Lichtschranken finden in vielen Bereichen breite Anwendung. In der industriellen Automatisierung werden sie zur Objektdetektion, Zählung und Positionsbestimmung eingesetzt, etwa auf Förderbändern oder in Robotersystemen.

In der Sicherheitstechnik kommen Lichtschranken in Alarmanlagen zum Einsatz, um Bewegungen oder unbefugtes Betreten von Bereichen zu erkennen. Auch im medizinischen Bereich spielen Optosensoren eine wichtige Rolle, z. B. in Pulsoximetern zur Messung des Sauerstoffgehalts im Blut.

Im Alltag finden sich Lichtschranken in automatischen Türen, Handrocknern und Seifenspendern usw., wo sie Bewegungen erkennen und beispielsweise Geräte automatisch ein- oder ausschalten.

## Sender und Empfänger

Eine Lichtschranke benötigt zwei Komponenten:

- **eine Lichtquelle:** oft eine LED (oder Infrarot- oder Laserdiode), die einen Lichtstrahl aussendet. Diese wird meist mit „Tx“ (für Transmitter) bezeichnet.
- **einen Lichtempfänger:** ein Optosensor (z. B. Fotodiode, Fototransistor oder Fotowiderstand), der das Licht registriert. Hierfür wird üblicherweise die Abkürzung „Rx“ (für Receiver) verwendet.

Hinzu kommt eine Auswertungseinheit zur Verarbeitung des Signals und Weiterleitung an ein Steuerungssystem. Die Lichtquelle sendet einen Strahl in Richtung des Empfängers. Wird der Lichtstrahl durch ein Objekt unterbrochen oder abgelenkt, ändert sich das Signal am Empfänger.

Die Änderung des Signals wird entsprechend interpretiert, z. B. als Detektion eines Objekts oder einer Bewegung. [Bild 1](#) zeigt das Grundprinzip von Lichtschranken.



Bild 1: Einweg- und Reflexions-Lichtschranke

Bei der Einweg-Lichtschranke sind Sender und Empfänger getrennt voneinander aufgestellt. Wird der Lichtstrahl durch ein Objekt unterbrochen, reagiert das System mit einem entsprechenden Signal. Die Vorteile dieser Variante sind eine hohe Reichweite sowie eine zuverlässige Erkennung.

Bei einer Reflexions-Lichtschranke können Sender und Empfänger direkt nebeneinander platziert werden oder sich sogar im gleichen Gehäuse befinden. Das Licht wird in diesem Fall über einen Reflektor zurückgeworfen. Der Hauptvorteil dieses Aufbaus ist die einfachere Installation. Allerdings sind Reflexionssysteme meist stöempfindlicher.

Ein interessanter Anwendungsfall der Reflexionstechnik sind z. B. die [Homematic IP Fensterkontakte \(HMIP-SWDO\)](#). Diese ermöglichen z. B. das automatische Absenken der Heizungstemperatur durch einen per Funk verbundenen elektronischen Heizkörperthermostat während des Lüftens. Die Erfassung der Fensterposition erfolgt dabei über eine passend montierte Reflexions-Lichtschranke.

Im Folgenden sollen die beiden Varianten praktisch erprobt werden. Für Aufbauten mit dem PAD-System sind dazu allerdings einige kleine Vorarbeiten erforderlich.

## Strahlumlenkungen

Die Module der PAD-Serie enthalten auch LED-Cluster und Fotodioden. Ein gewisser Nachteil der Montage von LEDs und Fotodioden auf Trägerplättchen ist, dass in diesem Fall ihre aktive Seite nach oben gerichtet ist. Bei Lichtschranken Anwendungen wäre es besser, wenn die optischen Signale seitlich ausgerichtet wären. Mithilfe von Strahlumlenkungen kann dieses Problem jedoch einfach behoben werden.

Aus weißem Karton lassen sich solche Strahlumlenkungen einfach herstellen. Hierzu schneidet man entsprechende Stücke (siehe [Bild 2](#)) aus und faltet sie in geeigneter Weise.

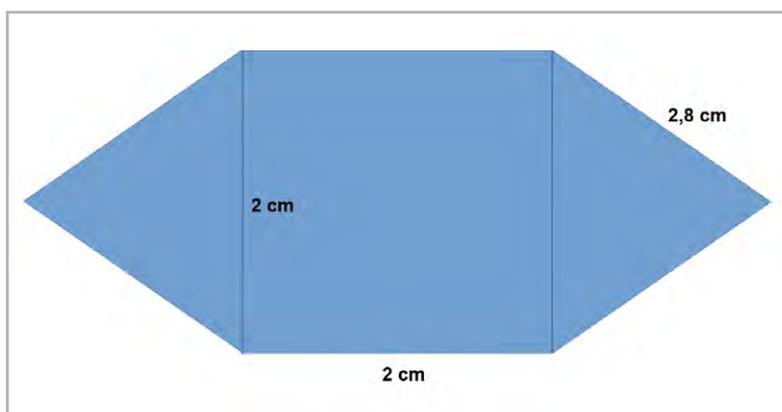


Bild 2: Maße der Strahlumlenkungen

Die so entstehenden Umlenkungen können dann über den optischen Bauelementen aufgestellt werden. Das funktioniert sowohl bei LED-Clustern als auch bei Fotodioden (Bild 3).

Noch besser funktionieren Strahlumlenkungen, wenn sie aus metallbeschichtetem Karton hergestellt werden (Bild 3 rechts). Solche Kartons werden häufig in verschiedenen Verpackungen verwendet. Wenn eine solche Verpackung verfügbar ist, kann sie für diesen Zweck recycelt werden. Notfalls kann man die Strahlumlenkungen auf der Innenseite auch mit gewöhnlicher Haushalts-Aluminiumfolie bekleben.

### Die Lichtschranke im Einsatz

Wenn die Strahlumlenkungen fertiggestellt sind, kann man sie direkt über den optischen Elementen anbringen. Bild 4 zeigt den Einsatz in der Praxis.

Dann steht dem Aufbau eines Senders und eines Empfängers nichts mehr im Wege. Der Sender besteht im einfachsten Fall lediglich aus einer Leuchtdiode bzw. einem LED-Cluster. Diese Elemente können mit 3 bis 5 V versorgt werden. Bei Verwendung einer einzelnen LED darf der Vorwiderstand nicht vergessen werden. In den PAD-Modulen sind passende Vorwiderstände bereits vorhanden.

Für erste Testzwecke erfordert der Empfänger ebenfalls einen vergleichsweise geringen Aufwand. Eine Fotodiode wie die BPW34 kann nur relativ geringe Ströme verarbeiten. Deshalb sollte zur Ansteuerung einer LED ein Transistor als Verstärker eingesetzt werden. Bild 5 zeigt einen Schaltplan für einen entsprechenden optischen Empfänger mit einer Transistorstufe und Bild 6 das zugehörige Aufbaubeispiel.

Es ist zu beachten, dass die Fotodiode in Sperrrichtung eingebaut werden muss. Fällt kein Licht auf die Diode, sperrt sie praktisch vollständig. Erst bei Beleuchtung mit sichtbarem Licht entsteht ein geringer Fotostrom, der anschließend vom Transistor verstärkt wird.

Nach dem Aufbau des Senders und Empfängers steht eine komplette optische Übertragungsstrecke zur Verfügung (siehe Bild 7). Diese kann z. B. als

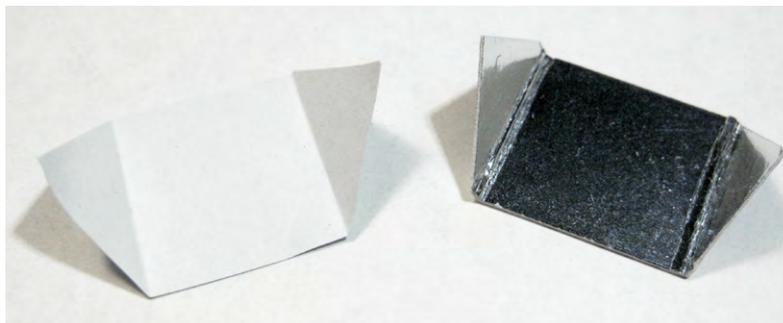


Bild 3: Beispiel für fertige Strahlumlenkungen

Lichtschranke verwendet werden. Wenn der Sender auf den Empfänger ausgerichtet wird, leuchtet die rote LED hell auf. Wird der Lichtstrahl z. B. mit der Hand unterbrochen, erlischt die LED.

Wird der Sender ein- und ausgeschaltet, kann die rote LED am Empfänger ferngesteuert ebenfalls ein- und ausgeschaltet werden. Damit steht eine einfache optische Fernsteuerung zur Verfügung (Bild 7).

Neben der Anwendung als Lichtschranke bzw. optischer Fernsteuerung kann mit diesem Aufbau auch ein einfacher Entfernungsmesser getestet werden. Weitere Informationen dazu finden sich im folgenden Abschnitt.

### Optische Abstandsmessung

Das Prinzip der Reflexions-Lichtschranke kann auch zur optischen Entfernungsmessung bzw. zur Objekterkennung verwendet werden. Dabei müssen Sender und Empfänger nahezu parallel ausgerichtet sein. Befindet sich kein Objekt im aktiven Bereich dieser Reflexionschranke, trifft praktisch kein Licht auf die Fotodiode und die LED am Empfänger bleibt dunkel (siehe Bild 8). Nähert sich jedoch ein Objekt, z. B. ein weißer Karton, wird das Licht reflektiert und die LED am Empfänger beginnt zu leuchten.

Auf diese Weise kann erkannt werden, ob sich ein Objekt im aktiven Bereich befindet. Anwendungen dieses Verfahrens sind Abstandsmessungen in Produktionsanlagen oder auch in der Sicherheitstechnik.

Bei Reflexions-Lichtschranken spielt die Umgebungshelligkeit naturgemäß eine gewisse Rolle. Gegebenenfalls müssen die Experimente in einem leicht abgedunkelten Raum durchgeführt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Alternativ kann das Umgebungslicht natürlich auch mit geeigneten Maßnahmen, wie zusätzlichen Kartons, abgeschattet werden.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode zur Abstandsmessung ist ihre einfache Konstruktion. Reflexions-Lichtschranken sind kos-

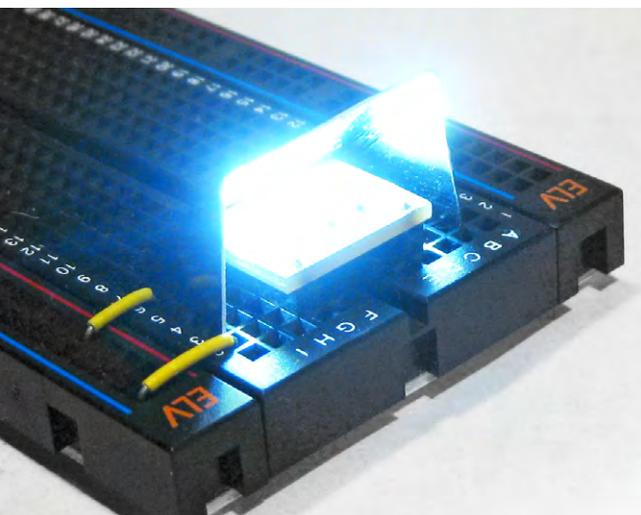


Bild 4: Strahlumlenkungen im Einsatz

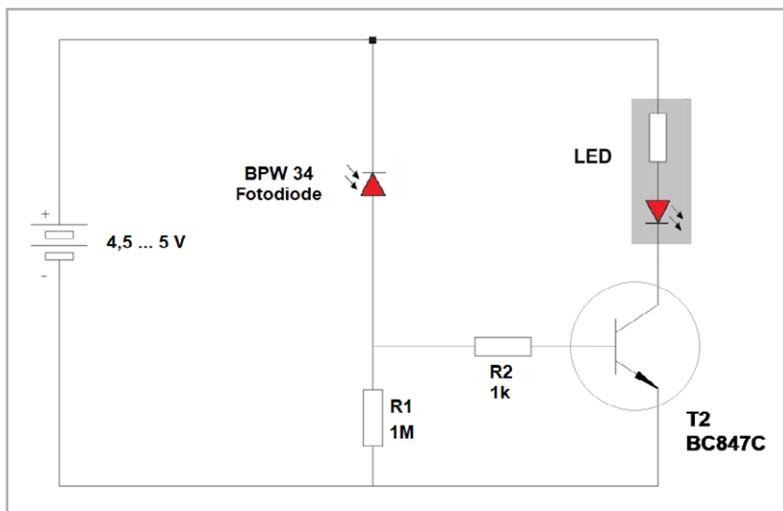


Bild 5: Optischer Empfänger mit Transistorverstärker

tengünstig und leicht zu implementieren, da sie eine kompakte Bauweise aufweisen und keinen physischen Kontakt mit dem zu messenden Objekt erfordern. Dadurch wird nicht nur der Verschleiß minimiert, sondern auch die Möglichkeit von Beschädigungen ausgeschlossen.

Zudem zeichnet sich diese Technik durch einen geringen Wartungsaufwand aus, da keine mechanischen Komponenten vorhanden sind. Ein weiterer Pluspunkt ist die schnelle Reaktionszeit, die Reflexionslichtschranken zu einer idealen Lösung für dynamische Anwendungen machen. Aufgrund ihrer Flexibilität können sie in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden, wie etwa in der Produktionsüberwachung, in Sicherheitssystemen oder zur einfachen Objektdetektion.

Allerdings gibt es auch Einschränkungen. So sind Reflexionslichtschranken empfindlich gegenüber der Beschaffenheit der Objektoberfläche. Dunkle,

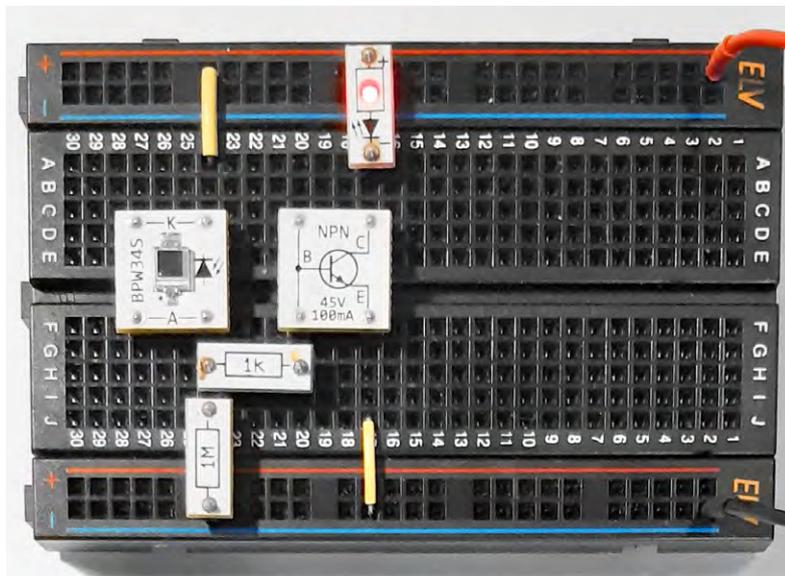


Bild 6: Aufbaubeispiel zum optischen Empfänger

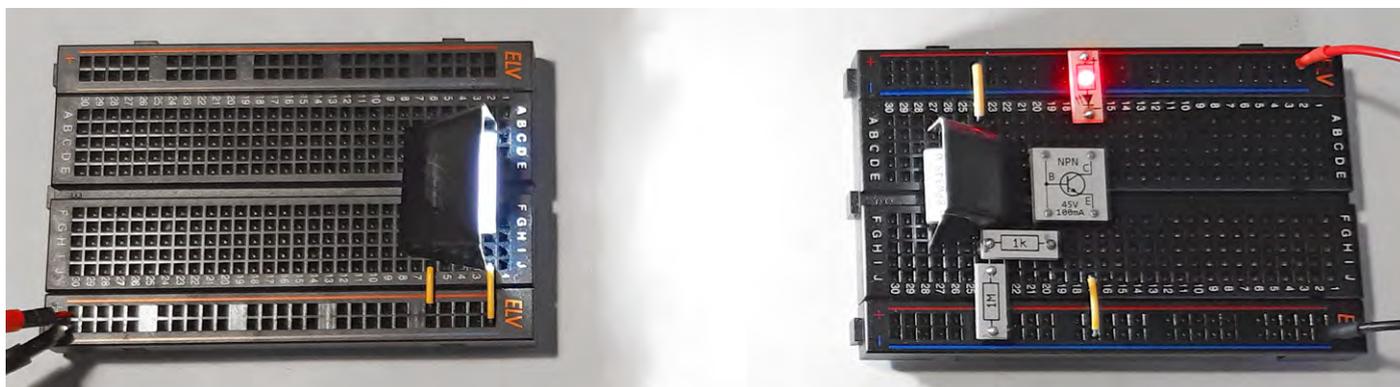


Bild 7: Optische Übertragungsstrecke

matte oder transparente Materialien reflektieren das Licht nur schlecht, was die Funktionalität beeinträchtigen kann.

Im Falle der Homematic IP Fenster- und Türkontakte wird daher z. B. immer eine Reflektorfolie mitgeliefert, die bei dunklen Fensterrahmen zum Einsatz kommt.

Darüber hinaus ist die Reichweite dieser Sensoren begrenzt. Ein weiteres Problem stellt die Anfälligkeit gegenüber Umwelteinflüssen dar. Staub,

Schmutz oder starke Fremdlichtquellen wie Sonnenlicht können die Messgenauigkeit negativ beeinflussen. Außerdem ist die Präzision der Abstandsmessung im Vergleich zu anderen Verfahren, etwa der Lasertriangulation oder der Ultraschallsensorik, eingeschränkt.

Reflexions-Lichtschranken stellen also nur für einfache Abstandsmessungen und Objekterkennungen in kontrollierten Umgebungen zuverlässige Lösungen dar. Für Anwendungen, die größere Reichweiten, höhere Präzision oder Robustheit gegenüber äußeren Einflüssen erfordern, sind alternative Messmethoden in den meisten Fällen besser geeignet.

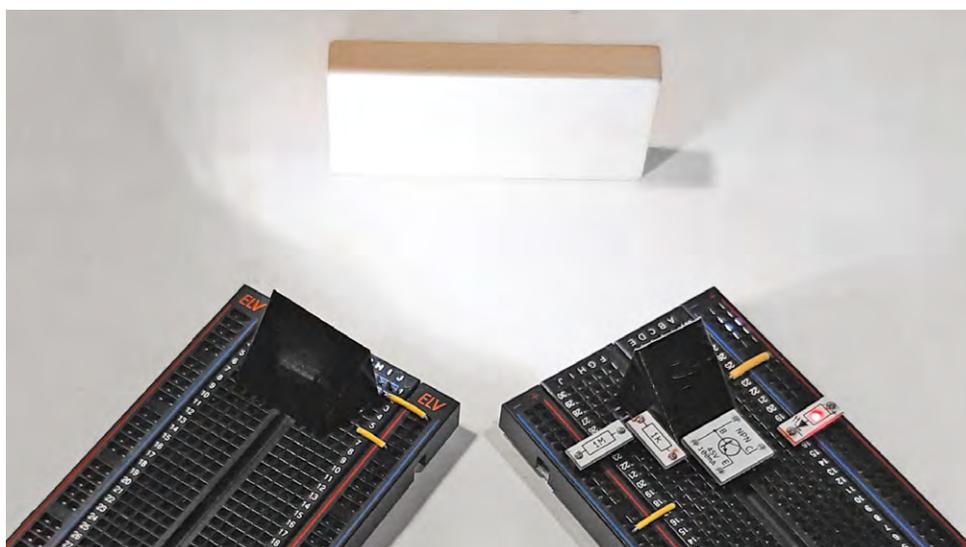


Bild 8: Optische Abstandsmessung



Bild 9: Optische Trübungsmessung

### Für die saubere Umwelt: Trübungsmessung

Optische Trübungsmessungen basieren auf der Wechselwirkung von Licht mit Teilchen in einer Flüssigkeit. Bei der Durchlichtmessung wird Licht durch das zu untersuchende Medium geleitet.

Diese Methode ist besonders geeignet, wenn die Partikelkonzentration hoch ist und die Lichtabsorption dominiert.

Das Grundprinzip der optischen Trübungsmessung beruht darauf, dass Licht durch Partikel absorbiert wird. Die Methode ist vielseitig und wird z. B. in der Wasserqualitätssicherung, in der Umweltüberwachung oder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

In der Trinkwasseraufbereitung wird die Trübung gemessen, um sicherzustellen, dass das Wasser frei von unerwünschten Partikeln und Verunreinigungen ist. Ebenso dient die Trübungsmessung in der Abwasseraufbereitung der Kontrolle der Klärprozesse und der Einhaltung von Umweltvorschriften. In der Lebensmittel- und Getränkeindustrie spielt die optische Trübungsmessung eine zentrale Rolle in der Qualitätssicherung. Brauereien nutzen sie beispielsweise, um die Klarheit von Bier zu überwachen, während in der Milch- und Saftproduktion die Trübung als Indikator für die Produktqualität dient.

In einem praktischen Experiment kann man das mit dem Aufbau nach Bild 9 prüfen, indem man dem klaren Wasser im Gefäß Milch hinzufügt. Der Einfluss zeigt sich sofort: Die Helligkeit der roten LED nimmt mit zunehmender Milchmenge immer weiter ab.

Auch in der Umweltüberwachung ist die Trübungsmessung unverzichtbar. Sie wird zur Überwachung der Wasserqualität in Flüssen, Seen und Meeren eingesetzt, um Umweltverschmutzungen oder das Auftreten von Algenblüten zu erkennen. Darüber hinaus wird die Trübung in Regen- und Abflusswasser gemessen, um Schwebstoffkonzentrationen zu analysieren, die durch Bodenerosion oder städtischen Abfluss entstehen. In der chemischen Industrie wird sie genutzt, um Filtrationsprozesse oder chemische Reaktionen zu überwachen.

Im Experiment kann man dies z. B. durch das Hinzufügen von etwas Blumenerde in das Wassergefäß

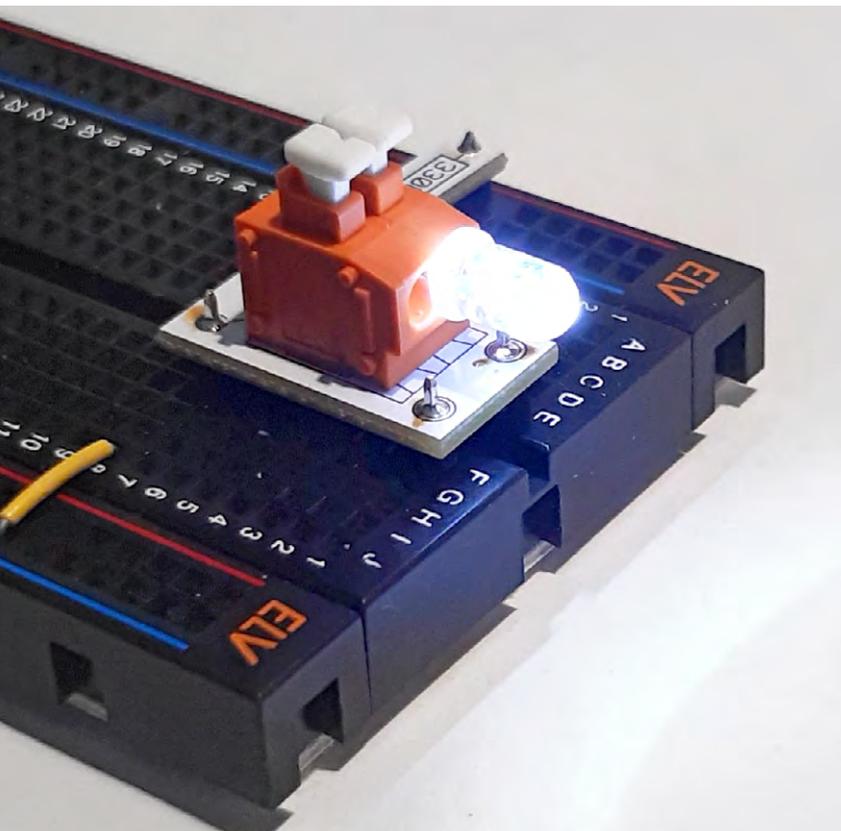


Bild 10: Optoelektronische Bauelemente in WAGO-Klemmen

simulieren. Wenn man das Gefäß gut schüttelt, ist die Blumenerde zunächst im gesamten Volumen verteilt – daher leuchtet die LED praktisch nicht. Nun kann man beobachten, wie sich die festen Bestandteile der Blumenerde langsam am Boden absetzen. Parallel dazu nimmt die Helligkeit der LED zu und zeigt so das Klarwerden der Flüssigkeit an.

In der pharmazeutischen Industrie hilft eine Trübungsmessung, Partikelkonzentrationen während der Produktion zu kontrollieren und die Qualität der Endprodukte sicherzustellen. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Medizin und Biotechnologie, wo die Trübungsmessung bei der Analyse biologischer Proben verwendet wird. Hier können Zell- oder Partikelkonzentrationen in Flüssigkeiten überwacht werden. Auch in der Dialyse oder klinischen Chemie spielt die Trübungsmessung eine wichtige Rolle.

Die Methode kann auch in der Aquaristik und Fischzucht genutzt werden, um die Wasserqualität zu überwachen und so das Wohlbefinden der Tiere zu gewährleisten.

Auch bei Rauchwarnmeldern kommen häufig optische Technologien zum Einsatz. In diesem Fall wird die optische Strecke durch Rauchpartikel beeinflusst. Die Fotodiode empfängt dann weniger Licht, was entsprechend ausgewertet wird und einen Alarm auslöst. Weitere Details hierzu finden Sie in dem [Fachbeitrag „Rauchwarnmelder - Funktionsweise und technologische Besonderheiten“](#).

## Größere Reichweiten

Mit einfachen Strahlumlenkungen ist die Reichweite der optischen Übertragungsstrecke recht begrenzt (siehe auch Kasten „Ergänzungen und Anregungen“). Mit besseren optischen Komponenten lässt sich die Reichweite deutlich steigern.

Ein Beispiel hierfür sind leuchtstarke 5-Millimeter-LEDs, die in sogenannte WAGO-Klemmen eingesetzt werden können (Bild 10). Die Klemmen sind als fertige Module z. B. im PAD1-Set enthalten. Diese Variante hat zudem den Vorteil, dass die Strahlrichtung dann bereits horizontal ausgerichtet ist, wodurch eine zusätzliche Strahlumlenkung vermieden werden kann. Auf der Empfängerseite können Fotodioden oder Fototransistoren in die WAGO-Klemmen eingesetzt werden, sodass auch hier die Strahlumlenkungen entfallen können.

Eine weitere Verbesserung der Reichweite lässt sich mit professionellen Reflektoren erzielen (Bild 11). Diese konzentrieren das Licht noch stärker in die Abstrahlrichtung. Auf der Empfängerseite können sie ebenfalls zur Lichtbündelung eingesetzt werden. Unter guten Bedingungen lassen sich so Reichweiten von mehreren Metern erzielen.

## Ausblick

Nachdem in diesem Artikel die Grundlagen optischer Übertragungsstrecken behandelt wurden, sollen im nächsten Beitrag nochmals optische Verfahren zum Einsatz kommen. Dabei wird der Schwerpunkt allerdings auf der Übertragung von Signalen liegen, ein Bereich, der in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen hat.



Bild 11: Professionelle LED-Reflektoren im Einsatz

Die optische Signalübertragung ist die Grundlage moderner Internettechnologien, da sie höchste Übertragungsraten erlaubt. Selbst private Haushalte werden daher mit sogenannten Glasfaserkabelanschlüssen verbunden, um die Digitalisierung weiter voranzutreiben.

Mit einfachen Experimenten soll im kommenden Beitrag demonstriert werden, wie diese Verfahren funktionieren und wie sie angewendet werden können. **ELV**

## Ergänzungen und Anregungen

- Welche Reichweite kann mit der Übertragungsstrecke nach Bild 7 erreicht werden?
- Wie wird die Reichweite durch Umgebungseinflüsse (Raumhelligkeit, Sonneneinstrahlung etc.) beeinflusst?
- Wie kann man die Reichweite der Lichtschranke optisch oder elektronisch verbessern?
- Welche Faktoren haben den größten Einfluss bei der Entfernungsmessung mit einer Reflexions-Lichtschranke nach Bild 8?
- Welche Reichweite kann mit optischen Bauelementen in den WAGO-Klemmen erreicht werden?
- Wie verbessert sich die Situation durch die optischen Reflektoren in Bild 11?



### Benötigtes Material

2x Breadboard	Artikel-Nr. 251467	<a href="#">Zum Produkt</a>
PAD-PRO-EXSB	Artikel-Nr. 158980	<a href="#">Zum Produkt</a>
WAGO-Klemmenmodule sind enthalten im Prototypenadapterset PAD1	Artikel-Nr. 250576	<a href="#">Zum Produkt</a>