

Regensensor : Totalreflexion

Am Modell eines Regensensors soll die technische Nutzung der Totalreflexion bei der Steuerung eines Scheibenwischers gezeigt werden.

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik	Brechung Reflexion Totalreflexion	●●	■	- ca. 10 min. ca. 15 min.

Welcher Autofahrer oder Beifahrer kennt das nicht: Nieselregen – Scheibenwischer an, Scheibenwischer aus,; plötzlich ein Wasserschwall vom Vordermann oder entgegenkommenden LKW – Scheibenwischer schnell auf höchste Stufe schalten, etc. und natürlich noch auf das Verkehrsgeschehen achten. Ein elektronischer Helfer kann hier Abhilfe schaffen. Er erkennt und unterscheidet Nieselregen von Dauerregen, Schnee von Spritzwasser anderer Fahrzeuge, Tunnelfahrten und Dunkelheit; reagiert zum schnellstmöglichen Zeitpunkt und in der erforderlichen Wischfrequenz. Aber wie erkennt der Sensor dies und schaltet die Wischer nicht unbedingt schon bei vereisten Scheiben ein?

Materialien	Conatex-Bestell-Nr.
• Magnettafel	aus 100.7520 oder 200.2257
• Halbkreiskörper	aus 100.7520 oder 200.4401
• Lampe	200.2268 Alternativ: Diodenlaser 107.3205
• Netzgerät 0..12V, 5A	z.B. 101.0171
• Multimeter	z.B. 100.1199
• LDR 07 oder M9 oder Fotodiode SFH 203	
• Spritze oder Pipette Mit Wasser	z.B. 200.2212
• Lüsterklemmenleiste für lichtempfindliches Bauelement	
• 2 Bananenstecker	z.B. 200.4118
• Kabelmaterial	z.B. 206.0260 und 206.0261

Für die Motosteuerung werden zusätzlich benötigt:

Materialien	Conatex-Bestell-Nr.
<ul style="list-style-type: none"> Elektronische Bauteile Mikromotor 	SECUCONTACT-Transistor 201.0237 100.8058 oder 100.8059 Alternativ: Solarmotor mit 0,4V Anlaufspannung
<ul style="list-style-type: none"> Optional Transistor npn z.B. BC140-16 	
<ul style="list-style-type: none"> Batterie: 4,5V oder Netzgerät 	200.4191 104.0032

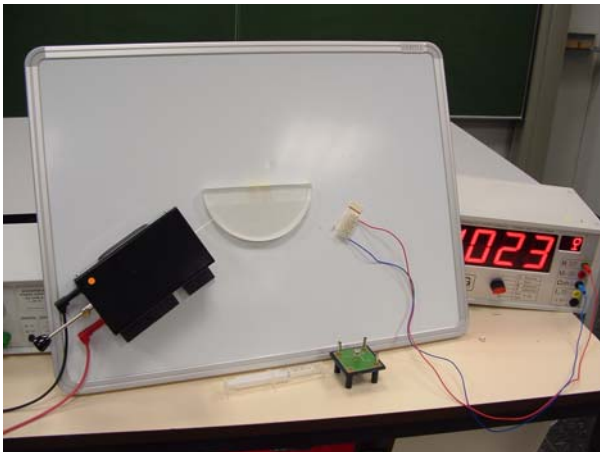


Abb. 1 Gesamtaufbau – LDR als Detektor

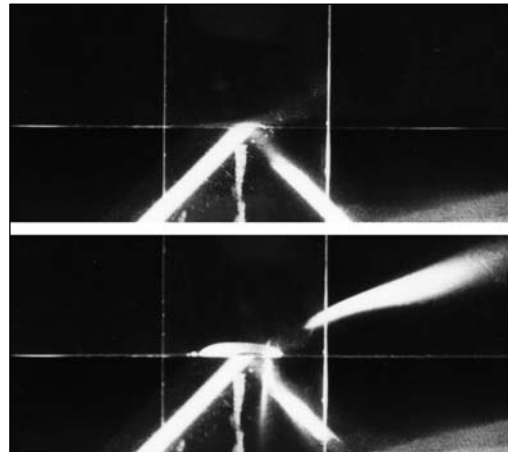


Abb. 2 Totalreflexion an der ebenen Fläche (oben) und Störung der Totalreflexion durch einen Wassertropfen unten

Vorbereitung

Der Halbkreiskörper wird so an der Magnettafel angebracht, dass die flache Seite fast waagrecht liegt, so dass bei der Versuchsdurchführung hier das Wasser aufgebracht werden kann, ohne gleich abzulaufen. Anschließend wird die Lampe so an der Tafel befestigt, dass das von ihr ausgesendete Lichtbündel gerade unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion auftrifft. Zum Schluss wird ein lichtabhängiges Bauelement zur Bestimmung der Lichtintensität des reflektierten Bündels z. B. in Lüsterklemmenfassung mit doppelseitigem Klebeband an der Tafel befestigt und an ein Multimeter (Fotodiode: Spannungsmessgerät oder μA -Meter; LDR: Ohmmeter) angeschlossen (Abb. 1). Zum Auftragen des Wassers eignet sich eine Plastikspritze oder eine Pipette.

Durchführung/Ergebnis

Für die Versuchsdurchführung wird der Raum teilweise abgedunkelt, damit das lichtempfindliche Bauelement (z.B. LDR oder Fotodiode SFH 203) im Wesentlichen die Intensität des reflektierten Lichtbündels empfängt. Die Lampe wird angeschaltet und so gewählt, dass der Strahlengang deutlich zu erkennen ist. Dann liest man – je nach eingesetztem Bauelement - Fotospannung bzw. – strom oder den Widerstandswert ab. Anschließend werden an der Stelle des auftreffenden Lichtbündels einige Wassertropfen auf den Halbkreiskörper geträufelt, und man beobachtet dabei die Anzeige des Multimeters. Mit zunehmender Wassermenge stellt man eine Zunahme des Widerstandswertes bzw. Abnahme der Fotospannung fest. Durch Aufsaugen des Wassers mit einem Küchentuch lässt sich die Umkehrung, das Sinken des Widerstandswertes bzw. Ansteigen der Fotospannung bei Abnahme der Wassermenge, demonstrieren. Leicht gelingt es auch, das aus dem Wassertropfen austretende Lichtbündel darzustellen (Abb. 2 unten).

Funktionsweise

Solange sich kein Wasser auf dem Halbkreiskörper befindet, findet am Übergang Glas - Luft Totalreflexion statt (Abb. 2 und 3 oben), und somit trifft die gesamte Lichtintensität auf das lichtempfindliche Bauelement. Da der Grenzwinkel der Totalreflexion vom Medienübergang (Brechungsindizes) abhängig ist, erhält man bei aufgetropftem Wasser keine Totalreflexion, sondern eine Aufspaltung in ein reflektiertes und ein gebrochenes Bündel (Abb. 2 und 4 unten). Da die Intensität des reflektierten Lichtbündels nur noch ein Teil der Gesamtintensität ist, ändert sich die am lichtempfindlichen Bauelement registrierte Helligkeit. Die zu beobachtende schrittweise Änderung erklärt sich durch die Breite des Lichtbündels. Erst wenn das Bündel mit der gesamten Breite auf Wasser trifft, ist das Minimum der reflektierten Intensität erreicht.

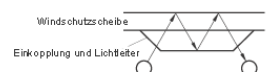


Abb. 4a: Schema zur Funktionsweise des realen Sensors – hier ohne Regentropfen: Totalreflexion

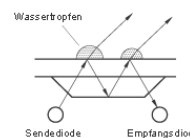


Abb. 4b: ... mit Regentropfen: Totalreflexion gestört

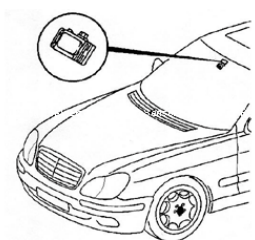


Abb. 3b: Lage des Regensensors - schematisch

Abb. 3 Regensensoren beim Kraftfahrzeug Abb. 4 Totalreflexion (schemat. Darst.)

Der reale Regensensor wird innen an der Frontscheibe befestigt und arbeitet nach folgendem opto-elektronischen Prinzip (Abb. 3 und 4):¹ Das Licht einer Leuchtdiode

¹ Siehe: mot, 7/1996, S. 15-16.

(Sendediode, IR) wird über ein Prisma in die Scheibe eingekoppelt, darin weitergeleitet und über eine optische Ankopplung in eine Fotodiode (Empfangsdiode, IR) geführt. Die empfangene Lichtmenge hängt von der Regenintensität ab, weil Regentropfen die Totalreflexion an der Glasoberfläche zum Teil aufheben (Änderung des Brechungsindex). Ein Elektronikmodul erzeugt aus der Veränderung der Lichtmenge ein Signal zur Steuerung des Wischerbetriebs. Um Fehlinterpretationen durch Kondensationsfeuchte vorzubeugen, hält eine integrierte Heizung den Messbereich von innen trocken.

Hinweis

Um an der Stelle, an der das Licht reflektiert wird, einen großen und gleichmäßigen Wassertropfen zu erhalten, klebt man links und rechts dieser Stelle je einen Klebestreifen auf den Halbkreiskörper auf. Das Wasser wird nun in den so entstandenen Kanal getropft. Auf Grund der Begrenzung wird ein Auseinanderlaufen des Wassers verhindert und es kann ein dicker gleichmäßiger Tropfen entstehen.

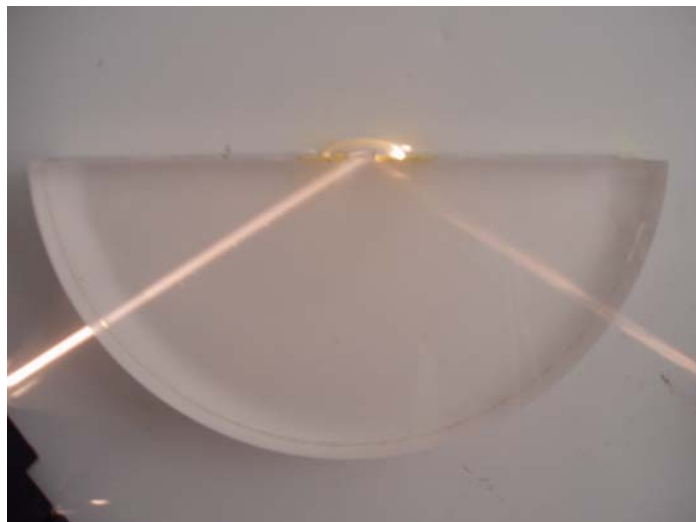


Abb. 4b Totalreflexion am Modellversuch

Methodischer Einsatz

Der dargestellte Versuch ist vorwiegend als Demonstrationsexperiment vorgesehen. Unter Verwendung von Optik-Schülerübungskästen kann das physikalische Phänomen qualitativ durch die Schüler und Schülerinnen selbst erarbeitet werden. Die Materialien werden dabei nicht an einer Magnettafel befestigt, sondern flach auf den Tisch gelegt. Da man nun kein Wasser auf den Halbkreiskörper aufbringen kann, verwendet man eine plankonvexe Linse, die ihrer Form nach einen Wassertropfen simuliert. Um einen optischen Kontakt herzustellen, wird eine dünne Wasserschicht zwischen Linse und Halbkreiskörper gebracht.

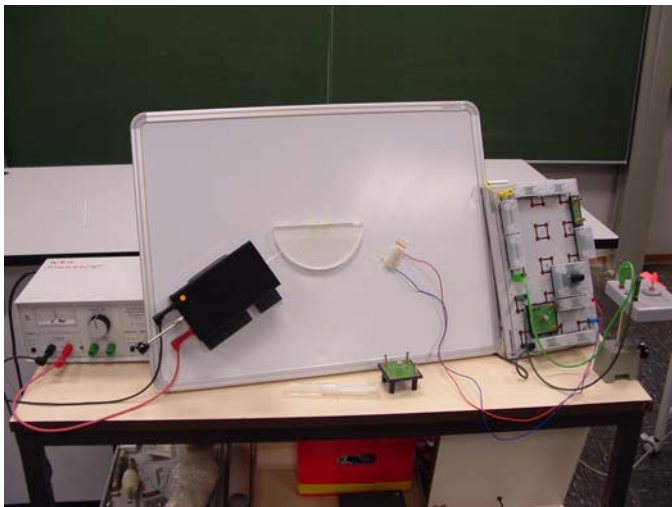


Abb. 5 Gesamtaufbau – realer Sensor

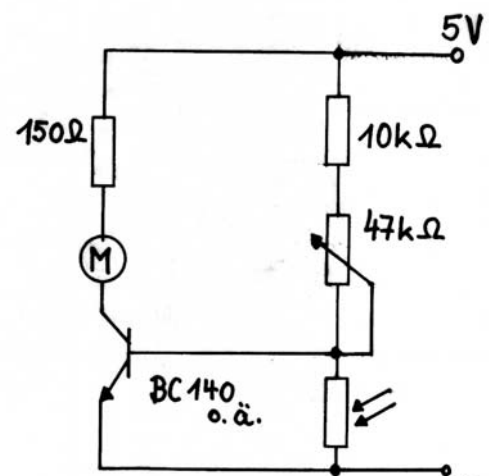
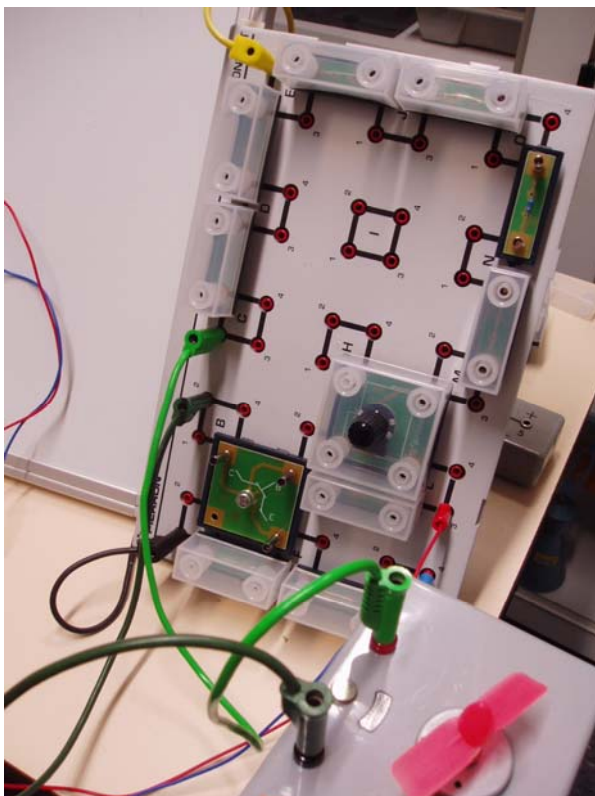


Abb. 6a Schaltbild zur Ansteuerung eines Motors



Varianten

Abb. 6b zeigt eine Variante, bei der ein lichtabhängiger Widerstand zur Steuerung eines kleinen Solar-Motors mit Flügelrad genutzt wird. Dabei dient der regelbare Widerstand (Potentiometer) zur Einstellung der Empfindlichkeit bzw. zur Abstimmung an die wechselnde Raumhelligkeit.

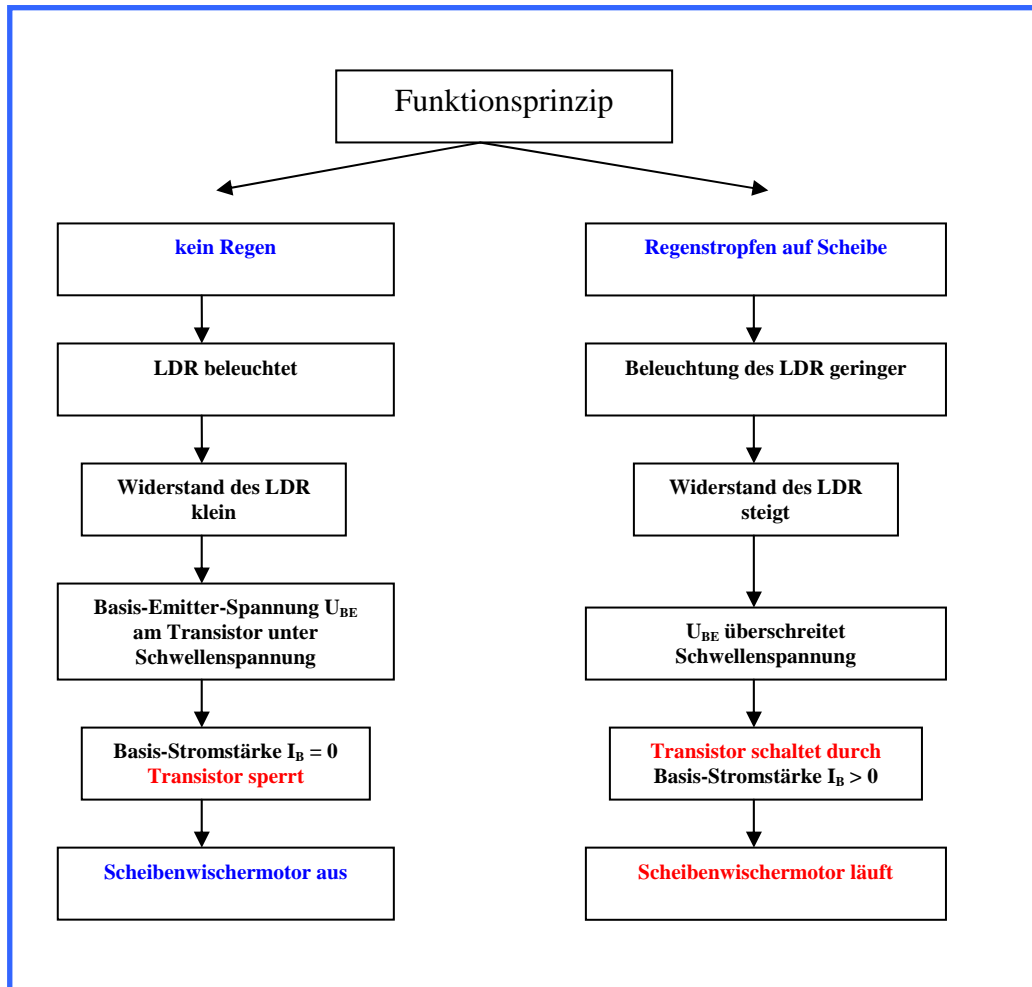
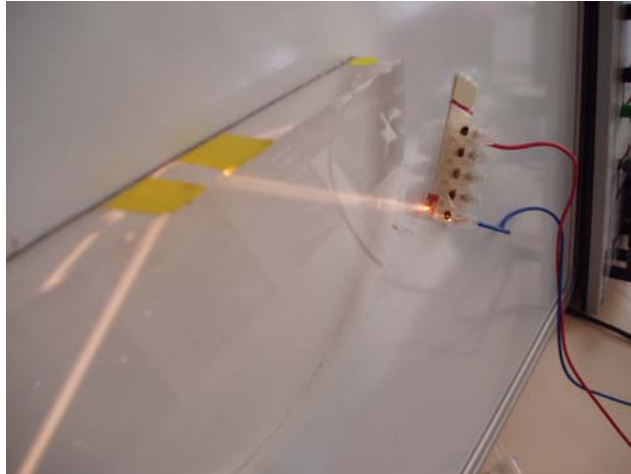


Abb. 6b Schematische Funktionsweise des realen Sensors

Tipps

- Um an der Stelle, an der das Licht reflektiert wird, einen großen und gleichmäßigen Wassertropfen zu erhalten, klebt man links und rechts dieser Stelle je einen Klebestreifen auf die Glasscheibe auf. Das Wasser wird nun in den so entstandenen Kanal getropft. Auf Grund der Begrenzung wird ein Auseinanderlaufen des Wassers verhindert und es kann ein dicker gleichmäßiger Tropfen entstehen.



- Um Einflüsse des Umgebungslichtes zu verringern, empfiehlt es sich auch die lichtempfindliche Fläche des LDR mit dunklem Klebeband teilweise zu überkleben und / oder die Raumhelligkeit herabzusetzen.
-
- Benutzt man anstelle des Mikromotors einen handelsüblichen Solarmotor, so muss der vorgeschaltete Widerstand angepasst oder sogar ganz entfernt werden. Verwendung eines anderen LDR kann ebenfalls zur Änderung der entsprechenden Widerstandskombination führen.