

■ Klare Sicht bei Sauwetter

Regensensoren übernehmen nicht nur das Einschalten der Scheibenwischanlage, sondern regulieren auch automatisch die Geschwindigkeit der Wischerblätter.

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de

Die klassischen Scheibenwischersteuerungen erlauben in der Regel nur drei Geschwindigkeiten, eine davon mit festgelegtem Intervall. Darüber hinaus sind solche Wischsysteme nur so gut, wie derjenige, der sie bedient: Plötzlich einsetzender Regen, das Spritzwasser des Vordermanns oder die unverhoffte Dusche beim Überholen eines LKWs sorgen dann kurzfristig für schlechte und oft gefährliche Sichtverhältnisse.

Zur Erhöhung des Fahrkomforts wurden deshalb bereits vor einigen Jahren Regensensoren entwickelt, die den Fahrer entlasten sollen, sodass er sich besser auf das Fahren konzentrieren kann. Peugeot bot 1994 erstmals serienmäßig in einem seiner Modelle einen Regensensor an. Seitdem wird diese Entwicklung von einigen Automobilherstellern in nahezu allen Luxusklassen eingebaut und meist mit einer Fahrlichtsteuerung kombiniert.¹⁾ Auch Sensor-Bausätze, mit denen man sein Fahrzeug selbst nachrüsten kann, sind im Handel erhältlich.

Totalreflexion für den Durchblick
Regensensoren haben in etwa die Größe einer Streichholzschachtel haben und sind im Fuß des internen Rückblickspiegels im oberen Bereich der Windschutzscheibe integriert. Ihr Funktionsprinzip beruht auf einer opto-elektronischen Messmethode, welche die Reflexionseigenschaften von Materialien mit unterschiedlicher Brechzahl ausnutzt.

Grundsätzlich besteht ein Regensensor aus Paaren von lichtemittierenden Dioden (LEDs) und detektierenden Fotodioden sowie diversen Optikkomponenten wie Linsen und Prismen und einer Elektronik, die das Scheibenwischersystem steuert. Die LEDs, die beispielsweise aus Legierungen wie $Al_xGa_{1-x}As$ ²⁾ gefertigt werden, senden infrarotes Licht (zwischen 880 und 940 nm) aus.

1) Die Fahrlichtsteuerung reagiert auf unterschiedliche Lichtverhältnisse und schaltet dementsprechend – sei es bei einbrechender Dunkelheit oder Einfahrt in einen Tunnel – die Scheinwerfer automatisch ein oder aus.

2) Die Variable x steht für die Konzentration. Ihre Änderung variiert die Bandlücke und damit das Absorptionsverhalten.



Konzentrieren Sie sich nur auf den Verkehr – um die freie Sicht kümmert sich der Regensensor.

Der IR-Strahl einer LED wird über ein Linsensystem aufgeweitet und mit einem Prisma so von innen in die Windschutzscheibe eingekoppelt, dass er an deren äußeren Grenzfläche Glas-Luft total reflektiert wird. Das Licht verbleibt im optisch dichteren Medium, also in der Windschutzscheibe.

Für den Grenzwinkel θ der Totalreflexion gilt folgende Bedingung: $\theta = \arcsin(n_2/n_1)$. Hier sind n_2 und n_1 die Brechzahlen der beteiligten Materialien mit $n_1 > n_2$. Setzt man in diese Gleichung die Werte für Glas mit 1,512 und Luft mit näherungsweise 1 ein, so berechnet sich der Grenzwinkel, bei dem der Lichtstrahl parallel zur Grenzschicht gebrochen wird, zu 41,4 Grad. Vollständig reflektiert wird das Licht dann, wenn der Winkel des einfallenden Lichtes

größer ist als der Grenzwinkel der Totalreflexion.

Der so innerhalb der Windschutzscheibe in der Regel einmal total reflektierte Lichtstrahl wird dann über ein weiteres Prisma ausgekoppelt und mit einem Linsensystem auf eine Fotodiode fokussiert (Abb. 1a). Bei dieser handelt es sich beispielsweise um eine IR-selektive Silizium-Fotodiode.

Neue Bedingungen bei Regen

Benetzen nun Regentropfen die Windschutzscheibe, so ändern sich deren Grenzflächeneigenschaften und damit der Winkel der Totalreflexion. Mit der Brechzahl für Wasser von 1,33 erhöht sich der Grenzwinkel von 41,4 Grad auf mehr als 61 Grad. Das bedeutet, dass die Lichtstrahlen bei nasser Windschutzscheibe erst ab Einfallswinkel

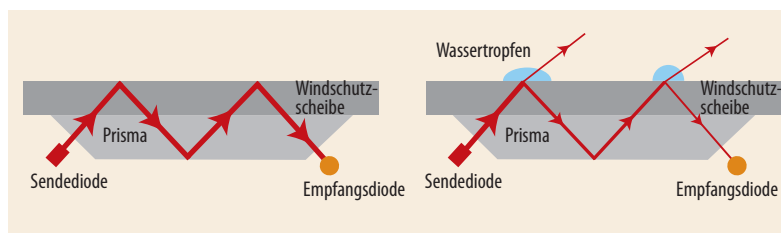


Abb. 1 (a) Der Winkel der Sendediode ist so eingestellt, dass das Licht bei trockener Scheibe vollständig reflektiert wird. (b) Sammeln sich Regentropfen auf der Scheibe, wird Licht nach außen gebrochen und das Signal an der Empfangsdiode nimmt ab.

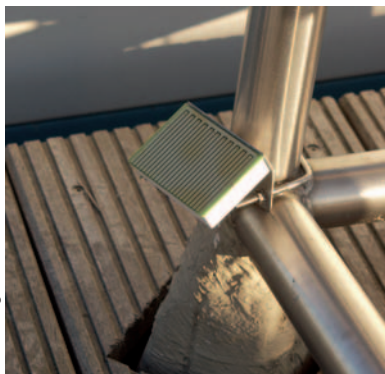


Abb. 2 Der Regensensor für Gebäude: Regen erhöht die Kapazität der Polymerdeckschicht und wirkt so als Schalter.

winkeln größer als 62 Grad total reflektiert werden. Folglich wird das von der LED emittierte Licht nicht mehr an der durch den Regen modifizierten Grenzfläche total reflektiert, sondern ein Teil davon nach außen gebrochen und somit das Signal an der IR-lichtempfindlichen Fotodiode deutlich geschwächt (**Abb. 1b**): Je mehr Wasser sich auf der Windschutzscheibe befindet, desto weniger Licht wird detektiert.

Dieses Signal dient einer Elektronik als Steuergröße für die Geschwindigkeit der Scheibenwischer: Bei einem sehr kleinen Signal, also starkem Regen, schaltet das Sensorsystem automatisch auf schnelles Dauerwischen. Fallen nur noch vereinzelt Regentropfen, so verringert der Prozessor die Wischergeschwindigkeit und verhindert u. a. auch das Reiben der Wischerblätter auf trockener Scheibe und damit deren starke Abnutzung.

Um die statistische Wahrscheinlichkeit für die Detektion eines Wassertropfens zu erhöhen, werden in einem Regensensor üblicherweise mehrere LED-Fotodioden-Paare verwendet und so angeordnet, dass eine Fläche von bis zu 200 Quadratmillimetern – dies entspricht in etwa der Größe eines 10 Cent-Stückes – abgetastet wird.

Damit Regensensoren aber auch zuverlässig bei Schneefall reagieren, wurde die Technologie für qualitativ hochwertigere Systeme weiterentwickelt: Während spezielle Filter äußere Lichteinflüsse oder Streulicht unterdrücken, werten aufwändig programmierte Mikroprozessoren, welche die einfachere

Elektronik ersetzen, die reflektierten Signale aus und setzen – je nach Regen- oder Schneestärke die Wischanlage in Gang.

Heim ins Trockene kommen

Regensensoren werden aber nicht nur in der Automobilindustrie eingesetzt, sondern auch – zur Freude von Hausbesitzern – bei plötzlich einsetzendem Regen, um Dachlukenfenster zu schließen oder Markisen einzufahren. Diese Sensoren bestehen aus einer Trägerplatte mit flachen Elektroden, die mit einer hygroskopischen (Feuchtigkeit anziehenden) Polymerschicht versiegelt sind. Dieser Aufbau mit seiner etwa Briefmarken großen Sensorfläche wird zusammen mit einer nachgeschalteten Elektronik wasserdicht in einem Gehäuse vergossen und kann geneigt an einer Hauswand oder auf dem Dach befestigt oder in Fensterrahmen integriert werden (**Abb. 2**).

Solche Regensensoren basieren auf einem kapazitiven Messprinzip. Die Elektroden bilden einen Kondensator, dessen Kapazität C vom Abstand der Elektroden, der Fläche, der Dielektrizitätskonstante ϵ_0 und der relativen Dielektrizität ϵ_r des Materials abhängt. Die Polymerschicht zwischen den zwei Leiterbahnen hat eine definierte Dielektrizitätskonstante mit $\epsilon_r > 1$, die deutlich kleiner ist als die von Wasser mit 81.

Saugt sich bei Regen die hygroskopische Polymerdeckschicht mit Wasser voll, so erhöht sich dadurch die Kapazität des Sensors deutlich. Diese Änderung wird von der Elektronik in ein normiertes Schaltsignal umgewandelt, mit dessen Hilfe dann über ein Relais Fenster geschlossen oder Markisen eingefahren werden können.

Um ein Vereisen der Sensoroberfläche zu verhindern bzw. den auf diese Fläche fallenden Schnee zu schmelzen und Störsignale durch eine zu hohe Luftfeuchtigkeit zu unterbinden, kann die Sensorfläche zusätzlich beheizt werden.

Katja Bammel