

■ Wetterföhlig

Sensoren an Autobahnen und Schnellstraßen erfassen die örtlichen Witterungsverhältnisse und machen so den Verkehr sicherer.

Regen, Nebel, Schnee und Eis – die Witterung beeinflusst den Straßenverkehr maßgeblich, gerade in dieser Jahreszeit. Daher tragen zuverlässige Witterungsdaten zu einem Plus an Verkehrssicherheit bei. So liefern rund tausend Glättemeldeanlagen entlang deutscher Autobahnen kontinuierlich Informationen über die lokalen Witterungsverhältnisse. Auch die Verkehrs- oder Streckenbeeinflussungsanlagen, die situationsabhängig Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Gefahrenwarnungen anzeigen, nutzen diese Daten. Die Verkehrsleitzentralen und Leitstellen der Winterdienste erfassen dafür den Niederschlag sowie die Oberflächentemperatur der Fahrbahn und die Wasserfilmdicke auf ihr.

Eine zentrale Rolle bei der Ermittlung des Fahrbahnzustands spielen Bodensensoren, die in den Straßenbelag integriert sind. Die Messpunkte befinden sich auf mehrspurigen Straßen in der Mitte des linken Fahrstreifens, weil dort die Verkehrsdichte meist am geringsten ist, also die Messungen am wenigsten systematisch verfälscht werden. Zum Beispiel steigt die Oberflächentemperatur bei hoher Verkehrsdichte um etwa ein Grad Celsius und erschwert dadurch die



Verkehrsbeeinflussungsanlagen setzen die Höchstgeschwindigkeit herab, wenn

hohes Verkehrsaufkommen, Baustellen oder schlechtes Wetter dies erfordern.

Messung der tiefsten Temperatur, die ja für die Fahrsicherheit besonders relevant ist. Auf den Standstreifen der Autobahnen wiederum kann im Winter viel Streusalz oder geräumter Schnee liegen – ebenfalls keine guten Voraussetzungen für zuverlässige Messungen.

Die Gehäuse der Bodensensoren haben einen Durchmesser von rund zehn Zentimetern (Abb. 1). In ihnen befinden sich Föhler, welche die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von der Temperatur mithilfe von Platin- oder NTC-Widerständen (Negativer Temperaturkoeffizient) messen. Zusätzlich

erfassen die Bodensensoren, wie sich der elektrische Leitwert zwischen zwei Elektroden verändert, die wenige Zentimeter Abstand voneinander haben: Wenn es regnet, bildet sich auf der Straße – und über dem Bodensensor – ein Wasserfilm aus, dessen Dicke den Leitwert maßgeblich beeinflusst. So kann der Sensor auf die Wasserfilmdicke zurückschließen. Doch es geht noch besser: Nachdem im Winter ein Streufahrzeug Salz auf der Fahrbahn verteilt hat, ändert sich die Ionenkonzentration im Wasserfilm, der sich auf der Straßenoberfläche gebildet hat. Auch das wirkt sich messbar auf den Leitwert aus, sodass sich die Salzkonzentration ermitteln lässt. In diese Rechnung fließen allerdings weitere Informationen ein – beispielsweise die Wetterdaten aus anderen Messungen oder die Menge an Salz, die der Winterdienst auf die Straße aufgebracht hat. Die Leit- und Betriebsstellen können anhand dieser Vor-Ort-Daten und des Wetterberichts entscheiden, wann die Räumfahrzeuge zum Einsatz kommen müssen oder ob die erlaubte Höchstgeschwindigkeit heruntergesetzt werden muss.

Die Messungen der Bodensensoren werden im Minutenrhythmus durchgeführt und bei der Auswertung zeitlich gemittelt, da die



Abb. 1 Dieser Bodensensor enthält drei Temperaturfühler und Elektroden für die Leitfähigkeitsmessung (1), ein Peltier-Ele-

ment zur Temperaturmessung (2) und ein Mikrowellenradar zur Messung der Wasserfilmdicke (3).

Rahmenbedingungen sich schnell ändern können – zum Beispiel durch Niederschlag oder Wasser bzw. Streusalz auf der Fahrbahn, das vorbeifahrende Autos zur Seite schleudern. Die Bodensensoren führen nur punktförmige Messungen durch, zudem sind sie oft mehrere Kilometer voneinander entfernt. Auch der Fahrbahnbelag beeinflusst den Straßenzustand: Während Beton sehr glatt ist, kann in offenporigem Asphalt womöglich das Tausalz in den Poren verschwinden. An den Spitzen der Asphaltoberfläche bildet sich dann ein dünner Wasserfilm, durch den es zur Glätte kommen kann. Aus diesem Grund haben Verkehrsforscher die Trockenschwelle für eine Fahrbahn inzwischen auf zehn Mikrometer herabgesetzt – ab diesem Wert gilt die Straße als nass. (Zur Verdeutlichung: Ein wenige Millimeter dicker Wasserfilm führt bereits zu extremem Aquaplaning.) Heutzutage können Bodensensoren eine trockene Fahrbahn zuverlässig erkennen.

Verschiedene Verfahren

Es gibt weitere Messverfahren, die bei Bodensensoren Anwendung finden. Bei aktiven Sensoren kühlt ein Peltier-Element so lange eine kleine Fläche, auf der das Wasser steht, bis sich Eis bildet. Ein integrierter Temperaturfühler misst dabei kontinuierlich die Temperatur. Da beim Gefrieren zunächst die Temperatur des Wassers unverändert bleibt, weil Energie als latente Wärme abgegeben wird, lässt sich die Temperatur, bei der

das Wasser an der Fahrbahnoberfläche gefriert, recht zuverlässig ermitteln. Auch Rückschlüsse auf die Salzkonzentration im Wasserfilm sind möglich. Ein anderer Ansatz ist ein Mikrowellenradar: Dabei strahlt der Bodensensor nach oben Mikrowellen ab und detektiert die Phasenverschiebung des an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft reflektierten Signals. Der Grad der Phasenverschiebung hängt von der Dicke des Wasserfilms ab.

In den kommenden Jahren dürften berührungslose Verfahren weiter an Bedeutung gewinnen, da sie Eingriffe in die Fahrbahn überflüssig machen. Erste Pyrometer sind bereits im operativen Einsatz. Sie messen die Temperatur der Fahrbahnoberfläche mithilfe der Lage des Emissionsmaximums und der Intensität der emittierten Wärmestrahlung. Bislang arbeiten sie jedoch nicht so genau wie die Bodensensoren.

Die Messung von Niederschlag und Sichtweite liefert weitere Informationen. Ein Mikrowellenradar bestimmt beispielsweise mithilfe des Doppler-Effekts die Fallgeschwindigkeit der Tropfen. Geschwindigkeit und Größe der Tropfen sind korreliert, sodass sich daraus die Niederschlagsintensität und -menge ableiten lassen. Die unterschiedlichen Fallgeschwindigkeiten geben Auskunft über die Art des Niederschlags. Optische Verfahren sind eine weitere Möglichkeit, um Niederschläge und Niederschlagsintensitäten zu messen. Stand der Technik sind „Present-Weather-Sensoren“, bei

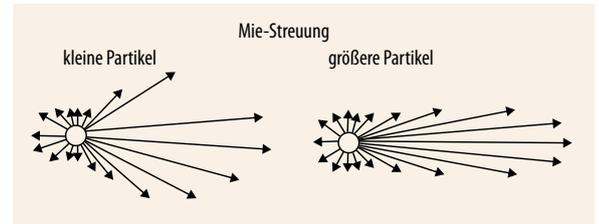


Abb. 2 Optische Sichtweitesensoren nutzen das charakteristische Streuverhalten von z. B. Nebeltropfen aus. Da die Durchmesser der Tropfen groß im Vergleich zur Wellenlänge des von links einfallenden IR-Lichts sind, kommt es zur Mie-Streuung. Am stärksten streuen die Tropfen in Vorwärtsrichtung. Je größer das Partikel, desto stärker ist dieser Effekt. Der Detektor erfasst das gestreute Licht unter einem festen Winkel.

denen die Tropfen eine Infrarot-Messstrecke durchfallen (Abb. 2). Aus den Schwankungen der Signalintensität und dem Anteil des vorwärts gestreuten Lichts lässt sich der Niederschlag klassifizieren und parallel die Sichtweite bestimmen. Aus der gemessenen Transmission ergeben sich Niederschlagsart und Tropfengröße, die gemessene Winkelverteilung der Vorwärtsstreuung liefert die Sichtweite.

Welche Sensoren letztlich zum Einsatz kommen, entscheiden die Planungsbüros und die Betriebsdienste. Normen legen die Mindestanforderungen an Genauigkeit und Verlässlichkeit fest. Letztlich wird so das Autofahren ein Stückchen sicherer.

*

Ich danke Karl Schedler von der G. Luft Mess- und Regeltechnik GmbH, Fellbach, und Horst Badelt von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach, für hilfreiche Erläuterungen.

Michael Vogel

Newsletter des Physik Journal

Mit Online-Meldungen aus der Redaktion, Neuigkeiten aus der DPG, Forschungsnachrichten und TV-Tipps

Registrierung unter:
www.dpg-physik.de/mitgliedschaft/aenderung.html

