

Radar gegen Raser

Viele Verkehrsunfälle gehen auf überhöhte Geschwindigkeit zurück.

Ein probates Mittel gegen Verkehrs-sünder ist die Radarkontrolle, die jedoch nicht frei von Fehlerquellen ist.

Oliver Kahn hat es unlängst gleich mehrmals erwischt: Dreimal wurde Deutschlands Torhüter Nr. 1 ge-



Abb. 1: Eine mobile Variante des berühmtesten Starenkastens für die Geschwindigkeitskontrolle mittels Radar.

blitzt („Kahn im Blitzlichtgewitter“, scherzte BILD), als er mit seinem Ferrari über die Autobahn rauschte. Kahn wird wohl seinen Führerschein für einige Monate abgeben müssen.¹⁾

Anfang der fünfziger Jahre wäre er noch ungeschoren davon gekommen, denn Geschwindigkeitsbegrenzungen wurden in Deutschland erst 1957 eingeführt. In jenem Jahr kamen noch 13 004 Menschen im Straßenverkehr ums Leben, nach Inkrafttreten der Beschränkung sank diese Zahl immerhin um 21 % – allerdings nicht für lange. Das Problem waren die Überwachungsmethoden der Polizei: Damals standen ihr nur leicht anzweifelbare Techniken wie das Hinterherfahren mit geeichtem Tachometer und der Stoppuhr-Trupp (zwei Beamte messen, ein dritter hält den Raser an) zur Verfügung. Für ein wasserdichtes Beweismittel vor Gericht war allerdings ein technisch einwandfreies und breit einsetzbares Überwachungsverfahren vonnöten. Hier bot sich das Radar an, das vom schottischen Physiker Robert Wilson Watt für die Flugzeugortung entwickelt und 1935 patentiert wurde. In den USA und in England wurde Radar bereits 1948 für Geschwindigkeitsmessungen benutzt.

Doppler-Radar

Bis heute ist die Radarmessung, obwohl inzwischen neue Methoden hinzukamen, die verbreitetste Geschwindigkeitsmessung geblieben. Sie basiert auf dem Doppler-Effekt,

den der österreichische Physiker Christian Johann Doppler 1842 zunächst für Schallwellen entdeckte und den man im Alltag sehr gut bei einem schnell vorbeifahrenden Krankenwagen mit Sirene wahrnehmen kann: Deren Ton wird zunächst höher, wenn das Auto naht, und tiefer, wenn es sich wieder entfernt. Für die Stärke des Doppler-Effekts sind die Geschwindigkeiten der Quelle (v_Q) und des Empfängers (v_E) ausschlaggebend; sendet die Quelle Wellen der Frequenz f_Q aus, so misst der Empfänger die Frequenz

$$f_E = \frac{u - v_E}{u - v_Q} f_Q,$$

wobei u die Geschwindigkeit der Schallwelle ist. Beim akustischen Doppler-Effekt muss man zwischen Bewegung der Schallquelle und Bewegung des Beobachters unterscheiden; in beiden Fällen ergibt sich jeweils eine andere Frequenzänderung. Das liegt daran, dass die Bewegungen auf ein Medium bezogen sind, in dem sich der Schall ausbreitet, nämlich die Luft. Elektromagnetische Wellen pflanzen sich hingegen nicht in einem absoluten, ruhenden Medium aus – das ist ja gerade der Kern der Speziellen Relativitätstheorie. Die Sprechweise von einer „ruhenden Quelle“, einem „ruhenden Beobachter“ etc. macht also keinen Sinn mehr, vielmehr spielt nur die Relativgeschwindigkeit zwischen Quelle und Empfänger eine Rolle. Man kann

$$\frac{f - f_0}{f} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{v}{c}.$$

Da bei einer Geschwindigkeitsmessungen mittels Radar zwei Doppler-Verschiebungen auftreten (sowohl bei der Welle, die auf das fahrende Auto auftritt, als auch bei der reflektierten Welle), beträgt die Signaländerung $\Delta f = 2 f v/c$. Bei einer Frequenz²⁾ von 10 GHz und einer Geschwindigkeit von 100 km/h ergibt sich beispielsweise die Differenz von 2 kHz. Wird sie zu groß, geht ein Signal an die Kamera, es blitzt – und das Bußgeld ist fällig.

Fehlerquellen

Solange es Geschwindigkeitsmessungen der Polizei gibt, gibt es auch schon die Diskussion über die möglichen Fehlerquellen³⁾. Mal ganz abgesehen von der subjektiven Einschätzung vieler Autofahrer, sie führen ganz sicherlich nicht zu schnell, wird diese Diskussion auch durch handfeste Fakten genährt; immerhin erfolgt gerade beim Radar die Messung oft unter ungünstigen Bedingungen: sie muss zwangsläufig von der Seite ausgeführt werden (oder bei einer Brücke schräg von oben), sie wird eventuell durch andere Objekte gestört und sie muss mit Störsignalen zurecht kommen.

Der Fehler, der durch den Aufstellort des Radargerätes seitlich der Straße bedingt ist, ist rein geometrischer Natur. Alle Messgeräte gehen von einem definierten Winkel zwischen Radarstrahl und Fahr-

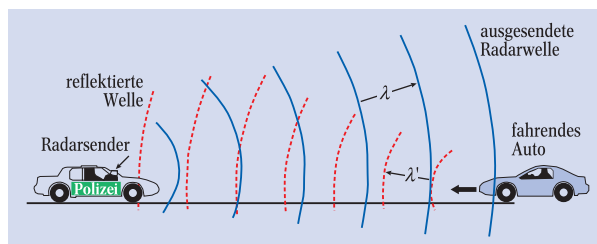


Abb 2: Das Prinzip der Radarkontrolle beruht auf der Doppler-Verschiebung der vom fahrenden Auto reflektierten Welle.

deshalb die Quelle als stationär und nur den Beobachter als bewegt betrachten, was die Berechnung der Frequenzverschiebung beim elektromagnetischen Doppler-Effekt sehr vereinfacht, da man die Lichtwelle lediglich durch eine Lorentz-Transformation in das Bezugssystem des Beobachters überführen muss. Da in der Regel die Bewegung der Quelle sehr langsam gegenüber der Lichtgeschwindigkeit c ist, ergibt sich für den relativistischen Doppler-Effekt der einfache Zusammenhang

linie aus (in der Regel 22 Grad). Bei einem kleineren Winkel zwischen Längsachse des Fahrzeugs und Radarstrahl wird eine zu hohe Geschwindigkeit, bei einem größeren Winkel eine zu niedrige Geschwindigkeit gemessen. Dramatisch groß werden diese Winkelfehler in der Regel aber nicht, denn sie verhalten sich wie $\cos \alpha / \cos 22^\circ$, wobei α der tatsächliche Messwinkel ist. Beträgt er z. B. 20 Grad, wird dem Fahrer eine um 1,35 % zu große Geschwindigkeit untergeschoben. Häufig tritt der Winkelfehler auf, wenn das gemessene

1) Im aktuellen Bußgeldkatalog, seit dem 1. März 2002 in Kraft, ist bereits bei einer Überschreitung von 31 km/h innerorts der „Lappen“ für einen Monat weg.

2) Die ersten Radargeräte arbeiteten bei 9,41 GHz, neuere Geräte haben Frequenzen zwischen 13,45 und 34,3 GHz.

3) Ein sehr frühes Verfahren wird auf www.radarfalle.de/technik/history/1913.php geschildert.

Fahrzeug gerade ein- oder ausschert und somit nicht parallel zur Fahrbahn fährt. In gewissen Grenzen lässt er sich anhand des Messfotos rekonstruieren, nämlich wenn die durch die Räder definierte Gerade nicht durch den Fluchtpunkt zweier mitfotografierten ortsfesten Geraden – etwa den Straßenrändern – geht.

Auch die Reflexion ist anfällig für Fehler. Theoretisch lassen sich einige Situationen im Straßenverkehr konstruieren, die unerwünschte und verfälschende Reflexionen hervorrufen, z. B. an einer feststehenden Metallfläche, am Heck eines Fahrzeugs in der Gegenrichtung oder an so genannten Tripel-Spiegeln, die aus drei senkrecht zueinander stehenden Flächen bestehen und in Reflektoren („Katzenaugen“) verwendet werden. Diese findet man auch an Verkehrsschildern oder Brücken. Trifft ein vom Fahrzeug beispielsweise an der Frontscheibe reflektierter Radarstrahl auf einen solchen Tripel-Spiegel, wird er auf dem gleichen Weg zur Frontscheibe zurückgelenkt, bevor er seinen Weg zur Antenne findet. Dadurch kommt es zu zwei Doppler-Verschiebungen und der Messung einer exakt verdoppelten Geschwindigkeit. Allerdings tritt die Tripel-Spiegel-Fehl-messung in erster Linie an Fahrzeugen mit großen Reflexionsflächen wie Bussen und LKWs auf und ver-rät sich in diesen Fällen dadurch, dass die auf dem Messfoto ausgewiesene Geschwindigkeit für diese Verkehrsteilnehmer unerreichbar ist –

Reisebusse mit 180 km/h sind doch eher selten.

Vor allem bei Motorrädern kann es passieren, dass der Radarstrahl vom Rad reflektiert wird, also von einem sich drehenden Teil, was ebenfalls die Messung bis zu einem Faktor 2 verfälschen kann. Ausgeschlossen werden kann heutzutage allerdings, dass das Radargerät wegen mangelnder Abschirmung von fremden Sendern gestört wird.

Alternativen

Neben der Radarmessung sind auf unseren Straßen noch andere Systeme der Geschwindigkeitsmessung im Einsatz. Am auffälligsten sind die fest installierten Starenkästen (Abb. 1), deren Kamera durch Kontaktschleifen im Boden ausgelöst wird und die auch an Ampeln zur Verfolgung von Rotlichtsündern eingesetzt werden.

Am genauesten sind Lichtschranken-systeme, die durch keinerlei Störstrahlung beeinflusst werden können und auf dem simplen physikalischen Zusammenhang $\text{Geschwindigkeit} = \text{Weg}/\text{Zeit}$ beruhen. Die meisten der in Deutschland eingesetzten Geräte arbeiten mit drei Lichtschranken, die zwei Messungen erlauben und erst dann einen Befund liefern, wenn beide Messungen eine Geschwindigkeits-übertretung außerhalb des Toleranzbereiches ergeben. Es gibt auch Lichtschrankengeräte, die nur von einer Seite arbeiten und anstelle der Unterbrechung des Lichtstrahls die Helligkeitsänderung des reflek-

tierten Lichtstrahls zum Nachweis eines vorbeifahrenden Fahrzeuges nutzen.

Der Laser wird auch direkt zur Geschwindigkeitsmessung benutzt, in erster Linie in der Form von handlichen Laserpistolen, die mangels einer angeschlossenen Fotodokumentation allerdings nur bei Anhaltekontrollen der Polizei zum Einsatz kommen. Lasersysteme senden eine Reihe von Pulsen ab und messen den Laufzeitunterschied mindestens zweier aufeinanderfolgender und reflektierter Laserpulse. Die Laserpistolen haben zwar auch den Vorteil der geringen Störanfälligkeit, allerdings sind sie in der Handhabung nicht ganz einfach – beispielsweise muss während der Messung immer der selbe Punkt des Fahrzeugs anvisiert werden – und verlangen vom Polizisten einiges an Konzentration und Übung. Hin und wieder verfolgt die Polizei Schnellfahrer auch mit einer Videokamera, mit der sich zudem noch andere Delikte wie gefährliches Überholen oder Drängeln festhalten lassen. In jedem Fall jedoch gilt: Der beste Weg der Radarfalle zu entgehen ist vorschriftsmäßig zu fahren.

ULRICH KILIAN



Abb. 3
Eine Radarpistole, wie sie z. B. von der amerikanischen Polizei eingesetzt wird. In Deutschland setzt man eher auf vergleichbare Lasergeräte, zumal Laserstrahlen nicht so stark streuen wie Radarwellen. (Foto: Stalker Radar)

Dr. Ulrich Kilian,
science&more
redaktionsbüro,
uk@science-and-
more.de