

Stellungnahme der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zum Toleranzabzug bei der amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung

Kaum jemand kennt die Verkehrsfehlergrenzen für geeichte Gaszähler im Haushalt, für Waagen im Supermarkt oder für Zapfpistolen an Tankstellen, aber die Verkehrsfehlergrenzen für die amtliche Geschwindigkeitsüberwachung sind allgemein bekannt: Bis zu einem geeichten Messwert von 100 km/h sind das ± 3 km/h, darüber 3 % des geeichten Messwertes. Die Messgeräte müssen so beschaffen sein, dass diese Grenzen im realen Einsatz nicht überschritten werden — was im Zulassungs- bzw. Konformitätsbewertungsverfahren intensiv untersucht wird. Jeder, der „geblitzt“ wird, weiß, dass die geeichte Geschwindigkeit um den Betrag der Verkehrsfehlergrenzen reduziert wird, um so die sogenannte „anrechenbare Geschwindigkeit“ zu erhalten, an der sich in einem Ordnungswidrigkeitsverfahren die Strafe bemisst. Hier zeigen wir, dass dieser „Toleranzabzug“ nicht etwa ein allgemeines Zugeständnis des Staates an Schnellfahrer ist, sondern auf einer soliden messtechnischen Grundlage steht. Dieser Toleranzabzug ist mehr als ausreichend, um sicherzustellen, dass niemand durch die physikalisch unvermeidlichen, (kleinen) zufälligen Messunsicherheiten benachteiligt wird.

Messunsicherheit: Ein fundamentales Konzept

Aus fundamentalen physikalischen Gründen kann die Messung einer physikalischen Größe wie der Geschwindigkeit niemals exakt sein, sondern ist immer mit einer sogenannten „Messunsicherheit“ behaftet: Eine beliebig genaue Messung ist in der realen Welt nicht möglich. Die Metrologie, also die Wissenschaft vom richtigen Messen und seiner Anwendung, hat präzise Techniken entwickelt, um mit dieser Messunsicherheit umzugehen. Atomuhren mit einer Genauigkeit von 17 Stellen hinter dem Komma, die Vermessung von mikroelektronischen Schaltkreisen auf Milliardstel Meter genau oder der Nachweis der Einsteinschen Gravitationswellen sind Beispiele für die Möglichkeiten der modernen Metrologie im Umgang mit dem physikalischen Grundprinzip der Messunsicherheit. Im nächsten Abschnitt zeigen wir, wie sich das fundamentale Konzept der Messunsicherheit in einer realen Geschwindigkeitsmessung äußert.

Messunsicherheit bei der Geschwindigkeitsmessung von Straßenfahrzeugen

Die PTB betreibt zwei hochpräzise Referenzanlagen im öffentlichen Straßenverkehr, an denen sie umfangreiche Untersuchungen vor allem im Zusammenhang mit der Zulassung bzw. Konformitätsbewertung von Geschwindigkeitsmessgeräten durchführt, eine an einer vielbefahrenen Bundesstraße, eine an einer zweispurigen Autobahn ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. Zu jeder Prüfung eines neuen Gerätes gehört ein „Über-alles“-Praxistest, bei dem der Prüfling gleichzeitig mit der Referenzanlage betrieben wird. Dazu wird das Messfeld des Prüflings in das Messfeld einer PTB-Referenzanlage gelegt, und die von ihm gelieferten Geschwindigkeitsmesswerte für die durchfahrenden Fahrzeuge werden mit denen der Referenzanlage verglichen. Wird auch nur bei einer einzigen der typischerweise vielen Tausend vermessenen Fahrzeugdurchfahrten eine Abweichung festgestellt, die die zulässigen Verkehrsfehlergrenzen überschreitet, wird die Zulassung

versagt; auch darf kein Messwert zu nahe (in einem statistisch klar definierten Sinne) an den Verkehrsfehlergrenzen liegen. Der Praxistest deckt das reale Verkehrsgeschehen mit vielen verschiedenen Fahrzeugtypen und -modellen (Motorräder, PKW, LKW), Fahrsituationen (Schrägfahrten, Brems- und Überholmanöver) und auch verschiedenen Witterungsbedingungen ab.

Die Abbildung zeigt ein Beispiel für die Abweichungen der Messwerte eines Prüflings vom korrekten Wert, wie ihn die Referenzanlage in einer konkreten Versuchsreihe geliefert hat. Auf der horizontalen Achse ist die Differenz des Messwertes des Prüflings zu dem der Referenzanlage aufgetragen. In vertikaler Richtung wird dargestellt, wie oft bei den insgesamt 5136 Fahrzeugdurchfahrten der betreffende Wert der Differenz vorgekommen ist. Die Balken rechts der Mitte (hier blau eingefärbt) entsprechen dabei den Fällen, wo der Prüfling einen Messwert geliefert hat, der etwas größer als der der Referenzanlage ist, die roten Balken links der Mitte den Fällen, wo der Messwert etwas kleiner ausgefallen ist.

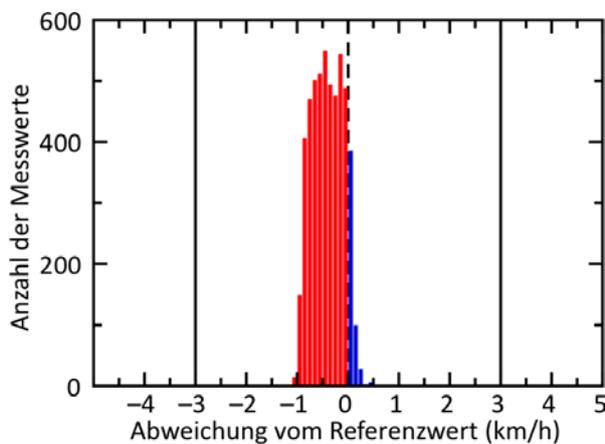
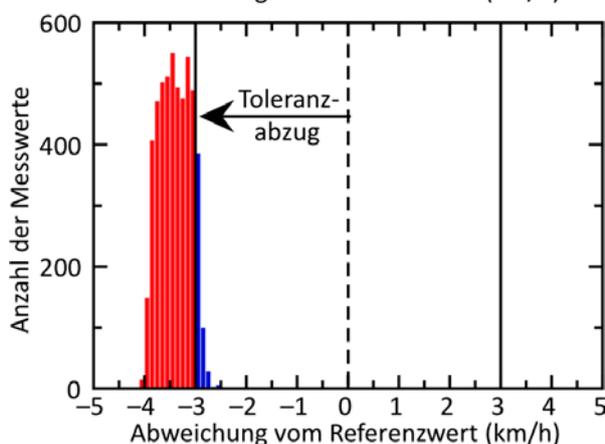


Abbildung: Illustration der Streuung von Messwerten von Geschwindigkeitsmessgeräten. Zur Erstellung der Diagramme wurde ein typisches Messgerät gleichzeitig mit einer Referenzmessanlage der PTB betrieben. Für jede von insgesamt 5136 Fahrzeugdurchfahrten des realen Straßenverkehrs (Geschwindigkeitsbegrenzung am Messort war 70 km/h) wurde die Abweichung des Messwertes des Messgerätes vom Messwert der Referenzanlage gebildet und anschließend gezählt, wie oft welche Differenz vorkommt.



Obere Grafik: In keinem einzigen Fall kommt es zu einer Überschreitung der zulässigen Verkehrsfehlergrenzen (da das Messgerät die Nachkommastellen abschneidet, liegt der Mittelwert nicht bei Null, sondern bei $-0,5$ km/h).

Untere Grafik: Durch Abziehen der Verkehrsfehlergrenzen von 3 km/h rutscht die Verteilungskurve der „anrechenbaren Geschwindigkeit“ nach links, sodass kein einziger Messwert höher liegt als der wahre Wert (gestrichelte vertikale Linie).

Zunächst fällt auf, dass der Mittelwert bei $-0,5$ km/h liegt. Das ist ein rein mathematischer Effekt, der daher kommt, dass der Prüfling die Nachkommastellen der gemessenen Geschwindigkeit abschneidet, was somit bereits ohne Toleranzabzug einen ersten Vorteil für den Betroffenen darstellt. Weiterhin erkennt man, wie gut (abgesehen von dem Abrundungseffekt) der Prüfling den korrekten Messwert trifft: Fast alle Messwerte liegen innerhalb eines Intervalls von $\pm 0,5$ km/h konzentriert. Mehr noch: Nicht ein einziger Messwert kommt auch nur in die Nähe der Verkehrsfehlergrenzen (dargestellt durch die vertikalen Linien bei ± 3 km/h). Die Standardabweichung der aufgetragenen Differenzwerte — das ist das übliche physikalische Maß für die Messunsicherheit — beträgt lediglich 0,30 km/h, also ein Zehntel der Verkehrsfehlergrenzen, und der Abstand vom

Mittelwert zur nächsten Grenze des Verkehrsfehlerintervalls (0,30 km/h) / (3 km/h – 0,5 km/h) = 8,3 Standardabweichungen. Damit liegt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Differenz zwischen Prüfling und Referenzanlage, die die Verkehrsfehlergrenzen erreicht oder gar übersteigt, rechnerisch lediglich bei verschwindend kleinen 0,000000000000012 %. Statistisch gesehen müsste also jedes der in Deutschland zugelassenen etwa 50 Millionen Fahrzeuge 300 Millionen Mal an diesem Prüfling vorbeifahren, damit es bei diesen vielen Messungen auch nur ein einziges Mal zu einem Erreichen der Verkehrsfehlergrenzen zu Ungunsten des Betroffenen kommt. Wohlgemerkt, diese Zahlen beschreiben die Situation noch vor Abzug der „Toleranz“!

Wenn so genau gemessen wird, warum ist dann ein Toleranzabzug überhaupt nötig?

Wer „geblitzt“ wird, dem fällt es oft schwer, den gemessenen Geschwindigkeitswert zu akzeptieren und die Verantwortung für das eigene Verhalten zu übernehmen. Ein Blick auf die Abbildung zeigt, was der Toleranzabzug bedeutet: Die Verteilungskurve für die anrechenbare Geschwindigkeit rutscht um 3 km/h nach links. Oder anders ausgedrückt: Keiner der so verschobenen Messwerte, insbesondere auch keiner derjenigen, für die der Prüfling durch die zufälligen Messunsicherheiten (und trotz des Abrundungseffekts) einen etwas höheren Geschwindigkeitswert als den Referenzwert ermittelt hatte (die blauen Balken), liegt nun noch oberhalb des Referenzwertes (gestrichelte vertikale Linie) — tatsächlich liegen alle toleranzbereinigten Werte, eben die „anrechenbare Geschwindigkeit“, noch weit darunter. Durch den Abzug der Verkehrsfehlergrenzen als „Toleranz“ ist also sichergestellt, dass niemand wegen der unvermeidlichen Messunsicherheiten benachteiligt wird, indem ihm etwa ein Geschwindigkeitswert angerechnet würde, der höher liegt als die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit. Im Mittel werden dem Betroffenen tatsächlich 3,5 km/h „geschenkt“.

Die Abbildung und die statistische Auswertung der realen Messdaten zeigen somit eindrucksvoll, dass der Abzug der Verkehrsfehlergrenzen vollständig ausreicht, um eine Benachteiligung von Betroffenen in Ordnungswidrigkeitsverfahren auszuschließen. Weiterer Toleranzabzüge bedarf es also nicht.

Zur Rolle der PTB bei Ordnungswidrigkeitsverfahren

Die PTB beschränkt sich in ihrer Eigenschaft als technische Oberbehörde der Bundesrepublik Deutschland allein auf Aussagen zu technischen Sachverhalten. Sie versteht sich dabei auch als Obergutachter, erstellt also sachverständige Stellungnahmen typischerweise nur in solchen Fällen, bei denen bereits zwei sich widersprechende Gutachten im Verfahren vorliegen oder wenn es sich um Fragen sehr grundlegender und weitreichender Bedeutung handelt. Dabei stützt sie sich neben ihrer jahrzehntelangen Erfahrung auf ein umfassendes Qualitätsmanagementsystem, welches die internationale Norm DIN EN ISO/IEC 17025 und damit die Prinzipien der ISO-9000-Serie erfüllt. Es wird zudem jährlich durch das zuständige Gremium der Internationalen Meterkonvention auditiert und akzeptiert. Ein wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung sind Vergleichsmessungen und Forschungsk Kooperationen zu spezifischen technischen Fragen mit Partnern in In- und Ausland.

Dadurch kann die PTB dazu beitragen, dass Fehleinschätzungen aufgrund fehlerhafter technischer Annahmen oder interessengetriebener Einlassungen vermieden werden.