

60 Jahre „Blitzer“ in Deutschland: Der aktuelle Stand



**Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft, Amts- und
Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**

129. Jahrgang, Heft 2, Juni 2019

**60 Jahre „Blitzer“ in Deutschland
Der aktuelle Stand**

Titelbild:

Der erste „Blitzer“ in Deutschland, das Verkehrsradargerät VRG 2 im Einsatz vor ca. 60 Jahren (oben)
und an der PTB-Referenzanlage im Jahr 2018 (unten)

Inhalt

60 Jahre „Blitzer“ in Deutschland – der aktuelle Stand

▪ Vorwort	03
<i>Frank Märten, Robert Wynands</i>	
▪ Das Verkehrsradargerät VRG 2: So fing es an	05
<i>Frank Märten, Robert Wynands</i>	
▪ 120 Jahre Verkehrsüberwachung und Geschwindigkeitslimits	11
<i>Kurt Möser</i>	
▪ Neue PTB-Anforderungen für Geschwindigkeitsmessgeräte	19
<i>Sigrid Schlange</i>	
▪ Die Rolle der Eichbehörden im Umfeld der Verkehrsmessgeräte	25
<i>Sebastian Frenzel</i>	
▪ Entwicklung des Softwareprüfprozesses bei Verkehrsmessgeräten	29
<i>Marko Esche, Reinhard Meyer</i>	
▪ Betrachtung der Messgenauigkeit der PTB-Referenzanlagen und Ausblick auf geplante Erweiterungen	35
<i>Johannes Kupper</i>	
▪ Abschnittskontrolle „Section Control“ erstmalig in Betrieb	39
<i>Thomas Buchheit</i>	
▪ Übersicht über das Gerät TraffiSection S450 zur Abschnittskontrolle	43
<i>Uwe Urban</i>	
▪ TraffiSection S450 – PTB-Baumusterprüfungen im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens	49
<i>Steffen Schulze</i>	
▪ Untersuchung des Einflusses der Abschnittskontrolle auf die Verkehrssicherheit der B6 bei Hannover	57
<i>Johannes Kupper</i>	
▪ Grundsatzuntersuchungen zur Praxistauglichkeit satellitenbasierter Nachfahrssysteme	63
<i>Martin Rehm, Hans-Joachim Dietz, Knut Tamme</i>	
▪ Dynamische Fahrversuche unter Verwendung eines GNSS-Inertialsystems	69
<i>Timo Beckmann, Frank Märten</i>	
▪ Ist das PoliScan Speed für Stufenprofil-Fehlmessungen empfindlich?	77
<i>Sebastian Smykowski</i>	
▪ Vom Nutzen der Schätzung, oder was bringt uns eine nachträgliche Plausibilisierung?	91
<i>Robert Wynands</i>	
▪ Plausibilisierung – Eine Betrachtung aus juristischer Sicht	99
<i>Dirk Teßmer</i>	
▪ Das Polizeitechnische Institut an der Deutschen Hochschule der Polizei	105
<i>Kerstin Lüdke, Johann-Markus Hans</i>	
▪ Der Bundesverband Verkehrssicherheitstechnik stellt sich vor	109
<i>Benno Schrief</i>	
▪ Das Deutsche Polizeimuseum in Salzkotten	113
<i>Felix Hoffmann</i>	

Vorwort

Frank Märtens¹, Robert Wynands²

Wer kennt sie nicht, die „Starenkästen“, die „Radarfallen“, die „Selfie-Sticks für Autofahrer“, also die Messgeräte zur automatischen Überwachung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen? Angefangen hat es in (West-)Deutschland am 2. Dezember 1958 mit der Zulassung des ersten Verkehrsradargerätes, des VRG 2 der Firma Telefunken, durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). In den sechzig Jahren seither hat es viele, auch grundlegende, technische Entwicklungen gegeben, sowohl bei Radargeräten als auch durch die Nutzung anderer Messprinzipien und die Einführung neuer Funktionalitäten wie der Mehrzielfähigkeit. Neben den vielfältigen Gerätetypen für punktuelle Verkehrsüberwachung ist mit der Abschnittskontrolle nun auch in Deutschland eine streckenbezogene Überwachung gerätegestützt möglich.

Bezogen auf die Anzahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge hat sich die Anzahl der jährlichen Verkehrstoten seit Ende der Fünfzigerjahre um den Faktor 40 verringert. Dazu hat neben verbesserter Fahrzeugtechnik und effizienterer Notfallversorgung auch die amtliche Geschwindigkeitsüberwachung wesentlich beigetragen. Jedoch sterben in Deutschland jeden Tag immer noch drei Menschen bei einem Unfall, der maßgeblich durch zu hohe Geschwindigkeit verursacht wurde. Die amtliche Geschwindigkeitsüberwachung bleibt daher eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe.

Wie bereits vor sechzig Jahren, so prüft auch heute noch die PTB jede neue Bauart eines Geschwindigkeitsmessgerätes, einer Rotlichtüberwachungsanlage und anderer Verkehrsmessgeräte daraufhin, ob alle technischen und formalen Anforderungen eingehalten werden, wie sie im Mess- und Eichgesetz und in der zugehörigen Verordnung festgelegt sind. Diese Prüfung zu bestehen, ist eine der Voraussetzungen, damit der Hersteller das Gerät in Verkehr bringen darf.

Um den Austausch über neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Verkehrsüberwachungstechnik zu befördern, lädt die PTB im Abstand von einigen Jahren Repräsentanten aller Akteure im Umfeld der Verkehrsüberwachung zu einem eintägigen Erfahrungsaustausch ein, so auch am 7. November 2018. Wie die Teilnehmer, so kamen auch die Referenten aus allen Ebenen, von Herstellern über PTB und Eichämter bis hin zu Verwendern, Sachverständigen und Justizvertretern. Eine kleine Industrieausstellung rundete die Veranstaltung ab.

In insgesamt 17 Fachvorträgen wurden die neuesten Entwicklungen und Erkenntnisse präsentiert. Sie zeigen, dass auch 60 Jahre nach der ersten Bauartzulassung eine enorme Innovationskraft vorhanden ist. Wenn auch dieses Heft nicht die Atmosphäre der intensiven und kompetenten Diskussionen während des Seminars vermitteln kann, so bieten die hier gesammelten Beiträge immerhin einen Eindruck von Breite und fachlichem Niveau der Veranstaltung. Sie zeigen, auf welch ausgefeiltem messtechnischen Niveau und welch wissenschaftlichem Verständnis sich die Verkehrsüberwachung mit Messgeräten heutzutage bewegt, und dass die Entwicklung noch lange nicht abgeschlossen ist. Verkehrsmessgeräte werden auch weiterhin ein wichtiger Baustein der Verkehrssicherheitsarbeit von Polizei und Ordnungsbehörden bleiben. Wir sind schon heute auf das nächste Seminar gespannt!

Bis dahin wünschen wir viele Freude beim Lesen der Artikel und die eine oder andere neue, vielleicht sogar überraschende Erkenntnis.

¹ Dr. Frank Märtens, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: frank.maertens@ptb.de;

² PD Dr. Robert Wynands, Fachbereich „Geschwindigkeit“, PTB Braunschweig, E-Mail: robert.wynands@ptb.de, <https://orcid.org/0000-0002-4518-9703>

Das Verkehrsradargerät VRG 2: So fing es an

Frank Märtens¹, Robert Wynands²

Zunächst klingt alles ganz positiv und freiheitlich-modern: Im Dezember 1952 hebt der Deutsche Bundestag die Geschwindigkeitsbegrenzungen im Straßenverkehr auf, die im Dritten Reich eingeführt worden waren. Jedoch zeigte sich schnell die Kehrseite, nämlich ein Anstieg der Straßenverkehrstoten in Westdeutschland um 47 % innerhalb nur eines Jahres auf 11.500 Tote im Jahr 1953 [1]. Wie erschreckend hoch diese Anzahl ist, verdeutlicht der Vergleich mit der heutigen Situation. Zwar sind 3180 Verkehrstote im Jahr 2017 [1] immer noch zu hoch, aber bezogen auf die Anzahl angemeldeter Kraftfahrzeuge von etwa 50 Millionen (im Vergleich zu 5 Millionen im Jahr 1952) bedeuten sie eine Reduktion um den Faktor 40.

Diese dramatische Situation veranlasste die Politik 1956, die Wiedereinführung von Geschwindigkeitsbegrenzungen vorzuschlagen und zur Überwachung technische Hilfsmittel zu fordern [2]. Denn bereits damals war klar, dass ohne effiziente Überwachung die Befolgung der Geschwindigkeitsbeschränkungen und damit die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer nicht zu

gewährleisten war. Schließlich wurde nach kontroversen Diskussionen, die angesichts heutiger Erkenntnisse der Unfallursachenforschung geradezu absurd wirken, zum 1.9.1957 das allgemeine Tempolimit von 50 km/h in geschlossenen Ortschaften eingeführt [3].

Noch im Jahr 1956 wurde auf der Internationalen Polizeiausstellung in Essen mit dem VRG 1 ein erstes Verkehrsradargerät für (West-)Deutschland vorgestellt, welches jedoch noch nicht die technischen Anforderungen vollständig erfüllen konnte [4]. Dies gelang erst dem verbesserten Nachfolger, dem VRG 2 [5].

Am 2. Dezember 1958 begann schließlich in Deutschland eine neue Ära in der Verkehrsüberwachung: Das Verkehrsradargerät VRG 2 [5] wurde als erstes Gerät zur automatischen Geschwindigkeitsmessung für den Betrieb in Deutschland zugelassen [6].

Damals wie heute mussten die Geräte harte und aufwendige Prüfungen durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) überstehen. Das VRG 2 zum Beispiel wurde über 5000 Stunden

¹ Dr. Frank Märtens, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: frank.maertens@ptb.de;

² PD Dr. Robert Wynands, Fachbereich „Geschwindigkeit“, PTB Braunschweig, E-Mail: robert.wynands@ptb.de, <https://orcid.org/0000-0002-4518-9703>

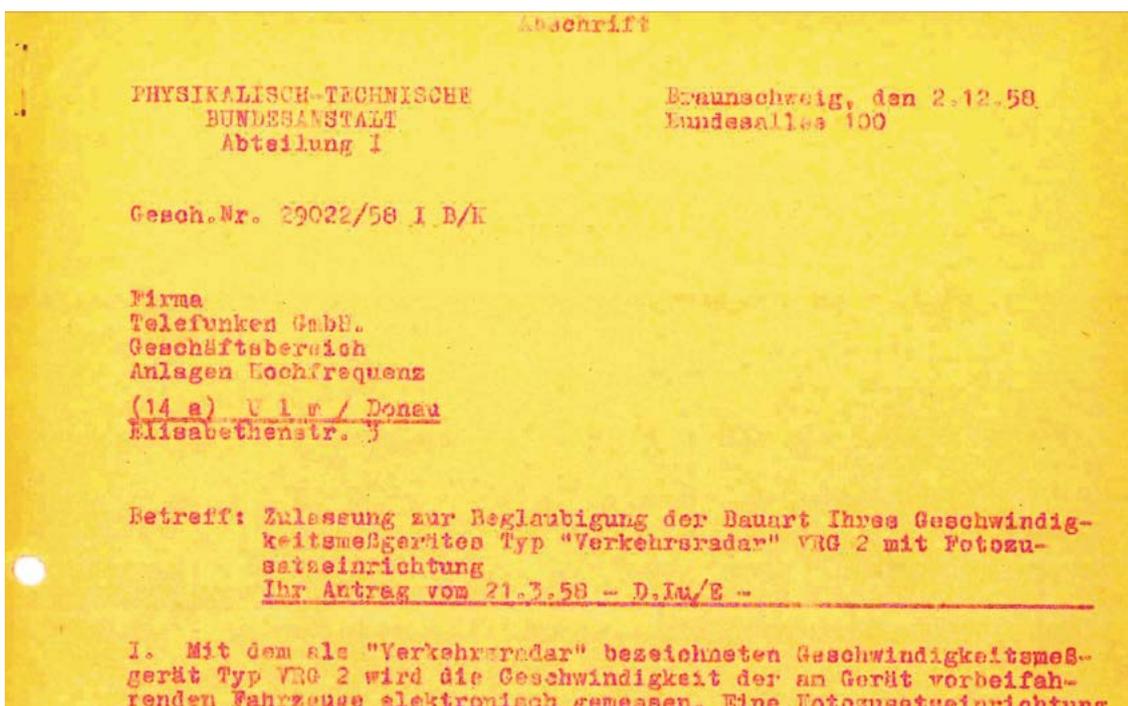


Bild 1:
So fängt die erste Seite der Zulassung des VRG 2 vom 2.12.1958 an

Bild 2:
Das Verkehrsradargerät VRG 2 im Einsatz (ca. 1960).
Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Wolters-Kluwer-Verlags



Bild 3:
Das Archiv-Exemplar der PTB im Einsatz an der Referenzanlage der PTB (Sommer 2018)



Bild 4:
Die erste Referenzanlage der PTB zur Messung der Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge [7]



Bild 5:
Impressionen von der Eichung von VRG-2-Geräten, damals noch von der PTB unter dem Titel „Beglaubigung“ durchgeführt. Man beachte das Kinderwagengestell zum Transport der Messtechnik sowie den innovativen Sonnenhut. Die Prüfinfrastruktur und Geräteausstattung der PTB, ebenso die Ausrüstung der Mitarbeiter, wurden im Laufe der letzten sechzig Jahre stetig verbessert.



Bild 6:
Beispiele für den Einbau des VRG 2 in Fahrzeuge



Bild 8:
Felix Hoffmann, Leiter des Deutschen Polizeimuseums Salzkotten, sorgte in seiner früheren Uniform für das passende Ambiente zur Präsentation eines originalen VRG-2-Exemplars beim 307. PTB-Seminar



Bild 7:
Beispiel für ein vom VRG 2 erstelltes Tatfoto. Über Spiegel wurden das Drehspulinstrument mit der Geschwindigkeitsanzeige, die Uhrzeit sowie die Identifikation von Messort und -datum in das Foto eingeblendet, so dass alles zusammen auf den Film gebannt wurde. Diese untrennbare Zusammenführung ist auch bei der heutigen Digitalkameratechnik eine wichtige Anforderung.

lang im Freien getestet. Als Verkehrsfehlergrenzen wurden ± 3 km/h angesetzt. Dieser Wert, der bekanntlich auch heute noch für Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h gilt (darüber sind es ± 3 % vom gemessenen Wert), wurde damals auch für höhere Geschwindigkeiten angewandt.

Auch die Praxistests an einer Referenzanlage, jeweils unter verschiedenen Bedingungen, waren schon ein wichtiger Baustein der Bauartprüfung. Bild 4 zeigt die damalige Referenzanlage der PTB zur Messung der Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge, ein System aus zwei Schlagantennen in festem, genau bekanntem Abstand [7]. Parallel dazu wurde das VRG 2 aufgebaut und die Differenz von Messwert des VRG 2 und der Referenzanlage statistisch ausgewertet. Bei den Zulassungsprüfungen von 1958 wurde eine Standardabweichung der Differenz zwischen Prüfling und Referenzanlage von 0,8 km/h gefunden, bei Maximalabweichungen von $-2,3$ km/h bzw. $+2,7$ km/h.

Auch wenn das VRG 2 nun schon 60 Jahre alt ist, so sind doch schon damals alle auch heute noch wichtigen Komponenten und Prinzipien realisiert worden [5] – mit Ausnahme von Digitalkameras und Softwaresteuerung natürlich. Ein

Auslösemechanismus erstellt bei Überschreiten einer eingestellten Geschwindigkeit automatisch ein Tatfoto. In dieses Foto werden über Spiegel sowohl die Uhrzeit als auch die gemessene Geschwindigkeit in die Belichtung eingespiegelt, also untrennbar mit dem Tatfoto verbunden. Auch die Selbsttestfunktionalität ist bereits implementiert. Es gibt nämlich einen internen Frequenzgenerator, der zum Testen des Gerätes eine simulierte Dopplerfrequenz in den Signalverarbeitungszweig einspeist, wie sie bei der realen Messung eines mit 106 km/h fahrenden Fahrzeugs auftreten würde; eine entsprechende Markierung auf der Anzeigeskala muss bei Anlegen dieses Testsignals getroffen werden. Schließlich wurde zur Gewährleistung der Zuordnungssicherheit der aufmerksame Messbetrieb als erforderlich erkannt, wobei das Messpersonal durch ein Signalzeichen, welches Hinweise z. B. auf Situationen mit Knickstrahlreflexionen gibt, unterstützt wurde.

2018 hat die PTB ein VRG 2 reaktiviert und damit 300 Fahrzeug-Durchfahrten an der heutigen, Piezosensor-basierten Referenzanlage gemessen. Es ergab sich eine Standardabweichung von 0,70 km/h bei Maximalabweichungen von -1,98 km/h bzw. +2,09 km/h. Auch heute noch hält das VRG 2, reaktiviert nach Jahrzehnten im Gerätearchiv, die Verkehrsfehlergrenzen mühelos ein!

Literatur

- [1] Zahlen des Statistischen Bundesamtes
- [2] DER SPIEGEL, Ausgabe vom 17.10.1956, S. 22–31
- [3] § 1 der Verordnung zur Änderung der Straßenverkehrs-Ordnung. Vom 25. Juli 1957. BGBl. 1957 Teil I, S. 780
- [4] F.-W. Rosemeier, Einführung in die Verkehrs-Radar-Meßtechnik, Carl Heymanns Verlag KG (Köln 1962)
- [5] H. Lueg, W. Schallehn, H. Toedter, Das Telefunken-Verkehrsradar, Elektrotechnische Zeitschrift B 10 (10), 385–390 (1958)
- [6] PTB, „Zulassung zur Beglaubigung der Bauart [des] Geschwindigkeitsmessgerätes Typ „Verkehrsradar“ VRG 2 mit Fotozusatzeinrichtung“, Gesch.Nr. 29022/58 I B/K, 2.12.1958
- [7] K. Busch, Ortsfeste, von mechanischen Kontakten begrenzte Meßstrecke zur Bestimmung von Fahrzeuggeschwindigkeiten, Z. Instr. 69, S. 250–254 (1961)

120 Jahre Verkehrsüberwachung und Geschwindigkeitslimits

Kurt Möser*

Die Überwachung des Straßenverkehrs und der Erlass von Vorschriften zur Begrenzung der Geschwindigkeit sind viel älter als das Auto. Schon im „biogenen“ Verkehr, mit Menschen und Pferden auf der Straße, musste an manchen Orten das Geschwindigkeitspotenzial von Kutschen und Reitpferden eingeschränkt werden. Denn Pferde waren nicht nur gefährliche Verkehrsteilnehmer – das „Durchgehen“ dieses Fluchttiers kam häufig vor, wobei die Folgeschäden oft beträchtlich waren –, sondern sie waren auch schnell: Um 1900 lag der Weltrekord für Traber bei 50 km/h. Galoppierende Pferde waren noch schneller, Einspänner fuhren immerhin 25–30 km/h. Fast alle Städte in Europa schrieben zeitweise oder örtliche Verbote aus, etwa gegen das Galoppieren. Durch die drei Schrittararten des Pferdes war dies recht leicht zu überwachen. Das „Veloziped“ schließlich brachte ein beträchtliches systemstörendes Geschwindigkeitspotenzial in das System ein, als Fahrräder nach 1890 sich ausbreiteten. Zuerst Hochräder, dann auch die „Sicherheits“-Niederräder waren oft schneller als Pferde, gefährdeten den oft noch recht gemächlichen Verkehr und standen schon im Zentrum von Konflikten um Geschwindigkeit und Überwachung, die sich später, nach der Ausbreitung der Automobile, verschärften.

Die Erfahrungen im Umgang mit der früher eingeführten Mobilitätsmaschine und deren Disziplinierung wurden nun für das Automobil aktiviert. So durften die neuen Mobilitätsmaschinen, betrieben mit „elementarer Kraft“, wie es in den badischen Verkehrsvorschriften hieß, nicht die Geschwindigkeit eines „mäßig trabenden Pferdes“ überschreiten. Der erste Maßstab der Begrenzung war also kein abstraktes, zahlenbestimmtes Geschwindigkeitsmaß, sondern ein an den biologischen „Motoren“ orientiertes. Dies war eine gemeinsame, wenn auch unpräzise Kategorie von Nutzern und Überwachern.

Doch sobald die Limits quantifiziert wurden, gab es Probleme. Die Vielzahl regionaler Geschwindigkeits- und Fahrregeln machte es den Automobilisten schwer, sich anzupassen. Die 25 Einzelstaaten und drei Hansestädte im Deutschen Reich formulierten jeweils eigene „Fahr-

reglemente“, die allenfalls in den Amtsblättern veröffentlicht, sonst aber kaum bekannt gemacht wurden. Schilder wurden zwar 1910 eingeführt, aber ein reichseinheitliches Beschilderungssystem, das von den Behörden aufgestellt und exklusiv betreut wurde, gab es erst in der Weimarer Republik ab 1923. Automobilclubs und -zeitschriften halfen hier, indem eigene Schilder aufgestellt wurden und für die Reise- und Routenbeschreibungen auch die Gebietsregeln genannt wurden. Aber prinzipiell bestand Unsicherheit bezüglich der kleinstaatlichen Bestimmungen, und auch Unklarheit über Grad und Art der Überwachung. Eine konsistente Beschilderung löste die Konflikte nicht, ebenso wenig wie eine Vereinheitlichung der vielen unterschiedlichen Geschwindigkeitsregelungen: 1910 wurde die höchstzulässige Geschwindigkeit innerorts erstmals reichseinheitlich geregelt. In geschlossenen Ortsteilen betrug sie 15 km/h für Pkw.

* Prof. Dr. Kurt Möser, Institut für Geschichte, Karlsruher Institut für Technologie, E-Mail: kurt.moester@kit.edu

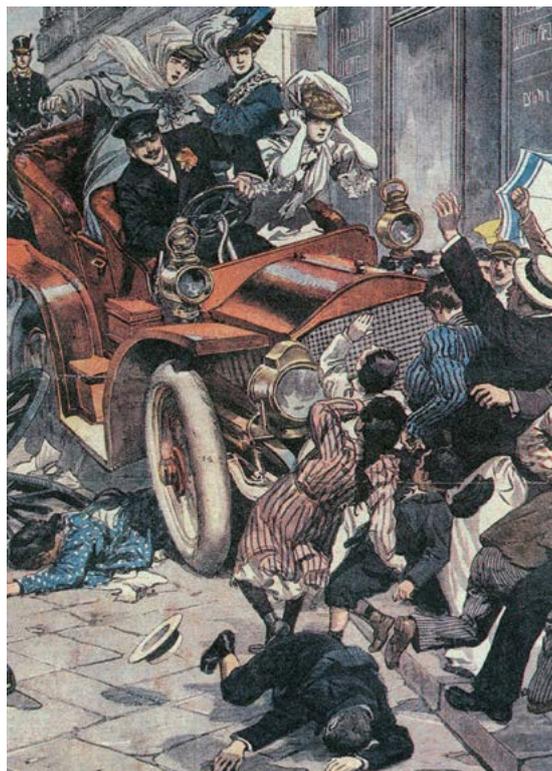


Bild 1: Das Automobil im Straßenverkehr: Konflikte und Unfälle. Illustration um 1905

Überwachen und ahnden

In der Frühzeit war vor allem umstritten, wer den Verkehr kontrollieren sollte und wie kontrolliert werden konnte. Nun gab es noch lange keine Verkehrspolizei; vor der auch organisatorischen Trennung der Polizeiaufgaben kontrollierte die Schutzpolizei oder der Dorfpolizist den Straßenverkehr. Dass ausgerechnet diese Personen kontrollierten und protokollierten, war konfliktträchtig. Geschwindigkeitsübertretungen wurden in der Regel durch Zeugenaussagen von Polizeibeamten bestätigt, die Fälle von nicht weiter quantifiziertem „Rasen“ anzeigten. Geahndet wurden sie von meistens ebenso unmotorisierten Justizbeamten. Die Disziplinierer und Überwacher, die „Organe“ der Justiz- und Polizeibehörden, mussten Geschwindigkeit zuverlässig schätzen lernen, obwohl sie keine unmittelbaren teilnehmenden Erfahrungen

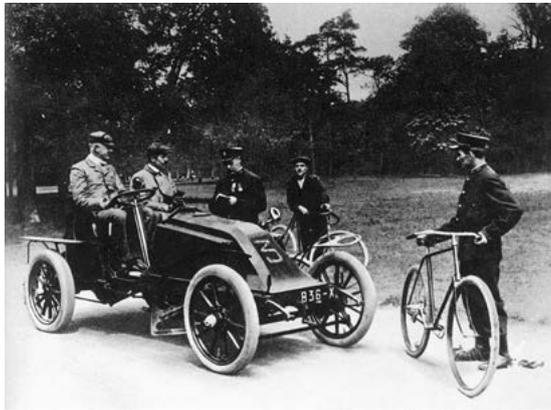


Bild 2:
Die Kontrolleure fahren noch Rad: Frankreich, um 1910



Bild 3:
Eine (gestellte) Standardsituation der Überwachung: Großbritannien, um 1910

besaßen – Dorfpolizisten fuhren bis in die 1950er-Jahre in Deutschland Rad, städtische Richter mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Die frühen Automobilisten sprachen solchen Nichtnutzern von Autos Fähigkeiten und Erfahrungen zur Beurteilung der Geschwindigkeit von Motorfahrzeugen ab. Die angebliche Inkompetenz oder gar Ignoranz der nicht-autofahrenden Gendarmen und Richter war ein stets wiederkehrender Vorwurf automobil Delinquenten.

Dagegen meinten sehr viele Fahrer, bei ihnen sei ein „Geschwindigkeitssinn“ besonders ausgeprägt, der sich durch das Umgehen mit hohen Geschwindigkeiten und das kompetente, geistesgegenwärtige Handhaben der Mobilitätsmaschine entwickelt habe und der bei den unteren Klassen schlicht fehle. Dieser Geschwindigkeitssinn wurde beschrieben als Qualität moderner, technikaffiner und techniknutzender Personen – Eliten, die schon vor dem Fahren von Autos durch Radfahren, Reiten oder Segeln geschwindigkeitssozialisiert worden waren. Dazu beanspruchten die Automobilisten-Eliten für sich, selbstverantwortlich und verantwortungsvoll mit Geschwindigkeit umzugehen; sie wehrten sich dagegen, „von oben“ diszipliniert zu werden – und das sogar durch „Kleinbürger“! Hier kollidierten die Ansprüche selbstbewusster, reicher Automobilisten mit der Autorität nicht sehr wohlhabender staatlicher „Organe“.

Dies scheint paradox, denn die Eliten im Kaiserreich schätzten sich selbst als die typische obrigkeitstloyale Klasse ein. Im Fall der Verkehrsüberwachung jedoch standen sie in Opposition zum Staat, den sie zu unterstützen vorgaben. Ausgerechnet die „staatstragenden“ Klassen, die frühen Automobilbesitzer, gerieten in einen Konflikt mit staatlichen Autoritäten, nicht die vorgeblich „vaterlandslosen“ Sozialisten.

Schätzen und „Geschwindigkeitssinn“ wurden auch durch Widersprüche widerständiger Fahrer zunehmend diskreditiert. Zunehmend wurden Schätzungen durch Messungen ergänzt und ersetzt, so etwa durch – oft improvisierte – Messstrecken mit Zeitstopverfahren und auch schon durch Fotografien. Fahrzeugtachometer waren bis in die 1920er-Jahre nicht vorgeschrieben und nicht verbreitet und konnten nur als optionales Zubehör gekauft werden. Mit der Entwicklung weg von einer Geschwindigkeitssubjektivität hin zur Objektivierung von Übertretungen wurden nun allerdings die Konflikte nicht weniger; sie änderten aber ihren Charakter.

Straßenkonflikte, soziale Konflikte

Die aus der Überwachung von Geschwindigkeitseinschränkungen sich ergebenden Konflikte und Auseinandersetzungen – von körperlicher Gewalt bis zu Rechtsstreitigkeiten – waren ein Grundpro-

blem der frühen Automobilkultur. Individualismus und „Anarchismus“ auf den Straßen wurden um 1900 weithin beklagt. Beide Seiten hatten ihre Lieblingsthemen: Die Automobilisten machten sich über die „fortschrittsfeindlichen“, altmodischen, rückständigen und gewalttätigen Dörfler und Kleinstädter lustig und fuhren Protesten einfach davon. Für Anwohner waren Automobilisten rücksichtslose, arrogante, reiche Fremde, nicht bereit, aufzupassen und ihre Geschwindigkeit zu mäßigen. Diese Konfrontation eskalierte dann, wenn es zu Unfällen oder Beschädigungen kam, wenn Menschen oder Tiere zu Opfern wurden.

Fahrer nahmen das oft leicht – Reiseberichte in Automobilzeitschriften erwähnten oft sarkastisch oder gar triumphierend die Zahl überfahrener Hunde oder Hühner oder zum Durchgehen gebrachter Pferdegespanne –, die Dorfbewohner nicht. Autoritäten waren bei konkreten Vorfällen selten präsent. Aber auch wenn der Dorfpolizist oder Feldjäger vor Ort war, konnte er die meist verummumten Reisenden auf ihren anonymen, nicht gekennzeichneten Geschwindigkeitsmaschinen weder identifizieren noch aussichtsreich verfolgen. Somit kam es zu zahlreichen Fällen von Selbstjustiz auf der einen und Davonfahren – Unfallflucht – auf der anderen Seite. Und beide Seiten rüsteten auf. Automobilisten berichteten in Clubzeitschriften, dass sie nie ohne Schusswaffen fuhren – die ein Bürger im Kaiserreich noch weitgehend frei kaufen konnte. Manche führten Hundepeitschen oder Hundebomben mit. Dörfler improvisierten dagegen Straßensperren, etwa durch quergestellte Erntewagen; oder sie wurden bei Zwangshalten, wie Pannen, tötlich.

Ein weiteres, heute durchaus virulentes Problem waren informelle Rennen. Immer wieder berichten Autopioniere, wie bei den noch gar nicht häufigen Begegnungen mit anderen Autos ein spontanes Beschleunigen erfolgte und eine Wettfahrt entstand. Man zeigte, „was die Maschine hergibt“ und „fährt vor“. Riskantes Überholen hing damals auch mit dem Zustand der Straßen zusammen: Hinten fahrende Automobilisten mussten bei trockenen Straßen „Staub schlucken“ und fuhren halb blind in der Wirbelschleppe des Vorausfahrenden. Wenig verwunderlich, dass ein Anreiz zum gefährlichen „Vorfahren“ bestand.

Regelungen

Mit der Zunahme des Verkehrs mit „elementarer Kraft“ und mit den skizzierten Konflikten wurden offenbar staatliche Regulierungsanstrengungen notwendig. Nach langen, durchaus erbittert geführten Debatten wurden 1906 die Instrumente zur Pazifizierung und Disziplinierung reichseinheitlich Gesetz, die heute noch den Rahmen für den Betrieb von Kraftfahrzeugen vorgeben:

die Registrierungs- und offene Kennzeichnungspflicht, die es erschwerte, unerkannt nach einem Unfall zu entkommen; und die obligatorische Versicherung der Haftung, die eine Unfallflucht, um finanziellen Forderungen zu entgehen, weniger wahrscheinlich machen sollte. Dazu kamen eine einheitliche, kraftfahrzeugspezifische Besteuerung nach Hubraumgrößen, die die unspezifische Luxussteuer ablöste, und ein amtlicher Befähigungsnachweis für „Kraftwagenführer“. Auch wenn die mächtigen Automobilclubs, voran der KAC (Kaiserliche Automobil-Club), Widerstand leisteten, wurde 1906 dieses Bündel von staatlichen Maßnahmen umgesetzt, das einen Paradigmenwechsel in der Regulation des Individualverkehrs darstellte.

Carl Benz und das badische Geschwindigkeitslimit

Die Spannung zwischen der staatlichen Regulierung und dem Geschwindigkeitspotenzial der jungen Motorfahrzeuge eskalierte schon früh, etwa um 1888. Carl Benz erzählt in seiner Autobiografie, wie sein „Fahrmeister“ Tum damals zwei hohe badische Regierungsbeamte vom Bahnhof abholte. Er hielt sich, von Benz strikt angewiesen, an die in Mannheim geltenden Geschwindigkeitsregeln von 6 km/h inner- und 12 km/h außerorts. Die Beamten fragten Tum, ob er nicht schneller fahren könne. „Können tu ich's schon,“ sagte der Mann am Steuer, „aber ich darf nicht, es ist polizeilich verboten.“ „Ei was, fahren Sie einmal zu, sonst fährt uns ja jede Milchkutsch' vor.“ Diese Anekdote beschreibt eine Standardsituation des Spiels zwischen Geschwindigkeitspotenzial und regulierender Limitierung dieses Potenzials, zwischen individuellen Mobilitätsmöglichkeiten und staatlich-autoritären Regulativen, zwischen Freiheitsanspruch des mobilen Individuums und behördlicher Fürsorge für das Allgemeine, in diesem Fall für das Gesamt-Verkehrssystem. Die Ironie besteht



Bild 4:
„Hundebomben“
für Automobilisten:
Aus dem Stuken-
brock-Versandhaus-
katalog, um 1910

darin, dass die Behördenvertreter in dem Moment, indem sie selbst zu motorisierten Verkehrsteilnehmern werden, ihre Rollen wechseln und das Interesse an der Aufhebung von Limits vertreten.

Konflikttypen

Die frühen Konflikte zwischen „rasenden“ Fahrern und Ortsansässigen hatten mehrere Dimensionen. Es ging eben auch um die Definitionsmacht über die Wege: Waren Straßen primär Durchgangswege für den neuen Typus des motorisierten Verkehrs oder doch eher Multinutzungs-Räume für das Leben der Bewohner, als Spielorte der Kinder und als Platz für Tiere? Zudem kamen, zweitens, Klassenkonflikte zum Tragen: Animositäten zwischen den als „neureich“ geschmähten, oft städtischen Automobilisten, den „Protzern“ und „Rasern“, die sich häufig aus sowieso arrogant geltenden Gruppen rekrutierten – Offiziere, niederer Adel, Industriellensöhne, reiche Bohème –, und den bodenständigen Bauern oder Arbeitern, die zu Fuß gehen mussten. Zu diesem Sozialneid kam

ein Drittes: regionale Konflikte. Das Kaiserreich war stärker durch Gegensätze zwischen Nord- und Süddeutschland geprägt, als es in der Rückschau scheint. Durchreisende Automobiltouristen aus „Preußen“ hatten beispielsweise in abgelegeneren bayerischen Regionen keinen guten Stand und waren steinwerfenden Jugendlichen oder übergriffigen Kutschern ausgesetzt.

Dass gerade am Automobil latente Konflikte der sich transformierenden Industriegesellschaft ausagiert wurden – Stadt versus Land, höhere versus niedere Klassen, schneller versus bodenständiger Verkehr, Neues gegen Traditionelles –, ist sehr bezeichnend: Durch die gesamte Geschichte des Autos zieht sich ein Strang, das Auto symbolisch aufzuladen und die Konflikte um seine Nutzung als prinzipiellen politisch-gesellschaftlichen Konflikt sowohl innerhalb der Gesellschaft als auch zwischen Bürger und Staat zu konstruieren.

Von den 1920er-Jahren bis zur Wiedervereinigung

In den 1920er-Jahren milderten sich manche Konflikte ab, zumal Motorfahrzeuge normaler wurden – vor allem durch den Modernisierungsschub, den der Erste Weltkrieg darstellte – und Motorräder als erste „Volksfahrzeuge“ einen Boom erlebten. Die Probleme der Überwachung milderten sich jedoch kaum. Eine Tendenz zur stärkeren Motorfahrzeug-Nutzung der Straßen zeichnete sich aber ab, und damit eine Reduktion der konflikt- und gefahrträchtigen Multifunktionalität des Verkehrsraumes. Das Neue gewann langsam an Boden. Das erforderte von den Verlierern besondere Anpassungsleistungen: Verkehrserziehung für

Bild 5:
Geschwindigkeitsfaszination. Der französische Konstrukteur Marcel Renault auf seinem selbst konstruierten Rennwagen, um 1905

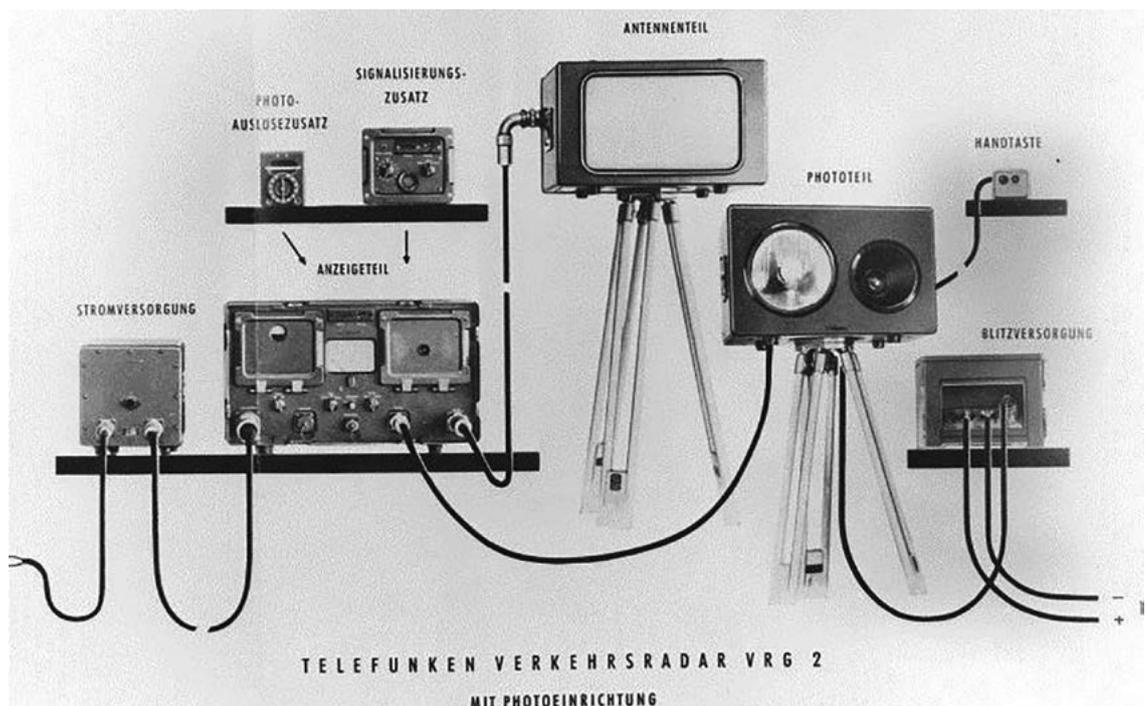


Bild 5a:
Die Anfänge der Radarmessung. VRG 2 mit Fotoanlage

erwachsene Fußgänger und Radler und für Kinder fand nun statt, und man gewöhnte sich an dichten Verkehr.

Die vielleicht bedeutsamste Zäsur im Regeln, Überwachen und Bestrafen des motorisierten Verkehrs kam mit der Regierungsübernahme der Nationalsozialisten. Hitler proklamierte in seiner Rede bei der Internationalen Automobilausstellung 1934 ein radikales Programm zur Förderung des Automobils. Dazu gehörte die Abschaffung der Automobilsteuer und der Fahrschulpflicht, ein eigenes NS-Kraftfahrkorps, der forcierte Bau von „Nur-Autostraßen“ und die Verkündung des Baus eines „Wagens für die Volksgenossen“. Als weitere, durchaus zentrale Maßnahme im Bündel zur Förderung der Individualmotorisierung erfolgte der weitgehende Abbau der Verkehrsüberwachung, zusammen mit einer Abschaffung der allgemeinen Höchstgeschwindigkeit für Motorfahrzeuge.

Für Autobahnen, geplant nach dem Vorbild der mehrspurigen Motorstraßen im faschistischen Italien und nach Vorarbeiten durch deutsche Unternehmungen wie die „HAFRABA“ oder „Gezuvor“, sollte prinzipbedingt sowieso keine Geschwindigkeitsbegrenzung bestehen. Paradoxerweise überforderte dies die damaligen, für andere Fahrweisen auf kurvigeren, heterogeneren Straßen technisch optimierten Wagen. Sie hielten hohe Dauergeschwindigkeiten nicht aus, überhitzten, verschlissen schnell, brachen mechanisch zusammen – sie waren nicht „autobahnfest“. Erst gegen Ende der 1930er Jahre lieferte die deutsche Industrie Autos, die sehr lange schnell fahren konnten. Typisch dafür waren stromlinienförmige Wagen wie der „Autobahnadler“ von 1937. Die neuen Hochgeschwindigkeitsstraßen, neue Autoauslegungen und die staatliche Erlaubnis zum Schnellfahren ko-evolutionierten. Überwachung hatte in diesem System der radikalen NS-Autobevorzugung keinen Platz.

Doch das war eine recht kurze Phase. Sehr stark steigende Unfallraten einerseits und knappe Kraftstoffressourcen durch die Erfordernisse der Aufrüstung, Autarkiebestrebungen und Kriegsvorbereitungen andererseits erforderten, dass 1938 wieder Geschwindigkeitslimits eingeführt und überwacht wurden.

Nach dem Kriegsende gab es in den Westzonen wiederum eine anarchische Phase, in der die Besatzungstruppen schnell fahren durften – und dies auch taten –, und die Besiegten zu Fußgängern wurden. Auch hier waren hohe Unfallzahlen der Preis. So starb etwa der amerikanische General George S. Patton bei einem Autounfall in Mannheim. Die Überwachung durch die Militärpolizei erwies sich als wenig effizient.

Im Nachkriegsdeutschland war die Ausgestaltung und staatlich-gesellschaftliche Entwicklung von Verkehrsregulativen und deren Überwachung

durch die Gegensätze der Systeme im Kalten Krieg mitgeprägt. In der frühen Bundesrepublik wurde mit dem Argument der individuellen Verantwortung des einzelnen Fahrers, die den Grundsätzen eines freiheitlichen und demokratischen Staates entsprechen sollte, auf ein Limit verzichtet und der Verkehrsüberwachung kein Gewicht zugemessen. Von der früheren, von vielen Fahrern noch erlebten Freigabe von 1933 war allerdings nicht die Rede. Im Gegenteil: In der frühen Bundesrepublik war die Geschwindigkeitsdebatte in die Abgrenzung von den beiden totalitären Regimen, vom Nationalsozialismus und vom „Ostzonen“-Sozialismus, eingebunden. Beide wurden portraitiert als Regimes, die ihre undemokratische, autoritäre Kontroll-Lust gerade im Straßenverkehr ausagierten.

Das Image eines endlich befreiten Individualstraßenverkehrs wurde so schon früh mit der neuen demokratischen Identität der Bundesrepublik verknüpft. Der ADAC verlieh, sehr geschichtsvergessen, dem späteren Tempolimitgesetz das „Odium eines ‚Nazigesetzes‘“, wie Dietmar Klenke schrieb. Freiheit und freie Fahrt im Westen versus Überwachungsstaat und strikte Verkehrskontrolle im totalitären Osten – bei dieser Konfrontation kam der Verkehrspolitik wieder einmal ein symbolisch-politischer Wert zu.

Der Kontrast bestand aber durchaus praktisch; er wurde für westdeutsche Reisende auf den Transitautobahnen nach Westberlin besonders evident. Dort wurde das DDR-Limit von 100 km/h strikt überwacht. Die Volkspolizisten, auch schon bald mit Radartechnik ausgerüstet, kontrollierten engmaschiger und traten autoritärer auf als die bundesrepublikanische Verkehrspolizei. Strafen wurden sofort und in Westmark kassiert – neben der Disziplinierung der kapitalistischen Fahrer auch ein willkommener Zugewinn an Devisen für die DDR-Regierung.

Widerstände

Dieser letzte Vorwurf – es ginge den überwachenden Organen gar nicht wirklich um die Disziplinierung und die sicherheitsfördernde Kontrolle des Verkehrs, sondern um ein bloßes „Abkassieren“ – begleitet alle strafenden Verkehrsüberwachungsmaßnahmen in der Geschichte des Verkehrs. Von den frühen „Wegelagereien“ durch Gendarmen über den autoritären, geldgierigen Squire in Kiplings Geschichte „The Village that Voted the Earth was Flat“ von 1913, die „Radarfallen“-Bezeichnungen der 1960er Jahre bis zu den Debatten um aktuelle, effizientere Überwachungsmethoden zieht sich dieser Vorwurf durch mindestens 120 Jahre. Diffamierende Begriffe sind damit ebenso verbunden wie Aggressionen gegen das verhasste Objekt im Zentrum: das Radar – auch wenn die Technik seitdem sehr stark weiterentwickelt wurde, mit

impulsgebenden Messkabeln, Lichtschranken, Dopplerradar, Infrarotgeräten, Laser oder Lidar.

Gegen Verkehrsüberwachungsgeräte werden nicht nur verbale Attacken ausgeführt, sondern auch konkrete Angriffe. Das Feindobjekt wird beschossen, besprüht, zerstört. Und es wird ins Zentrum populärer Geschichten gestellt: Es wird zum Gegenstand von Alltagsmythen und moderner Folklore. Dazu gehören auch Geschichten von Hase- und Igel-Aktionen, von Tarnen und Verstecken, von Warnen und Austricksen als Spiel



Bild 6:
VW-Transporter
mit eingebautem
Verkehrsradar



Bild 7:
Verkehrsüber-
wachung durch
Volkspolizisten,
um 1975



Bild 8:
Die Überwachungs-
kultur findet Ein-
gang ins Kinderzim-
mer; Playmobil,
um 1990

beider Seiten, der Überwacher wie der subversiven automobilen Aktivisten. Dabei wird die eingesetzte Technik der Polizei durch Technikeinsatz wie Radarwarner oder Reflexfolien gekontert – jenseits der Disziplinierungs- oder Sicherheitsmotive oder möglicher ökonomischer Faktoren. Und Überwachungsanlagen werden zum Ziel politisch motivierter Proteste: Ende 2018 zerstörten die französischen „Gelbwesten“ etwa 70 % aller stationären Geräte des Landes.

Anfangs, um 1960, als die ersten stationären und beweglichen Radaranlagen eingeführt wurden, war das öffentliche Image aber noch durchaus ein anderes. Radar galt, in diesen Jahren der Begeisterung für Hochtechnologie und für Zukunftstechnik, als Ausprägung von Modernität, von respektierter Wandertechnik. Die ersten populären Bücher über die Radarentwicklung und deren kriegsrelevante Rolle erschienen und wurden Bestseller, wie etwa Cajus Bekkers „Augen durch Nacht und Nebel“. Verkehrsüberwachungsradars waren „ziviler Mißbrauch von Heeresgerät“, so der Freiburger Kulturforscher Friedrich Kittler.

Geschwindigkeitskulturen

Technische Geräte und Gegenstände sind nie nur technisch. Die aktuelle Technikgeschichte reflektiert stets auch ihre gesellschaftliche und kulturelle Einbettung mit, und ebenso den Nutzer – oder diejenigen, die der Technik ausgesetzt sind. Die Mobilitätskulturen sind hier ein Paradebeispiel. Denn Geschwindigkeit und Moderne, die Ausprägung neuer menschlicher Fähigkeiten und die Anforderungen des Straßenverkehrs mit der Notwendigkeit rascher Entscheidungen, Geistesgegenwart und präsenter Gefahr wurden seit der Frühzeit des Automobils häufig miteinander in Verbindung gebracht. Solche Vorstellungen haben in der Automobilgeschichte deutliche Spuren hinterlassen. Sie finden sich bis heute mitunter bei denen, die sich nach Geschwindigkeitsübertretungen ihrer herausragenden Kompetenz rühmen, ihrer einzigartigen Fähigkeiten, im Straßenverkehr gerade auch bei (zu) hohen Geschwindigkeiten verantwortlich – heißt: verantwortlicher als andere Verkehrsteilnehmer – zu handeln, also elitäre Qualitäten zu besitzen.

Umgehen mit hohen Geschwindigkeiten erscheint etwa auch für Ernst Jünger in seinem Werk „Der Arbeiter“ als Merkmal des modernen techniksozialisierten „Typus“. Er verortet ihn da, „wo die Nähe des Todes im Zusammenhange mit hohen Geschwindigkeiten erscheint. Die Geschwindigkeit erzeugt eine Art von nüchternem Rausch, und ein Rudel von Rennfahrern, von denen jeder Einzelne wie eine Puppe am Steuer sitzt, gibt einen Eindruck der seltsamen Mischung von Präzision und Gefahr, die für die gesteigerten

Bewegungen des Typus eigentümlich ist.“ Und der Philosoph Paul Virilio sieht Beschleunigung und Geschwindigkeit als konstitutives Merkmal modernen Bewusstseins. Er propagiert eine neue Wissenschaft der Geschwindigkeitskultur, eine „Dromologie“. Geschwindigkeits- und Modernisierungsdebatten sind eng verzahnt.

Fazit

Zusammengefasst ergeben sich für die Kulturgeschichte der Mobilität einige lange Trends und einige fortdauernde Probleme und Konflikte. Verkehrsüberwachung und Geschwindigkeitskontrolle ko-evolutionierten mit der allgemeinen Verkehrsentwicklung. Sie standen und stehen im Schnittpunkt von Technikentwicklung, Technikpolitik, Verkehrspolitik, gesellschaftlichen Anforderungen, gesellschaftlichem Handeln und Aushandeln, und mit den jeweils damit verbundenen Konflikten. Wir haben es mit mindestens 120 Jahren des verblüffenden Gleichklangs der Argumente zu tun. Dazu gehört etwa ein fortdauernder Argwohn gegenüber dem potenziell bevormundenden Staat, der seinen Bürgern die Fähigkeit zur Selbstverantwortung – das heißt: der Selbstverantwortlichkeit am Steuer – abspricht. Die ist eine Position gegen angeblich „pauschale“ Geschwindigkeitsbeschränkungen, wie sie auch heute in Leserbriefen und Bürgerkommentaren durchwegs noch vertreten wird.

Der Anspruch der Fahrerinnen und Fahrer, selbst eine „angepasste“ Geschwindigkeit einschätzen zu können und sich freizumachen von übergeordneten Regeln, zieht sich also durch die Mobilitätsgeschichte, ebenso wie eine mangelnde Akzeptanz von Überwachungsprozessen speziell auf diesem Gebiet. Diese (verkehrs-)politische Korrelation zwischen freiheitlicher Selbstverantwortung und Entscheidungsfreiheit beim individuellen Fahren kulminiert schließlich im bekannten Slogan „Freie Fahrt für freie Bürger“, der in der Debatte um die Beibehaltung oder die Aufhebung der Geschwindigkeitsbegrenzungen nach den beiden Ölkrisen von 1973 und 1979 formuliert worden war. Kombiniert wird dies häufig mit dem Vorwurf, das Hauptmotiv der Überwachung sei doch nur „Geldschneiderei“ der Kommunen. Die Debatte, ob Sicherheit durch Disziplinierung erhöht werden könne, scheint – trotz recht eindeutiger empirischer Resultate – in der Öffentlichkeit immer noch nicht entschieden. Der Grundkonflikt von individuellen Ansprüchen und kollektiven Interessen bei der Teilnahme am Massenverkehr, die Balance zwischen Disziplinieren, Regulieren, Überwachen und Strafen einerseits und Eigenverantwortungsansprüchen und „Freiheits“-Ideen andererseits, zieht sich durch 120 Jahre des Gebrauchs unseres Kultobjekts.



Bild 9:
Die Folklore der
Überwachung;
Karikatur um 1980

Literatur

- [1] Benz, C., *Lebensfahrt eines Erfinders* (1925)
- [2] Borscheid, P., *Das Tempo-Virus. Eine Geschichte der Beschleunigung* (2004)
- [3] Klenke, D., *Freier Stau für freie Bürger – die Geschichte der bundesdeutschen Verkehrspolitik 1949–1994* (1995)
- [4] Merki, Ch. M., *Der holprige Siegeszug des Automobils, 1895–1930. Zur Motorisierung des Straßenverkehrs in Frankreich, Deutschland und der Schweiz* (2002)
- [5] Möser, K., *Geschichte des Autos, Frankfurt/M. / New York* (2002)
- [6] Möser, K., *Fahren und Fliegen in Frieden und Krieg. Kulturen individueller Mobilitätsmaschinen 1880–1930* (2008)
- [7] Virilio, P., *Der negative Horizont. Bewegung, Geschwindigkeit, Beschleunigung* (1995)

Neue PTB-Anforderungen für Geschwindigkeitsmessgeräte

Sigrid Schlange*

Mit den neuen PTB-Anforderungen an Geschwindigkeitsmessgeräte erhalten Hersteller für die verschiedenen Geschwindigkeitsmessgeräteearten standardisierte Dokumente, die technische Anforderungen verständlicher und übersichtlicher darstellen. In den folgenden Abschnitten werden die neuen PTB-Anforderungen vorgestellt und Entwicklungen sowie Faktoren erläutert, die einen Anlass dafür gegeben haben, neue PTB-Anforderungen zu erarbeiten.

Allgemeines zu PTB-Anforderungen

PTB-Anforderungen für verschiedene Geschwindigkeitsmessgerätearten sind Regeln und technische Spezifikationen, die auf dem Mess- und Eichgesetz (MessEG) und der Mess- und Eichverordnung (MessEV) basieren. Sie konkretisieren die wesentlichen Anforderungen aus der MessEV für Geschwindigkeitsmessgeräte und helfen dem Hersteller, diese sicher und effizient umzusetzen.

Auf dem aktuellen Stand der Technik machen PTB-Anforderungen Vorgaben und treffen Aussagen u. a. über die notwendige Beschaffenheit, Fähigkeit und Leistung eines Geschwindigkeitsmessgerätes. Entspricht ein Gerät diesen PTB-Anforderungen, so erfüllt es die formalen grundlegenden Anforderungen des Mess- und Eichrechts und kann daher eine Baumusterprüfbescheinigung

erhalten. Insofern werden die PTB-Anforderungen als Grundlage bei der Beurteilung von Baumustern verwendet.

PTB-Anforderungen beschreiben aber nicht, wie etwas gelöst werden soll. Dadurch hat der Hersteller die Möglichkeit, optimale Lösungen zu erarbeiten, ohne durch konkrete technische Vorgaben in seiner Lösungskompetenz eingeschränkt zu werden. Er besitzt auch die Freiheit, von den PTB-Anforderungen abzuweichen, wenn er im Zuge des Konformitätsbewertungsverfahrens nachweisen kann, dass sein Messgerät die Anforderungen des Mess- und Eichrechts auf andere Weise erfüllt.

PTB-Anforderungen sind Stand der Technik

Die PTB-Anforderungen beruhen auf dem aktuellen Stand der Technik, d. h. auf gesicherten Ergebnissen von Wissenschaft und Technik, gestützt durch die Erfahrung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im gesetzlichen Messwesen.

„Stand der Technik ist das Fachleuten verfügbare Fachwissen, wissenschaftlich begründet, praktisch erprobt und ausreichend bewährt. Dieses Fachwissen braucht noch nicht in Regeln kodifiziert und von der Mehrheit der Fachleute anerkannt zu sein. Es kommt auf das konkrete Wissen der Einzelnen an, als Unternehmen wie als Person.“ [1]

* Sigrid Schlange, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: sigrid.schlange@ptb.de

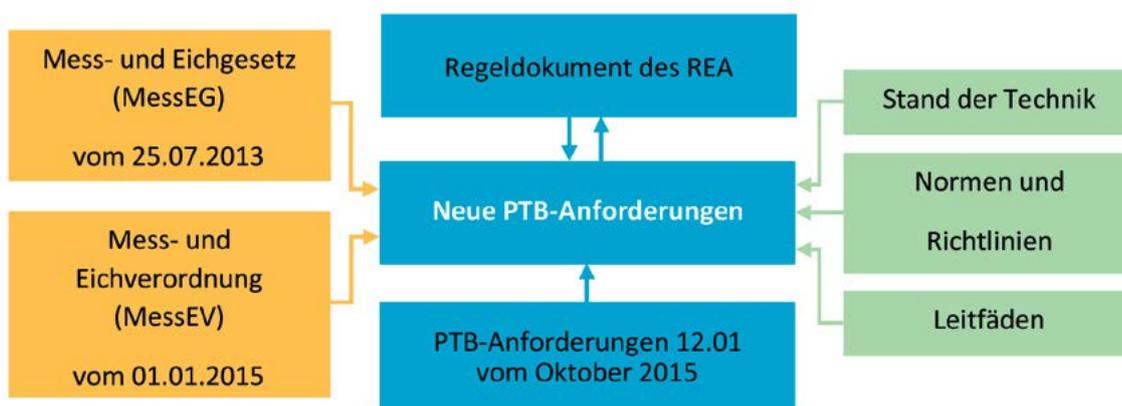


Bild 1: Die PTB-Anforderungen im Zusammenspiel mit den relevanten Regelwerken

Öffentliches Interesse an den PTB-Anforderungen

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt trägt mit standardisierten PTB-Anforderungen an verschiedene Geschwindigkeitsmessgerätearten dazu bei, dass auf nationaler Ebene im Bereich der Verkehrssicherheitstechnik bzw. Verkehrsüberwachungstechnik verlässliche Geräte eingesetzt werden können, die messgenaue Ergebnisse liefern und für das tägliche Leben im Straßenverkehr ein wichtiges Sicherheitsmerkmal darstellen.

An der Messgenauigkeit von Messgeräten und an der Verkehrssicherheit besteht somit ein öffentliches Interesse, das über die Gesetzgebung auf Grundlage des Mess- und Eichgesetzes sowie der Mess- und Eichverordnung gewahrt wird.

Gesetzliche Veränderungen

Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle ein Überblick über die gesetzlichen Veränderungen in den letzten Jahren gegeben werden.

Am 25.7.2013 trat das neue Mess- und Eichgesetz (MessEG) in Kraft, und mit Wirkung vom 1.1.2015 wurde die Eichordnung (EO) durch die neue Mess- und Eichverordnung (MessEV) mit Anlage 2 MessEV „Anforderungen an Messgeräte“ abgelöst. Dadurch wurde u. a. europäisches Recht umgesetzt.

In einem Punkt bleibt die frühere Eichordnung (in der vom 31.12.2014 geltenden Fassung) jedoch relevant: durch die Definition der Fehlergrenzen für Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte in Abschnitt 11 ihrer Anlage 18. Grundsätzlich könnten diese Grenzen gemäß der neuen Rechtslage auch an anderer Stelle festgelegt werden, z. B. über den Regelermittlungsausschuss nach § 46 MessEG. Bei den neuen PTB-A 12.XX für Geschwindigkeitsmessgeräte (XX=04, 05, ...) wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht (s. u.).

Aus diesen Änderungen der gesetzlichen Grundlage ergab sich der Anlass, die PTB-Anforderungen „12.01 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ vom Oktober 2015 zu verfassen. Diese passen die bisherigen PTB-A 18.11 an die allgemeinen Anforderungen an Messgeräte aus Anlage 2 MessEV an und ersetzen sie insofern für Geräte, die neu konformitätsbewertet werden sollen.

Die PTB-Anforderungen 12.01 vom Oktober 2015 sind bis heute gültig. Jedoch werden sie nun nach und nach strukturell und inhaltlich überarbeitet, wie weiter unten erläutert.

An wen richten sich die PTB-Anforderungen?

Die PTB-Anforderungen richten sich an Hersteller von Geschwindigkeitsmessgeräten, d. h. an

Fachleute auf diesem Gebiet, und setzen deren Fachwissen voraus. Das Niveau der Beschreibungen, der Umfang und die Tiefe der Informationen sind deshalb dieser Zielgruppe angepasst. Wer die PTB-Anforderungen anwendet, folgt Anforderungen, die von Fachleuten aus dem Verkehrswesen erarbeitet worden sind.

Auf sprachlicher Ebene wird in den PTB-Anforderungen eine Terminologie verwendet, die von diesen Fachleuten sicher verstanden werden kann und durch die falsche Textinterpretationen ausgeschlossen werden können [2].

Die PTB-Anforderungen gelten auf nationaler Ebene in der Bundesrepublik Deutschland und sind in deutscher Sprache verfasst.

Vorteile standardisierter PTB-Anforderungen

Eine Standardisierung der einzelnen PTB-Anforderungs-Dokumente für die verschiedenen Geschwindigkeitsmessgerätearten wird durch den gleichen strukturellen Aufbau erreicht. Dadurch wird auf der einen Seite eine effektivere Erstellung der Einzeldokumente ermöglicht und auf der anderen Seite die technische und kommunikative Zusammenarbeit mit den Herstellern im Hinblick auf die spezifische Geschwindigkeitsmessgeräteart erleichtert.

Durch standardisierte PTB-Anforderungs-Dokumente werden die Geschwindigkeitsmessgerätearten gegeneinander abgegrenzt, Anforderungen klar definiert und Verwechslungen vermieden. Dazu tragen auch Definitionen der im Dokument verwendeten Begriffe bei, die eine gegenseitige Verständigung zwischen den Interessenkreisen unterstützen sollen.

Warum soll es neue PTB-Anforderungen geben?

Warum soll es neue PTB-Anforderungen (PTB-A) geben, wenn doch bereits die PTB-Anforderungen „12.01 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ die allgemeinen Anforderungen an Messgeräte aus Anlage 2 MessEV konkretisieren?

Die PTB-A „12.01 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ ist ein umfassendes Dokument, das für verschiedene Arten von Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten gilt.

Mit den neuen PTB-Anforderungs-Dokumenten sollen Verständlichkeit und Übersichtlichkeit durch eine Vereinzelung der PTB-A „12.01 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ in mehrere PTB-Anforderungs-Dokumente 12.XX verbessert werden. Für jede Geschwindigkeitsmessgeräteart wird es in Zukunft separate PTB-Anforderungen geben, die aber in den allgemein zutreffenden Teilen (z. B. Umgebungsbedingungen) identisch sind. Die neuen PTB-Anforderungen erset-

zen dabei schrittweise die noch gültigen PTB-Anforderungen 12.01, beginnend mit den PTB-A „12.04 Verkehrsrädergeräte“.

Dies erfordert ein systematisches Vorgehen. Zunächst wurde eine neue Dokumentstruktur entwickelt, die sich aus dem Regeldokument des Regelermittlungsausschusses (REA), Kapitel 12.4 Verkehrsrädergeräte, und aus der Gliederung von Anlage 2 MessEV ergeben hat. Die neue Gliederung lässt unmittelbar erkennen, dass die in Anlage 2 MessEV gestellten allgemeinen Anforderungen lückenlos durch die konkretisierten PTB-Anforderungen abgedeckt werden. Anschließend wurden die bestehenden (bereits konkretisierten) Anforderungen aus der PTB-A 12.01, soweit sie Verkehrsrädergeräte betreffen, in die Gliederung des neuen Dokumentes eingearbeitet. Teilweise wurden auch Anforderungen präzisiert oder neu festgelegt.

Vorteile der neuen Gliederung

Mithilfe der neuen Gliederung für die zu vereinzelnden PTB-Anforderungen wurde eine einfache Verbindung geschaffen zwischen den technischen Anforderungen, die im neuen PTB-A-Dokument stehen, und den entsprechenden allgemeinen Anforderungen aus der Anlage 2 MessEV. Diese Verbindung ermöglicht dem Leser auf einfache Weise, zu einer Anforderung aus Anlage 2 MessEV die technische Konkretisierung dieser Forderung, die für die jeweilige Messgeräteart festgelegt ist, in den neuen PTB-Anforderungen zu finden.

Übersicht über die Dokumentstruktur

Die Inhaltsübersicht zeigt, wo die Inhalte aus der PTB-A 12.01 in die neuen PTB-A 12.XX eingear-

beitet worden sind, und gibt Aufschluss über die neue Gliederung.

Anforderungen aus der Anlage 2 MessEV wurden wie folgt umgesetzt:

- Anforderungen 1 bis 9 und 11 wurden in den neuen PTB-Anforderungen konkretisiert
- Anforderung 10 ist nicht relevant für Verkehrsmessgeräte und wird daher nicht behandelt
- Anforderung 12 basiert auf:
 - ▷ § 13 Gemeinsame Vorschriften für Kennzeichnungen und Aufschriften von Messgeräten,
 - ▷ § 14 Kennzeichnung von Messgeräten beim Inverkehrbringen und
 - ▷ § 15 Aufschriften auf Messgeräten in der Mess- und Eichverordnung.

Inhaltliche Änderungen bei den neuen PTB-Anforderungen

Bei den inhaltlichen Änderungen gibt es Unterschiede in Bezug auf die Anforderungen der Fehlergrenzen und Unterschiede bei den technischen Anforderungen.

Die in Anlage 18-11 EO konkretisierten Fehlergrenzen wurden in die neuen PTB-Anforderungen aufgenommen (siehe PTB-A 12.04, Kapitel 1.1.1). Damit fällt künftig der Verweis auf die Anlage 18, Abschnitt 11 der Eichordnung weg.

PTB-A 12.01		PTB-A 12.XX (XX = 04, 05, 06...)	
Kap.	Titel	Kap.	Titel
1	Begriffsbestimmungen	I	Begriffsbestimmungen
2	Funktionen, Anwendungsbereich und Zweck	II	Funktionen, Anwendungsbereich und Zweck
3	Allgemeine Anforderungen an das Messgerät	Teil 1	Konkretisierung der wesentlichen Anforderungen an das Messgerät, Kennzeichnung und Aufschriften Die Gliederung der neuen PTB-A entspricht im Teil 1 der Auflistung der Anforderungen in Anlage 2 MessEV und somit deren Nummerierung, wobei die Kapitelnummern in der neuen PTB-A eine Hierarchieebene tiefer ansetzen.
5	Besondere Anforderungen an Verkehrsrädergeräte		
4	Schulung des Bedienpersonals	Teil 2	Verwenderpflichten In Teil 2 enthalten die PTB-Anforderungen Regeln und Erkenntnisse zur näheren Bestimmung der Pflichten von Personen, die Messgeräte oder Messwerte verwenden.
6	Besondere Anforderungen an Weg-Zeit-Messgeräte		Nicht enthalten
7	Besondere Anforderungen an Laserhandmessgeräte		Nicht enthalten
8	Besondere Anforderungen an Laserscanner-Geschwindigkeitsmessgeräte		Nicht enthalten
9	Besondere Anforderungen an sonstige Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte		Nicht enthalten
10	Vorschriften und Literatur	Anhang	Quellenverzeichnis
11	Anhang: Tabelle zur elektromagnetischen Verträglichkeit	Anhang	Anhang: Tabelle zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)
		Anhang	Anforderungen an das Messprotokoll

Bild 2: Struktur der PTB-A 12.01 im Vergleich zu den neuen PTB-Anforderungen 12.XX (XX = 04, 05, ...)

Die technischen Anforderungen sind zahlreich. Deshalb werden nur die wesentlichen genannt.

- Umgebungstemperaturbereich von mind. 0 °C bis 40 °C auf mind. –20 °C bis 50 °C erhöht (vergleiche PTB-A 12.01: 3.10.1 mit PTB-A 12.XX: 1.1.2.1)
- Neue Anforderung zum Fremdkörperschutz bei Teilen des Verkehrsraddargerätes, die nicht der Witterung ausgesetzt sind (PTB-A 12.XX: 1.1.2.4)
- Neue Anforderung zum Schutz vor senkrecht tropfendem Wasser bei Teilen des Verkehrsraddargerätes, die nicht der Witterung ausgesetzt sind (PTB-A 12.XX: 1.1.2.4)
- Anforderungen an die Richtcharakteristik geändert: Statt 2 % Fehler jetzt nur noch 1 % und Beispiele gestrichen (vergleiche PTB-A 12.01: 5.1.2 mit PTB-A 12.XX: 1.7.2 Richtcharakteristik der Antenne)
- Anforderung an geometrischen Messwinkel geändert: Bedienfehler nun mit aufgenommen und Summe aus Bedienfehler und Gerätefehler auf 1 % begrenzt (vergleiche PTB-A 12.01: 5.1.6 mit PTB-A 12.XX: 1.7.2 Geometrischer Messwinkel)
- Neue Anforderungen zu austauschbaren Baueinheiten (PTB-A 12.XX: 1.8.2)
- Neue Anforderung an Anzeigeeinheit (vergleiche PTB-A 12.01: 3.3.4 mit PTB-A 12.XX: 1.9.1); die Anforderung kann mithilfe eines Live-Mediums erfüllt werden
- Aktualisierung der EMV-Normen im Anhang.

PTB-Arbeitskreis

Der PTB-Arbeitskreis „Geschwindigkeitsmessgeräte“ (PTB-AK) erstellt PTB-Anforderungen für Messgrößen im öffentlichen Verkehr zur amtlichen Überwachung und mit Geltungsbereich auf nationaler Ebene. Wenn die PTB-Anforderungen für eine Geschwindigkeitsmessgeräteart vom PTB-AK und allen einbezogenen Kreisen erarbeitet, geprüft und inhaltlich abgestimmt worden sind, werden sie innerhalb der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Veröffentlichung freigegeben.

Dem PTB-AK gehören Mitglieder aus betroffenen Bereichen im Umfeld der Verkehrsüberwachungsmessgeräte an (PTB, Eichbehörden, Gutachter, Verwender). Vertreter der Justiz, der neu gegründete Bundesverband Verkehrssicher-

heitstechnik (BVST) e. V. und die Hersteller von betroffenen Messgerätearten werden direkt angesprochen und einbezogen.

Durch die breite Basis beim PTB-AK und den Interessenvertretern werden Akzeptanz und Vertrauen in die Anwendbarkeit der PTB-Anforderungen sichergestellt.

Regelermittlungsausschuss

Der Regelermittlungsausschuss (REA) hat nach § 46 MessEG die Aufgabe, auf der Grundlage des Standes der Technik Regeln, Erkenntnisse und technische Spezifikationen zu ermitteln, die Messgeräte betreffen, welche unter das Mess- und Eichrecht fallen. Der REA sammelt Verweise auf diese von ihm identifizierten Dokumente in einem „Regeldokument“ [3], das durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt im Bundesanzeiger veröffentlicht wird und dort über den „Digital Object Identifier“ (DOI) oder über das Internet <https://www.rea.ptb.de> eingesehen werden kann.

Mit der Veröffentlichung tritt eine Vermutungswirkung ein für Messgeräteanforderungen nach § 7 MessEG/MessEV mit Verweis auf § 6 MessEG, Konformitätsbewertungsverfahren nach § 9 MessEV und Verwenderpflichten nach § 34 MessEG und § 24 MessEV.

Zu den für den REA interessanten Regelwerken gehören auch die PTB-Anforderungen. Die PTB reicht daher ihre neu erstellten oder überarbeiteten PTB-Anforderungs-Dokumente beim REA ein. Dieser prüft zunächst, ob alle Beteiligten bei der Setzung der Regeln und Spezifikationen einbezogen worden sind und Konsens unter ihnen besteht. Wenn aus Sicht des REA auch keine inhaltlichen Fragen bestehen, kann er beschließen, diese neue Regel ins Regeldokument aufzunehmen.

Die erste der neu gefassten PTB-Anforderungen, die für Verkehrsraddargeräte, ist mittlerweile dem REA vorgelegt worden. Wenn er zustimmt, werden sie in Kapitel 12.04 des Regeldokumentes als Stand der Technik deklariert.

Ausblick auf weitere PTB-Anforderungen

Mit den PTB-Anforderungen Verkehrsraddargeräte 12.04 hat die Vereinzelung der PTB-A 12.01 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte begonnen. Nach und nach werden alle weiteren von der PTB-A 12.01 erfassten Verkehrsmessgeräte folgen – also insbesondere Laserscanner-Geschwindigkeitsmessgeräte, Laserhandmessgeräte und Weg-Zeit-Messgeräte mit Drucksensoren. Dabei wird dem gleichen Grundkonzept wie bei den neuen PTB-Anforderungen 12.04 Verkehrsraddargeräte gefolgt.

Literatur

- [1] VDI 4500, Technische Dokumentation, Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen, Blatt 1, Dezember 2004, Seite 29, Auszug aus der Begriffsdefinition „Stand der Technik“ im Glossar
- [2] DIN EN 82079-1 (VDE 0039-1) Erstellen von Gebrauchsanleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung – Teil 1: Allgemeine Grundsätze und ausführliche Anforderungen (IEC 82079-1:2012); Deutsche Fassung EN 82079-1:2012, Kap. 4.1.1 Allgemeines, S. 12 und Kommentar Gebrauchsanleitungen nach DIN EN 82079-1, Kap. 4.1 Zielgruppen berücksichtigen, S. 7, Autoren: M. Galbierz et al.
- [3] Regeldokument des Regelermittlungsausschusses, verfügbar unter <https://doi.org/10.7795/510.20181010>

Die Rolle der Eichbehörden im Umfeld der Verkehrsmessgeräte

Sebastian Frenzel*

Bei der amtlichen Überwachung des öffentlichen Straßenverkehrs dürfen grundsätzlich nur geeichte Verkehrsmessgeräte verwendet werden.¹

Zuständig für die Eichung und die metrologische Überwachung dieser Messgeräte und ihrer Messwerte sind die Landeseichbehörden.

Das deutsche gesetzliche Mess- und Eichwesen wird seit dem 1.1.2015 durch das Mess- und Eichgesetz (MessEG) und die Mess- und Eichverordnung (MessEV) geregelt. Mit dieser Neufassung der Rechtsgrundlage wurden nationale Regelungen an europäische Verordnungen angepasst. Außerdem wurde neuen technologischen Entwicklungen und Veränderungen im Marktgeschehen Rechnung getragen. Die Ausführung des MessEG und der MessEV wird durch die Länder vollzogen. Per Zuständigkeitsverordnung beauftragten die Landesregierungen die Eichbehörden mit der Durchführung.

Die in Medien und dem Volksmund üblichen Begrifflichkeiten „Radarfalle“ oder „Radar-Blitzer“ lassen vermuten, dass die Prüferinnen und Prüfer der Eichbehörden allein Spezialisten für die Prüfungen von Verkehrsradargeräten sind. Dem Fachkundigen ist jedoch bekannt, dass sich die Varianten von Messgeräten zur Überwachung des Straßenverkehrs nicht auf RADAR-basierte Messverfahren beschränken. Aufgrund der technologischen Entwicklungen im Bereich der Sensorik und der Informationstechnik ist das funktionale Spektrum der Verkehrsmessgeräte kontinuierlich gewachsen, sodass diese mit verschiedenen Messprinzipien und erweiterten Messfunktionen konstruiert werden können. Mobile Messgeräte messen die Geschwindigkeit mit LASER- oder RADAR-basierten Messverfahren, aber auch mittels photoelektrischer Sensoren. Bei den stationären Geschwindigkeits- und Rotlichtüberwachungsanlagen kommen insbesondere Messgerätevarianten vor, bei denen piezoelektrische, faseroptische oder induktive Sensoren invasiv im Fahrbahnbelag installiert sind. Jedoch verbreiten sich auch bei den stationären Verkehrsüberwachungsanlagen

zunehmend Messgerätevarianten mit berührungsloser Sensorik. Weitere Messgerätearten sind Videonachfahrssysteme in Einsatzfahrzeugen zur Geschwindigkeitsüberwachung im fließenden Verkehr und Verkehrs-Kontrollsysteme, mit denen durch die Aufzeichnung der Verkehrssituationen sowohl Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsdifferenzen (zur Ahndung von „Elefantenrennen“) als auch Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen bestimmt werden.

Aufgrund der Vielzahl von Messgerätearten und -typen, welche sich in ihrer Funktion und ihrem Messprinzip unterscheiden, müssen die Ingenieurinnen und Ingenieure der Eichbehörden hohe Fachkenntnisse und messgerätespezifisches Detailwissen besitzen. Insbesondere durch Fortbildungsveranstaltungen der Deutschen Akademie für Metrologie, bei denen vorwiegend Experten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, der Eichbehörden und der Messgerätehersteller dozierten, werden die Eichbediensteten in die Funktion und die Prüfung neuer Verkehrsmessgeräte eingewiesen.



* Sebastian Frenzel, Landesamt für Mess- und Eichwesen Berlin-Brandenburg, E-Mail: sebastian.frenzel@LME.Berlin-Brandenburg.de

Bild 1: Prüfung einer stationären Geschwindigkeitsüberwachungsanlage. Im Rahmen der Eichung wird die ordnungsgemäße Beschaffenheit der im Außengehäuse verbauten Komponenten kontrolliert.

¹ Gemäß § 37 Abs. 1 Satz 2 MessEG entsprechen konformitätsbewertete Messgeräte für die Dauer der mit dem Inverkehrbringen beginnenden jeweiligen Eichfrist geeichten Messgeräten.

Eichung und Befundprüfung von Verkehrsmessgeräten

Messgeräte für die amtliche Überwachung des öffentlichen Straßenverkehrs dürfen nach deutschem Eichrecht nicht ungeeicht verwendet werden (§ 37 Abs. 1 MessEG). Die Eichung ist ein Verwaltungsakt, welcher aus der eichtechnischen Prüfung und dem Aufbringen der Eichkennzeichen besteht.

Zuständig für die Eichung sind die Eichbehörden der Länder. Deren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter prüfen die vorgestellten Messgeräte auf formale und messtechnische Anforderungen.

Bei der Prüfung auf Einhaltung der formalen Anforderungen werden insbesondere der Aufbau und der Zustand des Messgerätes begutachtet. Es wird geprüft, ob dessen Ausführung den in Vorschriften und Bauartzulassungen bzw. Baumusterprüfbescheinigungen aufgeführten Bauanforderungen entspricht. Aber auch die richtige Ausführung der Kennzeichnung und der Aufschriften auf dem Messgerät sind unter anderem Bestandteil der Prüfung.

Erfüllt das Verkehrsmessgerät die formalen Anforderungen, folgt die messtechnische Prüfung. Bei dieser werden vor allem Anforderungen an die messtechnische Genauigkeit des Messgerätes

geprüft. Außerdem werden weitere messtechnische Kennwerte ermittelt, wie z. B. solche, die den Zustand der Messsensorik beschreiben und quantifizieren.

Sind sowohl die formalen als auch die messtechnischen Anforderungen erfüllt, erhält das geprüfte Verkehrsmessgerät das Eichkennzeichen und darf für die Dauer der in der MessEV festgelegten Eichfrist verwendet werden (Geschwindigkeitsmessgeräte 1 Jahr, Rotlichtüberwachungsanlagen 2 Jahre).

Für Fälle, in denen Zweifel an der Messrichtigkeit des geeichten Verkehrsmessgerätes bestehen, kann derjenige, der ein begründetes Interesse darlegt, bei der zuständigen Eichbehörde eine Befundprüfung beantragen. Bei dieser wird unter Berücksichtigung der Verwendungssituation festgestellt, ob das Messgerät die eichrechtlichen Anforderungen inklusive der Verkehrsfehlergrenzen erfüllt.

Metrologische Überwachung von Verkehrsmessgeräten

Die behördlichen Überwachungstätigkeiten im gesetzlichen Mess- und Eichwesen umfassen zum einen die „Marktüberwachung“ von in Verkehr gebrachten Produkten und zum anderen die Überwachung der Verwendung von Messgeräten und

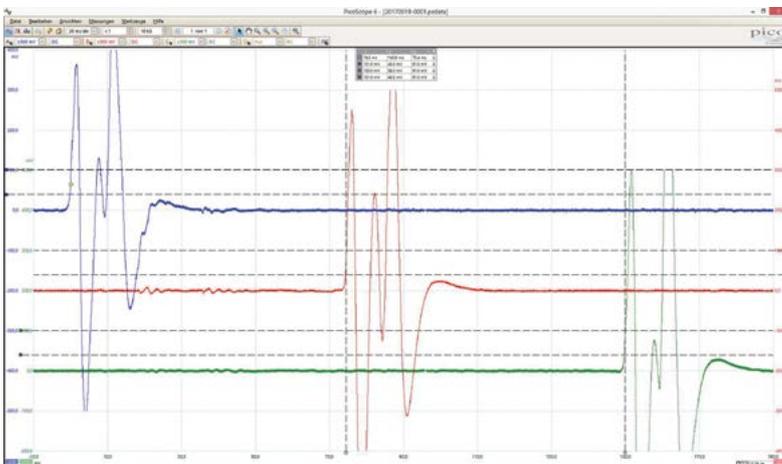


Bild 2: Signalverläufe piezoelektrischer Sensoren einer stationären Geschwindigkeitsüberwachungsanlage. Im Rahmen der messtechnischen Prüfung einer Geschwindigkeitsüberwachungsanlage mit in der Fahrbahn invasiv verlegten piezoelektrischen Sensoren als Messbasis wird der elektrische Zustand der Sensoren bewertet. Die Sensoren sind in einem definierten Abstand hintereinander angeordnet. Es werden die bei Fahrzeugüberfahrten erzeugten Signalverläufe der piezoelektrischen Sensoren aufgezeichnet und bezüglich ihrer Signalthöhe und auftretender Störsignale (z. B. Störpegel durch Radlastschwankungen und Netzeinstreuungen) bewertet. Mittels der aufgezeichneten Signale wird der vorliegende Geschwindigkeitswert berechnet und mit dem Referenzmessgerät verglichen.

Bild 3: Kennzeichen der Eichbehörden. Das Messgerät wird mit dem Eichkennzeichen als geeicht gekennzeichnet. Durch das Aufbringen von Sicherungszeichen sind die Messgeräte gegen ein unbefugtes Öffnen zu schützen. Das Zusatzzeichen kann optional an einer gut sichtbaren Stelle am Messgerät angebracht werden.

Kennzeichnung der Messgeräte bei der Eichung

Eichkennzeichen	Sicherungszeichen	Zusatzzeichen
 <p>Jahr, in dem die Eichfrist beginnt</p> <p>Kennung der Eichaufsichtsbehörde: z.B. BB = Berlin-Brandenburg</p>  <p>Buchstabe D für Deutschland</p>	 	 

Messwerten – „Verwendungsüberwachung“.

Durch geeignete und angemessene behördliche Überwachungsaktivitäten im Rahmen der Marktüberwachung wird überprüft, ob die in Verkehr gebrachten Verkehrsmessgeräte den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

Die Verwendungsüberwachung durch die Eichbehörden richtet sich sowohl auf die Verwendung der Messgeräte als auch auf die Verwendung der Messwerte. Durch die zuständige Eichbehörde wird u. a. das ordnungsgemäße Aufstellen und Verwenden des Verkehrsmessgerätes nach den Angaben des Herstellers (gem. Gebrauchsanweisung) sowie dessen ordnungsgemäße Kennzeichnung und Sicherung überwacht. Die Überwachungsaufgaben werden, soweit möglich, mit der Durchführung von Eichungen verbunden.

Konformitätsbewertung von Verkehrsmessgeräten

Im Gegensatz zum „altem Eichrecht“ – vor dem 1.1.2015 – ist die Voraussetzung für das Inverkehrbringen von national geregelten Messgeräten wie u. a. Verkehrsmessgeräten eine erfolgreiche Konformitätsbewertung und nicht mehr der hoheitliche Akt der Ersteichung. Mit dem privatrechtlichen Verfahren der Konformitätsbewertung wird die Übereinstimmung des Messgerätes mit den geltenden Anforderungen überprüft und gegebenenfalls bestätigt.

Zur Sicherstellung eines ausreichenden Angebotes für Konformitätsbewertungen wurden bei den Eichbehörden Konformitätsbewertungsstellen angegliedert.

Eine Liste der von den Konformitätsbewertungsstellen der deutschen Eichbehörden angebotenen Konformitätsbewertungsverfahren ist auf der Homepage der Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen (AGME) unter der Rubrik „Fachinformationen“ einsehbar.

Weiterführende Informationen

- [1] www.eichamt.de
- [2] www.agme.de
- [3] www.dam-germany.de
- [4] www.lme.berlin-brandenburg.de



Bild 4: Prüfung eines Laserscanner-basierten Verkehrsmessgerätes auf dem Prüfstand. Die Prüfung des Messgerätes erfolgt auf einem Prüfstand und ist mittels einer speziellen Prüfsoftware teilautomatisiert. Neben Beschaffungsmerkmalen des Messgerätes wie z. B. der Version der aufgespielten Gerätesoftware werden die messtechnischen Eigenschaften des Messgerätes geprüft.

Entwicklung des Softwareprüfprozesses bei Verkehrsmessgeräten

Marko Esche¹, Reinhard Meyer²

1. Einleitende Bemerkungen

Die Softwareprüfung ist seit Jahrzehnten integraler Bestandteil der innerstaatlichen Bauartzulassung bzw. der Baumusterprüfung von Verkehrsmessgeräten. Anlässlich des sechzigjährigen Jubiläums der Erteilung der ersten Zulassung für ein Verkehrsmessgerät durch die PTB soll im Rahmen dieses Artikels die inzwischen über dreißigjährige Geschichte der Softwareprüfung von Verkehrsmessgeräten nachvollzogen werden. Dabei wird insbesondere auf die Weiterentwicklung der gesetzlichen bzw. technischen Anforderungen Bezug genommen und der sich beständig wandelnde Umfang der Softwareprüfung erläutert. So wurden in den späten 1980er-Jahren noch recht einfache Programme für Mikrocontroller geprüft, während seit den frühen 2000er-Jahren Prüfungen von Universal-Betriebssystemen¹ und Applikationssoftware auf Universalcomputern im Vordergrund stehen. Auch auf die zunehmende Bedeutung von Hardwarebausteinen zur sicheren Ausführung kryptografischer Operationen soll in diesem Zusammenhang eingegangen werden. Der restliche Artikel gliedert sich wie folgt: In Abschnitt 2 wird im Rahmen eines historischen Überblicks die Entwicklung der softwaretechnischen Anforderungen an Verkehrsmessgeräte nachvollzogen. Abschnitt 3 umreißt die aktuell zu bewältigenden Herausforderungen bei der Softwareprüfung und skizziert daran angepasste Prüfmethode. Schließlich wird in Abschnitt 4 ein Resümee gezogen und ein kurzer Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen gemacht.

2. Historischer Überblick

2.1 1988 – PTB-Anforderungen 18.11

Die im April 1988 erstmals veröffentlichten PTB-Anforderungen (PTB-A) 18.11 „Messgeräte im Straßenverkehr – Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ [1] formulierten bereits Anforderungen an Schaltungslogik und Programmbausteine. Im

Vordergrund stand dabei die Identität der steuernden Programme der Seriengeräte mit dem bei der PTB hinterlegten und geprüften Baumuster. Weiterhin wurden über die in den PTB-A 18.11 referenzierten PTB-A 50.10 „Digitale Schnittstellen für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen“ [2] Anforderungen an den Schutz offener Schnittstellen bzw. an die Einflussnahme auf Programmbausteine über diese Schnittstellen formuliert. Auch heute noch bilden der Schnittstellenschutz und die Identität der Software die Kernbausteine einer jeden Softwareprüfung. In den ursprünglichen PTB-A 18.11 von 1988 wurde Software zwar nicht explizit erwähnt, dennoch wurden neben der Offenlegung der Schaltungslogik und der Hinterlegung aller Programmbausteine bei der PTB auch regelmäßige RAM- und ROM-Speicherprüfung im laufenden Messbetrieb verlangt. Im Rahmen der Softwareprüfung wurden dementsprechend die eingereichten Quellcodes zur Steuerung von Mikrocontrollern hinsichtlich der korrekten Implementierung bestimmter Algorithmen untersucht. Zusätzlich wurde die Qualität des eingereichten Codes bewertet und die korrekte Einbindung sicherheitsrelevanter Funktionen untersucht. Ende der 1990er-Jahre wurde der Prüfumfang auf die nun auch in Verkehrsmessgeräten immer häufiger eingesetzten Betriebssysteme dahingehend ausgedehnt, dass erstmals die Konfiguration eines Betriebssystems im Rahmen der Bauartzulassung festgeschrieben wurde.

2.2 2005 – Explizite Softwareanforderungen

Ausgelöst durch die 2004 eingeführte europäische Messgeräte-Richtlinie [3] wurde auf europäischer Ebene ein zwischen den Mitgliedsstaaten der EU abgestimmter Leitfaden für Software in Messgeräten (WELMEC-Softwareleitfaden 7.2) [4] erarbeitet. Diese Entwicklung spiegelte sich ein Jahr später in der Neufassung der PTB-A 18.11 wider [5], in denen nun auf die europäischen Anforderungen verwiesen wurde und Verkehrsmessgeräte der höchsten Risikoklasse zugeordnet wurden. Dem-

¹ Dr.-Ing. Marko Esche, Arbeitsgruppe „Metrologische Software“, PTB Berlin, E-Mail: marko.esche@ptb.de;

² Reinhard Meyer, Arbeitsgruppe „Metrologische Software“, PTB Berlin, E-Mail: reinhard.meyer@ptb.de

¹Im Folgenden nur „Betriebssysteme“ genannt.

entsprechend wurde bezüglich des Schutzes der Software, der Prüftiefe und der Übereinstimmung zwischen Baumuster und Seriengerät jeweils das höchste vorgesehene Niveau verlangt. Bezüglich der Übereinstimmung mit dem Baumuster bedeutet dies bis heute eine Bit-zu-Bit-Identität aller Seriengeräte mit dem Baumuster. Neben der bereits erwähnten geforderten Rückwirkungsfreiheit aller Kommunikations- und Bedienschnittstellen wurde nun auch der Schutz übertragener Messdaten durch Signaturen verbindlich festgeschrieben. Die Prüfung der Software wurde dabei durch eine Analyse des Datenflusses an notwendigen Stellen im Quellcode ergänzt. Gleichzeitig wurden ab Mitte der 2000er-Jahre nicht nur Betriebssystemkonfigurationen vorgeschrieben, sondern auch individuelle Betriebssystemmodule hinsichtlich ihrer Zulässigkeit bewertet. In diesen Zeitraum fielen auch die ersten Bewertungen der Komponenten vollwertiger Windows- und Linux-Betriebssysteme.

2.3 2013 – Anforderungen an Betriebssysteme

Im Rahmen der Überarbeitung der PTB-A 18.11 im Jahr 2013 [6] wurde auch die Referenz auf den WELMEC-Softwareleitfaden aktualisiert. In der inzwischen veröffentlichten Ausgabe 5 des Leitfadens [7] wurden auch Anforderungen an Betriebssysteme explizit erwähnt und so das entsprechende Prüfverfahren konkretisiert. Dieses schloss die Identifikation aller den gesetzlichen Anforderungen unterliegenden Betriebssystemkomponenten sowie spezielle Schutzvorkehrungen für die Administration des Betriebssystems ein. Gleichzeitig wurde in der PTB die Analyse und Bewertung von Betriebssystemkonfigurationen weiter ausgebaut, um den Wünschen der Messgerätehersteller bezüglich einer noch größeren Bandbreite einsetzbarer Betriebssysteme zu entsprechen.

2.4 2015 – Kryptografie und Stand der Technik

Zum 1. Januar 2015 trat das neue Mess- und Eichgesetz in Kraft [8]. Dadurch bedingt, wandelte sich die bisherige innerstaatliche Bauartzulassung durch die PTB als Oberbehörde hin zu einer Baumusterprüfung nach Modul B durch die neue Konformitätsbewertungsstelle der PTB. Während zunächst alle alten PTB-A ihre Gültigkeit auch nach neuem Recht behielten, wurden im Oktober 2015 die PTB-A 18.11 ersetzt durch die neuen PTB-A 12.01 [9]. Im Zuge dessen wurde die Referenz auf den nun aktuellen WELMEC-Softwareleitfaden 7.2 Ausgabe 2015 [10] aktualisiert. Daraus resultiert nun die explizite Forderung nach einem Einsatz asymmetrischer Signaturverfahren zum Nachweis von Integrität und Authentizität übertragener Vorfallsdaten. Gleichzeitig wird für Verkehrsmessgeräte verlangt, dass kryptografi-

sches Schlüsselmaterial gemäß den Vorgaben des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) geschützt wird und auch Algorithmen und Schlüssellängen dem Stand der Technik in der IT-Sicherheit genügen. Beides wird Abschnitt 3.2 näher erläutert werden. Bezüglich der Methodik wurde die Betriebssystemprüfung um die Prüfung beliebiger Multi-User-Betriebssysteme erweitert. Gleichzeitig sind Möglichkeiten geschaffen worden, um Zertifikate gemäß Common-Criteria [11] für Kryptografiemodule im Rahmen der Softwareprüfung anzuerkennen bzw. zu berücksichtigen.

3. Aktuelle Herausforderungen

Gegenwärtig lässt sich im Bereich Verkehrsmessgeräte ein Trend hin zum Einsatz von Hardware-unabhängigen Live-Medien zur Anzeige des Messergebnisses beobachten. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die meisten Verkehrsmessgeräte, bedingt durch ihren Einsatzzweck, keine integrierte Hardware-Anzeige besitzen. Das Live-Medium (z. B. eine boot-fähige CD/DVD), auf dem in einem vorkonfigurierten Betriebssystem allein die geprüfte Anzeigesoftware lauffähig ist, gewährleistet stattdessen die reproduzierbare Darstellung des Messergebnisses auf beliebiger Hardware. Für Betriebssysteme auf Messgeräten im Allgemeinen sowie für Live-Betriebssysteme im Besonderen hat die PTB-Arbeitsgruppe 8.51 spezielle technische Anforderungen aus dem Rechtsrahmen abgeleitet, siehe Abschnitt 3.1. Neben der speziellen Härtung von Betriebssystemen steht aktuell auch der Schutz übertragener Messdaten im Fokus der technischen Entwicklung. Um Integrität und Authentizität dieser Daten beim Empfang überprüfbar zu machen, werden zumeist asymmetrische Signaturverfahren eingesetzt. Da in vergleichbaren technologischen Domänen (IT-Sicherheit, Datenschutz) Schlüsselaufbewahrung und Verschlüsselung auf zertifizierten Hardwarebausteinen implementiert sind und so den Stand der Technik definieren, hat die Arbeitsgruppe 8.51 auch für diese Kryptografiemodule die gesetzlichen Anforderungen technisch interpretiert, siehe Abschnitt 3.2. Schließlich bildet die Software-Risikoanalyse ein neues Werkzeug zum Nachweis des Manipulationsschutzes durch Hersteller und Prüfer.

3.1 Betriebssystemprüfung

Da sich der Manipulationsschutz eines Messgeräts auf der Ebene der Softwareapplikation allein nicht ausreichend umsetzen lässt, spielt die eichrechtskonforme Konfiguration von Betriebssystemen eine immer bedeutendere Rolle. Ein Indiz hierfür ist die geplante Aufnahme detaillierter Betriebssystemanforderungen in den international akzeptierten

Softwareleitfaden OIML D31 [12]. Die Grundlage für diese Anforderungen bietet dabei ein Merkblatt (MB05) [13] der PTB-Arbeitsgruppe 8.51, dessen Inhalt im Folgenden kurz skizziert werden soll. Da die WELMEC bereits die Absicht geäußert hat, die entsprechenden Anforderungen in den schon erwähnten Softwareleitfaden 7.2 aufzunehmen, ist auch ihr verpflichtender Einsatz für eine Vielzahl an national und europaweit geregelten Messgeräten absehbar. Die Grundlage einer jeden Betriebssystemabsicherung bieten die Eigenschaften der Hardware als Vertrauensanker. Darauf aufbauend muss sichergestellt werden, dass über den Bootvorgang eine lückenlose Vertrauenskette bis zum Start der rechtlich relevanten Software gewährleistet wird. Weitere Anforderungsböcke beziehen sich auf die Eingrenzung der im Betriebssystem eingesetzten Komponenten (Minimalkonfiguration), um die Anzahl potenzieller Sicherheitslücken zu reduzieren. Gleichzeitig muss der Schutz des Systems während der Verwendung so realisiert sein, dass keine unzulässige Einwirkung während einer Messung möglich ist. Dies schließt neben einer sparsamen Vergabe von Benutzerrechten insbesondere die Rückwirkungsfreiheit der Schnittstellen des Messgeräts auch auf Betriebssystemebene ein. Abschließend muss selbstverständlich sichergestellt werden, dass das System für die Eichaufsichtsbehörden überprüfbar bleibt und Änderungen zu späteren Kontrollzwecken nachweisbar bleiben. Ein weiteres Merkblatt (MB08) [13] bildet die Konkretisierung dieser allgemeinen Anforderungen für die vorstehend genannten Live-Medien als Handlungshilfe für Hersteller ab. Aktuell wird in der Arbeitsgruppe 8.51 an der Entwicklung von Prüfwerkzeugen für Betriebssysteme gearbeitet, um der Prüferin oder dem Prüfer standardisierte Analyseergebnisse zu liefern sowie um die Bearbeitung von monotonen, repetitiven Aufgaben durch eine Automatisierung zu erleichtern.

3.2 Kryptografiemodule

In der Industrie ist es allgemein anerkannt, dass privates Schlüsselmaterial für asymmetrische Verschlüsselungs- und Signaturverfahren eines besonderen Schutzes bedarf, da bei Bekanntwerden solcher Schlüssel kryptografisch signierte Daten beliebig verändert bzw. manipulierte Daten fälschlich einer vertrauenswürdigen Quelle (einem zertifizierten Messgerät) zugeordnet werden könnten. Gleichzeitig bedarf die Implementierung und Ausführung kryptografischer Algorithmen zur Hashberechnung, Verschlüsselung oder Signierung eines Schutzes gegen unzulässige Einflussnahme. Sowohl der Schutz des Schlüssels als auch der Schutz der Algorithmen wird üblicherweise durch sogenannte Kryptografiemodule (TPM, HSM, etc.) umgesetzt. Zur Bewertung und Standardisierung solcher

Module wird im Regelfall der ISO/IEC-Standard 15408 „Common Criteria“ [11] verwendet. Um die Anerkennung solcher Zertifikate im Rahmen von Baumusterprüfverfahren zu ermöglichen, hat die Arbeitsgruppe 8.51 ein Merkblatt (MB10) [13] veröffentlicht, das Mindestanforderungen an die Identifikation des Softwaremoduls, an die kryptografische Stärke der Funktionen und ihre korrekte Implementierung sowie das Vorhandensein aller benötigten kryptografischen Funktionen formuliert. Gleichzeitig wird ein Mindestschutz gegen Defekte und Manipulationen sowie für die Vertraulichkeit des Schlüsselmaterials festgelegt. Gemäß diesem Merkblatt ist es möglich, Prüfergebnisse aus einer Common-Criteria-Zertifizierung eines Kryptografiemoduls wiederzuverwenden und so den Prüfaufwand bei der Konformitätsbewertungsstelle der PTB erheblich zu reduzieren.

3.3 Risikoanalyse

Ein weiterer Prüfungsbestandteil, der durch das neue Mess- und Eichgesetz eingeführt worden ist, ist die verpflichtende Risikoanalyse, die gemäß Anlage 2 MessEV [14] im Rahmen eines Baumusterprüfverfahrens vom Hersteller für jedes Messgerät zu dokumentieren ist. Merkblatt (MB04) [13] der Arbeitsgruppe 8.51 liefert hierfür eine Referenzmethode, die vom Hersteller verwendet werden kann. Mithilfe des auf ISO 27005 und ISO 18045 basierenden Verfahrens können Auswirkungen möglicher IT-Sicherheitslücken in Messgeräten mittels erprobter Methodenblöcke und standardisierter Schemata bewertet werden. Eine vollständige Beschreibung des Verfahrens ist 2015 in [15] publiziert worden. Die Konformitätsbewertungsstelle der PTB selbst nutzt das Verfahren ebenfalls, um bei Bekanntwerden von Sicherheitslücken in Drittanbietersoftware (Betriebssysteme, Datenbanken, Virtualisierungs-umgebungen) die möglichen Risiken für bereits zertifizierte Messgeräte einschätzen zu können, die mit dieser Software ausgestattet sind. In den Fällen, in denen das kalkulierte Risiko ein vorher festgelegtes Niveau übersteigt, werden die Hersteller informiert und schnellstmöglich eine geeignete Gegenmaßnahme im Rahmen einer Revision der Baumusterprüfbescheinigung zertifiziert. Auch hier ist es geplant, bei der zukünftigen Bewertung von Sicherheitslücken den stets notwendigen Abgleich mit öffentlich verfügbaren Datenbanken zu automatisieren, um die Prüferin oder den Prüfer bei einfach zu erledigenden Aufgaben zu entlasten.

4. Resümee

Die Softwareprüfung ist ein integraler Bestandteil der Baumusterprüfung von eichpflichtigen Mess-

geräten und hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Laufe der letzten dreißig Jahre wurden die gültigen Softwareanforderungen sowie der Softwareprüfprozess kontinuierlich an die technische Entwicklung angepasst und optimiert. Meilensteine der letzten Jahre waren dabei die Erarbeitung weltweit abgestimmter Betriebssystemanforderungen und die Einbindung von Common-Criteria-Zertifikaten für Kryptografiemodule in den Prüfprozess. Anforderungen und Prüfschritte sind inzwischen so gestaltet, dass flexibel auf Änderungen des Stands der Technik reagiert werden und parallel ein gleichbleibend hohes Schutzniveau der Messtechnik gewährleistet werden kann.

Literatur

- [1] PTB-Anforderungen 18.11 „Messgeräte im Straßenverkehr – Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“, Braunschweig: PTB, 1988
- [2] PTB-Anforderungen 50.10 „Digitale Schnittstellen für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen“, Braunschweig: PTB
- [3] Richtlinie 2014/32/EU des europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt, Amtsblatt der Europäischen Union, 26. Februar 2014
- [4] WELMEC-Softwareleitfaden 7.2 Ausgabe 1 (Europäische Messgeräte Richtlinie 2004/22/EC), WELMEC, 2005
- [5] PTB-Anforderungen 18.11 „Messgeräte im Straßenverkehr – Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“, Braunschweig: PTB, 2005
- [6] PTB-Anforderungen 18.11 „Messgeräte im Straßenverkehr – Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“, Braunschweig: PTB, 2013
- [7] WELMEC-Softwareleitfaden 7.2 Ausgabe 5 (Europäische Messgeräte Richtlinie 2014/32/EU), WELMEC, 2011
- [8] Gesetz über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt, ihre Verwendung und Eichung sowie über Fertigpackungen, Bundesgesetzblatt, Bd. 1, Nr. 43, Seite 2722ff, 2013
- [9] PTB-Anforderungen 12.01 „Messgeräte im öffentlichen Verkehr – Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“, Braunschweig: PTB, 2015
- [10] WELMEC-Softwareleitfaden 7.2 Ausgabe 2015 (Europäische Messgeräte Richtlinie 2014/32/EU), WELMEC, 2015
- [11] ISO/IEC 15408:2009 Information technology – Security techniques – Evaluation criteria for IT security, International Organisation for Standardization, Dezember 2009
- [12] OIML D31 „General requirements for software controlled measuring instruments“, Paris: OIML, 2008
- [13] Alle hier genannten Merkblätter sind (auch auf Englisch) auf der Webseite der Arbeitsgruppe 8.51 verfügbar: https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt8/fb-85/ag-851.html#maincontent_informationen_header
- [14] Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt, ihre Verwendung und Eichung sowie über Fertigpackungen, Bundesgesetzblatt, Bd. 1, Nr. 58, Seite 2010ff, 2014
- [15] M. Esche und F. Thiel, „Software Risk Assessment for Measuring Instruments in Legal Metrology“, Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), pp. 1113–1123, September 2015

Betrachtung der Messgenauigkeit der PTB-Referenzanlagen und Ausblick auf geplante Erweiterungen

Johannes Kupper*

Einleitung

Die stationären PTB-Referenzanlagen, welche für die Messung von Fahrzeuggeschwindigkeiten im öffentlichen Straßenverkehr bestimmt sind, gehören zur Prüfinfrastruktur der PTB. Diese Anlagen werden im Rahmen von Baumusterprüfungen verwendet, um die Messgenauigkeit von Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten in der Praxis zu prüfen. Aufgrund des stetigen Fortschritts auf dem Gebiet der Überwachungstechnik müssen die PTB-Referenzanlagen immer weiterentwickelt werden. Im vorliegenden Artikel wird diese Weiterentwicklung anhand des Messunsicherheitsbudgets der PTB-Referenzanlagen und der bevorstehenden Erweiterungen der Prüfinfrastruktur der PTB vorgestellt.

Die PTB-Referenzanlagen

Bisher existierten drei PTB-Referenzanlagen, welche für die Messung von Fahrzeuggeschwindigkeiten im öffentlichen Straßenverkehr bestimmt sind. Eine Anlage ist stationär und befindet sich auf der Bundesallee in Braunschweig. Eine weitere Anlage kann transportabel, also an verschiedenen Messorten, betrieben werden. Die dritte Anlage war ebenfalls stationär und befand sich auf der Bundesautobahn 39 bei Wolfsburg. Diese Anlage ging aufgrund von Asphaltierungsarbeiten im August 2017 verloren.

Den genannten Anlagen ist gemein, dass diese pro Fahrspur jeweils vier piezoelektrische Drucksensoren besitzen. Diese Drucksensoren definieren in Schritten von 6 m eine Messbasis von maximal 18 m Länge. Bei einer Fahrzeugüberfahrt über einen Drucksensor ist ein Spannungssignal messbar. Dieses Spannungssignal wird verstärkt, digitalisiert und in einem PC durch eine spezielle Software verarbeitet. Die Software bestimmt bei der Verarbeitung der digitalisierten Signale die Zeitpunkte, an denen sich das Fahrzeug am jeweiligen Sensor befunden hat. Mithilfe der bekannten Sensorabstände errechnet die Software anschließend für jedes Fahrzeug die zugehörige Fahrzeuggeschwindigkeit.

Messunsicherheitsbudget

Das beschriebene Messprinzip zeigt, dass es sich bei den PTB-Referenzanlagen um klassische Weg-Zeit-Messgeräte mit druckempfindlichen Sensoren handelt. Für diese Anlagen wurde bereits 2007 ein Messunsicherheitsbudget veröffentlicht [1].

Grundlage eines Messunsicherheitsbudgets bildet immer eine Modellgleichung (siehe Gleichung 1):

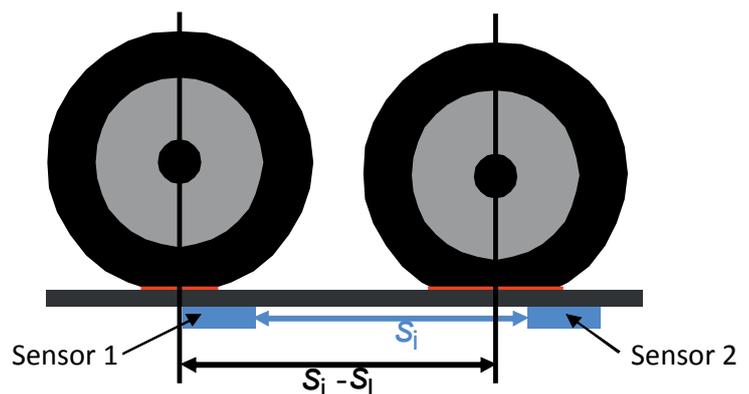
$$v = \frac{s + \Delta s_{\text{BM}} + \Delta s_{\text{AB}} + \Delta s_{\text{L}} + \Delta v_{\text{rmd}}}{t + t \frac{\Delta f}{f} + \Delta t_{\text{q}}} \quad (1)$$

Als wesentliche Einflussfaktoren auf das Messunsicherheitsbudget sind hier die Genauigkeit des Sensorabstandes ($\Delta s_{\text{BM}} + \Delta s_{\text{AB}}$), die Genauigkeit der Zeitmessung (Δf) und die räumliche Relation zwischen Fahrzeugachse und Sensor zum Triggerzeitpunkt (Δs_{L}) zu nennen. Der Triggerzeitpunkt ist der Zeitpunkt, an dem das verstärkte Spannungssignal eines Sensors den Schwellwert von 0,35 V übersteigt.

Die räumliche Relation zwischen Fahrzeugachse und Sensor zum Triggerzeitpunkt hat dann einen Einfluss auf die Messunsicherheit, wenn sich diese räumliche Relation von Sensor zu Sensor ändert und somit die zurückgelegte Wegstrecke des Fahrzeugs nicht mit dem Sensorabstand übereinstimmt, z. B. aufgrund von Reifendynamik (siehe Bild 1). Im Messunsicherheitsbudget aus dem Jahre 2007 hatte dieser Einflussfaktor einen Anteil

* Dr. Johannes Kupper, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: johannes.kupper@ptb.de

Bild 1: Änderung der räumlichen Relation zwischen Fahrzeugachse und Sensor während der Messung



von 95 % an der Gesamtmessunsicherheit. Damals wurde angenommen, dass sich die räumliche Relation während der Überfahrt über die verschiedenen Sensoren um mehrere Zentimeter ändern könnte.

Aktuelle Untersuchungen an den unverstärkten und den verstärkten Spannungssignalen der Sensoren haben gezeigt, dass die Standard-Messunsicherheit für die Änderung der räumlichen Relation zwischen Fahrzeugachse und Sensor während der Überfahrt über die verschiedenen Sensoren mit weniger als einem Millimeter zu beziffern ist. Der Anteil dieses Einflussfaktors an der Gesamtmessunsicherheit beträgt somit nicht 95 %, sondern nur 0,1 %. Mit dieser Erkenntnis verbessert sich das Messunsicherheitsbudget für die stationären PTB-Referenzanlagen auf der gesamten Geschwindigkeitsskala etwa um den Faktor 4 (siehe Bild 2). So beträgt sie beispielsweise bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 108 km/h nun 0,076 km/h (Erweiterungsfaktor $k = 2$).

Bevorstehenden Erweiterungen der Prüfinfrastruktur

Auf der Bundesautobahn 2 in der Nähe von Braunschweig wird zurzeit eine neue stationäre PTB-Referenzanlage errichtet. Diese neue Anlage soll zum einen die Lücke schließen, die der Verlust der alten Anlage auf der Bundesautobahn 39 gerissen hat, und zum anderen der PTB neue Prüfmöglichkeiten für die Zukunft bieten. Der neue Standort bietet gegenüber dem alten Standort die folgenden Vorteile:

- Größere Verkehrsstärke
- Drei statt bisher zwei Fahrstreifen
- Leichtere Erreichbarkeit vom PTB-Campus aus

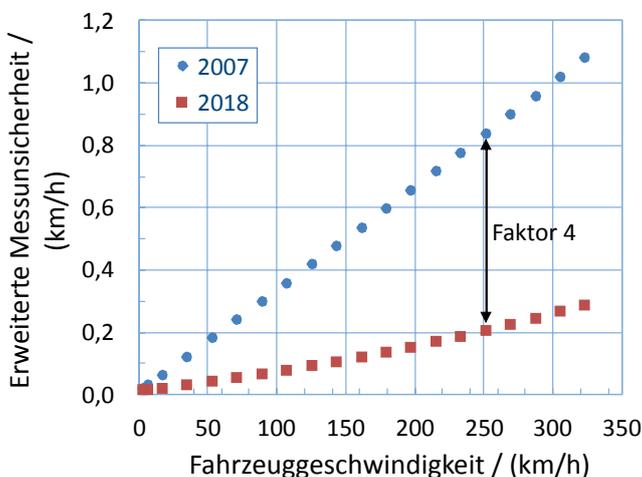


Bild 2: Messunsicherheitsbudget von 2014 und von 2018 für die stationären PTB-Referenzanlagen (Erweiterungsfaktor $k = 2$)

- Wechselverkehrszeichen-Anlage vor Ort für spezielle Prüfungen
- Begehbarer Mittelstreifen.

An diesem Standort werden 24 faseroptische Drucksensoren und drei piezoelektrische Drucksensoren verlegt werden. Der Fokus liegt somit in der Zukunft auf der faseroptischen Technologie. Diese verspricht eine bedeutend bessere Langlebigkeit gegenüber der herkömmlichen Piezo-Technologie. Die maximale Messbasis wird sich mit der neuen Anlage von 18 m auf 255 m erhöhen. Eine öffentliche Brücke vor Ort wird außerdem Prüfungen von einem erhöhten Standort herab ermöglichen (siehe Bild 3).

Neben der neuen PTB-Referenzanlage auf der Bundesautobahn 2 wird die PTB an der Bundesallee, direkt neben der dort bestehenden PTB-Referenzanlage, eine Prüfbrücke errichten. Diese Prüfbrücke soll auch an der Bundesallee Prüfungen von einem erhöhten Standort herab ermöglichen. Zudem sind dort Langzeitprüfungen ohne Personalanwesenheit denkbar, da sich der Zugang auf dem PTB-Gelände befindet und dieser zusätzlich gegen Zutritt gesichert werden kann. Die Prüfbrücke wird vielfältige Installationsmöglichkeiten für die unterschiedlichen Prüflinge bereithalten.

Die Prüfungen im öffentlichen Straßenverkehr stellen einen Schwerpunkt der Baumusterprüfungen dar. Die Vorteile dieser Prüfungen liegen darin, dass mithilfe von realen Fahrzeugen in einer großen Stichprobe, die ein breites Fahrzeugspektrum abdeckt, die Messgenauigkeit des jeweiligen Prüflings bewertet werden kann. Das Verhalten des Prüflings in speziellen Fahrscenarien und unter Vorhandensein von speziellen Fahrzeuggeometrien muss aber im Labor unter reproduzierbaren Bedingungen geprüft werden, weil diese speziellen Szenarien in den Stichproben der Prüfungen im öffentlichen Straßenverkehr oftmals zu selten vorhanden sind.

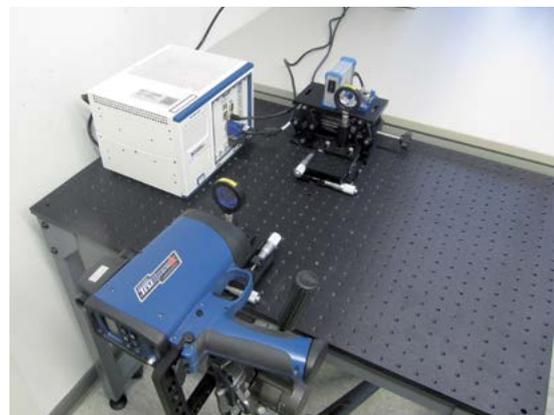
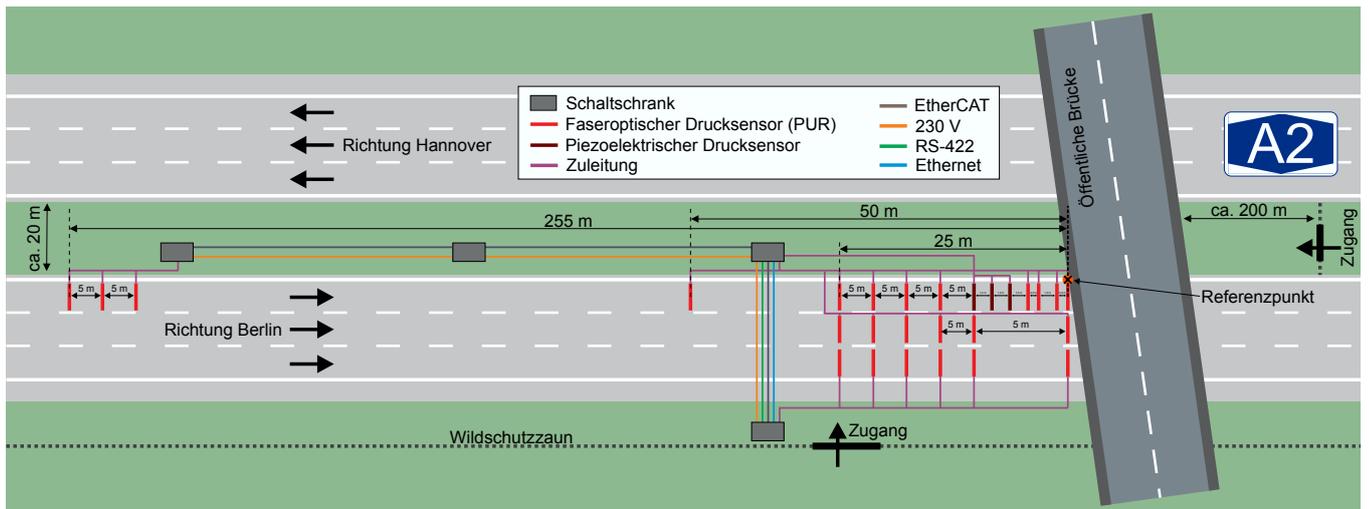


Bild 4: Simulationsplatz zur Prüfung von laserbasierten Verkehrsmessgeräten



Für diese Laborprüfungen wird aktuell ein Simulationsplatz für die Prüfung laserbasierter Verkehrsmessgeräte aufgebaut (siehe Bild 4). Dieser soll es insbesondere ermöglichen, die von den Herstellern implementierten Annullationskriterien für eine Geschwindigkeitsmessung abprüfen zu können. Zudem sollen über die Anbindung an eine Fahrzeugdatenbank die Konturdaten verschiedener Fahrzeuge berücksichtigt werden. Der Simulationsplatz wird reproduzierbare Prüfbedingungen gewährleisten und somit die Prüfung hinsichtlich spezieller Fahrszenarien vereinfachen. Im Idealfall kann dadurch die Prüfdauer reduziert werden.

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Prüfinfrastruktur stellt die Elektrifizierung des PTB-Messwagens dar. Dieser Messwagen wird für die stationäre PTB-Referenzanlage an der Bundesautobahn 2 und für die transportable PTB-Referenzanlage benötigt, um Messausrüstung zum Messort zu transportieren und vor Ort zu betreiben. Hinter dem Begriff der Elektrifizierung verbirgt sich der Einbau eines Akkumulators, eines Wechselrichters und einer intelligenten Ladetechnologie im PTB-Messwagen. Der Akkumulator ermöglicht es, die PTB-Referenzanlage über 24 Stunden vor Ort zu betreiben. In der zugehörigen Garage auf dem PTB-Campus kann der Akkumulator des PTB-Messwagens innerhalb weniger Stunden wieder voll aufgeladen werden.

Literatur

- [1] F. Jäger, M. Fischer, and M. Kallenbach, "Mobile speed enforcement in dense traffic – new devices and a corresponding reference system," in Proceedings of the Fourteenth World Congress on Intelligent Transport Systems, Beijing, October 9–13, 2007, (Tokyo), pp. 1418–1425, Intelligent Transportation Society of Japan, 2007

Bild 3:
Schema der neuen
PTB-Referenzanlage
auf der Bundes-
autobahn 2 bei
Braunschweig

Abschnittskontrolle „Section Control“ erstmalig in Betrieb

Thomas Buchheit*

Niedersachsen hat als erstes Bundesland kurz vor dem Jahreswechsel 2018/19 eine Anlage zur „Verkehrsüberwachung durch Abschnittskontrolle“, der sogenannten „Section Control“, in Betrieb genommen. Dabei werden erstmalig in Deutschland an der Bundesstraße 6 in der Region Hannover die gefahrenen Geschwindigkeiten nicht wie bisher punktuell, sondern über einen längeren Streckenabschnitt geprüft. Dieses Pilotprojekt wird vom niedersächsischen Minister für Inneres und Sport Boris Pistorius politisch stark unterstützt (Bild 1).



Bild 1:
Offizielle Inbetriebnahme der Pilotanlage zur Abschnittskontrolle. Zweiter von links: Minister Boris Pistorius.

Zu den Vorteilen der Abschnittskontrolle zählen:

- Das Messsystem sorgt im Gegensatz zur punktuell wirkenden Überwachungstechnik für die Einhaltung der vorgeschriebenen Geschwindigkeit im Mittel über den gesamten überwachten Streckenabschnitt.
- Die Abschnittskontrolle stellt für die am Verkehr Teilnehmenden eine gerechtere Methode dar, da jede Fahrzeuggeschwindigkeit streckenbezogen gemessen und nur die durchschnittliche Überschreitung verfolgt wird. Ein kurzzeitiges Abbremsen am Standort

einer herkömmlichen Punktmessung zur Vermeidung eines erfassbaren Verstoßes ergibt bei der Abschnittskontrolle keinen Sinn. Stattdessen können aber kurzfristige unbeabsichtigte kleinere Geschwindigkeitsüberschreitungen im Messbereich ausgeglichen werden.

- Die Akzeptanz der am Verkehr Teilnehmenden infolge dieser gerechteren Methode führt zu einer spürbaren Harmonisierung des Verkehrsflusses, wodurch neben einer Erhöhung der Verkehrssicherheit auch eine Reduzierung von Emissionen erreicht wird.
- Darüber hinaus erfolgt das oft gefahrenträchtige Abbremsen im Bereich stationärer oder semistationärer Punktmessungen sowie die anschließende Beschleunigung bei Abschnittskontrollen seltener.

Auch wenn in anderen Ländern Europas die Technik bereits seit Jahren erfolgreich im Einsatz ist, liegen in Deutschland diesbezüglich bisher keine Erfahrungswerte vor. Dies hat alle am Projekt Beteiligten vor neue Herausforderungen gestellt.

Die Planungen für das Projekt hatten in Niedersachsen bereits vor einigen Jahren begonnen. Dazu musste z. B. die Strecke ausgewählt werden

* Thomas Buchheit, Landespolizeipräsidentium, Referat 24 „Einsatz und Verkehr“, Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, E-Mail: verkehr@mi.niedersachsen.de

Bild 2:
Die für die Pilotanlage ausgewählte Strecke (ungefähr vertikal durch die Bildmitte verlaufende rote Straße) stellt einen Unfallschwerpunkt dar, wie die große Anzahl an farbigen Punkten und Fähnchen zeigt

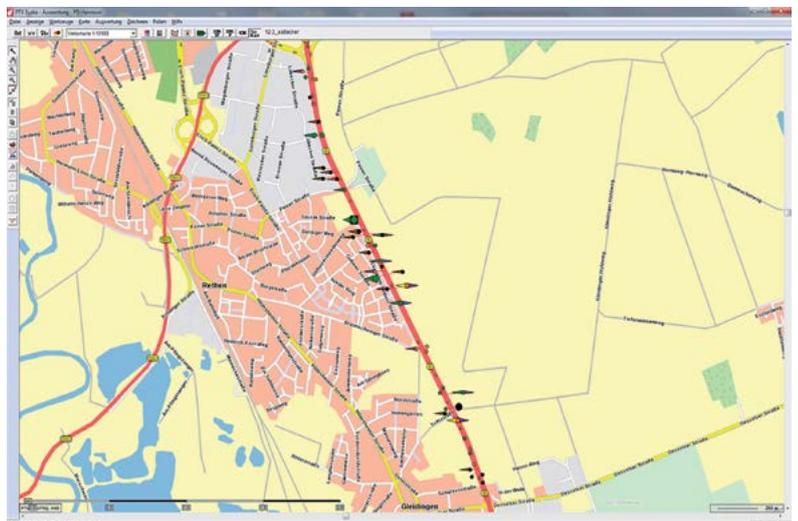


Bild 3:
Blick auf das Ausfahrtsportal der Pilotanlage. Man erkennt den Kragarm, der Laserscanner und Spurkameras trägt. Am linken Bildrand sind das Blitzlicht und die Kamera für das Heckfoto zu sehen, das von Schnellfahrern erstellt wird. Außerhalb des Bildausschnitts stehen Kameras und Blitzlicht für das Frontfoto.



(Bild 2), es folgte die Vergabe, das Verfahren der Baugenehmigung, die Prüfung durch die Landesbeauftragte für den Datenschutz Niedersachsen sowie die Konformitätsbewertung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt und das Mess- und Eichwesen Niedersachsen. Letztlich erforderte das in dieser Form erstmals durchgeführte Verfahren von jedem einzelnen Projektbeteiligten die Klärung vielfältiger Details, die im Ergebnis zu einer längeren Vorbereitungsphase führte.

Die Abschnittskontrolle steht als Pilotanlage an der B6 im südlichen Bereich der Region Hannover, zwischen den Ortschaften Gleidingen und Laatzen. Der Messbereich der Strecke beträgt rund 2,2 Kilometer. Auf dieser Fahrbahn der B6 in Richtung Norden gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h. Werktags fahren hier täglich mehr als 15.500 Fahrzeuge.

Nach einer kurzen Testphase startete am 14. Januar 2019 der Pilotbetrieb über maximal 18 Monate. Seit diesem Tag werden auf dem Streckenabschnitt auch alle festgestellten Geschwindigkeitsverstöße zur Anzeige gebracht. Das Ende des Pilotzeitraums ist spätestens zum 30. Juni 2020 vorgesehen.

Für die Zeit darüber hinaus fehlt noch eine Anpassung des Gesetzesregelungen, um die rechtlichen Voraussetzungen für einen Dauer- und Regelbetrieb der Abschnittskontrolle in Niedersachsen zu schaffen. Diese ist in der beabsichtigten Änderung des niedersächsischen Polizeigesetzes vorgesehen.

Übersicht über das Gerät TraffiSection S450 zur Abschnittskontrolle

Uwe Urban*

1. Grundprinzip

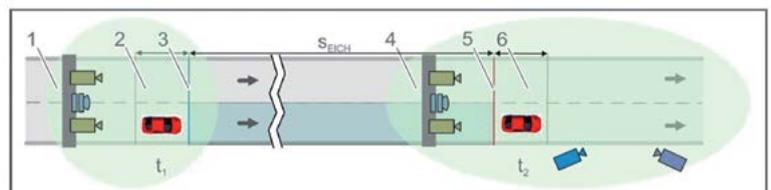
Die Geschwindigkeitsüberwachungsanlage TraffiSection S450 ist ein stationäres System zur Abschnittsgeschwindigkeitskontrolle. Sie ermittelt Fahrzeuge, deren anrechenbare Durchschnittsgeschwindigkeit innerhalb eines bestimmten Streckenabschnittes höher ist als die zulässige Höchstgeschwindigkeit, und dient der amtlichen Verkehrsüberwachung auf einem festen, maximal zwei Fahrstreifen in gleicher Fahrtrichtung umfassenden Streckenabschnitt s_{EICH} . Hierzu werden Fahrzeuge mit einer über einem eingestellten Auslösegrenzwert liegenden Geschwindigkeit erfasst und dokumentiert.

1.1 Anordnung der Komponenten

Die Geschwindigkeitsüberwachungsanlage verfügt über einen Ein- und einen Ausfahrtsquerschnitt (Bild 1). In diesen wird das betreffende Fahrzeug innerhalb eines definierten Messfeldes am Beginn und am Ende des überwachten Streckenabschnitts durch eine mit einem Zeitstempel versehene Heckfotoaufnahme (Spurkamera-Foto) erfasst. Aus der zwischen den Zeitstempeln liegenden Zeitdifferenz und der Länge des eichamtlich vermessenen Streckenabschnitts wird der Wert der vorzuwerfenden Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet (Bild 2): $v = s_{EICH} / (t_2 - t_1)$.

Die Fahrzeugidentifizierung an den Querschnitten erfolgt anhand der Heckfotoaufnahmen. Hierzu wird das amtliche Kennzeichen automatisch extrahiert und nicht rückführbar anonymisiert. Überschreitet der Wert der vorzuwerfenden Durchschnittsgeschwindigkeit einen frei einstellbaren Auslösegrenzwert, so erfolgt hinter dem Ausfahrtsquerschnitt eine Frontfotoaufnahme zur Fahreridentifizierung. Eine mit der Frontfotoaufnahme erstellte weitere Heckfotoaufnahme dient der zweifelsfreien Identifizierung und Zuordnung von Fahrzeugen, auch mit Anhängern, bzw. von Motorrädern.

* Uwe Urban, Jenoptik Robot GmbH, Monheim am Rhein



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Einfahrtsquerschnitt | 6 Messfeld im Ausfahrtsquerschnitt |
| 2 Messfeld im Einfahrtsquerschnitt | t_1 Beginn der Zeitmessung |
| 3 Anfangslinie | t_2 Ende der Zeitmessung |
| 4 Ausfahrtsquerschnitt | s_{EICH} Streckenabschnitt |
| 5 Endlinie | |

Bild 1: Schematischer Aufbau einer TraffiSection-S450-Anlage



Bild 2: Schema der Messwertbildung

1.2 Messvorgang

Für jedes Fahrzeug wird die vorzuwerfende durchschnittliche Geschwindigkeit ermittelt. Befindet sich diese über dem eingestellten Limit (Widerhandlungsgeschwindigkeit), erfolgt die Erstellung eines Vorfallsdatensatzes. Die Ermittlung der durchschnittlichen Geschwindigkeit erfolgt in folgenden Teilschritten:

- Das Fahrzeug wird am Einfahrtsquerschnitt detektiert, fotografisch erfasst und mit einem Zeitstempel registriert.
- Das Fahrzeugprofil wird bei der Durchfahrt zusätzlich durch zwei Laserscanner abgetastet. Aus den gewonnenen Konturinformationen wird ein 3D-Modell errechnet und das Fahrzeug klassifiziert.
- Aus dem Foto wird das amtliche Kennzeichen automatisch ermittelt und per kryptografi-

scher Einweghashfunktion unter Verwendung eines sich regelmäßig ändernden Salts sofort pseudonymisiert. Die Rückführbarkeit aus dem pseudonymisierten Hashstring auf das amtliche Kennzeichen ist ausgeschlossen.

- Das Fahrzeug wird analog zum Einfahrtsquerschnitt am Ausfahrtsquerschnitt erfasst, ebenfalls mit einem Zeitstempel registriert und klassifiziert. Aus dem Foto wird das Kennzeichen gelesen und sofort pseudonymisiert.
- Über den Vergleich der ermittelten Hashstrings wird die paarweise Zuordnung der Bilder am Ein- und Ausfahrtsquerschnitt erreicht (Matching-Vorgang).
- Aus den Zeitstempeln dieser Zuordnung wird die Fahrzeit für den Kontrollabschnitt bestimmt.
- Da die Streckenlänge bekannt ist, wird gemäß dem bekannten Weg-Zeit-Gesetz die durchschnittliche Geschwindigkeit berechnet (vgl. Bild 2). Liegt diese ermittelte Durchschnittsgeschwindigkeit über dem Streckenlimit (Widerhandlungsgeschwindigkeit) bzw. über dem eingestellten Klassenlimit, wird ein Verstoß registriert und ein Fahrerfoto ausgelöst.
- Für jede Fahrspur gibt es eine separate Frontkamera. Damit ist eine eindeutige Zuordnung des erfassten Übertreterfahrzeuges möglich. Es hat keine Bedeutung, auf welcher Fahrspur das Fahrzeug im Verlauf der Strecke gefahren ist oder ob das Fahrzeug die Spur sogar gewechselt hat.
- Der Vorfallsdatensatz wird verschlüsselt, signiert, gezippt und im RAM-Speicher des Interface-PCs abgelegt.



Bild 3:
Die Komponenten an einem der Querschnitte



Bild 4:
Details von Schaltschrank und Fotoausrüstung an einem Portal

2. Komponenten

2.1 Eintritts- und Austrittsquerschnitt

Über jeder Fahrspur des Streckenabschnittes ist am Ein- und Ausgang eine Kamera montiert (Bild 3). Beim Austreten des Fahrzeugs aus dem Bereich des schrägen Laserscanners löst die spurrelevante Kamera aus. Sie nimmt das Fahrzeugheck auf und führt dieses Bild nach der Zeitstempelung dem Kennzeichenleseprozess zu.

2.2 Streckenstation und Fahrererkennungssystem

Die Streckenstation dient zur Aufnahme der Rechnereinheiten für die Klassifizierung, Spurkameras,

Fahrerkameras und dem Matching-PC (Auswerterechner) in einem 19"-Rack (Bilder 4 und 5). Weitere verbaute Komponenten sind eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), Zeitserver, Schaltschranküberwachung und Equipment für die Netzwerkkommunikation. Das Schaltschrank-

gehäuse kann in ein vorhandenes Gehäuse integriert oder projektspezifisch aufgebaut werden.

In der Streckenstation werden personenbezogene Daten verarbeitet, die einen besonderen Schutz erfordern. Der Zugang zum Schaltschrank ist daher durch eine Einbruchsmeldeanlage mit



Bild 5: Skizze des Ausfahrtsportals und seiner Funktionalitäten

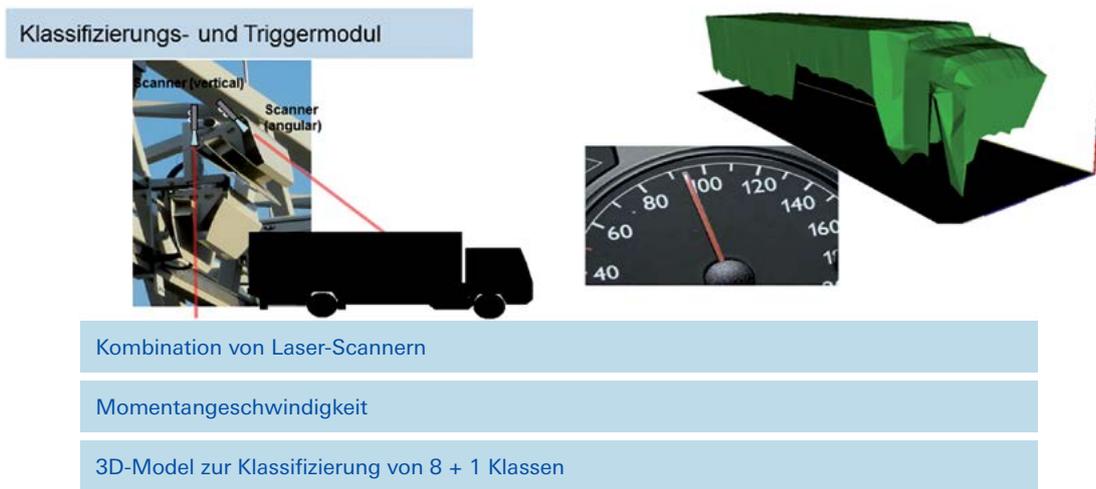


Bild 6: Klassifizierungs- und Triggermodul

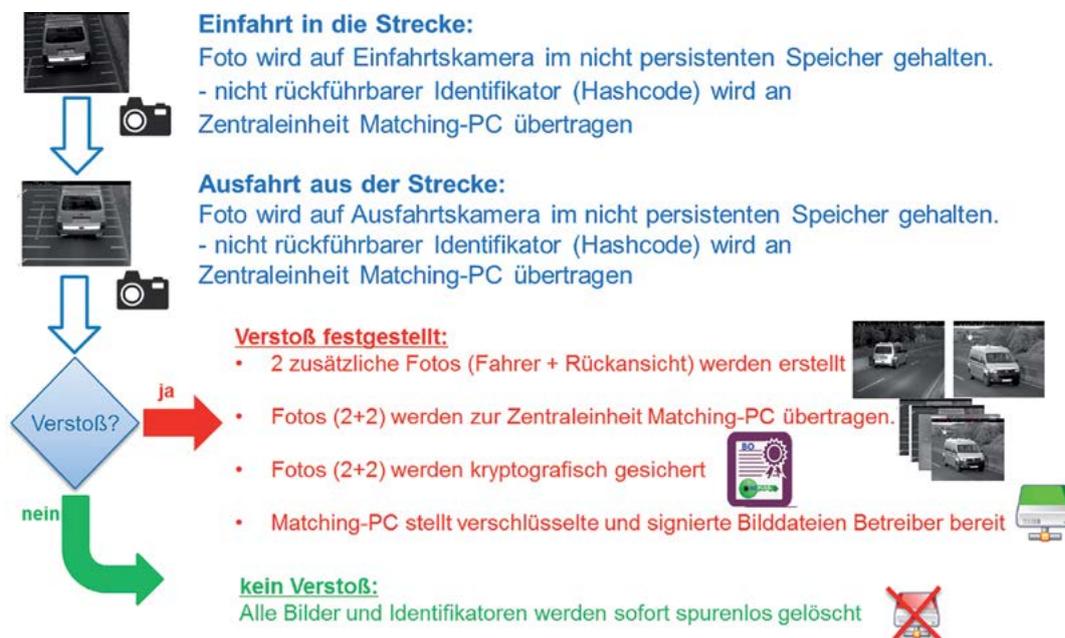


Bild 7: Ablauf der Messung

GSM-Alarmierung und Authentifizierungssystem gesichert. Die Fahrererkennungskamera und der sichtbare abgesetzte Blitz werden je in einem S1-Gehäuse auf einem separaten Mast installiert.

Das Fahrererkennungssystem besteht aus einer SmartCamera mit 6 MP CCD (Kamerakopf), zugehöriger Rechneinheit sowie einem sichtbaren roten Xenon-Blitz. Der Kamerakopf und der Blitz werden je in einem separaten Gehäuse auf einem Mast seitlich der Fahrbahn positioniert. Die Bildauslösung erfolgt durch einen Triggerbefehl des Matching-PCs, an den die Fahrererkennungsbilder anschließend übertragen werden.

Die Auslösung des Fahrerbildes erfolgt auf Basis der Lokalgeschwindigkeit. Basierend auf der Entfernung zwischen dem Aufnahmepunkt des Fahrerbildes relativ zum Ausfahrtsportal, der Durchlaufzeit für das Kennzeichenlesen im System und der Lokalgeschwindigkeit wird der Auslösezeitpunkt für das Fahrerbild berechnet. Ist dieser Zeitpunkt erreicht, wird der Blitz in Kombination mit der Fahrerbildkamera ausgelöst. Um auch bei hohen Geschwindigkeiten bis 250 km/h die Auslösung zu gewährleisten, ist die Ausführungszeit für den Kennzeichenleser auf 500 ms beschränkt.

EQ km 13+681 und AQ km 11+471



Vormontage der Systemtechnik am Standort Halle



AQ km 11+471



Bild 8:
Bau- und Installationsarbeiten für die Pilotanlage an der B6 bei Hannover

2.3 Klassifizierungs- und Trigger Modul

Am Eintritts- und Austrittsquerschnitt werden die durchfahrenden Fahrzeuge durch je einen senkrechten und einen schrägen Laserscanner erfasst. Hat das Fahrzeug die beiden Laserscannervorhänge komplett durchfahren, wird aus den gesammelten Daten eine 3D-Datenmodellierung zusammengeführt.

Aus den beiden Durchfahrten durch die Laserscannervorhänge wird die Momentangeschwindigkeit berechnet. Diese Momentangeschwindigkeit wird für Statistikzwecke, zur Bildung des 3D-Modells und zur Auslösung der Fahrerkeras herangezogen. Das 3D-Modell wird durch ein Klassifikationsmodul einer der vorgegebenen Klassen zugeordnet.

3. Funktionsbeschreibung

Hat das Fahrzeug den Austrittsquerschnitt verlassen, werden innerhalb von max. 500 ms aus den Bildern die Kennzeichen gelesen, anschließend dem Matching-Vorgang zugeführt und gegen die Geschwindigkeitslimits abgeglichen (Bild 7).

Jedes Fahrzeug wird bei Durchfahrt durch den Ein- bzw. Austrittsquerschnitt temporär erfasst und die Daten zu einer Kontrollfallentscheidung an den Matching-PC versendet. Anhand der Durchfahrtszeiten wird die Durchschnittsgeschwindigkeit berechnet. Ist die berechnete Durchschnittsgeschwindigkeit größer als die eingestellte Widerhandlungsgeschwindigkeit, wird das System zur Fahrererkennung ausgelöst und ein Vorfalldatensatz erstellt. Nicht benötigte Daten aus dem Kontrolldatensatz werden entfernt. Anonymisierte Statistikdaten ohne personalisierbare Informationen werden als Statistikdatensatz zusammengefasst und dem Betreiber bereitgestellt.

Ist die berechnete Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als die eingestellte Widerhandlungsgeschwindigkeit, werden alle für dieses Fahrzeug gespeicherten Daten unmittelbar gelöscht (Ausnahme: Abnahmemodus und Testmodus).

Die erstellten Vorfalldatensätze werden an das Nachbearbeitungssystem, die erstellten Statistikdatensätze an nachgelagerte Stationen übermittelt oder auf der Anlage bis zur Abholung zwischengespeichert. Im Nachbearbeitungssystem werden die erfassten Vorfalldatensätze weiterverarbeitet (inkl. Archivierung, Ahndung etc.). Die Nachbearbeitungssysteme sind NICHT Bestandteil der Messanlage, jedoch die definierten Schnittstellen und Datenfiles zur Datenübergabe.

4. TraffiSection-S450-Pilotprojekt auf der B6

Zum Pilotprojekt für Deutschland wird auf andere Beiträge in diesem Heft verwiesen. Bild 8 gibt jedoch ein paar Eindrücke von den Installationsmaßnahmen.

TraffiSection S450 – PTB-Baumusterprüfungen im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens

Steffen Schulze*

Section Control (Abschnittskontrolle) ist bereits seit Jahrzehnten ein weltweites Erfolgsmodell zur Rettung von Menschenleben. Da das Grundprinzip dieses Messverfahrens erfordert, dass bereits vor der Einfahrt in den überwachten Streckenabschnitt zunächst jedes Fahrzeug detektiert und in einem Foto festgehalten wird und erst nach der Ausfahrt aus dem überwachten Streckenabschnitt ermittelt wird, ob es sich tatsächlich um eine Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit handelt, war ein Einsatz dieses Messsystems, wie es beispielsweise in anderen europäischen Ländern, wie der Schweiz und den Niederlanden, verwendet wird, aufgrund der hohen datenschutzrechtlichen Bestimmungen in Deutschland nicht möglich.

Die Einführung in Deutschland erforderte demnach für den Hersteller zunächst eine grundlegende Überarbeitung der bereits in anderen

Ländern vielfach bewährten Messtechnik. Unter anderem werden die Fahrzeuge hierzulande bei Ein- und Ausfahrt nur von hinten und mit geringer Auflösung abgebildet. Hinzu kommt, dass Deutschland eines der wenigen Länder ist, in denen bei Geschwindigkeitsverstößen die alleinige Fahrerhaftung gilt. Dies wiederum macht eine Frontfotoaufnahme als Beweismittel unabdingbar, sodass zusätzlich zu den Heckfotos auch eine hochauflösende Frontkamera verbaut sein muss, welche ein Fahrerfoto erstellt.

Bevor die neue Technik in Deutschland eingesetzt werden darf, muss die PTB ein Konformitätsbewertungsverfahren durchführen und dem Hersteller hierüber eine Baumusterprüfbescheinigung ausstellen.

Die Grundlage für dieses sehr umfangreiche PTB-Prüfverfahren bilden die PTB-Anforderungen 12.01, welche detaillierte Festlegungen an

* Steffen Schulze, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: steffen.schulze@ptb.de



Bild 1: Prüfmuster im Konformitätsbewertungsverfahren für die TraffiSection S450. Am Pilotsystem (oben) an der B6 fanden die betrieblichen Prüfungen statt; das Laborsystem (unten) wurde für diverse Laborprüfungen verwendet und verblieb nach Verfahrensabschluss als Hinterlegungsmuster in der PTB.

Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte beinhalten. Die Prüfungen, die die PTB zur Verifikation der in den PTB-Anforderungen formulierten Geräteanforderungen durchgeführt hat, lassen sich in die folgenden Teilbereiche unterteilen:

- Betriebliche Prüfungen,
- Laborprüfungen,
- Sonderuntersuchungen,
- Softwareprüfungen,
- Prüfung der Geräteunterlagen.

Der vorliegende Artikel befasst sich in erster Linie mit der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der betrieblichen Prüfungen und der Laborprüfungen.

Eine große Herausforderung im Konformitätsbewertungsverfahren stellte zunächst die Auswahl eines Prüfmusters dar. Da es unmöglich war, die gesamte PTB-Messtechnik zum Pilotsystem zu transportieren, um dort die entsprechenden Untersuchungen durchzuführen, und zudem ein Hinterlegungsmuster benötigt wird, welches nach Abschluss des Verfahrens in der PTB verbleibt, musste zunächst für diese Aspekte eine Lösung gefunden werden. Ziel war es, die beeindruckende Messanlage an der B6, bestehend aus jeweils zwei Brückenkonstruktionen und Schaltschränken im Abstand von etwa 2,2 km, im Inneren eines Labors der PTB prüfbar zu machen.

Zu diesem Zweck stellte die JENOPTIK Robot GmbH der PTB ein Laborsystem zur Verfügung (siehe Bild 1). Dieses besteht aus zwei 19"-Zoll-

Racks (Einfahrt und Ausfahrt) zur Aufnahme der Rechneinheiten, des Zeitserver und der Netzwerkkomponenten. Hinzu kommen diverse Peripheriegeräte wie Laserscanner, Digitalkameras, Antennen und die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Alle im Rahmen des Laborsystems zur Verfügung gestellten Komponenten waren messtechnisch in Hard- und Software identisch zu den im Pilotsystem an der B6 verbauten Komponenten.

Streckenvermessungskonzept und Einmessung der Pilotanlage

Noch bevor die PTB überhaupt in die Prüfungen einsteigen konnte, musste zunächst ein detailliertes Streckenvermessungskonzept erarbeitet werden. Dies geschah in enger Zusammenarbeit der PTB mit der JENOPTIK Robot GmbH sowie dem Mess- und Eichwesen Niedersachsen (MEN) und diente der Vorbereitung der betrieblichen Prüfungen am Pilotsystem an der B6. Das Streckenvermessungskonzept wurde im Verlauf des Konformitätsbewertungsverfahrens stetig weiterentwickelt und bildet letztendlich die Grundlage für das Dokument „Eichamtliche Streckenvermessung bei der Geschwindigkeitsüberwachungsanlage des Typs TraffiSection S450“, welches Bestandteil der erteilten Baumusterprüfbescheinigung ist und somit im Rahmen des Inverkehrbringens dieser Messanlage befolgt werden muss. Die auf diese Weise ermittelte Streckenlänge des überwachten Streckenabschnitts wird in der Geschwindigkeitsüberwachungsanlage hinterlegt und dient, zusammen mit der fallspezifisch ermittelten Durchfahrzeit für ein gemessenes Fahrzeug, der Ermittlung der gefahrenen Geschwindigkeit. Um eine mögliche

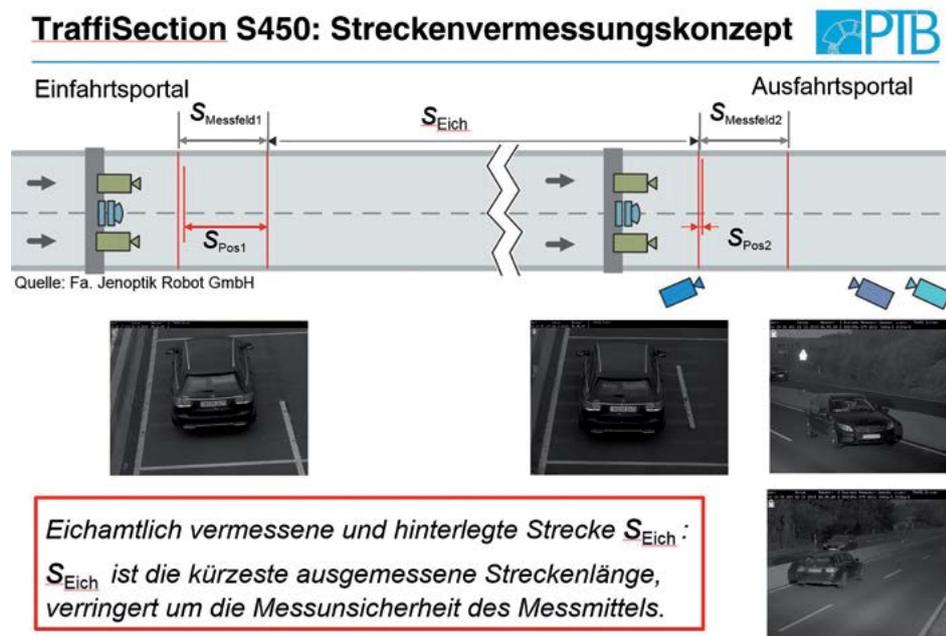


Bild 2:
Streckenvermessungskonzept für die Geschwindigkeitsüberwachungsanlage TraffiSection S450

che Verzögerung des Konformitätsbewertungsverfahrens durch weiterführende – und zum jetzigen Zeitpunkt rein hypothetische – Überlegungen zu komplizierteren Streckenverläufen zu vermeiden, wurde das Streckenvermessungskonzept zunächst nur auf den Streckenverlauf der Pilotanlage an der B6 beschränkt. Eine Ausweitung auf weitere Streckenabschnitte ist jedoch im Rahmen einer Revision der Baumusterprüfbescheinigung jederzeit möglich.

Das Streckenvermessungskonzept sieht vor, dass die Zeitmessung bereits startet, bevor das Fahrzeugheck die Anfangslinie des eichamtlich vermessenen Streckenabschnitts passiert hat und erst endet, nachdem das Fahrzeugheck die Endlinie des eichamtlich vermessenen Streckenabschnitts bereits überfahren hat. Somit ist die tatsächlich vom betreffenden Fahrzeug in der gemessenen Zeit zurückgelegte Strecke immer größer als die von der Geschwindigkeitsüberwachungsanlage für die Geschwindigkeitsberechnung herangezogene Streckenlänge. Diese systematische Verschiebung des Geschwindigkeitsmesswertes zugunsten des Betroffenen bewirkt, dass keinem gemessenen Fahrzeug eine zu hohe vorwerfbare Durchschnittsgeschwindigkeit zugeordnet wird. Eine Benachteiligung des Betroffenen kann deshalb sicher ausgeschlossen werden.

Ziel der Einmessung der Pilotstrecke an der B6 war zum einen die exakte Vermessung der Größe, Position und Geometrie der Messfeldmarkierungen an Ein- und Ausfahrt und zum anderen die exakte Vermessung des Abstands zwischen Anfangs- und Endlinie (in der Geschwindigkeitsüberwachungsanlage zu hinterlegende Streckenlänge). Die Vermessungsarbeiten wurden vom MEN mit rückgeführten Messmitteln durchge-

führt. Hierbei wurde für die Vermessung der Messfeldmarkierungen ein Maßband und für die Vermessung der Streckenlänge ein Peiseler-Rad, welches am Heck eines Messfahrzeugs angebracht wurde, verwendet. Da die Vermessungsarbeiten kurzfristige Teil- und Vollsperrungen auf dem Streckenabschnitt erforderten und die Messfahrt von der Anfangs- zur Endlinie nur mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 km/h bis 15 km/h erfolgen konnte, wurden von der Zentralen Polizeidirektion (ZPD) Hannover und von der zuständigen Straßenmeisterei der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr entsprechende Absicherungsmaßnahmen durchgeführt.

Im Zuge dieser Absicherungsmaßnahmen hat die PTB – zeitgleich zum MEN – ebenfalls die Messfeldmarkierungen am Ein- und Ausfahrtsquerschnitt vermessen (siehe Bild 3). Mit einem hochgenauen GPS-Inertial-System wurden die Koordinaten der vorderen und hinteren Begrenzungslinie des jeweiligen Messfeldes sowie der Fotolinie aufgenommen. Diese können im Rahmen der betrieblichen Prüfungen je nach Bedarf als Start- oder Stopplinie für die Vergleichsmessung mit dem GPS-Inertial-System definiert werden. Bei dem GPS-Inertial-System handelt es sich um ein hochgenaues, universell einsetzbares Messsystem, welches starr im Fahrzeug montiert wird. Mit einer Taktung von 10 ms erlaubt es eine detaillierte Aufzeichnung des Bewegungsprofils des Fahrzeugs im Raum in allen sechs Freiheitsgraden und über den gesamten Streckenabschnitt von etwa 2,2 km. Unter Verwendung einer Basisstation, welche permanent Korrekturdaten an das GPS-Inertial-System sendet, lässt sich die Position auf diese Weise bis auf 2 cm genau bestimmen.

**Eichung der Streckenlänge
(durch MEN Hannover)**



**Vorbereitung der PTB-Messfahrten
(GPS-Inertial-System)**



Bild 3: Einmessung der Querschnitte des Pilotsystems an der B6

Durchführung betrieblicher Prüfungen

Die betrieblichen Prüfungen führte die PTB direkt am Pilotsystem an der B6 durch. Zu diesem Zweck wurden an den entsprechenden Messtagen jeweils zwei PTB-Messfahrzeuge mit je einem GPS-Inertial-System ausgerüstet. Beide Messfahrzeuge ordneten sich in den fließenden Verkehr ein und passierten den Streckenabschnitt etwa im 5-Minuten-Takt. Ähnlich wie die fest verbauten hochpräzisen PTB-Referenzanlagen mit druckempfindlichen Sensoren an der Bundesallee und zukünftig an der Bundesautobahn A2 gewährleistet auch das GPS-Inertialsystem die Abdeckung einer Vielzahl von realen Verkehrssituationen.

Um eine systematische Verschiebung der Abweichungen beim Vergleich des Prüflingsmesswertes mit dem Referenzmesswert aufgrund des oben dargelegten Streckenvermessungskonzeptes zu minimieren, wurde als Startlinie für das GPS-Inertialsystem die Fotolinie des Einfahrtsquerschnittes und als Stopplinie für das GPS-Inertialsystem die Fotolinie des Ausfahrtsquerschnittes gesetzt. Auf diese Weise wurde die größtmögliche Deckung der Prüflingsmessbasis mit der Referenzmessbasis erzielt. Für den Vergleich wurden schließlich die von beiden Messsystemen ermittelten Durchfahrtszeiten für das jeweilige PTB-Messfahrzeug herangezogen.

Das Ergebnis ist in Form eines Histogramms in Bild 4 dargestellt. Aus diesem geht hervor, dass sich die Prüflingswerte sehr nah um den Referenzwert zentrieren. Insgesamt wurden 248 Messfahrten durchgeführt. Die maximale Abweichung vom Referenzwert liegt bei 0,38 %. Die statistische Sicherheit für diese Verteilung beträgt 54 Standardabweichungen σ . Sie übersteigt damit die für

Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte gemäß PTB-Anforderungen geforderte statistische Sicherheit von mindestens 5 σ um fast das 11-fache. Unter Annahme einer Gaußverteilung liegt die rechnerische Wahrscheinlichkeit, dass die TraffiSection S450 doch einmal die gesetzlich vorgeschriebene Fehlergrenze von $\pm 3\%$ überschreitet, damit bei $2 \cdot 10^{-634}\%$.

Aufgrund des oben dargelegten Messkonzeptes fließt der komplette Fehleranteil von $-0,029\% \pm 0,055\%$ in die Zeitmessung ein. Die TraffiSection S450 würde also selbst eine auf nur 0,304 % verringerte Verkehrsfehlergrenze mit 5 σ statistischer Sicherheit einhalten. D.h. bei Abzug der gesetzlich vorgeschriebenen Fehlergrenze von 3 % werden dem Betroffenen zusätzlich noch einmal 2,696 % geschenkt.

Wenn man diese 2,696 % mit der Streckenlänge von etwa 2,2 km verrechnet, so erhält man einen Streckenabschnitt mit einer Länge von 59 m, welcher zusätzlich von dem eichamtlich vermessenen Streckenabschnitt abgezogen und dem Betroffenen somit „geschenkt“ wird.

In Vorbereitung der Konformitätsbewertung nach Modul F und der Eichung durch die zuständigen Stellen hat die PTB außerdem weitere Prüfungen mit einer im Fahrzeugheck verbauten Uhr durchgeführt (siehe Bild 5). Diese Heckuhr wurde bei der Durchfahrt in den von der TraffiSection S450 erstellten Spurkamerafotos an Ein- und Ausfahrtsquerschnitt mit abgebildet. Sowohl für die Heckuhr als auch für die TraffiSection S450 wurde aus den Zeitstempeln der Ein- und Ausfahrt eine Zeitdifferenz berechnet. Beide Zeitdifferenzen wurden anschließend miteinander verglichen. Auch hier betragen die Abweichungen weniger als 0,1 %, was ebenfalls weit innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen von 3 % liegt.

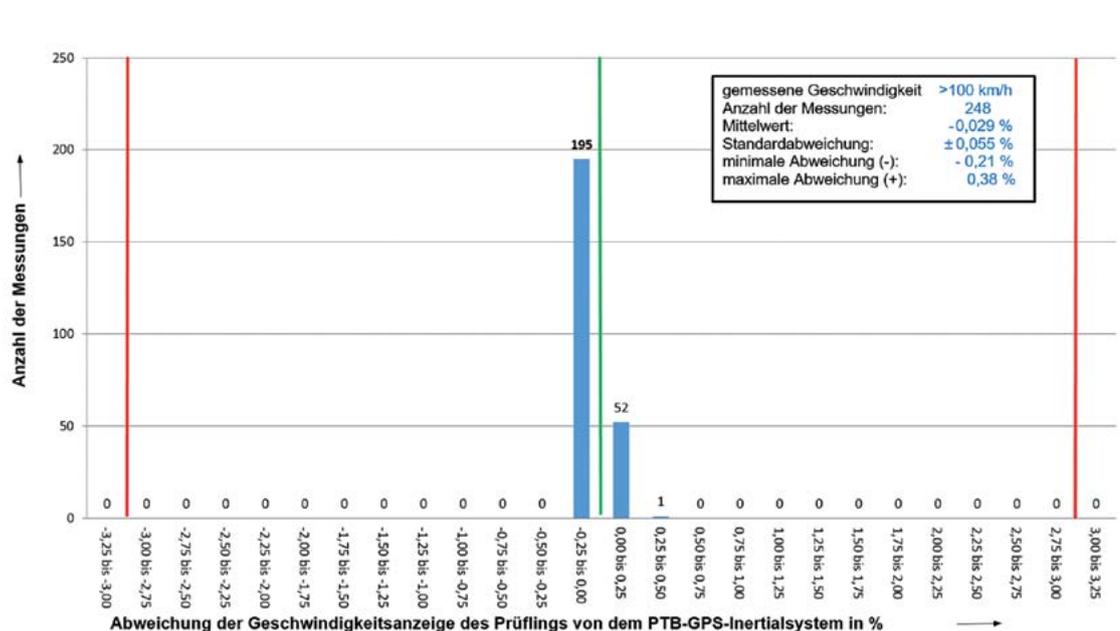


Bild 4:
Histogramm zur
Abweichungsverteilung
des Prüflingswertes vom PTB-
Referenzwert

Durchführung von Laborprüfungen

Um das Messsystem im Rahmen der einzelnen Laborprüfungen im Messbetrieb zu prüfen, war es erforderlich, für das Laborsystem entsprechende Fahrzeugdurchfahrten zu simulieren. Zu diesem Zweck wurden während der Laborprüfung bereits im Vorfeld im realen Straßenverkehr aufgezeichnete Scandaten in das System eingespeist – sowohl an der Einfahrt als auch an der Ausfahrt. Auf diese Weise registrierte das System fortwährend Fahrzeugdurchfahrten und löste jeweils eine Spurkamera aus. Die Spurkameras waren auf einen Monitor gerichtet. Auf diesem lief eine Folge von 50 Kfz-Kennzeichen ab, deren Frequenz auf die Triggerfrequenz der Scandaten abgestimmt war. Nachdem ein Kennzeichen sowohl an der Einfahrt als auch an der Ausfahrt gelesen wurde, wurde ein Vorfallsdatensatz erzeugt. Die Erstellung eines signierten Vorfallsdatensatzes ist jedoch nur möglich, wenn ein gültiger Messwert erzeugt wurde und die Fotos aller vier beteiligten Kameras (Spurkamera Einfahrt, Spurkamera Ausfahrt, Fahrerkamera Front, Fahrerkamera Heck) vorliegen. Auf diese Weise konnte im Rahmen der Laborprüfungen die korrekte Funktionsweise des Prüflings verifiziert werden.

Ein wichtiger Bestandteil der Laborprüfungen sind u. a. die Unter- und Überspannungstests, welche verifizieren, dass auch bei Schwankungen der Betriebsspannung kein unzulässiges Messgeräteverhalten resultiert. Zum Schutz vor Spannungsspitzen außerhalb des für das Messsystem spezifizierten Betriebsspannungsbereiches ist an der Einfahrt und an der Ausfahrt jeweils zwischen Netzversorgung und Messsystem eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) verbaut. Diese wird im Rahmen der Eichung so parametrisiert, dass das Messsystem, falls die Netzspannung die Betriebsspannungsgrenzen über- bzw. unterschreitet, weiterhin mit der Nennspannung versorgt wird und ggf. geregelt herunterfährt. Dieses Verhalten gewährleistet, dass sich die Messanlage auch bei Verlassen des spezifizierten Betriebsspannungsbereiches stets in einem definierten Zustand befindet. Dies konnte im Prüflabor der PTB verifiziert werden. Während der Prüfung wurden fortwährend Messungen ausgelöst. Die TraffiSection S450 zeigte dabei keinerlei unzulässiges Geräteverhalten.

Des Weiteren wurden u. a. auch umfangreiche Prüfungen zur Klimabeständigkeit der TraffiSection S450 durchgeführt. Zur klimatischen Überwachung sind im Schaltschrank, in den Kameragehäusen und auf der Brückenkonstruktion Temperatursensoren verbaut. Registriert einer dieser Temperatursensoren eine Über- bzw. Unterschreitung der Grenzen des spezifizierten Betriebstemperaturbereiches, so unterdrückt er automatisch



Bild 5:
Einbau einer hochgenauen Uhr im Heck des PTB-Messfahrzeugs

die Erstellung weiterer Vorfallsdatensätze. Liegt die Temperatur wieder im zulässigen Bereich, so kehrt das Messsystem wieder in den Messbetrieb zurück. Auch dieses Verhalten konnte im Rahmen der Laborprüfungen im Klimaschrank in der PTB verifiziert werden.

Durchführung interner Selbsttestroutinen

Ein wesentlicher Punkt in den PTB-Anforderungen 12.01 ist die Festlegung, dass ein Geschwindigkeitsüberwachungsgerät in regelmäßigen Abständen selbstständig interne Funktions- und Speichertests – sogenannte Selbsttests – durchführen muss. Bei der TraffiSection S450 muss insbesondere die korrekte Funktionsweise der beiden Zeitserver jederzeit gewährleistet und daher intern geprüft werden. Einen Kernpunkt im Rahmen des Konformitätsbewertungsverfahrens bildete insofern die Prüfung der beiden Zeitserver der Firma MEINBERG, von denen einer an jedem Querschnitt verbaut ist. Interne Selbsttestmechanismen in der Messanlage sowie in den Zeitservern selbst stellen u. a. sicher, dass für die Geschwindigkeitsermittlung stets dieselbe Zeitbasis zur Verfügung steht – ohne dass es hierzu einer unmittelbaren Verbindung zwischen den beiden Querschnitten bedarf. Darüber hinaus gewährleistet das Selbsttestkonzept der TraffiSection S450, dass nur Vorfallsdatensätze ausgewertet werden können, die in einem einwandfreien Anlagenzustand erstellt worden sind.

Da die PTB-Arbeitsgruppe 8.51 „Metrologische Software“ bereits auf Quellcodeebene verifiziert hatte, dass die Weitergabe der Zeitinformation des Zeitserver innerhalb der Messanlage korrekt abläuft, war es im Rahmen der Laborprüfungen nur noch erforderlich, zu untersuchen, ob der Zeitserver auf Verfälschungen in den Zeitsignalen wie vorgesehen reagiert. Dazu wurde mit Unterstützung des Zeitlabors der PTB u. a. ein simuliertes DCF77-Signal in die Anlage eingespeist, welches kontrolliert verfälscht wurde. Dabei zeigte sich, dass die Anlage bei Erreichen eines kleinen internen Toleranzwertes den Messbetrieb

wie vorgesehen abschaltete, sodass keine falschen Messwerte entstehen können. Somit konnte die korrekte Funktion des Abgleichs im Zeitserver nachgewiesen werden.

Erteilung der Baumusterprüfbescheinigung für die TraffiSection S450

Nachdem alle Prüfungen mit positivem Ergebnis zum Abschluss gebracht werden konnten, folgte die finale Abstimmung der offiziellen Dokumente. Hierzu zählen das Zertifikat selbst, die Gebrauchsanweisung, eine detaillierte Aufbauanleitung,

das Dokument zur eichamtlichen Streckenvermessung sowie die Hinweise zur Prüfung des Geschwindigkeitsüberwachungsgerätes. Alle genannten Dokumente wurden auf einer Prüf-CD zusammengefasst und sowohl dem Hersteller und der zuständigen Eichbehörde, als auch dem Fachausschuss „Geschwindigkeits- und Rotlichtüberwachungsanlagen“ der Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen (der Koordinationsgruppe der Länder-Marktaufsichtsbehörden zu diesem Thema) zur Verfügung gestellt. Die Erteilung der Baumusterprüfbescheinigung erfolgte schließlich am 6. November 2018.

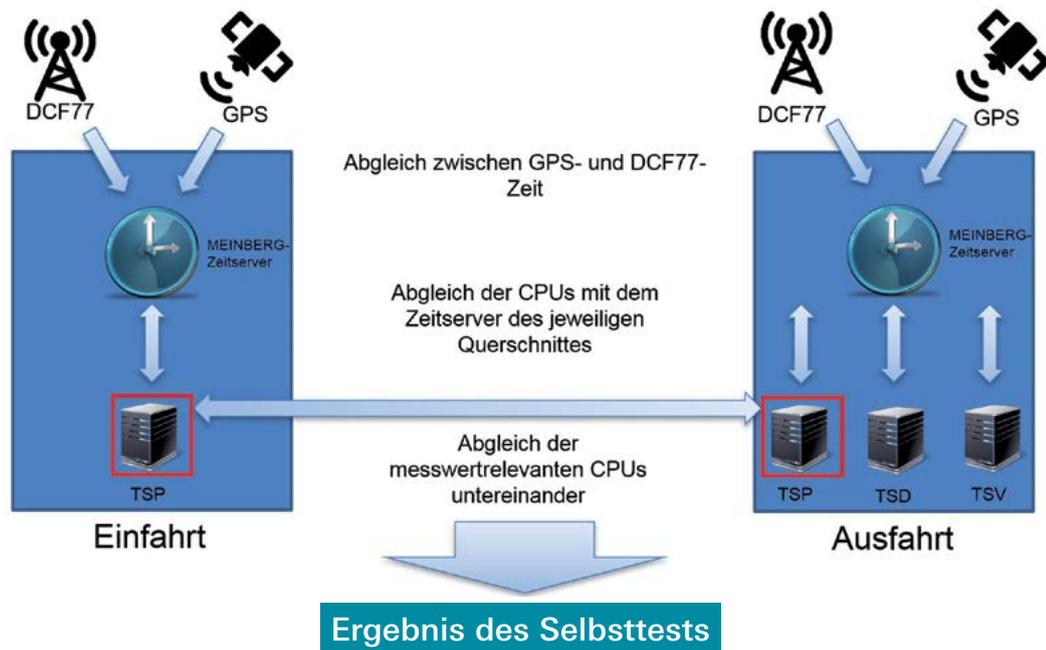


Bild 6:
Selbsttestkonzept
bei der Zeitsynchronisation

Untersuchung des Einflusses der Abschnittskontrolle auf die Verkehrssicherheit der B6 bei Hannover

Johannes Kupper*

1. Einführung

Für die erstmals in Deutschland eingesetzte Anlage zur Abschnittskontrolle wird im vorliegenden Artikel der Einfluss auf die Verkehrssicherheit dargestellt. Dabei wird insbesondere das Fahrverhalten der einzelnen Autofahrer in der unmittelbaren Umgebung zum Einfahrts- und zum Ausfahrtsportal der Abschnittskontrolle betrachtet, weil dies bisher kaum im Vordergrund von wissenschaftlichen Untersuchungen stand. Die gewonnenen Erkenntnisse zum Fahrverhalten fließen anschließend in die Bewertung der Verkehrssicherheit mit ein. Die Ergebnisse zeigen, dass die Abschnittskontrolle die mittleren Geschwindigkeiten im Verkehrsfluss lokal um -2 km/h bis -5 km/h senkt und somit den Befolgungsgrad um $+10$ bis $+30$ Prozentpunkte steigert. Die sich im Testbetrieb befindliche Abschnittskontrolle wirkt daher verkehrssichernd.

Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf deutschen Straßen wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts mithilfe von Schätzverfahren durch die Polizei überwacht [1]. Später kamen dann Weg-Zeit-Messverfahren und Nachfahrmethoden hinzu. Am 2. Dezember 1958 wurde schließlich das erste Geschwindigkeitsüberwachungsgerät in Deutschland zugelassen. Es handelte sich um ein Verkehrsradargerät vom Typ VRG 2 der Firma Telefunken (siehe den gesonderten Beitrag in diesem Heft). Dieses bestimmte die Fahrzeuggeschwindigkeiten mithilfe des Dopplereffektes bei Radarwellen.

Die in Deutschland eingesetzten Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte werden bis in die heutige Zeit immer weiterentwickelt. Der Dopplereffekt bei Radarwellen wird dabei von einigen aktuellen Messgeräten nach wie vor genutzt. Inzwischen haben sich aber auch Laufzeitmessungen von Laserpulsen und Weg-Zeit-Messgeräte mit druckempfindlichen, optischen oder induktiven Sensoren sowie videobasierte Messverfahren etabliert.

Eine in Deutschland bisher nicht vertretene Technologie zur Geschwindigkeitsüberwachung ist die der Abschnittskontrolle (Section Control). Bei der Abschnittskontrolle wird die Durchschnitts-

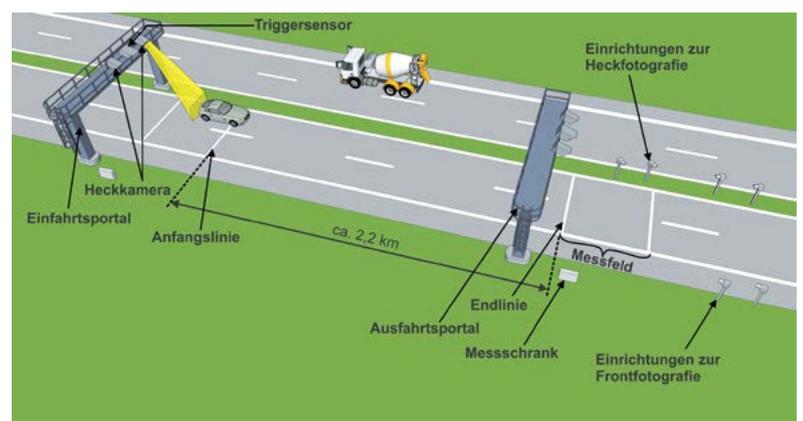
geschwindigkeit der Fahrzeuge auf einem Streckenabschnitt überwacht, der sich typischerweise über mehrere Kilometer Länge erstreckt.

Im Rahmen eines Pilot-Projektes des Landes Niedersachsen wurde ein ca. 2,2 km langer Abschnitt der B6 bei Hannover mit einer Anlage zur Abschnittskontrolle ausgestattet. Dieser Streckenabschnitt zeichnete sich vor der Einführung der Abschnittskontrolle als Unfallhäufungsstrecke aus (mindestens drei Unfälle mit getöteten oder schwer verletzten Personen auf etwa einem Streckenkilometer in einem Zeitraum von drei Jahren). In Anlehnung an die Empfehlungen des 47. Verkehrsgerichtstages von 2009 wurde daher dieser Streckenabschnitt für das Pilot-Projekt ausgewählt.

2. Funktionsweise der Abschnittskontrolle

Die Anlage zur Abschnittskontrolle auf der B6 bei Hannover wird in einem gesonderten Beitrag in diesem Heft beschrieben. Sie besteht aus einem Einfahrtsportal, einem Ausfahrtsportal, Einrichtungen zur Front- und Heckfotografie und Messschranken. An den Portalen befinden sich jeweils eine Heckkamera je Fahrspur und ein Sensor zur Triggerung der Heckkameras. Der überwachte Abschnitt erstreckt sich vom Einfahrtsportal bis zum Ausfahrtsportal. In Bild 1 wird ein Schema der Anlage dargestellt.

Die Anlage zur Abschnittskontrolle erfasst am Einfahrts- und Ausfahrtsportal mithilfe des Triggersensors die vorbeifahrenden Fahrzeuge.



* Dr. Johannes Kupper, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: johannes.kupper@ptb.de

Bild 1: Schema der Abschnittskontrolle auf der B6 bei Hannover. Der überwachte Abschnitt erstreckt sich vom Ende des Messfeldes am Einfahrtsportal (Anfangslinie) bis zum Anfang des Messfeldes am Ausfahrtsportal (Endlinie)

Dabei wird von jedem Fahrzeug jeweils ein Heckfoto erstellt. Die Heckfotoerstellung wird mithilfe eines Infrarotblitzes unterstützt. Dieser wird in Bild 1 durch einen gelben Kegel dargestellt. Aus jedem Heckfoto wird das Fahrzeugkennzeichen extrahiert und nicht rückführbar anonymisiert. Dem anonymisierten Fahrzeugkennzeichen wird schließlich noch der Zeitstempel der Fotoauslösung zugeordnet.

Am Ausfahrtsportal findet ein Abgleich mit den am Einfahrtsportal gesammelten Informationen statt. Dabei wird für jedes anonymisierte Kennzeichen geprüft, ob dieses am Einfahrtsportal detektiert wurde. Wenn eine Übereinstimmung gefunden werden konnte, wird anhand der beiden Zeitstempel und der bekannten Wegstrecke zwischen Einfahrts- und Ausfahrtsportal die vorwerfbare Durchschnittsgeschwindigkeit für das zugehörige Fahrzeug berechnet.

Falls die vorwerfbare Durchschnittsgeschwindigkeit über dem Bildauslösegrenzwert liegt, wird ein Frontfoto vom jeweiligen Fahrzeug erstellt und die Geschwindigkeitsübertretung entsprechend dokumentiert. Zusätzlich zu diesem Frontfoto wird noch ein drittes Heckfoto erstellt, um z. B. bei Fahrzeugen mit Anhänger eine eindeutige Messwertzuordnung zu gewährleisten.

3. Bekannte Auswirkungen der Abschnittskontrolle

Die im Ausland betriebenen Anlagen zur Abschnittskontrolle wurden bereits intensiv wissenschaftlich untersucht. Untersuchungsgegenstand waren bisher die Auswirkungen der Abschnittskontrolle auf die Geschwindigkeitsverteilung der Fahrzeuge, die Unfallrate, die Unfallschwere und die Emissionen des Straßenverkehrs. Es konnte gezeigt werden, dass mithilfe der Abschnittskontrolle die mittlere Geschwindigkeit auf dem gesamten Streckenabschnitt gesenkt werden kann und dabei die Streuung der gefahrenen Geschwindigkeiten sinkt. Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass mithilfe der Abschnittskontrolle auch die Unfallrate, die Unfallschwere und die Emissionen gesenkt werden können. Der Abschnittskontrolle kann somit eine verkehrssichernde und harmonisierende Wirkung zugesprochen werden [2, 3].

4. Forschungsfragen

Bei der Betrachtung der bereits existierenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen fällt auf, dass diese nicht die Fahrmanöver der Fahrzeugführer auf dem Streckenabschnitt betrachten und der Vergleich zum Fahrverhalten bei punktueller Überwachung nur schwer möglich ist, da immer verschiedene Streckenabschnitte betrachtet wurden.

Aus diesem Umstand heraus ergeben sich für die Pilot-Anlage auf der B6 die folgenden vier Forschungsfragen:

1. Welche Fahrmanöver sind auf die Einführung der Abschnittskontrolle zurückzuführen und mit welchen Häufigkeiten treten diese auf?
2. Welche Änderungen im Verkehrsfluss sind mit Einführung der Abschnittskontrolle auf dem Streckenabschnitt feststellbar?
3. Welche Schlussfolgerungen können anhand der Fahrmanöver und der Änderungen des Verkehrsflusses bezüglich der Verkehrssicherheit gezogen werden?
4. Wann ist die Abschnittskontrolle für die Erhöhung der Verkehrssicherheit besser geeignet und wann die punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung?

5. Untersuchungsmethode

Der Verkehr auf der B6 bei Hannover wurde mithilfe von verdeckten Verkehrsflussmessungen untersucht. Während dieser Untersuchungen wurde die Abschnittskontrolle aufgebaut und in den Testbetrieb versetzt. Die ersten Messungen erfolgten bereits im Vorfeld der Einführung der Abschnittskontrolle. Die Ergebnisse dieses Vorherzeitraums dienten als Referenz für die Messungen, die nach dem Start des Testbetriebs der Abschnittskontrolle (Nachherzeitraum) durchgeführt wurden.

Aufgrund von Verzögerungen im Pilot-Projekt und widersprüchlichen Zeitangaben in den verschiedenen Medienbeiträgen ist davon auszugehen, dass ein Teil der Fahrzeugführer während der hier vorgestellten Untersuchungen bereits von einem Echtbetrieb der Abschnittskontrolle ausgegangen ist.

Die Verkehrsflussmessungen wurden lokal an verschiedenen Orten des Streckenabschnitts durchgeführt. Der mittlere Abstand zwischen zwei benachbarten Messorten betrug etwa 400 m. Die Messdatenerfassung erfolgte nicht gleichzeitig an allen Messorten, sondern wurde gestaffelt über mehrere Werkzeuge hinweg durchgeführt. Das heißt, den Messdaten liegen unterschiedliche Fahrerkollektive zugrunde. Dass dies die Messergebnisse nicht beeinflusst, konnte mithilfe von Langzeitmessungen verifiziert werden.

Die Verkehrsflussmessungen wurden mithilfe eines Trackingradarsensors durchgeführt, der vom Grünstreifen aus betrieben wurde. Im Nachherzeitraum kamen zusätzlich Trackingradarsensoren zum Einsatz, die sich auf dem Einfahrts- und

Ausfahrtsportal der Abschnittskontrolle befanden. Die Trackingradarsensoren sind in der Lage, für jedes vorbeifahrende Fahrzeug dessen Geschwindigkeit und Position zu erfassen und das Fahrzeug innerhalb des Erfassungsbereichs zu verfolgen. Die messtechnischen Eigenschaften der eingesetzten Trackingradarsensoren wurden bereits in [4] ausführlich dargelegt.

6. Ergebnisse

6.1 Einfluss der Abschnittskontrolle auf die mittlere Geschwindigkeit

In Bild 2 sind für die beiden Fahrspuren die mittleren Geschwindigkeiten der Fahrzeuge zusammen mit den zugehörigen Standardabweichungen über den Streckenkilometer aufgetragen worden. Die dargestellten Messdaten beruhen auf einem Stichprobenumfang von 300 bis 2700 Fahrzeugen. Diese Daten wurden vor der Einführung der Abschnittskontrolle im Jahr 2015 aufgezeichnet. Bild 2 stellt somit das Geschwindigkeitsprofil beider Fahrspuren für den Vorherzeitraum dar.

Die Bild 2 enthält neben den Messdaten ein Schema des Streckenabschnitts. Dieses Schema macht deutlich, dass sich unmittelbar vor dem Beginn des Streckenabschnitts ein plangleicher Knotenpunkt mit einer Lichtzeichenanlage befindet und sich unmittelbar hinter dem überwachten Streckenabschnitt ein planfreier Verkehrsknoten anschließt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit (Limit) ist in Bild 2 in Form einer roten Linie eingetragen worden.

Der Verlauf der mittleren Geschwindigkeitswerte in Bild 2 zeigt, dass am Beginn des Streckenabschnitts aufgrund der Lichtzeichenanlage bevorzugt Beschleunigungsmanöver von den Fahrzeugführern durchgeführt werden. Bei Streckenkilometer 13,5 erreichen die Fahrzeuge auf der Überholspur im Mittel die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. In der Mitte des Streckenabschnitts deuten die Werte der Überholspur auf eine schlechte Akzeptanz für die zulässige Höchstgeschwindigkeit hin. Erst am Ende des Abschnitts – mit Annäherung an den Verkehrsknoten – sinkt die mittlere Geschwindigkeit auf der Überholspur wieder unter das Limit. Das Geschwindigkeitsprofil der Normalspur folgt auf dem gesamten Streckenabschnitt dem Profil der Überholspur mit einer konstanten Geschwindigkeitsdifferenz von ca. -10 km/h.

Im Jahre 2016, also ein Jahr, nachdem die Abschnittskontrolle in den Testbetrieb versetzt wurde, konnte das Geschwindigkeitsprofil des Streckenabschnitts erneut bestimmt werden. In Bild 3 werden die Geschwindigkeitsprofile, die vor der Einführung der Abschnittskontrolle aufgezeichnet werden konnten („ohne SC“), mit

denen, die ein Jahr nach Beginn des Testbetriebs aufgezeichnet wurden („mit SC + 1 Jahr“), gegenübergestellt. Die Werte der Reihe „ohne SC“ sind bereits aus Bild 2 bekannt.

Anhand der Geschwindigkeitsprofile in Bild 3 ist gut zu erkennen, dass sich die mittleren Geschwindigkeiten der beiden Messreihen im ersten Teil des Streckenabschnitts bei Streckenkilometer 13,45 und im zweiten Teil des Streckenabschnitts zwischen den Streckenkilometern 12,30 und 11,47 unterscheiden.

Die vorliegenden Standardabweichungen von ca. 10 km/h und die zugrundeliegenden Stichprobenumfänge führen zu einer Signifikanzgrenze von 2 km/h. Das heißt, dass hier Geschwindigkeitsdifferenzen von mehr als 2 km/h als signifikant zu bezeichnen sind (Irrtumswahrscheinlichkeit 1 %).

Bild 2: Profil der mittleren Geschwindigkeit für den Streckenabschnitt der B6 bei Hannover im Zeitraum vor der Einführung der Abschnittskontrolle (ohne SC)

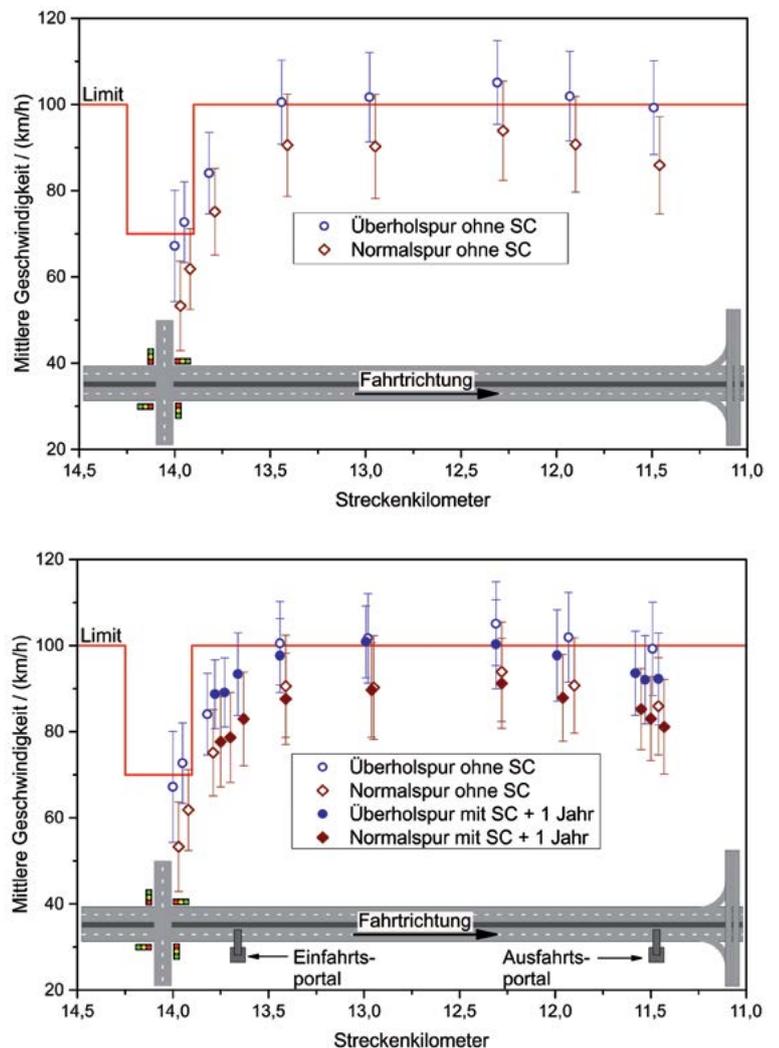


Bild 3: Profil der mittleren Geschwindigkeit für den mittels Abschnittskontrolle überwachten Streckenabschnitt der B6 bei Hannover für den Zeitraum vor der Einführung der Abschnittskontrolle (ohne SC) und ein Jahr nach Einführung der Abschnittskontrolle (mit SC + 1 Jahr). Das Einfahrtsportal der Abschnittskontrolle befindet sich bei Streckenkilometer 13,67 und das Ausfahrtsportal bei Streckenkilometer 11,47

Die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Vorher- und Nachherzeitraum betragen ca. -2 km/h bis -5 km/h und sind damit signifikant. Da der einzige Unterschied zwischen beiden Untersuchungsphasen in der Errichtung und Inbetriebnahme der Abschnittskontrolle besteht, kann somit geschlussfolgert werden, dass die Abschnittskontrolle auf dem gesamten Streckenabschnitt das Geschwindigkeitsprofil der beiden Fahrspuren signifikant absenkt. Ein Einfluss auf die Streuung der gefahrenen Geschwindigkeiten zeigt sich hier nicht.

Die Reduzierung der mittleren Geschwindigkeiten führt zu deutlichen Befolgungsgraderhöhungen von etwa $+10$ bis $+30$ Prozentpunkten.

6.2 Einfluss der Abschnittskontrolle auf die Fahrmanöver

Die Trackingradarsensoren ermöglichten nicht nur die Betrachtung der Geschwindigkeitsverteilung des gesamten Fahrerkollektivs, sondern auch eine Untersuchung der einzelnen Fahrmanöver an den verschiedenen Messorten. Mit der Einführung der Abschnittskontrolle änderte sich das Verhältnis von Beschleunigungs- und Verzögerungsmanövern an den verschiedenen Messorten nicht. Nur in der unmittelbaren Umgebung (ca. ± 100 m) des Ausfahrtsportals waren Änderungen feststellbar. Während im Vorherzeitraum an diesem Messort Beschleunigungs- und Verzögerungsmanöver etwa gleichverteilt auftraten, zeigte sich nach der Errichtung der Abschnittskontrolle, dass die Fahrzeugführer bevorzugt Verzögerungsmanöver durchführten (insgesamt 72,3 % aller Fahrzeugführer), wenn sie sich dem Ausfahrtsportal näherten, und bevorzugt Beschleunigungsmanöver durchführten (insgesamt 64,1 % aller Fahrzeugführer), wenn sie sich vom Ausfahrtsportal wieder entfernten. Es scheint daher, dass ein Teil der Fahrzeugführer auch nach einem Jahr Testbetrieb das Überwachungskonzept der Abschnittskontrolle noch nicht

verstanden hatte und sich ähnlich verhielt wie in einer punktuellen Überwachungssituation [5].

In der unmittelbaren Umgebung (ca. ± 100 m) zum Einfahrtsportal konnten keine Änderungen in den Fahrmanövern mit Einführung der Abschnittskontrolle festgestellt werden. Die Hauptursache hierfür wird in der Lichtzeichenanlage zu finden sein, die viele der Fahrzeugführer kurz vor Beginn des Streckenabschnitts zum Anhalten zwingt.

Weil die Fahrzeugführer während der Annäherung zum Ausfahrtsportal auf beiden Fahrspuren bevorzugt Verzögerungsmanöver durchführten, wurde speziell an diesem Messort überprüft, ob die Abschnittskontrolle kritische Verzögerungsmanöver zur Folge hat.

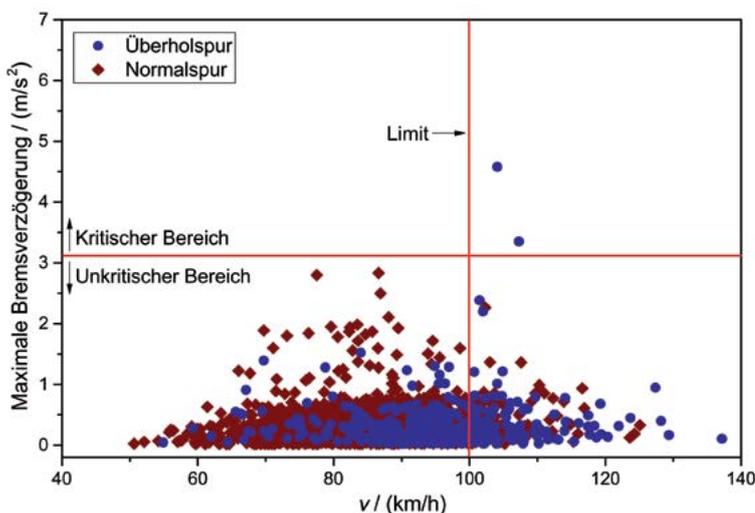
Für den Nachherzeitraum konnten bei insgesamt 7416 Fahrzeugen nur zwei Fahrzeuge gefunden werden, die ein kritisches Verzögerungsmanöver (maximale Bremsverzögerung $> 3,1$ m/s²) während der Annäherung an das Ausfahrtsportal durchgeführt haben (Bild 4).

Diese beiden kritischen Verzögerungsmanöver führen nicht zu einem signifikanten Unterschied in der relativen Häufigkeit solcher Manöver zwischen Vorher- und Nachherzeitraum. Denn auch im Vorherzeitraum waren kritische Verzögerungsmanöver teilweise zu beobachten. Die Einführung der Abschnittskontrolle im Testbetrieb hat daher keinen nachweisbaren Einfluss auf die Häufigkeit kritischer Verzögerungsmanöver. Gleiches gilt für die Häufigkeit kritischer Auffahrsituationen und kritischer Kollisionssituationen.

6.3 Punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung

Bevor die Abschnittskontrolle auf der B6 bei Hannover zwischen den Streckenkilometern 13,67 und 11,47 aufgebaut wurde, fand auf diesem Streckenabschnitt regelmäßig punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung statt. Im Rahmen einer solchen punktuellen Überwachungsmaßnahme konnte nachgewiesen werden, dass die punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung die mittleren Geschwindigkeiten lokal um ca. -7 km/h absenkt und den Befolgungsgrad um etwa $+10$ bis $+20$ Prozentpunkte steigert. Auch bei dieser Form der Überwachung konnten die maximalen Bremsverzögerungen am Überwachungsort gemessen werden. Diese werden in Bild 5 dargestellt. Im Vergleich zur Abschnittskontrolle treten bei der punktuellen Überwachung signifikant häufiger kritische Verzögerungsmanöver auf. Die punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung hatte aber keine Häufung von kritischen Auffahrs- oder Kollisionssituationen zur Folge, sodass die kritischen Verzögerungsmanöver keine weiteren negativen Konsequenzen für die Verkehrssicherheit hatten.

Bild 4: Maximale Bremsverzögerung der einzelnen Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Startgeschwindigkeit (Geschwindigkeit zum Zeitpunkt der ersten Erfassung durch das Trackingradar) während der Annäherung an das Ausfahrtsportal



7. Zusammenfassung

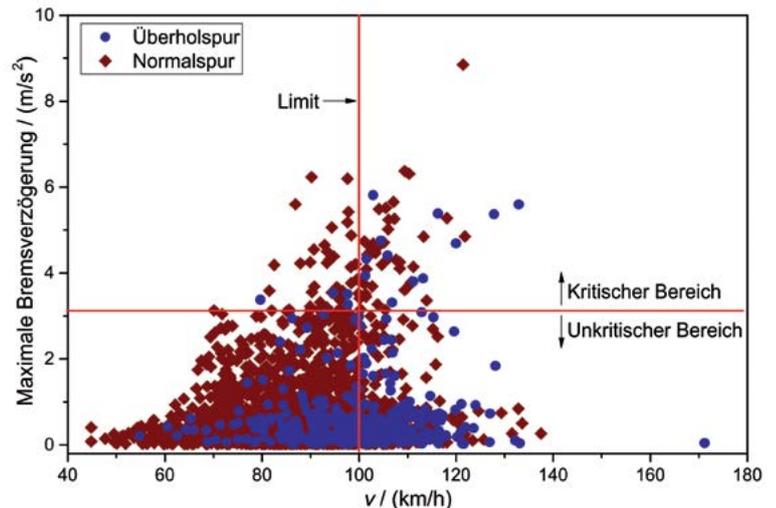
Die durchgeführten Untersuchungen haben bezüglich der Forschungsfrage 1 gezeigt, dass die Einführung der Abschnittskontrolle in der Zufahrt zum Ausfahrtsportal zu Verzögerungsmanövern (Häufigkeit ca. 70 %) und hinter dem Ausfahrtsportal zu Beschleunigungsmanövern (Häufigkeit ca. 65 %) führt. Die Abschnittskontrolle zieht aber keine kritischen Verzögerungsmanöver und keine Häufung kritischer Auffahr- oder Kollisionssituationen nach sich.

Bezüglich des Verkehrsflusses (Forschungsfrage 2) bleibt festzuhalten, dass die Abschnittskontrolle die mittleren Geschwindigkeiten lokal um ca. -2 km/h bis -5 km/h absenkt und somit den Befolgungsgrad um etwa $+10$ bis $+30$ Prozentpunkte steigert. Beide Einflüsse sind als Sicherheitsgewinn zu werten. Der Wirkungsbereich der Anlage auf der B6 kann mit ca. 2 km angegeben werden. Ein Einfluss der Abschnittskontrolle auf die Streuung der gefahrenen Geschwindigkeiten konnte hier nicht nachgewiesen werden.

Für die Forschungsfrage 3 kann somit resümiert werden, dass die im Testbetrieb befindliche Abschnittskontrolle die Verkehrssicherheit auf dem gesamten Streckenabschnitt erhöht.

Für die punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung kann ebenfalls geschlussfolgert werden, dass diese die Verkehrssicherheit erhöht, weil mit dieser Überwachungsmethode die mittleren Geschwindigkeiten lokal gesenkt werden und die auftretenden kritischen Verzögerungsmanöver keine Häufung kritischer Auffahr- oder Kollisionssituationen nach sich ziehen. Diese positive Wirkung der punktuellen Geschwindigkeitsüberwachung ist aber nur lokal feststellbar. Auf die Forschungsfrage 4 ist daher zu antworten, dass die Abschnittskontrolle besser geeignet ist, wenn die Verkehrssicherheit eines gesamten Streckenabschnitts erhöht werden soll, und die punktuelle Geschwindigkeitsüberwachung besser geeignet ist, wenn die Verkehrssicherheit an einem Gefahrenpunkt erhöht werden soll.

In einer weiteren Untersuchungsphase sollen zukünftig die Änderungen im Verkehrsfluss und der Verkehrssicherheit auf der B6 untersucht werden, die mit der Umschaltung vom Testbetrieb auf den Pilotbetrieb (Echtbetrieb) und der gleichzeitigen Anbringung eines Hinweisschildes am Einfahrtsportal verbunden sind.



Literatur

- [1] Cascetta, E., Punzo, V. und Montanino, M. (2011): Empirical Analysis of Effects of Automated Section Speed Enforcement System on Traffic Flow at Freeway Bottlenecks. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2260, Washington, 83–93
- [2] Koy, T., Benz, S. und Haas, L. (2011): Auswirkungen von Abschnittsgeschwindigkeitskontrollen (AGK) auf das Fahrverhalten und Unfallgeschehen. Technischer Bericht Nr. 60.404.0-001, Bundesamt für Straßen ASTRA, Rapp Trans AG, Basel
- [3] Kupper, J. (2015): Verkehrsflussmessungen – Vergleich zwischen Laserscanner und Trackingradar, Technisches Messen, 82 (2), De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 65 – 72
- [4] Kupper, J. (2017): Erhöhung der Verkehrssicherheit am Überwachungsort. In HEUREKA`17 – Optimierung in Verkehr und Transport, Stuttgart
- [5] Praxenthaler, H. (1999): Die Sache mit der Geschwindigkeit – Geschichte der Tempobeschränkungen im Für und Wider. Archiv für die Geschichte des Straßen- und Verkehrswesens (Bd. 15), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Kirschbaum Verlag, Bonn.

Bild 5:
Maximale Bremsverzögerung der einzelnen Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Startgeschwindigkeit (Geschwindigkeit zum Zeitpunkt der ersten Erfassung durch das Trackingradar) während der Annäherung an ein punktuell überwachtes Überwachungsgerät auf der B6 bei Hannover

Grundsatzuntersuchungen zur Praxistauglichkeit satellitenbasierter Nachfahrssysteme

Martin Rehm¹, Hans-Joachim Dietz², Knut Tamme³

Im Ensemble des operativen Maßnahmenkatalogs zur polizeilichen Verkehrsüberwachung besitzen Videonachfahreinrichtungen eine herausragende Bedeutung, da sie die Betroffenen unmittelbar anhand einer Videoaufzeichnung mit der beanstandeten Geschwindigkeitsübertretung konfrontieren und somit ihre einzigartige verkehrserzieherische Wirkung entfalten können. Videonachfahrssysteme sind dem Mess- und Eichgesetz unterworfen mobile Geschwindigkeitsmesssysteme, die fest in Einsatzfahrzeuge der Polizei montiert werden. Ein typisches Messszenario zur Geschwindigkeitsermittlung, welches grundsätzlich auf einer Weg- und Zeitmessung beruht, besteht darin, dass sich das Einsatzfahrzeug wie das zu überwachende Fahrzeug im fließenden Verkehr bewegt. Nachdem das Polizeifahrzeug seine Geschwindigkeit an die des vorausfahrenden Fahrzeugs angepasst hat, startet der Messbeamte eine simultane Wegstrecken- und Zeitmessung. Die am Ende der Messung ermittelte Durchschnittsgeschwindigkeit des Einsatzfahrzeugs kann dem Betroffenen als Mindestgeschwindigkeit vorgehalten werden. Hierzu ist es erforderlich, dass sich der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug am Ende des Messvorgangs nicht verringert hat. Die von der PTB geprüfte und für den Verwender als verbindlich festgelegte Gebrauchsanweisung des Videonachfahrsystems ist auf diesen Umstand abgestimmt, ebenso wie die Einsatzrichtlinien der Polizei der jeweiligen Bundesländer. Neben der Verkehrssituation werden in das laufende Videobild auch Messwerte (Wegstrecke, Zeit und Geschwindigkeit), Hilfsgrößen und ergänzende Daten (z. B. Datum und Uhrzeit) eingeblendet und mit aufgezeichnet.

Die während des Messvorgangs vom Einsatzfahrzeug zurückgelegte Wegstrecke wird aus dem Abrollen der Räder ermittelt. Hierzu muss zuvor eine fahrzeugspezifische Anpassung an die Abrollumfänge der Reifen des betreffenden Einsatzfahrzeugs vorgenommen werden, die bei der Eichung kontrolliert und gesichert wird. Ändert sich der Abrollumfang der Reifen gegenüber dem Zustand bei der Eichung, so kommt es zu systematischen Fehlern bei der Wegstreckenmessung und somit

auch bei der Geschwindigkeitsermittlung [1]. Damit diese Einflüsse zu keiner Überschreitung der gesetzlich vorgeschriebenen Verkehrsfehlergrenzen führen können, wurden dem Verwender des Videonachfahrsystems über die Gebrauchsanweisung regulatorische Auflagen erteilt, die den Einsatz der Geräte stark einschränken. So ist bei einem Reifenwechsel von Winterreifen auf Sommerräder oder beim Wechsel auf eine andere Reifengröße stets eine anschließende Neueichung erforderlich.

Weitere Konsequenzen und Einschränkungen beim Betrieb von Videonachfahrssystemen resultieren daraus, dass die modernen Fahrzeuge mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Bus-Systemen ausgestattet sind (CAN, LIN, FlexRay, MOST), die diverse digitale Informationen und Systemzustände des Fahrzeugs übertragen [2]. Zentrale Bedeutung besitzt hierbei das fahrzeugeigene Controller Area Network (CAN-Bus), welches sich neben der hohen Zuverlässigkeit u. a. durch hohe Datenraten und kleine Verzögerungszeiten (Latenz) auszeichnet, weshalb es bevorzugt für die interne Kommunikation zwischen den vielfältigen Steuergeräten eingesetzt wird. Über ein derartiges Bus-System (Highspeed-CAN) werden auch die von Radsensoren gelieferten Wegstreckenimpulse übertragen, die dann in sicherheitsrelevanten Steuergeräten des Fahrzeugs (Antiblockiersystem und System zur dynamischen Stabilitäts-Kontrolle) verarbeitet werden. Das von der PTB zugelassene Videonachfahrssystem kann diese Daten jedoch nicht direkt verarbeiten, da es vom Hersteller für die Verarbeitung konventioneller Wegstreckensignale mit klassischer Rechteckimpulsform konzipiert wurde. Somit bedarf es zum einen eines speziellen Wegstreckensignalkonverters, der die Datensignale des Highspeed-CAN in eine vom Videonachfahrssystem „verständliche“ Signalform umsetzt. Zum anderen kommt eine sogenannte Kontrollbaugruppe zum Einsatz, die u. a. Fehlerzustände analysiert und den Wegstreckensignalweg überwacht, wozu Datentelegramme mit Informationen zum Hard- und Softwarestand des relevanten Steuergerätes gehören. Da diese zusätzliche Ausgestaltung mit Wegstreckensignal-

¹ Martin Rehm, Fachbereich 3 „Verkehrssicherheit“, Hessische Polizeiakademie, Wiesbaden, E-Mail: martin.rehm@polizei.hessen.de;

² Hans-Joachim Dietz, Fachbereich 3 „Verkehrssicherheit“, Hessische Polizeiakademie, Wiesbaden, E-Mail: hansjoachim.dietz@polizei.hessen.de;

³ Knut Tamme, Fachbereich 3 „Verkehrssicherheit“, Hessische Polizeiakademie, Wiesbaden, E-Mail: knut.tamme@polizei.hessen.de



Bild 1:
Polizei-Testfahrzeug
mit satellitenbasier-
tem Geschwindig-
keitsmesssystem
und ProViDa 2000
Modular als Refer-
renz

konverter und Kontrollbaugruppe spezifisch für den jeweiligen Fahrzeugtyp ist, kommt es zu einer weiteren wesentlichen Einschränkung der Technik: Als zulassungskonforme Fahrzeuge mit CAN-BUS-Technik kommen gemäß Festlegung der PTB-Bauartzulassung nämlich nur zwei Fahrzeughersteller und ein Motorradhersteller in Betracht, nämlich die, die zum Zeitpunkt der Zulassung entsprechend dokumentiert und geprüft waren. Eine Erweiterung auf weitere Fahrzeughersteller ist leider nicht möglich, da das neue Mess- und Eichgesetz die Erteilung von Nachträgen für die Geräte mit PTB-Bauartzulassung ausschließt. Hinzu kommt, dass der Einbau der Technik in die betreffenden Fahrzeuge mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden ist. Somit ist eine flexible Verwendungsmöglichkeit nicht gegeben.

Weiterhin entspricht das auf Videokassetten-Aufnahmemedien basierende System nicht mehr dem Stand der Technik und die Verfügbarkeit entsprechender Aufzeichnungsrecorder und -medien ist nicht mehr gewährleistet.

Da der Fachbereich 3 – Verkehrssicherheit – der Polizeiakademie Hessen (HPA) in Wiesbaden mit der für die Erteilung von Baumusterprüfbescheinigungen für Geschwindigkeitsgeräte zuständigen Arbeitsgruppe bei der nationalen Zulassungsbehörde (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) seit über dreißig Jahren in engem Kontakt steht,

wurde eine Forschungskoooperation vereinbart, um die Eignung GPS-basierter Videonachfahrssysteme als Alternativsystem zu den konventionellen Videonachfahrssystemen zu untersuchen. Die neuartige Messtechnik versprach die wesentlichen Nachteile der Messtechnik bestehender Videonachfahrssysteme zu überwinden.

Der Durchführung des Messprogramms ging die Entwicklung eines Prototyps voraus, in die bereits eine Vielzahl von polizeitechnischen Wünschen und Aspekten einfließen sollten. Hierzu wurden die erforderlichen Voraussetzungen von der HPA durch intensive Abstimmung mit der Hersteller- und Entwicklerfirma eines Prototyps, der Fa. DTC GmbH Navigation & Security Solutions, sowie der Softwarefirma Nova-co.de GmbH getroffen.

Der entwickelte Prototyp eines satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems wurde vom Hessischen Polizeipräsidium für Technik (vormals Präsidium für Technik, Logistik und Verwaltung, Abteilung 224 – Sonderwerkstatt) in ein konventionelles Polizei-Einsatzfahrzeug (BMW 535i) mit eichfähigem Videonachfahrssystem eingebaut. In umfangreichen Praxistests sollte die Eignung des satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems untersucht werden, wobei das konventionelle Videonachfahrssystem vom Typ ProViDa 2000 Modular (PTB-Zul. 18.03/04.01, aktuelle Fassung vom 30.7.2014) aufgrund der definierten Verkehrsfehlergrenzen als messtechnische Referenz diente. Zur Vereinfachung des Messablaufs und zum Ausschluss von Bedienfehlern bei der Erprobung wurden die beiden Systeme so modifiziert, dass sie über einen gemeinsamen Start/ Stopp-Knopf angesteuert werden konnten, um ein synchrones Starten und Stoppen der Messungen beider Systeme zu ermöglichen. Das Polizei-Einsatzfahrzeug wurde am 21.3.2016 anlässlich der Pressekonferenz zur Verkehrsunfallstatistik 2015 in Wiesbaden vorgestellt (Bild 1).

Bei den im Rahmen der Forschungskoooperation durchgeführten Versuchsfahrten lag der Schwerpunkt der HPA in der praxisnahen Prüfung des

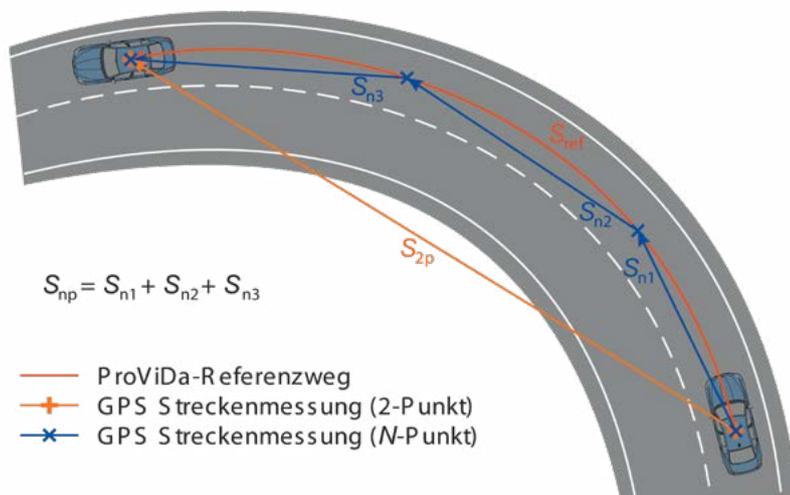


Bild 2:
Messkonzept des
satellitenbasierten
Geschwindigkeits-
messsystems

satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems unter den Bedingungen des rauen Polizeieinsatzes. Aus Sicht der PTB stand die Erlangung von wissenschaftlichen Basisinformationen und die Erstellung und Erprobung von Prüfverfahren für mögliche zukünftige Konformitätsbewertungsverfahren derartiger GPS-basierter Nachfahrssysteme im Vordergrund.

Das Grundkonzept des satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems veranschaulicht Bild 2. Im Unterschied zum konventionellen Videonachfahrssystem erfolgt beim satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystem die Bestimmung der vom System zurückgelegten Wegstrecke durch Georeferenzierung auf der Basis einer jeweiligen Punkt-zu-Punkt-Bestimmung. Die Punkt-zu-Punkt-Bestimmung erfolgt am Messbeginn und am Messende. Dies führt in Kurvenabschnitten zu einer systematischen Verkürzung der zugrunde gelegten Wegstrecke im Vergleich zur tatsächlich zurückgelegten Wegstrecke (s_{Ref}). Dieser Effekt wirkt sich aber stets zugunsten des Betroffenen aus und ließe sich prinzipiell durch einen Übergang in eine N -Punkt-Messung verringern. Der wesentliche Vorteil der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung besteht darin, dass Störungen im GPS-Empfang (z. B. durch dichten Bewuchs oder Tunnel) keinen Einfluss auf die laufende Messung haben. Es ist lediglich erforderlich, dass das System zum Zeitpunkt des Starts der Messung und zum Zeitpunkt des Endes der Messung über verlässliche Positionsdaten verfügt, z. B. weil gute Empfangsbedingungen vorliegen. Eine LED informiert den Anwender über das Vorliegen hinreichend genauer Positionsdaten. Bei späteren Geräteentwicklungen ist die zusätzliche Implementierung einer Freigabefunktion vorgesehen.

Bild 3 und 4 zeigen das Messbild zu Beginn bzw. zum Ende der Messung. Durch Messung der zwischen den beiden Georeferenzierungen liegenden Zeit kann die Eigengeschwindigkeit des Einsatzfahrzeugs bestimmt werden. Die Projektion der Eigengeschwindigkeit des Polizei-Einsatzfahrzeugs auf das Fahrzeug des Betroffenen erfolgt analog zum konventionellen Videonachfahrssystem. Auch beim satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystem ist es somit erforderlich, dass sich der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug am Ende des Messvorgangs nicht verringert hat. Neben der Verkehrssituation werden in das laufende Videobild Messwerte (Wegstrecke, Zeit und Geschwindigkeit) und ergänzende Daten (z. B. Datum und Uhrzeit) eingeblendet und digital aufgezeichnet.

In der Folge wurden die festgelegten Testscenarien abgearbeitet und mehrere Testfahrten durchgeführt. Die gewonnenen Mess- und Testergebnisse wurden ausgewertet, verglichen und evaluiert und zeigten aus polizeilicher Sicht eine hervorragende Eignung des Systems für die Belange

der Verkehrsüberwachung. Auf die eigentliche Auswertung der Testmessungen geht der Folgeartikel der PTB in diesem Heft näher ein.

Weiterhin zeigte sich, dass das Grundkonzept des satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems die wesentlichen Nachteile bisheriger konventioneller Videonachfahrssysteme beseitigen kann, denn es bietet:

- die Unabhängigkeit vom Reifeneinfluss;
- die Unabhängigkeit vom CAN-BUS-System des Einsatzfahrzeugs;
- die Unabhängigkeit vom Fahrzeughersteller;
- einen einfachen Einbau der Messtechnik in das Einsatzfahrzeug;
- die Möglichkeit der Verwendung in verschiedenen Einsatz-Fahrzeugen, ohne Neueichung;
- moderne Aufzeichnungstechnik.



Bild 3: Startbild der Messung des satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems



Bild 4: Stoppbild der Messung des satellitenbasierten Geschwindigkeitsmesssystems

Aus polizeilicher Sicht sind allerdings noch weitere Verbesserungen sinnvoll, die einfließen sollten, um das volle Potenzial der innovativen Messtechnik entfalten zu können. Hierzu zählt die Implementierung einer Funktion zur automatischen Abstandsbestimmung zum vorausfahrenden Fahrzeug am Beginn und am Ende der Messung. Sobald dieser Prozess abgeschlossen ist und das Gerät fertig entwickelt wurde, kann es bei der PTB zur Konformitätsbewertung vorgestellt werden. Hierbei ist jedoch eine Anpassung der gesetzlichen Regelungen erforderlich, damit das neue Messsystem in Übereinstimmung mit dem Mess- und Eichrecht betrieben werden kann.

Literatur

- [1] E.-W. Märtens, H. Goydke, F. Jäger:
„Reifeneinflüsse auf Geschwindigkeitsmessungen mit Videonachfahrssystemen“. In: H. Goydke, F. Jäger (Ed.), Technischer Fortschritt der Straßenverkehrsüberwachung, Vorträge des 131. PTB-Seminars, Braunschweig, 6.–8.5.1998
- [2] W. Zimmermann, R. Schmidgall: „Bussysteme in der Fahrzeugtechnik, Protokolle, Standards und Softwarearchitektur“, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2014

Dynamische Fahrversuche unter Verwendung eines GNSS-Inertialsystems

Timo Beckmann¹, Frank Märtens²

Die Nutzung globaler Satellitensysteme (GNSS – *Global Navigation Satellite System*) hat mittlerweile Einzug in eine Vielzahl unterschiedlicher Bereiche des täglichen Lebens gefunden. Hierbei hat insbesondere das Wissen um die genaue Position eines Verkehrsmittels oder eines Gutes in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Wurden diese Informationen in der Vergangenheit insbesondere für navigatorische und logistische Zwecke eingesetzt, so haben sich die Anwendungen mittlerweile immer stärker in Bereiche mit Sicherheitsrelevanz entwickelt. So wird im Automobilbereich der Sprung vom „Fahrzeug-Navi“ zum selbstfahrenden Auto nur mit Unterstützung durch ausgefeilte GNSS-Messtechnik möglich sein, da nur mit genauer und zuverlässiger Kenntnis von Ortsinformationen autonome Fahrmanöver möglich sind [1]. Aber auch im Schienenverkehr [2], der Seefahrt [3] bis hin zur Luftfahrt [4] werden GNSS-Technologien in sicherheitskritischen Anwendungen umfassend genutzt, und dies z. T. bereits seit vielen Jahren. So wird seit dem 9. Februar 2012 die weltweit erste GBAS-CAT-I-Anlage für den uneingeschränkten Flugbetrieb in Bremen genutzt.

Während zu Beginn die Satellitennutzung auf das amerikanische *Global Positioning System* (GPS) oder russische *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) angewiesen war, änderte sich die Situation in Europa durch die Entscheidung der Europäische Kommission, ein eigenes europäisches Satellitenortungssystem namens „GALILEO“ aufzubauen. Mittlerweile (seit dem 15. Dezember 2016) hat Galileo von einem Testbetrieb in einen Service-Betrieb umgeschaltet. Seither können nun auch die europäischen Satelliten den Nutzern weltweit Ortungs-, Navigations- und Zeitinformationen liefern.

Allen (sicherheitsrelevanten) Anwendungen gemein ist, dass sie ein Mindestmaß an Genauigkeit und Zuverlässigkeit bezüglich der Zeit- und Ortsinformation benötigen, welches für die Nutzung nachzuweisen ist. Die Wichtigkeit einer Zertifizierung wird u. a. in der Braunschweiger Resolution, verabschiedet auf dem Symposium CERGAL 2005, hervorgehoben:

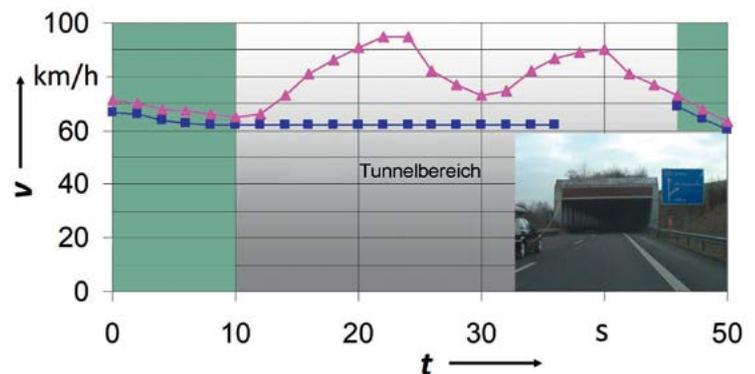
Für sicherheitsrelevante und verlässliche Anwendungen ist eine Zertifizierung der genutzten Geräte und Dienstleistungen unverzichtbar.

Wie wichtig eine Zertifizierung derartiger Systeme ist, kann anhand des u. a. Beispiels erläutert werden (siehe Bild 1). Die Grafik zeigt die Geschwindigkeitsmessung mittels Fahrzeugtachometer im Vergleich mit einem einfachen GNSS-System. Vor der Einfahrt in den Tunnel stimmen beide Systeme innerhalb ihrer Genauigkeit gut überein. Bei der Einfahrt in den Tunnel zeigt das GNSS-System trotz Verlust des Empfangssignals eine unveränderte Geschwindigkeit an, die erheblich von den Tachometer-Daten abweicht. Erst nach über 20 Sekunden stellt das GNSS-System die Ausgabe von Geschwindigkeitsmesswerten ein, obwohl der Satellitenempfang längst abgerissen ist und das System somit über keine Satellitendaten mehr verfügt. Dass ein solches GNSS-System für sicherheitsrelevante Anwendungen ungeeignet ist, liegt auf der Hand. GNSS-Systeme für sicherheitsrelevante Anwendungen sind mit weiterer Sensorik gekoppelt. Ein hierbei häufig angewendetes Konzept besteht in der zusätzlichen Verwendung von Beschleunigungssensoren. Derartige Systeme werden als GNSS-Inertialsysteme bezeichnet und zeichnen sich dadurch aus, dass auch bei kurzzeitigem Ausfall des Satellitensignals eine verlässliche Positionsdatenbestimmung möglich ist. Ein GNSS-Inertialsystem kam auch bei den im Folgenden behandelten Untersuchungen zum Einsatz.

¹ Dipl.-Ing (FH) Timo Beckmann, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: timo.beckmann@ptb.de;

² Dr.-Ing Frank Märtens, Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“, PTB Braunschweig, E-Mail: frank.maertens@ptb.de

Bild 1: Simultane Geschwindigkeitsmessung mittels Fahrzeugtachometer und einfachem GNSS-System, Situation „Tunnel“, Unterbrechung des GNSS-Signals (■ GNSS-System, ▲ Tachometer) [5]



Die Arbeitsgruppe „Geschwindigkeitsmessgeräte“ des Fachbereichs „Geschwindigkeit“ beschäftigt sich seit über zehn Jahren mit dem Thema der GNSS-Messtechnik. Im Rahmen von Forschungsk Kooperationen mit der TU Braunschweig wurde die Genauigkeit satellitengestützter Bewegungsmesssysteme untersucht und eine Methodik zur Zertifizierung unter sicherheitsrelevanten Aspekten entwickelt [6, 7]. In einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Verbundprojekt wurde unter Federführung der TU Braunschweig ein Normenentwurf zur Bestimmung der Ortungsqualität satellitenbasierter Ortungssysteme erstellt [8]. Die Kenntnis aus dieser Thematik wurde genutzt, um PTB-Anforderungen [9] für satellitenbasierte Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte zu erarbeiten und mit Partnern des Verbundprojektes, Experten auf dem Gebiet der Satellitennavigation und potenziellen Antragstellern abzustimmen. Die PTB-Anforderungen wurden im November 2014 von der Vollversammlung für das Eichwesen verabschiedet.

Gegenstand der hier behandelten Zusammenarbeit mit der Polizeiakademie Hessen war die Durchführung von grundlegenden Untersuchungen zum Einfluss systematischer Effekte bei der Verwendung von GNSS-Positionsdaten im Vergleich zur Wegstreckenmessung mittels eines konventionellen Videonachfahrersystems, welches die Abrollbewegung der Räder zur Wegstreckenmessung nutzt. Für den Vergleich wurde ein GNSS-basiertes Geschwindigkeitsmessgerät (GNSS-Inertialsystem) in ein bereits mit konventionellem Videonachfahrersystem ausgestattetes Polizeifahrzeug eingebaut. Mit einem derartig

umgebauten Einsatzfahrzeug erfolgten unter Praxisbedingungen Fahrversuche zur quantitativen Bestimmung systematischer Einflussfaktoren.

Grundkonzept der Prüfung:

Bei der Erarbeitung eines Prüf- und Auswerteverfahrens für das GNSS-Inertialsystem, welches sich an normativen Dokumenten [10, 11] orientierte, wurde der Schwerpunkt auf die Entwicklung eines Konzeptes gelegt, welches auch bei späteren Baumusterprüfverfahren Anwendung finden kann und alle für die Ortung relevanten Einflüsse vollständig abdeckt. Als Referenzsystem kam ein eichfähiges Videonachfahrersystem vom Typ ProVida 2000 Modular (PTB-Zul. 18.03/04.01) zum Einsatz, dessen Verkehrsfehlergrenzen 5 km/h bei Geschwindigkeitsmesswerten bis 100 km/h und 5 % bei Geschwindigkeitsmesswerten oberhalb von 100 km/h betragen. Bei späteren PTB-Baumusterprüfungen würde es durch ein hochwertiges GNSS-Inertialsystem [12] mit Zusatzsensorik (Peisler-Rad [13]) als Referenzmesssystem mit deutlich kleinerer Messunsicherheit (0,13 km/h bei 100 km/h und 0,36 km/h bei 280 km/h) ersetzt werden.

Um die vielfältigen Kombinationen von Kinematik-Parametern und Prüfinfrastruktur-Einflüssen hinlänglich testen zu können, wurden unterschiedliche Testszenarien für den Prüfling entworfen und in reproduzierbar nachvollziehbaren Merkmalsniveaus zusammengefasst. Eine Übersicht über das Prüfkonzept vermittelt Tabelle 1.

Die als geeignet ausgewählte Teststrecke, bei der die für die Prüfzenarien erforderlichen Merkmalsniveaus als Rundparcours durchfahren

Tab. 1:
Prüfszenarien

Merkmalsniveau	Kinematik				Prüfumgebung / Infrastruktur						
	Testgebiet	Orientierungsänderung	Geschwindigkeit	Dynamik	Straßen	Verkehrsdichte	Bebauung	Vegetation	Wasser	Berge	Brücken, Tunnel
Stadtfahrt	Mittel (15–25 km)	Viele	Zone 50 km/h < 50 km/h	Abbremsen, Anfahren, Stop & Go	Innerstädtisch	Mittel	Hochhäuser, Stadt	N/A	N/A	N/A	N/A
Autobahnfahrt	Groß (> 25 km)	Wenige	Zone 130 km/h > 100 km/h	Keine	BAB	Mittel, Lkw	z. T. Lärmschutzwände	N/A	N/A	N/A	N/A
Brücken / Tunnel	Klein (< 15 km)	Wenige	N/A	Keine	Landstraße	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Brücken, Tunnel
Vegetation	Groß (> 25 km)	Viele	Zone 70 km/h < 100 km/h	Keine	Landstraße	N/A	N/A	Dicht	N/A	N/A	N/A
Berg	Klein (< 15 km)	Viele	N/A	Keine	Landstraße	N/A	N/A	N/A	N/A	Größere Höhenunterschiede	N/A
Überlandfahrt	Mittel (15–25 km)	Wenige	Zone 100 km/h < 100 km/h	Keine	Landstraße	Mittel	Vegetation, wechselnde Bebauung	N/A	N/A	N/A	N/A
Wasser	Klein (< 15 km)	Wenige	Zone 70 km/h < 100 km/h	Keine	Landstraße	N/A	N/A	N/A	Wasser	N/A	N/A

werden konnten, befand sich zwischen Frankfurt am Main und Wiesbaden (siehe Bild 2). Die Streckenlänge der Merkmalsniveaus im Rundparcours betrug 118,6 km. Das Merkmalsniveau *Wasser* (siehe Bild 3, Streckenlänge 7,9 km) konnte nicht in den Rundparcours integriert werden, sodass dieser Prüfabschnitt jeweils im Anschluss durchfahren wurde. Die Teststrecke des Rundparcours und die des Merkmalsniveaus *Wasser* wurde jeweils an 8 Messtagen durchfahren, die in den Merkmalsniveaus an den Messtagen insgesamt zurückgelegte Streckenlänge betrug 1012 km.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse einiger ausgewählter Merkmalsniveaus dargestellt.

Merkmalsniveau Stadtfahrt

Das Merkmalsniveau *Stadtfahrt* stellt in mehrfacher Hinsicht eine Besonderheit dar. Einerseits ist das Testgebiet aufgrund des vorliegenden Geschwindigkeitsbereiches von Stop & Go bis 50 km/h für Videonachfahrssysteme atypisch. Andererseits bringen Häuserschluchten mit ihren Urban-Canyon-Strukturen (siehe Bild 4) Mehrwegeausbreitungen und Satellitensignalabschattungen hervor, die für GNSS eine besondere messtechnische Herausforderung darstellen.



Bild 5 zeigt das Ergebnis der Vergleichsmessungen in Form einer geschwindigkeitsabhängigen Histogrammdarstellung. Die beiden rot dargestellten Begrenzungslinien markieren die Verkehrsfehlergrenzen als relative Fehler des Referenzmesssystems. Die grüne Linie markiert den Abschnitt, bei dem der Messwert der Referenz exakt mit dem Messwert des GNSS-Inertialsystems übereinstimmt. Balken links der grünen Mittellinie markieren Abweichungen zugunsten des Betroffenen und rechts davon liegende Balken markieren Abweichungen zuungunsten des Betroffenen. Der hellgrau unterlegte Bereich kennzeichnet Flächen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen, der dunkelgrau unterlegte Bereich kennzeichnet Flächen außerhalb der Verkehrsfeh-

Bild 3: Visualisierte Darstellung des 7,9 km langen Streckenverlaufs beim Merkmalsniveau *Wasser*

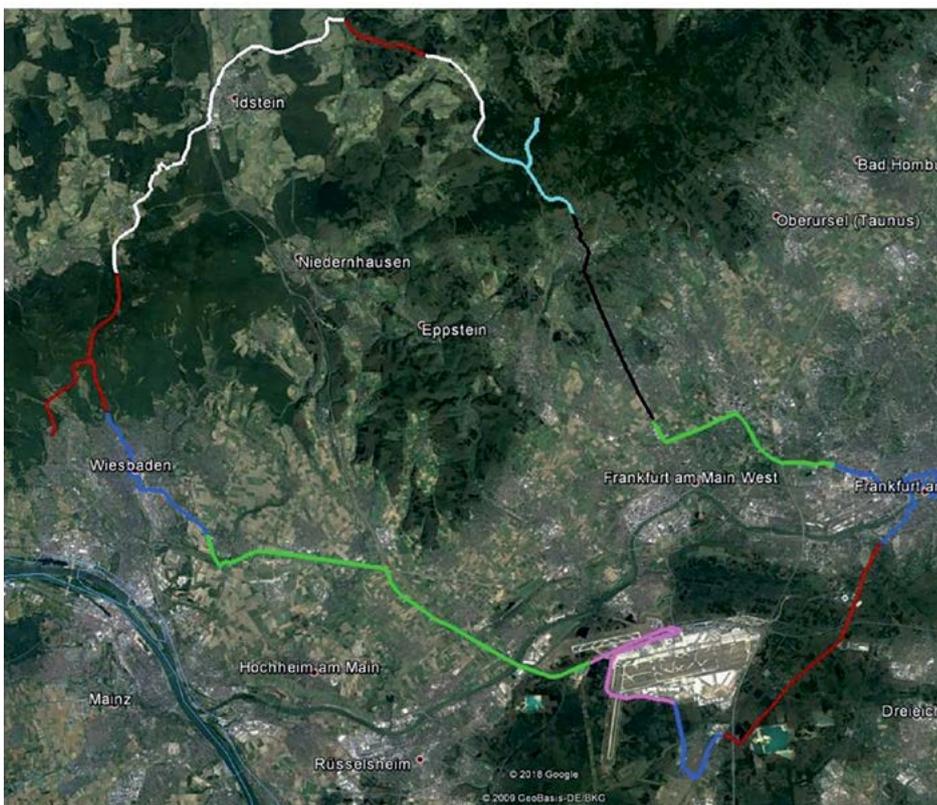


Bild 2: Schematische Darstellung des Rundparcours mit den jeweiligen Merkmalsniveaus



Bild 4:
Merkmalsniveau
Stadtfahrt

lergrenzen. Ermittelt wurden die relativen Abweichungen der gemessenen Wegstrecken beider Systeme, da diese eine einfache und unmittelbare Möglichkeit zur Beurteilung der systematischen Fehlereinflüsse der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung des GNSS-Inertialsystems im Vergleich zum radensensorbasierten Referenzstreckenkonzept bei der ProViDa-Anlage bieten (siehe Bild 2 im vorstehenden Artikel). Der Vergleich der Wegstrecken beider Systeme spiegelt die Unsicherheiten der Geschwindigkeitsmessung wider, da die Unsicherheiten bei der Bestimmung der für das Zurücklegen der Strecke benötigten Zeit im Vergleich zur Unsicherheit bei der Wegstreckenbestimmung vernachlässigbar gering sind und die Wegstreckenbestimmung somit den dominierenden Fehleran-

teil darstellt.

Die Ergebnisse der Auswertung von 777 Einzelmessungen mit Streckenlängen zwischen 3 m und 800 m zeigen, dass die Verkehrsfehlergrenzen in 98,2 % der Fälle eingehalten werden. In keinem Einzelfall kommt es zu einer Überschreitung der Fehlergrenzen zuungunsten des Betroffenen.

In 1,8 % der Fälle werden die Fehlergrenzen zugunsten des Betroffenen überschritten. Videoanalysen zeigen, dass es sich hierbei ausschließlich um Streckenabschnitte handelt, bei denen zwischen Start und Stopp der Messung nennenswerte Richtungsänderungen auftraten. Somit handelt es sich hierbei offensichtlich um Auswirkungen der systematischen Fehlereinflüsse des Verfahrens der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung. Es ist davon auszugehen, dass diese systematischen Fehlereinflüsse bei späteren Geräteentwicklungen durch regulatorische Maßnahmen und/oder Anpassungen der Messgerätesoftware erheblich reduziert werden können. Bild 6 zeigt somit eine entsprechend bereinigte Histogrammdarstellung, bei der Messfahrten mit gravierenden Richtungsänderungen nicht mit in die Auswertung genommen wurden. Es ist zu erkennen, dass jetzt alle Messwerte innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen liegen.

Insgesamt ergibt der durchgeführte Versuch, dass das GNSS-Inertialsystem auch unter den schwierigen Messbedingungen beim Merkmalsniveau *Stadtfahrt* für den Messeinsatz in diesem Merkmalsniveau prinzipiell geeignet ist.

Merkmalsniveau *Brücken/Tunnel*

Das Merkmalsniveau *Brücken/Tunnel* stellt ein weiteres und aus messtechnischer Sicht sehr interessantes Merkmalsniveau dar, da es weitere wichtige Informationen zum Geräteverhalten unter schwierigen Mess- und Empfangsbe-

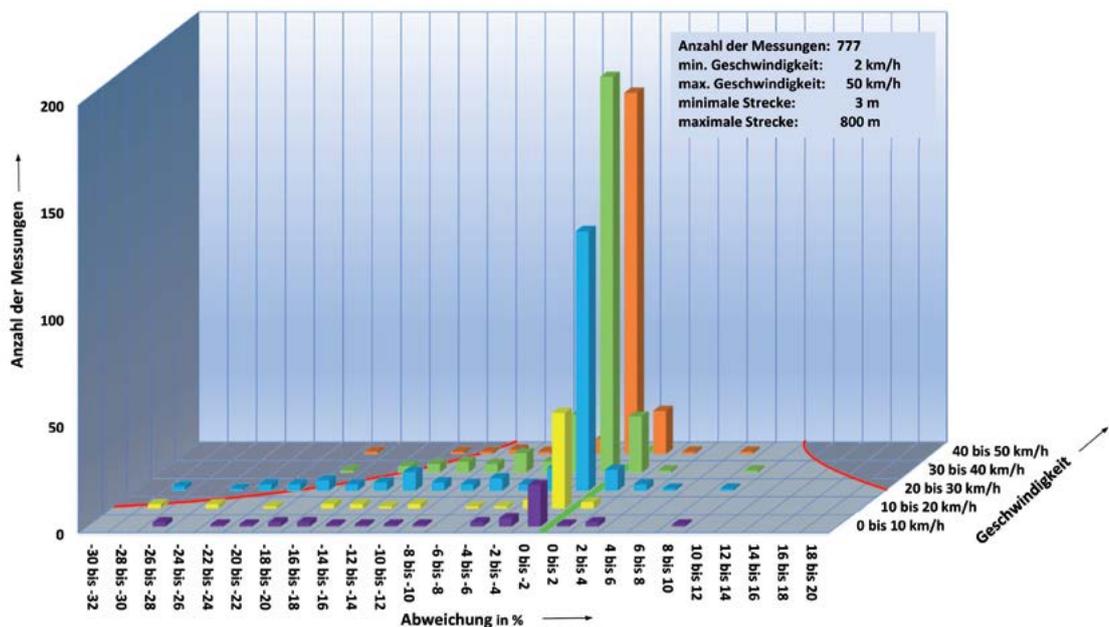


Bild 5:
Histogramm
Merkmalsniveau
Stadtfahrt

dingungen ermöglicht (siehe Bilder 1 und 7). Einerseits bewirkt die Infrastruktur des Merkmalsniveaus wiederkehrende Totalausfälle beim GNSS-Signalempfang, andererseits benötigt das System nach einem schlagartigen Wiedereintritt in einen Bereich günstiger Empfangsbedingungen eine bestimmte Akquisitionszeit zur Positionsdatenbestimmung.

Das Ergebnis der Versuchsfahrten im Merkmalsniveau *Brücken/Tunnel* stellt Bild 8 dar. Die eingezeichneten beiden roten Markierungen kennzeichnen die Verkehrsfehlergrenzen. Insgesamt wurden 384 Messungen durchgeführt, von denen 99,0 % der Messwerte die Verkehrsfehlergrenzen einhalten. In keinem Einzelfall kommt es zu einer Überschreitung der Fehlergrenzen zuungunsten des Betroffenen. 1,0 % der Messwerte (4 Einzelmessungen) liegen zugunsten des Betroffenen außerhalb der vorgegebenen Verkehrsfehlergrenzen. Auch hier deuten detaillierte Analysen darauf hin, dass es sich um die Auswirkungen der systematischen Fehler des Verfahrens der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung handelt (siehe Bild 2 im vorstehenden Artikel), die, wie bereits erwähnt, durch technische und/oder regulatorische Maßnahmen weiter reduziert werden können.

Insgesamt ergibt der durchgeführte Versuch, dass das GNSS-Inertialsystem auch unter den schwierigen Messbedingungen beim Merkmalsniveau *Brücken/Tunnel* für den Messeinsatz in diesem Merkmalsniveau prinzipiell geeignet ist.

Merkmalsniveau Autobahn

Das Merkmalsniveau *Autobahn* charakterisiert das typische Einsatzgebiet von Videonachfahrssystemen. Aus diesem Grund wurde zusätzlich der Einfluss der Streckenlänge auf das Messergebnis



Bild 7: Merkmalsniveau *Brücken/Tunnel*

näher untersucht. Beim Merkmalsniveau *Autobahn* kommt es partiell zu den bereits bei den o. a. Merkmalsniveaus geschilderten schwierigen Messbedingungen wie etwa Mehrwegeausbreitungen (z. B. Vorbeifahrt an Lärmschutzwänden oder Lkw) und/oder Signalabschattungen (z. B. durch Autobahnbrücken). Die Ergebnisse sind in Bild 9 dargestellt, die eingezeichneten beiden roten Markierungen kennzeichnen die Verkehrsfehlergrenzen.

Bei Strecken zwischen 300 m und 400 m wurden 143 Einzelmessungen durchgeführt. Dies entspricht einem Anteil von ca. 52,4 % der insgesamt durchgeführten Messungen in diesem Merkmalsniveau. Die maximalen Abweichungen betragen dabei -3,08 % und +0,84 %. Somit werden die vorgegebenen Fehlergrenzen uneingeschränkt eingehalten. Die mittlere Abweichung beträgt -0,40 % bei einer Standardabweichung von 0,71 %.

Bei Streckenlängen im Bereich über 400 m bis 500 m erfolgten 92 Einzelmessungen, dies entspricht einem Anteil von ca. 33,7 % aller Messun-

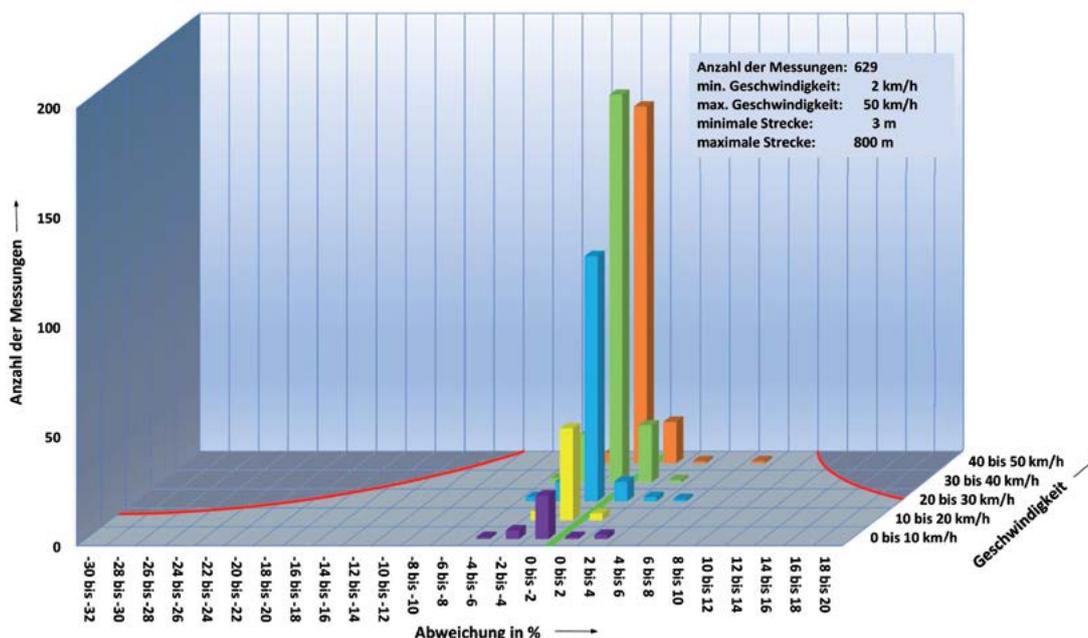


Bild 6: Histogramm Merkmalsniveau *Stadtfahrt* ohne Messfahrten mit gravierenden Richtungsänderungen

gen in diesem Merkmalsniveau. Die maximalen Abweichungen betragen hierbei $-2,25\%$ und $+0,85\%$. Die mittlere Abweichung beträgt $-0,33\%$ bei einer Standardabweichung von $1,58\%$.

Bei Streckenlängen über 500 m erfolgten 35 Einzelmessungen (Anteil von $12,8\%$ aller Messungen im Merkmalsniveau). Hierbei betragen die maximalen Abweichungen $-2,94\%$ und $+0,66\%$. Die mittlere Abweichung beträgt $-0,37\%$ bei einer Standardabweichung von $0,85\%$.

Signifikante Unterschiede zwischen den Messstreckenlängen sind somit nicht erkennbar. Im Bereich unter 300 m , der in der Praxis eine untergeordnete Rolle spielt, erfolgten keine statistisch bewertbaren Messungen, sondern nur wenige Einzelmessungen, die die Fehlergrenzen souverän einhielten.

Insgesamt ergibt der durchgeführte Versuch, dass das GNSS-Inertialsystem für das Haupteinsatzgebiet *Autobahn* offensichtlich bereits in der vorliegenden Form geeignet ist.

Fazit

Ein GNSS-Inertialsystem wurde im Rahmen eines Praxistests mit einem eichfähigen Videonachfahrssystem als Referenz in Fahrversuchen unter verschiedenen kinematischen Einsatzbedingungen bei unterschiedlichen Prüf- und Infrastrukturbedingungen getestet. Hierbei wurden insgesamt 7 Merkmalsniveaus eines Parcours jeweils an 8 Messtagen vollständig durchfahren. Die in den Merkmalsniveaus aller Messtage insgesamt zurückgelegte Streckenlänge betrug 1012 km .

Es zeigte sich, dass $95,8\%$ aller 3495 Einzelmessungen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen

liegen. In keinem Einzelfall wurden die Fehlergrenzen zuungunsten des Betroffenen überschritten. In $4,2\%$ der Fälle lagen Messwerte zugunsten des Betroffenen außerhalb der Fehlergrenzen. Im Haupteinsatzgebiet *Autobahn* und im Merkmalsniveau *Wasser* kam es in keinem Einzelfall zu einer Überschreitung von Fehlergrenzen zugunsten des Betroffenen. In allen anderen Merkmalsniveaus traten Überschreitungen zugunsten des Betroffenen auf (*Stadtfahrt* $1,8\%$ bei 777 Einzelmessungen; *Brücken/Tunnel* $1,0\%$ bei 384 Einzelmessungen; *Vegetation* $2,5\%$ bei 672 Einzelmessungen; *Berg* $14,6\%$ bei 432 Einzelmessungen; *Überlandfahrt* $6,8\%$ bei 703 Einzelmessungen). Detaillierte Analysen ergaben, dass diese ausschließlich auf die systematischen Einflüsse des Konzeptes der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung zurückzuführen sind, die, wie bereits aufgezeigt, durch technische und/oder regulatorische Maßnahmen weiter reduziert werden können.

Die durchgeführten Versuche bestätigen einerseits sehr eindrucksvoll das hohe messtechnische Potenzial GNSS-inertialbasierter Messgeräte. Derartige Systeme beseitigen die wesentlichen Nachteile konventioneller Videonachfahrssysteme (u. a. Abhängigkeit vom Reifeneinfluss und vom CAN-BUS-System des Einsatzfahrzeugs), wie der vorstehende Artikel zeigt. Andererseits konnte die hohe Praxistauglichkeit des Konzeptes der Punkt-zu-Punkt-Bestimmung aufgezeigt werden. Die wesentlichen Vorteile dieses Konzeptes bestehen in einem einfach nachvollziehbaren Messablauf und in der Tatsache, dass Fahrmanöver von Einsatzfahrzeug und Fahrzeug des Betroffenen nie zu Lasten des Betroffenen wirken.

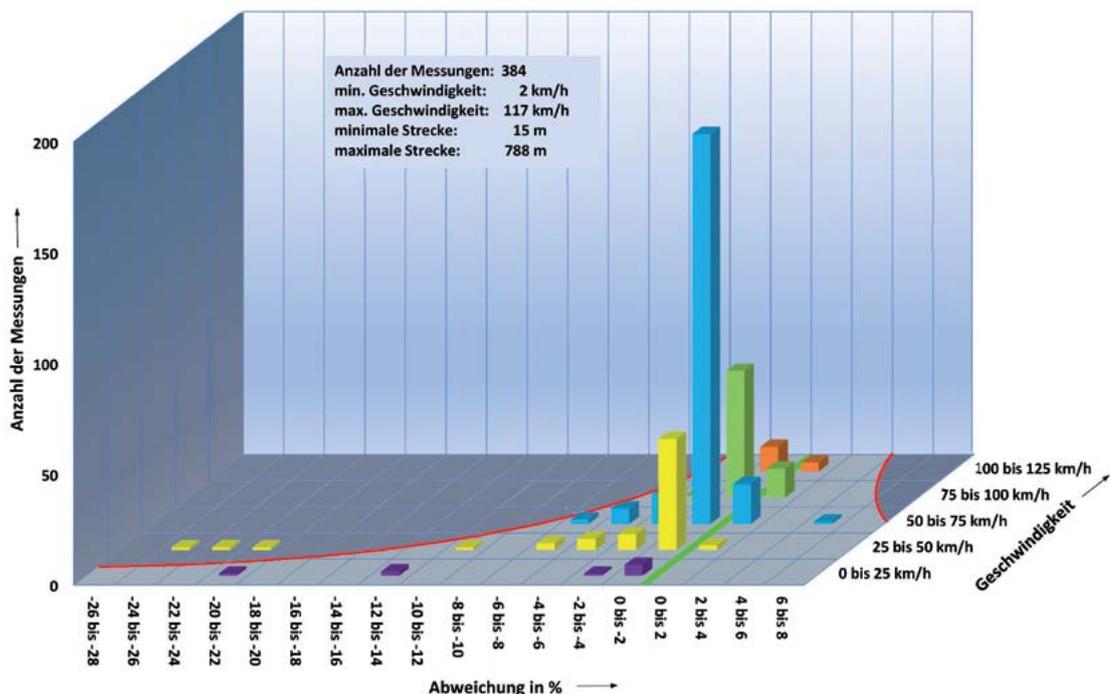


Bild 8:
Merkmalsniveau
Brücken/Tunnel

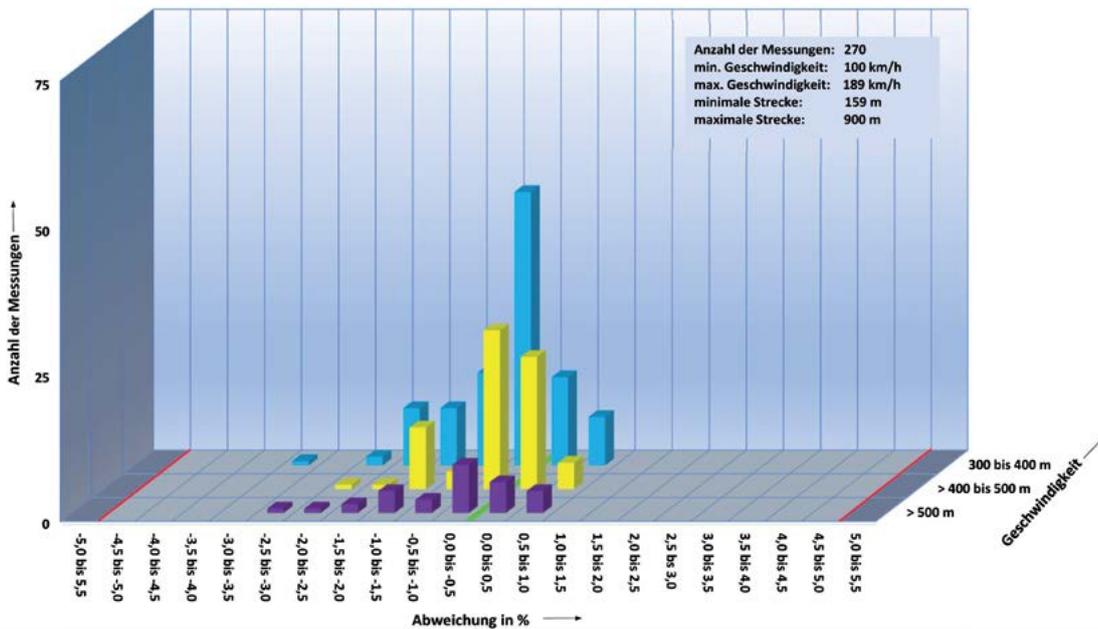


Bild 9:
Merkmalsniveau
Autobahnfahrt,
aufgeschlüsselt
nach Länge der
Fahrstrecke

Danksagung

Wir danken unseren Kolleginnen L. Harenberg und S. Ludwig und unserem Kollegen R. Gstöttner für die Datenauswertung und -aufbereitung.

Literatur

- [1] Rahiman W.; Zainal, Z.: An overview of development GPS navigation for autonomous car. IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) 2013
- [2] Manz, H.; Schnieder, E.: Implementation of the normative safety case structure for satellite based railway applications. ICIRT 2013 – IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation, Beijing, China, August 2013.
- [3] Weintrit A.: The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). An Operational Handbook. A Balkema Book. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London – New York – Leiden 2009, ISBN 9780415482462
- [4] Murphy, T.; Imrich, T.: Implementation and Operational Use of Ground-Based Augmentation Systems (GBASs)—A Component of the Future Air Traffic Management System. Proceedings of the IEEE, Vol. 96, No. 12, December 2008
- [5] Märtens, F.; Jäger, F.: Satellite signal receiver for an independent check of speed enforcement measurements in vehicles. In: Proceedings of the International Symposium on Certification of GNSS Systems & Services – CERGAL (2006)
- [6] Schnieder, E.; Becker, U.; Hänsel, F.; Manz, H.; Poliak, J.; Schröder, J.; Zhou, Y.: Zeus – Entwicklung einer Methodik zur Zertifizierung von Ortungseinrichtungen unter sicherheitsrelevanten Aspekten. Projektabschlussbericht, 2008
- [7] Schnieder, E.; Becker, U.; Hübner, M.; Beisel, D.; Wegener, M.; Reinbold, F.; Quiroga, L.: Gemini – Genauigkeit satellitengestützter Bewegungssysteme und Entwicklung einer Messplattform für Landfahrzeuge. Projektabschlussbericht, Braunschweig, 2010
- [8] Becker U.; Spiegel D.; Kupper. J.; Märtens, F.: Standardisierte Ermittlung der Messqualität satellitenbasierter Ortungssysteme „StandOrt“. In: Proceedings of the International Symposium on Certification of GNSS Systems & Services – CERGAL (2006)
- [9] PTB-Anforderungen PTB-A 18.16 Satellitenbasierte Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte, Dezember 2014
- [10] ISO 5725-2:1994-12-15 „Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method“
- [11] Kay, S.; Sima, A.: Area measurement validation scheme. In: JRC Technical Notes 51300
- [12] Oxford Technologies: RT3000: Hochpräzise GPS gestützte Inertialmesssysteme – Datenblatt. URL <https://www.oxts.com/app/uploads/2017/07/RT3000-brochure-170606.pdf> (Letzter Zugriff: 26.4.2019)
- [13] Peiseler GmbH: Produktblatt KFZ Wegimpulsgeber Datenblatt <http://www.peiseler-gmbh.com/pdf/Produktblatt-KFZ-Wegimpulsgeber.pdf> (Letzter Zugriff: 26.4.2019)

Ist das PoliScan Speed für Stufenprofil-Fehlmessungen empfindlich?

Sebastian Smykowski¹, Klaus Bengler²

Ergonomie und Geschwindigkeitsmessung

In der Bundesrepublik Deutschland werden nun seit 60 Jahren Geschwindigkeitskontrollen von Fahrzeugen im fließenden Verkehr durchgeführt. Wahrscheinlich wird genauso lange vor den deutschen Gerichten darüber gestritten, ob diese korrekt sind. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund, weshalb sich nahezu alle Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen mit technischen Fragestellungen und möglichen Problematiken befassen. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird hier in der Regel außer Acht gelassen.

Deshalb beschäftigt sich der Autor Smykowski im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung damit, wie sich die Variation im Nutzerverhalten auf das Ergebnis einer amtlichen Geschwindigkeitsmessung im Rahmen der Verkehrsüberwachung mit mobilen Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten auswirken könnte. Hier soll im Sinn der menschlichen Zuverlässigkeit die Mensch-Maschine-Interaktion betrachtet, mögliche Abweichungen vom „Soll“ und Auswirkungen auf das Ergebnis einer Messung untersucht werden. Die Dissertation hierzu wird durch den Autor Bengler am Lehrstuhl für Ergonomie, Fakultät für Maschinenwesen, der Technischen Universität München betreut.

Der Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München – siehe auch www.lfe.mw.tum.de – beschäftigt sich mit der Analyse, Gestaltung und Evaluation von Mensch-Maschine-Interaktionen sowie der anthropometrischen Auslegung technischer Systeme.

Damit wir unseren Alltag „sicher“ und „effizient“ meistern sowie „erfüllt“ verbringen können, ist dessen ergonomische Gestaltung unerlässlich. Die „ergonomische Selbstverständlichkeit“ wird uns erst dann bewusst, wenn wir an ungünstig gestalteten Geräten verzweifeln oder wenn wir uns über unlogische Softwareabläufe ärgern. Umwälzungen in Gesellschaft, Arbeitswelt und Technologie werfen stetig neue Forschungsfragen auf. Deshalb forscht der Lehrstuhl für Ergonomie zu anthropometrischen als auch zu kognitionswissenschaftlichen Fragestellungen.

Das Forschungsthema der Autoren auf dem Gebiet der Verkehrsüberwachung leitet sich aus der „menschlichen Zuverlässigkeit“ ab. Unter der menschlichen Zuverlässigkeit „... ist die Fähigkeit des Menschen...“ zu verstehen, „... eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen“ [1].

Im Rahmen der Verkehrsüberwachung kontrollieren Polizei und Gemeinden unter anderem die von Fahrzeugen gefahrenen Geschwindigkeiten. Damit der amtliche Geschwindigkeitsmesswert der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit des gemessenen Fahrzeuges entspricht, müssen Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte entsprechend der Gebrauchsanweisung aufgebaut und in Betrieb genommen werden. Abweichungen von den Vorgaben aus der Gebrauchsanweisung können dazu führen, dass der Geschwindigkeitsmesswert entweder zugunsten oder zuungunsten eines gemessenen Fahrzeuges ausfällt.

Damit ein Messgerät zur amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung eingesetzt werden kann, wird es im Rahmen einer Baumusterprüfung durch die PTB auf die Einhaltung der Anforderungen [2] überprüft. Durch die Erteilung der Baumusterprüfbescheinigung erstellt die PTB als Konformitätsbewertungsstelle ein „antizipiertes Sachverständigengutachten“, demzufolge das Messsystem die Verkehrsfehlergrenzen einhält, wenn es den Vorgaben der Gebrauchsanweisung entsprechend eingesetzt wird. Bei den Vorgaben der Gebrauchsanweisung handelt es sich um operationale Definitionen, die aus technischer Sicht dazu führen, dass es sich bei diesen Messverfahren um standardisierte Verfahren handelt, da eben durch Richtlinien vereinheitlichte technische Verfahren vorliegen, die unter gleichen Voraussetzungen auch gleiche Ergebnisse liefern sollen.

Der technische Begriff eines den Standards entsprechenden Verfahrens hat auch in der Rechtsprechung Einzug gefunden. Wie von Krumm [3] vorgetragen, wurde mit dem Beschluss des BGH im Jahr 1993 der Begriff des „standardisierten Messverfahrens“ eingeführt.

¹ Sebastian Smykowski, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, E-Mail: s.smykowski@tum.de;

² Univ.-Prof. Dr. phil. Klaus Bengler, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, E-Mail: bengler@tum.de

Als standardisierte Messverfahren sind alle technischen Geschwindigkeitsmessverfahren anerkannt, die von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zugelassen worden sind. Rebler [4] und Krumm [3] führen diesbezüglich aus: „Unter einem standardisierten Messverfahren ist ein durch Normen vereinheitlichtes (technisches) Verfahren zu verstehen, bei dem die Bedingungen seiner Anwendbarkeit und sein Ablauf so festgelegt sind, dass unter gleichen Voraussetzungen gleiche Ergebnisse zu erwarten sind“ [5]. Wie von Cierniak [6] vorgetragen, ist mit dem Begriff des standardisierten Messverfahrens jedoch nicht gemeint, dass die „Messung in einem voll automatisierten, menschliche Handhabungsfehler praktisch ausschließenden Verfahren“ [5] stattfinden müsse.

Deshalb stellt sich aus Sicht der Ergonomie die Frage, wie sich Abweichungen von den operationalen Definitionen und somit von den Richtlinien der Gebrauchsanweisung, die durch die Variation im Nutzerverhalten resultieren, auf das Messergebnis und die Zuordnungssicherheit auswirken.

Ob die Richtlinien für eine standardisierte und somit für eine richtlinienkonforme Messung im

Sinne der menschlichen Zuverlässigkeit eingehalten werden, wird am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München überprüft und die Ergebnisse wissenschaftlich ausgewertet.

Im Rahmen der Dissertation zu dem Thema „Geschwindigkeitsmessung und ihre Abhängigkeit von der Mensch-Maschine-Interaktion“ konnten unter anderem mit einem PoliScan M1 HP umfassende Versuchsreihen auf der PTB-Referenzanlage in Braunschweig auf der Bundesallee durchgeführt werden, vor dem Hintergrund, den Einfluss des Anwenders auf das Messergebnis zu untersuchen. Als Ergebnisse liegen unter anderem die Messwerte des Messsystems und die Referenzwerte der PTB-Messanlage vor. Wie von Scharf und Middelman [7] beschrieben, wurden im Nachgang an die Versuche die Messwerte des Messsystems mit einem „Normal“, nämlich dem PTB-Referenzwert, verglichen und mit den gewonnenen Ergebnissen unterschiedliche Fragen beantwortet.

In der Öffentlichkeit wurde die Frage diskutiert, ob das LIDAR-basierte Messsystem PoliScan für eine Stufenprofil-Fehlmessung empfindlich sei. Durch die gezielte Auswertung einzelner Versuchsreihen lässt sich diese Frage beantworten. Dies soll im Rahmen dieses Beitrags erfolgen, weshalb zunächst die Funktionsweise des Messsystems kurz beschrieben, einige Beispiele aus den Versuchsreihen vorgestellt und die Ergebnisse ausgewertet werden.

Funktionsweise des Messsystems PoliScan

Das Messsystem PoliScan der Herstellerfirma VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH aus Wiesbaden, welches in Bild 1 dargestellt ist, ist ein laserbasiertes Geschwindigkeitsüberwachungssystem, basierend auf der LIDAR-Technik, also einer Laserimpuls-Laufzeitmessung als Messverfahren.

Das Messsignal, ein Infrarot-Laserimpuls, wird in der Messeinheit generiert und über einen rotierenden Würfel reflektiert. Die Emission des Messsignals erfolgt bei präzise definierten Winkeln, realisiert durch eine Präzisionslochscheibe. Durch die Würfelrotation erfolgt die Emission des Messsignals in einem horizontalen Winkelbereich von ca. 45 Grad Ausdehnung, wobei der Erfassungsbereich durch den Messwertaufnehmer auf Entfernungen bis zu 75 m beschränkt ist.

Durchfährt ein Fahrzeug den Erfassungsbereich, so wird an ihm das Messsignal zu unterschiedlichen Zeitpunkten an unterschiedlichen Bereichen der Fahrzeugsilhouette reflektiert und durch den Messwertaufnehmer detektiert. Hierbei wird der Abstand zwischen dem Messsystem und dem erfassten Fahrzeug durch die Messung der Lichtlaufzeit bei konstanter Lichtgeschwindigkeit bestimmt. Durch die Vielzahl an Entfernungsmes-



Bild 1:
PoliScan-Messsystem auf Stativ montiert

sungen ist eine Geschwindigkeitsmessung möglich, zu der in der Regel mehrere hundert Einzelmessungen beitragen. Im Rechner des Messsystems werden die gewonnenen Einzelmesspunkte unter Anwendung der Methoden der Modellbildung und Simulation zu Objekten verheiratet. Diese virtuellen Objekte werden digital nachgeführt und durch die regelungstechnische Anwendung des Kalman-Filters ständig durch neue Einzelmesswerte erweitert. Die Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit erfolgt an diesem virtuellen Objektmodell, wenn es sich im Bereich zwischen 50 m und 20 m vor der Position des Messsystems befindet.

Wird eine Überschreitung der Geschwindigkeit festgestellt, so wird zu einem optimalen Zeitpunkt vor dem Messsystem das amtliche Beweislichtbild gefertigt. Zu dem Zeitpunkt der Tatbildgenese sollen sich das reale Fahrzeug und das virtuelle Objektmodell in einer kongruenten Position befinden. Dies wird durch die Einblendung eines Grafikeils in das amtliche Beweislichtbild realisiert, wobei der Grafikeil aus einem Auswerterahmen und einer Hilfslinie besteht.

Der Auswerterahmen, der das virtuelle Objektmodell darstellen soll, wird zu dem Zeitpunkt der Tatbildgenese auf die vom Messsystem angenommene Fahrzeugfront projiziert. Stimmt die Position des Auswerterahmens mit der Position der Fahrzeugfront im amtlichen Beweislichtbild überein, so handelt es sich um eine korrekte Fahrzeugnachführung.

In Abhängigkeit der Situation an der Messstelle kann die Genese des amtlichen Beweislichtbildes während der Geschwindigkeitsmessung und während der Fahrzeugerfassung oder nach Abschluss der Geschwindigkeitsmessung, aber während der Fahrzeugerfassung, oder gar nach Abschluss der Geschwindigkeitsmessung und nach dem Ende der Fahrzeugerfassung erfolgen, wie in Bild 2 dargestellt.

Die in das amtliche Beweislichtbild eingeblen- dete Hilfslinie visualisiert die Abtastebene durch das Messsignal.

Was ist unter einer Stufenprofil-Fehlmessung zu verstehen?

Um der Frage nachzugehen, ob das Messsystem PoliScan für eine Stufenprofil-Fehlmessung empfindlich ist, muss dieser Begriff zunächst erläutert bzw. definiert werden.

Im Bereich der Geschwindigkeitsüberwachung definiert Härtl [9] den Begriff der Fehlmessung als „Messung einer Geschwindigkeit mit einem Messwert, der zur Anzeige kommt, obwohl die Abweichung von der wahren Geschwindigkeit die zugelassenen Fehlergrenzen überschreitet“.

Die zugelassenen Fehlergrenzen betragen bei dem Messsystem PoliScan 3 km/h bei Messwerten bis 100 km/h bzw. 3 % des richtigen Wertes bei Messwerten größer als 100 km/h [10].

Allgemein ist als eine „Stufenprofil-Fehlmessung“ bei einem laserbasiertem Messsystem ein geometrischer Effekt zu verstehen, der beim Messen einer Geschwindigkeit durch Vertikalverschiebung des Messsignals über die erfasste Fläche entsteht, weshalb die zur Geschwindigkeitsmessung beistuernden Einzelmesspunkte von unterschiedlichen Positionen auf der erfassten Fahrzeugfrontfläche stammen. Durch die Vertikalverschiebung des Messsignals kann es in Abhängigkeit der Kontur der erfassten Fläche und der Ausrichtung des Messsystems im Verhältnis zu dem erfassten Fahrzeug zu einer künstlichen Verkürzung bzw. Verlängerung der Messstrecke kommen. Dies wirkt sich auf die gemessene Geschwindigkeit aus, weshalb hier von einem Messfehler durch Vertikalverschiebung gesprochen werden kann. Und dies wird als „Stufenprofil-Fehlmessung“ bezeichnet.

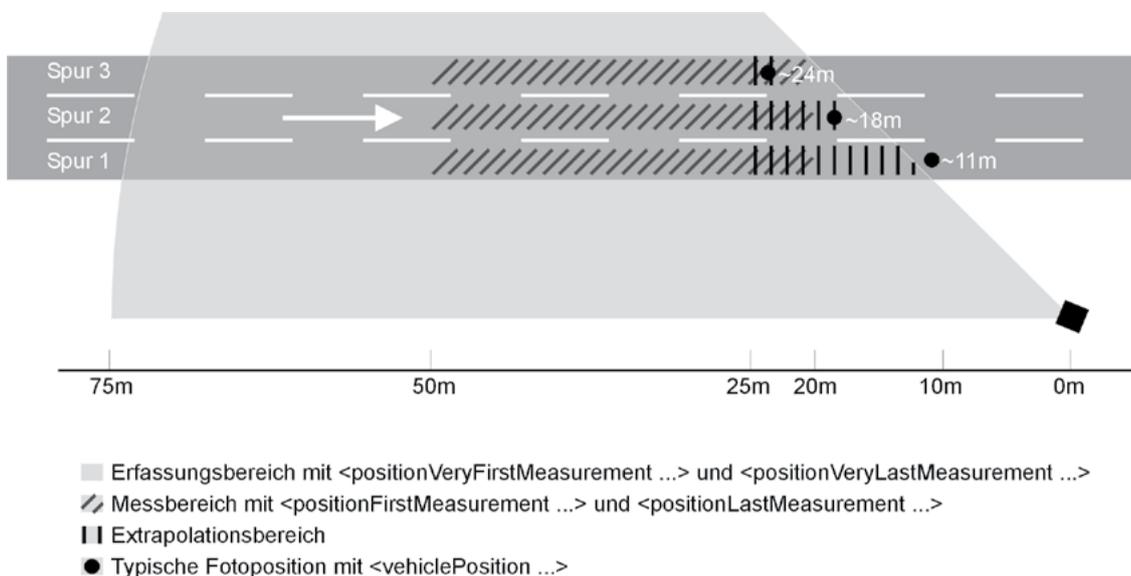


Bild 2: PoliScan mit schematischer Darstellung relevanter Bereiche [Quelle: Smykowski – nach Abbildung 2 in [8]]

Eine Stufenprofil-Fehlmessung kann auf zwei unterschiedliche Arten entstehen, weshalb hier zwischen dem „Ableiteeffekt“ und dem eigentlichen „Stufeneffekt“ unterschieden wird. Die PTB [10] definiert den „Ableiteeffekt“ als ein Auftreffen des Messsignals auf eine schräge Fläche, wobei das Abgleiten des Messsignals kontinuierlich stattfindet. Der „Stufeneffekt“ wird durch die PTB [10] als ein Auftreffen des Messsignals auf eine Stufe beschrieben, weshalb dieser im Übergang zwischen zwei Ebenen bzw. zwischen zwei Stufen sprunghaft auftritt.

Wie wirkt sich eine Stufenprofil-Fehlmessung bei einem LIDAR-basierten Messsystem aus?

Ableiteeffekt

Im Rahmen einer Geschwindigkeitsmessung mit dem LIDAR-basierten Messsystem PoliScan könnte es zu einem Abgleiten des Messsignals auf der erfassten Fahrzeugfrontfläche kommen, wenn das Messsignal beispielsweise von der Dachkante über die Windschutzscheibe und die Motorhaube hinweg bis hin zur Front des erfassten Fahrzeuges abgelenkt. In einer derartigen Konstellation wird zwischen den Einzelmessungen die durch das Messsystem gemessene Entfernung zum Fahrzeug künstlich verkürzt, sodass das Fahrzeug während eines Zeitintervalls fiktiv eine größere Strecke zurücklegt als die tatsächlich zurückgelegte. Die so ermittelte Geschwindigkeit ist höher als die real gefahrene. Es kommt zu einer Zuungunstenmessung für das Fahrzeug.

Oder anders ausgedrückt: Durch den Ableiteffekt kommt es zu einer Vergrößerung der vom Messsignal gemessenen Strecke im Verhältnis zur tatsächlich zurückgelegten Strecke bei konstanter Zeit. Der Ableiteffekt wirkt sich so zuungunsten des gemessenen Fahrzeuges aus, da die gemessene Geschwindigkeit höher ist als die tatsächlich gefahrene.

In Bild 3 ist ein Szenario in einem Zeit-Weg-Diagramm skizziert, in dem es zu einem Abgleiten des Messsignals (rot) von der Dachkante (t_1), über die Windschutzscheibe und die Motorhaube hinweg (t_2) bis hin zur Front des erfassten Fahrzeuges (t_3) kommt. Demgegenüber ist in Bild 3 eine Messung ohne den Ableiteffekt skizziert, bei der das Messsignal (blau) immer die gleiche Position der Fahrzeugfront erfasst. Durch die künstliche Verkürzung der gemessenen Entfernungen bzw. die Vergrößerung der zurückgelegten Strecke während des Zeitintervalls ist die gemessene Geschwindigkeit im Ableiteffekt größer als die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeuges.

In umgekehrter Weise kommt es zu einer Zugunstenmessung, wenn es beim Abgleiten des Messsignals zu einer künstlichen Verlängerung der gemessenen Entfernungen bzw. wenn es zu einer Verkleinerung der zurückgelegten Strecke während des Zeitintervalls kommt. Dies ist dann der Fall, wenn das Abgleiten auf der erfassten Fahrzeugfläche von unten nach oben stattfindet. Die hier gemessene Geschwindigkeit ist kleiner als die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit des Fahrzeuges. Dies ist in Bild 4 in einem Zeit-Weg-Diagramm skizziert. Hier ist das Abgleiten des Messsignals (rot) von der Front des erfassten Fahrzeuges (t_1), über die Motorhaube (t_2) hinweg bis hin zur Windschutzscheibe (t_3) dargestellt. Demgegenüber ist in Bild 4 eine Messung ohne den Ableiteffekt skizziert, bei der das Messsignal (blau) immer die gleiche Position der Fahrzeugfront erfasst.

Da der Ableiteffekt kontinuierlich stattfindet, sind auch die Abweichungen zwischen den vielen hundert Einzelmessungen zueinander gering, sodass es nicht zwangsläufig zu einer Annullierung der Messung durch die Messgerätesoftware kommen muss. Der Ableiteffekt ist somit diskussionsfähig.

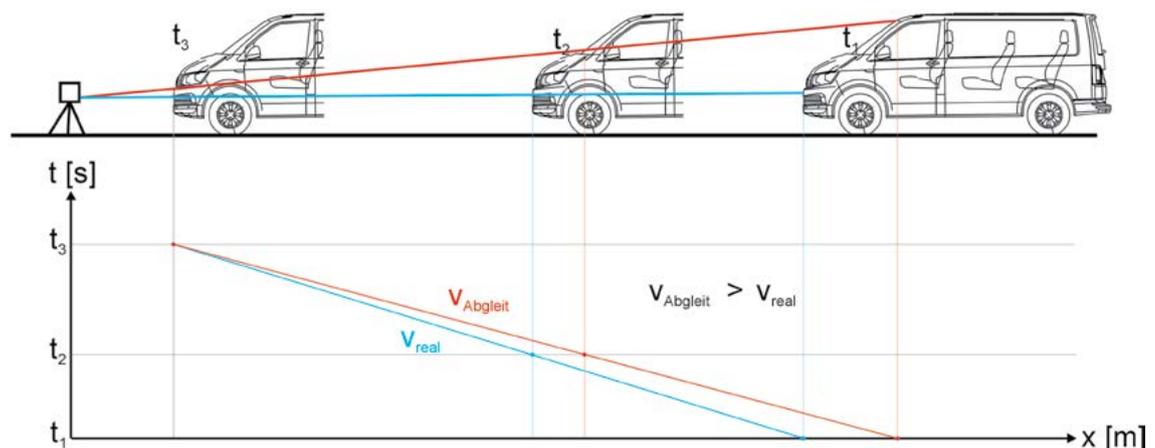


Bild 3:
Zeit-Weg-Diagramm ohne und mit Ableiteffekt zuungunsten des gemessenen Fahrzeuges (Quelle: Smykowski – nach Abbildung 4 (Rdn 39) in [11])

Stufeneffekt

Der Stufeneffekt ist ein theoretischer Effekt, der sprunghaft zwischen zwei Ebenen auftritt. Er ist dann annehmbar, wenn eine Messung als Vorgang mit zwei Einzelmessungen stattfinden würde (t_1 und t_2) und wenn die erfassten Bereiche zu Beginn und am Ende der Messung örtlich zueinander versetzt wären ($\Delta x_{(t_1 - t_2)}$), wie dies in Bild 5 schematisch skizziert ist.

In Abhängigkeit des zu Beginn und am Ende der Messung erfassten Bereiches der Fahrzeugfront kann es hier zu einer Verkürzung bzw. Verlängerung der Entfernung zum Messgerät und somit zu einer Zuungunstenmessung bzw. zu einer Zugunstenmessung kommen.

Ist das LIDAR-basierte Messsystem PoliScan für Stufenprofil-Fehlmessungen empfindlich?

In der NZV 8/2018 hat der Autor Smykowski [12] einen Versuch beschrieben, aus dessen Ergebnissen die Frage beantwortet werden könnte, ob das PoliScan für Stufenprofil-Fehlmessungen empfindlich sei.

In einem Versuch wurde das Messsystem entsprechend den Vorgaben der Gebrauchsanweisung

aufgestellt und in Betrieb genommen. In vielen weiteren Schritten wurde das Messsystem in seiner Ausrichtung verändert und das Verhalten des Messgerätes untersucht, indem die Messwerte des geeichten Messsystems mit den Messwerten der PTB-Referenzanlage verglichen wurden.

Durch eine vorgenommene Veränderung des Neigungswinkels in drei unterschiedlichen Aufstellhöhen und die Fahrbewegung des gemessenen Fahrzeuges auf das Messsystem zu wurde der Abgleiteffekt provoziert, da ein Wandern des Messsignals auf der erfassten Fahrzeugfront stattfand, wie es in Bild 3 und in Bild 4 dargestellt ist. Durch Auswertung der Versuchsreihen kann so überprüft werden, ob das Messsystem PoliScan für eine Stufenprofil-Fehlmessung empfindlich ist.

Sollte das Messgerät für Stufenprofil-Fehlmessungen empfindlich sein, so müsste die Abweichung zwischen dem Messwert des Messsystems und dem PTB-Referenzwert die Verkehrsfehlergrenzen von 3 km/h bis 100 km/h bzw. 3 % des Messwertes bei über 100 km/h überschreiten, damit die Bedingungen für eine Fehlmessung nach Härtl [9] erfüllt werden. In der Literatur [13, 11] wird beschrieben, dass hoch aufgebaute Fahrzeuge (z. B. Lkw) für eine Stufenprofil-Fehlmessungen durch den Abgleiteffekt weniger empfindlich sind als Fahrzeuge mit stark angeschrägter Front (z. B. Vans).

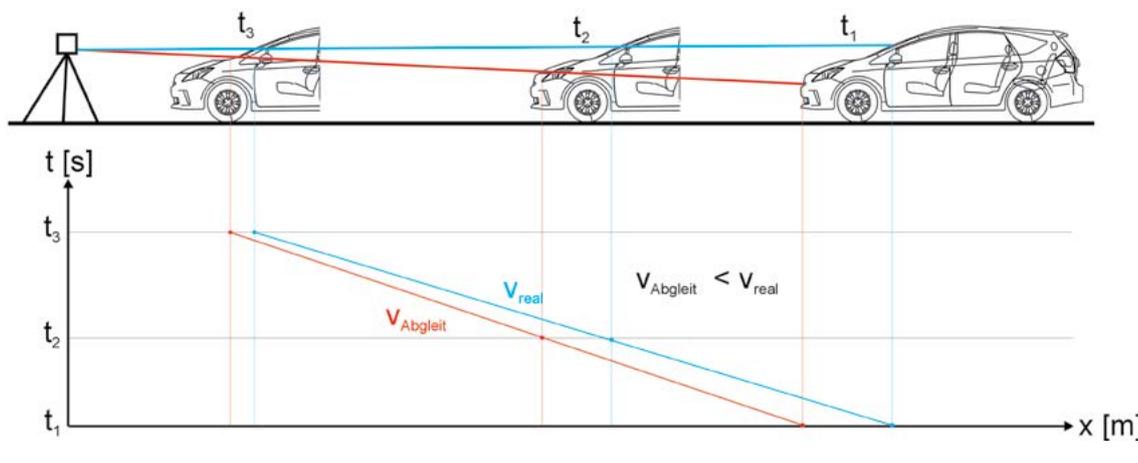


Bild 4: Zeit-Weg-Diagramm ohne und mit Abgleiteffekt zugunsten des gemessenen Fahrzeuges (Quelle: Smykowski – nach Abbildung 4 (Rdn 39) in [11])

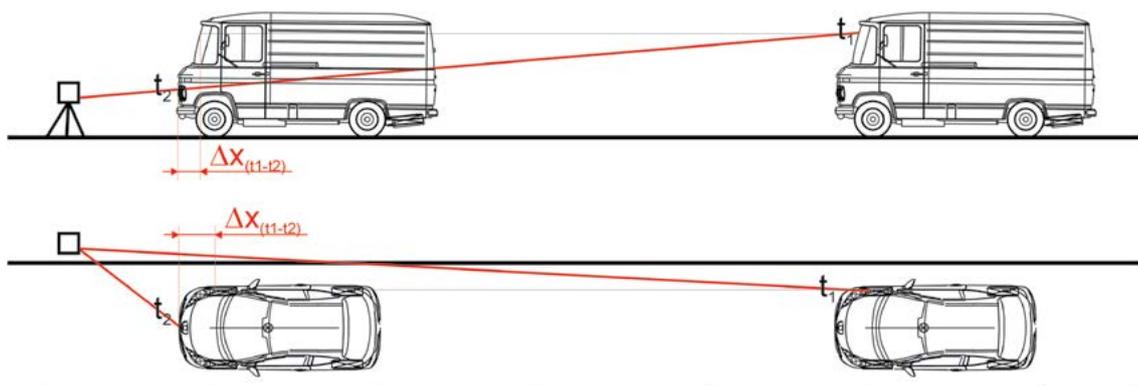


Bild 5: Stufeneffekt durch die Erfassung zwei unterschiedlicher Ebenen (Stufen)

Anzahl ausgewerteter Fahrzeuge	N:−1,5°	N:−1,0°	N:−0,5°	N:0,0°	N:1,0°	N:2,0°	Versuch
h:0,668 m a:1,47 m S:18°				48	46	1	# 1
h:1,005 m a:1,47 m S:18°		50	50	11			# 2
h:1,387 m a:1,47 m S:18°	52		11	5			# 3

Tabelle 1: Versuchsplan (auszugsweise) mit Anzahl ausgewerteter Messungen

Nachfolgend werden die Versuche entsprechend der Tabelle 1 bei einer Aufstellhöhe „h“ des Messsystems über der Fahrbahnoberfläche von 0,668 m, 1,055 m und 1,387 m, bei einem seitlichen Abstand „a“ des Messsystems zum Fahrbahnrand von 1,47 m sowie einem eingestelltem Schwenkwinkel „S“ des Messsystems zur Fahrbahn von 18 Grad, unter Betrachtung der in der Literatur beschriebenen Fahrzeugtypen, auf eine mögliche Stufenprofil-Fehlmessung in sechs unterschiedlichen Neigungswinkeln „N“ des Messsignals untersucht.

Ohne dass die durchgeführten Versuche einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, wird anhand von drei Versuchsreihen eine mögliche Stufenprofil-Fehlmessung untersucht.

Versuchsreihe 1

In Bild 6 sind die Versuche mit einer Aufstellhöhe von h:0,668 m sowie einem Neigungswinkel von N:0° (oben), N:1,0 (Mitte) und N:2,0° (unten) dargestellt. In dieser Abbildung ist das Messsystem links in einer Höhe von 0,668 m eingezeichnet. Von dieser ausgehend ist der emittierte Laser, unter Berücksichtigung seiner Aufweitung, grün visualisiert, wobei rot seine Mittelebene und somit die Lage der Hilfslinie dargestellt ist. Ferner ist hier die schematische Anordnung der Referenzanlage sowie des Messsystems dargestellt. Auch wurde beispielhaft ein Fahrzeug mit stark angeschrägter Front in diese Abbildung eingesetzt, um den ungefähren Erfassungsbereich des Lasers auf dem beispielhaft eingesetzten Fahrzeug zu visualisieren. Der Abtastbereich auf anderen Fahrzeugkonturen kann von diesem Beispiel abweichen.

h:0,668 m | N:0,0°

Wie aus Bild 6 oben hervorgeht, kann es in der Einstellung mit einem Neigungswinkel von N:0° bei einem Van nicht zu einem Abgleiteneffekt kommen, da dieser in unterschiedlichen Entfernungen zum Messsystem immer auf konstanter Höhe bzw. in kongruenter Position erfasst wird.

Aus dieser Messreihe ist in Bild 7 beispielhaft ein Van dargestellt. Das Messsystem hat hier eine Geschwindigkeit von 54,9 km/h gemessen und durch das Abschneiden der Nachkommastelle, welches sich stets zugunsten des Betroffenenfahrzeuges auswirkt, eine amtliche Geschwindigkeit von 54 km/h ausgewiesen. Der

Bild 7: Van mit $v_{\text{amtlich}} = 54 \text{ km/h}$ | $v_{\text{PSS}} = 54,9 \text{ km/h}$ | $v_{\text{PTB}} = 55,03 \text{ km/h}$. Das rot visualisierte Viereck entspricht dem vom Messsystem berechneten Auswerterahmen, die blau visualisierte Linie der vom Messsystem berechneten Hilfslinie. Die grün dargestellte Linie verbindet die im Bild erkennbaren Radaufstandskanten, wurde manuell eingezeichnet und wird für die Bewertung der Auswertetrichterlinien benötigt.

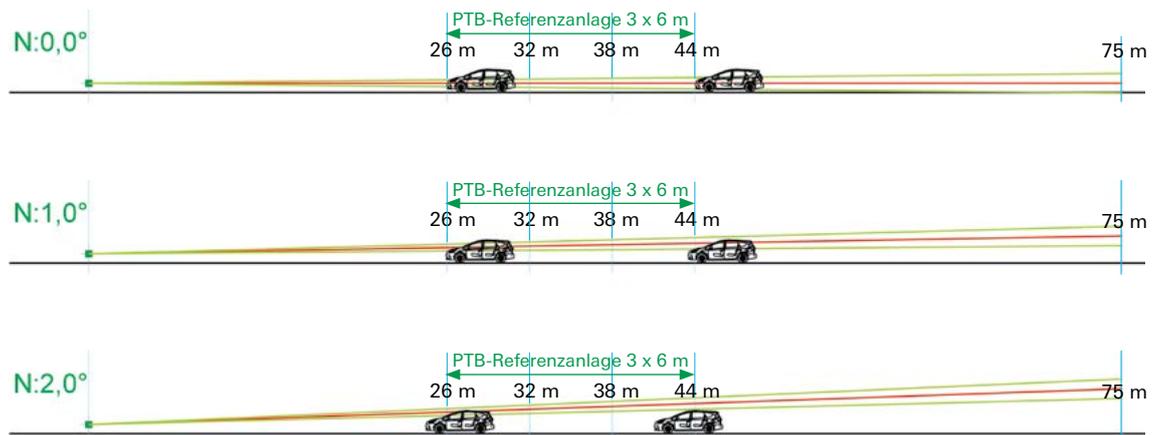
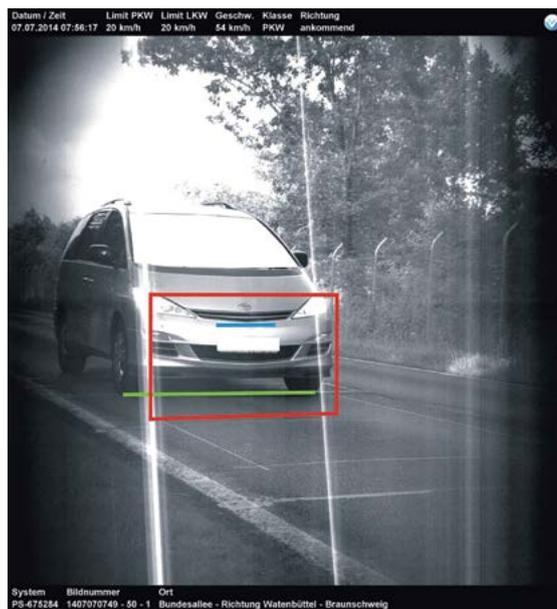


Bild 6: Schematische Darstellung der Versuche (h:0,668 m | a:1,47 m | S:18°) mit Neigungswinkel N:0° oben, N:1,0° Mitte und N:2,0° unten

PTB-Referenzwert beträgt 55,03 km/h. Die hier berechenbaren Abweichungen liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Zum Vergleich wurde ein Kastenwagen aus dieser Messreihe ausgesucht, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 8 dargestellt ist. Dieser Kleintransporter wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 49 km/h gemessen, wobei diese mit 49,8 km/h vom Messsystem bestimmt wurde. Der PTB-Referenzwert beträgt 49,94 km/h, sodass die Abweichungen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen liegen.

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h:0,668\text{ m} \mid N:1,0^\circ$

Wie aus Bild 6 Mitte hervorgeht, kann es bei der Messung mit einem Neigungswinkel von bereits $N:1,0^\circ$ zu einem Abgleiteneffekt bei einem Van kommen, der sich zuungunsten des Fahrzeuges auswirken würde.

Aus dieser Messreihe wurde ein Van ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 9 dargestellt ist. Dieser Van wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 70 km/h gemessen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 70,5 km/h bestimmt hat. Der PTB-Referenzwert beträgt 70,37 km/h, sodass die Abweichungen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen liegen.

Im Vergleich hierzu wurde wieder ein Kastenwagen, diesmal in Form eines Kraftomnibusses (KOM), ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 10 dargestellt ist. Aufgrund der ebenen Fahrzeugstirnfläche des KOMs kann es per Definition [10] nicht zu einem Abgleiteneffekt kommen. Bei dieser Messung hat das Messsystem eine Geschwindigkeit von 62,4 km/h gemessen, sodass der amtliche Geschwindigkeitsmesswert mit 62 km/h ausgewiesen wurde. Der PTB-Referenzwert beträgt hier 62,25 km/h. Abweichungen über die Verkehrsfehlergrenzen hinaus können hier nicht festgestellt werden.

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h:0,668\text{ m} \mid N:2,0^\circ$

Auch bei der Messung mit einem Neigungswinkel von $N:2,0^\circ$ kann es zu einem Abgleiteneffekt kommen, der sich zuungunsten des Fahrzeuges auswirken würde, wie dem Bild 6 zu entnehmen ist. Bei dieser Aufstellvariante verhält es sich jedoch so, dass die den Erfassungsbereich durchfahrenden Pkw erst sehr spät vom Messsignal erfasst werden, sodass die Voraussetzungen an die Mindestmessstrecke nicht eingehalten werden konnten. Daher verwundert es nicht, dass in dieser Messreihe nur ein Lkw gemessen wurde. Pkw wurden hier nicht durch das Messsystem gemessen.



Bild 8:
Kastenwagen/
Kleintransporter mit
 $v_{\text{amtlich}} = 49\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 49,8\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 49,94\text{ km/h}$

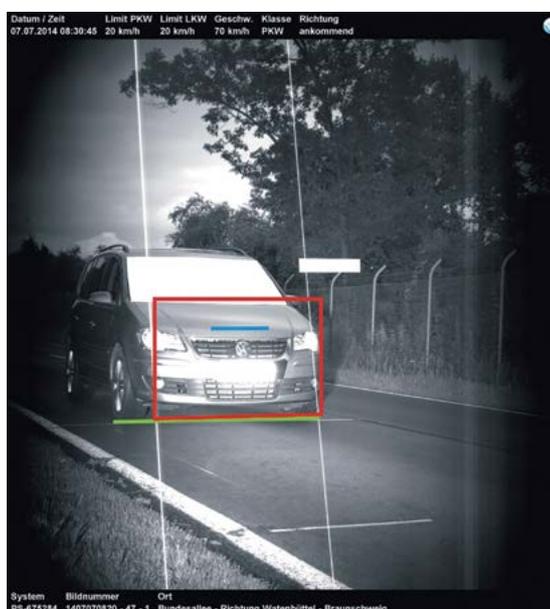


Bild 9:
Van mit
 $v_{\text{amtlich}} = 70\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 70,5\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 70,37\text{ km/h}$



Bild 10:
KOM mit
 $v_{\text{amtlich}} = 62\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 62,4\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 62,25\text{ km/h}$



Bild 11:
Lkw mit
 $V_{\text{amtlich}} = 55 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 55,1 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 55,19 \text{ km/h}$

Bei dem gemessenen Lkw aus Bild 11 wurde eine amtliche Geschwindigkeit von 55 km/h ausgewiesen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 55,1 km/h gemessen hat. Der PTB-Referenzwert beträgt hier 55,19 km/h. Die Abweichungen zueinander liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Versuchsreihe 2

In Bild 12 sind die Versuchsreihen mit einer Aufstellhöhe von $h:1,055 \text{ m}$ sowie einem Neigungswinkel von $N:0^\circ$ (oben), $N:-0,5$ (Mitte) und $N:-1,0^\circ$ (unten) dargestellt. Wie dieser Abbildung zu entnehmen ist, werden in der Aufstellung mit einem Neigungswinkel von $N:0^\circ$ die Fahrzeuge, explizit Pkw, im Bereich des Übergangs von der Motorhaube zur Windschutzscheibe messtechnisch erfasst. Mit zunehmendem Neigungswinkel in Richtung Fahrbahnoberfläche verschiebt sich die Mittelebene des Lasers, sodass die Fahrzeuge zunächst unten an der Stoßstange und in Annäherung an das Messsystem über die Motorhaube hinweg erfasst werden.

$h:1,055 \text{ m}$ | $N:0,0^\circ$

Aus dieser Messreihe ist in Bild 13 beispielhaft ein Kfz mit schräger Fahrzeugfront dargestellt. Die amtliche Geschwindigkeit des Vans wird mit 64 km/h ausgewiesen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 64,1 km/h gemessen hat. Der PTB-Referenzwert beträgt 64,23 km/h. Die hier berechenbaren Abweichungen liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Im Vergleich hierzu wurde ein KOM aus dieser Messreihe ausgesucht, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 14 dargestellt ist. Dieser KOM wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 55 km/h gemessen. Das Messsystem hat



Bild 13:
Van mit
 $V_{\text{amtlich}} = 64 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 64,1 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 64,23 \text{ km/h}$

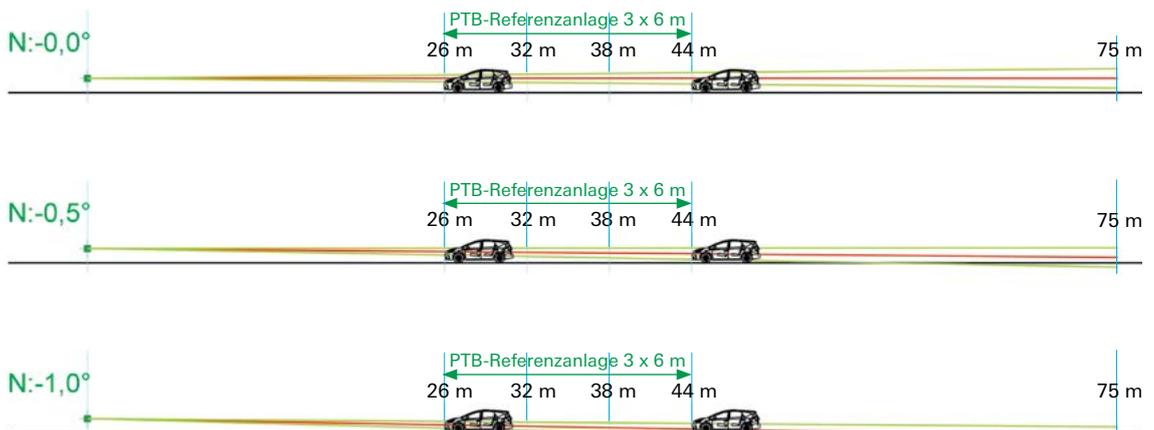


Bild 12:
Schematische Darstellung der Versuche ($h:1,055 \text{ m}$ | $a:1,47 \text{ m}$ | $S:18^\circ$) mit Neigungswinkel $N:0^\circ$ oben, $N:-0,5^\circ$ Mitte und $N:-1,0^\circ$ unten

eine Geschwindigkeit von 55,8 km/h registriert. Der PTB-Referenzwert beträgt 55,63 km/h. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Geschwindigkeitsmesswerten liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h:1,055\text{ m} \mid N:-0,5^\circ$

Wie es aus Bild 12 hervorgeht, kann es bei der Messung mit einem Neigungswinkel von $N:-0,5^\circ$ bereits zu einem Abgleiteneffekt bei einem Van kommen, der sich entsprechend dem Bild 4 zugunsten des Fahrzeuges auswirken würde. Aus dieser Messreihe wurde ein Van ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 15 dargestellt ist. Dieser Van wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 64 km/h gemessen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 64,4 km/h bestimmt hat. Der PTB-Referenzwert beträgt 64,16 km/h. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Werten liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Hier zum Vergleich wurde wieder ein KOM ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 16 dargestellt ist. Die amtliche Geschwindigkeit des KOM beträgt 48 km/h. Der Geschwindigkeitsmesswert wurde durch das Messsystem mit 48,5 km/h bestimmt. Der PTB-Referenzwert beträgt 48,34 km/h. Abweichungen über die Verkehrsfehlergrenzen hinaus können hier nicht festgestellt werden.

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h:1,055\text{ m} \mid N:-1,0^\circ$

Mit zunehmender Vergrößerung des Neigungswinkels, nunmehr auf $N:-1,0^\circ$, wandert die Mittelebene des Lasers auf der Fahrzeugfront weiter nach unten, sodass der Abgleiteneffekt vergrößert wird – siehe Bild 12. Aus dieser Messreihe ist in Bild 17 wieder ein Van dargestellt. Die amtliche Geschwindigkeit wird hier mit 52 km/h ausgewiesen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 52,8 km/h gemessen hat. Der PTB-Referenzwert beträgt 53,07 km/h. Die hier berechenbaren Abweichungen liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Im Vergleich hierzu wurde ein Lkw mit ebener Stirnfläche aus dieser Messreihe ausgesucht, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 18 dargestellt ist. Dieser Lkw wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 51 km/h gemessen. Das Messsystem hat eine Geschwindigkeit von 51,5 km/h bestimmt. Der PTB-Referenzwert beträgt 51,84 km/h. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Geschwindigkeitsmesswerten liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

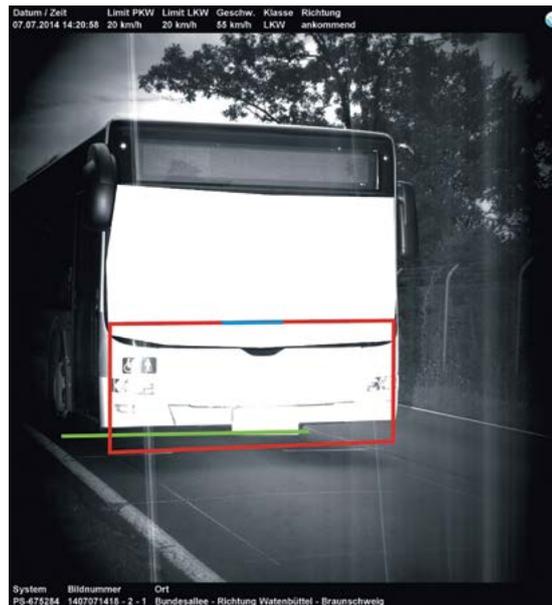


Bild 14:
KOM mit
 $v_{\text{amtlich}} = 55\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 55,8\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 55,63\text{ km/h}$



Bild 15:
Van mit
 $v_{\text{amtlich}} = 64\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 64,4\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 64,16\text{ km/h}$



Bild 16:
KOM mit
 $v_{\text{amtlich}} = 48\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 48,5\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 48,34\text{ km/h}$



Bild 17:
Van mit
 $V_{\text{amtlich}} = 52 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 52,8 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 53,07 \text{ km/h}$

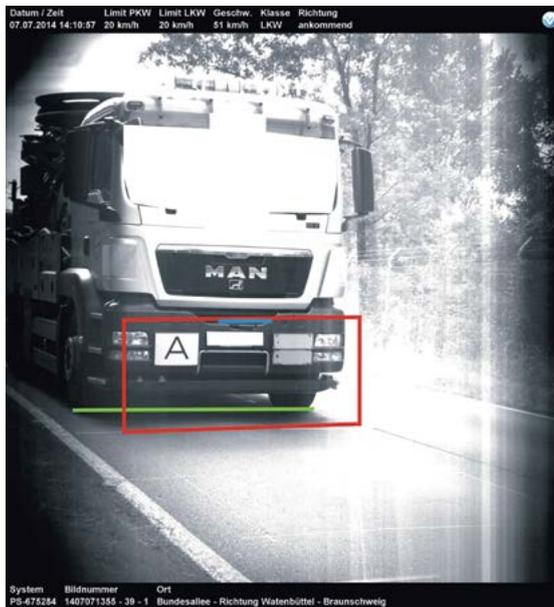


Bild 18:
Lkw mit
 $V_{\text{amtlich}} = 51 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 51,5 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 51,84 \text{ km/h}$

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

Versuchsreihe 3:

In Bild 19 sind die Versuchsreihen mit einer Aufstellhöhe von $h:1,387 \text{ m}$ sowie einem Neigungswinkel von $N:0^\circ$ (oben), $N:-0,5$ (Mitte) und $N:-1,5^\circ$ (unten) dargestellt. Diese Versuchsreihen unterscheiden sich von den Versuchen aus der Versuchsreihe 2 in der Hinsicht, dass durch eine größere Aufstellhöhe eine größere Variation im Neigungswinkel realisiert werden konnte. In diesen Einstellungsstufen kann es ebenfalls zu einem Abgleiteneffekt kommen, der sich entsprechend der Abbildung 4 zugunsten des Fahrzeuges auswirken würde.

$h:1,387 \text{ m}$ | $N:0,0^\circ$

Wie aus Bild 19 hervorgeht, werden Pkw bei einem Neigungswinkel $N:0^\circ$ im Bereich der Windschutzscheibe messtechnisch erfasst. Erst mit zunehmendem Neigungswinkel in Richtung Fahrbahnoberfläche verschiebt sich die Mittelebene des Lasers, sodass die Fahrzeuge zunächst unten an der Stoßstange und in Annäherung an das Messsystem über die Motorhaube hinweg bis zur Windschutzscheibe erfasst werden können. Bei dieser Aufstellvariante verhält es sich dergestalt, dass die den Erfassungsbereich durchfahrenden Pkw sehr weit oben an der Fahrzeugsilhouette vom Messsignal erfasst werden, sodass in dieser Messreihe nur Lkw gemessen wurden. Pkw wurden hier durch das Messsystem nicht gemessen.

In Bild 20 ist ein Lkw der Messreihe mit einen Neigungswinkel $N:0^\circ$ beispielhaft dargestellt. Bei diesem wurde eine amtliche Geschwindigkeit von 59 km/h durch das Messsystem ausgewiesen, wobei eine Geschwindigkeit von $59,5 \text{ km/h}$ gemessen wurde. Der PTB-Referenzwert beträgt

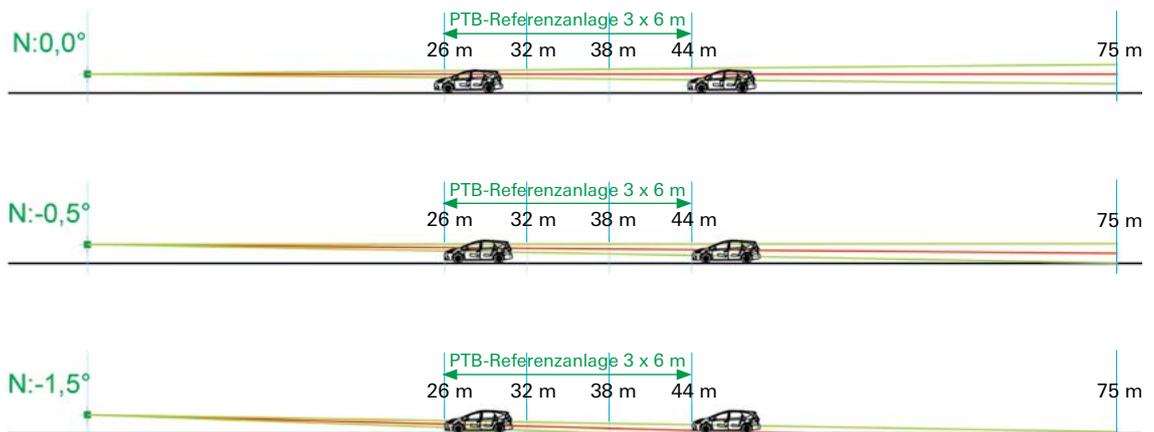


Bild 19:
Schematische Darstellung der Versuche ($h:1,387 \text{ m}$ | $a:1,47 \text{ m}$ | $S:18^\circ$) mit Neigungswinkel $N:0^\circ$ oben, $N:-0,5^\circ$ Mitte und $N:-1,5^\circ$ unten

hier 59,31 km/h. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Werten liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h: 1,387\text{ m} \mid N: -0,5^\circ$

Wie aus Bild 19 hervorgeht, kann es bei der Messung mit einem Neigungswinkel von $N: -0,5^\circ$ bereits zu einem Abgleiteneffekt bei einem Van kommen, der sich zugunsten des Fahrzeuges auswirken würde – entsprechend Bild 4.

Aus dieser Messreihe wurde ein SUV ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 21 dargestellt ist. Dieser SUV, der ebenfalls eine schräg abfallende Fahrzeugfront aufweist, wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 65 km/h gemessen, wobei das Messsystem eine Geschwindigkeit von 65,3 km/h bestimmt hat. Der PTB-Referenzwert beträgt 65,33 km/h. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Werten liegen innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen.

Hier zum Vergleich wurde ein Lkw ausgewählt, dessen amtliches Beweislichtbild in Bild 22 dargestellt ist. Die amtliche Geschwindigkeit beträgt hier 61 km/h. Der Geschwindigkeitsmesswert wurde durch das Messsystem mit 61,2 km/h beziffert. Der PTB-Referenzwert beträgt 61,14 km/h. Abweichungen über die Verkehrsfehlergrenzen hinaus können hier nicht festgestellt werden. In dieser Aufstellung ist es zu keiner Fehlmessung gekommen.

$h: 1,387\text{ m} \mid N: -1,5^\circ$

Mit zunehmender Vergrößerung des Neigungswinkels, nunmehr auf $N: -1,5^\circ$, wandert die Mittelebene des Lasers auf der Fahrzeugfront weiter nach unten. Der erzwungene Abgleiteneffekt vergrößert sich, wie aus Bild 19 hervorgeht. Aus dieser Messreihe ist in Bild 23 ein Van dargestellt, dessen amtliche Geschwindigkeit mit 61 km/h ausgewiesen ist. Das Messsystem hat eine Geschwindigkeit von 61,5 km/h gemessen, der PTB-Referenzwert beträgt 61,87 km/h.

In Bild 24 ist das amtliche Beweislichtbild eines Kleintransporters dargestellt, der eine im Verhältnis zu dem Van aus Bild 23 geringere ausgeprägte schräge Fahrzeugfront aufweist. Dieses Vergleichsfahrzeug wurde mit einer amtlichen Geschwindigkeit von 63 km/h gemessen, wobei der Messwert vom Messsystem mit 63,3 km/h ausgewiesen wurde. Der PTB-Referenzwert beträgt hier 63,51 km/h.

Bei den Messungen sind keine Abweichungen zwischen den einzelnen Messwerten entstanden, die über die Verkehrsfehlergrenzen hinausgehen. Auch ist es in dieser Aufstellung zu keiner Fehlmessung gekommen.



Bild 20:
Lkw mit
 $v_{\text{amtlich}} = 59\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 59,5\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 59,31\text{ km/h}$

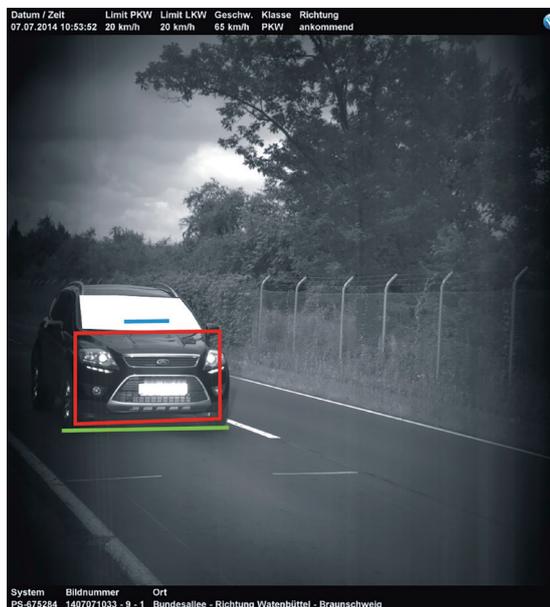


Bild 21:
SUV mit
 $v_{\text{amtlich}} = 65\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 65,3\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 65,33\text{ km/h}$



Bild 22:
Lkw mit
 $v_{\text{amtlich}} = 61\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PSS}} = 61,2\text{ km/h} \mid$
 $v_{\text{PTB}} = 61,14\text{ km/h}$

Ergebnis des Versuchs:

Nach einer ersten Bewertung der Systemlogik des PoliScan muss das Messsystem für den Stufen-
effekt unempfindlich sein, da einem Geschwin-
digkeitsmesswert in der Regel mehrere hundert
Einzelmesswerte zugrunde liegen, aus denen die
mittlere Geschwindigkeit durch eine Regressions-
gerade bestimmt wird, und nicht wie per Defini-
tion [10] gefordert aus zwei Einzelmesswerten.

In den untersuchten Aufstellungen an der Bun-
desallee wurde der Abgleiteneffekt, ergo eine Stufen-
profilmessung durch Abgleiten, künstlich erzeugt,
da durch die Fahrbewegung des Fahrzeuges ein
Wandern des Erfassungsbereiches des schräg pro-
jierten Messsignals auf der Fahrzeugfront erfolgte.
Nach Auswertung der Versuchsreihen war unter
den Randbedingungen nicht erkennbar, dass das
Messsystem für Stufenprofil-Fehlmessungen emp-

findlich ist, da die definierten Verkehrsfehlergren-
zen in den relevanten Wertepaaren zwischen dem
Geschwindigkeitswert des Messgerätes und dem
PTB-Referenzwert nicht überschritten wurden.
Eine Fehlmessung nach Härtl [9] erfolgte nicht.

Somit ergeben sich nach Auswertung der Ver-
suchsreihen mit den beispielhaft dargestellten amt-
lichen Beweislichtbildern keine Hinweise auf das
Vorliegen einer Stufenprofil-Fehlmessung, sodass
das Messsystem unter den vorliegenden Rand-
bedingungen für eine Stufenprofil-Fehlmessung
unempfindlich ist.

Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 4006 Blatt 1: Menschliche Zuverlässigkeit – Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung. Beuth Verlag, Berlin 11/2002 Cierniak, Jürgen: Prozessuale Anforderungen an den Nachweis von Verkehrsverstößen. In: zfs – Zeitschrift für Schadensrecht – Fachzeitschrift des DAV – Deutscher Anwaltverlag. 33. Jahrgang. 12. Ausgabe, 2012, S. 664–680
- [2] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: PTB-Anforderungen 12.01 „Messgeräte im öffentlichen Verkehr; Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“. Ausgabe Oktober 2015. DOI: 10.7795/510.20151031B
- [3] Krumm, Carsten: Standardisierte Messverfahren: Begriff, Bedeutung, Problemfälle. In: DAR – Deutsches Autorecht – Rechtszeitschrift des ADAC. 81. Jahrgang. Extra Ausgabe, 2011, S. 738–742
- [4] Rebler, Adolf: Polizeiliche Messverfahren für Geschwindigkeit und Abstand im Straßenverkehr. In: SVR – Straßenverkehrsrecht – Zeitschrift für die Praxis des Verkehrsjuristen. 13. Jahrgang. 6. Ausgabe, 2013, S. 208–215
- [5] Bundesgerichtshof, BGHSt 43, 277 (1997)
- [6] Cierniak, Jürgen: Prozessuale Anforderungen an den Nachweis von Verkehrsverstößen. In: zfs – Zeitschrift für Schadensrecht – Fachzeitschrift des DAV – Deutscher Anwaltverlag. 33. Jahrgang. 12. Ausgabe, 2012, Seite 664–680
- [7] Scharf, Rainer und Middelman, Thomas: Paradigmenwechsel im Internationalen Einheitensystem (SI). In: Scharf, Rainer; Middelman, Thomas; Bauch, Andreas; Weyers, Stefan; Peik, Ekkehard; Schödel, René et al. (2018): Experimente für das neue Internationale Einheitensystem (SI). 2. Auflage 07/2018. PTB-Mitteilungen. Band 126 (2016), Heft 2. ISSN 0030-834X. DOI: 10.7795/310.20160399de02
- [8] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Innerstaatliche Bauartzulassung für die Bauart des Geschwindigkeitsüberwachungsgerätes PoliScan M1 HP vom 21.2.2011 als 3. Neufassung der Anlage vom 30.12.2014

Bild 23:
Van mit
 $V_{\text{amtlich}} = 61 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 61,5 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 61,87 \text{ km/h}$



Bild 24:
Kastenwagen/
Kleintransporter mit
 $V_{\text{amtlich}} = 63 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PSS}} = 63,3 \text{ km/h}$ |
 $V_{\text{PTB}} = 63,51 \text{ km/h}$



- [9] Härtl, Harald Christoph: Rechnergestützte Simulation, Analyse und Korrektur von Abstandsfehlern bei optischen Geschwindigkeitsmessgeräten für den Straßenverkehr. Dissertation der Technischen Universität Braunschweig, PTB-Bericht MA-56. Herausgeber: PTB, Braunschweig, November 1997
- [10] Physikalisch-Technische Bundesanstalt: PTB-Anforderungen, Messgeräte im Straßenverkehr, Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte. PTB-A 18.11 vom Dezember 2014
- [11] Schmedding, Klaus: § 14 Laserscanner. In: Beck, Wolf-Dieter und Löhle, Ulrich (Hrsg.): Fehlerquellen bei polizeilichen Messverfahren. Geschwindigkeit – Abstand – Rotlicht. Unter Mitarbeit von Klaus Schmedding, Filip Siegert, Thorsten Reuß und Björn Siemer. 12. Auflage. Bonn: Deutscher Anwaltverlag (AnwaltsPraxis)
- [12] Smykowski, Sebastian: Ist das PoliScan-Geschwindigkeitsmessverfahren für Stufenprofilmessungen empfindlich? In: NZV – Neue Zeitschrift für Verkehrsrecht. 31. Jahrgang. 8. Ausgabe, 23. August 2018, S. 358–364. München: Verlag C.H.BECK
- [13] Schmedding, Klaus und Siemer, Björn: Eine unendliche Geschichte – PoliScan und die Gerichte. In: DAR – Deutsches Autorecht – Rechtszeitschrift des ADAC. 87. Jahrgang, 4. Ausgabe, 2017, S. 229–234

Vom Nutzen der Schätzung, oder was bringt uns eine nachträgliche Plausibilisierung?

Robert Wynands*

Kommt ein Mann in die Apotheke und legt sein Rezept vor. Sagt der Apotheker: „Oh, das muss ich Ihnen aus den Wirkstoffen zusammenmischen. Kommen Sie ruhig mit, um zuzusehen.“ Sie gehen in den Laborbereich der Apotheke, wo der Apotheker mit seiner Analysenwaage die Zutaten aufs Milligramm genau abwägt. Dann sagt er: „So, bevor ich die Wirkstoffe vermische, plausibilisiere ich lieber noch die Messungen, damit Sie ganz beruhigt sein können, dass die Wirkstoffmenge stimmt.“ Dann holt er eine Spielzeug-Balkenwaage hervor und korrigiert die Wirkstoffmenge anhand der Messergebnisse dieser Plastikwaage. Schließlich mischt er die Zutaten zusammen und übergibt das Produkt dem Kunden. Die Reaktion des Kunden ist nicht überliefert.

Was hat diese Geschichte mit der Überschrift des Beitrags zu tun? Nun, sie verdeutlicht die Problematik, wenn ein geeichter Messwert anhand eines anderen Zahlenwertes überprüft werden soll, dessen Unsicherheit größer ist. Diese Situation liegt vor, wenn eine nachträgliche Schätzung (meist „Plausibilisierung“ genannt) eines geeichten Geschwindigkeitsmesswertes anhand von Hilfsdaten vorgenommen wird. Es ist offensichtlich, dass man einen verlässlichen Messwert mit einem größeren und ungenaueren nicht messtechnisch sinn-

voll überprüfen oder gar korrigieren kann. Dies wird hier erst am Beispiel einer großen Klasse von Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten illustriert und dann auf einen allgemeinen mathematischen Zusammenhang zurückgeführt. Schließlich werden allgemeine Betrachtungen zum tatsächlichen Erkenntniswert nachträglicher Schätzungen vorgestellt. Sie zeigen, dass man für eine Überprüfung der Einzelmessung entweder neben jedes geeichte Geschwindigkeitsmessgerät ein gleich gutes zweites stellen muss, das auf einem anderen Messprinzip beruht, oder aber den vom Mess- und Eichrecht dafür vorgesehen Weg wählen muss, nämlich die Befundprüfung.

Amtliche Geschwindigkeitsüberwachung und das Eichrecht: Eine kurze Einführung

Messgeräte zur amtlichen Überwachung des Verkehrs gehören zu den etwa 150 Messgerätarten (von der Zapfsäule bis zum Elektrozähler), die einheitlich den Regeln des Eichrechts unterfallen. Dieses hat sich über Jahrhunderte entwickelt; aktuell gilt in Deutschland das Mess- und Eichgesetz (MessEG) mit seiner zugehörigen Verordnung sowie verschiedenen regelsetzenden Dokumenten, die für spezifische Gerätarten den

* PD Dr. Robert Wynands, Fachbereich „Geschwindigkeit“, PTB Braunschweig, E-Mail: robert.wynands@ptb.de, <https://orcid.org/0000-0002-4518-9703>

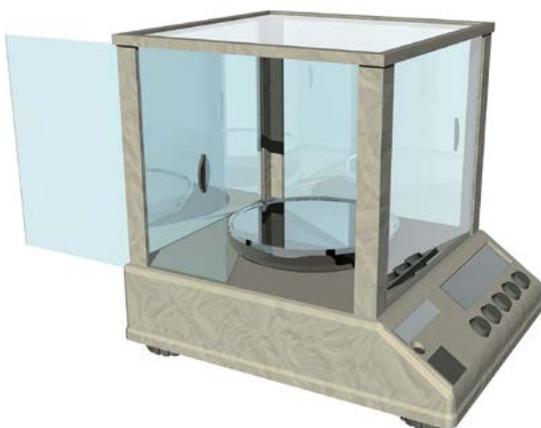


Bild 1: Eine Analysenwaage (Auflösung 0,1 mg) und eine andere Waage. Welcher vertraut man, um Zutaten zu einem Medikament abzuwiegen? Quellen: Dr. N. Lange (Fotolia); misha_ru (Fotolia)

Stand der Technik festzuschreiben (z. B. sogenannte „PTB-Anforderungen“).

Gemäß den gesetzlichen Vorschriften wird jede neue Bauart eines Geschwindigkeitsmessgerätes und jedes Update der Software des Gerätes und seines Auswerteprogramms vorab von der PTB in einem aufwendigen Verfahren auf Herz und Nieren geprüft, um unter anderem sicherzustellen, dass Geräte dieser Bauart unter allen Umständen einen Messwert (den sogenannten „geeichten Messwert“) ausgeben, der die Verkehrsfehlergrenzen einhält, oder dass sie die Messung annullieren. Einen wichtigen Beitrag dazu leisten umfangreiche Selbsttestfunktionen, die das Gerät bei jedem Einschalten und danach periodisch durchlaufen muss und deren Funktionieren ebenfalls bei der Bauartprüfung getestet wird. Anschließend muss jedes Einzelgerät regelmäßig geeicht werden, um sicherzustellen, dass es weiterhin genau der geprüften Bauart entspricht und z. B. die richtige Softwareversion darauf installiert ist. So ist sichergestellt, dass geeichte Messwerte zuverlässig und vertrauenswürdig sind, auch wenn man, wie z. B. bei Gaszählern im Haushalt oder eben bei der amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung, die Messung nicht wiederholen kann, um sie zu prüfen. Ein Überblick über diese Mechanismen des Eichrechts zur Gewährleistung richtigen Messens findet sich in einer Web-Publikation der PTB [1]. In Ordnungswidrigkeitsverfahren vor Gericht wird gelegentlich versucht, dem geeichten Messwert einen Geschwindigkeitswert gegenüberzustellen, der z. B. anhand von Hilfsgrößen des Einzelfalls aus einer nachträglichen Schätzung gewonnen wird. Dieser Ansatz ist nicht nur systemfremd, bezogen auf eichrechtliche Regelungen [1], sondern kann sogar messtechnisch fragwürdig bis sinnlos sein, wie hier nun gezeigt.

Das betrachtete Messprinzip

Die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs lässt sich z. B. über die Zeit messen, die zum Durchfahren einer bekannten Wegstrecke benötigt wurde. Für die amtliche Geschwindigkeitsüberwachung sind viele Gerätetypen im Einsatz, die dieses Prinzip ausnutzen, darunter Laserhandmessgeräte und Laserscanner.

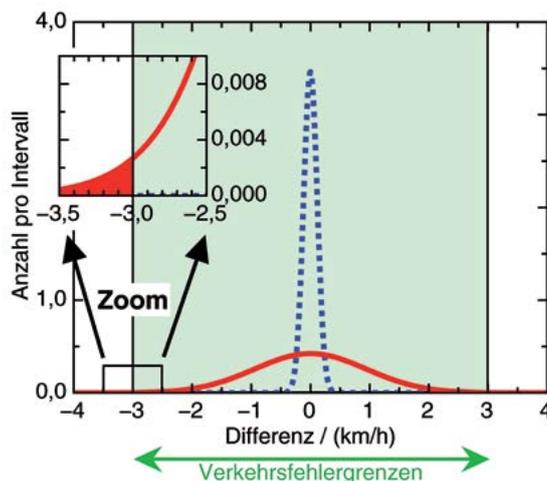
Im Folgenden betrachten wir beispielhaft ein Messgerät, welches (z. B. mit Laserpulsen) eine dichte zeitliche Folge von Abstandswerten eines Fahrzeugs misst. Als einfache Methode kann die Geschwindigkeit des Fahrzeugs durch Berechnung der Steigung der Ausgleichsgeraden bestimmt werden, einer mathematisch exakten Operation, die die zufälligen Schwankungen der einzelnen Messpunkte aufgrund der physikalisch unvermeidlichen Messunsicherheit in einem mathematisch klar definierten Sinne „optimal“ ausgleicht. Ein beliebtes Schätzverfahren zum Zwecke einer „nachträglichen Plausibilisierung“ besteht darin, den ersten und den letzten Messpunkt mit einer Geraden zu verbinden und deren Steigung als Schätzwert für die Geschwindigkeit zu verwenden („Zwei-Punkte-Schätzwert“). Es ist intuitiv unmittelbar klar, dass das Ignorieren der Information, die in den dazwischenliegenden Messpunkten enthalten ist, nicht zu einem Zahlenwert für die gefahrene Geschwindigkeit führen kann, der zuverlässiger als der geeichte Messwert ist. Den Qualitätsunterschied kann man mathematisch quantitativ angeben, wie in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung dargelegt ist [2]. Die wesentlichen Ergebnisse wurden von der PTB in einer leichter verständlichen Fassung zusammengefasst, die auf https://www.ptb.de/geschwindigkeit_stellungnahmen, also der üblichen PTB-Webseite für gerichtsrelevante Stellungnahmen und Obergutachten, zu finden ist [3].

Das wesentliche Ergebnis

Für die Berechnung wurde ein Messgerät simuliert, welches eine zeitlich äquidistante Folge von N Entfernungsmessungen für ein mit konstanter Geschwindigkeit fahrendes Fahrzeug durchführt. Jeder Entfernungs-„Mess“-Wert wurde mit einem individuellen Messfehler beaufschlagt, der sich durch Ziehen einer Pseudozufallszahl aus einer um Null zentrierten Gaußverteilung mit Standardabweichung σ ergibt. An diese N Entfernungswerte wird mit linearer Regression eine Ausgleichsgerade angepasst, deren Steigung hier dem geeichten Messwert entspricht. Außerdem wird aus dem ersten und dem letzten Messpunkt eine Steigung ermittelt, die den Zwei-Punkte-Schätzwert ergibt.

Es lassen sich daraus mehrere interessante Ergebnisse analytisch ableiten [2], z. B. dass sowohl

Bild 2: Berechnete Häufigkeitsverteilung der Differenz zum wahren Geschwindigkeitswert bei 400 Messpunkten für den geeichten Messwert (blau, gestrichelt) und den Zwei-Punkte-Schätzwert (rot, durchgezogen). Die Vergrößerung zeigt mit dem rot schattierten Bereich, dass der Schätzwert mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit die Verkehrsfehlergrenzen (hellgrün hinterlegter Bereich) verletzt.



geeichter Messwert als auch Zwei-Punkte-Schätzwert im Mittel über viele Messungen den wahren Geschwindigkeitswert treffen, dass auch die Differenz der beiden Werte um Null zentriert ist und wie groß die Standardabweichungen der Verteilungen der Differenz von geeichtem Messwert zum wahren Wert, der Differenz von Zwei-Punkte-Schätzwert zum wahren Wert sowie der Differenz zwischen geeichtem Messwert und Zwei-Punkte-Schätzwert sind. Bild 2 zeigt eine realitätsnahe Situation von $N = 400$ und $\sigma = 0,4$ m. Die berechnete Verteilung der geeichten Messwerte ist eng um den wahren Wert konzentriert, während der Zwei-Punkte-Schätzwert breit streut und sogar die Verkehrsfehlergrenzen verletzen kann (für die hier verwendeten Parameter mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 0,15 %, also etwa bei jeder 700. Messung). Dieses qualitative Verhalten bestätigt sich auch in realen Messdaten [2].

Explizit findet man mathematisch eine Proportionalität zwischen der Standardabweichung σ_{Eich} der Differenz zwischen geeichtem Messwert v_{Eich} und wahren Wert und der Standardabweichung $\sigma_{\text{Schätz}}$ der Differenz zwischen Zwei-Punkte-Schätzwert $v_{\text{Schätz}}$ und wahren Wert:

$$\sigma_{\text{Schätz}} = F \cdot \sigma_{\text{Eich}} \text{ mit } F = \sqrt{\frac{N(N+1)}{6(N-1)}}.$$

Tabelle 1 zeigt, wie groß der Faktor F für typische Messpunktanzahlen N ist. Selbst für eine in der Praxis eher niedrige Punktzahl $N = 50$ ist der Schätzwert schon dreimal schlechter als der geeichte Messwert. Für $N = 400$, wie es z. B. für manche Laserscanner-Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte typisch ist, beträgt der Qualitätsunterschied schon einen Faktor acht!

Tatsächlich ist der messtechnische Wert des Zwei-Punkte-Schätzwertes noch dramatisch viel geringer, wenn man sich vergegenwärtigt, was eine Vergrößerung der Standardabweichung für die Wahrscheinlichkeit bedeutet, die Verkehrsfehlergrenzen zu verletzen. Hierzu nehmen wir als Rechenbeispiel eine Gauß-Verteilung an. Die Zahlen in Tabelle 2 veranschaulichen, was eine um einen Faktor 2 geringere Standardabweichung für die Übertretungswahrscheinlichkeit bedeutet. Das schlechtest-mögliche Gerät, welches gerade noch das 5- σ -Kriterium [4] erfüllt, besitzt eine Standardabweichung von $\sigma_{\text{Eich}} = 0,6$ km/h für die Differenz zwischen Messwert und wahren Wert. Macht man dieses Gerät um einen Faktor 2 besser, bezogen auf die Standardabweichung, so verringert sich die Wahrscheinlichkeit für die Verletzung der oberen Verkehrsfehlergrenze um einen Faktor 10^{17} , also eine Million mal eine Million mal Hunderttausend! Je besser das Gerät sowieso schon ist, umso dramatischer ist eine weitere Verbesserung um den Faktor 2. Beim Übergang von $\sigma_{\text{Eich}} = 0,2$ km/h zu $\sigma_{\text{Eich}} = 0,1$ km/h zum Beispiel

N (Anzahl Messpunkte)	$\sigma_{\text{Schätz}}$ ist schlechter um einen Faktor $F =$
50	3,0
100	4,1
200	5,8
400	8,2
600	10,0

Tabelle 1: Der Qualitätsfaktor F , um den der Zwei-Punkte-Schätzwert stärker streut als der geeichte Messwert, also weniger zuverlässig ist

σ_{Eich} / (km/h)	Wahrscheinlichkeit zur Verletzung der oberen Verkehrsfehlergrenze
0,6	0,000028 %
0,5	0,000000099 %
0,4	0,0000000000032 %
0,3	0,...[21 Nullen]...77 %
0,2	0,...[48 Nullen]...37 %
0,1	0,...[195 Nullen]...49 %

Tabelle 2: Der dramatische Unterschied in der Wahrscheinlichkeit, die Verkehrsfehlergrenzen zu verletzen, wenn ein Messgerät eine um einen kleinen Faktor bessere Standardabweichung σ_{Eich} der Abweichung des Messwertes vom wahren Wert besitzt, im Vergleich zum schlechtest-möglichen Gerät, welches gerade noch das 5- σ -Kriterium erfüllt (also mit $\sigma_{\text{Eich}} = 0,6$ km/h)

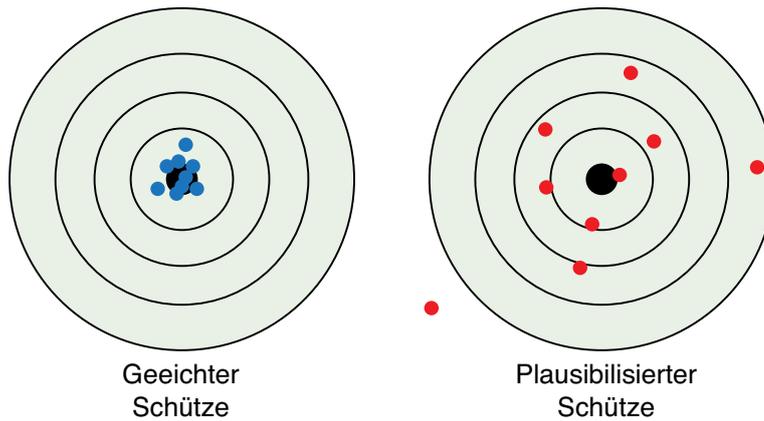
sinkt die ohnehin schon winzige Wahrscheinlichkeit für die Verletzung der Verkehrsfehlergrenzen um einen geradezu aberwitzigen Faktor 10^{147} ! Als Orientierungshilfe: Ein typisches Laserscanner-Geschwindigkeitsmessgerät besitzt eine Standardabweichung im Bereich von 0,1 km/h bzw. 0,1 % für Geschwindigkeiten bis zu bzw. über 100 km/h. Die Kombination der Tabellen 1 und 2 zeigt eindrucksvoll, welchen messtechnischen Wert die hier beschriebene nachträgliche Zwei-Punkte-Plausibilisierung hat: Gar keinen! Insbesondere taugt dieser Schätzwert nicht dazu, den geeichten Messwert in Zweifel zu ziehen, egal, um wie viel er den geeichten Messwert im konkreten Fall verfehlt haben mag.

Man kann sich die Situation mit einer Analogie verbildlichen (Bild 3). Auf einem Schießstand trifft der „geeichte“ Schütze im Mittel über viele Schüsse die Mitte der Zielscheibe (den wahren Geschwindigkeitswert), und das mit einer sehr geringen Streuung. Der „plausibilisierte“ Schütze trifft im Mittel zwar auch die Mitte, aber mit einer viel größeren Streuung, ja er verfehlt manchmal sogar die Zielscheibe (die Verkehrsfehlergrenzen) komplett.

Der gewichtete Mittelwert als Kompromiss?

Wenn ein Schätzwert (ob ein Zwei-Punkte-Schätzwert oder aus dem Smear-Effekt oder aus anderen Quellen) zufällig niedriger als der geeichte Messwert ausfällt, könnte ein Schnellfahrer vor Gericht versucht sein, diesen Schätzwert irgendwie zu nut-

Bild 3: Die Schießscheibenanalogie zur Verdeutlichung des Qualitätsunterschiedes zwischen geeichtem Messwert und nachträglichem Schätzwert. Der „geeichte“ Schütze ist erheblich treffsicherer auf die Mitte der Scheibe (den wahren Geschwindigkeitswert) als der „plausibilisierte“ Schütze. Letzterer verfehlt sogar manchmal die Schießscheibe (die Verkehrsfehlergrenzen).



zen, um den geeichten Messwert zu „korrigieren“. Das steht natürlich im klaren Widerspruch zum Mess- und Eichgesetz [1]. Ignorieren wir jedoch probeweise einmal die Gesetzeslage und schauen, was das mathematisch bedeuten würde. Den Schätzwert als den „besseren“ Messwert hinzustellen und den geeichten Messwert zu ignorieren, wäre natürlich unsinnig, wie obige mathematische Betrachtung gezeigt hat. Wäre denn ein „Kompromiss“ denkbar, indem man die Informationen mit ihrer Unsicherheit wichtet und geeignet kombiniert? Zum Beispiel mit dem gewichteten Mittelwert \bar{v} , der sich nach dieser Formel berechnet:

$$\bar{v} = \frac{\frac{v_{\text{Eich}}}{\sigma_{\text{Eich}}^2} + \frac{v_{\text{Schätz}}}{\sigma_{\text{Schätz}}^2}}{\frac{1}{\sigma_{\text{Eich}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{Schätz}}^2}} = \frac{F^2 v_{\text{Eich}} + v_{\text{Schätz}}}{F^2 + 1}$$

mit $F = \sigma_{\text{Schätz}} / \sigma_{\text{Eich}}$. Auch diese Vorgehensweise ist in der Praxis nutzlos, wenn der Schätzwert, der in die Formel eingeht, unzuverlässiger als der geeichte Messwert ist.

Das Ergebnis für \bar{v} muss man nämlich auf der Skala der Verkehrsfehlergrenzen bewerten. Diese betragen für Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte $f = 3 \text{ km/h}$ für Geschwindigkeiten bis 100 km/h und 3% des Messwertes für höhere Geschwindigkeiten [4]. Die technischen und regulatorischen Maßnahmen des Mess- und Eichrechts stellen sicher, dass der geeichte Messwert bei korrekter Bedienung des Messgerätes innerhalb eines Intervalls von $\pm f$ um den wahren Wert liegt. Bekanntlich wird bei Geschwindigkeitsübertretungen der volle Betrag f vom geeichten Messwert abgezogen, um die anrechenbare Geschwindigkeit zu erhalten, an deren Höhe etwaige Sanktionsmaß-

nahmen ausgerichtet werden. Durch diesen Abzug ist garantiert, dass niemand durch die Messunsicherheit benachteiligt werden kann, weil die anrechenbare Geschwindigkeit so niemals größer als die tatsächlich gefahrene sein kann [5]. Dieser sogenannte „Toleranzabzug“ bedeutet, dass man sich bei einer Ablage des gewichteten Mittelwertes vom geeichten Messwert, die kleiner ist als f , die erhoffte „Korrektur“ gleich sparen kann (Bild 4). Der Abzug von f nutzt dem Schnellfahrer dann mehr als die (eichrechtlich sowieso nicht gedeckte) Anwendung des gewichteten Mittelwertes.

Damit der gewichtete Mittelwert dem Schnellfahrer überhaupt einen Vorteil bringt, muss er um mehr als den Betrag f der Verkehrsfehlergrenzen unterhalb des geeichten Messwertes liegen, also gelten:

$$\bar{v} < v_{\text{Eich}} - f.$$

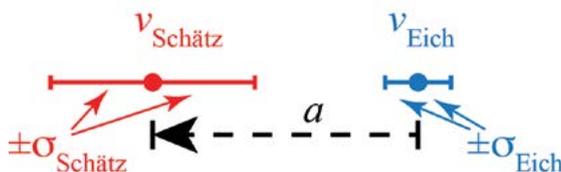
Einfaches Umformen ergibt, dass die Ablage

$$a = v_{\text{Eich}} - f_{\text{Schätz}} > f \cdot (1 + F^2) \tag{1}$$

sein muss, damit der gewichtete Mittelwert um mehr als f unterhalb des geeichten Messwertes liegt. Dieses Ergebnis gilt mathematisch allgemein, nicht nur für den Zwei-Punkte-Schätzwert. In konkreten Zahlen bedeutet es, dass ein Schätzwert, der dreimal schlechter ist als der geeichte Messwert (z. B. ein Zwei-Punkte-Schätzwert für eine Messung mit nur $N = 52$ Messpunkten), volle 30 km/h unterhalb des geeichten Messwertes liegen müsste, damit \bar{v} um mehr als 3 km/h unter dem geeichten Messwert liegt. Oder andersherum ausgedrückt: Für $v_{\text{Eich}} = 30 \text{ km/h}$ müsste bereits bei $N = 53$ der Zwei-Punkte-Schätzwert kleiner als Null sein (Rückwärtsfahrt!), um den gewichteten Mittelwert außerhalb des Intervalls der Verkehrsfehlergrenze zu ziehen; bei $v_{\text{Eich}} = 100 \text{ km/h}$ passiert das ab $N = 192$.

Das zeigt, wie nutzlos selbst der Versuch über den gewichteten Mittelwert ist, dem Zwei-Punkte-Schätzwert irgendeinen messtechnischen Nutzen abzugewinnen – von der Gesetzeslage [1] mal ganz

Bild 4: Wie groß muss die Ablage a des Schätzwertes $v_{\text{Schätz}}$ (Standardabweichung $\sigma_{\text{Schätz}}$) vom geeichten Messwert v_{Eich} (Standardabweichung σ_{Eich}) sein, damit der gewichtete Mittelwert der beiden um mehr als den Betrag f der Verkehrsfehlergrenzen unterhalb von v_{Eich} liegt?



abgesehen. Da Gleichung (1) allgemein gilt, sind davon auch andere Schätzwert-Techniken, z. B. der Smear-Effekt, betroffen.

Gibt es Schätzmethoden mit sinnvoller Genauigkeit?

Kann man nicht Schätzwerte finden, die es in der Genauigkeit mit dem geeichten Messwert aufnehmen können oder vielleicht sogar besser sind? Das ist eher unwahrscheinlich. Denn sonst könnte man auch gleich ein passendes Messgerät bauen und ordnungsgemäß in Verkehr bringen, welches genau diese „Schätz“-Methode zur Messwertbildung nutzt. Damit entfielen gleichzeitig alle Verstöße gegen das Mess- und Eichrecht.

Kann man den geeichten Messwert überhaupt messtechnisch sinnvoll plausibilisieren?

Wenn ein nachträglicher Schätzwert mit nur zwei Messpunkten messtechnisch sinnlos ist, sollte man dann nicht fordern, dass alle Messdaten in die Falldatei geschrieben werden, damit Gutachter noch einmal nachrechnen können? Nein, denn das bringt in der Sache nichts.

Zunächst muss man sich vergegenwärtigen, dass die Abspeicherung von Daten erst ab dem Schritt in der umfangreichen Signalverarbeitungskette möglich ist, wo die analoge Datenverarbeitung abgeschlossen und deren Ergebnis digitalisiert worden ist. Im Allgemeinen sind bis dahin jedoch schon verschiedene geräteinterne Verarbeitungsschritte und Kontrollmaßnahmen anhand der analogen Signale erfolgt, die man durch Betrachten der späteren digitalen Signale so gar nicht „plausibilisieren“ kann. Wenn überhaupt, kann es also nur um die nachträgliche Plausibilisierung der digitalen Verarbeitungsschritte gehen. Hier kann man drei Fälle unterscheiden.

Fall 1: Nachträglicher Schätzwert anhand des ersten und letzten Datenpunktes. Wie oben schon erwähnt, ist es unsinnig zu glauben, dass durch Weglassen des größten Teils der vorliegenden Informationen (alle Messpunkte außer dem ersten und dem letzten) eine sinnvolle Überprüfung des geeichten Messwertes möglich wäre. Wie unsinnig das im mathematischen Sinne ist, zeigen quantitativ die oben präsentierten Tabellen sowie die Betrachtung zum gewichteten Mittelwert.

Fall 2: Es liegen alle digitalen Daten vor, und der eichrechtlich geprüfte Messalgorithmus ist bekannt. Dann könnte man tatsächlich alle Messdaten nutzen und sie in den bekannten Algorithmus des Messgerätes einspeisen. Die „fest verdrahtete“ Messgerätesoftware liegt jedoch im geeichten Messgerät in unveränderlicher Form vor, nämlich Bit-zu-Bit-identisch mit der geprüften Soft-

wareversion. Es steht in diesem Sinne also ab dem Digitalisierungsschritt fest, was herauskommen wird, denn die nachträgliche „Plausibilisierung“ wird den geeichten Messwert reproduzieren. Die Situation ist in gewisser Weise analog zu einem Taschenrechner, bei dem man behaupten würde, man müsse immer und immer wieder sachverständig überprüfen, ob die Eingabe von $2 + 2$ wirklich noch 4 ergibt. Abgesehen davon ist der genaue Algorithmus ein offensichtlich schützenswertes Betriebsgeheimnis des Herstellers und daher außer ihm nur der PTB als der prüfenden Behörde bekannt. Fall 2 kommt also in der Realität nie vor, und sinnlos ist er auch.

Fall 3: Es liegen alle digitalen Daten vor, aber der Messalgorithmus des geeichten Gerätes ist nicht bekannt. Dann prüft man durch Einsetzen der digitalen Daten, ob der eichrechtlich ungeprüfte Plausibilisierungsalgorithmus die gleiche Güte besitzt wie der Algorithmus im geeichten Messgerät, der von Fachleuten geprüft worden ist, die beim zuständigen nationalen Metrologieinstitut angesiedelt sind und Zugriff auf das nationale Normal für Fahrzeuggeschwindigkeit haben.

Fazit

Die hier präsentierten Fakten zeigen einen der Gründe, warum Geschwindigkeitsmessgeräte für die Verwendung zur amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung dem Mess- und Eichrecht unterfallen. Denn genau wie bei Gaszählern, Zapfpistolen und vielen anderen der ca. 150 Messgerätearten des Mess- und Eichrechts ist eine messtechnisch sinnvolle nachträgliche Überprüfung des Messwertes nicht möglich. Daher wird mit den bewährten Mechanismen des Eichrechts, insbesondere der mehrstufigen Prüfung der Messrichtigkeit und Messbeständigkeit des Messgerätes, gewährleistet, dass alle Nutzer bzw. Betroffenen des Messergebnisses Vertrauen in den geeichten Messwert haben können.

Wer trotz aller Qualitätssicherungsmaßnahmen im gesetzlichen Messwesen Zweifel an einem geeichten Messwert hat, dem steht der vom Gesetzgeber dafür vorgesehene Mechanismus zur Verfügung: Die Befundprüfung nach § 39 des Mess- und Eichgesetzes. Mit ihrer Hilfe kann eindeutig geklärt werden, ob das betreffende Messgerät noch die Anforderungen insbesondere an die Messrichtigkeit erfüllt, auch unter geeigneter Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzbedingungen im betrachteten Einzelfall.

Danksagung

Ich danke meinen Kollegen F. Blume, J. Kupper und F. Märtens für viele wertvolle Diskussionen.

Literatur

- [1] Zur Nachprüfbarkeit eines geeichten Messwertes. Stand 3. April 2019 / Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, <https://doi.org/10.7795/520.20190214>
- [2] R. Wynands, „Schätzwerte in der Geschwindigkeitsüberwachung: Der Qualitätsunterschied zwischen einer Ausgleichsgeraden und der Geraden durch deren Endpunkte“, Technisches Messen 85, 128–136 (2018)
- [3] Wie verlässlich ist der nachträgliche Schätzwert („Plausibilisierung“) bei der amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung? Stand: 26. Oktober 2018 / Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, <https://doi.org/10.7795/520.20181029>
- [4] PTB-Anforderungen 12.01 „Messgeräte im öffentlichen Verkehr, Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte“ (10/2015). Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, <https://doi.org/10.7795/510.20151031B>
- [5] Stellungnahme der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zum Toleranzabzug bei der amtlichen Geschwindigkeitsüberwachung. Stand: 2. August 2016 / Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, <https://doi.org/10.7795/520.20160913A>

Plausibilisierung – Eine Betrachtung aus juristischer Sicht

Dirk Teßmer*

Im Zusammenhang mit amtlichen Verkehrsmessungen wird immer wieder die fehlende Überprüfbarkeit von Verkehrsmessgeräten gerügt und mit unterschiedlichen Begründungen „das Recht auf Plausibilisierung“ des Messwertes eingefordert.

Dieser Satz enthält gleich zwei unwahre Tatsachen, die mit einer überraschenden Selbstverständlichkeit als allgemeine Wahrheit verkauft werden.

Amtliche Verkehrsmessgeräte sind selbstverständlich überprüfbar. Das Mess- und Eichgesetz hat dazu zahlreiche Regelungen, die von der amtlichen Zulassung (Konformitätsbewertung) durch die PTB über die Eichung bis hin zur Befundprüfung durch die Eichämter die Messrichtigkeit innerhalb der gesetzlichen Fehlergrenzen garantieren und sicherstellen. Dass diese Überprüfung nicht jeder vornehmen kann, ist selbstverständlich und bedürfte an sich keiner näheren Erläuterung. Wie die rechtlichen Strukturen sind, wer was und auf welche Weise zu überprüfen hat, hat die obergerichtliche Rechtsprechung in unzähligen Entscheidungen dargelegt [1].

Dass bestimmte Gruppen von Gutachtern und Rechtsanwälten dies nicht zu Kenntnis nehmen wollen, hat nichts mit der bezweifelte Messrichtigkeit zu tun, sondern alleine mit den merkantilen Interessen dieser Gruppe. Wenn ein sogenannter Gutachter für 20 Seiten Gutachten ohne inhaltlichen Mehrwert für das Verfahren, das mit dem Fazit „kann ich gutachterlich die Richtigkeit des Messwertes nicht überprüfen“ endet, zwischen 1.500 Euro und 2.000 Euro in Rechnung stellt und ein Rechtsanwalt auf dieser Grundlage für die Sätze „erhebe ich Einspruch“ und „rüge ich materielles Recht“ zwischen 500 Euro und 750 Euro fordert, dann bedarf es für diese rechtliche Nichtleistung einer Begründung. Beim Oberlandesgericht Frankfurt ist in den letzten zehn Jahren kein einziges Verfahren mit dem Nachweis fehlerhafter Messung durch ein nach der Zulassung durch die PTB ordnungsgemäß verwendetes Messgerät aufgehoben worden.

Das Gesetz kennt auch kein Recht auf Plausibilisierung. Es ergibt sich auch weder aus dem „Recht auf Verteidigung“, noch aus dem „Grundsatz

des fairen Verfahrens“, noch aus dem Grundsatz der „Waffengleichheit“. Man kann einen solchen Anspruch auch nicht aus dem Naturrecht oder den allgemeinen Verfahrensprinzipien ableiten.

Warum ist das so?

Plausibilisierung ist keine juristische Kategorie. Es ist nicht einmal eine juristische Hilfsgröße. Es ist nur ein rhetorisches Instrument.

Plausibilisierung ist von dem gleichbedeutenden französischen Wort *plausible* übernommen, welches aus lateinisch *plausibilis* für „Beifall verdienend“, „auf Beifall berechnet“ stammt. Plausibilität wird in der Regel im Zusammenhang mit der Bewertung von Ereignissen und Aussagen verwendet. Plausibilität ist daher kein objektives Beurteilungskriterium, da es (was sich bereits etymologisch ergibt) nicht auf die objektive Richtigkeit, sondern auf die Wirkung beim Adressaten ankommt. Es geht nicht um die Richtigkeit oder gar die Wahrheit, sondern alleine um die Zustimmung beim Zuhörer.

Plausibel ist daher ein Relationsbegriff, der eine gemeinsame Bezugsgröße (Verstehensumgebung) verlangt, mit dem Ziel eine „Mehrheitsfähigkeit vor einer bestimmten Verstehensumgebung“ zu erzeugen [2].

Bei einer juristischen Bewertung geht es hingegen nicht um die Zustimmung. Gerichtliche Entscheidungen ergehen aufgrund gesetzlicher Regelungen in einer freien Beweiswürdigung von Tatsachen, die durch

- Sachbeweise
 - ▷ z. B. Urkunden, Lichtbilder § 267 Abs. 1 S. 2 StPO (Messfoto);
- Zeugen, sogenannte persönliche Beweismittel (§ 48 ff StPO)
 - ▷ z. B. deren konkrete Wahrnehmungen, der Glaubwürdigkeit ihrer Person und der Glaubhaftigkeit ihrer Aussagen (Messbeamte);

* Dr. Dirk Teßmer,
Richter am Oberlandesgericht Frankfurt
am Main

- durch sachverständige Zeugen (§ 85 StPO)
 - ▷ eigene Wahrnehmungen aufgrund besonderer Sachkunde – es gelten die Vorschriften über den Zeugenbeweis;
- durch Sachverständige (§ 72 ff StPO)
 - ▷ z. B. naturwissenschaftlich-technische Beobachtungen, abstrakte wissenschaftliche Zusammenhänge und Wahrnehmungen im behördlichen Auftrag oder aufgrund einer gerichtlichen Bestellung

in einer öffentlichen Hauptverhandlung ermittelt worden sind.

Dass das Gesetz das Mittel der Plausibilisierung zur Beweisführung nicht aufführt, ist daher keineswegs überraschend (soweit ersichtlich die einzige gesetzliche Ausnahme: § 2 Nr. 17 i. V. m. XVII Nr. 17 des Gesetzeskommentars [3], § 35 Abs. 1 Nr. 1; § 60 Abs. 2; § 75 Abs. 4 Messstellenbetriebsgesetz). Es ist für gerichtliche Entscheidungen nämlich völlig ungeeignet.

Es ist insoweit auch nicht überraschend, dass sich in Verkehrsordnungswidrigkeitsverfahren nicht selten sogenannte Gutachter zu Wort melden und dabei auf das nicht existierende „Recht auf Plausibilisierung“ verweisen. Diese sogenannte Gutachter sind in der StPO zu Recht ebenfalls als Beweismittel nicht aufgeführt.

Sie sind entgegen ihrer eigenen Behauptung auch keine Sachverständige im strafrechtlichen Sinne, weil die StPO eindeutig und abschließend den strafrechtlichen Begriff des Sachverständigen beschreibt. Anders als die Aussagen der PTB und der Eichämter, die im gesetzlichen und damit behördlichen Auftrag und damit als Sachverständige tätig sind (§ 73 i. V. m. § 256 Abs. 1 S. 1a) StPO), ist eine vom Betroffenen in Auftrag gegebene gutachterliche Expertise nichts anderes als eine Argumentationshilfe des Betroffenen und damit nur Teil seiner Einlassung, und das auch nur dann, wenn sich der Betroffene diese „zu Eigen“ macht.

Erst wenn das Gericht einen Gutachter nach § 73 StPO zu einem Sachverständigen bestellt und damit nach § 75 StPO für das Gericht verpflichtet und nach § 78 StPO unter dessen Leitungsbefugnis stellt, sind seine in der Hauptverhandlung gemachten Ausführungen Teil der Beweismittel, mit denen sich das Gericht in kritischer und eigenständiger Bewertung im Urteil auseinandersetzen muss. Bei fehlerhaften Sachverständigengutachten drohen dann über § 72 StPO die Folgen der §§ 48ff StPO.

Wie wichtig es ist, dass diese Regeln – auch und gerade von den Tatgerichten – eingehalten werden, hat z. B. das medial stark verbreitete Verfahren beim AG Meißen vom 29.5.2015 deutlich gemacht [4].

Aufgrund fehlerhafter Anwendung des Prozessrechtes hat das Amtsgericht Meißen auf Grund-

lage fehlerhafter Expertisen am Ende fehlerhaft entschieden. Das Ganze hätte normalerweise keine weitere Beachtung gefunden, wenn nicht die Amtsrichterin ganz wesentliche prozessuale Regelungen außer Kraft gesetzt hätte, die genau deswegen existieren, damit solche Fehler vermieden werden. So ist die fehlerhafte Expertise durch private Gutachter erstellt worden, die der Betroffene und nicht das Gericht in Auftrag gegeben hat und die die Amtsrichterin später zu gerichtlichen Sachverständigen erhoben hat, ohne allerdings die PTB als oberste Zulassungsbehörde des Bundes zu der aufgeworfenen technischen Frage zu hören. Damit hat das Gericht die notwendige Neutralität verloren und sich zum Handlanger einer Interessensgruppe gemacht. In der Folge konnten wesentliche Gesichtspunkte nicht in die gerichtliche Bewertung mit einfließen, sodass auf einer unzulänglichen Tatsachengrundlage entschieden wurde. Die Lücken in der Beweiswürdigung sind dann durch Behauptungen und Mutmaßungen, mithin durch „Plausibilisierung“ ersetzt worden.

Da die Staatsanwaltschaft nicht ins Rechtsmittel gegangen ist, konnte das zuständige Oberlandesgericht diese fehlerhafte Entscheidung nicht korrigieren. Bei richtiger und sachgemäßer Anwendung des Prozessrechts wäre diese Fehlentscheidung vermieden worden. Die PTB hat schließlich im Nachhinein die inkriminierten Messdaten überprüft und festgestellt, dass die Messung bzgl. des betroffenen Kraftfahrzeugs richtig war. Die Auffälligkeiten bei den Messdaten war durch einen während der Messung durch den Messbereich fahrenden Radfahrer verursacht worden. Dies war aber vom Messgerät im Ergebnis erkannt und bei der Messwertbildung bezogen auf den Kraftfahrer unberücksichtigt geblieben [5].

Auch wenn das Verfahren vor dem Amtsgericht Meißen zu einer falschen Entscheidung geführt hat, hat dieses Verfahren deutlich gemacht, wie wichtig es ist, die gesetzlichen Vorgaben zu beachten und die obergerichtliche Rechtsprechung konsequent anzuwenden.

Das ganze strafrechtliche System ist darauf ausgerichtet, aus dem zur Entscheidung vorgelegten Sachverhalt aus der Gemengelage von Behauptungen, Meinungen, Befindlichkeiten die Tatsachen zu extrahieren und einer nach § 261 StPO vorgegebenen juristischen Bewertung zuzuführen. Dabei gilt:

„Weil es plausibel ist, ist es noch keine Tatsache“
und

„Mit Nichttatsachen kann man keine Tatsachen widerlegen.“

Nach § 261 StPO entscheidet der Tatrichter (soweit nicht wissenschaftliche Erkenntnisse, Gesetze der Logik und Erfahrungssätze entgegen-

stehen) nach seiner freien, aus dem Inbegriff der Verhandlung geschöpften Überzeugung.

Überzeugung ist das nach der Lebenserfahrung ausreichende Maß an Sicherheit, demgegenüber vernünftige Zweifel nicht mehr aufkommen (st. Rspr z. B. BGHSt 25, 365 Rdn. 7; BGH NSTZ 1988, 236). Wissenschaftliche Erkenntnisse bezeichnen in diesem Zusammenhang ein methodisch-systematisches Vorgehen, bei dem die Ergebnisse der Arbeit für jeden objektiv nachvollziehbar oder wiederholbar sind. „Gesetze der Logik“ wird hierbei als die Lehre des vernünftigen Schlussfolgerns verstanden, und Erfahrungssätze sind allgemeine Lebenserfahrung und anerkannte wissenschaftliche Erfahrungssätze.

Was damit im Unterschied zu einer Plausibilisierung gemeint ist, lässt sich anhand des nachfolgenden Beispiels aufzeigen:

1. Die Behauptung:

Am Anfang der Plausibilisierung steht eine in ein Gewand einer Tatsache gekleidete Behauptung, die beim Zuhörer auf eine gewisse Wiedererkennung oder Bereitschaft trifft.

Ein Beispiel:

Der Klapperstorch bringt die Kinder. Das hat jeder schon irgendwo gehört und als Kind bis zu einem gewissen Alter vielleicht auch geglaubt. Es ist in zahlreichen Büchern (meist Märchenbüchern) beschrieben, und es gibt unzählige Abbildungen, die diesen Vorgang zeigen. Es muss also was dran sein an dieser Behauptung.

Das Messgerät hat falsch gemessen, weil der Betroffene nicht (mit seinem Audi A8, Ergänzung des Verfassers) mit 160 km/h durch die Baustelle gefahren ist. Zum Nachweis wird die Einholung eines Sachverständigengutachtens beantragt (original Beweisantrag aus einer Bußgeldakte beim OLG Frankfurt am Main).

2. Der Beweis

Der als Tatsache verkleideten Behauptung folgt in aller Regel eine pseudowissenschaftliche Begründung.

Am erwähnten Beispiel dargestellt:

Es ist statistisch nachgewiesen, dass die Anzahl der Störche mit der Anzahl der Geburten korreliert (Bild 1).

Der Betroffene hatte den Tempomat seines Pkw auf 80 km/h eingeschaltet (original Beweisbegründung).

Flankiert wird das gerne mit der weiteren Behauptung, dass das besagte Messgerät nachweislich nicht richtig funktioniert und als Beleg irgendwelche Fundstellen genannt, die meist nichts damit zu tun haben, und/oder auf Gutachten aus anderen Verfahren verwiesen wird, die vorzugsweise mit

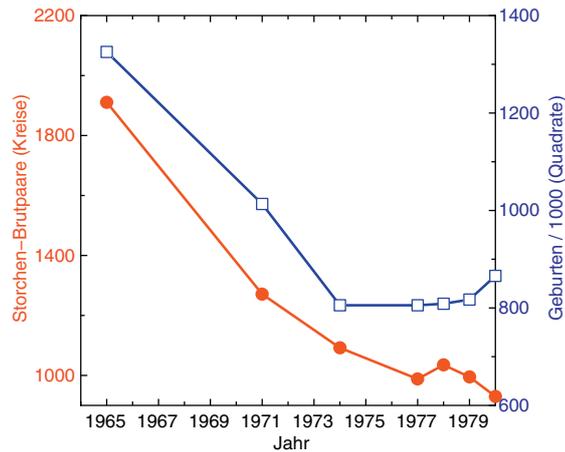


Bild 1:
Die Trends bei Geburtenrate und Anzahl brütender Storchpaare in Deutschland sind im ausgewählten Zeitraum korreliert (nach H. Sies, Nature 332, 495 (1988))

dem Satz enden, „die Richtigkeit der Messung kann gutachterlich nicht nachvollzogen werden.“

3. Die Folgerung, im Zusammenhang mit dem Beispiel:

Wenn danach bewiesen ist, dass es weniger Geburten gibt, wenn es weniger Störche gibt und umgekehrt die Geburten im gleichen Umfang zunehmen, wie die Storchpopulation steigt, dann steht damit fest, dass die Störche die Babys bringen.

Wenn der Betroffene einen Tempomat eingeschaltet hat und der Gutachter zu dem Ergebnis kommt, dass die Richtigkeit der Messung nicht nachvollzogen werden kann, dann muss das Messgerät falsch gemessen haben und der Betroffene ist frei zu sprechen.

4. Fazit:

Das Leben kann so leicht sein, wenn man die Realität durch eine Wunschvorstellung ersetzt, die im Falle der Verkehrsmessung auch noch von einem Dritten, nämlich der Rechtsschutzversicherung, finanziert wird.

Oder wie Goethe es so treffend formuliert hat [6]:

„Wer die Menschen betrügen will, muss vor allen Dingen das Absurde plausibel machen.“

Literatur

- [1] Vgl. für alle u. a. OLG Frankfurt am Main, Beschluss vom 4.12.2014 – 2 Ss-OWi 1041/14
- [2] Böhnert, Martin; Reszke, Paul: Linguistisch-philosophische Untersuchungen zu Plausibilität: über kommunikative Grundmuster bei der Entstehung von wissenschaftlichen Tatsachen. In: Engelschalt, Julia (Ed.); Maibaum, Arne (Ed.): Auf der Suche nach den Tatsachen: Proceedings der 1. Tagung des Nachwuchsnetzwerks "INSIST", 22.–23. Oktober 2014, Berlin. 2015.40–67. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssaar-45590>

- [3] Steinbach A., Weise, M.:
Messstellenbetriebsgesetz – Kommentar,
De Gruyter (Berlin, Boston 2018)
- [4] Amtsgericht Meißen, 13 OWi 703 Js 21114/14
(29.5.2015)
- [5] Stellungnahme der Physikalisch-Technischen
Bundesanstalt (PTB) zum Urteil des Amtsgerichts
Meißen vom 29.5.2015. Stand: 6. April 2016 /
Physikalisch-Technische Bundesanstalt,
Braunschweig und Berlin.
DOI: 10.7795/520.20160913E
- [6] Goethes Werke. Vollständige Ausgabe letzter
Hand. Sechsfundfünfzigster Band. Stuttgart und
Tübingen, in der J. G. Cottaschen Buchhandlung
(1842), Seite 150

Das Polizeitechnische Institut an der Deutschen Hochschule der Polizei

Kerstin Lüdke¹, Johann-Markus Hans²

Das Polizeitechnische Institut (PTI) ist die zentrale Informationsstelle für Polizeitechnik der Polizeien aus Bund und Ländern (Informationsbörse). Angesiedelt ist es, seit deren Gründung im Jahr 2006, an der Deutschen Hochschule der Polizei (DHPol), einer universitären Spezialhochschule, die von den Innenministerien und Innensenatoren des Bundes und der Länder getragen wird.

Das PTI bearbeitet schwerpunktmäßig Fragen der Verkehrsüberwachungs- und Unfallaufnahme-technologie, des polizeilichen Waffen- und Schutz-ausstattungswesens, polizeirelevanter Fahrzeug-technik einschließlich sondergeschützter Fahrzeuge sowie den Themenbereich Sicherungstechnik. Das PTI ist darüber hinaus zuständig für die Erstellung und Fortschreibung technischer Richtlinien.

Das PTI wurde vor ziemlich genau 45 Jahren, im April 1974, vom Arbeitskreis II „Innere Sicherheit“ der Innenministerkonferenz (AK II) als Forschungs- und Entwicklungsstelle Polizeitechnik (FESTPT) an der damaligen Polizei-Führungsakademie gegründet. 1997 wurde dann der Name der Forschungs- und Entwicklungsstelle Polizeitechnik in Polizeitechnisches Institut geändert. Das PTI blieb nach Gründung der DHPol, der Nachfolgeeinrichtung der Polizei-Führungsakademie, im Jahr 2006 bestehen.

45 Jahre Bestand gehen am PTI natürlich nicht spurlos vorbei. Die ehemals 13 Stellen für die Bewältigung der Aufgaben haben sich im Laufe der Jahre auf rund die Hälfte reduziert und auch die Aufgaben wurden neu definiert. Über all die Jahre Bestand hatte jedoch die Bedeutung des PTI für den Bereich der Polizeitechnik. Der AK II hat in verschiedenen Beschlüssen die Wichtigkeit und Erforderlichkeit des PTI für die Polizeien der Länder betont.

Fachliche Schwerpunktbereiche

Das PTI gliedert sich hinsichtlich seiner Aufgaben in die fachlichen Schwerpunktbereiche

- *Verkehrsüberwachungs- und Unfallaufnahme-technologie.* Dieser Bereich wird vertreten durch Frau Dr. Kerstin Lüdke. Sie ist Polizeibeamtin des Landes NRW.

- *Polizeirelevante Fahrzeugtechnik einschließlich sondergeschützter Fahrzeuge.* Frau Dipl.-Ing. Annika Potthast verantwortet diesen Bereich.
- *Polizeiliches Waffen- und Schutz-ausstattungs-wesen.* Für diesen Bereich ist der Büchsenmachermeister Stefan Beckmann verantwortlich.
- *Sicherungstechnik.* Herr Dr. Gerd-Dieter Wicke als Physiker ist bereits seit vielen Jahren für diesen Bereich verantwortlich.

Innerhalb jedes Schwerpunktbereiches ist eine Mitarbeiterin bzw. ein Mitarbeiter Ansprechpartner und Verantwortlicher für die sich ergebenden Themen und Fragestellungen. Die Kolleginnen und Kollegen des PTI vertreten sich dabei in den Schwerpunktbereichen gegenseitig.

Auch wenn die Einteilung in fachliche Schwerpunktbereiche gegebenenfalls die Vermutung nahelegt, dass hier tiefes, fachspezifisches Wissen in kleinteiliger Aufgliederung vorhanden ist, so ist es vielmehr die Funktion der Schwerpunktbereiche, das Expertenwissen strategisch zusammenzuführen, zu generieren und zu vernetzen.

Kernaufgaben

Zentrale Informationsstelle

Das PTI ist die zentrale Informationsstelle für Polizeitechnik und Ansprechpartner für die Polizeien der Länder und des Bundes in diesem Bereich. Dabei kommen dem PTI zwei unterschiedliche Aufgaben zu. Einerseits hinsichtlich der technischen Bedarfe, die aus der Polizei heraus an das PTI herangetragen werden. Hier liegt die Hauptaufgabe darin, diese zu koordinieren und zusammenzubringen. Andererseits werden Entwicklungen und neue Technologien aus der Industrie und von Forschungsinstituten zusammengetragen und verbreitet. Das PTI bildet quasi die Klammer zwischen Bund, Ländern und Herstellern.

Hierzu dienen auch die Fachkonferenzen, die das PTI durch seine Schwerpunktbereiche für die jeweilige Zielgruppe innerhalb der Polizeien

¹ Dr. Kerstin Lüdke, Deutsche Hochschule der Polizei, Münster, E-Mail: kerstin.luedke@dhpol.de;

² Johann-Markus Hans, Deutsche Hochschule der Polizei, Münster

organisiert. In diesem Jahr wurden bereits die PTI-Fachkonferenzen *Verkehrsüberwachungstechnik* und *Waffen- und Gerätewesen* durchgeführt. Letztere findet im jährlichen Wechsel mit den Fachmessen GPEC und Enforce Tac statt. Die Fachkonferenzen haben jedoch vor allem auch den Zweck, das Expertenwissen aus den Länder- und Bundespolizeien strukturell zu vernetzen.

Technische Beratung und Unterstützung

Technik, die überwiegend oder ausschließlich für die Polizei relevant ist, findet ihre personelle Entsprechung im PTI. Hierfür wird entsprechende Sach- und Fachkenntnis hinsichtlich dieser polizeispezifischen Technik durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PTI gewährleistet. Ziel ist es, Synergien zwischen den Polizeien der Länder und des Bundes zu erzeugen und auseinanderdriftende technische Entwicklungen bzw. Ausstattungen der Polizeien zu vermeiden. Die Beratung und Unterstützung erfolgt in den technischen Schwerpunktbereichen.

Zu diesem Zweck bringt sich das PTI auch auf Länderebene und länderübergreifend in unterschiedlichen Arbeitsgruppen zu verschiedenen Fragestellungen polizeirelevanter Technik mit ein. Darüber hinaus ist das PTI auch als beratendes Mitglied innerhalb der Gremienstruktur in der Arbeitsgruppe Führungs- und Einsatzmittel (AG FEM) vertreten.

Technische Richtlinien

Das PTI fungiert als *neutrale Stelle* für die Erstellung und Fortschreibung von technischen Richtlinien. Dabei werden vom PTI nicht nur bestehende technische Richtlinien fortgeschrieben (wie z. B. die Technische Richtlinie Funkstreifenwagen), sondern es werden auch die Bedarfe der Polizeien aus Ländern und Bund erhoben, die hinsichtlich festgeschriebener Qualitätsanforderungen bestehen, und dann neue technische Richtlinien geschaffen (aktuell z. B. die Technische Richtlinie Mobile Fahrzeugsperrern).

In diesen Fällen wird das PTI natürlich nicht allein tätig, sondern es wird das Expertenwissen aus den Polizeien der Länder und des Bundes in besonderem Maße zusammengetragen, koordiniert, gebündelt und systematisch verarbeitet.

Zentralstelle für Sicherungstechnik

Die Aufgabe als zentrale Stelle für Sicherungstechnik für kerntechnische Einrichtungen und Transporte ist dem PTI durch Beschluss der Innenministerkonferenz (IMK) als Langzeitaufgabe zugewiesen. Das PTI übernimmt diese Aufgabe zentral für die gesamte deutsche Polizei.

Informationsmanagement

Technische Regelwerke und Richtlinien, neue Erkenntnisse und bestehendes Wissen und Erfahrungen sind nur dann von Nutzen, wenn sie bekannt sind. Daher ist es eine wichtige Aufgabe des PTI, Wissen, Informationen und Erkenntnisse nicht nur zu sammeln und hervorzubringen, sondern vor allem auch für andere zugänglich zu machen.

Dem PTI kommt eine zentrale Rolle bei der Vernetzung von technischem Wissen aus den Polizeien zu. Viele Länder und der Bund betreiben teilweise sogar sehr große und auch sehr gute, leistungsfähige Technikabteilungen. Aber trotzdem muss nicht jede Erfahrung und Erprobung in jeder Landes- oder Bundespolizei aufs Neue und selbst gemacht werden. Das bestehende Wissen aus den unterschiedlichen Polizeien von Ländern und Bund muss für alle abrufbar und verfügbar gemacht werden. Die Netzwerkfunktion ist eine zentrale Aufgabe des PTI. Über die Online-Plattform *PTI-Online* [1], Fachkonferenzen und die klassische Kontaktbörsefunktion des Vermitteln von Ansprechpartnern kommt das PTI dieser Aufgabe nach.

Unterstützung bei den fachlichen Aufgaben

Bei der Durchführung der Kernaufgaben wird das Kollegium der fachlichen Schwerpunktbereiche tatkräftig unterstützt. Die Bereiche Öffentlichkeitsarbeit und Informationsmanagement sowie die Pflege des Internetauftritts und das Bereitstellen und Aktualisieren von *PTI-Online* werden durch die Diplom-Dokumentarin Frau Karla Beining-Marx und die Verwaltungsbeamtin Frau Christiane Goßheger gewährleistet.

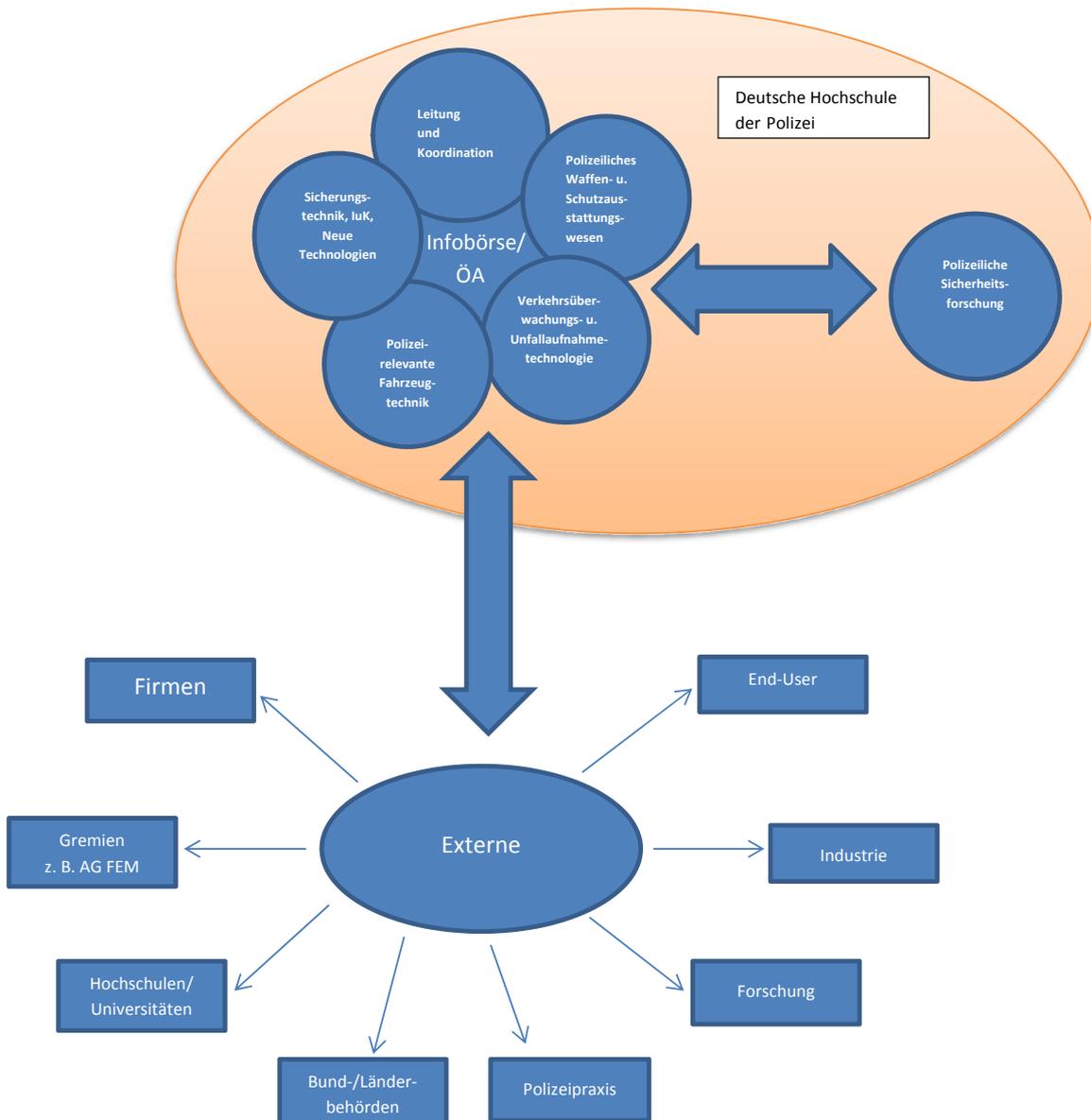
Forschung

Bei der Betrachtung der Fachaufgaben und Kernthemen des PTI wird deutlich, dass die Durchführung eigenständiger Forschungsvorhaben für das PTI nicht infrage kommt. Hier fehlen Personal und finanzielle Mittel. Auch ist die Ausrichtung des PTI auf die strategische Beratung und Unterstützung der Polizeien der Länder und des Bundes in technischen Fragestellungen fokussiert.

Trotzdem ist der Bereich Forschung nicht gänzlich außen vor. Das PTI initiiert und beteiligt sich an Forschungsvorhaben, die sich auf Praxistests im Hinblick auf Endnutzeranforderungen richten (z. B. Tests von Alkoholtestgeräten).

Zusammenfassende Betrachtung

Das PTI versteht sich vorwiegend als Beratungs- und Informationsstelle für die Polizeien



der Länder und des Bundes in polizeitechnischen Fragestellungen aus den Themenbereichen Verkehrsüberwachungs- und Unfallaufnahme-technologie, polizeirelevante Fahrzeugtechnik, polizeiliches Waffen- und Schutzausstattungs-wesen sowie, als durch die IMK zugewiesene Aufgabe, Sicherungstechnik.

Als unabhängige Stelle erstellt das PTI unter Einbindung und in Abstimmung mit den Polizeien der Länder und des Bundes technische Richtlinien als kleinsten gemeinsamen Nenner hinsichtlich technischer Qualitätsanforderungen und als Grundlage für Ausschreibungen durch die jeweiligen Beschaffungsdienststellen. Es ist dabei *neutrale Stelle* für Firmenkontakte, die der Weiterentwicklung von Polizeitechnik dienen.

Eine bedeutende Aufgabe des PTI ist auch die des Informationsmanagements und der Netzwerkarbeit. Durch die Durchführung von Fachkonferenzen, die Kontaktvermittlung und das Bereit-

stellen von online abrufbaren Informationen über Forschung, Ausstattung, Neuerungen, Erfahrungen und Erkenntnissen aus allen Bereichen polizeispezifischer Technik strebt das PTI eine umfassende Vernetzung von Informationen innerhalb der polizei-internen und auch, soweit eine freie Zugänglichkeit möglich ist, externer Öffentlichkeit an.

Literatur

- [1] <https://www.dhpol.de/microsite/pti/index.php>

Der Bundesverband Verkehrssicherheitstechnik stellt sich vor

Benno Schrief*

Am 18. Februar 2019 fand in den Räumlichkeiten der Deutschen Parlamentarischen Gesellschaft in Berlin unter Schirmherrschaft von Staatssekretär a. D. Friedhelm Ost der Gründungsempfang des Bundesverbandes Verkehrssicherheitstechnik (BVST) statt. Dieser Ort wurde nicht zuletzt deswegen gewählt, um deutlich zu machen, dass der neu gegründete Bundesverband einen Anspruch auf bundesweite Bedeutung erhebt und zudem hinsichtlich der technischen Unterstützung der Verkehrssicherheit auch bei Parlamentariern Gehör finden möchte. Der BVST-Vorstandsvorsitzende Benno Schrief beschrieb im Rahmen dieser Veranstaltung die Ziele des Bundesverbandes wie folgt: „Es sollen die Repräsentanten und Entscheider aus Gesellschaft, Politik, Kommunen, Polizei sowie Prüf- und Zertifizierungstellen mit den Herstellern von Verkehrssicherheitstechnik zusammengeführt werden, um u. a. in Fachgesprächen und durch Fachausschüsse Anwendungsfelder der Verkehrssicherheitstechnik weiterzuentwickeln; dazu gehört auch die themenbezogene Kommunikation mit den Medien.“

Der DPoLG Bundesvorsitzender Rainer Wendt führte in seinem Statement aus Anlass des Gründungsempfangs aus: „Innere Sicherheit braucht drei Dinge – Ausreichendes, motiviertes und qualifiziertes Personal, gute Gesetze und moderne Technik. Sowohl Verkehrsbeeinflussungsanlagen und Dialog-Displays als auch Geschwindigkeitsmessanlagen an einzelnen Punkten bzw. als Abschnittskontrolle und Rotlichtüberwachung können sowohl den Verkehrsfluss optimieren, als

auch das Unfallrisiko und Emissionen senken. Generell sinkende Zahlen bei den Unfalltoten zeigen uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind – die Verkehrssicherheitstechnik leistet dabei segensreiche Unterstützung. Ich begrüße ausdrücklich, dass die Unternehmen ihre Interessen in einem Verband bündeln.“ Schon in der Gründungsphase hat sich die Deutsche Polizeigewerkschaft entschieden, ideales BVST-Mitglied zu werden.

Zum Hintergrund: Am 15. Januar 2018 wurde der Bundesverband in Wiesbaden gegründet. Sieben Gründungsmitglieder, darunter Vertreter der eso GmbH, JENOPTIK Robot GmbH und VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH, unterschrieben die Satzung des Verbandes. Das Vereinsregistergericht Berlin-Charlottenburg erteilte am 5. Juli 2018 den Status „eingetragener Verein mit Sitz in Berlin“. Die gesamte Gründungsphase und die weiteren Aktivitäten des Verbandes, dem inzwischen zwölf Mitglieder angehören, wurden durch Vorstandssitzungen begleitet. Darüber hinaus konnte der Fachausschuss Mess- und Eichwesen gegründet werden, dem alle ordentlichen und außerordentlichen BVST-Mitglieder angehören. Der Fachausschuss will die Kommunikation mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und den weiteren Ansprechpartnern für das Mess- und Eichwesen fördern. Darüber hinaus findet durch den Bundesverband eine permanente Medienauswertung statt – diverse Berichte, Artikel, Aufsätze und Informationen konnten jeweils

* Benno Schrief,
Bundesverband
Verkehrssicherheits-
technik, Berlin,
E-Mail:
benno.schrief@bvst-berlin.de



allen BVST-Mitgliedern zugänglich gemacht werden. Mit einzelnen Medienvertretern wurden Artikel vereinbart bzw. abgestimmt, so z. B. mit dem Behörden Spiegel zum Thema „Vision Zero“ und mit dem Kirschbaum Verlag zum Thema „Dieseldurchfahrverbote“.

Der Bundesverband Verkehrssicherheitstechnik arbeitet nun – der Satzung folgend – permanent an den Zielen:

1. *Aufklärung über und Ermöglichung von technikbasierter Gefahrenminimierung im Straßenverkehr;*
2. *Leisten eines Beitrages zur nachhaltigen Reduzierung schädlicher Emissionen;*
3. *Förderung nachhaltiger Versachlichung in der Berichterstattung zu Themen der Verkehrsanalyse, -steuerung und -überwachung;*
4. *Begleitung der Kommunikation der Hersteller von Verkehrssicherheitstechnik mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt;*
5. *Neutrale Gesprächsinstanz gegenüber Politik, Behörden, Verbänden und Öffentlichkeit sowie Schnittstelle zwischen Industrie, Wissenschaft und Behörden hinsichtlich technischer Innovationen.*

Der Verband ist im Internet unter <https://bvst-berlin.de/> zu erreichen.



Das Deutsche Polizeimuseum in Salzkotten

Felix Hoffmann*

Im Jahre 1997 wurde das Deutsche Polizeimuseum im ehemaligen, denkmalgeschützten Bahnhof von Salzkotten eröffnet. Träger und Eigentümer ist der gleichnamige gemeinnützige, eingetragene Verein, der sich ohne staatliche Unterstützung selbst finanziert u. a. durch Mitgliedsbeiträge, Eintrittsentgelte und Spenden. Die ausschließlich ehrenamtliche Mitarbeit macht so die Unterhaltung und Finanzierung des Museums, Archivs, der Bibliothek und des Fundus in zwei zusätzlich angemieteten Gebäuden möglich.

Motto des Vereins und Museums ist es, die Geschichte der deutschen Polizei der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Auf zwei Etagen (ca. 300 m²) werden dem Besucher eine Vielzahl an Exponaten aus vergangenen Epochen (19.–21. Jahrhundert) gezeigt. Dies sind Uniformen, Effekten, Kopfbedeckungen, Fotos, Urkunden, Literatur und eine Vielzahl an Technik aus zwei Jahrhunderten.

Der umfangreiche und vielfältige Fundus mit z. B.

- Hunderten von Uniformen und mehr als 3.000 Kopfbedeckungen;
- Hand- und Fußfesseln, Schlagstöcken, Schutzschilden, Schutzwesten;
- Funkgeräten;
- Geschwindigkeitsmessgeräten;
- Fernschreibern, Schreibmaschinen;
- Blaulicht- und Signalanlagen;
- Notrufsäulen, Polizeimelder;
- und vielem mehr

wird gerne z. B. von anderen Museen, Theatergruppen und Filmproduktionsfirmen als Leihgabe genutzt.

* Felix Hoffmann, Deutsches Polizeimuseum e. V., Salzkotten, E-Mail: info@polizeimuseum.de



Bild 1:
Das Museum ist im historischen Bahnhofsgebäude untergebracht



Bild 2:
Motorrad MZ 660 F
in Polizeiausführung
(Baujahr 2002)



Bild 3:
Eine mechanisch
bediente Flügelampel
aus den 1920er-
Jahren



Bild 4:
Technische Geräte, u. a. das erste deutsche Verkehrsradargerät
VRG 2 und Tonaufzeichnungsgeräte



Bild 5:
Handschnelle aus dem 19. Jahrhundert, noch bis ca. 1920
verwendet

Impressum

Die PTB-Mitteilungen sind metrologisches Fachjournal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. Als Fachjournal veröffentlichen die PTB-Mitteilungen wissenschaftliche Fachaufsätze zu metrologischen Themen aus den Arbeitsgebieten der PTB. Die PTB-Mitteilungen stehen in einer langen Tradition, die bis zu den Anfängen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (gegründet 1887) zurückreicht.

Herausgeber

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Postanschrift:

Postfach 33 45,
38023 Braunschweig

Lieferanschrift:

Bundesallee 100,
38116 Braunschweig

Redaktion/Layout

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, PTB

Dr. PD Robert Wynands (wissenschaftlicher Redakteur)

Dr. Dr. Jens Simon (verantwortlich)

Sabine Siems (Layout / Lektorat)

Telefon: (05 31) 592-82 02

Telefax: (05 31) 592-30 08

E-Mail: sabine.siems@ptb.de

Erscheinungsweise und Copyright

Die PTB-Mitteilungen erscheinen viermal jährlich. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und in allen anderen elektronischen Datenträgern.

Printed in Germany ISSN 0030-834X

Die fachlichen Aufsätze aus dieser Ausgabe der PTB-Mitteilungen sind auch online verfügbar unter:
doi: 10.7795/310.20190299



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.



**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**
Nationales Metrologieinstitut

Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Telefon: 0531 592-3006
Fax: 0531 592-3008
E-Mail: presse@ptb.de
www.ptb.de