

Allgemeine Stellungnahme zu Messungen mit Drucksensormessgeräten

Stand: 22.03.2019

Ralf Schäfer, Dr. Mathias Grün, Dominik Schäfer, Hans-Peter Grün, Angelika Poziemski, Sven Eichler

Zusammenfassung

In diesem Artikel legen wir unsere Kenntnisse bzgl. der Messtechnik von Drucksensormessgeräten dar.

Dieser Begriff umfasst sowohl Messgeräte mit Piezosensorik wie auch Messgeräte mit faseroptischen Sensoren.

Zur Motivation dieses Artikels ist in Übereinstimmung mit J. Cierniak festzuhalten:

„Ein Erfahrungssatz, wonach alle gebräuchlichen Geschwindigkeitsmessgeräte unter allen Umständen zuverlässige Ergebnisse liefern, existiert nicht.“ [1]

1 Vorwort

Im Sinne guter wissenschaftlicher Praxis veröffentlichen wir diese Angaben, um uns der Diskussion in entsprechenden Fachkreisen zu stellen [2].

2 Versionshistorie

| Datum | |
|------------|---|
| 18.03.2019 | Ersterstellung |
| 22.03.2019 | Beispiel zu falscher Fahrtrichtung S330 ergänzt |
| | |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Vorwort..... | 2 |
| 2 Versionshistorie..... | 2 |
| 3 Grundsätzliches zur Funktionsweise..... | 2 |
| 4 Prinzipbedingte Schwächen..... | 4 |
| 4.1 Verlegung und Zustand der Sensoren..... | 4 |
| 4.2 Messtechnische Mängel..... | 13 |
| 4.3 Plausibilitätsprüfungen (Gerätespezifisch)..... | 17 |
| 4.3.1 Traffiphot-S..... | 18 |
| 4.3.2 Traffistar S330..... | 24 |
| 4.3.3 VDS M5..... | 26 |
| 5 Zusammenfassung und Fazit..... | 29 |
| 6 Literatur..... | 31 |

3 Grundsätzliches zur Funktionsweise

In Drucksensormessgeräten werden druckempfindliche piezoelektrische oder faseroptische Sensoren zur Bestimmung der Geschwindigkeit eingesetzt. Durch die Sensoren wird auf unterschiedliche Weise der Druck der Fahrzeuräder in messtechnisch nutzbare Spannungssignale umgewandelt.

Piezoelektrische Sensoren bestehen u. a. aus mehreren druckempfindlichen Kristallen. Der namensgebende piezoelektrische Effekt tritt dann in ihnen auf, wenn sie durch äußeren Druck mechanisch verformt werden. Durch die mechanische Verformung der Kristalle werden die in ihnen sitzenden Ladungen verschoben. Dadurch entsteht eine elektrische Spannung, die messtechnisch genutzt werden kann [3].

Faseroptische Sensoren bestehen aus lichtleitenden transparenten Fasern. Werden die Fasern durch äußeren Druck belastet, dann ändert sich ihre Lichtdurchlässigkeit. Diese Änderung wird durch eine Auswerteelektronik in ein Spannungssignal umgewandelt [4].

Beide Sensortypen werden als Kabel quer zur Fahrtrichtung in den Fahrbahnbelag eingebracht.

Diese entstehenden Spannungssignale werden jeweils verwendet, um den Zeitpunkt des Überfahrens eines Fahrzeugs über das Kabel zu bestimmen.

Verwendet man 2 solcher Kabel, die in einem gegebenen Abstand verlegt sind, so erhält man die einfachste Form eines Messgerätes zur Geschwindigkeitsmessung: aus dem gegebenen Abstand und der Zeitdifferenz zwischen dem Überfahren der beiden Kabel ergibt sich die Geschwindigkeit.

Existieren nur 2 Sensoren, so werden beliebige zufällige Signale aus diesen Sensoren sofort zur Berechnung einer Geschwindigkeit führen. Diese können unterschiedlichen Ursprungs (zweites Fahrzeug, elektromagnetische Signaleinstreuung („Elektrosmog“), o. Ä.) sein. Daher wird zur Geschwindigkeitsmessung immer mindestens noch ein dritter Sensor eingesetzt (s. Tabelle 1). Dadurch wird auf einer zweiten gegebenen Strecke eine zweite Geschwindigkeit berechnet. Zufällig auftretende Signale führen im Allgemeinen nicht dazu, dass auf beiden Strecken die gleiche Geschwindigkeit gemessen wird. Zufällige Messwertbildungen werden so ausgeschlossen.

| Hersteller | Messgerät | Zulassungszeichen | Sensornzahl |
|---|-----------------|-----------------------|---------------|
| Jenoptik/Robot | Traffiphot-S | 18.11/90.29 | 3 |
| | Traffistar S330 | 18.11/03.04 und 07.02 | 3 |
| | | | |
| Truvelo | M4 ² | 18.12/79.03 | 4 in 2 Paaren |
| | | | |
| VDS | M5 | 18.11/02.05 | 4 in 2 Paaren |
| Messstellen von M4 ² und M5 sind kompatibel und können wechselweise betrieben werden | | | |

Tabelle 1: Übersicht über die in Deutschland zugelassenen Drucksensormessgeräte nach Messgerät und Anzahl der Sensoren

Truvelo M4² und VDS M5 sind nicht nur von der Nomenklatur her eng verwandte Geräte, sondern diese Geräte können auch mit der gleichen Sensorik betrieben werden.

4 Prinzipbedingte Schwächen

4.1 Verlegung und Zustand der Sensoren

Das Messprinzip basiert auf der mechanischen Verformung von Sensorkabeln in der Fahrbahnoberfläche. Daher ist es nur folgerichtig, dass an die Qualität der Fahrbahnoberfläche Anforderungen gestellt werden.

So wird etwa in der sogenannten Piezorichtlinie für den Sensorbereich von analogen Piezovorverstärkern gefordert:

„Der Fahrbahnbelag muss sich in einem homogenen, ebenen und unbeschädigten Zustand befinden. An die Fahrbahn im Messstellenbereich gelten folgende Anforderungen:

- Schachtabdeckungen u. ä. dürfen im Messstellenbereich nicht vorhanden sein. Schachtabdeckungen u. ä. außerhalb des Messstellenbereichs (insbesondere in einem gemauerten Randbereich) müssen einen Mindestabstand von 0,5 m zu den Sensoren haben.*
- Spurrillen (in Fahrtrichtung) dürfen bei der eichamtlichen Erstprüfung über die Sensorlänge höchstens eine Tiefe von 1,5 cm aufweisen.*
- Bei den nachfolgenden Eichungen und Wartungen ist eine Tiefe der Spurrillen von bis zu 3 cm zulässig. Ein Abfräsen des Messstellenbereichs zur Egalisierung der Spurrillen wird toleriert, wenn durch diese Maßnahmen die Stabilität des Fahrbahnbelages nicht herabgesetzt wird.*
- Fahrbahnaufwölbungen quer zur Fahrtrichtung, beispielsweise durch Bremsvorgänge von Fahrzeugen erzeugt, dürfen bei der eichamtlichen Erstprüfung eine Höhe von 1 cm nicht überschreiten. Bei den nachfolgenden Eichungen und Wartungen ist eine Höhe von 2 cm zulässig. Das Maß wird von der tiefsten bis zur höchsten Stelle der Aufwölbung ermittelt. Eine Abfräsung der Fahrbahnaufwölbungen oder ein Egalisieren der Vertiefungen wird toleriert, wenn durch diese Maßnahmen die Stabilität des Fahrbahnbelages nicht herabgesetzt wird.*
- Nicht zulässig ist die Einrichtung der Messstelle im Bereich von Fahrstreifen- bzw. Fahrbahnstößen, die durch getrennte Asphaltierungen oder Betonierungen entstanden sind*

und die Messfühler schneiden. Zulässig ist die Einrichtung der Messstelle im Bereich getrennter Asphaltierungen nur dann, wenn durch innige Verbindung der Asphaltierungen Homogenität über den Stoß hinweg gewährleistet ist. Hier gilt als Entscheidungskriterium, dass bei der elektrischen Prüfung der Sensoren keine negativen Auswirkungen (siehe Abschnitt 3.3.2) auftreten.

- Im Messstellenbereich sind Ausbesserungen des Belages - abgesehen von den o. a. Abfräsungen- oder nachträglich ausgeführte Installationen von Versorgungs- oder Kabelleitungen

nicht zulässig.

- Offensichtliche Fahrbahnrisse dürfen im Messstellenbereich nicht auftreten. Bei der Frage, ob eine sich möglicherweise andeutende Rissbildung noch toleriert werden kann, gilt als Entscheidungskriterium, dass bei der elektrischen Prüfung der Sensoren keine negativen Auswirkungen auftreten (siehe Abschnitt 3.3.2).“ [5]

Nicht viel anders sind die Anforderungen an den Sensorbereich formuliert, wenn ein intelligenter Piezovorverstärker von Jenoptik eingesetzt wird.

Diese Anforderungen wurden von der PTB als Zulassungsbehörde für die Eichung, d. h. die jährliche Prüfung durch das Eichamt, aber auch für die regelmäßige Zwischenprüfung durch den Betreiber aufgestellt (siehe 4.3 in [5]).

Die Abbildungen 1 - 3 zeigen zum Vergleich den Zustand einer aktiven Messstelle (erkennbar an der vorhandenen modernen Kamera im „Starenkasten“, Abbildung 4) in Mecklenburg-Vorpommern.



Abbildung 1: Messstelle in 18516 Griebenow, Quelle: VUT Messstellendatenbank



Abbildung 2: Ausschnittvergrößerung Abbildung 1, Rissfreiheit?



Abbildung 3: Weitere Ausschnittvergrößerung



Abbildung 4: Gleiche Messstelle wie zuvor, bestückt mit SmartCamera IV

Diese Messstelle wird also ganz offensichtlich in einem bereits augenscheinlich erkennbar nicht der Zulassung entsprechenden Zustand betrieben.

Dieser Zustand lag bereits im Jahr 2015 vor, wie Messfotos (Abbildungen 5 und 6, aus unserem Fall mit der Nummer A15C24DS03KH) von der gleichen Messstelle aus dem Jahr 2015 belegen.



Abbildung 5: Testbild aus Vorgang A15C24DS03KH



Abbildung 6: Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 5 mit erkennbaren Rissen und Verwerfungen an der Fahrbahnmarkierung

D. h. die Messstelle wurde nicht nur in diesem Zustand mit erkennbaren Rissen und Aufwölbungen im Sensorbereich betrieben, sondern auch geeicht.

Dies stellt keinen Einzelfall dar, wie das Beispiel einer Messstelle im Saarland zeigt. Auch diese Messstelle wurde über einen längeren Zeitraum in einem bereits augenscheinlich erkennbar nicht zulassungskonformen Zustand betrieben: zunächst befand sich ein Gullydeckel in der unmittelbaren Nähe des Sensorbereichs. Es war davon auszugehen, dass er einen Abstand von deutlich weniger als 0,5 m von den Sensoren hatte (s. Abbildung 7).

Außerdem wurden im Lauf der Zeit offensichtliche Risse im Messstellenbereich festgestellt (s. Abbildung 8). Daraufhin wurden die Rohmessdaten der elektrischen Prüfung im Rahmen der Eichung ausgewertet, wie es in der Piezorichtlinie vorgesehen ist.



Abbildung 7: Messstelle Saarlouis, Saarbrücker Straße, Gullydeckel zu nahe an Sensorik, Quelle: VUT Messstellendatenbank, Aufnahme in 2014



Abbildung 8: gleiche Messstelle, erkennbare Risse, Quelle: VUT Messstellendatenbank, Aufnahme 06.10.2015

4.2 Messtechnische Mängel

Die zuvor gezeigten augenscheinlich erkennbaren Mängel können ernsthafte messtechnische Mängel zur Folge haben.

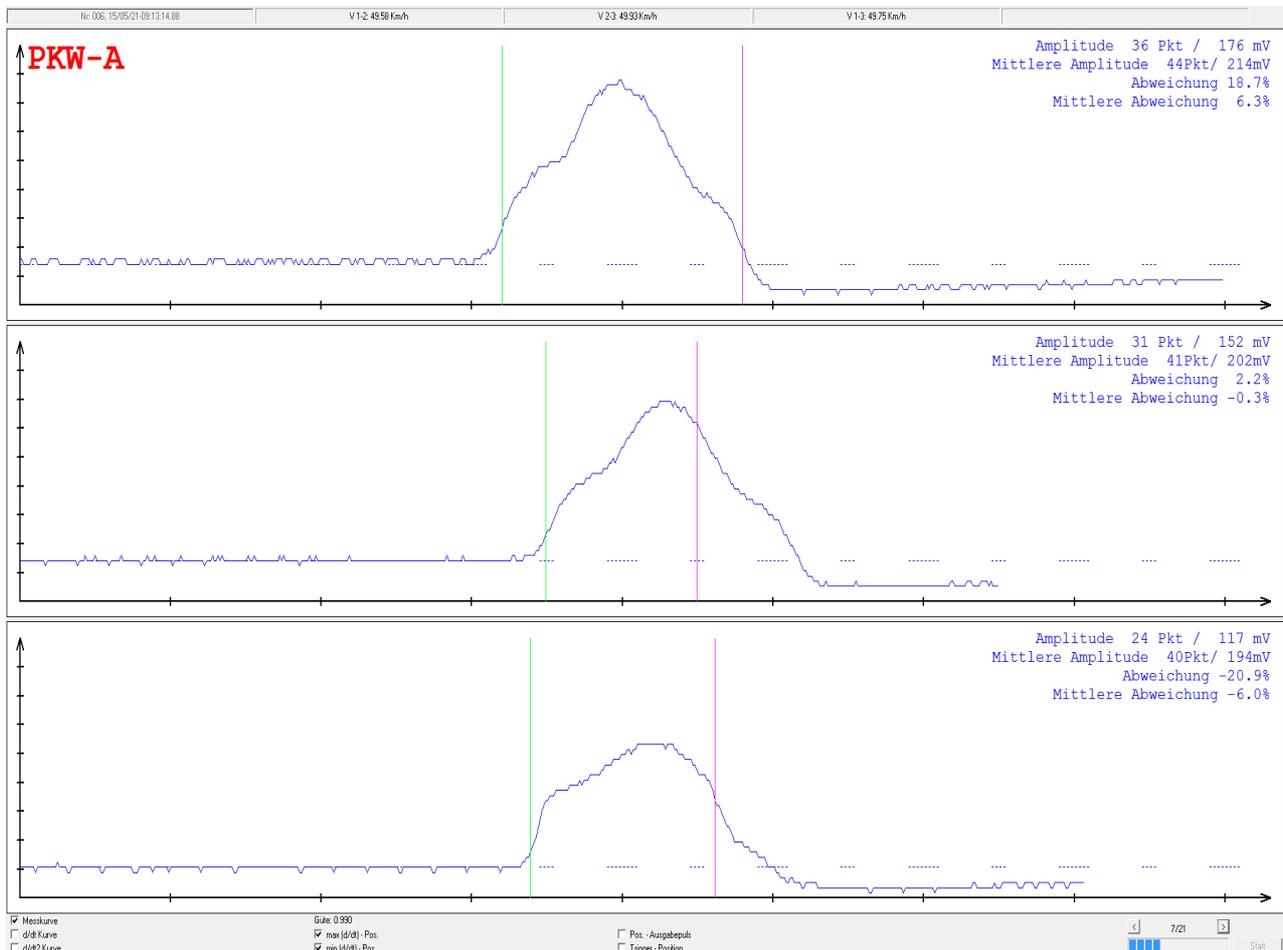


Abbildung 9: während einer Eichung der Messstelle in Saarlouis aufgezeichnete Rohmessdaten, unser Aktenzeichen A15B17DS01G

Aufgrund der in den Abbildungen 7 und 8 gezeigten optischen Mängel der Messstelle in Saarlouis wurden die Rohmessdaten von während der Eichung durchgeführten Messungen ausgewertet.

In Abbildung 9 sind diese grafisch dargestellt. Es ist festzustellen, dass die ersten beiden Signalverläufe (Sensor 1 und Sensor 2) in etwa gleich verlaufen, wohingegen das Signal von Sensor 3 einen ganz anderen Verlauf hat.

Inwiefern eine exakte Geschwindigkeitsauswertung mit diesen abweichenden Signalen möglich ist kann nicht mehr nachvollzogen werden da diese Rohmessdaten lediglich bei Eichungen und Wartungen gespeichert werden, nicht aber beim täglichen Messbetrieb.

Die gleiche Art von Auswertung wurde auch für eine Messstelle in Baden-Württemberg durchgeführt. Es standen die Rohmessdaten von drei Eichungen zur Verfügung (s. Abbildung 10). Eine Eichung erfolgte 2016, zwei Eichungen erfolgten am 24.08.2017.

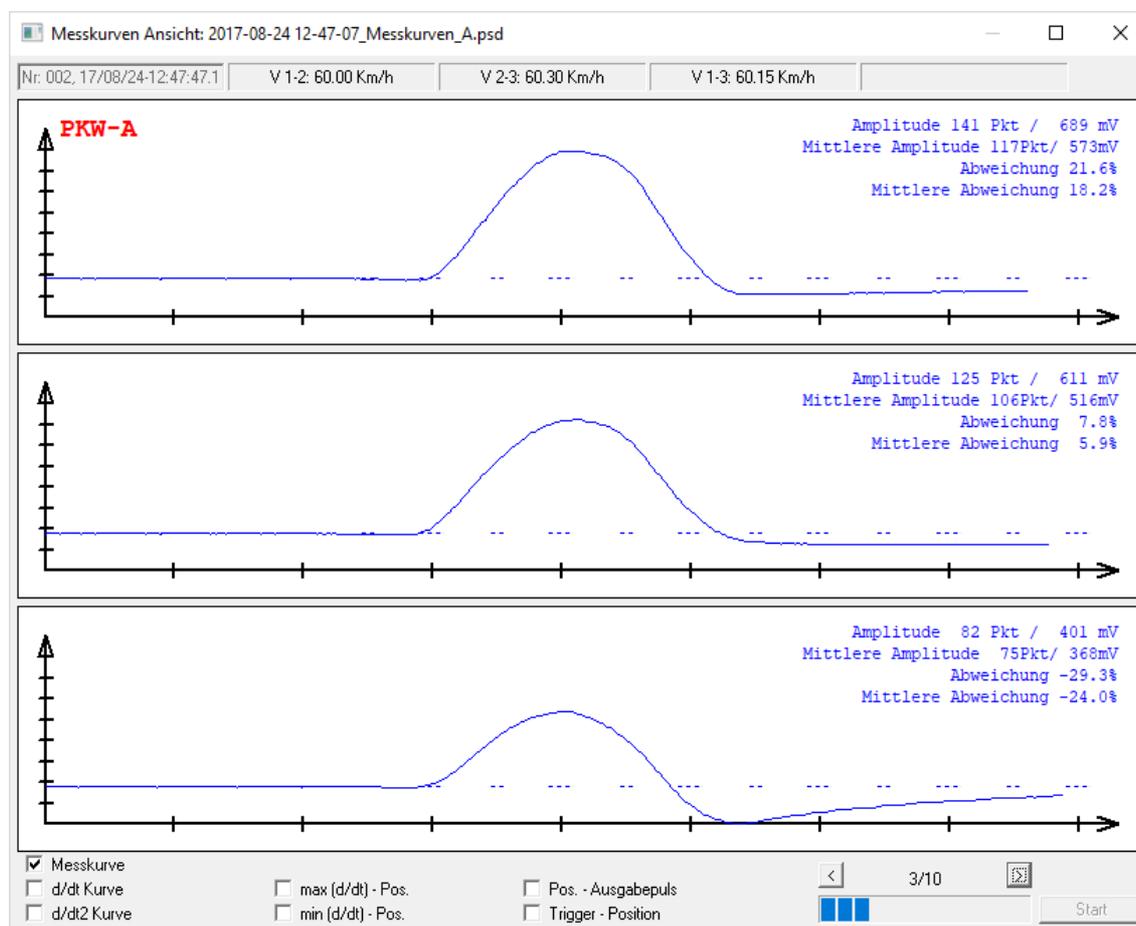


Abbildung 10: während der Eichung der Messstelle in Heidelberg im Jahr 2017 gespeicherte Rohmessdaten – charakteristischer negativer Wert am Ende der Überfahrt Sensor 3, unser Aktenzeichen A17F28DS05G

Sowohl im Jahr 2016 als auch im Jahr 2017 war festzustellen, dass auch an dieser Messstelle die Messsignale der Sensoren 1 und 2 in etwa gleich verliefen und der Verlauf des dritten Sensorsignals abwich. Hier war ein charakteristisches „Unterschwingen“ nach dem

Hauptausschlag festzustellen. Es ist anzunehmen, dass dieses Unterschwingen die statistische Auswertung der Überfahrten, die für die Eichung bewertet werden, im ersten Eichversuch im Jahr 2017 negativ beeinflusst hat. Der Signalpegel des Sensors 3 wurde verändert und danach die Eichung erneut und dieses Mal erfolgreich durchgeführt.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass das Messgerät zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Eichung (und für einen unbestimmbaren Zeitraum davor) nicht in einem eichfähigen Zustand war und somit aus technischer Sicht auch nicht (oder nur mit deutlichen Toleranzabzügen) hätte zu amtlichen Messungen verwendet werden dürfen.

Hierzu fand sich allerdings kein Vermerk im ausgewerteten Eichprotokoll.

Änderungen am Messaufbau gehören jedoch, wie bereits in der universitären Ausbildung gelehrt wird, zu den immer zu notierenden Ereignissen:

„Änderungen des experimentellen Setups sollten Sie ebenfalls im Laborbuch festhalten (z.B. Justierungen von Messgeräten)“ [6]

Von daher sind insgesamt Zweifel an der Vollständigkeit und Korrektheit des Eichprotokolls mehr als angebracht.

Es ist hier auch noch darauf hinzuweisen, dass die technischen Prüfungen, die der Eichung zugrunde liegen, häufig nicht von Eichbeamten durchgeführt werden, denen bereits das notwendige Equipment dazu fehlt, sondern durch Mitarbeiter von Jenoptik (bei deren Anlagen).

Dies ist keine empfehlenswerte Vorgehensweise. Der an der Messstelle tätige Mitarbeiter der Fa. Jenoptik bewegt sich immer im Spannungsfeld zwischen seinen arbeitsvertraglichen Pflichten (diese und die ihm drohenden Konsequenzen sind ihm sicherlich stets vor Augen) und eher vagen Verpflichtungen zu einer ordnungsgemäßen Arbeit, die aber weniger ihn als den Eichbeamten betreffen.

4.3 Plausibilitätsprüfungen (Gerätespezifisch)

Nun könnte man der Meinung sein alles wäre ja gut und die zuvor beschriebenen Fehlermöglichkeiten nur theoretischer Natur, da die Messgeräte ja über ausgefeilte Maßnahmen zur Fehlererkennung verfügen würden wie etwa der intelligente Piezovorverstärker (IPV von Jenoptik Robot:

„Der IPV führt selbständig verschiedene Plausibilitätskontrollen durch, die ggf. zu einer Annullation der Messung führen.“ [7]

Eine relativ einfach durchzuführende Plausibilitätskontrolle ist, die Abfolge der Sensoren bei der Überfahrt, also beispielsweise die Aktivierungssequenz der Sensoren zu überwachen.

Vor diesem Hintergrund werden jetzt Beispiele von Jenoptik (Traffiphot-S) und VDS/Truvelo (M5) betrachtet.

4.3.1 Traffiphot-S

Es liegt uns zu diesem Messgerät ein Messfoto mit einem offensichtlich falschen Messwert von 229 km/h vor.



Abbildung 12: Messfoto (Bild 0188) mit offensichtlich falschem Messwert

Dieses Ergebnis ist aus der Messtechnik erklärbar: zuerst überfährt die letzte Achse das zuerst zu überfahrende Piezokabel, dann überfährt die mittlere Achse das mittlere Piezokabel und zum Schluss überfährt die erste Achse des Anhängers das weiß markierte letzte Piezokabel.

Somit ergibt sich ein in Abhängigkeit vom Radstand falscher Messwert. Dieser dürfte **hier etwa** das 2,5- bis 3- fache des realen Geschwindigkeitswertes betragen.

Dies ist wohl auch der Hintergrund für die Forderung in der Gebrauchsanweisung, dass Messungen mit Drillingsachsen zu verwerfen sind.

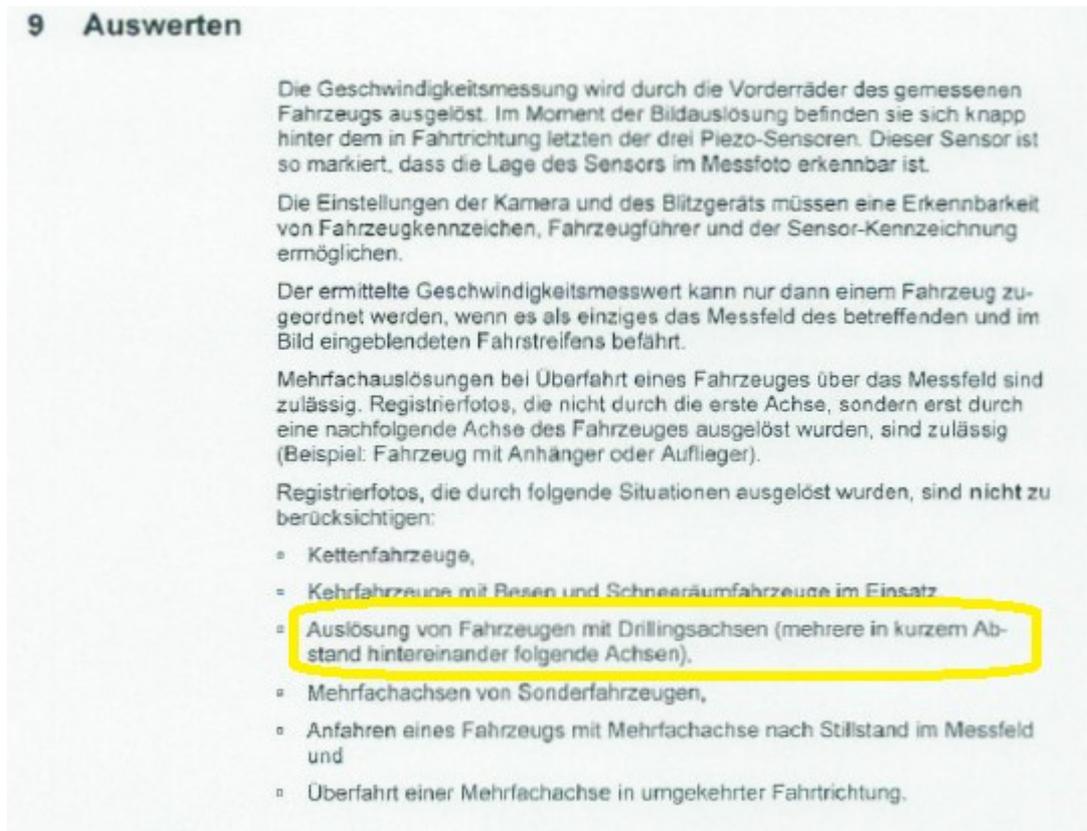


Abbildung 13: Gebrauchsanweisung zu Drillingsachsen

Dies ist zwar erklärbar und nachvollziehbar, spricht aber gegen eine wirklich „intelligente“ Signalverarbeitung.

Abbildung 14 zeigt beispielhafte Signalverläufe, wie sie in der beschriebenen Messsituation auftreten können. Die gezeigten Verläufe sind künstlich erzeugt und sind gegenüber realen Messsignalen vereinfacht. Für die nachfolgenden Betrachtungen sind sie jedoch absolut ausreichend.

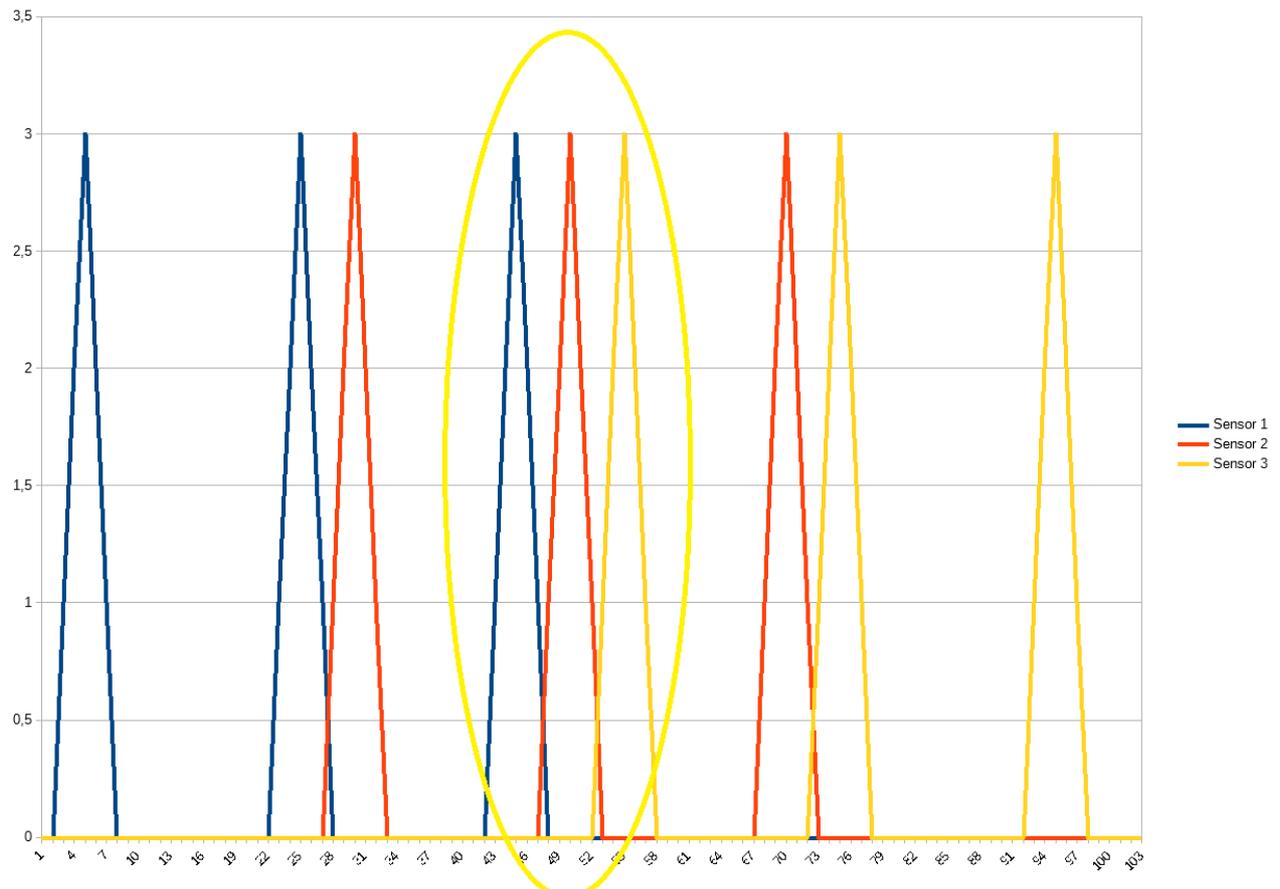


Abbildung 14: Vereinfachte Darstellung der Signalverläufe

Warum das Messgerät aus der Fülle der Signale jetzt genau die im mittleren Bereich (markiert mit der gelben Ellipse) auswählt und genau aus diesen einen Geschwindigkeitswert bildet, obwohl der angeblich „intelligente“ Piezo-Vorverstärker auch die in geringem zeitlichen und mithin auch räumlichen Abstand befindlichen Signalanteile der anderen Achsen kennt, erschließt sich aus Sicht des Messtechnikers nicht.

Um sich hier nicht dem Vorwurf auszusetzen, unrealistische oder nicht zum Zeitpunkt der Zulassung erfüllbare Forderungen zu stellen, erfolgt im Folgenden eine Betrachtung zu **einer** Möglichkeit der Prüfung der Signale, die

1. aus den obigen Signalen automatisiert den korrekten Geschwindigkeitswert ermitteln kann.
2. bei Fehlern an der Sensorik klar erkennbare und auch maschinell bewertbare Fehlerhinweise liefert.
3. zum Zeitpunkt der Zulassung des IPV im Jahre 2003 realisierbar war und dem **Stand der Technik** entsprochen hat.
4. in mindestens einem Konkurrenzprodukt (ES1.0, siehe [8] Seite 4: „über eine Korrelationsrechnung ausgewertet“) zum damaligen Zeitpunkt genutzt wurde.

Diese Möglichkeit ist die Korrelationsauswertung der Sensorsignale. In Abbildung 15 ist das Ergebnis dieser Auswertung dargestellt.

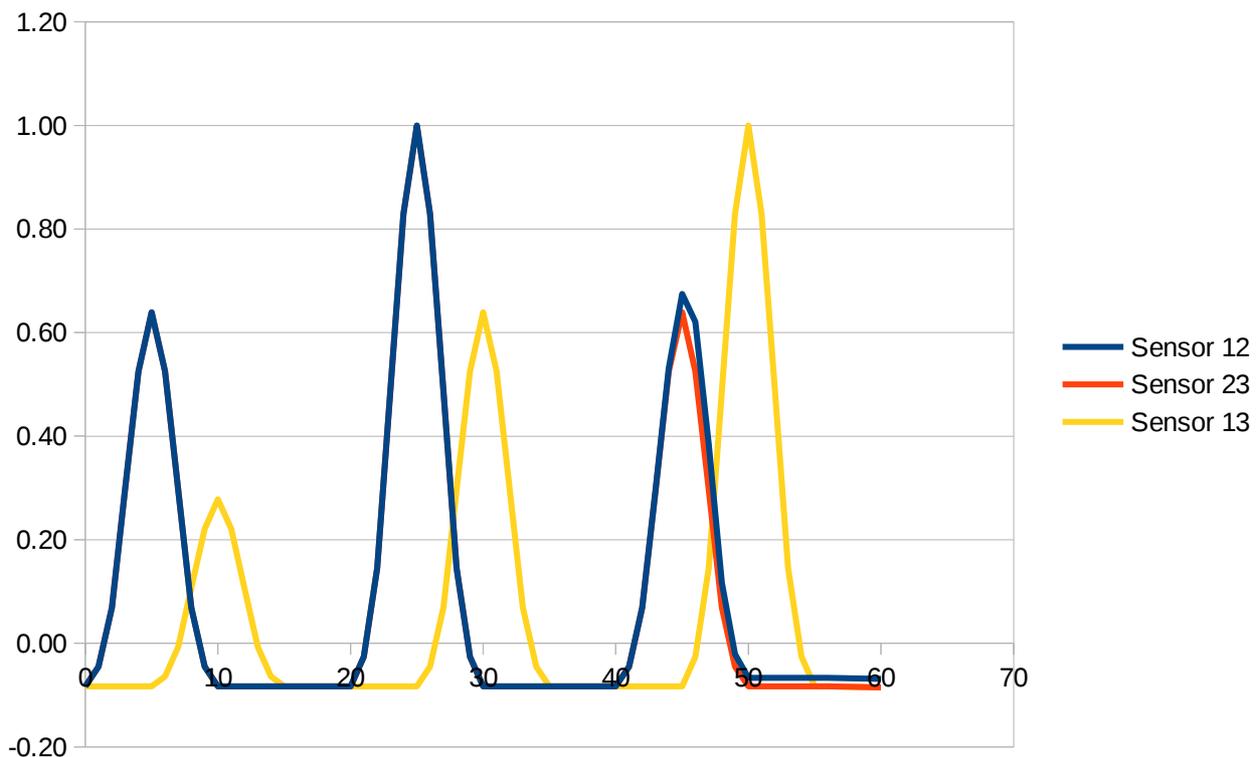


Abbildung 15: Korrelationsauswertung

Die obige Korrelationsauswertung zeigt das absolute Maximum des Korrelationskoeffizienten für die Sensorpaare 1,2 und 2,3 (blau, rot ist im Diagramm verdeckt durch blau) bei 25 Punkten

Verschiebung und für das Sensorpaar 1,3 bei 50 Punkten Verschiebung (gelbe Kurve), was genau den zu erwartenden Werten bei den zuvor abgebildeten Sensorsignalen entspricht und auch zur räumlichen Anordnung mit 1m Abstand zwischen den Sensoren 1 und 2, 2 und 3 sowie 2 m zwischen den Sensoren 1 und 3 passt.

Die Korrelationsauswertung liefert auch ein Maß für die Übereinstimmung der Sensorsignale, nämlich den Korrelationskoeffizienten. Ein **wirklich intelligenter Piezo-Vorverstärker** könnte also nicht nur bei der Konstellation mit Drillingsachsen die reale Geschwindigkeit errechnen, sondern auch sporadische Annullationen (Beispiel durch gleichzeitiges Überfahren mit 2 Zweirädern unterschiedlicher Geschwindigkeit) von regelmäßigen Annullationen durch Sensorikfehler unterscheiden und bei **letzteren die Anlage abschalten** und somit Fehlmessungen durch defekte Sensorik verhindern.

Dann wäre, unabhängig von notwendigerweise oberflächlichen Prüfungen durch das Bedienpersonal, eine physikalische und mathematische Prüfung der Sensorik gegeben, die **einen unbeaufsichtigten Betrieb zwischen den Eichzeitpunkten realistisch** möglich machen würde.

Solange allerdings der intelligente Piezo-Vorverstärker bereits an trivialen Prüfungen scheitert, ist nicht davon auszugehen, dass dieses Gerät geeignet ist, Sensorikfehler selbstständig zu erkennen.

Bezüglich der Zulassung ist noch anzumerken, dass die PTB uns in anderer Sache, aber auch zu Traffiphot-S, folgendes mitgeteilt hat:

„Auch grundlegende neue Komponenten eines Messgerätes müssen die Anforderungen des aktuellen Standes der Technik erfüllen.“ [9]

Warum dann für Traffiphot-S (und auch für Traffistar S330) im Jahre 2003 ein IPV zugelassen werden konnte, der bereits damals erkennbar nicht dem Stand der Technik entsprach, wie unter anderem durch Konkurrenzprodukte gezeigt werden kann, erschließt sich nicht.

Nimmt man obige Darlegung der PTB zum Maßstab, so hätte der IPV in allen Verwendungen unter den Zulassungszeichen 18.11/90.29 (Traffiphot-S), 18.11/03.04 (Traffistar S330) und 18.11/07.02 (Traffistar S330 mit WVZ-Anbindung) nicht zugelassen werden dürfen und dürfte auch heute weder in Verkehr gebracht noch geeicht werden.

Wären die Rohmessdaten vorhanden, so könnte dies auch nachträglich geprüft werden. Da der Hersteller allerdings beschlossen hat, diese Beweismittel zu vernichten, was die PTB auch genehmigt hat, ist dies nachträglich nicht mehr möglich.

Dies zeigt auf, dass die Forderung des Saarländischen Verfassungsgerichtshofes auch aus technischer Sicht nachvollziehbar und begründet ist [10]. Auch die korrekte Arbeitsweise dieses Messgerätes muss aus technischer Sicht nachträglich prüfbar sein.

4.3.2 Traffistar S330



Abbildung 16: Fahrzeugdurchfahrt in falscher Fahrtrichtung / Quelle A19C06DS01KH

Nun könnte man vielleicht davon ausgehen solche Fehler wie zuvor beschrieben treten nur bei alten Messgerätetypen wie Traffiphot-S auf. Aber dies ist nicht der Fall, auch das Nachfolgemodell Traffistar S330 hat solche Probleme wie die obige Abbildung zeigt. Hier fuhr das Fahrzeug sogar in der falschen Fahrtrichtung durch die Messstrecke und es wurde trotzdem eine gültige Geschwindigkeit ermittelt.

Nach den zuvor angestellten Überlegungen ist davon auszugehen, dass die Geschwindigkeit um etwa folgenden Faktor falsch ist:

$$Faktor = \frac{\text{Abstand Sensor 1/2}}{\text{Abstand Sensor 1/2} - \text{Radstand}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} - \text{Radstand}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} - 1,5 \text{ m}} = -2$$

Dies kann ohne genaue Bestimmung des Radstands der Drillingsachsen des LKW-Aufliegers nur eine grobe Abschätzung sein, zeigt aber die Größenordnung.

Nochmals zur Klarstellung:

Der LKW fuhr mit etwa 70 km/h von rechts nach links durch das Bild, angezeigt wird aber, dass er mit 141 km/h von links nach rechts fuhr.

Dies kann nicht ernsthaft als Stand der (Mess-)technik im Jahre 2003 (Zulassung Traffistar S330) bzw. im Jahre 2007 (Zulassung Traffistar S330 mit WVZ-Anbindung, wie hier verwendet) angesehen werden.

4.3.3 VDS M5

In unserem Vorgang A18M10DS01KH haben wir eine Messreihe mit 48 Messfotos ausgewertet. Auf drei der Messfotos waren Radfahrer abgebildet. Die ins Messfoto eingeblendeten Geschwindigkeitswerte waren 91 km/h, 119 km/h und 132 km/h.

Die Messfotos wurden fotogrammetrisch ausgewertet. Es wird dazu angenommen, dass die abgebildeten Fahrzeuge die Geschwindigkeitsmessung mit ihren Vorderrädern auslösen und dass die Zeit zwischen Messende und Auslösung des Messfotos konstant ist. Dann befinden sich langsame Fahrzeuge näher am Sensorbereich als schnellere Fahrzeuge, die durch ihre höhere Geschwindigkeit in der gleichen Zeit bereits weiter gefahren sind.

Für die gemessenen Pkws war dies der Fall.

Für die drei Fahrräder war dies nicht der Fall. Sie befanden sich zwischen der Weißmarkierung am letzten Sensor und der ersten kleinen Weißmarkierung. Der Abstand der Markierungen beträgt laut Gebrauchsanweisung 0,5 m. Die Fahrräder befinden sich damit deutlich näher am Sensorbereich als Pkws mit nur halb so hohen Geschwindigkeitswerten.

Wie ist dies zu erklären?

Der Sensorbereich besteht gemäß der Bauartzulassung aus vier Sensoren: jeweils zwei für eine Messstrecke. Die beiden Messstrecken haben eine Länge von je 1,5 m und sind um mindestens 0,45 m gegeneinander verschoben. Die jeweils ersten Sensoren starten die Zeitmessung, die zweiten Sensoren stoppen die Zeitmessung. Aus der bekannten Länge der Messstrecke und der gemessenen Zeit wird jeweils eine Geschwindigkeit berechnet (s. Abbildung 17) [11].

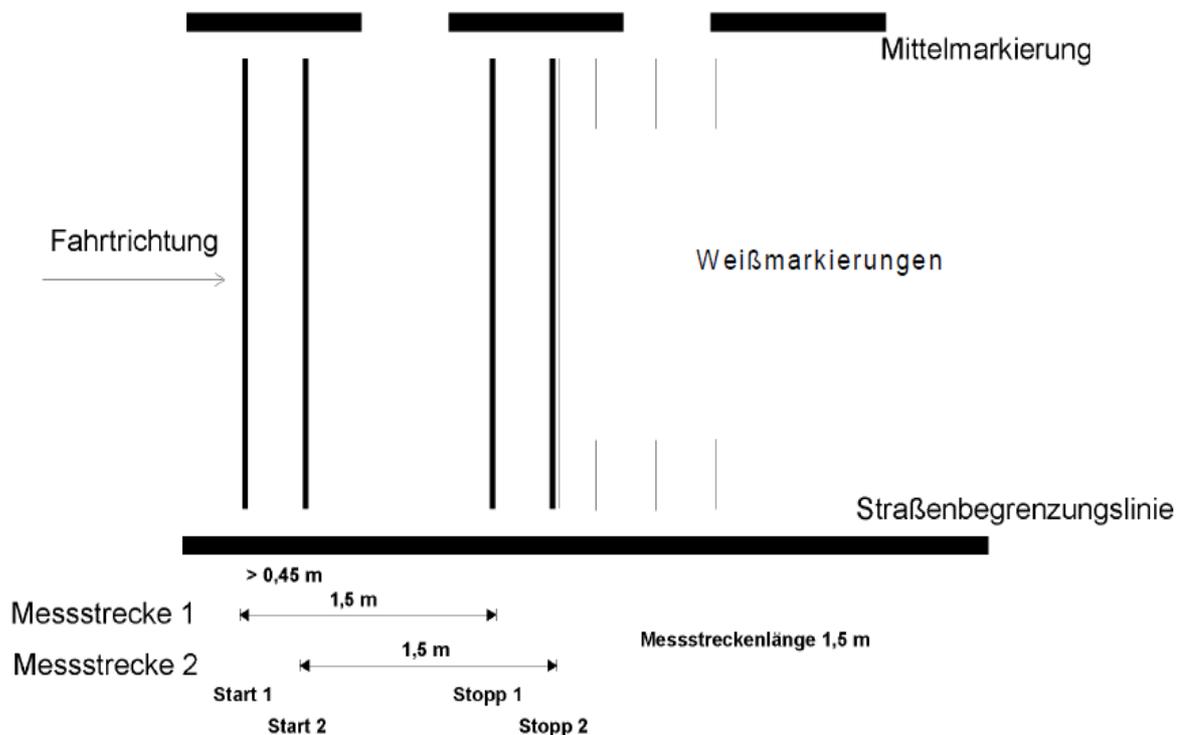


Abbildung 17: Skizze Anordnung Sensorik, Quelle: Bauartzulassung [14]

Fährt ein Pkw mit einem Radstand von mehr als 1,95 m über den Sensorbereich, so löst er mit der Vorderachse alle vier Sensoren aus, bevor die Hinterachse den Sensorbereich überhaupt erreicht.

Fährt jedoch ein Fahrrad über den Sensorbereich, das üblicherweise einen Radstand von weniger als 1,95 m hat, so erreicht es mit dem Hinterrad bereits die Start-Sensoren, bevor es mit dem Vorderrad die Stopp-Sensoren vollständig überfahren hat.

Ist der Radstand kürzer als die Messstreckenlänge von 1,5 m, so überfahren die Räder die Sensoren einer Messstrecke (1) in der Reihenfolge

1. Vorderrad Start 1
2. Hinterrad Start 1
3. Vorderrad Stopp 1
4. Hinterrad Stopp 1

Die tatsächliche Geschwindigkeit ergibt sich, wenn die Länge der Messstrecke durch die Zeitdifferenz zwischen 1. und 3. dividiert wird. Eine fehlerhafte, viel zu hohe Geschwindigkeit ergibt sich, wenn die Länge der Messstrecke durch die Zeitdifferenz zwischen 2. und 3. dividiert wird.

Der Weg, den das Fahrrad zwischen 2. und 3. zurücklegt, ist nicht die Länge der Messstrecke, wie für die Messwertbildung vorausgesetzt wird, sondern „Länge der Messstrecke minus Radstand“, also rund 0,5 m statt 1,5 m.

Die echte Messstrecke hat also nur ein Drittel der angenommenen Länge. Die gemessene Geschwindigkeit muss also etwa das Dreifache der tatsächlichen Geschwindigkeit betragen. Dies deckt sich mit der zu Beginn erfolgten fotogrammetrischen Auswertung.

Diese Betrachtung gilt jedoch nicht nur für Fahrräder, sondern auch für jedes andere Fahrzeug im Sinne des §2 Nr. 3 FZV mit einem kurzen Radstand, wie etwa eine Honda Monkey (Radstand: 1155 mm [12]), Anhänger mit Tandemachsen und einem Radstand von weniger als 1 m, (S-)Pedelets und Quads (1005 mm – 1285 mm [13], [14]), die aufgrund der teils vorhandenen vorderen Kennzeichen tatsächlich verfolgt werden können.

Folglich ist das Messgerät nachweisbar nicht dazu in der Lage, das zu tun, was es gemäß der Bauartzulassung tun soll, nämlich uneingeschränkt die Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge zu messen.

Der festgestellte Messfehler ist absehbar und mit einfachsten Mitteln durch eine Überwachung der Reihenfolge des Überfahrens der Sensoren zu lösen.

Mithin hat der Hersteller die Entwicklung und die Zulassungsbehörde ihre Prüfung nicht mit der gebotenen Sorgfalt unter Berücksichtigung des Standes der Technik betrieben.

Ob dies zu Erlöschen der Zulassung führt ist eine juristische Frage. Technisch wäre dies geboten.

Wenn also schon die einfachsten Überprüfungen unterlassen wurden, so wurden mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit komplexere Anwendungen wie das Prüfen der Signalformen, um beschädigte Sensoren zu erkennen, ebenfalls nicht realisiert.

Damit stellt sich auch für eine ansonsten unauffällige Messung wie die vorliegende die Frage, ob durch äußere Einflüsse auf Sensorik und Verkabelung (Beschädigung, Wassereintritt, Leiterschluss ...) nicht unerkannt eine Fehlmessung entstanden sein kann.

Insofern sind hier in einem ersten Schritt die Aufzeichnungen der Sensorsignale von der Eichung vor der Messung beim Betroffenen und (sofern bereits vorhanden) nach der Messung einzusehen und zu prüfen. Eventuell ist auch eine zeitnahe Befundprüfung der Messeinrichtung technisch notwendig, um aktuelle Sensorsignale zur Prüfung zu haben.

5 Zusammenfassung und Fazit

Es konnte im Rahmen der beschriebenen Prüfungen nachgewiesen werden, dass manche Anlagen weder von Hersteller und Betreiber noch von der zuständigen Eichbehörde mit der notwendigen Sorgfalt überwacht, betrieben und gewartet werden, die notwendig ist um ein hohes Maß an Messsicherheit zu erreichen.

Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass die aktuell am weitesten entwickelten Drucksensormessgeräte (Jenoptik Messgeräte mit IPV und VDS M5) nicht dazu in der Lage sind triviale, vorhersehbare und technisch beherrschbare Sondersituationen (jeweils Fahrzeuge mit kurzem, aber real vorkommenden Radstand) zu erkennen und die Messungen entweder korrekt abzuschließen oder wenigstens automatisch zu annullieren. Da zum damaligen Zeitpunkt bereits eine bessere Signalverarbeitung etwa durch Korrelationsauswertung technische realisierbar war, entsprachen die Messgeräte bereits zum Zeitpunkt der Zulassung nicht mehr dem Stand der Technik.

Darüber hinaus sind auch noch andere Auswertestrategien denkbar (Auswertung Überfahrtreihenfolge, Bestimmung zeitliche Abstände bei Überfahrt über ein Piezokabel), die auch geeignet sind diesen Fehler auszuschließen.

In Anbetracht dessen spricht nichts dafür, dass die automatische Prüfung der Signalformen mit größerer Präzision durchgeführt wird.

Auch die Prüfungen der PTB sind in Umfang und Tiefgang nicht ausreichend, um Fehler in Messgeräten vorab ausschließen zu können, wie das Problem mit LED-Einflüssen bei ES3.0 [15] gezeigt hat.

Welchen Ausweg kann es aus technischer Sicht aus dem Dilemma geben, dass Verkehrsüberwachung unstrittig notwendig ist und natürlich auch Drucksensormessgeräte ihre unbestrittenen prinzipbedingten Vorteile (unabhängige Arbeit auf mehreren Fahrspuren, sichere Zuordnung des Messwertes zum gemessenen Fahrzeug) haben?

Hier muss ein ganzer Katalog an Ansätzen kombiniert werden, um zu einer Messsicherheit zu kommen, die dem Stand der Technik entspricht:

1. Es muss mit der notwendigen Sorgfalt bei Herstellern, Betreibern und Eichbehörden gearbeitet werden. Und es muss aus technischer Sicht endlich Schluss damit sein, dass das standardisierte Messverfahren darauf verkürzt wird, dass ein Messgerät mit einer gültigen Zulassung und mit formal gültiger Eichung genutzt wird.

Was ist ein standardisiertes Messverfahren?

„Vielmehr ist hierunter 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“ [16]

Der BGH spricht also ausdrücklich von Bedingungen seiner Anwendbarkeit und von einer Vereinheitlichung durch Normen. Technisch gesehen also die Befolgung der Vorgaben von Bauartzulassung (oder Baumusterprüfbescheinigung), Gebrauchsanweisung und sämtlichen weiteren als mitgeltend genannten Normen.

2. Die Auswertelogik muss soweit verbessert werden, dass solche trivialen Fehler wie in 4.3.1 und 4.3.3 beschrieben sicher erkannt werden, aber auch so, dass beispielsweise dem Betreiber rechtzeitig vor möglichen Fehlmessungen signalisiert wird, dass sich die Sensorik in Richtung eines nicht mehr zulassungskonformen Zustands bewegt. Eine solche Eigendiagnose ist mit heute vorhandenen Auswertemöglichkeiten sicher realisierbar.
3. Die Rohmessdaten müssen abgespeichert werden um eine nachträgliche Prüfung des Einzelfalls zu ermöglichen. Darüber hinaus kann diese Einzelfallprüfung dann auch Hinweise auf eine fehlerhafte Auswertelogik liefern.
4. Es muss aus technischer Sicht bei diesen, wie auch bei allen anderen Messgeräten, die Fertigung einer Lebensakte (zur Definition des Begriffes siehe [17]) verbindlich

vorgeschrieben werden. Dann wird es nämlich auch möglich beim Auftreten von Fehlern diese nachträglich einzugrenzen und dies dann beispielsweise auch durch Ergebnisse von Eichungen aber auch Realmessungen zu untermauern.

6 Literatur

- [1] Akteneinsichts- und Offenlegungsrechte im Bußgeldverfahren Jürgen Cierniak DAR 1/2014, S. 2ff
- [2] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis – Denkschrift, Wiley-VCH-Verlag, 2013
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizit%C3%A4t>
- [4] <http://sensorline.de/road-traffic/road-traffic-products/fiber-optics-sensors>, Beschreibung des Sensors mit der Bezeichnung „SL SPZ“. Dieser wird im VDS M5 eingesetzt.
- [5] Richtlinie zur Überprüfung des Sensorbereiches von Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten mit piezoelektrischen und faseroptischen Drucksensoren (Piezorichtlinie) 4. Ausgabe 1. November 2009 1. Revision vom 15. Juni 2010
- [6] Merkblatt Laborbuch, Universität Kassel, download unter http://www.uni-kassel.de/einrichtungen/fileadmin/datas/einrichtungen/scl/Fachbezogene_Hochschuldidaktik/140220_MerkblattLaborbuch.pdf
- [7] 3. Neufassung der Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung 18.11/03.04 Traffistar S330
- [8] Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung vom 1999-11-05, Zulassungszeichen: 18.12/99.03
- [9] Antrag auf Erteilung von Auskünften im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsmessgerät TRAFFIPAX TraffiPhot S PTB 14.11.2014 (beigefügt)
- [10] VerfG Saarland, Beschluss vom 27.04.2018 - Lv 1/18
- [11] 2. Neufassung der Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung 18.11/02.05
- [12] <https://www.honda.de/motorcycles/range/125cc/monkey/specifications.html>
- [13] <https://motorrad.suzuki.de/atv-quads/quadsport-z90#f9d3979527a5447aa4428f1ab9e84d54>
- [14] <https://motorrad.suzuki.de/atv-quads/king-quad-750axi-4x4#6f8d92f5022745c28db21481a249903c>
- [15] Optische Täuschung - schneller dank LED download unter <https://vut-verkehr.de/downloads/Optische%20Taeuschung%20-%20Schneller%20dank%20LED.pdf>
- [16] BGH 4 StR 24/97 - Beschluss vom 30. Oktober 1997 (OLG Köln)
- [17] Allgemeine Stellungnahme zu Lebensakten oder Nachweisen nach § 31 (2) Nr. 4 MessEG VUT