

Allgemeine Stellungnahme zu Messungen mit Drucksensormessgeräten

Stand: 05.08.2019

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
05.08.2019	Ergänzungen nach Telefonat und Mail mit VDS Verkehrsmesstechnik [3] Redaktionelle Änderungen

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 Fahrzeugräder 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 [4].

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 [5].

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	Sensormanzahl
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).“ [6]*

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 [6]).

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 Piezorientlinie 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.

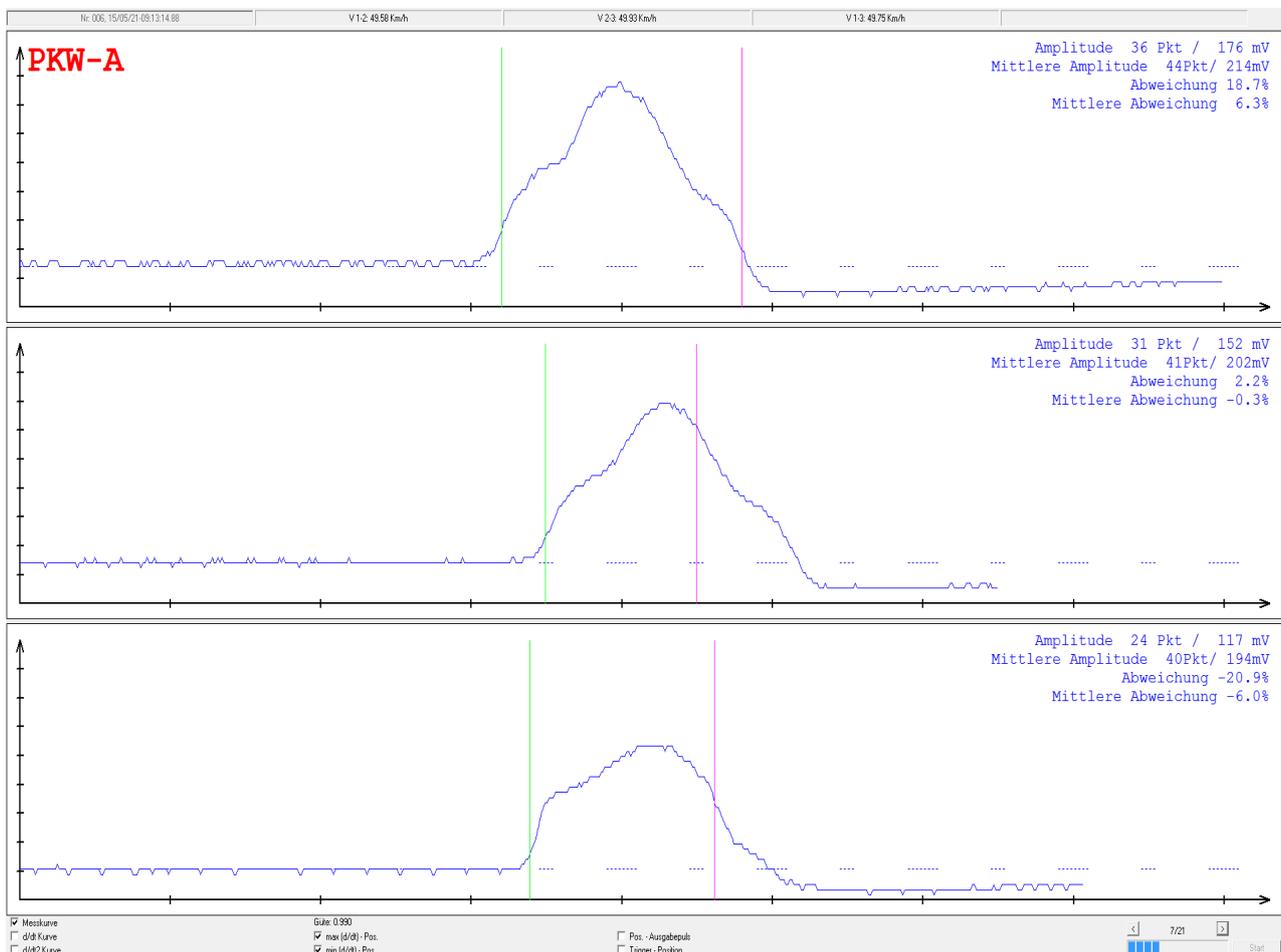


Abbildung 9: während einer Eichung der Messstelle in Saarlouis aufgezeichnete Rohmessdaten, unser Aktenzeichen A15B17DS01G

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.

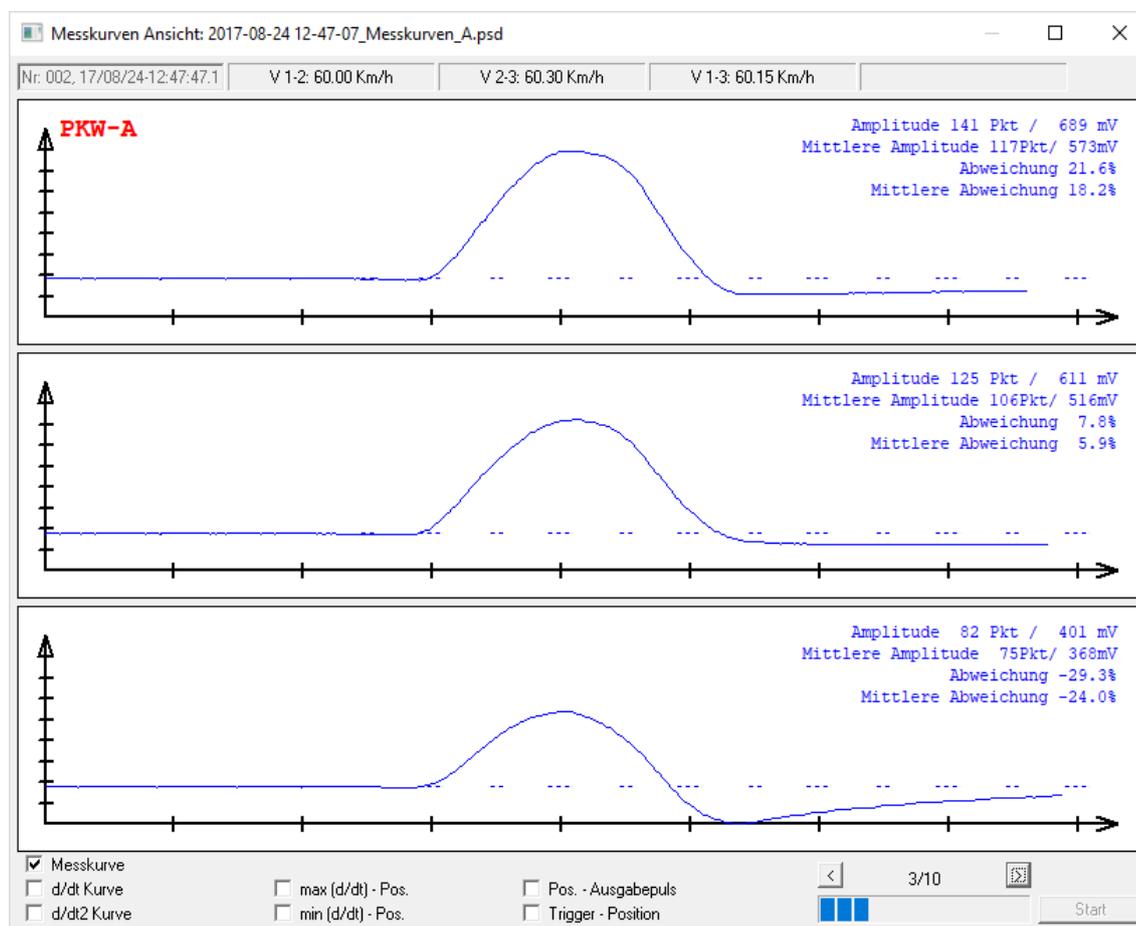


Abbildung 10: während der Eichung der Messstelle in Heidelberg im Jahr 2017 gespeicherte Rohmessdaten – charakteristischer negativer Wert am Ende der Überfahrt Sensor 3, unser Aktenzeichen A17F28DS05G

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 festzu-

stellen. 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)“ [7]

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 Annulation der Messung führen.“ [8]

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.

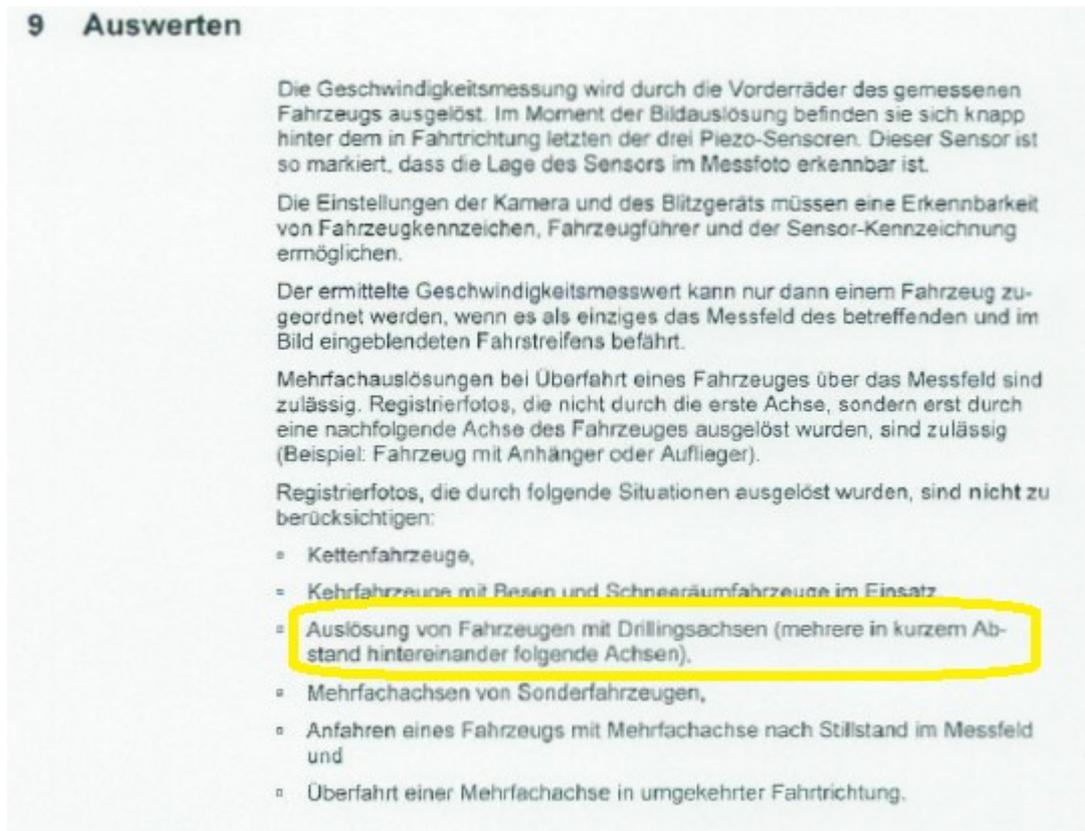


Abbildung 13: Gebrauchsanweisung zu Drillingsachsen

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.

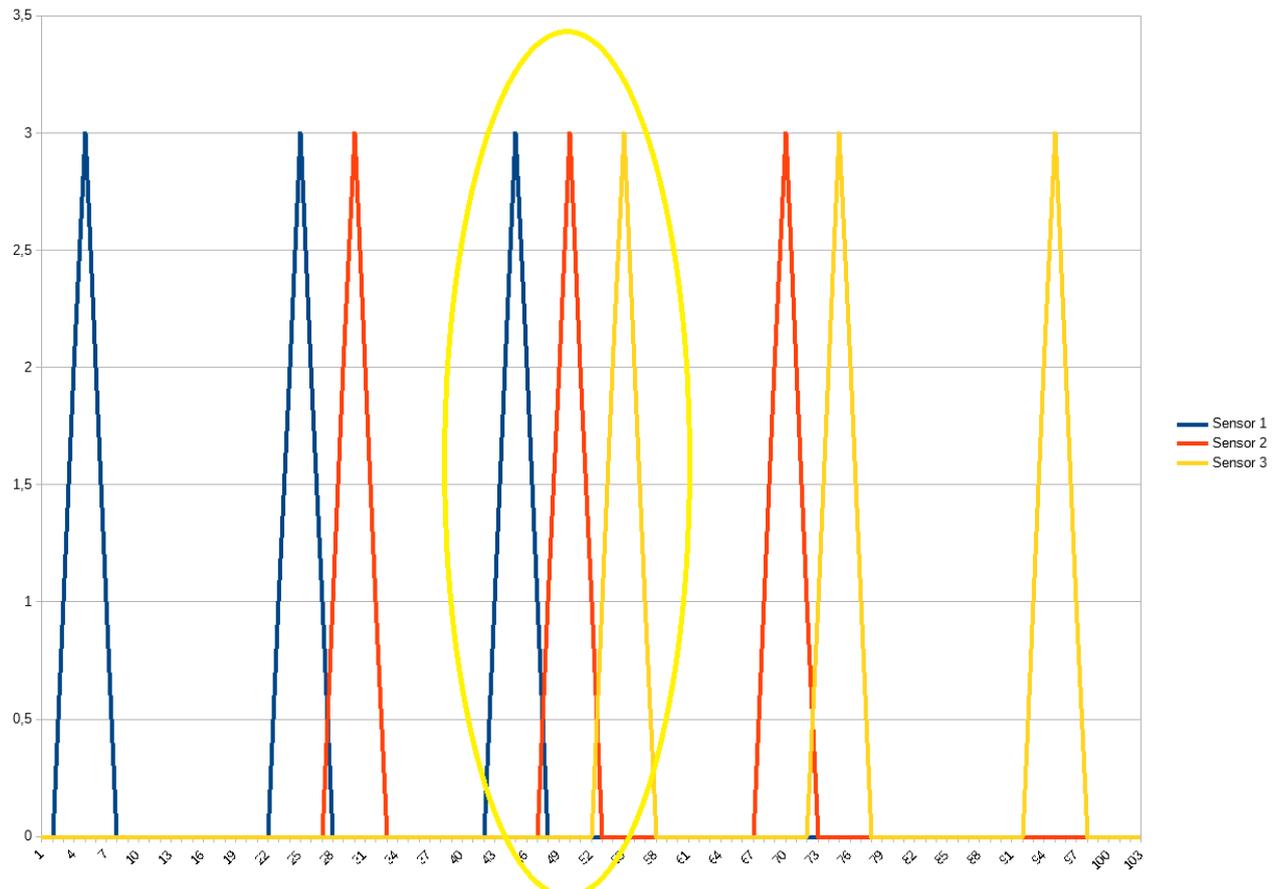


Abbildung 14: Vereinfachte Darstellung der Signalverläufe

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 [9] 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.

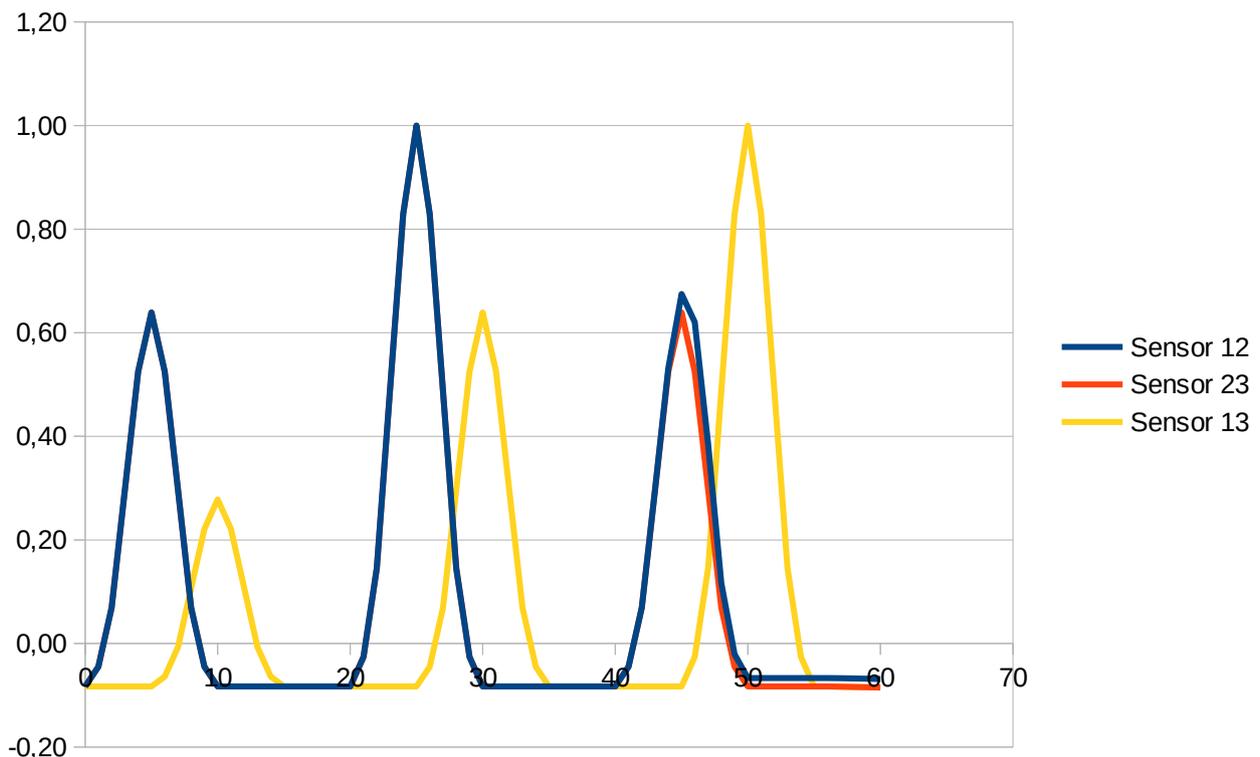


Abbildung 15: Korrelationsauswertung

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.“ [10]

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 [11]. 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) [12].

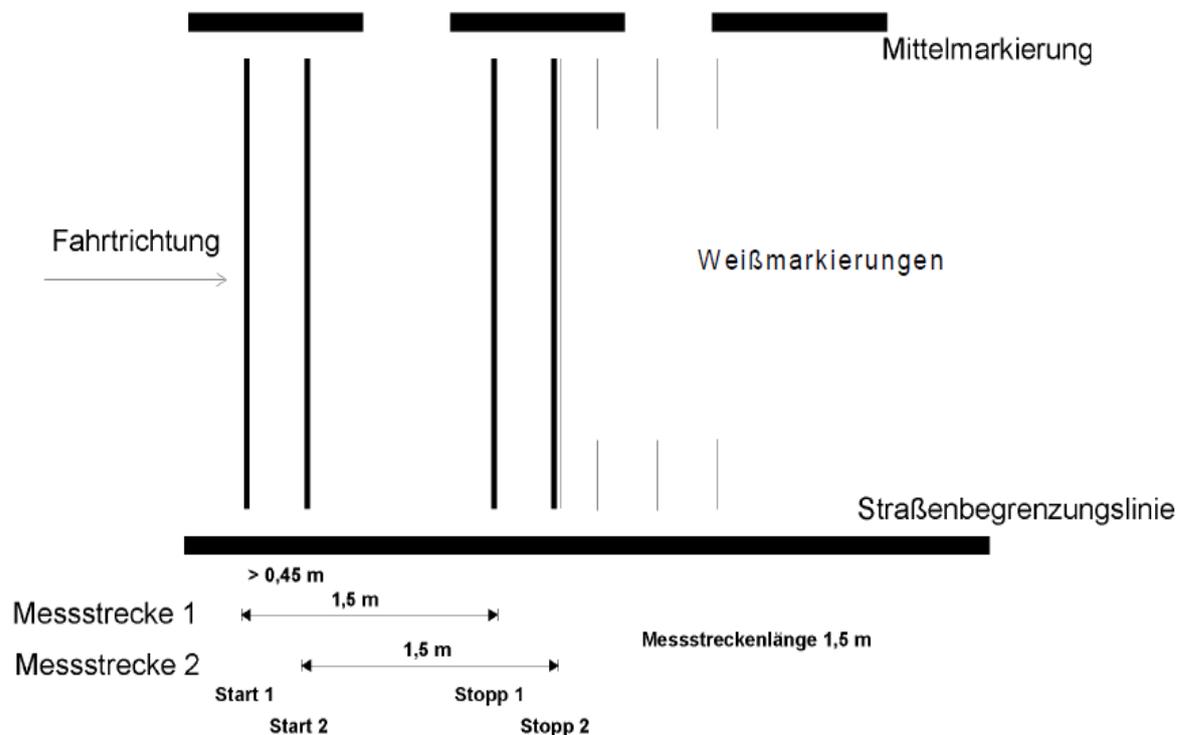


Abbildung 17: Skizze Anordnung Sensorik, Quelle: Bauartzulassung [15]

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 [13]), Anhänger mit Tandemachsen und einem Radstand von weniger als 1 m, (S-)Pedelecs und Quads (1005 mm – 1285 mm [14], [15]), die aufgrund der teils vorhandenen vorderen Kennzeichen tatsächlich verfolgt werden können.

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

Ergänzung nach Rücksprache mit VDS

Ursprünglich sind wir hier davon ausgegangen, dass dieses Problem deshalb auftritt, da das Messgerät VDS M5 die Reihenfolge des Überfahrens der Sensorik nicht abprüfen würde.

Dies wurde im Schreiben [3] durch VDS technisch abweichend und für uns nachvollziehbar wie folgt dargestellt:

„In diesem Fall wird das Fahrzeug durch beide Start-Sensoren nicht erkannt (der Triggerpegel wird nicht erreicht, durch sehr leichte Achse, Entlastung des Rades, Empfindlichkeit der Sensoren). Sie werden durch das Hinterrad ausgelöst, wobei die Stoppsensoren durch das Vorderrad ausgelöst werden. Somit entsteht eine Messstreckenverkürzung von 1,5 m minus dem Radstand des Fahrzeuges, wie sie richtig ausführen.“

Diese Darstellung ist für uns prinzipiell nachvollziehbar, zeigt aber nach hiesigem Dafürhalten gerade die Notwendigkeit des Abspeicherns der Rohmessdaten auf. Genau wenn

diese vorliegen ist es möglich zu prüfen, ob diese Darstellung im konkreten Fall zugetroffen hat oder ob beispielsweise Beschädigungen an der Sensorik zu einer solchen nur teilweisen Erfassung beigetragen haben.

Weiterhin wurden mit dem genannten Schreiben Bilder typischer Signalverläufe übersandt:

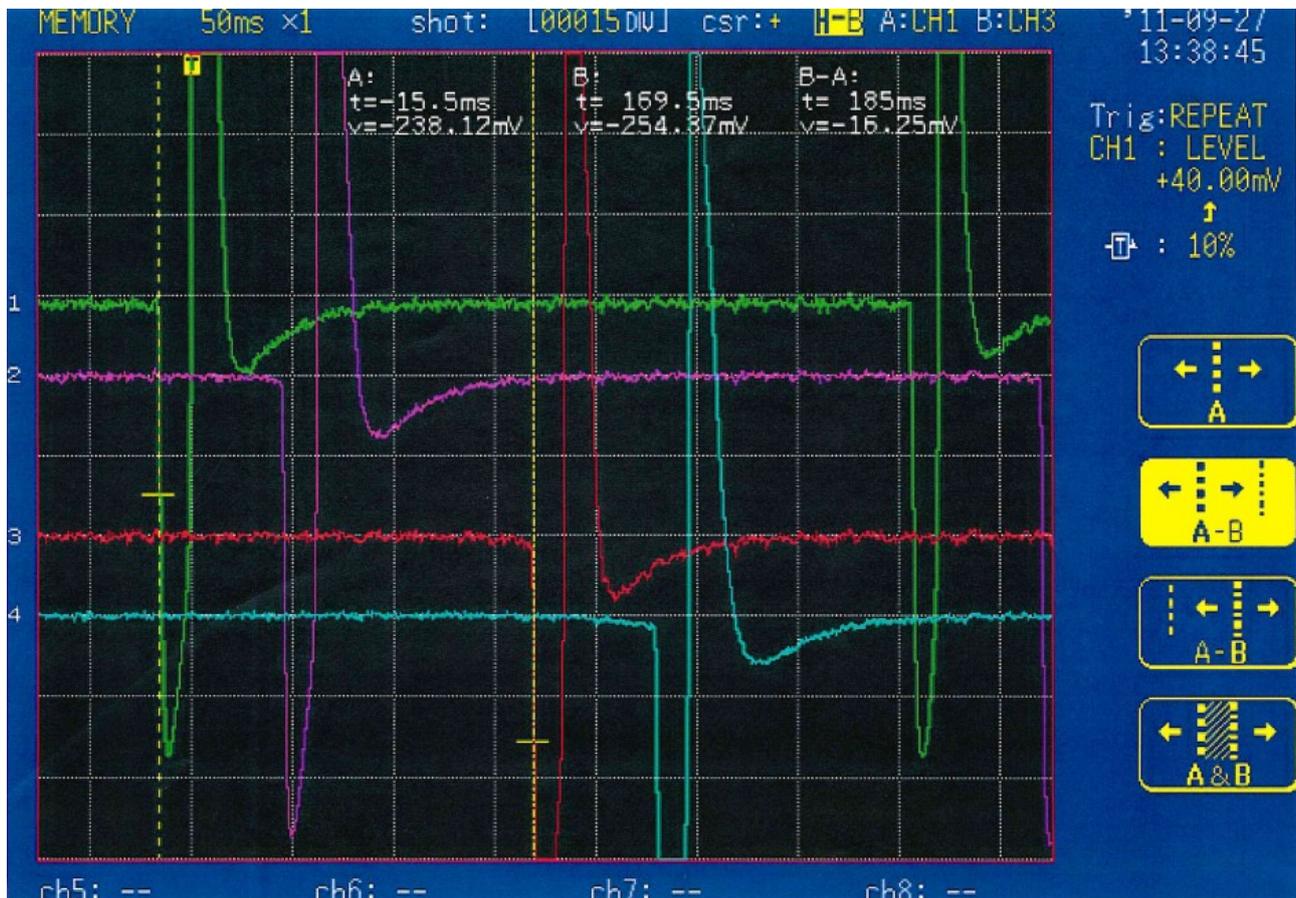


Abbildung 18: Typische Signalverläufe, Quelle VDS Schreiben[3]

Diese Signalverläufe zeigen aufgrund der steilen Flanken und des praktisch identischen Verlaufs sehr schön, dass die durch VDS beschriebene Auswertelogik im typischen Fall wahrscheinlich geeignet ist eine korrekte Messwertbildung zu ermöglichen.

Allerdings sind hierzu 2 Anmerkungen zu machen:

1. Wissen wir natürlich nicht, wenn uns ein Vorgang zur Prüfung vorgelegt wird, ob die Signalverläufe diesem typischen Muster entsprochen haben.
2. Entspringt obige Aussage („im typischen Fall wahrscheinlich geeignet“) nur einer qualitativen Analyse des vorgelegten Musters. Dies kann selbstverständlich eine quantitative Analyse der Rohmessdaten des konkreten Einzelfalls nicht ersetzen.

Hier liegt auch genau der Dissens zwischen VUT und VDS:

Wir gehen durchaus davon aus, dass der Hersteller des Messsystems korrekte Entwicklungs- und Testarbeit gemacht hat und insofern wird das Messgerät typischerweise auch korrekt funktionieren.

Uns wird aber gerichtlicherseits die Frage gestellt, ob wir für den konkreten Einzelfall die korrekte Funktion belegen können und wenn ja, wodurch. Und dies können wir nicht, solange uns für den Einzelfall die Rohmessdaten als Grundlage der Bewertung fehlen.

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, technisch 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 [16] 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“
[17]

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 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 [18]) 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] Schreiben von VDS (per mail am 16.07.2019, postalisch 22.07.2019) an VUT, postalische Version beigefügt
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizit%C3%A4t>
- [5] <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.
- [6] Richtlinie zur Überprüfung des Sensorbereiches von Geschwindigkeitsüberwachungsgeräten mit piezoelektrischen und faseroptischen Drucksensoren (Piezorichtlinie) 4. Ausgabe 1. November 2009 1. Revision vom 15. Juni 2010
- [7] Merkblatt Laborbuch, Universität Kassel, download unter http://www.uni-kassel.de/einrichtungen/fileadmin/datas/einrichtungen/scl/Fachbezogene_Hochschuldidaktik/140220_MerkblattLaborbuch.pdf
- [8] 3. Neufassung der Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung 18.11/03.04 Traffistar S330
- [9] Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung vom 1999-11-05, Zulassungszeichen: 18.12/99.03
- [10] Antrag auf Erteilung von Auskünften im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsmessgerät TRAF-FIPAX TraffiPhot S PTB 14.11.2014 (beigefügt)
- [11] VerfG Saarland, Beschluss vom 27.04.2018 - Lv 1/18
- [12] 2. Neufassung der Anlage zur innerstaatlichen Bauartzulassung 18.11/02.05
- [13] <https://www.honda.de/motorcycles/range/125cc/monkey/specifications.html>
- [14] <https://motorrad.suzuki.de/atv-quads/quadsport-z90#f9d3979527a5447aa4428f1ab9e84d54>
- [15] <https://motorrad.suzuki.de/atv-quads/king-quad-750axi-4x4#6f8d92f5022745c28db21481a249903c>
- [16] Optische Täuschung - schneller dank LED download unter <https://vut-verkehr.de/downloads/Optische%20Taeuschung%20-%20Schneller%20dank%20LED.pdf>
- [17] BGH 4 StR 24/97 - Beschluss vom 30. Oktober 1997 (OLG Köln)
- [18] Allgemeine Stellungnahme zu Lebensakten oder Nachweisen nach § 31 (2) Nr. 4 MessEG VUT



VDS Verkehrstechnik GmbH - Weststraße 8 - 02708 Löbau

VUT Sachverständigen GmbH
Innovationsring 15

66115 Saarbrücken

VDS Verkehrstechnik GmbH
FIRMENSITZ

Tel. +49 03585 45256-0

Fax +49 03585 45256-11

www.vds-verkehrstechnik.de
info@vds-verkehrstechnik.de

Ihr Zeichen Ihre Nachricht

Unser Zeichen

Telefon, Name

Datum

-33, Hebold

16.07.2019

hebold@vds-verkehrstechnik.de

Richtigstellung der Arbeitsweise M5 Speed mit optischen Sensoren

Sehr geehrte Damen und Herren,

Bezug nehmend auf mein Telefonat vom 16.07.2019 mit Herrn Ralf Schäfer möchte ich Ihnen die Arbeitsweise unseres Geschwindigkeitsmessgerätes M5 Speed mit optischen Straßensensoren zur Richtigstellung Ihrer Darlegungen erläutern. Ergänzend dazu, wie die Messung durch Messstellenverkürzung entstehen.

Unser M5 Speed wertet kein Impulsverhalten der Sensoren aus, sondern Triggert je Sensor auf die erste Flanke. Es findet in der Messkassette (jede Fahrspur hat einen eigenen Sensorsatz und einen eigenen Vorverstärker) in jedem Falle die Prüfung der Impulsreihenfolge und Richtung statt. Fehlt ein Impuls oder stimmt die Reihenfolge der Trigger nicht (Start 1 – Start 2 – Stopp 1 – Stopp 2) wird die Messung annulliert. Ebenfalls findet eine Annullation statt, wenn die Ergebnisse beider unabhängig voneinander arbeitenden Messstrecken um mehr als 2 km/h voneinander abweichen.

Die von Ihnen dargelegte Messung von hohen Geschwindigkeiten, welche auf jeden Fall nicht zum Radstand bezüglich des letzten Stopp-Fühlers passen, kann bei leichten Fahrzeugen mit einem Radstand von weniger als 1 m auftreten. In diesem Fall wird das Fahrzeug durch beide Start-Sensoren nicht erkannt (der Triggerpegel wird nicht erreicht, durch sehr leichte Achse, Entlastung des Rades, Empfindlichkeit der Sensoren). Sie werden durch das Hinterrad ausgelöst, wobei die Stoppsensoren durch das Vorderrad ausgelöst werden. Somit entsteht eine Messstreckenverkürzung von 1,5 m minus dem Radstand des Fahrzeuges, wie sie richtig ausführen.

Als Anlage erhalten Sie typische Signalverläufe der optischen Sensoren.

Ergänzend noch ein Hinweis zu unseren eingesetzten Digitalkameras:

Unsere Digitalkameras arbeiten grundsätzlich mit einer internen Signatur. Das bedeutet, dass Bild und Vorfalldaten in der Kamera zusammengeführt und in dieser signiert werden. Der geheime Schlüssel befindet sich in der Kamera und ist durch Sicherungsmarken des Eichamtes gegen Zugriff gesichert. Er kann weder ausgelesen noch geändert werden.

Mit freundlichen Grüßen

VDS Verkehrstechnik GmbH



Weststraße 8
02708 Löbau
Tel.: 03585 - 4 52 56 - 0
Fax: 03585 - 4 52 56-11

Dipl.-Ing. Dirk Hebold
Geschäftsführer

MEMORY

50ms x1

shot: [00015 DIV]

csr: +

B

A: CH1

B: CH3

11-09-27

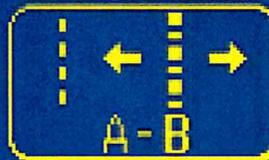
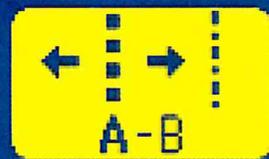
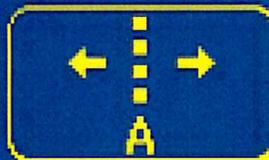
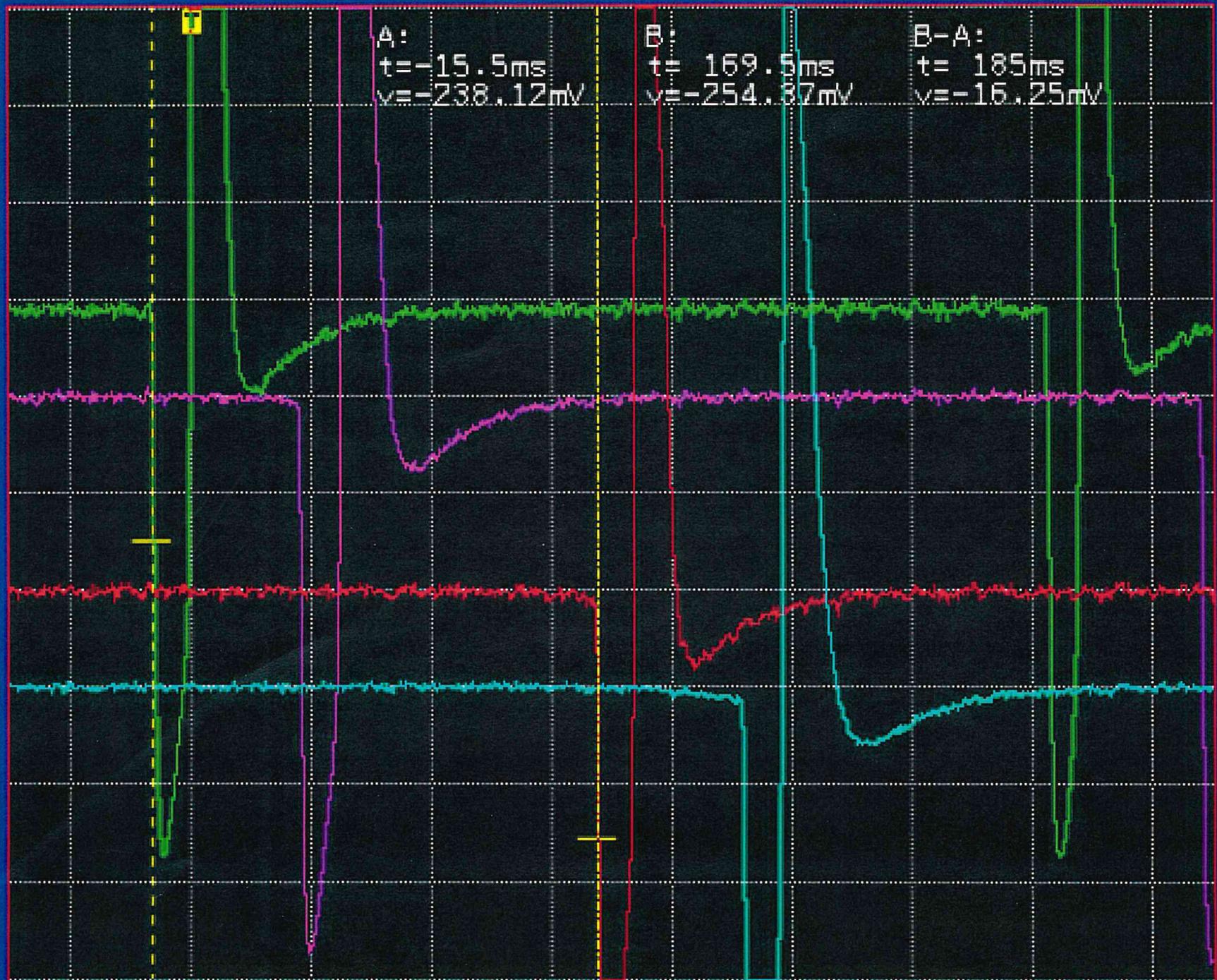
13:38:45

A:
t = -15.5ms
v = -238.12mV

B:
t = 169.5ms
v = -254.87mV

B-A:
t = 185ms
v = -16.25mV

Trig: REPEAT
CH1 : LEVEL
+40.00mV
↑
T : 10%



ch5: --

ch6: --

ch7: --

ch8: --

MEMORY

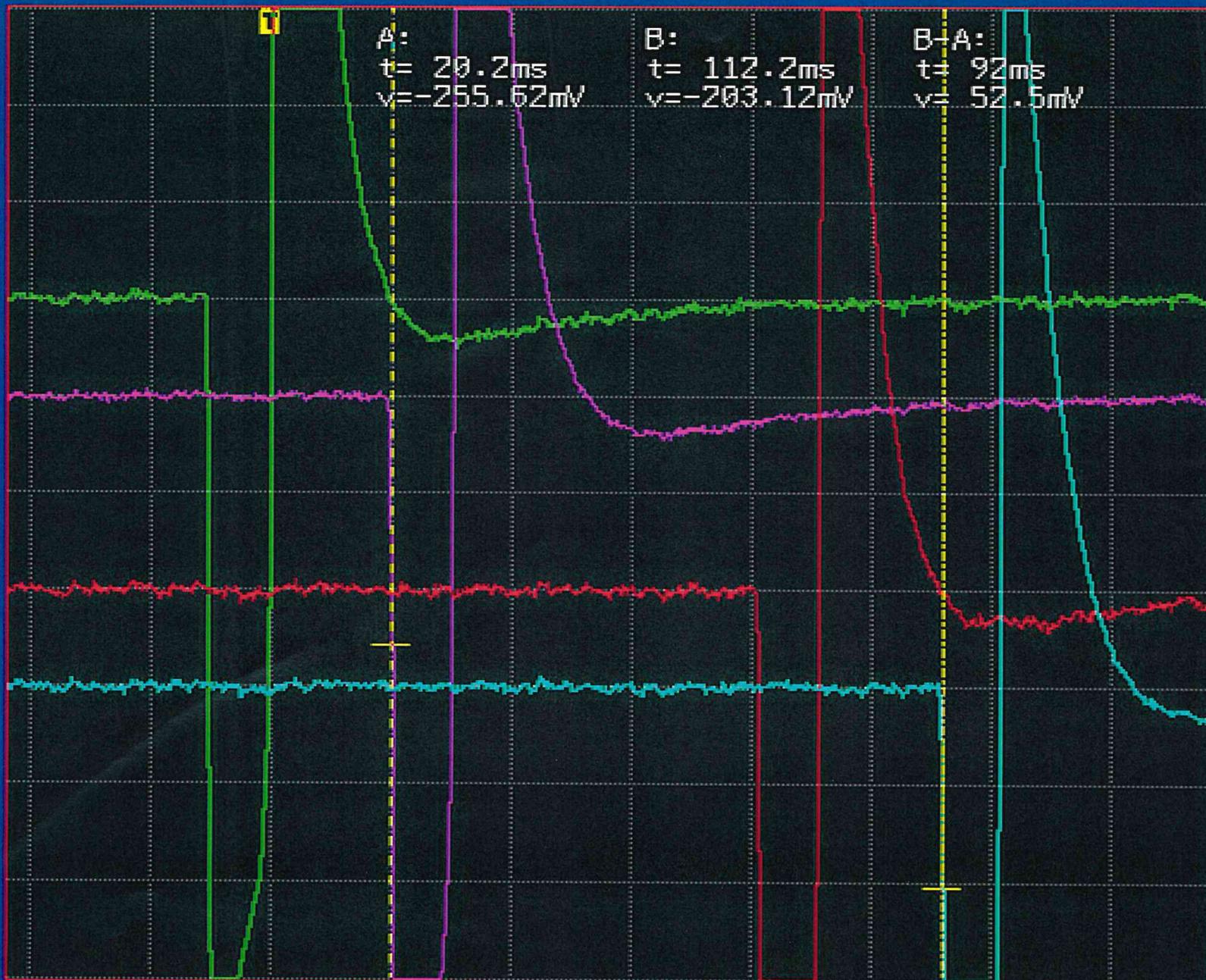
20ms x1

shot: [00025 DIV] csr:+

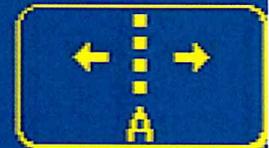
A-B A:CH2 B:CH4

'11-01-27

09:45:15



Trig: REPEAT
 CH1 : LEVEL
 +40.00mV
 ↑
 : 10%



ch1: OFF
 100mV x 1 70%

ch2: OFF
 100mV x 1 60%

ch3: OFF
 100mV x 1 40%

ch4: OFF
 100mV x 1 30%

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Arbeitsgruppe 1.31 -
Geschwindigkeitsmessgeräte
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Unser Zeichen: I14G14DS03G
Ihr Ansprechpartner: Stefan Lorenz
Telefon: 0681 302 64945
E-Mail: info@vutonline.de

Datum: 7.11.2014

Anfrage zur informationstechnischen Überprüfung des Messgeräts TRAFFIPAX TraffiPhot S

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich bin mit Beschluss vom 6.11.2014 vom Amtsgericht Heidelberg mit der informationstechnischen Überprüfung einer Geschwindigkeitsmessung mit dem Messgerät TRAFFIPAX TraffiPhot S beauftragt worden. Der Beschluss ist in Kopie diesem Schreiben beigelegt. Die Verhandlung findet bereits am 17.11.2014 statt.

Aufgrund der zeitlichen Knappheit bitte ich Sie zunächst folgende Fragen so weit wie möglich zu beantworten, gerne auch per E-Mail.

1. Haben Sie das Messgerät TRAFFIPAX TraffiPhot S vor der Erteilung der Bauartzulassung hinsichtlich der Sicherheit der zum Einsatz kommenden informationstechnischen Verfahren überprüft?
2. Liegen der PTB entsprechende Prüfprotokolle, die eine umfassende und fach- und sachgerechte Überprüfung dokumentieren vor?
3. Wieso wurde im Jahr 2008, als soweit mir bekannt erstmalig eine Bauartzulassung für eine TraffiPhot S mit digitaler Aufzeichnungseinheit erlassen wurde, eine Schlüssellänge von 1024 Bit für den Signaturalgorithmus zugelassen, obwohl es bereits anders lautende Empfehlungen gab?
4. Wieso dürfen laut Bauartzulassung Geräte mit SmartCamera IV eine bestimmte Softwareversion nur bis zum 31.12.2013 verwenden, da "nur bis zu diesem Datum eine Schlüssellänge von 1024 Bit zulässig ist", wenn Geräte mit SmartCamera III und SmartCamera IM, die ebenfalls nur 1024 Bit Schlüssel verwenden keine solche Einschränkung erfahren?

Unabhängig davon erbitte ich Einsicht in die oben erwähnten Prüfprotokolle, sollten welche vorhanden sein, um mir ein eigenes Bild über Art und Umfang der möglicherweise durchgeführten Prüfungen erstellen zu können.

Mit freundlichen Grüßen



Stefan Lorenz

Anlagen
Ladung AG Heidelberg

PTB • Postfach 33 45 • 38023 Braunschweig

VUT
Matthias-Nickels-Str. 17a
66346 Püttlingen

Ihr Zeichen: I14G14DS03G
Ihre Nachricht vom: 07.11.2014
Mein Zeichen: Z.13-6626-102 /14
Meine Nachricht vom:

Bearbeitet von: Herrn Gahrens
Telefondurchwahl: 0531 592-9130
Telefaxdurchwahl: 0531 592-9108
E-Mail: Manfred.Gahrens@ptb.de

Datum: 14. November 2014

Antrag auf Erteilung von Auskünften im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsmessgerät TRAFFIPAX TraffiPhot S

Sehr geehrter Herr Lorenz,

1. Ihrem Antrag auf Erteilung von Auskünften wird entsprochen.
2. Kosten werden nicht erhoben.

Begründung:

1. Ihre Anfrage werte ich als Antrag nach § 1 Abs. 1 des Gesetzes zur Regelung des Zugangs zu Informationen des Bundes (Informationsfreiheitsgesetz – IFG). Nach dieser Vorschrift hat jeder nach Maßgabe dieses Gesetzes gegenüber den Behörden des Bundes einen Anspruch auf Zugang zu amtlichen Informationen. Dieser Anspruch ist zwar nicht an besondere Voraussetzungen geknüpft, jedoch schränkt das Gesetz selbst den Zugang in bestimmten Fällen ein.

Die von Ihnen gestellten Fragen beantworte ich wie folgt:

1. Ja.
2. Nein.
3. Für die Bauart TRAFFIPAX TraffiPhot S wurde erstmalig am 14.06.2006 die digitale Kamera ROBOT SmarCamera IM zugelassen. Für den Signaturalgorithmus wurde dabei ein RSA-Schlüsselpaar mit einer Schlüssellänge von 1024 Bit verwendet, weil diese Schlüssellänge den im Jahre 2006 veröffentlichten Empfehlungen des BSI entsprach.

600 00 r

4. Die ROBOT Smart Camera IV wurde am 19.04.2011 erstmals in Verbindung mit dem in Rede stehenden Geschwindigkeitsmessgerät zugelassen. Auch grundlegende neue Komponenten eines Messgerätes müssen die Anforderungen des aktuellen Standes der Technik erfüllen. Zum Zulassungszeitpunkt entsprach diese Schlüssellänge nicht mehr den Empfehlungen des BSI, so dass diese Software nur noch befristet verwendet werden durfte.
- II. Nach § 10 Abs. 1 IFG werden für Amtshandlungen nach dem IFG Gebühren erhoben, die sich nach dem Verzeichnis zu § 1 der Informationsgebührenverordnung (IFGGebV) bestimmen. Dieses sieht in Teil A unter Nr. 1.1 für die Erteilung einfacher schriftlicher Auskünfte jedoch eine Gebührenfreiheit vor.

Rechtsbehelfsbelehrung:

Gegen diesen Bescheid kann innerhalb eines Monats nach Bekanntgabe Widerspruch eingelegt werden. Der Widerspruch ist bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, einzulegen.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag



Gahrens
Referatsleiter „Justizariat“