

# Allgemeine Stellungnahme zu Messungen mit dem ES3.0

**Stand: 18.12.2019**

Dr. Mathias Grün, Dominik Schäfer, Ralf Schäfer, Hans-Peter Grün, Detlev Groß, Stefan Lorenz,  
Julian Backes

## Zusammenfassung

In diesem Artikel legen wir unsere Kenntnisse bzgl. der Messtechnik und Zulassung von ES3.0 dar. Die Zulassungshistorie wird wiedergegeben und die Messwertbildung beschrieben. Danach werden aus dem Text der innerstaatlichen Bauartzulassung unmittelbare technische Konsequenzen für die Aussagekraft von Messungen unter bestimmten Messbedingungen hergeleitet.

Demnach wurden Messbedingungen gefunden, unter denen nicht von einem standardisierten Messverfahren ausgegangen werden darf.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass gravierende Mängel bei der Fälschungssicherheit der Falldateien bestehen.

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.“ [17]*

## 1 Vorwort

Im Sinne guter wissenschaftlicher Praxis veröffentlichen wir diese Angaben, um uns der Diskussion in entsprechenden Fachkreisen zu stellen [1].

## 2 Versionshistorie

Datum	
07.06.2016	Einfügen Versionshistorie Berücksichtigung esoDIGITALES II viewer, Version 22.2.9.40 Ergänzungen bei den Punkten 5 und 6
17.05.2017	Ergänzungen bei den Fallbeispielen 4.2, 4.4 und 4.6 redaktionelle Änderungen
30.01.2019	Ergänzende Ausführungen zum Einfluss von LEDs redaktionelle Änderungen
18.12.2019	Korrektur der Gleichungen zur Korrelationsfunktion

## 3 Zulassung

Für amtliche Messungen dürfen nur zugelassene oder baumustergeprüfte Messgerätetypen verwendet werden. Dies gilt auch für die hier betrachteten Gerätetypen. Zum Zeitpunkt der Zulassung war hierfür nach § 13 EichG die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) zuständig [2].

### 3.1 Zulassungszeichen

Die Gerätebauart ES3.0 der Firma eso GmbH wurde durch die PTB am 05.12.2006 unter dem Zeichen 18.11/06.04 zur innerstaatlichen Eichung zugelassen [3].

### 3.2 Messwertbildung

Gemäß der Bauartzulassung arbeitet das hier eingesetzte Messgerät vom Typ ES3.0 folgendermaßen:

Zitat Beginn

*(... Es) wird die Geschwindigkeit von Fahrzeugen nach dem Verfahren der Weg-Zeit-Messung mit drei passiven optischen Sensoren bestimmt (... D)er Sensor ermittelt ein von der Helligkeitsdifferenz abhängiges Signal. (...) Die digitalisierten Helligkeitsprofile werden über eine Korrelationsrechnung ausgewertet, um den zeitlichen Versatz der Signalverläufe zu ermitteln.*

Zitat Ende

Auch in der Gebrauchsanweisung wird das Messprinzip vergleichbar beschrieben.

Zitat Beginn

*Die aufgezeichneten Helligkeitsprofile werden rechnerisch mit einer so genannten Korrelationsrechnung „auf Deckung“ gebracht, um den genauen Zeitversatz der Profile zu bestimmen.*

Zitat Ende

Damit ist zur Messwertbildung aus offiziellen Dokumenten nur bekannt, dass eine **Korrelationsrechnung** zum Einsatz kommt.

Die erwähnten Helligkeitsprofile werden in jeder Falldatei („eso-Datei“), die ein Messgerät vom Typ ES3.0 erzeugt, neben den offensichtlichen Informationen wie zwischen ein und drei Messfotos und Textinformationen abgespeichert.

Damit ist eine nachträgliche Überprüfung der Messwertbildung in gewissem Rahmen möglich. Es ist allerdings zu beachten, dass Unterschiede zwischen der theoretischen Analyse der Signale und der realen Bewertung im Gerät aufgrund eventueller Hardwareeinflüsse und einer ggf. erfolgenden nicht bekannten zusätzlichen Signalverarbeitung innerhalb des Gerätes zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können, ohne dass dabei der theoretische Betrachtungsansatz fehlerhaft sein muss.

### 3.2.1 Mathematische Grundlagen

Der mathematische Formalismus der Korrelationsrechnung liefert zwei Informationen: den **Zeitversatz** zwischen zwei hinein gegebenen Informationen (hier: Helligkeitsprofile) und deren Grad an **Übereinstimmung**.

Üblicherweise erfolgt die Berechnung eines Zeitversatzes und des Grades der Übereinstimmung zweier zeitabhängiger Signale  $S_1(t)$  und  $S_2(t)$  durch die Bildung der so genannten **Kreuzkorrelationsfunktion**  $K_{1,2}(t)$  zwischen den beiden Signalen.

$$K_{1,2}(\tau) = c \cdot \int_{-\infty}^{\infty} S_1(t) \cdot S_2(t+\tau) dt$$

Diese Formel wird in der praktischen Umsetzung zu

$$K_{1,2}(\tau) = c \cdot \sum_{t=-T}^T S_1(t) \cdot S_2(t+\tau)$$

Dabei bezeichnet  $t$  die fortlaufende Zeit,  $\tau$  die betrachtete Zeitverschiebung zwischen den Signalen und  $T$  die Aufzeichnungsdauer, aus der Messsignale vorliegen.

Damit die Kreuzkorrelationsfunktion den Grad der Übereinstimmung der beiden Signale als Funktion der Verschiebung der beiden Signale angibt, muss sie auf ein bestimmtes Maß  $c$  bezogen werden, d. h., sie ist zu normieren. Es gilt hier

$$c = \frac{1}{\sqrt{\sum_{t=-T}^T S_1(t)^2 \cdot \sum_{t=-T}^T S_2(t)^2}}$$

Als Zeitversatz zwischen den Signalen ist dann diejenige Verschiebung zu nehmen, an der die Kreuzkorrelationsfunktion ihren Maximalwert annimmt.

Dieser Maximalwert entspricht unter gewissen Annahmen (Normierung) dem Grad der Übereinstimmung und wird als **Korrelationskoeffizient** bezeichnet.

### 3.2.2 Rechenweg/Implementierung im eigenen Programm Medab

Die informationstechnische Umsetzung der Korrelationsrechnung erfolgte in der Programmiersprache Java.

Abbildung 1 zeigt die Summenformel zur praktischen Anwendung aus Abschnitt 3.2.1 in Java-Quellcode.

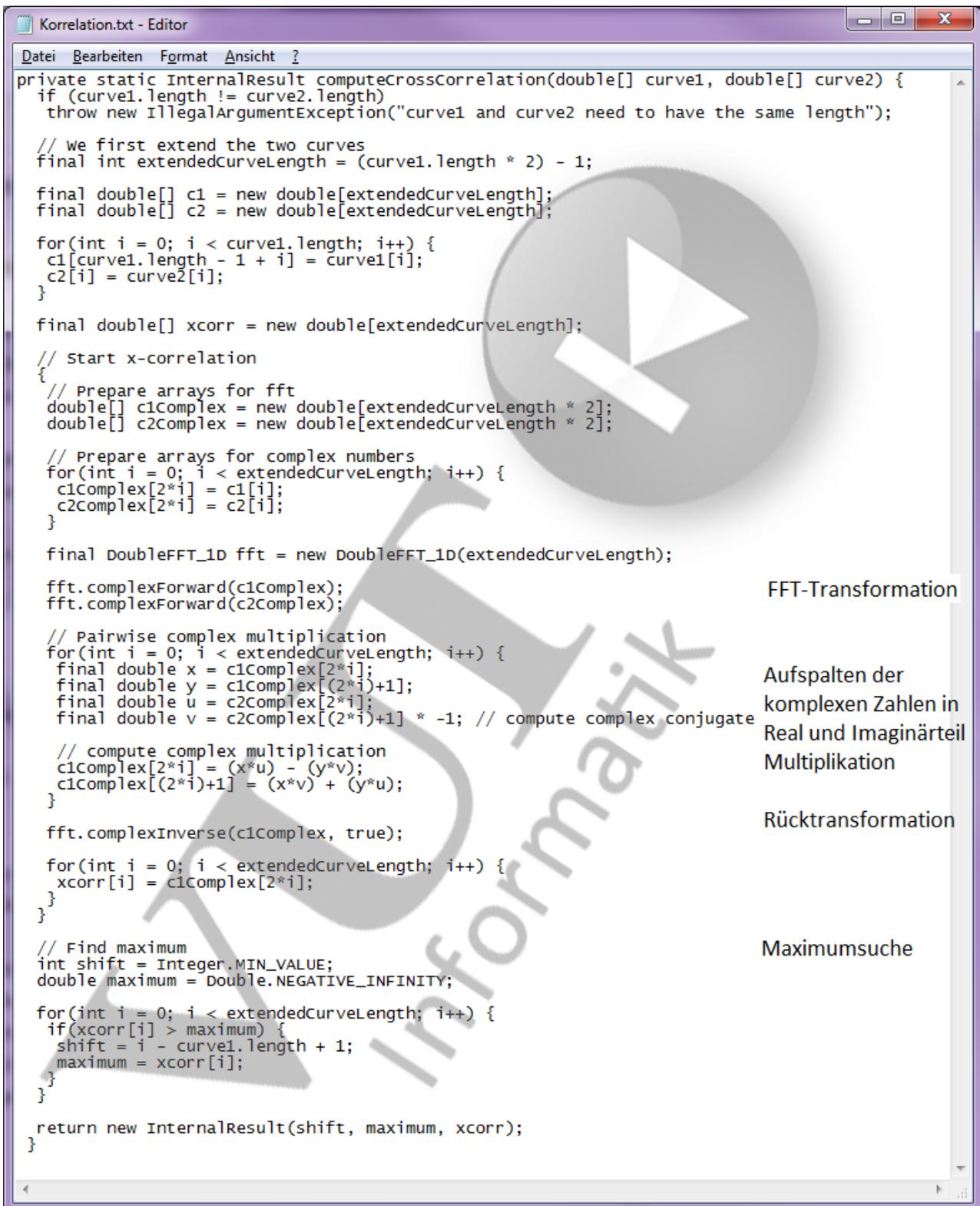
Aus Gründen der Rechenzeitoptimierung wurde dabei die Korrelation im Zeitbereich durch Fast-Fourier-Transformation auf eine Multiplikation im Frequenzbereich abgebildet (vgl. der Befehl `fft.complexForward` vor der Anmerkung „FFT-Transformation“ in Abbildung 1).

Zunächst werden die beiden Kurven einer FastFourierTransformation (`fft.complexForward`) unterworfen.

Dann werden diese beiden resultierenden Kurven komplex multipliziert, wobei die komplex Konjugierte von Kurve 2 gebildet wird. Es wird also der Imaginärteil der komplexen Zahlen negiert.

Anschließend findet eine Rücktransformation des berechneten Produktes in den Zeitbereich statt und es wird das Maximum gesucht.

Diese Funktion wird aus dem in Abbildung 2 abgebildeten Block heraus abgerufen, in dem zusätzlich noch die Ausgangswerte normiert werden.



```

private static InternalResult computeCrossCorrelation(double[] curve1, double[] curve2) {
    if (curve1.length != curve2.length)
        throw new IllegalArgumentException("curve1 and curve2 need to have the same length");

    // we first extend the two curves
    final int extendedCurveLength = (curve1.length * 2) - 1;

    final double[] c1 = new double[extendedCurveLength];
    final double[] c2 = new double[extendedCurveLength];

    for(int i = 0; i < curve1.length; i++) {
        c1[curve1.length - 1 + i] = curve1[i];
        c2[i] = curve2[i];
    }

    final double[] xcorr = new double[extendedCurveLength];

    // Start x-correlation
    {
        // Prepare arrays for fft
        double[] c1Complex = new double[extendedCurveLength * 2];
        double[] c2Complex = new double[extendedCurveLength * 2];

        // Prepare arrays for complex numbers
        for(int i = 0; i < extendedCurveLength; i++) {
            c1Complex[2*i] = c1[i];
            c2Complex[2*i] = c2[i];
        }

        final DoubleFFT_1D fft = new DoubleFFT_1D(extendedCurveLength);

        fft.complexForward(c1Complex);
        fft.complexForward(c2Complex);

        // Pairwise complex multiplication
        for(int i = 0; i < extendedCurveLength; i++) {
            final double x = c1Complex[2*i];
            final double y = c1Complex[(2*i)+1];
            final double u = c2Complex[2*i];
            final double v = c2Complex[(2*i)+1] * -1; // compute complex conjugate

            // compute complex multiplication
            c1Complex[2*i] = (x*u) - (y*v);
            c1Complex[(2*i)+1] = (x*v) + (y*u);
        }

        fft.complexInverse(c1Complex, true);

        for(int i = 0; i < extendedCurveLength; i++) {
            xcorr[i] = c1Complex[2*i];
        }
    }

    // Find maximum
    int shift = Integer.MIN_VALUE;
    double maximum = Double.NEGATIVE_INFINITY;

    for(int i = 0; i < extendedCurveLength; i++) {
        if(xcorr[i] > maximum) {
            shift = i - curve1.length + 1;
            maximum = xcorr[i];
        }
    }

    return new InternalResult(shift, maximum, xcorr);
}

```

FFT-Transformation

Aufsplitten der komplexen Zahlen in Real und Imaginärteil  
Multiplikation

Rücktransformation

Maximumsuche

Abbildung 1: Programmfragment zur Berechnung der Korrelation – Originalauszug aus Medab

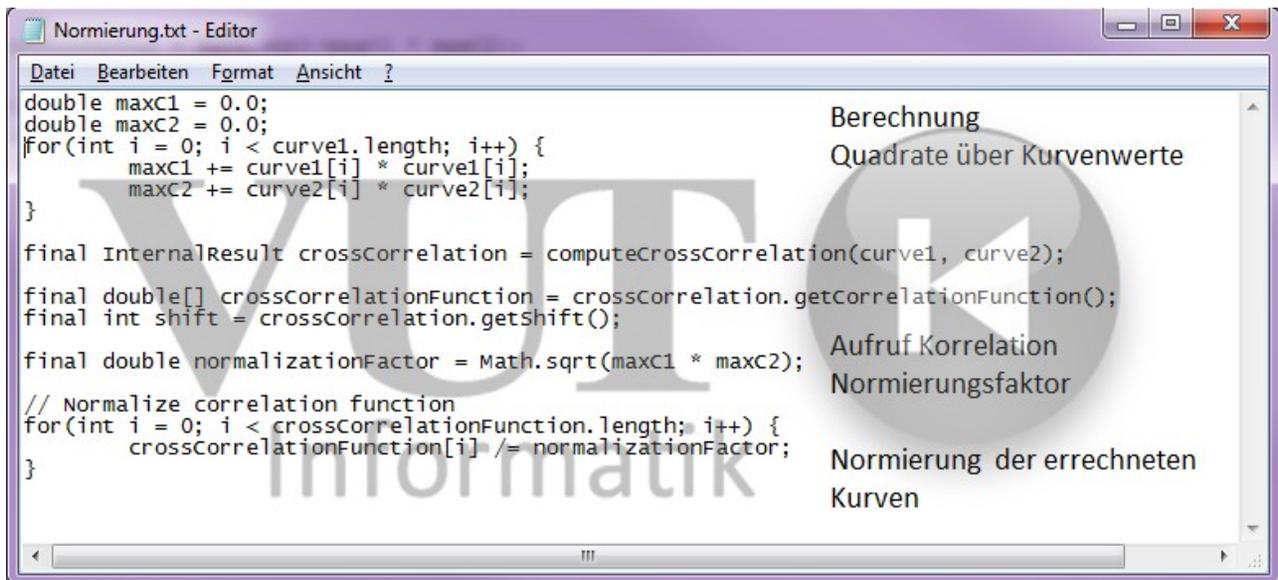


Abbildung 2: Programmfragment zur Berechnung der Normierung – Originalauszug aus Medab

Die genutzte Programmbibliothek zur Fourier-Transformation ist JTransforms von Piotr Wendykier.

Die Homepage zu dieser Funktionsbibliothek kann unter

<https://sites.google.com/site/piotrwendykier/software/jtransforms>

gefunden werden.

## 4 Fallbeispiele

Signale können sehr gut korrelieren oder auch überhaupt nicht. Daher ist ein Mindestmaß an Übereinstimmung zu fordern, wenn der Zeitversatz zwischen den beiden Signalen eine physikalisch sinnvolle Aussagekraft haben soll.

Für einen Algorithmus zur reinen Suche des Maximums einer Funktion ist es unerheblich, wie hoch der Wert des absoluten Maximums ist. Damit ist zumindest theoretisch nicht auszuschließen, dass bei der Anwendung dieses Algorithmus auf die Kreuzkorrelationsfunktion zwar ein Zeitversatz für ein absolutes Maximum bestimmt wird, dieser aber nicht mit der zu bestimmenden tatsächlichen Geschwindigkeit des gemessenen Objektes übereinstimmt. Dies ist etwa dann der Fall, wenn das Gesamtsignal aus mehreren Anteilen besteht, die sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fortbewegen.

Bei Korrelationskoeffizienten über 0,7 wird die Korrelation zwischen zwei Signalen in der Literatur als hoch und über 0,9 als sehr hoch bezeichnet [4]. Bei einer Geschwindigkeitsmessung ist prinzipiell davon auszugehen, dass von den einzelnen Sensoren jeweils identische bzw. sehr ähnliche Helligkeitsveränderungen registriert werden. Vor diesem Hintergrund sollte der Korrelationskoeffizient prinzipiell Werte um 0,9 annehmen und einen Wert von 0,7 keinesfalls unterschreiten.

Nach der Bauartzulassung und der Gebrauchsanweisung ist zunächst davon auszugehen, dass die vollständige Datenaufzeichnung zur Grundlage der Berechnung des Zeitversatzes gemacht wird.

Bei der einfachen Anwendung der Korrelationsrechnung auf Messdaten aus hier vorliegenden eso-Dateien war dann allerdings festzustellen, dass dies nicht immer der Fall sein kann. Die Rechenergebnisse entsprachen bei einer derartigen Auswertung nicht den o. a. Mindestanforderungen, bzw. waren mehrdeutig, ohne dass es dabei zu einer Annullation der Messung kam.

Die mehrdeutigen Messsignale können zum einen durch ein weiteres Fahrzeug und zum anderen etwa durch die Erfassung der Fahrzeugräder hervorgerufen werden, ohne dass diese Aufzählung Anspruch auf Vollzähligkeit erhebt.

Dies deutet darauf hin, dass offenbar Teilbereiche selektiert werden, was sich aus der Bauartzulassung nicht ergibt.

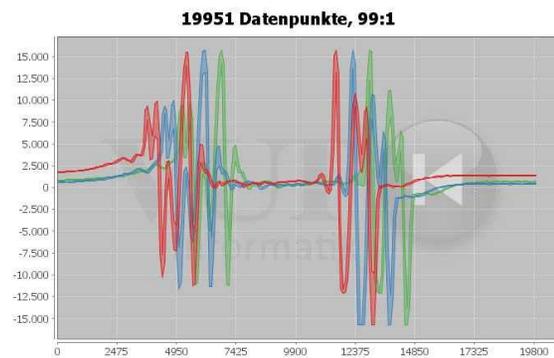
Die Auswahl von Teilbereichen im Messsignal ist dabei aus technischer Sicht nicht generell als unzulässig zu erachten, sofern die Auswertung über eine ausreichende Datenmenge erfolgt.

Bei der Untersuchung von Messdateien zeigen sich bisher insbesondere folgende Situationen:

## 4.1 Augenscheinlich korrekte Messungen

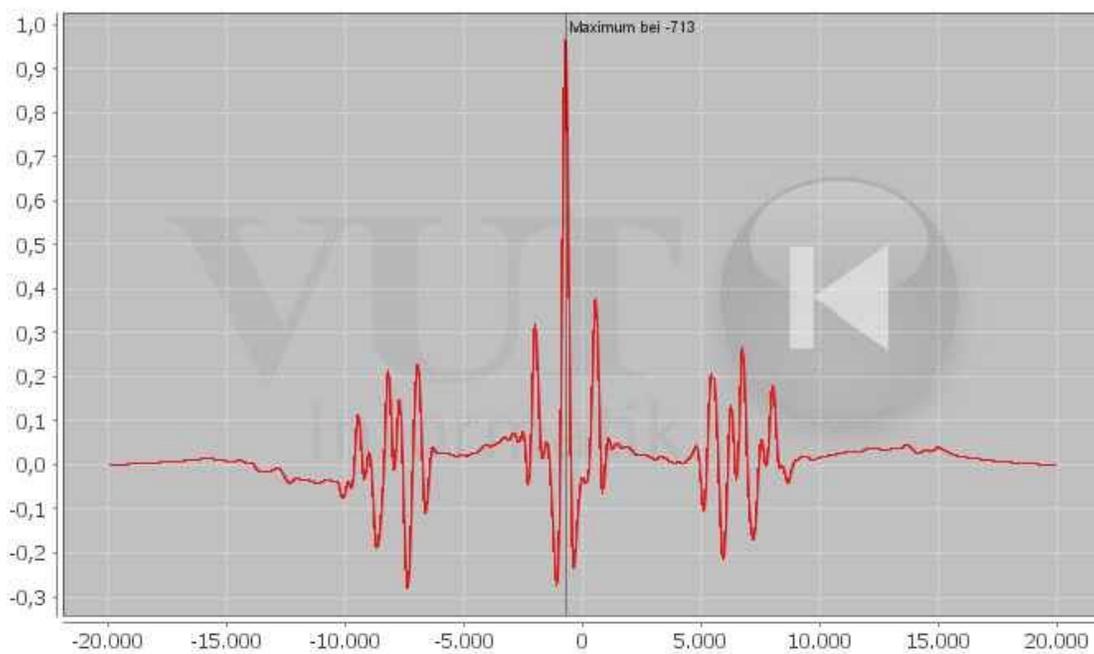


(a.) Messfoto



(b.) graphische Darstellung der in der Falldatei gespeicherten Messdaten

### Korrelationskurven



(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 3 – unauffällige Messung

**Messungen**, bei denen

- das Fahrzeug eine plausible Position relativ zur Fotolinie einnimmt,
- zudem der gemessene seitliche Abstand der Position im befahrenen Fahrstreifen im Rahmen der Messtoleranz entspricht und
- die Korrelationsrechnung **keine Hinweise auf Unregelmäßigkeiten** liefert.

Im Rahmen der Untersuchung von hier im Hause vorliegenden Datensätzen ist festzustellen, dass üblicherweise die Kurven aus den Messdaten einer Messung am Tag so aussehen, dass die jeweilige Kurve zu Beginn und zu Ende der Aufzeichnung „glatt“ und ohne wesentliche Ausschläge verläuft. Der nächste Abschnitt der Aufzeichnung besteht aus einem „Paket“ von Ausschlägen, die von nicht näher zuzuordnenden Teilen der Front des jeweils gemessenen Fahrzeuges verursacht werden. Danach folgt ein Teil mit üblicherweise kleinen Ausschlägen, der von der Fahrzeugflanke verursacht wird. Vor dem letzten „glatten“ Abschnitt ist üblicherweise erneut ein „Paket“ von deutlichen Ausschlägen aufgezeichnet, das damit grob dem Fahrzeugheck zuzuordnen ist.

Bei der Bildung der normierten Kreuzkorrelationsfunktion über die gesamte Aufzeichnungsdauer haben diese „Ausschlag-Pakete“ zur Folge, dass neben dem Hauptmaximum auch „Pakete“ von Nebenmaxima entstehen. Da diese aber auf beiden Seiten des Hauptmaximums auftreten, ist anzunehmen, dass diese durch den Vergleich des „Heck-Pakets“ mit dem „Front-Paket“ und umgekehrt entstanden sind.

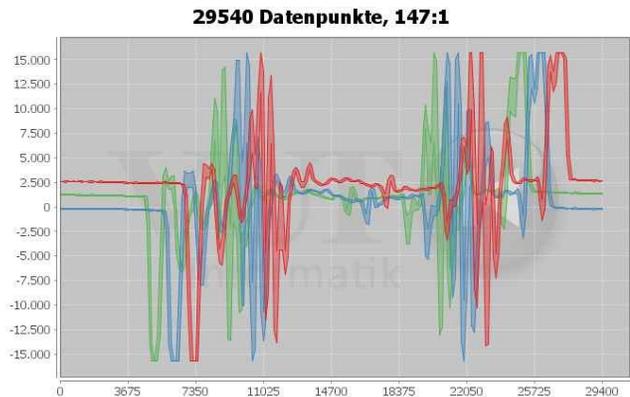
Der maximale Funktionswert liegt in diesem Bereich auch nur bei 0,3, statt wie beim Hauptmaximum bei 0,98.

Um in der Gesamtrechnung dominierende Signalanteile technisch bewerten zu können, ist eine abschnittsweise Auswertung der Signale erforderlich. Durch diese Art der Auswertung ist aus messtechnischer Sicht eine ausreichende Messsicherheit (grob vergleichbar mit der Ein- und Ausfahrtsmessung bei der  $\mu\text{p}80$ -Anlage) gewährleistet.

## 4.2 Messungen mit Einflüssen durch bewegte Fahrzeugteile



(a.) Messfoto



(b.) graphische Darstellung der in der Falldatei gespeicherten Messdaten



(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 4 – Einfluss von Felgen und Hintergrund

### Messungen, bei denen:

- das Fahrzeug eine plausible Position relativ zur Fotolinie einnimmt
- der gemessene seitliche Abstand der Position im befahrenen Fahrstreifen im Rahmen der Messtoleranz entspricht und
- die Korrelationsrechnung **nicht** ohne Weiteres **nachvollziehbare Ergebnisse** liefert

Bei der Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion über die gesamte Aufzeichnungsdauer ist festzustellen, dass in dem Messsignal unterschiedliche Geschwindigkeitsinformationen enthalten

sind (vgl. berechnete Daten rechts neben der Kreuzkorrelationsfunktion in Abb. 4). Dies ist hier offenbar auf die Miterfassung der Fahrzeugräder zurückzuführen.

In der Messdatei selbst sind vier weitere Zahlenwerte enthalten. Diese entsprechen drei Punktdifferenzen. Bei einer gegebenen Abtastrate des ES3.0 von 100 kHz lassen sich daraus entsprechend Geschwindigkeiten berechnen.

Bei der weitergehenden Auswertung wurden die in der Messdatei enthaltenen Signalkurven um die vom Messgerät gespeicherten Werte zeitlich verschoben, so dass die Signalkurven bei einer grafischen Darstellung „übereinander liegen“.

Wertet man die „übereinander gezogenen“ Signalkurven nun durch die Kreuzkorrelationsfunktion aus, so ergibt sich bei einem annähernd gleichartigen Verlauf der Signale eine hohe bis sehr hohe Übereinstimmung. Weiterhin ist – sofern der vom Messgerät ermittelte und in der Messdatei angegebene Zeitversatz zutreffend ist – bei der Berechnung der „übereinander gezogenen“ Signale kein Zeitversatz mehr festzustellen.

Ist bei der Auswertung zwar eine ausreichende Übereinstimmung der Signale gegeben, allerdings auch eine zeitliche Verschiebung festzustellen, so ist der vom Messgerät ermittelte Zeitversatz noch um diese zeitliche Verschiebung zu korrigieren.

Abbildung 5 zeigt die zeitlich verschobenen Messsignale, wobei hier zusätzlich die durch die Fahrzeugräder hervorgerufenen Impulse im Messsignal in etwa eingegrenzt wurden.

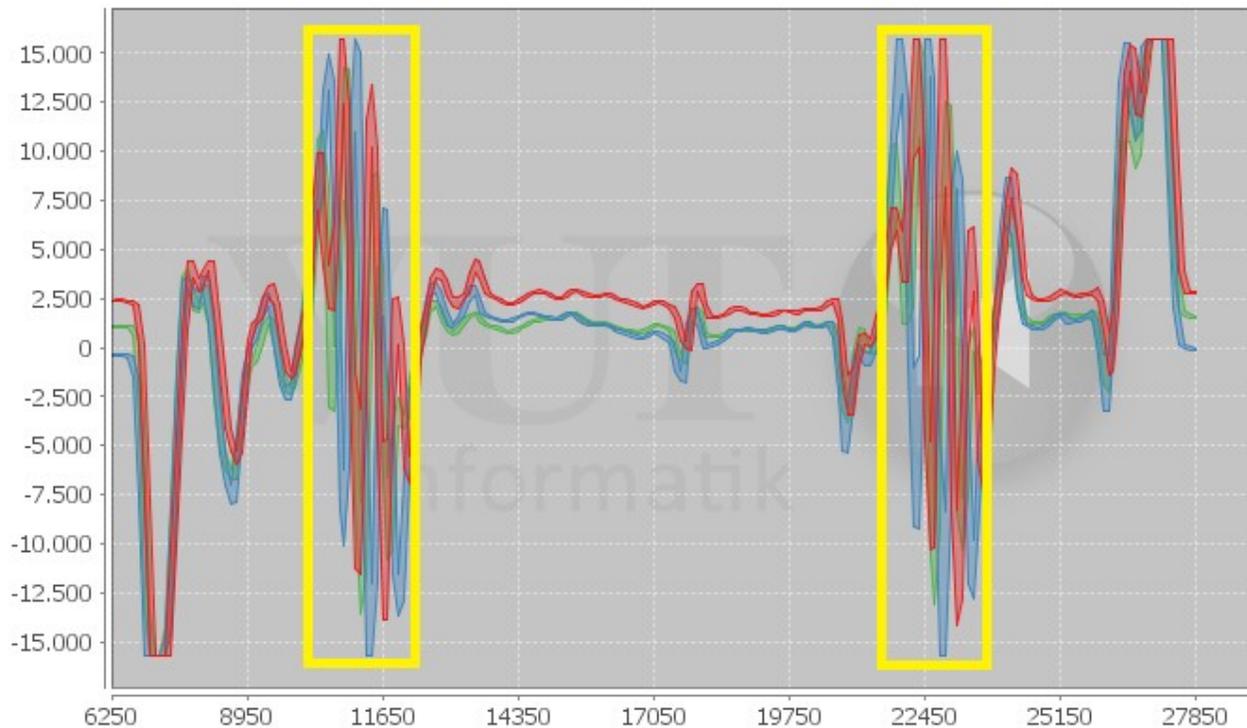
**21700 Datenpunkte, 108:1**

Abbildung 5: zeitlich verschobene Messsignale mit Eingrenzung der durch die Fahrzeugräder hervorgerufenen Impulse

Bei der Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion über einen dieser markierten Bereiche ergeben sich wiederum unterschiedliche Geschwindigkeiten (vgl. Abbildung 6).

Der vom Messgerät ermittelte und im Datensatz hinterlegte Zeitversatz zwischen den Signalen ist rechts oben, die berechneten Geschwindigkeits- und Abstandswerte sowie die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Signalen sind rechts unten neben der Funktion angegeben.

Bei Betrachtung der berechneten Kreuzkorrelationsfunktion ist bereits optisch festzustellen, dass sich hier nicht ein eindeutiges Hauptmaximum ergibt, sondern weitere Nebenmaxima auftreten.

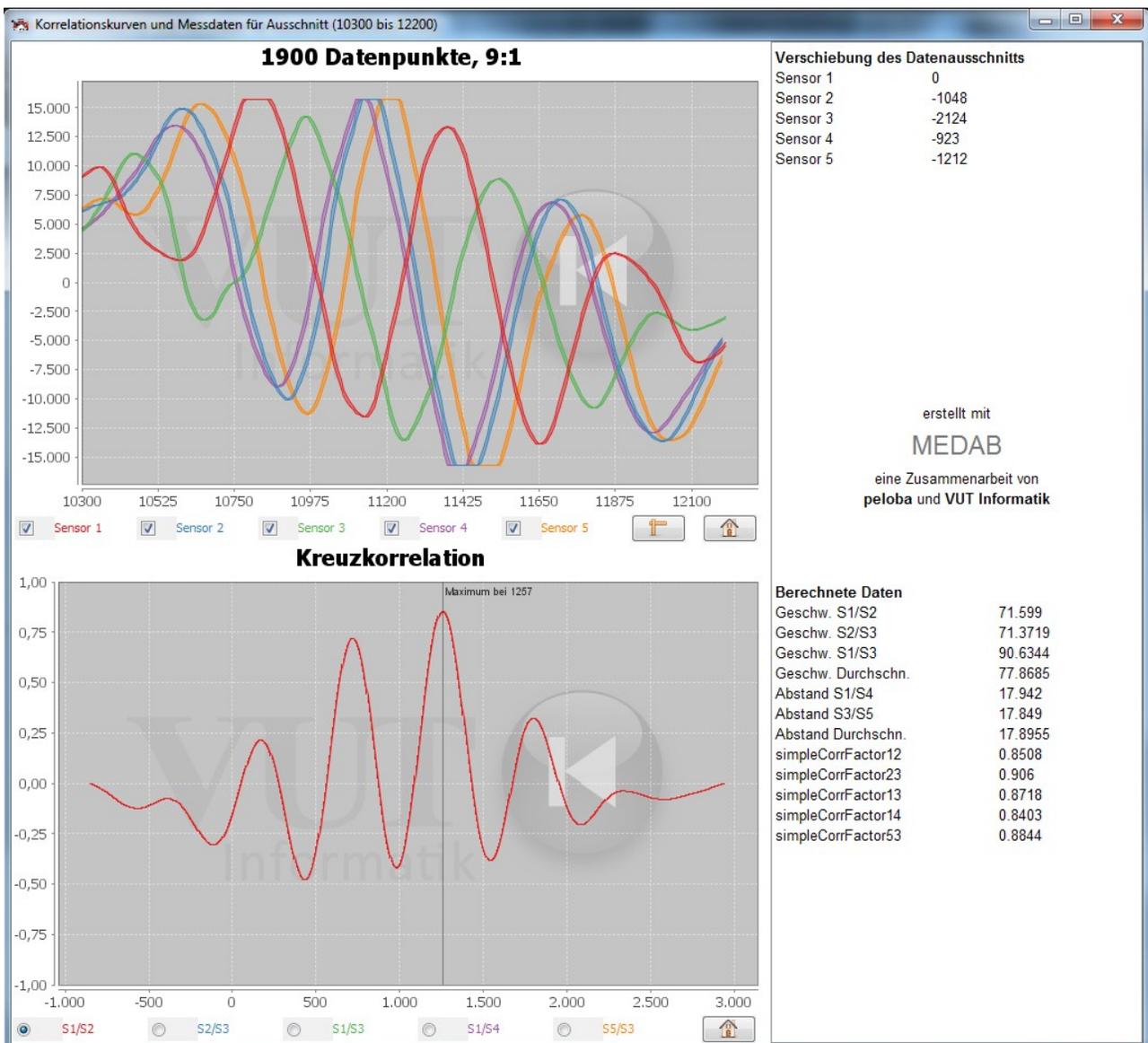


Abbildung 6: Auswertung der durch die Fahrzeigräder hervorgerufenen Impulse

Bei einer abschnittswise Auswertung der Anteile im Messsignal, welche grob der Fahrzeugfront bzw. dem Fahrzeugheck zuzuordnen sind, ist der vom Messgerät ermittelte Geschwindigkeitswert jedoch nachzuvollziehen.

Die Abbildungen 7 und 8 und zeigen die Auswertung über die Fahrzeugfront bzw. das Fahrzeugheck.

Bei Betrachtung der beiden berechneten Funktionen ist dabei festzustellen, dass sich das Hauptmaximum der jeweiligen Funktion klar von dem restlichen Verlauf abgrenzt.

Die vom Messgerät ermittelte Geschwindigkeit ist somit bei der Auswertung über die beschriebenen Teilbereiche nachzuvollziehen, wobei die Signale durchweg sehr hohe Übereinstimmung (Korrelationskoeffizient > 0,9) aufweisen.

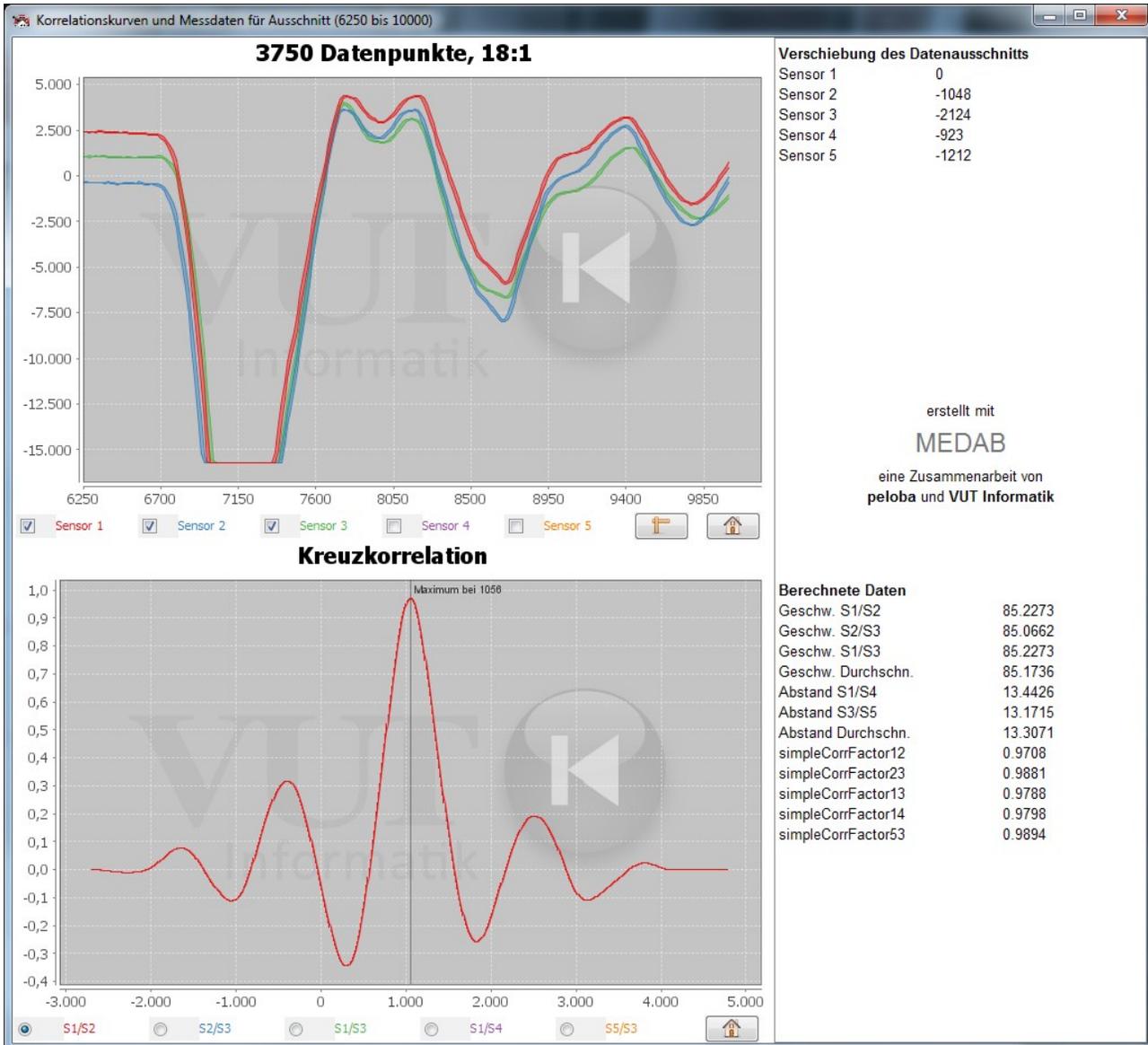


Abbildung 7: Auswertung über die Fahrzeugfront

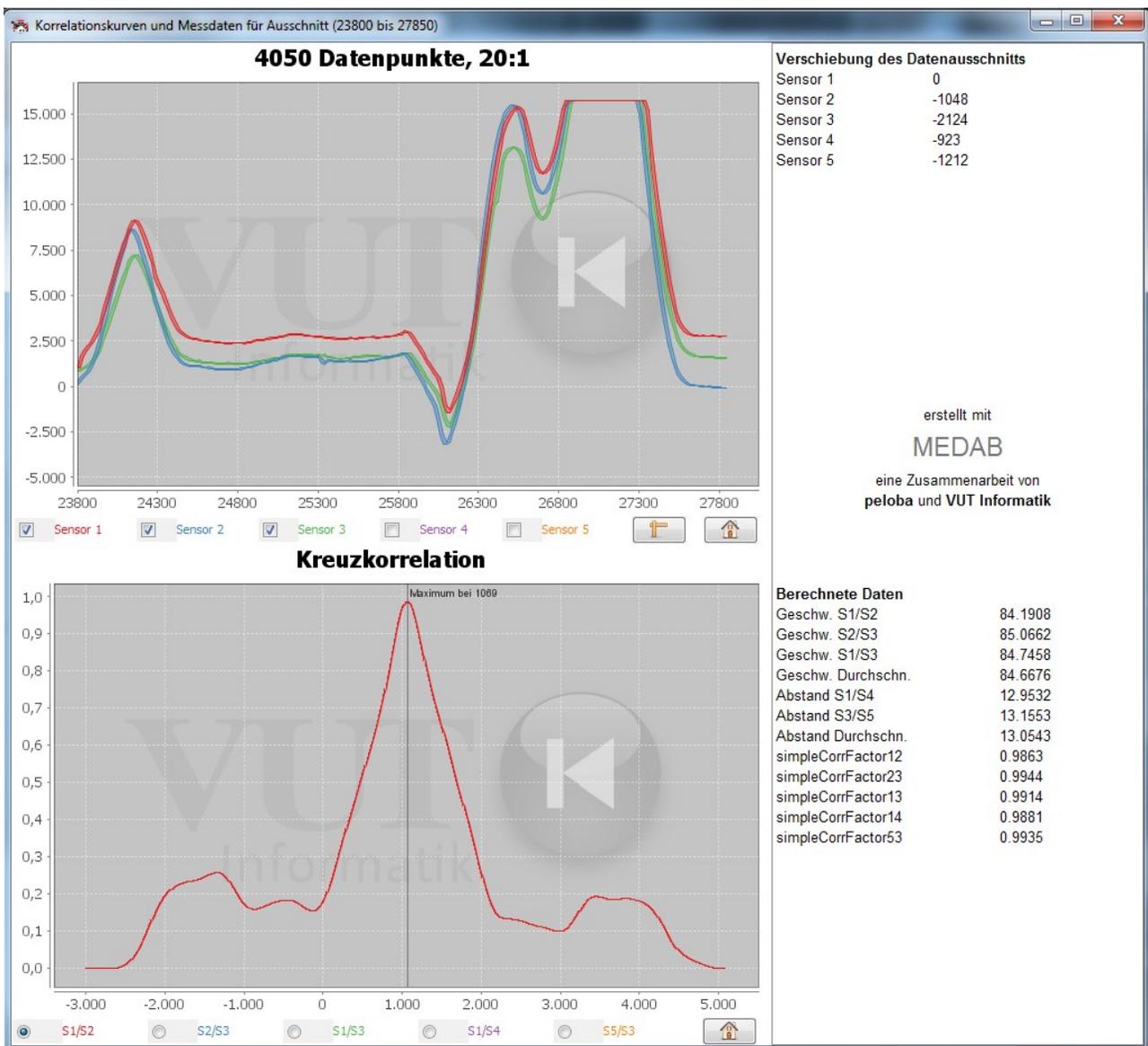


Abbildung 8: Auswertung über das Fahrzeugheck

Regelmäßig wird in Sachverständigengutachten sowie auch offenbar seitens der PTB die Annahme getroffen, dass Anteile der Fahrzeuigräder verlässlich anhand des ermittelten Korrelationskoeffizienten erkannt werden können.

So schreibt die PTB in den Vortragsunterlagen „Retroperspektive Korrelationsanalyse beim Geschwindigkeitsüberwachungsgerät ES3.0“ beispielsweise folgendes:

„Nur Peaks mit einem Gütefaktor von  $>0,95$  werden zur Messwertbildung herangezogen.“

Die ausschließliche Betrachtung des Korrelationskoeffizienten zur Erkennung von Anteilen der Fahrzeuigräder in den Signalen ist jedoch nicht in jedem Fall ausreichend, wie das nachfolgende Beispiel verdeutlicht.

Hier ergibt sich bei der Auswertung über den gesamten Signalverlauf zwischen allen drei Sensoren eine Geschwindigkeit von abgerundet 56 km/h. Die Korrelationskoeffizienten nehmen Werte von 0,9809 bis 0,9929 an. Die Bereiche der Fahrzeugräder sind hierbei in etwa eingegrenzt.

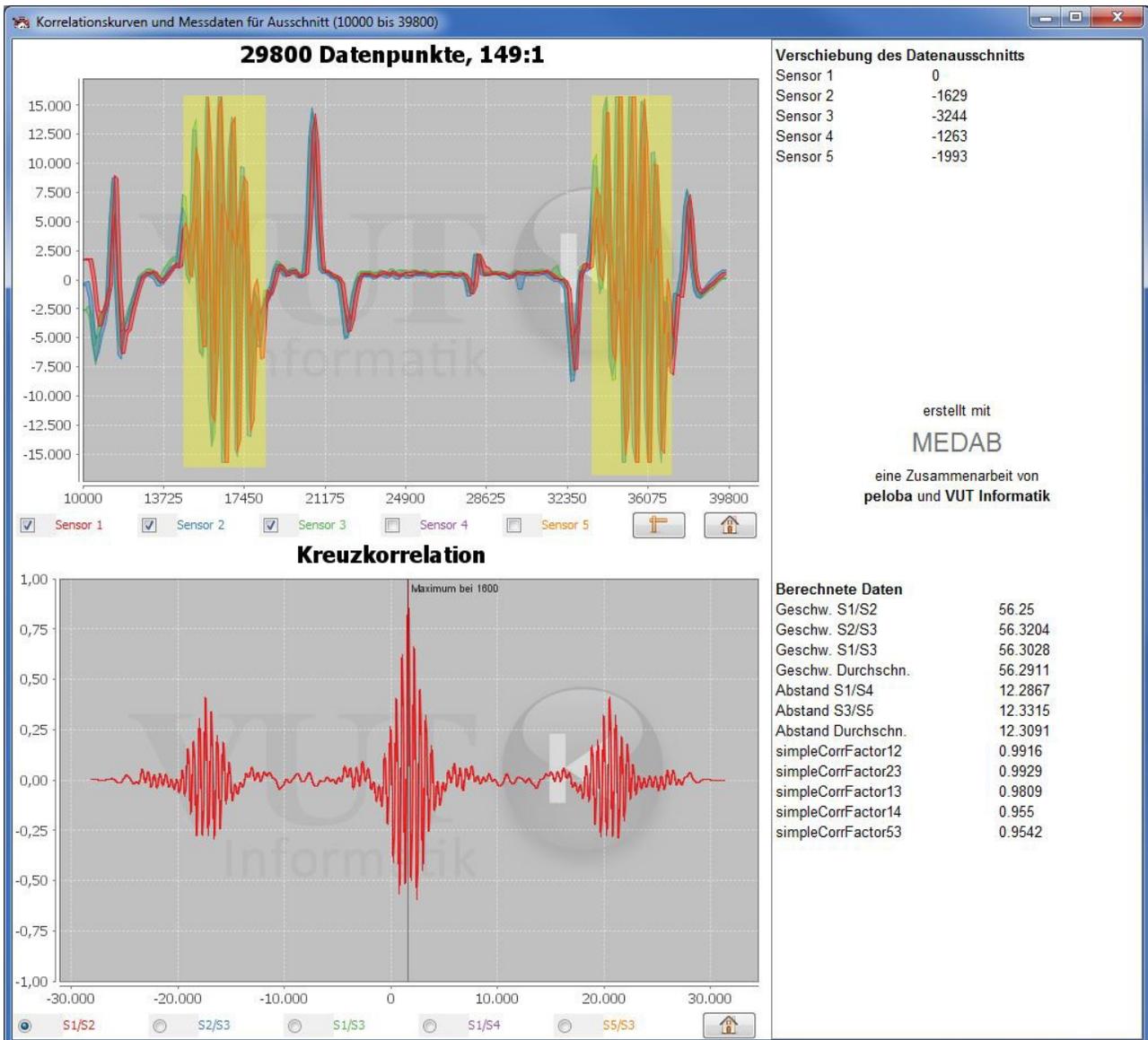


Abbildung 9: Auswertung der zeitlich verschobenen Signale mit etwaiger Eingrenzung der Bereiche der Fahrzeugräder

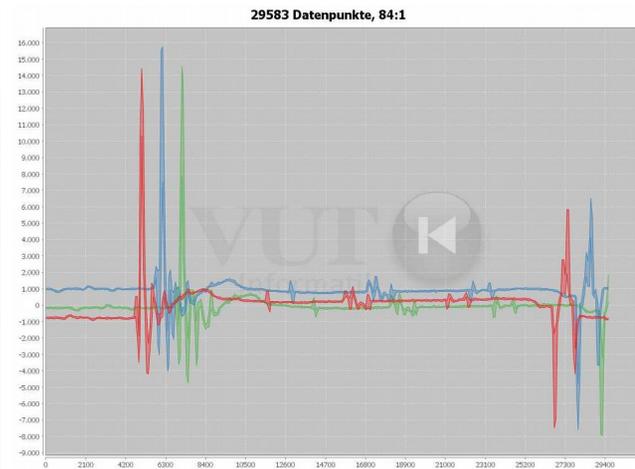
Bei der abschnittswisen Auswertung über die markierten Bereich der Fahrzeugräder ergeben sich ebenfalls Geschwindigkeitswert von jeweils abgerundet 56 km/h. Die Korrelationskoeffizienten betragen durchweg mehr als 0,99.

Werden bei der abschnittswisen Auswertung die Abschnitte herangezogen, welche grob der Front, der Flanke und dem Heck des Fahrzeuges zugeordnet werden können, ergeben sich Geschwindigkeitswerte von jeweils abgerundet 55 km/h bei Korrelationskoeffizienten von durchweg mehr als 0,99.

### 4.3 Zwei Fahrzeuge im Messbereich



(a.) Messfoto



(b.) graphische Darstellung der in der Falldatei gespeicherten Messdaten



Berechnete Daten	
Geschw. S1/S2	85.2273
Geschw. S2/S3	85.0662
Geschw. S1/S3	85.1064
Geschw. Durchschn.	85.1333
Abstand S1/S4	5.8741
Abstand S3/S5	5.9419
Abstand Durchschn.	5.908
simpleCorrFactor12	0.5638
simpleCorrFactor23	0.5494
simpleCorrFactor13	0.667
simpleCorrFactor14	0.807
simpleCorrFactor53	0.7818

erstellt mit  
MEDAB

(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 10 – Einfluss von 2 Fahrzeugen

Messungen, bei denen:

- **zwei Fahrzeuge** eine plausible Position relativ zur Fotolinie einnehmen
- und dadurch in dem Messsignal **unterschiedliche Geschwindigkeiten** vorhanden sind

Bei der Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion über die gesamte Aufzeichnungsdauer ist der vom Messgerät ermittelte Geschwindigkeitswert zwar nachzuvollziehen, allerdings ergeben sich nur geringe Korrelationskoeffizienten.

In dem Messsignal sind zwei „Ausschlag-Pakete“ zu erkennen. Bei einer separaten Auswertung der beiden Pakete ist eindeutig festzustellen, dass die vorderen Impulse im Messsignal von dem Fahrzeug auf dem linken (weiter entfernten) Fahrstreifen und die hinteren Impulse von dem Fahrzeug auf dem rechten Fahrstreifen stammen.

Bei Auswertung des ersten Pakets ergibt sich eine Geschwindigkeit von ca. 85 km/h bei einem Abstand von ca. 6 m. Die Signalgüte beträgt 0,862 bis 0,926 und dokumentiert somit eine hohe bis sehr hohe Übereinstimmung.

Bei der Auswertung des zweiten Pakets ergibt sich eine Geschwindigkeit von ca. 73 km/h bei einem Abstand von 2,18 bis 2,34 m. Die Signalgüte beträgt zumindest zwischen Sensor 1 und 2 0,888. Die geringe Übereinstimmung zwischen Sensor 2 und 3 bzw. 1 und 3 lässt sich dahingehend nachvollziehen, dass die Signale des zweiten Ausschlag-Pakets bei Datenpunkt 29400 „abgeschnitten“ sind.

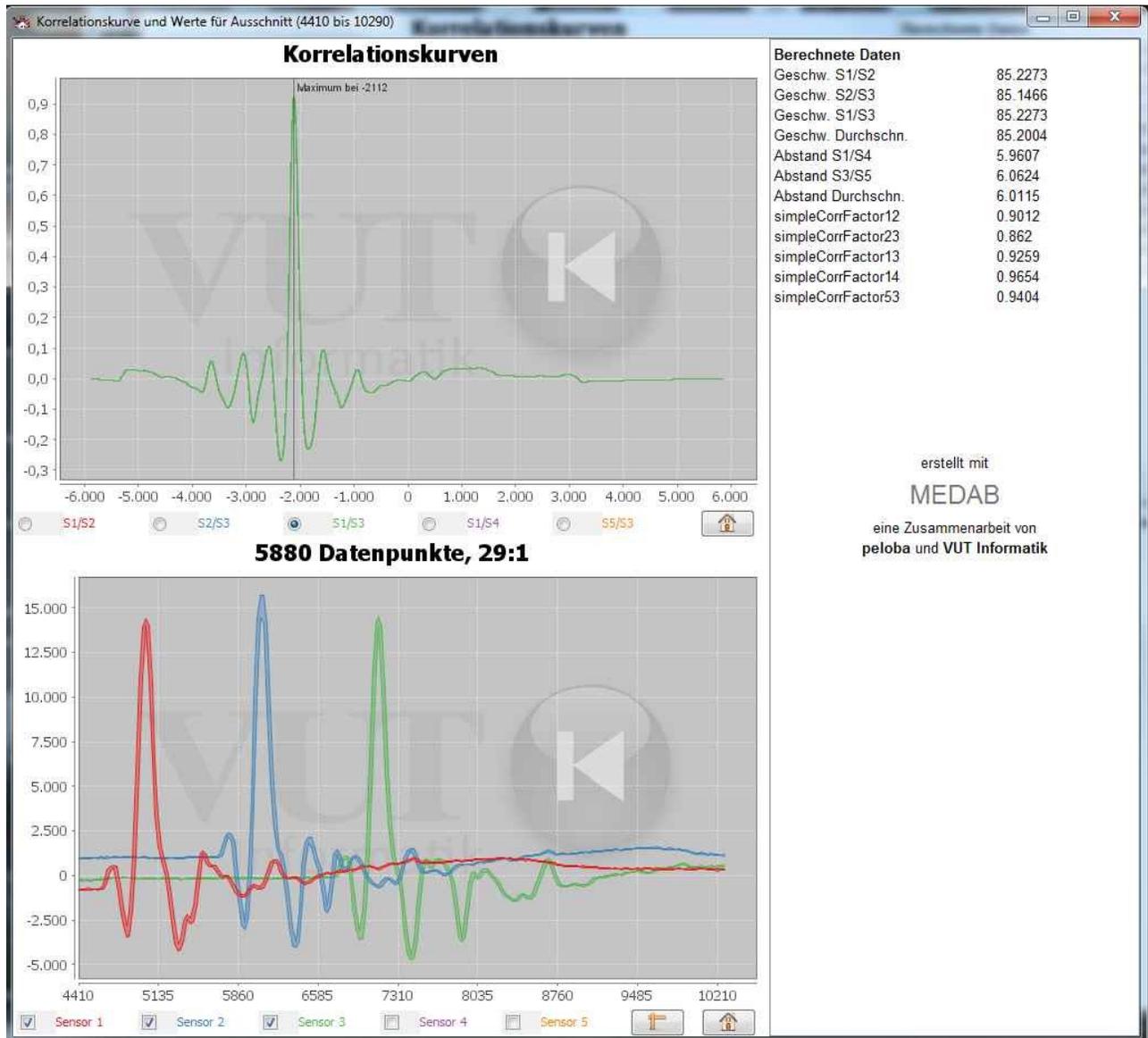


Abbildung 11: Auswertung der vorderen Impulse im Messsignale (erstes Paket)

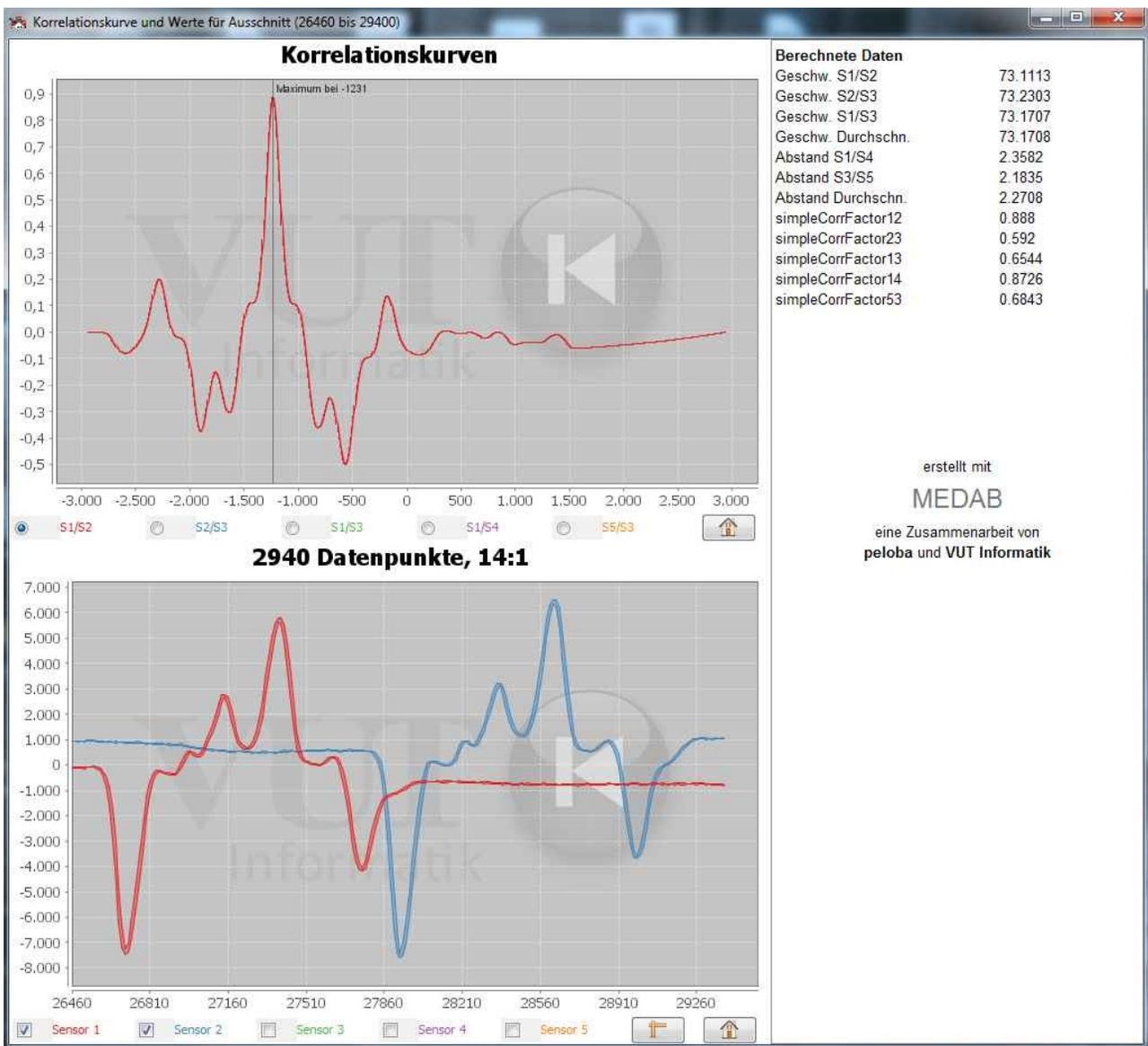


Abbildung 12: Auswertung der hinteren Impulse im Messsignal (zweites Paket)

Die Auswertung zeigt, dass eine Messung auch für den Fall, dass unterschiedliche Geschwindigkeitsinformationen im Messsignal vorhanden sind, vom Messgerät nicht verworfen wird.

Der Anteil am Messsignal der tatsächlich von dem gemessenen Fahrzeug stammt lässt sich im gezeigten Beispielfall mit 2205 Datenpunkten (z. B. 4410 bis 6615 Datenpunkte bei Sensor 1) eingrenzen, was bei einer Geschwindigkeit von 85 km/h einer Kontrolllänge von lediglich ca. 0,52 m entspricht.

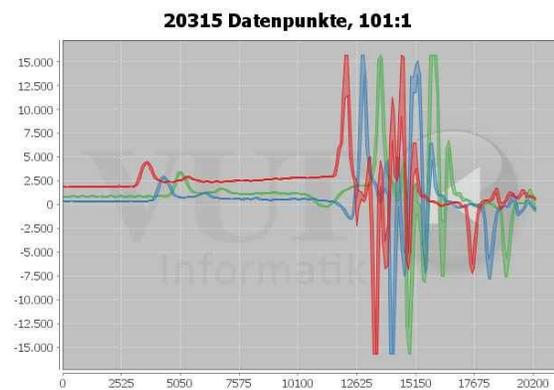
Eine weitergehende Überprüfung des dabei ermittelten Geschwindigkeitswertes (z. B. am Fahrzeugheck) kann nicht erfolgen, da das gemessene Fahrzeug anschließend von dem rechts fahrenden Fahrzeug verdeckt wird. Zwar werden der geringere Geschwindigkeitswert und der geringere Abstand des zweiten Fahrzeugs bei der geräteinternen Auswertung offenbar vom Messgerät erkannt und nicht berücksichtigt, jedoch erfolgt keine Annullation der Messung. Eine Vierfachmessung wie beim  $\mu P80$  ist hier definitiv nicht möglich gewesen.

Den Angaben des Geräteherstellers, nach denen das Messsignal über eine Kontrollstrecke von 5 m überprüft wird (aufgeführte Kontrolllänge in den eso-Dateien), ist somit nicht ohne Weiteres zu folgen.

## 4.4 Schattenmessungen

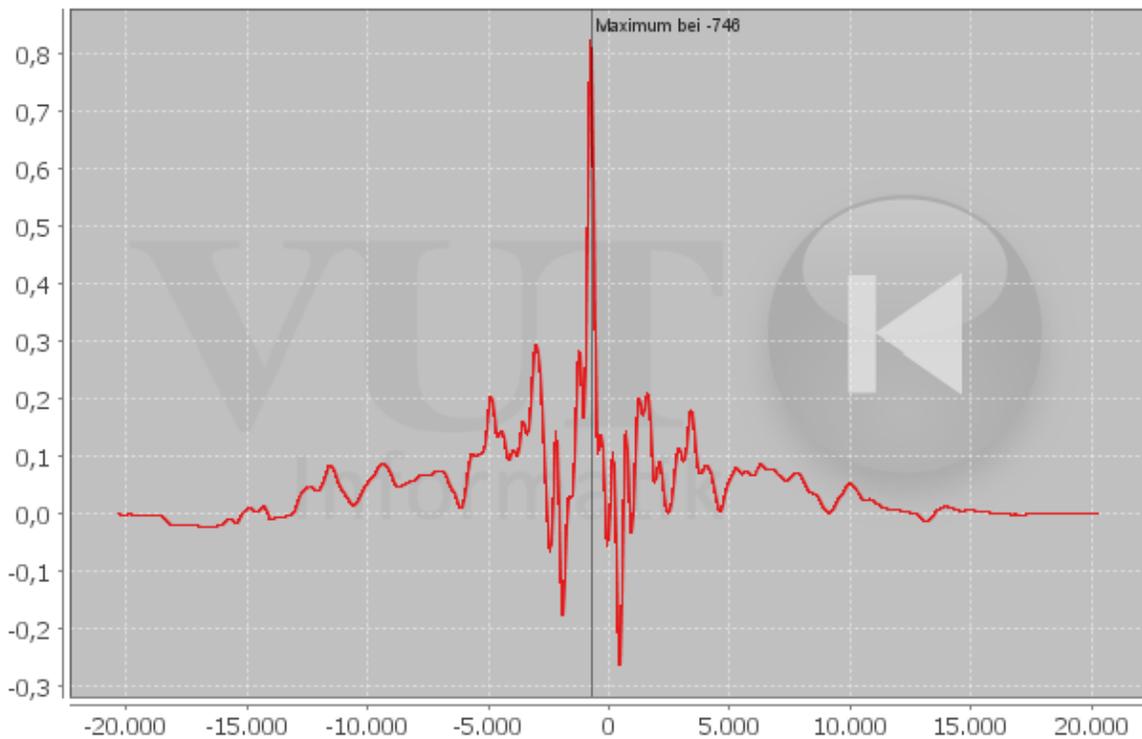


(a.) Messfoto



(b.) graphische Darstellung der in der Falldatei gespeicherten Messdaten

## Korrelationskurven



(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 13 – Schattenmessung

### Messungen, bei denen:

- das Fahrzeug eine abweichende Position relativ zur Fotolinie hat, nämlich diese noch nicht erreicht hat (sog. **Schattenmessungen**),
- der gemessene seitliche Abstand der Position im befahrenen Fahrstreifen im Rahmen der Messtoleranz entspricht und
- die Kurven aus den gespeicherten Messdaten einen deutlich anderen Verlauf als „üblich“ aufweisen.

Bei den im Rahmen von Schattenmessungen, die durch die Gebrauchsanweisung vom 25.11.2009 des Herstellers als akzeptabel bezeichnet wurden, gespeicherten Messdaten ist festzustellen, dass die daraus resultierenden Kurven im Vergleich zu „üblichen“ Messungen einen vollständig anderen Verlauf zeigen. Hier ist nach einem ersten „glatten“ Abschnitt anstatt des „Front-Paketes“ ein wellenförmiger Verlauf festzustellen, dem wieder ein glatter Abschnitt folgt, bevor das erste „Paket“ von Ausschlägen (Front?) aufgezeichnet wird. Danach endet bereits die Aufzeichnung.

Hier ist damit davon auszugehen, dass ein wesentlicher Anteil des zur Bestimmung der Geschwindigkeit des abgebildeten Fahrzeuges verwendeten Signals nicht unmittelbar vom Fahrzeug selbst stammt. Zudem ist festzustellen, dass die normierte Kreuzkorrelationsfunktion am absoluten Maximum regelmäßig einen deutlich niedrigeren Wert annimmt als in Fall 1, bspw. um 0,8 im vorstehenden Fallbeispiel.

Eine Verwertung einer solchen Messung erscheint vor dem Hintergrund des zweiten Hinweises oben nur dann sinnvoll, wenn sichergestellt ist, dass sich der Schatten mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Fahrzeug bewegt hat.

Dies ist insofern kritisch, als dass ein wesentlicher Anteil am Signal aus dem Signal des Schattens und den konstant niedrigen Werten vor der Fahrzeugfront besteht.

Ein Schatten bewegt sich im allgemeinen nur dann mit der Geschwindigkeit des Fahrzeugs, wenn das Licht, welches den Schatten hervorruft, von einer weit entfernten Lichtquelle, wie der Sonne, stammt und die Projektionsfläche parallel zur Bewegungsrichtung liegt. Dies gilt weder für Scheinwerfer als Lichtquelle noch für verbogene Leitplanken als Projektionsflächen. Ein solches Signal ist damit umso verlässlicher, je kürzer der Abstand zwischen Schatten und Fahrzeugfront ist, da nur dann sichergestellt ist, dass genügend Signalinformationen vom Fahrzeug in die Rechnung mit eingehen. Nur dann ist überprüfbar, ob sich der Schatten und die Fahrzeugfront mit der gleichen Geschwindigkeit bewegen.

Allerdings ist ein solches Signal immer skeptisch zu bewerten, wenn nicht sichergestellt ist, dass sich die Bedingungen, die zur Messwertbildung geführt haben, auch reproduzieren lassen.

Die Problematik bei den Schattenmessung hat offenbar jedoch auch der Hersteller erkannt. Mit Verwendung der Software 1.004 waren Messungen festzustellen, bei denen die Messung durch einen Schattenwurf ausgelöst, die Datenaufzeichnung gegenüber einer „normalen“ Messung gleichzeitig jedoch auf ca. 10 m bis 12 m verlängert wurde.

Allerdings sind auch ab Softwareversion 1.004 weiterhin Messsituationen anzutreffen, bei denen vorausseilende Schatten oder Lichtreflexe o. Ä. bei der geräteinternen Auswertung **nicht** als solche erkannt werden.

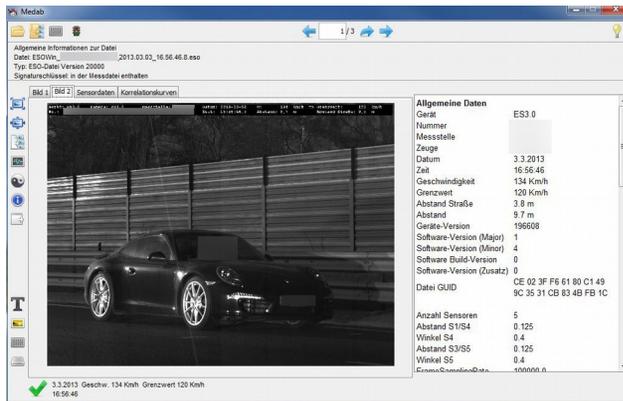


Abb. 14: Messfoto einer erkannten Schattenmessung (Software 1.004)

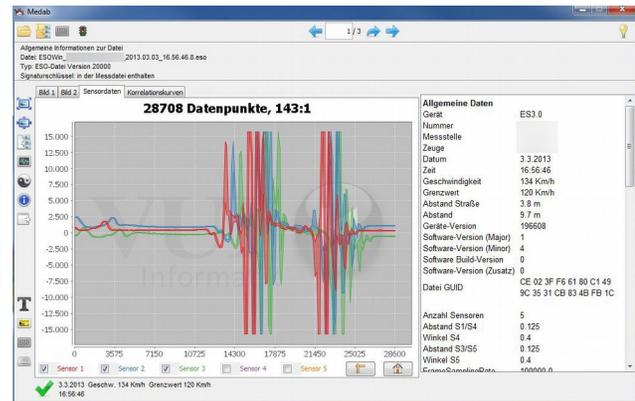


Abb. 15: aufgezeichnete Messsignale

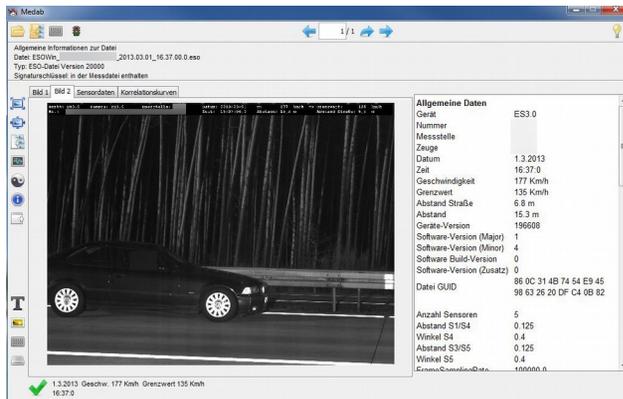


Abb. 16 Messfoto einer nicht erkannten Schattenmessung (Software 1.004)

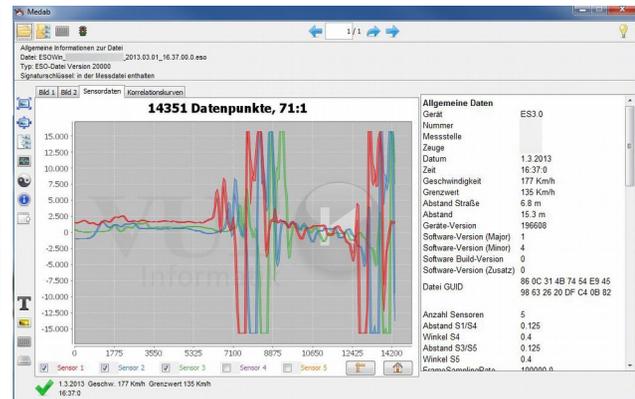
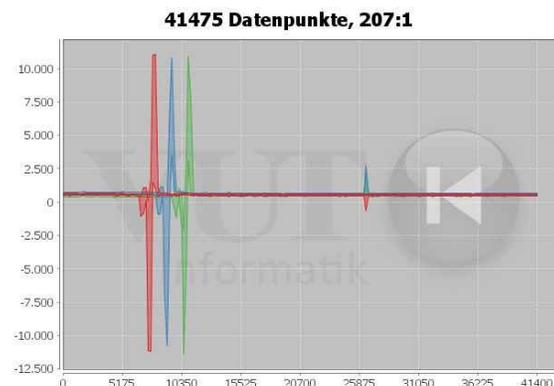


Abb. 17: aufgezeichnete Messsignale

## 4.5 Heckmessungen

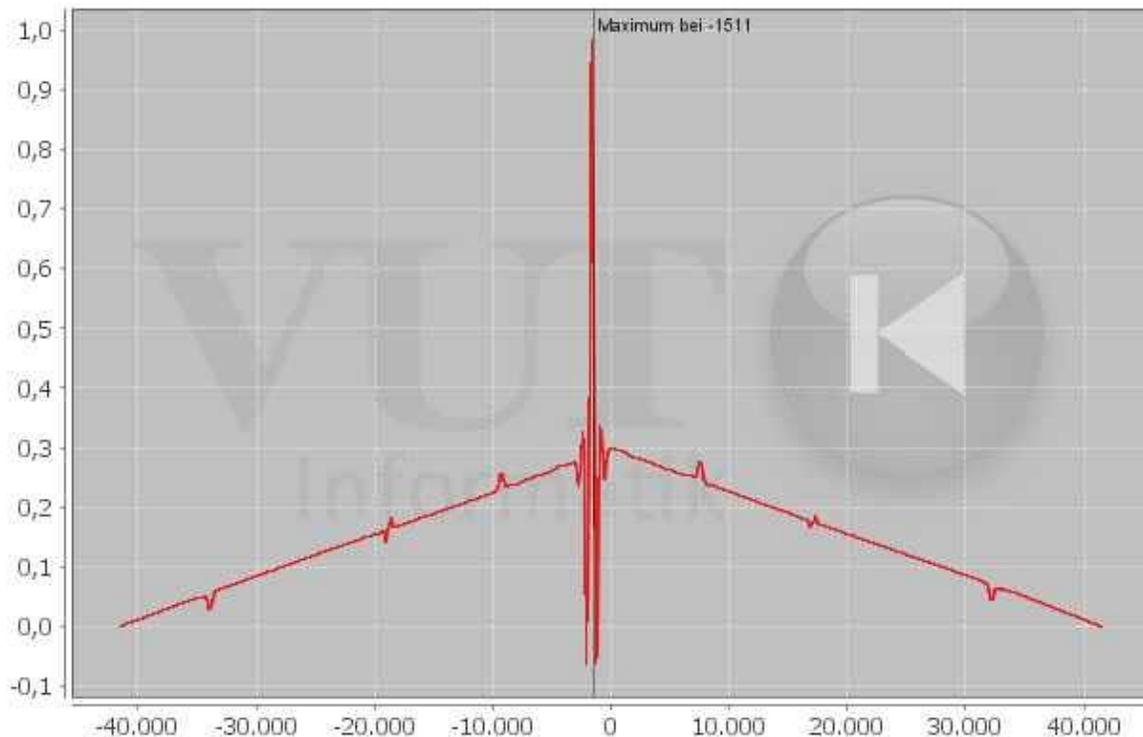


(a.) Messfoto, überlagert mit Fotoliniendokumentation



(b.) graphische Darstellung der in der Falldatei gespeicherten Messdaten

## Korrelationskurven



(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 18 – Heckmessung

### Messungen, bei denen:

- das Fahrzeug eine abweichende Position relativ zur Fotolinie hat, nämlich diese bereits deutlich überfahren hat (sog. **Heckmessungen**),
- der gemessene seitliche Abstand der Position im befahrenen Fahrstreifen im Rahmen der Messtoleranz entspricht und
- die Kurven aus den gespeicherten Messdaten einen deutlich anderen Verlauf aufweisen als „üblich“.

Bei den im Rahmen von Heckmessungen, die von Anfang an vom Hersteller als akzeptabel bezeichnet wurden, ausgewerteten Messdaten ist festzustellen, dass die daraus resultierenden Kurven im Vergleich mit „üblichen“ Messungen einen ebenfalls vollständig anderen Verlauf zeigen. Hier besteht nach einem ersten „glatten“ Abschnitt das „Front-Paket“ aus wenigen sehr intensiven Ausschlägen und danach ist die restliche Aufzeichnung „glatt,“ bis auf die Auslösung des Blitzes bei der Fertigung des Messfotos.

Auch wenn, bedingt durch den sehr einfachen Verlauf der Signale, die normierte Kreuzkorrelationsfunktion einen sehr markanten Verlauf mit einzig dem Hauptmaximum als relevantem Ausschlag hat, so ist dennoch zu bedenken, dass hier in diese Rechnung nur rund 5% (genauer Wert abhängig von der einzelnen Messung) aller aufgezeichneten Werte einen realen Beitrag zur Messwertbildung liefern.

Da zudem die Signale nur an einem einzigen kurzen Bereich am Fahrzeug abgetastet werden, ist hier vor allem bei nah am Sensor vorbeifahrenden Fahrzeugen nicht nachvollziehbar, wie Stufenprofilmessungen, die u. a. bei Lichtschranken bereits eine Fehlerquelle dargestellt haben, ausgeschlossen werden sollen [5].

Eine abschnittsweise Auswertung der Signale zur Verifikation der Geschwindigkeit an unterschiedlichen Stellen im Signalverlauf (etwa Front und Heck) und damit die Herstellung einer mit der  $\mu$ p80-Anlage vergleichbaren Messsicherheit ist hier jedenfalls nicht möglich.

Diese Problematik betrifft gleichermaßen solche Situationen, bei denen die Messung lediglich über die Frontleuchte des Fahrzeuges erfolgt ist. Der einzige Unterschied zur Heckmessung besteht darin, dass die Beeinflussung bei der Datenaufzeichnung anhand des Messfotos nicht erkennbar ist.

## 4.6 Einflüsse durch Leuchtdioden

Die Auswertung von Falldateien in jüngerer Zeit hat zudem gezeigt, dass die aufgezeichneten Signale bei Fahrzeugen mit LED-Leuchten deutlich beeinflusst werden und durch den Messalgorithmus offenbar nicht mehr messsicher ausgewertet werden.

Beim folgenden Fallbeispiel wurde vom Messgerät eine Geschwindigkeit von 88 km/h ermittelt.

Hier soll im Folgenden die Auswertung über den vorderen Datenbereich gezeigt werden.

Die Auswertung über diesen Datenbereich ergibt zunächst Geschwindigkeiten von 88,93 km/h bis 89,37 km/h. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0,892 bis 0,9683.

Bei Inaugenscheinnahme des Signalverlaufs ist festzustellen, dass während der bei der Einfahrt des Fahrzeuges erkannten Helligkeitsveränderung offenbar ein weiterer Effekt zu einer weiteren zusätzlichen Helligkeitsveränderung geführt hat. Hierdurch ist der Signalverlauf („zusätzliche

Signalspitzen“) im Datenbereich 7525 bis 7625 (orientiert am Signal von Sensor 1) entstanden. Die Entstehung dieser „zusätzlichen Signalspitzen“ bzw. der drei „Störimpulse“ ist aller Voraussicht nach auf die Erfassung der gepulsten LED-Leuchten des Fahrzeuges zurückzuführen.

In aktuellen Fahrzeugmodellen werden sowohl für das Rück- und das Tagfahrlicht als auch zunehmend für das Abblendlicht lichtemittierende Dioden (LEDs) verbaut. Diese leuchten im Gegensatz zu konventionellen Glühfadenlampen nicht kontinuierlich, sondern werden ständig an- und ausgeschaltet (gepulst). Die typischen Pulsfrequenzen (d. h. Ein- und Ausschaltvorgänge pro Sekunde) liegen zwischen 200 Hz und 600 Hz [6]. Da sich das Fahrzeug während einer Pulsdauer nicht wesentlich, d.h. um nicht mehr als den Durchmesser des Sichtfeldes der Sensoren, weiter bewegt, würde nicht die Fortbewegung der LED mit dem Fahrzeug aufgezeichnet, sondern ein Ein- und Ausschaltvorgang. D. h. die Signale gehen nicht von einer gleichmäßig abstrahlenden und nur bewegten Lichtquelle aus, sondern die Lichtquelle verändert sich.

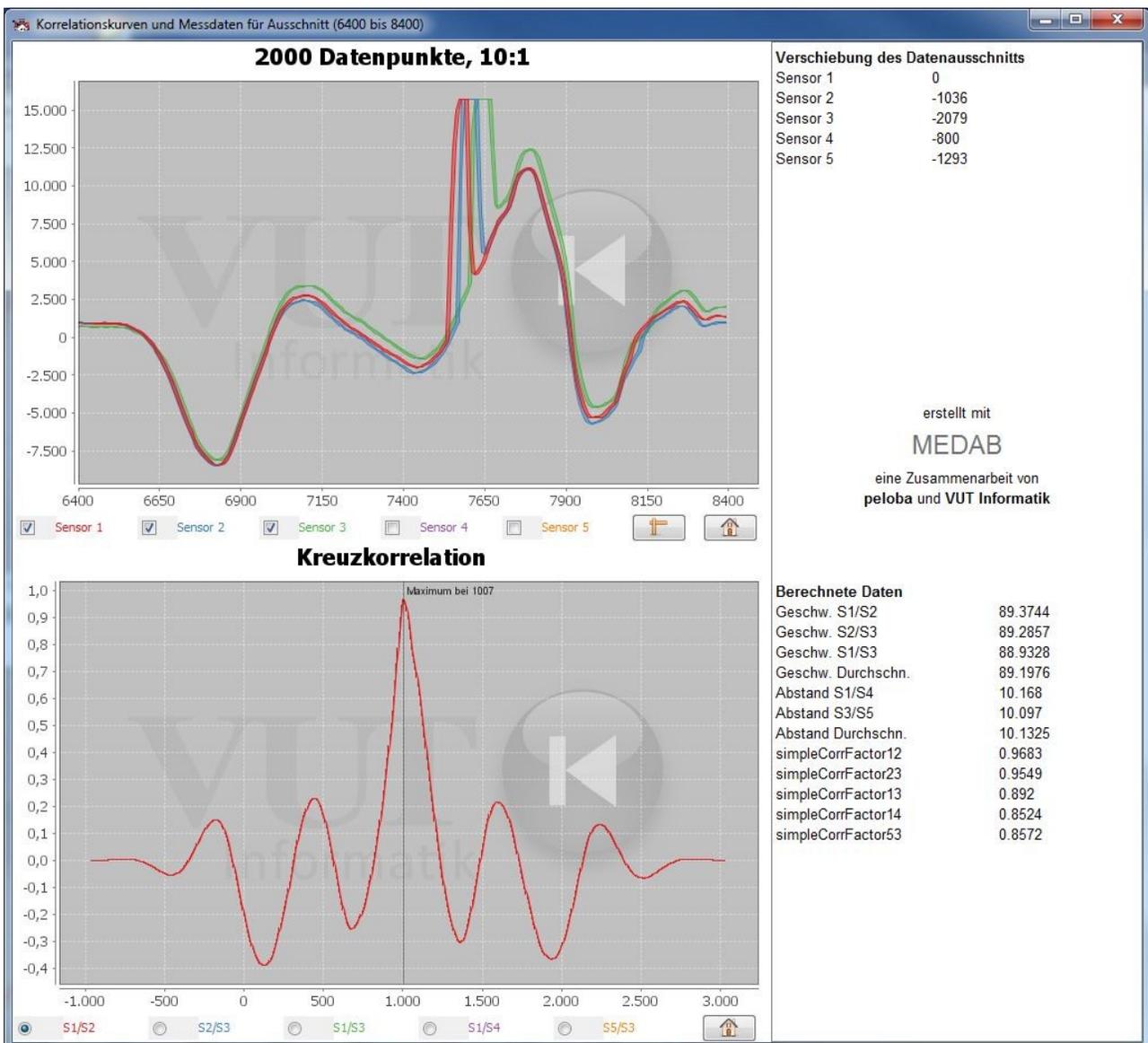


Abbildung 19: Auswertung über die Fahrzeugfront – gesamter Datenbereich

Wertet man nun die Signale abschnittsweise aus, so ergeben sich über den ersten Abschnitt (bis Datenpunkt 7500) Geschwindigkeitswerte von 86,70 km/h bis 87,12 km/h bei Korrelationskoeffizienten von 0,9768 bis 0,9978.

Bei der abschnittweisen Auswertung der drei „Störimpulse“ ergeben sich Geschwindigkeitswerte von jeweils abgerundet 89 km/h. Bei entsprechender Optimierung der Vorverschiebung der Signale ergeben sich Korrelationskoeffizienten von 0,9696 bis 0,9924.

Dies zeigt, dass Auswahl und Umfang des zugrunde gelegten Datenbereichs das Ergebnis der Auswertung erheblich beeinflussen können (vgl. hierzu auch die Ausführungen unter Punkt 4.7).

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die abschnittsweise Auswertung über die beiden Teilbereiche.

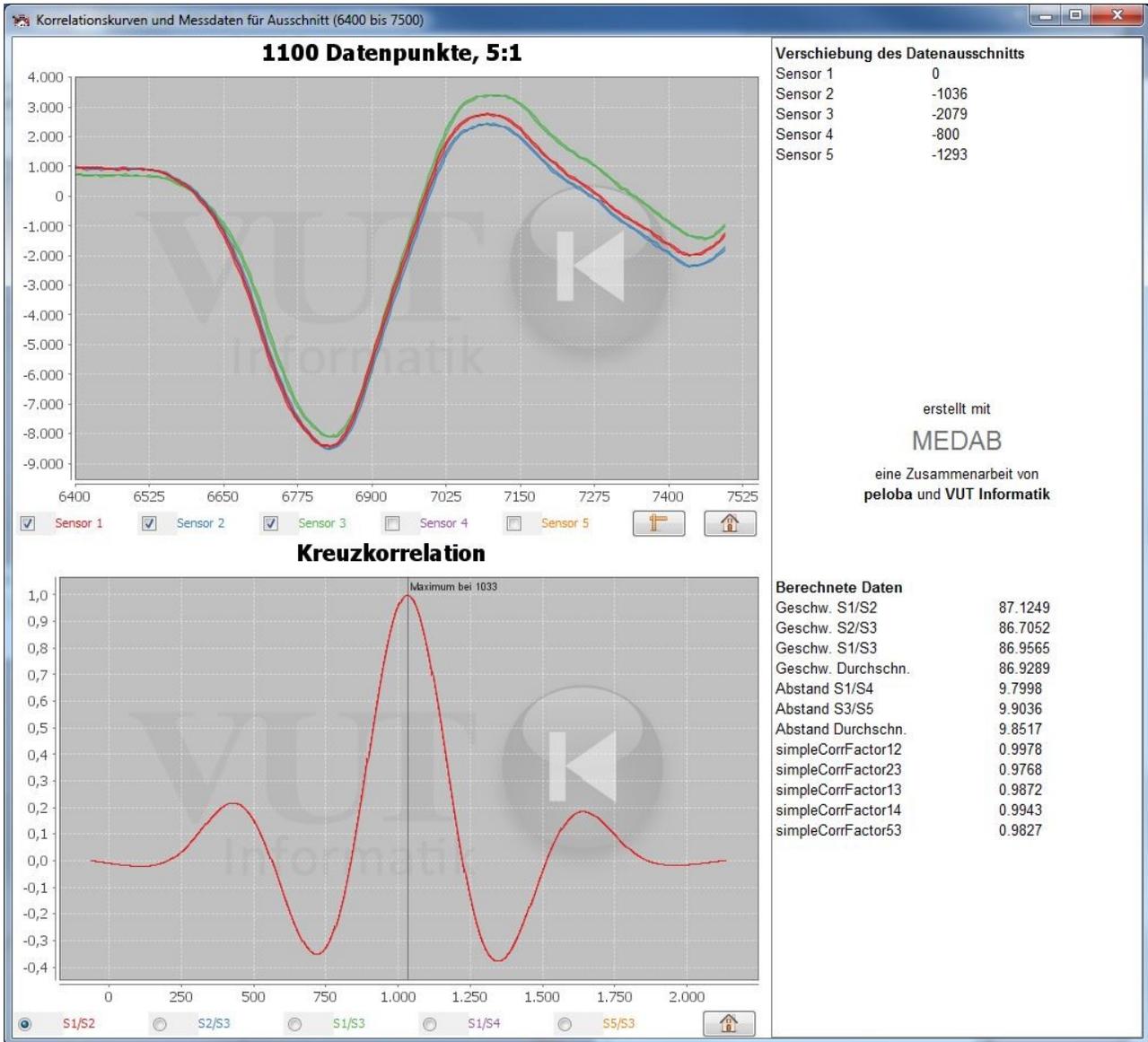


Abbildung 20: Auswertung über die Fahrzeugfront – erster Abschnitt

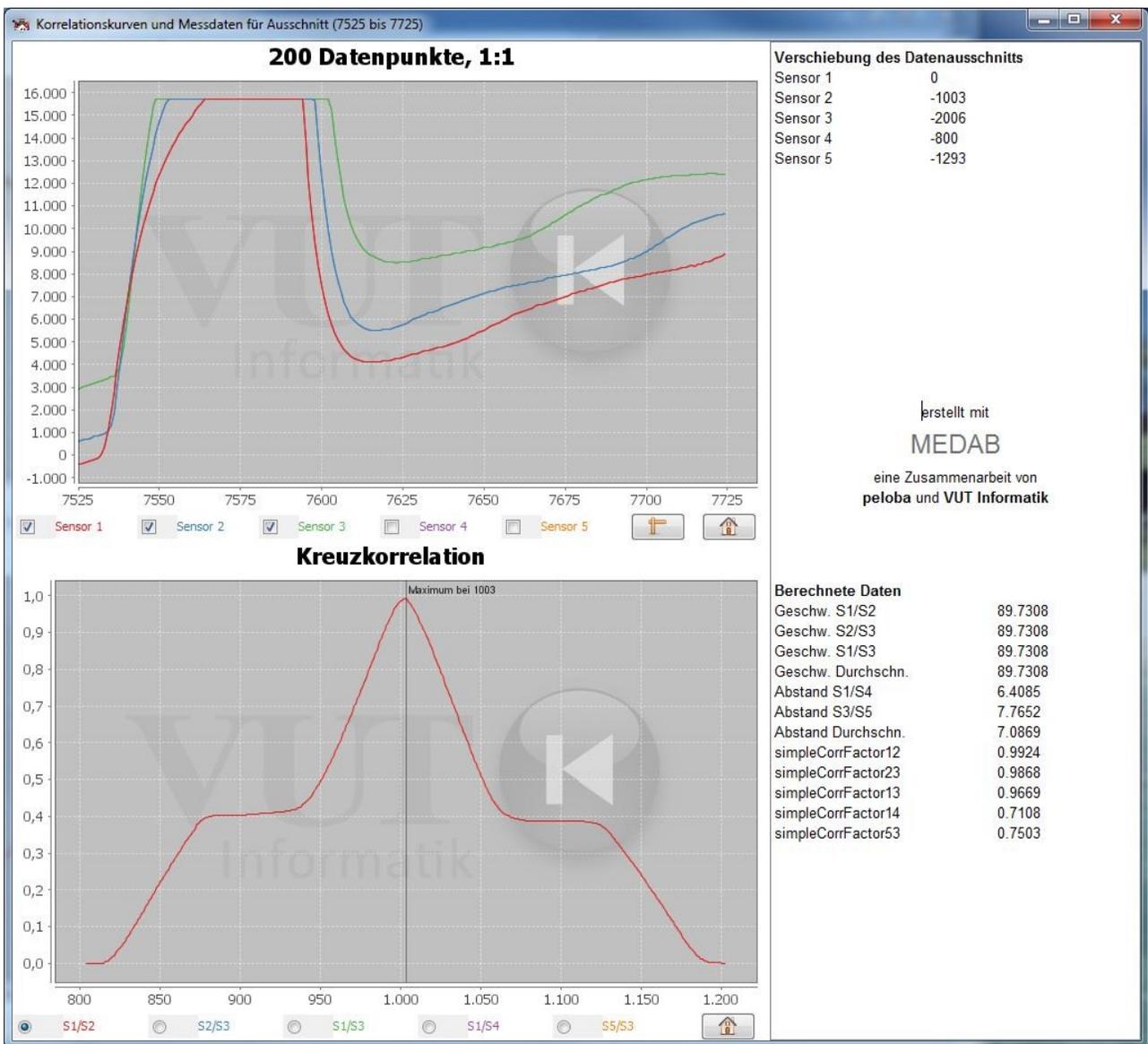


Abbildung 21: Auswertung über die Fahrzeugfront – Auswertung der „Störimpulse“

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft den Einfluss der Schaltvorgänge der LEDs in den Signalen der Sensoren.

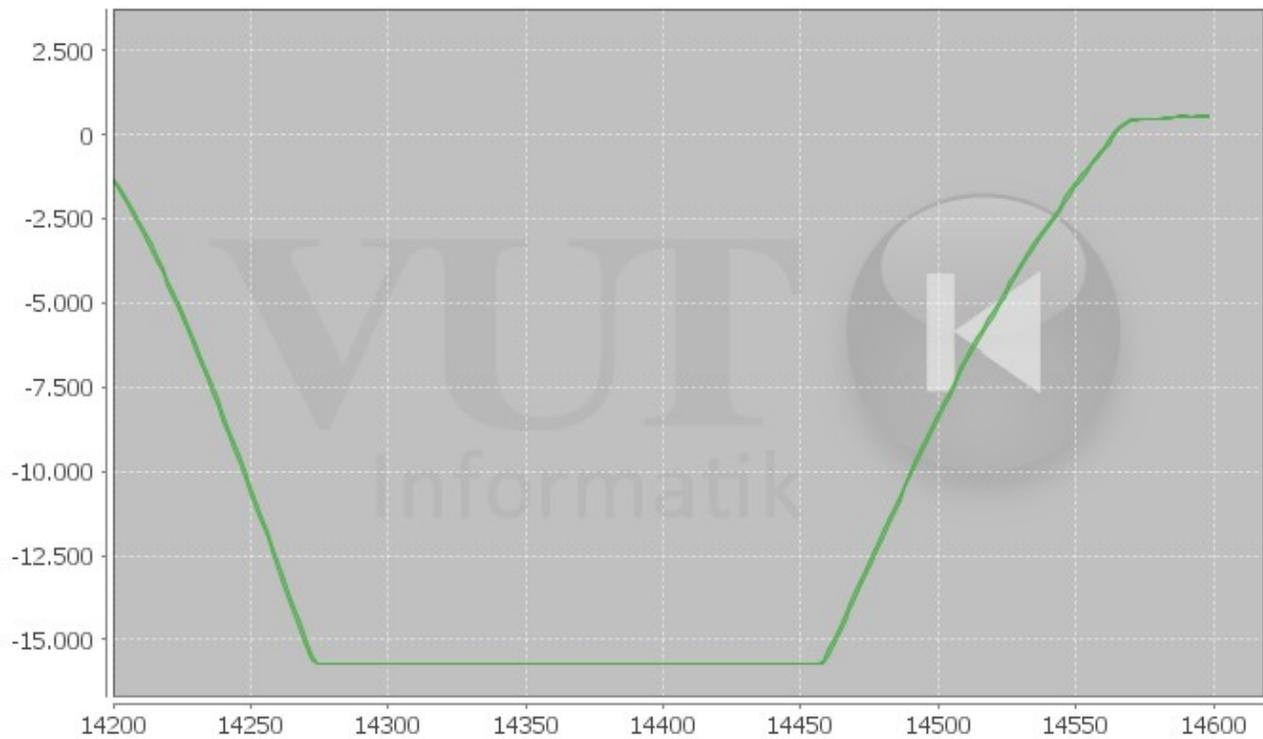


Abbildung 22: Ungestörtes Signal Sensor 3 ohne Schaltvorgang während abgebildetem Zeitraum

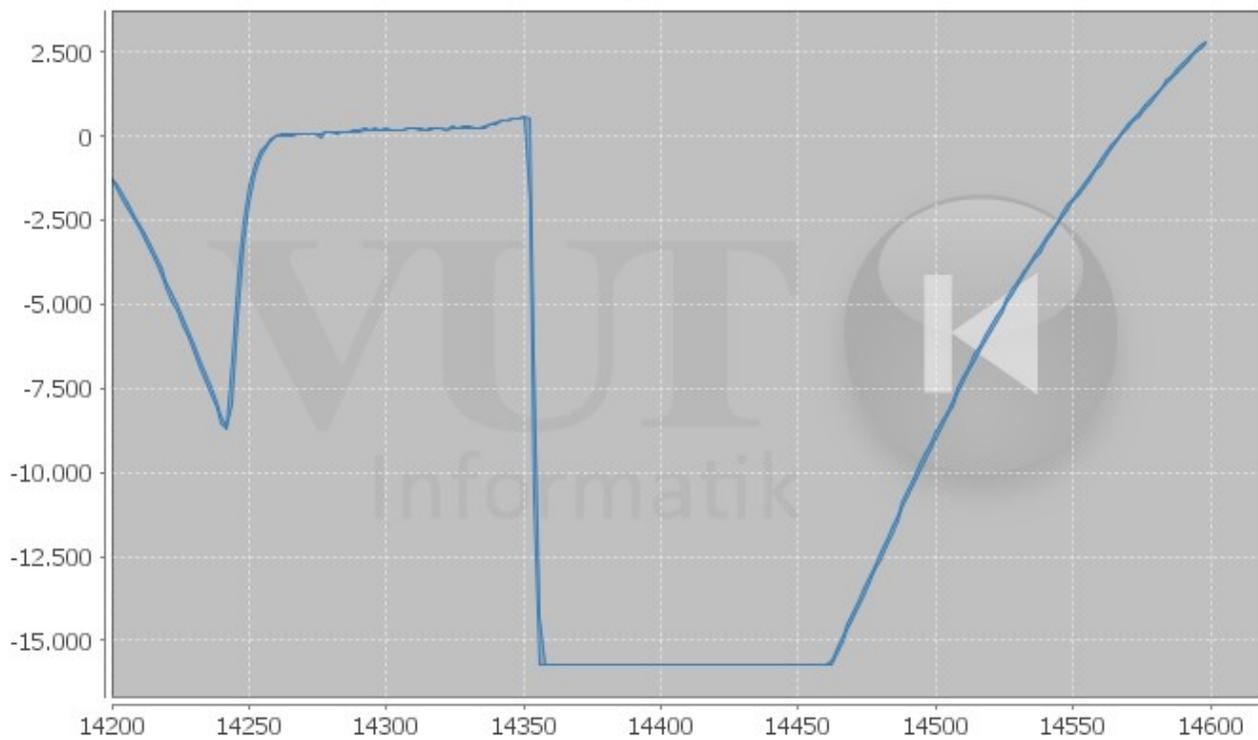


Abbildung 23: Passender Zeitraum Sensor 2, Signaleinbruch wegen Schaltvorgang LED

Da die Schaltvorgänge der LEDs gänzlich andere Signale zur Folge haben als die Fortbewegung des Fahrzeugs, stimmen die insgesamt aufgezeichneten Signale nicht mehr überein und es können sich ungültige (s. Abbildungen 22 u. 23) oder in der Höhe fehlerhafte Messungen ergeben (s. Abbildung 21).

Darüber hinaus werden LED mittlerweile auch in variierenden Leuchtmustern (vgl. etwa der „Lauflichtblinker“ der aktuellen Audi-Modelle) betrieben. Die Effekte, die sich aus der ständig wechselnden, aber niederfrequenten Ansteuerung mit ca. 2 Hz ergeben, können ebenfalls ungültige oder in der Höhe fehlerhafte Messungen verursachen (Quelle für die Frequenzangabe: [7]).

**Die oft zitierten Vergleichsmessungen im realen Straßenverkehr wurden für den ES3.0 vor dem 05.12.2006 (Datum der Zulassung) durchgeführt, d.h. zu einem Zeitpunkt, zu dem LED-Leuchten an Fahrzeugen noch nicht verbreitet waren.**

**Mithin ist davon auszugehen, dass es sich bei dem festgestellten Effekt um einen Umstand handelt, der im Sinne der Vorgaben des OLG Frankfurt [8], zum Zeitpunkt der Zulassung nicht ausreichend berücksichtigt worden ist, ja nicht einmal ausreichend berücksichtigt werden konnte, da die konkrete technische Ausführung zukünftiger LED-Leuchten nicht bekannt gewesen sein kann.**

Von daher ist zu fordern, dass speziell dieser Effekt durch die PTB in einer Sonderuntersuchung analysiert wird.

Die beschriebene Problematik wurde von der VUT bereits im November 2017 in Form einer Stellungnahme [9] thematisiert.

Eine Reaktion der PTB auf diese Erkenntnisse erfolgte erst mit einiger Verspätung [10].

Bezüglich der Stellungnahme der PTB ist es aus Sicht des technischen Sachverständigen schlichtweg unverständlich, weshalb einer solchen technisch komplexen Problematik lediglich mit einem zweiseitigen technisch inhaltslosen Schriftstück begegnet wird.

Die Darstellung der PTB ist dabei weder physikalisch noch technisch belegt. Es findet sich lediglich eine bloße Ansammlung von nicht belegten und teilweise bereits widerlegten Behauptungen, wie beispielsweise:

- *"Jedoch kann die Annullationsrate für manche Fahrzeuge mit LED-Leuchten ansteigen."*

Für welche Fahrzeuge gilt dies?

Unter welchen Umständen gilt dies?

In welchem Umfang steigt die Annullationsrate an?

- *"Es wurde überprüft, dass unter den Tausenden von Fahrzeugen, die im Rahmen der Bauartprüfungen bei Praxistests auf den PTB-Referenzanlagen unter verschiedenen Lichtverhältnissen gemessen wurden, tatsächlich solche mit LED-Leuchten waren"*

Wie viele Fahrzeuge wurden insgesamt gemessen?

Wie viele dieser Fahrzeuge waren mit LED-Leuchten ausgestattet?

Ist dieser Anteil statistisch signifikant?

Sind Vergleichsgruppen gebildet worden bzw. ist dies nachträglich möglich?

Existieren aussagekräftige Statistiken über die Versuchsreihen?

Warum werden diese nicht veröffentlicht?

- *"In diesem hypothetischen Szenario [Anm. der Autoren: das von uns aufgeworfene Szenario eines LED ausgestatteten Fahrzeugs bei Nacht] soll dann ggf. eine zu hohe Geschwindigkeit angezeigt werden können, nämlich die des sich aktiv verändernden Helligkeitsmusters und nicht die der Fahrzeugkarosserie Konkrete Szenarien wurden jedoch nach Kenntnis der PTB nicht vorgestellt, sondern nur diese unspezifischen Befürchtung geäußert."*

Es handelt sich keinesfalls um hypothetische Szenarien, sondern Praxisbeispiele, die jederzeit zur Verfügung gestellt werden können, die bereits auszugsweise veröffentlicht wurden (News vom 14.11.2017) und die von der PTB bei einer ehrlichen Auseinandersetzung mit der Thematik längst hätten angefordert werden müssen.

Diese Aneinanderreihung von Behauptungen soll nun also die aufgeworfenen Zweifel widerlegen.

**Belastbare Testergebnisse oder auswertbare Statistiken werden nicht zur Verfügung gestellt und sind bis dato nicht veröffentlicht.**

Die bloße Mitteilung der PTB in einem Einzelverfahren, dass sie im Rahmen einer **nicht bekannten und bislang nicht veröffentlichten Sonderuntersuchung** „*nichts Außergewöhnliches*“ festgestellt habe, kann die aufgezeigte Problematik aus technischer Sicht daher **nicht** entkräften.

Aus technischer Sicht ist hierzu anzumerken, dass die PTB beispielsweise auch bezüglich des seitlichen Abstandes beim ES3.0 im Rahmen der Zulassungsprüfung „nichts Außergewöhnliches“ festgestellt hat. Die fehlerhaften Abstandswerte wurden erst im Messbetrieb und nicht etwa im Rahmen der Prüfung durch die PTB festgestellt. Darüber hinaus lassen sich entsprechende Fehler auch bis zur aktuellsten Softwareversion 1.007.2 nachweisen (siehe hierzu Fallbeispiel 3 unter Punkt 4.7).

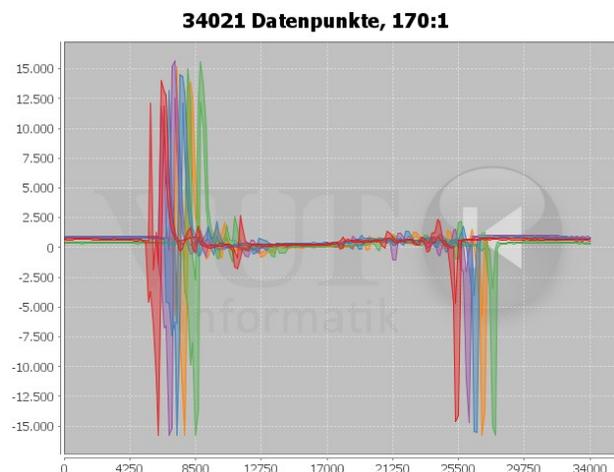
Die aufgezeigte Problematik lässt sich aus technischer Sicht ohne Vorlage einer **wissenschaftlich fundierten** Stellungnahme jedenfalls **nicht** entkräften.

**Ob im konkreten Einzelfall die Signalaufzeichnung durch LED-Leuchten beeinflusst wurde und ob sich dies auf die Messwertbildung ausgewirkt hat, lässt sich jedoch unabhängig von den Prüfungen der PTB durch die eigenständige und unabhängige Auswertung der in der Falldatei gespeicherten Rohmessdaten prüfen.**

## 4.7 Abweichende Geschwindigkeiten

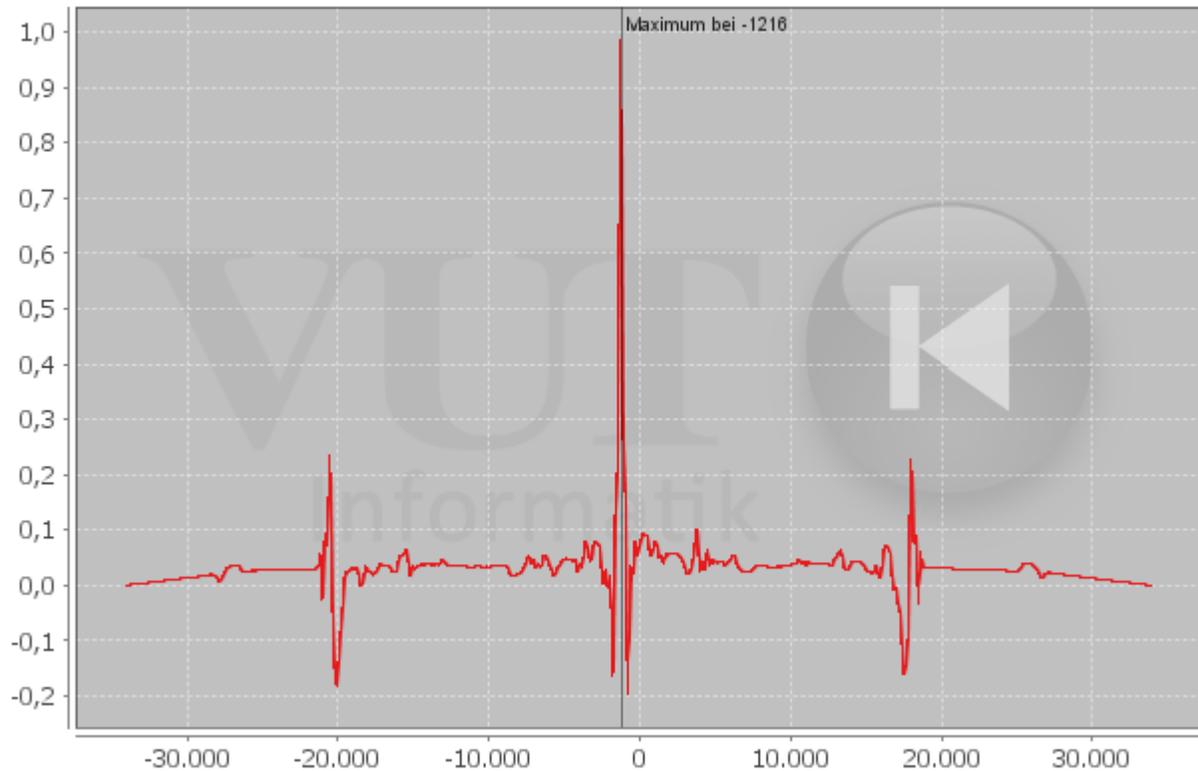


(a.) Messfoto



(b.) in der Falldatei enthaltene Rohdaten

## Kreuzkorrelation



(c.) normierte Kreuzkorrelationsfunktion

Abbildung 24 – abweichende Geschwindigkeiten

### Messungen, bei denen

- das Fahrzeug eine plausible Position relativ zur Fotolinie hat,
- zudem der gemessene seitliche Abstand der Position im befahrenen Fahrstreifen im Rahmen der Messtoleranz entspricht und
- die Auswahl des vom Messgerät angezeigten **Geschwindigkeitswertes nicht nachvollziehbar** ist.

Die in der Falldatei dokumentierte Geschwindigkeit beträgt 74 km/h.

Bei der Auswertung über die gesamte Aufzeichnungsdauer ergeben sich durch die Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion Geschwindigkeiten zwischen 73,71 km/h bis 74,01 km/h. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0,96 bis 0,99. Dies verdeutlicht durchweg eine sehr hohe Übereinstimmung der Signale ( $> 0,9$ ).

Bei Betrachtung der berechneten Funktionen (vgl. hierzu bspw. Abb. 24 c) ist festzustellen, dass sich das Hauptmaximum der jeweiligen Funktion klar von dem restlichen Verlauf abgrenzt. Dies zeigt, dass keine mehrdeutigen Geschwindigkeitsinformationen, wie bspw. durch die Miterfassung der Fahrzeugräder hervorgerufen, in den Signalen enthalten sind.

Bei der weitergehenden Auswertung wurden die in der Messdatei enthaltenen Signalkurven wiederum um die vom Messgerät gespeicherten Werte zeitlich verschoben, so dass die Signalkurven bei einer grafischen Darstellung „übereinander liegen“.

Abbildung 25 zeigt die entsprechende Auswertung. Auch hierbei ergeben sich Geschwindigkeiten zwischen 73,71 km/h und 74,01 km/h bei durchweg sehr hoher Übereinstimmung der Signale.

Der nahezu deckungsgleiche Verlauf der Signale ist hier bereits optisch zu erkennen. Insbesondere können keine offensichtlichen Störanteile (Erfassung der Fahrzeugräder) in den Messsignalen festgestellt werden.

Dies zeigt sich auch bei der abschnittswisen Auswertung der Signale (vgl. Abbildungen 26 u. 27).

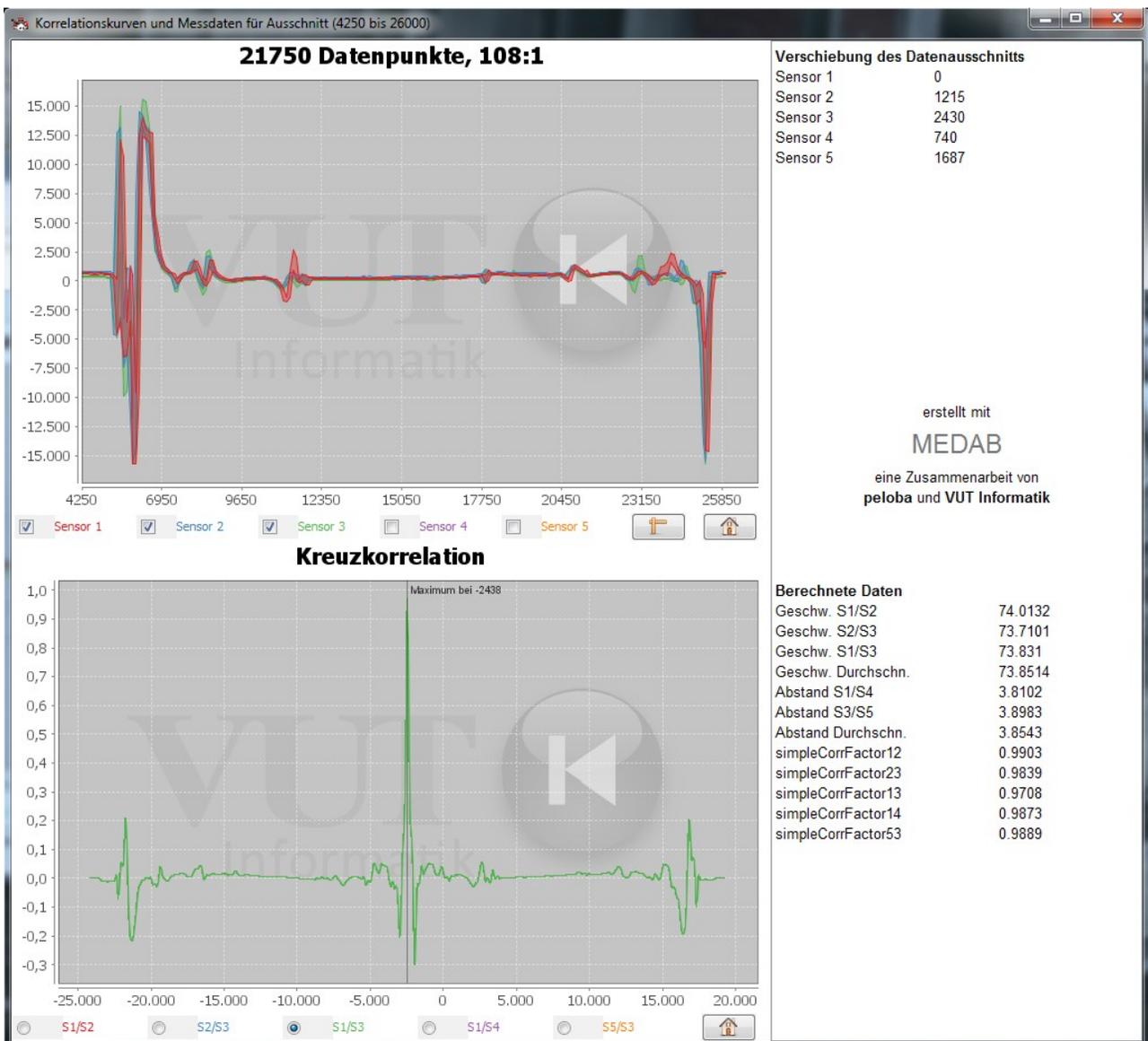


Abbildung 25: Auswertung der zeitlich verschobenen Messsignale – gesamte Signallänge

Durch die abschnittsweise Auswertung der Signale ergibt sich über die Fahrzeugfront zwischen allen drei Sensoren eine Geschwindigkeit von abgerundet 73 km/h. Bei der Auswertung über das Fahrzeugheck ergibt sich durchweg eine Geschwindigkeit von abgerundet 74 km/h.

Die Übereinstimmung der Signale ist jeweils als sehr hoch ( $> 0,9$ ) zu bewerten.

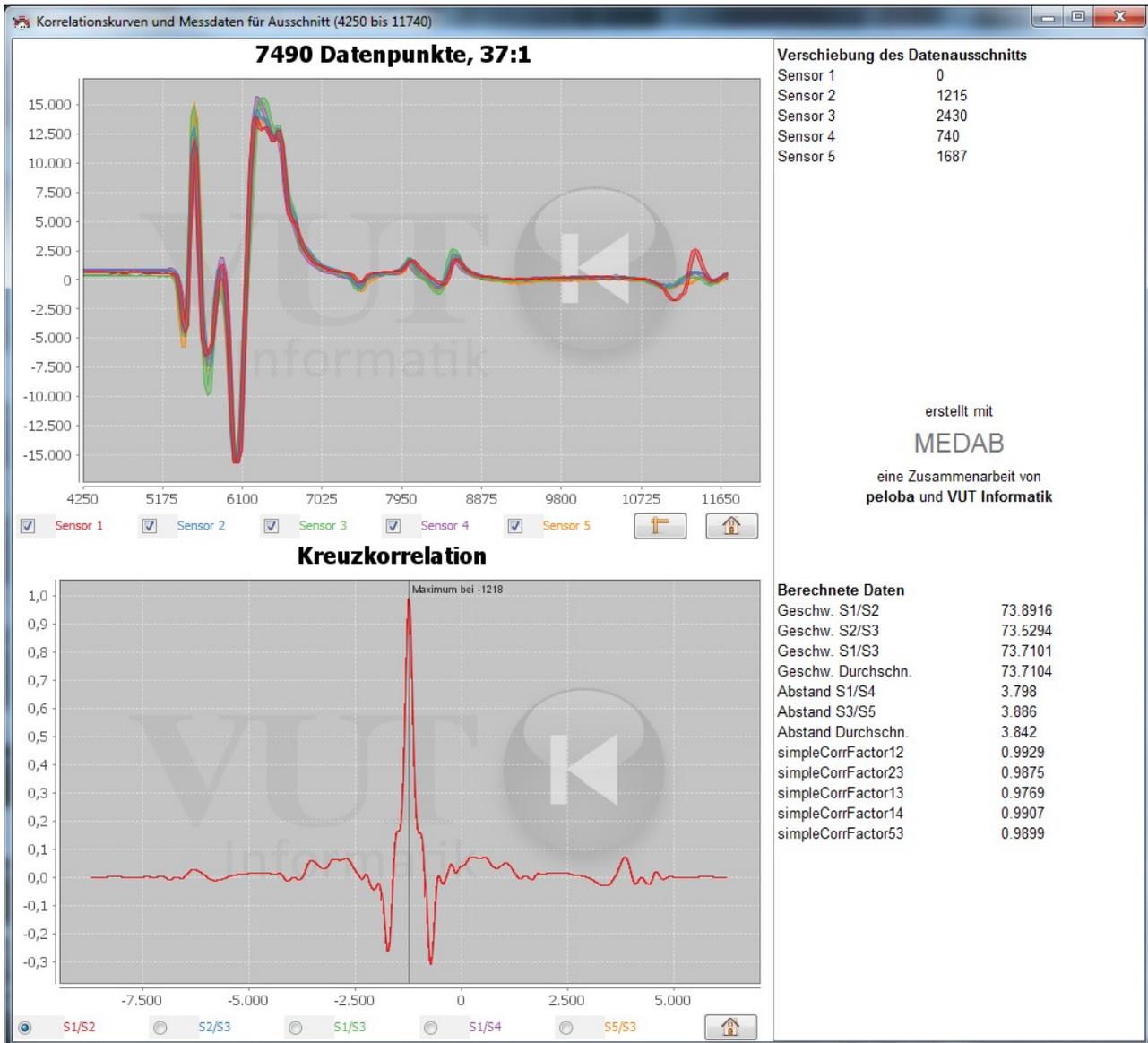


Abbildung 26: Auswertung über die Fahrzeugfront

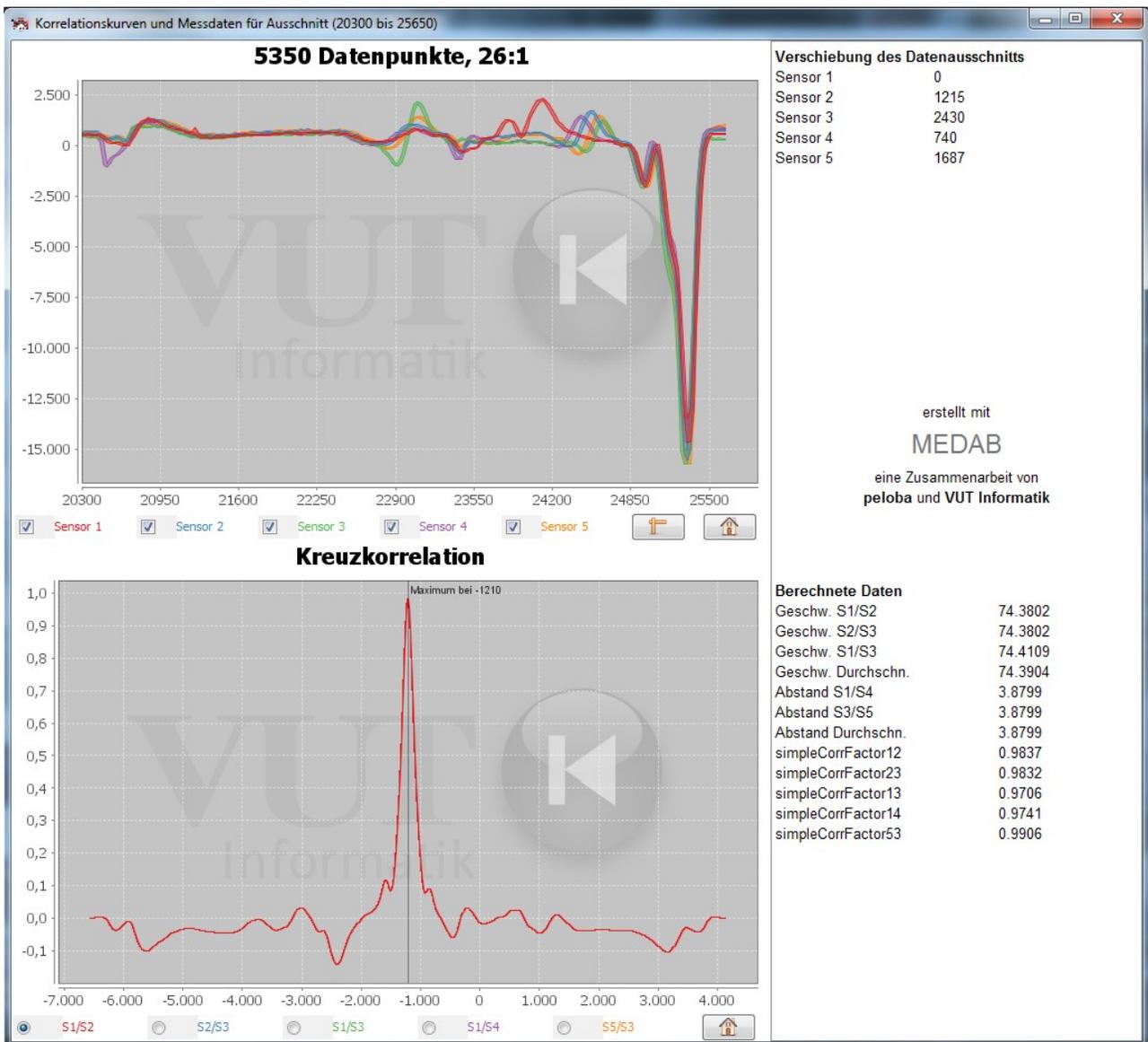


Abbildung 27: Auswertung über das Fahrzeugheck

Insgesamt ergeben sich bei nachträglichen Auswertung der Messsignale durch die Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion somit Geschwindigkeiten zwischen 73,53 km/h und 74,41 km/h.

Die Übereinstimmung der Signale ist sowohl bei der Auswertung über die gesamte Aufzeichnungsdauer als auch bei der abschnittswisen Auswertung durchweg als sehr hoch ( $> 0,9$ ) zu bewerten.

Insofern lässt sich aus technischer Sicht **keiner** der ermittelten Geschwindigkeitswerte präferieren.

Insgesamt ist hier daher nicht nachvollziehbar, unter welchen Aspekten von dem Messgerät der Messwert von 74 km/h und nicht 73 km/h als gültiger Geschwindigkeitswert akzeptiert bzw. ermittelt wurde.

Auch in anderweitigen Fällen hat sich gezeigt, dass bei der geräteinternen Auswertung offenbar nicht in jedem Fall der geringste ermittelte Geschwindigkeitswert als gültiger Messwert zugrunde gelegt wird.

Da die Auswertung von Geschwindigkeit und Signalgüte jedoch nicht – wie in der Bauartzulassung und Gebrauchsanweisung beschrieben – über die gesamte Aufzeichnungsdauer erfolgt, sondern Teilbereiche aus dem Messsignal selektiert werden, sollte hier aus technischer Sicht der **geringste** Geschwindigkeitswert als vorwerfbarer Wert unterstellt werden.

Gleichzeitig ist aber auch darauf hinzuweisen, dass die unabhängige Auswertung der Messsignale nicht nur zur Feststellung abweichender Geschwindigkeitswerte genutzt werden kann. Sie kann auch dazu eingesetzt werden, die eindeutige Zuordnung eines Messwerts sicherzustellen.

Im Messfoto (vgl. Abb. 24 a) ist der Verlauf der Fotolinie nicht über die gesamte Breite des Fahrstreifens des gemessenen Fahrzeuges abgebildet.

Der seitliche Abstand zum gemessenen Objekt ist im Foto mit 3,9 m eingeblendet. Die Bestimmung des seitlichen Abstandes erfolgt mit einer Genauigkeit von +/- 1 m, so dass der eingeblendete Wert einem realen Wert zwischen 2,9 m und 4,9 m entspricht.

Auf der Beifahrerseite des abgebildeten Fahrzeuges ist die Fahrbahn nur auf einer Breite von weniger als 0,52 m abgebildet, wenn man die maximale Breite eines Kennzeichens von 0,52 m als Referenzmaß nimmt.

D. h. wenn sich das abgebildete Fahrzeug tatsächlich in einer Entfernung von 3,9 m befindet, so ist nur ein Abstandsbereich von 3,38 m bis 4,9 m abgebildet.

Damit ist nicht ohne Weiteres auszuschließen, dass sich rechts neben dem abgebildeten Fahrzeug im nicht abgebildeten Bereich von 2,9 m bis 3,38 m ein Krad befunden hat.

Bei der Auswertung des Fotos anhand der vom Messbeamten angegebenen Fahrbahnbreite ist die Wahrscheinlichkeit hinsichtlich des Vorhandenseins eines Krades zwar als gering zu bewerten, allerdings setzt dies eine exakte Vermessung und Protokollierung der Fahrbahnbreiten durch den Messbeamten voraus.

Eine zweifelsfrei Zuordnung des Messwertes nur anhand des Beweisfotos und der Beweisunterlagen ist somit nicht möglich.

Zur weitergehenden Bewertung wäre eine ergänzende Befragung des Messbeamten oder aber eine eigenständige Vermessung der Messörtlichkeit erforderlich.

Im vorliegenden Fall lässt sich die Messwertzuordnung jedoch durch die Auswertung der Messsignale klären.

Dabei weisen diese eine sehr hohe Übereinstimmung auf. Zudem ist eine Übereinstimmung zwischen der Signallänge und der Länge des abgebildeten Fahrzeuges nachzuvollziehen.

Insbesondere ergeben sich bei der abschnittswisen Auswertung der Signale Abstandswerte von konstant zwischen 3,8 m und 3,9 m. Diese bestätigen damit den vom Messgerät angezeigten Wert.

Weiterhin ergeben sich bei der abschnittswisen Auswertung keine stark voneinander abweichenden Geschwindigkeitswerte, wie in Beispielfall „4.3 Zwei Fahrzeuge im Messbereich“ gezeigt.

Durch die nachträgliche Auswertung der Messsignale kann in Verbindung mit den Angaben in den Beweisunterlagen die Beteiligung eines Krades bei der Messwertbildung aus technischer Sicht daher ausgeschlossen werden.

**Die nächsten Fallbeispiele zeigen jeweils deutlich, dass die Auswertung eines zu kurzen Datenabschnitts (Stichwort: „ein Peak genügt“ - siehe hierzu auch die Ausführungen unter Punkt 6) dazu führen kann, dass die ermittelten Werte technisch nicht in jedem Fall durch eine nachträgliche und vom Messgerät unabhängige Auswertung der Rohmessdaten zu bestätigen sind.**

Bei **Fallbeispiel 2** wurde vom Messgerät eine Geschwindigkeit von 131 km/h ermittelt.

Bei der Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion ergibt über die gesamte Aufzeichnungsdauer zwischen allen drei Sensoren jeweils eine Geschwindigkeit von abgerundet 129 km/h. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0,991 bis 0,9978.

Bei der abschnittweisen Auswertung der Signale ergeben sich über die Fahrzeugfront Geschwindigkeitswerte von 129,68 km/h bis 130,24 km/h. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0,9975 bis 0,9986.

Die abschnittsweise Auswertung des Fahrzeughecks ergibt Geschwindigkeiten von 129,12 km/h bis 129,31 km/h bei Korrelationskoeffizienten von 0,9973 bis 0,9982.

Insofern ist der vom Messgerät ermittelte Wert aus technischer Sicht **nicht** zu bestätigen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die entsprechende Auswertung.

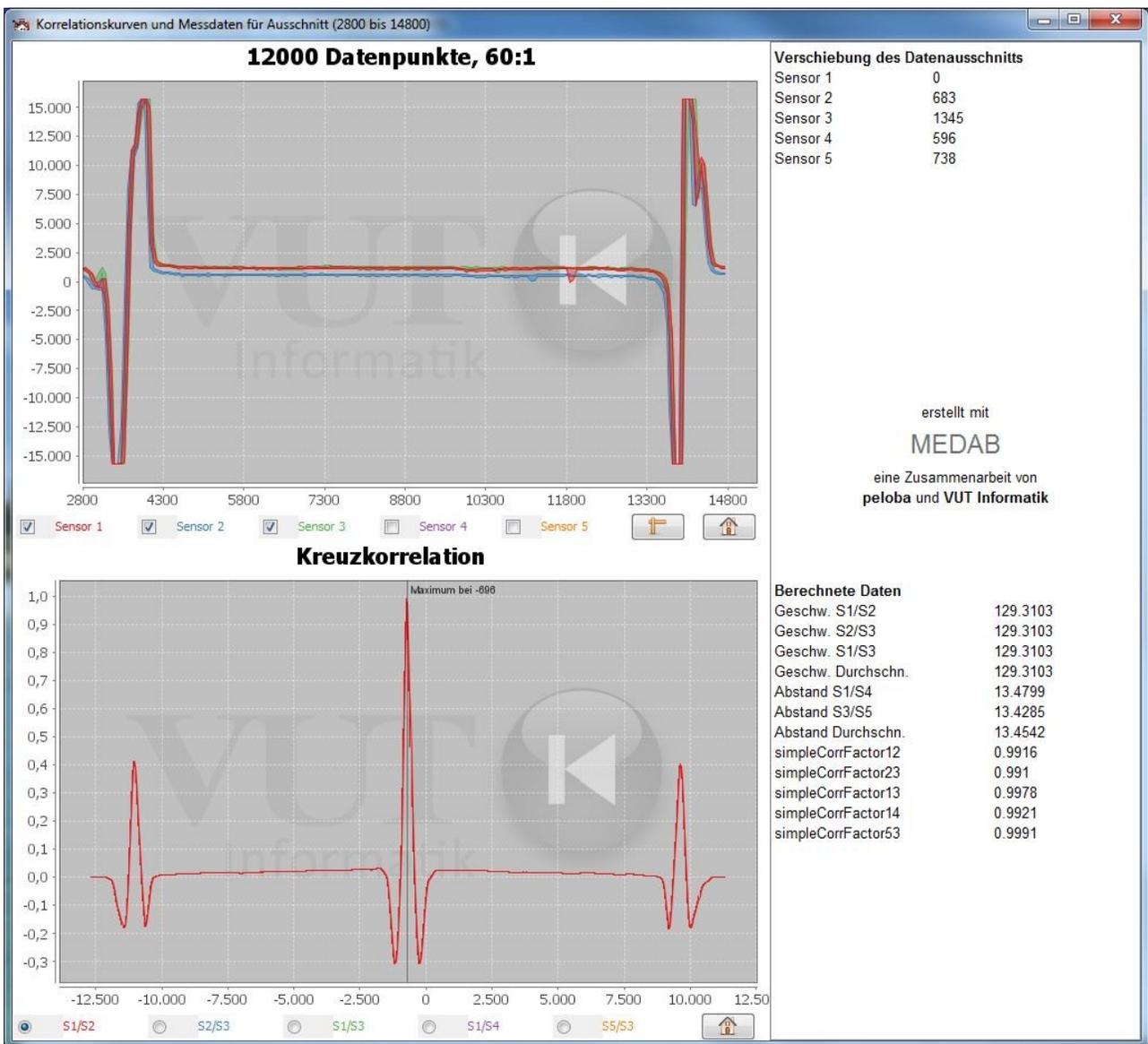


Abbildung 28: Auswertung der zeitlich verschobenen Messsignale – gesamte Signallänge

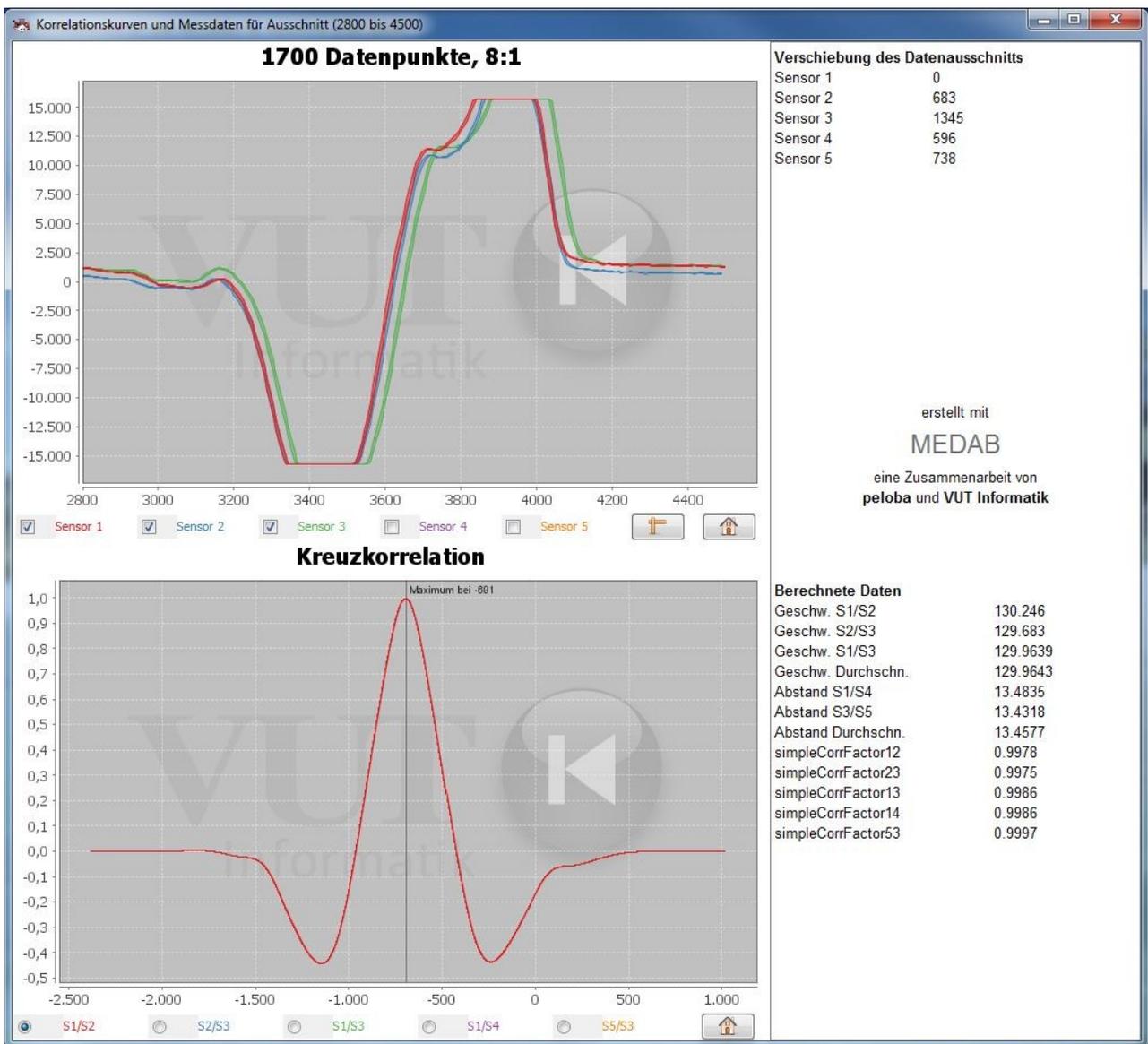


Abbildung 29: Auswertung über die Fahrzeugfront

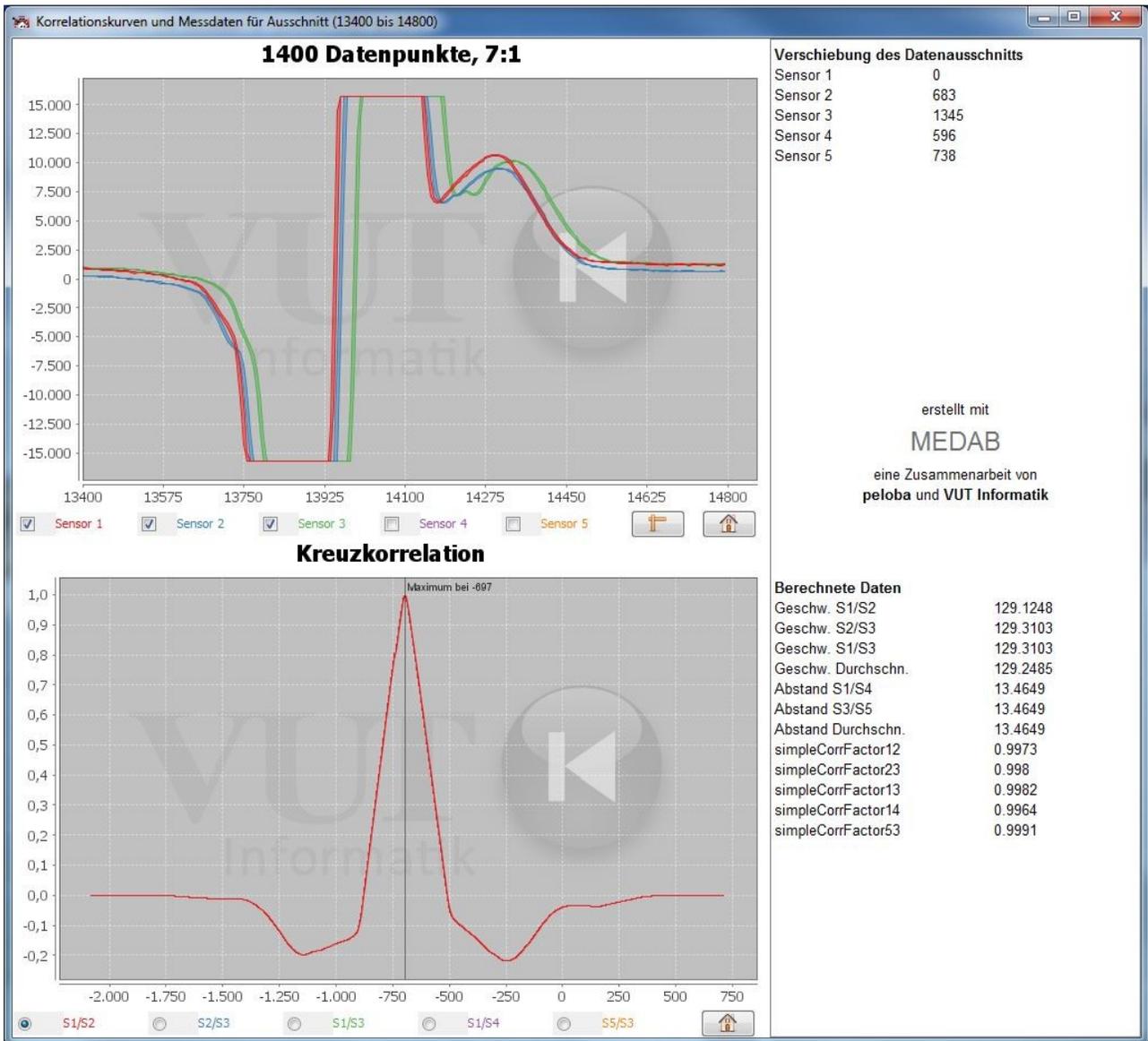


Abbildung 30: Auswertung über das Fahrzeugheck

Beim folgenden **Fallbeispiel 3** wurde vom Messgerät ein Abstandswert ermittelt, welcher bei der Auswertung des Messfotos im Vergleich zu weiteren Fahrzeugpositionen während des Messeinsatzes und den dabei ermittelten Werten sowie im Abgleich mit den geometrischen Daten zur Messstelle als nicht korrekt zu bewerten ist.

Der Abstand zwischen Sensorkopf und Fahrbahnrand ist im Messprotokoll mit 0,7 m und die Breite des ersten Fahrstreifens mit 3,8 m eingetragen.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen jeweils ein gemessenen Fahrzeug auf dem in Fahrtrichtung gesehen ersten Fahrstreifen. Der Abstand zur Mittelleitlinie zwischen dem ersten und zweiten Fahrstreifen beläuft sich im Abgleich mit den Angaben im Messprotokoll auf 4,5 m.

Bei der in Abb. 31 gezeigten Messung wurde vom Messgerät ein seitlicher Abstand von 2,6 m ermittelt, so dass der ermittelte Wert unter Berücksichtigung der Genauigkeit bei der Abstandsmessung von +/- 1m dem abgebildeten Fahrzeug zuzuordnen ist. Abb. 32 zeigt im Vergleich hierzu eine Messung mit vergleichbarer Fahrzeugposition. Hierbei wurde vom Messgerät allerdings ein Abstand von 4,7 m ermittelt.

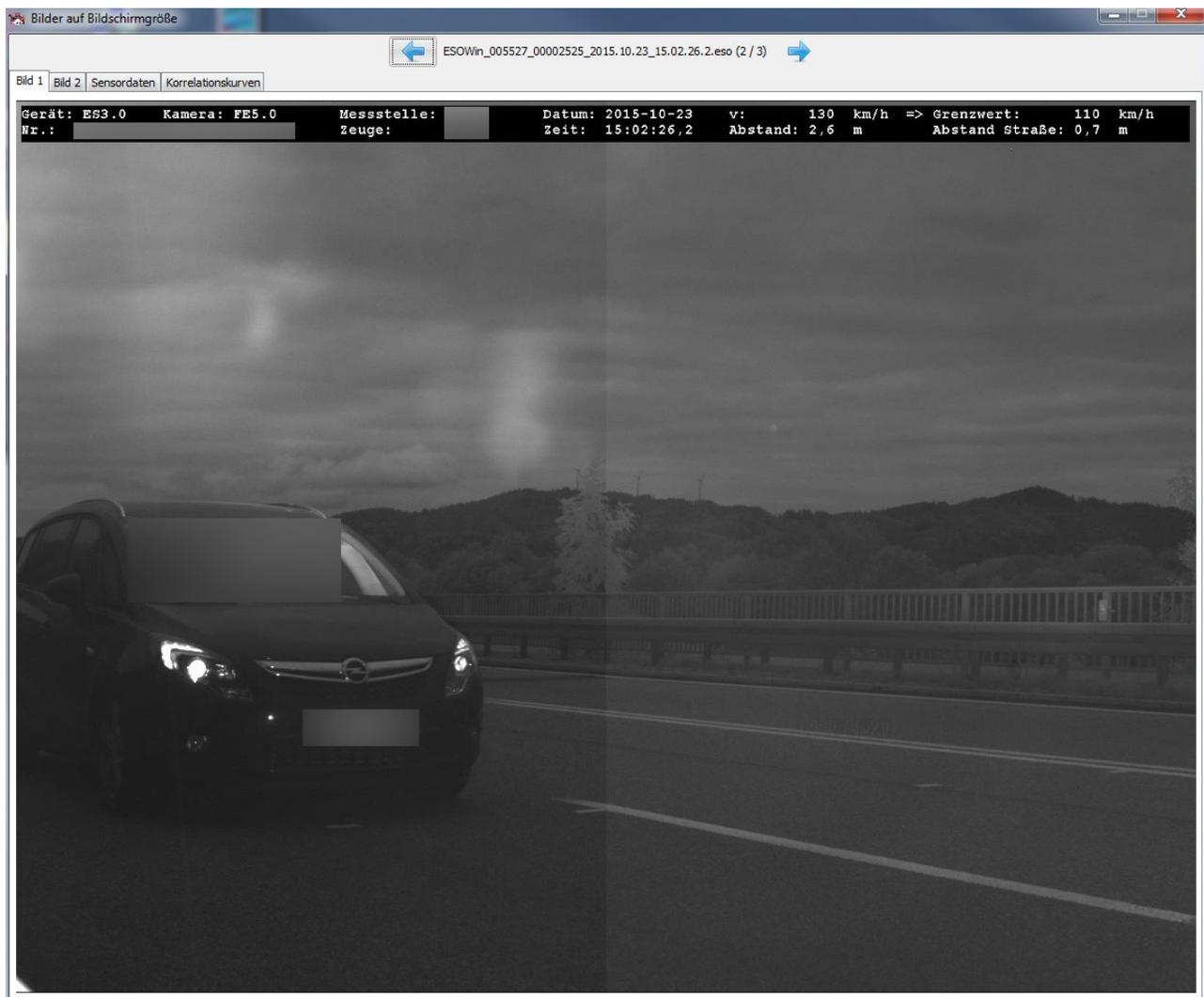


Abbildung 31: Messfoto mit korrekter Abstandmessung

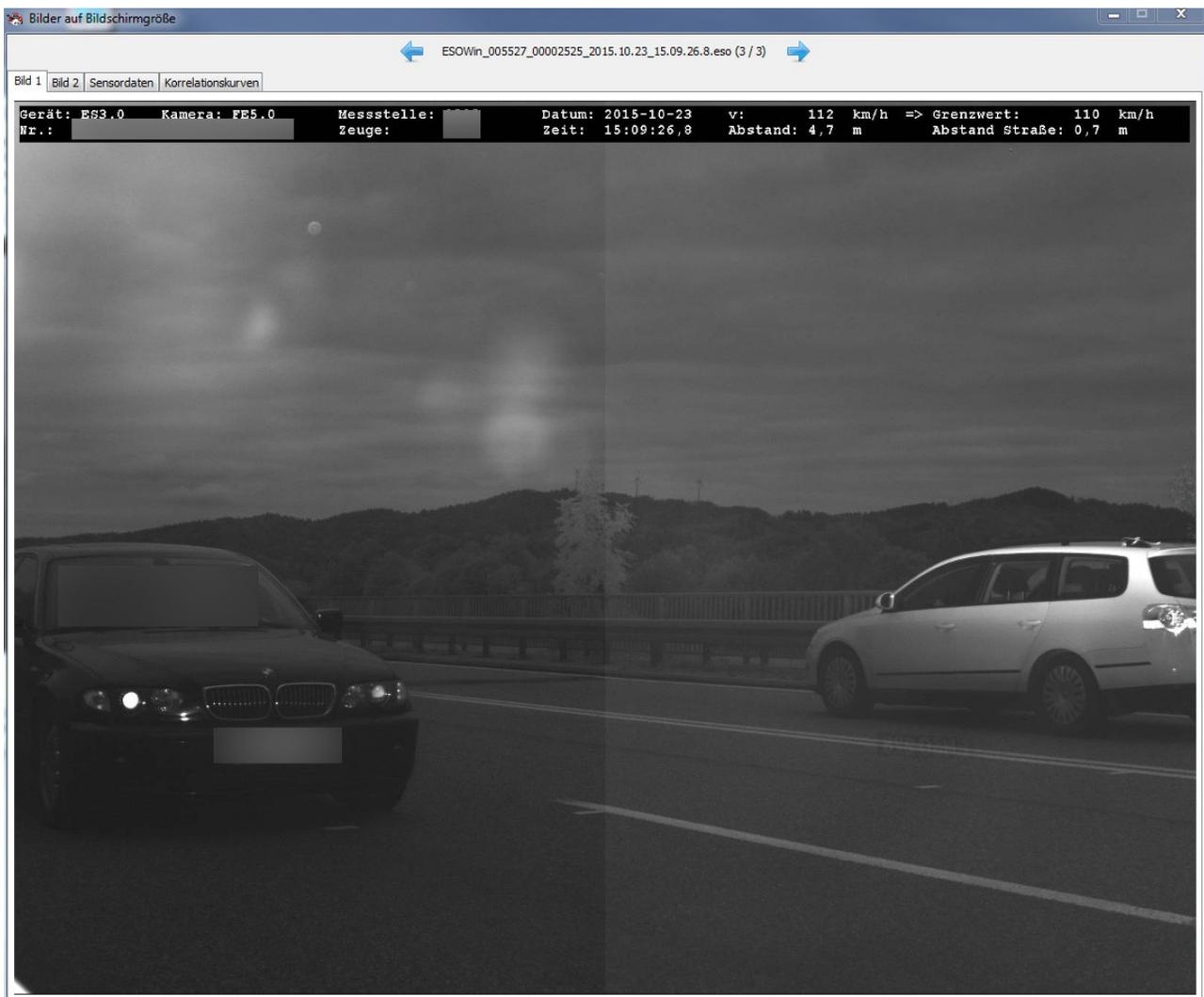


Abbildung 32: Messfoto aus der gleichen Messreihe, trotz ähnlicher Fotoposition wird ein deutlich abweichender Abstandswert angezeigt

Durch die Auswertung der Rohmessdaten der in Abbildung 32 gezeigten Messung ergibt sich, dass der Zeitversatz zwischen den Signalen bei der „vorläufigen“ Messwertbildung vom Messgerät offenbar nicht korrekt ermittelt wurde und wiederum ein lediglich kurzer Abschnitt im vorderen Datenbereich zur „endgültigen“ Messwertbildung herangezogen wurde.

Wertet man lediglich einen kurzen Abschnitt zu Beginn der Datenaufzeichnung aus, so ergibt sich der vom Messgerät ebenfalls ermittelte Wert von rd. 4,7 m. Bei der Auswertung über die gesamte Aufzeichnungsdauer sowie bei der abschnittswisen Auswertung über der über das Heck aufgezeichneten Signale ergeben sich Abstände von rd. 2,4 m bis 2,5 m und damit für die Position des abgebildeten Fahrzeuges plausible Werte. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Auswertung über die beiden Datenbereiche.

Im vorderen Datenbereich ist nur ein bedingt deckungsgleicher Verlauf der Signale gegeben. Aufgrund des Signalverlaufs und der geringen Datenmenge wird der „vorläufig“ ermittelte Zeitversatz durch die Kreuzkorrelationsfunktion nicht korrigiert.

Im hinteren Datenbereich ist bereits optisch zu erkennen, dass die Vorverschiebung der Signale, also der „vorläufig“ ermittelte Zeitversatz, nicht zutreffend ist, da die Signale hier nicht deckungsgleich verlaufen. Durch die Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion wird die fehlerhafte Zeitvorgabe korrigiert und es ergibt sich im Ergebnis ein Abstand von rd. 2,5 m zum gemessenen Objekt.

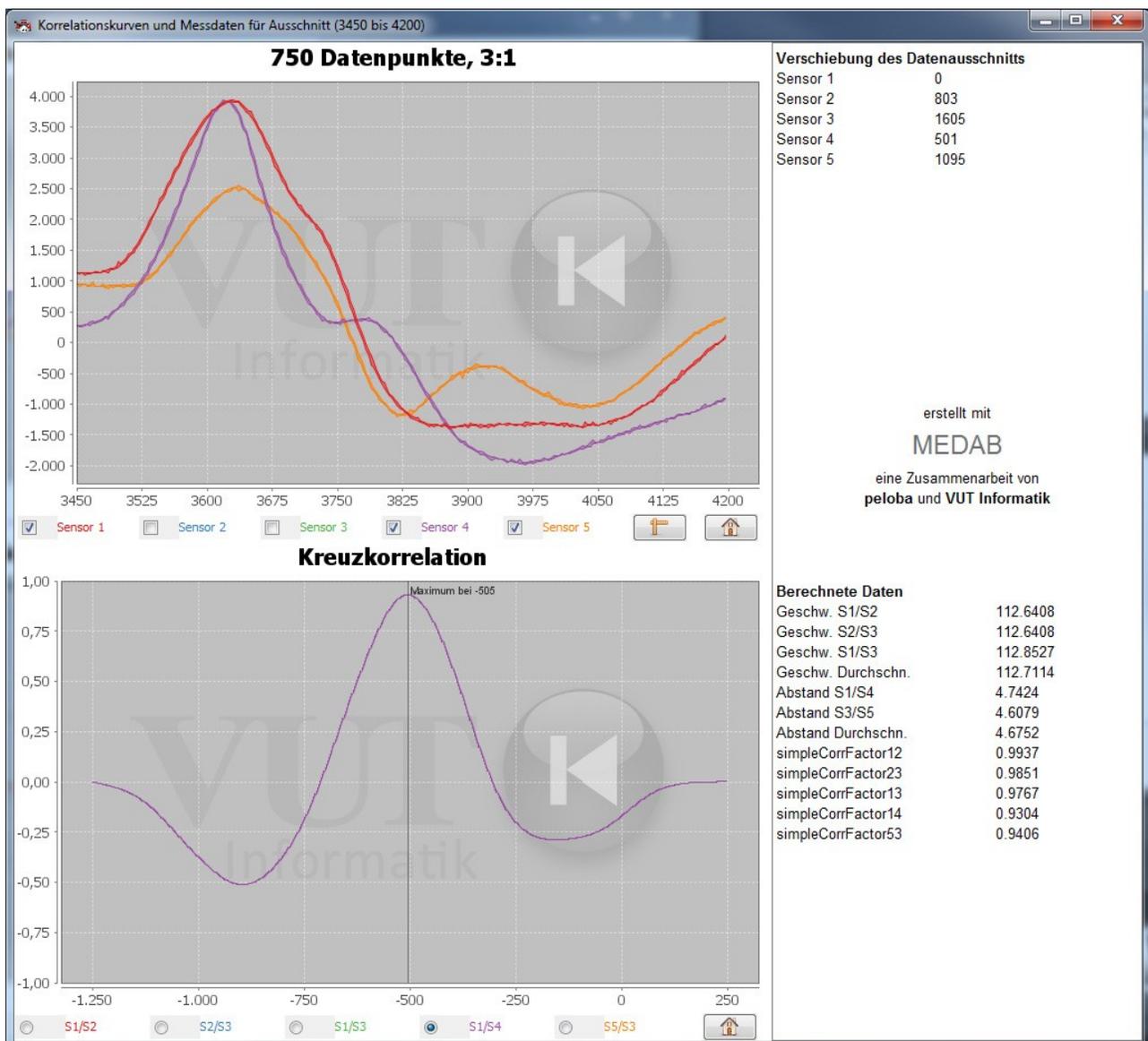


Abbildung 33: Teilauswertung des Signalverlaufs aus der Falldatei aus Abb. 32 über die Fahrzeugfront

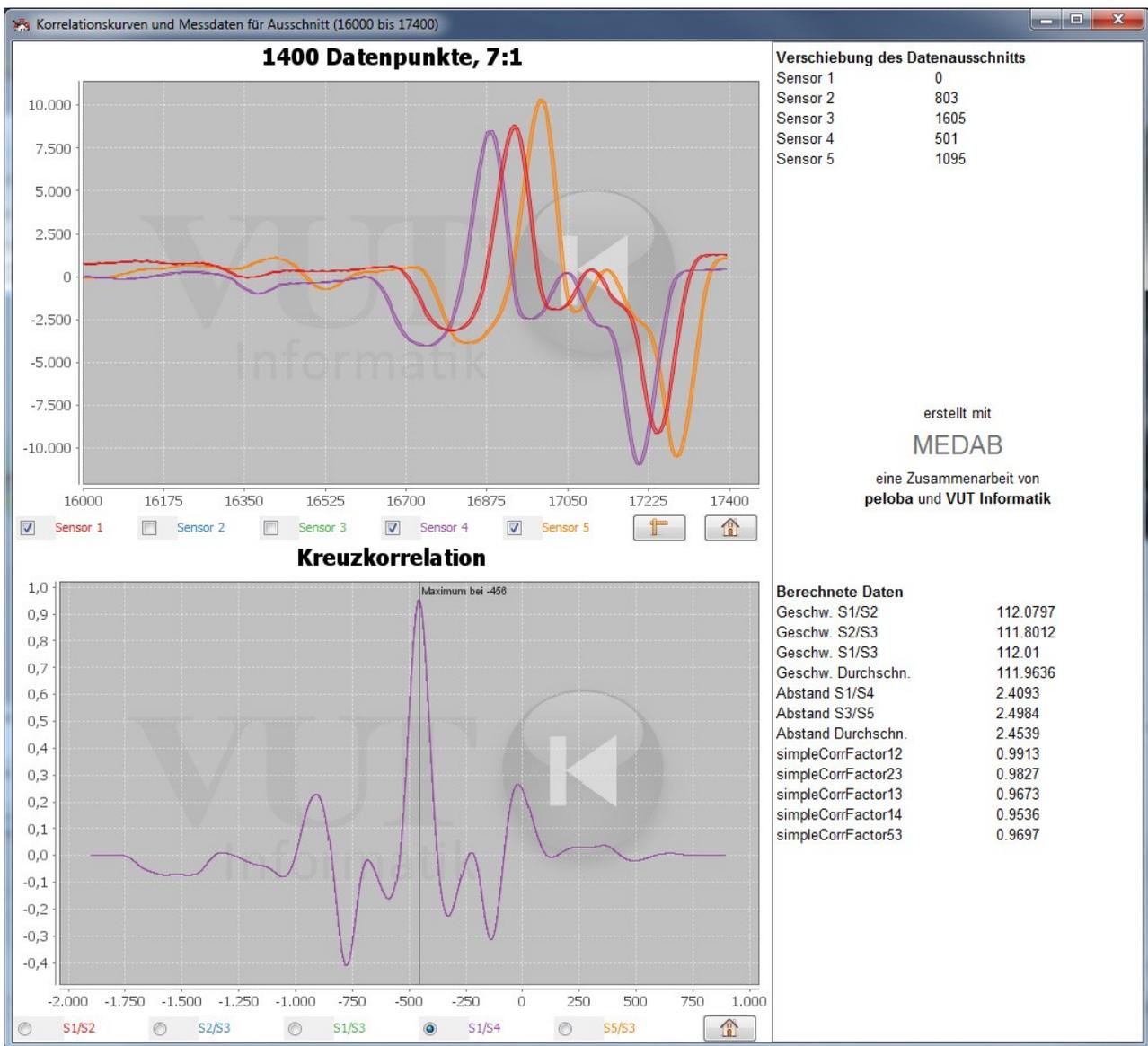


Abbildung 34: Teilauswertung des Signalverlaufs aus der Falldatei aus Abb. 32 über das Fahrzeugheck

## 5 Zur Integrität und Authentizität der Falldatei

Bei der hier verwendeten Messanlage werden, sofern der vom Bediener eingestellte Geschwindigkeitsgrenzwert erreicht oder überschritten wurde, alle Bild-, Mess- und ergänzenden Daten zu einem Falldatensatz zusammengeführt und im firmenspezifischen Dateiformat gespeichert. Diese Datei wird anschließend digital signiert und mit der Signatur und dem öffentlichen Schlüssel ergänzt.

Die entsprechende innerstaatliche Bauartzulassung äußert sich zur Prüfung solcherart signierter Falldateien wie folgt:

Zitat Beginn

*Das Auswerteprogramm ermöglicht die Anzeige der Bilddatei mit den eingefügten Falldaten sowie der zusätzlich gespeicherten Falldaten. Dabei wird zuvor die Integrität und Authentizität der Falldaten geprüft und das Ergebnis angezeigt. (...) Der öffentliche Schlüssel ist in der Falldatei (Messdatendatei) enthalten und kann am Geschwindigkeitsüberwachungsgerät angezeigt werden. (...) Die übliche Auswertung in der Auswertestelle kann mit dem Referenz-Auswerteprogramm oder auch mit anderen, nicht zulassungspflichtigen Programmsystemen durchgeführt (im Folgenden Anwender-Auswerteprogramm genannt) werden. (...) Dabei muss das Anwender-Auswerteprogramm die folgenden Funktionen wie beim Referenz-Auswerteprogramm umfassen:*

- Prüfung der Dateien mit den Falldaten auf Authentizität und Integrität*
- Anzeige des unveränderten Bildes und der weiteren Daten der Datei*
- Möglichkeit des Exports der Bilddatei im JPEG-Format, die Bit-zu-Bit mit der entsprechenden Datei aus dem Referenz-Auswerteprogramm identisch ist.*

Zitat Ende

Bei Prüfung einer so erzeugten Falldatei mit einem Referenzauswerteprogramm des Herstellers, wie gemäß Gebrauchsanweisung für den Anwender vorgesehen, werden sich zunächst keine Hinweise auf eine Verletzung der Datenintegrität und/oder -authentizität ergeben.

Die PTB stellt Anforderungen an amtlich eingesetzte Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte, die so genannten PTB-Anforderungen 18.11 (PTB-A 18.11). Hierbei werden im Besonderen auch Anforderungen an die Datensicherheit der Messdateien gestellt. Da die Messdateien die Bild- und Messwertinformationen einer Geschwindigkeitsmessung enthalten, ist sicherzustellen, dass die Integrität und die Authentizität der Daten gewährleistet ist.

Im Rahmen einer Begutachtung durch Prof. Backes (Lehrstuhl für Informationssicherheit und Kryptografie, Universität des Saarlandes) wurde untersucht, ob bei der Erstellung von eso-Dateien die PTB-Anforderungen an die Datenintegrität und Authentizität erfüllt werden.

Das Ergebnis der Untersuchung kann wie folgt zusammenfasst werden:

Beim ES3.0 werden die Daten einer Messdatei digital signiert. Der öffentliche Schlüssel, der zur Verifikation der Signatur und somit zur Prüfung der Integrität und Authentizität eingesetzt wird, wird zusammen mit der Messdatei von der Dokumentationseinheit an die Auswerteeinheit übermittelt.

Die Übermittlung dieses Schlüssels erfolgt ohne weitere Sicherheitsmerkmale, so dass dieser unbemerkt verändert werden kann.

Dadurch ist es möglich Manipulationen an einer Messdatei vorzunehmen, die veränderten Messdateien mit einem neuen Signaturschlüssel zu signieren und den öffentlichen Schlüssel auszutauschen. Die untersuchte Auswerteeinheit war nicht in der Lage eine solche beabsichtigte Manipulation zu erkennen und hat Messdateien mit manipulierten Bild- und Messwertinformationen weiterhin akzeptiert und ohne Fehlermeldung angezeigt. Eine Manipulation der Messdateien war zu keiner Zeit in der Auswerteeinheit erkennbar. Folglich akzeptiert die Auswerteeinheit Messdateien, die von einer nicht-authentischen Dokumentationseinheit stammen, **was die PTB-Anforderungen an die Authentizität der Messdateien verletzt**.

Um die Anforderungen der PTB zu erfüllen, muss sichergestellt werden, dass die zur Signaturprüfung verwendeten öffentlichen Schlüssel von einer validen Dokumentationseinheit stammen. Dies wäre unter anderem mit einer Public-Key-Infrastruktur (PKI) möglich.

Weiterhin wurden im Rahmen einer gerichtlichen Beauftragung zur Prüfung der Authentizität einer Messdatei einer ES3.0 durch Informatiker unseres Hauses mehrere Fragen zur Prüfung von Geräte- und Auswertesoftware an die PTB gestellt. Es sollte ergründet werden, ob die beim Messgerät ES3.0 zum Einsatz kommenden informationstechnischen Verfahren überhaupt geeignet sind, Authentizität zu gewährleisten und ob sie dahingehend überprüft wurden. Insbesondere wurde nach der Erstellung und Sicherung der Schlüssel für die kryptographischen Verfahren gefragt. Ferner wurde die deutsche Ergänzung des WELMEC 7.2 Standards für die Risikoklasse „F“ angefordert. Diese setzt die PTB nämlich in ihren allgemeinen Anforderungen an Messgeräte im Straßenverkehr PTB A-18.11 voraus.

Im Rahmen einer dienstlichen Erklärung hat die PTB diese Fragen wie folgt beantwortet:

Bezüglich Erzeugung und Sicherung der Schlüssel im Gerät verweist die PTB auf ein Krypto-Token, für das der Hersteller ein „Zertifikat“ einer nicht näher benannten Prüfstelle vorgelegt hat. Das Zertifikat weist dem Token einen allgemeinen Sicherheitslevel „EAL 4+“ gemäß Prüfung nach der sog. Common Criteria aus. Dabei handelt es sich um einen internationalen Standard für Sicherheitszertifizierungen, dessen Kriterien sich in der ISO/IEC 15408 „Information technology -- Security techniques -- Evaluation criteria for IT security“ finden. Level 4 bedeutet dabei „methodisch entwickelt, getestet und **durchgesehen**“. Dass eine solche Einstufung per se keinerlei Sicherheitsgarantien impliziert zeigt die Tatsache, dass auch das Betriebssystem Windows in verschiedenen Versionen EAL4+ zertifiziert wurde. Ohne weitere Angaben ist diese Einstufung also ohne Aussagekraft. Weitergehende Prüfungen hinsichtlich der öffentlichen Schlüssel hat die PTB nach eigener Aussage nicht durchgeführt.

Zur Prüfung der Software allgemein spricht die PTB von punktuellen Prüfungen und „Verifikation“ durch „eingehende Prüfung“. Details zu Art und Umfang dieser „Prüfungen“ wurden nicht genannt. Entsprechende Prüfprotokolle lagen ebenfalls nicht vor. Eine formale Verifikation des Quellcodes wurde nicht vorgenommen.

Bezüglich der deutschen Ergänzung zur Risikoklasse „F“ des WELMEC 7.2 führt die PTB zwar umfangreich aus, was darunter „zu verstehen“ sei, gibt aber letztlich zu, dass ein solches Dokument nicht existiert. Eine sachliche Prüfung des darin festgelegten Sicherheitsniveaus ist somit nicht möglich.

Zusammenfassend wirft die Stellungnahme der PTB berechnete Zweifel daran auf, ob es beim zum Einsatz kommenden Messgerät ES3.0 überhaupt technisch möglich ist, die Authentizität einer Falldatei nachzuweisen.

Wie die tägliche Erfahrung zeigt, ist kein Computer abschließend gegen Zugriff von außen geschützt. Beispielsweise sind auch Angriffe mittels manipulierter USB-Sticks auf Rechnersysteme bekannt geworden.

Dies ist für den ES3.0 durchaus relevant, denn hier werden die Daten mittels USB Stick übertragen und das verwendete Betriebssystem der Rechneinheit ist veraltet. Windows 2000 wird seit Mitte

2010 nicht mehr vom Hersteller mit Updates versorgt und ist somit als unsicher anzusehen [11], [12]:

Zitat Beginn

*Nach zehneinhalb Jahren ist Windows 2000 auch für Microsoft Geschichte. Neue Sicherheitspatches gibt es ab kommenden Monat nicht mehr. Da sich das alte 2000er-System Codeteile mit neueren Betriebssystemen teilt, bleibt es potenziell anfällig für neue gefundene Sicherheitslücken, wie etwa die kürzlich entdeckte Lücke in der Windows-Komponente mfc42.dll. Nur getestet das jetzt niemand mehr. Diese Ungewissheit sollte dazu beitragen, dass (sic!) alte Windows 2000 stillzulegen und etwas anderes zu installieren.*

Zitat Ende

## 6 Prüfungstiefe der PTB

Wie bereits in Kapitel 5 angesprochen bestehen ernsthafte Zweifel an der ausreichenden Prüfungstiefe bei den Softwareprüfungen durch die PTB.

In Anfragen in Bezug auf andere Messgeräte [13] wird durch die PTB mitgeteilt, dass „bei Softwareprüfungen die Dokumentation und das zeilenweise Nachverfolgen des Quellcodes die wichtigsten Elemente des Prüfprozesses“ darstellen (Seite 2, 2. Absatz Mitte).

Dies entspricht nicht dem Stand der Technik und ist zur Prüfung der korrekten Funktion vollkommen ungeeignet, da auf diese Art nicht einmal die korrekte Funktion der untersuchten Software festzustellen ist. Darüber hinaus können große Anteile der Software des Messgerätes (z. B. Betriebssystem, Treiber...) überhaupt nicht geprüft werden, da sie auch der PTB nicht zugänglich sind. Im Fall des ES3.0 z. B. wird das Betriebssystem Windows 2000 verwendet wie folgende Grafik zeigt.

Software- version	Checksumme Abbild (Image) des Betriebssys- tems Windows 2000 mit Sicher- heitseinstellungen	Check- summe ES30.exe	Checksumme SpeedAnd- Distance.dll (ab Softwareversi- on 1.003)	Checksum- me ES30Text.txt	Check- summe ES30EditO ptions.exe
1.004	38335	55246	3867	11829	1906
1.005	21822 oder 38335	47324	3867	11829	1906
1.007	21822 oder 38335	37694	3867	49597	35699
1.007.1	21822 oder 38335	28469	3867	28938	35699
1.008	2461	35538	3867	28938	35699

Abbildung 35: Auszug aus 6. Neufassung der Anlage zur Gerä-  
tezulassung / Seite 11 / ES3.0

In einer Stellungnahme zur angewandten Verschlüsselung für die Rohmessdaten [14] behauptet die PTB nunmehr die Datenstruktur und Verschlüsselung nicht zu kennen. Genau dies sollte aber aus dem Quelltext zu ermitteln sein. Warum dies nicht möglich sein soll, wenn denn der Quelltext vorliegt, erschließt sich aus technischer Sicht nicht.

Im Übrigen würde hier auch eine Begründung in der Art, dass nur messrelevante Anteile der Gerätesoftware geprüft werden, ins Leere laufen, da zu einer solchen Feststellung ja gerade die Sicherung der kompletten Software nötig wäre. Eine solche Aufgabe kann dann natürlich auch nicht dem Hersteller überlassen werden, der ja eine solche Prüfung nicht neutral durchführen kann.

Um die Prüfungstiefe der PTB sowohl in Bezug auf Fragen der Datenintegrität und Authentizität, wie auch zu Fragen der Messwertbildung und weiterer Probleme (siehe z. B. [15]) zu klären, ist aus technischer Sicht dringend die Anfertigung von Prüfprotokollen geboten, die dann auch als Basis der Gerätezulassung offen gelegt werden müssen.

Hier ist der Forderung von J. Cierniak zuzustimmen, dass die Grundlagen der Bauartzulassung offen gelegt werden müssen [16].

Diese Offenlegungspflicht betrifft auch den Hersteller, der wenn er die Offenlegung verweigert, auch mit Zwangsmitteln wie Durchsuchung und Beschlagnahme zur Offenlegung entsprechender Informationen gezwungen werden kann [17].

Wie in Kapitel 4 bereits beschrieben, werden bei der geräteintern Auswertung Datenbereiche selektiert. Umfang und Auswahl des herangezogenen Datenbereichs sind dabei nicht bekannt.

Durch den Entwicklungsleiter des Geräteherstellers wurde im Rahmen einer richterlichen Vernehmung durch das AG Meißen bezüglich der Selektion von Teilbereichen im Messsignal angegeben, dass dem Messgerät zur Bildung eines gültigen Geschwindigkeitswertes „*ein Peak genügt*“. Konkrete Angaben zur Länge des ausgewerteten Datenbereichs erfolgten allerdings nicht. Zur Höhe der erforderlichen Signalgüte (Korrelationskoeffizient) wollte oder konnte der Entwicklungsleiter im Rahmen der Vernehmung ebenfalls keine entsprechenden Informationen preisgeben [18].

Dass dem Messgerät zur Bildung eines gültigen Geschwindigkeitswertes u. U. eine sehr geringe Datenmenge genügt, war im Ergebnis der unabhängigen Überprüfung der Rohmessdaten bereits anzunehmen.

Auf das o. g. Urteil erfolgte eine Stellungnahme der PTB. Im Gegensatz zu den ausführlichen Darstellungen der PTB bezüglich der im Urteil des AG Meißen nicht korrekt angegebenen Abtastrate des ES3.0 werden darin zur erforderlichen Länge des Datenbereichs bedauerlicherweise keine konkreten Angaben gemacht [19].

Anhand der Stellungnahme hat sich aber gezeigt, dass die PTB den Gütefaktor (erforderlicher Korrelationskoeffizient bei der geräteinternen Auswertung) offenbar **nicht** geprüft hat. In der zweiten, überarbeiteten Stellungnahme heißt es hierzu:

Zitat Beginn

*In der Vergangenheit wurde der Schwellwert für den Korrelationsgrad – auch von der PTB – des Öfteren fälschlicherweise mit 95 % angegeben. Dieser Wert diente allerdings in erster Linie der **Veranschaulichung** der Funktionsweise der Filteralgorithmen und wurde so **von Seiten des Herstellers öffentlich kommuniziert**.*

Zitat Ende (Hervorhebungen nachträglich eingefügt)

Erst "*aktuelle Diskussionen*" von Sachverständigen nahm die PTB zum Anlass "*diesen Wert noch einmal im Detail zu prüfen*", wobei gemäß der Stellungnahme durch Prüfung des Quellcodes für den Korrelationsgrad ein Wert von 92 % verifiziert wurde.

Interessant ist dies insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass sich für die PTB gemäß der Stellungnahme "*nicht erschließt*", warum die im Verfahren vor dem AG Meißen beteiligten Sachverständigen einen Gütefaktor von 70 % ansetzen. Hierzu heißt es weiter in der Stellungnahme der PTB:

Zitat Beginn

*Schließlich hängt es vom technischen Einsatzgebiet ab, was als hinreichend gute Korrelation anzusehen ist und was nicht; so mag es technische Bereiche geben, wo 70 % Korrelationsgrad ausreichen. Zum erhöhten Schutze des Betroffenen vor Fehlmessungen wird jedenfalls vom Gerät ES3.0 ein deutlich höherer Korrelationsgrad gefordert, bevor die entsprechenden Teile des Messsignals zur Bildung eines Geschwindigkeitswertes verwendet werden.*

Zitat Ende

Die Überprüfung von alten Messdateien durch die VUT hat diesbezüglich allerdings gezeigt, dass bis mindestens einschließlich Softwareversion 1.002 Korrelationskoeffizienten von **minimal 0,75** (also 75 %) und damit deutlich weniger als 95 % bzw. 92 % abgespeichert waren, d. h. es wurden Signalanteile bei der geräteinternen Auswertung herangezogen, die nach heutiger Ansicht der PTB keine ausreichende Übereinstimmung aufweisen.

Die Auswertung der Rohmessdaten wurde nach eigenen Angaben der PTB auch **nicht** im Rahmen des Bauartzulassungsverfahrens geprüft oder bewertet.

Bezüglich der Diskussion des erforderlichen Gütefaktors (Korrelationskoeffizient, Korrelationsgrad) beim ES3.0 ist in aller Deutlichkeit zu betonen, dass es für die Bestimmung eines zeitlichen Versatzes zwischen den Signalen für die Aussagekraft des Korrelationsgrades fundamental auf die **Länge des ausgewerteten Datenbereichs** ankommt.

## 7 esoDIGITALES II viewer, Version 22.2.9.40

Mittels dieser Software ist es nunmehr möglich Rohmessdaten zu exportieren und als csv-Datei oder Textdatei abzuspeichern.

Im Gegensatz zu esoData.esoDigitales.de ermöglicht dieses Tool erstmals einen Export der verschlüsselt in einer Falldatei enthaltenen Rohmessdaten, **ohne** die Falldatei online an den Gerätehersteller zu übertragen.

In einem Verfahren vor dem AG Homburg wurde vom Gericht eine informationstechnische Überprüfung der Softwarebibliotheken des Programms durch die VUT angeordnet, um festzustellen, ob die von der nicht zugelassenen und nicht geprüften Software extrahierten Rohmessdaten die

ursprünglich in der Falldatei abgespeicherten Rohmessdaten entsprechend unverändert wiedergeben [20].

**Die durchgeführte Überprüfung durch die VUT hat ergeben, dass die in der Datei gespeicherten Rohmessdaten von der Auswertesoftware unverändert ausgegeben werden.**

## 8 Zusammenfassung

Die Auswertung einer Vielzahl von Datensätzen des ES3.0 hat gezeigt, dass die geräteinterne Auswertung, entgegen den Angaben in der Bauartzulassung und Gebrauchsanweisung, offenbar nicht über die gesamte Aufzeichnungsdauer („Helligkeitsprofil“) erfolgt, sondern Teilbereiche aus dem Messsignal selektiert werden.

Die Auswertung von Teilbereichen im Messsignal ist aus technischer Sicht nicht generell als unzulässig zu erachten, sofern die Auswertung über eine ausreichende und aussagekräftige Datenmenge erfolgt. Hierbei sollte insbesondere die Vierfachmessung, die sich in der Vergangenheit bei optischen Messverfahren wie etwa dem  $\mu$ P80 als messtechnisch sicher erwiesen hat, sicher ersetzt werden können.

Weiterhin ist festzustellen, dass abweichende Positionen von Fahrzeugen in Bezug zur Fotolinie (Schattenmessung, Heckmessung) ihren Ursprung in Messsignalen haben, die aus messtechnischer Sicht kritisch zu bewerten sind. Ebenso sind Messsituationen dann als kritisch zu bewerten, wenn sich zwei Fahrzeuge in einer (annähernd) plausiblen Position zur Fotolinie befinden.

In diesen Fällen ist nicht sichergestellt, dass ausreichend Messdaten in die Messwertbildung mit einfließen, um eine mit der Vierfachmessung vergleichbare Messsicherheit herzustellen.

Ein Standard, bzw. Standardbedingungen, nach dem oder denen geräteintern die Messdaten verarbeitet werden, sind bei diesen drei gezeigten Beispielfällen nach derzeitigem Kenntnisstand daher bereits in Bezug auf die jeweils aufgezeichneten Messsignale nicht zu erkennen.

Dies insbesondere auch im Hinblick darauf, dass in keinem amtlichen Dokument die Auswertung der Messsignale über Teilbereiche beschrieben ist und sich auch keine Erkenntnisse ergeben, unter welchen Voraussetzungen eine Geschwindigkeit von dem Messgerät als gültig gewertet wird.

Die Auswertung von mehreren Messungen mit dem ES3.0 zeigt zudem, dass selbst bei einer korrekten Position der **Front** des gemessenen Fahrzeuges in Bezug zur Fotolinie der angezeigte Geschwindigkeitswert allenfalls in der Größenordnung nachvollzogen werden kann. Die **exakte Höhe** des vom Messgerät angezeigten Geschwindigkeitswertes lässt sich hierbei allerdings **nicht** nachvollziehen.

Darüber hinaus hat sich durch die Auswertung einer Vielzahl von Datensätzen gezeigt, dass bei der geräteinternen Auswertung nicht in jedem Fall der bei der Korrelationsrechnung **geringste** ermittelte Geschwindigkeitswert als Messwert angezeigt wird. Dies gilt auch insbesondere für die nachträgliche Auswertung durch den Gerätehersteller.

Eine Stellungnahme der PTB zur Datensicherheit wirft berechnete Zweifel daran auf, ob es beim zum Einsatz kommenden Messgerät ES3.0 überhaupt technisch möglich ist, die Authentizität einer Falldatei nachzuweisen.

## Literatur

### Beigefügte Dokumente sind teilweise anonymisiert

- [1] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis – Denkschrift, Wiley-VCH-Verlag, 2013
- [2] Eichgesetz, Stand 7. März 2011 (BGBl. I S. 338)
- [3] PTB, Bauartzulassung, Zulassungszeichen 18.11/06.04, Stand: 7. Neufassung vom 30.12.2014
- [4] W. Kessler: Multivariate Datenanalyse: für die Pharma-, Bio- und Prozessanalytik, Wiley-VCH-Verlag, 1. Auflage, 2006, ISBN:978-3527312627
- [5] M. Grün, VRR 1/2014, 14-18
- [6] D. Polin: Flimmereffekte von pulsweiten-modulierter LED-Beleuchtung, Dissertation, TU Darmstadt, Fachbereich Lichttechnik, 2015
- [7] Webseite kfztec.de, Audi Matrix LED Scheinwerfer, <https://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/licht/audi-matrix-led-scheinwerfer.htm>, zuletzt abgerufen am 24.01.2018
- [8] OLG Frankfurt, Beschluss vom 04.12.2014, 2 Ss Owi 1041/14
- [9] Stellungnahme VUT vom 14.11.2017: ES3.0 – Neue technische Entwicklungen stellen die Bauartzulassung in Frage <https://vut-verkehr.de/downloads/2017-11-14-ES3.0%20LED.pdf>
- [10] Keine falschen Geschwindigkeitsmesswerte bei eso-Einseitensensoren für Fahrzeuge mit LED-Scheinwerfern oder intermittierenden Blinkern. Stand: 15. Oktober 2018 / Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/520.20181012>
- [11] Support-Webseite von Microsoft: <https://support.microsoft.com/de-de/lifecycle/search?alpha=windows%202000>, zuletzt abgerufen am 17.01.2018
- [12] Nachrichtenportal golem.de: <http://www.golem.de/1007/76395-3.html>, zuletzt abgerufen am 17.01.2018
- [13] Schreiben der PTB zum „Antrag auf Überlassung von Prüfprotokollen betreffend Multanova 6F“ (beigefügt)
- [14] Stellungnahme der PTB zu „Anfrage zu Messgerät Typ ES3.0 mit der Eichschein-Nr. 07/2013/4146, Gerät-Nr. 5094 (Softwareversion 1.007)“ vom 29.08.2014 (beigefügt)
- [15] S. Wietschorke: Unsichere Messwertzuordnung bei der ES3.0-Funkkamera durch unzulässige Verzugszeit, DAR 7/2013, S. 424ff
- [16] J. Cierniak, Prozessuale Anforderungen an den Nachweis von Verkehrsverstößen, zfs 12/2012, S. 664-680
- [17] Akteneinsichts- und Offenlegungsrechte im Bußgeldverfahren Jürgen Cierniak DAR 1/2014, S. 2ff
- [18] AG Meißen, Urteil vom 29.05.2015, 13 OWi 703 Js 21114/14
- [19] Stellungnahme der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zum Urteil des Amtsgerichts Meißen vom 29.05.2015, Stand: 6. April 2016, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin, DOI: 10.7795/520.20160913E
- [20] AG Homburg, 11 OWi 62 Js 1529/15 (162/15)

PTB • Postfach 33 45 • 38023 Braunschweig

VUT Sachverständigen GmbH & Co. KG  
Herrn Detlev Groß  
Matthias-Nickels-Str. 17a

66346 Püttlingen

Ihr Zeichen: A13K10RA01G  
Ihre Nachricht vom: 05.02.2014  
Mein Zeichen: Z.1311-6626- 19/14  
Meine Nachricht vom:

Bearbeitet von: Frau Gassel  
Telefondurchwahl: 0531 592-9198  
Telefaxdurchwahl: 0531 592-9108  
E-Mail: ruth.gassel@ptb.de

Datum: 5. März 2014

## Antrag auf Überlassung von Prüfprotokollen betreffend Multanova 6F

Sehr geehrter Herr Groß,

1. Ihr Antrag auf Überlassung der o. g. Unterlagen wird abgelehnt.
2. Gebühren werden nicht erhoben.

### Begründung:

- I. Ihre Anfrage werde 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. So darf nach § 6 S. 2 IFG der Zugang zu Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen nur gewährt werden, soweit der Betroffene eingewilligt hat.

Bei Ihrer Anfrage können die begehrten Prüfungsprotokolle nicht herausgegeben werden, da diese nicht vorhanden sind.

Ich erlaube mir daher, Ihnen eine Erläuterung meiner Fachkollegen zu übersenden.

- II. Grundlage der durchgeführten Softwareprüfungen bilden die vom Hersteller gelieferte Dokumentation, der Quellcode von Messgerätesoftware und Referenz-Auswerteprogramm und teilweise auch entsprechende Herstellerprüfergebnisse. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens wurden darauf aufbauend eingehende Softwareprüfungen durchgeführt. Sowohl Quellcodeprüfungen als auch praktische

600 00 r

Prüfungen konnten zeigen, dass das Referenz-Auswerteprogramm Manipulationen zuverlässig erkennt und auch den angegebenen öffentlichen Schlüssel für die Signaturprüfung verwendet.

Während der Durchführung der Softwareprüfungen wurde darauf geachtet, dass alle Softwareanforderungen vom Messgerät erfüllt werden. Weiterführende, über die o.a. Aussagen hinausgehende Prüfprotokolle liegen nicht vor, da diese im Rahmen der damaligen Aufgabenstellung aus folgenden Gründen für nicht erforderlich und sachdienlich angesehen wurden. Softwareprüfungen sind nicht vergleichbar mit im Labor durchgeführten Prüfungen oder Prüfungen im realen Straßenverkehr. Während bei Laborprüfungen und Prüfungen im realen Straßenverkehr der Messaufbau und das Auswerten der Messwerte die Grundlage für die erzielten Prüfergebnisse bilden, sind bei Softwareprüfungen die Dokumentation und das zeilenweise Nachverfolgen des Quellcodes die wichtigsten Elemente des Prüfprozesses. Da Dokumentation und Quellcode bereits detailliert beschreiben, wie die Software des Messgerätes funktioniert und beim Studium dieser Unterlagen ersichtlich wird, auf welche Art und Weise die gestellten Softwareanforderungen vom Messgerät erfüllt werden, ist ein detailliertes Protokollieren der durchgeführten Softwareprüfungen überflüssig.

Bei Geräten der Firma Jenoptik ROBOT GmbH kann der öffentliche Schlüssel in Form einer Schlüsseldatei (.pk-Datei) am Messgerät abgerufen werden. Der Vergleich zweier Schlüssel kann auf einfache Weise über einen Dateivergleich erfolgen.

Hinsichtlich des Gültigkeitsbereichs der hier getroffenen Aussagen bleibt folgendes festzuhalten. Die ROBOT SmartCamera III wurde erstmals im Jahre 2008 für die Bauart TRAFFIPAX speedophot (Zul.Zeich.: 18.11/89.13) zugelassen. Ergebnisse von Softwareprüfungen, die mit der ROBOT SmartCamera III im Jahre 2008 durchgeführt wurden, konnten teilweise, im Rahmen von Zulassungsverfahren anderer Bauarten, weiter verwendet werden. Dies betrifft insbesondere die Bauarten MULTANOVA 6F (Zul.Zeich.: 18.11/84.64) und TraffiStar S540 (Zul.Zeich.: 18.11/09.06).

### **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



Gassel  
Justiziarin



PTB • Postfach 33 45 • 38023 Braunschweig

Rechtsanwalt  
Ronald Gruska-Theus  
Thälmannstr. 32  
99974 Mühlhausen

Ihr Zeichen: 234/14GT10dhD4/2518-14  
Ihre Nachricht vom:  
Mein Zeichen: Z. 1312  
Meine Nachricht vom:  
  
Bearbeitet von: Frau Muthig  
Telefondurchwahl: 0531 592-9024  
Telefaxdurchwahl: 0531 592-9108  
E-Mail: Tanja.Muthig@ptb.de  
  
Datum: 29. August 2014

**Anfrage zu Messgerät Typ ES3.0 mit der Eichschein-Nr. 07/2013/4146, Gerät-Nr. 5094 (Softwareversion 1.0007)**

Sehr geehrte Herr Rechtsanwalt Gruska-Theus,

mit Schreiben vom 26.08.2014 baten Sie unter Verweis auf § 1 IFG um die Bekanntgabe der Datenstruktur und aller notwendigen Informationen zur Entschlüsselung der Rohmessdaten durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Die Verschlüsselung der Rohmessdaten ist keine zulassungspflichtige Funktion, da die Rohmessdaten im eichrechtlichen Sinne nur Hilfsgrößen darstellen. Der Zulassungsinhaber eso GmbH hat deshalb im Rahmen des Zulassungsverfahrens der PTB die Datenstruktur und Verschlüsselung der Rohmessdaten nicht offengelegt. Die angeforderten Informationen liegen daher die PTB nicht vor.

Es werden für die Überlassung der vorliegenden Auskunft keine Kosten erhoben. Der guten Ordnung halber weise ich Sie darauf hin, dass das Verfahren nach dem IFG ein kostenpflichtiges Verwaltungsverfahren ist.

Mit freundlichen Grüßen  
Im Auftrag

Tanja Muthig  
Z. 1312 „Justizariat“