

## ProViDa – Neue Auswertehilfe nicht nur für kritische Fälle

von Dr. rer. nat. Ingo Holtkötter, Münster\*

Das von der Polizei in zivilen Pkw und Krädern eingesetzte Videosystem ProViDa dient zu Geschwindigkeits- und Abstandsmessungen im fließenden Straßenverkehr. Neben verschiedenen automatischen Messmodi wird bei diesem Messgerät häufig der manuelle Modus benutzt, der eine nachträgliche Auswertung der Geschwindigkeits- oder Abstandsmessung erfordert. Auch bei den automatischen Messungen ist häufig eine zusätzliche nachträgliche Auswertung möglich und auch nötig.

Bei der späteren Auswertung und Analyse des aufgezeichneten Videomaterials ist es notwendig, zumindest den relativen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug anhand der Abbildungsgröße des Fahrzeugs im Video zu bestimmen. Die hier vorgestellte Software gibt hierbei einen Einblick in den Einfluss der Videoqualität auf die Genauigkeit des Messergebnisses.

### I. Einleitung

Das ProViDa-System ist ein in Fahrzeugen fest eingebautes Videomesssystem, das Geschwindigkeits- und Abstandsmessungen zu vorausfahrenden oder nachfolgenden Fahrzeugen ermöglicht. Prinzipiell werden hierbei Messungen sowohl zu vorausfahrenden als auch nachfolgenden Fahrzeugen durchgeführt. In diesem Artikel wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit der Fall einer Geschwindigkeitsmessung zu einem vorausfahrenden Fahrzeug diskutiert.

Durch die Speicherung des Tatvideos kann bei den Messungen eine nachträgliche Auswertung erfolgen. Dabei bestand bisher das Problem, dass eine Auswertung großer Abstände oder Videos mit geringer Bildqualität nur schwer möglich war. In diesem Artikel wird eine neue Software vorgestellt, mit der auch solche Fälle ausgewertet werden können.

### II. ProViDa-System

Die Abb. 1 zeigt den schematischen Aufbau der ProViDa-Anlage. Neben dem Video einer Kamera, die im Allgemeinen vorausfahrende Fahrzeuge erfasst, werden von dem Videomesssystem die Informationen zum zurückgelegten Weg über einen Wegimpulsgeber und zur verstrichenen Zeit über einen internen Taktgeber aufgezeichnet. Dies bedeutet, dass bei einem Messvorgang nicht direkt die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs bestimmt wird, sondern lediglich die Zeit zusammen mit der zurückgelegten Wegstrecke des Polizeifahrzeugs in Kombination mit dem Videobild. Bei dem Messsystem ProViDa gibt es auf Grundlage dieser Daten verschiedene Möglichkeiten, die Geschwindigkeit oder den Abstand des vorausfahrenden Fahrzeugs zu ermitteln. Der gewählte Messmodus und die daraus folgende Vorgehensweise bei der Geschwindigkeitsauswertung richten sich nach den vorliegenden Messbedingungen.

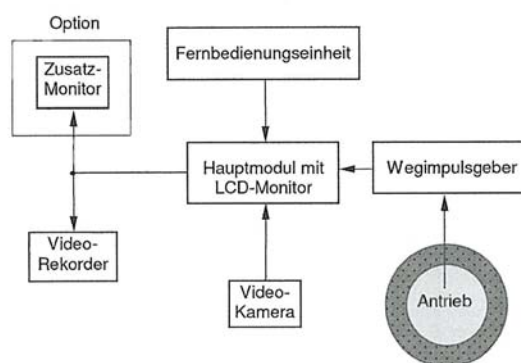


Abb. 1: Schema der ProViDa-Anlage (aus der Bedienungsanleitung ProViDa 2000, 04/2007)

Wenn keine interaktive Messmethode des Systems gewählt wird, wird die Geschwindigkeit anhand der Videoaufzeichnung und der eingeblendeten Daten nachträglich bestimmt. Einen Überblick über die in das Videobild eingeblendeten Daten zeigt Abb. 2. Das Videobild enthält oben links das aktuelle Datum und die zurückgelegte Wegstrecke nach Start des Systems. Rechts daneben wird die Betriebsart eingeblendet, in diesem Fall „MAN“ für die Betriebsart „manuell“. Das bedeutet, dass hier eine nachträgliche Auswertung des Videos möglich ist. In der Ecke oben rechts wird die momentane Uhrzeit zusammen mit der aktuellen Einzelbildnummer und der Brennweitenkennzahl eingeblendet. In der Ecke unten rechts wird die Momentangeschwindigkeit des Polizeifahrzeugs dargestellt. In der unteren linken Ecke wird das Resultat der Messung angezeigt, wobei sich im vorliegenden Fall durch den manuellen Betriebsmodus hier keine verwertbare Information finden lässt, sondern die Werte einer vorangegangenen Messung angezeigt werden. Die wesentlichen Daten für die nachträgliche Untersuchung sind sowohl die Wegstrecke oben links, als auch die Einzelbildnummer oben rechts mit denen sich die zurückgelegte Wegstrecke und auch die verstrichene Zeit anhand der benötigten Zeit pro Einzelbild bestimmen lassen.

\* Der Autor ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle sowie Unfälle mit mechanisch-technischem Gerät im Ingenieurbüro Schimmel-pfenning und Becke, Münster.



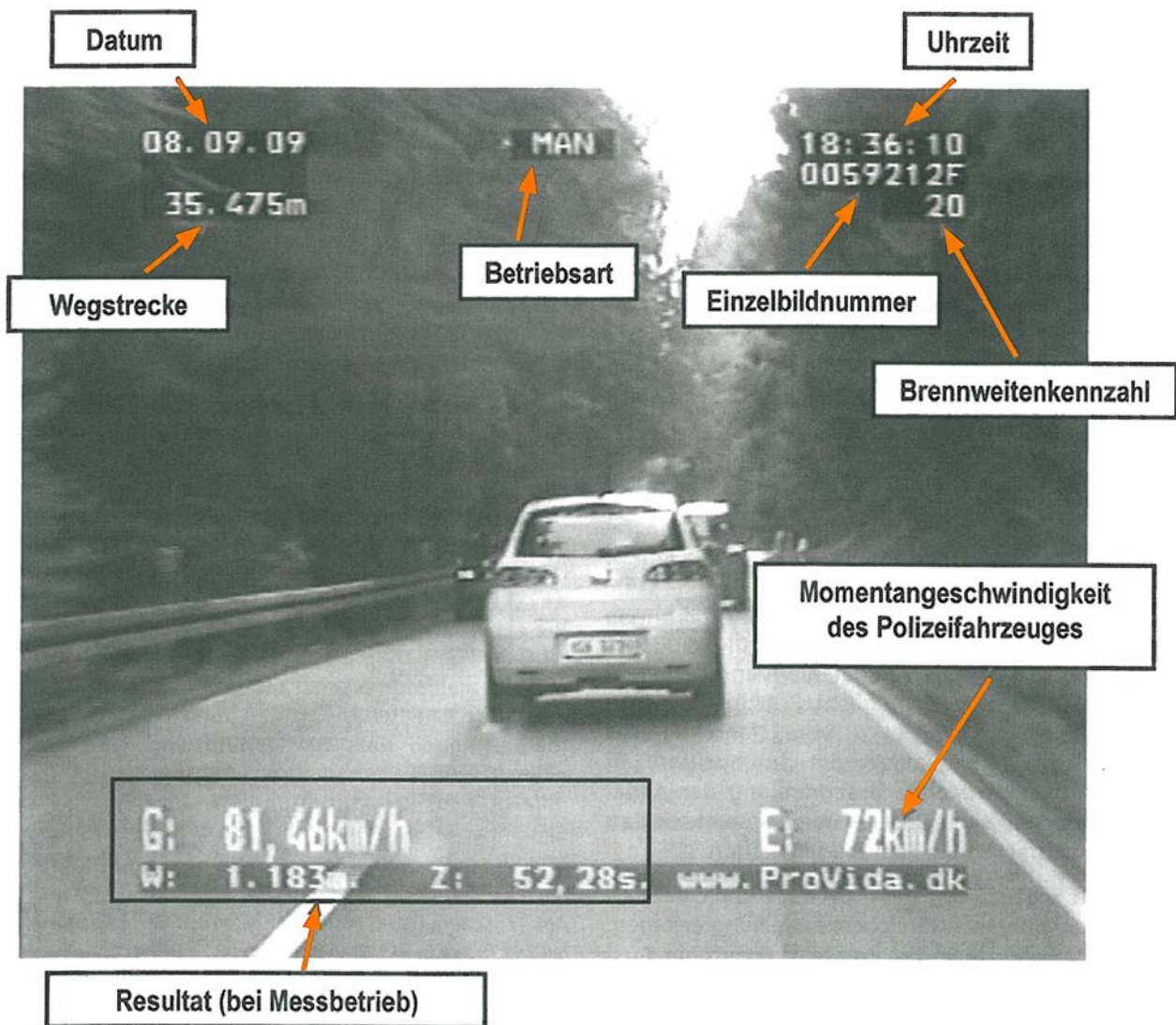


Abb. 2: Videobild mit eingeblendeten Daten

### III. Auswertung der Geschwindigkeit

Auf Grundlage der zurückgelegten Wegstrecke und der verstrichenen Zeit über den Bildnummernzähler kann sowohl die genaue Eigengeschwindigkeit des Polizeifahrzeugs, als auch die Geschwindigkeit eines vorausfahrenden Fahrzeugs bestimmt werden, sofern der Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen zu Beginn und zu Ende der Messung gleich ist.

Eine ggf. vorliegende Änderung des Abstands zwischen den Fahrzeugen lässt sich in der Videoaufzeichnung anhand der Größe des vorausfahrenden Fahrzeugs ablesen, sofern sich während der Messung die Brennweiteinstellung des Kameraobjektivs nicht ändert. Dies kann anhand der Brennweitenkennzahl im Video oben rechts überprüft werden. Falls sich während der Messung der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug vergrößert, d.h., das Fahrzeug im Videobild kleiner wird, führt dies dazu, dass die Geschwindigkeit des Polizeifahrzeugs geringer war als die des betroffenen vorausfahrenden Fahr-

zeugs. In diesem Fall entsteht ein Fehler zugunsten des Betroffenen und die Geschwindigkeitsmessung ist zulässig.

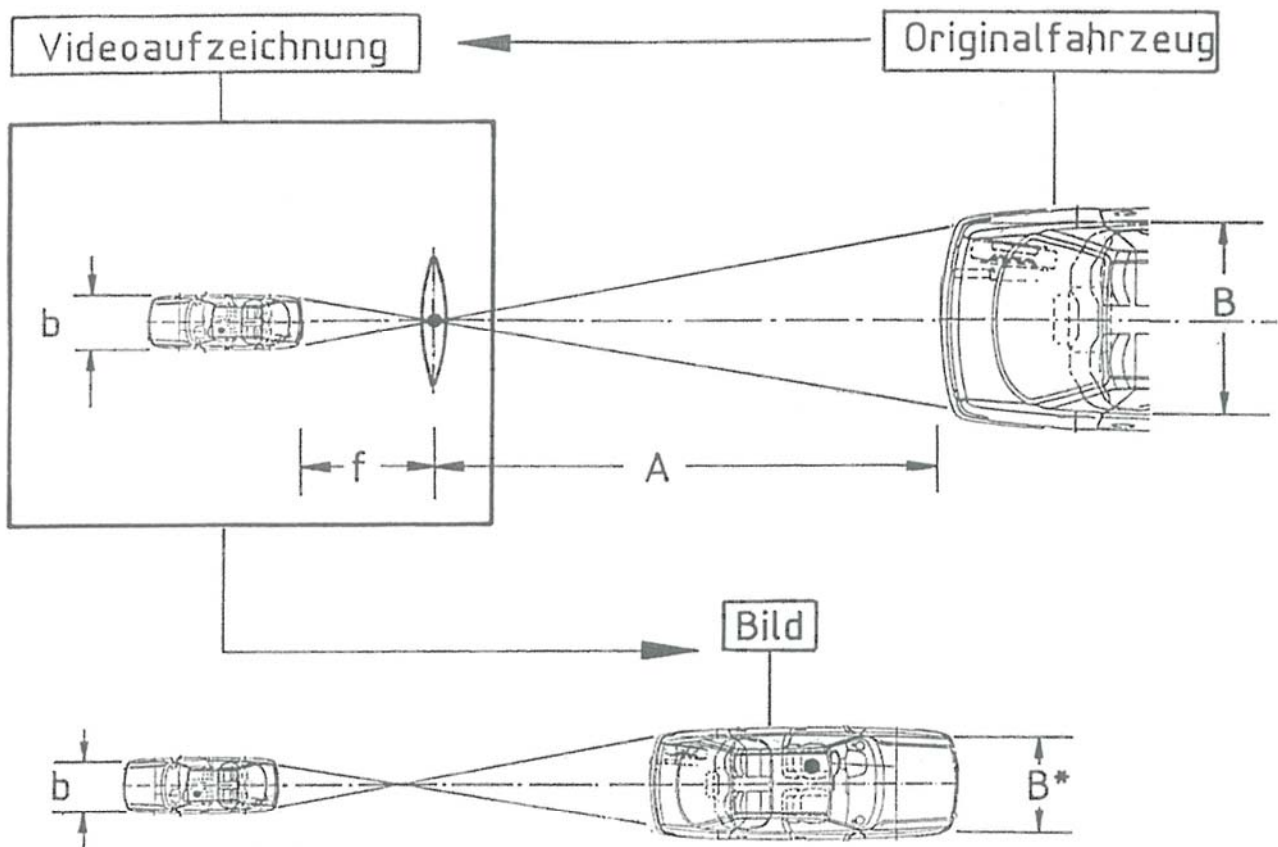
Für den Fall, dass sich während der Messung der Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen verringert, gilt, dass die Geschwindigkeit des Polizeifahrzeugs größer war als die des vorausfahrenden betroffenen Fahrzeugs und somit die Geschwindigkeitsmessung einen Fehler zuungunsten des Betroffenen beinhaltet. Sollte aus einer solchen Messung die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs bestimmt werden, muss in jedem Fall die Abstandsverringering berücksichtigt werden, da ansonsten dem Betroffenen eine zu hohe Geschwindigkeit vorgeworfen wird.

Das Prinzip der Abstandsabhängigkeit ist in Abb. 3 skizziert. Da sich während der Messung sowohl die Fahrzeugbreite des Originalfahrzeugs B sowie auch die Abbildungseigenschaften der Kamera  $f$  und der Vergrößerungsfaktor  $v$  nicht ändern, somit also in

der untersten Formel der Term  $(v \cdot B \cdot f)$  konstant bleibt, ergibt sich ein direkter Zusammenhang zwischen dem Abstand  $A$  und der Bildbreite auf dem Bildschirm  $B^*$ . Dies bedeutet wiederum, dass sich die Veränderung der Bildbreite  $B^*$  direkt in die Veränderung des Abstands  $A$  umrechnen lässt. Wenn sich also bspw. die Bildbreite auf dem Bildschirm auf die Hälfte verringert, bedeutet das gleichzeitig, dass der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug verdoppelt wurde. Es ist also für diese Art der Geschwindigkeitsbestimmung wesentlich, die ggf. vorliegende Veränderung des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug zu Beginn der Messung und am Ende der Messung möglichst genau zu kennen.

#### IV. Experimentelle Bestimmung der Abstandsabhängigkeit

Um die im vorigen Abschnitt dargestellte Abstandsabhängigkeit zu untersuchen, wurde ein Versuch durchgeführt, in dem ein Fahrzeug in verschiedenen, genau definierten Abständen von einem ProViDa-System, eingebaut in ein ziviles Krad der Polizei, aufgezeichnet wurde. Bei der Einbauvariante in ein Krad wird beim ProViDa-System keine Kamera mit Zoom-Objektiv eingesetzt, sondern ein Objektiv mit Festbrennweite verwendet. Aus diesem Grund wird im Video anstelle der Brennweitenkennzahl nur der Platzhalter „----“ eingeblendet.



Vergrößerungsfaktor  $v = \frac{B^*}{b} \implies b = \frac{B^*}{v}$

$$\frac{B}{b} = \frac{A}{f} \implies A = \frac{1}{b} \cdot (B \cdot \overset{\text{konstant}}{f})$$

$$A = \frac{1}{B^*} \cdot (v \cdot B \cdot \overset{\text{konstant}}{f})$$

Abb. 3: Prinzip der Abstandsabhängigkeit



In Abb. 4 ist eine aus dem Video extrahierte Bilderreihe dargestellt, die das Versuchsfahrzeug in Abständen zwischen 10 und 220 m zeigt. Den Bildern ist leicht zu entnehmen, dass durch die zunehmende Entfernung das Fahrzeug immer kleiner dargestellt wird, obwohl die reale Breite des Fahrzeugs natürlich konstant bleibt.

In der rechten Spalte ist auf den Bildern mit Abständen zwischen 120 und 220 m nur noch schwer abzulesen, wie die Abbildungsbreite des Fahrzeugs abnimmt. Für die genaue Analyse ist es einerseits notwendig, die Bilder möglichst groß darzustellen und andererseits, wenn möglich, die einzelnen Bildpunkte zu zählen, die die Fahrzeugbreite ausmachen.

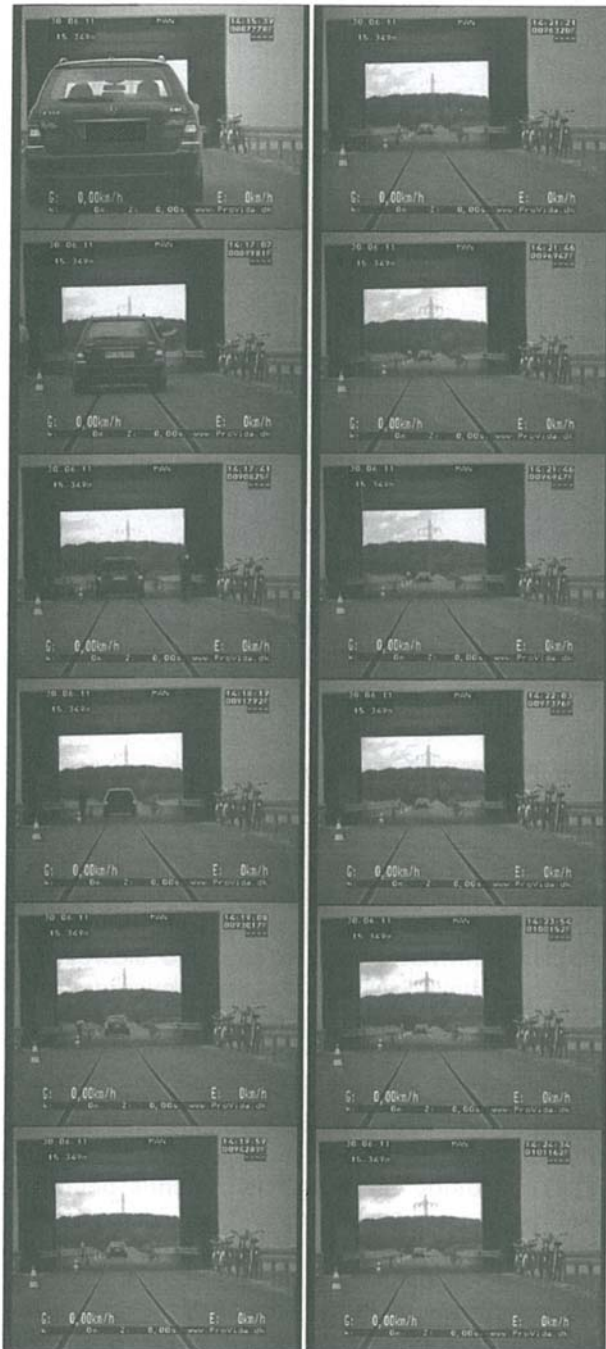


Abb. 4: Abbildung eines Fahrzeugs in definierten Abständen (linke Spalte von oben nach unten: 10 m, 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, 100 m; rechte Spalte: 120 m, 140 m, 160 m, 180 m, 200 m, 220 m)

Um diese Analyse zu vereinfachen, wurde im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke eine neue Software entwickelt. Um das Analyseverfahren zu verdeutlichen, ist in der Abb. 5 das Bild aus der Messserie mit Abstand 40 m noch einmal dargestellt. Um die Abbildungsgröße des Fahrzeugs genau zu bestimmen, wird hier der Abstand der Rücklichter herangezogen, der im Normalfall einfach zu messen ist.

Anstatt nun das Bild auszudrucken und mithilfe eines Lineals den Abstand abzulesen, wird im Folgenden der Abstand der Rücklichter durch eine Analyse der Bildpunkte selbst bestimmt. Hierzu wird entlang einer horizontalen Linie im Bild das Helligkeitsprofil der einzelnen, nebeneinander angeordneten, Bildpunkte aufgezeichnet und in eine Tabelle geschrieben.

Aus dieser Tabelle wird dann ein Diagramm erstellt, wie es im unteren Teil der Abb. 5 dargestellt ist. Das Diagramm gibt direkt den Helligkeitsverlauf entlang der im Bild eingezeichneten Linie wieder. Von links nach rechts ist zunächst ein schmaler, heller Bildbereich zu erkennen (das linke Rücklicht, s. Maximum „A“), worauf der schwarze Teil der Heckklappe folgt („B“). In der Mitte der Linie bzw. des Diagramms ist ein etwas hellerer Bereich sichtbar, der sich durch das Kennzeichen des Fahrzeugs ergibt („C“). Rechts vom Kennzeichen ist wieder die dunkle Heckklappe sichtbar („D“). Schließlich entsteht ein zweites schmales Maximum durch das rechte Rücklicht des Fahrzeugs („E“).

Anhand des Diagramms lässt sich nun der Abstand der Rücklichter im Bild sehr genau bestimmen.

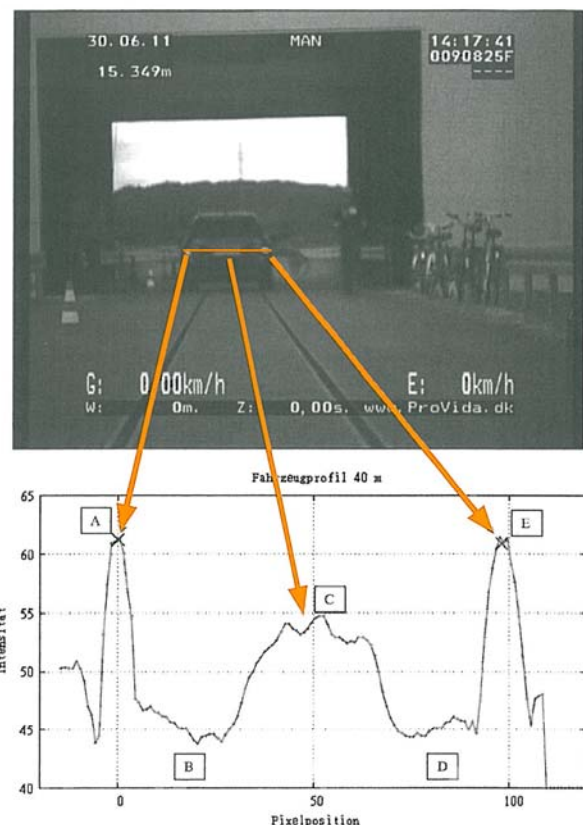


Abb. 5: Helligkeitsprofil der Rückleuchten bei 40 m Abstand



Wenn man alle Bilder der Messserie zwischen 10 und 220 m auswertet und entsprechend darstellt, ergibt sich das Diagramm in Abb. 6, welches alle Helligkeitsprofile der beiden Rücklichter zeigt. Um die Breite der einzelnen Abbildungen zu bestimmen, wurde jeweils der Extremwert bzw. der mittlere Punkt des Maximums für das linke bzw. rechte Rücklicht herangezogen.

Durch die Auswertung lässt sich klar der bereits im 3. Abschn. dargestellte theoretische Zusammenhang der Abbildungsbreite zum Abstand ablesen (s. Kurve durch die Extremwerte  $A = 1/B^*$ . [ $v \cdot B \cdot f$ ]).

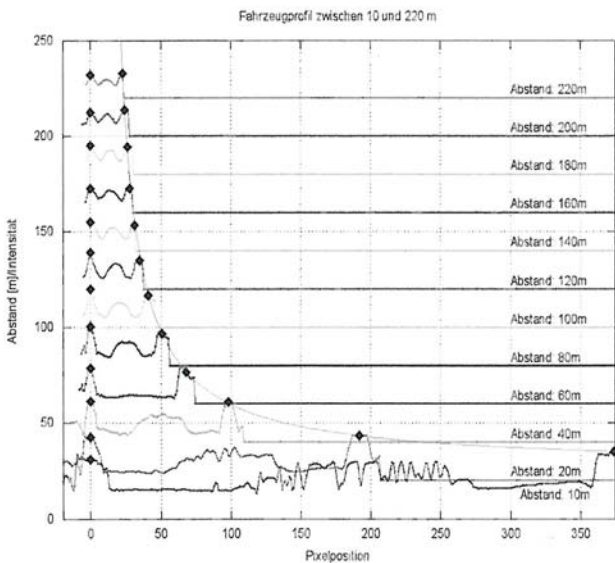


Abb. 6: Auswertung der Helligkeitsprofile bei Abständen zwischen 10 und 220 m

## V. Beispielauswertung durch neue Software

Während man die im vorstehenden Beispiel ermittelten Abbildungsgrößen prinzipiell auch manuell abschätzen könnte, liegt der Vorteil der softwarebasierten Auswertung darin, die erhaltenen Helligkeitsprofile auch mathematisch weiterverarbeiten zu können. Hierbei ist es möglich, nicht nur ein Bild zur Bestimmung der Abbildungsbreite des Fahrzeugs heranzuziehen, sondern den Mittelwert mehrerer Bilder zu berechnen. Hierzu können bspw. fünf aufeinanderfolgende Einzelbilder verwendet werden, da sich in der Zeit, die während der Aufzeichnung der fünf Bilder vergeht (0,2 s), der Abstand der Fahrzeuge in der Praxis nur unwesentlich ändert. Durch die Mittelung kann die Bestimmung der Fahrzeugbreite sehr genau erfolgen, wobei gleichzeitig eine Prüfung der Plausibilität erfolgt. Ist bspw. ein einzelnes Bild durch einen Lichtreflex verfälscht, kann dies bei der Auswertung mehrerer Bilder erkannt werden.

In diesem Abschnitt wird eine Beispielauswertung vorgestellt, der eine Geschwindigkeitsmessung mit einem vergleichsweise hohen Abstand der Fahrzeuge von etwa 400–500 m zugrunde liegt. Abb. 7

zeigt das erste und letzte Bild einer Geschwindigkeitsmessung, die über eine Strecke von 382 m bei einer Zeit von 6,84 s durchgeführt wurde. Es ergibt sich für das vordere vorausfahrende Fahrzeug ein Geschwindigkeitsvorwurf von 190 km/h nach Toleranzabzug außerhalb geschlossener Ortschaften (201 km/h vor Abzug der Toleranz). Durch den großen Abstand des Einsatzfahrzeugs zum vorausfahrenden Fahrzeug ist anhand der Bilder kaum abzulesen, ob und in welcher Weise sich der Abstand geändert haben könnte.



Abb. 7: Erstes und letztes Bild der Geschwindigkeitsmessung

Mithilfe der Auswertesoftware kann jedoch trotzdem eine Analyse der Abbildungsbreite des Fahrzeugs sehr genau erfolgen (s. Abb. 8). In der linken Spalte ist die Vermessung eines Bilds am Anfang der Messung mit den dazugehörigen Helligkeitsverläufen der ersten zehn Bilder der Messung dargestellt. In der rechten Spalte wurden die letzten zehn Bilder der Messung analysiert. Bei dieser Messung hebt sich die helle Reflexion der Heckscheibe vor dem dunklen Hintergrund im Bild ab, sodass die relative Fahrzeugbreite (und damit die Änderung der Entfernung) anhand der Breite der Heckscheibenabbildung bestimmt werden kann. Anhand der stark variierenden Kurvenverläufe ist bereits zu erkennen, dass die Fahrzeugabbildung

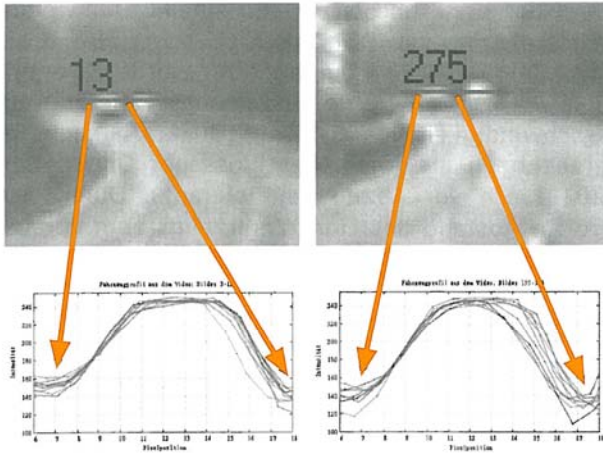


Abb. 8: Fahrzeugprofil am Anfang und am Ende der Messung

im Video stark verrauscht ist und somit nicht an einem einzelnen Bild zuverlässig abzulesen ist.

Wie bereits erwähnt, kann eine weitere Auswertung der Abbildungsbreite des Fahrzeugs nun auf mathematischem Wege erfolgen, sodass sogar ein Fehlerbereich, d.h. ein Maß für die Güte der Abstandsbestimmung erhalten werden kann. Hierzu ist in Abb. 9 das Ergebnis der statistischen Auswertung der ersten und der letzten zehn Einzelbilder der Geschwindigkeitsmessung dargestellt.

Gaussfit						
Auswertung von Gaussfit-Datensätzen zu Beginn und Ende der Messstrecke						
Daten aus der Videoauswertung						
Datensatz Nr	Breite s aus Fit	Peakbreite=2*s		Datensatz Nr	Breite s aus Fit	2*s
3	4,86			135	4,39	
4	5,14			136	4,9	
5	5,14			137	4,63	
6	4,94			138	4,61	
7	4,99			139	4,67	
8	4,95			140	4,67	
9	4,9			141	4,6	
10	4,66			142	5,2	
11	4,47			143	4,93	
12	4,87			144	4,54	
xc 3-12	4,892	9,784		xc 135-144	4,714	9,428
sigma 3-12	0,203240416	0,406480832		sigma 135-144	0,232723011	0,465446023

Auswertung für eine mittlere Entfernung von s=500m						
Ergebnis Nr	Peakbreite	2*sigma	Fehlerquotient	Unsicherheit in m	Unsicherheit in km/h	
Bild 3-12	9,784	0,41	0,04	20,8	10,9	
Bild 135-144	9,428	0,47	0,05	24,7	13,0	

Ergebnis für die Unsicherheit der Geschwindigkeitsmessung	
Unsicherheit Bild 3-12	10,9
Unsicherheit Bild 135-144	13
Toleranz ProViDa-System	11
<b>Summe:</b>	<b>34,9</b>

Abb. 9: Auswertung der Geschwindigkeitsmessung



Für jedes Bild ergibt sich eine Fahrzeugbreite in Pixeln, wobei der Mittelwert für die ersten 10 Bilder (Datensätze 3 – 12) ein Maß ist für die Fahrzeugbreite zu Beginn der Messung. Entsprechend stellt der Mittelwert der Fahrzeugbreite der letzten 10 Bilder (Datensätze 135 – 144) ein Maß für die Breite der Fahrzeugabbildung am Ende der Messung dar.

Die Breite des Fahrzeugs beträgt zu Beginn der Messung im Mittel 9,78 Pixel mit einem Fehlerbereich, also einer Unsicherheit, von 0,41 Pixeln und am Ende der Messung im Mittel 9,43 Pixel mit einem Fehler von 0,47 Pixeln (orange markiert).

Auf der einen Seite kann daraus geschlossen werden, dass sich die Breite des Fahrzeugs am Anfang und am Ende der Messung nur innerhalb der Fehlergrenzen verändert hat, d.h. statistisch nicht signifikant voneinander abweicht. Andererseits wird durch die Unsicherheit der Abstandsbestimmung am Anfang und am Ende der Messung die Unsicherheit des Gesamtergebnisses erhöht. Daraus ergibt sich, zugunsten des Betroffenen, eine zusätzliche Toleranz der Geschwindigkeitsmessung durch die Unsicherheit am Anfang der Messung von 10,9 km/h und durch die Unsicherheit am Ende der Messung von 13,0 km/h.

Unter Berücksichtigung aller Toleranzen zugunsten des Betroffenen erhält man eine Gesamtunsicherheit der Geschwindigkeitsmessung inklusive der Toleranz des ProViDa-Systems von insgesamt 34,9 km/h, gerundet 35 km/h. Somit ergibt sich aus der Messung von 201

km/h eine Änderung des Geschwindigkeitsvorwurfs nach Abzug der Toleranz von 190 km/h auf 166 km/h.

In diesem Beispiel ist die begrenzte Bildqualität und Auflösung des Videosystems die Ursache für erhebliche zusätzliche Toleranzen. Gerade wenn die Fahrzeugbreite durch eine hohe Entfernung sehr klein abgebildet wird, ist ein einfaches Vermessen der Fahrzeugbreite auf dem Bild mit einem Lineal nicht mehr sinnvoll.

## VI. Zusammenfassung

Mit der neuen Software wird es ermöglicht, auch in schwer zu beurteilenden Fällen eine detaillierte Analyse des Tatvideos vorzunehmen und die Veränderung des Abstands genau zu bestimmen und zu bewerten. Hierbei besteht die Möglichkeit, nicht nur mehrere Bilder in die Analyse einzubeziehen, sondern auch geringe Bildqualitäten und große Entfernungen auszuwerten. Im Vergleich zu der herkömmlichen Methode, zwei einzelne Bilder mit einem Lineal zu vermessen, bietet die Analyse des Helligkeitsprofils auf Basis mehrerer Bilder eine detaillierte Auswertung der Abstandsänderung.

Es soll eine Weiterentwicklung der Auswertesoftware erfolgen, sodass im Video die Entfernungsanalysen automatisiert durchgeführt werden. Auf diese Weise könnten dann, nach kurzer Kalibrierungsphase am Anfang der Messung, die korrigierten Werte in Echtzeit in das Videobild eingeblendet werden.