

IV Prüfvorschriften

1 Eignungsprüfungen der Verkehrserfassung

1.1 Allgemeines

Für die Beurteilung der Genauigkeit von Erfassungsgeräten müssen deren Daten mit denen amtlich zugelassener Bezugssysteme verglichen werden. Die Prüfungen werden von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführt (siehe hierzu auch TLS, Abschnitt I, Kapitel 1.1 Präambel).

Im folgenden wird die Eignungsprüfung der Verkehrserfassung beschrieben. Das Prüfverfahren ist für Verkehrserfassungsgeräte, die mit Induktivschleifen detektieren, ausgelegt. Für die Prüfung anderer Erfassungstechniken ist das Verfahren ebenfalls anwendbar, es müssen aber ggf. zusätzliche für das Detektionsprinzip spezifische Festlegungen getroffen werden. Geprüft wird die Genauigkeit bei der Erfassung der Verkehrsmenge, der Fahrzeugklassifizierung und der Geschwindigkeitsmessung.

Bei den Prüfmessungen ist darauf zu achten, dass die gemessenen Verkehre eine für den Anwendungszweck geeignete Aussage zulassen.

1.2 Prüfaufbau und Prüfablauf

Die Prüfung wird im Prüffeld der BASt durchgeführt. Es befindet sich auf einer zweistreifigen Richtungsfahrbahn einer Autobahn mit Standstreifen. Die Fahrstreifenbreite beträgt 3,75 m.

Im Bereich des Prüffelds sind mehrere aufeinanderfolgende Induktivschleifenfelder in der Richtungsfahrbahn, an welche das zu prüfende Gerät und die Referenz angeschlossen werden. Die Prüfungen werden an Schleifen vom Typ 1 als auch Typ 2 gemäß TLS durchgeführt. Das Gerät, das als Prüfmuster der BASt übergeben wird, muss mit Detektoren für beide Schleifentypen ausgerüstet sein, so dass es an beiden Schleifentypen gleichzeitig angeschlossen werden und Daten erfassen kann (d.h. Detektoren für insgesamt 4 Fahrstreifen müssen im Gerät enthalten sein). Die Steckverbindung am Gerät zu den Induktivschleifen müssen den Festlegungen in den TLS entsprechen.

Die Induktivschleifen sind gemäß Anhang 3 in einer Asphaltdecke verlegt. Die Ableitungen der Induktivschleifen sind mit Fernmeldekabel A2YF(L)2Y 10x2x0,8 St III gemäß Anhang 3 verlängert. Für Geräte, die nur mit Ableitungslänge gemäß Standardklasse 1 (bis 50 m) betrieben werden, darf die Länge des Fernmeldekabels für die Prüfmessungen zwischen 50m und 60m betragen. Für Geräte, die mit Ableitungen der Standardklasse 2 betrieben werden, darf die Länge des Fernmeldekabels für die Prüfmessungen zwischen 300m und 315m liegen. Die Verlängerung erfolgt für das Prüfmuster durch ein separates Fernmeldekabel.

Vor und nach den Prüfmessungen werden die elektrischen Eigenschaften (Isolationswiderstand, Schleifenwiderstand, Induktivität) der Induktivschleifen durch Messung überprüft und dokumentiert. Die gemessenen Werte müssen für alle Schleifen, an dem das Prüfmuster angeschlossen ist, die im Anhang 3 geforderten Mindestwerte erfüllen.

Über eine Schnittstelle, die die Anforderungen an den Lokalbus erfüllt, überträgt das zu prüfende Gerät die Einzelfahrzeugdaten (FG 1, DE-Typ 63) zusammen mit den Zeitstempel (FG 1, DE-Typ 30) an das Steuermodul des Prüfsystems. Zusätzlich müssen auch alle Intervalldaten der FG 1 über die Schnittstelle übertragbar sein; die Version muss über den DE-Block Betriebsparameter einstellbar sein. Die Festlegungen der TLS zu den verschiedenen OSI-Schichten sind einzuhalten. Die Steckverbindung ist analog den Festlegungen für die Steckverbindung zum Lokalbus auszuführen.

Das Prüfsystem besteht aus dem Steuermodul, an den das Prüfmuster und die Bezugssysteme (Referenzen) über einen Lokalbus angeschlossen werden können, einem zentralen Steuerrechner und einer Videoanlage.

Zusätzlich werden über den Lokalbus Verkehrserfassungsgeräte als Bezugssysteme angeschlossen, die ebenfalls ihre Messdaten an das Prüfsystem übertragen. Gleichzeitig zu den übertragenen Messdaten wird der Verkehr mit einer

Videoanlage aufgezeichnet, so dass bei der visuellen Auswertung die Messdaten mit den tatsächlichen Fahrzeugen verglichen werden können.

1.3 Prüfung der Fahrzeugklassifizierung

1.3.1 Prüfverfahren für die Fahrzeugklassifizierung

Zur Prüfung der Fahrzeugklassifizierung werden Vergleichsmessungen zwischen dem Prüfmuster und der Referenz durchgeführt. Die Referenz klassifiziert in 8+1 Fahrzeugklassen, während das Prüfmuster je nach Gerätetyp in 2, 5+1 oder 8+1 Fahrzeugklassen unterscheidet.

Die Geräte werden an benachbarte Schleifenfelder angeschlossen, so dass dieselben Fahrzeuge alle Schleifenfelder unter nahezu identischen Bedingungen überfahren. Die Messung erstreckt sich – je nach Erfordernis - über mehrere Tage, wobei sich die Messzeit nach den erforderlichen Fahrzeugmengen und der geforderten Messgenauigkeit der zu untersuchenden Fahrzeugklassen richtet.

Die Messung muss mindestens die für die Auswertung benötigten Mindestmengen (s. nächstes Kapitel) umfassen.

1.3.2. Auswertung der Vergleichsmessungen

Nach Abschluss der Prüfmessungen werden die Daten des Prüfmusters mit den Referenzdaten für die Fahrzeugklassifizierung verglichen. Dazu werden die zusammengehörigen Einzelfahrzeugdaten gegenübergestellt. Die Daten werden anhand der Videoaufzeichnung visuell nachbewertet, um "Schrägfahrten" und ggf. fehlerhafte Fahrzeugklassifizierungen bei Abweichungen zu korrigieren bzw. zu markieren. Als Schrägfahrt wird eine Überfahrt gewertet, bei der das Fahrzeug die Schleifen innerhalb des Detektionsbereichs nicht vollständig überquert. Als Detektionsbereich ist ein Rechteck definiert, das in seiner Breite durch die Fahrstreifenbreite, d.h. der Abstand zwischen Markierungsstreifen rechts und links des Fahrstreifens, (im Prüffeld beträgt die Fahrstreifenbreite ca. 3,75 m) und in seiner Länge durch die Länge des Induktivschleifenfelds (6,50 m bei Typ 1 und 3,50 m bei Typ 2) begrenzt ist. Einspurige Fahrzeuge (z.B. Motorräder) müssen detektiert werden, wenn sie den Detektionsbereich innerhalb der Schleifenrechtecke überqueren. Alle Datensätze, die auf Schrägfahrten beruhen, werden markiert. Sie werden für die Bewertung der Fahrzeugklassifizierung nicht herangezogen.

Fehlerhafte Fahrzeugklassifizierungen werden markiert und die tatsächliche Fahrzeugklasse, die anhand des Videobands ermittelt wird, im Datensatz vermerkt. Das Ergebnis wird in einer Tabelle (s. Tabellen 3.3a, 3.3b, 3.3c) zusammengefasst. Für jede Fahrzeugklasse der Grundklassifizierung ist eine Zeile in der Tabelle vorgesehen. Hinter der Bezeichnung der Fahrzeugklasse wird in der zweiten Spalte die anhand der geprüften Daten ermittelte Anzahl Fahrzeuge S_i als Bezugswert, eingetragen. Die Anzahl Fahrzeuge S_i mussten durch das Prüfmuster klassifiziert werden. Welchen Klassen die S_i Fahrzeuge durch das Prüfmuster zugeordnet oder nicht detektiert wurden, wird in derselben Zeile der Tabelle eingetragen. In den darauffolgenden Spalten der Zeile wird dazu eingetragen, wieviel Fahrzeuge $M_{i,x}$ der x-ten Klasse durch das Prüfmuster zugeordnet wurden. Darüber hinaus wird in einer zusätzlichen Spalte die Fahrzeugmenge notiert, die durch das Prüfmuster nicht detektiert wurde. Je nach Klassierung des Prüfmusters ergeben sich in der Zeile der Grundklasse i die Mengen $M_{i,1}$ bis $M_{i,3}$ bei einer Klassifizierung in 2 Klassen, die Mengen $M_{i,1}$ bis $M_{i,7}$ bei einer 5+1 Klassifizierung und $M_{i,1}$ bis $M_{i,10}$ bei einer 8+1 Klassifizierung. Es gilt somit

$$S_i = \sum_x M_{i,x}$$

In einer weiteren Zeile "Phantom" wird in der Tabelle zusätzlich die Anzahl der Detektionen des Prüfmusters, der kein reales Fahrzeug zugeordnet ist (dazu zählen auch Doppel- oder Mehrfachzählungen eines Fahrzeugs), aufgeführt.

In der untersten Zeile werden die Spalten summiert. Die Summen

$$Z_x = \sum_{i=1}^9 M_{i,x}$$

entsprechen dem Zählergebnis des Prüfmusters.

Anhand dieser Daten werden die Detektionsraten bzw. Fehlerraten ermittelt. In einer zweiten Tabelle (s. Tabelle 3.3b, 3.4b bzw. 3.5b) werden zunächst die relativen Anteile $R_{i,x} = M_{i,x}/S_x$ berechnet. In der zweiten Spalte dieser Tabelle steht der Anteil

$$A_x = \frac{S_x}{\sum_{i=1}^9 S_i}$$

der Fahrzeugklasse x am gesamten Verkehr, der für die Auswertung betrachtet wird.

Als erstes Kriterium wird überprüft, ob in jeder Klasse der Anteil der richtig klassifizierten Fahrzeuge die geforderte Detektionsrate erfüllt.

Dazu wird zunächst der Anteil der richtig klassifizierten Fahrzeuge $E1_x$, bezogen auf die tatsächlich vorgekommenen Fahrzeuge S_x jeder Klasse, ermittelt.

$$E1_x = \frac{M_{x,x}}{S_x}$$

Um die für eine endliche Fahrzeugmenge ermittelte Detektionsrate verallgemeinern zu können, wird unter Annahme der Binomialverteilung ein Konfidenzintervall zu einem Signifikanzniveau von 95 % berechnet. Die untere Intervallgrenze wird dabei als "abgesicherte Detektionsrate" angegeben:

$$P_{E1,x} = \frac{2 \cdot M_{x,x} + Z^2 - Z \cdot \sqrt{Z^2 + 4 \cdot M_{x,x} \left(1 - \frac{M_{x,x}}{S_x}\right)}}{2 \cdot (S_x + Z^2)}$$

mit $Z = 1,96$ (zweiseitige 95% - Quantil der Normalverteilung)

Folgende Fahrzeugmengen müssen mindestens bei der Auswertung einer Fahrzeugklasse berücksichtigt werden, damit die Detektionsrate abgesichert ist:

Detektionsrate	zulässiger Fehler	Mindestmengen bei Konfidenzintervall:	
		95%	99%
E	1-E		
80%	20%	62	107
85%	15%	88	151
90%	10%	139	239
95%	5%	292	505
97%	3%	497	859
98%	2%	753	1301
99%	1%	1522	2628

Tabelle A3.1

Neben der falschen Klassifizierung von Fahrzeugen der betrachteten Klasse kann die Genauigkeit des Zählergebnisses auch durch falsche Zuordnung von Fahrzeugen anderer Klassen oder Phantomdetektionen verfälscht werden. Die falsche Zuordnung von Fahrzeugen anderer Klassen und Phantomdetektionen erhöhen das Zählergebnis in der betrachteten Klasse.

Als zweites Kriterium wird deshalb überprüft, ob die geforderte Detektionsrate auch nach Abzug der Anzahl "Phantomdetektionen" und falschen Zuordnungen aus anderen Klassen vom Zählergebnis der betrachteten Klasse erfüllt ist.

Die Auswirkung von fehlerhaften Detektionen in einer anderen Klasse hängt auch vom Anteil der beiden Klassen an den untersuchten Fahrzeugmengen ab. Damit vergleichbare Ergebnisse erzielt werden, werden die Berechnung des zweiten Kriteriums mit konstanten Anteilen durchgeführt. Dabei wird die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführte Verkehrszusammensetzung verwendet:

Fahrzeugklasse	Anteil
Motorrad	0,7%
Pkw	75%
Lieferwagen	6%
Pkw mit Anhänger	1%
Lkw	5%
Lkw mit Anhänger	5%
Sattelmotorfahrzeuge	7%
Bus	0,3%

Tabelle A3.2

Für jede Klasse i wird dazu das Verhältnis

$$E2_i = 1 - \frac{\sum_{x=1}^9 M_{x,i} - M_{i,i}}{S_i}$$

gebildet.

Danach wird die abgesicherte Detektionsrate analog zum Kriterium E1 berechnet.

Prüfmuster:		an Schleifentyp		beide Fahrstreifen	
Fahrzeugklasse	Anteil	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse			
		Pkw-Ähnliche	Lkw - Ähnliche	nicht detektiert	
Motorrad	S ₁	M _{1,1}	M _{1,2}	M _{1,3}	
Pkw	S ₂	M _{2,1}	M _{2,2}	M _{2,3}	
Lieferwagen	S ₃	M _{3,1}	M _{3,2}	M _{3,3}	
Pkw mit Anhänger	S ₄	M _{4,1}	M _{4,2}	M _{4,3}	
Lkw	S ₅	M _{5,1}	M _{5,2}	M _{5,3}	
Lkw mit Anhänger	S ₆	M _{6,1}	M _{6,2}	M _{6,3}	
Sattelkraftfahrzeuge	S ₇	M _{7,1}	M _{7,2}	M _{7,3}	
Bus	S ₈	M _{8,1}	M _{8,2}	M _{8,3}	
"Phantom"		M _{9,1}	M _{9,2}		
Summe	S _{1...S₈}	Z ₁ = $\sum M_{i,1}$	Z ₂ = $\sum M_{i,2}$	Z ₃ = $\sum M_{i,3}$	

Tabelle A3.3a: absolute Fahrzeugmengen (Klassifizierung in 2 Klassen)

Prüfmuster:		an Schleifentyp		beide Fahrstreifen	
Fahrzeugklasse	Anteil	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse			
		Pkw-Ähnliche	Lkw - Ähnliche	nicht detektiert	
Motorrad	A ₁	R _{1-3,1}	R _{1-3,2}	R _{1-3,3}	
Pkw	A ₂				
Lieferwagen	A ₃				
Pkw mit Anhänger	A ₄	R _{4-8,1}	R _{4-8,2}	R _{4-8,3}	
Lkw	A ₅				
Lkw mit Anhänger	A ₆				
Sattelkraftfahrzeuge	A ₇				
Bus	A ₈				
"Phantom"		R _{9,1}	R _{9,2}		

Tabelle A3.3b: relativen Anteile der Fahrzeugmengen (Klassifizierung in 2 Klassen)

	Fahrzeugklasse	
	Pkw-Ähnliche	Lkw - Ähnliche
Abgesicherte Detektionsrate		

Tabelle A3.3c : abgesicherte Detektionsraten (Klassifizierung in 2 Klassen)

Prüfmuster:		an Schleifentyp			beide Fahrstreifen			
Fahrzeugklasse	Anzahl	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse						
		PkwG	PkwA	Lkw	LkwK	Bus	nk Kfz	nicht detektiert
Motorrad	S ₁	M _{1,1}	M _{1,2}	M _{1,3}	M _{1,4}	M _{1,5}	M _{1,6}	M _{1,7}
Pkw	S ₂	M _{2,1}	M _{2,2}	M _{2,3}	M _{2,4}	M _{2,5}	M _{2,6}	M _{2,7}
Lieferwagen	S ₃	M _{3,1}	M _{3,2}	M _{3,3}	M _{3,4}	M _{3,5}	M _{3,6}	M _{3,7}
Pkw mit Anhänger	S ₄	M _{4,1}	M _{4,2}	M _{4,3}	M _{4,4}	M _{4,5}	M _{4,6}	M _{4,7}
Lkw	S ₅	M _{5,1}	M _{5,2}	M _{5,3}	M _{5,4}	M _{5,5}	M _{5,6}	M _{5,7}
Lkw mit Anhänger	S ₆	M _{6,1}	M _{6,2}	M _{6,3}	M _{6,4}	M _{6,5}	M _{6,6}	M _{6,7}
Sattelkraftfahrzeuge	S ₇	M _{7,1}	M _{7,2}	M _{7,3}	M _{7,4}	M _{7,5}	M _{7,6}	M _{7,7}
Bus	S ₈	M _{8,1}	M _{8,2}	M _{8,3}	M _{8,4}	M _{8,5}	M _{8,6}	M _{8,7}
"Phantom"		M _{9,1}	M _{9,2}	M _{9,3}	M _{9,4}	M _{9,5}	M _{9,6}	
Summe	S _{1..S8}	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇

Tabelle A3.4a: absolute Fahrzeugmengen (Beispiel für 5+1 Klassifizierung)

Prüfmuster:		an Schleifentyp			beide Fahrstreifen			
Fahrzeugklasse	Anteil	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse						
		PkwG	PkwA	Lkw	LkwK	Bus	nk Kfz	nicht detektiert
Motorrad	A ₁	R _{1-3,1}	R _{1-3,2}	R _{1-3,3}	R _{1-3,4}	R _{1-3,5}	R _{1-3,6}	R _{1-3,7}
Pkw	A ₂							
Lieferwagen	A ₃							
Pkw mit Anhänger	A ₄	R _{4,1}	R _{4,2}	R _{4,3}	R _{4,4}	R _{4,5}	R _{4,6}	R _{4,7}
Lkw	A ₅	R _{5,1}	R _{5,2}	R _{5,3}	R _{5,4}	R _{5,5}	R _{5,6}	R _{5,7}
Lkw mit Anhänger	A ₆	R _{6/7,1}	R _{6/7,2}	R _{6/7,3}	R _{6/7,4}	R _{6/7,5}	R _{6/7,6}	R _{6/7,7}
Sattelkraftfahrzeuge	A ₇							
Bus	A ₈	R _{8,1}	R _{8,2}	R _{8,3}	R _{8,4}	R _{8,5}	R _{8,6}	R _{8,7}
"Phantom"		R _{9,1}	R _{9,2}	R _{9,3}	R _{9,4}	R _{9,5}	R _{9,6}	

Tabelle A3.4b: relative Anteile der Fahrzeugmengen (5+1 Klassifizierung)

	Fahrzeugklasse					Bus	nk Kfz
	PkwG	Pkw mit Anhänger	LkwK	Lkw mit Anhänger			
Abgesicherte Detektionsrate							nicht bewertet

Tabelle A3.4c : abgesicherte Detektionsraten (5+1 Klassifizierung)

Prüfmuster:		an Schleifentyp							beide Fahrstreifen		
Fahrzeugklasse	Anteil	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse									
		Krad	Pkw	Lfw	PkwA	Lkw	LkwA	Sattel-Kfz	Bus	nk Kfz	nicht detektiert
Motorrad	S ₁	M _{1,1}	M _{1,2}	M _{1,3}	M _{1,4}	M _{1,5}	M _{1,6}	M _{1,7}	M _{1,8}	M _{1,9}	M _{1,10}
Pkw	S ₂	M _{2,1}	M _{2,2}	M _{2,3}	M _{2,4}	M _{2,5}	M _{2,6}	M _{2,7}	M _{2,8}	M _{2,9}	M _{2,10}
Lieferwagen	S ₃	M _{3,1}	M _{3,2}	M _{3,3}	M _{3,4}	M _{3,5}	M _{3,6}	M _{3,7}	M _{3,8}	M _{3,9}	M _{3,10}
Pkw mit Anhänger	S ₄	M _{4,1}	M _{4,2}	M _{4,3}	M _{4,4}	M _{4,5}	M _{4,6}	M _{4,7}	M _{4,8}	M _{4,9}	M _{4,10}
Lkw	S ₅	M _{5,1}	M _{5,2}	M _{5,3}	M _{5,4}	M _{5,5}	M _{5,6}	M _{5,7}	M _{5,8}	M _{5,9}	M _{5,10}
Lkw mit Anhänger	S ₆	M _{6,1}	M _{6,2}	M _{6,3}	M _{6,4}	M _{6,5}	M _{6,6}	M _{6,7}	M _{6,8}	M _{6,9}	M _{6,10}
Sattelfahrzeuge	S ₇	M _{7,1}	M _{7,2}	M _{7,3}	M _{7,4}	M _{7,5}	M _{7,6}	M _{7,7}	M _{7,8}	M _{7,9}	M _{7,10}
Bus	S ₈	M _{8,1}	M _{8,2}	M _{8,3}	M _{8,4}	M _{8,5}	M _{8,6}	M _{8,7}	M _{8,8}	M _{8,9}	M _{8,10}
"Phantom"		M _{9,1}	M _{9,2}	M _{9,3}	M _{9,4}	M _{9,5}	M _{9,6}	M _{9,7}	M _{9,8}	M _{9,9}	
Summe	S _{1...S₈}	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀

Tabelle A3.5a: absolute Fahrzeugmengen (Beispiel für 8+1 Klassifizierung)

Prüfmuster:		an Schleifentyp							beide Fahrstreifen		
Fahrzeugklasse	Anteil	Zuordnung durch das Prüfmuster zur Klasse									
		Krad	Pkw	Lfw	PkwA	Lkw	LkwA	Sattel-Kfz	Bus	nk Kfz	nicht detektiert
Motorrad	A ₁	R _{1,1}	R _{1,2}	R _{1,3}	R _{1,4}	R _{1,5}	R _{1,6}	R _{1,7}	R _{1,8}	R _{1,9}	R _{1,10}
Pkw	A ₂	R _{2,1}	R _{2,2}	R _{2,3}	R _{2,4}	R _{2,5}	R _{2,6}	R _{2,7}	R _{2,8}	R _{2,9}	R _{2,10}
Lieferwagen	A ₃	R _{3,1}	R _{3,2}	R _{3,3}	R _{3,4}	R _{3,5}	R _{3,6}	R _{3,7}	R _{3,8}	R _{3,9}	R _{3,10}
Pkw mit Anhänger	A ₄	R _{4,1}	R _{4,2}	R _{4,3}	R _{4,4}	R _{4,5}	R _{4,6}	R _{4,7}	R _{4,8}	R _{4,9}	R _{4,10}
Lkw	A ₅	R _{5,1}	R _{5,2}	R _{5,3}	R _{5,4}	R _{5,5}	R _{5,6}	R _{5,7}	R _{5,8}	R _{5,9}	R _{5,10}
Lkw mit Anhänger	A ₆	R _{6,1}	R _{6,2}	R _{6,3}	R _{6,4}	R _{6,5}	R _{6,6}	R _{6,7}	R _{6,8}	R _{6,9}	R _{6,10}
Sattelfahrzeuge	A ₇	R _{7,1}	R _{7,2}	R _{7,3}	R _{7,4}	R _{7,5}	R _{7,6}	R _{7,7}	R _{7,8}	R _{7,9}	R _{7,10}
Bus	A ₈	R _{8,1}	R _{8,2}	R _{8,3}	R _{8,4}	R _{8,5}	R _{8,6}	R _{8,7}	R _{8,8}	R _{8,9}	R _{8,10}
"Phantom"		R _{9,1}	R _{9,2}	R _{9,3}	R _{9,4}	R _{9,5}	R _{9,6}	R _{9,7}	R _{9,8}	R _{9,9}	

Tabelle A3.5b: relative Anteile der Fahrzeugmengen (8+1 Klassifizierung)

	Fahrzeugklasse									
	Krad	Pkw	PkwA	Lfw	Lkw	LkwA	Sattel-Kfz	Bus	nk Kfz	
abgesicherte Detektionsrate										nicht bewertet

Tabelle A3.5c : abgesicherte Detektionsraten (8+1 Klassifizierung)

1.3.3 Prüfgenauigkeiten

Für die Fahrzeugklassifizierung müssen die abgesicherten Detektionsraten E1 und E2 die folgenden Mindestwerte erreichen. Für die Fahrzeugklassifizierung in 5+1 bzw. 8+1 Klassen werden die Geräte in drei Genauigkeitsgruppen eingeteilt. Zum Bestehen der Eignungsprüfung müssen mindestens die Werte der untersten Gruppe F3 bzw. A3 erreicht werden.

für die Kfz:	$E q_{Kfz}$	$\geq 97\%$
für die Lkw-Ähnliche	$E q_{Lkw\ddot{A}}$	$\geq 95\%$

Tabelle A3.6

Mindestwerte für abgesicherte Detektionsraten bei Unterscheidung nach 5+1 Klassen:

		Gruppe F1	Gruppe F2	Gruppe F3
für die Kfz:	$E q_{Kfz}$	$\geq 99\%$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$
für die Pkw - Gruppe:	$E q_{Pkw}$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$
für die Lkw:	$E q_{Lkw}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Pkw mit Anhänger:	$E q_{Pkw.m.A}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Lkw (Kombinationen):	$E q_{Lkw.m.A}$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
für die Busse:	$E q_{Busse}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$

Tabelle A3.7

Mindestwerte für abgesicherte Detektionsraten bei Unterscheidung nach 8+1 Klassen:

		Gruppe A1	Gruppe A2	Gruppe A3
für die Kfz:	$E q_{Kfz}$	$\geq 99\%$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$
für die Motorräder:	$E q_{Krad}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Pkw:	$E q_{Pkw}$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$
für die Lieferwagen:	$E q_{Lfw}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Lkw:	$E q_{Lkw}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Pkw mit Anhänger:	$E q_{Pkw.m.A}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
für die Lkw mit Anhänger:	$E q_{Lkw.m.A}$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
für die Sattelkraftfahrzeuge	$E q_{SattelKfz}$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
für die Busse:	$E q_{Busse}$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$

Tabelle A3.8

1.4 Prüfverfahren für Fahrzeugmengen

Da die Steuerung der Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Intervalldaten beruht, wird die Kfz-Fahrzeugmenge anhand eines Vergleichs der Intervalldaten von Prüfmuster und Referenzsystem überprüft. Darüber hinaus erfordert die Verkehrsstatistik, dass auch über 1-Stunden-Raster erhobene Daten hinreichend genau sind.

Aus pragmatischen Gründen ist für die Prüfung von Testmessungen auszugehen, die sich im Einzelfall über einen Zeitraum von etwa 10 Stunden (während des Tages, überwiegend bei Helligkeit) erstrecken.

Die im folgenden dargestellten Prüfungen sind fahrstreifenbezogen durchzuführen. Die Prüfung muss für *jeden* Fahrstreifen erfolgreich gewesen sein.

1.4.1 Prüfkriterien und Methodik

Die Abweichung der Messwerte des Testgerätes vom Referenzsystem darf für die minütlich erfassten Daten maximal betragen:

für die Kfz-Verkehrsstärke:	Delta $q_{Kfz} < 20\%$	für $q_{Kfz} \leq 10$ Kfz/min
	Delta $q_{Kfz} < 10\%$	für $q_{Kfz} > 10$ Kfz/min
für die Lkw-Verkehrsstärke:	Delta $q_{Lkw\ddot{A}} < 35\%$	für $q_{Kfz} \leq 10$ Kfz/min
	Delta $q_{Lkw\ddot{A}} < 20\%$	für $q_{Kfz} > 10$ Kfz/min

Zusätzlich wird für die stündlich abzuspeichernden Daten verlangt:

für die Kfz-Verkehrsmenge:	Delta $q_{Kfz} < 3\%$
für die Lkw-Verkehrsmenge:	Delta $q_{Lkw\ddot{A}} < 5\%$

Die folgenden Ausführungen verstehen sich getrennt für jede der Zielgrößen Kfz-Verkehrsmenge, Lkw-Verkehrsmenge.

Da das Prüf- und das Referenzsystem an verschiedenen (wenngleich benachbarten) Querschnitten erfassen, können Abweichungen nicht allein durch unterschiedliche Erfassungsqualität, sondern auch durch den Abstand der Querschnitte hervorgerufen werden. Um diesem Effekt - und zugleich der Serienstreuung des Referenzsystems - Rechnung zu tragen, wird noch an einem zusätzlichen, (benachbarten) Querschnitt mit einem Referenzsystem erhoben. Die Prüfung läuft dann wie folgt ab:

Zunächst wird für jede Minute bzw. für jede Stunde des insgesamt 10-stündigen Prüfzeitraums festgestellt, ob die oben genannten maximal zulässigen Abweichungen eingehalten sind oder nicht; der Vergleich erfolgt zwischen Prüfmuster (P) und Referenzsystem 1 (R1) sowie zwischen Referenzsystem 1 und Referenzsystem 2 (R2). Die Ergebnisse werden in einer Tabelle wie folgt zusammengefasst:

P vs. R1	R1 vs. R2		zusammen
	gut	schlecht	
gut	a	b	a+b
schlecht	c	d	c+d
zusammen	a+c	b+d	n

Tabelle A3.9

Dabei ist n die Anzahl der Minuten (bzw. Stunden) des Prüfzeitraumes und "gut" bzw. "schlecht" steht dafür, dass die o.g. zulässigen Maximalabweichungen zwischen den Systemen eingehalten wurden oder nicht. Somit ist a die Anzahl der Minuten (bzw. Stunden), in denen diese Abweichungen sowohl zwischen den Systemen P und R1 wie auch zwischen den Systemen R1 und R2 eingehalten wurden, b die Anzahl der Minuten (bzw. Stunden), in denen diese Abweichungen zwischen den Systemen P und R1, nicht aber zwischen R1 und R2, eingehalten wurden, usw.

Für den Anteil der Minuten (bzw. Stunden), in denen die zulässigen Abweichungen zwischen R1 und R2 eingehalten wurden, ergibt sich:

$$p_1 = \frac{a+c}{n}$$

Entsprechend ergibt sich für den Anteil mit "guten" Ergebnissen für den Vergleich von P und R1:

$$p_2 = \frac{a+b}{n}$$

Diese Werte werden aus der Stichprobe von n=600 Minuten bzw. n=10 Stunden gebildet. Die entsprechenden, unbekanntenen Werte in der Grundgesamtheit (d.h. für n= unendlich Minuten bzw. Stunden) werden mit P₁ und P₂ bezeichnet.

Das Prüfsystem gilt genau dann als akzeptabel, wenn P₂ - P₁ nicht kleiner als ein vorzugebender Wert x (etwa x= - 0,034) ist. Aufgrund der n=600 Prüfminuten ist das mit 95%-iger statistischer Signifikanz genau dann der Fall, wenn gilt:

$$p_2 - p_1 \geq x - 1,65 \cdot \frac{\sqrt{(a+d)(b+c)+4bc}}{n \cdot \sqrt{n}} - \frac{1}{n}$$

Der Faktor 1,65 in der obigen Gleichung ist das einseitige 95-Percentil der Standard-Normalverteilung. Bei n=10 Prüfstunden ist dieser Faktor zu ersetzen durch das einseitige 95-Percentil der t-Verteilung mit n-1 = 9 Freiheitsgraden, das ist 1,81, der Wert x durch 0,1.

Der angewendete Prüfplan ist im wesentlichen beschrieben in: J. L. Fleiss, Statistical Methods for Rates and Proportions, 2nd ed., J. Wiley & Sons, New York 1981, S. 117.

1.5 Prüfung der Geschwindigkeiten

1.5.1 Prüfverfahren für die Geschwindigkeiten

Zur Prüfung der Geschwindigkeitsmessung werden die Messwerte einzelner Fahrzeuge des Prüfmusters und der Referenz verglichen. Als Referenzsystem wird hier zusätzlich ein geeichtes, durch die PTB-zugelassenes Geschwindigkeitsmessgerät auf Piezobasis eingesetzt.

Die Schleife, an der das Prüfmuster angeschlossen wird, liegt zwischen den Sensorenfeldern der Referenzsysteme.

Die Geräte werden an benachbarte Schleifenfelder angeschlossen, so dass dieselben Fahrzeuge alle Sensorfelder unter fast identischen Bedingungen überfahren. Die Anzahl der mindestens erforderlichen Messungen richtet sich nach dem Verhältnis von erreichter Messgenauigkeit und der geforderten Messgenauigkeit (s. nächstes Kapitel).

Zusätzlich wird der Verkehr auf Videoband aufgezeichnet, so dass bei der Auswertung der Messung die jeweilige Verkehrssituation nachvollzogen werden kann.

1.5.2. Auswertung der Vergleichsmessungen

Nach Abschluss der Prüfmessungen werden die Fahrzeugklassifizierung des Referenzgeräts anhand der Videoaufzeichnung visuell nachbewertet, um "Schrägfahrten" zu markieren. Als Schrägfahrten wurden alle Fahrten gewertet, bei denen das Fahrzeug nicht alle Schleifen innerhalb des in Kapitel 1.3.2 definierten Detektionsbereich überquerte.

Alle Datensätze, die auf Schrägfahrten beruhen, werden markiert. Sie werden nicht gewertet.

Die überprüften Daten des Referenzgeräts (Piezo) werden anschließend mit den Daten der zweiten Referenz verglichen. Weichen diese um mehr als 1 km/h bis 100 km/h bzw. 1% ab 100 km/h voneinander ab, wird die Messung nicht gewertet, da in diesem Fall von keiner gleichmäßigen Überfahrt ausgegangen werden kann.

Bei den gültigen Überfahrten wird die mittlere Differenz Δv_m der zusammengehörenden Messwerte von Prüfsystem und Referenz (Piezo)

$$\Delta v_m = \Sigma[v_{p,i} - v_{r,i}]/n$$

berechnet, wobei die Messungenauigkeit des Referenzsystems zu Gunsten des Prüfmusters berücksichtigt wird. Die mittlere Differenz Δv_m muss ungefähr gleich 0 sein, wenn sich das Gerät entsprechend kalibrieren lässt. Ist dies der Fall, wird getestet, ob die Standardabweichung s_m der Differenzen kleiner gleich der geforderten Genauigkeits-schranke e ist. Es muss gelten

$$s_m^2 < e^2 / t_{n-1,1-\alpha}^2$$

Dies wird mittels Chi-Quadrat-Test überprüft. Es muss gelten

$$(n-1) \cdot s^2 / (e^2 / t_{n-1,1-\alpha}^2) < \chi_{n-1;\alpha}^2$$

Ist dies für eine ausreichende Anzahl Messungen der Fall, hat das System die Prüfung bestanden. Die Messung ist vom Verhältnis $V = s^2 / (e^2 / t_{n-1,1-\alpha}^2)$ abhängig. Je näher dieses bei 1 liegt, desto größer ist die Anzahl der erforderlichen Messungen. Es gilt

V	Anzahl Messungen
0,5	20
0,64	40
0,81	150
0,90	600
0,98	>2000

Tabelle A3.10

Die Werte gelten für ein Signifikanzniveau von 95%.

1.5.3 Prüfgenauigkeiten für Geschwindigkeiten

Bei der Bildung der Mittelwerte gelten folgende Forderungen für die Geschwindigkeit:

Delta v	< 3%	für Geschwindigkeiten über 100 km/h
Delta v	< 3 km/h	für Geschwindigkeiten unter 100 km/h

Der v85-Wert muss nur bis 160 km/h mit der oben geforderten Genauigkeit ermittelt werden.

Um diese Anforderungen an die Intervalldaten auch bei geringen Verkehrsstärken sicherzustellen, wird bei der oben beschriebenen Prüfmethode für die Genauigkeitsschranke e der Wert 3 km/h für Geschwindigkeiten unter 100 km/h bzw. 3% für Geschwindigkeiten über 100 km/h verwendet.

1.6 Prüfergebnis

Über das Prüfergebnis wird ein Prüfbericht und bei bestandener Prüfung zusätzlich ein Prüfzeugnis ausgestellt.

Der Prüfbericht enthält die folgenden Informationen:

- Prüfnummer
- Die Prüfung ist bestanden/nicht bestanden.
- Prüfzeitraum
- Genaue Gerätebezeichnung
- Ergebnis der drei Teilprüfungen Fahrzeugklassifizierung, Geschwindigkeit und Fahrzeugmenge getrennt für beide Schleifentypen gemäß TLS
- Geprüfte Klassifizierung (2, 5+1 oder 8+1 Klassen)
- Verwendete Ableitungslänge (i.d.R. 300 m)
- Gültigkeitsbereich

Das Ergebnis ist nur für baugleiche Detektoren (Hard- und Software) gültig. Ferner beziehen sich die Angaben auf den Betrieb an Schleifenfeldern gemäß dieser Prüfvorschrift. Insbesondere beim Betrieb an Schleifenfeldern, die von den Regelungen im Anhang 3 abweichen, gilt das Prüfergebnis nicht.