

PTB-Prüfregeln

Verkehrsraddargeräte

Verfahren zur
Prüfung von Verkehrsraddargeräten

Physikalisch - Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

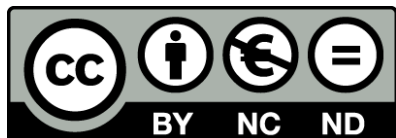
389.1

PTB-Prüfregeln 19

389.1 PTB-Prüfregeln 19

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 19 ist durch Digitalisierung der 1990 erschienenen Druckversion erzeugt worden. Die folgenden Seiten sind Bilddateien.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Empfohlene Zitierweise:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Verkehrsraddargeräte: Verfahren zur Prüfung von Verkehrsraddargeräten [online]. Bearbeitet von C.-H. Lührs. Braunschweig, © 1990, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 19. ISSN 0341-7964.

Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200716M>

Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon: (05 31) 592-93 13

Telefax: (05 31) 592-92 92

www.ptb.de

PTB-Prüfregeln

Verkehrsradergeräte

Verfahren zur
Prüfung von Verkehrsradergeräten

Bearbeitet von Dipl.-Ing. C-H. Lührs
Herausgegeben von der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

PTB-Bibliothek BS



2012.0416

Physikalisch - Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964

<https://doi.org/10.7795/510.20200716M>

Die PTB-Prüfregeln sollen als Unterlage und Richtlinie für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln dienen. Den wesentlichen Teil einer Prüfregel bildet demnach die ausführliche Beschreibung der Prüfverfahren, der benötigten Normalgeräte und anderer Prüfmittel. Soweit es zum besseren Verständnis nützlich erscheint, wird auch auf die Ausführung der Gerätearten und auf Besonderheiten, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind, eingegangen. Das Gebiet der PTB-Prüfregeln umfaßt nicht nur die eich- und beglaubigungsfähigen Meßgeräte, sondern auch Meßgeräte und Objekte anderer Art, die im Bereich der PTB geprüft werden. Die Prüfregeln wenden sich sowohl an die Eichbehörden, staatlich anerkannten Prüfstellen und Überwachungsorgane als auch an die Prüflaboratorien von Industrie und Wirtschaft. Sie werden ferner für die Einrichtung von Prüfstellen und Meßräumen sowie für Lehrzwecke von Nutzen sein.

Schriftleitung: Dipl.-Phys. H. Klages
 Physikalisch-Technische Bundesanstalt
 Bundesallee 100
 D-3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 19

Alle Rechte vorbehalten
Copyright© 1990 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Printed in Germany 1990

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Begriffsbestimmungen	2
1.1 Halbwertsbreite	2
1.2 Ansprechbreite	2
1.3 Einstrahlwinkel	2
1.4 Meßwinkel	2
1.5 Meßstrahl	2
1.6 Fotoposition	2
1.7 Ansprechreichweite	3
2 Allgemeine Grundlagen	4
2.1 Richtdiagramm	4
2.2 Gewinnung des Meßsignals	5
2.3 Aufstellung der Meßanlage	7
2.4 Zusatzeinrichtungen	8
2.5 Einsatzarten	8
3 Prüfgegenstand	10
3.1 Antenne	10
3.2 Auswerte- und Bedienteil	11
3.3 Fotoeinrichtung	12
4 Fehlergrenzen	13
4.1 Fehlergrenzen bei der Prüfung im Laboratorium	13
4.2 Fehlergrenzen bei der betriebsmäßigen Prüfung	13
4.3 Verkehrsfehlergrenzen	14

5	Fehlerquellen	15
5.1	Geräteeigenfehler	15
5.2	Reflexionsfehler	16
5.3	Aufstellfehler	17
6	Prüfung im Laboratorium	19
6.1	Funktionsprüfung	19
6.1.1	Der Segmenttest bei Meßgeräten mit Ziffernanzeige durch 7-Segment-Anzeigen	19
6.1.2	Prüfung der Meßwertbildung mit Hilfe einer internen Prüffrequenz	19
6.1.3	Spannungsalarm	20
6.1.4	Auslösung von Kamera und Blitzen	20
6.1.5	Fotoalarm	21
6.2	Meßtechnische Prüfung	21
6.2.1	Prüfung der Antenne	22
6.2.2	Prüfung des Antennenwinkels beim Fahrzeugeinbau	25
6.2.3	Prüfung des Auswerteteils	28
6.2.4	Prüfung des Fototeils	32
6.2.5	Prüfung der Ansprechreichweite	32
6.2.6	Prüfung der Gegenverkehrsausblendung	35
6.2.7	Prüfung der Frequenz des internen Oszillators	36
6.3	Prüfung der Sicherheitsschaltungen	36
6.3.1	Prüfung der Diskriminatorschaltung	37
6.3.2	Prüfung des Differenzverstärkers	37
6.3.3	Prüfung des Hilfsoszillators	38

6.4	Prüfung von Programmspeichern	39
6.5	Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen	39
6.5.1	Klimatische Einflüsse	39
6.5.2	Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)	40
6.5.3	Elektrostatische Entladung	42
7	Betriebsmäßige Prüfung	43
8	Geräte und Hilfsmittel für die Nachprüfung	45
8.1	Reflexgeber	45
8.1.1	Reflexgeber für 9,41 GHz, 13,45 GHz und 24,125 GHz	45
8.1.2	Reflexgeber für 34,3 GHz	45
8.2	Niederfrequenzgenerator	46
8.3	Frequenzzähler	46
8.4	Voltmeter für Wechselspannung	46
8.5	Vorschaltgerät	46
8.6	Winkelmeßeinrichtung	47
8.7	Stromversorgung	47
9	Fehlermöglichkeiten des Meßverfahrens	48
9.1	Zwei Fahrzeuge im Meßstrahl	48
9.2	Knickstrahlreflexion	49
9.3	Doppelreflexion	50
9.4	Störung durch Funkanlagen im unteren Hochfrequenzbereich	52
9.4.1	Eindringen von Störungen	52
9.4.2	Einfluß von Störungen	53
9.4.3	Verhindern von Störungen	53

Vorwort

Die Anfänge der Geschwindigkeitsmessung mit Verkehrsradargeräten gehen bis in das Jahr 1958 zurück. Seitdem ist, besonders nach der Einführung der Mikroelektronik, eine schnelle Weiterentwicklung dieses Meßverfahrens eingetreten. Diese schnelle Entwicklung war es auch, die eine Herausgabe der Prüfredel immer wieder verzögerte, bis heute eine gewisse Stabilität der Entwicklung zu verzeichnen ist. Diese jetzt vorliegenden Prüfredel wendet sich in erster Linie an den Personenkreis, der sich meßtechnisch mit Verkehrsradargeräten beschäftigt. Hier sind neben den Eichbehörden auch die Anwender und die Hersteller der Geräte angesprochen.

Für die Eichbehörden werden Hinweise gegeben, wie eine Eichung durchzuführen ist, was dabei zu beachten ist, welche Hilfsmittel eingesetzt werden können und wie sie zu handhaben sind.

Für den Anwender ist vor allem die Besprechung der Fehler von Bedeutung, die entstehen können, wenn ein Verkehrsradargerät an einem ungeeigneten Meßort eingesetzt wird und wenn Fehler bei der Anwendung und Aufstellung gemacht werden. Der Hersteller kann erfahren, welche Anforderungen an ein Verkehrsradargerät gestellt werden und welche Prüfungen durchgeführt werden, damit eine hohe Meßsicherheit gewährleistet ist.

Diese Prüfredel gibt den Stand der Technik wieder, wie er bei ihrer Erstellung gegeben war. Ältere Bauarten, die heute nicht mehr im Einsatz sind, sind nicht berücksichtigt. Ebenso ist darauf verzichtet worden, nicht mehr angewendete Methoden der Dopplerfrequenzauswertung zu besprechen.

Die im Text gegebenen Hinweise auf Vorschriften der Eichordnung beziehen sich auf die Eichordnung vom 12. August 1988 mit ihrer Anlage 18 „Meßgeräte im Straßenverkehr“.

1 Begriffsbestimmungen

1.1 Halbwertsbreite

Unter der Halbwertsbreite der Meßstrahlung wird der Öffnungswinkel verstanden, an dessen Schenkeln die ausgesandte Leistungsdichte nur noch die Hälfte des im Strahlmaximum vorhandenen Wertes besitzt.

1.2 Ansprechbreite

Mit Ansprechbreite wird der Öffnungswinkel bezeichnet, dessen Schenkel den Bereich der Meßstrahlung begrenzen, in dem noch Messungen ausgelöst werden können, wenn man die Extremwerte der Reflexionsfähigkeit mancher Fahrzeugtypen berücksichtigt.

1.3 Einstrahlwinkel

Unter dem Einstrahlwinkel wird der Winkel verstanden, den die Achse der Hauptkeule des Strahlungsfeldes der Antenne mit der seitlichen Begrenzung der Fahrbahn oder der Fahrspur bildet.

1.4 Meßwinkel

Als Meßwinkel wird der Winkel innerhalb des Strahlungsfeldes der Antenne verstanden, der sich zwischen dem Reflexionspunkt am Fahrzeug und der Fahrspur ausbildet. Er ändert sich bei der Durchfahrt eines Fahrzeugs durch den Meßstrahl ständig.

1.5 Meßstrahl

Der Meßstrahl ist der Bereich innerhalb des Strahlungsfeldes der Antenne, in dem ein durchfahrendes Fahrzeug meßwirksame Reflexionen liefert.

1.6 Fotoposition

Unter der Fotoposition wird die Stellung des Fahrzeugs auf dem Registrierbild verstanden, die das Fahrzeug einnimmt, wenn die Messung störungsfrei abgelaufen ist. Die Fotoposition soll so gewählt werden, daß eine sichere Ablesung des Fahrzeugkennzeichens möglich ist.

1.7 Ansprechreichweite

Als Ansprechreichweite wird die Entfernung von der Antenne in Strahlmitte bezeichnet, bei der das Gerät bei der Prüfung mit einem rotierenden Reflexgeber eine Dopplerfrequenz erkennt (Aufleuchten einer Signallampe) oder eine Messung auslöst.

2 Allgemeine Grundlagen

Verkehrsradargeräte dienen zur Messung der Geschwindigkeit von Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr. Sie bestehen aus einer Sende- und Empfangsantenne, einem Auswerteteil und einer Fotoeinrichtung.

Zur Messung wird die Antenne des Gerätes so am Straßenrand aufgestellt, daß die Achse der Meßstrahlung die Mittellinie der Fahrbahn unter dem Einstrahlwinkel schneidet. Die von einem Hochfrequenzgenerator erzeugte elektromagnetische Welle wird von der Antenne gebündelt ausgestrahlt. Bewegt sich ein reflexionsfähiger Gegenstand im Strahlungsfeld der Antenne, so wird ein Teil der abgestrahlten Energie mit veränderter Frequenz reflektiert und von der gleichen Antenne wieder empfangen. Diese Frequenzänderung beruht auf dem Dopplereffekt und ist in ihrer Größe proportional der in Strahlrichtung liegenden Geschwindigkeitskomponente des reflektierenden Gegenstandes.

Damit einfallende Störimpulse nicht eine Messung beeinflussen können, sind die Geräte mit Sicherheitsschaltungen ausgestattet, die eine vom Signal her zweifelhafte Messung verhindern.

Zur Anwendung gelangen derzeit die folgenden Frequenzen, die vom Fernmeldetechnischen Zentralamt (FTZ) mit ihren Toleranzen festgelegt sind.

- | | | | | | |
|---|------------|---|---------|-------------|---------|
| • | 9,410 GHz | ± | 10 MHz; | Wellenlänge | 3,19 cm |
| • | 13,450 GHz | ± | 15 MHz; | Wellenlänge | 2,23 cm |
| • | 24,125 GHz | ± | 30 MHz; | Wellenlänge | 1,24 cm |
| • | 34,300 GHz | ± | 40 MHz; | Wellenlänge | 0,87 cm |

2.1 Richtdiagramm

Die Kenntnis der Antennencharakteristik ist für die Beurteilung der Meßsicherheit der Verkehrsradargeräte von besonderer Bedeutung, da die bei den Geräten zu erwartenden Meßfehler vorwiegend aus dem Zusammenwirken der unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der Kraftfahrzeuge mit der Richtcharakteristik der Antenne resultieren. Von Bedeutung für die Qualität der Antenne sind neben der guten Bündelung des Meßstrahls -angegeben durch die Halbwertsbreite- auch die Stärke und Lage der Nebenmaxima sowie die Ansprechbreite.

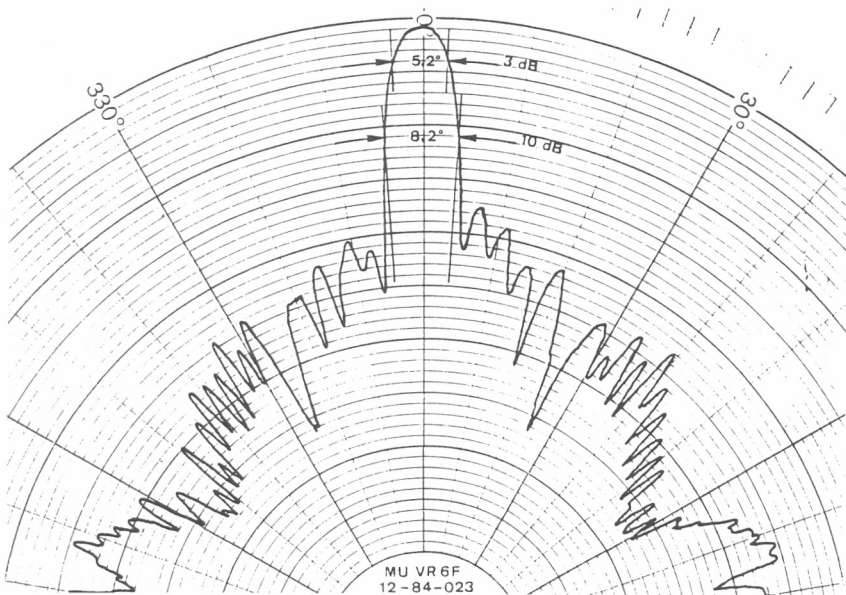


Bild 1: Ausschnitt aus der Richtcharakteristik einer Radarantenne. Eingetragen sind die Halbwertsbreite ($5,2^\circ$) und die Ansprechbreite ($8,2^\circ$). Der Abstand des stärksten Nebenmaximums beträgt $16,5\text{ dB}$.

Bei einer brauchbaren Antenne (Bild 1) sollte

- die Halbwertsbreite in der Horizontalebene 7° nicht überschreiten,
- der Leistungsabstand zwischen Hauptmaximum und dem stärksten Nebenmaximum mindestens 15 dB betragen,
- die Ansprechbreite 10° nicht überschreiten.

2.2 Gewinnung des Meßsignals

Das Meßsignal wird nach dem Dopplerprinzip erzeugt. Es ist in seiner Größe proportional der in Ausbreitungsrichtung der Strahlung liegenden Geschwindigkeitskomponente des reflektierenden Gegenstandes (s. a. Bild 6).

Die empfangene Energie veränderter Frequenz - das Nutzsignal - wird zusammen mit einem Bruchteil der Sendeenergie unveränderter Frequenz über einen Hohlleiter einem Mischkopf zugeführt (Bild 2). Die dort durch Überlagerung entstehende Differenzfrequenz (Dopplerfrequenz) liegt im Niederfrequenzbereich und wird zur Meßwertbildung benutzt. Zwischen der in Ausbreitungsrichtung liegenden Geschwindigkeit V_{Str} des Fahrzeuges und der

Dopplerfrequenz f_D gilt für eine Strahlung der Wellenlänge λ folgende Beziehung:

$$f_D = \frac{2 v_{\text{Str}}}{\lambda} \quad (1)$$

Die Dopplerfrequenz f_D liegt je nach der Frequenz des Hochfrequenzoszillators im Bereich von etwa 200 Hz bis 12 kHz.

Im Mischkopf des Hohlleiters sind in der Regel zwei Dioden so angeordnet, daß an ihnen Dopplerfrequenzen mit einem Phasenunterschied von 90° entstehen. Das Vorzeichen des Phasenwinkels hängt davon ab, ob sich der reflektierende Gegenstand auf die Antenne zubewegt (anlaufender Verkehr) oder von ihr fortbewegt (ablaufender Verkehr). Diese Phasenbeziehung wird ausgewertet. Es werden nur solche Signale zur Meßwertbildung weitergeleitet, die von der ausgewählten Verkehrsrichtung stammen. Die Signale der anderen Verkehrsrichtung werden unterdrückt. (Gegenverkehrsausblendung)

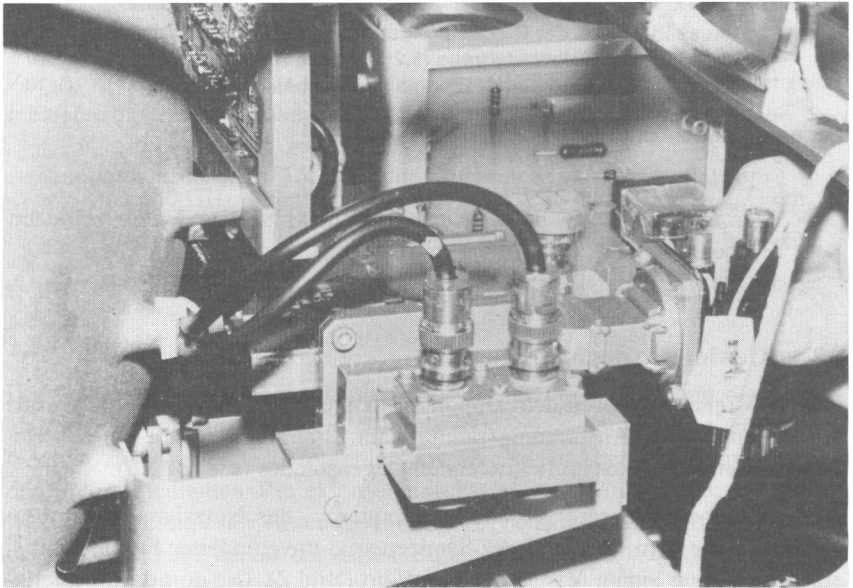


Bild 2: Mischkopf in der Antenne mit den beiden Mischdioden im Vordergrund

Treten während der Meßwertbildung und -Überprüfung Signale von beiden Verkehrsrichtungen auf, so wird entweder kein Meßwert gebildet bzw. ein bereits gebildeter Meßwert gelöscht. Zur Meßwertbildung werden die im Mischkopf an den beiden Mischdioden entstehenden Dopplerfrequenzen verstärkt und einem Auswerteteil zugeführt. Im Auswerteteil wird eine Messung der Dopplerfrequenz durchgeführt und das Ergebnis in km/h umgerechnet und angezeigt.

Im Fototeil befindet sich eine zweite Anzeige, die zusammen mit der Verkehrssituation auf dem Film abgebildet wird. Die Kamera wird automatisch vom Gerät ausgelöst.

2.3 Aufstellung der Meßanlage

Zur Messung wird die Antenne so aufgestellt oder an einem Fahrzeug befestigt, daß die Achse der Hauptkeule des Strahlungsfeldes die Fahrbahnmitte oder die seitliche Begrenzung der Fahrbahn unter einem Einstrahlwinkel von 20° oder 22° – je nach Bauart – schneidet. (Bild 3)

Der seitliche Abstand der Antenne vom Fahrbahnrand soll mindestens 1,5 m betragen, wenn der ablaufende Verkehr gemessen wird. Bei anlaufendem Verkehr beträgt der Mindestabstand 3 m. Diese Mindestabstände sind aus fototechnischen Gründen erforderlich und sollten auf jeden Fall eingehalten werden.

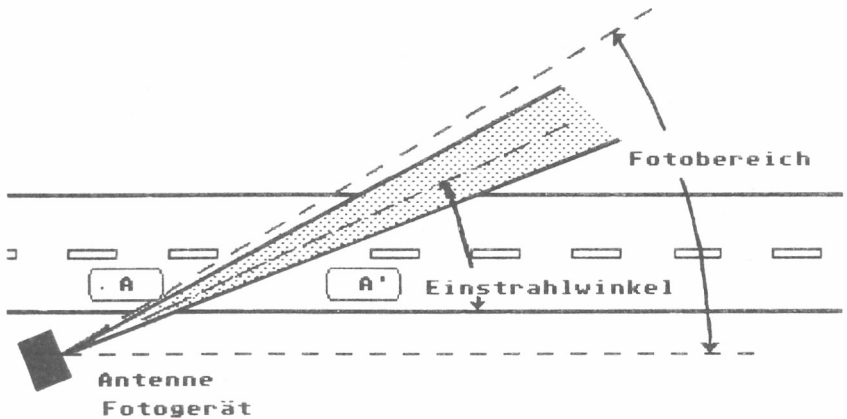


Bild 3: Meßstrahlverlauf und Fotobereich bei seitlicher Aufstellung

2.4 Zusatzeinrichtungen

An die Verkehrsradaugeräte können verschiedene Zusatzeinrichtungen angeschlossen werden, die besonders zugelassen werden müssen, wenn sie nicht über rückwirkungsfreie Schnittstellen angesteuert werden.

Es sind folgende Zusatzeinrichtungen bekannt:

- Tachoeinblendung
- Meßwertdrucker
- Fernübertragungsmodem
- Neigevorrichtung zur Einstellung des Einstrahlwinkels für die Antenne zum Einsatz des Gerätes von Brücken
- Gerät für die Messung der statistischen Verteilung von Geschwindigkeiten
- Taktgeber für die Auslösung eines zweiten Fotoauslöseimpulses in vorwählbarem zeitlichen Abstand
- Fernauslöser für ein zweites Fototeil.

2.5 Einsatzarten

Die häufigste Einsatzart für Verkehrsradaugeräte ist die Messung der Geschwindigkeit vom Straßenrand aus. Hierzu kann entweder das Gerät auf einem Stativ aufgestellt und betrieben werden oder in einem Meßfahrzeug eingebaut sein. In dieser Betriebsart können beide Verkehrsrichtungen gemessen werden. Zur Verkehrsüberwachung auf Schnellstraßen kann man ein Verkehrsradaugerät auch auf einer Brücke über der zu überwachenden Fahrspur installieren. Der vorgeschriebene Einstrahlwinkel wird dann durch Neigen der Antenne eingestellt.

Eine weitere Einsatzart ist der automatische Betrieb durch fest installierte Anlagen. Sie arbeiten ohne Bedienungspersonal, liefern dafür aber zwei in bestimmtem zeitlichen Abstand ausgelöste Fotos. Diese können bei Zweifeln an der Richtigkeit der Messung, z.B. wenn mehrere Fahrzeuge im Bild sichtbar sind oder bei Zweifeln an der Zuordnung des Meßwertes zu einem der auf dem Registrierfoto abgebildeten Fahrzeuge nachträglich fotogrammetrisch ausgewertet werden. Bei der Anwendung dieser Auswertemethode ist zu beachten, daß sie um 10% unsicher sein kann.

Neuerdings werden Verkehrsradargeräte auch mobil in einem Meßfahrzeug eingesetzt. Der Meßwert eines den Meßwagen überholenden Fahrzeugs wird hierbei aus zwei Komponenten gebildet, dem Radarmeßwert und der Eigengeschwindigkeit des Meßfahrzeugs. Beide Meßwerte werden addiert und ergeben die Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeugs.

Eine ebenfalls neue Einsatzart bieten die Radarpistolen. Mit ihnen wird nicht unter einem festgelegten Einstrahlwinkel von 20° oder 22° sondern parallel zur Straße gemessen. Sie gestatten bisher auch nicht die fotografische Registrierung des Meßwerts und der Verkehrssituation. Sie können daher auch nur auf schwach befahrenen Straßen und unter besonderen Auflagen eingesetzt werden.

Weitere Hinweise zur Wirkungsweise der Meßgeräte sowie zu den einzelnen Anlageteilen und der Zusatzeinrichtungen können der jeweiligen Bedienungsanleitung entnommen werden.

3 Prüfgegenstand

Die nachstehend beschriebenen einzelnen Baugruppen eines Verkehrsradargerätes können aus einsatztechnischen Gründen in verschiedenen Gehäusen untergebracht sein, die mit Kabeln verbunden sind.

3.1 Antenne

Die Antenne ist zusammen mit dem Oszillator, dem Mischkopf, den Vorverstärkern und der Phasenvergleichsstufe und eventuell mit noch anderen Schaltungsteilen in einem separaten Gehäuse untergebracht. An dem Gehäuse befindet sich eine Visiereinrichtung, mit der der Einstrahlwinkel justiert werden kann, wenn die Antenne auf einem Stativ betrieben wird. Als Radaran-tenne gelangen grundsätzlich zwei verschiedene Antennenarten zum Einsatz.

- Schlitzantenne

Sie besteht aus einem geschlitzten Hohlleiter in einem Hornstrahler dessen Strahlaustrittsfläche etwa viermal so breit wie hoch ist. Die Halbwertsbreite liegt in der Horizontalen – E Ebene – bei etwa 5° , in der Vertikalen – H Ebene – bei etwa 20° (Bild 4).

- Parabolantenne

Sie besteht aus einem Primärstrahler, der einen Parabolspiegel ausleuchtet und ist äußerlich dadurch zu erkennen, daß die Strahlaustrittsfläche kreisförmig oder etwa quadratisch ist. Die Halbwertsbreite beträgt in der Horizontalen etwa 5° bis 7° und in der Vertikalen etwa 5° bis 9° (Bild 5).

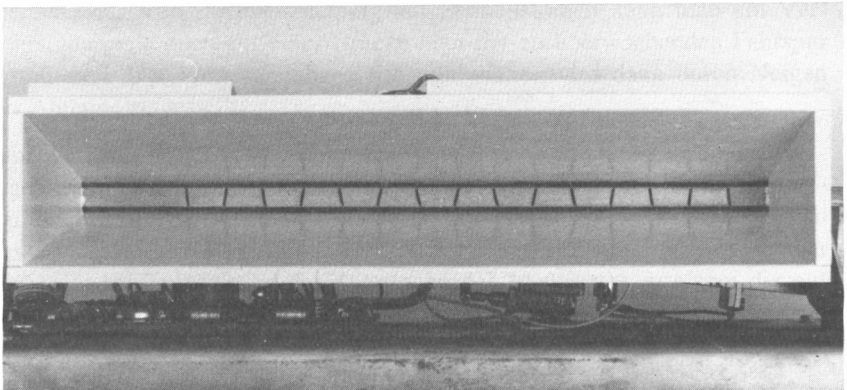


Bild 4: Schlitzantenne von vorne

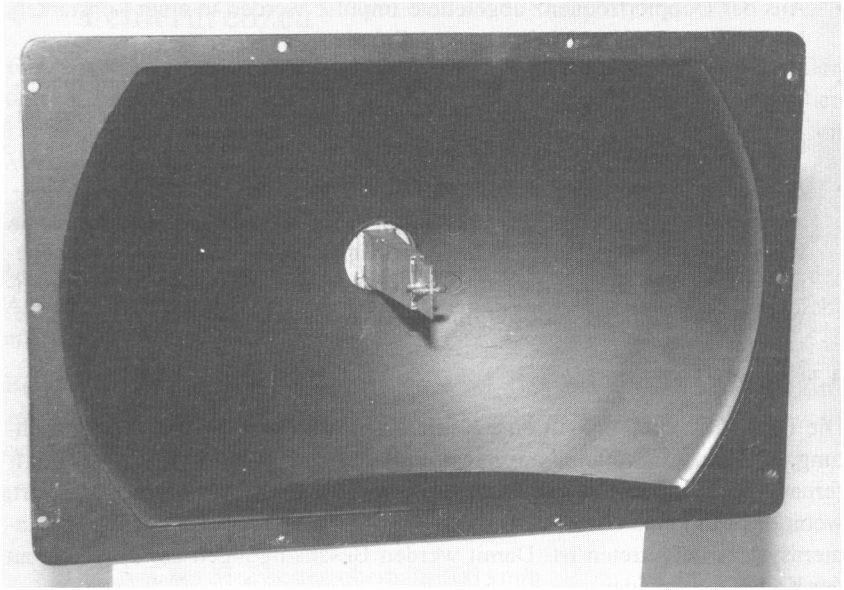


Bild 5: Parabolantenne. Zu sehen sind der Primärstrahler und der Reflektor.

3.2 Auswerte- und Bedienteil

Im Auswerteteil sind in der Regel die Schaltungen untergebracht, die zur Dopplerfrequenzverarbeitung und zur Meßwertbildung benötigt werden. Dazu gehören auch Sicherheitsschaltungen, die zur Meßwertüberprüfung und zur Unterdrückung von Störsignalen sowie zur Überwachung der Betriebsspannung verwendet werden, außerdem Testschaltungen zur Prüfung der Funktionsfähigkeit der Meßkette des Geräts. Ferner befinden sich dort die Skalen- oder Ziffernanzeige sowie die Bedienungselemente, vor allem der Grenzwertschalter, an dem die Geschwindigkeitsgrenze eingestellt werden kann, oberhalb der automatisch ein Foto ausgelöst wird.

Folgende Verfahren zur Meßwertbildung sind bekannt:

- Aus der Dopplerfrequenz gewonnene normierte Impulse werden während einer konstanten Meßzeit in einen Kondensator geladen. Der Spannungswert wird analog angezeigt.

- Aus der Dopplerfrequenz abgeleitete Impulse werden in einer konstanten Meßzeit gezählt. Der Meßwert wird digital angezeigt.
- Die einzelnen Dopplerfrequenzperioden werden ausgewertet und die errechneten Geschwindigkeiten in einem Histogramm dargestellt, Das Histogramm wird bewertet und der ermittelte Meßwert digital angezeigt.
- Aus vier Einzelmessungen wird ein Mittelwert gebildet. Wenn neue Meßwerte einlaufen, die um nicht mehr als 3% vom Mittelwert abweichen, wird der Mittelwert laufend korrigiert. Ist die vom Programm vorgesehene Anzahl von Meßwerten vorhanden, wird aus ihnen ein neuer Mittelwert gebildet und als Meßwert digital angezeigt.

3.3 Fotoeinrichtung

Die Fotoeinrichtung enthält eine Kamera mit Motorantrieb und Blitzeinrichtung, die vom Auswerteteil ausgelöst wird und eine weitere Skalen- oder Ziffernanzeige. Bei fast allen Bauarten wird die Kameraauslösung gesperrt, wenn das Filmende erreicht ist oder wenn irgendeine andere Störung im Kamerasystem aufgetreten ist. Damit werden Beschädigungen am Film und an der Kamera vermieden.

4 Fehlergrenzen

Für Verkehrsraddargeräte sind die nachfolgend genannten Fehlergrenzen in der Eichordnung - Anlage 18 - festgelegt. Es wird unterschieden zwischen Fehlern, die bei einer Prüfung im Laboratorium und bei einer Prüfung im Verkehr anzuwenden sind. Sie gelten für den Meßbereich des Gerätes.

4.1 Fehlergrenzen bei der Prüfung im Laboratorium

Mit dieser Prüfung werden die Eigenfehler der Meßkette und die Fehler der Anzeigevorrichtung erfaßt. Fehler des Hochfrequenzoszillators können nicht erkannt werden.

Bei der Eingabe normierter Signale durch NF-Generatoren gelten für die Anzeigen im Bedien- und Fototeil die folgenden erlaubten Abweichungen vom richtigen Wert:

- bei Meßgeräten mit Skalenanzeige
 - $\pm 1,5 \text{ km/h}$ bei Meßwerten bis 100 km/h ,
 - $\pm 1,5 \%$ bei Meßwerten oberhalb 100 km/h .

Die Anzeige im Fototeil darf von der Anzeige im Bedienteil um nicht mehr als 1 km/h abweichen.

- bei Meßgeräten mit Ziffernanzeige
 - $\pm 1 \text{ km/h}$ bei Meßwerten bis 150 km/h ,
 - $\pm 2 \text{ km/h}$ bei Meßwerten oberhalb 150 km/h .

Die Anzeige im Fototeil muß mit der Anzeige im Bedienteil übereinstimmen.

4.2 Fehlergrenzen bei der betriebsmäßigen Prüfung

Durch diese Fehlergrenzen werden neben den Eigenfehlern der Meßanlage vor allem geringe Abweichungen (etwa 1°) bei der Justierung des Einstrahlwinkels und die Ansprechbreite der Antenne berücksichtigt.

Bei der betriebsmäßigen Prüfung sind die erlaubten Abweichungen bei Geräten mit Skalen- oder Ziffernanzeige

- $\pm 3 \text{ km/h}$ bei Meßwerten bis 100 km/h ,
- $\pm 3 \%$ des richtigen Wertes bei Meßwerten oberhalb 100 km/h .

Die angegebenen Werte gelten für die Anzeigen im Bedien- und im Fototeil.

4.3 Verkehrsfehlergrenzen

Die Verkehrsfehlergrenzen sind gleich den Fehlergrenzen bei der betriebsmäßigen Prüfung.

Um zu verhindern, daß einem Verkehrsteilnehmer ein zu hoher Geschwindigkeitsmeßwert vorgeworfen wird, muß beim Einsatz der Meßgeräte die Verkehrsfehlergrenze vom gemessenen Geschwindigkeitswert abgezogen werden. Bei Geschwindigkeiten oberhalb 100 km/h sind die errechneten zulässigen größten Abweichungen vor dem Abzug auf den nächsten ganzzahligen Wert aufzurunden.

5 Fehlerquellen

Bei Verkehrsradargeräten unterscheidet man grundsätzlich zwei verschiedene Fehlerquellen

- Geräteeigenfehler
- Reflexionsfehler

Beide Fehlerarten lassen sich nicht in jedem Fall separat betrachten, doch soll hier versucht werden, die einzelnen Einflüsse zu verdeutlichen.

5.1 Geräteeigenfehler

Bei den Geräteeigenfehlern werden drei Möglichkeiten herausgestellt.

- Fehler in der Sendefrequenz

Sie können auftreten, wenn infolge des Temperatureinflusses die Oszillatorfrequenz nicht konstant bleibt. Bei der Bauartprüfung wird festgestellt, in welchem Bereich sich die Sendefrequenz ändert, wenn das Gerät im vorgesehenen Temperaturbereich z.B. von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ betrieben wird. Die Abweichungen der Sendefrequenz dürfen die vom Fernmelde-technischen Zentralamt (FTZ) angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten (Nr.2). Bei voller Ausnutzung der für die Sendefrequenz festgelegten Toleranz können Fehler von maximal etwa 0,15 % entstehen.

- Fehler in der Meßwertverarbeitung

Diese Fehler sind abhängig von der Art der Auswertung der Dopplerfrequenz, ob sie durch eine Frequenz-Spannungs Umsetzung in ein analoges Signal umgewandelt oder ob sie digital weiterverarbeitet wird, ob der Meßwert durch eine Skalen- oder Ziffernanzeige ausgegeben wird.

Wird die Dopplerfrequenz digital so verarbeitet, daß in einer bestimmtem Meßzeit die anfallenden Impulse gezählt werden, so sind die Unsicherheiten bei der Meßzeitbildung zu berücksichtigen. Ablesefehler bei der Ziffernanzeige sind nicht zu erwarten. Der Zählfehler kann ± 1 Impuls betragen. Wird der Analogwert z.B. nach einer Meßwertprüfung wieder in einen Digitalwert gewandelt, so ist zusätzlich die Unsicherheit des A-D Wandlers zu berücksichtigen.

- Anzeigefehler

Diese Fehler treten vor allem bei Skalananzeigen auf und hängen von der Güteklasse des verwendeten Anzeigeinstrumentes einschließlich seines

Temperaturganges ab. Zusätzlich besteht eine weitere Fehlermöglichkeit für die Skalanzeige im Fototeil durch eine gegenüber der Anzeige im Bedienteil unterschiedliche Instrumentenkennlinie.

Bei digitaler Meßwertausgabe treten Anzeigefehler nur auf, wenn Schaltungsstörungen vorliegen oder wenn Störungen in der Meßwertübertragung vom Auswerteteil zum Fototeil auftreten. Defekte in der Anzeige selber – z.B. durch Ausfall eines Segmentes – sollen hier unberücksichtigt bleiben, da sie leicht durch Testschaltungen erkannt werden können.

5.2 Reflexionsfehler

Diese Fehler entstehen durch Zusammenwirken der Reflexionsfähigkeit der Fahrzeugkarosserie mit der endlichen Strahlbreite (Bild 6).

Wird der Bereich der Meßstrahlung von einem Kraftfahrzeug durchfahren, so ändert sich die Geschwindigkeitskomponente in Strahlrichtung v_{str} trotz gleichbleibender Geschwindigkeit v des Fahrzeugs, weil die Dopplerfrequenz des Fahrzeugs innerhalb des Meßstrahls bei unterschiedlichen Meßwinkeln gebildet wird. Je nachdem, welche Reflektoren am Fahrzeug augenblicklich meßwirksam sind, sind auch unterschiedliche Meßwinkel α vorhanden, die zu einer ständig sich ändernden Geschwindigkeitskomponente führen. Die Geschwindigkeitskomponente in Strahlrichtung ist

$$v_{\text{Str}} = v \cdot \cos \alpha . \quad (2)$$

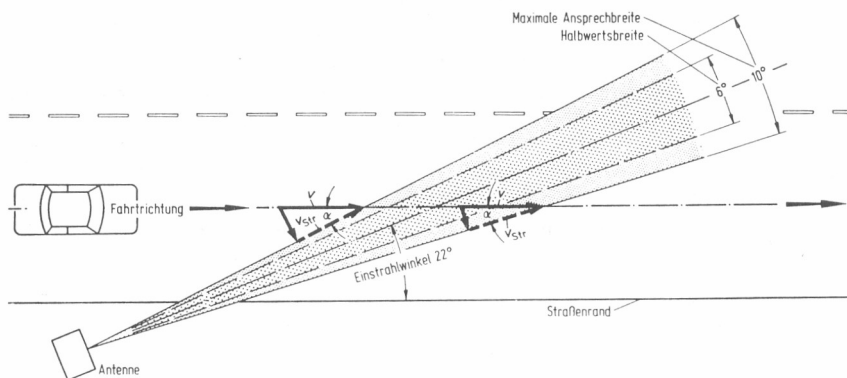


Bild 6: Aufstellung einer Radarantenne am Straßenrand. Bei der Durchfahrt eines Fahrzeugs durch den Meßstrahl ändert sich der Meßwinkel α und somit auch die Geschwindigkeitskomponente in Strahlrichtung v_{str} .

Die einzelnen Kraftfahrzeugtypen besitzen natürlich aufgrund ihrer verschiedenen Karosserieformen und Aufbauten stark differenzierte Reflexionseigenschaften und werden daher auch die Messung an recht unterschiedlicher Stelle im Bereich der Meßstrahlung auslösen. Daraus folgt je nach dem tatsächlichen Meßwinkel ein von der wahren Geschwindigkeit mehr oder weniger abweichendes Meßergebnis. Bei der Messung des ablaufenden Verkehrs wird man daher beispielsweise mit einem negativen mittleren Fehler von etwa 1% rechnen müssen. Diese Meßfehler werden durch die Verkehrsfehlergrenze berücksichtigt.

Ein weiterer Reflexionsfehler kann eintreten, wenn das von der Antenne gelieferte Signal während der Durchfahrt eines Fahrzeugs durch den Meßstrahl häufig Einbrüche erfährt, in denen die Amplitude der Dopplerfrequenz fast verschwindet. Geeignete Signalprüfschaltungen müssen dafür sorgen, daß die Meßwertbildung zu einem Zeitpunkt durchgeführt wird, an dem keine Signaleinbrüche vorliegen (siehe auch 6.3.3). Dieser Fehler ist in seiner Größe nicht abschätzbar und muß daher ausgeschlossen werden (Bild 7).



Bild 7: Dopplerfrequenzsignal mit Interferenzeinbrüchen

5.3 Aufstellfehler

Aufstellfehler sind Fehler, die bei der Justierung des Einstrahlwinkels beim Einsatz der Geräte entstehen können. Um diese zu vermeiden, soll die Straße am Aufstellungsort in Meßrichtung gesehen mindestens 50 m geradlinig verlaufen. Ist die Antenne am Fahrzeug befestigt, so muß das Fahrzeug parallel zum Straßenrand ausgerichtet werden, indem der Abstand der Vorder- und Hinterräder zum Straßenrand vermessen wird. Neben der Ungenauigkeit bei der Aufstellung können auch noch Ungenauigkeiten in der Antennenhalterung begründet sein. Beim Stativbetrieb wird die Justierung der Antenne so durchgeführt, daß im Abstand von etwa 10 m in Meßrichtung gesehen ein Meßstab aufgestellt wird, dessen seitlicher Abstand zum Fahrbahnrand gleich dem dem Abstand der Antennenmitte sein muß. Dieser Meßstab wird über die Visiereinrichtung der Antenne anvisiert. Eine Ungenauigkeit der Aufstellung beruht daher ausschließlich auf mangelhafter Justierung. In jedem Fall

muß die Antenne so sorgfältig aufgestellt werden, daß der Einstrahlwinkel um nicht mehr als 1° vom festgelegten Wert abweicht.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Fehler, die in ihrer Größe noch im einzelnen angegeben werden, dürfen die Verkehrsfehlergrenzen nicht überschritten werden.

6 Prüfung im Laboratorium

Bei der laboratoriumsmäßigen Prüfung eines Verkehrsraddargerätes werden zunächst alle Bauteile gemäß der Bedienungsanleitung angeschlossen und in Betrieb genommen.

6.1 Funktionsprüfung

Die hier aufgeführten Punkte der Funktionsprüfung werden je nach den Erfordernissen durchgeführt. Bauartbedingte Variationen der einzelnen Schritte sind u.U. erforderlich. Bei diesen Prüfungen ist nach der Bedienungsanleitung der einzelnen Geräte zu verfahren. In diese Funktionsprüfung werden einbezogen:

6.1.1 Der Segmenttest bei Meßgeräten mit Ziffernanzeige durch 7-Segment-Anzeigen

Bei diesem Test müssen mindestens folgende Anzeigen möglich sein.

- Alle Segmente aus.

Durch diesen Test kann erkannt werden, ob ein Segment durch eine Störung bedingt, dauernd brennt.

- Alle Segmente ein.

Hierdurch kann erkannt werden, ob alle Segmente funktionstüchtig sind.

Der Segmenttest kann entfallen, wenn alle Segmente auf Funktionsfähigkeit fortlaufend überwacht werden. Dieser Test muß auch die Ziffernanzeige im Fototeil erfassen.

6.1.2 Prüfung der Meßwertbildung mit Hilfe einer internen Prüffrequenz

Durch diese Prüfung soll die richtige Funktion der Auswerteschaltungen und der Anzeige überprüft werden. Dazu wird an einer geeigneten Stelle statt der Dopplerfrequenz eine im Gerät erzeugte quarzgesteuerte Prüffrequenz eingegeben. Diese Prüffrequenz entspricht einem bestimmten und bekannten Geschwindigkeitswert. Der vom Gerät ermittelte und angezeigte Meßwert muß innerhalb ± 1 km/h mit dem konstruktiv festgelegten Wert übereinstimmen. Hierdurch kann die Meßkette überprüft werden. Eine Aussage über die Funktionsfähigkeit der Antenne ist nach diesem Test nicht möglich.

Statt einer quarzgesteuerten Frequenz kann auch ein anderer Oszillator verwendet werden, wenn er temperaturstabilisiert ist und eine konstante Frequenz liefert.

Ist kein interner Oszillator vorhanden, kann nur mittels einer Stimmgabel über die Antenne eine Auslösung und Meßwertbildung des Gerätes erreicht werden. Der dann angezeigte Meßwert wird aus der Schwingungsfrequenz der Stimmgabel gemäß Gleichung (3) (siehe 6.2.3) bestimmt. Bei Geräten mit Skalenanzeigen darf die Abweichung nicht mehr als $\pm 1,5$ km/h betragen; bei Ziffernanzeigen gelten die in 4.1 angegebenen Fehler. Die Stimmgabelprüfung kann bei Geräten mit Gegenverkehrsausblendung nur durchgeführt werden, wenn zusätzlich durch eine Testtaste die Gegenverkehrsausblendung unwirksam gemacht wird. Auch der über die Antenne durchgeführte Stimmgabeltest gibt keine Aussage über die Richtigkeit der Sendefrequenz.

6.1.3 Spannungsalarm

Um zu verhindern, daß durch Unterspannung Fehlfunktionen im Gerät entstehen oder falsche Meßwerte gebildet werden, befindet sich in jedem Gerät eine Schaltung zur Überwachung der Betriebsspannung.

Zur Prüfung dieser Schaltung wird entweder in die Stromzuführung ein der Stromaufnahme entsprechend belastbarer Widerstand von etwa 10 Ohm eingebaut oder ein geeignetes einstellbares Netzgerät zur Speisung der Anlage verwendet. Die Betriebsspannung wird z.B. durch langsames Vergrößern des Widerstandes soweit verringert, bis der Alarm ausgelöst wird. Dabei wird durch ständiges Eingeben einer Prüffrequenz (Quarztest) festgestellt, ob das Meßgerät mit der reduzierten Betriebsspannung noch in der Lage ist, bis zum Eintreten des Spannungsalarms richtige Meßwerte zu liefern. Ist bei einer Betriebsspannung von 9 V der Spannungsalarm noch nicht aufgetreten, besteht der Verdacht, daß die Alarmschaltung defekt ist. Die technischen Daten in der Bedienungsanleitung sind zu beachten.

6.1.4 Auslösung von Kamera und Blitzen

Das Gerät wird für den Foto- und Blitzbetrieb gemäß der Bedienungsanleitung zusammengebaut und eingeschaltet. Die Kamera kann in der Regel ohne Film betrieben werden. Mit einem geeigneten Reflexgeber, einer Stimmgabel oder mit der geräteinternen Prüffrequenz wird das Gerät ausgelöst. Nach der Meßwertbildung erfolgt die Auslösung der Kamera je nach Bauart entweder, wenn eine Fotoverzögerung abgelaufen ist oder wenn das Meßsignal ver-

schwindet. Es ist darauf zu achten, daß der Grenzwert für die Auslösung eines Fotos niedriger als der Meßwert eingestellt ist. Die nachfolgende Aufladung des Blitzkondensators darf keine Fehlfunktionen hervorrufen.

Bei Geräten, die zur Messung des anlaufenden Verkehrs geeignet sind, wird das Foto sofort nach der Meßwertbildung ausgelöst.

6.1.5 Fotoalarm

Der Fotoalarm soll Störungen im Kamerasystem und bei der Datenübertragung kenntlich machen. Dadurch soll verhindert werden, daß Film oder Kamera beschädigt werden, oder daß Aufnahmen entstehen, bei denen kein Meßwert eingblendet ist. Je nach Bauart kommen verschiedene Ursachen für die Auslösung des Fotoalarms in Betracht. Beispiele sind:

- Bei einer Kamera mit Datenbox tritt der Alarm z.B. dann ein, wenn der Deckel der Datenbox nicht richtig geschlossen ist.
- Wird eine Kamera mit einer Einspiegelung des Meßwertes verwendet, kann der Alarm ausgelöst werden, wenn das Bildzählwerk seine Endstellung erreicht hat.
- Weiter kann der Fotoalarm auftreten, wenn der Außenblitz eingeschaltet ist, das Blitzgerät aber nicht angeschlossen ist oder wenn ein Verbindungskabel fehlt.
- Leuchtet die Fotoalarmlampe am Bedienteil und die Kontrolllampe am Fototeil nicht, so liegt ein Defekt in der Datenübertragung vor. Das Meßgerät muß dann zur Reparatur gegeben werden.

Da die Gründe für einen Fotoalarm bei den einzelnen Meßgerädebauarten recht unterschiedlich sein können, empfiehlt es sich, in der jeweiligen Bedienungsanleitung nachzulesen, welche Störung angezeigt wird und wie sie zu beseitigen ist.

6.2 Meßtechnische Prüfung

Die nachstehend beschriebenen Messungen werden in Anschluß an die Funktionsprüfung durchgeführt. Wenn zur Durchführung einer Messung Geräteteile geöffnet werden müssen, ist darauf zu achten, daß hierdurch keine Fehlfunktionen auftreten können, z.B. fehlende magnetische Schirmung von Zeiginstrumenten oder Einstreuungen von Störungen.

6.2.1 Prüfung der Antenne

Die Messung der Antennendaten ist grundsätzlich bei der Bauartprüfung und bei der Erstprüfung der Meßanlage erforderlich. Sie sollte grundsätzlich – eventuell auch nur teilweise – nach einer mechanischen Beschädigung am Hohlleitersystem oder am Reflektor oder nach einer Reparatur – z.B. Austausch des HF-Oszillators – vorgenommen werden.

Zur Prüfung der Antenne wird als Meßantenne ein 16 dB Standard-Gain-Horn benutzt (Bild 8). An diese Meßantenne wird ein einstellbares Dämpfungsglied, ein Frequenzmesser und der Leistungsmeßkopf eines HF-Leistungsmessers angeschlossen. Diese Bauteile müssen dem Frequenzband, in dem die Antenne arbeitet, entsprechen.

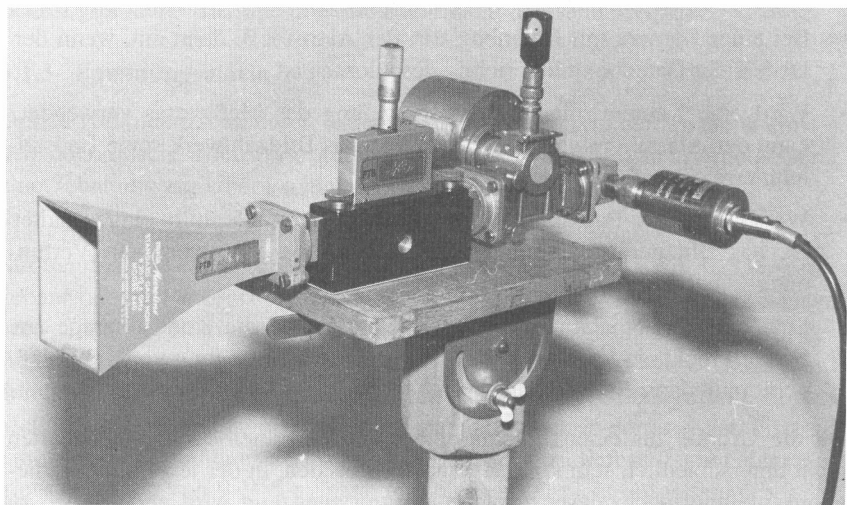


Bild 8: Meßeinrichtung zur Messung der Antennendaten mit Standard-Gain-Horn, Dämpfungsglied, Topfrequenzmesser und Leistungsmeßkopf.

Zur Messung der Antennendaten wird die Meßantenne in einem Abstand von 3 m von der Sendeantenne, die auf einem Drehtisch montiert ist, aufgestellt und so justiert, daß am Leistungsmesser die maximale Empfangsleistung abgelesen werden kann. Dabei ist darauf zu achten, daß das Dämpfungsglied auf eine Dämpfung von 0 dB eingestellt ist. Danach werden Leistungsmesser und Dämpfungsglied so eingestellt, daß das Zeigerinstrument des Leistungsmessers auf Vollausschlag steht. Befindet sich auf der Antenne eine Visier-

einrichtung, die die Meßstrahlrichtung angibt, so muß sie jetzt genau auf die Mitte der Meßantenne zeigen. Abweichungen von $\pm 0,5^\circ$ sind zulässig.

Der Abstand von 3 m wurde gewählt, weil dieser die minimale Meßentfernung eines Fahrzeugs darstellt. Bei 22° Einstrahlwinkel ergibt sich ein seitlicher Abstand des Fahrzeugs von der Antenne von 1,10 m.

Zur Messung der Sendefrequenz wird der Topffrequenzmesser so verstellt, daß am Leistungsmesser ein relativ scharf begrenztes Minimum – Absenkung um 1 dB – auftritt. Der Frequenzmesser ist jetzt auf die Sendefrequenz abgestimmt und der Wert kann abgelesen werden. Zur weiteren Messung ist der Frequenzmesser zu verstellen, so daß der Leistungsmesser wieder auf Vollausschlag steht.

Zur Messung der Richtcharakteristik wird jetzt die Antenne auf dem Drehtisch soweit nach rechts und links gedreht, bis am Leistungsmesser jeweils ein Leistungsabfall von 3 dB festgestellt wird. Der Winkel zwischen den beiden 3-dB-Punkten darf 7° nicht überschreiten. Beide 3-dB-Punkte sollen etwa symmetrisch zur Strahlachse liegen. Die Antenne wird dann soweit nach rechts und links gedreht, bis jeweils das erste Nebenmaximum erscheint. Die Leistung in den beiden Nebenmaxima wird gemessen. Der Leistungsabstand zwischen dem Hauptmaximum und jedem Nebenmaximum muß in jedem Fall mindestens 15 dB betragen. Werden diese Werte nicht erreicht, so darf die Antenne nicht verwendet werden.

Ist ein motorisch angetriebener Drehtisch vorhanden, kann die Richtcharakteristik mit Hilfe eines Pegelschreibers für eine volle Umdrehung der Antenne aufgenommen werden. Die Halbwertsbreite und der Leistungsabstand zwischen Haupt- und Nebenmaximum können dem Diagramm entnommen werden (Bild 1). In jedem Fall empfiehlt es sich, am Drehtisch eine Winkelskala anzubringen.

Wird eine Radarantenne vermessen, so muß auch die Winkelabweichung zwischen Gehäuseachse und Strahlachse bestimmt werden. Dieser Winkel darf von dem konstruktiv vorgegebenen Winkel um nicht mehr als $0,5^\circ$ abweichen.

Antennen, die mit einer Sendefrequenz von 34,3 GHz arbeiten, können auch mit dem für diesen Frequenzbereich vorgesehenen Reflexgeber geprüft werden. Die Aufstellung der Meßeinrichtung ist so zu wählen, daß sich die Strahlung der Antenne ungehindert ausbreiten kann. Der Abstand zwischen Reflexgeber und Antenne soll 3 m betragen. Die Aufnahmeeinrichtung für die

zu prüfende Antenne (Bild 15) wird mit dem Visierbalken auf die Antennenspitze des Reflexgebers ausgerichtet.

Anschließend wird die Antenne in die Halterung gesetzt. Die Antenne wird mit dem Steuergerät durch eine besondere zu Prüfzwecken hergerichtete Antennenleitung mit integriertem Kabeladapter verbunden, an dem ein Voltmeter für Wechselspannung angeschlossen werden kann. Das Voltmeter mißt den Effektivwert der Spannung der hinter dem Vorverstärker vorhandenen Dopplerfrequenz.

Achtung: Bei der Antenne im Reflexgeber steht die E-Ebene des Hohlleiters senkrecht. Deshalb ist die für die seitliche Einstrahlung wichtige Horizontalcharakteristik der Radarantenne bei diesem Aufbau in der Vertikalen zu finden. Besondere Hinweise für die Prüfung einer bestimmten Bauart sind in speziellen Prüfanweisungen gegeben.

Die Messung der Sendefrequenz wird mit dem Topffrequenzmesser in der oben beschriebenen Weise durchgeführt. Die Stellung der Mikrometerschraube wird abgelesen. Aus der im Prüfungsschein für den Reflexgeber beigefügten Tabelle läßt sich die Sendefrequenz ermitteln. Nach der Messung muß die Stellung der Mikrometerschraube deutlich verändert werden.

Zur Messung der Halbwertsbreite werden durch Verdrehen der Antennenhalterung für die Sendeantenne nach oben oder unten die Winkel bestimmt, bei denen das Signal um jeweils 6 dB ausgehend vom Maximum abgesenkt ist. Die Winkelhalbierende stellt die Strahlachse des Systems dar. Die Strahlachse muß innerhalb von $0,5^\circ$ mit der Justierachse übereinstimmen. Die Halbwertsbreite darf 7° nicht überschreiten. Zu beachten ist hierbei, daß das Reflexsignal bei dieser Messung im Sende- und Empfangsbetrieb mit einer gleichartigen Antenne gewonnen wird, die Richtcharakteristik demnach zweifach eingeht. Die gemessenen Werte für die Dämpfung müssen daher halbiert werden, um zu den Werten für die Halbwertsbreite der Sendeantenne zu gelangen.

Zur Messung der Nebenmaxima wird die Antenne mittels der Haltevorrichtung weiter abgesenkt bzw. angehoben, bis die Nebenmaxima gefunden sind. Ihr Leistungsabstand muß vom Hauptmaximum bei dieser Meßart mindestens 30 dB betragen. Das Aufsuchen der Nebenmaxima ist durch feinfühliges Winkelverdrehen vorzunehmen, weil die steilen Nebenmaxima sonst leicht übersehen werden können.

Bei Verkehrsrادargeräten, die auch von Brücken herab eingesetzt werden sollen, muß auch die Vertikalcharakteristik gemessen werden.

6.2.2 Prüfung des Antennenwinkels beim Fahrzeugeinbau

Ist die Meßeinrichtung in ein Kraftfahrzeug eingebaut und wird die Antenne zur Messung vorn oder hinten am Fahrzeug befestigt, so muß der Einstrahlwinkel der installierten Antenne geprüft werden. Hierzu wird das Gerät betriebsbereit aufgebaut und die Antenne in die entsprechende Halterung am Fahrzeug gesetzt. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Halterung am Fahrzeug stabil genug ausgeführt ist und auch bei robustem Betrieb keine Verformungen oder Verschiebungen zuläßt. Ist an der Antennenhalterung eine Justiermöglichkeit vorgesehen, so muß sie nach der Justierung gegen Verstellen gesichert werden können. Die Prüfung des Antennenwinkels kann auf zwei Arten durchgeführt werden, die nachfolgend beschrieben werden.

- Prüfung mit der Winkelmeßeinrichtung
Eine geeignete Winkelmeßeinrichtung, wie sie beispielsweise im Bild 9 gezeigt ist, wird an die gerade ausgerichteten Vorderräder des Fahrzeugs angelegt. Mit der beweglichen Meßschiene wird eine Bezugsfläche an der Antenne gewählt, die entweder senkrecht oder parallel zur Gehäuseachse verläuft. Die Meßschiene wird an diese Bezugsfläche angelegt und der



Bild 9: Winkelmeßeinrichtung im Einsatz.

sich ergebende Winkel am Winkelmeßkopf abgelesen. Er sollte nicht mehr als $0,5^\circ$ vom vorgeschriebenen Wert abweichen. Wird als Bezugsfläche das Gehäuse der Antenne verwendet, so ist zu beachten, daß bei Schlitzantennen je nach Konstruktion die Strahlachse mit der Gehäuseachse nicht identisch ist. Hier ist der Bedienungsanleitung oder der Zulassung zu entnehmen, welcher Winkel zwischen Strahlachse und Gehäuseachse besteht.

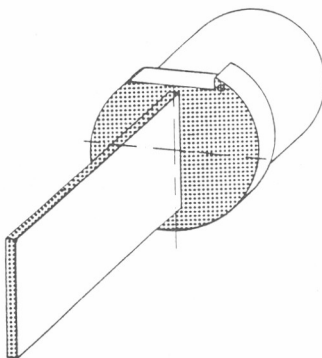


Bild 10: Visierbalken mit weiß ausgelegten Seitenflächen.

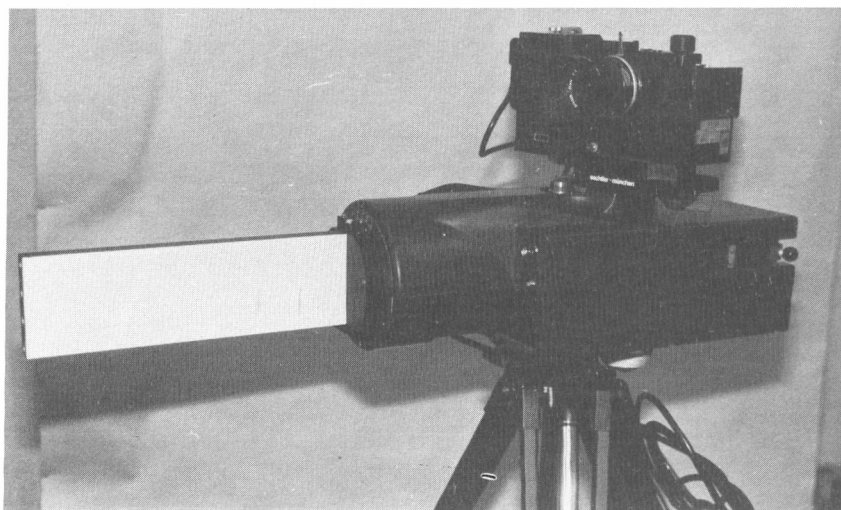


Bild 11: Visierbalken ist in die Antennenhalterung eingesetzt.

Läßt sich in die Antennenhalterung ein Visierbalken (Bild 10) einschieben, so kann sich die Meßschiene der Winkelmeßeinrichtung auch an einer geeigneten Bezugsfläche des Visierbalkens orientieren.

- Prüfung mit dem Visierbalken

Der Antennenwinkel kann auch allein mit Hilfe des Visierbalkens (Bild 11) und einer Referenzlinie (Fahrzeugmittellachse) überprüft werden. Diese Referenzlinie läßt sich z.B. durch Visieren über Markierungen in der Mitte der Front- und Heckscheibe gewinnen. Sie wird vor dem Fahrzeug und an einem etwa 10 m entfernten Meßpunkt auf die Straße gelotet und markiert. Zur Durchführung der Prüfung wird der Visierbalken in die Antennenhalterung eingesetzt und mit Hilfe einer Wasserwaage genau senkrecht eingerichtet.

Zur Prüfung stellt man sich etwa 10 m vor dem Fahrzeug auf und bewegt sich seitlich solange hin und her, bis bei Betrachtung des Visierbalkens mit einem Auge die weißen Seitenflächen nicht mehr sichtbar sind (Bild 12).

Die seitliche Lage des benutzten Auges wird mit Hilfe eines Lotes auf die Straßenoberfläche übertragen. Nun wird der Abstand zwischen der Referenzlinie und der Visierlinie am Fahrzeug und am Meßpunkt bestimmt. Man mißt den Abstand zwischen einem Punkt senkrecht unter dem Visierbalken und der Referenzlinie und den Abstand der Linien am Meßpunkt. Ist die Differenz der Abstände größer als 8 cm, muß die Antennenhalterung nachjustiert werden. Bei einer Meßentfernung von 10 m bedeutet eine Differenz von 8 cm einen Winkelfehler von $0,5^\circ$. Eine weitere Version des Visierbalkens zeigt Bild 13. Meßtechnisch unterscheiden

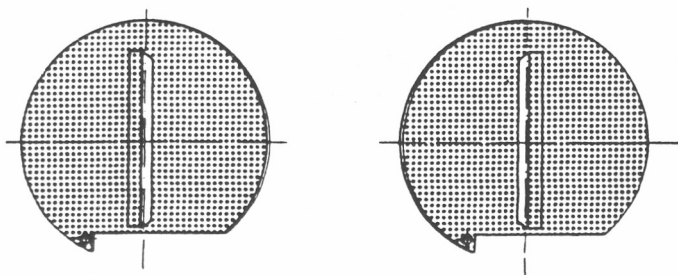


Bild 12: Ansicht des Visierbalkens von vorn. Das Auge befindet sich einmal zu weit rechts, das andere mal zu weit links.

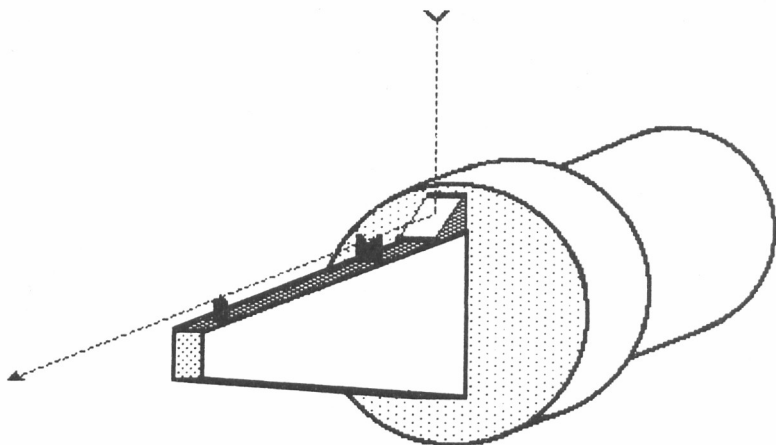


Bild 13: Visierbalken mit Visiereinrichtung

sich beide Versionen nicht, nur kann bei der Ausführung des Balkens mit Kimme und Korn vom Fahrzeug aus eine 10 m entfernt aufgestellte Meßlatte anvisiert werden, was eine Vereinfachung in der Handhabung bedeutet. Eine ausführliche Beschreibung der Prüfung ist in der entsprechenden Bedienungsanleitung nachzulesen.

6.2.3 Prüfung des Auswerteteils

Die Prüfung des Auswerteteils besteht im wesentlichen aus der Überprüfung der Meßkette vom Vorverstärker bis zur Anzeige. Statt der im praktischen Betrieb zu verarbeitenden Dopplerfrequenz wird an einem geeigneten Punkt – meist am Vorverstärker – ein Niederfrequenzsignal eingespeist. Dabei wird die Frequenz des einzuspeisenden Signals so gewählt, daß bei Geräten mit Skalenanzeige der gesamte Meßbereich in 10er-Schritten durchlaufen wird. Bei Geräten mit Ziffernanzeige werden die Frequenzen so gewählt, daß jede Ziffer mindestens einmal zur Anzeige gelangt. Je nach der Sendefrequenz der Antenne ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der Prüffrequenz und dem Anzeigewert, der durch die Zahlenwertgleichung

$$f = k \cdot v \quad (3)$$

ausgedrückt wird.

Dabei bedeuten:

v Anzeigewert in km/h

f Frequenz in Hertz

k Konstante in Hertz/km/h

(Anzahl der Schwingungen je 1 km/h Geschwindigkeit. Diese Konstante ist abhängig von der Sendefrequenz und vom Einstrahlwinkel β).

Für Geräte mit einem Einstrahlwinkel von $\beta = 22^\circ$ und einer Sendefrequenz von

9410 MHz	ist	k =	16,16
13450 MHz	ist	k =	23,09
24125 MHz	ist	k =	41,43
34300 MHz	ist	k =	58,89

Für einen Einstrahlwinkel von $\beta = 20^\circ$ und einer Sendefrequenz von

9410 MHz	ist	k =	16,38
13450 MHz	ist	k =	23,40
24125 MHz	ist	k =	41,99
34300 MHz	ist	k =	59,69

Wird eine Niederfrequenz in den Vorverstärker eingespeist, so ist darauf zu achten, daß die Spannung am Eingang des Vorverstärkers die limitierten Werte nicht überschreitet. Sind diese Werte nicht bekannt, so ist mit der kleinstmöglichen Signalspannung ($U < 0,1 \text{ mV}$) zu beginnen. Sie wird langsam so weit erhöht, bis eine Auslösung erfolgt. Die Prüfspannung wird auf den doppelten Wert der Auslösespannung festgesetzt. Es ist zu beachten, daß die Eingangsempfindlichkeit des Vorverstärkers frequenzabhängig sein kann. Daher ist die Auslösespannung mindestens bei drei verschiedenen Frequenzen festzustellen.

Bei einigen Geräten wird der Meßwert erst dann angezeigt (insbesondere in der Meßart ablaufender Verkehr), wenn das Signal wieder verschwindet. Bei diesen Geräten wird ein meßbares Signal an einer Lampe angezeigt. Es empfiehlt sich, das Gerät in die Meßart beider Verkehrsrichtungen einzustellen.

Besitzt das zu prüfende Gerät eine elektronische Gegenverkehrsausblendung, so muß das Niederfrequenzsignal zweikanalig mit einer Phasenverschiebung

von etwa 90° eingespeist werden. Um mit einem einfachen Niederfrequenz-generator arbeiten zu können, empfiehlt es sich, einen Adapter anzuwenden, der einmal die erforderliche Phasenverschiebung bewirkt und zum anderen die Eingangsspannung auf den limitierten Wert begrenzt. Ist am zu prüfenden Gerät ein spezieller Eingang für eine Prüffrequenz vorhanden, so ist der Bedienungsanleitung oder der speziellen Prüfanweisung zu entnehmen, welche Signale hier eingespeist werden dürfen. Auch hier ist zu beachten, daß die erlaubte Spannung am Eingang nicht überschritten wird.

Nach dem Einschalten ist das Meßgerät sofort betriebsbereit. Wird als HF-Oszillator ein Klystron benutzt, so muß das Gerät richtig messen, wenn es in den Meßbetrieb geht. Vor Beginn der Messung ist das Gerät auf seine Funktionsfähigkeit zu überprüfen (Siehe Nr. 6.1). Besitzt das Gerät eine Kalibrierungsmöglichkeit (grundsätzlich erforderlich, wenn der Meßwert durch Zählen der aus der Dopplerfrequenz abgeleiteten Impulse in einer festen Meßzeit bestimmt wird), so ist vor der Prüfung eine Kalibrierung durchzuführen. Dabei muß der angezeigte Meßwert mit dem in den Unterlagen angegebenen Wert identisch sein. Treten bei dieser Kalibrierung Abweichungen auf, ist die Meßzeit an der dafür vorgesehenen Einrichtung so zu verändern, daß bei einer erneuten Eingabe der Prüffrequenz der richtige Wert angezeigt wird. Während der Kalibrierung darf durch den extern angeschlossenen NF-Generator kein Signal eingespeist werden.

Zur Meßwerteingabe durch den NF-Generator wird die Signalspannung in der vorher festgestellten Höhe kurzzeitig angelegt.

In Tafel 1 sind beispielsweise die Frequenzen angegeben, die zur Prüfung eines Meßgerätes mit Ziffernanzeige eingespeist werden können, damit alle Ziffern mindestens einmal zur Anzeige gelangen. Der Meßbereich ist hier mit 30 km/h bis 200 km/h angenommen. Die Frequenzen sind nach der Gleichung (3) unter Berücksichtigung des für die einzelnen Bauarten vorgesehenen Einstrahlwinkels von 20° oder 22° berechnet.

Diese Messung ist bei jedem Prüfwert mehrmals zu wiederholen. Die Anzeigen im Anzeige- und Fototeil müssen die unter Nr. 4.1 angegebenen Fehlergrenzen einhalten.

Werden bei dieser Prüfung Meßwerte festgestellt, die die Fehlergrenze nach Nr. 4.1 überschreiten, ist gegebenenfalls die Kalibrierung des Meßgerätes noch einmal zu überprüfen und neu einzustellen. Können die Abweichungen nicht beseitigt werden, so darf das Meßgerät nicht verwendet werden.

Tafel 1

Anzeige des Gerätes	Einzuspeisende Frequenz f bei einem Einstrahlwinkel β für eine Sendefrequenz von			
	$\beta = 22^\circ$ 9410 MHz f in Hz	$\beta = 20^\circ$ 13450 MHz f in Hz	$\beta = 20$ 24125 MHz f in Hz	$\beta = 22^\circ$ 34300 MHz f in Hz
in km/h				
30	485	702	1260	1767
41	663	959	1722	2414
52	840	1217	2183	3062
63	1018	1474	2645	3710
74	1196	1732	3107	4358
85	1374	1989	3569	5006
96	1551	2246	4031	5653
107	1729	2504	4493	6301
118	1907	2761	4955	6949
129	2085	3019	5417	7597
141	2279	3299	5921	8303
152	2456	3557	6382	8951
163	2634	3814	6844	9599
174	2812	4072	7306	10247
185	2990	4329	7768	10895
196	3167	4586	8230	11542
200	3232	4680	8398	11778

Hierbei ist zu beachten, daß bei mikroprozessorgesteuerten Geräten u.U. eine Korrektur der Meßwerte dahingehend vorgenommen wird, systematische Fehler zu beseitigen, die durch unterschiedliche Meßrichtungen (ablaufender, anlaufender Verkehr) entstehen können.

Da die Messung normalerweise vor der Strahlmitte erfolgt, gibt es bei der Messung des ablaufenden Verkehrs, die unter einem etwas größeren Winkel vorgenommen wird, einen vorwiegend negativen Fehler; bei der Messung des anlaufenden Verkehrs, die unter einem etwas kleineren Winkel vorgenommen wird, einen vorwiegend positiven Fehler. Diese Korrektur kann bei etwa 1 % des gemessenen Wertes liegen (Bild 6).

Bei der meßtechnischen Prüfung wären dann die in der Tafel 1 angegebenen Frequenzen bei Simulation des ablaufenden Verkehrs um + 1% und bei Simulation des anlaufenden Verkehrs um - 1% zu korrigieren. Ob und in welcher

Höhe eine Korrektur vorzunehmen ist, muß der jeweiligen Betriebsanleitung oder dem Zulassungsschreiben entnommen werden.

6.2.4 Prüfung des Fototeils

Die Prüfung des Fototeils wird gleichzeitig mit der Prüfung des Anzeigeteils durchgeführt. Dabei kann die Anzeige des Fototeils zusammen mit der Anzeige des Anzeigeteils abgelesen werden. Ist dies aus konstruktiven Gründen nicht möglich, weil z.B. die Anzeige im Fototeil nur kurzfristig sichtbar ist oder weil sie nicht zugänglich ist, so muß ein Film eingelegt und durch Auslösen der Kamera belichtet werden. Dabei ist darauf zu achten, daß der Grenzwertschalter für die Fotoauslösung so eingestellt ist, daß auch der niedrigste Meßwert registriert wird. Der so belichtete Film wird entwickelt und ausgewertet. Die in Nr. 3.1 genannten Fehlergrenzen sind einzuhalten. Bei Skalananzeigen wird auf die in Nr. 5.2 angedeutete Fehlermöglichkeit bei geöffnetem Gerät besonders hingewiesen.

6.2.5 Prüfung der Ansprechreichweite

Die Ansprechreichweite ist in zwei oder drei Stufen veränderbar, um die Reichweite des Meßgeräts an unterschiedliche Fahrbahnbreiten anzupassen. Beim Einsatz auf dreispurigen Autobahnen sollte in der Regel in der höchsten Empfindlichkeit gemessen werden.

Bei der Prüfung der Ansprechreichweite wird – im Gegensatz zu den Prüfungen nach Nr. 6.2.1 – die gesamte Meßanlage überprüft. Diese Prüfung wird mit Hilfe eines rotierenden Reflexgebers (Bild 14) durchgeführt. Dazu wird das Meßgerät mit Fototeil betriebsfertig aufgebaut. Die Antenne befindet sich auf einem Stativ etwa 1 m über dem Erdboden und strahlt unbehindert entlang einer Meßschnur mit Entfernungsmarkierungen. Besitzt das Meßgerät einen Reichweitenschalter, so wird die größte Reichweite eingestellt.

Der Grenzwertschalter für die Fotoauslösung wird so eingestellt, daß durch die mit dem Reflexgeber erzeugte Anzeige ein Foto ausgelöst werden kann.

Ist das Meßgerät betriebsbereit, kann mit der Messung begonnen werden. In etwa 8 m Entfernung beginnend wird mit dem Reflexgeber im Strahlungskegel ein Punkt gesucht, an dem das Meßgerät anspricht. Anschließend wird der Reflexgeber aus dem Strahlungskegel bewegt. Als Ansprechen wird auch der Versuch gewertet, einen Meßvorgang auszulösen (Signallampe leuchtet auf). Die Entfernung zur Antenne wird solange vergrößert, bis keine Auslösung mehr durch den Reflexgeber möglich ist.

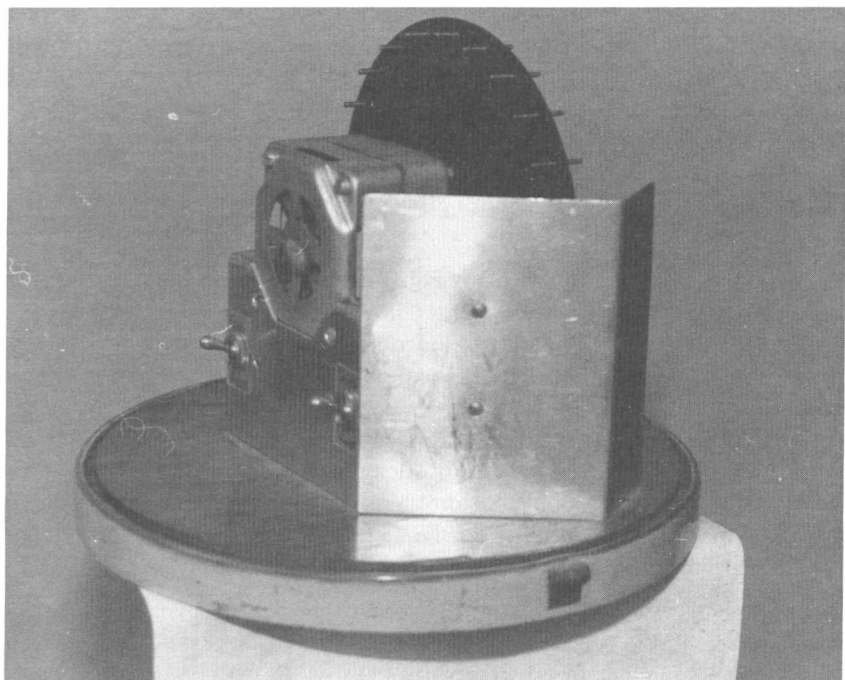


Bild 14: Rotierender Reflexgeber mit entfernter Schutzhaube

Der Vorgang wird in den anderen Reichweitenstellungen wiederholt.

Folgende Reichweiten sollten bei den einzelnen Schalterstellungen erreicht werden.

Bei zwei Schalterstellungen

Stellung I	5 m bis 10 m
------------	--------------

Stellung II	10 m bis 18 m
-------------	---------------

Bei drei Schalterstellungen

Stellung I (nah)	3 m bis 6 m
------------------	-------------

Stellung II (mittel)	4 m bis 8 m
----------------------	-------------

Stellung III (fern)	8 m bis 18 m
---------------------	--------------

Werden die unteren Grenzwerte unterschritten, so deutet es darauf hin, daß der HF-Oszillator nicht mehr die vorgesehene Leistung abgibt. Es besteht dann die Möglichkeit, daß vorbeifahrende Fahrzeuge von dem Meßgerät nicht erfaßt werden. Bei einer deutlichen Überschreitung der oberen Grenzwerte besteht die Möglichkeit der Frühauslösung und einer erhöhten Störanfälligkeit. Eventuell auftretende Störimpulse können zu einer Annullierung des Meßergebnisses führen. Die Empfindlichkeit des Meßgerätes sollte dann neu eingestellt werden.

Für Geräte mit einer Sendefrequenz von 34,3 GHz ist eine indirekte Art der Prüfung der Ansprechreichweite vorgesehen. Hierbei werden die Radarsonde (Antenne) und die Steuereinheit gesondert geprüft. Das maximal vom Reflexgeber (Bild 15) erzeugte und gegebenenfalls korrigierte Signal darf am Ausgang der Antenne nicht mehr als 1,5 V betragen. Da die einzelnen Reflexgeber ein unterschiedliches Rückstrahlvermögen besitzen, wird bei der Prüfung der Reflexgeber durch die PTB ein Reflexionsfaktor festgelegt und im Prüfungsschein angegeben, mit dem die gemessenen Werte zu multiplizieren sind. Dadurch wird gewährleistet, daß die unterschiedlichen Reflexgeber zum gleichen meßtechnischen Ergebnis führen.

Zur Prüfung der Eingangsempfindlichkeit der Steuereinheit wird die Antenne soweit verdreht, bis bei der eingestellten Empfindlichkeitsstufe gerade noch eine Messung durch den Reflexgeber ausgelöst wird. Bei dieser Prüfung sollten in den einzelnen Empfindlichkeitsstufen die nachfolgend angegebenen und am Kabeladapter gemessenen Spannungswerte nicht unterschritten werden.

Empfindlichkeitsstufe	nah	90 mV	(130 mV)
	mittel	40 mV	(60 mV)
	fern	30 mV	(40 mV)

Die üblicherweise vorkommenden Ansprechpegel bewegen sich etwa 30 % oberhalb der genannten Pegel (Klammerwerte). Die ermittelten Spannungswerte sind unabhängig vom Reflexionsvermögen des Reflexgebers. Sie sind daher nicht mit dem Reflexionsfaktor zu multiplizieren. Unter Umständen ergeben sich unterschiedliche Meßwerte der Empfindlichkeit, je nach dem, ob man sich rechts oder links von der Strahlmitte befindet. Die angegebenen Grenzwerte sollten jedoch auf keinen Fall unterschritten werden.

Wesentlich höhere Werte sind für die richtige Meßwertbildung unschädlich. Sie führen eventuell zu einer größeren Zahl nicht gemessener Fahrzeuge. Das Gerät sollte dann einer Reparaturstelle zugeführt werden.

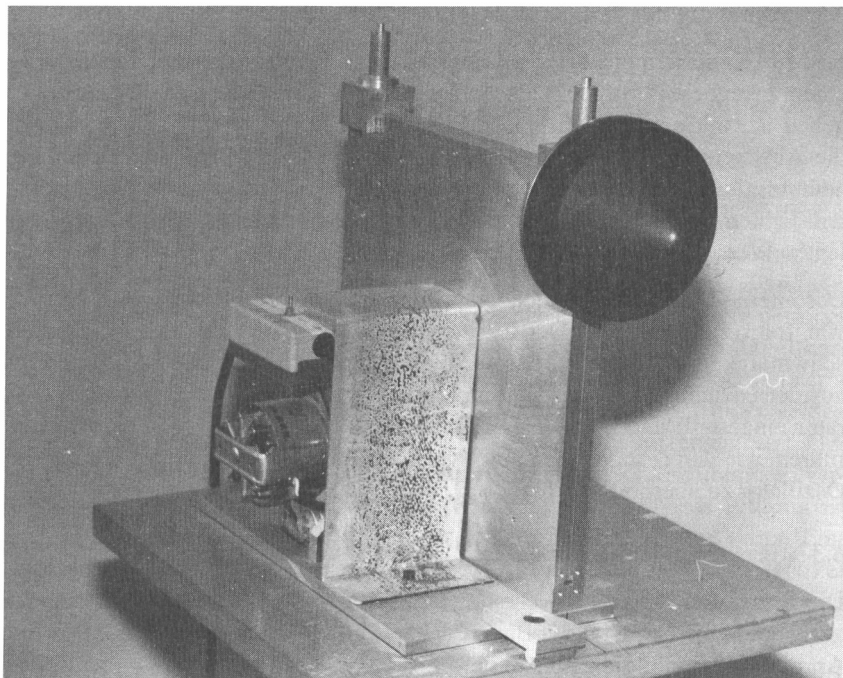


Bild 15: Rotierender Reflexgeber für 34 GHz mit Empfangsantenne. Dieser Reflexgeber kann auch mit einem Frequenzmesser ausgestattet werden.

6.2.6 Prüfung der Gegenverkehrsausblendung

Die Gegenverkehrsausblendung wird durch Ändern der Drehrichtung des Reflexgebers überprüft. Um zu vermeiden, daß über eine Umwegreflexion, die an der den Reflexgeber bedienenden Person entstehen kann, eine falsche Bewegungsrichtung erkannt wird, soll die Prüfung nicht in der empfindlichsten Einstellung vorgenommen werden. Das Meßgerät darf auf die 'falsche' Drehbewegung des Reflexgebers nicht reagieren. Besitzt das zu prüfende Meßgerät eine Umschaltvorrichtung zur Wahl der Meßrichtung, so darf eine Auslösung erst nach der Umschaltung auf die andere Meßrichtung möglich sein.

6.2.7 Prüfung der Frequenz des internen Oszillators

Der zur Kalibrierung oder Funktionsprüfung eingebaute Oszillator kann an einem geeigneten Prüfpunkt, der in der jeweiligen Bedienungsanleitung angegeben ist, mit einem elektronischen Zähler überprüft werden. Dabei sollten die Abweichungen vom vorgegebenen Wert die in der Bedienungsanleitung oder im Zulassungsschreiben angegebenen Fehlergrenzen nicht überschreiten. Fehlen solche Angaben, dann gilt als Fehlergrenze $\pm 0,2 \%$ vom festgelegten Wert.

Der interne Oszillator kann jedoch auch indirekt überprüft werden. Hierzu ist wie folgt zu verfahren. Der Test wird ausgelöst und der angezeigte Geschwindigkeitswert notiert. Die für diesen Wert erforderliche Frequenz wird aus der Gleichung (3) errechnet und an einem externen Niederfrequenzgenerator eingestellt und in das Gerät eingespeist. Sie muß zur gleichen Anzeige führen, wie der Test. Werden abweichende Ergebnisse erreicht, ist der interne Oszillator zu überprüfen.

6.3 Prüfung der Sicherheitsschaltungen

Die hier aufgeführten Sicherheitsschaltungen sind nicht in jedem Meßgerät vorhanden. Sie sind von der Bauart des jeweiligen Meßgerätes sowie von der Art der Meßwertbildung abhängig.

Bei analog arbeitenden Geräten findet man:

- Schaltungen zur Überwachung der Dopplerfrequenz auf Gleichmäßigkeit (Diskriminatorschaltung)
- Prüfschaltungen, die eine Meßwertüberwachung während der Durchfahrt des Fahrzeuges durch die Strahlungskeule durchführen (Differenzverstärker).

Bei digital arbeitenden Geräten sind vorhanden:

- eine Schaltung zum Auffüllen von Impulslücken (Hilfsoszillator).
- interne Prüfroutinen, die die Rechenkette, die Anzeige und die Datenübertragung überwachen.

Diese Prüfroutinen sind vorwiegend in mikroprozessorgesteuerten Meßgeräten anzutreffen und lassen sich nur unter erhöhtem meßtechnischen Aufwand überprüfen. Sie werden nur bei der Bauartprüfung untersucht.

Hier sind die in der technischen Beschreibung, der Bedienungsanleitung und eventuell in der Anlage zum Zulassungsschein angegebenen Hinweise zu beachten.

6.3.1 Prüfung der Diskriminatorschaltung

Diese Prüfung kann auf einfache Weise an dem betriebsmäßig aufgestellten Gerät durchgeführt werden. Sie wird daher zweckmäßigerweise im Anschluß an die unter Nr. 6.2.5 beschriebene Prüfung der Ansprechreichweite durchgeführt. Zur Prüfung der Wirksamkeit der Diskriminatorschaltung wird das Meßgerät auf die größtmögliche Reichweite eingestellt. Durch ein in geringer Entfernung (etwa 30 cm) vor der Antenne geschütteltes Schlüsselbund darf kein Meßvorgang ausgelöst werden. Das Schlüsselbund liefert dabei ein frequenz und amplitudenmoduliertes Signal. Der Diskriminator findet keinen gleichmäßig ausgeprägten Signalabschnitt. Eventuelle Anzeigen von Geschwindigkeiten müssen nach der Entfernung des Schlüsselbundes verschwinden. Es darf keine Meßwertspeicherung eintreten. Diese Prüfung ist mehrmals zu wiederholen. Will man die Diskriminatorschaltung durch Einspeisen von Niederfrequenzsignalen prüfen, so müssen in den Vorverstärker gleichzeitig mit etwa gleicher Amplitude verschiedene Frequenzen eingegeben werden. Hierbei ist auf die Phasenlage und auf die Amplitude des Signals zu achten.

6.3.2 Prüfung des Differenzverstärkers

Die Prüfung des Differenzverstärkers kann am besten im Anschluß an die Prüfung des Auswerteteils (Nr. 6.2.3) durchgeführt werden. Dazu muß das Fototeil betriebsfähig angeschlossen sein, da das Ausgangssignal des Differenzverstärkers gleichzeitig als Auslösesignal für die Kamera benutzt wird. Die Prüfung wird an drei bis fünf Meßpunkten (je nach Größe des Meßbereiches), die über den gesamten Meßbereich verteilt sein müssen, durchgeführt. Hierzu wird die einer Geschwindigkeit entsprechende Frequenz z.B. 700 Hz am Niederfrequenzgenerator eingestellt und unter Anhebung der Signalspannung in den Vorverstärker eingegeben. Nach der Auslösung des Meßwertes darf die Signalspannung nicht mehr verändert werden. Danach wird die Frequenz langsam solange erhöht, bis der Differenzverstärker ein Signal gibt und die Kamera ausgelöst wird. Die bei dieser Auslösung vorhandene Frequenz wird notiert. Zur nächsten Messung wird wieder der Wert von 700 Hz eingestellt und eingegeben. Jetzt wird die Frequenz solange verringert, bis die Aus-

lösung der Kamera erfolgt. Diese Frequenz wird ebenfalls notiert. Bei den anderen für diese Messung vorgesehenen Meßpunkten wird ebenso verfahren.

Für ein Meßgerät mit einem Meßbereich bis 200 km/h und einer Sendefrequenz von 9410 MHz können folgende Prüfpunkte gewählt gewählt werden (Tafel 2).

Tafel 2

Prüfpunkt		zulässige Abweichung	
v in km/h	f in Hz	positiv in Hz	negativ in Hz
43	700	+ 48	- 48
80	1300	+ 48	- 48
124	2000	+ 60	- 67
161	2600	+ 78	- 88
192	3100	+ 93	- 105

(Die in der Tafel 2 angegebenen Geschwindigkeiten v entsprechen nicht genau den nebenstehenden Frequenzen. Abweichungen in der Anzeige des Gerätes von ± 1 km/h sind daher unbedenklich)

Werden andere Prüfpunkte gewählt, so sind die zulässigen Abweichungen so festzulegen, daß die Verkehrsfehlergrenze in positiver Richtung eingehalten werden. In negativer Richtung kann eine Überschreitung der Verkehrsfehlergrenzen von 10 % bis 15 % noch toleriert werden.

6.3.3 Prüfung des Hilfsoszillators

Der Hilfsoszillator dient zum Auffüllen von Impulslücken, die bei starken Amplitudenschwankungen des Dopplersignals innerhalb der Meßzeit auftreten können (Bild 7). Zur Prüfung wird an geeigneter Stelle, z.B. hinter dem Vorverstärker, ein Niederfrequenzsignal eingespeist, das innerhalb der Meßzeit kurzfristig unterbrochen wird. Diese Unterbrechung kann auch mehrmals innerhalb der Meßzeit vorgenommen werden. Sie sollte aber insgesamt 10% der Meßzeit nicht überschreiten.

Der vom Gerät angezeigte Meßwert darf nur um maximal ± 1 km/h (1 Zähl-schritt) von dem Meßwert abweichen, der mit einem ungestörten Niederfrequenzsignal gebildet wurde.

6.4 Prüfung von Programmspeichern

Werden mikroprozessorgesteuerte Meßgeräte zur Prüfung vorgelegt, so können viele der vorstehend beschriebenen Prüfungen von Sicherheitsschaltungen entfallen, wenn der Ablauf der Meßwertüberprüfung durch das Programm gesteuert wird.

Bei der Bauartprüfung der Meßgeräte wird die Funktion der Sicherheitsschaltungen ausführlich untersucht. Die für den Ablauf erstellten Programme werden in Programmbausteinen niedergelegt und dürfen nicht mehr geändert werden. Die entsprechenden Bausteine werden in der PTB hinterlegt und ihr Inhalt wird bei jeder Erstprüfung eines Meßgerätes mit dem Inhalt der dort eingesetzten Bausteinen verglichen. Sind die Inhalte identisch, werden die neuen Programmbausteine durch die PTB mit einer Schiebemarke gekennzeichnet. Dadurch wird gewährleistet, daß das geprüfte Meßgerät hinsichtlich seines Funktionsablaufes, seiner Meßwertbildung und seiner Meßwertüberwachung mit dem geprüften Bauartmuster übereinstimmt.

6.5 Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen

Da die Einsatzorte der Verkehrsrädergeräte nicht vorhergesehen werden können, müssen bei der Bauartprüfung alle Geräteteile den Umwelteinflüssen ausgesetzt werden, die im späteren Betrieb zu erwarten sind. Dadurch soll gewährleistet werden, daß Verkehrsrädergeräte unter der Einwirkung der Umwelteinflüsse weder fehlerbehaftete Meßwerte noch falsche Zuordnungen eines Meßwerts zum Fahrzeug liefern. Die Einwirkung jedes einzelnen der nachfolgend genannten Umwelteinflüsse sowie deren Zusammenwirken darf nicht zu Fehlern führen, die die Fehlergrenze nach Nr. 4.1 überschreiten, d.h. jeder umweltbedingte Einzelfehler noch die Summe aller umweltbedingten Fehler muß innerhalb der Fehlergrenzen nach Nr. 4.1 liegen.

Die Prüfungen werden weitgehend in Übereinstimmung mit dem Dokument No. 11 „Generelle Anforderungen für elektronische Meßinstrumente“ der OIML durchgeführt.

6.5.1 Klimatische Einflüsse

- Einfluß der Temperatur

Bei der Lagerung müssen die Geräte Umgebungstemperaturen von - 25 °C bis + 70 °C schadlos widerstehen. Der Hersteller eines Meßgerätes muß angeben, in welchem Temperaturbereich sein Meßgerät einge-

setzt werden soll. In diesem Temperaturbereich werden dann die meßtechnischen Prüfungen durchgeführt.

- Einfluß der Feuchte

Ein Verkehrsraddargerät muß sowohl unter Betriebsbedingungen als auch bei der Lagerung unempfindlich gegen die relative Feuchtigkeit der Luft sein. Feuchtigkeitsniederschläge auf den Leiterplatten dürfen die Funktion des Gerätes nicht beeinflussen.

Bei der Prüfung werden die Teile der Anlage, die unter normalen Betriebsbedingungen den Einflüssen der Witterung unterliegen, mindestens eine Stunde der vom Hersteller festgelegten niedrigsten Temperatur ausgesetzt. Anschließend werden sie sofort in einen Raum mit einer Temperatur von + 20 °C und einer relativen Feuchte von etwa 80% gebracht. Nach einer Stunde werden sie eingeschaltet und müssen funktionssicher arbeiten.

- Einfluß von Spritzwasser und Staub

Alle Teile einer Meßanlage, die außerhalb von Fahrzeugen oder geschlossenen Räumen verwendet werden, müssen spritzwasserfest und staubgeschützt sein.

Zur Prüfung der Spritzwasserfestigkeit werden die Anlageteile von jeder Seite sowie von oben und unten (falls möglich) mit Wasser aus einem 10 Liter fassenden Eimer aus etwa 3 Meter Abstand begossen. Es darf bei dieser Prüfung kein Wasser in die begossenen Anlageteile eindringen.

6.5.2 Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)

Die Verkehrsraddargeräte werden vorwiegend in Polizeifahrzeugen installiert, in denen auch Funkgeräte betrieben werden. Dies ist Grund genug dafür, eine Prüfung auf Störfestigkeit gegen elektromagnetische Einflüsse durchzuführen. Wegen der geringen Sendeleistung der Radarantennen von etwa 20 mW und der vorwiegend diffusen Reflexion der Meßstrahlung an der Fahrzeugkarosserie kann man nur eine zurückgestrahlte Leistung von einigen µW erwarten. Dies hat zur Folge, daß dem Mischkopf der Antenne hochempfindliche Niederfrequenzverstärker nachgeschaltet werden müssen. Hier besteht eine gute Einwirkungsmöglichkeit für von außen eindringende elektromagnetische Störungen.

Bei Funkgeräten werden die Trägerfrequenzen mit Signalen moduliert, deren Frequenzbereich in den Bereich der Dopplerfrequenz bei Verkehrsraddargeräten fällt. Es ist daher leicht vorstellbar, daß eine einmal eingedrungene modulierte Störung nach der Demodulation an einem Halbleiter wie eine Dopplerfrequenz verarbeitet wird und schließlich zu einer Meßwertanzeige führen kann. Diese Beeinflussung kann man durch konsequente Abschirmung der Geräte sicher verhindern.

Die Prüfung auf EMV-Festigkeit wird in Anlehnung an die PTB-Prüfregel Band 17 „Störfestigkeit, Verfahren zur Prüfung des Einflusses elektromagnetischer Störgrößen auf Meßgeräte“ durchgeführt.

Zur Messung der elektromagnetischen Verträglichkeit wird das Verkehrsraddargerät in einem abgeschirmten und reflexionsarmen Raum (Bild 16) betriebsfähig aufgebaut und einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt.

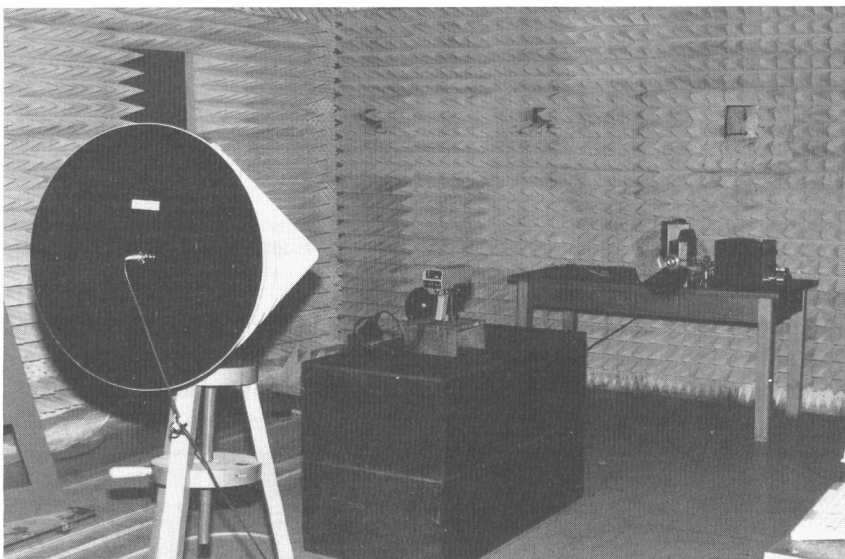


Bild 16: **Abgeschirmter Raum**

Dessen Daten sind:

- Amplitudenmodulation mit einem Modulationsgrad von 60%,
- Modulationsfrequenz abhängig von der zu prüfenden Bauart zwischen 1 kHz und 10 kHz,
- Feldstärke 10 V/m im Frequenzbereich von 0,1 bis 500 MHz, 1 V/m im Frequenzbereich von 0,5 bis 1 GHz.

Treten bei dieser Prüfung Meßfehler oder irgendwelche andere Störungen auf, so ist das Gerät gegen Störstrahlungen nicht ausreichend gesichert. Beeinflussungen wie z.B. Funktionsstörungen (das Gerät mißt nicht mehr) können notfalls hingenommen werden, wenn sie im Frequenzbereich nur vereinzelt auftreten. In jedem Fall muß angestrebt werden, daß unter der Einwirkung eines elektromagnetischen Feldes keine Veränderungen der Funktion oder der Meßsicherheit auftreten.

6.5.3 Elektrostatische Entladung

Die Verkehrsraddargeräte dürfen durch elektrostatische Entladungen nicht beeinflusst werden.

Diese Prüfung wird am betriebsbereiten Meßgerät vorgenommen. Sie kann mit einem Störspannungsgenerator durchgeführt werden. Hier sollte als Mindestwert gelten:

- elektrostatische Entladung von 6 kV mit 2 mJ Energie und einer Folgefrequenz von 1 Hz.

Wird kein Generator verwendet, so kann die Entladung eines Kondensators von 150 pF über einen Widerstand von 150 Ohm bei einer Ladespannung von 6 kV benutzt werden. Unter dem Einfluß der statischen Entladung dürfen keine falschen Meßwerte gebildet oder Fehlfunktionen erzeugt werden.

7 Betriebsmäßige Prüfung

Bei der betriebsmäßigen Prüfung wird der Meßwert des Verkehrsrادargeräts mit dem einer Normalmeßanlage für Geschwindigkeit verglichen. Eine Normalmeßanlage muß eine Meßunsicherheit besitzen, die geringer als das 0,3-fache der Fehlergrenze nach Nr. 4.2 ist und muß, soweit möglich, nach einem anderen Meßprinzip (Weg-Zeit-Messung) arbeiten und zuverlässige Meßwerte liefern.

Die betriebsmäßige Prüfung von Verkehrsrادargeräten ist grundsätzlich Bestandteil einer Bauartprüfung. Bei der Erst- oder Nacheichung ist sie dann durchzuführen, wenn eine bisher ungeprüfte Antenne oder eine nach mechanischer Beschädigung des Strahlers instandgesetzte Antenne vorgelegt wird und die Antennendaten aus apparativen Gründen nicht im Laboratorium gemessen werden können. Die Prüfung muß nach Möglichkeit das gesamte Spektrum der Fahrzeuge (PKW, LKW, Zweiräder) erfassen und ist für alle Meßarten - Aufstellung am Straßenrand und auf Brücken, Messungen des an- und ablaufenden Verkehrs - durchzuführen. Die Meßstelle muß so beschaffen sein, daß auch Geschwindigkeiten am oberen Ende des Meßbereichs gefahren werden können. Bei sorgfältiger Durchführung der betriebsmäßigen Prüfung läßt die Messung beider Verkehrsrichtungen Rückschlüsse auf die Halbwertsbreite der Antenne und die Lage der Strahlachse zu.

Die Meßanlage und das zu prüfende Gerät müssen so aufgestellt werden, daß die Messungen von beiden Geräten etwa am gleichen Ort durchgeführt

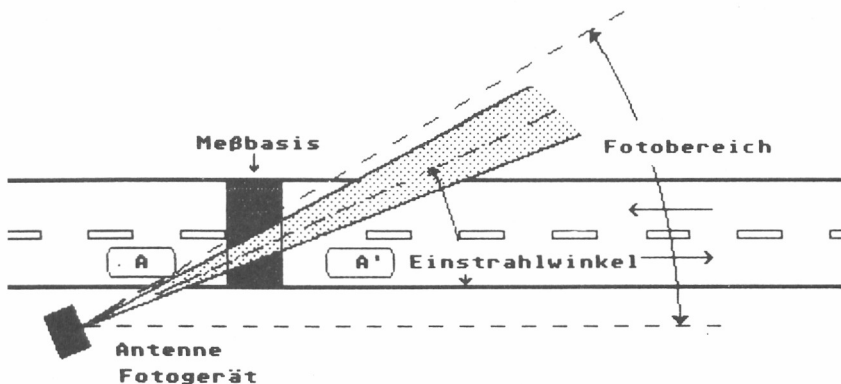


Bild 17: Meßaufbau bei der betriebsmäßigen Prüfung

werden, damit fahrbedingte Änderungen der Geschwindigkeit die Meßergebnisse nicht verfälschen (Bild 17). Bei der betriebsmäßigen Prüfung müssen die Fehlergrenzen nach Nr. 4.2 eingehalten werden.

Bestehen bei einer Messung Zweifel an der Zuordnung der Geschwindigkeit zum Fahrzeug, so darf sie nicht verwendet werden.

8 Geräte und Hilfsmittel für die Nachprüfung

Zur Nachprüfung der Verkehrsrادargeräte sind die nachstehend aufgeführten Prüfmittel erforderlich.

Für die Eichaufsichtsbehörden sind für die Eichung der Verkehrsrادargeräte für jede zugelassene Bauart spezielle Prüfrichtlinien herausgegeben, die die Modalitäten der durchzuführenden Prüfungen ausführlich beschreiben.

- 1) Reflexgeber für 9,4 GHz, 13,45 GHz und 24,125 GHz
- 2) Reflexgeber für 34,3 GHz
- 3) Niederfrequenzgenerator
- 4) Elektronischer Frequenzzähler
- 5) Voltmeter für Wechselspannung
- 6) Vorschaltgerät
- 7) Winkelmeßvorrichtung
- 8) Stromversorgung
- 9) Kabelsatz

8.1 Reflexgeber

8.1.1 Reflexgeber für 9,4 GHz, 13,4 GHz und 24,125 GHz

Zur Prüfung der Ansprechentfernung -Reichweite- der Geräte dient ein rotierender Reflexgeber (Bild 14). Er besteht aus einer 3 mm starken Pertinaxscheibe von etwa 18 cm Durchmesser, die an ihrem Rand mit senkrecht zur Scheibenebene stehenden Stiften beidseitig besetzt ist. Die Länge der Stifte sowie ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa eine halbe Wellenlänge. Der untere Teil der Scheibe ist durch ein Winkelblech abgedeckt. Die Drehfrequenz der Scheibe sollte 1500 min^{-1} nicht unterschreiten. Der Motor muß in seiner Drehrichtung umschaltbar sein.

8.1.2 Reflexgeber für 34,3 GHz

Der Reflexgeber besteht aus einer Antenne, die die aufgefangene Strahlung in ein Hohlleitersystem mit rotierenden Stiften leitet. Diese Stifte reflektieren die auftreffende Strahlung und versehen sie mit einer Bewegungsinformation (Dopplereffekt). An das Hohlleitersystem ist ein Topffrequenzmesser zur Be-

stimmung der Sendefrequenz angeschlossen (Bild 15). Zur Aufnahme der Sendeantenne ist eine Aufnahmevorrichtung mit einer Winkelverstellung in horizontaler und vertikaler Richtung vorhanden. Der Reflexgeber und die Aufnahmevorrichtung für die Antenne sind käuflich bei der Herstellerfirma des betreffenden Radargerätes zu erwerben. Der Visierbalken gehört in aller Regel zum Lieferumfang des Radargerätes.

8.2 Niederfrequenzgenerator

Als Niederfrequenzgenerator ist jedes handelsübliche Gerät geeignet, das sinusförmige Wechselspannungen im Frequenzbereich von 300 Hz bis 15 kHz erzeugt. Der Effektivwert der Ausgangsspannung muß im Bereich von 100 mV bis 1 V kontinuierlich einstellbar sein. Die Frequenzstabilität des Generators muß so gut sein, daß sich eine eingestellte Frequenz im Verlauf einer Messung um nicht mehr als 1 Hz ändert. Besitzt der Niederfrequenzgenerator eine digitale Frequenzeinstellung, so kann auf die Überprüfung der Frequenz verzichtet werden, wenn die abgegebene Frequenz vom eingestellten Wert um nicht mehr als 0,2 % abweicht.

8.3 Frequenzzähler

Der elektronische Frequenzzähler muß Frequenzen im Bereich von 300 Hz bis 15 kHz mit einer relativen Unsicherheit von weniger als 0,1 % messen können. Er dient zur Kontrolle der am Niederfrequenzgenerator eingestellten Frequenz sowie zur Messung der Frequenz des im Gerät eingebauten Oszillators.

8.4 Voltmeter für Wechselspannung

Hier genügt jedes Meßgerät, daß einen Dynamikbereich von 0 dB bis - 50 dB besitzt. Irgendwelche Anforderungen hinsichtlich der Genauigkeit des Meßgerätes bestehen nicht.

8.5 Vorschaltgerät

Das Gerät dient zur Erzeugung zweier um 90° in der Phase verschobener Signale aus einer Generatorfrequenz. Gleichzeitig soll es die Amplitude des einzuspeisenden Signals auf den höchstzulässigen Wert begrenzen. Das Vorschaltgerät wird bei der Einspeisung der simulierten Dopplerfrequenz in den Vorverstärker oder das Steuerteil des Radargerätes benötigt und an den Niederfrequenzgenerator angeschlossen.

8.6 Winkelmeßeinrichtung

Die Winkelmeßeinrichtung muß so eingerichtet sein, daß der Befestigungswinkel der Antenne zur Mittelachse des Fahrzeugs mit einer Unsicherheit von $0,25^\circ$ bestimmt werden kann. Da die Anbringungsmöglichkeiten am Fahrzeug recht vielfältig sind, muß die Winkelmeßeinrichtung so gebaut werden, daß sie sich an die verschiedenen Einbaumöglichkeiten leicht anpassen läßt. Eine mögliche Ausführung ist im Bild 9 dargestellt.

8.7 Stromversorgung

Als Stromversorgung kann ein regelbares Netzgerät verwendet werden, das bei einer maximalen Betriebsspannung von 15 V einen Strom von > 5 A liefern kann.

Steht ein solches Netzgerät nicht zur Verfügung, so kann alternativ ein Akkumulator (12 V 56 Ah) in Verbindung mit einem Schiebewiderstand von 10 Ohm und einer Strombelastbarkeit vom $I > 2$ A verwendet werden.

9 Fehlermöglichkeiten des Meßverfahrens

Es sollen nachfolgend die Fehlermöglichkeiten aufgeführt werden, die - nicht zuletzt aus Unkenntnis der Wirkungsweise - beim Einsatz der Verkehrsradargeräte gegeben sein können. Es soll dabei vorausgesetzt werden, daß die Geräte meßtechnisch einwandfrei arbeiten und gemäß der Bedienungsanleitung aufgestellt und angewendet werden. Dabei wird als selbstverständlich vorausgesetzt, daß sich zwischen Antenne und Meßobjekt kein reflektierender Gegenstand befindet, der die Strahlrichtung beeinflussen kann. Diese nachfolgend beschriebenen Fehlermöglichkeiten sind umso wahrscheinlicher, je größer die Sendeleistung der Antenne und je empfindlicher der Vorverstärker einer Meßanlage ist (Ansprechreichweite).

9.1 Zwei Fahrzeuge im Meßstrahl

Diese Fehlermöglichkeit kann immer dann auftreten, wenn auf mehrspurigen Fahrbahnen gemessen wird und wenn Überholvorgänge im Meßstrahl stattfinden. Bei der Bewertung dieser Fehlermöglichkeit muß jedoch beachtet werden, daß sich die verschiedenen im Meßstrahl befindlichen Fahrzeuge gegenseitig abschatten können und so in aller Regel das Fahrzeug gemessen wird, das der Antenne am nächsten ist. (Bild 18)

Neuere Verkehrsradargeräte besitzen jedoch Sicherheitsschaltungen, die eine solche Fehlermöglichkeit erkennen und ausschließen sollen. Wird die Dopp-

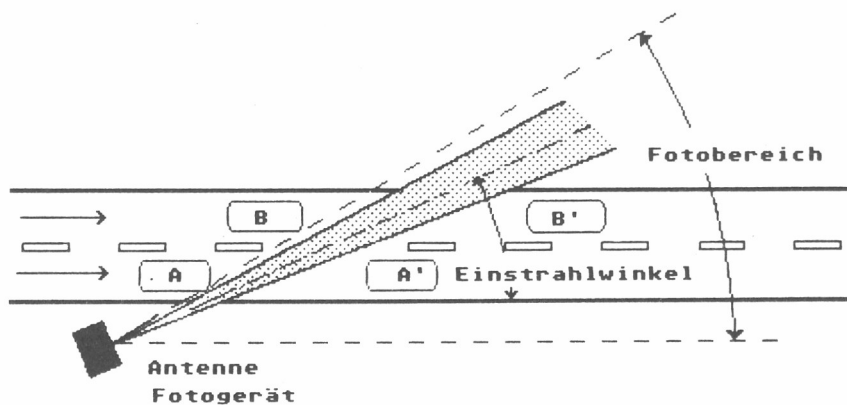


Bild 18: Zwei Fahrzeuge im Meßstrahl in gleicher Bewegungsrichtung
Fahrzeuge A und B bei der Einfahrt in den Meßstrahl
Fahrzeuge A' und B' im Augenblick der Registrierung

lerfrequenz von zwei unterschiedlich schnellen Fahrzeugen wechselseitig gebildet, so erkennt das Gerät die Anwesenheit von zwei Fahrzeugen, wenn ihre Geschwindigkeitsdifferenz größer als etwa 3% ist und verhindert dann eine fotografische Registrierung des Meßwertes. Ist die Geschwindigkeitsdifferenz kleiner als 3%, so wird die Messung ordnungsgemäß mit einem Foto beendet, wenn das letzte der an der Messung beteiligten Fahrzeug den Strahlungsbereich verläßt.

Beide Fahrzeuge können sich dann eventuell auf der Fotoposition befinden. Bei einer solchen Meßsituation kann es unter Umständen zu Fehlern in der Zuordnung des Meßwerts zum Fahrzeug kommen. Im Zweifelsfall kann der Meßwert dem Fahrzeug zugeordnet werden, das nach Augenschein das schnellere war. Aus der Position auf dem Foto läßt sich die Zuordnung nicht eindeutig feststellen. Notfalls kann eine fotogrammetrische Auswertung des Registrierfotos helfen.

Ist das zweite Fahrzeug im Meßstrahl ein Fahrzeug des Gegenverkehrs, so erkennt das Meßgerät, daß hier zusätzlich eine Dopplerfrequenz einer nicht überwachten Fahrspur vorliegt und wird die Messung abbrechen oder diese Signale ausblenden.

9.2 Knickstrahlreflexion

Bei einer Knickstrahlreflexion wird der Meßstrahl auf der gegenüberliegenden Straßenseite an einem parallel zur Fahrbahn verlaufenden Reflektor zurückgeworfen, so daß er ein zweites mal die Fahrbahn kreuzt (Bild 19). Der Reflektor kann beispielsweise ein Lastwagen oder ein engmaschiger Drahtzaun sein.

Fährt bei einer solchen Meßsituation ein Fahrzeug durch den Meßstrahl, so wird es eine Messung und Registrierung geben. Erreicht das Fahrzeug jetzt den reflektierten Meßstrahl, so wird es u.U. nochmals gemessen und registriert. Dabei können durchaus beide Meßwerte richtig sein.

Beindet sich nur das gemessene Fahrzeug im Bild, ist die Knickstrahlreflexion unbedeutend. Schwierig wird es für den Auswertenden aber dann, wenn mehrere Fahrzeuge auf dem Registrierbild sichtbar sind, da dann der Meßwert einem Fahrzeug nicht mit Sicherheit zugeordnet werden kann. Wird für die fotografische Registrierung ein Teleobjektiv verwendet, wird unter Umständen das im Knickstrahl befindliche Fahrzeug nicht im Bild sichtbar sein und somit auch nicht erkannt werden können (Bild 19, Fotobereich 2). Bei

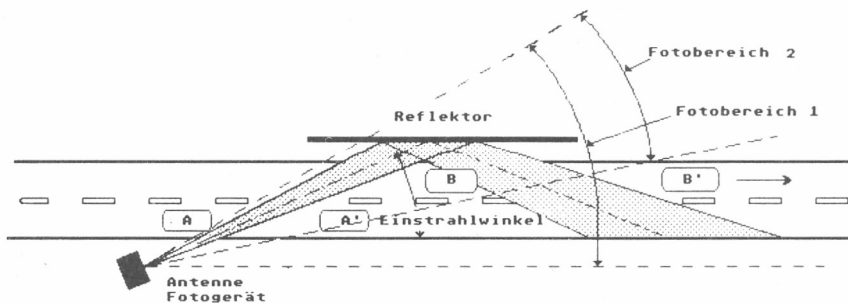


Bild 19: Reflexion des Meßstrahls an einem geeigneten Reflektor auf der anderen Straßenseite.
 Fahrzeug B fährt in den geknickten Meßstrahl ein und wird gemessen.
 Fahrzeug A' steht auf der Fotoposition.

der Beurteilung solcher Meßsituationen ist zu beachten, daß der Reflektor immer im Bild sichtbar ist und bei der Durchfahrt eines Fahrzeugs durch den Meßstrahl abgeschattet wird. Zur besseren Beurteilung der Verkehrssituation sollte man am Meßort einen Markierungspunkt für die Strahlmitte festlegen, der dann im Registrierfoto sichtbar ist. Einstrahlbereiche mit der Möglichkeit einer Knickstrahlausbildung müssen auf jeden Fall vermieden werden.

9.3 Doppelreflexion

Unter Doppelreflexion versteht man eine zweifache Frequenzverschiebung eines Meßstrahls in dieselbe Richtung, d.h. der Meßstrahl wird so an einem Fahrzeug reflektiert, daß er auf dem Umweg über einen feststehenden Reflektor das Fahrzeug in der gleichen Bewegungsrichtung erneut trifft, bevor er in die Antenne zurückgelangt (Bild 20). Die Wirkungsweise einer Doppelreflexion ist wie folgt zu erklären:

Die Meßstrahlung trifft auf ein Fahrzeug des anlaufenden Verkehrs, das an seiner Vorderfront gute Reflexionseigenschaften besitzt. Dieses reflektiert die auftreffende Strahlung spiegelsymmetrisch über die Straße. Dabei tritt eine Frequenzverschiebung ein, die der gefahrenen Geschwindigkeit entspricht. Diese frequenzverschobene Strahlung trifft auf der anderen Straßenseite auf einen quasi idealen Reflektor (Retroreflektor), der so beschaffen sein muß, daß er die Strahlung in die gleiche Richtung zurückwirft, aus der sie einfiel (Tripelspiegel). Auf dem Rückweg trifft die Meßstrahlung das Fahrzeug er-

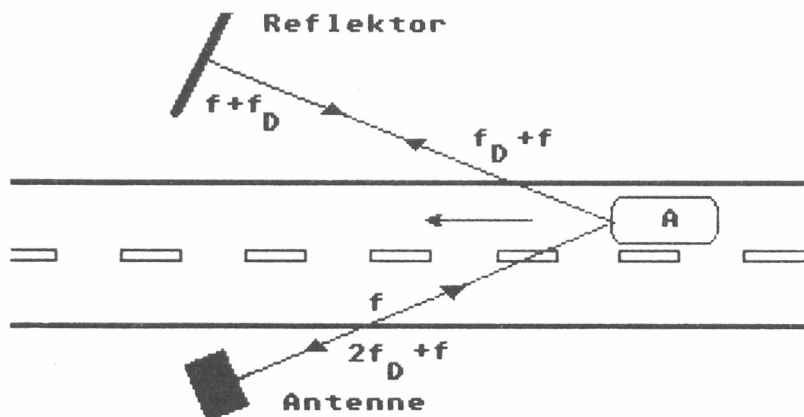


Bild 20: Doppelreflexion

neut in gleicher Bewegungsrichtung. Die Meßstrahlung wird ein zweites Mal in gleicher Weise in ihrer Frequenz verändert. Die in die Antenne zurückkehrende Strahlung hat also eine zweifache Frequenzverschiebung erfahren, was vom Meßgerät mit der Anzeige der doppelten Geschwindigkeit quittiert wird.

Ein solcher Reflektor ist meistens nicht im Registrierbild sichtbar. Daher läßt sich allein durch die Bildauswertung nicht erkennen, ob eine Doppelreflexion stattgefunden hat. Deshalb ist es erforderlich, bei der Aufstellung des Meßgerätes zu beachten, daß sich in der Nähe der Meßstelle kein Gegenstand befindet, der in der Lage ist, wie ein Tripelspiegel zu reflektieren und eine Doppelreflexion hervorzurufen. Ganz besondere Vorsicht ist bei der Auswahl des Meßortes geboten, wenn man wechselweise den anlaufenden und den ablaufenden Verkehr messen will. In der Praxis konnte beobachtet werden, daß bei Messungen unter oder in der Nähe von Brücken die Gefahr einer Doppelreflexion gegeben ist.

Die Gerätehersteller haben sich zunehmend bemüht, diesen Effekt schon bei der Auswertung der einfallenden Dopplersignale zu erkennen und bei der Meßwertbildung zu eliminieren oder im Zweifelsfall die Messung zu verwerfen.

9.4 Störung durch Funkanlagen im unteren Hochfrequenzbereich

Nicht leicht zu erkennen und zu beseitigen sind Störquellen, die von außen auf das Meßgerät einwirken, wobei unterschieden werden muß, ob die Störungen über die Empfangsantenne oder auf anderen Wegen in das Gerät gelangen. Will man ein Meßgerät gegen diese Störungen unempfindlich machen, so ist der sicherste Weg, das Eindringen äußerer Störungen in ein Gerät zu verhindern. Gelingt das nicht, so muß man versuchen, durch schaltungs-technische Maßnahmen bei der Auswertung der Dopplerfrequenz die Störung zu erkennen und ihre Wirkung zu beseitigen. Dies wird immer dann der Fall sein müssen, wenn eine solche Störung durch die Antenne einfällt.

Bei den hier in Betracht zu ziehenden Störmöglichkeiten soll vorwiegend die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern besprochen werden, die von Sendeanlagen im Frequenzbereich von 3 MHz bis 500 MHz erzeugt werden.

Bei Funkgeräten werden die Trägerfrequenzen mit Signalen moduliert, deren Frequenzbereich in den Dopplerfrequenzbereich der Verkehrsradergeräte fällt. Von daher ist es denkbar, daß derart modulierte Sendeanlagen ein Radergerät so beeinflussen können, daß es die Modulation als Dopplerfrequenz ansieht und daraus einen Meßwert bildet. Ein solcher Meßwert könnte entstehen und sogar registriert werden, ohne daß sich ein Fahrzeug in der Nähe aufhält. Dies wäre zwar unerwünscht, meßtechnisch aber nicht gefährlich, da sich auf dem Foto kein Fahrzeug befinden würde. Es ist aber auch denkbar, daß zu gleicher Zeit und im Augenblick der Messung sowohl ein Nutzsignal vom Fahrzeug als auch ein Störsignal von einem Funkgerät vorliegen. Das Meßgerät würde jetzt beide Signale je nach ihrer Amplitude wechselweise zur Meßwertbildung heranziehen und zu einem Meßwert gelangen, der von dem richtigen Wert nach oben oder unten abweichen kann. Ein solcher Meßfehler könnte dann leicht unentdeckt bleiben, wenn das Fahrzeug etwa auf der Fotoposition steht und der Meßwert nur wenig verfälscht ist.

9.4.1 Eindringen von Störungen

Bei dem hier angesprochenen Frequenzbereich von 3 MHz bis 500 MHz ist das Einwirken von Hochfrequenzenergie durch die Empfangsantenne des Radergerätes nicht zu erwarten. Experimentell nachgewiesen ist dagegen die Einkopplung von Hochfrequenzenergie in die als Antenne wirkenden Verbindungskabel, wenn sie eine $\lambda/4$ Antenne darstellen. Bei Frequenzen oberhalb von 300 MHz nimmt die Empfangsfähigkeit der Verbindungskabel ab und es bilden sich Resonanzstellen an Gehäuseschlitzten und Durchbrüchen aus,

wenn sie Abmessungen in der Größe von etwa $\lambda/2$ der Störstrahlung haben. Ist die Hochfrequenzenergie einmal in das Gerät eingedrungen, so kann sie an beliebigen Stellen der Schaltung wirksam werden.

9.4.2 Einfluß von Störungen

Je nach Modulationsart und Modulationsstärke sind unterschiedliche Fehlfunktionen zu beobachten. Dringt z.B. über ein nicht abgeschirmtes Verbindungskabel eine amplitudenmodulierte Hochfrequenz in das Meßgerät ein, so kann an einem im Gerät befindlichen Halbleiter eine Demodulation stattfinden. Geschieht dies am Anfang der Meßkette, dann kann die demodulierte Niederfrequenz wie eine Dopplerfrequenz die Auswerteschaltungen durchlaufen und eine Meßwertanzeige bewirken. Je stärker der Modulationsgrad ist, desto wahrscheinlicher ist eine Meßwertbildung. Die Gleichstromanteile des demodulierten Hochfrequenzsignals können an beliebiger Stelle der Schaltung an Verstärkern angreifen, ihre Arbeitspunkte verschieben und deren Verstärkungsgrad verändern bzw. sie ganz funktionsunfähig machen.

Frequenzmodulierte Störer wirken in aller Regel nur mit dem Gleichstromanteil des demodulierten Hochfrequenzsignals auf die Schaltungen ein, weil hier der Demodulationsvorgang wesentlich komplizierter verläuft.

9.4.3 Verhindern von Störungen

Will man erreichen, daß die Geräte nicht durch elektromagnetische Felder beeinflusst werde, so ist der sicherste Weg, das Eindringen der Hochfrequenzenergie in das Gerät zu verhindern. Dies kann durch möglichst vollständige Abschirmung erreicht werden. Dazu müssen die Gehäuse der Geräte aus Metall sein und dürfen keine Schlitzte oder Durchbrüche aufweisen, die in der Größe der halben Wellenlänge der Störstrahlung liegen.

Für den hier betrachteten Frequenzbereich dürfen am Gehäuse keine Schlitzte vorhanden sein, die länger als 30 cm sind. Besonders gefährlich sind Schlitzte, die an Stoßstellen des Gehäuses entstehen. Lassen sich Durchbrüche nicht vermeiden, so müssen sie durch Drahtgeflechte, leitende Gummidichtungen oder breite Metallüberlappungen abgedichtet werden. Alle Verbindungskabel sind hochfrequenzdicht abzuschirmen. Die Abschirmung darf keine Beschädigungen aufweisen und muß großflächig unter ständigem Kontaktdruck mit den Steckern verbunden sein. Wo eine Abschirmung der Kabel nicht möglich ist (z.B. bei der Zuführung des Batteriestromes), müssen die Zuleitungen über Hochfrequenzfilter geführt werden. Im Zweifelsfall können zusätzlich noch

besonders empfindliche Geräteteile wie z.B. der Vorverstärker zusätzlich abgeschirmt werden.

Bei der forensischen Beurteilung einer Radarmessung kann man davon ausgehen, daß die heute im Einsatz befindlichen Geräte durch konsequente Anwendung der Schirmung und Filterung so störsicher sind, daß eine Beeinflussung des Meßablaufs oder der Meßwertbildung durch hochfrequente Störer auszuschließen ist.

