

Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO

von

Ernst Pullwitt
Stephan Redmann

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 48

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M- Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 03.530:
Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr
und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 STVZO

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9307

ISBN 3-86509-143-1

Bergisch Gladbach, Juli 2004

Kurzfassung – Abstract

Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO

Motorisierte Zweiräder werden im Straßenverkehr häufig als zu laute Fahrzeuge wahrgenommen. Für die Feststellung solcher lauten Motorräder im Verkehr oder bei der regelmäßigen technischen Überprüfung im Rahmen der Hauptuntersuchung (HU) nach § 29 Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) soll der in den Fahrzeugpapieren eingetragene und bei der Typzulassung gemessene Standgeräuschpegel als Vergleichsgröße dienen.

Die Ausführungsbestimmungen für die Standgeräuschprüfung von Fahrzeugen im Verkehr sind 1975 mit einer Richtlinie erlassen worden. Sie befähigt die ausführenden Polizeibeamten jedoch nicht zu einer abschließenden Beurteilung. Dadurch ist die Ahndung einer Manipulation oder eines Defektes der Auspuffanlage durch den kontrollierenden Polizisten nur indirekt und zeitlich verzögert durch das Herbeiziehen eines Sachverständigen möglich.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beauftragt, für die Standgeräuschmessung an Motorrädern geeignete Geräte, Ausführungsanordnungen und Toleranzen zu bestimmen, um eine justitiable Standgeräuschmessung während einer Verkehrskontrolle zu ermöglichen.

Es wurden Grundlagenuntersuchungen zur Streuung der Messwerte beim Messverfahren und zur Streuung der Messgeräte durchgeführt. Standgeräuschmessungen an neuen Krädern dienen der Abschätzung der Serienstreuung. Durch weitere Standgeräuschmessungen an einer ausreichend großen Zahl Motorrädern, die per Zufallsstichprobe im Rahmen einer allgemeinen Verkehrskontrolle bestimmt wurden, wurde die Praktikabilität des Verfahrens untersucht und notwendige Fehlergrenzen ermittelt. Aus gleichem Grund wurden Standgeräuschmessungen an einer ausreichend großen Zahl Motorrädern durchgeführt, die zur periodischen HU nach § 29 StVZO an technischen Prüfstellen vorgeführt wurden.

Fachlich begleitet wurde die Untersuchung durch eine Beratergruppe, die sich aus Vertretern der Technischen Dienste (TÜV, DEKRA, KÜS), der Motorrad- und Messgerätehersteller, der Zweiradnutzer, dem Umweltbundesamt (UBA), der Polizei und der Ministerien für Umwelt und Verkehr zusammensetzte.

Die Untersuchungen ergaben, dass die Standgeräuschmessung an Motorrädern mit genügender Genauigkeit durchgeführt werden kann. Das gilt insbesondere für die Messgeräte, die in dieser Untersuchung erfolgreich auf ihre Eignung hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit unter realen Einsatzbedingungen erprobt wurden. Ausschlaggebend dafür war die bei diesen Geräten vorhandene Eigenschaft der rechnergesteuerten Schallpegelmessung, die nur dann erfolgte, wenn die Messdrehzahl mindestens zwei Sekunden in einem Bereich von $\pm 5\%$ zur Solldrehzahl gehalten wurde.

Durch die Standgeräuschmessung können auffällig laute motorisierte Zweiräder festgestellt werden. Allerdings lässt diese Messung, aufgrund der begrenzten Korrelation von Stand- und Fahrgeräusch, nur bedingt Rückschlüsse auf andere relevante Betriebszustände zu. Daher wäre es wünschenswert, eine Fahrgeräuschprüfung entsprechend der Richtlinie 97/24/EG im Rahmen von Verkehrskontrollen durchzuführen. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit scheint die vereinfachte Fahrgeräuschprüfung „light“ eine Möglichkeit zu bieten, in Kombination mit der Standgeräuschmessung, motorisierte Zweiräder im Rahmen von Verkehrskontrollen umfassender zu überprüfen. Durch diese Messung kann prinzipiell mit relativ geringem Aufwand neben dem Standgeräusch ein weiterer Betriebszustand des Fahrzeuges erfasst und somit die Aussagekraft der Prüfung erhöht werden. Die Geräuschmessung im Verkehr und bei der wiederkehrenden Fahrzeugüberwachung sollte vermehrt auch in internationalen Gremien diskutiert werden.

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sind in dem Entwurf einer Prüfanweisung berücksichtigt worden.

Measurement of the noise of stationary motorcycles in traffic and in the main test stipulated under § 29 Road Traffic Authorisation Ordinance (Strassenverkehrszulassungsordnung – StVZO)

Motorised two-wheelers are often perceived in traffic as excessively loud vehicles. It is intended that the level of noise produced when a motorcycle is stationary, which is entered in the vehicle documents and measured during the homologation process, should act as a reference when assessing such loud motorcycles in traffic or during the regular technical inspection carried out as part of the main test stipulated under § 29 Road Traffic Authorisation Ordinance (Strassenverkehrszulassungsordnung – StVZO).

The standard specifications for conducting the noise test of stationary vehicles in traffic were laid down in a regulation in 1975. This regulation does not, however, empower police officers conducting a check to make a final assessment. This means that a police officer carrying out a check is only able to punish a manipulation or a fault in the exhaust system indirectly and with a delay, namely by sending for an expert.

The Federal Ministry of Transport, Building and Housing (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – BMVBW) has commissioned the Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST) to ascertain suitable devices, specification regulations and tolerances for measuring noise produced by stationary motorcycles in order to enable a justiciable measurement of the noise produced by a stationary vehicle to be made during a traffic check.

Fundamental investigations were carried out into the mean variation of data recorded during the measuring process and into the mean variation of the measuring devices. Measurements of "stationary" noise produced by new motorised two-wheelers served to provide estimations of the mean variation of vehicles in series production. Further "stationary" noise measurements, which were carried out on a sufficiently large number of motorcycles chosen randomly during traffic checks, were used to investigate the practicability of the procedure and to lay down necessary error limits. With the same purpose in mind, "stationary" noise measurements were also carried out on a sufficiently large number of motorcycles under-

going the main test stipulated under § 29 StVZO which is conducted at technical testing agencies.

The investigation was given technical support by a group of advisors made up of representatives from the Technical Services (TÜV, DEKRA, KÜS), motorcycle manufacturers, manufacturers of the measuring devices, two-wheeler users, the Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt – UBA), the police and the environmental and transport ministries.

The investigations showed that sufficient accuracy can be achieved when measuring the noise of stationary motorcycles. This applies in particular to the measuring devices which were subjected to tests under real conditions during the investigation to ensure their suitability regarding accuracy and reproducibility. These devices were able to carry out computer-assisted measurements of the noise level, which was of decisive importance; this facility was only able to be used successfully if the engine revolutions of the vehicle being tested were kept at $\pm 5\%$ of the target rpm for at least two seconds.

The investigations showed that it was possible to ascertain whether motorised two-wheelers were conspicuously loud by measuring the noise of stationary vehicles. However, due to the limited correlation between the noise of stationary vehicles and the noise generated during travel, this measurement only permits limited conclusions to be drawn with regard to other relevant vehicle operating states. It would therefore be desirable to conduct a test of noise generated during travel in accordance with Directive 97/24/EC during traffic checks. Bearing in mind what is practicable without involving unreasonable expense or effort, combining the "stationary" noise measurement with the simplified "light" test of noise during travel would seem to constitute a method of conducting more extensive tests on motorised two-wheelers during traffic checks. The "light" method means that it is in principle possible to record a second operating state in addition to the "stationary" noise at relatively little expense, thus increasing the meaningfulness of the test. Noise measurements in traffic and during the regular vehicle inspections should be discussed to a greater extent, including in international bodies.

The findings and experiences gained in this project have been taken into account in the draft test instructions which were developed.

Inhalt

1	Einleitung und Aufgabenstellung	7	7	Prüfanweisung für die Durchführung einer Standgeräuschmessung	33
2	Die Standgeräuschmessung an motorisierten Zweirädern	8	7.1	Anwendungsbereich	34
2.1	Vorschrift zur Durchführung	8	7.2	Messsystem (Geräusch- und Drehzahl-Messgeräte	34
2.2	Anwendung der Vorschrift	9	7.3	Messbedingungen	34
2.3	Berücksichtigung von Toleranzen bei der gesetzlichen Anwendung	9	7.3.1	Zustand des Kraftrades	34
2.4	Verwendete und untersuchte Messgeräte	11	7.3.2	Prüfgelände	34
3	Einflüsse auf die Standgeräuschmessung im Nahfeld	14	7.3.3	Sonstiges	34
3.1	Messwertstreuung bei der Standgeräuschmessung im Nahfeld	14	7.4	Messmethode	34
3.2	Messwertabweichungen durch Serienstreuung, Alterung und den Einfluss verschiedener Prüfer	17	7.4.1	Art und Anzahl der Messungen	34
4	Durchgeführte Messkampagnen	20	7.4.2	Mikrofonstellungen	35
4.1	Messungen an Neufahrzeugen	20	7.4.3	Betriebsbedingungen	35
4.2	Messungen bei technischen Inspektionen (HU nach § 29 StVZO)	20	7.5	Ergebnisse (Protokoll)	35
4.3	Messung bei Polizeikontrollen	22	8	Zusammenfassung	36
4.4	Messung bei Biker-Treffs	25	9	Literatur	38
5	Korrelation von Fahr- und Standgeräuschpegel	26			
5.1	Auswertung von Emissions-Typprüfwerten und Standgeräuschmesswerten von neuen motorisierten Zweirädern	27			
5.2	Korrelation der Stand- und Fahrgeräuschmesswerte von im Verkehr befindlichen Fahrzeugen	28			
5.3	Korrelation der Stand- und Fahrgeräuschmesswerte von neuwertigen Fahrzeugen	30			
6	Die Fahrgeräuschprüfung von motorisierten Zweirädern	30			
6.1	Vergleich von aktuellen Messwerten nach 97/24/EG mit Typprüfwerten	31			
6.2	Die Fahrgeräuschmessung „light“	32			

Mitglieder des projektbegleitenden Beraterkreises „Standgeräuschmessung an motorisierten Zweirädern“

- Dr.-Ing. Dipl. Phys.
W. Bartolomaeus
Bundesanstalt für Straßenverkehr
Referat V3 Umweltschutz
51427 Bergisch Gladbach
- Dipl.-Ing. T. Braun
TÜV NORD Straßenverkehr GmbH
30519 Hannover
- OAR H. Braun
Bundesministerium für Verkehr,
Bau- und Wohnungswesen
53170 Bonn
- Dipl.-Ing. K. Burger
MAHA Maschinenbau/ASA
87940 Haldewang
- Dipl.-Ing. R. Eggers
TÜV NORD Straßenverkehr GmbH
30519 Hannover
- R. Frieling
Biker Union e. V.
60325 Frankfurt/Main
- Dipl.-Ing. C. Gatzweiler
Industrie-Verband Motorrad Deutschland e. V.
45329 Essen
- Dipl.-Ing. M. Henes
IVM/Suzuki
64625 Bensheim
- Dipl.-Ing. H. Hormel
BVDM e. V.
63486 Bruchköbel
- PHK G. Hoever
PP Köln BP/PSD/Verkehrsdienst
50968 Köln
- R. Hühnermann
Biker Union e. V.
60325 Frankfurt/Main
- Dipl.-Ing. W. Jung
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit Ref. IGI 7
53048 Bonn
- Dipl.-Ing. H. W. Kaumanns
Zentralverband Deutsches Kfz-Gewerbe
53129 Bonn
- Dipl.-Ing. F. Klemens
Bundesverband der Motorradfahrer e. V.
Carl-Zeiss-Straße 8
55129 Mainz
- Dipl.-Ing. R. Kuss
Bayerische Motoren Werke AG (BMW) VS-20,
Zentrale KD-Technik
80788 München
- PHK A. Lechner
Verkehrspolizeiinspektion Tübingen
72379 Hechingen
- Dipl.-Ing. O. Lichtenthäler
Kraftfahrzeug-Überwachungsorganisation
freiberufl. Kfz-Sachverständiger e. V.
66679 Losheim am See
- Dipl.-Ing. W. Nickel
Brüel & Kjær GmbH Zweigstelle Düsseldorf
40699 Erkrath-Hochdahl
- Dipl.-Ing. E. Pullwitt
Bundesanstalt für Straßenwesen
Referat F3 Fahrzeug/Fahrbahn
51427 Bergisch Gladbach
- Dipl.-Ing. H. Steven
RWTÜV Fahrzeug GmbH
52146 Würselen
- Dr.-Ing. R. Stenschke
Umweltbundesamt
14191 Berlin
- ORR C. Theis
Bundesministerium für Verkehr,
Bau- und Wohnungswesen
Referat S 34
53170 Bonn
- Dipl.-Ing. (FH) T. Ost
DEKRA Automobil GmbH Entwicklung
Prüftechnik (AP4)
70565 Stuttgart
- EPHK W. Thoma
VPI Kempten
87439 Kempten i. A.
- Dipl.-Ing. R. Tippkemper
Norsonic-Tippkemper GmbH
59302 Oelde-Stromberg
- Dipl.-Ing. Wild
Ministerium für Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg
70178 Stuttgart
- Dr. K. Taubenreuther
AVL DITEST GmbH
90766 Fürth

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Durch den motorisierten Straßenverkehr wird die Bevölkerung in Deutschland einer hohen Geräuschbelastung ausgesetzt. Gesetzliche Maßnahmen zur Begrenzung dieser Geräuschemission betreffen in erster Linie die Konstruktion und den Neubau von Fahrzeugen, Reifen und Straßen. Mit dem technischen Fortschritt sind auch die gesetzlichen Anforderungen, Vorschriften und Grenzwerte für die Geräuschemission, verschärft worden. Dieser Erfolg wird jedoch durch das steigende Verkehrsaufkommen und einzelne Störeinflüsse, z. B. infolge von Fz-Verschleiß oder Fehlverhalten von Fahrzeugführern, verringert. Besonders motorisierte Zweiräder werden im Straßenverkehr häufig als zu laute Fahrzeuge wahrgenommen. Die typischen Geräuschemissionen von Motorrädern werden durch Defekte oder Manipulationen am Ansaug- oder Auspuffschalldämpfer in Einzelfällen stark erhöht. Für die Feststellung solcher lauten Motorräder im Verkehr oder bei der regelmäßigen technischen Überprüfung im Rahmen der Hauptuntersuchung (HU) nach § 29 Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) soll der in den Fahrzeugpapieren eingetragene Standgeräuschpegel als Vergleichsgröße dienen.

In Deutschland werden die Geräuschentwicklung und die Beschaffenheit der Schalldämpferanlage von Kraftfahrzeugen durch den § 49 StVZO geregelt. In dem Kommentar [1] zu diesem Paragraphen wird auf die Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften hingewiesen, denen die Kraftfahrzeuge entsprechen müssen. Für motorisierte Zweiräder ist hier die Richtlinie 97/24/EG vom 17. Juni 1997 genannt, welche die Ausführung der Bauteile und Merkmale von zwei- und dreirädrigen Kraftfahrzeugen regelt. Diese Richtlinie ersetzt die bis dahin gültige Richtlinie 78/1015/EWG. In diesen Richtlinien sind zur Beurteilung der Geräuschemission eines neuen Kraftfahrzeugs im Rahmen der Typzulassung zwei Messungen vorgesehen: Die Messung des Geräuschpegels der „Beschleunigten Vorbeifahrt“, für die ein Grenzwert in der Richtlinie festgelegt ist, sowie der Standgeräuschpegel, der in die technische Beschreibung des Fahrzeuges Eingang findet.

Für den Standgeräuschpegel existiert kein Grenzwert, der bei der Typzulassung gemessene Wert wird in die Fahrzeugpapiere eingetragen, um bei einer Überprüfung von im Verkehr befindlichen

Fahrzeugen durch die Polizei oder einen technischen Dienst als Vergleichsgröße herangezogen zu werden.

Zur Verbesserung der Abgas- und Geräuschemissionen bei motorisierten Zweirädern wurde durch die „Umweltuntersuchung für motorisierte Zweiräder“ (AK-UU) des Bundesverkehrsministeriums die Einbeziehung dieser Merkmale in die technische Überwachung nach § 29 StVZO vorbereitet. Dazu soll bei auffälligen Motorrädern, nach einer subjektiven Beurteilung durch den Prüfer während der in der HU geforderten Probefahrt eine Standgeräuschmessung erfolgen.

Die Polizei benötigt für die Überprüfung auffälliger Motorräder im Verkehr ein robustes Messsystem, das einen geringen Platzbedarf hat, einfach anzuwenden ist und dabei justitiable Messwerte liefert.

Ausführungsbestimmungen für die Standgeräuschprüfung von Fahrzeugen im Verkehr sind 1975 mit einer Richtlinie erlassen worden¹. Sie befähigt die ausführenden Polizeibeamten jedoch nicht zu einer abschließenden Beurteilung. Dadurch ist die Ahndung einer strafwürdigen Manipulation oder eines Defektes der Auspuffanlage durch den kontrollierenden Polizist nur indirekt und zeitlich verzögert durch das Herbeiziehen eines Sachverständigen möglich.

Das BMVBW hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) beauftragt, für die Standgeräuschmessung an Motorrädern geeignete Geräte, Ausführungsbestimmungen und Toleranzen zu bestimmen, um eine justitiable Standgeräuschmessung während einer Verkehrskontrolle zu ermöglichen.

Die Ziele laut Vorgabe BMVBW waren:

- Grundlagenuntersuchung zur Streuung der Messwerte beim Messverfahren (Bedienerstreuung) und zur Streuung der Messgeräte.
- Durchführung von Standgeräuschmessungen an neuen Krädern zur Abschätzung der Serienstreuung.
- Durchführung von Standgeräuschmessungen an einer ausreichend großen Zahl Motorrädern, die per Zufallsstichprobe im Rahmen einer allgemeinen Verkehrskontrolle ausgesucht werden.

¹ Lt. Verkehrsblatt 1988, S. 718, wurden die Ausführungsbestimmungen z. zt. ausgesetzt.

- Durchführung von Standgeräuschmessungen an einer ausreichend großen Zahl Motorrädern, die zur periodischen HU nach § 29 StVZO an technischen Prüfstellen vorgeführt werden.

Nach Beendigung des o. g. Arbeitskreises „Umweltuntersuchung für motorisierte Zweiräder“ (AK-UU) im BMVBW und wegen des Interesses, das dieses Thema bei Motorradfahrern, Polizei, Herstellern und Technischen Diensten hervorruft, wurde auf Empfehlung des BMVBW ein Beraterkreis zur Begleitung des Projektes eingerichtet, der sich im Wesentlichen aus den Mitgliedern des AK-UU zusammensetzt.

Durch die intensive Mitarbeit dieses Beraterkreises ergaben sich zusätzliche Ziele, die zur Untersuchung folgender Fragen führte:

- Vor- und Nachteile der Fahrzeugbeurteilung durch die Standgeräuschmessung: Ist die Standgeräuschmessung geeignet, um auffällige (laute) motorisierte Zweiräder bestimmen zu können?
- Korrelieren die Standgeräuschmesswerte mit denen der Fahrgeräuschmessung?
- Kann die Standgeräuschmessung durch eine vereinfachte Fahrgeräuschmessung ersetzt werden?

2 Die Standgeräuschmessung an motorisierten Zweirädern

Seit dem 17.06.1999 müssen alle neu zugelassenen Typen motorisierter Zweiräder die Vorschriften der Richtlinie 97/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 1997 über bestimmte Bauteile und Merkmale von zweirädrigen oder dreirädrigen Kraftfahrzeugen erfüllen. Diese Richtlinie wurde auch im Rahmen dieser Untersuchung für Vorschriften und Grenzwerte angewendet.

Bei der Typzulassungsprüfung von motorisierten Zweirädern wird unter anderem die Geräuschemission kontrolliert. Dies geschieht durch die „Geräuschmessung bei der beschleunigten Vorbeifahrt“, bei der ein Grenzwert nicht überschritten werden darf. Der zulässige Grenzwert ist von der Fahrzeugart abhängig und beträgt zurzeit für ein Motorrad mit einem Hubraum $> 175 \text{ cm}^3$ 80 dB(A). Bei der beschleunigten Vorbeifahrt wird das Fahr-

zeug aus einer Geschwindigkeit von 50 km/h über eine Strecke von 20 m mit vollständig geöffneter Drosselklappe beschleunigt. Je nach Getriebeabstufung muss im 2. oder im 2. und 3. Gang beschleunigt werden.

Ergänzend zu der Fahrgeräuschprüfung ist in der o. g. Richtlinie eine Messung des Standgeräusches vorgeschrieben, deren Wert zur Kontrolle des Fahrzeuges im Verkehr Anwendung finden soll.

2.1 Vorschrift zur Durchführung

In der Richtlinie 97/24/EG sind für die Standgeräuschmessung folgende Vorgaben festgelegt, die hier in einer verkürzten Auflistung genannt sind:

- Es muss ein Präzisions-Schallpegelmessgerät (Klasse 1) verwendet werden.
- Als Prüfgelände darf jeder Platz verwendet werden, der keine nennenswerten akustischen Störungen bewirkt, ebener, harter Untergrund (Asphalt, Beton, kein festgestampfter Boden).
- In einem Umkreis von 3 m um den Umriss des Zweirades dürfen sich nur der Fahrer und eine weitere Person (Messbeobachter) befinden.
- Der Störgeräuschepegel muss mindestens 10 dB(A) unterhalb des zu messenden Geräuschpegels liegen.
- Das Mikrofon ist in Höhe der Auspuffmündung aufzustellen, in keinem Fall jedoch niedriger als 0,2 m über der Fahrbahnoberfläche.
- Die Mikrofonkapsel muss gegen die Ausströmöffnung der Abgase in einem Winkel von 45° und in einer Entfernung von 0,5 m gerichtet sein.
- Bei mehreren Auspuffmündungen, die einen Mittenabstand $\leq 0,3 \text{ m}$ aufweisen, ist das Mikrofon der Mündung zuzuordnen, die der Fahrzeuglängsachse am nächsten liegt und den größten Abstand zur Fahrbahnoberfläche aufweist.
- Ist der Abstand $> 0,3 \text{ m}$, so sind getrennte Messungen für jede Mündung durchzuführen – der höchste gemessene Wert ist das Messergebnis.
- Für die Messung muss das Fahrzeug die normale Betriebstemperatur aufweisen. Die Drehzahl ist auf einem der folgenden Werte konstant zu halten: halbe Nenndrehzahl – wenn

die Nenndrehzahl $> 5000 \text{ min}^{-1}$ ist, $3/4$ der Nenndrehzahl – wenn die Nenndrehzahl $\leq 5.000 \text{ min}^{-1}$ ist.

- Nach Erreichen der konstanten Drehzahl ist die Betätigungseinrichtung der Drosselklappe plötzlich in die Leerlaufstellung zurückzunehmen.
- Der Schallpegel während des gesamten Vorganges ist zu messen, der aus der kurzen Beibehaltung der konstanten Drehzahl und der gesamten Dauer der Motorverzögerung besteht. Der Messwert ist der maximale Anzeigewert.
- Zur Auswertung ist der Messwert auf den nächstliegenden Dezibelwert auf- oder abzurunden.
- Es sind nur Messwerte zu verwenden, deren Differenz bei drei unmittelbar aufeinander folgenden Messungen nicht größer als 2 dB(A) ist.
- Als Ergebnis gilt der höchste von drei gültigen Messwerten.

2.2 Anwendung der Vorschrift

Die in der Richtlinie 97/24/EG festgelegte Messprozedur ist in den meisten Punkten eindeutig und umsetzbar. Hier sollen bestehende Unklarheiten aufgezeigt und mögliche Ergänzungen vorgeschlagen werden. Diese Ergänzungen sind notwendig, weil ohne sie keine richtliniengerechte Messung ausgeführt werden kann. Die erkannten Schwächen des in der Richtlinie beschriebenen Messprinzips sollten vom BMVBW aufgegriffen werden.

Die Anweisung bezüglich der Ausrichtung der Mikrofonkapsel zur Auspuffmündung sollte präziser sein. Die in der Richtlinie erlaubte Winkelabweichung von $\pm 10^\circ$ und das Fehlen einer Abweichung von der Mikrofondistanz von 0,5 m führen zu unnötig großen Toleranzen bei einer Schallpegelmessung im Nahfeld. Für Messungen, die im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurden, wurde eine Lehre zur Positionierung des Mikrofons benutzt, die sowohl den Winkel als auch die Distanz berücksichtigte. Durch deren Anwendung kann die Winkeltoleranz auf $\pm 5^\circ$ und die Toleranz für das Längenmaß auf 0,05 m begrenzt werden.

Die fehlende Angabe eines Drehzahlbereichs macht die praktische Durchführung einer Standgeräuschemessung unmöglich. In der Regelung wird eine diskrete Drehzahl angegeben. Zum Bei-

spiel ergibt sich bei einer Nenndrehzahl von 7.600 min^{-1} eine Prüfdrehzahl von 3.800 min^{-1} . Diese Messbedingung ist bei einem Verbrennungsmotor nicht zu realisieren, insbesondere nicht bei einem Motor für ein Zweirad. Für eine anwendbare Prüfvorschrift muss hier unbedingt ein tolerierter Messbereich angegeben werden, es wird ein Toleranzbereich von $\pm 5 \%$ der Messdrehzahl vorgeschlagen, bei dem angeführten Beispiel ergäbe das, $3800 \text{ min}^{-1} \pm 190 \text{ min}^{-1}$.

Des Weiteren ist die Anweisung „... nach Erreichen der konstanten Drehzahl ist die Betätigungseinrichtung der Drosselklappe plötzlich in die Leerlaufstellung zurückzunehmen“ unbestimmt. Hier sollte eine Zeitdauer für das Halten der Drehzahl von mindestens einer Sekunde angegeben werden.

Es muss sichergestellt werden, dass die Messung des Standgeräuschpegels nur im vorgegebenen Drehzahlbereich erfolgt.

2.3 Berücksichtigung von Toleranzen bei der gesetzlichen Anwendung

Unter Kapitel 2.1 sind die Messbedingungen für die Standgeräuschemessung aufgeführt. Bei der praktischen Anwendung der Messvorschrift können diese Bedingungen nicht stets in gleichem Maß eingehalten werden und können dadurch das Messergebnis beeinflussen. Dies gilt besonders bei den unter Kapitel 2.2 aufgeführten Versuchsbedingungen, die in der Richtlinie nicht eindeutig definiert sind. Abweichungen zu dem Standgeräuschemesswert der Typzulassung sind auch durch die Produktionsstreuung zu erwarten. Ein weiterer wesentlicher Einfluss ist infolge des unterschiedlichen Gebrauchs der Fahrzeuge, durch Alterung und Wartung zu berücksichtigen. In Deutschland ist, wie oben erwähnt, nach der Richtlinie für die Messung des Standgeräuschs von Kfz im Nahfeld (BMV/StV 7-36.20.11 v. 16.12.1976, VkBl 1976 S. 27) zu verfahren. Unter Kapitel 6 der Richtlinie ist u. a. die Toleranz bei der Messung festgelegt. Danach darf der Messwert, bei einer Überprüfung des in den Fahrzeugpapieren eingetragenen Wertes, von diesem um bis zu 5 dB(A) abweichen. Im Wortlaut der Richtlinie: „Wegen der Toleranzen der Messgeräte, der Störeinflüsse bei der Messung und den Messwertstreuungen bei Fahrzeugen gleichen Typs ist mit einer Unsicherheit der Messergebnisse von 5 dB(A) zu rechnen, die beim Vergleich mit den entsprechenden Typprüfwerten zu

berücksichtigen ist.“ Damit folgt die Richtlinie den Empfehlungen, die BETZL 1974 [2] in seiner Veröffentlichung vorgeschlagen hat.

In der Richtlinie 97/24/EG sind keine Angaben zur Anwendung der Standgeräuschmessung gemacht, d. h., es sind keine Toleranzen angegeben. Indirekt könnte eine solche Toleranz aus den Vorschriften

für die Zulassung von Nicht-Originalauspuffanlagen abgeleitet werden, danach ist bei den Nicht-Originalauspuffanlagen u. a. eine Prüfung der Geräuschemission gefordert. Die Bewertung dieser Prüfung erlaubt, „... beim Standversuch den bei der Betriebserlaubnisprüfung des Kraftrades ermittelten und auf dem Herstellerschild angegebenen Wert um höchstens 3 dB(A) zu überschreiten“. Mit



Vorläufiges Datenblatt


KFZ Schallpegelmesser NOR-117

Eigenschaften:

- Berührungslose Drehzahlfassung
- Der Dynamikbereich von 80 dBA macht Meßbereichsänderungen überflüssig
- Gleichzeitige Messung von abgestrahltem Schall und Drehzahl
- Drehzahlmessung mit 2% Genauigkeit
- Handliches Gerät für den Feldeinsatz
- Messungen an Motoren mit beliebiger Anzahl Zylinder
- Messungen an 2- und 4-Taktmotoren
- Schallpegelmeßgerät entsprechend IEC 651, Klasse 1, und ANSI S 1.4-1983, Klasse 1
- Große hintergrundbeleuchtete LCD-Anzeige

Anwendungen:

- Messung des Standgeräusches von Straßenfahrzeugen entsprechend ISO 5130
- Allgemeine Schall- und Lärmessungen mit Klasse 1

PD 117 Ed.1. Rev.1. GERMAN 04.97



Bild 2.1: Datenblatt des Kfz-Schallpegelmessers NOR 117

diesen 3 dB(A) sind zwar ebenfalls alle Messeinflüsse und auch der Einfluss durch ein anderes Fahrzeug berücksichtigt, jedoch werden das Prüffahrzeug und auch die Messsituation optimiert und nicht vergleichbar sein mit einer Messung im Rahmen einer HU nach § 29 StVZO oder einer Messung im Rahmen einer polizeilichen Maßnahme.

Eine Neubewertung der Höhe der Toleranz zum Standgeräuschmesswert ist ebenfalls ein Ziel des Projektes.

2.4 Verwendete und untersuchte Messgeräte

Ausgehend von den Vorgaben in Kapitel 2.1 und den Folgerungen in Kapitel 2.2 war es aus Sicht der BAST notwendig, ein Messgerät einzusetzen, das die Geräuschmessung rechnergesteuert und im korrekten Drehzahlbereich vornimmt.

In einigen europäischen Staaten ist die Messung des Standgeräuschs im Rahmen der regelmäßigen technischen Kontrolle vorgeschrieben. Diese Vorschrift führte in Norwegen zu der Entwicklung eines Gerätes, das den Geräuschpegel unter Berücksichtigung der Drehzahl bestimmt. Dieses Gerät,

der KFZ-Schallpegelmessgerät NOR 117 (s. Bild 2.1), wird von der Fa. Norsonic angeboten. Für die Durchführung der Versuche im Rahmen dieses Projektes wurde dieses Gerät von der BAST eingesetzt.

Das NOR 117 ist ein komplettes Messsystem zur Bestimmung des Standgeräuschs bei Kraftfahrzeugen. Der Drehzahlmesser arbeitet mit einer Fehlergrenze von $\pm 3\%$. Der Schallpegelmessgerät erfüllt die Norm IEC 60651, Klasse 1. Der ebenfalls dem System zugehörige Kalibrator vom Typ 1251 erfüllt die Norm IEC 942, Klasse 1.

Der im Gerät eingebaute Rechner kann aus der Geräuschinformation, interaktiv mit dem Prüfer, die Drehzahl des zu prüfenden Fahrzeuges ermitteln, dabei wird die Höhe des Umgebungsgeräuschs berücksichtigt (mindestens 10 dB(A) geringer als der zu messende Pegel) und nach 3 gültigen Messungen der Maximalwert (L_{AFmax})² für den Geräuschpegel angezeigt und ggf. ausgedruckt (s. Bild 2.2). Eine Messung ist gültig, wenn die vorgegebene Drehzahl für 2 Sekunden innerhalb des To-

² Bezeichnung für den A-bewerteten maximalen Schallpegel, im Aufnahmemodus „fast“

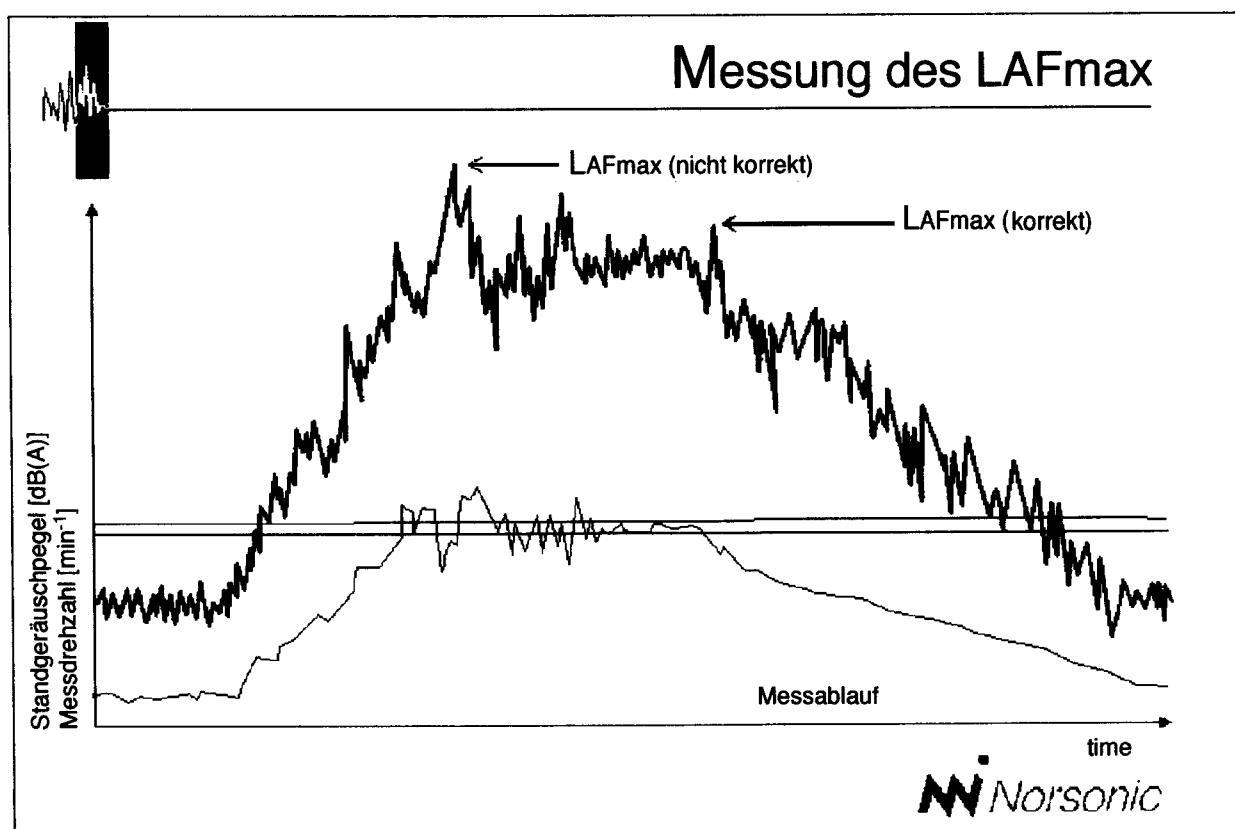


Bild 2.2: Darstellung des Geräuschmessprinzips des NOR 117. Gültige Messwerte für den Geräuschpegel werden nur dann gemessen, wenn die Drehzahl im vorgeschriebenen Bereich ist

leranzbereiches von $\pm 5\%$ gehalten werden kann. Die Messung und Bestimmung des Schallpegels erfolgt nach 2 s und wird fortgeführt, bis die Drehzahl auf 50 % der vorgegebenen Drehzahl gesunken ist bzw. bis die Messung nach einem Zeitraum von 5 s gestoppt wird.

Die Bestimmung der Drehzahl erfolgt mittels einer Cepstrum-Analyse des Geräuschsignals. Die Drehzahlinformation kann auch mittels eines externen Gerätes gemessen und über eine Schnittstelle in das Messsystem eingegeben werden.

Im Laufe der Messungen an ca. 120 unterschiedlichen motorisierten Zweirädern erreichte das Mess-

system NOR 117 bei der Drehzahlmessung eine Erfolgsquote von ca. 70 %. Bei den 30 % der Fahrzeuge, bei denen die Geräuschmessmethode nicht zur Bestimmung der Drehzahl führte, waren in der Mehrzahl der Fälle Zündaussetzer und unruhiger Motorlauf die Ursache. In einigen Fällen verhinderten auffällige Nebengeräusche, z. B. Rasseln der Trockenkupplung, eine erfolgreiche Drehzahlmessung. Da diese Erfolgsquote für die vorgesehene Anwendung zu gering ist, wurde nach anderen Möglichkeiten der Drehzahlerfassung bei motorisierten Zweirädern gesucht. Dabei wurden sowohl andere Komplettsysteme als auch Geräte, die nur die Drehzahl messen, in Betracht gezogen.

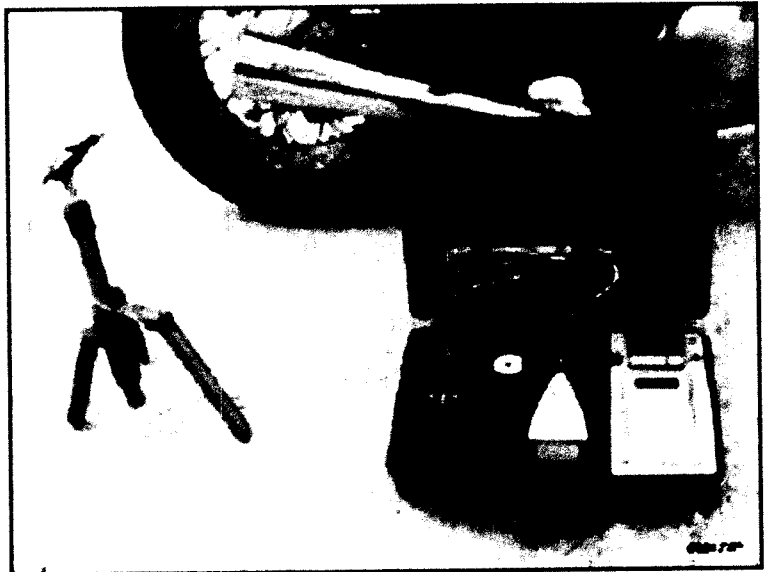
DATEN UND FAKTEN

Exhaust Noise Inspector -- Typ 3638 A und 3638 B

Exhaust Noise Inspector ist ein komplettes System für die automatische Messung des Standgeräusches von Kraftfahrzeugen bei gleichzeitiger Bestimmung der Drehzahl. Schallpegel und Motordrehzahl werden mit demselben Mikrofon gemessen.

Ein großes Display mit allen notwendigen Informationen und ein zusätzlicher Drehzahlindikator gestalten äußerst einfache und schnelle normgerechte Messungen.

Kfz-Abnahmestellen, örtliche Behörden und Polizeibedienstete werden die ergonomische Gestaltung des Systems zu schätzen wissen, das von einer Person bedient werden kann



ANWENDUNGEN

- Messung des Standgeräusches von Motorrädern, PKWs, LKWs und Mopeds

MERKMALE

- Schallpegelmesser Typ 2238, Klasse/Typ 1 nach IEC und ANSI, bauartgeprüft und eichfähig
- Bestimmung der Motordrehzahl durch Berechnung der Drehzahl aus dem akustischen Signal des Auspuffgeräusches
- Erlaubt die Prüfung von Fahrzeugen ohne jeden Eingriff – Motorhaube oder Abdeckung braucht nicht geöffnet zu werden
- Akustische Erkennung der Motordrehzahl von Zwei- und Viertakt-Motoren, Benzin und Diesel, von 1 bis 12 Zylindern
- Benötigt nur eine Bedienperson – Spezialrechner steuert die gesamte Mess-Sequenz. Alles in einem Koffer untergebracht.
- Intuitives Setupmenü für Messkonfiguration und Motortyp mit Hilfe von 4 Tasten
- Fernsteuerung des Schallpegelmessers für Setup, automatische Bereicheinstellung und Messungen
- Gleichzeitige Messung und Anzeige von Schallpegel und Motordrehzahl
- Rote und grüne Lampen geben die Information zur Betätigung des Gaspedals
- Automatische Triggerung der Messung, wenn die gewählte Drehzahl erreicht ist
- Automatische Verfahrensweise gemäß 70/157/EEC und ISO 5130
- Integrierter Drucker für Messberichte
- Optional externer elektromagnetischer Drehzahlmesser
- Sofortige Dokumentation der Ergebnisse

Bild 2.3: Product Data, Exhaust Noise Inspector – Types 3638 A und 3638 B

Bei der Anfrage nach möglichen Messsystemen wurde der ASA-Arbeitskreis Prüftechnik berücksichtigt³.

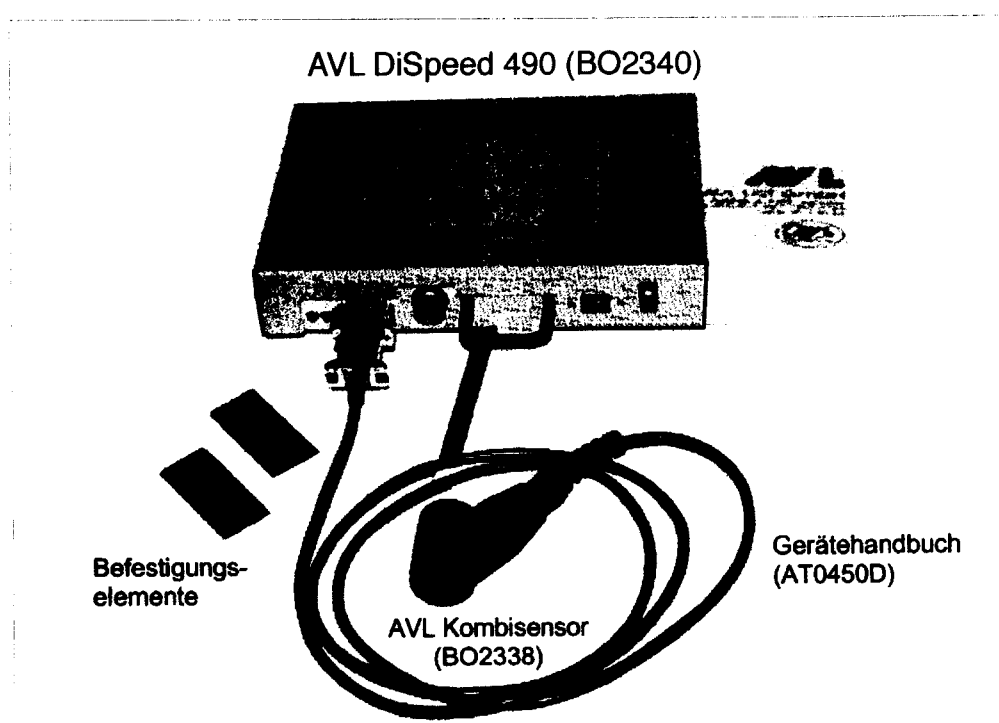
Ein Messsystem, das im Rahmen dieser Messungen untersucht wurde, war der „Exhaust Noise Inspector“ Types 3638A und B der Firma Brüel &

Kjær (s. Bild 2.3). Das Gerät arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie das NOR 117. Wird die Drehzahl über das Motorgeräusch ermittelt, ergibt sich eine

³ Ein Vertreter des Arbeitskreises nahm an den Beraterkreissitzungen teil.

Motor	4-Takt Diesel- und Benzinmotoren
Drehzahl	Dieselmotoren: 4006000 min ⁻¹ Benzinmotoren: 400...8000 min ⁻¹
Drehzahlbereich	Leerlauf 400 1200 min ⁻¹ Hohe Drehzahl: 1700...6000 min ⁻¹
Signaleingang	AVL Kombisensor für Körperschall und Luftschall
Signalausgang	Ladungssignal (Klemmgeber): Simulation e. Klemmgebersignals (1100 pC) Digitaler Impuls: 5 V TTL-kompatibel Induktiver Impuls: Simulation eines Zündungssignals für induktive Triggerzangen, ca. 150 mA Amplitude
Stromversorgung	12 V Gleichstrom, 350 mA Bei Anschluss an einen AVL -Abgastester wird das AVL DiSpeed 490 von diesem versorgt. Bei Fremdgeräten wird ein Steckernetzteil verwendet (Linearspannungsregler, kein getaktetes Netzteil).
Betriebstemperaturen	Auswerteeinheit: 0...+50° C, keine direkte Sonneneinstrahlung Sensorkabel: +0...+65° C (Magnetfuß: -20...125° C)
Schutzklasse	AVL DiSpeed 490: IP31 AVL Kombisensor: IP54
Konformität	89/336/EWG Richtlinie elektromagnetische Verträglichkeit erfüllt durch Einhaltung der Normen EN 50081-1 Fachgrundnorm Störaussendung 1992 EN 50082-1 Fachgrundnorm Störfestigkeit 1992

AVL DiSpeed 490 (BO2340)



The image shows the AVL DiSpeed 490 (BO2340) device, a rectangular black box with a silver front panel. It is connected to an AVL Kombisensor (BO2338) via a thick black cable. To the left of the device are two black rectangular mounting elements (Befestigungselemente). To the right is the device manual (Gerätehandbuch AT0450D). The device has several ports on its front panel, including a connector for the sensor cable and a power input.

Bild 2.4: AVL DiSpeed 490 – Technische Daten

vergleichbare Erfolgsquote wie bei dem NOR 117. Die Fa. Brüel & Kjær bietet optional zu dem Messsystem einen externen Drehzahlsensor auf elektromagnetischer Basis an, der die hochfrequenten Signale des Zündsystems detektiert und so die Drehzahl ermitteln kann. Man erhält also eine zusätzliche Möglichkeit der Drehzahlmessung. Jedoch wird die Erfolgsquote nicht wesentlich erhöht, weil unrunder Motorlauf und Zündaussetzer auch die Ermittlung der Drehzahl über das Zündsignal erschweren. Würde man die Drehzahlmessergebnisse der beiden genannten Systeme zusammenführen und so Informationslücken ergänzen, könnte u. U. der Messerfolg erhöht werden.

Für das Projektziel musste eine Messmethode gefunden werden, die, so die Projektzielvorgabe, mindestens mit einem 90%igen Erfolg die Drehzahl bestimmen kann. Neben anderen Systemen, die nach unterschiedlichen Methoden arbeiten (Restwelligkeit der Generatorspannung, Zündimpulszange u. a.) und keine höhere Erfolgsquote aufweisen als die o. g. Systeme, wurde auch ein Gerät der Fa. AVL List GmbH getestet, das AVL DiSpeed 490, in einer Version, die auf die Besonderheiten von Motoren für Zweiradfahrzeuge hin

Messgerät:	AVL DISPEED 490, Pkw-Version
Signalquelle:	Diesel-Pkw, 4 Zylinder.
Messpunkt:	Klopfsensor montiert auf Zylinderkopfschraube
Ausgabe:	über TTL-Signal des DISPEED490 (1 Marke pro Zyklus)
Referenz:	auf Kurbelwinkelbasis
Ergebnis:	
Drehzahlmessbereich:	> 400/min - 8000 /min
Genauigkeit:	
Stationär:	+/- 1.5 %; (bei n < 1.000/min +/- 15/min)
Hochdynamisch:	+/- 10 %
Refreshrate:	3 Hz
Reaktionszeit (Zeitverschiebung zwischen Anzeige und Referenzwert):	0.5 sec.
Fangzeit: (Zeit nach Wiedererreichen des quasistationären Zustands):	0.5 sec.
Fehlmessungsanzeige:	ja, durch LEDs.
Relevanz für DISPEED 490 Version 4.06 (2-Rad-Prototyp)	
Hardwareseitig identisch, softwareseitig wurden Anpassungen beim Anlernprozess durchgeführt, um schwankende Drehzahlensignale (instabiler Leerlauf) und hohe Leerlaufsignale (> 1.100/min) als plausible Werte zuzulassen. Diese Änderungen wirken sich nicht direkt auf die Reaktionszeit und die Messgenauigkeit aus. Schlechte Signalqualität kann jedoch zur Fehlmessung führen, angezeigt über die LEDs, wobei vor Erreichen des Zustands Fehlmessung kurzzeitig un plausible Werte zur Anzeige kommen können.	

Bild 2.5: Messgenauigkeit und Ansprechzeit des AVL DiSpeed 490

ausgelegt wurde (s. Bild 2.4). Das Messprinzip des AVL DiSpeed 490 basiert auf der Auswertung von zwei Messsignalen: dem Körperschallsignal des Motors und dem vom Motor abgestrahlten Luftschallsignal (s. Bild 2.5). Das System erfasst gleichzeitig beide Signale. Für die Drehzahlbestimmung wird automatisch das geeignetere Signal verwendet. Dieses Signal wird dann mittels eines speziellen Algorithmus ausgewertet und zu Drehzahlpulsen verarbeitet. Die Erfolgsquote für dieses System lag bei mehreren Messkampagnen mit mindestens 200 untersuchten Fahrzeugen deutlich über 95 %. Der Drehzahlsensor der Fa. AVL kann sowohl mit dem Messsystem der Fa. Norsonic als auch mit dem der Fa. Brüel & Kjær verbunden werden.

Eine Einschränkung der Messsicherheit ist bei Zweitaktmotoren zu erwarten. Bei diesen ist die Drehzahlbestimmung aufgrund des instabilen Leerlaufs problematisch. Weder mit den Geräten, die ausschließlich über Luftschall messen, noch mit dem AVL DiSpeed 490 konnte eine sichere Drehzahlbestimmung an Zweitaktmotoren durchgeführt werden.

3 Einflüsse auf die Standgeräuschmessung im Nahfeld

Bei der Durchführung der Standgeräuschmessung an Kraftfahrzeugen sind Messfehler durch die eingesetzten Messgeräte, die Anordnung derselben und durch Umgebungseinflüsse wie Temperatur, Wind, Störgeräusche u. a. möglich.

Für die Bewertung des Messergebnisses, d. h. für den Vergleich des gemessenen Standgeräuschpegels mit dem Pegel, der bei der Typzulassung gemessen wurde, müssen neben dem Messfehler weitere Einflüsse berücksichtigt werden. Dies sind Abweichungen, die z. B. durch Unterschiede infolge von Produktionsstreuung und Fahrzeugalterung auftreten.

3.1 Messwertstreuung bei der Standgeräuschmessung im Nahfeld

Die Fehler der Messgeräte zur Schallpegelmessung sind durch die Vorgabe zur Benutzung von Geräten der Klasse 1 auf eine Größe von < 1 dB(A) begrenzt.

Die Messfehler bei der Drehzahlerfassung ergeben sich durch den Gerätefehler, der nach der Richtlinie

maximal $\pm 3\%$ betragen darf, und die Ungenauigkeit bei der Einhaltung der geforderten Drehzahl. Das in dieser Untersuchung eingesetzte Gerät verlangt für die Pegelbestimmung, dass die Drehzahl in einem Bereich von $\pm 5\%$ gemessen wird, andernfalls wird keine Messung durchgeführt. Durch die verwendete Gerätekombination, die nur im gültigen Bereich misst, konnte der Fehler infolge der Drehzahlenvarianz, bei der Pegelbestimmung, reproduzierbar auf $\pm 5\%$ reduziert werden.

In einer Versuchsreihe wurde an 6 neuwertigen Motorrädern, die in einem guten Wartungszustand waren und eine geringe Kilometerleistung aufwiesen, mehrfach der Standgeräuschpegel bestimmt. Die Auswahl der Motorräder war zufällig und nicht repräsentativ.

Die Messungen wurden nicht hintereinander durchgeführt, sondern mit einer Pause von mindestens einer Stunde, um einen gleichartigen thermischen Motorenzustand voraussetzen zu können. Es ergaben sich die in Tabelle 3.1 dargestellten Ergebnisse.

An zweien der neuwertigen Motorrädern wurden Standgeräuschpegel gemessen, die den Pegel der Typzulassung überschritten. Die gemessenen Spannweiten der Geräuschpegel reichten von einem bis zu drei dB(A). In Anbetracht der geringen

Anzahl geprüfter Fahrzeuge sollte aus Gründen der erzielbaren Genauigkeit des Messvorganges ein Toleranzwert von $+3$ dB(A) zum gemessenen Typzulassungssollwert vorgesehen werden.

Die Auswirkungen auf den Geräuschpegel durch Drehzahlunterschiede von $\pm 5\%$ können bei verschiedenen Motoren unterschiedlich hoch sein. Weil im Rahmen dieser Untersuchung eine genauere Drehzahlmessung als die eingesetzte nicht verfügbar war, wurde versucht, den Einfluss durch zusätzliche Messungen im Grenzbereich der vorgegebenen Messdrehzahl zu ermitteln.

An vier Motorrädern wurden je drei verschiedene Messreihen mit unterschiedlichen Drehzahlen durchgeführt. Ausgehend von der vorgeschriebenen Messdrehzahl wurde eine Messreihe mit einer Drehzahl gemessen, die 5% niedriger war als die vorgeschriebene Drehzahl, sowie eine Messreihe, bei der die Drehzahl 5% höher war. Die Messergebnisse sind in Bild 3.1 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigten, dass durch ein Drehzahlfenster von $\pm 5\%$ ein Einfluss auf die Pegelhöhe gegeben ist. Ein Vergleich der an den Drehzahlfenstergrenzen ($+5$ und -5%) ermittelten Schallpegel zeigt als „worst case“ eine Spannweite von $2,3$ dB(A). Diese Spannweite liegt innerhalb der Spannweite der Wiederholungsmessungen, die in der BAST bzw. auch bereits durch BETZL [2] durchgeführt wurden. Daraus kann geschlossen werden, dass die Varianz der Drehzahl auf den Geräuschpegel eine Differenz von 3 dB(A) bewirkt, da während mehrerer Messungen auch im ungünstigsten Fall, nämlich in den Grenzbereichen von $+5\%$ und -5% , die Pegelvarianz nicht größer wird.

Untersuchungen durch BETZL und die BAST [3] zur Standgeräuschmessung im Nahfeld geben für die verschiedenen Einflüsse nahezu übereinstimmend die folgenden Messwertstreuungen an:

- Einfluss des Messwinkels: Bei der BAST wurden Messungen bei einer Winkelvariation von 35° - 55° durchgeführt. Dies entspricht der Maßtoleranz von $\pm 10^\circ$, die in der Richtlinie angegeben ist. Die gemessene Pegeldifferenz betrug maximal $0,5$ dB(A). BETZL variierte den Winkel um $\pm 15^\circ$ und maß eine Pegeldifferenz von $\pm 0,5$ dB(A).
- Einfluss des Mikrofonabstandes: Der Abstand ist mit $0,5$ m, ohne Angabe einer Toleranz, in der Richtlinie angegeben. Dieses Maß kann mit einfachen Mitteln genau genug eingehalten wer-

Marke Typ	Standgeräuschpegel [dB(A)]			
	Eintrag „SOLL“*	Anzahl der Mes- sungen	Messergebnisse	
			Durchschnitt aller Mess- ergebnisse	Spannweite der Einzel- ergebnisse
Suzuki (WVBU)	84	12	83,0	2 (82 bis 84)
Suzuki SV-650 (WVBY)	90	5	87,4	2 (86 bis 88)
Harley Davidson VR1	90	6	94,2	2 (93 bis 95)
Yamaha FJR 1300 (RP04)	92	6	90,2	1 (90 bis 91)
BMW K12	93	3	91,0	2 (90 bis 92)
Kawasaki ZX 900 E	93	6	93,8	3 (93 bis 96)

* SOLL-Wert = in den Fz-Papieren eingetragener Typmesswert

Tab. 3.1: Mehrfachmessungen an 6 Motorrädern zur Bestimmung der Wiederholgenauigkeit von Standgeräuschmessungen

den. Eine Abweichung von ± 5 cm wurde von BETZL untersucht, sie ergab Messfehler mit einer Spannweite von $\pm 0,5$ dB(A).

- Einfluss einer reflektierenden Wand in 3 m Entfernung: Die Messungen der BAST ergaben hier Pegelabweichungen von 0,7 dB(A). BETZL hat 1 dB(A) bei 0,9 m Abstand gemessen, wobei laut seinen Messungen bei einem größeren Abstand, 1,0 m - 4,0 m, keine eindeutigen Unterschiede gemessen wurden.
- Einfluss des Untergrundes: Bei Messungen auf nicht vorgeschriebenem Untergrund ergeben sich zum Teil erhebliche Abweichungen. BETZL gibt die Pegelabweichung bei nassem Untergrund mit + 0,5 dB(A) und die Messung auf Grasboden mit - 1,4 dB(A) an. Messungen der BAST bestätigen diese Unterschiede. Nicht harte oder nasse und schneebedeckte Untergründe müssen bei einer Standgeräuschmessung unbedingt ausgeschlossen werden.
- Einfluss von Störgeräuschen und Wind: Durch die Nahfeldmessung sind Störgeräusche, die nicht im Bereich (3 m Umkreis) der Messung auftreten, in Anbetracht der zu messenden Pegelhöhe unkritisch. Windeinflüsse können durch einen Windschirm minimiert werden, sofern dessen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Mikrofons berücksichtigt wird.

Weder die Messmethode noch die Messobjekte können im Rahmen dieser Untersuchung unabhängig voneinander auf ihre Messfehler hin untersucht werden. Betrachtet werden kann nur das System im Messumfeld. Durch Mehrfachmessungen und Eingrenzung der Messobjekte oder Messumstände kann ein Gesamtfehler der Messung des Standgeräuschpegels abgeschätzt werden.

So wurde durch die Wiederholungsmessungen der Messfehler bestimmt, der dem gesamten Messverfahren zugestanden werden muss, d. h., neben dem systembedingten Drehzahleinfluss müssen auch die Gerätefehler und Fehler durch die Mikrofonposition berücksichtigt werden. Andere Einflüsse wie Temperaturunterschiede, Einflüsse durch die Bodenbeschaffenheit und das Umgebungsgesch wurden minimiert, indem sie auf demselben Belag, bei gleichen Temperaturen und gleichem Umgebungsgeschpegel durchgeführt wurden.

Als Ergebnis dieser Versuche kann festgestellt werden, dass für die Messwertstreuung bei der Standgeräuschmessung im Nahfeld durch den nicht zu vermeidenden Drehzahleinfluss des Motors und die unvermeidlichen Geräte- und Positionierungsfehler sowie den Umgebungseinfluss mit einem Fehler von 3 dB(A) gerechnet werden muss. Diese Fehlerbetrachtung ist, bis auf den Drehzahleinfluss,

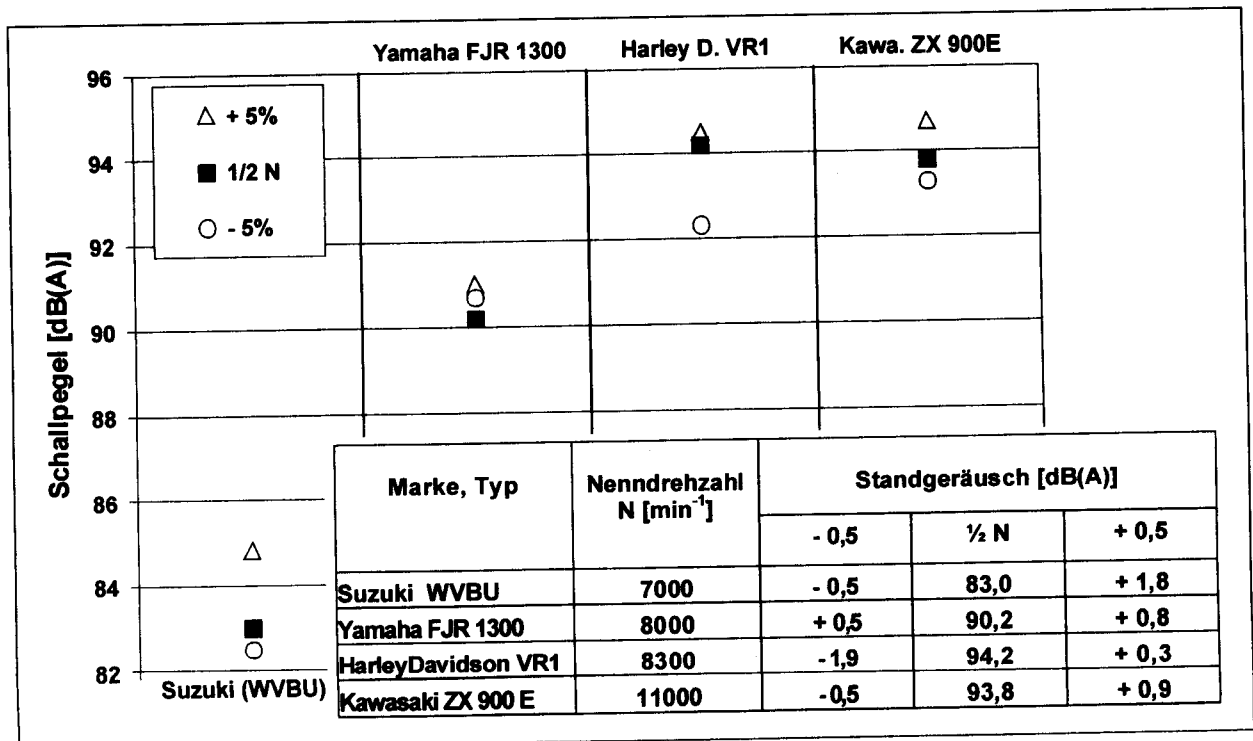


Bild 3.1: Pegeldifferenzen infolge Drehzahlvarianzen

unabhängig vom Messobjekt, dem motorisierten Zweirad.

Für eine abschließende Beurteilung der Geräuschemission eines Motorrades müssen zusätzlich auch Einflüsse durch Serienstreuung in der Produktion und Alterungseinflüsse berücksichtigt werden.

3.2 Messwertabweichungen durch Serienstreuung, Alterung und den Einfluss verschiedener Prüfer

Die Bestimmung der Serienstreuung der Standgeräuschpegel bei Neufahrzeugen ist für die Untersuchung von Bedeutung, weil der Vergleichswert für einen Motorradtyp nur bei einer Maschine im Rahmen der Typzulassungsprüfung gemessen wurde. Es galt festzustellen, ob produktionsbedingte Fertigungsunterschiede bei Motor oder Auspuffanlage zu unterschiedlichen Standgeräuschpegeln führen.

Wegen der günstigen Messumstände, Messung auf dem Firmengelände der BMW-Niederlassung sowie an neuen Maschinen, wurden weitere Ziele bei dieser Messung mit verfolgt. Diese waren, die Bestimmung des Einflusses unterschiedlicher Prüfer auf das Messergebnis und Einflüsse und Vergleichbarkeit zweier Messgeräte. Der Parameter „unterschiedlicher Prüfer“ wirkte sich besonders durch unterschiedliche Drehzahlen während der Messungen aus.

Die Messungen an jeweils 4 Maschinen aus 2 verschiedenen Baureihen (1.130 cm³ und 652 cm³) wurden mit drei unterschiedlichen Prüfern und zwei

parallel eingesetzten Messgeräten durchgeführt (also pro Maschine 24 komplett gemessene Standgeräuschpegel) und führten zu folgenden Ergebnissen.

Wie in Tabelle 3.2 ersichtlich, wurde bei dem Motorradtyp mit 1.130 cm³ Hubraum der eingetragene Standgeräuschpegel von 86 dB(A) in 13 Fällen (54 %) gemessen. Weitere 4 Messungen (16 %) ergaben einen Schallpegel, der um 1 dB(A) niedriger war als der eingetragene Pegel. Ein höherer Pegel (6x1 dB(A), 1x 2 dB(A)) wurde in 7 Fällen (ca. 30 %) gemessen.

Analysiert man die Messergebnisse, so ist festzustellen, dass bei allen Messungen der Unterschied zwischen den Messgeräten maximal 1 dB(A) beträgt. Da die Messgeräte dieselben Schallereignisse gemessen haben, bestätigt dies den in Kap. 3.1 genannten Messfehler für das Schallmessgerät von maximal 1 dB(A). Der Einfluss des Prüfers, der in der beobachteten Größe nur durch die Drehzahl, also die Betätigung der Drosselklappe, verursacht worden sein kann, beträgt maximal 3 dB(A). Der bei dieser Messreihe aufgetretene Fehler ist damit in der gleichen Größenordnung wie die maximale Spannweite der Ergebnisse bei Wiederholungsmessungen.

Die Serienstreuung des Standgeräuschpegels ist bei diesem Motorradtyp nicht eindeutig zu bestimmen, sie geht in den Gesamtfehler ein, ohne diesen zu erhöhen.

Bei dem Motorradtyp mit 652 cm³ Hubraum wurde der eingetragene Standgeräuschpegel von 88 dB(A) in allen Messungen unterschritten. Die Differenzen zum eingetragenen Messwert betragen in

Marke, Typ (in zeitlicher Prüffolge aufgetragen) Fg.-Nr.	Hubraum [cm ³]	Motordaten		Standgeräuschpegel [dB(A)]					
		Leistung/n [min ⁻¹]	Eintrag [dB(A)]	Messgerät 1			Messgerät 2		
				Messung			Diff.		
				Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3			
BMW R1150 R K62170/5	1130	62kW bei 6750	86	86	88	87	-	+2	+1
				86	87	86	-	+1	-
BMW R1150 R F19340	1130	62kW bei 6750	86	86	86	87	-	-	+1
				85	85	87	-1	-1	+1
BMW R1150 R K62829	1130	62kW bei 6750	86	85	86	87	-1	-	+1
				85	86	86	-1	-	-
BMW R1150 R F28513	1130	62kW bei 6750	86	86	86	87	-	-	+1
				86	86	86	-	-	-
BMW R1150 R	Mittelwert Gerät 1			85,75	86,5	87,0			
	Mittelwert Gerät 2			85,5	86,0	86,25			

Tab. 3.2: Vergleich der Standgeräuschmesswerte von vier typgleichen Motorrädern, BMW R 1150

Marke, Typ (in zeitlicher Prüffolge aufgetragen) Fg.-Nr.	Motordaten			Standgeräuschpegel [dB(A)]					
	Hubraum [cm ³]	Leistung/n [min ⁻¹]	Eintrag [dB(A)]	Messung			Diff.		
				Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3			
BMW F 650 GS	652	37kW bei 6500	88	85	86	86	-3	-2	-2
				85	86	86	-3	-2	-2
BMW F 650 GS	652	37kW bei 6500	88	85	86	87	-3	-2	-1
				85	86	86	-3	-2	-2
BMW F 650 GS	652	37kW bei 6500	88	86	85	87	-2	-3	-1
				85	85	85	-3	-3	-3
BMW F 650 GS	652	37kW bei 6500	88	85	86	86	-3	-2	-2
				85	85	85	-3	-3	-3
BMW F 650 GS	Mittelwert Gerät 1			85,25	86,75	86,33			
	Mittelwert Gerät 2			85,5	85,0	86,5			

Tab. 3.3: Vergleich der Standgeräuschmesswerte von vier typgleichen Motorrädern, BMW F 650 GS

Marke, Typ	Standgeräuschpegel [dB(A)]			Bemerkung
	Eintrag SOLL	Messung IST	Diff.	
BMW R1150 GS	86	90	+4	Originalauspuffanlage; 23.000 km
BMW R100RT	91	94	+3	Originalauspuffanlage, 14.000 km
Kawasaki (750)	90	-	-	Drehzahlmessung nicht möglich
Kawasaki (500)	87	82	-5	Originalauspuffanlage,
Suzuki GN 125	85	81	-4	Originalauspuffanlage
Yamaha XT 600	84	88	+4	Zubehörabgas-schalldämpfer
Suzuki (Hausmann)	89	94	+5	Zubehörabgas-schalldämpfer
Suzuki VX 512	94			Drehzahlmessung nicht möglich
BMW R100GSPD	88	89	+1	Originalauspuffanlage
Yamaha (1.063cm ³)	86	86	0	Messung nur im Pkw-Modus möglich, Originalauspuffanlage
Honda	84	87	+3	Motorroller, Originalauspuffanlage

Tab. 3.4: Messung des Standgeräuschpegels von Motorrädern von BAST-Mitarbeitern

12 Fällen -3 dB(A) (50 %), in 10 Fällen -2 dB(A) (42 %) und in 2 Fällen -1 dB(A) (8 %), s. Tabelle 3.3.

Die Spannweite der Ergebnisse betrug bei diesem Typ 2 dB(A). Eine Serienstreuung, die über die 3 dB(A) bei Wiederholungsmessungen hinausgehen müsste, kann nicht bestimmt werden. Die sehr rund und gleichmäßig laufende Maschine minimiert auch den Prüferinfluss. Bei der dritten Maschine

wird allerdings eine Abweichung von 2 dB(A) zwischen den Messgeräten gemessen, deren Ursache mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Rundung der Einzelwerte (drei pro Messwert) erklärt werden kann.

Zur Bestimmung des Einflusses der Alterung auf den Standgeräuschpegel können Daten aus drei Messkampagnen verwendet werden. Messungen an motorisierten Zweirädern von Mitarbeitern der BAST, Messungen im Rahmen von Hauptuntersuchungen nach § 29 StVZO und Messungen bei einer allgemeinen Verkehrskontrolle. Bei den zwei erstgenannten Messungen wurde zur Drehzahlmittlung das Messgerät NOR 117 eingesetzt, bei der Verkehrskontrolle wurde das AVL DiSpeed eingesetzt.

Die motorisierten Zweiräder der BAST-Mitarbeiter sind normale Gebrauchsfahrzeuge, die regelmäßig für die Fahrt zur Arbeitsstätte genutzt werden. Der Wartungszustand der untersuchten Maschinen war gut. Die Technik (Motoren, Auspuffanlagen) der Motorräder war nicht verändert oder manipuliert. Dadurch war auch die Drehzahlmessung mittels NOR 117 in 9 von 11 Fällen erfolgreich. Die gemessenen Pegel lagen alle im zurzeit angewendeten Toleranzbereich von 5 dB(A). Die Spannweite betrug 10 dB(A). Die Einzelergebnisse zeigt Tabelle 3.4.

Auf dem Gelände einer TÜV-Prüfstelle wurden in der Zeit von April bis Juli 2003 Standgeräuschmessungen durchgeführt. Die Teilnahme war freiwillig. Es wurden 86 motorisierte Zweiräder gemessen. Zwei Motorräder waren vor 1980 gebaut worden, weitere drei Motorräder wiesen eine Typzulassung vor 1980 auf und hatten daher den alten Stand-

Standgeräuschpegel-differenz [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung
	absolut	gesamt [%]	gemessen [%]	kumulierte [%]	
-9	1	1,2	2,0	2,0	besser als eingetragener Messwert
-6	1	1,2	2,0	4,0	
-5	1	1,2	2,0	6,0	
-4	2	2,5	4,0	10,0	
-2	7	8,6	14,0	24,0	
-1	5	6,2	10,0	34,0	
0	12	14,8	24,0	58,0	Messwert
1	5	6,2	10,0	68,0	Messwert innerhalb der Toleranz
2	3	3,7	6,0	74,0	
3	6	7,4	12,0	86,0	
4	2	2,5	4,0	90,0	
5	3	3,7	6,0	96,0	
8	1	1,2	2,0	98,0	zu beanstandeten
12	1	1,2	2,0	100,0	
Gesamt	50	61,7	100,0		
Fehlend	31	38,3			
Gesamt	81	100,0			

Tab. 3.5: Häufigkeiten der Differenzen des eingetragenen Standgeräusch-Soll-Pegels zum gemessenen IST-Pegel bei Fahrzeugen, die zur HU vorgeführt wurden

geräuscheintrag (xx N). Diese Motorräder werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Dadurch reduziert sich die Gesamtmenge auf 81 Fahrzeuge. An 31 dieser motorisierten Zweiräder konnte keine Standgeräuschmessung durchgeführt werden, weil die Drehzahlmessung mit dem NOR 117 nicht möglich war.

Es konnten 50 Fahrzeuge erfolgreich gemessen werden. Bei 58 % dieser Fahrzeuge wurde ein Pegel gemessen, der niedriger oder gleich dem Pegel war, der in den Fz-Papieren eingetragen war. Nur bei zwei motorisierten Zweirädern wurden Standgeräuschpegel gemessen, die den in den Fz-Papieren eingetragenen Wert um mehr als 5 dB(A) überschritten, das entspricht einem Anteil von 4 %. In der Tabelle 3.5 ist die Häufigkeit der Differenzen von eingetragenenem SOLL-Pegel zum gemessenen IST-Pegel aufgetragen.

Es ist anzunehmen, dass die Fahrzeuge, die zur Hauptuntersuchung vorgeführt werden, in einem besseren Zustand sind als der Durchschnitt der im Verkehr befindlichen motorisierten Zweiräder. Daher sind Messwerte von Fahrzeugen interessant, die zufällig in die Messsituation gelangen. Eine solche Gelegenheit wurde durch eine Polizeiaktion in der Nähe von Kisslegg geboten. Durch die Polizei wurden insgesamt 40 Fahrzeuge überprüft, die auf einem Autobahnteilstück, das nicht zu den so genannten „Freizeitfahrstrecken“, sondern zu einer Urlaubsrouten zählt, ausgesondert wurden.

Standgeräuschpegel-differenz [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung	
	absolut	gesamt [%]	gemessen [%]	kumulierte [%]		
-7	2	5,0	5,4	5,4	leiser als eingetragener Messwert	
-4	2	5,0	5,4	10,8		
-3	2	5,0	5,4	16,2		
-2	3	7,5	8,1	24,3		
-1	3	7,5	8,1	32,4		
0	4	10,0	10,8	43,2		Messwert
1	1	2,5	2,7	45,9	Messwert innerhalb der Toleranz	
2	7	17,5	19,0	64,9		
3	2	5,0	5,4	70,3		
4	1	2,5	2,7	73,0		
5	1	2,5	2,7	75,7		
7	2	5,0	5,4	81,1	zu beanstandeter Standgeräuschpegel	
8	1	2,5	2,7	83,8		
9	1	2,5	2,7	86,5		
11	1	2,5	2,7	89,2		
13	1	2,5	2,7	91,9		
14	1	2,5	2,7	94,6		
16	1	2,5	2,7	97,3		
22	1	2,5	2,7	100,0		
Gesamt	37	92,5	100			
Fehlend	3	7,5				
Gesamt	40	100,0				

Tab. 3.6: Häufigkeiten der Differenzen des eingetragenen Standgeräusch-SOLL-Pegels zum gemessenen IST-Pegel bei Fahrzeugen, die durch die Polizei kontrolliert wurden

Im Gegensatz zu den Fahrzeugen, die freiwillig zur Messung zur Verfügung gestellt wurden, war der Standgeräuschpegel der durch die Polizei kontrollierten Fahrzeuge in fast 20 % der gemessenen Fälle höher als der in den Papieren eingetragene Pegel zusätzlich der heute zugestandenen Toleranz von 5 dB(A). Auch die Anzahl der Fahrzeuge, deren Pegel geringer oder gleich dem SOLL-Pegel waren, war deutlich geringer, mit ca. 43 % um etwa 15 % (s. Tabelle 3.6).

Die Standgeräuschpegel von gut gewarteten Maschinen (Messungen in der BASt und beim TÜV) und denen aus einer zufälligen Stichprobe (Messkampagne Kisslegg) werden im Folgenden nach der Einhaltung des in die Fahrzeugpapiere eingetragenen Standgeräuschpegels beurteilt. Dabei wird unterschieden nach der genauen Einhaltung des eingetragenen Wertes, der bisher als Mindesttoleranz herausgearbeiteten Größe von 3 dB(A) sowie der heute angewendeten Toleranz von 5 dB(A). In der Tabelle 3.7 sind die jeweiligen Anteile an den drei unterschiedlichen Toleranzgrößen aufgelistet. Wegen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei der unterschiedlichen Anzahl gemessener Fahrzeuge erfolgt die Angabe in Prozent.

Größe der Toleranz	kumulierte Anteile der Fahrzeuge bei der Standgeräuschmessung		
	BASt	TÜV	Polizeikontrolle
0 dB(A)	33 %	58 %	43 %
3 dB(A)	56 %	86 %	70 %
5 dB(A)	100 %	96 %	76 %

Tab. 3.7: Kumulierte Anteile der gemessenen Fahrzeuge nach der Größe der Toleranz

Die Fahrzeuge, die zur Hauptuntersuchung vorgeführt wurden, erreichten die größten Anteile bei den niedrigen Toleranzwerten. Bei den Fahrzeugen der BASt-Mitarbeiter wurden zwar keine groben Defekte festgestellt, jedoch waren die Pegelüberschreitungen bis 5 dB(A) häufiger als Pegeldifferenzen bis 0 dB(A). Dies könnte darauf hinweisen, dass eine Pegelerhöhung durch Alterung der Auspuffanlage bei einem Wert > 5 dB(A) erkannt und behoben wird, abhängig von der Einstellung des Fahrers. Der Querschnitt der Nutzer motorisierter Zweiräder scheint Geräuschen gegenüber unempfindlicher zu sein. Wenn zwischen Alterungs- und Wartungseinfluss nicht unterschieden werden kann, wie bei den in Kisslegg kontrollierten Fahrzeugen, weisen 24 % der Fahrzeuge Pegeldifferenzen über 5 dB(A) auf.

Als Fazit der Fehlerbetrachtung bei der Standgeräuschmessung an motorisierten Zweirädern infolge von Einflüssen durch Messgeräte und Umfeld sowie Serienstreuung und Alterung kann ausgeführt werden, dass eine Mindesttoleranz von 3 dB(A) durch die Messgeräte und die Drehzahlvarianz während der Geräuschmessung berücksichtigt werden muss. Die Einflüsse durch die unterschiedlichen Fahrzeuge (Serienstreuung und Alterung) erfordern zusätzliche 2 dB(A), wie die Messreihen bei der BASt und im Rahmen der HU zeigen.

Diese Feststellung soll im Folgenden durch die Ergebnisdarstellung weiterer Messkampagnen gestützt werden.

4 Durchgeführte Messkampagnen

Die Anwendbarkeit und die Genauigkeit eines Messsystems können nur durch ausreichende Erprobung in der Praxis geprüft werden. Daher waren die Suche nach geeigneten Messgeräten und die Festlegung von Fehlergrenzen stets durch praktische Arbeit mit den Messgeräten begleitet. Nachfolgend werden einzelne Messkampagnen und deren Ergebnisse beschrieben.

4.1 Messungen an Neufahrzeugen

Messungen an Neufahrzeugen bzw. an neuwertigen Fahrzeugen wurden an BMW-Motorrädern, wie bereits im Kapitel 3.2 ausgeführt, sowie an Fahrzeugen unterschiedlicher Marken durchgeführt, die der BASt vom Industrieverband Motorrad Deutschland e. V. (IVM), zur Verfügung gestellt wurden. Es konnten 12 Fahrzeuge verschiedener Hersteller und unterschiedlichen Typs gemessen werden.

Bei neuen bzw. neuwertigen motorisierten Zweirädern wird der eingetragene Standgeräuschpegel bei der überwiegenden Mehrzahl der geprüften Fahrzeuge unterschritten oder entspricht diesem. Dies deutet darauf hin, dass die Hersteller das Geräuschverhalten ihrer Produkte im Drehzahlbereich der Standgeräuschmessung sicher beherrschen. Neben der konstruktiven Auslegung der Auspuffanlage können hier auch andere Möglichkeiten zur Anwendung kommen, z. B. die Reduzierung der Zylinderfüllung im Leerlauf und bei einer bestimmten Drehzahl. Diese Möglichkeit ist gesetzlich legal, da diese Reduzierung Teil der Motorsteuerung ist und daher immer wirkt. Jedoch ist anzumerken, dass damit das Geräuschverhalten im Prüfpunkt nicht dem motortypischen Verhalten entspricht und daher der Sinn der Geräuschprüfung bei der Typzulassung nicht erfüllt ist, nämlich an einem Betriebspunkt des Motors eine Geräuschemission zu messen, die für den gesamten Betrieb repräsentativ ist.

Bei einem Motorrad wurde ein um 4 dB(A) höherer Wert gemessen als der in den Fz-Papieren eingetragene Standgeräuschpegel. Der Pegel lag aber noch innerhalb der derzeitigen Toleranz von 5 dB(A). Tabelle 4.1 zeigt die Messwerte der 12 gemessenen Motorräder.

Die Standgeräuschpegel neuwertiger motorisierter Zweiräder würden eine Senkung der heute gültigen Toleranzhöhe von 5 dB(A) erlauben, wenn nicht, wie die Messwerte der Harley Davidson verdeutlichen, Ausnahmen möglich sind, die nicht dem jeweiligen Halter angelastet werden können.

4.2 Messungen bei technischen Inspektionen (HU nach § 29 StVZO)

Die Ergebnisse der Messungen im Rahmen der technischen Inspektion wurden im Wesentlichen bereits in Kapitel 3.2 diskutiert. Für die Umsetzung der Erfahrungen in eine Prüfanweisung sind jedoch

Marke, Typ Fg.-Nr.	Motordaten			Standgeräuschpegel [dB(A)]		
	Zyl	Hubraum [cm ³]	Leistung/n [kW/min ⁻¹]	Eintrag SOLL	Messung IST	Diff.
BMW F650GS	1	652	37 / 6500	88	86	- 2
BMW R1150R	2	1150	62 / 6750	86	86	0
Yamaha, XVS 1100	2	1063	48 / 5500	86	86	0
Suzuki GSX-600R (WVBG)	4	599	85 / 13000	93	92	- 1
Suzuki Bandit 1200 (WVA9)	4	1157	72 / 8500	91	91	0
Suzuki SV-1000 (WVBX)	2	996	88 / 9000	92	92	0
Suzuki SV-650 (WVBY)	2	645	53 / 9000	90	88	- 2
BMW K12	4	1171	96 / 8750	93	91	- 2
Suzuki DR-Z 400 SKS (WVBC)	1	398	29 / 7600	87	87	0
Honda Hornet CB 900 F (SC48)	4	919	80 / 9000	86	84	- 2
Harley Davidson VR1	2	1131	86 / 8300	90	94*	+ 4*
Kawasaki ZX900E	4	899	105 / 11000	93	93	0

* lt. Rückfragen beim Importeur ist bei diesem Motorradtyp der Standgeräuschpegel normalerweise nicht auffällig. Vorbehaltlich einer genauen Falluntersuchung durch den Hersteller, wurden Nebengeräusche, z. B. durch lose Fahrzeugteile, als Ursache genannt

Tab. 4.1: Standgeräuschmesswerte an neuwertigen Motorrädern

Marke Typ	Motordaten			Standgeräuschpegel			Bemerkung
	2-, 4-Takt	Hubraum [cm ³]	Leistung [kW]	Eintrag SOLL	Mes- sung	Diff.	
Yamaha Marauder	4	125	7	87	91	4	Schalldämpfer defekt, Löcher
Yamaha Marauder	4	125	7	87	85	-2	Wiedervorführung mit einer Originalauspuffanlage
Honda AR/CBS	2	125	11	80	-	-	Fahrzeug nur mit Hilfseinrichtung messbar - Ständer -
Vespa Piaggio	2	98	5	87	-	-	Keine stabilen Messwerte; Auspuffmündung < 0,2 m über dem Boden
Kawasaki GPZ911	4	908	72	93	98	5	Undefinierbare Klappergeräusche aus Motor oder Getriebe
Kawasaki Ninja	4	899	106	93	-	-	Messung wegen Zündproblemen nicht möglich

Tab. 4.2: Einzelfallbetrachtungen von typischen Fällen bei der Standgeräuschprüfung

noch einige Besonderheiten zu berichten, die auffällig waren.

Ein Motorrad der Marke Yamaha, Typ Marauder, wurde mit einem durchgerosteten Auspuffschalldämpfer vorgeführt. Unabhängig von der durchgeführten Geräuschmessung wurde die Auspuffanlage, aufgrund des optischen Eindrucks, vom Prüfer bemängelt. Bei der Wiedervorführung mit neuer Originalauspuffanlage konnte ein Geräuschpegel gemessen werden, der 6 dB(A) niedriger war als bei der korrodierten Anlage, siehe Tabelle 4.2.

Durch die Messung bei der HU ergaben sich wichtige Hinweise, die bei der Erstellung einer Prüfangeweisung zur Standgeräuschmessung berücksichtigt werden müssen:

- Bei Motorrollern mit Automatikgetriebe ist nicht bei allen Typen der bordeigene Ständer für eine Standgeräuschmessung ausreichend. An Prüf-

stellen sollte eine entsprechende Vorrichtung zum sicheren Aufständern vorgehalten werden.

- Bei Fahrzeugen mit einem Zweitaktmotor sind die in dieser Untersuchung eingesetzten Drehzahlmessgeräte nicht geeignet, es sollte auch eine herkömmliche Zündimpulszange vorgehalten werden.
- Bei der Standgeräuschprüfung werden alle Bauteile eines motorisierten Zweirades in die Prüfung miteinbezogen, also auch klappernde Kupplungsscheiben oder Getriebezahnräder. Defekte an diesen Bauteilen müssen ebenfalls behoben werden, um die Standgeräuschprüfung zu bestehen.
- Wird die Drehzahlmessung durch einen unregelmäßigen Motorlauf verhindert, so gilt die Standgeräuschmessung als nicht bestanden und muss mit einem richtig eingestellten und rundlaufenden Motor wiederholt werden.

4.3 Messung bei Polizeikontrollen

Ohne die Beteiligung der BAST wurde eine Messkampagne von Mitgliedern des Beraterkreises durchgeführt. Die Aufgabe war, die Standgeräuschmessungen an motorisierten Zweirädern mit verschiedenen Geräten durchzuführen. Es sollten Erfahrungen mit den Geräten und den Messumständen gewonnen werden. Dazu wurden am 30.05.2003 von den Firmen Brüel & Kjaer und Norsonic gemeinsam mit der VPI Kempten am Oberjoch in Sonthofen Messreihen durchgeführt. Es wurden die Geräte beider Firmen eingesetzt.

Folgende Erfahrungen konnten aus dieser Messaktion gewonnen werden:

- Die Lage des Messplatzes sollte so gewählt werden, dass keine Fremdgeräusche, z. B. durch vorbeifahrende Motorräder, die Messung stören.
- Die Messungen konnten meistens nur mit einem Gerät (B & K oder Norsonic) durchgeführt werden, da die Motoren sonst zu heiß geworden wären.
- Bei Motorrädern, die über eine hohe Nenndrehzahl (> 10.000 U/min) verfügen, ist die Drehzahl nur mit Schwierigkeiten zu erfassen.
- Bei einigen Maschinen, die nicht über die berührungslose Drehzahlermittlung gemessen werden konnten, hätte mit Hilfe einer Zündimpulszange evtl. eine Drehzahl erfasst werden und somit eine Messung des Geräuschpegels durchgeführt werden können

Es wurden die in der Tabelle 4.3 dargestellten Pegelabweichungen gemessen. Fast 95 % der kontrollierten Fahrzeuge wiesen eine Pegeldifferenz bis zu 3 dB(A) auf. Nur bei einem Fahrzeug wurde mit 7 dB(A) ein Wert gemessen der oberhalb der Toleranz von 5 dB(A) liegt.

Bei einer gemeinsame Aktion der VPI Tübingen und Kempten in der Nähe von Kisslegg wurden neben den normalen polizeilichen Kontrollen gemeinsam mit der BAST auch die Stand- und die Fahrgeräusche der durch die Polizei angehaltenen Motorräder gemessen. Die BAST stellte die Geräuschmess-einrichtungen und Messpersonal zur Verfügung. Zur Messung der Krad-Geschwindigkeit bei der Fahrgeräuschmessung wurde eine Radarpistole und zur Drehzahlerfassung bei der Standgeräuschmessung wurde das AVL-DiSpeed-Gerät (Ver. 4.1

Pegeldifferenz Standgeräusch [dB(A)]	Häufigkeit			
	Anzahl	gesamt %	gemessene %	kumulierte %
-6	1	3,6	5,6	5,6
-3	1	3,6	5,6	11,1
-2	4	14,3	22,2	33,3
-1	2	7,1	11,1	44,4
0	1	3,6	5,6	50,0
1	2	7,1	11,1	61,1
2	5	17,9	27,8	88,9
3	1	3,6	5,6	94,4
7	1	3,6	5,6	100,0
Gesamt	18	64,3	100	
Fehlend	10	35,7		
Total	28	100,0		

Tab. 4.3: Häufigkeiten von Differenzen der Standgeräuschpegel bei der Messkampagne am Oberjoch bei Sonthofen

Motorradsoftware) eingesetzt. Die Schallpegelerfassung wurde mit den Norsonic-Geräten NOR 117 und 118 durchgeführt.

Es wurden insgesamt 40 Fahrzeuge überprüft, die auf einem Autobahnteilstück aus dem fließenden Verkehr herausgezogen wurden. Bei diesem Aussondern erfolgte keine Vorauswahl hinsichtlich auffälliger Fahrzeuge, sondern es wurden alle Fahrzeuge angehalten, die zu den Prüfzeiten diese Teilstrecke befuhren. Daher ist ein Überblick über den Anteil von motorisierten Zweirädern mit einer zu hohen Geräuschemission im normalen Überlandverkehr möglich.

Es wurden die Stand- und die Fahrgeräusche der aus dem Verkehr ausgesonderten Fahrzeuge gemessen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Standgeräuschmessung dargestellt.

Bei 36 der 40 kontrollierten Fahrzeuge wurde der Standgeräuschpegel bestimmt. Von diesen 36 gemessenen Fahrzeugen wiesen 17, also ca. 47 % der Fahrzeuge, eine Pegeldifferenz im negativen Bereich bis zu 0 dB(A) auf, weitere 10 Fahrzeuge wurden mit einem um 3 dB(A) höheren Pegel gemessen und 7 Fahrzeuge, dies entspricht etwa einem Fünftel der gemessenen Fahrzeuge, wurden mit einem Standgeräuschpegel gemessen, der mehr als 5 dB(A) höher war als der SOLL-Wert. Tabelle 4.4 zeigt die Häufigkeiten der einzelnen Pegeldifferenzen. Die Ergebnisse bestätigen die bisherigen Erkenntnisse, ausgehend von den Ergebnissen für die Neufahrzeuge kann festgestellt werden, dass ein nicht manipuliertes oder defektes Fahrzeug eine Abweichung vom eingetragenen Standgeräuschpegel bis zu 3 dB(A) aufweist. Die Abweichung, die durch Alterung verursacht wird

Pegeldifferenz [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung
	Anzahl	gesamt [%]	gemessene [%]	kumulierte [%]	
-8	1	2,5	2,8	2,8	leiser als der eingetragene Messwert
-7	2	5,0	5,6	8,3	
-4	2	5,0	5,6	13,9	
-3	2	5,0	5,6	19,4	
-2	3	7,5	8,3	27,8	
-1	3	7,5	8,3	36,1	
0	4	10,0	11,1	47,2	Messwert
1	1	2,5	2,8	50,0	Messwert innerhalb der Toleranz
2	7	17,5	19,4	69,4	
3	2	5,0	5,6	75,0	
4	1	2,5	2,8	77,8	
5	1	2,5	2,8	80,6	
7	2	5,0	5,6	86,1	zu beanstanden
8	1	2,5	2,8	88,9	
9	1	2,5	2,8	91,7	
11	1	2,5	2,8	94,4	
14	1	2,5	2,8	97,2	
16	1	2,5	2,8	100,0	
Gesamt	36	90,0	100,0		
Fehlend	4	10,0			
Gesamt	40	100,0			

Tab. 4.4: Häufigkeit von Pegeldifferenzen bei der Standgeräuschmessung in Kisslegg

und einen beginnenden Defekt anzeigt, reicht bis 5 dB(A). Höhere Abweichungen deuten auf eine Manipulation, nicht genehmigte Auspuffanlage oder Schadensfall hin.

Die Messung der Fahrgeräusche wurde auf einem stillgelegten Teilstück einer Bundesstraße durchgeführt. Diese Fahrgeräuschmessung konnte auf Grund der Messumstände nur in Anlehnung an die EU-Richtlinie 97/24/EG durchgeführt werden. Nicht der Richtlinie entsprechend waren:

- die Messstrecke, die nicht der ISO 10844 entsprach, sondern eine Gussasphaltoberfläche aufwies,
- die geforderte Hindernisfreiheit von 50 m im Umkreis der Geräuschmessstrecke,
- die vorgeschriebene Geschwindigkeitsmessung; dem Prüfer wurde vorgegeben, vor der Beschleunigung ein konstante Geschwindigkeit von 50 km/h entsprechend der Tachometeranzeige einzuhalten.

Die Geräuschmessgeräte waren kalibriert und entsprachen der geforderten Qualität. Die Nebengeräusche lagen bei etwa 50 dB(A). Aufgrund der Einschränkungen gegenüber den Anforderungen der Richtlinie und zur Unterscheidung von dieser, wird diese Art der Fahrgeräuschprüfung im Weiteren Fahrgeräuschmessung „light“ genannt.

Pegeldifferenz [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung
	Anzahl	gesamt [%]	gemessene [%]	kumulierte [%]	
-6	1	2,5	2,9	2,9	leiser als der vorgeschriebene Grenzwert
-5	1	2,5	2,9	5,7	
-2	8	20,0	22,9	28,6	
-1	3	7,5	8,6	37,1	
0	7	17,5	20,0	57,1	
1	3	7,5	8,6	65,7	tolerierete Überschreitung
2	2	5,0	5,7	71,4	
3	4	10,0	11,4	82,9	zu beanstandene Grenzwertüberschreitung
4	1	2,5	2,9	85,7	
6	1	2,5	2,9	88,6	
7	2	5,0	5,7	94,3	
11	1	2,5	2,9	97,1	
13	1	2,5	2,9	100,0	
Gesamt	35	87,5	100,0		
Fehlend	5	12,5			
Gesamt	40	100,0			

Tab. 4.5: Häufigkeit von Differenzen der Geräuschpegel bei der Fahrgeräuschmessung „light“ in Kisslegg

Diese Fahrgeräuschprüfung „light“ wird von den Angehörigen der Polizei, die Mitglieder in dem oben genannten Beraterkreis sind, als ein mögliches Geräuschmessverfahren anstelle oder zur Unterstützung der Standgeräuschmessung angesehen (s. Tabelle 4.5). Um den Aufwand bei Messungen z. B. anlässlich von Verkehrskontrollen gering zu halten und weil eine richtliniengerechte Prüfung bereits durch die vorgeschriebene Fahrbahnoberfläche nur an wenigen Orten durchgeführt werden kann, wurde die Fahrgeräuschmessung „light“ wie vor beschrieben gestaltet. Diese Abweichung von den Prüfvorschriften der Richtlinie bedeutet, dass bei dem Vergleich mit den Typzulassungswerten bei einem „light“ geprüften Fahrzeug andere Toleranzen berücksichtigt werden müssen. Eine genaue Bestimmung dieser Toleranzen erfordert an sich ein eigenes Messprogramm, mit ausreichend vielen Messungen. Eine Toleranz des Fahrgeräuschpegels „light“ von 2 dB(A) erscheint ausreichend, weil die Geschwindigkeit bei der Anfahrt an die Messstrecke durch den bordeigenen Tachometer bestimmt wird und diese eine Voreilung haben müssen, d. h. stets eine höhere Geschwindigkeit anzeigen, als das Fahrzeug fährt. Beim Passieren des Mikrofons ist die Geschwindigkeit daher ebenfalls geringer und damit auch der Geräuschpegel, der geschwindigkeitsabhängig bzw. drehzahlabhängig ist. Diese Geschwindigkeit beim Heranfahren wurde bei dieser Messung kontrolliert, in der Mehrzahl der Fälle lag sie mit einem Mittel von 45 km/h deutlich unter 50 km/h. Bei 35 der 40 kontrollierten Fahrzeugen konnte der Fahrgeräuschpe-

gel bestimmt werden. Von diesen 35 gemessenen Fahrzeugen wiesen 20 Fahrzeuge (ca. 57 %) einen Geräuschpegel mit einer Pegeldifferenz im negativen Bereich bis zu 0 dB(A) auf, weitere 5 Fahrzeuge wurden mit einem um 2 dB(A) höheren Pegel gemessen. Die restliche 10 Fahrzeuge weisen eine höhere Pegelüberschreitung auf und sind auf Grund der oben genannten Toleranz zu laut.

Vergleicht man die Anteile der auffälligen Fahrzeuge bei der Standgeräuschmessung mit denen bei der Fahrgeräuschmessung, so werden durch die Fahrgeräuschmessung „light“ mehr auffällige Fahrzeuge festgestellt, 7 Fz. beim Standgeräusch gegenüber 10 Fz. beim Fahrgeräusch. Die bei der Standgeräuschmessung auffälligen Fahrzeuge sind nicht alle auch bei der Fahrgeräuschmessung auffällig. Wie die Tabelle 4.6 zeigt, ist diese Übereinstimmung nur bei drei Fahrzeugen gegeben. Bei weiteren drei Fahrzeugen, die in der Tabelle **fett*** gekennzeichnet sind, war der Standgeräuschpegel unauffällig, 0 – 3 dB(A), und der Fahrgeräuschpegel ebenfalls mit 3 dB(A) nur gering über dem Sollwert. Bei Fall Nummer 16 ist das Standgeräusch mit 5 dB(A) Toleranz auch eher zu laut, das Fahrgeräusch eindeutig zu laut. Die Fahrzeuge, die in den unterstrichenen Zeilen aufgeführt sind, waren deutlich zu laut, sie können in diesem Vergleich aber nicht berücksichtigt werden, weil eine der beiden Messungen nicht durchgeführt wurde bzw. die Standgeräuschmessung im Fall 35 mit der falschen Drehzahl durchgeführt wurde. Daher ist eine sichere Aussage nur in den Fällen möglich, die in der Tabelle *kursiv* oder **fett** dargestellt sind. Bei 14 auffälligen Fahrzeugen waren in drei Fällen Stand-

geräusch- und Fahrgeräuschpegel auffällig, in vier Fällen eindeutig nicht, weil entweder das Standgeräusch oder das Fahrgeräusch deutlich nicht auffällig war. Bei den restlichen Fällen fehlten entweder Daten oder die Pegel waren nur um 1dB(A) über dem SOLL-Wert, siehe dazu Tabelle 4.6.

Bei der Anwendung sowohl der Stand- als auch der Fahrgeräuschmessung wurden von 40 motorisierten Zweirädern 14 Fahrzeuge (35 %) als zu laut gemessen. Von diesen 14 Fahrzeugen konnten 7 (50 % bzw. 57 %, denn Fall Nr. 35 wäre ebenfalls beim Standgeräusch auffällig gewesen, daher eher 8) eindeutig über das Standgeräusch als zu laut bestimmt werden. Durch die Fahrgeräuschprüfung sind sechs Fahrzeuge mit einer Pegelüberschreitung von mehr als 2 dB(A) zusätzlich zur Standgeräuschmessung als auffällig erkannt worden. Unter den oben gemachten Einschränkungen waren jedoch nur drei Fahrzeuge eindeutig zu laut.

Als weiteres Ergebnis dieser Polizeiaktion kann festgestellt werden, dass von den 40 kontrollierten Motorrädern 15 mit einer Ersatzauspuffanlage bzw. einem Ersatzschalldämpfer ausgerüstet waren. Von diesen waren nur 10 Anlagen im Fahrzeugschein eingetragen oder wiesen eine Genehmigungskennzeichnung (e-Nummer) auf. Bei zweien der 5 Motorräder, die mit den nicht genehmigten Anlagen ausgerüstet waren, wurde ein deutlich höherer Standgeräuschpegel gemessen. Fast 40 % der motorisierten Zweiräder dieser Stichprobe sind mit Ersatzauspuffanlagen oder -schalldämpfern ausgerüstet. Nur ein Drittel dieser Ersatzanlagen entsprach zulassungstechnisch nicht den Vorschrif-

Stand- und Fahrger. auffällig	Fall Nr.	Bauj.	Hubraum [cm³]	[KW]	Standger. SOLL	Standger. IST	Diff.	Fahrger. SOLL	Fahrger. IST	Diff.
Ja	2	1990	1063	45	86	95	9	82	86	4
Ja	10	1982	895	70	94	108	14	82	93	11
Nein	15	2000	1130	25	82	90	8	79	78	-1
Nein	16	1990	1338	43	99	104	5	86	92	6
Nein*	17	1986	1092	70	99	102	3	84	87	3
Nein*	20	1997	609	37	92	92	0	80	83	3
Nein	27	1991	600	72	92	99	7	81	80	-1
Nein*	28	1998	1200	72	91	91	0	79	82	3
Ja	29	1998	919	90	90	97	7	79	82	3
Nein	32	1999	1052	78	90	90	0	80	87	7
Nein	33	2000	1157	72	91	93	2	79	86	7
J/N	35	1993	998	72	95	117	k. A.	80	93	13
J/N	39	2000	1449	50	91	102	11	79	k. A.	.
J/N	40	2000	1449	50	91	107	16	79	k. A.	.

Tab. 4.6: Häufigkeit der Übereinstimmung des auffälligen Fahr- und Standgeräuschpegels bei den Geräuschmessungen in Kisslegg

ten. Jedoch nur zwei Anlagen von diesen nicht eingetragenen Anlagen waren auffällig.

Bei dieser Messaktion wurde neben einer objektiven Messung auch eine subjektive Beurteilung der Geräuschemission durch die Prüfer vorgenommen. Die Prüfer mussten das zu prüfende Fahrzeug in eine der Kategorien „sehr laut“, „laut“, „normal“ oder „eher leise“ einstufen. Bei fünf Fahrzeugen fehlte die subjektive Beurteilung. Alle lauten Fahrzeuge sind bei den beurteilten Fahrzeugen erkannt worden. Damit ist nachgewiesen, dass die subjektive Beurteilung durch die Polizei oder im Rahmen einer technischen Untersuchung geeignet ist, eine Vorauswahl für die Notwendigkeit einer objektiven Geräuschemessung zu treffen.

4.4 Messung bei Biker-Treffs

Im Zeitraum vom 27. – 28. Juni 2003 konnte bei einem großen Biker-Treffen in Schleiz/Thüringen, das von der im Beraterkreis vertretenen Biker Union e. V. veranstaltet wurde, eine Messung der Standgeräuschpegel durchgeführt werden.

Als Prüfgeräte wurde der Kfz-Schallpegelmessgerät NOR 117 mit der externen Drehzahlerfassung durch das AVL DiSpeed 490 eingesetzt.

An den beiden Messtagen konnten 106 motorisierte Zweiräder gemessen werden. Davon waren 101 Messungen gültig, 5 konnten wegen der Undurchführbarkeit der Drehzahlerfassung nicht vollendet werden. Die Baujahre von zwei Motorrädern lagen vor 1980, weil sie jedoch bereits die Nahfeldmesswerte in den Papieren eingetragen hatten, werden sie mit bewertet. Die Häufigkeiten der einzelnen Pegeldifferenzen sind in Tabelle 4.7 aufgeführt.

Nur 12 der gemessenen Fahrzeuge wiesen einen Standgeräuschpegel auf, der geringer oder gleich einer Differenz von 0 dB(A) war. Bei Berücksichtigung einer Toleranz von 5 dB(A) wären insgesamt 34 von 101 motorisierten Zweirädern bezüglich der Geräuschemission nicht zu beanstanden gewesen, das entspricht einem Drittel der gemessenen Fahrzeuge. Ungefähr bei der Hälfte der gemessenen Fahrzeuge wurde eine erhebliche Geräuschzunahme und mehr gemessen. Als Spitzenwerte sind bei diesem Biker-Treffen Pegeldifferenzen bis 27 dB(A) gemessen worden. Von den meisten Fahrern wurde versichert, dass sie die Motorräder nur für die Teilnahme an dem Treffen verändert haben.

Der Anteil der Originalauspuffanlagen an den gemessenen Fahrzeugen betrug mit 31 Anlagen ungefähr 30 %. Von diesen waren jedoch deutlich wahrnehmbar 9 manipuliert. Von den 34 Fahrzeugen, die den SOLL-Wert des Standgeräuschpegels einhielten, waren 21 mit einem Originalauspuff ausgerüstet, 9 Fahrzeuge erreichten ein positives Messergebnis mit einem Zubehörauspuff, für die restlichen fehlten die Angaben.

Bei den Messungen konnte nicht immer der geforderte Umgebungsgeräuschpegel eingehalten werden, daher sind einige der Messwerte unter Umständen zu hoch. Bei Messungen an nicht manipulierten Fahrzeugen konnten trotz des meist hohen Umgebungsgeräuschpegels die eingetragenen Werte gemessen werden, wie die 12 Messwerte mit einem negativen Differenzpegel und die Messungen ohne Differenz zeigen.

Differenz der Standgeräuschpegel [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung
	absolut	gesamt [%]	gemessene [%]	kumulierte [%]	
-4	1	0,9	1,0	1,0	leiser als der eingetragene Messwert
-3	1	0,9	1,0	2,0	
-1	2	1,9	2,0	4,0	
0	8	7,5	7,9	11,9	Messwert
1	2	1,9	2,0	13,9	Messwert innerhalb der Toleranz
2	7	6,6	6,9	20,8	
3	6	5,7	5,9	26,7	
4	2	1,9	2,0	28,7	
5	5	4,7	5,0	33,7	
6	4	3,8	4,0	37,6	zu beanstanden
7	7	6,6	6,9	44,6	
8	3	2,8	3,0	47,5	
9	3	2,8	3,0	50,5	
10	8	7,5	7,9	58,4	
11	2	1,9	2,0	60,4	
12	5	4,7	5,0	65,3	
13	7	6,6	6,9	72,3	
14	9	8,5	8,9	81,2	
15	3	2,8	3,0	84,2	
16	4	3,8	4,0	88,1	
17	2	1,9	2,0	90,1	
18	3	2,8	3,0	93,1	
19	3	2,8	3,0	96,0	
21	1	0,9	1,0	97,0	
22	1	0,9	1,0	98,0	
26	1	0,9	1,0	99,0	
27	1	0,9	1,0	100,0	
Gesamt	101	95,3	100		
Fehlend	5	4,7			
Gesamt	106	100,0			

Tab. 4.7: Häufigkeiten der Differenzen des eingetragenen Standgeräusch-SOLL-Pegels zum gemessenen IST-Pegel bei Fahrzeugen, die im Rahmen eines Biker-Treffens in Schleiz/Thüringen gemessen wurden

Differenz der Standgeräuschpegel [dB(A)]	Häufigkeit				Bewertung
	absolut	gesamt [%]	gemessene [%]	kumulierte [%]	
-5	1	1,1	1,7	1,7	leiser als der eingetragene Messwert
-2	2	2,3	3,4	5,2	Messwert
0	3	3,4	5,2	10,3	Messwert innerhalb der Toleranz
1	3	3,4	5,2	15,5	
2	3	3,4	5,2	20,7	zu beanstanden
3	3	3,4	5,2	25,9	
4	2	2,3	3,4	29,3	
5	3	3,4	5,2	34,5	
6	2	2,3	3,4	37,9	
7	2	2,3	3,4	41,4	
8	4	4,5	6,9	48,3	
9	1	1,1	1,7	50,0	
10	6	6,8	10,3	60,3	
11	3	3,4	5,2	65,5	
12	2	2,3	3,4	69,0	
13	4	4,5	6,9	75,9	
14	3	3,4	5,2	81,0	
15	2	2,3	3,4	84,5	
16	1	1,1	1,7	86,2	
17	1	1,1	1,7	87,9	
18	2	2,3	3,4	91,4	
19	1	1,1	1,7	93,1	
23	1	1,1	1,7	94,8	
25	1	1,1	1,7	96,6	
28	1	1,1	1,7	98,3	
34	1	1,1	1,7	100,0	
Gesamt	58	96,67	100		
Fehlend	1	3,33			
Gesamt	60	100,0			

Tab. 4.8: Häufigkeiten der Differenzen der Standgeräuschpegel bei Fahrzeugen, die im Rahmen eines Biker-Treffens in Mückendorf gemessen wurde

Messungen bei einem weiteren Biker-Treff in Mückendorf bei Berlin ergaben ähnliche Ergebnisse. Nur 20 von 60 gültig gemessenen Fahrzeugen wiesen einen Standgeräuschpegel im Rahmen des noch Erlaubten (eingetragener Wert + 5 dB(A) Toleranz) auf. Wiederum erreichten fast 50 % der Fahrzeuge einen um 10 dB(A) höheren Pegel. Es wurde festgestellt, dass bei den Fahrzeugen, die mit einer Originalauspuffanlage ausgerüstet sind und nicht manipuliert sind, der eingetragene Wert erreicht wird. Sogar bei vier Originalanlagen, bei denen Schalldämpferteile ausgebaut wurden, lag der gemessene Pegel noch innerhalb der Toleranz.

Die in der Tabelle 4.9 dargestellte Verteilung der Art der Auspuffanlage zeigt, dass nur 20 Originalanlagen aufgeführt sind. Von diesen ist fast die Hälfte manipuliert. Von den 10 Ersatzanlagen mit e-Nummer wurden nur 5 mit einer tolerierbaren Abweichung vom eingetragenen Pegel gemessen.

Art der Auspuffanlage	Anzahl	Gesamt-%-Anteil	%-Anteil
Originalauspuff	12	13,6	20,7
manipulierter Originalauspuff	8	9,1	13,8
Ersatzanlage mit e-Nr.	10	11,4	17,2
Ersatzanlage ohne e-Nr.	25	28,4	43,1
ohne Schalldämpfer	2	2,3	3,4
Prototyp	1	1,1	1,7
Gesamt	58	96,67	100,0
keine Angabe	2	3,33	
Total	60	100,0	

Tab. 4.9: Anteile der Auspuffanlagen bei den gemessenen Motorrädern

5 Korrelation von Fahr- und Standgeräuschpegel

Wie weiter vorn erwähnt, dient die Messung des Standgeräuschpegels der Kontrolle des Geräuschverhaltens eines Kraftfahrzeuges bei einer späteren Nachprüfung im Verkehr. In der Richtlinie für die Geräuschmessung des BMV von 1966 wurde das Standgeräusch in 7 m Entfernung von der Auspuffmündung in Richtung des Auspuffrohres gemessen. Die Motordrehzahl betrug dabei $\frac{3}{4}$ der Nenn-drehzahl, bzw. bei Motoren mit Drehzahlbegrenzung musste die Abregeldrehzahl erreicht werden. Dem so gemessene Wert wurde eine hohe Abhängigkeit vom Fahrgeräusch zugesprochen. Der Pegel des Standgeräuschs erlaubte eine zweifelsfreie Aussage darüber, ob sich das Geräuschverhalten eines Fahrzeuges geändert hat; § 49 StVZO, Erläuterung 10 [1].

Bei der 1974 von BETZL [2] vorgeschlagenen Standgeräuschmessung im Nahfeld, die als „Richtlinie für die Messung des Standgeräusches von Kfz im Nahfeld im Rahmen der obligatorischen Überwachung nach § 29 und der Anlage VIII StVZO“ umgesetzt und im Verkehrsblatt 1976 veröffentlicht wurde, wird die Abhängigkeit des Standgeräuschpegels von dem des Fahrgeräuschs kritischer gesehen. Bereits BETZL hat in seiner Veröffentlichung festgestellt, dass „... das bei stehendem Fahrzeug gemessene Geräusch in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Fahrgeräusch steht ...“.

Da das Standgeräusch bei einer diskreten Drehzahl $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ der Nenndrehzahl ermittelt wird, das Fahrgeräusch jedoch bei einer sich ändernden Drehzahl, abhängig vom Getriebegang und der Geschwindigkeit, ist eine Korrelation der Geräuschpegel eher nicht zu erwarten, bzw. nur mit einem geringen Bestimmtheitsmaß.

Im Folgenden soll diese Abhängigkeit anhand von Messungen mit modernem Equipment und an neueren motorisierten Zweirädern untersucht werden. Des Weiteren sollen die beim Kraftfahrt-Bundesamt vorliegenden Daten über die bei der Typzulassung gemessenen Fahr- und Standgeräuschpegel mittels statistischer Methoden auf Abhängigkeiten geprüft werden.

5.1 Auswertung von Emissions-Typprüfwerten und Standgeräuschmesswerten von neuen motorisierten Zweirädern

Das Kraftfahrt-Bundesamt hat „Kraftstoffverbrauchs- und Emissions-Typprüfwerte von Kraftfahrzeugen mit allgemeiner Betriebserlaubnis oder EG-Typgenehmigung“ [4] veröffentlicht, um umweltbewussten Bürgerinnen und Bürgern die Kraftstoffverbrauchs- und Emissions-Typprüfwerte (Luftschadstoffe und Geräusche) von neuen Kraftfahrzeugen zugänglich machen.

Die angegebenen Typprüfwerte, in einigen Richtlinien auch Typgenehmigungswerte oder Typgenehmigungsprüfwerte genannt, sind im Rahmen der vollständigen Prüfung von Fahrzeugtypen nach § 20 StVZO oder nach den für die jeweilige Emissions- und Fahrzeugart geltenden EWG-Einzelrichtlinien oder ECE-Regelungen in jeweils besonderen Verfahren auf Antrag der Hersteller an Prototypen gemessen worden. Die Typgenehmigungen haben Behörden der Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft erteilt, wenn neben anderen Anforderungen die Messwerte die Grenzwerte nicht überschritten haben, die für die Emissionen (außer für die CO₂-Emission, die Kraftstoffverbräuche und das Standgeräusch) vorgeschrieben sind.

Für die Bestimmung der Korrelation von Stand- und Fahrgeräusch werden Geräusch-Typprüfwerte von Zweirädern⁴ und die Messwerte der Standgeräuschmessung benötigt, deren Ermittlung ebenfalls in den angegebenen Regelungen und Richtlinien vorgeschrieben ist.

	Standgeräusch	Fahrgeräusch	Hubraum	Leistung	v-max
Standgeräusch	—	0,78	0,71	0,73	0,80
Fahrgeräusch	0,78	—	0,67	0,65	0,80
Hubraum	0,71	0,67	—	0,82	0,82
Leistung	0,73	0,65	0,82	—	0,95
v-max	0,80	0,80	0,82	0,95	—

Tab. 5.1: Bestimmtheitsmaße der Korrelation wichtiger Parameter bei motorisierten Zweirädern unter Verwendung der Typgenehmigungsdaten des KBA. Es wurden alle motorisierten Zweiräder betrachtet, für die beim KBA Daten vorliegen

In der Veröffentlichung des KBA sind die Daten nach Hersteller sortiert und folgende Angaben aufgelistet: Typschlüsselnummer, Motortyp, Hubraumgröße, Leistung, Messwerte für Stand- und Fahrgeräusch sowie Getriebe- und Motorart. Es sind insgesamt 934 Datensätze aufgeführt. Davon werden für die Auswertung die Fahrzeuge mit Elektroantrieb ausgenommen. Damit reduziert sich die Anzahl auf 928 Fahrzeuge. In dieser Menge sind motorisierte Zweiräder mit 2- und 4-Taktmotoren von 30 cm³ bis 1.832 cm³.

Zusammenhänge zwischen Stand- und Fahrgeräusch können mittels statistischer Methoden, Korrelation und Regression, bestimmt werden.

In Tabelle 5.1 sind die Parameter, die das KBA im Rahmen dieser Veröffentlichung anbietet, auf ihren statistischen Zusammenhang hin untersucht worden. Es zeigt sich, dass Leistung und Geschwindigkeit der motorisierten Zweiräder den höchsten Korrelationskoeffizienten (0,953) aufweisen, dass aber auch Standgeräusch und Fahrgeräusch deutlich zu einander in Beziehung stehen (0,784). Für die Beurteilung des Fahrgeräuschs über das Standgeräusch ist diese Übereinstimmung jedoch zu gering, da eine Unsicherheit von über 20 % besteht. Eine zusätzliche Wichtung oder Klassierung der Standgeräuschpegel durch andere hochkorrelierende Parameter ist ebenfalls nicht möglich, weil auch mögliche andere Beziehungen nur einen Koeffizienten von maximal 0,80 aufweisen. Zur Verdeutlichung der Beziehung zwischen Stand- und Fahrgeräusch sind im Folgenden die Standgeräuschmesswerte über denen der Fahrgeräusche aufgetragen, siehe Bild 5.1. Die über 900 Werte liegen zum Teil auf gleichen Koordinaten, da die Geräuschpegel nur als ganzzahlige Werte angegeben sind. Betrachtet man die Linien gleicher Häufigkeit der Paarung Stand- und Fahrgeräusch, so wird deutlich, dass für den überwiegenden Teil der Fahrzeuge eine Korrelation

⁴ Gemessen nach der Richtlinie 97/24/EG Kap. 9, für bestehende Genehmigungen von Kraftfahrzeugen, gemessen nach Einzelrichtlinie 78/1015/EWG oder ECE-Regelung 41 oder Einzelrichtlinie 97/24/EG, von Leichtkraftfahrzeugen, Kleinkraftfahrzeugen, Fahrrädern mit Hilfsmotor, Moped und Mofa zusätzlich, gemessen nach Anlage XX zu § 49 Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) sowie Leichtmofa nach der Leichtmofa-Ausnahmereverordnung

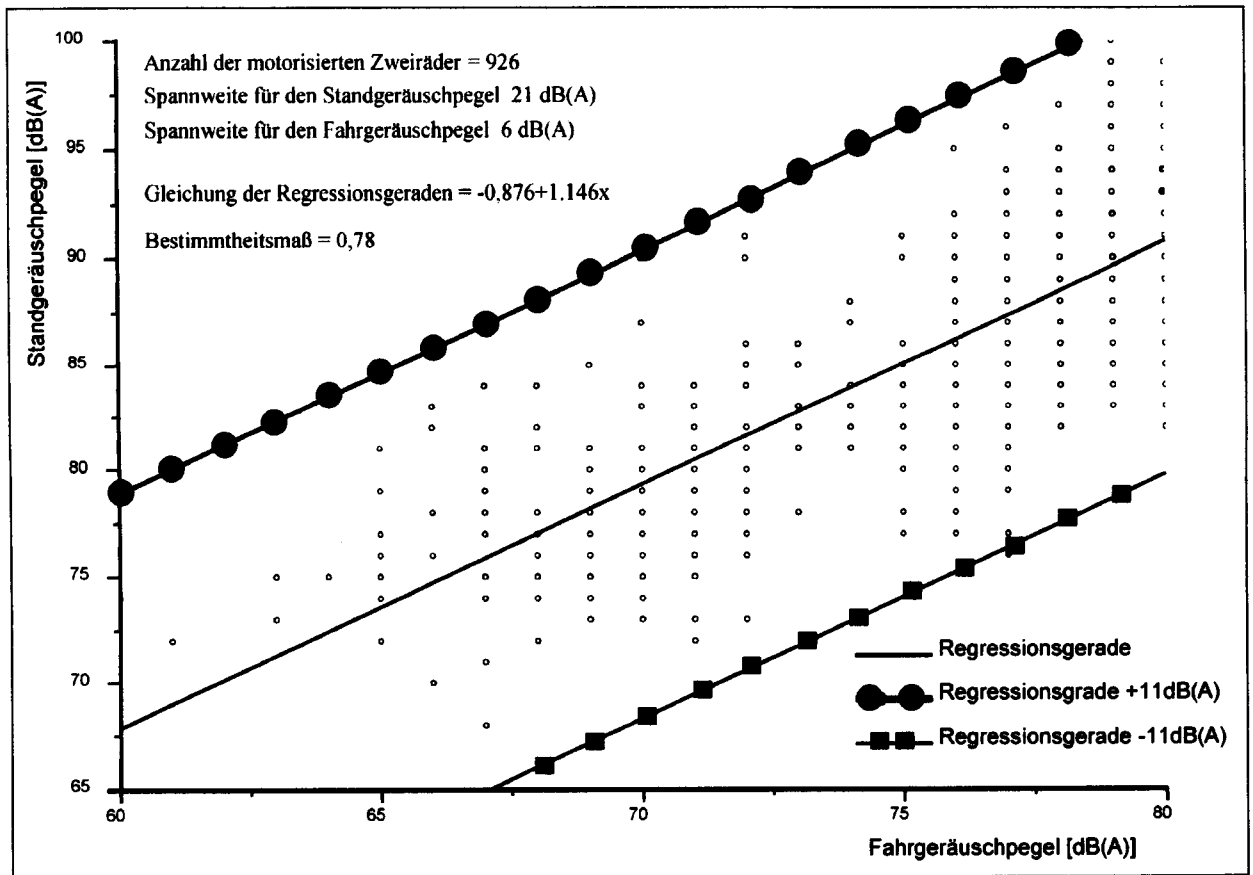


Bild 5.1: Darstellung der Standgeräuschpegel über den Fahrgeräuschpegeln, aus den Typgenehmigungsdaten des KBA

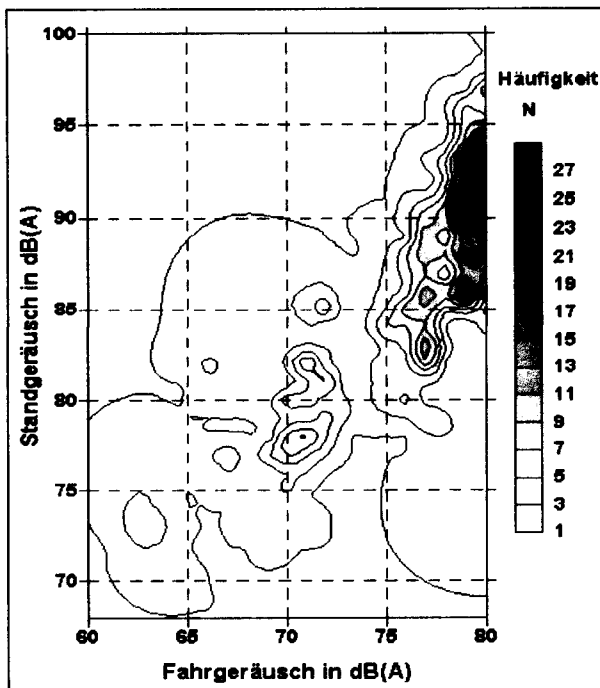


Bild 5.2: Darstellung der Isolinien der Häufigkeit der Standgeräuschpegel über den Fahrgeräuschpegeln, aus den Typgenehmigungsdaten des KBA

möglich wäre, dass jedoch die breite Streuung einzelner Pegel dem entgegensteht, siehe Bild 5.2.

In den Bildern 5.1 und 5.2 sind alle motorisierten Zweiräder in die Korrelation mit einbezogen. Wird die Korrelation nur für eine bestimmte Hubraumgröße berechnet, wird die Korrelation unbestimmt. Die Bilder 5.3 und 5.4 belegen dies.

5.2 Korrelation der Stand- und Fahrgeräuschmesswerte von im Verkehr befindlichen Fahrzeugen

Für eine Korrelation von Stand- und Fahrgeräuschpegeln, basierend auf Messwerten von Fahrzeugen im Verkehr, können die Daten der Polizeiaktion Kisslegg genutzt werden (s. Bild 5.5). Von 35 Fahrzeugen sind die Pegel von Fahr- und Standgeräusch gemessen worden. Der Vorteil dieser Messwerte ist, dass sie unabhängig vom Typzulassungsverfahren gemessen wurden und die Alterung von Motor und Auspuffschalldämpfer mit berücksichtigen, siehe auch die Ausführungen unter Kapitel 4.3.

In Bild 5.6 sind die Stand- und Fahrgeräuschpaarungen aufgetragen. Die Verteilung der Messpunkte verdeutlicht auch hier, dass keine Korrelation zwischen dem Stand- und dem Fahrgeräusch besteht.

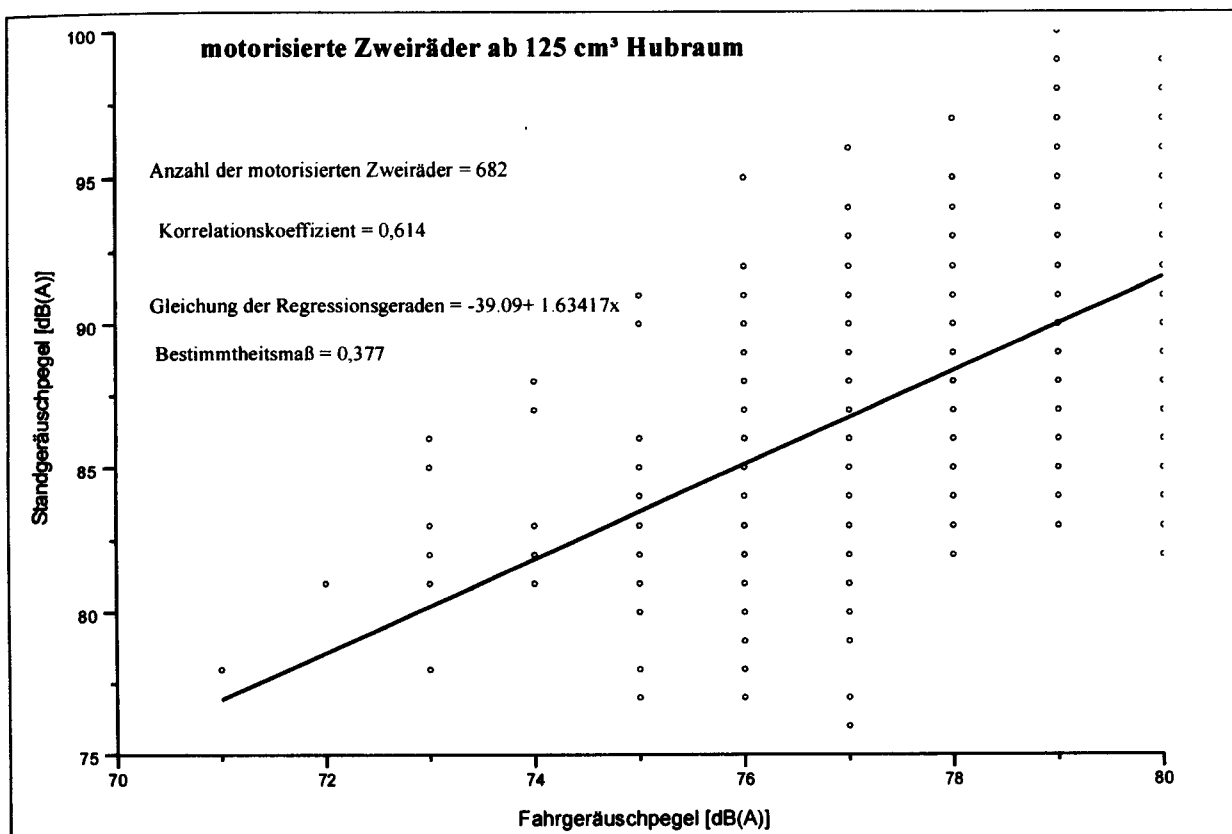


Bild 5.3: Darstellung der Standgeräuschpegel über den Fahrgeräuschpegeln, aus den Typgenehmigungsdaten des KBA, für Motorräder mit einem Hubraum > 125 cm³

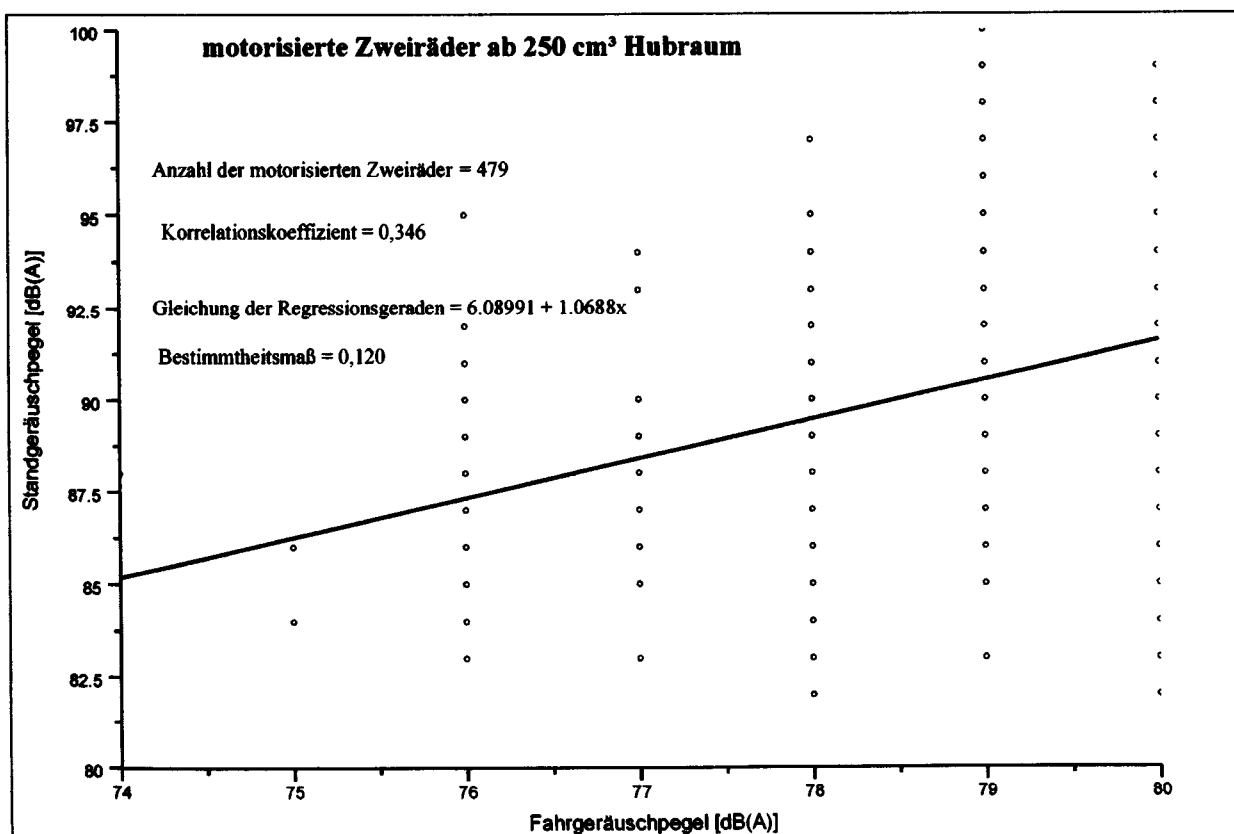


Bild 5.4: Darstellung der Standgeräuschpegel über den Fahrgeräuschpegeln, aus den Typgenehmigungsdaten des KBA, für Motorräder mit einem Hubraum > 250 cm³

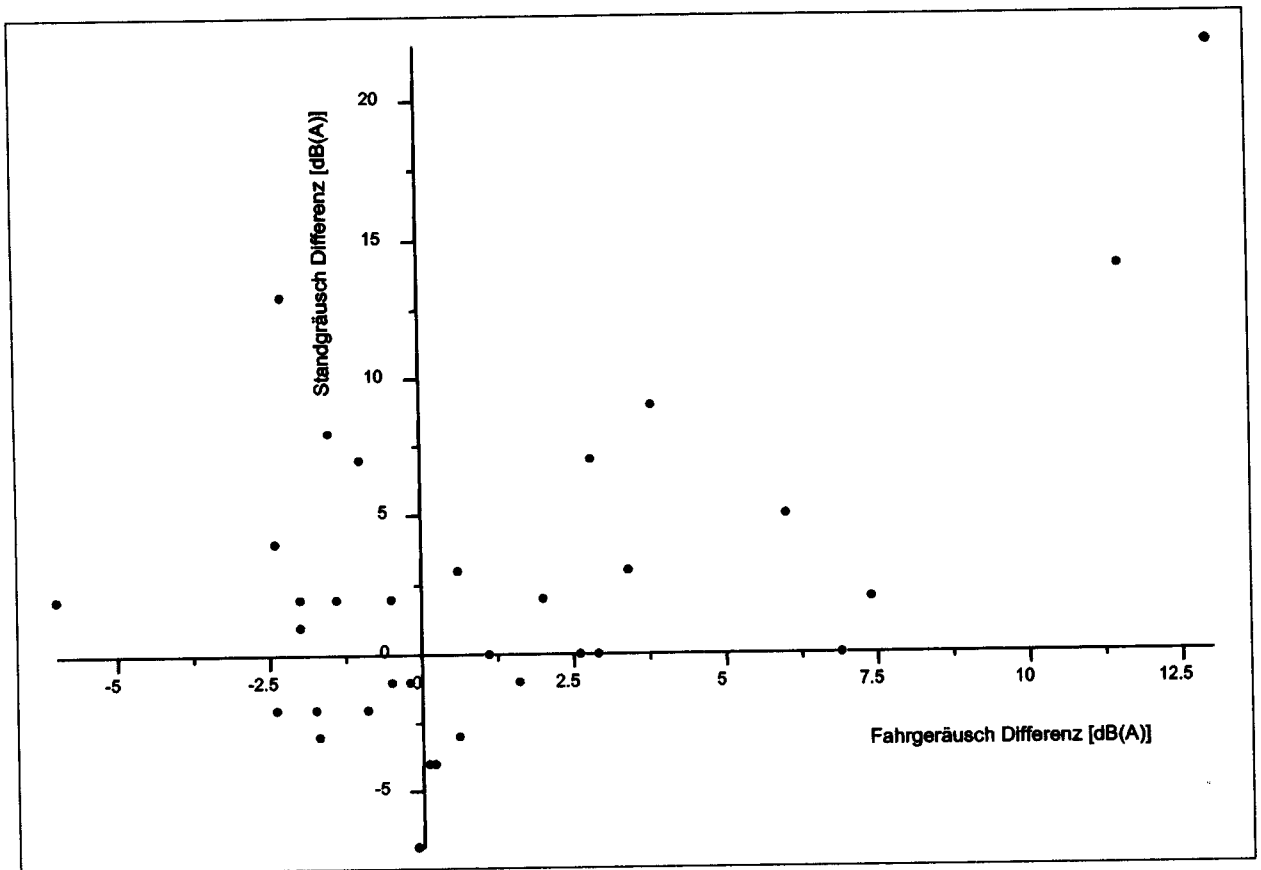


Bild 5.5: Verteilung der Wertepaare Stand/Fahrergeräuschdifferenz bei den Messungen in Kisslegg

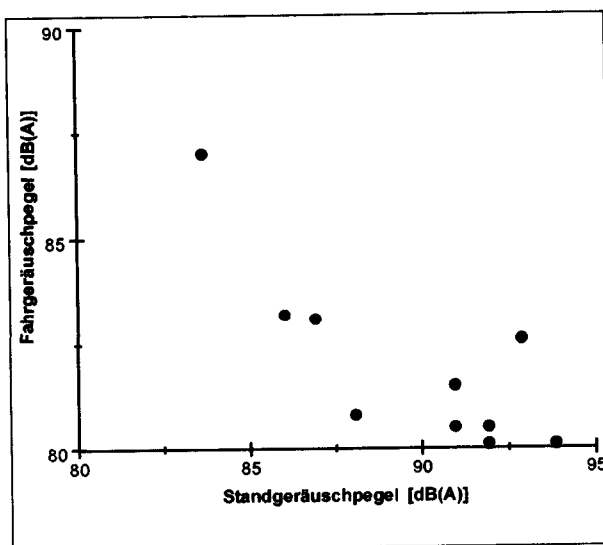


Bild 5.6: Verteilung der Messpunkte von Fahr- und Standgeräuschpegel bei neuwertigen Fahrzeugen

5.3 Korrelation der Stand- und Fahrergeräuschmesswerte von neuwertigen Fahrzeugen

Die in Kapitel 4.1 bezüglich der Standgeräuschmessung diskutierten Fahrzeuge sind ebenfalls einer Fahrergeräuschmessung entsprechend der

Richtlinie 97/24/EG unterzogen worden. Daher kann für diese Gruppe ebenfalls eine Korrelation von Stand- und Fahrergeräusch durchgeführt werden. Die Ziele und die Ausführung dieser Messungen werden in Kapitel 6 erläutert.

Wie die Darstellung in Bild 5.6 zeigt, kann bei diesen Fahrzeugen, bei denen die aktuell gemessenen Stand- und Fahrergeräuschpegel in Beziehung gesetzt wurden, kein plausibler funktionaler Zusammenhang zwischen diesen beiden Kenngrößen erkannt werden.

6 Die Fahrergeräuschprüfung von motorisierten Zweirädern

In Kapitel 4.3 wurde im Zusammenhang mit der gemeinsamen Messaktion der BAST und den Verkehrspolizeiinspektionen (VPI) Tübingen und Kempten bereits über die so genannte Fahrergeräuschmessung „light“ berichtet.

Diese vereinfachte Durchführung der Prüfverfahren für die Messung des Fahrergeräusches nach EU-Richtlinie 97/24/EG wird von Seiten der Mitglieder

des Beraterkreises als ein mögliches Verfahren zur Unterstützung der Standgeräuschmessung im Rahmen von Verkehrskontrollen angesehen.

Die VPI Tübingen schlug hierzu eine vereinfachte Fahrgeräuschmessung vor, die vereinzelt bereits erfolgreich von ihr angewendet wurde, so z. B. bei der o. g. Messaktion in der Nähe von Kisslegg.

Ergänzende Messungen der BAST sollten zeigen, welche Schallpegelmesswerte sich für eine Vorbeifahrt „light“ im Vergleich zu einer Messung nach Richtlinie 97/24/EG ergeben. Die Untersuchungen sollten zudem einen ersten Anhalt liefern, welche Toleranzen bei der Bewertung der Messergebnisse einer Vorbeifahrt „light“ zu berücksichtigen sind.

Es wurden insgesamt zwölf verschiedene Motorräder geprüft, wovon neun Fahrzeuge annähernd neuwertig waren, d. h., die Laufleistung war geringer als 10.000 km.

6.1 Vergleich von aktuellen Messwerten nach 97/24/EG mit Typprüfwerten

Auf der Freifläche der Fahrzeugtechnischen Versuchsanlage (FTVA) der BAST wurden zunächst die Untersuchungen mit den 12 Motorrädern nach Vorschrift der Richtlinie 97/24/EG durchgeführt.

Die Tabelle 6.1 zeigt als Ergebnis dieser Untersuchungen den Vergleich der aktuellen Messwerte nach 97/24/EG mit den zugehörigen Typprüfwerten („SOLL“). Die ermittelten Schallpegeldifferenzen zwischen den Messwerten und den Typprüfwerten aus den Fahrzeugpapieren wurden zusätzlich in Bild 6.1 grafisch dargestellt.

Es zeigte sich, dass die aktuellen Geräuschmesswerte in allen Fällen, teilweise sogar deutlich, über den Typprüfwerten lagen. Lediglich die Honda Hornet, die Yamaha FJR 1300 und die Harley Davidson VR1, weisen geringe Differenzen von bis zu 1,1 dB(A) auf.

Das Fahrzeug Suzuki DR-Z 400 SK“ wies eine ungewöhnlich hohe Schallpegeldifferenz von 8,0 dB(A) auf. Das Motorrad wurde hierauf von der Suzuki GmbH einer nachträglichen Überprüfung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass es hinsichtlich der montierten Bereifung (extrem grobstollige Off-Road-Reifen) und der Übersetzung des Endantriebes nicht dem Serienzustand entsprach.

Marke, Typ	Fahrgeräuschpegel [dB(A)]		
	„SOLL“	97/24/EG	Differenz zu „SOLL“
Suzuki GSX-600R (WVBG)	78	83,2	+ 5,2
Suzuki SV-650 (WVBY)	79	---	---
Honda Hornet CB 900 F (SC48)	79	79,8	+ 0,8
Yamaha FJR 1300 (RP04)	79	80,1	+ 1,1
BMW K12	79	80,5	+ 1,5
Kawasaki ZX 900 E	79	80,5	+ 1,5
Suzuki Bandit 1200 (WVA9)	79	80,8	+ 1,8
Suzuki (WVBU)	79	81,5	+ 2,5
Suzuki SV-1000 (WVBX)	79	83,1	+ 4,1
Suzuki DR-Z 400 SKS (kein Serienzustand!)	79	87,0	+ 8,0
Harley Davidson VR1	80	80,1	+ 0,1
BMW	80	82,6	+ 2,6

Tab. 6.1: Messwerte des Fahrgeräuschpegels nach 97/24/EG und Typprüfwerte

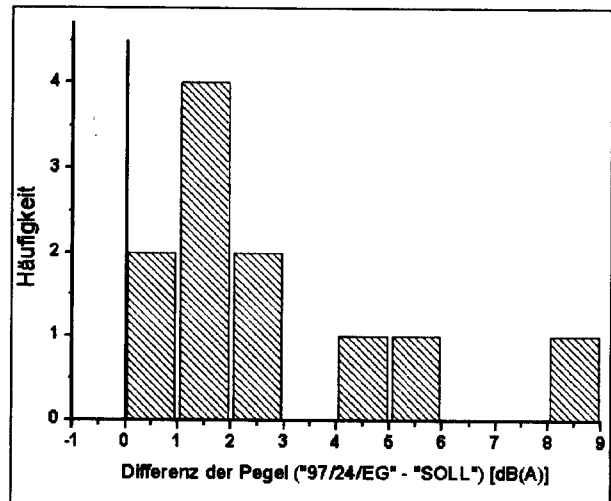


Bild 6.1: Vergleich der Fahrgeräuschpegel nach 97/24/EG mit Typprüfwerten aus dem Fahrzeugschein („SOLL“)

Für das Motorrad Suzuki SV-650 konnte kein Fahrgeräuschpegel nach Richtlinie 97/24/EG ermittelt werden. Das Fahrzeug zeigte bei der Einfahrt in die Messstrecke, infolge stark unregelmäßiger Füllung der Zylinder bei Betätigung der Drosselklappe, kein reproduzierbares Beschleunigungsverhalten. Wenn das Motorrad bereits sehr frühzeitig eine gleichmäßige Anfahrtsgeschwindigkeit aufwies, so zeigte sich stets ein sehr schlechtes Beschleunigungsverhalten und demzufolge ein niedriger Fahrgeräuschwert. In den Fällen, in denen gleichmäßige Geschwindigkeit erst wenige Meter vor der Linie AA' realisiert wurde, wurde eine gute Zylinderfüll-

lung erreicht und damit eine hohe Beschleunigung und ein hoher Geräuschpegel erzielt. Die Spannweite der Schallpegel lag im 2. Gang zwischen etwa 79 dB(A) und 87 dB(A). Die Richtlinie 97/24/EG beinhaltet hinsichtlich der beiden beobachteten Extremsituationen keinerlei Auswahlvorschriften, beide Situationen sind richtlinienkonform.

6.2 Die Fahrgeräuschmessung „light“

Die Prüfung der Fahrgeräusche nach der vereinfachten Methode, der so genannten Fahrgeräuschmessung „light“, wurde auf einer Landstraße in Köln-Porz durch die BASt durchgeführt (siehe Bild 6.2). Die Untersuchungen richteten sich prinzipiell nach den Prüfvorgaben der Richtlinie 97/24/EG.

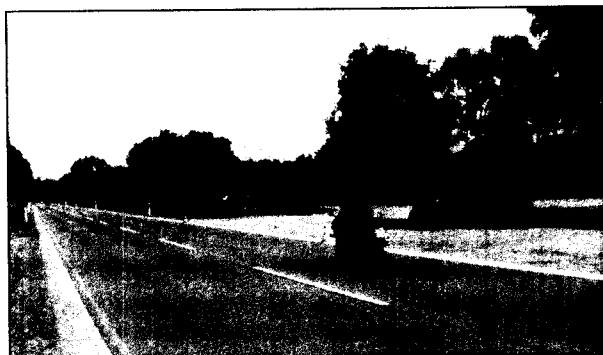


Bild 6.2: Durchführung der Fahrgeräuschmessung „light“

In folgenden Punkten wurde von den Prüfvorschriften abgewichen:

- **Fahrbahnbelag**
Die Asphaltoberfläche der Landstraße entsprach nicht der ISO 10844.
- **Messbedingungen**
Die Beschleunigungsstrecke war in der Mitte eines Fahrstreifens angelegt. Die Mikrofone waren abseits der Fahrbahn, zum einen auf einem unbefestigten Parkplatz und zum anderen im Zugang zu einem Waldweg positioniert (siehe Bild 6.3). Das Messumfeld entsprach damit nicht den Vorgaben der Richtlinie 97/24/EG.
- **Anfahrsgeschwindigkeit**
Die Geschwindigkeit der Motorräder betrug jeweils 50 km/h nach Tachometeranzeige. Hierdurch entfällt eine separate Geschwindigkeitsmessung bei der Anwendung der vereinfachten Methode im Rahmen einer Verkehrskontrolle. Die realen Fahrgeschwindigkeiten wurden mit Radar ermittelt und lagen durchschnittlich bei etwa 47 km/h.

Die für die o. g. zwölf, überwiegend neuwertigen Motorräder nach der Messmethode „light“ ermittelten Fahrgeräuschpegel sind in Tabelle 6.2 zusammen mit den zugehörigen Typprüfwerten („SOLL“) und den Ergebnissen der Messungen nach Richtlinie 97/24/EG (siehe Abschnitt 6.1) dargestellt.

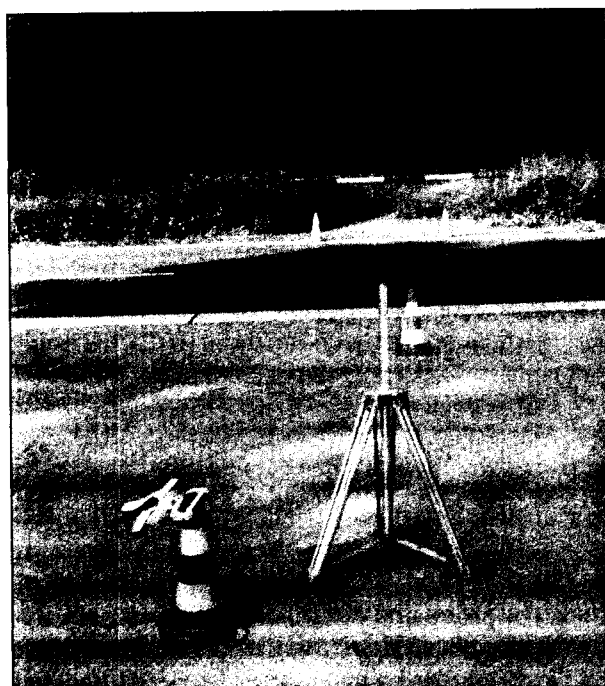


Bild 6.3: Position der Mikrofone

Für das Motorrad Suzuki SV-650 konnte wiederum kein Fahrgeräuschpegel ermittelt werden (siehe Abschnitt 6.1).

Zum Vergleich der Ergebnisse der Messmethode „light“ mit den Messwerten der Richtlinie wurden die entsprechenden Pegeldifferenzen ebenfalls in Tabelle 6.2 eingetragen und zusätzlich in Bild 6.4 grafisch dargestellt.

Es zeigt sich deutlich, dass die Fahrgeräuschmessung „light“ in der Regel zu reduzierten Schallpe-

geln gegenüber der Richtlinie 97/24/EG führt. Insgesamt 8 von 11 Motorrädern wiesen einen um bis zu 1,2 dB(A) reduzierten Schallpegel auf, lediglich bei 3 Motorrädern war der Pegelwert um bis zu 0,5 dB(A) erhöht.

Die gegenüber der Vorgabe der Richtlinie verringerte Anfahrtschwindigkeit ist als wesentliche Ursache für dieses Ergebnis zu sehen, da hieraus geringere Motordrehzahlen beim Beschleunigungsvorgang resultierten. In der Regel ist der Geräuschpegel direkt abhängig von der Drehzahl des Motors.

Marke, Typ	Fahrgeräuschpegel [dB(A)]			
	„SOLL“	97/24/EG	„light“	Differenz („light“ - „97/24/EG“)
Suzuki GSX-600R	78	83,2	82,4	- 0,8
Suzuki SV-650	79	---	---	---
Honda Hornet CB 900 F	79	79,8	79,7	- 0,1
Yamaha FJR 1300	79	80,1	80,6	+ 0,5
BMW K12	79	80,5	81,0	+ 0,5
Kawasaki ZX 900 E	79	80,5	80,1	- 0,4
Suzuki Bandit 1200	79	80,8	79,6	- 1,2
Suzuki WVB	79	81,5	81,0	- 0,5
Suzuki SV-1000	79	83,1	82,1	- 1,0
Suzuki DR-Z 400 SKS	79	87,0	86,5	- 0,5
Harley Davidson VR1	80	80,1	80,4	+ 0,3
BMW R 1150 GS	80	82,6	81,1	- 1,5

Tab. 6.2: Messwerte für die „Vorbeifahrt light“ und nach Richtlinie 97/24/EG

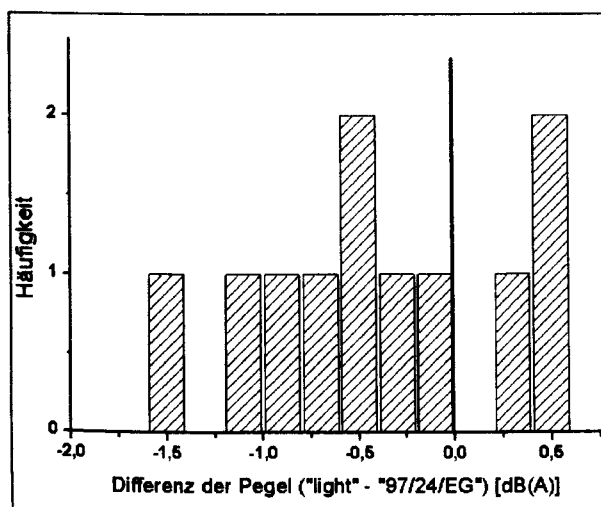


Bild 6.4: Vergleich der Schallpegel für die „Vorbeifahrt light“ und nach Richtlinie 97/24/EG

Bei einigen der geprüften Fahrzeuge war bereits während der Messungen auffällig, dass, trotz Abweichungen bei der Anfahrtschwindigkeit von +/- 2 km/h, konstante Geräuschpegel gemessen wurden. Diese Motorräder zeigten beim Vergleich zwischen Messmethode „light“ und der Richtlinie 97/24/EG keine Reduzierung der Schallpegel, da sie offensichtlich über einen größeren Drehzahlbereich annähernd konstante Geräuschemissionen aufweisen.

Die Untersuchungen deuten darauf hin, dass für viele Motorräder die eventuell Pegel erhöhenden Störeinflüsse durch die Umgebungsbedingungen gegenüber dem Pegel reduzierenden Einfluss der geringeren Anfahrtschwindigkeit vernachlässigt werden können. Da es jedoch offensichtlich Fahrzeuge gibt, für die dieser Vorteil bei der Fahrgeräuschprüfung „light“ nicht gegeben ist, müssten in jedem Fall bei einer Anwendung dieser vereinfachten Methode Fehler berücksichtigt werden.

Prinzipiell zeigt die Fahrgeräuschprüfung „light“ ein gutes Potenzial als Verfahren zur Unterstützung der Standgeräuschmessung im Rahmen von Verkehrskontrollen.

7 Prüfanweisung für die Durchführung einer Standgeräuschmessung

Die nachfolgende Prüfanweisung soll als Vorlage für das BMVBW zur Neugestaltung der „Richtlinie für die Überprüfung des Standgeräusches motorisierter Zweiräder im Rahmen der regelmäßigen technischen Überwachung der Fahrzeuge nach § 29 StVZO (Richtlinie zur Standgeräuschmessung) sowie zur Kontrolle der Geräuschemission im Verkehr befindlicher Fahrzeuge“ dienen.

7.1 Anwendungsbereich

Die Prüfanweisung dient der Überprüfung der Geräuschemission von motorisierten Zweirädern. Sie kann Anwendung finden bei der Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO.

Grundlage der Standgeräuschmessung ist die Richtlinie 97/24/EG, in der im Rahmen der Typzulassung die Messung eines Geräuschpegels für das Standgeräusch gefordert wird. Dieser Standgeräuschpegel soll die Kontrolle von Fahrzeugen im Verkehr ermöglichen. In Deutschland wird dieser Standgeräuschpegel in die Fahrzeugpapiere eingetragen. Bei Fahrzeugen, die über eine EG-Zulassung zum Verkehr zugelassen werden, ist dieser Wert gemeinsam mit der Messdrehzahl auf einem Datenschild am Fahrzeugrahmen aufgeführt.

7.2 Messsystem (Geräusch- und Drehzahl-Messgeräte)

Die Geräusch-Messgeräte müssen den Anforderungen an Präzisions-Schallpegelmesser nach der Norm IEC 60651 (Klasse 1) oder EN DIN IEC 61672-1 entsprechen. Die Drehzahlmesser dürfen maximal einen Fehler von $\pm 3\%$ aufweisen. Die Messung muss unabhängig von Motorbauart, Zünd- und Gemischbildungssystem durchgeführt werden können.

Zu Beginn und am Ende jeder Messreihe (eine Kalibrierung pro Tag) ist das Schallpegelmessgerät nach den Angaben des Herstellers mit einer geeigneten Schallquelle zu kalibrieren.

Geräusch- und Drehzahlmessgerät sollten über eine Kommunikationsschnittstelle zum Datenaustausch verfügen. Es muss sichergestellt sein, dass die Schallpegelmessung nur dann erfolgen kann, wenn die Messdrehzahl für eine Dauer von 2 Sekunden innerhalb eines Bereiches von $\pm 5\%$ von der Messdrehzahl gehalten wird. Die Schallmessung muss also mit dem Bediener interagierend rechnergesteuert erfolgen.

7.3 Messbedingungen

7.3.1 Zustand des Kraftrades

Vor Beginn der Messungen ist der Kraftradmotor auf die normale Betriebstemperatur zu bringen. Bei automatisch gesteuerten Lüftern darf im Lauf der

Geräuschmessung nicht in die Schaltautomatik eingegriffen werden.

Während der Messungen muss sich der Wählhebel des Getriebes in Leerlaufstellung befinden. Ist eine Unterbrechung der Kraftübertragung nicht möglich, so ist das Antriebsrad frei laufen zu lassen, indem das Fahrzeug beispielsweise aufgebockt wird. Für die Messung solcher Automatikfahrzeuge sind geeignete Hilfseinrichtungen vorzuhalten.

7.3.2 Prüfgelände

Als Prüfgelände darf jeder Platz verwendet werden, an dem es keine nennenswerten akustischen Störungen gibt. Insbesondere eignen sich dazu ebene Flächen, die mit Beton, Asphalt oder einem anderen harten Material überzogen sind und eine hohe Schallreflexion aufweisen, ausgeschlossen sind Flächen auf festgewalzter Erde.

Das Prüfgelände muss mindestens die Abmessungen eines Rechtecks haben, dessen Seiten 3 m von den Umrissen des Kraftrades (ausschließlich Lenker) entfernt sind. Darin dürfen sich außer dem Fahrer und dem Messbeobachter keine nennenswerten Hindernisse befinden.

Das Fahrzeug ist innerhalb des Rechtecks so zu positionieren, dass das Messmikrofon zu eventuell vorhandenen Bordsteinkanten einen Abstand von mindestens 1 m hat.

7.3.3 Sonstiges

Durch Störgeräuscheinflüsse, Umgebungsgeräusche und Wind, hervorgerufene Anzeigen des Messgerätes müssen mindestens 10 dB(A) unter dem zu messenden Geräuschpegel liegen.

Es darf ein Windschutz am Mikrofon angebracht werden, sofern dessen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Mikrofons berücksichtigt wird.

7.4 Messmethode

7.4.1 Art und Anzahl der Messungen

Während des Betriebsablaufs nach 7.3 ist der A-bewertete maximale Geräuschpegel in Dezibel (dB) zu messen.

An jedem Messpunkt sind mindestens 3 Messungen vorzunehmen.

7.4.2 Mikrofonstellungen

Das Mikrofon ist in der Höhe der Auspuffmündung aufzustellen, in keinem Fall jedoch niedriger als 0,2 m über der Fahrbahnoberfläche. Die Ausrichtung der Kapsel des Mikrofons gegen die Ausströmöffnung der Abgase ist mittels einer Positionierungslehre vorzunehmen. Diese muss gewährleisten, das die Mikrofonkapsel zu dieser Öffnung einen Abstand von $0,5\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$ hat und dass die Achse der größten Empfindlichkeit des Mikrofons parallel zur Fahrbahnoberfläche und unter einem Winkel von $45^\circ \pm 5^\circ$ zu der senkrechten Ebene, in der die Austrittsrichtung der Abgase liegt, verläuft. Mit Bezug auf diese senkrechte Ebene ist das Mikrofon auf der Seite aufzustellen, die den größtmöglichen Abstand zum Umriss des Kraftrades zulässt (ausschließlich Lenker). Hat das Auspuffsystem mehrere Mündungen, deren Mittenabstand nicht größer als 0,3 m ist, so ist das Mikrofon der Mündung zuzuordnen, die dem Kraftradumriss (ausschließlich Lenker) am nächsten liegt oder die den größten Abstand von der Fahrbahnoberfläche hat. Beträgt der Mittenabstand der Mündungen mehr als 0,3 m, so sind getrennte Messungen für jede Auspuffmündung vorzunehmen, wobei der größte gemessene Wert festzuhalten ist.

7.4.3 Betriebsbedingungen

Die Drehzahl des Motors ist für die Dauer von mindestens 1 s in einem der beiden Drehzahlbänder zu halten:

- $1/2 S \pm 5\%$, wenn S größer als 5.000 min^{-1}
- $3/4 S \pm 5\%$, wenn S kleiner oder gleich 5.000 min^{-1} ist.

„S“ steht für Nennleistungsdrehzahl.

Die Geräuschemessung darf nur durchgeführt werden, wenn diese Bedingungen eingehalten werden. Dieses muss in geeigneter Weise dokumentiert werden oder muss Bestandteil der Messroutine der Messeinrichtung sein.

Nach erfolgreich ermitteltem Messwert (Anzeige am Gerät) ist die Betätigungseinrichtung der Drosselklappe plötzlich in Leerlaufstellung zurückzunehmen. Der Schallpegel ist während des Betriebsablaufs, der die Verweildauer im Drehzahlband und mindestens eine Verzögerung der Motordrehzahl auf einen Wert von 50 % des Messwertes umfasst, zu messen, wobei als Messwert der maximale Anzeigewert gilt.

7.5 Ergebnisse (Prüfprotokoll)

Es ist ein Prüfprotokoll zu erstellen oder, bei Verwendung eines Messsystems mit integriertem Messprogramm, das die vorgenannten Parameter einhält, das Messergebnis als Prüfprotokoll auszudrucken.

- In dem Prüfprotokoll sind alle erforderlichen, insbesondere auch die zur Messung des Standgeräuschs gehörenden Angaben zu vermerken.
- Die Messwerte sind am Messgerät abzulesen und auf das nächstliegende ganze Dezibel auf bzw. abzurunden.

Folgt dem Komma eine Ziffer zwischen 0 und 4, wird abgerundet; folgt ihm eine Ziffer zwischen 5 und 9, wird aufgerundet.

Es sind nur Messwerte zu verwenden, deren Differenz bei drei aufeinander folgenden Messungen nicht größer als 2 dB (A) ist.

- Als Ergebnis gilt der höchste dieser drei Messwerte.

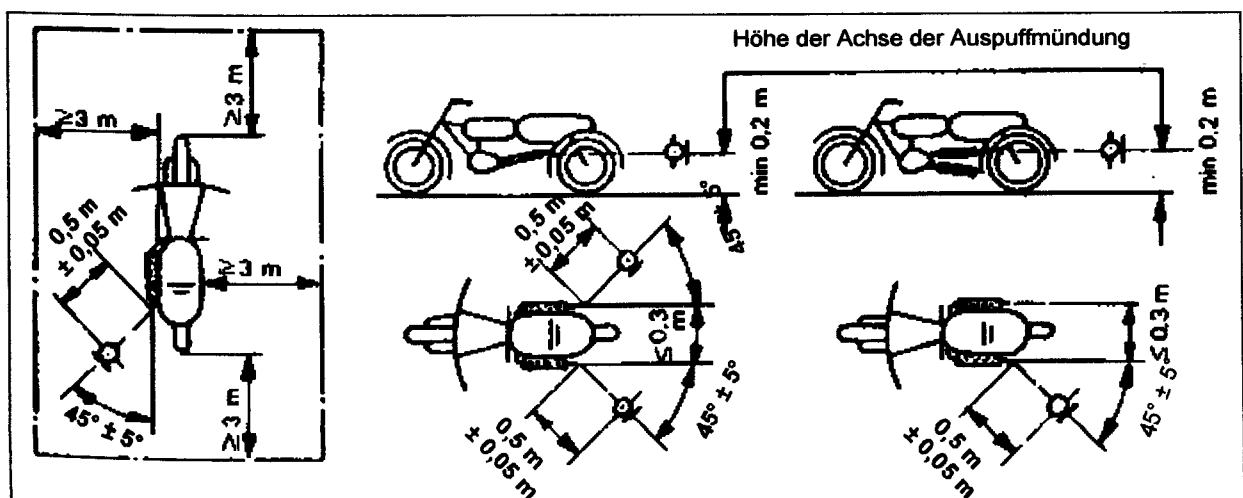


Bild 7.1: Mikrofonposition bei der Standgeräuschemessung an motorisierten Zweirädern

8 Zusammenfassung

Durch den motorisierten Straßenverkehr wird die Bevölkerung in Deutschland einer hohen Geräuschbelastung ausgesetzt. Durch gesetzliche Anforderungen, Vorschriften und Grenzwerte für die Geräuschemission von motorisierten Kraftfahrzeugen konnte diese Emissionsbelastung auf die Umwelt infolge von Fahrzeugverschleiß oder Fehlverhalten von Fahrzeugführern nicht entscheidend verringert werden.

Besonders motorisierte Zweiräder werden im Straßenverkehr häufig als zu laute Fahrzeuge wahrgenommen. Die typischen Geräuschemissionen von Motorrädern werden durch Defekte oder Manipulationen am Ansaug- oder Auspuffschalldämpfer in Einzelfällen stark erhöht. Für die Feststellung auffällig lauter Motorräder im Verkehr oder bei der regelmäßigen technischen Fahrzeugüberwachung (Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO) soll der in den Fahrzeugpapieren eingetragene Standgeräuschpegel als Vergleichsgröße für die maximalen Geräuschemissionen dienen. Für die Höhe des Standgeräuschpegels existiert kein Grenzwert, der bei der Typzulassung zu messende Wert wird in die Fahrzeugpapiere eingetragen.

Zurzeit gibt es keine speziellen Ausführungsbestimmungen für die Standgeräuschprüfung von Fahrzeugen im Verkehr, die den ausführenden Polizeibeamten zu einer abschließenden Beurteilung befähigen. Dadurch ist die Ahndung einer Manipulation oder ungenügenden Wartung der Auspuffanlage durch den kontrollierenden Polizisten nur indirekt und zeitlich verzögert, durch das Hinzuziehen eines Sachverständigen, möglich.

Das Bundesverkehrsministerium hat daher die BASt beauftragt, für die Standgeräuschmessung an Motorrädern geeignete Geräte, Ausführungsbestimmungen und Toleranzen zu bestimmen, um eine justitiable Standgeräuschmessung während einer Verkehrskontrolle und im Rahmen der HU zu ermöglichen.

Neben Grundlagenuntersuchungen zur Streuung der Messgeräte und anderer Einflüsse auf das Messverfahren sollten Standgeräuschmessungen an neuen Krädern, zur Abschätzung der Serienspreuung, durchgeführt werden. Die Relevanz des Problems der lauten motorisierten Zweiräder sollte durch Standgeräuschmessungen an einer ausreichend großen Zahl Fahrzeugen, die per Zufallsprobe z. B. im Rahmen einer allgemeinen Ver-

kehrskontrolle ausgesucht werden, sowie an Fahrzeugen, die zur periodischen HU nach § 29 StVZO an technischen Prüfstellen vorgeführt werden, nachgewiesen werden.

Auf Wunsch des BMVBW wurde ein Beraterkreis zur Projektbegleitung eingerichtet. Von diesem wurde die grundsätzliche Frage gestellt, ob die Standgeräuschmessung geeignet ist, um auffällige (laute) motorisierte Zweiräder bestimmen zu können? Dazu sollte u. a. festgestellt werden, ob die Standgeräuschmesswerte mit denen der Fahrgeräuschmessung korrelieren. Weiterhin wurde von diesem Kreis die Suche nach einem Ersatz für die Standgeräuschmessung angeregt und mit dem Vorschlag einer Fahrgeräuschmessung „light“ auch konkretisiert.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen zusammengefasst:

- Streuung der Messwerte durch geräte- und durch die Richtlinie bedingte Fehlereinflüsse

Die Untersuchungen ergaben, dass die Standgeräuschmessung an Motorrädern mit genügender Genauigkeit durchgeführt werden kann. Das gilt insbesondere für die Messgeräte, die in dieser Untersuchung erfolgreich auf ihre Eignung hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit unter realen Einsatzbedingungen erprobt wurden. Ausschlaggebend dafür war die Geräteeigenschaft der rechnergesteuerten Schallpegelmessung, die nur dann erfolgte, wenn die Messdrehzahl in einem Bereich von $\pm 5\%$ zur Solldrehzahl gehalten wurde.

Die Vorschriften der Richtlinie 97/24/EG sind nicht in allen Punkten eindeutig. Die in der Richtlinie erlaubte Winkelabweichung von $\pm 10^\circ$ bei der Ausrichtung der Mikrofonskapsel zur Auspuffmündung und das Fehlen einer Abweichung von der Mikrofondistanz, die mit 0,5 m angegeben ist, führen zu unnötig großen Toleranzen bei einer Schallpegelmessung im Nahfeld.

Besonders schwer wiegend für eine reproduzierbare Messung ist die fehlende Angabe eines Drehzahlbereichs, in dem die Standgeräuschmessung durchgeführt werden soll. In der Regelung wird nur eine diskrete Drehzahl angegeben. Diese Messbedingung ist bei einem Verbrennungsmotor nicht zu realisieren, insbeson-

dere nicht bei einem Motor für ein Zweirad. Für eine anwendbare Prüfvorschrift sollte hier unbedingt ein tolerierter Messbereich angegeben werden, z. B. $1/2$ Nenndrehzahl $\pm 5\%$. Des Weiteren ist die Anweisung für die Schallpegelmessung nach dem Erreichen der Messdrehzahl nicht bestimmt genug. Es sollte eine zeitliche Vorgabe, z. B. eine Sekunde, angegeben werden.

- Abschätzung der Serienstreuung und weitere Toleranzen

Es kann nicht erwartet werden, dass ein Motorwert, der beispielhaft an einem Fahrzeug gemessen wurde, an einem anderen Fahrzeug des gleichen Typs in genau gleicher Höhe bestätigt wird. Daher sind solche Kennwerte, sofern sie eine gesetzliche Funktion haben, als Grenzwert angegeben oder werden mit einer Toleranz versehen. Für den Standgeräuschpegel existiert kein Grenzwert, er wird bei einem Fahrzeugtyp, der den Grenzwert für das Fahrgeräusch einhält, als ein Betriebspunkt zur späteren Kontrolle gemessen. Für die nationale Anwendung einer Prüfung zur Einhaltung des Standgeräuschmesswertes wird zurzeit eine Toleranz von 5 dB(A) für den bei der Typzulassung gemessenen Standgeräuschpegel angewendet. Außerdem lässt sich aus den Bestimmungen für Ersatzschalldämpfer indirekt eine Toleranz von 3 dB(A) ableiten.

Die Vergleichsmessungen, die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wurden, zeigen, dass vom Messverfahren her eine Toleranz von 3 dB(A) möglich ist. Durch die Ergebnisse dieser Untersuchung bezüglich des Einflusses der Alterung kann zurzeit eine Toleranz von 3 dB(A) nicht gehalten werden, die bisherige Toleranz von 5 dB(A) sollte beibehalten werden. Wie die entsprechenden Untersuchungsergebnisse zeigen, ist dieser Wert bei nicht manipulierten und normal gewarteten Fahrzeugen einzuhalten. Diese Toleranz sollte Eingang in die Richtlinie finden, damit die Hersteller von motorisierten Zweirädern ein Entwicklungsziel haben und im Fall eines messbaren technischen Fortschritts diese Toleranzgröße abgesenkt werden kann.

Die Untersuchungen zeigten, dass für den Messgeräte-, Messverfahrens- und Drehzahl-einfluss der Fahrzeuge eine Toleranzvorgabe

von 3 dB(A) notwendig ist. Die Einflüsse durch die unterschiedlichen Fahrzeuge (Serienstreuung und Alterung) erfordern eine zusätzliche Toleranz von 2 dB(A).

- Standgeräuschmessungen im Rahmen der HU

Die Prüfung von 50 Fahrzeugen, die zur HU nach § 29 StVZO einer technischen Prüfstelle vorgeführt wurden, bestätigte die Annahme, dass Motorräder, die zur HU vorgeführt werden, in einem besseren Zustand sind als der Durchschnitt der im Verkehr befindlichen motorisierten Zweiräder.

Bei 58 % dieser Fahrzeuge wurde ein Pegel gemessen, der niedriger oder gleich dem Pegel war, der in den Fahrzeugpapieren eingetragen war. Nur bei zwei motorisierten Zweirädern wurden Standgeräuschpegel gemessen, die diesen Wert um mehr als 5 dB(A) überschritten.

- Stand- und Fahrgeräuschmessungen im Rahmen einer allgemeinen Verkehrskontrolle

Im Rahmen einer allgemeinen Verkehrskontrolle bei Kisslegg wurden Stand- und Fahrgeräuschmessungen an insgesamt 40 Fahrzeugen durchgeführt, die auf einem Autobahnteilstück aus dem Verkehr ausgesondert wurden. Die Aussonderung erfolgte per Zufallsstichprobe, d. h., es erfolgte keine Vorauswahl hinsichtlich auffälliger Motorräder.

Die Ergebnisse der Standgeräuschmessungen dieser und einer weiteren Messkampagne der VPI Kempten in Oberjoch zeigten, dass Fahrzeuge, die weder manipuliert noch augenscheinlich defekt sind, bereits Abweichungen von bis zu 3 dB(A) gegenüber dem Typprüfwert aufweisen können. Die Abweichung, die durch Alterung verursacht wird und einen beginnenden Defekt anzeigt, reicht bis 5 dB(A).

Bei der Prüfung der Fahrgeräusche nach einer vereinfachten Prüfvorschrift „light“ zeigte sich, dass etwa 57 % der Fahrzeuge einen geringeren Schallpegel gegenüber dem Typprüfwert aufwiesen. Dieses Ergebnis ist primär auf die verringerte Anfahrsgeschwindigkeit, 50 km/h nach Tachometeranzeige, bei der Fahrgeräuschprüfung „light“ zurückzuführen.

Vergleicht man die Anteile der auffälligen Fahrzeuge bei der Stand- und bei der Fahrge-

räuschmessung, so wurden bei der Prüfung des Fahrgeräuschs mehr Fahrzeuge als auffällig erkannt.

Die subjektive Beurteilung der Geräuschemission eines motorisierten Zweirades stimmt in der Mehrzahl der Fälle mit dem Ergebnis der Geräuschmessung überein. Bei fünf Fahrzeugen erfolgte keine subjektive Beurteilung. Nur in einem Fall (Standgeräuschpegeldifferenz +7 dB(A)) wäre ein zu lautes Fahrzeug nicht erkannt worden.

- Korrelation zwischen Stand- und Fahrgeräusch

Durch die Analyse der KBA-Statistik der Typzulassungswerte für Stand- und Fahrgeräusch konnte nachgewiesen werden, dass keine Korrelation zwischen Stand- und Fahrgeräusch besteht. Durch Vergleichsmessungen von Stand- und Fahrgeräusch im Rahmen einer Verkehrskontrolle konnte dies auch bei nicht neuwertigen Fahrzeugen bestätigt werden. Da die Standgeräuschmessung bei einer diskreten Drehzahl durchgeführt wird, die Fahrgeräuschmessung jedoch über einen Drehzahlbereich (beschleunigte Vorbeifahrt), ist auch durch die unterschiedliche Motorlast, die Voraussetzung für eine Korrelation der Geräuschpegel gering.

- Eignung der vereinfachten Fahrgeräuschmessung „light“

Durch die Standgeräuschmessung können auffällig laute motorisierte Zweiräder festgestellt werden. Allerdings lässt diese Messung, aufgrund der begrenzten Korrelation von Stand- und Fahrgeräusch, nur bedingt Rückschlüsse auf andere relevante Betriebszustände zu. Daher wäre es wünschenswert, eine Fahrgeräuschprüfung entsprechend der Richtlinie 97/24/EG im Rahmen von Verkehrskontrollen durchzuführen. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit scheint die vereinfachte Fahrgeräuschprüfung „light“ eine Möglichkeit zu bieten, in Kombination mit der Standgeräuschmessung, motorisierte Zweiräder im Rahmen von Verkehrskontrollen umfassender zu überprüfen. Durch diese Messung kann prinzipiell, mit relativ geringem Aufwand, neben dem Standgeräusch ein weiterer Betriebszustand des Fahrzeuges erfasst werden und somit die Aussagekraft der Prüfung erhöht werden. Die Geräuschmessung im Verkehr und bei der wiederkehren-

den Fahrzeugüberwachung sollte vermehrt auch in internationalen Gremien diskutiert werden.

Die Messungen im Rahmen von Biker-Treffs können nur wenig zu dem Problem der Standgeräuschmessung beitragen. Sie zeigen jedoch, wie laut bereits ein Fahrzeug sein kann, das im Stand mit erhöhtem Leerlauf betrieben wird. Daher sollte dem Betriebspunkt Standgeräusch bei der Beurteilung eines motorisierten Zweirades eine adäquate Bedeutung zukommen.

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse sind in einer überarbeiteten Prüfanweisung berücksichtigt worden.

9 Literatur

- [1] BRAUN, KONITZER: „Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung“, Bonn, Kirschbaum Verlag, 2001
- [2] BETZL, W.: „Messung der Geräuschentwicklung in Form einer Nahfeldmessung“, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1974
- [3] BARTOLOMAEUS et al.: „Standgeräuschmessung im Nahfeld von Kraftfahrzeugen“, Projektbericht der BASt, Bergisch Gladbach, Mai 2001
- [4] Kraftfahrt-Bundesamt: „Kraftstoffverbrauchs- und Emissions-Typprüfwerte von Kraftfahrzeugen mit Allgemeiner Betriebserlaubnis oder EG-Typgenehmigung“, Flensburg, 12. Ausgabe, April 2002
- [5] BMV: „Richtlinie für die Messung des Standgeräusches von Kraftfahrzeugen im Nahfeld im Rahmen der obligatorischen Überwachung nach § 29 StVZO und der Anlage VIII StVZO“, Verkehrsblatt, Heft 1-1976, Bonn

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

1993

- F 1: Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw
Faerber, Wobben € 12,50
- F 2: Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50
- F 3: Sicherheit von Motorradhelmen
Zellmer € 11,00
- F 4: Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typprüfverfahren
Richter, Michelmann
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüfvorgangs für Fahrzeuge mit Katalysator
Albus € 13,50

1994

- F 5: Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz
Bamberg, Zellmer € 11,00
- F 6: Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport
Wobben, Zahn € 12,50
- F 7: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
P. Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00
- F 8: Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50
- F 9: Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Straßenbedingungen
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 11,00

1995

- F 10: Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern
Damasky € 12,50
- F 11: Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays
Mutschler € 16,50
- F 12: Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern
Zellmer, Schmid
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern
Zellmer € 12,00
- F 13: Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen
Sander € 11,50

1996

- F 14: Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall - Entwicklung eines Prüfverfahrens
Glaeser € 15,50

F 15: Verkehrssicherheit von Fahrrädern

Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fahrrädern

Heinrich, von der Osten-Sacken

Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“

Nicklisch € 22,50

F 16: Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen

Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50

F 17: Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen - Problemanalyse und Verfahrenskonzept

Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50

F 18: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS

Präckel € 14,50

F 19: Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der Hauptuntersuchung

Pullwitt € 11,50

F 20: Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße und im Prüfstand

Sander € 13,00

F 21: Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe

Fach € 14,00

1997

F 22: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzeitiger Motorabschaltung

Bugsel, Albus, Sievert € 10,50

F 23: Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase

Berg, Mayer € 19,50

1998

F 24: Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes

Kalliske, Albus, Faerber € 12,00

F 25: Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern

Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

1999

F 26: Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-Regelsysteme

Schweers € 11,50

F 27: Betriebslasten an Fahrrädern

Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50

F 28: Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen

Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

2000

F 29: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen

Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen

Glaeser

Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen

Äubel € 13,00

F 30: Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen

Faber € 12,50

F 31: Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen

Otte € 12,50

F 32: Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BAST - Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach

€ 14,00

F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

2001

F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00

F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00

F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00

F 37: Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor - G-Kat
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50

F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

2002

F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50

F 40: Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

2003

F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00

F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstiegssystems bei Reisebussen
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00

F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall
Nett € 16,50

F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

2004

F 45: Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im Rahmen der WMTC-Aktivitäten
Steven € 12,50

F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit
Funke, Winner € 12,00

F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen
Jahn, Oehme, Rösler, Krems € 13,50

F 48: Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 STVZO
Pullwitt, Redmann € 13,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.