



Gehört das Martinshorn aufs Dach?

**Lärmbelastung und Signalwirkung
bei verschiedenen Montageplätzen
am Polizeifahrzeug**



Die Untersuchungen wurden durchgeführt
in Zusammenarbeit und mit Unterstützung
der **Deutschen Hochschule der Polizei**, Münster

und waren Gegenstand der Bachelor-Abschlussarbeiten
der Studenten:

Martin Kelm

Thomas Willgeroth

Wolfgang Häfner

Florian Brosig

Marcel Brix

Giovanni Cavallo

Christian Roschanski



Inhalt

- **Einführung**
 - Problemstellung
 - Dachmontage / Frontmontage
 - Mess-System
- **Untersuchung der Lärmbelastung**
 - Messungen im Stillstand
 - Messungen auf der Autobahn
 - Messungen während einer simulierten Einsatzfahrt
 - Vergleich der Montageplätze
- **Untersuchung der Signalwirkung**
 - Messungen im ferneren Umfeld
 - Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
 - Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
 - Messung während Fahrt
 - Vergleich der Montageplätze
- **Weitere Argumente**
- **Fazit und Ausblick**



■ Einführung

- Problemstellung
- Dachmontage / Frontmontage
- Mess-System



Problemstellung

- Durch in Kraft treten der EG - Richtlinie „Lärm“ 2003/10/EG zum 15.02.2003 und die Umsetzung in nationales Recht bis zum 15.02.2006 müssen die Lärmbelastungen innerhalb von Polizeifahrzeugen neu bewertet werden.
- Die Umsetzung erfolgte im Frühjahr 2007.
- Die EU-Richtlinie beruft sich auf die ISO-Norm 1999:1990, die die Möglichkeit eines Impulszuschlages erwähnt
In der nationalen Richtlinie gibt es keinen Impulszuschlag.
- Maßgeblich ist der auf 8 Stunden bezogene, A-bewertete Expositionspegel $L_{EX,8h}$



Bewertung der Messungen

Laut Richtlinie beträgt der untere Auslösewert beim Lärm-expositionspegel 80 dB(A). Damit ergibt sich für höhere Belastungen folgende zulässige Einwirkdauer:

80 dB(A)	8 Stunden
83 dB(A)	4 Stunden
86 dB(A)	2 Stunden
89 dB(A)	1 Stunde
92 dB(A)	30 Minuten
95 dB(A)	15 Minuten
98 dB(A)	7,5 Minuten
101 dB(A)	3,75 Minuten



■ Einführung

- Problemstellung
- Dachmontage / Frontmontage
- Mess-System



Dachmontage





Weitere Modelle für Dachmontage

- Messung der am häufigsten auftretenden Martinshörner der Polizei.
- Alle Probanden erreichen die nach DIN 14610 vorgegebenen Werte von 110 dB(A) im Abstand von 3,5 m in Richtung der größten Schallabstrahlung.

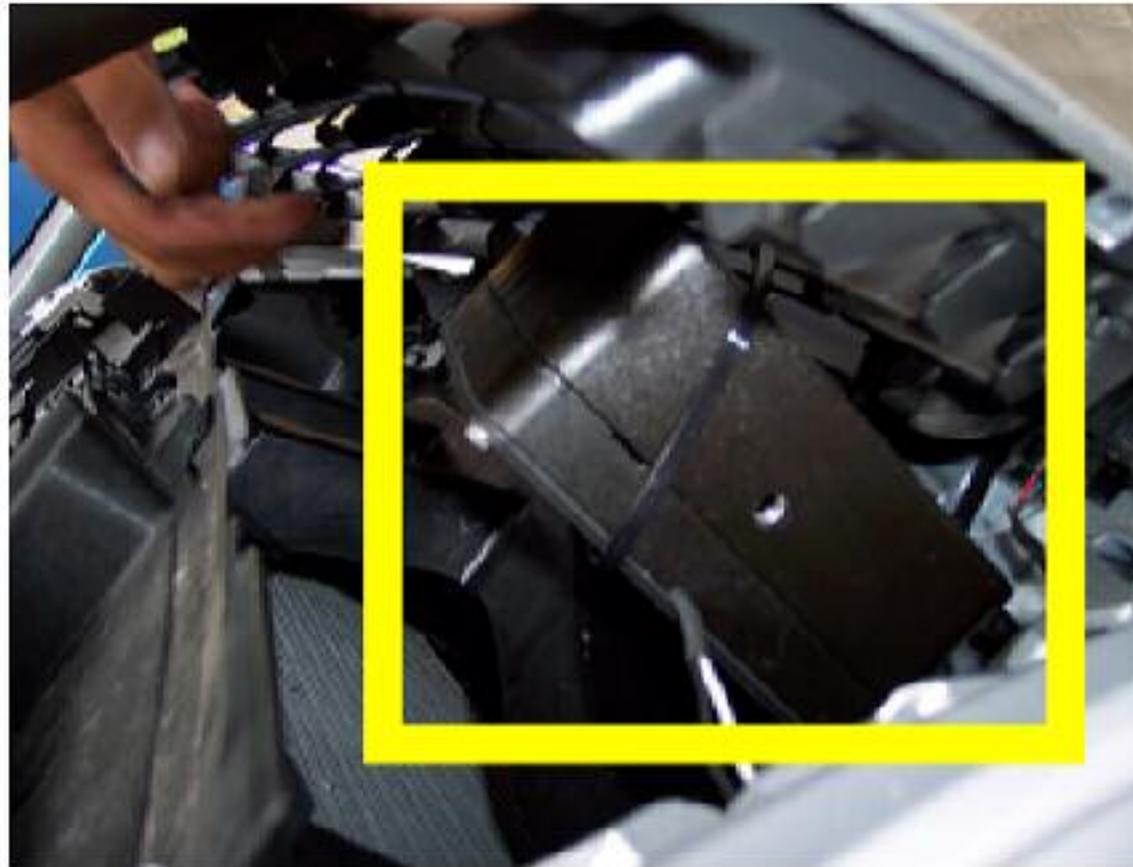




Montage im Frontbereich

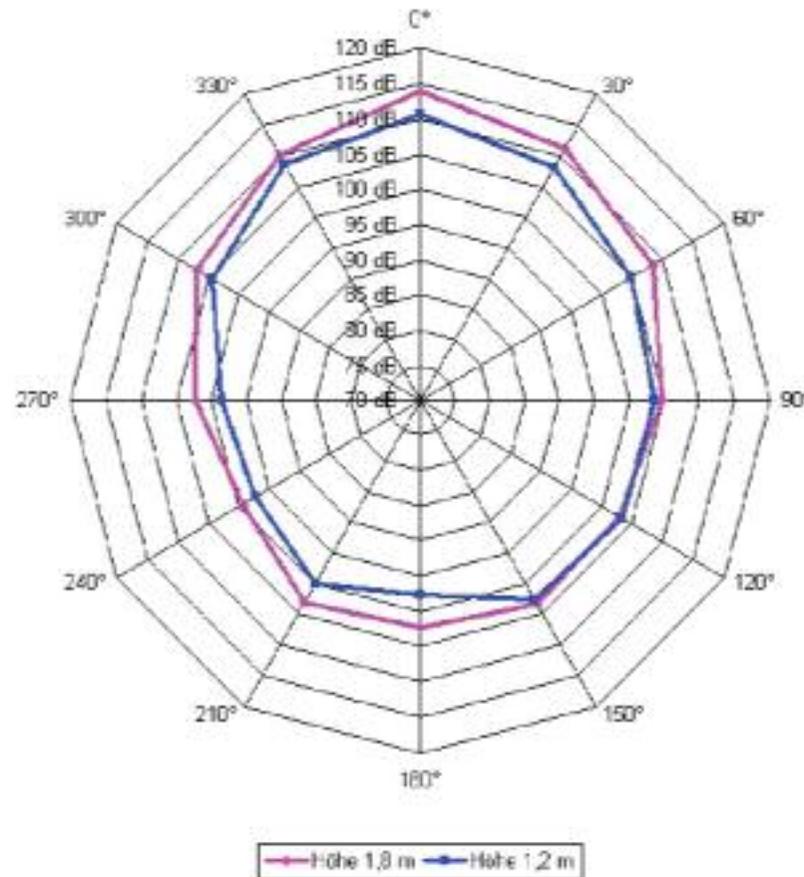






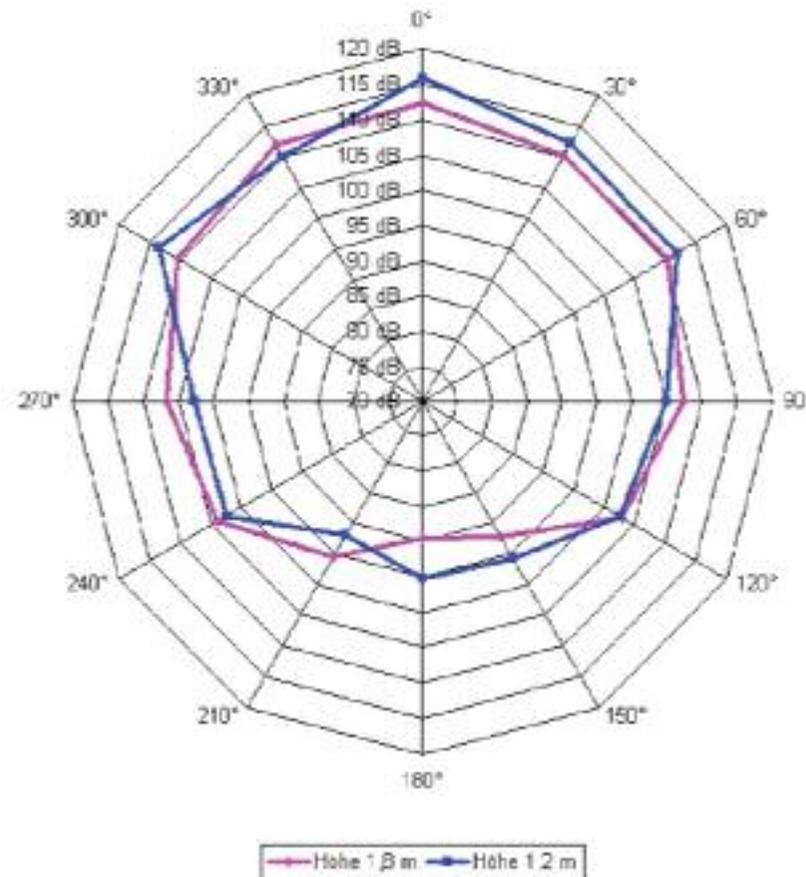


Strahlungsdiagramm in dB(A) bei Dachmontage in 3,5m Abstand





Strahlungsdiagramm in dB(A) bei Frontmontage in 3,5m Abstand





Anmerkung

- Da Polizeifahrzeuge in Deutschland selten mit einem Martinshorn im Frontbereich ausgestattet sind, musste eine provisorische Montage selbst vorgenommen werden.
- Die Normwerte wurden dabei eingehaltenen, wie das entsprechende Strahlungsdiagramm zeigt.
- Leichte Asymmetrien im Strahlungsdiagramm bezüglich der Längsachse werden in der Regel durch asymmetrische Positionierungen des Hornes bzw. der Hörner hervorgerufen.



■ Einführung

- Problemstellung
- Dachmontage / Frontmontage
- Mess-System



Messgeräte

- Die Aufnahmen wurden mit einem geeichten Kunstkopf HMS III durchgeführt, der während der Aufnahmen auf dem Fahrer- oder Beifahrersitz stand.
- Die aufgenommenen Signale wurden mit ArtemiS ausgewertet.





Messgeräte

- Weitere Messmittel waren ein- oder mehrkanalige Messsysteme verschiedener Hersteller.
- Bis auf die Geräte für die Orientierungsmessung genügten alle Geräte den Anforderungen der Klasse 1.

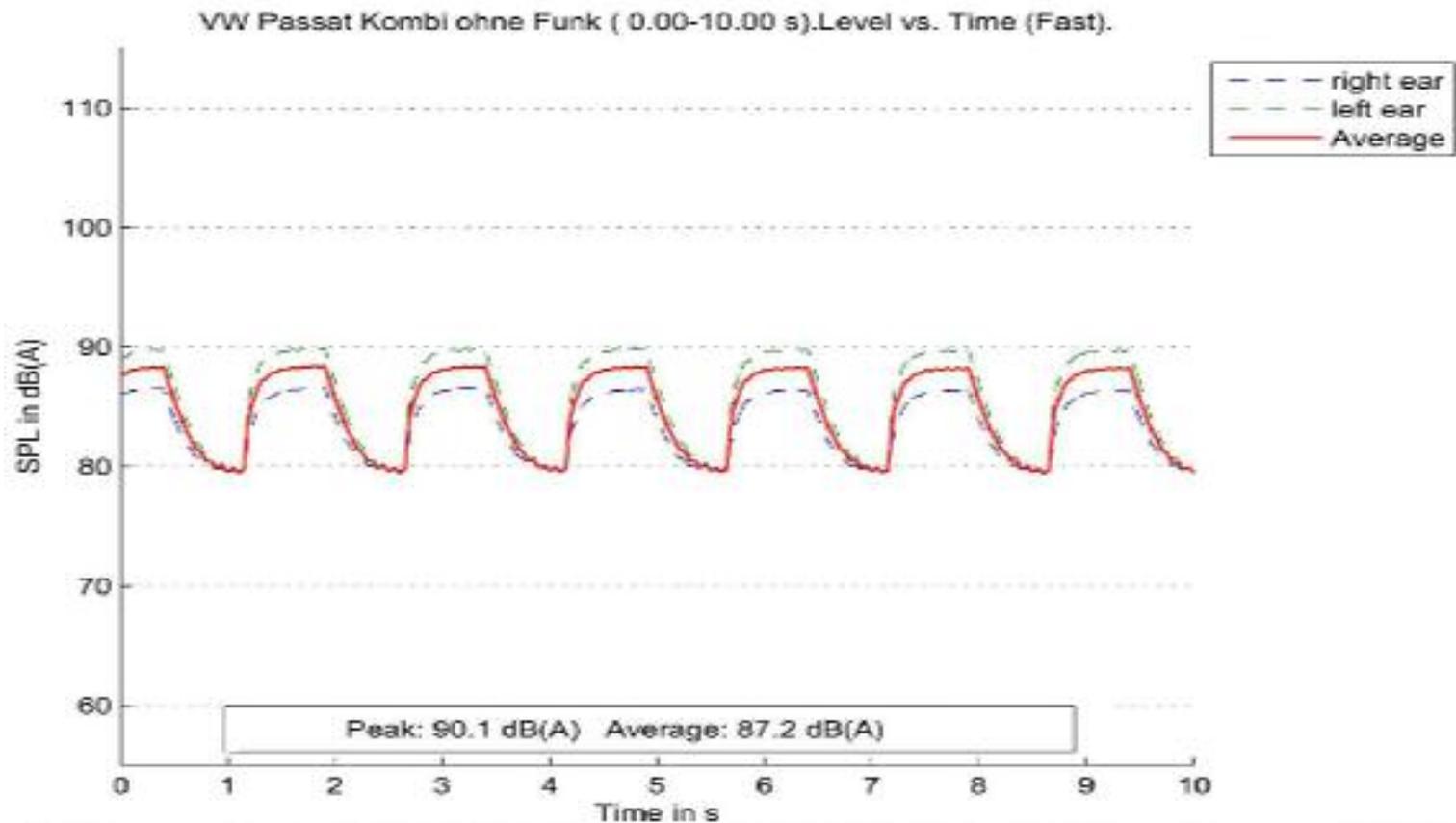


■ Untersuchung der Lärmbelastung

- Messungen im Stillstand
- Messungen auf der Autobahn
- Messungen während einer simulierten Einsatzfahrt
- Vergleich der Montageplätze

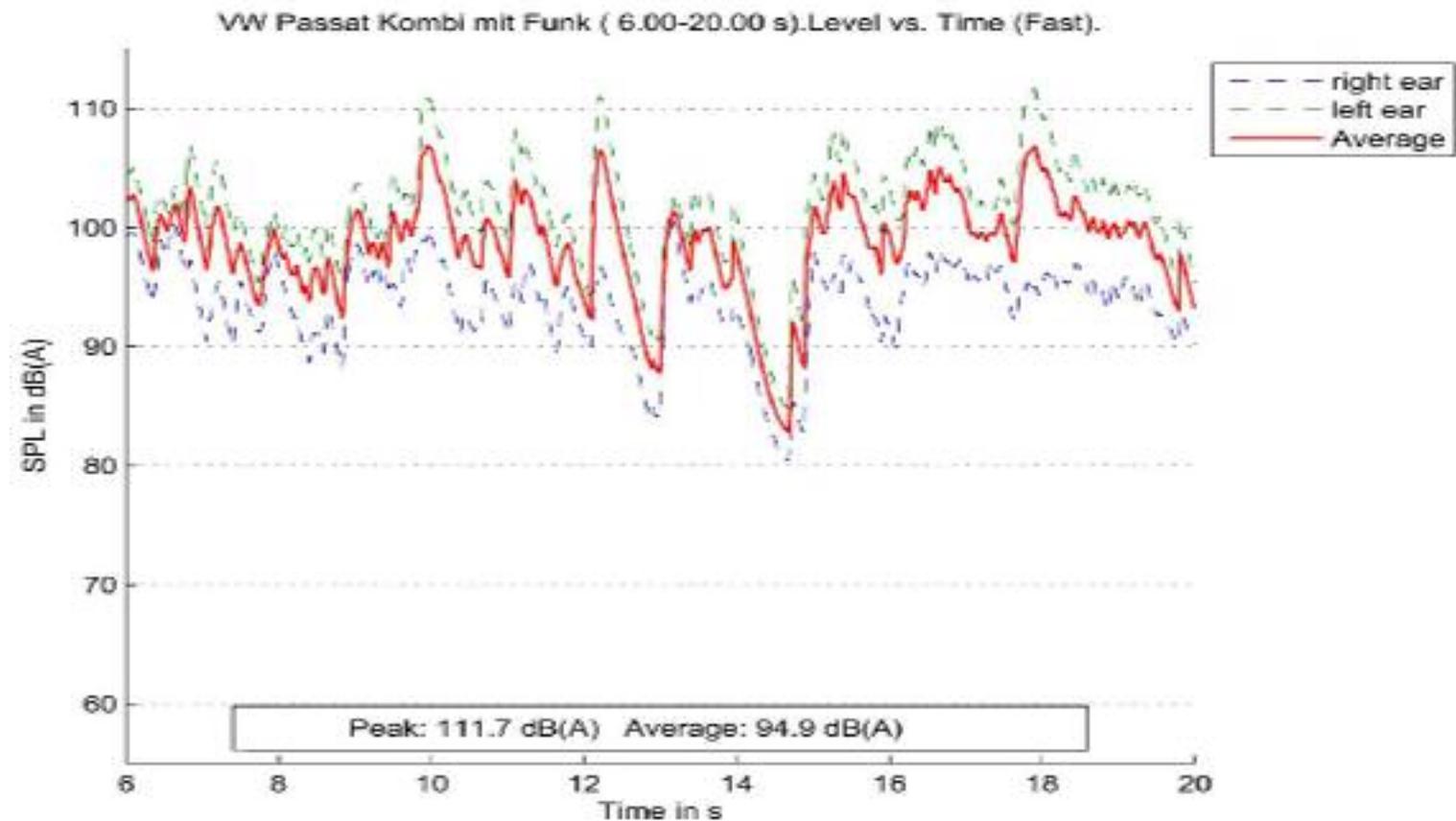


Messungen im Stillstand VW Passat Kombi Dachbalkensystem



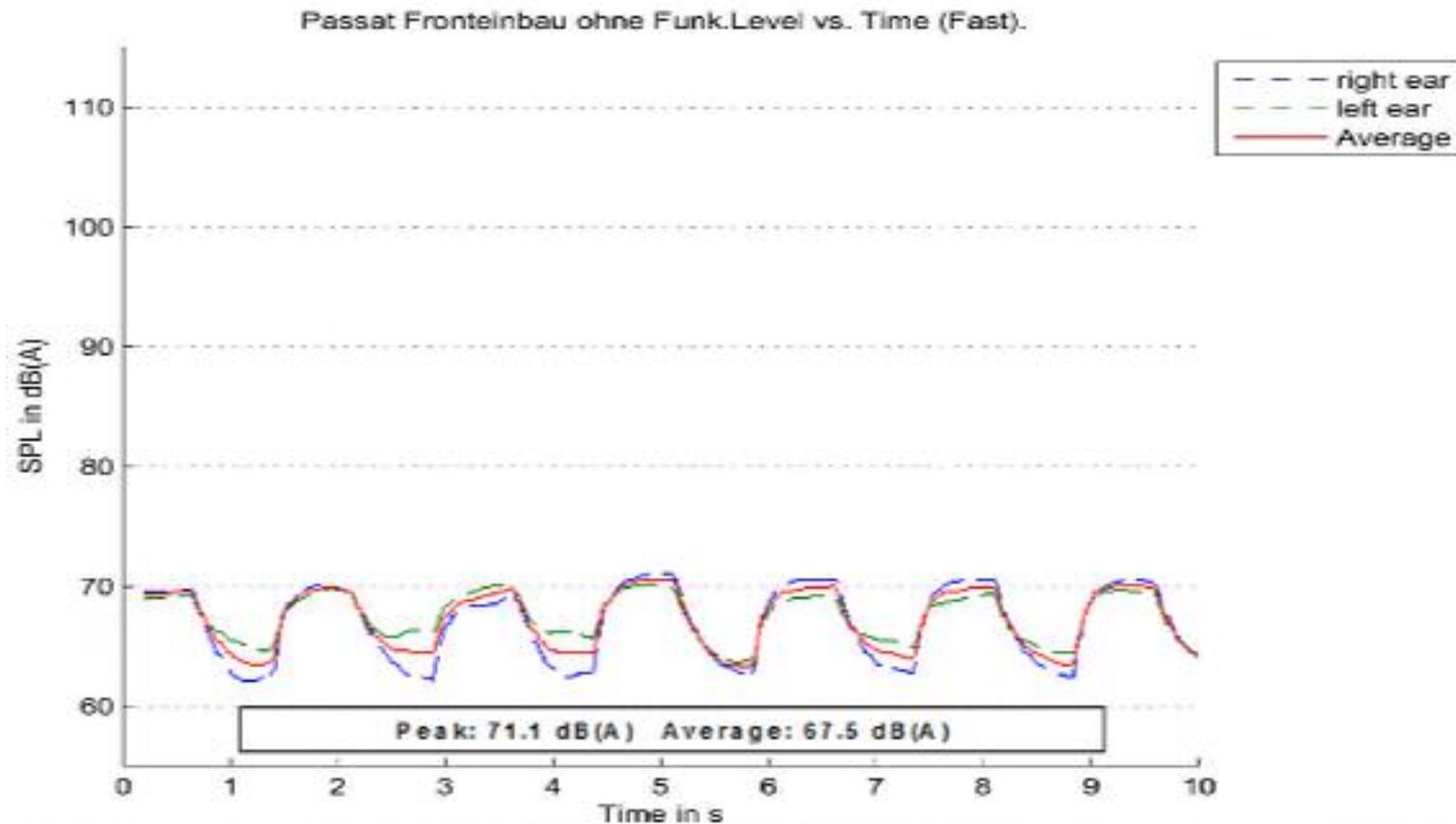


Messungen im Stillstand VW Passat Kombi Dachbalkensystem



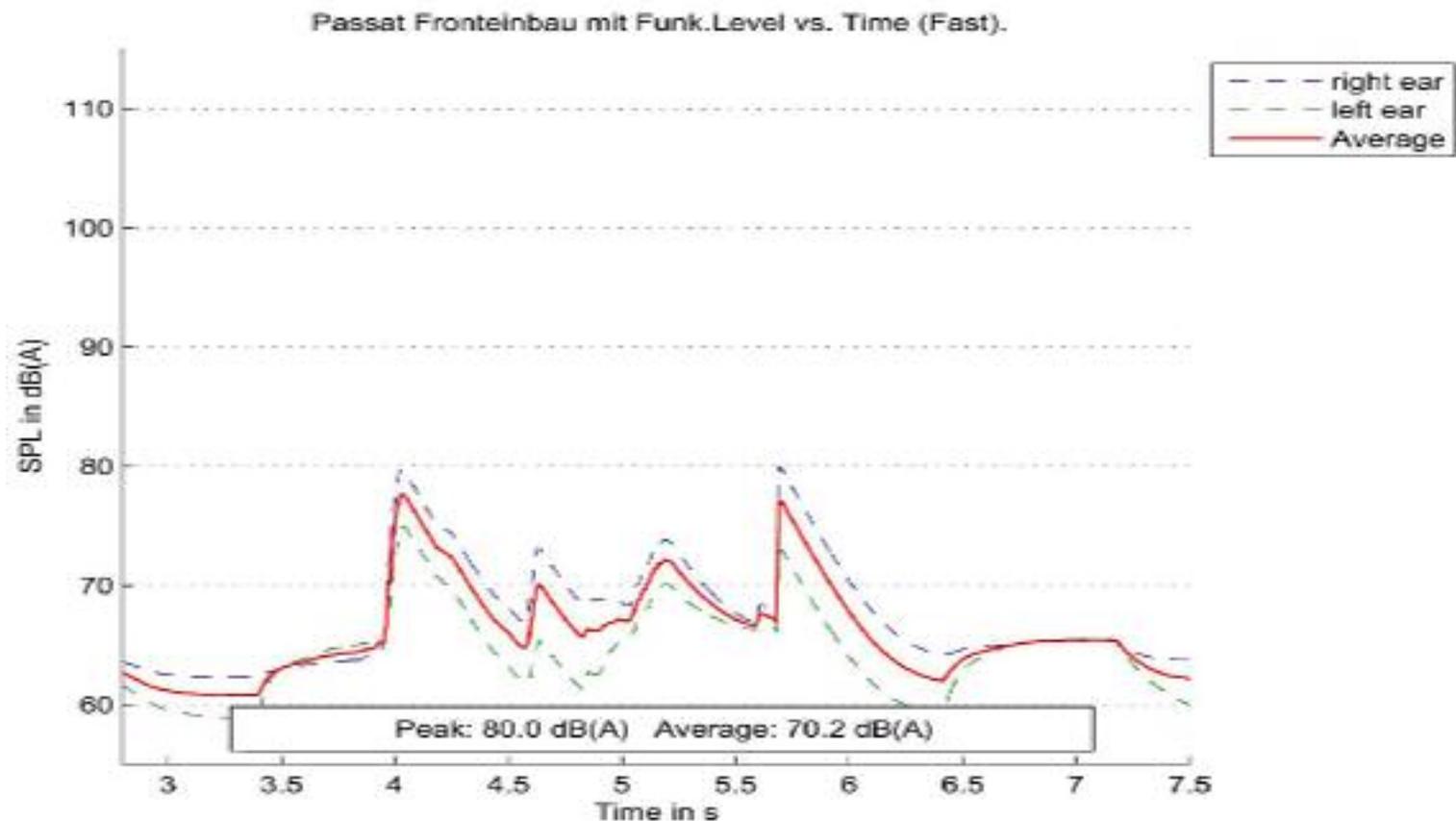


Messungen im Stillstand mit Frontlautsprecher





Messungen im Stillstand mit Frontlautsprecher





■ Untersuchung der Lärmbelastung

- Messungen im Stillstand
- Messungen auf der Autobahn
- Messungen während einer simulierten Einsatzfahrt
- Vergleich der Montageplätze

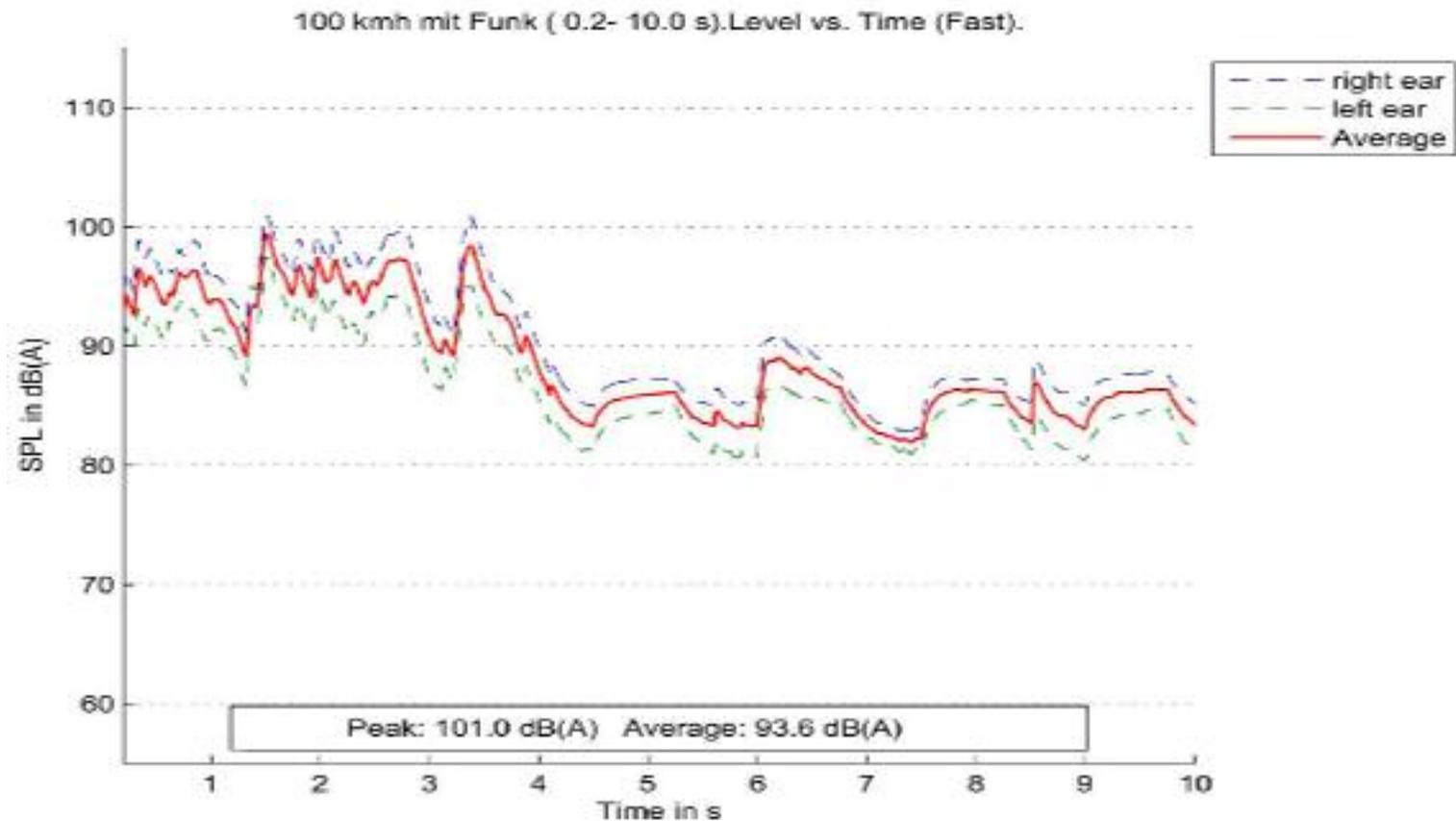


Messungen Autobahnfahrten VW Passat Kombi



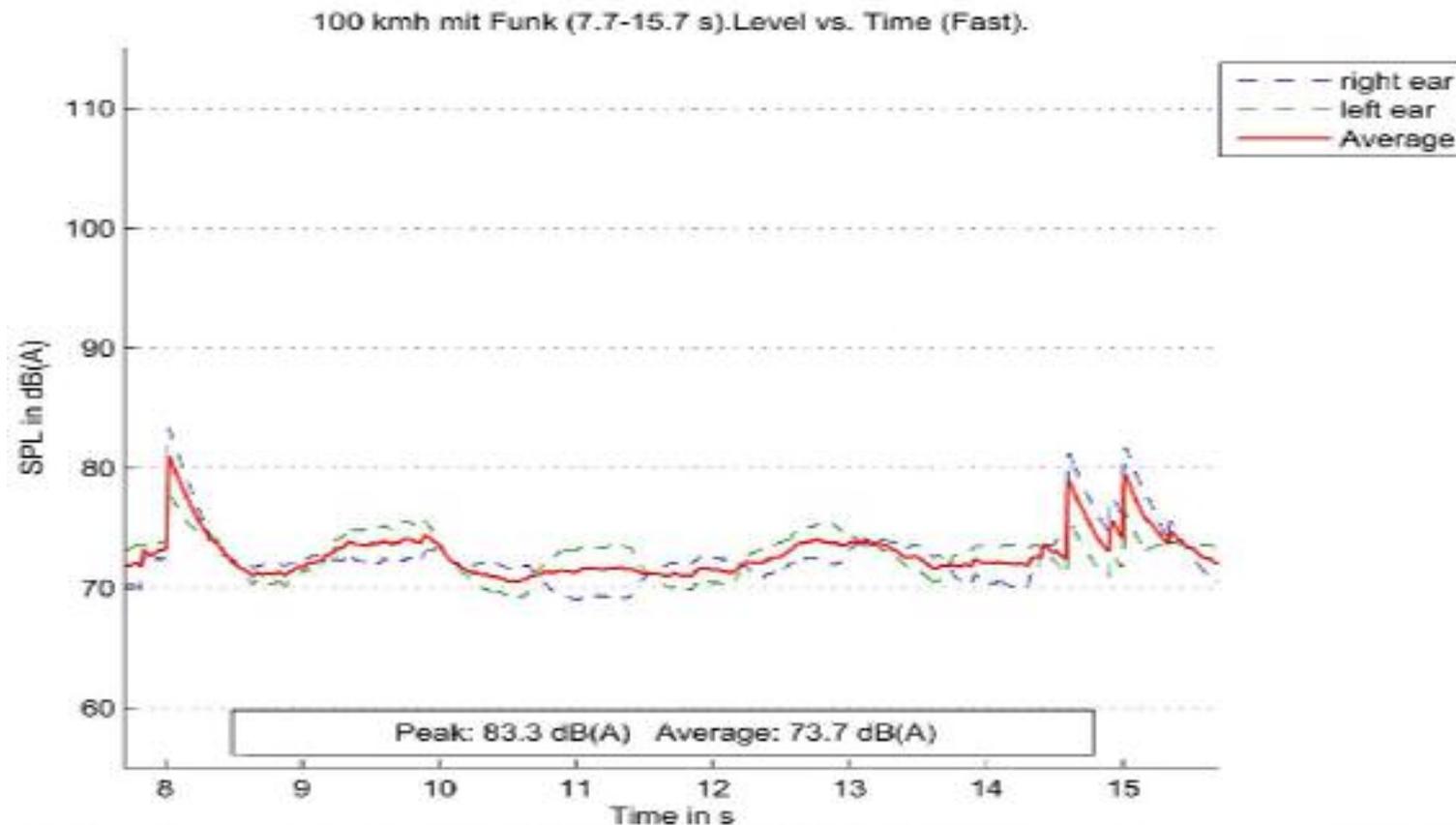


Messungen Autobahn VW Passat Kombi mit Dachbalken





Messungen Autobahn VW Passat Kombi mit Fronteinbau





■ Untersuchung der Lärmbelastung

- Messungen im Stillstand
- Messungen auf der Autobahn
- Messungen während einer simulierten Einsatzfahrt
- Vergleich der Montageplätze

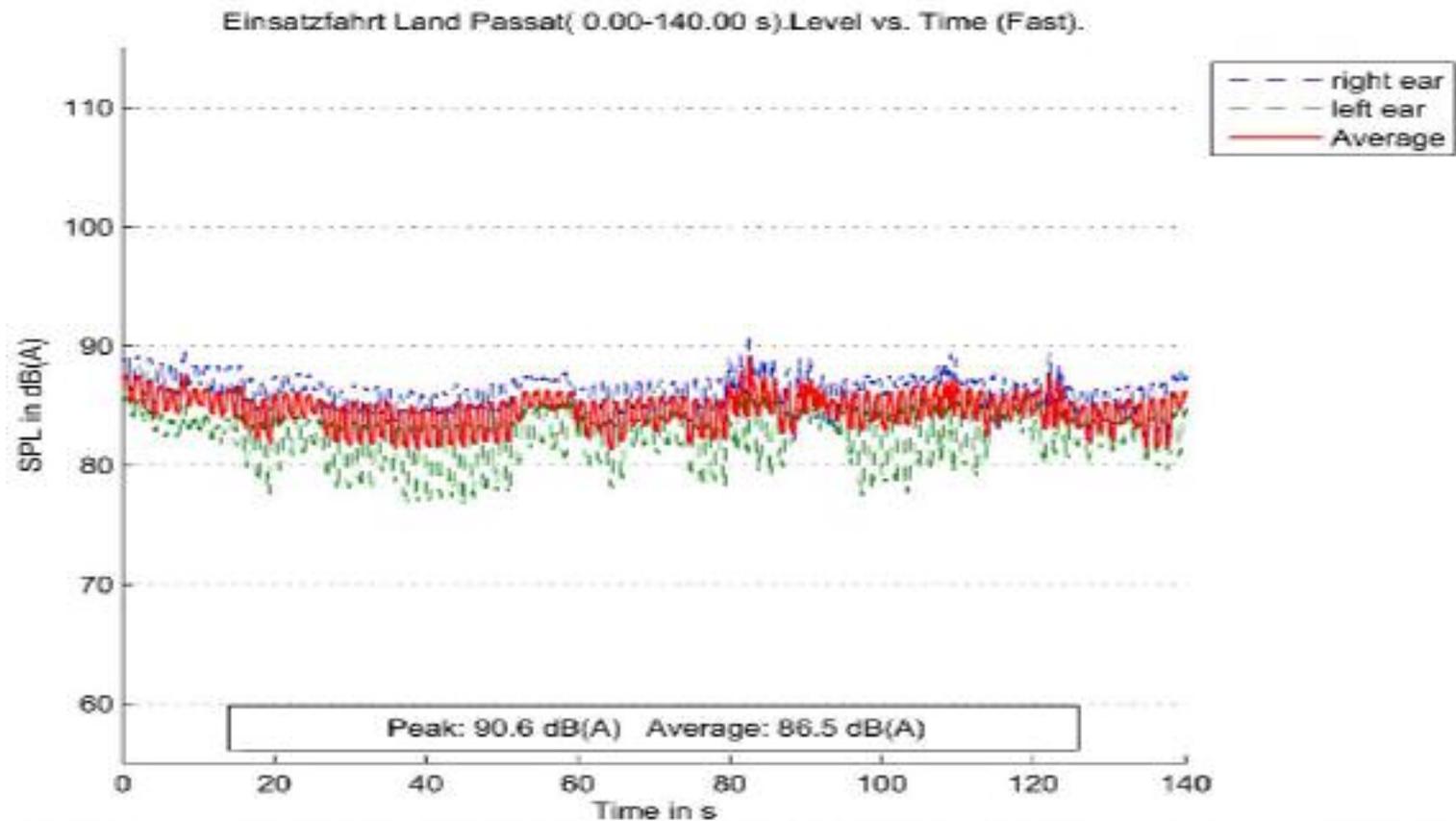


Messungen über Land und in der Stadt

- Messungen bei einer simulierten Einsatzfahrt durch unbebautes Landgebiet von Wuppertal-Cronenberg nach Wuppertal-Kohlfurth.
- Messungen bei einer simulierten Einsatzfahrt durch das Stadtgebiet von Wuppertal-Cronenberg .

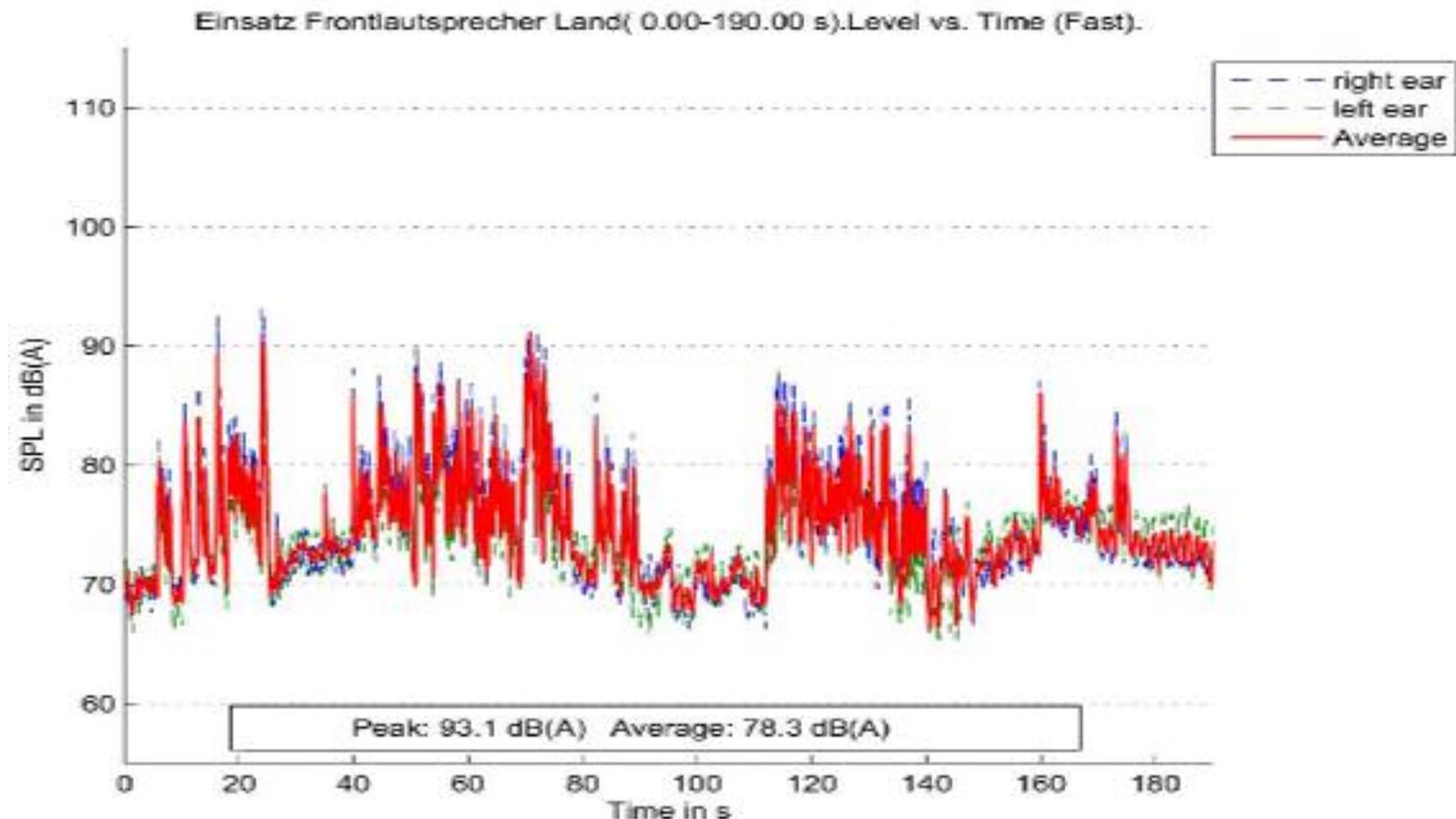


Messung simulierter Einsatzfahrt über Land Dachbalkensystem



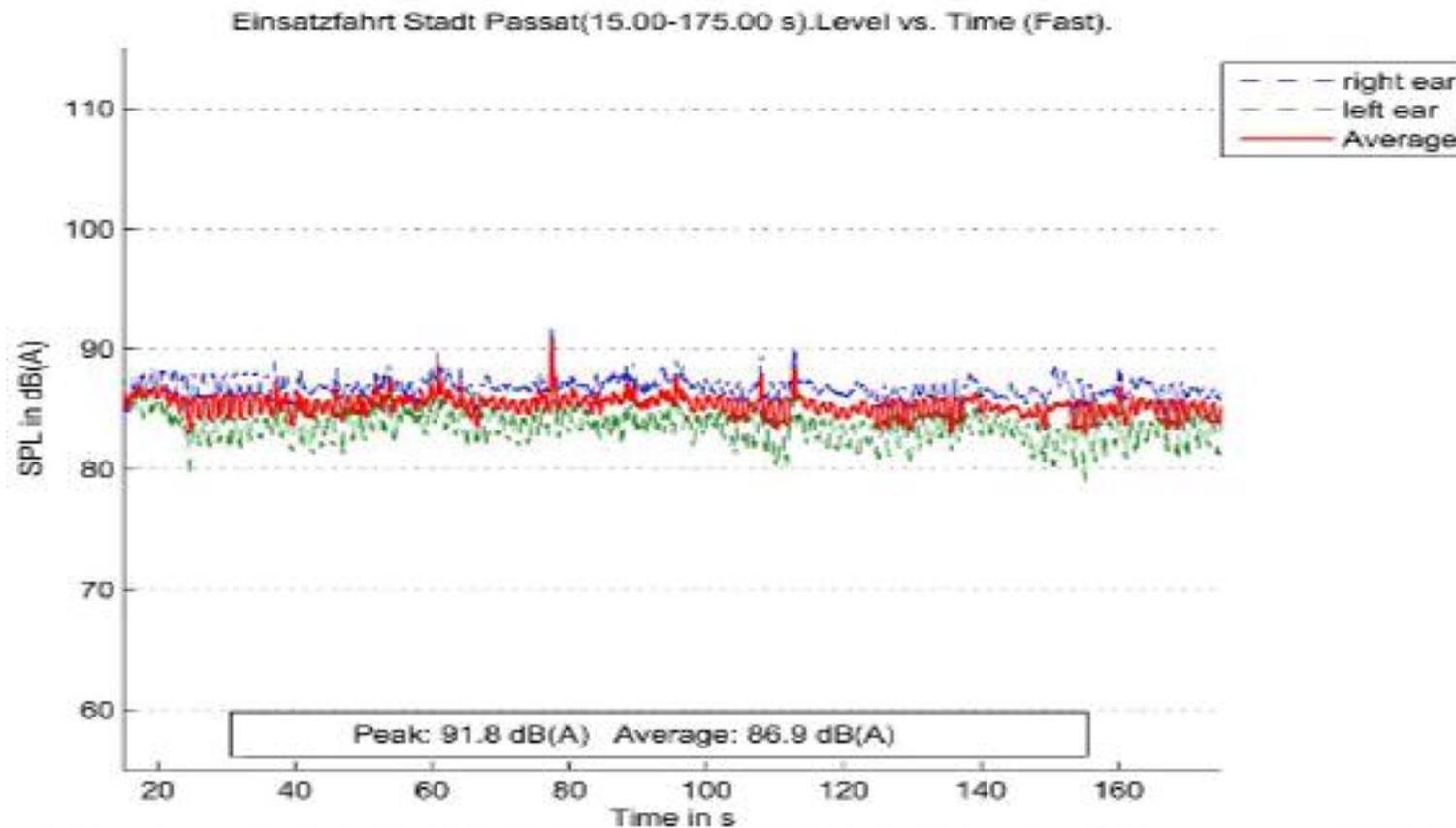


Messung simulierter Einsatzfahrt über Land Frontlautsprecher



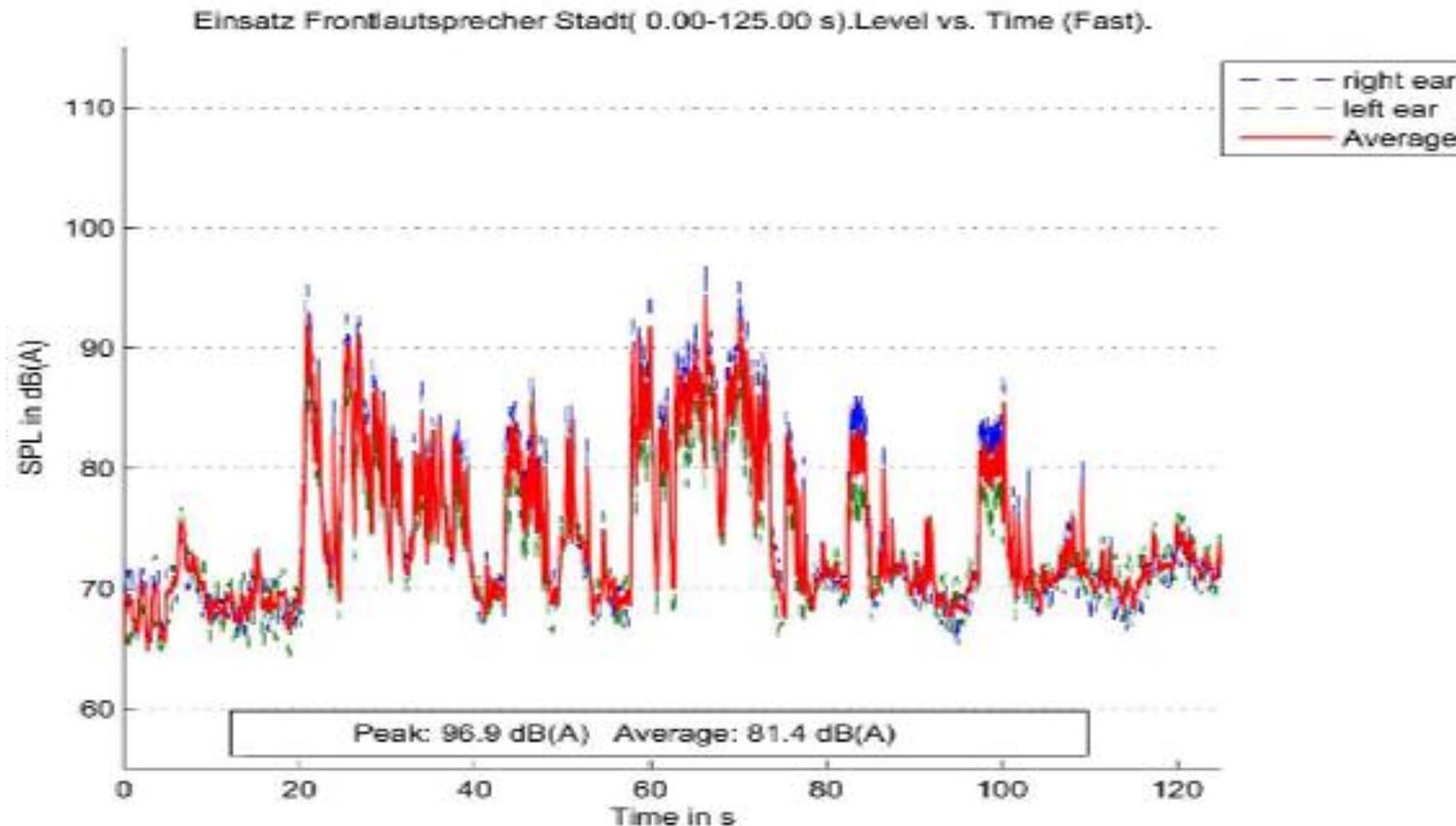


Messung simulierter Einsatzfahrt Stadt Dachbalkensystem





Messung simulierter Einsatzfahrt Stadt Frontlautsprecher





■ Untersuchung der Lärmbelastung

- Messungen im Stillstand
- Messungen auf der Autobahn
- Messungen während einer simulierten Einsatzfahrt
- Vergleich der Montageplätze



Vergleich der Messwerte

	Bewertung	Stillstand ohne Funk	Stillstand mit Funk	Autobahn mit Funk	Einsatzfahrt Land	Einsatzfahrt Stadt
Dachbalken- system	Fast	87,2 dB(A)	94,8 dB(A)	93,6 dB(A)	86,5 dB(A)	86,9 dB(A)
Frontlaut- sprecher	Fast	67,5 dB(A)	70,2dB(A)	73,7 dB(A)	78,3dB(A)	81,4 dB(A)



Anmerkung

- Dach- und Frontmontage weisen bei den Innenlärmpegeln große Unterschiede auf, der in vielen Fällen über 20 dB(A) betragen können.
- Bei der Dachmontage führt der schon hohe Pegel des Martinshorns zu einer sehr lauten Einstellung des Funks. Kleine Variationen sind hier zwar denkbar, aber aus Gewohnheit wird häufig bis zum Anschlag aufgedreht.
- Bei den simulierten Einsatzfahrten sind die Unterschiede nicht so groß, da der Sprechfunk, der nicht beeinflusst werden konnte, unterschiedlich intensiv war.



Zwischenfazit bezüglich der Lärmbelastung mit Hinblick auf den unteren Auslösewert von 80 dB(A).

- Die Frontlautsprecher liegen in jeder Situation unter der Belastungsgrenze nach Richtlinie EG/2003/10 – unabhängig von der Einwirkungsdauer.
- Die Dachbalkensysteme liegen über der von der Richtlinie vorgegebenen Grenze. Natürlich spielt die Einwirkungsdauer noch eine Rolle. In manchen Fällen dürfte die erlaubte Einwirkungsdauer aber eher im Minutenbereich liegen.



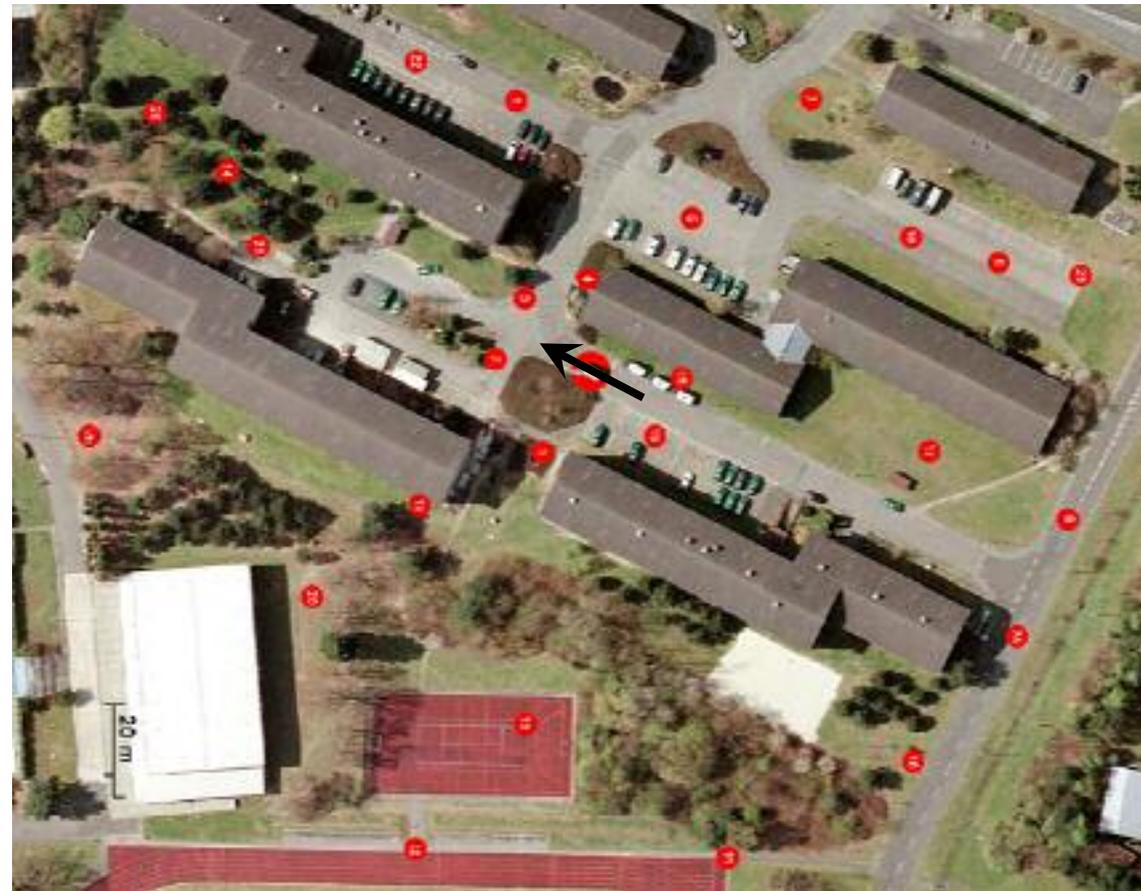
■ Untersuchung der Signalwirkung

- Messungen im fernerem Umfeld
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
- Messung während Fahrt
- Vergleich der Montageplätze



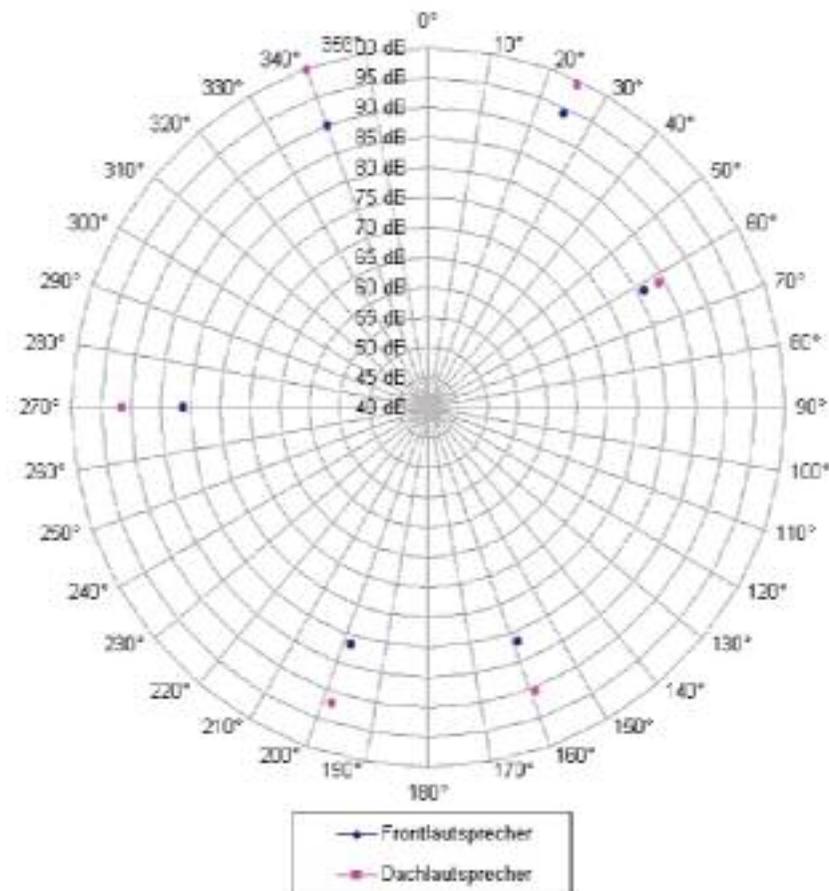
Lageplan bei Messung der Signalwirkung

→
Orientierung



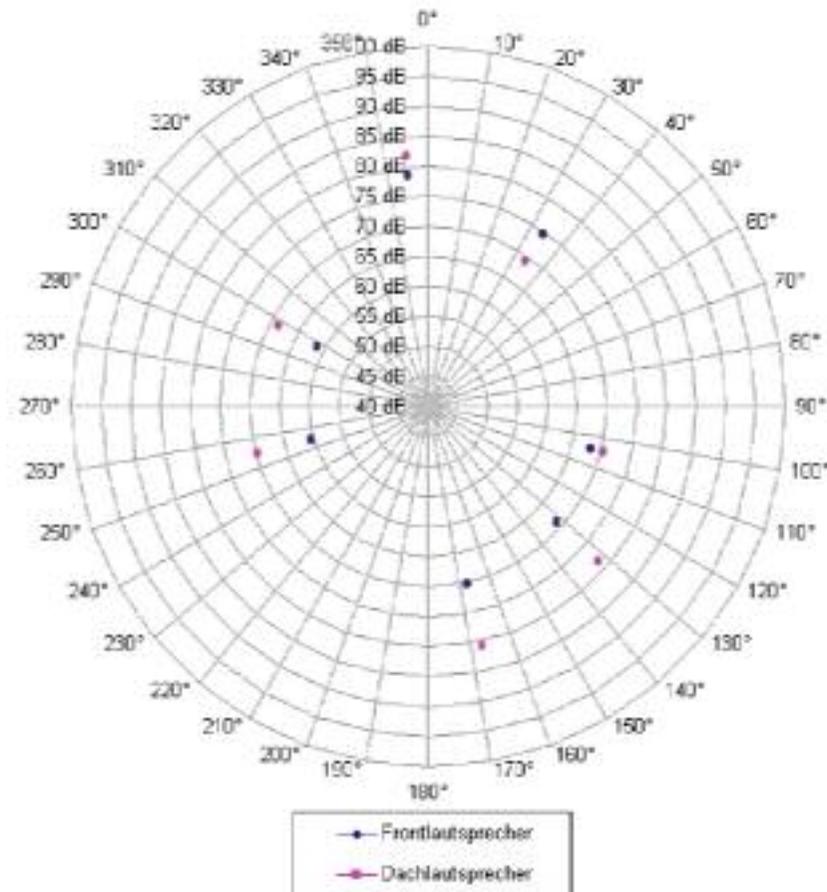


Pegel in dB(A) für Front- und Dachmontage in 20m Abstand



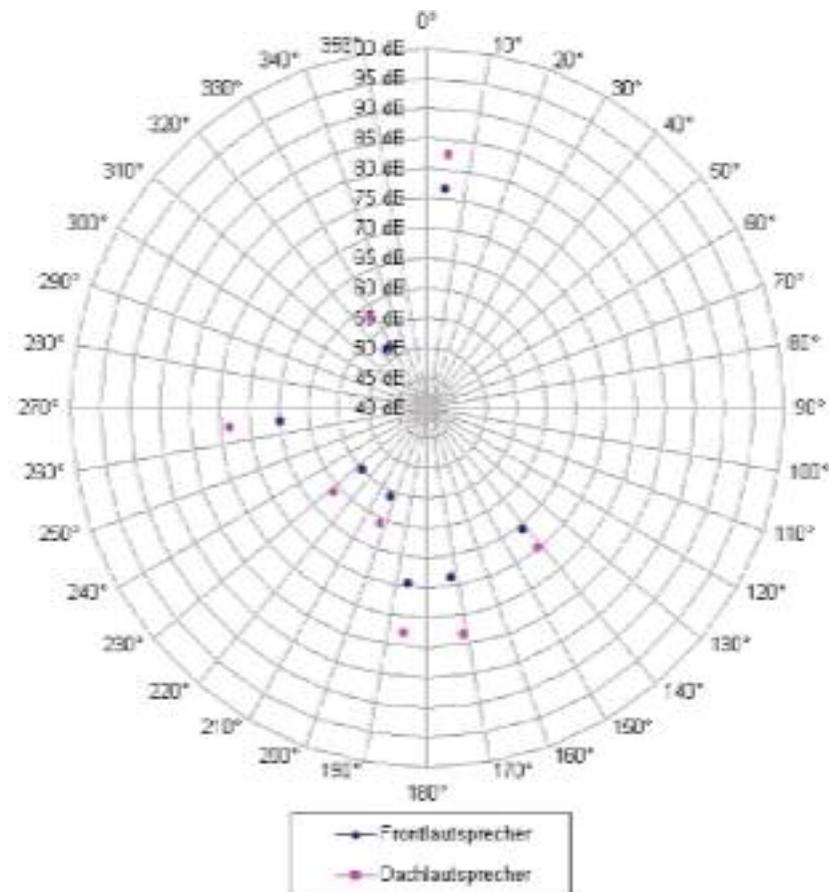


Pegel in dB(A) für Front-und Dachmontage in 80m Abstand





Pegel in dB(A) für Front-und Dachmontage in 115m Abstand





Anmerkung

- Mit dieser Messung sollten die tendenziellen Unterschiede bei der Ausbreitung in bebauter Umgebung beispielhaft untersucht werden.
- Die größten Unterschiede sind im rückwärtigen Bereich. Dies ist allein dadurch zu erklären, dass schon das Strahlungsdiagramm bei der Frontmontage eine schlechtere Abstrahlung nach hinten erkennen lässt.
- Es stellt sich aber die Frage, wie relevant dieser Umstand ist, da die Signalwirkung eher nach vorne gerichtet sein soll. Auch dort ist zwar das Horn auf dem Dach deutlicher zu hören, die Unterschiede sind aber nicht so groß.



■ Untersuchung der Signalwirkung

- Messungen im fernerem Umfeld
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
- Messung während Fahrt
- Vergleich der Montageplätze



Situation II:

Messungen in
verschiedenen Höhen
im Kreuzungsbereich
mit abschattenden
Fahrzeugen
verschiedener
Anzahl und Ausführung





BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Fachbereich Elektrotechnik, Informationstechnik, Medientechnik





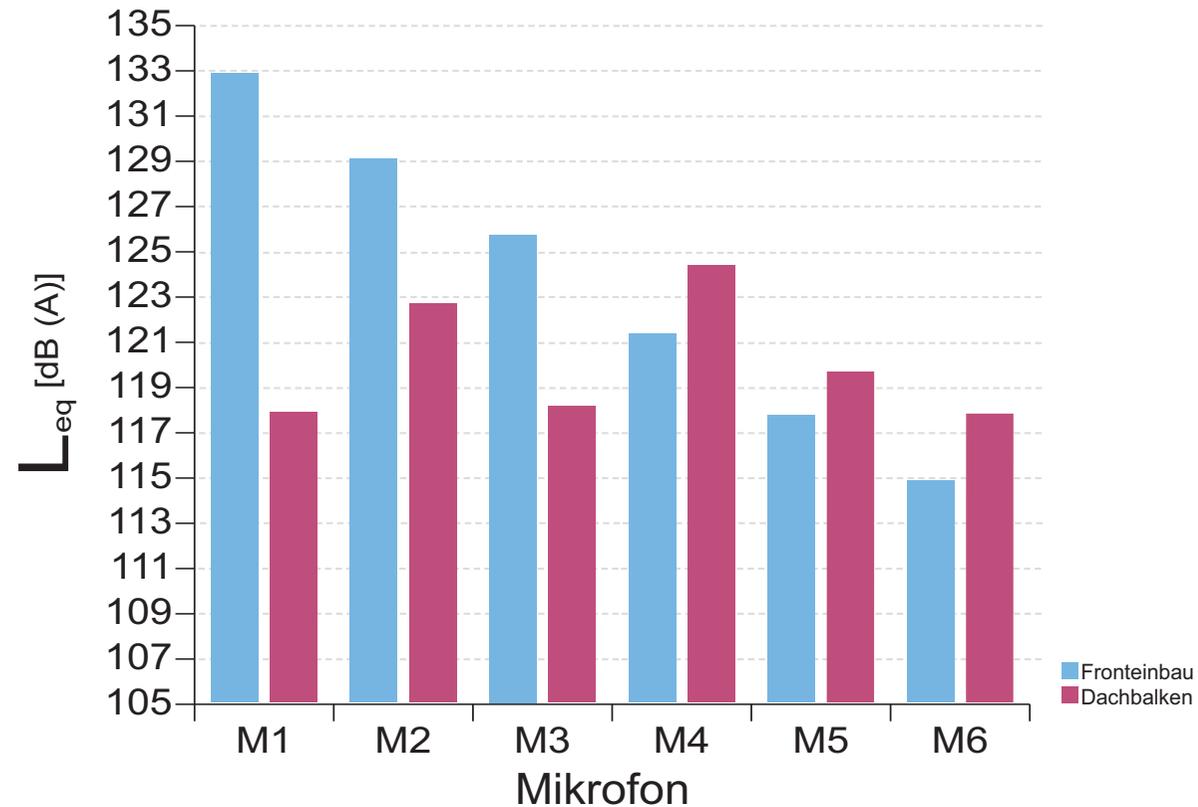
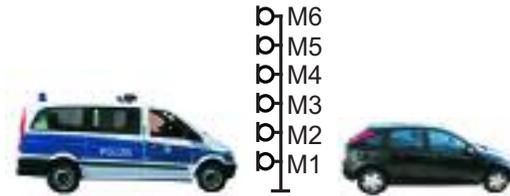
Mit einem Mikrofonarray wurde bis in eine Höhe von 3,60m der Schalldruck im Abstand von 60 cm gemessen zwischen den Fahrzeugen gemessen.

Die Messung diente zur Orientierung, wie sich der Schall zwischen den Fahrzeugen ausbreitet.



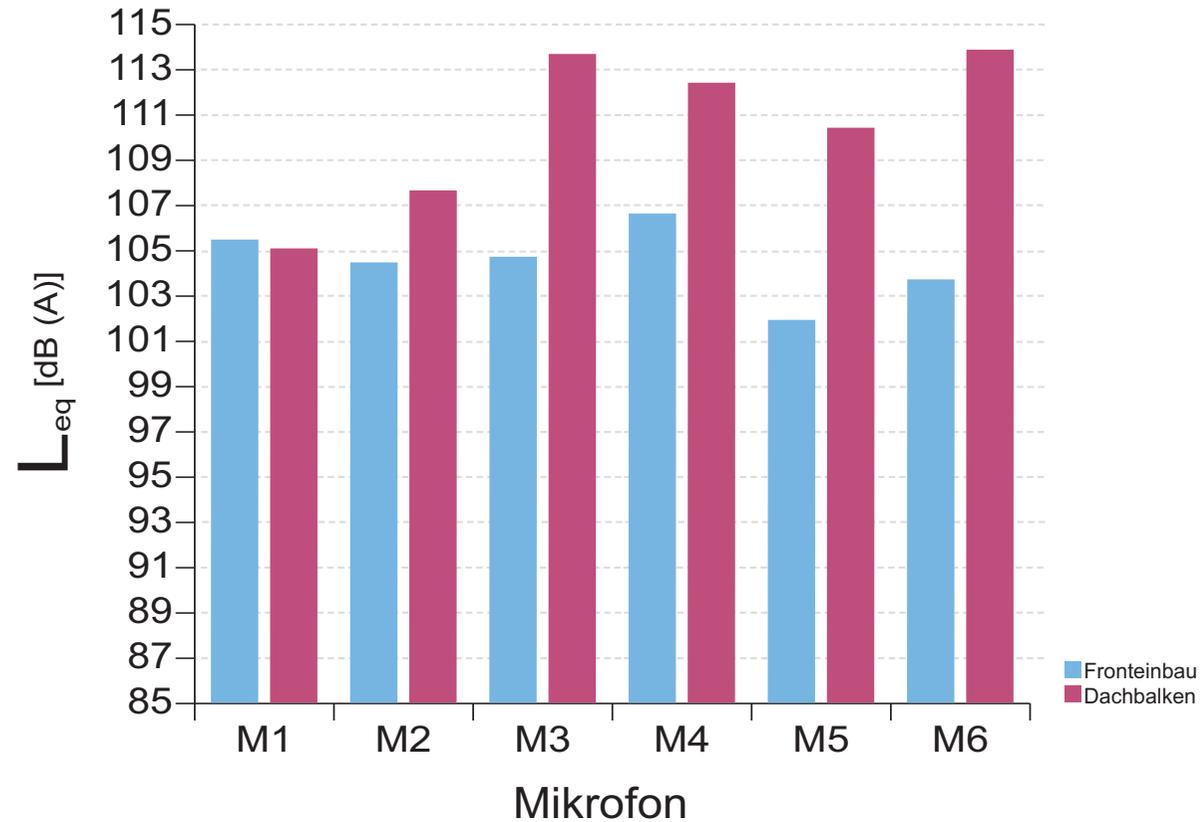


Messanordnung 1



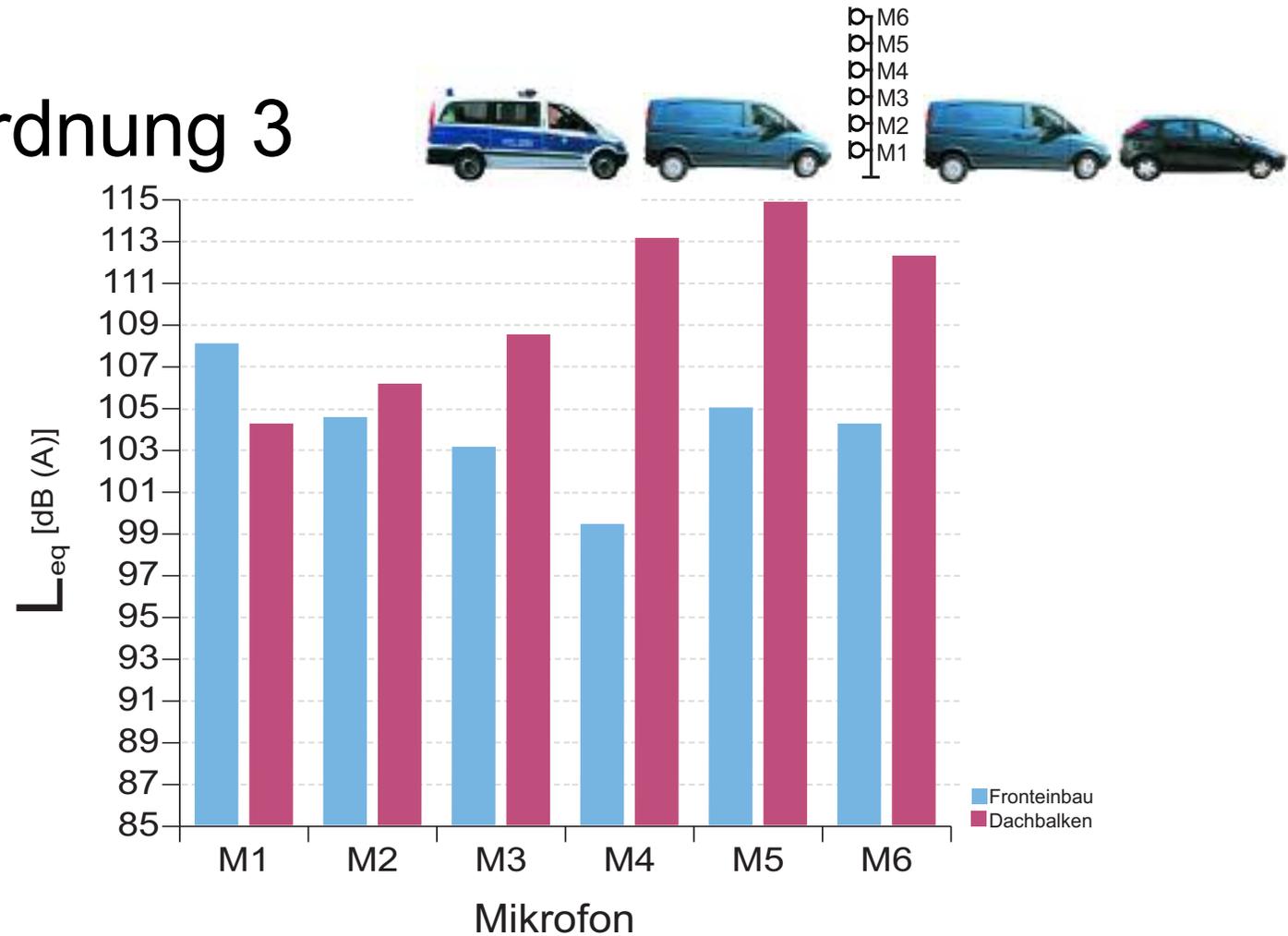


Messanordnung 2



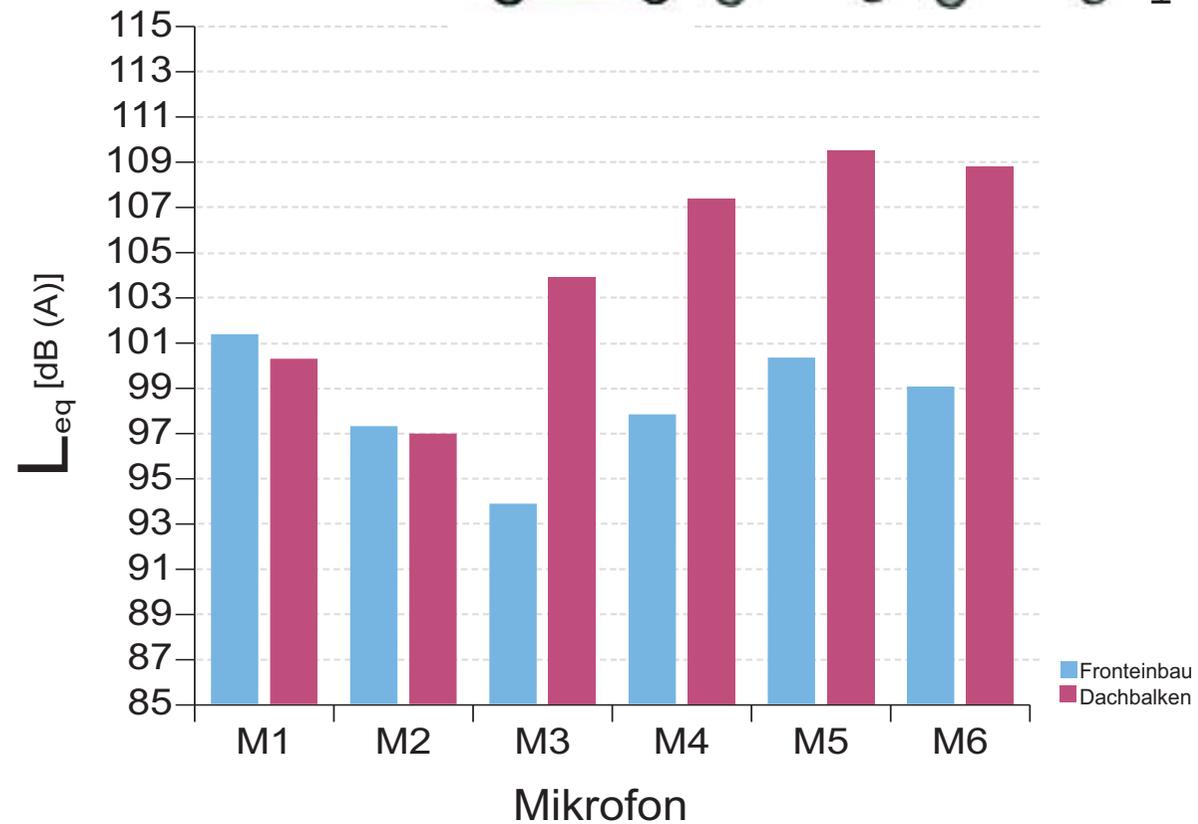


Messanordnung 3



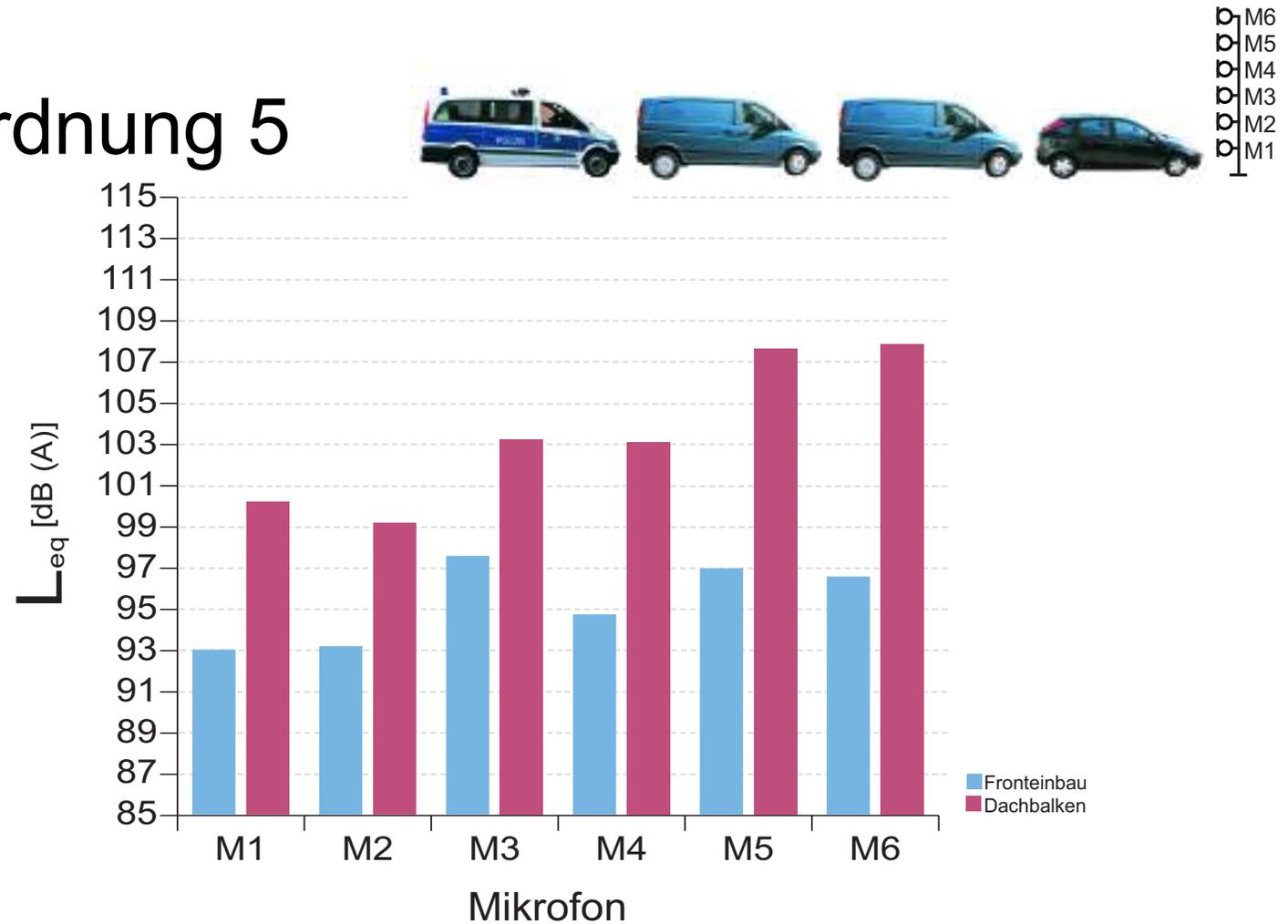


Messanordnung 4





Messanordnung 5

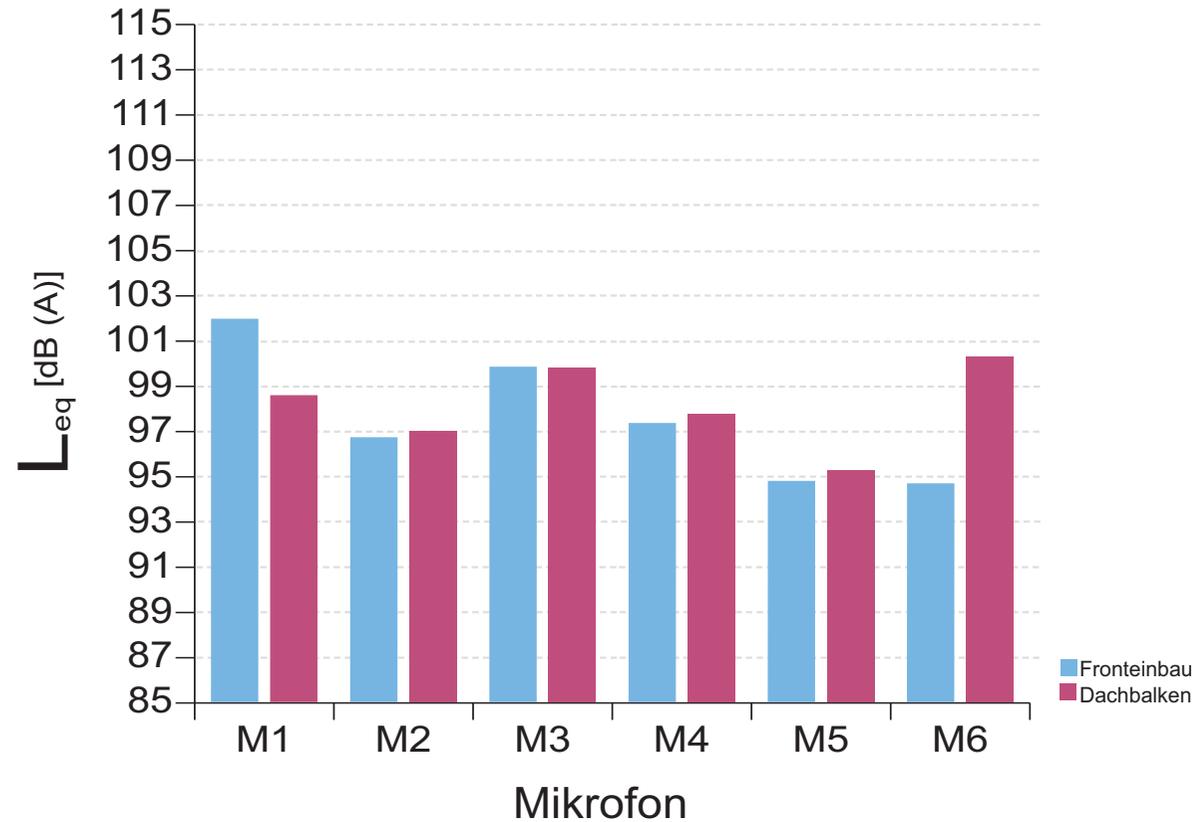




Messanordnung 6



- M6
- M5
- M4
- M3
- M2
- M1

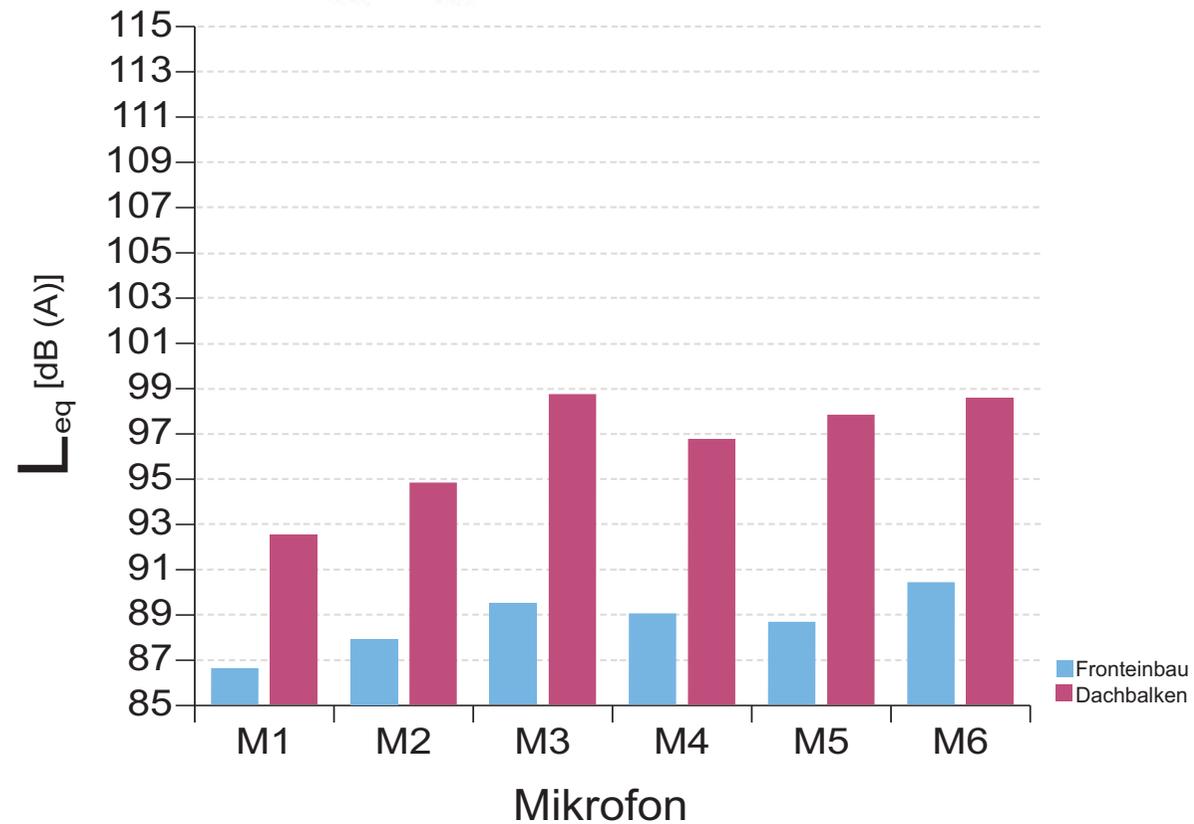




Messanordnung 7



- M6
- M5
- M4
- M3
- M2
- M1





Anmerkung

- Durch die Ausbreitung unterhalb eines davor stehenden Fahrzeugs kann der Schallpegel bei der Frontmontage sogar in manchen Situationen in relevanten Höhen sogar stärker sein.
- In größeren Höhen ist zwar eher der Dachbalken dominierend, was aber von geringerer Relevanz ist.
- Durch die ungehindertere Ausbreitung in der Höhe hat der Dachbalken allerdings einen Vorteil, wenn der Schall über mehrere Fahrzeuge hinweg wirken soll. Die Unterschiede halten sich aber in Grenzen.



■ Untersuchung der Signalwirkung

- Messungen im fernerem Umfeld
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
- Messung während Fahrt
- Vergleich der Montageplätze

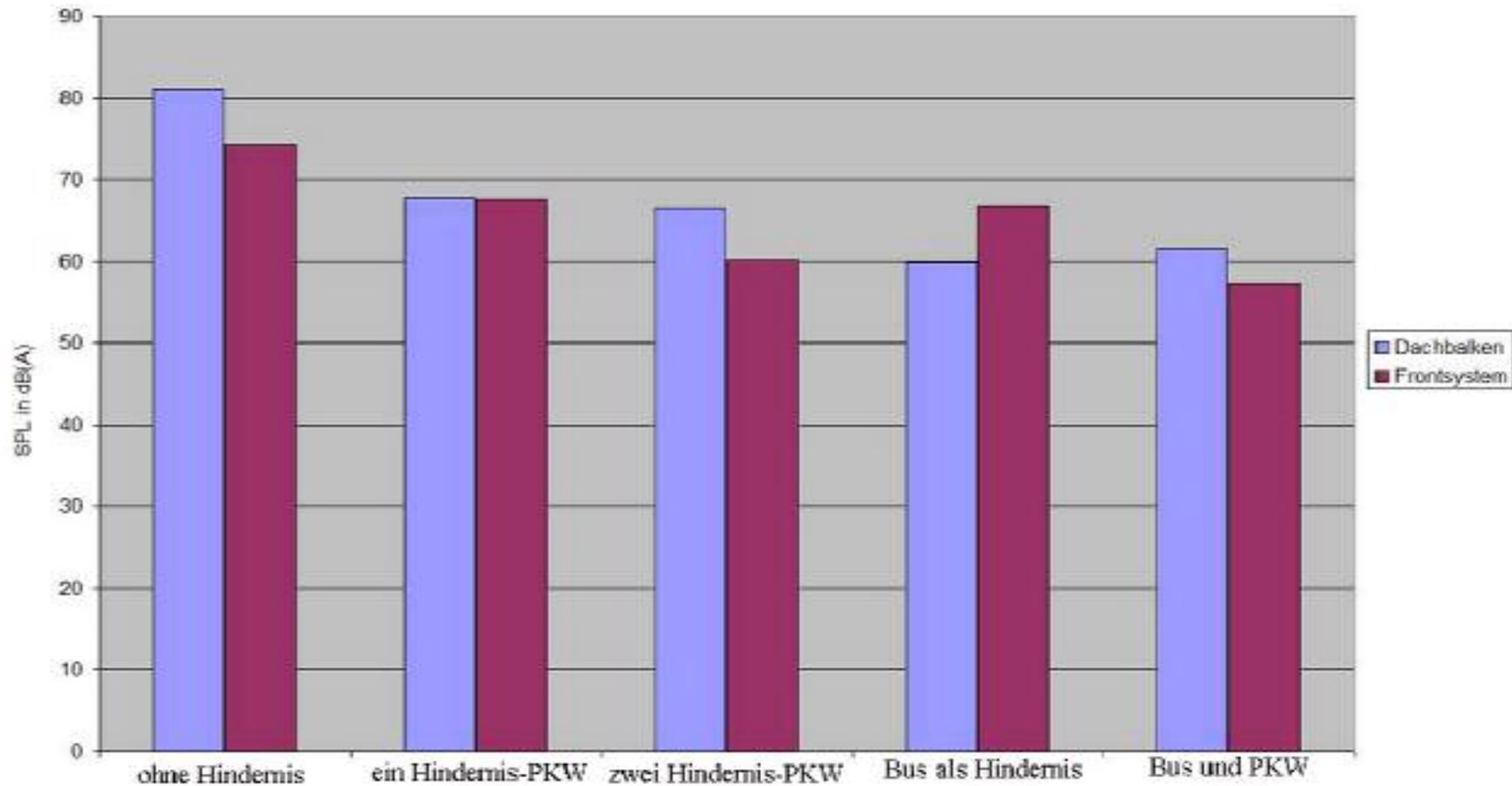


Messung im Fahrzeug





Pegel bei verschiedenen Hinderniskombinationen

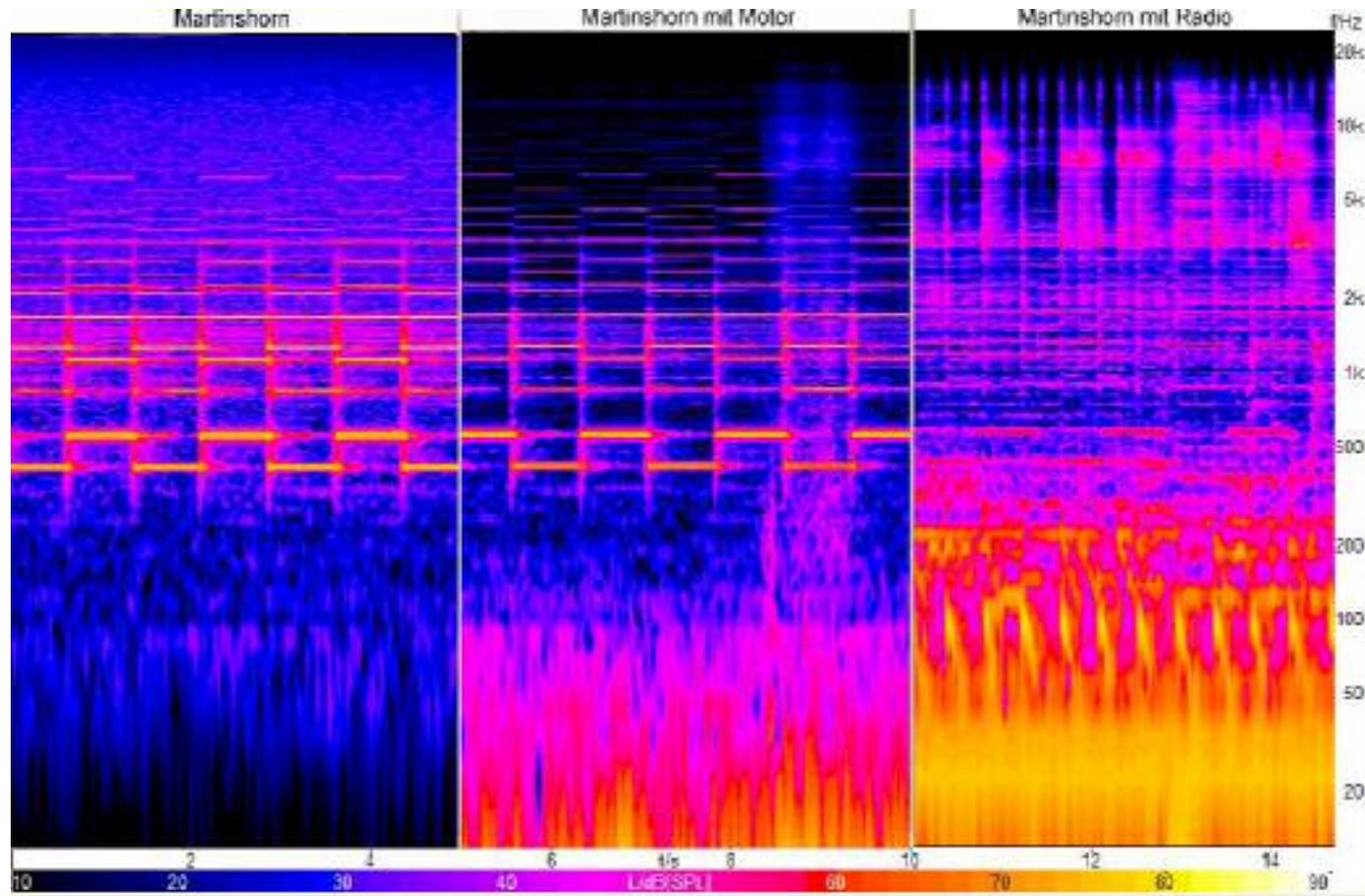




Dachbalken Federal Signal VAMA Serie 7000/8000

Einfluss von Radio und Motorgeräusch

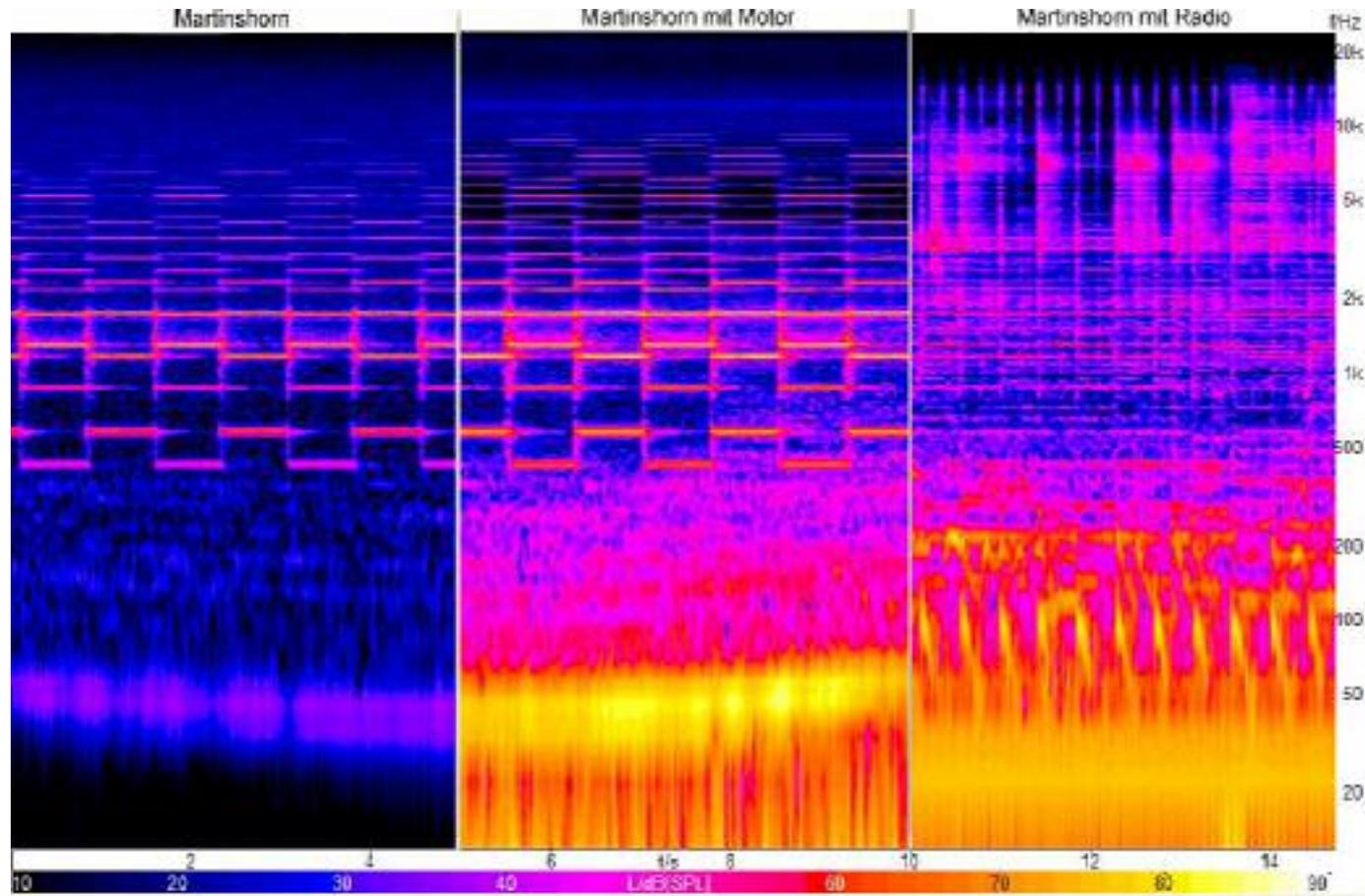
Spektrogramm des Schalldruckpegels





Signalanlage (Fronteinbau) Hänsch Typ 510/520 Einfluss von Radio und Motorgeräusch

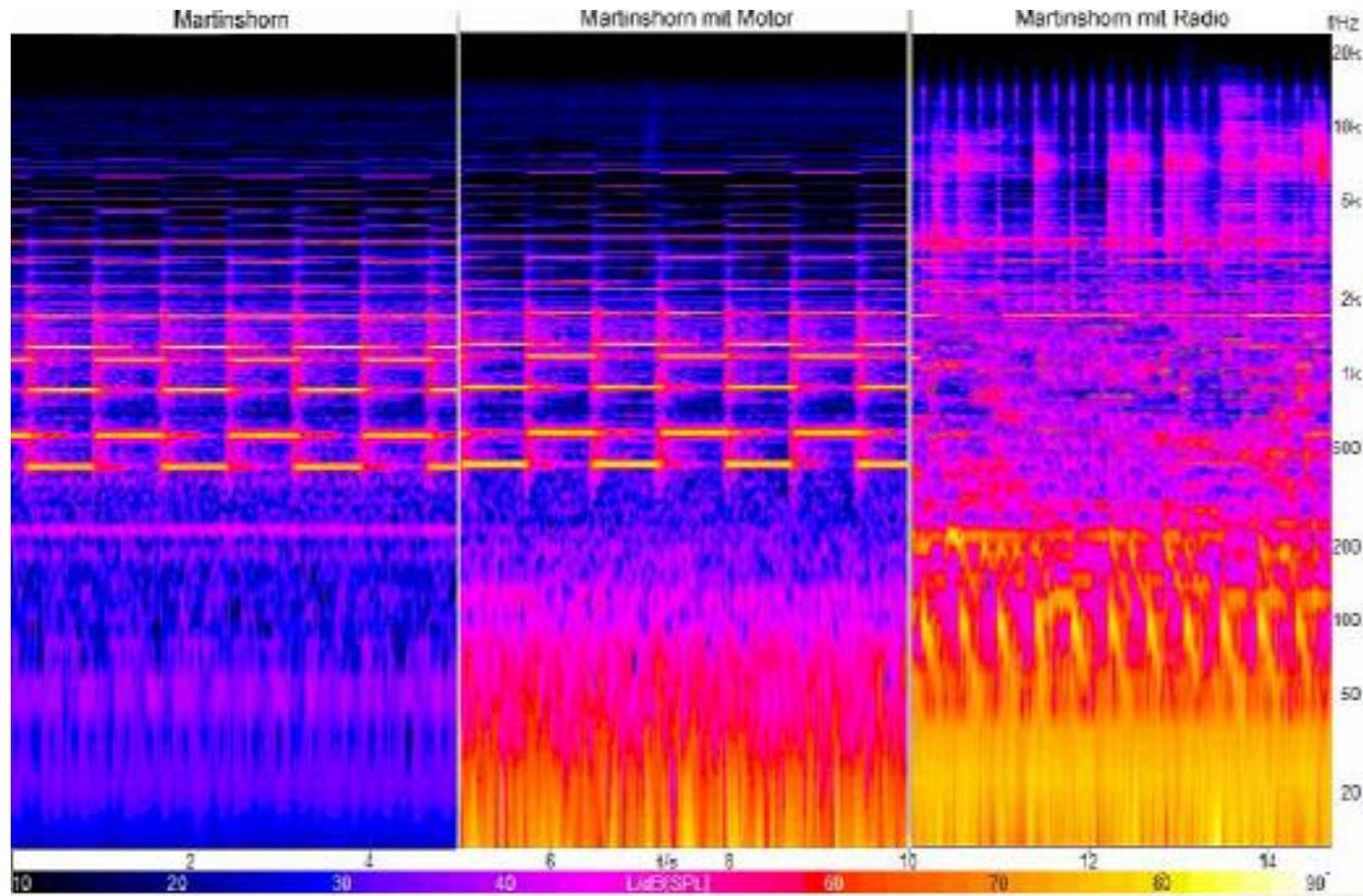
Spektrogramm des Schalldruckpegels





Situation bei Bus und einem PKW zwischen Mess- und Polizeifahrzeug mit Dachbalken

Spektrogramm des Schalldruckpegels





Anmerkung

- Auch innerhalb eines Fahrzeugs sind die Unterschiede zwischen Dach- und Frontmontage eher gering.
- Bei der Frontmontage kann im Einzelfall der Pegel sogar einmal höher sein.
- Die Spektrogramme zeigen, dass das Motorgeräusch kaum die Hörbarkeit des Martinshorns mindert, Radiohören aber das Signal (fast) vollständig verdeckt. (Hinweise: Die Farbskala dient nur zum Vergleich innerhalb der Teilbilder)

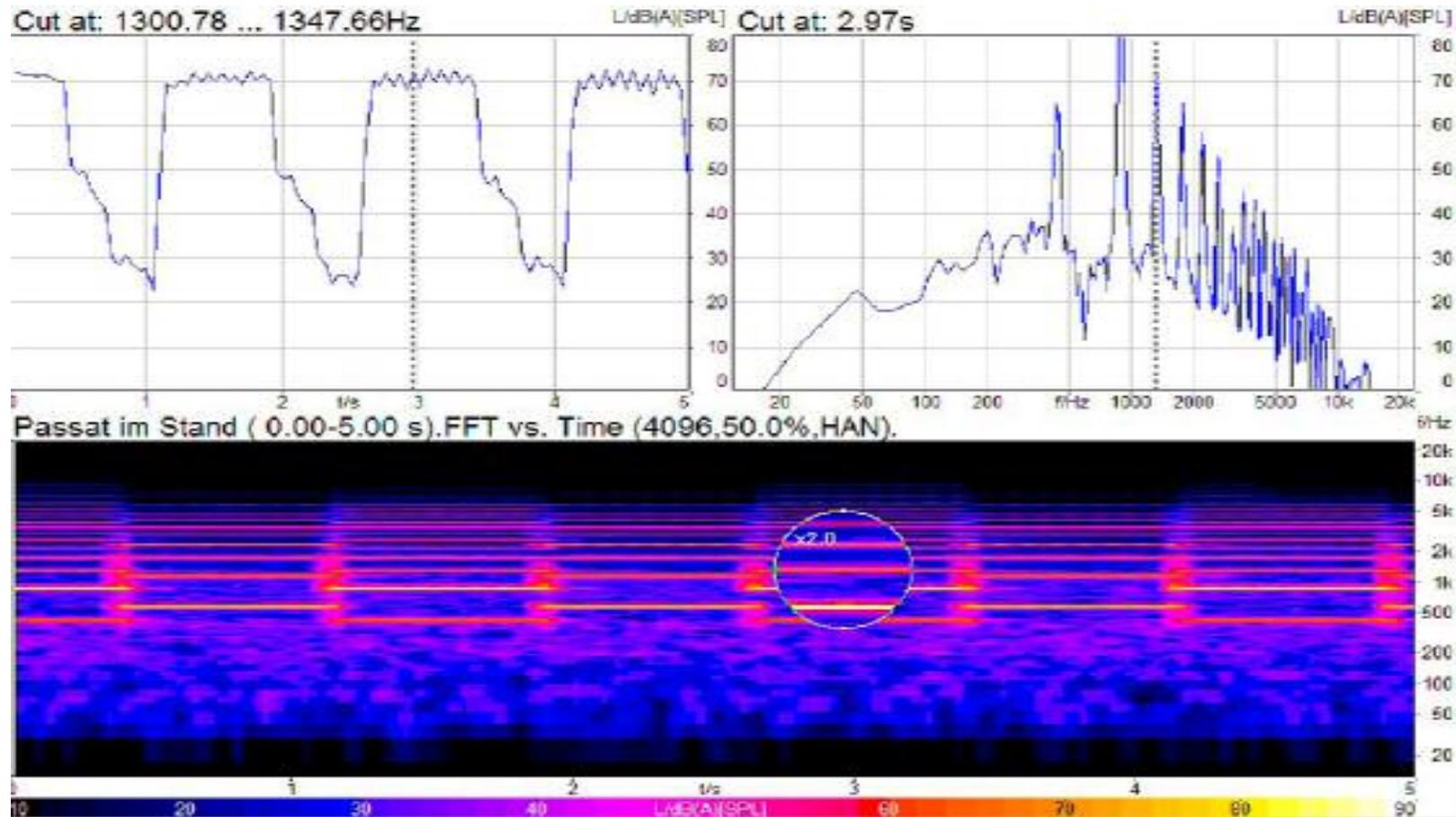


■ Untersuchung der Signalwirkung

- Messungen im fernerem Umfeld
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
- **Messung während Fahrt**
- Vergleich der Montageplätze

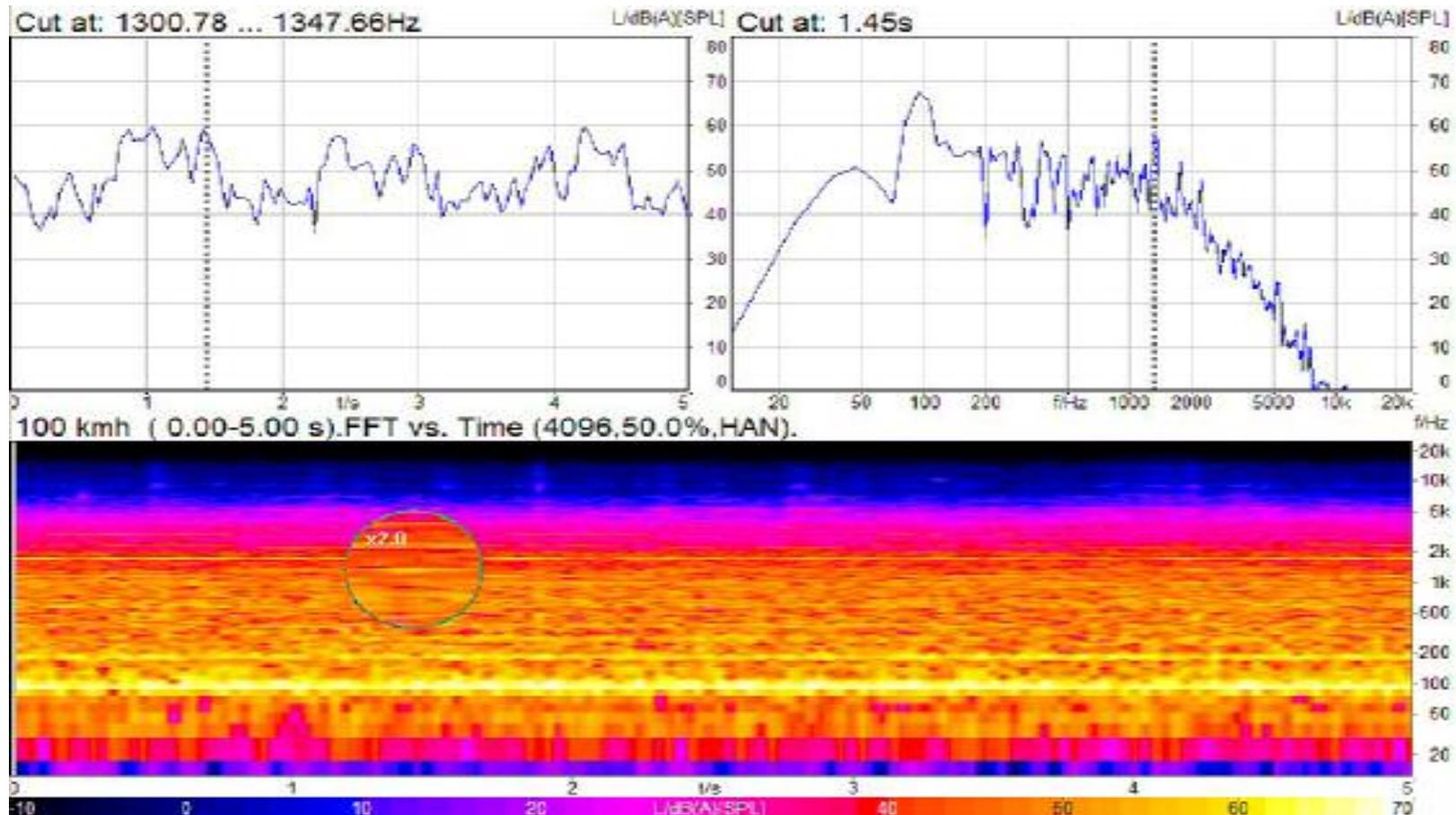


Messreihe auf Signalwirkung Balkensystem im Stand



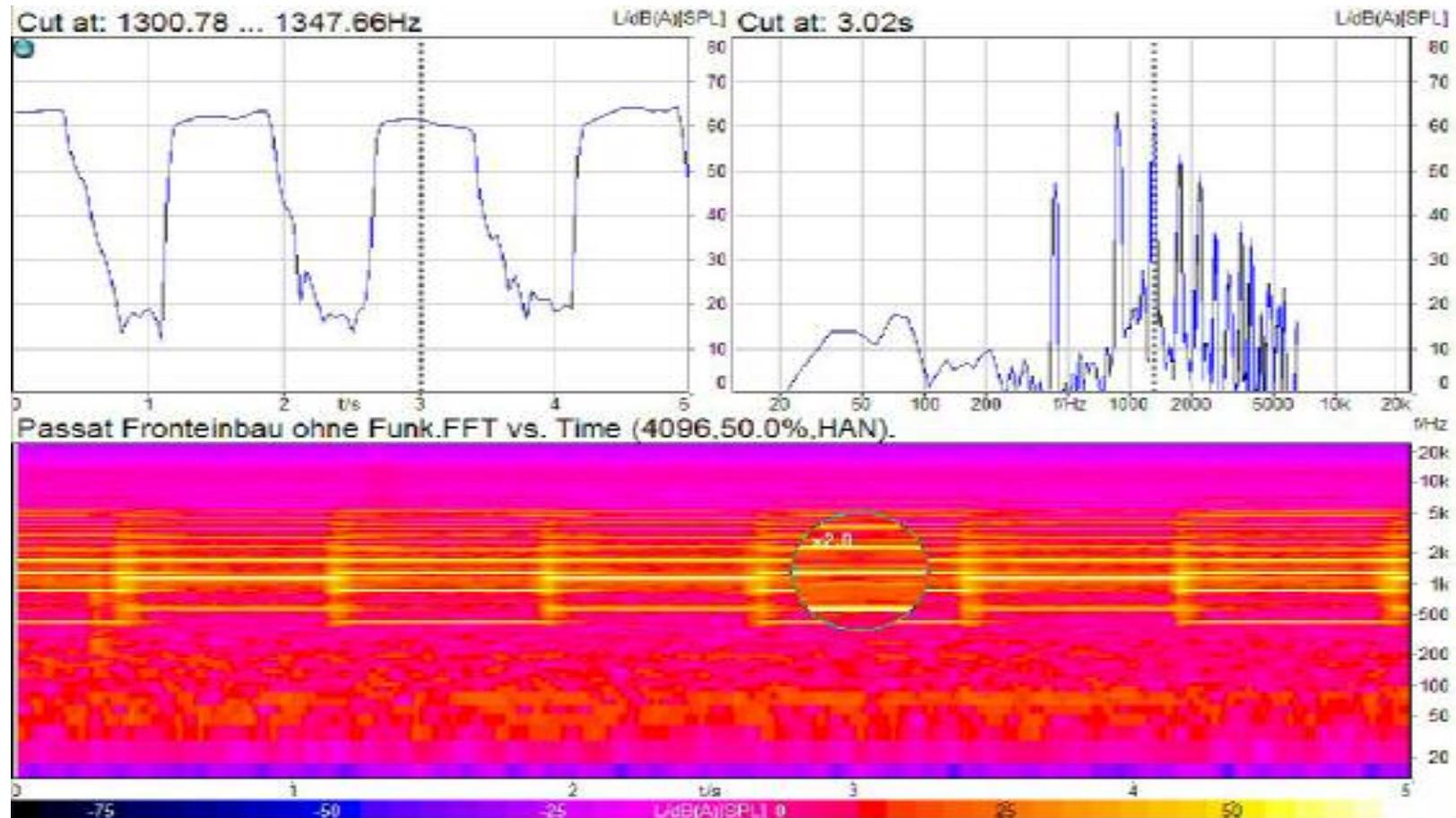


In Ford Galaxy gemessen bei 100 km/h vor Dachbalkensystem



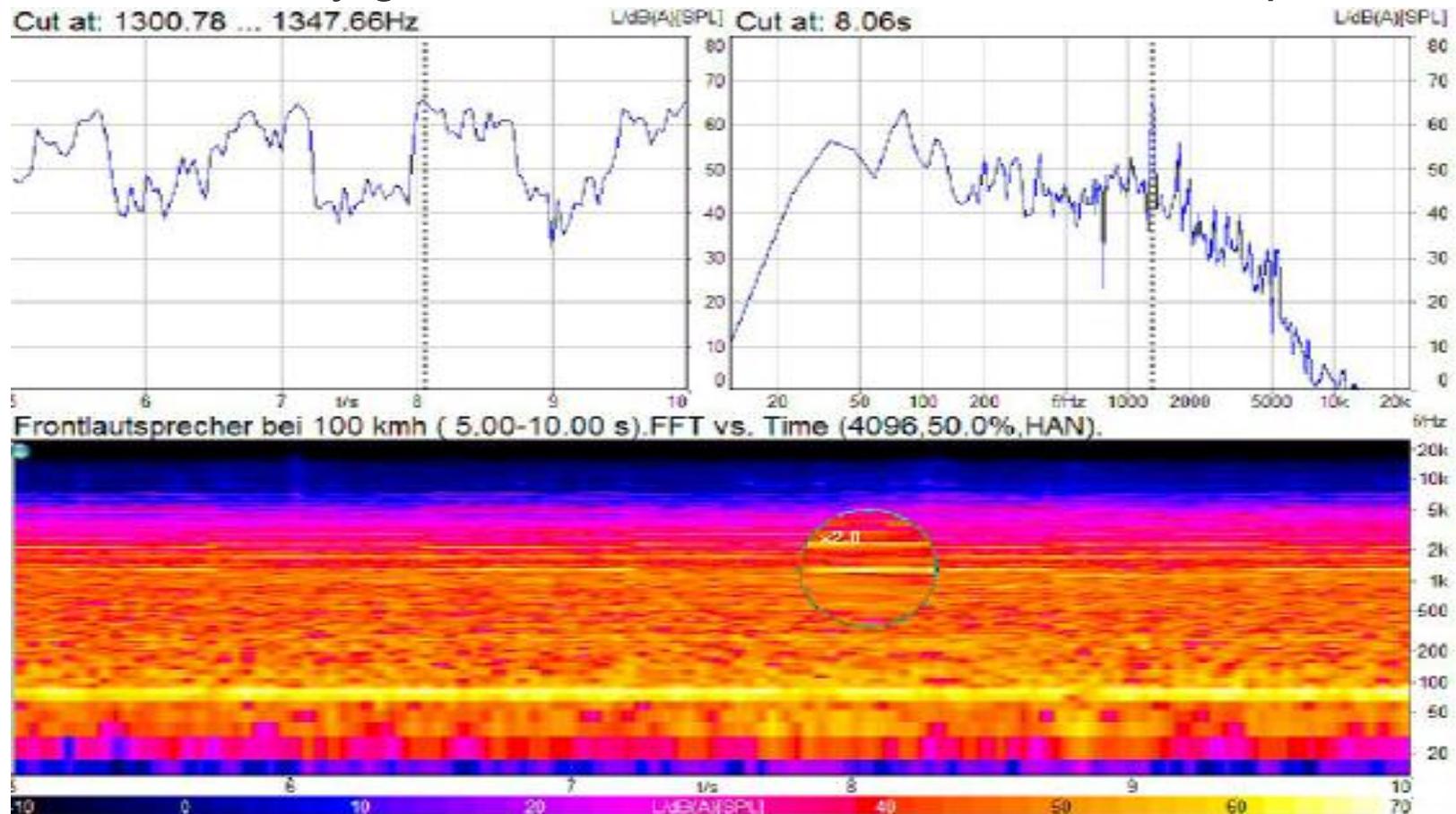


Messreihe auf Signalwirkung Frontlautsprecher im Stand





In Ford Galaxy gemessen bei 100 km/h vor Frontlautsprecher





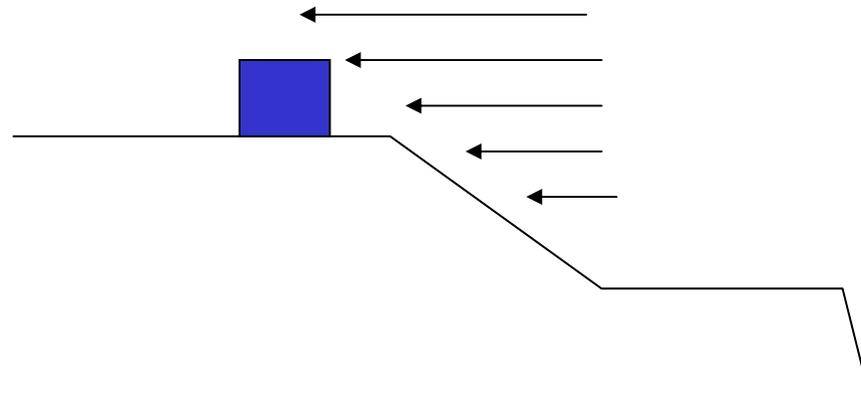
Anmerkung

- Bei der Frontmontage ist die Komponente um 1,3kHz noch stärker durchmoduliert als bei der Dachmontage.
- Die Signalwirkung des Martinshorns ist in dieser Situation bei der Frontmontage sogar höher.
- Der Abstand der Fahrzeuge während der Fahrt entsprach in beiden Fällen dem Sicherheitsabstand.



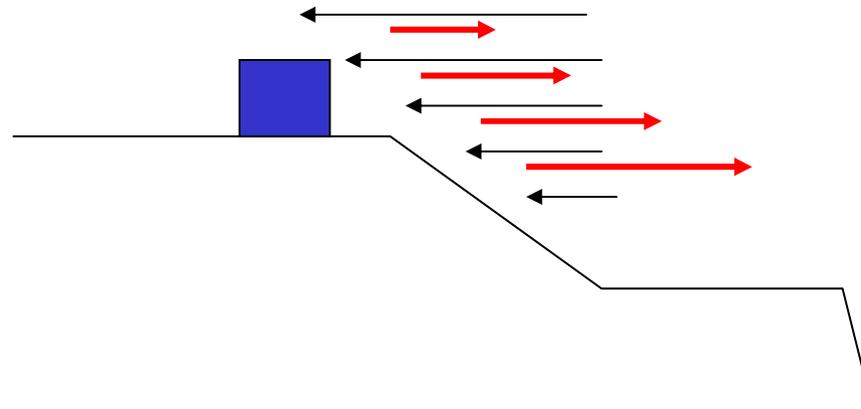
Brechung des Schalls durch Fahrtwindprofil

Schematische Darstellung: Vor der Scheibe staut sich der Fahrtwind.



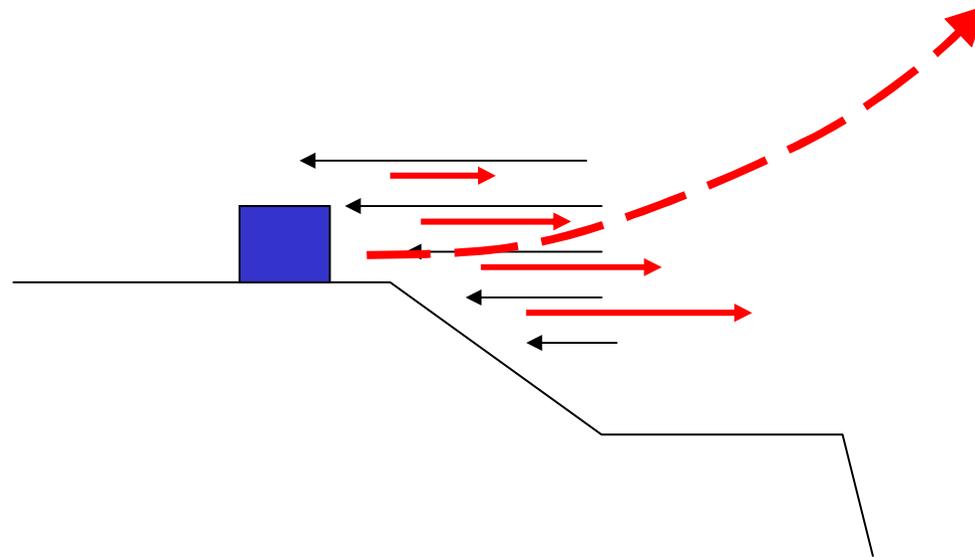


Das Fahrtwindprofil führt zur unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Schalls in der Höhe (rote Pfeile).





Durch die höhenabhängige Schallgeschwindigkeit wird der Schall nach oben gebrochen. Dadurch kann der Pegel bei höheren Geschwindigkeiten sogar im Wageninneren abnehmen. Ebenfalls kann dies die Ursache dafür sein, dass das Martinshorn eines sich von hinten nähernden Polizeifahrzeugs auf der Autobahn erst spät zu hören ist. Bei der Durchfahrt unter einer Brücke wird es wesentlich lauter.





■ **Untersuchung der Signalwirkung**

- Messungen im fernerem Umfeld
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (außen)
- Messungen im nahen Kreuzungsbereich (innerhalb von Kfz)
- Messung während Fahrt
- **Vergleich der Montageplätze**



Zwischenfazit bezüglich Signalwirkung:

- Die Pegel bei Dach- und Frontmontage unterscheiden sich in identischen Situationen in der Mehrzahl um nicht mehr als ca. 5dB(A), wobei die Dachmontage in der Regel eher, aber nicht immer zu höheren Pegelwerten führt.
- In extremen Situationen im Kreuzungsbereich kann allerdings der Pegel bei der Dachmontage bis zu 10dB(A) über dem bei Frontmontage liegen.
- Die Unterschiede wären ggf. durch Pegelanhebung zu kompensieren bei gleichzeitiger deutlicher Minderung der Lärmbelastung im Polizeifahrzeug.
- Bei Fahrt kann die Dachmontage mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen verbunden sein.



■ Weitere Argumente



- Nach der EG-Richtlinie 2003/10/EG ist über die Richtwerte hinaus jede vertretbare Maßnahme umzusetzen, die die Lärmbelastung reduziert.
- **Psychologischer Effekt der angenommenen Wahrgenommenheit**
Bei der Dachmontage besteht eher die Gefahr, dass durch den hohen Innenpegel die Signalwirkung außen überschätzt wird. Unfälle können die Folge sein.
- **Polizeifahrzeug als Arbeitsplatz:**
 - VDI 2058 Blatt 3 **Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten**
Nach dem Kriterium einer geistig anspruchsvollen Tätigkeit müsste die Lärmbelastung noch viel geringer sein.
- Deutliche Einsparung beim Kraftstoffverbrauch
- Der Einbau bzw. Umbau von Frontlautsprechern ist unkompliziert.



■ Fazit und Ausblick



Fazit

- Die Frontmontage führt gegenüber der Dachmontage zu einer wesentlich geringeren Lärmbelastung im Polizeifahrzeug und ist noch mit weiteren Vorteilen verbunden.
- Demgegenüber wird die Signalwirkung bei der Frontmontage – wenn überhaupt – in geringerem Maße reduziert, sodass sich der Effekt bei gleichzeitig deutlicher Lärmreduzierung – falls notwendig - kompensieren ließe.
- Sowohl bei der Dach- wie der Frontmontage ist die Signalwirkung nicht immer ausreichend.



Ausblick

- Fast alles spricht dafür: **Das Martinshorn gehört hinter die Front!**
Die ersten Konsequenzen wurden schon gezogen und Neuanschaffungen mit Frontmontage ausgeschrieben.
- Aber im Zuge einer solchen Umstellung ist zuvor zu untersuchen, ob und ggf. wie durch geeignete Maßnahmen die Signalwirkung optimiert werden kann.