

# Unfallrekonstruktion

## Dach- oder Frontmontage von akustischen Signalgebern

von Dipl.-Phys. Dr. Tim Hoyer, Münster\*

### I. Einleitung

Immer wieder kommt es an Kreuzungen zu Unfällen zwischen Fahrzeugen mit Sondersignalen und anderen Verkehrsteilnehmern. Während bei den optischen Signaleinrichtungen eine Entwicklung hin zu stärker gebündelten und intensiveren Leuchtmitteln beobachtet wird, kann dieser Weg bei den akustischen Signaleinrichtungen nicht eingeschlagen werden. Zwar werden lautere Signaleinrichtungen von anderen Verkehrsteilnehmern besser gehört werden, jedoch muss auch die Lärmbelastung einerseits der Umgebung und, nicht zu vergessen, auch des Fahrers des Einsatzfahrzeugs Berücksichtigung finden.

Die Deutsche **Norm DIN 14610** gibt unter Abschn. 5.1.4 vor, dass in einem Abstand von 3,5 m von der Fahrzeuglängsachse ein Schalldruck von 110 dB(A) von der Signaleinrichtung erreicht werden muss. Auf der anderen Seite muss durch die EU-RL „Lärm“ 2003/10/EU die Innenraumbelastung für den Fahrer möglichst gering gehalten werden.

Um diese Richtlinie zu erfüllen, musste die Geräuschbelastung im Inneren der Einsatzfahrzeuge teilweise drastisch reduziert werden (Grenzwert 80 dB[A] bei 8-stündiger Belastung). Unter Einsatz von akustischen Sondersignalen können im Innenraum des Fahrzeugs teilweise Schallpegel von über 93 dB(A)

(eigene Messungen: Mercedes ML mit Martinshorn) vorliegen.

Betrachtet man die nachfolgende Tabelle, so ist offensichtlich, dass eine Fahrt unter Sondersignal mit einem Schallpegel von 93 dB(A) nur über einen kurzen Zeitraum (ca. 20 Min.) erfolgen darf.

80 dB(A)	8 Std.
83 dB(A)	4 Std.
86 dB(A)	2 Std.
89 dB(A)	1 Std.
92 dB(A)	30 Min.
95 dB(A)	15 Min.
98 dB(A)	7,5 Min.
101 dB(A)	3,75 Min.

Tabelle: Zulässige Einwirkdauern für Schallpegel über 80 dB(A)

Um die Richtlinie „Lärm“ zu erfüllen, mussten bauliche Konsequenzen durchgesetzt werden (EG-RL 2003/10/EG: Es ist über die Richtwerte hinaus jede vertretbare Maßnahme umzusetzen, die die Lärmbelastung reduziert). Mit der neuen Anordnung der Signaleinrichtung wurde das akustische Signal vom Dachbalken in den Motorraum (bzw. Stoßfänger) verbannt, s. Abb. 1.

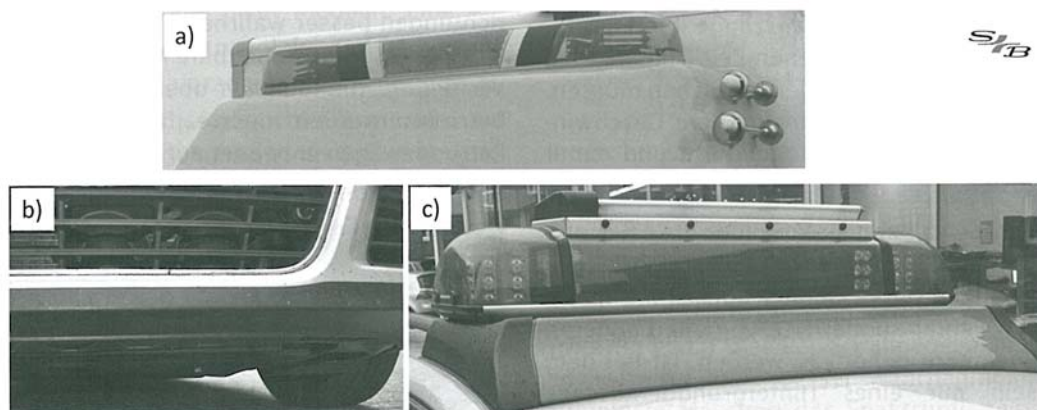


Abb. 1: a) Herkömmliche Dachmontage der Signaleinrichtung mit zusätzlichen Martinshörnern, b) Einbau der akustischen Signaleinrichtung im Motorraum, c) Lichtbalken auf dem Dach

\* Der Autor ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.





Abb. 2: Untersuchte Fahrzeuge für akustische Wahrnehmbarkeit

Messungen der Universität Wuppertal ergaben, dass die Innenraumgeräusche teilweise von 87,2 dB(A) auf 67,5 dB(A) gesenkt werden konnten, also um fast 20 dB(A). Während vorher im Einsatzwagen „ohrenbetäubender“ Lärm eine Kommunikation stark erschwerte, ist mit der Verlagerung der akustischen Signaleinrichtung in den Motorraum nunmehr nur noch ein „Hintergrundgeräusch“ wahrnehmbar.

Für Polizeibeamte, die in ihrer Dienstzeit häufig unter Einsatz von Sondersignalen fahren, sicherlich ein Segen. Auch Argumente wie Benzinverbrauch sprechen eher für eine Montage im Motorraum, obwohl der Lichtbalken weiterhin auf dem Dach montiert wird und eine wesentliche Reduzierung des Windwiderstands somit nicht erwartet werden kann. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bei einer Fahrt unter Sondersignalen eine „digitale“ Fahrweise Anwendung findet (Vollgas/Vollbremsung) und der Benzinverbrauch nicht im Vordergrund steht.

Während für Polizeibeamte häufige Fahrten unter Sondersignalen die Regel sind, kann die Einsatzfrequenz bei Feuerwehren geringer sein. Aufgrund dieser teilweise nur sporadisch auftretenden Situation können größere Schalldruckpegel im Innenraum toleriert werden – auch ohne die RL „Lärm“ 2003/10/EU zu verletzen, wenn die Einsatzfahrten zeitlich kurz sind.

Eine frühere Warnung anderer Verkehrsteilnehmer bedeutet ein schnelleres Vorankommen für die Einsatzfahrzeuge. Da die Einsatzfahrzeuge ihre Einsatzorte innerhalb einer vorgegebenen Zeit (Hilfsfrist bei vorgegebenen Erreichungsgraden) erreichen müssen, ermöglicht eine höhere fahrbare mittlere Geschwindigkeit ein gröberes Netz der Standorte und damit geringere Kosten.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist die psychologische Wirkung auf den Fahrer des Einsatzfahrzeugs: Während früher die starke Geräuschbelastung im Innenraum dem Fahrer suggerierte von allen anderen Verkehrsteilnehmern gehört zu werden, ist bei dem Vorhandensein nur eines Hintergrundgeräusches dem Fahrer eher verständlich, dass er eben nicht von allen Verkehrsteilnehmern gehört wird – eine unfallpräventive Fahrweise könnte die Folge sein.

Allerdings stellt sich die Frage, ob die im Motorraum angeordneten Sondersignale unter ungünstigen Be-

dingungen schlechter wahrzunehmen sind als ihr Pendant auf dem Dach.

In Zusammenarbeit mit der Feuerwehr Münster wurden auf einem stillgelegten Militärflughafen verschiedene Verkehrssituationen nachgestellt und die Schalldruckpegel sowie die Frequenzverläufe der Signaleinrichtung aufgezeichnet. Der Wahl des Militärflughafens lag die Überlegung zugrunde, dass man eine ungehinderte Schallausbreitung ermöglichen wollte. Lediglich einzelne Hindernisse sollten positioniert werden. Hierfür wurden verschiedene andere Fahrzeuge eingesetzt. Neben allgemeinen Messungen sollte vor allem die Schallausbreitung in Stausituationen (Verkehrssituation in Innenstädten, Abdeckung durch weitere Fahrzeuge) untersucht werden. Eine aus dem Motorraum kommende Schallausbreitung kann durch (direkt) davor fahrende Fahrzeuge behindert werden, während bei einer Installation von Signaleinrichtungen auf dem Dachbalken die Schallausbreitung mehr oder weniger ungehindert erfolgt.

## II. Messaufbau

Zur Verfügung standen verschiedene Fahrzeuge der Feuerwehr, die sowohl mit Martinshorn als auch mit einer elektronischen Signaleinrichtung ausgestattet waren, s. Abb. 2.

Es sollte untersucht werden, welche der Signaleinrichtungen besser wahrnehmbar ist. Weiterhin stand eine beliebig positionierbare Martinshorn-Fanfare zur Verfügung, die lediglich über einen 24-V-Anschluss betrieben werden musste. Diese wurde auf einem Rettungswagen entweder auf dem Boden positioniert oder auf dem Dach, s. Abb. 3.

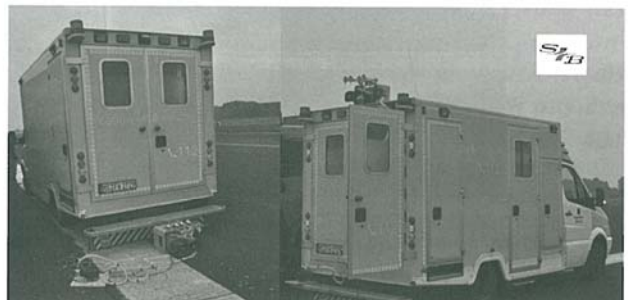


Abb. 3: Flexibel positionierbare Signaleinrichtung



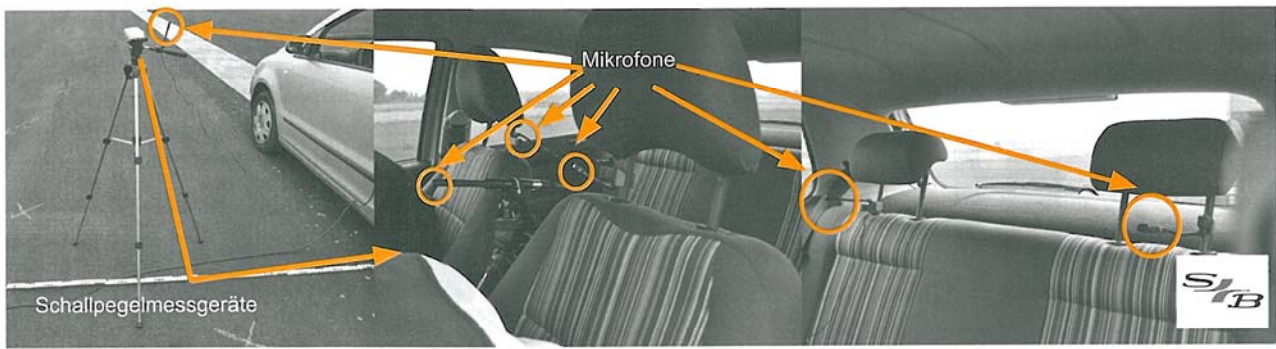


Abb. 4: Messanordnung

Auf diese Weise konnte das Martinshorn an verschiedenen Stellen auf einem Fahrzeug positioniert werden. Einerseits sollte die unterschiedliche Positionierung auf die verschiedene Wahrnehmbarkeit für andere Verkehrsteilnehmer hin untersucht werden, andererseits wirkt sich eine unterschiedliche Positionierung auch für den Schalldruckpegel im Innenraum aus.

Die Aufnahme der Strahlungsdiagramme erfolgte mit einem Schallpegelmessinstrument (Center, Typ 322). Zur akustischen Aufnahme wurden gleichzeitig vier (typgleiche) Mikrofone im Bereich der Kopfstützen installiert, ein lineares Messmikrofon zwischen den Frontsitzen und ein weiteres Mikrofon neben dem Fahrzeug. Die Schallpegel wurden sowohl im Innenraum als auch außen, neben dem Fahrzeug, gemessen, s. Abb. 4.

### III. Ergebnisse

Für die Unfallrekonstruktion ist es erforderlich, den Schallpegel am Ort des Verkehrsteilnehmers zu bestimmen. In den meisten Fällen ist eine Messung vor Ort an der Unfallstelle nicht möglich. Eine Abschätzung der Schalldruckpegel ist jedoch – eine freie Schallausbreitung vorausgesetzt – mithilfe eines Strahlungsdiagramms möglich. Hierzu wird auf einer freien Fläche der Schalldruck in verschiedenen Abständen bestimmt. Zur Rekonstruktion ist es dadurch möglich, den am Ort des Verkehrsteilnehmers vorhandenen Schalldruck zu bestimmen. Ein solches Strahlungsdiagramm zeigt die Abb. 5 für einen elektronischen Signalgeber (Hella RTK6) und Abb. 6 für ein Martinshorn.

Das Martinshorn verfügt im Vergleich zu den elektronischen Signaleinrichtungen in etwa über den gleichen Schalldruck. Kleinere Unterschiede ergeben sich aufgrund der leicht anderen Abstrahlcharakteristik.

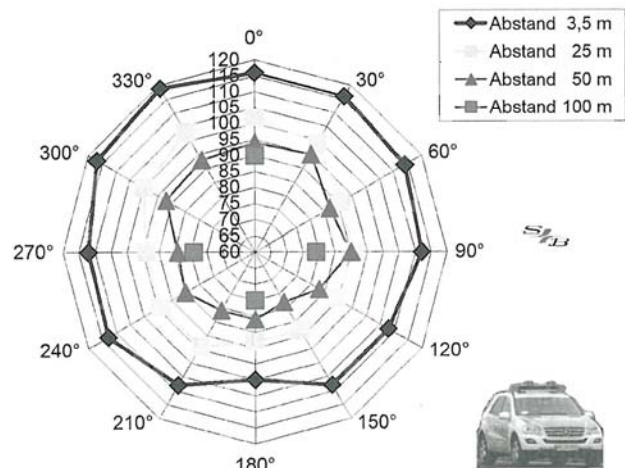


Abb. 5: Strahlungsdiagramm elektronischer Signalgeber

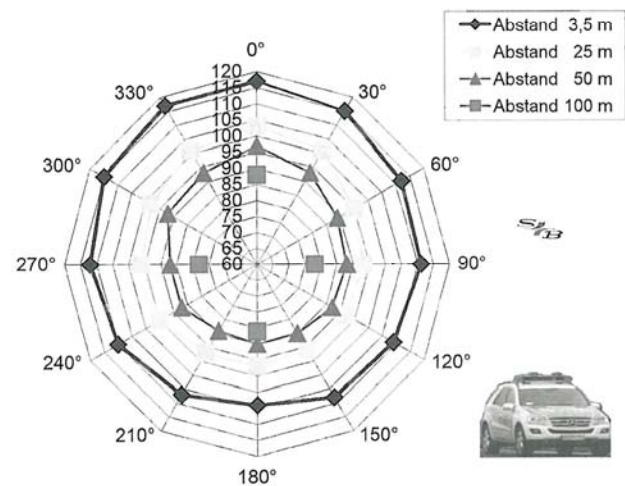


Abb. 6: Strahlungsdiagramm Martinshorn

Beide Signaleinrichtungen erfüllen die DIN 14610. Trotz (in etwa) gleicher Schallpegel scheint das Martinshorn subjektiv besser wahrnehmbar. Eine zeit aufgelöste Messung des Spektrums zeigt, dass der Schalldruck mit der Zeit schnell schwingt (Tremolo-Effekt). Hierdurch wird zwar im Mittel der angegebene Schalldruck nicht überschritten, kurzzeitig ist der Schalldruck jedoch höher und führt dadurch zu der charakteristischen Schwingung. Der schnelle Wechsel

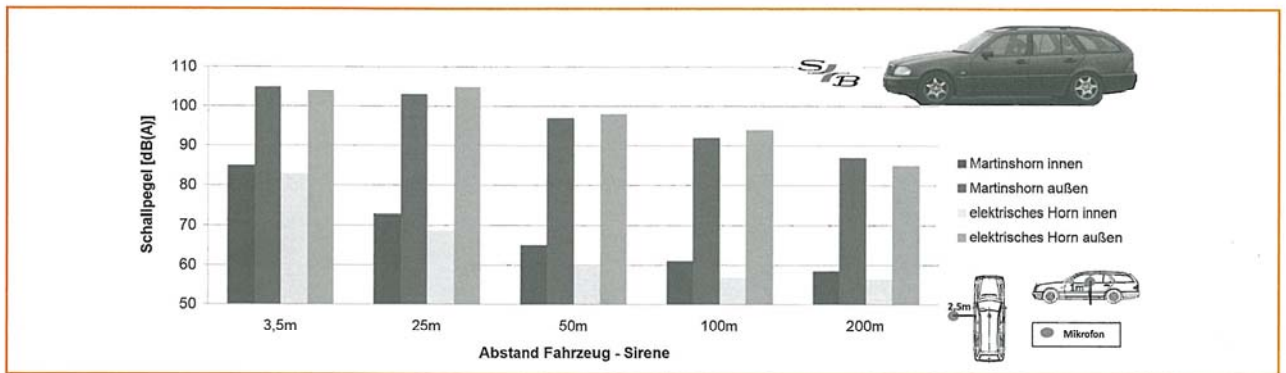


Abb. 7: Messungen am MB C-Klasse

der Schallpegel führt zu größeren Schallpegelspitzen, die vom Gehör ggf. besser wahrgenommen werden können, obwohl der (mittlere) Schallpegel gleich oder zumindest ähnlich ist.

Messtechnisch mittelt ein Schallpegelmessgerät in der Einstellung „schnell“ über einen Zeitraum von 0,125 s. Jede Modulation, die deutlich hochfrequent ist als 8 Hz (wie das Tremolo), wird somit nur gemittelt gemessen.

Der Schallpegel im Innenraum eines Pkw wird durch die Karosserie stark gedämpft. Diese Dämpfung ist abhängig von der Frequenz, d.h. ein hoher Ton kann ggf. stärker gedämpft werden als ein niedriger.

Für verschiedene Fahrzeuge wurden die Schallpegel im Außenraum und im Innenraum gemessen. Die Abb. 7 zeigt als Beispiel die Schallpegel im Außen- und Innenraum eines Mercedes-Benz der C-Klasse.

**Auffällig** ist, dass das Martinshorn trotz teilweise geringerer Schallpegel im Außenraum der im Innenraum vorliegende Schallpegel größer ist als der des elektronischen Signalgebers. Für die Rekonstruktion sind somit die unterschiedlichen Signalerzeugungen zu berücksichtigen. Ursache hierfür ist der unterschiedliche Frequenzverlauf in Kombination mit dem „Tremolo-Effekt“, s.o.

Durch die Kenntnis der Dämpfung (Differenz der Schallpegel im Außenraum und Innenraum) kann jetzt eine Aussage über den im Innenraum des Fahrzeugs erreichten Schallpegel der Signaleinrichtung erfolgen.

Befindet sich ein Mercedes-Benz C-Klasse 25 m vor einem Rettungswagen mit eingeschaltetem Martinshorn, wird somit im Innenraum ein Schallpegel von 72 dB(A) erreicht, der bei einem Nebengeräusch von 70 dB(A) (Radio im Pkw) noch klar wahrnehmbar wäre (Gesamtschalldruck 74 dB(A), vgl. Dynamische Wahrnehmbarkeitsanalyse eines Martinshorns am Beispiel eines Motorradfahrers, HÖGER VRR 2010, 176).

Bei der Schallausbreitung spielt die Verdeckung eine wesentliche Rolle. Befinden sich Gegenstände zwischen der Schallquelle und dem Empfänger, wird der Schallpegel drastisch reduziert. Bei einer Annäherung eines Fahrzeugs unter 90° zum Einsatzfahrzeug wird eine Schallausbreitung häufig durch andere Fahrzeuge, Gebäude oder Büsche/Bäume verdeckt. Zusätzlich zur geringeren Abstrahlung unter 90°, vgl. Abb. 5 und 6, muss dann auch noch die Dämpfung durch die Abschattung berücksichtigt werden. Diese Abschattung kann sehr unterschiedlich sein und muss ggf. vor Ort untersucht werden.

Die Abschattung durch einzelne Fahrzeuge ist aus zweierlei Hinsicht interessant: Erstens ermöglichen Messungen mit (definierten) Hindernissen, sich ein Gefühl dafür zu erarbeiten, wie Hindernisse den Schall beeinflussen, um damit an der Unfallstelle eine Aussage treffen zu können, wie sich der Schallpegel vor Ort verhält. Zweitens ist die Fragestellung für den Fahrer von Einsatzfahrzeugen wichtig (und damit auch für die Unfallrekonstruktion), ob er durch ein Fahrzeug auf der zweiten Spur wahrgenommen werden kann.

Im Fall eines tief angeordneten Signalgebers reicht bereits ein Fahrzeug aus, damit im vorausfahrenden

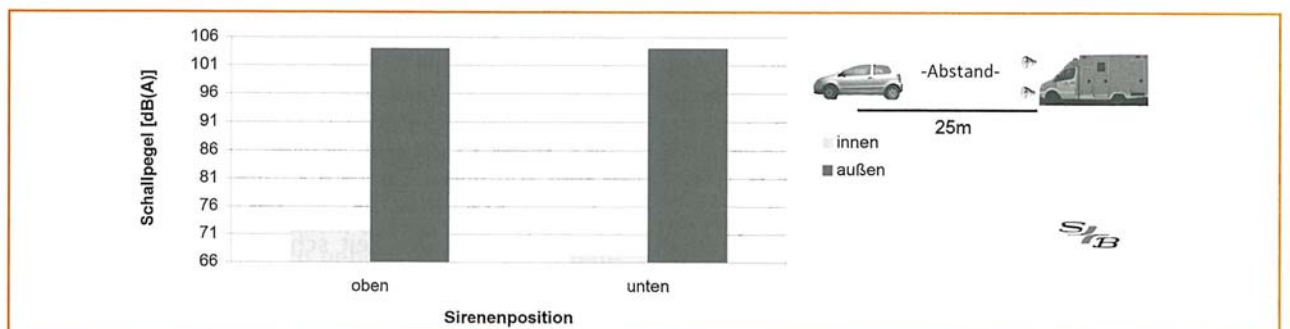


Abb. 8: Martinshorn oben und unten im Vergleich ohne Hindernis



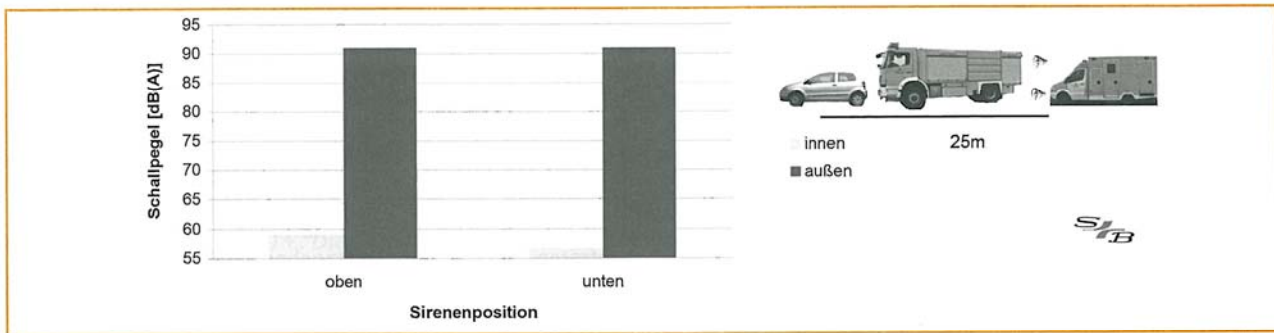


Abb. 9: Martinshorn oben und unten im Vergleich mit Lkw als Hindernis

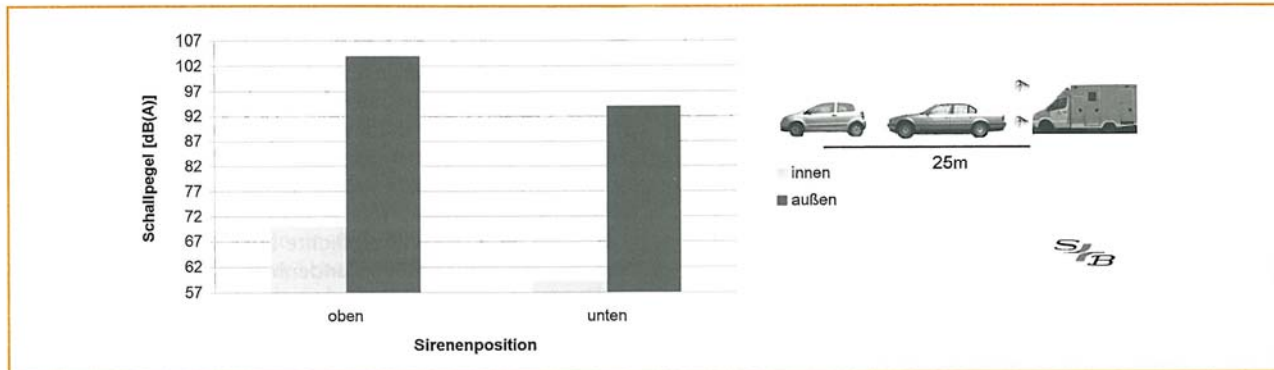


Abb. 10: Martinshorn oben und unten im Vergleich mit Pkw als Hindernis

Fahrzeug das Signal nicht mehr sicher wahrgenommen werden kann. Speziell bei höheren Einsatzfahrzeugen ist es deshalb von Vorteil, die Signaleinrichtung auf oder über Dachhöhe anzubringen, sodass eine ungehinderte Schallausbreitung zum Empfänger (den vorausfahrenden Fahrzeugen) erfolgen kann.

#### IV. Zusammenfassung

Auf dem Dach eines Einsatzfahrzeugs montierte akustische Signalgeber haben im Vergleich zu Signalgebern, die im Motorraum angebracht wurden, den Vorteil, dass sie über davorstehende Pkw hinwegstrahlen können und damit auch weiter entfernte

Pkw erreichen. Die Messungen zeigten, dass schon ein Fahrzeug genügen kann, dass das akustische Signal im davor fahrenden Fahrzeug nicht mehr sicher wahrgenommen werden kann. Da im Allgemeinen hauptsächlich Pkw die Durchfahrtswege der Einsatzfahrzeuge behindern, sollte die höhere Anbringungsweise favorisiert werden. Die Innenraumbelastung ist dabei jedoch erheblich höher, als dies bei einer Montage im Motorraum zu erwarten wäre. Wird diese höhere Innenraumbelastung (in Übereinstimmung mit den arbeitsschutzrechtlichen Bestimmungen) jedoch toleriert, ist eine bessere Wahrnehmbarkeit der Signaleinrichtung zu erwarten.