

Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution, Mannheim

Lärmexposition bei der PKW-Reifenmontage

Klaus Schäfer, Frank Rokosch, Ralf Schick und Corinna Becker

K. Schäfer, F. Rokosch, R. Schick, C. Becker: Lärmexposition bei der PKW-Reifenmontage. ZblArbeitsmed 59 (2009) 194–201

Schlüsselwörter: Gefährdungsbeurteilung – Lärm – Messungen – Schalldosimeter – Reifenmonteur

Zusammenfassung

Zur Erfassung der Lärmexposition der Monteure bei der PKW-Reifenmontage wurden personengebundene Schallpegelmessungen während betriebsüblicher Tätigkeiten durchgeführt. In die Auswertung flossen insgesamt über 60 Tagesprofile mit einer gesamten Messdauer von über 400 Stunden ein. Die Messungen wurden im Wesentlichen in den Monaten März, April und Mai durchgeführt in einem Zeitraum, in dem der Wechsel von Winter- auf Sommerbereifung stattfand und eine entsprechend hohe Arbeitsbelastung vorlag.

Um den Einfluss der Mikrofonposition auf das Messergebnis bei derartigen personengebundenen Messungen zu untersuchen, wurden außerdem Labormessungen unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Aufgrund der Messergebnisse wurde ein alternatives Aufnehmersystem für Dosimetermikrofone entwickelt und in der Praxis getestet.

Nach den durchgeführten Messungen und Auswertungen ist für die Tätigkeit der PKW-Reifenmonteure ein Tages-Lärmexpositionspegel um 80 dB(A) während der arbeitsintensiven Jahreszeiten im Frühjahr und im Herbst zugrunde zu legen. Für die übrige Zeit kann man wegen eines geringeren Arbeitsaufkommens von einem niedrigeren Wert ausgehen. Demnach ist für die PKW-Reifenmonteure die Entstehung lärmbedingter Gehörschäden im Sinne der VDI 2058 nicht wahrscheinlich und die Gefahr der Entstehung einer Lärmschwerhörigkeit im Sinne der BK 2301 BKV nicht gegeben. Die sichere Einhaltung des unteren Auslösewertes von 80 dB(A) nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung kann aus den Ergebnissen jedoch nicht abgeleitet werden.

Als Hauptlärmquelle für die Reifenmonteure wurde der Einsatz der Schlagschrauber beim Lösen und Anziehen der Rad-schrauben identifiziert. Ergänzende Messungen zur Lärmexposition beim Verwenden unterschiedlicher Schrauber ergaben, dass durch den Einsatz von Impulsschraubern anstelle von Schlagschraubern die Lärmexposition deutlich verringert werden kann und der untere Auslösewert von 80 dB(A) nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung damit eingehalten werden sollte.

Noise exposure during tyre fitting of passenger cars

K. Schäfer, F. Rokosch, R. Schick, C. Becker: Noise exposure during tyre fitting of passenger cars. ZblArbeitsmed 59 (2009) 194–201

Key words: Risk assessment – noise – measurements – personal sound exposure meter – tyre fitter

Summary

To receive the noise exposure of tyre fitters for passenger cars measurements with personal sound exposure meters were made under normal working conditions. Over 60 measurements with a measuring period of more than 400 hours were evaluated. The measurements were made basically in March, April and May, where the change of winter on summer tyres took place and a high work load existed.

Further measurements in laboratory were made to look for the influence of the microphone position on the result of the measurement when using personal sound exposure meters. Due to the results of these measurements an alternative system for fixing the microphones of the personal sound exposure meters was developed and tested in practice.

From the measurements and evaluations a daily noise exposure level of about 80 dB(A) can be derived for the tyre fitters during the work intensive periods in the spring and in the autumn and of less than 80 dB(A) for the remaining time. Therefore the emergence of noise-induced damage to hearing with regard to VDI 2058 is not probable and the danger of the emergence of a noise induced hearing loss regarding to the BK 2301 BKV is not given. However the safe adherence to the lower exposure action value of 80 dB(A) of the noise directive 2003/10/EG cannot be derived from the results.

Anschrift der Autoren:

Dr. rer. nat. Klaus Schäfer ■ k.schaefer@bghw.de ■ Ralf Schick ■ r.schick@bghw.de
Frank Rokosch ■ f.rokosch@bghw.de ■ Corinna Becker ■ c.becker@bghw.de
Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution ■ 68145 Mannheim

The application of the impact wrenches for screwing and unscrewing was identified as the main source of noise for the tyre fitters. Measurements showed that the application of impulse nutrunners instead of impact wrenches can reduce the noise exposure significantly. Thus, the lower exposure action value of 80 dB(A) should be adhered.

1. Einleitung

Im März 2007 wurden die EG-Richtlinien 2002/44/EG „Vibrationen“ und 2003/10/EG „Lärm“ durch die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung in nationales Recht umgesetzt (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2007). Diese regelt den Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen und löst für den Teilbereich Lärm die Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ (HVBG, 1990) als nationale Arbeitsschutzvorschrift ab. Eine weitere legislative Vorschrift, die Berufskrankheitenverordnung, regelt, wann und wie in der Bundesrepublik Deutschland eine beruflich verursachte Lärmschwerhörigkeit als Berufskrankheit BK 2301 BKV anerkannt und entschädigt werden kann (Reichsarbeitsminister, 1929).

Um Entscheidungen hinsichtlich zu treffender Maßnahmen nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung oder hinsichtlich einer möglichen Gefährdung im Sinne der Berufskrankheit BK 2301 BKV eindeutig treffen zu können, ist es unabdingbar, die Lärmexposition der Beschäftigten möglichst umfassend zu ermitteln und zu beurteilen. Üblicherweise werden hierzu – sofern möglich – Schallpegelmessungen vor Ort an den Arbeitsplätzen der Beschäftigten durchgeführt.

Für die Tätigkeit der Monteure bei der PKW-Reifenmontage gestaltete sich die Ermittlung eines repräsentativen Tages-Lärmexpositionspegels im Rahmen von Arbeitsplatz-Lärmanalysen oder Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren bislang sehr schwierig, da die Monteure eine Vielzahl unterschiedlicher Tätigkeiten – teilweise verbunden mit wiederkehrenden kurzen, aber intensiven Lärmexpositionen – an ständig wechselnden Arbeitsplätzen ausüben.

Zur Ermittlung eines repräsentativen typischen Tages-Lärmexpositionspegels für Reifenmonteure wurden daher bei Unternehmen aus dem Bereich Reifenhandel in Zusammenarbeit mit Technischen Aufsichtsbeamten der Bezirksver-

waltungen der Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW) umfangreiche Langzeitanalysen durchgeführt. Die Messungen wurden dabei mithilfe von Schalldosimetern personengebunden über nahezu komplette

Räder demontiert werden können. Zur Demontage der Räder werden die Rad-schrauben oder Radmuttern üblicherweise mit einem durch Druckluft betriebenen Schlagschrauber gelöst. Bei den verwendeten Schlagschraubern handelt



Abbildung 1: Monteur beim Lösen der Radmuttern an einem PKW.

Figure 1: A tyre fitter, who is unscrewing the wheel nuts at a passenger car.

Arbeitstage durchgeführt. Daneben wurde auch die Lärmexposition bei Verwendung unterschiedlicher Schlagschraubertypen und alternativer Schrauber unter standardisierten Bedingungen messtechnisch erfasst. Ferner zeigte sich, dass bei Anwendung der Dosimetermesstechnik die Art und Weise, in der das Mikrofon am Körper des Beschäftigten befestigt war, einen erheblichen Einfluss auf das Messergebnis hat. Daher wurden auch diesbezüglich Untersuchungen und Weiterentwicklungen durchgeführt.

2. Tätigkeitsbeschreibung

Durch die Monteure im Reifenhandel werden zum Reifenwechsel bereitgestellte Fahrzeuge auf den Hebebühnen positioniert. Anschließend werden die Fahrzeuge soweit angehoben, dass die

es sich typischerweise um ½"-Schlagschrauber für einen Betriebsdruck von etwa 6 bar mit maximalen Drehmomenten bis zu 700 Nm (Abbildung 1).

Anschließend werden die Räder vom Fahrzeug abgenommen und an einer Montiermaschine werden die alten Reifen von den Felgen gelöst und neue aufgezogen. Vor dem Reifenwechsel werden die Reifen zuerst drucklos gemacht. Nach dem Entfernen des Ventils werden sie mit dem Abdrückelement der Montiermaschine beidseitig vom Felgenhorn gedrückt. Danach wird die Felge eingespannt und der Montagearm der Maschine wird auf die Radgröße eingestellt. Anschließend werden die Wulste des Reifens unter Zuhilfenahme eines Montiereisens nacheinander von der Felge abgezogen.

Vor der Montage des neuen Reifens wird ein neues Ventil in die Felge eingezogen und die Felge und der neue Reifen werden mit Gleitmittel eingestrichen. Der Reifen wird dann mit der Montiermaschine auf die Felge aufgezogen. Anschließend erfolgt das Befüllen des Reifens, bis der Reifen über den Felgenhump springt und korrekt am Felgenhorn anliegt. Nach dem Einstellen des

3. Verwendete Schall-Messtechnik

Die Messungen zur Erfassung der Lärmexposition der Monteure wurden personengebunden mit Hilfe von Schalldosimetern durchgeführt, da die Monteure nicht an stationären Arbeitsplätzen arbeiten und zudem kurzzeitigen Lärmereignissen ausgesetzt sind, die sie durch ihre eigene Tätigkeit unmittelbar am jeweiligen Arbeitsplatz verursachen.



Abbildung 2: Verwendete Schalldosimeter für die betrieblichen Messungen bei den Monteuren in der PKW-Reifenmontage.

Figure 2: Personal sound exposure meters used for the noise-measurements of the tyre fitters under normal working conditions.

Betriebsdruckes werden die Räder auf einer Auswuchtmaschine durch das Anbringen von Wuchtgewichten ausgewuchtet. Schließlich werden die Räder wieder am Fahrzeug befestigt, wobei dies üblicherweise ebenfalls mit einem durch Druckluft betriebenen Schlagschrauber geschieht.

Beim Wechsel von Sommer- auf Winterbereifung und umgekehrt kommt es auch häufig vor, dass Kompletträder getauscht werden, ohne dass ein Wechsel der Reifen auf den Felgen durchgeführt wird. Ferner werden oftmals auch neue Reifen auf Felgen aufgezogen, ohne dass die Räder unmittelbar zuvor vom Fahrzeug demontiert und auf dieses wieder montiert werden, wenn diese von Kunden entsprechend angeliefert und wieder abgeholt werden.

Als Messgeräte für die personengebundenen Messungen wurden die in Abbildung 2 dargestellten Schalldosimeter des Herstellers Brüel & Kjaer, Typ 4443, und Schalldosimeter des Herstellers CEL, Typ 460, verwendet. Die Schalldosimeter der beiden Hersteller sind technisch baugleich. Die Schalldosimeter sind mit einem $\frac{1}{4}$ "-Mikrofon ausgestattet und verfügen über einen Dynamikbereich von 70 dB.

Daneben wurden auch ortsfeste Messungen in den jeweiligen Arbeitsbereichen mit Handschallpegelmessern vorgenommen, um den allgemeinen Untergrundpegel zu ermitteln. Für diese stationären Messungen wurden Handschallpegelmessers des Herstellers Brüel & Kjaer, Typ 2236, eingesetzt. Diese Schallpegelmessers verfügen über ein

$\frac{1}{2}$ "-Mikrofon und einen Dynamikbereich von 80 dB. Für die Messungen zur Lärmexposition beim Einsatz unterschiedlicher Schlagschrauber wurde zusätzlich ein Handschallpegelmessers des Herstellers Brüel & Kjaer, Typ 2238, mit $\frac{1}{2}$ "-Mikrofon und einem Dynamikbereich von 80 dB und ein Frequenzanalysator des Herstellers Larson Davis, Typ LD 824, mit $\frac{1}{2}$ "-Mikrofon und einem Dynamikbereich von 105 dB verwendet.

Alle eingesetzten Messgeräte verfügen über interne Speicher, mit deren Hilfe auch die zeitlichen Pegelverläufe protokolliert werden können. Die zeitliche Auflösung beträgt eine Sekunde. Mittels der Software „Protector“ des Herstellers Brüel & Kjaer wurden die Messwerte über die serielle Schnittstelle am PC ausgelesen und die Messungen einzeln ausgewertet und weiterverarbeitet.

Zur Kalibrierung der Messgeräte wurden Kalibratoren des Herstellers Brüel & Kjaer, Typ 4231, mit einem Referenzschallpegel von 94 dB bei 1000 Hz eingesetzt. Die eingesetzten Messgeräte waren zudem durch das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) geprüft; die Handschallpegelmessers waren außerdem geeicht.

4. Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Der Einfluss der Mikrofonposition bei dosimetrischen Messungen

Im Rahmen der Langzeitanalysen bei den Monteuren wurden die Mikrofone gemäß den Angaben eines Herstellers üblicherweise auf der Schulter oder am Kragen der Beschäftigten angebracht. Teilweise erfolgte das Anbringen der Mikrofone auch am Träger der Latzhosen vor der Brust. Um den Einfluss dieser unterschiedlichen Mikrofonpositionen auf das Messergebnis zu erfassen, wurden im Schallabsorptionsraum der Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd in Mainz diesbezügliche Untersuchungen durchgeführt. Der Messaufbau, die Messstrategie und die einzelnen Messergebnisse sind bei Schäfer und Rokosch (2005) detailliert beschrieben.

In einer ersten Messserie wurden die Schallpegel mit vier verschiedenen Mikrofonpositionen am Oberkörper und parallel hierzu mit einem Handschall-



Abbildung 3: Messanordnung der Dosimetermikrofone für betriebliche Schalldosimetermessungen.

Figure 3: Measurement setup for the microphones of the personal sound exposure meters for measurements under normal working conditions.

pegelmesser ohne Körpereinfluss erfasst. Die Schallpegel der einzelnen Messgeräte wurden im Anschluss an die Einzelmessungen separat ausgewertet und in Form von Differenzen (Schallpegel der Schalldosimeter – Schallpegel des Handschallpegelmessers) angegeben. Insgesamt wurden die Messungen etwa 40-mal unabhängig voneinander wiederholt. Danach liegen die mit den Mikrofonen am Kragen, vor der Brust und auf der Schulter gemessenen Schallpegel durchschnittlich etwa 3 bis 4 dB(A) höher als die mit dem Handschallpegelmesser ohne Körpereinfluss gemessenen Schallpegel. Die Messergebnisse mit der Mikrofonposition auf der Schulter senkrecht nach oben stehend liegen nur etwa 1 dB(A) über den Messergebnissen des Handschallpegelmessers.

Der Körpereinfluss ist bei dieser Mikrofonposition insofern deutlich niedriger als bei den drei anderen Mikrofonpositionen.

Ergänzend wurden alternative Anbringungsmöglichkeiten untersucht. So ergaben sich beim Anbringen des Mikrofon in einem festen Mikrofonabstand zum Kopf von etwa 10 cm Überhöhungen durch den Körpereinfluss von weniger als 1 dB(A). Hierauf aufbauend wurde ein an einer Mütze oder einem Helm anzubringender Ausleger für betriebliche Messungen konzipiert, wodurch das Mikrofon in einem festen Abstand von 10 cm seitlich zum Kopf angebracht ist. Der derzeitige Entwicklungsstand ist in Abbildung 3 dargestellt.

Ausgehend von diesen Befunden wurden mit Hilfe des in Abbildung 3 dar-

gestellten Auslegers weitergehende Vergleichsmessungen in Reifenmontagebetrieben durchgeführt mit dem Ziel, den Einfluss der Mikrofonposition auf die Höhe des Schallpegels auch im betrieblichen Einsatz quantitativ zu erfassen. Hierbei wurden die unter Freifeldbedingungen im Schallabsorptionsraum festgestellten Pegelüberhöhungen von etwa 3 bis 4 dB(A) bestätigt. Diese Pegelüberhöhungen beim Anbringen der Mikrofone am Kragen oder vor der Brust sind bei der Auswertung der Messergebnisse der Langzeitanalysen (siehe Kapitel 4.2) berücksichtigt. Die Messungen zum Schlagschraubereinsatz (siehe Kapitel 4.3) erfolgten bereits unter Verwendung des in Abbildung 3 dargestellten Auslegers bzw. eines vergleichbaren Modells.

4.2 Langzeitanalysen bei den Monteuren

4.2.1 Untersuchungsbedingungen

Um die typische Lärmexposition der PKW-Reifenmonteure zu erfassen, wurden bei 61 Monteuren in 56 unterschiedlichen Betriebsstätten repräsentative Dauerschallpegel gemessen. Die Messdauern reichten von vier bis neun Stunden und lagen im Mittel bei etwa sieben Stunden. Die gesamte Messdauer betrug über 400 Stunden.

Die Messungen wurden fast ausschließlich in den Monaten März bis

Mai durchgeführt, wenn üblicherweise der Wechsel von Winter- auf Sommerreifen stattfindet. In diesem Zeitraum sowie im November und Dezember, wenn der Wechsel von Sommer- auf Winterreifen erfolgt, liegt in der Reifenmontage im Vergleich zu den übrigen Monaten eine besonders hohe Arbeitsbelastung vor. Aufgrund dieser Wahl des Untersuchungszeitraumes ist davon auszugehen, dass die gemessenen Dauerschallpegel repräsentativ sind für die hohe Arbeitsbelastung im Herbst und Frühjahr; für die restliche Dauer des

Jahres ist eher von geringeren Dauerschallpegeln auszugehen.

Während der Messungen wurden von 48 der 61 Monteure durchschnittlich an einem PKW je Stunde, von acht Monteuren an etwa einem PKW je zwei Stunden und von fünf Monteuren an bis zu zwei PKW je Stunde die Räder demontiert, die Reifen gewechselt und die Räder wieder montiert.

Die räumlichen Verhältnisse im Montagebereich unterschieden sich bei den verschiedenen Mitgliedsbetrieben sehr stark. Die Hallengrundflächen lagen zwischen 40 und 800 m², wobei der überwiegende Anteil der Betriebsstätten Hallengrundflächen im Bereich bis etwa 400 m² aufwies. Je nach Größe der Betriebsstätte arbeiteten zwischen zwei und zehn Monteure gleichzeitig in der Halle, wobei etwa 90% der Messungen in Betrieben durchgeführt wurden, bei denen zwei bis vier Monteure gleichzeitig PKW-Reifenmontagen durchführten.

Tabelle 1: Ergebnisse der personengebundenen Schallpegelmessungen mit Hilfe von Schall-dosimetern.

Table 1: Results of the measurements with the personal sound exposure meters.

Anzahl der Messungen	61
Gesamte Messdauer	414 Stunden
Arithmetischer Mittelwert der Dauerschallpegel	78,6 dB(A)
Standardabweichung	2,0 dB(A)
Kleinster gemessener Dauerschallpegel	75,0 dB(A)
Größter gemessener Dauerschallpegel	83,8 dB(A)
5. Perzentil	76,0 dB(A)
50. Perzentil, Medianwert	78,7 dB(A)
95. Perzentil	81,4 dB(A)
Energetischer Mittelwert	79,0 dB(A)

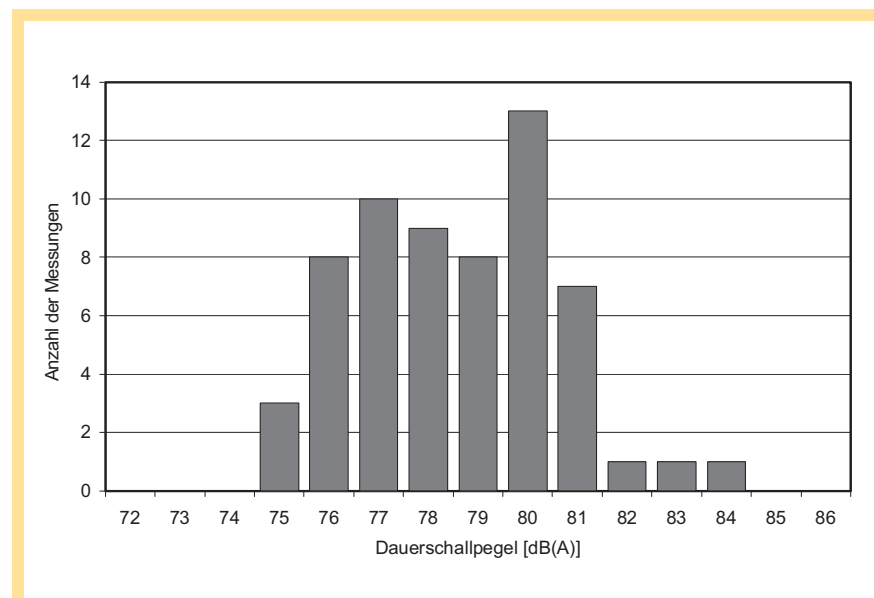


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der dosimetrisch gemessenen Dauerschallpegel.

Figure 4: Frequency distribution of the equivalent continuous sound pressure level measured with personal sound exposure meters.

4.2.2 Ergebnisse der Messungen

Die wesentlichen Ergebnisse der personengebundenen Messungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Auf Basis der Messungen errechnet sich für die analysierten Tätigkeiten der PKW-Reifenmonteure ein arithmetischer Mittelwert L_{Aeq} aller 61 Messungen von etwa 79 dB(A) mit einer Standardabweichung von 2 dB(A). Für den energetischen Mittelwert aller Messungen sowie für den Medianwert ergeben sich ebenfalls Dauerschallpegel von etwa 79 dB(A). Der kleinste gemessene Dauerschallpegel beträgt 75 dB(A), der größte 84 dB(A); 90% der Messungen liegen im Bereich zwischen 76 und 81 dB(A). Die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Dauerschallpegel ist in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

Nach Abbildung 4 ergaben 55 der 61 Messungen Dauerschallpegel zwischen 76 und 81 dB(A). Am häufigsten wurde ein Dauerschallpegel von 80 dB(A) gemessen. Jeweils drei Messungen ergaben Dauerschallpegel, die kleiner als 76 dB(A) bzw. größer als 81 dB(A) waren.

Neben den dosimetrischen Messungen zur Erfassung der Lärmexposition der Reifenmonteure wurden parallel auch die „allgemeinen“ Schallpegel,

d.h. die Hallenuntergrundpegel, in der Montagehalle mit Hilfe von Handschallpegelmessern erfasst. Diese wurden in der Halle so positioniert, dass keine unmittelbare Einwirkung durch eine lärmintensive Maschine vorlag. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Insgesamt wurden mit Hilfe der Handschallpegelmesser Messungen über etwa 360 Stunden aufgezeichnet. Der arithmetische Mittelwert der insgesamt 57 Einzelmessungen beträgt 73 dB(A) mit einer Standardabweichung von 3 dB(A). Der energetische Mittelwert liegt bei 74 dB(A) und der Medianwert bei 72 dB(A). 90% der Messungen liegen im Bereich zwischen 69 und 79 dB(A).

4.3 Lärmexposition bei der Nutzung verschiedener Schlagschrauber

4.3.1 Untersuchungsbedingungen

Um den auf die Monteure einwirkenden Schallpegel beim Bedienen der Schlagschrauber möglichst exakt zu erfassen und um ggf. vorhandene Unterschiede bzgl. der Lärmexposition beim Arbeiten mit verschiedenen Schlagschraubertypen bei der PKW-Reifenmontage messtechnisch zu erfassen, wurden Messungen unter definierten Bedingungen bei Verwendung unterschiedlicher Schlagschrauber durchgeführt. In diese Untersuchungen wurden insgesamt zwölf verschiedene Schlagschrauber einbezogen. Hierzu wurde ein Arbeitsplatz in einer Werkstatt derart eingerichtet, dass die Lärmexposition beim Bedienen der unterschiedlichen Schlagschrauber unter nahezu identischen Bedingungen gemessen werden konnte. Als Versuchsfahrzeug diente ein VW Passat. Bei diesem wurden zuerst die Muttern eines Rades gelöst. Mit den zu analysierenden Schlagschraubern wurden dann die Muttern des Rades angezogen und im Anschluss wieder gelöst. Dieser Vorgang wurde jeweils drei- bis viermal je Schlagschrauber wiederholt.

In die Messreihe wurden Schlagschrauber der Hersteller Atlas Copco, Chicago Pneumatic, Ingersoll-Rand, Pneutec, Rodcraft und Würth aufgenommen. Dabei waren die in den Mitgliedsbetrieben der BGHW am häufigsten verwendeten Schlagschrauber vertreten.

Tabelle 2: Ergebnisse der ortsbezogenen Schallpegelmessungen mit Hilfe von Handschallpegelmessern zur Erfassung des Schallpegels in der Betriebshalle.

Table 2: Results of the measurements with the sound level meters to receive the background-sound pressure level in the garages.

Anzahl der Messungen	57
Gesamte Messdauer	363 Stunden
Arithmetischer Mittelwert der Dauerschallpegel	73,0 dB(A)
Standardabweichung	3,2 dB(A)
Kleinster gemessener Dauerschallpegel	67,3 dB(A)
Größter gemessener Dauerschallpegel	83,0 dB(A)
5. Perzentil	68,8 dB(A)
50. Perzentil, Medianwert	72,1 dB(A)
95. Perzentil	79,0 dB(A)
Energetischer Mittelwert	74,2 dB(A)

Zusätzlich wurde auch ein Akku-Schlagschrauber des Herstellers Mint, ein Schlagschrauber mit begrenztem Drehmoment beim Anziehen der Schrauben des Herstellers Rodcraft sowie ein Impulsschrauber des Herstellers Atlas Copco, bei dem die Kraft nicht über ein mechanisches Schlagwerk, sondern über einen hydraulischen Impuls übertragen wird, in die Messreihe aufgenommen. Alle verwendeten Schrauber waren in neuwertigem Zustand. Der Betriebs-

druck der Druckluftanlage wurde auf 6,3 bar eingestellt und während der Messreihen konstant gehalten.

4.3.2 Ergebnisse der Messungen

In Abbildung 5 ist der zeitliche Verlauf des Schallpegels für einen der zuvor beschriebenen Versuche grafisch dargestellt.

Die Schlagschraubereinsätze beim Anziehen und Lösen der vier Schrauben sind in der Abbildung jeweils deutlich zu

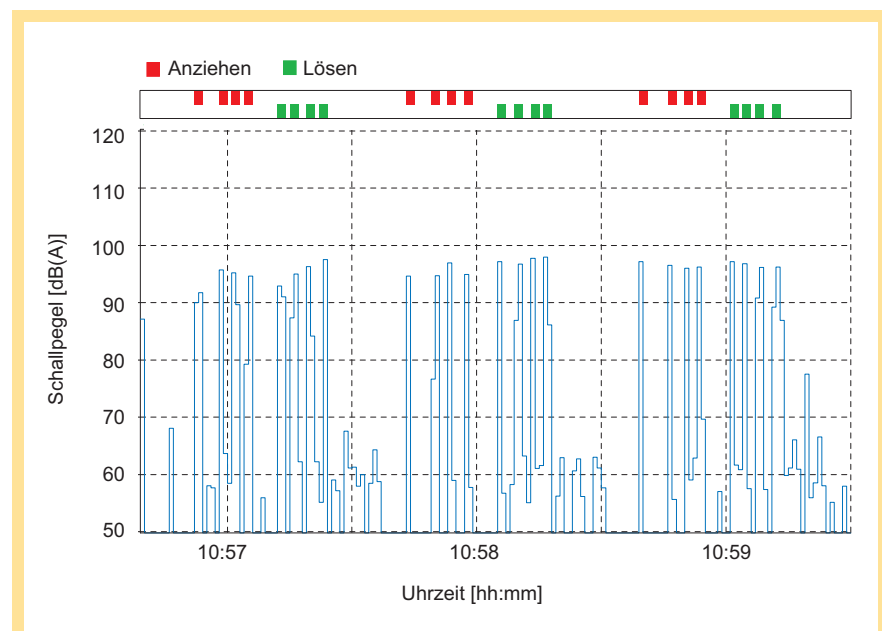


Abbildung 5: Schallpegel-Zeit-Verlauf beim Anziehen und Lösen der Radmuttern.

Figure 5: Level-time-course for screwing and unscrewing the wheel nuts.

Tabelle 3: Gemessene Schallpegel für das Anziehen und Lösen von Radmuttern.

Table 3: Measured equivalent continuous sound pressure level for screwing and unscrewing the wheel nuts.

	Anziehen der Schrauben	Lösen der Schrauben
Konventionelle Schlagschrauber	93 dB(A)	93 dB(A)
Schlagschrauber mit Drehmomentbegrenzer	80 dB(A)	93 dB(A)
Impulsschrauber	82 dB(A)	86 dB(A)

erkennen. Sowohl beim Anziehen als auch beim Lösen der Schrauben treten danach Schallpegel mit Spitzenwerten über 95 dB(A) auf.

Um eine einheitliche Auswertung zu gewährleisten, wurden die Schallpegel für die einzelnen Schraubvorgänge über eine Dauer von jeweils zwei Sekunden gemittelt. Die so errechneten Einzelwerte für das Anziehen und Lösen einer Schraube wurden schließlich für jeden Schlagschrauber getrennt nach Anziehen und Lösen ausgewertet. Hieraus wurde für jeden Schlagschrauber der typische Schallpegel für das Anziehen bzw. das Lösen einer Schraube berechnet.

Nach den durchgeführten Messungen und Auswertungen wurden bei den verschiedenen Schlagschraubern unter den beschriebenen Versuchsbedingungen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Lärmexposition der Monteure festgestellt. Die wesentlichen Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Insgesamt ergaben die Messungen für „konventionelle Schlagschrauber“, druckluft- und elektrischbetrieben, einen mittleren Schallpegel für das Anziehen und das Lösen der Schrauben von $L_{Aeq} = 93$ dB(A) bei einer Mitteldauer pro Schraube von jeweils zwei Sekunden.

Der Schlagschrauber mit begrenztem Drehmoment hat beim Anziehen der Schrauben eine Begrenzung des Drehmomentes auf 50 Nm, wohingegen beim Lösen der Schrauben das volle Drehmoment von maximal 700 Nm eingesetzt wird. Diese Begrenzung des Drehmomentes beim Anziehen der Schrauben spiegelte sich auch im Schallpegel wider. Die Messungen ergaben für das Anziehen mit Drehmomentbegrenzer einen auf zwei Sekunden gemittelten Schall-

pegel von etwa 80 dB(A). Für das Lösen der Schrauben – ohne Drehmomentbegrenzer – errechnete sich ein Schallpegel, der im Bereich der anderen Schlagschrauber von 93 dB(A) lag.

Die Vergleichsmessungen mit einem Impulsschrauber ergaben für das Anziehen einen Schallpegel von etwa 82 dB(A) und für das Lösen der Schrauben einen Schallpegel von etwa 86 dB(A).

5. Diskussion

5.1 Entstehung lärmbedingter Gehörschäden

Die Erfassung der Lärmexposition von Monteuren im Bereich der PKW-Reifenmontage erfolgte unter den realen Bedingungen in Montagebetrieben. Die Messungen wurden personengebunden durchgeführt. Als Mittelwert für die gemessenen Dauerschallpegel wurde ein Wert von $L_{Aeq} = 79$ dB(A) errechnet. 90% der Messungen lagen im Bereich von $L_{Aeq} = 76$ bis 81 dB(A).

Für die Beurteilung einer möglichen Gehörgefährdung durch die Einwirkung von Lärm ist neben der Höhe der Lärmexposition in Form des Dauerschallpegels L_{Aeq} auch die tägliche Expositionsdauer T_e maßgeblich. Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$, der eine Art Tagesdosis für die Lärmexposition darstellt und als Maß für die Gehörgefährdung bei der Einwirkung von Lärm gilt, errechnet sich gemäß nachfolgender Gleichung:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left(\frac{T_e}{8h} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq}} \right)$$

Aufgrund dieser Definition und der Normierung auf einen Arbeitstag von acht Stunden entspricht der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ bei einer Expositionsdauer von $T_e = 8$ Stunden de-

initionsgemäß dem gemessenen Dauerschallpegel L_{Aeq} . Bei täglichen Expositionsdauern von mehr als acht Stunden ist der Tages-Lärmexpositionspegel größer als der gemessene Dauerschallpegel, bei täglichen Expositionsdauern von weniger als acht Stunden ist der Tages-Lärmexpositionspegel kleiner als der gemessene Dauerschallpegel.

Die auf Basis der bei der Reifenmontage gemessenen Dauerschallpegel L_{Aeq} errechneten Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ für tägliche Expositionsdauern der Monteure von sechs, acht, zehn und zwölf Stunden sind in Tabelle 4 für den gemessenen Mittelwert und das 5. und 95. Perzentil des Dauerschallpegels zusammengestellt.

Nach Tabelle 4 liegen die Tages-Lärmexpositionspegel für tägliche Expositionsdauern, d.h. Arbeitsdauern in der Montagehalle, zwischen sechs und zwölf Stunden zwischen 78 und 81 dB(A), wenn man vom Mittelwert der gemessenen Dauerschallpegel von 79 dB(A) ausgeht. Unter Berücksichtigung des 95. Perzentilwertes der gemessenen Dauerschallpegel von 81 dB(A) ergeben sich auch bei Arbeitsdauern T_e von bis zu zwölf Stunden Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ bis maximal 83 dB(A). Das bedeutet, dass bei einer Arbeitsdauer bis zu zwölf Stunden für 95% der Beschäftigten von einem Tages-Lärmexpositionspegel von bis zu 83 dB(A) auszugehen ist.

Auf Basis dieser Ergebnisse ist zu folgern, dass für die Tätigkeit der PKW-Reifenmontage der Wert von $L_{EX,8h} = 85$ dB(A), der als oberer Auslösewert festgelegt ist, ab dem der Arbeitgeber spezifische Maßnahmen zur Prävention sowie arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen vorzusehen hat, nicht erreicht wird. Die Entstehung lärmbedingter Gehörschäden im Sinne der VDI 2058 Blatt 2 „Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung“ ist somit für PKW-Reifenmonteure nicht wahrscheinlich (VDI 2058 Blatt 2, 1988). Weiterhin ist aufgrund der durchgeführten Untersuchungen auch im Sinne der Berufskrankheit Nr. 2301 BKV „Lärmschwerhörigkeit“ (BMA, 1977) davon auszugehen, dass keine ausreichende Exposition für die Entstehung einer entsprechenden Hörerkrankung vorliegt.

Tabelle 4: Errechnete Tages-Lärmexpositionspegel für unterschiedliche Dauerschallpegel und tägliche Expositionsdauern.

Table 4: Calculated daily noise exposure levels for different equivalent continuous sound pressure levels and durations of the exposure.

Dauerschallpegel L_{Aeq}	Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$			
	$T_e = 6\text{ h}$	$T_e = 8\text{ h}$	$T_e = 10\text{ h}$	$T_e = 12\text{ h}$
79 dB(A) (Mittelwert)	78 dB(A)	79 dB(A)	80 dB(A)	81 dB(A)
76 dB(A) (5. Perzentil)	75 dB(A)	76 dB(A)	77 dB(A)	78 dB(A)
81 dB(A) (95. Perzentil)	80 dB(A)	81 dB(A)	82 dB(A)	83 dB(A)

5.2 Präventive Maßnahmen

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung geht über die Vermeidung von lärmbedingten Gehörschäden gemäß der Definition von VDI 2057 hinaus und schreibt bereits bei niedrigeren Tages-Lärmexpositionspegeln präventive Maßnahmen vor. Dementsprechend sind Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Lärm, wie beispielsweise das Bereitstellen von Gehörschutz, das Unterweisen hinsichtlich möglicher Gefährdungen durch Lärm oder das Anbieten arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen, bereits mit Erreichen oder Überschreiten eines Tages-Lärmexpositionspegels von $L_{EX,8h} = 80\text{ dB(A)}$, dem sogenannten unteren Auslösewert, zu veranlassen. Aufgrund der durchgeführten Messungen und Berechnungen ist die Einhaltung eines Tages-Lärmexpositionspegels von $L_{EX,8h} = 80\text{ dB(A)}$ zumindest für die etwa zwei- bis dreimonatige hohe Arbeitsbelastung im Frühjahr und Herbst nicht gewährleistet. Insofern sind auf Basis der hier vorgestellten Ergebnisse die entsprechenden Maßnahmen nach der Verordnung angezeigt.

Als eine besonders lärmintensive Tätigkeit bei der PKW-Reifenmontage wurde durch die Messungen der Einsatz der Schlagschrauber zum Anziehen und Lösen der Radschrauben identifiziert. Es erscheint daher sinnvoll zu sein, zur Reduzierung der auf die Monteure einwirkenden Schallpegel den Einsatz leiserer Schrauber in Erwägung zu ziehen und die hierdurch erzielbaren Lärm-minderungen zu diskutieren.

Wie die dargestellten Ergebnisse der Messungen bei Verwendung verschiedener Schrauber gezeigt haben, kann durch die Verwendung eines Schraubers mit begrenztem Drehmoment beim Anziehen der Schrauben eine deutliche Verringerung der Lärmexposition um mehr als 10 dB(A) erreicht werden; für das Anziehen der Schrauben ergab sich ein Schallpegel von etwa 80 dB(A) gegenüber von 93 dB(A) beim Verwenden von Schlagschraubern ohne Drehmomentbegrenzung. Da die Drehmomentbegrenzung derartiger Schlagschrauber allerdings nur beim Anziehen der Schrauben eingeschaltet ist und beim Lösen der Schrauben das volle Drehmoment aufgebracht werden muss, wird eine Lärm-minderung auch nur beim Anziehen der Schrauben erreicht, d.h. während der Hälfte der Einsatzdauer. Insofern wird bei Verwendung dieser Schlagschrauber die Lärmexposition für den reinen Schlagschraubereinsatz halbiert, was eine Pegelminderung von 3 dB(A) bedeutet.

Bei den Messungen zur Lärmexposition bei Verwendung unterschiedlicher Schlagschrauber wurde auch ein Impulsschrauber mit untersucht. Der Vergleich der Schallpegel der Impulsschrauber mit dem Pegel konventioneller Schrauber zeigt, dass die Lärmexposition der Monteure um bis zu 11 dB(A) reduziert werden kann. Die Radmontage würde insofern bei Verwendung von Impulsschraubern anstelle von Schlagschraubern keinen entscheidenden Beitrag mehr zur täglichen Lärmexposition liefern und die Lärmexposition der Monteure würde

insgesamt deutlich reduziert, so dass auch der untere Auslösewert von $L_{EX,8h} = 80\text{ dB(A)}$ nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung eingehalten werden sollte.

Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf ähnliche Arbeitsplätze ist zu erwähnen, dass die hier vorgestellten Ergebnisse sich ausschließlich auf den Bereich der PKW-Reifenmontage beschränken. Bei der LKW-Reifenmontage treten nach derzeitigem Kenntnisstand tendenziell höhere Dauerschallpegel auf. Weitere Untersuchungen hierzu sind noch im Gange.

6. Literatur

- BMA, Bundesminister für Arbeit und Soziales (1977). Merkblatt zur BK 2301. Bundesarbeitsblatt 1977, Heft 8/9, Fachbeilage Arbeitsschutz
- BMA, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2007). Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV). Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 8: 261–269
- HVBG, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (1990). Unfallverhütungsvorschrift Lärm. Carl Heymanns Verlag KG, Köln
- Reichsarbeitsminister (1929). Zweite Verordnung über Ausdehnung der Unfallversicherung auf Berufskrankheiten. Reichsgesetzblatt, Teil I, Nr. 7: 27–29
- Schäfer K, Rokosch F (2005). Einfluss der Mikrofonposition bei personengebundenen Lärm-messungen. Die BG, 02/2005, 55–60
- VDI 2058 Blatt 2 (1988). Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung. Beuth Verlag GmbH, Berlin