

Strategien zur Reduzierung hoher Hand-Arm-Vibrationen am Beispiel von Oszillationsmessern

Strategies for the reduction of high hand-arm vibration using the example of oscillating knives

Dipl.-Ing. **Uwe Kaulbars**, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – (IFA), Sankt Augustin

Maël Amari, Institut national de recherche et de sécurité - INRS, Vandoeuvre Les Nancy Cedex

Kurzfassung

In der Instandsetzung, in Kfz-Reparaturwerkstätten sowie beim Recycling von Altfahrzeugen werden zum Heraustrennen von Fahrzeugscheiben Oszillationsmesser eingesetzt. Dieses sehr effiziente Verfahren ist mit sehr hohen Vibrationseinwirkungen verbunden. Die Auslöse- und Grenzwerte der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung werden bei diesen Belastungen bereits nach wenigen Minuten überschritten.

Da bisher kein praxisnahes und einheitliches Labormessverfahren zur Ermittlung der Herstellerangaben existiert, weichen die Herstellerangaben teilweise erheblich von den betrieblichen Belastungen ab, sodass die Gefährdung häufig unterbewertet wird.

Der Beitrag zeigt die Strategien der Gefährdungsreduzierung in den verschiedenen Bereichen des Arbeitsschutzes.

Auf der Normungsebene wird derzeit ein einheitliches Labormessverfahren entwickelt.

Auf der Anwenderebene entwickelte Carglass (Frankreich) eine vibrationsisolierende Griffhalterung. Studien mit einem vom IFA entwickelten Prototyp eines Antivibrationsgriffes sowie weiteren Eigenentwicklungen der Anwender zeigen erhebliche Vibrationsminderungsmöglichkeiten. So konnten in gemeinsamen Messungen vom IFA und INRS bis zu 91 % geringe Schwingungsbelastungen ermittelt werden.

Auf der Ebene der Gerätehersteller wird derzeit ein vibrationsfreies Arbeitsverfahren entwickelt, das ebenso wie erste Entwicklungsschritte auf der Seite der Fahrzeughersteller, die bei der Konstruktion der Fahrzeuge ansetzen, aufgezeigt werden.

Um die Gefährdung durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen zu reduzieren, erarbeiten die Unfallversicherungen derzeit eine Handlungshilfe.

Abstract

Vibrating screen removal tools are used for the removal of vehicle screens during repair work in automotive repair shops and during the recycling of end-of-life vehicles. The method is highly efficient, but results in exposure to high levels of vibration; the exposure action and limit values as defined in the German Ordinance on noise and vibration protection are exceeded after only a few minutes.

Manufacturers do not yet have a harmonized laboratory measurement method at their disposal with which data can be obtained under industrial conditions. Their data therefore differ, in some cases considerably, from the actual exposure in the field, with the result that the hazard is frequently underestimated.

The article describes the hazard-reduction strategies adopted in the various spheres of occupational safety and health.

In the standardization sphere, a harmonized laboratory measurement method is currently being developed.

Among users, Carglass (France) has developed a handle mount which provides insulation against vibration. Studies involving a prototype antivibration handle developed by the IFA and further developments by users reveal considerable scope for reduction of the vibration: measurements conducted jointly by the IFA and the INRS revealed reductions of up to 91% in the vibration exposure.

Equipment manufacturers are currently developing a vibration-free working method. This is described, as are the first steps being taken in development by automotive manufacturers in the area of vehicle design.

The accident insurance institutions are currently drawing up a guidance document for hazard-reduction measures in the area of work organization

The English version you will find www.dguv.de/ifa, Webcode e162139

1. Einleitung

Sowohl in der Instandsetzung und in Kfz-Reparaturwerkstätten als auch beim Recycling von Altfahrzeugen müssen Windschutzscheiben ausgebaut werden. Zum Trennen der Scheibe von den Gummileisten setzte man früher Stahlschlingen ein, von denen keine Vibrationsbelastung ausging. In modernen Fahrzeugen wie Omnibussen ist jedoch aus Stabilitätsgründen die Frontscheibe fest mit der Gummileiste und dem Rahmen verbunden. Von den beim Wechseln der Frontscheiben, z.B. bei Glasschäden seit einigen Jahren eingesetzten

Oszillationsmessern – auch als Vibrations- oder Autoglasschneidmesser bezeichnet – geht eine starke Vibrationseinwirkung auf den Bediener aus [1].

Bei diesem sehr effizienten Verfahren wurden Schwingungsgesamtwerte von $a_{hv} = 22 \text{ m/s}^2$ und in Ausnahmen bis zu 30 m/s^2 ermittelt. Da bei diesen hohen Belastungen die Auslöse- und Grenzwerte nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [2] bereits nach wenigen Minuten überschritten sind, ist der Arbeitgeber verpflichtet, Maßnahmen zu ergreifen.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [3] waren im Jahr 2011 in der Berufsgruppe der Karosserie- und Fahrzeugbauer 47.000 Mitarbeiter beschäftigt. Für die relevante Berufsgruppe werden nachfolgend die unterschiedlichen Strategien zur Reduzierung der Hand-Arm-Vibration am Beispiel von Oszillationsmessern aufgezeigt.

2. Ermittlung der Gefährdung und Beurteilung

Über erste betriebliche Vibrationsmessungen von pneumatischen Oszillationsmessern wurde unter dem Aspekt des kombinierten Einflusses von Hand-Arm-Vibration und ungünstiger Körperhaltung bereits auf der 4. Humanschwingungstagung 2010 [4] berichtet. Da vermehrt auch in den anderen Werkstätten (z. B. in den Werkstätten für Straßen- und U-Bahnen) Beschwerden bei Beschäftigten auftraten, wurden weitere Vibrationsmessungen an pneumatisch sowie elektrisch betriebenen Geräten unterschiedlicher Hersteller im praktischen Einsatz durchgeführt. Die Messungen erfolgten nach DIN EN ISO 5349 [5] und VDI 2057-2 [6]. Typische Geräte sind in Bild 1 dargestellt.



Bild 1: Pneumatische und elektrische Oszillationsmesser

Vergleicht man die unter Praxisbedingungen ermittelten Belastungswerte mit denen der Hersteller (siehe Bild 2), so sind die Herstellerangaben für alle untersuchte Geräte geringer angegeben. Dies gilt auch für Fälle, in denen bereits eine Korrektur nach DIN V 45694 [7] bzw. nach TRLV "Vibration" [8] durchgeführt wurde. Dies bedeutet, dass die Beurteilung auf der Grundlage der Herstellangaben zu einer Unterbewertung der Gefährdung führt. Da bisher kein praxisnahes und einheitliches Laborverfahren zur Ermittlung der Vibrationsemission wie es für viele Geräte (z. B. Bohr- und Schlaghammer) existiert, ist hier ein Normungsbedarf zwingend notwendig.

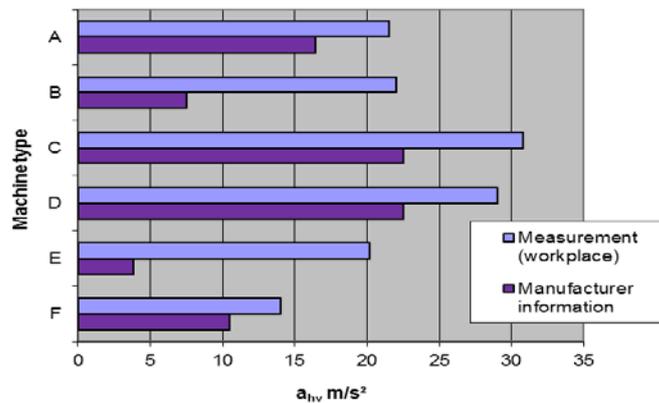


Bild 2: Vergleich Arbeitsplatzmessung und Herstellerangabe

Bei einem hohen Belastungswert von $a_{HV} = 22 \text{ m/s}^2$ wird nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung der Auslösewert mit einer Expositionsdauer von 6 min und der Expositionsgrenzwert mit 25 min zwar formal eingehalten, jedoch ist der Kenntnisstand von sehr hohen Vibrationsexpositionen bisher gering. So gibt die VDI 2057-2 [6] in einer Anmerkung zur Kurve der Risikoabschätzung (Bild 3) folgende Erläuterung: *„Für Expositionszeiten unter 30 min und oberhalb 300 min liegen nur wenige Kenntnisse vor. Deshalb ist die Richtwertkurve für diese Bereiche gestrichelt dargestellt“*.

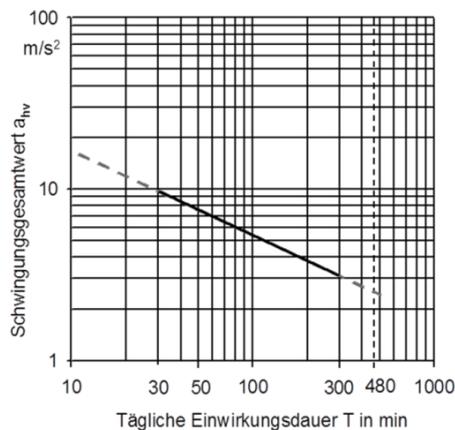


Bild 3: Richtwertkurve für die Prävention nach VDI 2057-2

3. Einheitliches Messverfahren

Die Norm DIN EN ISO 20643 [9] ist die Basisnorm für die spezifische Messnormen der jeweiligen Maschinengruppe. Stand früher der Vergleich der Vibrationsemissionen der Maschinen einer Maschinengruppe im Vordergrund, ist mit der EU-Vibrationsrichtlinie die Ermittlung des Standes der Technik sowie die Verwendung der Emissionswerte zur Gefährdungsbeurteilung hinzugekommen.

Die Messnormen legen neben einer Reihe von Parametern zur besseren Reproduzierbarkeit der Messergebnisse die Betriebsbedingungen, die im Wesentlichen den Vibrationswert bestimmen, fest. Die Betriebsbedingungen richten sich nach den höchsten Vibrationswerten, die bei typischem und üblichem Gebrauch der Maschine wahrscheinlich sind. Dieser Forderung nachzukommen, ist bei Oszillationsmessern problematisch, da sie einen außerordentlichen großen Bereich von Betriebsbedingungen mit sehr Material- und Messerkombinationen abdecken. Es ist daher empfehlenswert, die Betriebsbedingungen für Gruppen von Einsatzfällen zu unterteilen. Auf dieser Grundlage kann der Hersteller dem Benutzer Hilfen für die richtige Auswahl des Emissionswertes bezogen auf den Anwendungsfall geben.

4. Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Belastung

Die TRLV „Vibrationen“ geben im Teil 3, Tabelle 3 konkrete Orientierungshilfen zur Auswahl und Rangfolge von Schutzmaßnahmen. Die Substitutionen alternativer Arbeitsverfahren, aber auch vibrationsarme Geräte haben Vorrang vor weiteren Maßnahmen wie z. B. Einspannvorrichtungen oder dämpfenden Griffen.

4.1 Reduzierung der Expositionsdauer

Die Verwendung verschiedener Messer sowie eine optimale Schnitttechnik und Schnittreihenfolge kann die Expositionsdauer für eine Arbeitsaufgabe reduzieren und damit auch die Vibrationsbelastung vermindern.

Am Beispiel des Heraustrennens einer Frontscheibe einer Hochbahn mit einem elektrischen Oszillationsmesser soll dies verdeutlicht werden. In Tabelle 1 sind die Arbeitsgänge mit Messertyp, den Teileexpositionen und jeweiligen Expositionsdauern zusammengefasst. Auf der Grundlage der Mittelwerte errechnet sich für die Arbeitsaufgabe eine Tagesdosis $A(8) = 2,47 \text{ m/s}^2$.

Tabelle 1:

| Arbeitsgerät | Arbeitsgang | Einsatz- werkzeug/ Messer | Schwingungs- gesamt- wert a_{hv} in m/s^2 | Expositions- dauer | Tagesbelastung A(8) für eine Arbeitsaufgabe |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------|---|
| Oszillationsmesser (Spezialmesser) C.&. E. Fein GmbH, Stuttgart FSC 2.0 X | Einschnitt der Gummi- dichtung | A | $20,89 \pm 2,22$ | 2 min 51 s | zusammen- gefasst 2,47 m/s^2 |
| | Austrennen der Fuge | B | $24,88 \pm 6,00$ | 1 min 31 s | |
| | Hinterschneiden der Fuge | C | $10,12 \pm 1,65$ | 5 min 7 s | |
| | Sickerrest entfernen | D | $11,39 \pm 1,65$ | 1 min 46 s | |

4.2 Zusatzausrüstung vibrationsdämpfender Griffe

Als Maßnahme zur Verminderung der Vibrationsübertragung auf die Bedienperson können dämpfende Griffe dienen. Die VDI 3831 [10] führt dazu aus, dass solche nachträglich montierbaren Griffe auch die Ergonomie und Handhabung beeinflussen können sowie die Wirksamkeit für den Einzelfall nachzuweisen ist. Es ist auch darauf hinzuweisen, dass bei Veränderungen an der Maschine die Konformitätserklärung des Herstellers entfällt. So sollen auch nach dem EU-Handbuch HAV [11] nur Griffe verwendet werden, denen der Maschinenhersteller zugestimmt hat. Die nachfolgenden Ergebnisse verschiedener Griffvarianten sollen daher die Möglichkeiten und das Potenzial von technischen Vibrationsminderungsmaßnahmen aufzeigen.

Bild 4 zeigt den von Caroglass Frankreich entwickelten Griff, der als Vorlage für die weiteren Griffvarianten diente. Der vom IFA entwickelte Griff (Bild 5) wurde mit und ohne zusätzlich gedämpften Hilfsgriff untersucht. Da für alle Griffvarianten der vordere Griff (Hauptgriff) für die Vibrationsbelastung bestimmend ist, beziehen sich die weiteren Betrachtungen auf diese Einheitsstelle.

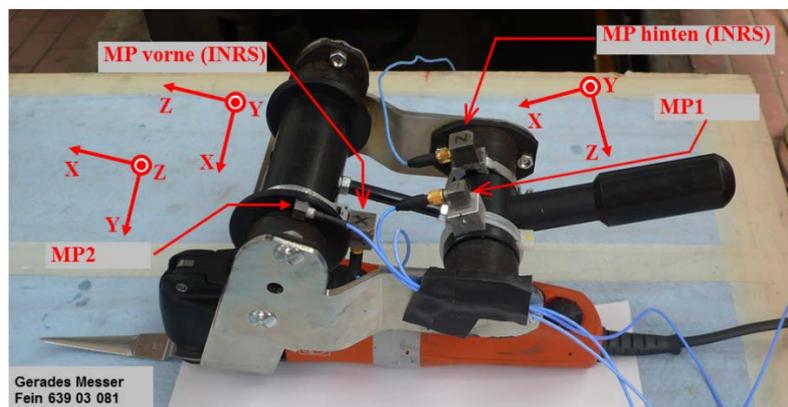


Bild 4: Oszillationsmesser mit AV-Griff von Carglas-France

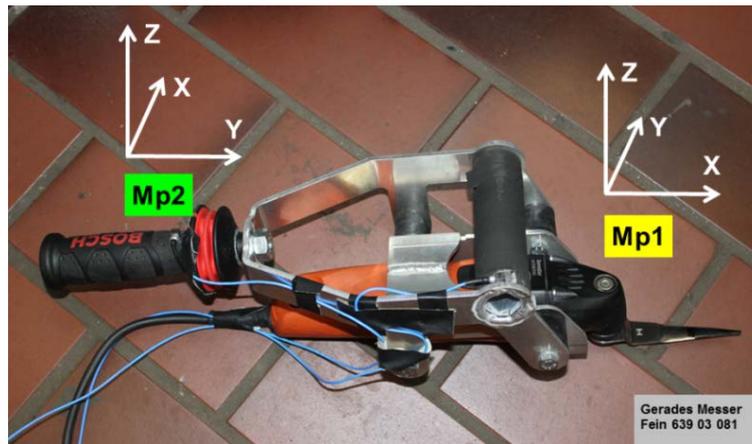


Bild 5: Oszillationsmesser mit AV-Griff vom IFA

Die Bilder 6 und 7 zeigen zwei weitere Griffvarianten, die der Anwender FFG (Fahrzeugwerkstätten Falkenried, Hamburg) entwickelte. Der Griff (Bild 6) weist neben der Entkopplung der Rahmenkonstruktion zusätzlich eine elastische Befestigung des Hauptgriffes auf.

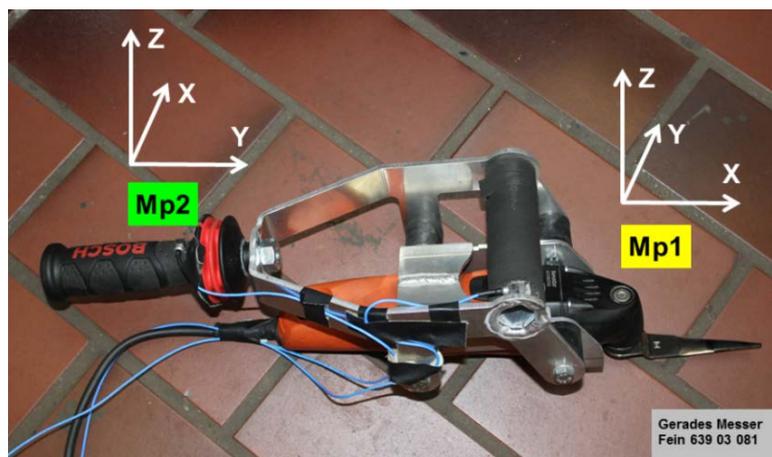


Bild 6: Oszillationsmesser mit AV-Griff von FFG

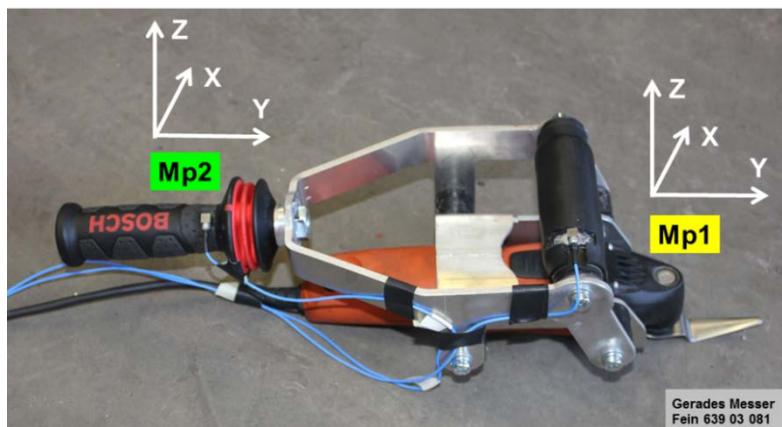


Bild 7: Oszillationsmesser mit AV-Griff von FFG mit zusätzlicher Dämpfung am Hauptgriff

Die Messergebnisse sind als Mittelwert mit Standardabweichung im Bild 8 dargestellt. Die Messungen zu den Arbeitsgängen „Seitenfenster“ und „Frontscheibe“ wurden getrennt durchgeführt und sind nur innerhalb des jeweiligen Arbeitsganges unter gleichen Mess- und Betriebsbedingungen vergleichbar. Die Werte vom Arbeitsgang „Seitenfenster“ zeigen aufgrund der engen Platzverhältnisse im Omnibus größere Streuungen und höhere Mittelwerte.

Für alle Griffvarianten liegt die Vibrationsbelastung mit Berücksichtigung der Streuung unter 10 bzw. 5 m/s^2 , die eine Expositionsdauer bis zum Erreichen des Expositionsgrenzwertes von 2 bzw. 8 h zulässt.

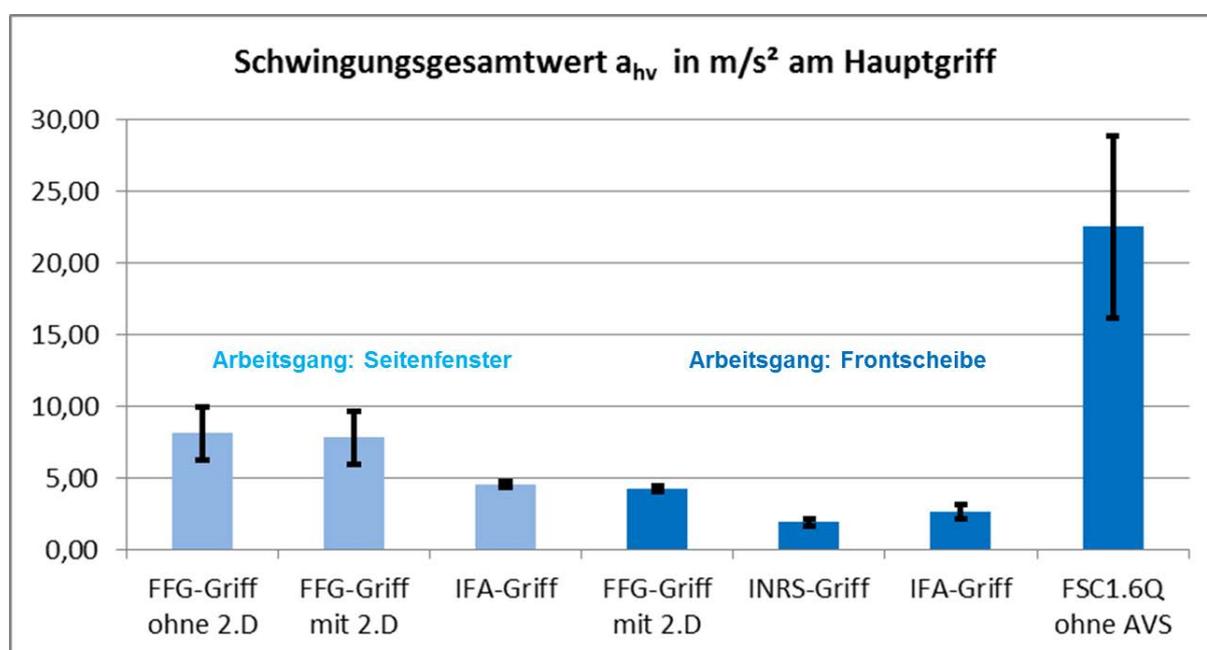


Bild 8: Vergleich unterschiedlicher Griffvarianten

4.3 Einsatz alternativer Arbeitsverfahren

4.3.1 Entwicklungen bei Fahrzeughersteller

Der Ausbau von Fahrzeugscheiben erfolgt bisher durch das Zerschneiden der zwischen Karosserie und Scheibe liegenden Kleberaube.

Um diesen Schneidvorgang zu vermeiden, gibt es erste Versuche, bereits herstellerseitig einen Metallstreifen in die Kleberaube einzubringen, der zum Lösen des Materials induktiv von außen erhitzt wird (siehe Bild 9).



Bild 9: Induktive Erhitzung eines in der Kleberaube liegenden Metallstreifens

Bei diesen vibrationsfreien Verfahren sind jedoch noch Probleme, wie z. B. schwere Dosierbarkeit des Induktionsstromes, starke Rauchentwicklung und schwierige Handhabung, sowie permanente Nachführung der Trennung durch Keile, zu lösen.

4.3.2 Entwicklungen bei Gerätehersteller

Bei älteren Fahrzeugen, bei denen die Gummidichtungen noch nicht geklebt waren, wurde die Gummidichtung mit einem Schneidedraht, der an beiden Enden mit einen Handgriff versehen war, durch Hin- und Herziehen zerschnitten.

Dieses vibrationsfreie Verfahren ist mit einem großen Kraftaufwand verbunden und bei dickeren Kleberaube oder speziell geformten Scheiben nicht anwendbar. Auf diesem alten Verfahren beruhen Systeme zur Scheibenmontage, die mit Saugnäpfen auf die Scheibe aufgesetzt werden und den Kraftaufwand des Benutzers durch ein Kurbelsystem reduzieren. Eine Neuentwicklung dieses Systems arbeitet mit einem akkubetriebenen Motor (siehe Bild 10). Dies ermöglicht, dass sich der Benutzer aus dem Gefahrenbereich (z. B. bei reißen dem Zugdraht) entfernen kann. Die Erprobung für den Einsatz bei Frontscheiben von Omnibussen bzw. Hochbahnen stehen jedoch noch aus.



Bild 10: Vibrationsfreies Drahtschneideverfahren mit elektrischem Antrieb (Foto: Fa. Fein)

4.4 Einsatz von vibrationsarmen Geräten

Sofern das Arbeitsverfahren beibehalten werden soll, kann durch Einsatz eines vibrationsarmen Gerätes die Belastung reduziert werden. Vibrationsarme Geräte besitzen meist eine veränderte Funktionsweise oder ein besseres Dämpfungssystem.

So treten bei Geräten, die ausschließlich eine translatorische Bewegung ausführen, geringere Vibrationen auf als bei oszillierend arbeitenden Geräten, bei denen sich das Messer um eine Drehachse hin- und her bewegt.

Bild 11 zeigt ein vibrationsarmes Gerät der Firma BTB, für das der Hersteller ein Gleitmittel empfiehlt. Gleitmittel können jedoch die Klebeverbindungen beeinflussen.



Bild 11: Vibrationsarmes Gerät der Fa. BTB mit verschiedenen Messern

Im Bild 12 sind die Messergebnisse als Mittelwert und Standardabweichung des BTB-Gerätes mit und ohne Gleitmittel im Vergleich zu dem Oszillationsmesser mit und ohne Vibrationsdämpfungsgriff dargestellt. Die höheren Werte des BTB-Gerätes bei den Messungen HHA (Hamburger Hochbahn AG) sind auf das verwendete gebogene Messer zurückzuführen.

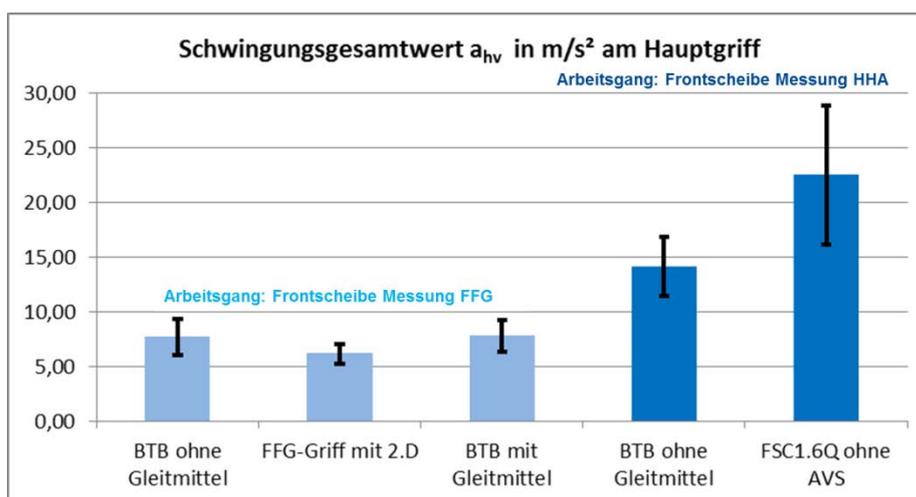


Bild 12: Vergleich unterschiedlichen Arbeitsgeräte

Es ist zu erwarten, dass Hersteller von Oszillationsmessern in nächster Zeit auch vibrationsgedämpfte Geräte entwickeln.

5. Informationen und Handlungshilfen

Auf der Internetseite des IFA stehen mit der Schriftenreihe „Aus der Arbeit der IFA“ unten der Nr. 294 [1] bereits seit Oktober 2009 Informationen über die Gefährdung beim Einsatz von Oszillationsmessern zur Verfügung.

Eine Handlungsanleitung zur Hand-Arm-Vibrationsbelastung beim Heraustrennen von Fahrzeugscheiben [13] ist in Vorbereitung. Diese praxisorientierte Information wird dem Unternehmen als Hilfe zur Verfügung gestellt. Sie behandelt unter anderem die Themen der sicherheitstechnischen und arbeitstechnischen Betreuung sowie persönliche Schutzausrüstungen und Unterweisung.

6. Zusammenfassung

Für Arbeiten mit sehr hohen Vibrationsexpositionen wurden am Beispiel des Einsatzes von Oszillationsmessern in der Instandsetzung die Strategien der Gefährdungsreduzierung der unterschiedlichen Bereiche des Arbeitsschutzes aufgezeigt.

Ausgehend von der Ermittlung und Beurteilung der Gefährdung wurden Lücken im Normen- und Regelwerk aufgezeigt.

Die Möglichkeiten des Gerätebenutzers, die Vibrationen durch geringere Expositionsdauer sowie mittels dämpfender Griffe zu reduzieren, wurden dargestellt. Die betrieblichen Messungen zeigen hier eine wirksame Verringerung der Belastung durch dämpfende Griffe. Ebenso können schon heute vibrationsarmer Geräte die Belastung reduzieren werden, wenngleich hier noch Verbesserungsbedarf besteht.

Neue Entwicklungen alternativer Arbeitsverfahren, die keine Vibrationen erzeugen, wurden sowohl von Fahrzeugherstellern als auch Gerätehersteller vorgestellt.

Zur Umsetzung der Maßnahmen stehen unter anderem Handlungshilfen und Informationen der UVT zur Verfügung.

Literatur

- [1] Kaulbars, U.: Hand-Arm-Vibration: Gefährdungsanalyse von Oszillationsmessern, Nr. 0294, Ausgabe 1/2010, 2 S., 5 Lit., 1 Abb. In: Aus der Arbeit des IFA. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin – Loseblatt-Ausgabe (Sprache:D)
- [2] Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007. BGBl. I (2007), S. 261
- [3] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013, <https://www.destatis.de/DE/Startseite.html>

- [4] Hoehne-Hückstädt, U.; Kaulbars, U.; Raffler, N.; Ellegast, R.P.:
Gefährdungsbeurteilung bei kombiniertem Einfluss von Hand-Arm-Vibrationen und ungünstigen Haltungen und Bewegungen 4. VDI-Tagung Humanschwingungen, 3.-4. Mai 2010, Würzburg – Vortrag. VDI-Berichte (2010) Nr. 2097, S. 163-174, 14 Lit., 4 Tab., 4 Abb. Hrsg.: VDI-Verlag, Düsseldorf 2010.
ISBN: 978-3-18-092097-9 (Sprache:D)
- [5] DIN EN ISO 5349-1: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1:2001. Berlin: Beuth 2001, Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (ISO 5349-2:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-2:2001
- [6] VDI-Richtlinie 2057: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Blatt 2: Hand-Arm-Schwingungen. Ausg. 9/2002. Berlin: Beuth 2002.
- [7] DIN V 45694: Mechanische Schwingungen – Anleitung zur Beurteilung der Belastung durch Hand-Arm-Schwingungen aus Angaben zu den benutzten Maschinen einschließlich Angaben von den Maschinenherstellern (CEN/TR 15350:2006)
- [8] Technische Regel Vibration (TRLV Vibrationen) vom 10. März 2010.
GMBI. (2010), Nr. 14 – 15, S. 271 ff.
- [9] DIN EN ISO 20643: Mechanische Schwingungen – Handgehaltene und handgeführte Maschinen -Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission (ISO20643:2005 + Amd. 1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 20643:2008 + A1:2012
- [10] VDI-Richtlinie 3831: Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Ausg. 1/2006. Berlin: Beuth 2006.
- [11] EU-Handbuch „Hand-Arm-Schwingungen“ und EU-Handbuch „Ganzkörper-Schwingungen“. Leitfäden zur Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG.
Als deutsche Fassung unter : www.humanvibration.com/EU/VIBGUIDE.htm
Handbuch Hand-Arm-Vibration: A 220, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn, August 2007
- [12] DIN V 45695: Hand-Arm-Schwingungen; Leitfaden zur Verringerung der Gefährdung durch Schwingungen – Technische und organisatorische Maßnahmen.
Ausg. 4/1996. Berlin: Beuth 1996.
- [13] Handlungsanleitung Hand-Arm-Vibrationsbelastung beim Heraustrennen von Fahrzeugscheiben. Hrsg.: VBG, Hamburg (in Vorbereitung)