

Entwicklung eines Vibrationsmessverfahrens am Beispiel von Hochdruckflüssigkeitsreinigern

Development of a vibration measurement method with reference to the example of high-pressure liquid cleaners

Manfred Söntgen, Gereon Schmitz,

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

Kurzfassung

Nach der EU-Maschinenrichtlinie ist der Hersteller von Geräten und Maschinen verpflichtet, die Emissionen der Vibrationen anzugeben. Die Ermittlung der Emissionswerte muss, soweit vorhanden, auf der Grundlage von harmonisierten Messnormen erfolgen. Diese Messnormen, die auch als C-Typ-Normen bezeichnet werden, müssen den Festlegungen der B-Typ-Norm für Hand-Arm-Vibrationen der DIN EN ISO 20643 [1] entsprechen. Am Beispiel der Gerätefamilie der Hochdruckflüssigkeitsreiniger wird die Vorgehensweise der Normentwicklung aufgezeigt.

Der erste Normentwurf wurde von drei Herstellern und drei Prüfinstituten im Rahmen eines Ringversuchs erprobt. Die Analyse der Abweichungen zeigte die Notwendigkeit genauerer Festlegungen der Messpunkte, der Ankopplungsbedingungen der Messsensoren sowie der Arbeitsgänge und der Handhabung. In weiteren Versuchen wurden die Einflüsse des Wasservordrucks und der unterschiedlichen Messgeräte untersucht.

Abstract

The EU Machinery Directive requires manufacturers of equipment and machinery to declare the vibration emissions of their products. The emission values must be measured in accordance with harmonized measurement standards, where such standards exist. These measurement standards, also referred to as Type C standards, must satisfy the provisions of the Type B standard for hand-arm vibration as set out in EN ISO 20643. The procedure for development of the standard is described with reference to the example of the high-pressure liquid cleaner group of machines.

The first draft of the standard was trialled in a round-robin test involving three manufacturers and three test institutes. Analysis of the deviations revealed the need for the measurement points, the conditions for coupling of the measurement sensors and the procedures and

handling all to be defined more precisely. The influence of the water supply pressure and the various instruments was examined in further round-robin tests.

1. Einleitung

Hochdruckreiniger, die auch als Hochdruck-Wasserstrahlmaschinen bezeichnet werden, erzielen die Reinigungswirkung durch einen Wasserstrahl, der mit hohem Druck über eine handgehaltene Lanze auf die Oberfläche gebracht wird. Für diese Reinigungsarbeiten besitzen die Geräte zwischen 80 – 300 bar verschiedene Strahl- oder Rotationsdüsen. Geräte mit hohem Druck von über 2000 bar werden auch zum Durchtrennen von Metall- oder Steinplatten verwendet. Definitionen und Anforderungen zu den Geräten enthält die DIN EN 60335-2-79 [2] und DIN EN 1829-1 [3].

Da von den Geräten je nach Leistung und Betriebszustand die Vibrationsemission über $2,5 \text{ m/s}^2$ liegen kann, ist ein einheitliches Prüfverfahren notwendig.

2. Untersuchung der Einflussgrößen

Die auf Initiative der BG Bau und mit Unterstützung des Fachverband Reinigungssysteme im VDMA (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau) eingerichtete Projektgruppe aus führenden Herstellern und Prüfinstituten analysierte zunächst die Geräte und Einsatzbedingungen. Als typische Geräte wurden für die Gerätegruppe unter 300 bar die Geräte der Firma Nilfisk Alto, Typ Poseidon 5-55XT und Firma Kärcher, Typ K4.00 EcoSilent für die weiteren Tests und Ringversuche ausgewählt. Für die Gerätegruppe mit hohen Drücken (1000 – 3000 bar) wurde das Gerät der Firma Hammelmann, Typ HDP 174 mit 5 unterschiedlichen Strahldüsen ausgesucht.

Als erster Schritt wurden die Betriebsparameter Arbeitshaltung, Dauerbetrieb sowie Ein- und Ausschaltvorgang untersucht. Die Messungen wurden nach DIN EN 5349-1 [4] und DIN EN 20643 [1] durchgeführt. Die Versuchsreihen erfolgten jeweils mit mehreren Benutzern und einer Messzeit von 16 s für den Dauerbetrieb. Die Messungen des Ein- und Ausschaltvorgangs wurden in Anlehnung an bestehende Normen für Einzelvorgänge mit einer Taktfolge von 3 s durchgeführt. Bild 1 zeigt die unterschiedlichen Arbeitshaltungen beim „Freistrahlen“ nach oben, unten und zur Mitte. In Bild 2 sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt.



Bild 1: Untersuchung bei unterschiedlichen Arbeitshaltungen

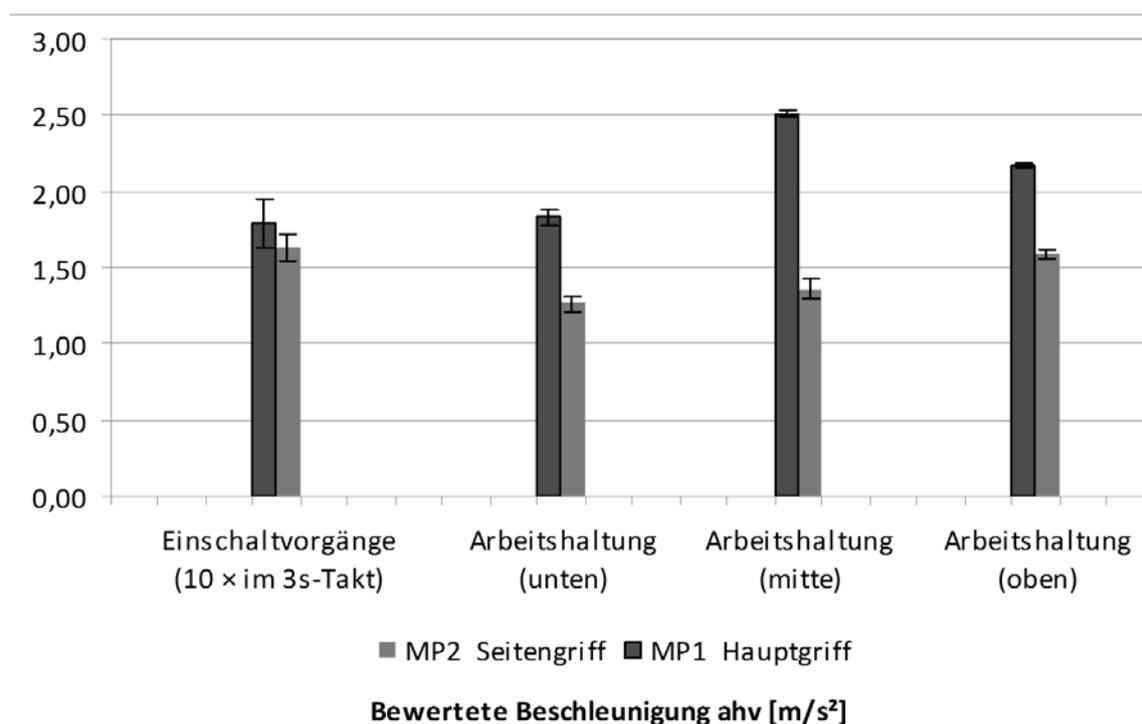


Bild 2: Ergebnisse zu den Betriebsbedingungen mit unterschiedlichen Arbeitshaltungen

Auf Grund der geringen Abweichungen der Arbeitshaltungen wurde aus praktischen und Sicherheitsgründen für die weiteren Untersuchungen die Arbeitshaltung „nach unten“ festgelegt.

Eine besondere Problematik lag in der Festlegung des Messpunktes am Seitengriff, da diese teilweise beweglich sind und verschiedene Abstände zum Hauptgriff einnehmen können.

Bild 3 zeigt einen festgelegten Abstand des Messpunktes 2 am Hilfsgriff zum Messpunkt 1 am Hauptgriff von $l = 50\text{cm} \pm 5\text{ cm}$ und die Ausrichtung der Messrichtungen x, y und z.

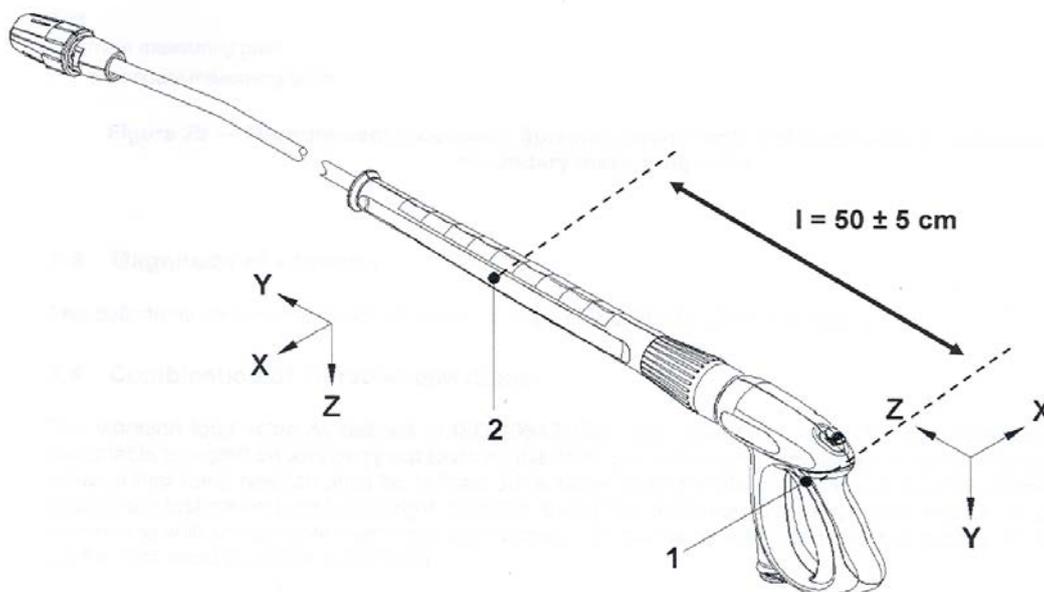


Bild 3: Lage der Messpunkte (1=Hauptgriff, 2=Seitengriff) und Messrichtungen

Die Anwendbarkeit der in dem Vorversuch für die Gerätegruppe unter 300 bar erfolgten Festlegungen auf die Gerätegruppen mit höheren Drücken, wurde in einer Versuchsreihe mit verschiedenen Drücken (1000 – 3000 bar) und Düsen erprobt. Bild 4 zeigt die Messergebnisse als Mittelwert mit Streuung verschiedener Strahldüsen. Der extreme Wert bei Versuch H resultiert aus einer einstrahligen Rundstrahldüse, Typ VAN4SSS bei einem Betriebsdruck von 2500 bar.

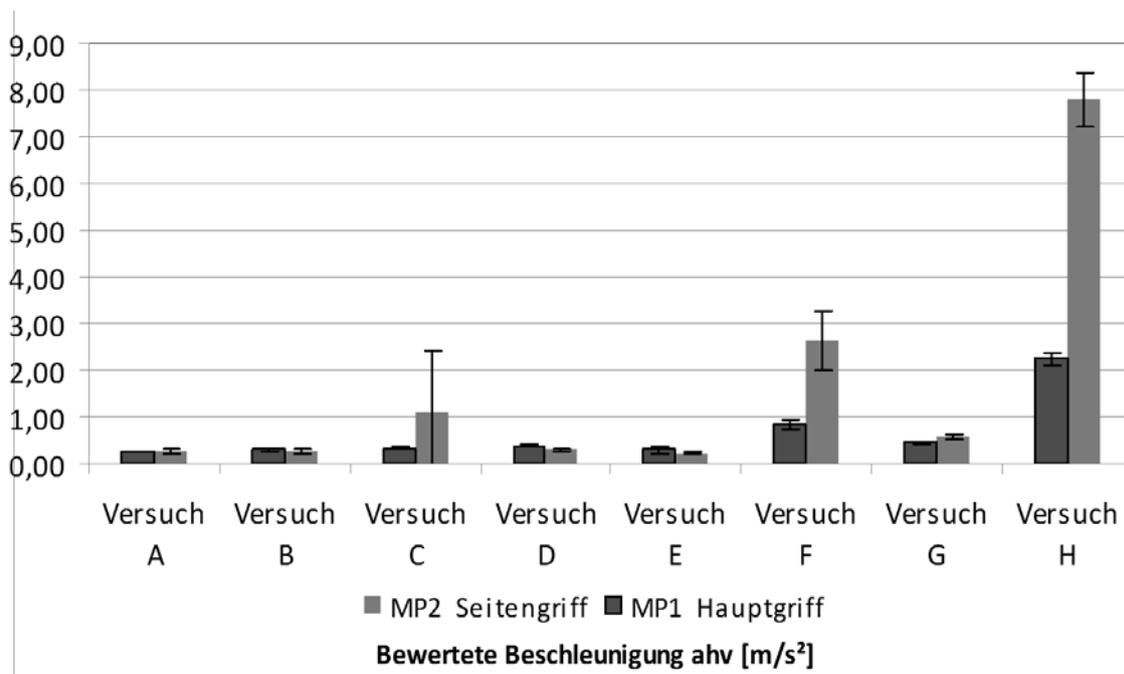


Bild 4: Ergebnisse des Hochdruckreinigers (1000-3000 bar) verschiedener Strahldüsen

3. Erprobung des Messverfahrens im Ringversuch

Auf der Grundlage eines Normenentwurfs, der die Festlegungen aus den Vorversuchen berücksichtigte, wurde ein Ringversuch mit den beiden Niederdruckgeräten durchgeführt. Beteiligt am Ringversuch waren die beiden Labore der Hersteller sowie die deutschen Prüfstellen IFA und SLG (SLG - Prüf- und Zertifizierungs GmbH) und das englische Institut HSL (Health & Safety Laboratory). Da bei der Versendung der Geräte ein Transportschaden auftrat, konnten nicht alle Messwerte verwendet werden. Bild 5 zeigt am Beispiel des Gerätes der Firma Nilfisk Alto die Ergebnisse der Messstellen und Labore für eine Lanzen- und Düsenkombination. Dargestellt sind der Mittelwert und die Streuung aus jeweils 5 Wiederholungsmessungen von drei Gerätebenutzern.

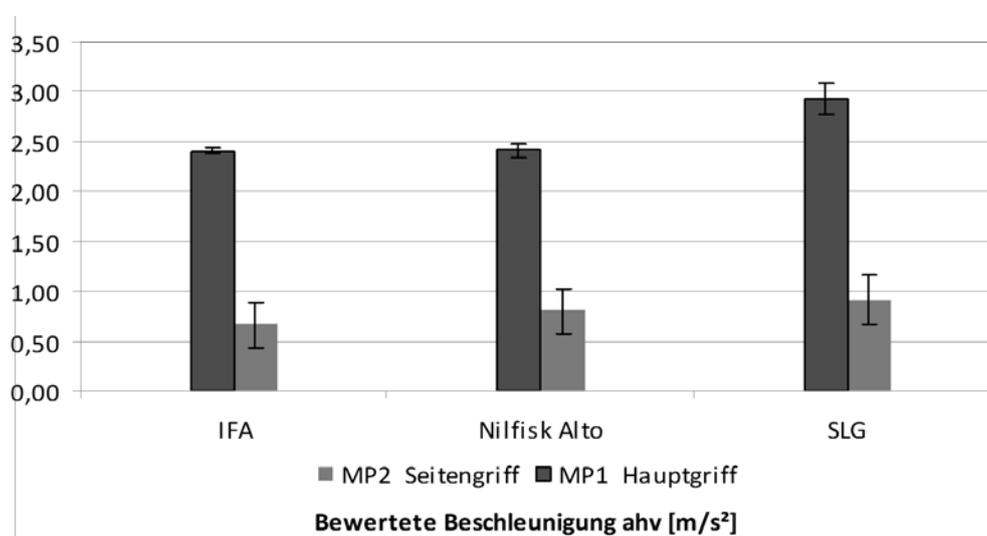


Bild 5: Ergebnisse der Messstellen des Ringversuches am Beispiel des Gerät Nilfisk Alto mit Tornado-Lanze

Aus der Analyse der Abweichungen und der Dokumentation der Messungen konnten Abweichungen durch die unterschiedliche Interpretation des Normentwurfs bei der Handhabung, Anbringungsart, Sensorgewicht und Lage des Messpunktes ermittelt werden. Insbesondere durch Abweichungen beim englischen Labor wurde auf Grund der unterschiedlichen Drücke in der Wasserversorgung auf einen Einfluss des Vorlaufdruckes geschlossen.

4. Weitere Analysen zur Berücksichtigung der Ergebnisse des Ringversuchs

Auf eine statistische Analyse zur Genauigkeit und Präzision wie z. B. in der DIN SPEC 53318:2012-02 [5] beschrieben, wurde verzichtet. Vielmehr wurden auf der Grundlage der Erfahrung der bisherigen Vibrationsemissionsnormen, z. B. der ISO 28927 [6] die kritischen

Einflussparameter gezielt untersucht. Im Einzelversuch zeigte sich ein relevanter Einfluss der Handposition am Hilfsgriff (siehe Bild 6). Der Schwingungsgesamtwert liegt beim Griff vor dem Beschleunigungsaufnehmer im Mittel um 25 % höher, so dass hier eine genauere Festlegung notwendig wurde.



Bild 6: Position der Hand vor und nach dem Aufnehmer

Für den Hauptgriff (Griff mit Schalter) konnten mit der genauen Festlegung der Position „Messpunkte ± 10 mm Abstand von der Strahlachse“ die Abweichungen gering gehalten werden. Je nach Konstruktionsart der Lanze können bei leichten Schalengriffen durch die Befestigung der Beschleunigungsaufnehmer mittels Schellen gegenüber der Befestigungsart der Klebeverbindung 17 % höhere Vibrationen gemessen werden (siehe Bild 7).

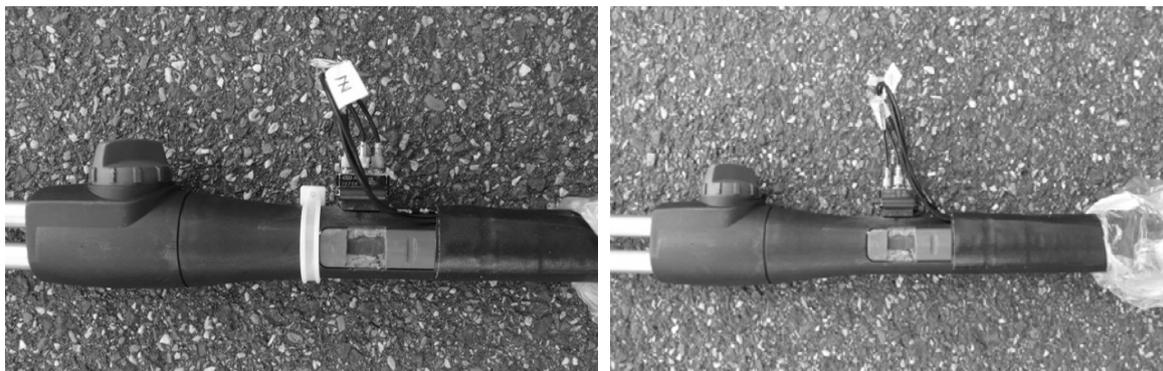


Bild 7: Versuchsanordnung mit und ohne Schelle

Die Zusatzversuche zur Ermittlung des Einflusses der Masse der Beschleunigungsaufnehmer zeigten für den in der Rahmennorm DIN EN ISO 20643 [1] festgelegten Bereich keinen signifikanten Einfluss (siehe Bild 8). Einschränkende Festlegungen waren daher nicht erforderlich.

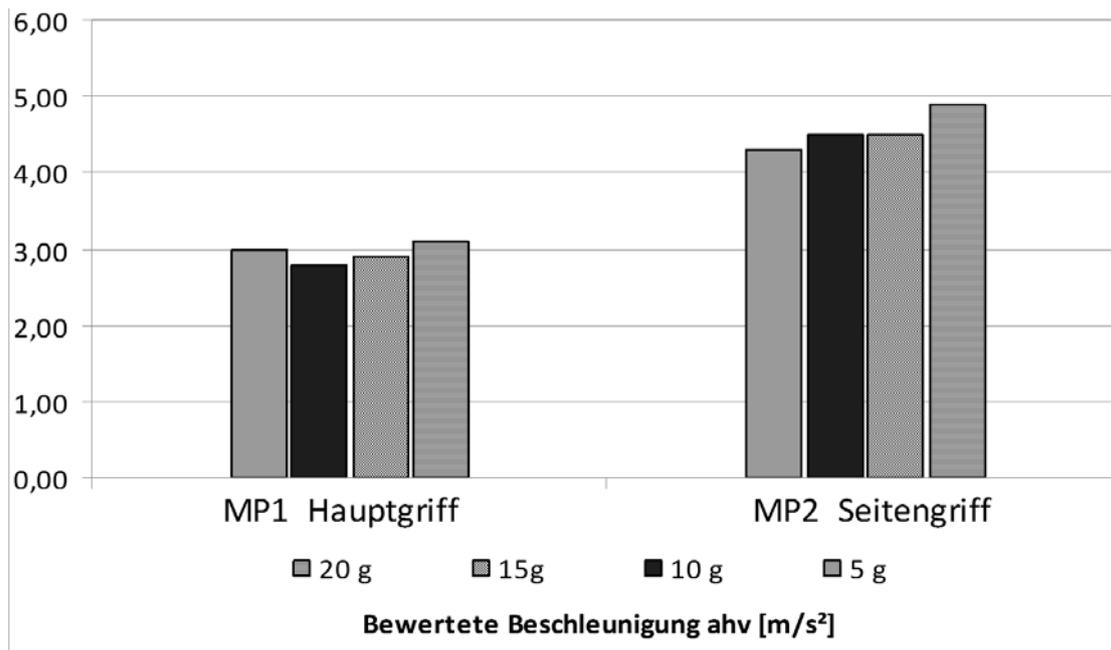


Bild 8: Einfluß der Masse des Vibrationsaufnehmers (Beispiel: Kärcher mit Turbohammer-Lanze)

Die Wasserversorgung in den einzelnen Ländern, aber auch in betriebseigenen Versorgungsanlagen kann für den Vorlauf unterschiedliche Drücke zur Verfügung stellen.

Bild 9 zeigt für den Druckbereich von 1,5 – 4 bar die Schwingungsgesamtwerte a_{hv} vom Haupt- und Seitengriff.

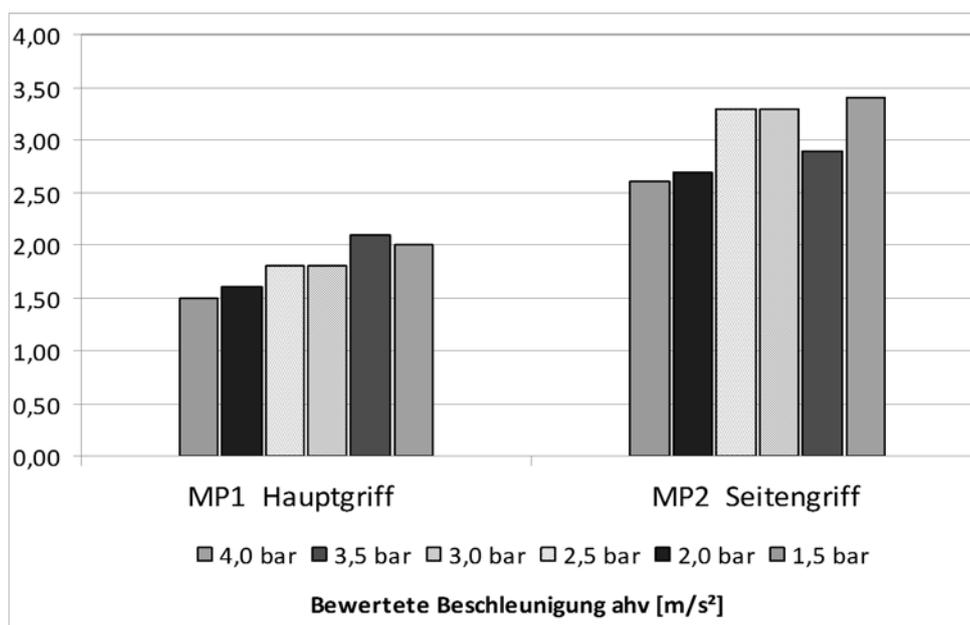


Bild 9: Einfluss des Wasservorlaufdruckes (Beispiel: Nilfisk Alto mit Turbohammer-Lanze)

In allen untersuchten Geräte- und Lanzenkombinationen zeigten sich im untersuchten Druckbereich, der jedoch nicht wie in Bild 9 immer dem gleichen Trend folgt, ein Einfluss auf die Vibrationsemission.

Eine Festlegung ist für die bessere Reproduzierbarkeit notwendig, jedoch kann damit nicht die Forderung der Grundnorm DIN EN ISO 20643 nach Betriebsbedingungen, die zu den höchsten Schwingungswerten führen, erfüllt werden.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 20643 Mechanische Schwingungen - Handgehaltene und handgeführte Maschinen - Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission (ISO 20643:2005 + Amd. 1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 20643:2008 + A1:2012
- [2] DIN EN 60335-2-79; VDE 0700-79:2010-01 Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2-79: Besondere Anforderungen für Hochdruckreiniger und Dampfreiniger (IEC 60335-2-79:2002 + A1:2004 + A2:2007, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60335-2-79:2009
- [3] DIN EN 1829-1 Hochdruck-Wasserstrahlmaschinen - Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Maschinen; Deutsche Fassung EN 1829-1:2010
- [4] 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
- [5] DIN ISO/TR 22971; DIN SPEC 55318:2012-02 Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen - Leitfaden zur Verwendung von ISO 5725-2:1994 bei der Entwicklung, Einführung und statistischen Analyse von Ringversuchsergebnissen zur Wiederhol- und Vergleichpräzision (ISO/TR 22971:2005); Text Deutsch und Englisch
- [6] DIN EN ISO 28927 Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messverfahren zur Ermittlung der Schwingungsemission