

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schutzmaßnahmen gegen die
Einwirkung mechanischer Schwingungen
auf den Menschen

VDI 3831

Protective measures against
vibration effects on man

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	2
2 Begriffe	4	2 Terms and definitions	4
3 Auswirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen	8	3 Effect on humans of exposure to mechanical vibration	8
4 Herstellermaßnahmen	11	4 Action on the part of manufacturers	11
4.1 Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Schwingungsregung an der Quelle	11	4.1 Measures to eliminate or reduce excitation of vibration at source	11
4.2 Maßnahmen an Maschinen zur Verminderung der Schwingungsübertragung auf den Menschen	13	4.2 Measures taken in machinery to reduce vibration transmission from machine to man	13
5 Anwendermaßnahmen	19	5 Action on the part of users	19
5.1 Auswahl der Arbeitsverfahren	20	5.1 Selection of operational procedures	20
5.2 Maschinenauswahl	23	5.2 Machine selection.	23
5.3 Arbeitsorganisation	24	5.3 Work organisation	24
5.4 Technische Maßnahmen	28	5.4 Technical measures	28
5.5 Persönlicher Schwingungsschutz	31	5.5 Personal vibration protection	31
5.6 Arbeitsmedizinischer Schwingungsschutz	32	5.6 Vibration protection and occupational medicine	32
Anhang Beispiele	33	Annex Examples	33
A1 Fahrersitz für Linienbus.	33	A1 Driver's seat for a bus.	33
A2 Hydraulischer Nickschwingungsminderer bei Radladern	33	A2 Hydraulic pitch reducers in wheel loaders	33
A3 Rechnergestützte Auslegung der Schwingungsisolierung von Maschinen	35	A3 Computer-aided design of machinery vibration insulation	35
A4 Abschirmung von Gebäuden gegenüber Erschütterungen	36	A4 Shielding buildings against vibration	36
A5 Grabenwalze	38	A5 Compactors	38
A6 Schwingungsisolierung von Handmaschinengriffen	38	A6 Vibration insulation of portable machine handles	38
A7 Massenausgleich am Beispiel eines Winkelschleifers	40	A7 Mass balancing in an angle grinder	40
A8 Schwingungsgeminderter Schriftmeißel	41	A8 Vibration-reduced power carving chisel	41
Schrifttum.	43	Bibliography	43



VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

This is a preview. Click here to purchase the full publication.

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

1 Anwendungsbereich

Die Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den menschlichen Körper ist ein wesentlicher Gefährdungsfaktor für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten. In der vorliegenden VDI-Richtlinie sind Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verminderung der Schwingungsbelastung an Arbeitsplätzen zusammengestellt. Die Anwendung dieser Maßnahmen dient u. a. der Erfüllung der in folgenden EG-Richtlinien zum Schwingungsschutz festgelegten Anforderungen:

- Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen)

Anmerkung: Die EG-Richtlinie enthält u. a. das Minimierungsgebot für die Schwingungsbelastung an Arbeitsplätzen, Grenzwerte für die Schwingungsimmission und die Zusammenstellung der vom Unternehmer im Fall der Grenzwertüberschreitung durchzuführenden Maßnahmen des Schwingungsschutzes.

- Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (EG-Maschinenrichtlinie, in Deutschland umgesetzt durch die 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz – Maschinenverordnung)

Anmerkung: Die EG-Richtlinie enthält als grundlegende Sicherheitsanforderungen für das Inverkehrbringen von Maschinen u. a. das Minimierungsgebot für die Schwingungsemission von Maschinen und die Forderung nach Angabe der Installations- und Montagevorschriften zur Verminderung mechanischer Schwingungen sowie der Messwerte der Schwingungsemission in der Betriebsanleitung.

Die Richtlinie VDI 3831 steht in direktem Zusammenhang mit den in der Richtlinie VDI 2057 Blatt 1 formulierten Grundsätzen zur Messung und Bewer-

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

1 Scope

The effect of mechanical vibration on the human body is an important risk factor affecting the safety and health of employees. This VDI Guideline presents a survey of measures for preventing or reducing vibration exposure in the workplace. Application of these measures will, amongst other things, assist in securing compliance with the requirements laid down in the following EC directives relating to vibration protection:

- Directive 2002/44/EC of the European Parliament and Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)

Note: This EC Directive contains among other things the minimisation requirements for vibration exposure at workplaces, limit values for vibration immission, and a listing of the vibration protection measures to be taken by companies in the event of limit values being exceeded.

- Directive 2006/42/EC of the European Parliament and Council on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast) (EC Machinery Directive, implemented in Germany by the ninth executive order of the Product Safety Act – Machinery Directive).

Note: As basic safety requirements relating to the supply of machinery, this EC Directive contains among other things the minimisation requirements for vibration emission from machinery and also the requirement that the operating manual should include not only erection and installation instructions for reducing mechanical vibration but also measured values for vibration emissions.

Guideline VDI 3831 is directly linked to the basic principles formulated in VDI 2057 Part 1 relating to the measurement and evaluation of whole-body and

tung von Ganzkörper- und Hand-Arm-Schwingungen auf den Menschen. Die Richtlinie übernimmt inhaltlich und in geeigneter Form, sowie durch Beispiele ergänzt, alle Schwingungsschutz-Maßnahmen aus DIN V 45695.

Die Richtlinie VDI 3831 wendet sich sowohl an die Maschinenhersteller als auch an die Anwender von Maschinen. Für beide Zielgruppen getrennt werden die nach aktuellem Kenntnisstand möglichen primären und die sekundären Schutzmaßnahmen bei Ganzkörper- und Hand-Arm-Schwingungen aufgelistet. Obwohl die speziellen Maßnahmen in der Regel nur von der jeweiligen Gruppe angewendet werden können, sollten Hersteller und Anwender die Gesamtheit der Möglichkeiten kennen und beachten.

Es wird sowohl auf den Schutz vor Schwingungseinwirkung beim Arbeiten mit vibrierenden Handmaschinen und auf mobilen Arbeitsmaschinen als auch auf das Prinzip der Schwingungsisolierung bei Aufstellung von stationären Maschinen eingegangen.

Bild 1 enthält eine Übersicht zu den Maßnahmen des technischen Schwingungsschutzes.

In der vorliegenden Richtlinie werden vorrangig die Prinzipien der Schwingungsschutz-Maßnahmen er-

hand-arm vibration affecting a person. The guideline adopts in suitable form the content of all of the vibration protection measures given in DIN V 45695 and adds a number of examples.

Guideline VDI 3831 is intended for the use not only by the machine manufacturers but also by users of machinery. The primary and secondary protective measures which on the basis of current knowledge are applicable in case of whole-body and hand-arm vibration are listed separately for each of the two target groups. Although the special measures can usually only be applied by the particular group concerned, manufacturers and users should still know and be aware of the totality of possibilities.

This guideline not only deals with protection against vibration exposure when using vibrating portable machinery or working on mobile machines but also with the principle of vibration insulation in the installation of stationary machinery.

Figure 1 provides an overview of technical measures for vibration protection.

The present guideline will be primarily concerned with providing an explanation of the principles be-

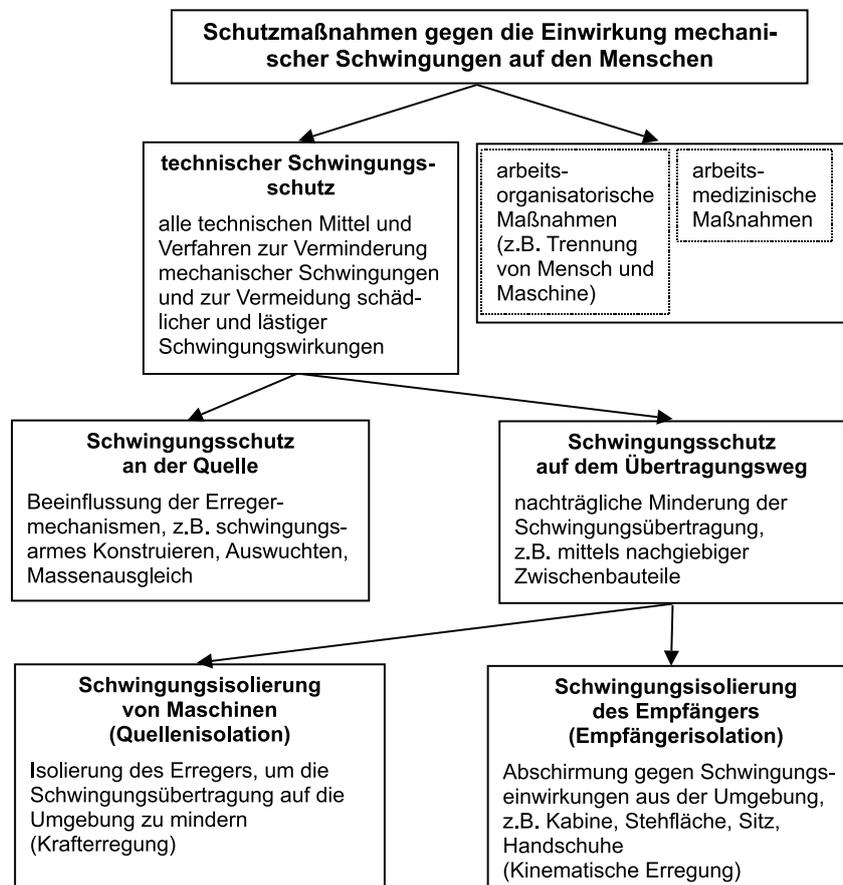


Bild 1. Schwingungsschutz-Maßnahmen

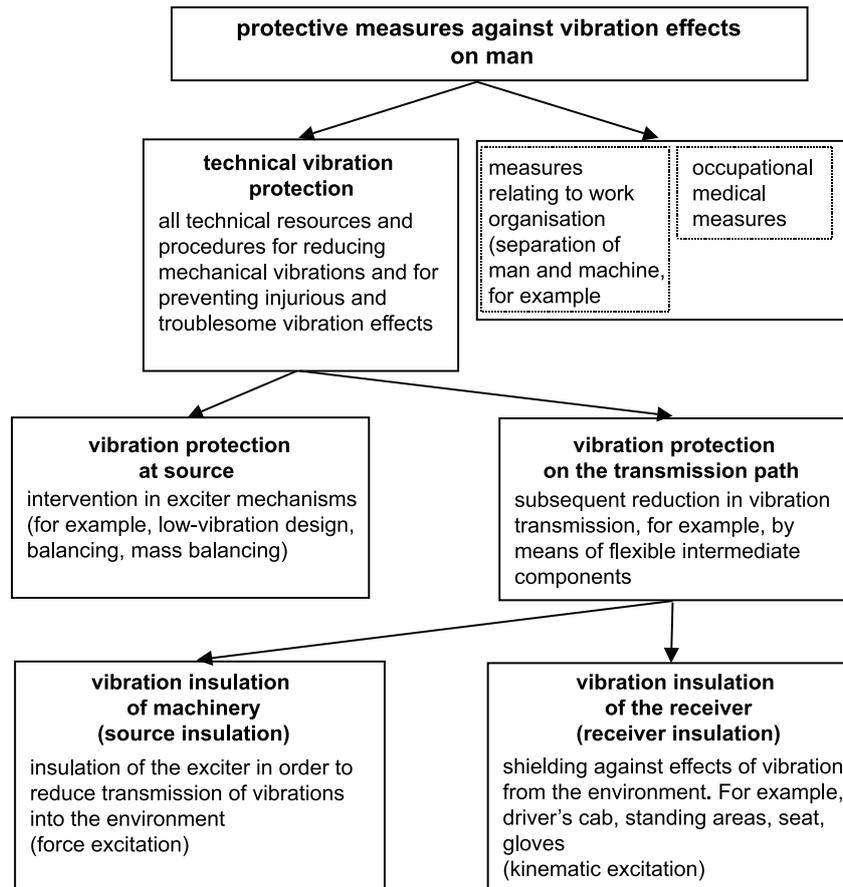


Figure 1. Vibration protection measures

läutert. Bezüglich der Sammlung von ausgeführten Beispielen des Schwingungsschutzes an Arbeitsplätzen wird auf den Anhang sowie auf entsprechende Datenbanken und das Schrifttum verwiesen.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Aktuator (Aktor)

Stellglied, das der Änderung des Energie- oder Masseflusses am Ausgang eines direkt oder indirekt geregelten Systems dient.

Anmerkung: Aktuatoren haben einen Signaleingang, der im Allgemeinen elektrisch angesteuert wird, und einen Wandler, der das Stellsignal mittels des Aktuatorelements in eine meist mechanische Größe umsetzt (siehe VDI 2062 Blatt 2).

Beanspruchung

Auswirkung einer von außen einwirkenden Schwingungsbelastung auf eine Person in Abhängigkeit von ihren individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten.

hind die vibration protection measures. With regard to the collection of actual examples of vibration protection in action at work, reference is made to the Annex as well as to the corresponding databases and the bibliography.

2 Terms and definitions

For the purposes of this guideline, the following terms and definitions apply:

Actuator (actor)

Control element which is used for changing the energy flow or mass flow at the output of a directly or indirectly regulated system.

Note: Actuators have a signal input, which is generally electrically driven, and a converter which by means of the actuator element converts the actuating signal into what is normally a mechanical variable (see VDI 2062 Part 2).

Strain

Effect of the exposure to vibration on a person affecting the person from outside as a function of that person's individual characteristics and abilities.

Beurteilungsbeschleunigung ($a_{w(8)}$)

Gesamtbelastung während eines Arbeitstags, die für die →Bezugsdauer $T_0 = 8$ h aus dem für die →tägliche Einwirkungsdauer T ermittelten →Effektivwert a_w der frequenzbewerteten Beschleunigung errechnet gemäß

$$a_{w(8)} = a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

Bezugsdauer (Beurteilungsdauer, T_0)

Für den Arbeitsbereich feste Zeitspanne von 8 h, auf die aus Gründen der Vergleichbarkeit die während eines Tages oder einer Arbeitsschicht einwirkenden Schwingungen bezogen werden.

Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung (a_w)

Quadratischer (energieäquivalenter) Mittelwert, der definiert ist als

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} a_w^2(t) dt} \quad (2)$$

wobei $a_w(t)$ die frequenzbewertete Beschleunigung als Funktion der Zeit t und T_m die Dauer der Messung sind.

Eigenfrequenz

Schwingungsfrequenz eines schwingungsfähigen Systems, das zu freien Schwingungen angestoßen wird.

Anmerkung: Die Eigenfrequenzen sind Kenngrößen des Systems und werden ausschließlich durch die Systemeigenschaften (Massenverteilung, Steifigkeiten, Dämpfung) bestimmt.

Frequenzbewertete Beschleunigung ($a_w(t)$)

Unter Verwendung einer Frequenzbewertungsfunktion (z.B. durch ein Bewertungsfilter) und einer Frequenzbandbegrenzungsfunktion (z.B. durch ein Bandpassfilter) aus dem Beschleunigungssignal $a(t)$ ermittelte Größe.

Anmerkung: Die frequenzbewertete Beschleunigung ist ein Maß für die frequenzabhängige Schwingungsbeanspruchung des Menschen.

Ganzkörperschwingung

→Mechanische Schwingung, die über die Füße beim stehenden, über Gesäß, Füße und Rücken beim sitzenden oder über die Auflagefläche beim liegenden Menschen auf den gesamten Körper einwirkt.

Anmerkung: Die Frequenzbewertung erfolgt im Bereich 0,5 Hz bis 80 Hz für die Beurteilung der Gesundheitsgefährdung bzw. des Wohlbefindens in Abhängigkeit von der Körperhaltung getrennt für die vertikale und die horizontalen Richtungen. Bei unbestimmter

Assessment acceleration ($a_{w(8)}$)

Total exposure occurring during a single day which is calculated for a →reference duration of $T_0 = 8$ h from the →RMS value a_w of the frequency-weighted acceleration obtained for the →daily exposure duration T ; the corresponding equation is:

$$a_{w(8)} = a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

Reference duration (assessment period, T_0)

Fixed period of time of 8 h which is used for reasons of comparability as a reference quantity for the vibration exposure during a single day or a single shift at work.

RMS value of the frequency-weighted acceleration (a_w)

(Energy-equivalent) root mean square which is defined as

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} a_w^2(t) dt} \quad (2)$$

where $a_w(t)$ is the frequency-weighted acceleration as a function of time t and T_m is the duration of measurement.

Natural frequency

Vibration frequency of an oscillatory system which is made to vibrate freely.

Note: The natural frequencies are characteristics of the system and are determined solely by the system properties (distribution of mass, stiffnesses, damping).

Frequency-weighted acceleration ($a_w(t)$)

Value obtained from the acceleration signal $a(t)$ by application of a frequency weighting function (by a weighting filter, for example) and a frequency band clipping function (by a band-pass filter, for example).

Note: Frequency-weighted acceleration is a measure of the frequency-dependent vibration strain on the individual.

Whole-body vibration

→Mechanical vibration which affects the entire body, entering via the feet in the case of someone standing, via the buttocks, feet, and back of a seated person, or via the contact area in the case of someone lying down.

Note: Frequency weighting is carried out in the 0,5 Hz to 80 Hz range in order to assess the health risk or the feeling of well-being as a function of the body posture and is carried out separately for the vertical and the horizontal directions. In the case of an undefined

Körperhaltung beträgt der Frequenzbereich jedoch nur 1 Hz bis 80 Hz (siehe VDI 2057 Blatt 1 und ISO 2631-2).

posture, the frequency range will, however, only extend between 1 Hz and 80 Hz (see VDI 2057 Part 1 and ISO 2631-2).

Hand-Arm-Schwingung

→Mechanische Schwingung, die über die Greifstellen von handgeführten und gehaltenen Maschinen, Werkzeugen oder Werkstücken in die Hände eingeleitet wird.

Hand-arm vibration

→Mechanical vibration which passes into the hands via those points, where hand-guided or hand-held machines, tools, or workpieces are gripped or held.

Anmerkung: Die Frequenzbewertung erfolgt im Bereich der Oktavbänder 8 Hz bis 1000 Hz unter Verwendung einer Bewertungskurve für die drei Messrichtungen.

Note: Frequency weighting is carried out in the range of the 8 Hz to 1000 Hz octave bands, with one weighting curve for the three measuring directions being applied.

Mechanische Schwingung (Vibration)

Schwingung von festen Körpern, die an einer Einleitungsstelle in den menschlichen Körper übertragen wird.

Mechanical vibration

Vibration from solid bodies which is transmitted into the human body at a point of entry.

Anmerkung 1: Die Schwingungen können harmonisch, periodisch, stoßartig oder stochastisch sein. Auch Breitbandschwingungen mit überlagerten Stößen gelten als mechanische Schwingungen im Sinne dieser Richtlinie.

Note 1: The vibration can be harmonic, periodic, impulsive, or stochastic. Broadband vibration with superposed shock impulses are also counted as mechanical vibration in this guideline.

Anmerkung 2: Bei Einwirkung auf den ganzen Körper bis 80 Hz werden mechanische Schwingungen auch Erschütterungen genannt.

Note 2: In the case the entire body is affected up to 80 Hz the word “concussion” may also be used.

Nickschwingung

Schwingung um eine Fahrzeugquerachse.

Pitch vibration

Oscillation around the transverse axis of a vehicle.

Anmerkung: Nickschwingungen treten beim Fahren in unebenem Gelände (z.B. bei Radladern mit beladener Schaufel) auf.

Note: Pitch vibration occurs when a vehicle is driven on uneven terrain (for example, wheel loaders with loaded shovels).

Resonanz

Übereinstimmung der Erregerfrequenz mit einer Eigenfrequenz bei einem schwingungsfähigen System.

Resonance

Coincidence of the exciter frequency with a natural frequency in an oscillatory system.

Anmerkung: In Abhängigkeit von der Systemdämpfung können in der Resonanz Maxima der Schwingungsamplituden bzw. der übertragenen Kräfte auftreten. Die Amplituden der Schwingungsgrößen sind von der Systemdämpfung abhängig.

Note: Maxima of the oscillation amplitudes or of the transmitted forces can occur in the resonance depending on the system damping. The amplitudes of the vibration variables are a function of system damping.

Schwingungsbelastung

Gesamtheit der äußeren Bedingungen und Anforderungen in der Umgebung des Menschen (z.B. Arbeitssystem), die den physischen und psychischen Zustand der Person ändern kann.

Vibration exposure

Totality of external conditions and requirements found in the environment of the individual (work system, for example) which can modify or change the physical or mental state of that person.

Anmerkung: Konkret sind das in dieser Richtlinie die Einwirkungen der →Hand-Arm- und → Ganzkörperschwingungen.

Note: In this guideline, vibration exposure means the effects of →hand-arm and →whole-body vibration.

Schwingungsemission

Von einer Schwingungsquelle (Maschine) ausgehende Schwingungen.

Vibration emission

Vibration emitted by a vibration source (machine).

Anmerkung: Dabei wird die in der Praxis auftretende Vielfalt der Betriebsbedingungen zwecks Vergleichbarkeit der Messwerte durch genormte oder vereinbarte Prüfverfahren eingengt.

Note: The wide variety of operating conditions found in practice is narrowed down by means of standardised or agreed test procedures so as to make it possible for measured values to be compared.

Schwingungsgesamtwert (Vektorbetrag, a_{hv})

Für →Hand-Arm-Schwingungen relevante Größe.

Vibration total value (vector sum, a_{hv})

Variable which is relevant to →hand-arm vibration.

Anmerkung: Der Schwingungsgesamtwert der →Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen in den drei Messrichtungen x , y und z wird wie folgt bestimmt:

Note: The vibration total value of the →RMS values of the frequency-weighted accelerations in the three measuring directions x , y , and z is defined as follows:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw,x}^2 + a_{hw,y}^2 + a_{hw,z}^2} \tag{3}$$

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw,x}^2 + a_{hw,y}^2 + a_{hw,z}^2} \tag{3}$$