

DIN ISO 5348

ICS 17.160

Ersatz für
DIN ISO 5348:1999-07**Mechanische Schwingungen und Stöße –
Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern
(ISO 5348:2021)**

Mechanical vibration and shock –
Mechanical mounting of accelerometers (ISO 5348:2021)

Vibrations et chocs mécaniques –
Fixation mécanique des accéléromètres (ISO 5348:2021)

Gesamtumfang 31 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Grundlagen	8
5 Vom Hersteller des Beschleunigungsaufnehmers zu spezifizierende Parameter	10
6 Betrachtungen zur Auswahl eines Verfahrens zur Ankopplung	11
6.1 Allgemeine Aspekte	11
6.1.1 Ziele	11
6.1.2 Voraussetzungen	11
6.2 Spezielle Aspekte	12
6.2.1 Arbeitsfrequenzbereich	12
6.2.2 Kabel des Schwingungsaufnehmers	12
6.3 Bestimmung der ersten Resonanzfrequenz unter Ankopplungsbedingungen	13
6.3.1 Allgemeines	13
6.3.2 Verfahren mit Schwingungsanregung	13
6.3.3 Verfahren mit Stoßanregung	14
6.4 Empfehlungen für einzelne Ankopplungsarten	16
6.4.1 Allgemeines	16
6.4.2 Ankopplung über Gewindestifte	17
6.4.3 Klebmontage	18
6.4.4 Magnete	21
6.4.5 Schnellankopplung	22
6.4.6 Taststift	22
6.4.7 Konusverschraubung	23
6.4.8 Rückwirkungsarme Ankopplungsvorrichtungen zur Erfassung der Schwingungseinwirkung auf den Menschen	24
6.4.9 Ankopplung durch Dreipunktauflage und Erdspieße	24
6.4.10 Keilanker	24
6.4.11 Ankopplungshilfen	24
7 Typischer Frequenzgang für diverse Ankopplungsarten	25
8 Weitere Ankopplungsaspekte	28
8.1 Basisdehnempfindlichkeit eines Beschleunigungsaufnehmers	28
8.2 Thermische Ankopplungseffekte	29
8.3 Elektrische Erdschleifen	29
Literaturhinweise	31

Bilder

Bild 1 — Ankopplung eines Beschleunigungsaufnehmers	9
Bild 2 — Überlegungen zu den Beschleunigungsvektoren hinsichtlich der Ankopplung des Beschleunigungsaufnehmers	10
Bild 3 — Beschleunigungsaufnehmer mit axialem und radialem Leitungsanschluss	13
Bild 4 — Reaktion des Beschleunigungsaufnehmers auf einen Stoß bei einer Stoßdauer $t_S < 5/f_{Res}$	15
Bild 5 — Reaktion des Beschleunigungsaufnehmers auf einen Stoß (idealisierte Darstellung)	16

Bild 6 — Ankopplung über Gewindestifte	18
Bild 7 — Ankopplung durch direktes Ankleben oder durch Ankleben mit Klebeadapter	19
Bild 8 — Ankopplung per Magnet	22
Bild 9 — Handgeführte Taststifte	23
Bild 10 — Ankopplung per Konusverschraubung	24
Bild 11 — Gemessene Frequenzgänge eines Beschleunigungsaufnehmers mit einer Aufnehmermasse von 11 g für diverse Ankopplungsarten	25
Bild 12 — Gemessene Frequenzgänge eines Beschleunigungsaufnehmers mit einer Aufnehmermasse von 27 g für diverse Ankopplungsarten	26
Bild 13 — Einfluss der Ankopplungsbedingungen auf den Frequenzgang	28
Bild 14 — Erdschleife: Schwingungsaufnehmer und Messverstärker mit unterschiedlichen Erdungspotentialen	29
Bild 15 — Erdungsisolation des Schwingungsaufnehmers durch isolierte Ankopplung	29
Bild 16 — Schwingungsaufnehmer mit geerdetem Gehäuse	30

Tabellen

Tabelle 1 — Kriterien zur Auswahl von Verfahren zur Ankopplung	17
---	-----------

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 5348:2021, die vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von ANSI (USA) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-03-02 AA „Schwingungsmesstechnik“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
ISO 5349-2	siehe	DIN EN ISO 5349-2
ISO 10326-1	siehe	DIN EN ISO 10326-1
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 10819	siehe	DIN EN ISO 10819

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 5348:1999-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Theorie zum Einfluss der Masse und Steifigkeit auf den erhaltenen Frequenzgang wurde erweitert;
- b) Frequenzgang durch tatsächlich gemessenen Wert ersetzt und Vergleichbarkeit verbessert;
- c) Einfluss von Erdschleifen hinzugefügt;
- d) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 5348: 1999-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5349-2, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen — Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz*

DIN EN ISO 10326-1, *Mechanische Schwingungen — Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen*

DIN EN ISO 10819, *Mechanische Schwingungen und Stöße — Hand-Arm-Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungsübertragung von Handschuhen in der Handfläche*

DIN ISO 2954, *Mechanische Schwingungen von Hubkolbenmaschinen und von Maschinen mit rotierenden Bauteilen — Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte*

DIN ISO 10817-1, *Messeinrichtung für die Schwingungen rotierender Wellen — Teil 1: Erfassung der relativen und der absoluten Radialschwingungen*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 5348:1998), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- die Theorie zum Einfluss der Masse und Steifigkeit auf den erhaltenen Frequenzgang wurde erweitert;
- der Frequenzgang wurde durch tatsächlich gemessene Werte ersetzt, und die Vergleichbarkeit wurde verbessert;
- der Einfluss von Erdschleifen wurde hinzugefügt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Das gebräuchlichste Verfahren zur Bestimmung der Schwingungen einer Struktur oder eines Körpers besteht darin, einen elektromechanischen Aufnehmer, auch Schwingungsaufnehmer oder Schwingungssensor genannt, einzusetzen. Diese Schwingungsaufnehmer lassen sich in zwei allgemeine Klassen einteilen: berührungslose Aufnehmer und Kontaktaufnehmer.

Berührungslose Aufnehmer sind relativ messende Schwingungsaufnehmer, die eine Bewegung relativ zu einem raumfesten Koordinatensystem aufzeichnen. Typische Beispiele hierfür sind Wirbelstromaufnehmer, optische Aufnehmer und Laser-Vibrometer. Diese Aufnehmer haben keinen direkten mechanischen Kontakt mit der Struktur und werden daher in diesem Dokument nicht behandelt.

Kontaktaufnehmer werden durch mechanische Kopplung an der Struktur montiert. Dazu gehören beispielsweise piezoelektrische, kapazitive und piezoresistive Beschleunigungsaufnehmer sowie seismische Geschwindigkeitsaufnehmer. Diese absolut messenden Schwingungsaufnehmer erfassen die durch seismische Kräfte hervorgerufenen Bewegungen in dem Raumkoordinatensystem, in dem sie montiert sind. Wenn ein solcher Schwingungsaufnehmer auf einer Struktur montiert wird, können die Eigenschaften der Ankopplung den Frequenzgang der Struktur sowie des Schwingungsaufnehmers erheblich beeinflussen. Bei mangelnder Sorgfalt bezüglich der Eigenschaften der Ankopplung können, insbesondere bei hohen Frequenzen, sehr große Messabweichungen auftreten.

Unter bestimmten Umständen können die Masse, die Geometrie sowie die Ankopplungssteifigkeit des Schwingungsaufnehmers die gemessene Schwingungsamplitude der Struktur direkt beeinflussen. Dieser Effekt tritt z. B. auf, wenn die Massen des Schwingungsaufnehmers und der Struktur in der gleichen Größenordnung liegen.

Dieses Dokument gilt für seismische Beschleunigungsaufnehmer vom Kontakttyp sowie für seismische Geschwindigkeitsaufnehmer, die zurzeit weit verbreitet sind. Das Problem beim Einsatz solcher Aufnehmer liegt darin, dass die mechanische Kopplung zwischen dem Beschleunigungsaufnehmer und der untersuchten Struktur den Frequenzgang des Beschleunigungsaufnehmers, der Struktur oder von beiden ganz erheblich verändern kann. Dieses Dokument nimmt es in Angriff, die Einflussfaktoren einzeln herauszustellen, die sich bei der Auswahl eines Verfahrens zur Ankopplung des Beschleunigungsaufnehmers an die Struktur als kritisch darstellen.

Grundsätzlich sind viele Aspekte der Ankopplung von Geschwindigkeitsaufnehmern denen von Beschleunigungsaufnehmern ähnlich, aber sie sind nicht identisch. Weitere Informationen werden in 6.2.1 angegeben.

Dieses Dokument behandelt keine Geophone.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die wichtigen technischen Eigenschaften der verschiedenen Verfahren zur Ankopplung von Schwingungsaufnehmern sowie empfohlene Vorgehensweisen fest. Darüber hinaus zeigt es Beispiele für Einflüsse der Befestigung des Beschleunigungsaufnehmers auf den Frequenzgang und andere Einflüsse, die die Genauigkeit der Darstellung der tatsächlichen Bewegung der beobachteten Struktur beeinträchtigen können.

Dieses Dokument ist anzuwenden für Beschleunigungsaufnehmer vom Kontakttyp, die zurzeit weit verbreitet sind. Es ist sowohl für einachsige als auch für mehrachsige Schwingungsaufnehmer anzuwenden. Dieses Dokument kann auch für Geschwindigkeitsaufnehmer angewendet werden.

Mit diesem Dokument können Anwender die Grenzen einer Ankopplung und damit auch mögliche Messabweichungen abschätzen.

Probleme mit der Ankopplung von Schwingungsaufnehmern sind nicht der einzige Aspekt, der die Gültigkeit von Beschleunigungsmessungen beeinträchtigen kann. Weitere Aspekte sind unter anderem: Querbewegungen, die Ausrichtung des Schwingungsaufnehmers, die Durchbiegung der Basis, Kabelbewegungen, Temperaturänderungen, elektrische und magnetische Felder, Kabelpeitschen sowie Anzugsdrehmoment. Andere Aspekte als die Ankopplung und ihre möglichen Auswirkungen liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

ISO 8042, *Shock and vibration measurements — Characteristics to be specified for seismic pick-ups*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

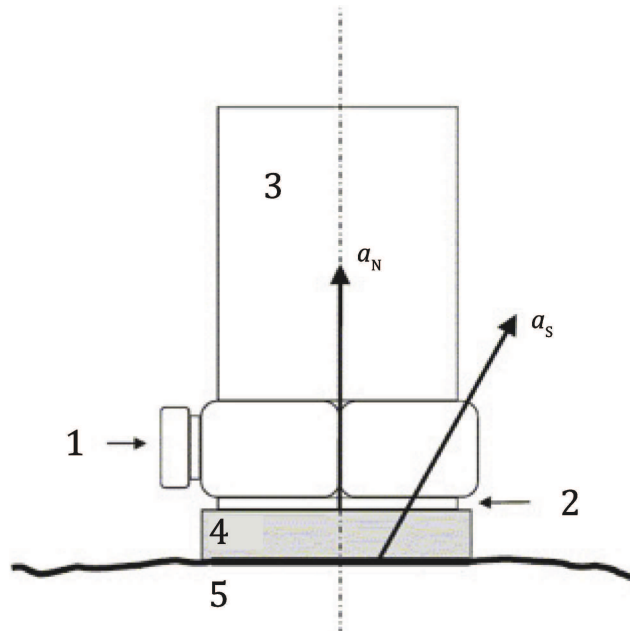
— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

4 Grundlagen

Ein Schwingungsaufnehmer ist mit der Oberfläche der schwingenden Struktur verbunden, wie in vereinfachter Darstellung in Bild 1 gezeigt. Unter idealen Bedingungen liefert der Schwingungsaufnehmer an seinem Ausgang ein elektrisches Signal, das proportional zur Größe des Eingangsvektors der mechanischen Beschleunigung a_N ist. Der Vektor a_N ist meistens senkrecht auf die Basis des Schwingungsaufnehmers gerichtet und misst die Projektion des Schwingbeschleunigungsvektors a_S der Struktur in Richtung der nominalen empfindlichen Vektorachse des Aufnehmers a_N (Messrichtung).

Die Schwingung in Richtung des Beschleunigungsvektors a_S auf der Struktur wird über die mechanische Ankopplung in die Messrichtung des Schwingungsaufnehmers übertragen. Frequenzabhängige Änderungen der nominalen Schwingungsamplitude a_N des Schwingungsaufnehmers können aufgrund der dynamischen Eigenschaften der mechanischen Ankopplung mit ihrer mechanischen Steifigkeit, der Dämpfung und der Masse des Schwingungsaufnehmers auftreten. Die mechanische Ankopplung ändert daher den nutzbaren

Frequenzbereich des Schwingungsaufnehmers in Bezug auf die Amplitude und die Phase für eine gegebene Genauigkeit (siehe 6.2.1). Dieses Dokument gilt nur für die Ankopplung solcher Beschleunigungsaufnehmer, die mit der Oberfläche der schwingenden Struktur verbunden sind, wie in vereinfachter Darstellung in Bild 1 gezeigt.



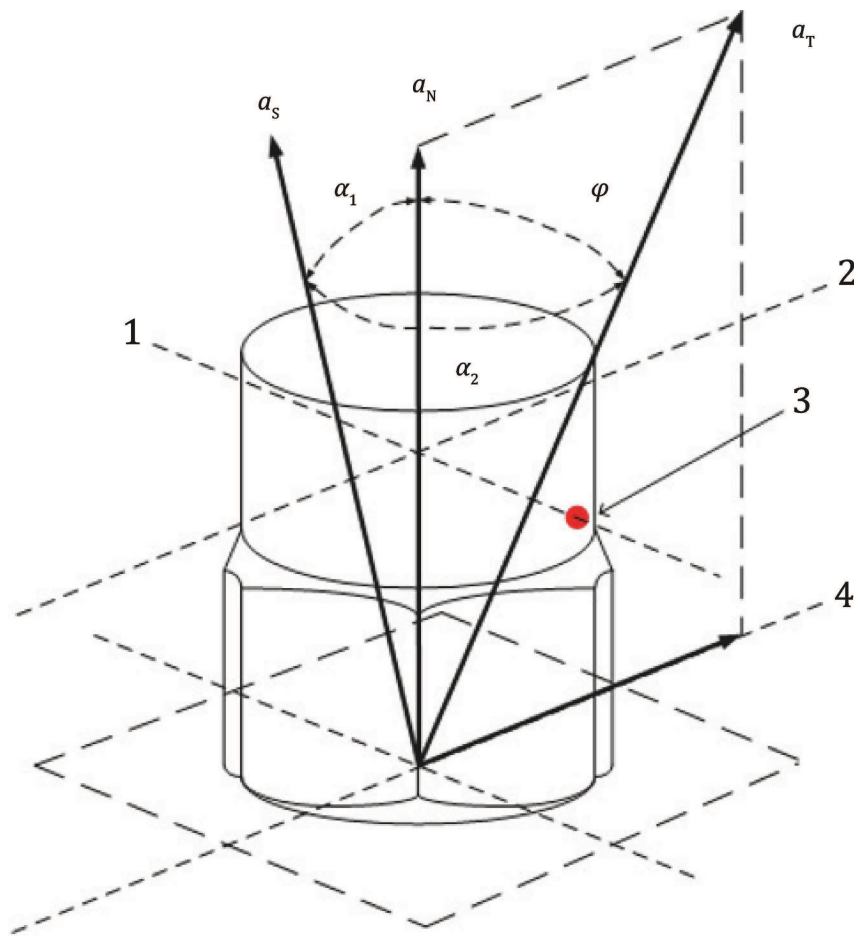
Legende

- a_N nominaler Schwingbeschleunigungsvektor
- a_S Schwingbeschleunigungsvektor der Struktur
- 1 Elektrischer Steckverbinder
- 2 Basis des Schwingungsaufnehmers
- 3 Schwingungsaufnehmer
- 4 mechanische Ankopplung
- 5 Struktur

Bild 1 — Ankopplung eines Beschleunigungsaufnehmers

Häufig ist der Schwingbeschleunigungsvektor mit der größten Empfindlichkeit nicht parallel zur nominalen Achse des Beschleunigungsaufnehmers, da a_N senkrecht zu dessen Ankopplungsfläche steht, wie in Bild 1 dargestellt. Dadurch entsteht eine Querrichtungsempfindlichkeit des Schwingungsaufnehmers; siehe ISO 16063-31. Die Querrichtungsempfindlichkeit ist in einer Richtung maximal und in einer senkrecht dazu verlaufenden Richtung auf der Ankopplungsfläche idealerweise gleich Null. Bei einigen auf dem Markt befindlichen Schwingungsaufnehmern markiert ein roter Punkt die Richtung der minimalen Querrichtungsempfindlichkeit. Wird der Schwingungsaufnehmer so montiert, dass seine minimale Querrichtungsempfindlichkeit mit der Richtung der erwarteten Querschleunigung übereinstimmt, ist der Einfluss der Querrichtungsempfindlichkeit während einer Messung am geringsten.

In Bild 2 ist die komplexe vektorielle Beziehung zwischen dem Schwingungsvektor der Struktur a_S , dem Vektor der nominalen Achse des Beschleunigungsaufnehmers a_N , dem Schwingbeschleunigungsvektor des Schwingungsaufnehmers mit der größten Empfindlichkeit a_T und den Winkeln φ , α_1 und α_2 dazwischen dargestellt. Die Beseitigung dieser Ausrichtungsabweichungen erfordert in der Regel eine Koordinatentransformation. In dieser Betrachtung bildet die Projektion des Schwingbeschleunigungsvektors der Struktur $a_S = (a_X^S, a_Y^S, a_Z^S)$ auf den Schwingbeschleunigungsvektor des Schwingungsaufnehmers mit der größten Empfindlichkeit $a_T = (a_X^T, a_Y^T, a_Z^T)$ das Ausgangssignal u des Schwingungsaufnehmers. Allerdings ist die Größe in Richtung des Vektors der nominalen Achse des Beschleunigungsaufnehmers $a_N = (a_X^N, a_Y^N, a_Z^N)$ von Interesse.



Legende

- a_N nominale Achse des Beschleunigungsaufnehmers, die senkrecht zu dessen Ankopplungsfläche steht (a_N^X, a_N^Y, a_N^Z)
- a_S Schwingbeschleunigungsvektor der Struktur (a_S^X, a_S^Y, a_S^Z)
- a_T Schwingbeschleunigungsvektor des Schwingungsaufnehmers mit der größten Empfindlichkeit (a_T^X, a_T^Y, a_T^Z)
- φ Winkel zwischen a_N und a_T
- α_1 Winkel zwischen a_N und a_S
- α_2 Winkel zwischen a_S und a_T
- 1 Achse der minimalen Querrichtungsempfindlichkeit
- 2 Achse der maximalen Querrichtungsempfindlichkeit
- 3 roter Punkt zur Kennzeichnung der minimalen Querrichtungsempfindlichkeit
- 4 Querrichtungsvektor

ANMERKUNG Für die genaue Messung der Strukturschwingung sind die Vektoren a_S und a_N idealerweise in Betrag und Richtung identisch, siehe 6.1.1.

Bild 2 — Überlegungen zu den Beschleunigungsvektoren hinsichtlich der Ankopplung des Beschleunigungsaufnehmers

5 Vom Hersteller des Beschleunigungsaufnehmers zu spezifizierende Parameter

Die technischen Eigenschaften von Schwingungsaufnehmern müssen im Datenblatt oder Handbuch in Übereinstimmung mit ISO 8042 angegeben werden. Aus der Vielzahl von Informationen sind nur wenige für die Ankopplung von Schwingungsaufnehmern relevant: