Technische Dokumentation

Humanschwingungsanalysator Typ 4447

Bedienungshandbuch



Humanschwingungsanalysator Typ 4447

Bedienungshandbuch

Sicherheitsanforderungen

Dieses Gerät ist konstruiert und geprüft in Übereinstimmung mit IEC/EN 61010–1 und ANSI/ UL 61010–1 Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte. Das vorliegende Bedienungshandbuch enthält Informationen und wichtige Hinweise, die beachtet werden müssen, um eine sichere Betriebsweise und den sicheren Zustand des Gerätes zu gewährleisten. Insbesondere ist Folgendes zu beachten:

Sicherheitssymbole

Ist das Gerät mit diesem Symbol gekennzeichnet, so hat der Benutzer unbedingt die Warnungen an den entsprechend markierten Stellen in diesem Bedienungshandbuch zu beachten.

(<u>+</u>)

Schutzerdeanschluss

Gefährliche Spannung

Explosionsgefahr

Das Gerät ist nicht für den Einsatz in potenziell explosionsgefährdeten Umgebungen vorgesehen. Es sollte nicht in Anwesenheit entflammbarer Flüssigkeiten oder Gase betrieben werden.

Warnungen

- Geräte sind vollständig von der Stromversorgung zu trennen, bevor ihre digitalen Schnittstellen verbunden oder getrennt werden. Andernfalls können die Geräte beschädigt werden.
- Sobald Sie feststellen, dass der einwandfreie Betrieb oder die Betriebssicherheit des Gerätes beeinträchtigt ist, muss dieses von der Versorgung getrennt und gegen weiteren Gebrauch gesichert werden.
- Justierung, Wartung und Reparatur am offenen Gerät, wenn es unter Spannung steht, sind so weit wie möglich zu vermeiden und dürfen, falls unvermeidlich, nur von entsprechend ausgebildetem Servicepersonal ausgeführt werden.
 - Elektronische Geräte oder Batterien nicht als unsortierten Haus-/Restmüll entsorgen



- Gefährliche Substanzen in elektrischen Geräten oder Batterien können schädliche Wirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben
- Das Symbol auf der linken Seite zeigt an, dass für die Entsorgung von Geräten oder Batterien, die mit diesem Symbol markiert sind, Abfallsortiersysteme verwendet werden müssen
- Ausgediente elektrische und elektronische Geräte oder Batterien können zur Entsorgung an Ihr Brüel & Kjær Verkaufsbüro oder an den Hauptsitz von Brüel & Kjær rückgesendet werden

Marken

Microsoft, **Windows** und **Excel** sind eingetragene Markenzeichen und **Windows Vista** ist ein Warenzeichen der Microsoft Corporation. **VELCRO**® ist ein eingetragenes Markenzeichen von Velcro Industries B.V. **Pentium** ist ein Markenzeichen der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

Copyright © 2006 – 2009, Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Handbuchs darf in irgendeiner Form durch bisher bekannte Verfahren vervielfältigt oder verbreitet werden ohne vorherige Genehmigung durch Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, Nærum, Dänemark

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL Einführ	1 ung	. 1
1	Über dieses Handbuch	1
1.	P Humanschwingungen	. 2
1.	3 Tvp 4447	3
1.	Merkmale des Humanschwingungsanalysators Typ 4447	6
1.	5 Speicher	7
1.	6 Vibration Explorer Software	7
KAPITEL		•
Human	schwingungen: Theorie	. 9
2.	Messparameter bei der Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf Menschen	11
2.	2 Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung: Hand-Arm-Schwingungen	14
2.3	Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung: Ganzkorper-Schwingungen	1/
2.	Das Expositionspunkte-System	22
2.	Bestimmung des SEAT-Faktors (Seat Effective Amplitude Transmissibility)	24
KAPITEL	3 chritte mit dem Tvn 1117	27
		27
ວ. ວ	Dallelle	21
ວ. ເ	Grundeinstellungen: Maßeinheiten Datum und Uhrzeit	20
3. 3.	1 Fingangseinstellungen	31
3	5 Kalibrierung und Aufnehmerdatenbank	34
3	S Auswahl der Bewertung/Anwendung	39
3.	7 Protokollierung	42
3.	3 Das Display	42
3.	9 Steuerung des Messvorgangs	45
3.	0 Verwaltung der Messergebnisse	46
3.	1 Hardware, Firmware-Version und Upgrade	47
KAPITEL	4	
Messur	igen mit Typ 4447	49
4.	I Messung von Hand-Arm-Schwingungen	49
4.	2 Messung von Ganzkörper-Schwingungen	54
4.	3 Bestimmung des SEAT-Faktors	57
4.	Protokollierte Messungen	60
KAPITEL		
Vibratio	rarbeitung mit	61
		61
5. 5	Oysternamorderungen Installation der Vibration Explorer Software	61

5.3	Arbeiten mit der Vibration Explorer Software	68
5.4	Datenexport und Berichterstellung	87
5.5	Softwareeinstellungen	91
5.6	Aktualisierung der Firmware und Spracheinstellung von Typ 4447 mit dem Vibration Explorer	91
5.7	Dialogfenster "Hilfe" und "Über"	93
KAPITEL 6 Pflege unc 6.1	I Wartung Pflege, Reinigung und Aufbewahrung	95 95
KAPITEL 7 Technisch	e Daten	97
KAPITEL 8 Glossar		03
INDEX		05

Kapitel 1

Einführung

Vielen Dank, dass Sie sich für den Humanschwingungsanalysator Typ 4447 entschieden haben. Dieses Gerät dient zur Messung und objektiven Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf den menschlichen Körper.

1.1 Über dieses Handbuch

Dieses Bedienungshandbuch beschreibt Typ 4447 (ab Firmware-Version 3.0.1) und die zugehörige 4447 Vibration Explorer Software BZ-5623 (ab Version 2.0.0).

Das Handbuch ist in folgende Abschnitte unterteilt:

- Kapitel 1 Einführung: Kurze Übersicht zu Humanschwingungsmessungen, die wichtigsten Merkmale und Parameter des Typ 4447
- Kapitel 2 Messung von Humanschwingungen: Die zugrundeliegende Theorie
- Kapitel 3 Anwendung des Typ 4447: Hinweise zur Handhabung des Typ 4447
- Kapitel 4 Messung von Humanschwingungen: Anleitung zur Messung der Schwingungseinwirkung auf Menschen
- Kapitel 5 Nachverarbeitung: Datenübertragung vom Typ 4447 zur Weiterverarbeitung auf einem Computer
- Kapitel 6 Pflege und Wartung: Hinweise zur Behandlung und Pflege Ihres Gerätes
- Kapitel 7 Technische Daten: Technische Daten von Typ 4447

Hinweis: Typ 4447 misst Translationsschwingungen und kann die Messergebnisse in verschiedenen Maßeinheiten darstellen, (siehe Abschnitt 3.3). In diesem Handbuch wird zur Beschreibung die Standard-Maßeinheit m/s^2 verwendet.

1.1.1 In diesem Handbuch verwendete Vereinbarungen

Anleitungen und Beschreibungen, die sich auf die Funktionstasten des Typ 4447 beziehen, werden mit den Tastensymbolen gezeigt, wie sie auf dem Gerät erscheinen. Eine Liste der Tastensymbole und ihrer Funktionen finden Sie in Abschnitt 3.2.

Menüelemente

In diesem Handbuch werden Menüelemente durch fette Schrift angezeigt (z.B. "... finden Sie im Menü Kalibrierung").

Anzeige von Parametern und Text auf dem Display

Angezeigte Parameter, Displaytexte und mathematische Variable werden durch kursive Schrift angezeigt (z.B. *Bewertung*, *Ganzkörper*).

1.2 Humanschwingungen

Unter Humanschwingungen versteht man die Einwirkung von mechanischen Schwingungen aus der Umgebung auf den menschlichen Körper. Im Alltag, z.B. im Bus, in der Bahn und im Auto, sind wir häufig Schwingungsquellen verschiedener Art ausgesetzt. Viele Menschen sind außerdem an ihrem Arbeitsplatz Schwingungen ausgesetzt, z.B. bei der Arbeit mit handgeführten Werkzeugen, an stationären oder mobilen Arbeitsmaschinen oder beim Fahren von LKWs.

Wie Schallwellen können auch mechanische Schwingungen als angenehm oder als lästig empfunden werden. Sanfte Schwingungen, wie wir sie im Schaukelstuhl, beim Tanzen oder Joggen wahrnehmen, wirken angenehm. Heftigere Schwingungen, z.B. beim Autofahren auf holpriger Straße oder bei der Arbeit mit Elektrowerkzeugen, können sehr unangenehm und sogar gesundheitsschädlich sein.

Humanschwingungen lassen sich unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachten. Dieses Handbuch beschäftigt sich vor allem mit Schwingungseinwirkungen, die für den Gesundheitsund Arbeitschutz von Interesse sind: Ganzkörper- und Hand-Arm-Schwingungen. Ganzkörper-Schwingungen werden auf den Körper als Ganzes übertragen, in der Regel durch eine unterstützende Fläche (z.B Fußboden, Sitz, Rückenlehne etc.). Die langanhaltende Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen kann bleibende Gesundheitsschäden verursachen oder das Nervensystem schädigen. Hand-Arm-Schwingungen werden über die Handfläche und die Finger in den Körper eingeleitet. Die tägliche Einwirkung von Hand-Arm-Schwingungen über eine Reihe von Jahren kann bleibende Körperschäden im Hand-Arm-Bereich verursachen. Beispiele solcher Erkrankungen sind Durchblutungsstörungen der Finger und Hände (Weißfinger-Syndrom) und Schäden am Muskel-Skelett-Aufbau der Unterarme.

Der Zusammenhang zwischen Überbeanspruchung durch Schwingungseinwirkungen und einer Gesundheitsgefährdung, insbesondere im Hinblick auf berufliche Belastungen, ist im Rahmen zahlreicher Forschungsarbeiten untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten haben Eingang in die internationale Normung zur Messung und Beurteilung von Schwingungsbelastung gefunden.

Die EU-Richtlinie 2002/44/EG formuliert Mindestanforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz für Beschäftigte, die arbeitsbedingten Gesundheitsrisiken durch Schwingungen ausgesetzt sind. Zur Beurteilung der Schwingungsbelastung durch Ganzkörper- und Hand-Arm-Schwingungen sind normgerechte Messungen mit geeigneten Messeinrichtungen erforderlich. Der Humanschwingungsanalysator Typ 4447 erfüllt diese Anforderungen.

Messtechnisch lässt sich das Problem auf klassische Weise betrachten: man hat eine Quelle, einen Übertragungsweg und einen Empfänger. Bei der Schwingungsquelle kann es sich um einen Prozess, eine Tätigkeit oder eine Maschine handeln. Im Idealfall sollten Schwingungsquellen vermieden oder zumindest minimiert werden, doch es ist nicht immer möglich, die Schwingungen an der Quelle auf ein akzeptables Niveau zu reduzieren. Als nächster Schritt muss versucht werden, die Schwingungen zu dämpfen, bevor sie in den menschlichen Körper oder das Hand-Arm-System eingeleitet werden. Eine Dämpfung wird durch Sitzkonstruktionen, Schutzhandschuhe oder andere dämpfende Systeme erreicht. Leider sind die Möglichkeiten der Schwingungsdämpfung ebenfalls begrenzt und die Bedienperson (der Empfänger) wird die Restschwingungen spüren.

Die Schwingungsemission einer bestimmten Maschine wird messtechnisch ermittelt und stellt ihren "Footprint" dar. Durch die Ausführung solcher Messungen nach einem standardisierten Verfahren lassen sich Maschinen miteinander vergleichen. Jedoch nur sehr selten werden Messungen unter wirklichen Einsatzbedingungen übereinstimmende Ergebnisse liefern: LKWs fahren auf schrägen Straßen, Flächen sind häufig uneben und können Frequenzen anregen, an denen das Werkzeug/die Maschine eine Resonanz hat, Werkzeuge verschleißen usw. Deshalb müssen Messungen unter Betriebsbedingungen ausgeführt werden. Dasselbe gilt für die Beurteilung der Schwingungsdämpfung eines Sitzes, die stark mit der Frequenz und der Anregungsstärke variiert und vom Gewicht und der Körperhaltung des Fahrers abhängt.

Deshalb können Emissionsmessungen verwendet werden, um einen ersten Eindruck und einen Anhaltspunkt für die zu erwartende Schwingungsbelastung zu erhalten. Die tatsächliche Belastung sollte jedoch durch Messung der Humanschwingungen am betreffenden Arbeitsplatz ermittelt werden, wobei die präzise Angabe der Expositionsdauer von großer Bedeutung ist.

1.3 Typ 4447

Der Humanschwingungsanalysator Typ 4447 ist ein handliches Messgerät, das speziell für Anwendungen im Gesundheits- und Arbeitsschutz konzipiert wurde. Es ist ein robustes und vielseitiges Gerät, das auch während der Arbeit getragen werden kann, um die Schwingungsbelastung während längerer Zeitabschnitte zu ermitteln.

Das Gerät zielt auf die Einhaltung der EU-Richtlinie 2002/44/EG ab und erfüllt die technischen Anforderungen von ISO 8041:2005 "Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung". Es ermöglicht Messungen in Übereinstimmung mit folgenden Normen:

- ISO 5349-1 Mechanische Schwingungen Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ISO 5349-2 Mechanische Schwingungen Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz
- ISO 2631–1 Mechanische Schwingungen und Stöße Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- EN 14253 Mechanische Schwingungen Messung und rechnerische Ermittlung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen am Arbeitsplatz im Hinblick auf seine Gesundheit

Um bestimmte Messaufgaben verschiedener Art ausführen zu können, kann der Typ 4447 in vier Konfigurationen bestellt werden (siehe Bestellinformationen in Kapitel 7 für Einzelheiten zu Gerätekomponenten und Konfigurationen). Abb. 1.1 zeigt die vollständige Bauteilliste.

Abb.1.1 Bauteilliste für Typ 4447^{*}



- 1) Humanschwingungsanalysator 4447 mit Trageriemen.
- 2) Montagezubehör.
- 3) Typ 4524-B-001 DeltaTron[®] Miniatur-Triaxialkabel mit 4-poligem LEMO-Anschluss.
- 4) BZ-5623 4447 Vibration Explorer Software.
- 5) USB-Schnittstellenkabel von USB A zu USB Mini-B.
- 6) Ladegerät.
- 7) Typ 4515-B-002 Sitzkissen mit Beschleunigungsaufnehmer Typ 4524-B und Befestigungsgurt für Sitzkissenaufnehmer.
- 8) Typ 4294 Schwingungskalibrator mit kleinem Befestigungs-Clip.*

Auf einem Farbdisplay werden die Geräteeinstellungen, die Messparameter und die ermittelten Messgrößen angezeigt. Zur Einstellung und Steuerung der Messungen sind lediglich vier Funktionstasten erforderlich, mit deren Funktionsweise man innerhalb kurzer Zeit vertraut ist (siehe Abb.1.2). Mit je zwei Funktionstasten auf beiden Seiten des Displays kann man Menüpunkte auswählen oder ändern, Auswahlpunkte bestätigen, Messkanäle wechseln oder zum vorigen Menü zurückkehren (siehe Tabelle 3.1).

^{*} KE-0455 Tragetasche gehört zum Lieferumfang (nicht abgebildet).

Abb. 1.2 Typ 4447 Humanschwingungsanalysator: 1) Display 2) 1-kanaliger Eingang 3) 3-kanaliger Eingang 4) Mini-B USB-Anschluss 5) Bedienfeld mit vier

5) Bedienield mit vier Funktionstasten



Das Messgerät besitzt zwei analoge Eingänge und einen digitalen Eingang/Ausgang. Die analogen Eingangsbuchsen sind 3-kanalig und 1-kanalig ausgelegt (siehe Abb. 1.2).

Die beiden analogen Eingänge sind an der Unterseite des Gerätes angebracht und verwenden unterschiedliche LEMO-Buchsen, um eine schnelle und zuverlässige Verbindung zu ermöglichen und ein Vertauschen der Achsrichtungen zu verhindern.

• Der 3-kanalige Eingang ist für die gleichzeitige Messung in drei orthogonalen Richtungen mit einem Triaxial-Aufnehmer vorgesehen

Der 3-kanalige Eingang (4-polige Buchse) ist für den Anschluss eines DeltaTron[®] Triaxial-Aufnehmers vorgesehen. Die empfohlene Empfindlichkeit beträgt 1,00 mV/(m/s²) für Hand-Arm-Schwingungen und 10,0 mV/(m/s²) für Ganzkörper-Schwingungen. Damit sind die meisten Anwendungen im Bereich der Humanschwingungen abgedeckt

• Der 1-kanalige Eingang ist für Messungen in einer Koordinatenrichtung mit einem einachsigen Beschleunigungsaufnehmer vorgesehen

Der 1-kanalige Eingang (2-polige Buchse) ist für den Anschluss eines Beschleunigungsaufnehmers zur Messung in einer Koordinatenrichtung vorgesehen. Mit einem einachsigen Aufnehmer kann Typ 4447 als 1-kanaliges Schwingungsmessgerät eingesetzt werden (z.B. zur Messung von Hand-Arm-Schwingungen bei bekannter, dominierender Wirkrichtung).

• Der 1-kanalige und der 3-kanalige Eingang können zusammen verwendet werden, um den SEAT-Faktor (Seat Effective Amplitude Transmissibility) zu bestimmen

Beide Eingänge sind mit einer CCLD Stromversorgung für DeltaTron-Aufnehmer ausgestattet. Die Versorgung lässt sich ein- und ausschalten.

Die Miniatur-B USB-Buchse (unten links am Gerät, Nr. 4 in Abb. 1.2) dient zwei Aufgaben:

- Aufladen des Akkus von Typ 4447
- Datenaustausch mit einem Computer

Mit einem Bügel auf der Geräterückseite kann das Gerät am Gürtel oder Hosenbund getragen werden.

1.4 Merkmale des Humanschwingungsanalysators Typ 4447

Die wichtigsten Merkmale des Messgerätes sind:

- Handlich und einfach zu handhaben
- Dreiachsige, einachsige oder "Dreiachsig+1"-Messungen
- Gleichzeitige Messung von:
 - Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (Sum. RMS)
 - Gleitender (momentaner) Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (Mom. RMS)
 - Höchster aufgetretender Wert des gleitenden Effektivwerts über eine Messperiode (*MTVV*, Maximum Transient Vibration Value)
 - Spitzenwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (Peak)
 - Schwingungsdosis (VDV, Vibration Dose Value)
- Bestimmung des SEAT-Faktors
- Kontinuierliche Berechnung den Schwingungsgesamtwertes aus den Schwingungskomponenten in den drei Achsrichtungen (VTV, Vibration Total Value) und bei Ganzkörper-Schwingungen Berechnung der Schwingungsdosis (VDV und VDV(8)_k)
- Nach Abschluss der Messung Berechnung und Speicherung der Tagesbelastung (Beurteilungsbeschleunigung) normiert auf die Beurteilungszeiten 1, 4 und 8 Stunden (*A*(1), *A*(4) und *A*(8))
- Ein durchgehender Messbereich von 1,0 mV bis 3,2 V. Das entspricht 1 m/s² bis 3200 m/s² f
 ür einen Hand-Arm-Aufnehmer mit 1 mV/(m/s²) und 0,1 m/s² bis 320 m/s² f
 ür einen Ganzkörper-Aufnehmer mit 10 mV/(m/s²)
- Für Hand-Arm-Messungen wird die Frequenzbewertung $W_{\rm h}$ verwendet
- Für Ganzkörper-Messungen wird die Frequenzbewertung W_d für die X- und Y-Achse und W_k für die Z-Achse verwendet
- Für Gebäudeschwingungen wird die Frequenzbewertung W_m verwendet
- RMS, MTVV, Peak und VDV werden in 1 s-Intervallen abgespeichert
- Speicherplatz für:

750 Messungen in drei Koordinatenrichtungen

ca. 4,7 Stunden Protokollierung in drei Koordinatenrichtungen (RMS, MTVV, Peak und VDV)

- Nach dem Abspeichern einer Messung stehen alle Messwerte zur Verfügung (außer dem gleitenden Effektivwert *Mom. RMS*)
- Übertragung der Messwerte über den USB-Anschluss an einen PC zur weiteren Auswertung

6

7

1.5 Speicher

Der interne Permanentspeicher des Messgerätes dient zum Speichern von Kalibrier- und Messergebnissen – es können bis zu 750 Messungen oder ca. 4,7 Stunden protokollierte Ergebnisse für drei Messrichtungen abgespeichert werden. Der Speicher des Gerätes kann Ergebnisse beider Messarten gleichzeitig enthalten. Dies bedeutet jedoch eine reduzierte Protokollierzeit und eine geringere Anzahl von Messungen.

1.6 Vibration Explorer Software

Die Vibration Explorer Software BZ-5623 wird mit Typ 4447 mitgeliefert und ermöglicht die Übertragung der Ergebnisse zur Weiterverarbeitung auf einem PC. Mit Vibration Explorer können Sie die Einwirkung von Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen auf Personen modellieren. Es lässt sich ein umfangreiches Modell erstellen, um die Belastung für die überprüfte Situation zu ermitteln. Außerdem können verschiedene Szenarien simuliert werden. Auf der Grundlage dieser Szenarien können Entscheidungsträger das Gesundheitsrisiko durch die Einwirkung von Hand-Arm- oder Ganzkörper-Schwingungen für den einzelnen Beschäftigten ermitteln. Sowohl die unbearbeiteten Messwerte als auch komplexe Expositionsberechnungen können für die Berichterstellung exportiert werden.

1.6.1 Merkmale der Vibration Explorer Software BZ-5623

Die wichtigsten Merkmale der Vibration Explorer Software BZ-5623 sind:

- Einfache Benutzeroberfläche
- Übertragung der Messergebnisse und protokollierten Daten vom Typ 4447
- Datenimport von vorhandenen Projekten
- Nachverarbeitung protokollierter Daten
- Flexible, umfangreiche Modellierung der Belastung durch Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen
- Farbcodierung der berechneten Belastungen
- Verwendung des Expositionspunkte-Systems
- Export von Mess- und protokollierten Daten sowie kompletten Expositionsmodellen in Textdateien und Excel[®]-Tabellen
- Anpassbare Excel[®]-Berichtvorlagen
- Aktualisierung der Firmware

Kapitel 2

Humanschwingungen: Theorie

Unter Humanschwingungen versteht man die Wirkungen von mechanischen Schwingungen auf den menschlichen Körper. Sie können sowohl positiv als auch negativ sein.

Schwingungen können erwünscht sein und als angenehm empfunden werden oder nützliche Rückmeldungen über laufende Vorgänge ergeben. Ebenso häufig jedoch sind sie unerwünscht, lästig, verursachen Stress, führen zu Panik und lösen physische Reaktionen wie Schwitzen, Schwindel und Erbrechen aus. Dies kann äußerst unangenehm sein und das Leben und den mentalen Zustand einer Person in hohem Maße beeinträchtigen. Doch die meisten Menschen werden solchen Schwingungen nur vorübergehend ausgesetzt und das physische Unbehagen verschwindet mit der Zeit, wenn die Schwingungseinwirkung aufgehört hat.

Leider können die physischen Auswirkungen von Schwingungen auf den menschlichen Körper auch permanent sein. Das Risiko bleibender Gesundheitsschäden ist besonders hoch bei Humanschwingungen an Arbeitplätzen mit beträchtlicher Schwingungsstärke, langen Einwirkzeiten, und wenn eine Schwingungsbelastung regelmäßig oder sogar täglich erfolgt. Typische Risikogruppen sind Fahrer von LKWs, Landwirtschaftsmaschinen, Bau- und Forstmaschinen, Piloten bestimmter Hubschraubertypen und Personen, die mit handgeführten Elektromaschinen oder -werkzeugen arbeiten und Werkstücke festhalten müssen. Bei der Arbeit kann der gesamte Körper oder Teile davon – insbesondere das Hand-Arm-System – zu hohen Schwingungen ausgesetzt werden.

Leider ist die Beziehung zwischen Schwingungsbelastung und Gesundheitsschädigung häufig nicht leicht zu erkennen. Schäden können sich über lange Zeit entwickeln und Beschwerden wie Schmerzen im Lendenbereich können auch durch andere Tätigkeiten, z.B. Heben schwerer Lasten, hervorgerufen werden. Eine Person kann nach einem Arbeitstag mit starker Schwingungsbelastung Gefühllosigkeit bemerken oder Ermüdung fühlen, aber anfangs treten diese Symptome nur zeitweilig auf und am nächsten Tag scheint alles in Ordnung zu sein. Jedoch wenn die Beschwerden erst chronisch geworden sind (wie kalte Finger, Lendenschmerzen, etc.), ist es häufig zu spät. Viele dieser Schäden sind irreversibel.

Es ist deshalb sehr wichtig, dass zu hohe Schwingungsbelastungen vermieden werden. In Europa wurde die Schwingungsrichtlinie (Richtlinie 2002/44/EG) verabschiedet, um Mindestnormen für die Bekämpfung der Risiken von Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen zu setzen. Die Richtlinie gibt Auslösewerte an, bei deren Überschreitung die Beschäftigten untersucht werden müssen, und Grenzwerte, die bei der Arbeit nicht überschritten werden dürfen.

Für Hand-Arm-Schwingungen gelten folgende Werte:

- Auslösewert für Tagesbelastung: 2,5 m/s²
- Grenzwert für Tagesbelastung: 5 m/s²

Für Ganzkörper-Schwingungen gelten folgende Werte:*

- Auslösewert für Tagesbelastung: 0,5 m/s² (oder, wenn ein EU-Mitgliedsstaat Dosisangaben vorzieht, eine Schwingungsdosis von 9,1 m/s^{1,75})
- Grenzwert für Tagesbelastung: 1,15 m/s² (oder, wenn ein EU-Mitgliedsstaat Dosisangaben vorzieht, eine Schwingungsdosis von von 21 m/s^{1,75})

Arbeitgeber sind verpflichtet, das Gesundheitsrisiko durch Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen zu ermitteln und zu beurteilen und dafür zu sorgen, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden. Wenn die Analyse ergibt, dass ein Gesundheitsrisiko besteht, sollten Arbeitgeber Maßnahmen einleiten, um die Schwingungseinwirkungen auf ein Minimum zu beschränken und die Entwicklung und das Fortschreiten von Schäden zu verhindern.

In der ersten Phase kann die Analyse auf Emissionswerten basieren, d.h. Angabe von Schwingbeschleunigungen, die bei der Bedienung eines bestimmten Werkzeugs, Fahrzeugs oder einer Maschine auftreten. Heute werden solche Angaben häufig von Maschinen- und Fahrzeugherstellern geliefert, sie sind jedoch auch in Datenbanken zu finden, die von unabhängigen Organisationen und Instituten gepflegt werden. Arbeitgeber müssen beachten, dass diese Daten mit Hilfe harmonisierter Codes ermittelt wurden. Die nach solchen Normen ermittelten Emissionsdaten sind in erster Linie dafür gedacht, dem Kunden den direkten Vergleich von ähnlichen Produkten zu ermöglichen. In der Praxis können die Emissionswerte unter wirklichen Einsatzbedingungen wesentlich höher liegen.

Dafür kann es verschiedene Gründe geben: Verschleiß, unebener Straßenbelag, der Betrieb von Fahrzeugen oder mobilen Maschinen auf geneigten Flächen und andere Faktoren, die sich beim täglichen Betrieb bemerkbar machen. Deshalb sind Messungen vor Ort dringend zu empfehlen, um zu bestätigen und zu überprüfen, dass die Verwendung des Werkzeugs oder der Maschine in diesem bestimmten Zusammenhang nicht zu stärkeren Schwingungen führt als vom Hersteller angegeben.

Ungeachtet, ob die Werte Datenbanken entnommen werden oder durch Schwingungsmessungen an Ort und Stelle ermittelt werden, ist es sehr wichtig, die präzisen Expositionszeiten an dem betreffenden Arbeitsplatz gründlich zu analysieren. Dies ist nicht nur für die Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung im konkreten Fall von Bedeutung, sondern auch um ausreichend präzise Daten zu erhalten, um Vorschläge zur Verminderung der Belastung und des Risikos machen zu können.

 In Deutschland gelten für Ganzkörper-Schwingungen: Auslösewert: A(8) = 0,5 m/s² Expositionsgrenzwert: für Z-Richtung: A(8) = 0,8 m/s² für X- und Y-Richtung: A(8) = 1,15 m/s²

2.1 Messparameter bei der Beurteilung der Schwingungseinwirkung auf Menschen

Um die Schwingungsbelastung einer Person zu ermitteln, müssen Sie Informationen über die Schwingungsstärke und die Dauer der verschiedenen Tätigkeiten sammeln, d.h. wie lange und wie oft die Person Schwingungen eines bestimmten Typs mit bestimmter Stärke ausgesetzt ist.

2.1.1 Schwingungsstärke

Die Stärke der Schwingungen lässt sich als Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg ausdrücken, die bei einem Schwingungsvorgang beobachtet werden. Alle drei sind sinnvoll, weil der menschliche Körper abhängig von der Frequenz der Bewegung auf sie reagiert, siehe Abb.2.1.

Abb.2.1 Die Antwort auf Schwingungen lässt sich in Form von Beschleunigung (links), Weg (Mitte) und Geschwindigkeit (rechts) ausdrücken



In vielen Normen, die mit der Messung von Humanschwingungen in Beziehung stehen, wird die Schwingbeschleunigung als Messgröße verwendet. Dies ist hauptsächlich deshalb zweckmäßig, weil der klassische Schwingungssensor ein Beschleunigungsaufnehmer ist, der ein Signal liefert, das der Beschleunigung proportional ist.

Im allgemeinen werden Signale von Beschleunigungsaufnehmern vor der Weiterverarbeitung gefiltert und frequenzbewertet. Die Filterung erfolgt, weil die Analyse nur diejenigen Frequenzen einbeziehen sollte, von denen man annimmt, dass sie für Hand-Arm- oder Ganzkörper-Schwingungen von Bedeutung sind. Die einbezogenen Frequenzen werden außerdem unterschiedlich bewertet. Die Bewertung berücksichtigt die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden durch Schwingungen bei unterschiedlichen Frequenzen. Deshalb können unterschiedliche Frequenzbewertungen verwendet werden, je nachdem, wo (z.B. Füße, Sitz, Rückenlehne, Handflächen) und in welcher Richtung (vor und zurück oder seitlich) die Messung erfolgt. Das 'menschliche' dynamische System reagiert nämlich darauf, wo und in welcher Richtung die Schwingungen in den Körper eingeleitet werden. Beispielsweise ist die Vor-und-zurück-Bewegung einer sitzenden Person wesentlich anders als die seitliche Hin- und Her-Bewegung derselben Person.

Die nachfolgende Analyse dient dazu, die Beschleunigung auf geeignete Weise in Zahlen auszudrücken. Normalerweise wird der zeitliche Mittelwert der bewerteten Beschleunigung – der frequenzbewertete Effektivwert (RMS) des Schwingungssignals – ermittelt und als Maß für die Schwingungen angegeben, denen eine Person ausgesetzt ist. In Verbindung mit Humanschwingungen ist dies ein Maß für die mittlere Schwingungsenergie, die in den menschlichen Körper eintritt, siehe Abb. 2.2.



Der Effektivwert ist gut zur Beschreibung von Vorgängen mit Dauer- und zeitweiligen Schwingungen geeignet, dagegen weniger für solche mit stoßartigem Charakter. Zu dieser Kategorie gehören Werkzeuge wie Bohrmaschinen, Kettensägen und Rüttelstampfer. Selbst Schlagschrauber lassen sich mit dem Schwingungs-Effektivwert gut beschreiben, auch wenn der einzelne Arbeitszyklus (Festziehen einer einzelnen Mutter oder eine Serie von Verschraubungen) nur wenige Sekunden dauert. Ganzkörper-Schwingungen wie beim Fahren von Bussen oder LKWs auf einer Standardstraße in gutem Zustand oder beim Sitzen in einem Zug oder anderen Schienenfahrzeugen lassen sich ebenfalls gut durch einen Effektivwert beschreiben.

Vorsicht ist jedoch bei der Untersuchung von Stößen und transienten Vorgängen (plötzlichen Änderungen der Beschleunigung) geboten – insbesondere, wenn es sich um Ganzkörper-Schwingungen handelt. Beispielsweise können Fahrzeuge auf unebener Fahrbahn oder Arbeitsmaschinen im Einsatz (z.B. Fällen und Verladen von Bäumen oder Zerkleinern von Beton) durchaus stoßartige Schwingungen erzeugen. In solchen Fällen würden Mittelungszeiten, die viel länger sind als die Ereignisdauer (z.B. Effektivwertmessung über die gesamte Arbeitszeit), den Kern des Problems nicht erfassen. Die Intensität (Stärke) eines einzigen Stoßes, weniger Stöße oder plötzliche Beschleunigungsänderungen können stärker sein als der menschliche Körper verkraften kann, doch bei Mittelwertbildung über eine lange Zeitdauer wird ihre Bedeutung nicht erfasst. Deshalb müssen wir die Gesamtenergie des Vorgangs und die Höchstwerte der Schwingungen betrachten, die beim Betrieb erreicht wurden.

Bessere Kenngrößen für solche Schwingungsszenarien sind die Schwingungsdosis (VDV), die eine kumulative Größe darstellt (Aufsummierung der Energie, anstatt einer Berechnung des Mittelwertes) und der höchste aufgetretene Wert des gleitenden Effektivwerts (MTVV) mit einer Integrationszeit von 1 s.

Abb.2.2

Da der MTVV auf einem kurzen Integrationsintervall beruht, gibt er die Höchstwerte der Schwingungen an, denen die Person ausgesetzt wird. Dieser Parameter ist besonders nützlich, wenn er in kurzen Intervallen (1 s) abgespeichert wird. Dann gibt der zeitliche Verlauf (Loggingprofil) rasch einen Überblick, ob ein hoher Schwingungswert ausnahmsweise, häufig oder dauernd auftrat.

Der Schwingungsdosiswert VDV ist gut geeignet, die Gesamtbelastung wiederzugeben: Er akkumuliert die auf eine Person einwirkende Schwingungsenergie und legt damit größeres Gewicht auf Spitzenwerte und/oder plötzliche Änderungen der Beschleunigung.

ISO 2631–1:1997 (Abschnitt 6.3.3) – "Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen" gibt eine Richtlinie dafür, welcher Wert (RMS, MTVV oder VDV) einen bestimmten Schwingungsverlauf am besten charakterisiert. (Weitere Informationen in Abschnitt 2.3: Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung: Ganzkörper-Schwingungen.)

2.1.2 Dauer

Für die korrekte Bewertung der Schwingungseinwirkung auf Menschen ist es entscheidend, die Dauer der Schwingungsbelastung und die Schwingungsstärke präzise zu bestimmen. Die Abschätzung der Dauer sollte auf einer detaillierten Beobachtung des Arbeitsablaufes basieren. Die Dauer der Tätigkeiten, die mit Schwingungsbelastung verbunden sind, kann mit Hilfe einer Stoppuhr oder Videoaufzeichnung ermittelt werden. Darüber hinaus sollten Befragungen der Beschäftigten vorgenommen werden.

Bei der Ermittlung der Expositionsdauer ist es wichtig, an die Vorgehensweise bei der Messung der Schwingungsstärke zu denken. Manche Tätigkeiten können stundenlang gleichartig verlaufen, wie z.B. die Bedienung eines Rüttelstampfers oder Fahren eines LKWs. Andere werden mit Unterbrechungen ausgeführt oder ändern nach kurzer Zeit ihren Charakter, z.B. Kettensägen, Gabelstapler etc. Schließlich dauert der Arbeitszyklus mancher Werkzeuge nur wenige Sekunden, z.B. bei Schlagschraubern. Allgemein sind zwei Vorgehensweisen möglich:

- Es wird nur gemessen, während die Person Schwingungen ausgesetzt ist. Jede Einzelmessung ergibt dann einen repräsentativen Wert für die Schwingungsstärke, die an einer bestimmten Maschine oder einem Fahrzeug in einem bestimmten Betriebszustand vorlag (z.B. Kettensäge im Leerlauf, Reinigung des Stammes, Schneiden kleinerer Äste und Stämme oder Schneiden eines dicken Stammes; oder ein LKW beim Fahren auf einer guten Fahrbahn, in der Stadt mit Stop-and-go, Buckeln oder auf unebenem Gelände in einer Kiesgrube). In diesen Fällen sollte die endgültige Analyse nur diejenigen Zeiträume einbeziehen, in denen der Beschäftigte tatsächlich Schwingungen von der Maschine, dem Werkstück oder Fahrzeug ausgesetzt ist
- Es wird eine Einzelmessung ausgeführt, die verschiedene Betriebsarten und Pausen sowie den Wechsel zwischen Werkstücken oder Werkzeugen einschließt. Solche Messungen ergeben einen repräsentativen Mittelwert über einen gesamten Arbeitstag oder einen komplexen Tätigkeitsverlauf. In die Expositionsanalyse geht dann die Gesamtmesszeit, einschließlich der tatsächlichen Schwingungsbelastung und der Pausen, ein

Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile. Wählt man die erste Methode, erfordert die Ermittlung der exakten Expositionszeiten eine detaillierte Arbeitsablaufstudie. Die Beschäftigten sollten befragt werden, um Informationen über die verschiedenen Tätigkeiten an einem

typischen Arbeitstag zu sammeln. Die Expositionsdauer muss jedoch auch durch direkte Beobachtungen bestätigt und überprüft werden, weil die Dauer von den Beschäftigten häufig überbewertet wird. Sie neigen dazu anzugeben, wie lange sie im Fahrzeug sitzen oder das Elektrowerkzeug in der Hand halten, anstatt wie lange sie tatsächlich Schwingungen ausgesetzt sind.

Verglichen damit ist die Bestimmung der Messdauer nach der zweiten Methode viel einfacher. Das Ergebnis enthält jedoch keine detaillierten Informationen darüber, in welchem Umfang eine bestimmte Tätigkeit, Maschine, Straßenbelag etc. für die Schwingungsbelastung verantwortlich ist. Die Einzelheiten verschwinden im Mittelwert und es ist unmöglich zu ermitteln und zu berechnen, an welcher Stelle sich eine Verbesserung (in Form reduzierten Risikos) erreichen lässt. Auch Ereignisse wie das Ablegen des Werkzeuges oder wenn sich der Fahrer von seinem Sitz erhebt, tragen merkbar zur aufgezeichneten Schwingungsstärke bei, obwohl diese Ereignisse nichts mit der Schwingungseinwirkung auf den Menschen zu tun haben.

2.2 Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung: Hand-Arm-Schwingungen

Vor der Durchführung von Hand-Arm-Schwingungsmessungen informieren Sie sich bitte in ISO 5349–2:2001. Sie finden auch Informationen in ISO 20643:2005 – "Handgehaltene und handgeführte Maschinen – Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission". Weitere Informationen sind in den Normenreihen ISO 8662 (demnächst durch die Reihe ISO 28927 ersetzt) und EN 60745 zu finden.

Unabhängig davon, welche Methode für Hand-Arm-Messungen gewählt wird, sollte die Gesamtmesszeit mindestens 1 Minute betragen. Außerdem sollten für jede Tätigkeit mindestens drei Messungen ausgeführt werden. Kürzere Messblöcke als 8 Sekunden sind zu vermeiden, weil sie tieffrequente Komponenten nicht korrekt erfassen.

Die Messung von Hand-Arm-Schwingungen wird an der Berührungsfläche zwischen Hand und Werkzeughandgriff ausgeführt, siehe Abb.2.3. Deshalb sollte das Messgerät im Vergleich zur Masse des Handgriffs oder des Werkstücks leicht sein. Es ist auch wichtig, dass der Aufnehmer möglichst steif angekoppelt wird. Wenn die Befestigung zu schwer oder zu federnd ist, wird die Messung durch örtliche Massen- und Federeffekte verfälscht.

15





Hinweis: Während die Ankopplungsstelle sich so dicht wie möglich an (oder direkt auf) der Berührungsfläche beim normalen Betrieb befinden sollte, darf kein Teil des Befestigungssystems und der Kabel die Betriebssicherheit der Maschine beeinträchtigen. Beispielsweise darf der Aufnehmer keine Ein/Aus-Schalter blockieren oder so angebracht werden, dass Kabel mit rotierenden Teilen in Berührung kommen können.

ISO 5349–1:2001 empfiehlt die Bestimmung des Effektivwerts der frequenzbewerteten Beschleunigung in drei Richtungen: Eine Achse in Richtung des Arms und die beiden anderen in der Ebene zwischen Hand und Handgriff. Als beste Lösung bietet sich ein triaxialer Miniaturaufnehmer an, der die Schwingungen in allen drei Richtungen am selben Punkt aufnimmt und nur wenige Gramm schwerer ist als ein einachsiger Aufnehmer.

Hinweis: Als Bezeichnung für Effektivwerte der Beschleunigung bei Humanschwingungen verwenden die ISO-Normen ein kleines '*a*'. In diesem Kapitel wird die ISO-Schreibweise verwendet, allerdings wird der Effektivwert der Beschleunigung beim Typ 4447 als '*RMS*' bezeichnet (siehe Kapitel 3 und Kapitel 4).

Der Frequenzbereich von 8–1000 Hz wird in die Analyse einbezogen. Die Frequenzbewertung W_h (siehe Abb.2.4) wird für alle drei Achsen verwendet, auch wenn die Anatomie und damit die Empfindlichkeit des Hand-Arm-Systems in Arm- und Querrichtung unterschiedlich ist.



Abb.2.4 Frequenzbewertung W_h für Hand-Arm-Schwingungen in allen Richtungen (auf der Basis von ISO 5349–1 bzw. ISO 8041)

Die drei frequenzbewerteten Beschleunigungskomponenten werden als a_{hwx} , a_{hwy} und a_{hwz} bezeichnet. Sie werden zum so genannten Schwingungsgesamtwert a_{hv} , der Wurzel aus der Summe der Quadrate der drei Komponenten, zusammengefasst:

$$a_{hv} = \sqrt{(k_x a_{hwx})^2 + (k_y a_{hwy})^2 + (k_z a_{hwz})^2}$$
Gl 2.1

Hinweis: Im Gegensatz zu Ganzkörper-Schwingungen werden bei der Berechnung der Wurzel aus der Summe der Quadrate für Hand-Arm-Schwingungen alle Achsen theoretisch mit demselben Bewertungsfaktor k=1,0 multipliziert. Normalerweise werden die Faktoren weggelassen, um die Gleichung zu vereinfachen.

Die Tages-Schwingungsbelastung A(8) wird aus diesem Schwingungsgesamtwert berechnet:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$
GI 2.2

Hierbei ist T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden und T_{exp} die geschätzte Zeit, in der die Bedienperson des Werkzeugs den Schwingungen ausgesetzt ist, oder die Gesamtdauer der Tätigkeit einschließlich Pausen (siehe Abschnitt 2.1). Wenn eine Person mehr als einer Schwingungsquelle ausgesetzt ist, muss für jede Tätigkeit '*i*' eine Teilbelastung $A_i(8)$ berechnet werden:

$$A_i(8) = a_{hv, i} \sqrt{\frac{T_{\exp,i}}{T_0}}$$
Gl 2.3

Die Teilbelastungen werden kombiniert, um die Tagesbelastung *A* für die betreffende Person zu erhalten.

$$A(8) = \sqrt{A_1^2(8) + A_2^2(8) + \dots + A_n^2(8)}$$
 GI 2.4

Um mit Typ 4447 die Schwingungsbelastung an einem Arbeitsplatz zu ermitteln, führen Sie zunächst alle notwendigen Messungen aus. Die Flexibilität des Typ 4447 gestattet es, die für die zu untersuchenden Arbeitsbedingungen am besten geeigneten Methoden zu verwenden. Sobald die Messwerte erfasst sind, werden sie in den Vibration Explorer eingegeben, miteinander kombiniert, jeder Tätigkeit wird eine Expositionszeit zugeordnet, und der Vibration Explorer berechnet daraufhin den Gesamtwert der Tagesbelastung. Wenn die Belastung sich außerhalb der zulässigen Grenzen befindet, können Sie mit der Vibration Explorer Software verschiedene Szenarien modellieren, die eine geringere Belastung bewirken würden. Anschließend werden die Daten exportiert und ein Bericht erstellt.

Typ 4447 kann auch verwendet werden, um die Schwingungsemission einer bestimmten Maschine zu ermitteln und in das zugehörige Produktdatenblatt einzutragen. In diesem Fall ist die Messung nach der jeweiligen Norm auszuführen. Häufig bedeutet dies, dass die Messungen mehrmals wiederholt werden und ihr Mittelwert dokumentiert wird. Der Vibration Explorer unterstützt auch diese Funktion.

2.3 Beurteilung der Tages-Schwingungsbelastung: Ganzkörper-Schwingungen

Die Wirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den menschlichen Körper sollte mit der in ISO 2631–1:1997 definierten Methode beurteilt werden. Ganzkörper-Schwingungen entstehen durch Bewegungen, die über Arbeitsmaschinen und Fahrzeuge durch eine Unterstützungsfläche auf den menschlichen Körper übertragen werden. Für die Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen erfolgt die Übertragung bei einer sitzenden Person über Gesäß und Füße und bei einer stehenden Person über die Füße.

Ganzkörper-Messungen sollten möglichst über die gesamte Expositionszeit erfolgen. Falls dies nicht möglich oder erforderlich ist, sollten die Messungen mindestens 20 Minuten dauern. Kurzzeitmessungen sollten, falls sie erforderlich sind, mindestens drei Minuten dauern und wiederholt werden, um eine Gesamtmesszeit von mehr als 20 Minuten zu erreichen. Eine Messdauer von mehr als 2 Stunden ist wünschenswert (manchmal sind Messungen über einen halben oder ganzen Arbeitstag möglich).

Bei der Beurteilung von Ganzkörper-Schwingungen sollte die Beschleunigung bei sitzenden Personen an der Sitzfläche und bei stehenden Personen unter den Füßen erfasst werden. Der Beschleunigungsaufnehmer sollte in einem Sitzkissen angebracht werden, das mit Klebeband oder einem Gurt am Sitz befestigt wird, um sicherzustellen, dass der Aufnehmer an der gewünschten Position bleibt, auch wenn sich der Fahrer oder Bediener der Maschine bewegt. Um korrekte Ergebnisse zu erhalten, muss das Sitzkissen jedoch während der Messung durch die Person belastet werden, die auf dem Kissen sitzt oder steht. Effektivwert (RMS), Spitzenwert (Peak), MTVV und VDV der frequenzbewerteten Beschleunigung sollten gleichzeitig in allen drei Richtungen gemessen werden, wobei die Z-Richtung immer die Körper-Hauptachse ist (bei Messungen an Füßen und Sitz senkrecht zur Sitz- und Bodenebene), die X-Richtung entspricht der Vor-und-zurück-Bewegung und die Y-Richtung der seitlichen Bewegung.



Orientierung der X-, Yund Z-Achse bei der Messung von Ganzkörper-Schwingungen



Im Gegensatz zur Beurteilung von Hand-Arm-Schwingungen werden für die X-, Y- und Z-Richtung unterschiedliche Bewertungen verwendet. In Verbindung mit der Beurteilung von Gesundheitsrisiken fordert ISO 2631–1:1997 für die Messung von Ganzkörper-Schwingungen an den Füßen und am Sitz die Verwendung von W_k in der Z-Richtung, während für die Beschleunigung in X- und Y-Richtung W_d verwendet wird, siehe Abb. 2.6 und Abb. 2.7.



Abb.2.6 Frequenzbewertung W_k für senkrechte Ganzkörper-Schwingungen, Z-Achse, sitzende, stehende oder liegende Person (basiert auf ISO 8041 und ISO 2631---1)

Abb.2.7 Frequenzbewertung W_d für waagerechte Ganzkörper-Schwingungen, X- oder Y-Achse, sitzende, stehende oder liegende Person (basiert auf ISO 8041 und ISO 2631–1)



Auf Basis der frequenzbewerteten Beschleunigungssignale wird die Tages-Schwingungsbelastung ermittelt, indem man die Belastung für die drei Achsrichtungen separat berechnet und dann den höchsten der drei Werte wählt. Dies erfordert einen weiteren Faktor, k_i , der auf die gemessenen Schwingungswerte anzuwenden ist. Für die X- und Y-Richtung beträgt der Faktor 1,4. Für die Z-Richtung beträgt der Faktor 1,0:

$$A_{x}(8) = a_{wx} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_{0}}}$$

$$A_{y}(8) = a_{wy} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_{0}}}$$

$$GI 2.5$$

$$A_{z}(8) = a_{wz} \cdot 1.0 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_{0}}}$$

Der größte dieser drei Werte wird dann als Tages-Schwingungsbelastung betrachtet:

$$A(8) = \max\{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\}$$
 Gl 2.6

Hinweis 1: Dies unterscheidet sich wesentlich von der Vorgehensweise bei der Ermittlung von Hand-Arm-Schwingungsbelastungen, bei der die drei Achsrichtungen zu einem Schwingungsgesamtwert kombiniert wurden. Gemäß ISO 2631–1:1997, Abschnitt 6.5, kann jedoch ein Schwingungsgesamtwert verwendet werden, wenn keine dominierende Schwingungsachse vorhanden ist. Der Schwingungsgesamtwert für Ganzkörperschwingungen wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$a_{v} = \sqrt{k_{x}^{2} a_{wx}^{2} + k_{y}^{2} a_{wy}^{2} + k_{z}^{2} a_{wz}^{2}}$$
GI 2.7

Hinweis 2: Beachten Sie die k-Faktoren in der Wurzel aus der Summe der Quadrate.

Hinweis 3: In manchen Ländern werden für verschiedene Achsen verschiedene Grenzwerte angegeben. Deshalb kann das Paradox eintreten, dass die Achse mit der höchsten Belastung nicht kritisch ist, während für eine andere Achse mit niedrigerer Belastung der Grenzwert überschritten wird. Ein Bericht, der auf der Achsrichtung mit dem höchsten Wert basiert, zeigt dann kein Risiko an, auch wenn der Grenzwert für eine andere Achsrichtung überschritten ist.

Wenn ein Beschäftigter mehr als einer Schwingungsquelle ausgesetzt ist, muss zunächst für jede Achsrichtung 'j' und jede Tätigkeit 'i' die Teilbelastung $A_{j,i}(8)$ berechnet werden:

$$A_{x,i}(8) = a_{wx,i} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_{y,i}(8) = a_{wy,i} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$GI 2.8$$

$$A_{z,i}(8) = a_{wz,i} \cdot 1.0 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

Die Teilbelastungen werden dann für jede der drei Achsen separat addiert und die Tages-Schwingungsbelastung ergibt sich als die größte dieser drei Summen:

$$A_{x}(8) = \sqrt{A_{x,1}^{2}(8) + A_{x,2}^{2}(8) + \dots + A_{x,n}^{2}(8)} A_{y}(8) = \sqrt{A_{y,1}^{2}(8) + A_{y,2}^{2}(8) + \dots + A_{y,n}^{2}(8)} A_{z}(8) = \sqrt{A_{z,1}^{2}(8) + A_{z,2}^{2}(8) + \dots + A_{z,n}^{2}(8)}$$

Die Tages-Schwingungsbelastung A(8) ist brauchbar, wenn die Schwingungen eher gleichmäßig, ohne Stöße oder andere plötzliche Änderungen oder Spitzen der Beschleunigung verlaufen. Wenn jedoch z.B. beim Fahren über unebene Böden wie auf Baustellen und in Kiesgruben stoßähnliche Ereignisse vorkommen, ist die Beurteilung auf Basis von Effektivwerten nicht mehr geeignet.

Die Schwingungsdosis mit der vierten Potenz (*VDV*) wurde entwickelt, um solche Ereignisse zu berücksichtigen. Im Unterschied zum Effektivwert ist der gemessene *VDV*-Wert ein kumulativer Wert, der mit der Messzeit wächst. Bei *VDV*-Angaben ist es deshalb wichtig zu wissen, über welchen Zeitraum der Wert gemessen wurde. Die vierte Potenz bedeutet außerdem, dass Transienten und Spitzenwerte bei der Integration größeres Gewicht erhalten.

Wenn die Messzeit kürzer ist als die geschätzte Expositionszeit, muss der gemessene VDV-Wert auf die tatsächliche Expositionszeit extrapoliert werden:

$$VDV_{\exp,x} = VDV_x \cdot 1.4 \left(\frac{T_{\exp}}{T_{\max}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,y} = VDV_y \cdot 1.4 \left(\frac{T_{\exp}}{T_{\max}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,z} = VDV_z \cdot 1.0 \left(\frac{T_{\exp}}{T_{\max}}\right)^{1/4}$$
GI 2.10

Hierbei ist T_{meas} die Messzeit und T_{exp} die erwartete Gesamtexpositionszeit. Beachten Sie wiederum die k-Faktoren (1.4, 1.4 und 1.0). Wenn eine Person mehr als einer Schwingungsquelle ausgesetzt ist, muss der *VDV*-Gesamtwert aus den Teil-Dosiswerten für die einzelnen Achsen berechnet werden:

$$VDV_{x} = \left(VDV_{x,1}^{4} + VDV_{x,2}^{4} + \dots + VDV_{x,n}^{4}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{y} = \left(VDV_{y,1}^{4} + VDV_{y,2}^{4} + \dots + VDV_{y,n}^{4}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{z} = \left(VDV_{z,1}^{4} + VDV_{z,2}^{4} + \dots + VDV_{z,n}^{4}\right)^{1/4}$$

$$Tages(VDV)$$

$$GI 2.11$$

 $= \max\{VDV_x, VDV_y, VDV_z\}$

Der höchste der drei einzelnen VDV-Werte ergibt den Tagesdosiswert der Ganzkörper-Schwingungen.

Eine weitere nützliche Größe bei der Untersuchung von Humanschwingungen mit Transienten ist der gleitende Effektivwert. Er hat eine kurze Integrationszeit von 1 s und ist deshalb gut geeignet, die Stärke von kurzen Ereignissen anzugeben. Der so genannte MTVV-Wert repräsentiert den höchsten aufgetretenden Wert des gleitenden Effektivwerts über eine Messperiode.

ISO 2631–1:1997 enthält einige Hinweise, wann es empfehlenswert ist, anstatt des Effektivwertes der Schwingbeschleunigung a_w den Dosiswert *VDV*, den gleitenden Effektivwert und MTVV zu verwenden:

- Anhang B.3.2: Wenn $CF = \frac{Peak}{RMS} > 9$, sollte *VDV* zusätzlich zu RMS erwogen werden
- Abschnitt 6.3:

Wenn
$$\frac{MTVV}{RMS}$$
 > 1.5, sollte MTVV zusätzlich zu RMS erwogen werden
Wenn $\frac{MTVV}{RMS \cdot T^{1/4}}$ > 1.75, sollte *VDV* zusätzlich zu RMS erwogen werden

Wenn eine dieser Bedingungen zutrifft, zeigt dies an, dass in der Schwingungshistorie Spitzenwerte aufgetreten sind, die wesentlich über dem durchschnittlichen Schwingungspegel lagen.

Hinweis: Das Verhältnis aus Spitzenwert und Effektivwert der Schwingbeschleunigung, der Scheitelfaktor (Crest Factor CF) wird als recht unsicheres Kriterium betrachtet, weil der Spitzenwert zu einem anderen Zeitpunkt aufgetreten sein kann – Minuten bis Stunden vor oder nach dem Schwingungsereignis, das den Effektivwert bestimmt hat.^{*} Im Zweifelsfall sind die beiden anderen Kriterien vorzuziehen.

2.4 Das Expositionspunkte-System

Messtechniker und andere Fachleute, die regelmäßig Schwingungsmessungen ausführen, entwickeln ein gutes Gespür für Messgrößen wie die Tages-Gesamtbelastung (A(8)) oder VDV. Für den Laien jedoch werden Belastungen, ausgedrückt in Einheiten wie m/s² und m/s^{1.75} in der Regel schwer verständlich sein. Dies kann die Entscheidungsfindung auf der Basis solcher Größen unnötig erschweren.

Um die Entscheidungsfindung zu erleichtern, wurde eine einfacheres intuitives Verfahren eingeführt, um die Tages-Schwingungsbelastung A(8) anzugeben: Expositionspunkte. Dem Benutzer oder Entscheidungsträger bietet die Angabe der Belastung nach dem Punktsystem zwei Vorteile:

^{*} Die beste Beurteilung wird auf der Basis eines detaillierten Loggingprofils erreicht.

- Das Punktsystem vermeidet Maßeinheiten: Die kritische Schwingungsstärke für Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen ist unterschiedlich (das Hand-Arm-System kann stärkere Schwingungen vertragen). Demgegenüber ist das Expositionspunkte-System so definiert, dass in beiden Fällen (Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen) mit 100 Punkten der Auslösewert erreicht wird.
- 2) Wenn die Belastung in Punkten ausgedrückt wird, werden keine komplizierten Potenzgesetze benötigt: Die Expositionspunkte werden einfach addiert. Wenn eine Person mehreren Schwingungsquellen ausgesetzt ist, ist die Gesamtzahl der Expositionspunkte einfach die Summe der Expositionspunkte für die Quellen. Dies bedeutet auch, dass sich bei doppelter Einwirkungsdauer einfach doppelt so viele Expositionspunkte ergeben.

Für Hand-Arm-Schwingungen werden Expositionspunkte für die Beiträge aller drei Achsrichtungen folgendermaßen berechnet (Schwingungsgesamtwert, siehe Gleichung 2.1):

$$P_E = \left(\frac{a_{hv}}{2.5 \text{ m/s}^2}\right)^2 \frac{T_{exp}}{T_0} 100$$
 GI 2.13

Hierbei ist a_{hv} der Schwingungsgesamtwert (RMS VTV, siehe Gleichung 2.1), T_{exp} die Expositionszeit in Stunden und T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden. Beachten Sie, dass die Schwingbeschleunigung von 2,5 m/s² dem Auslösewert für Hand-Arm-Schwingungen entspricht. Als Folge davon erfolgt die Umrechnung zwischen A(8) und P_E dergestalt, dass eine Belastung gleich dem Auslösewert (2,5 m/s² A(8)) 100 Punkte ergibt und eine Belastung gleich dem Grenzwert (5 m/s² A(8)) 400 Punkte.

Es ist auch die direkte Umrechnung zwischen A(8) und P_E möglich:

$$P_E = A(8)^2 \frac{100}{(2.5 \text{ m/s}^2)^2}$$
Gl 2.14

Für Ganzkörper-Schwingungen werden Expositionspunkte für die drei Achsrichtungen getrennt berechnet:

$$P_{E,j} = \left(\frac{k_j a_{wj}}{0.5 \text{ m/s}^2}\right)^2 \frac{T_{\text{exp}}}{T_0} 100$$
GI 2.15

Hierbei ist k_j der Bewertungsfaktor für die X-, Y- bzw. Z-Achse; a_{wj} ist die Schwingbeschleunigung (Effektivwert) in Richtung der X-, Y- oder Z-Achse; T_{exp} ist die Expositionszeit in Stunden und T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden. Beachten Sie, dass die Schwingbeschleunigung von 0,5 m/s² dem Auslösewert für Ganzkörper-Schwingungen entspricht. Auch bei Ganzkörper-Schwingungen erfolgt die Umrechnung zwischen A(8) und P_E dergestalt, dass der Auslösewert von 0,5 m/s² 100 Punkten entspricht. Der Grenzwert von 1,15 m/s² entspricht jedoch 529 Punkten.

Die direkte Umrechnung zwischen A(8) und P_E erfolgt folgendermaßen:

$$P_E = A(8)^2 \frac{100}{(0.5 \text{ m/s}^2)^2}$$
GI 2.16

2.5 Bestimmung des SEAT-Faktors (Seat Effective Amplitude Transmissibility)

Im Gegensatz zu den in Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3 beschriebenen Messungen ergibt die Bestimmung des SEAT-Faktors (Seat Effective Amplitude Transmissibility) keine direkten Informationen über die Schwingungsbelastung. Stattdesssen wird hiermit ermittelt, wie gut die Sitzkonstruktion in der Lage ist, die Schwingungen in einem Fahrzeug zu dämpfen, d.h. den Fahrer vor zu starken Vibrationen zu beschützen.

Deshalb wird die Schwingungsstärke an zwei Positionen gemessen:

- 1) Auf der Sitzschale.
- 2) Auf dem Boden des Fahrzeugs direkt unter dem Sitz.

Die Messung an diesen beiden Punkten erfolgt gleichzeitig und der SEAT-Faktor wird als das Verhältnis dieser beiden Werte berechnet. Für den SEAT-Faktor kann der frequenzbewertete Schwingungs-Effektivwert (a_w) oder die Schwingungsdosis *VDV* verwendet werden. Anstelle des Quotienten (SEAT-Faktor) kann man auch das Ergebnis mit 100 multiplizieren, um eine Angabe in Prozent zu erhalten.

Ob RMS oder *VDV* verwendet wird, hängt von der Schwingungscharakteristik ab. Bei einem eher gleichmäßigen Schwingungsverlauf ist der Schwingungs-Effektivwert vorzuziehen. Falls die Schwingungen jedoch Transienten und Stöße enthalten, sollte der SEAT-Faktor auf der Basis von *VDV* berechnet werden.

$$SEAT_{RMS} = \frac{a_{w, \text{ seat}}}{a_{w, \text{ floor}}}$$

$$SEAT_{VDV} = \frac{VDV_{\text{seat}}}{VDV_{\text{floor}}}$$
GI 2.17

 $SEAT\% = SEAT \times 100$

Bei einem komfortablen Sitz wird der *SEAT*-Faktor kleiner als 1 sein oder in Prozent ausgedrückt, *SEAT*% kleiner als 100%. Wenn der Wert diese Grenzen überschreitet, verstärkt der Sitz die Vibrationen und vermindert damit den Sitzkomfort.

Hinweis: In Verbindung mit der Beurteilung von Gesundheitsrisiken wird für die Bestimmung des SEAT-Faktors dieselbe Frequenzbewertung wie bei der Messung von Ganzkörper-Schwingungen verwendet, siehe Abschnitt 2.3.

Bei der Beurteilung der Dämpfungseigenschaften eines Sitzes ist es wichtig zu beachten, dass Sitz und Fahrer als ein System betrachtet werden müssen. Der Fahrer belastet den Sitz und damit die Federung des Sitzes mit seiner Masse und beeinflusst das Resonanzverhalten. Ferner bewirkt die Sitz-Fahrer-Kombination je nach der eingenommenen Körperhaltung ein mehr oder weniger steifes System (die Schwingungen sind unterschiedlich, je nachdem, ob der Fahrer entspannt sitzt oder die Füße fest auf den Boden stützt). Deshalb kann je nach Körperbau und Haltung des Fahrers das Leistungsverhalten von Sitzen sehr verschieden sein. Als Folge davon sollten mehrere Messungen mit verschiedenen Fahrern und Körperhaltungen ausgeführt werden, um ein vollständiges Bild zu erhalten.

Normen für die Bestimmung von SEAT-Faktoren im Labor definieren, welche Massen zu verwenden sind, geben Sitzjustierungen und detaillierte Vorgehensweisen z.B. für die Sitzheizung etc. Hierfür ist der Typ 4447 jedoch nicht vorgesehen. Sein Anwendungsbereich umfasst die Beurteilung von SEAT-Faktoren unter wirklichen Arbeitsbedingungen. Trotzdem können und sollten SEAT-Beurteilungsnormen konsultiert werden, da sie nützliche Hinweise enthalten.

Ein zusätzlicher Vorteil der SEAT-Faktorbestimmung mit Typ 4447 ist die Möglichkeit, zwei Messaufgaben gleichzeitig auszuführen. SEAT-Faktorbestimmung und die Messung von Ganzkörper-Schwingungen für sitzende Personen lassen sich mit einer Messanordnung ausführen. Durch Testserien mit verschiedenen Fahrern wird auch die Forderung erfüllt, bei kürzerer Messdauer mehrere Messungen durchzuführen.

Kapitel 3

Erste Schritte mit dem Typ 4447

Dieses Kapitel beschreibt ausführlich, wie Typ 4447 aufgeladen und auf die Messung vorbereitet wird. Außerdem werden das Display, die Kalibrierung und die Durchführung von Messungen sowie die Datenübertragung erläutert.

3.1 Batterie

Vor dem ersten Einsatz des Messgerätes sollte ein Ladezyklus von mindestens sechs Stunden vorgesehen werden, damit für die Messungen die volle Batteriekapazität zur Verfügung steht. Eine längere Ladezeit ist für die Batterie unschädlich.

Die Stromversorgung des Typ 4447 erfolgt durch einen im Gerät eingebauten Lithium-Ionen-Akku. Wenn Typ 4447 eingeschaltet ist, wird der Ladezustand der Batterie in der oberen rechten Ecke des Displays durch das Symbol mit einem grünem Feld angezeigt, siehe Abb.3.1. Weitere Einzelheiten finden Sie unter Punkt 3 der Liste auf Seite 43.

Abb.3.1 Anzeige des Batteriezustands beim Aufladen



Das Aufladen der Batterie erfolgt über den USB-Anschluss. Der Ladevorgang beginnt, sobald das Messgerät über das USB-Kabel AO-1476 mit dem Batterieladegerät ZG-0459 oder einem PC verbunden wird.

Mit dem Ladegerät ZG-0459 erfolgt das Aufladen wesentlich schneller als über die USB-Buchse des PCs. Beim Aufladen (mit dem Ladegerät) sollte Typ 4447 ausgeschaltet sein, da damit der Wirkungsgrad des Ladezyklus verbessert wird.

Hinweis 1: Der Ladevorgang während einer laufenden Messung kann das Messergebnis beeinflussen und ist deshalb nicht zu empfehlen.

Bei voll aufgeladener Batterie erscheint auf dem Display des Messgerätes ein Batteriesymbol (siehe Abb.3.2). Wie oben erwähnt, sollte der erste Ladezyklus mindestens 6 Stunden dauern. Eine längere Ladezeit ist für die Batterie unschädlich. Die normale Ladezeit sollte bei völlig entladener Batterie (d.h. nachdem das Messgerät sich selbst abgeschaltet hat) ca. 4 Stunden betragen. Wenn die Batterie nicht vollständig entladen ist, sollte die Ladezeit mindestens 3 Stunden betragen, um volles Aufladen zu gewährleisten.

Abb.3.2 Anzeigesymbol bei voll geladener Batterie



Wenn die Batteriekapazität auf 3 % abgesunken ist, erscheint ein Warnhinweis *Batterie* schwach, der Sie darauf aufmerksam macht, die aktuellen Messwerte zu speichern und die Batterie wieder aufzuladen. Um einen Datenverlust wegen zu geringer Batteriekapazität zu vermeiden, speichert das Gerät die aktuellen Daten, bevor die automatische Abschaltung erfolgt.

3.2 Grundlegende Bedienfunktionen

3.2.1 Funktionstasten

Die Einstellungen des Gerätes und die Messungen werden mit vier Funktionstasten gesteuert (siehe Abb.3.3). Sie sind paarweise neben dem Bildschirm angeordnet: zwei Pfeiltasten auf der linken und zwei weitere Funktionstasten auf der rechten Seite des Displays. Die Funktionen dieser Tasten sind in Tabelle 3.1 erklärt.

Abb.3.3 Die Funktionstasten des Typ 4447



Taste	Funktion	
(~)	 Diese Multifunktionstaste hat folgende Funktionen: Das Messgerät wird eingeschaltet, indem Sie diese Taste länger als drei Sekunden gedrückt halten. Eingabe eines ausgewählten Parameters oder Änderung der Geräteeinstellung Zum Anhalten einer laufenden Messung Taste länger als 3 Sekunden gedrückt halten. Wird die Taste länger als 10 Sekunden gedrückt gehalten, erfolgt ein System-Reset. Wenden Sie diese Funktion an, wenn das Messgerät auf Eingaben nicht reagiert. 	
(×)	 Diese Funktionstaste hat folgende Funktionen: Zurück zum vorangegangenen Menü Unterbrechung (Pause während einer laufenden Messung) Zurücksetzen einer Messung durch zweimaliges Drücken der Taste innerhalb einer Sekunde (bei Protokollierung nicht möglich) 	
(▲)	Mit dieser Taste bewegen Sie die Auswahlposition aufwärts und markieren dadurch die Auswahlpositionen auf dem Display	
(▼)	Mit dieser Taste bewegen Sie die Auswahlposition abwärts und markieren dadurch die Auswahlpositionen auf dem Display	

Tabelle 3.1 Funktionstasten des Messgerätes

Einschalten von Typ 4447

Halten Sie die Taste [] länger als 3 Sekunden gedrückt. Typ 4447 wird eingeschaltet und durchläuft eine kurze Startphase. Nach wenigen Sekunden ist das Messgerät betriebsbereit.

Navigation in Typ 4447

Typ 4447 besitzt ein farbiges Punktmatrix-Display. Es informiert über Messeinstellungen, den Mess-Status, den ausgewählten Eingangskanal, den Batterie-Füllstand und die Ergebnisse der laufenden Messung.

Nach dem Einschalten geht Typ 4447 zum **Hauptmenü**. Mit **Kallen** können Sie zwischen den Menüpunkten wechseln, mit **Kallen** ein Untermenü wählen oder eine Auswahl/Einstellung/ Änderung bestätigen und mit **Kallen** ein Untermenü verlassen oder vorgenommene Änderungen verwerfen.

Einige Menüs von Typ 4447 sind umlaufend. Wenn der letzte Menüpunkt auf dem Display markiert ist und Sie 💽 drücken, wird wieder der erste Menüpunkt markiert. Ist umgekehrt der erste Menüpunkt markiert und Sie drücken 💽, wird der letzte Menüpunkt ausgewählt. Manche Menüebenen enthalten mehr Menüpunkte als auf dem Display angezeigt werden können. In diesem Fall wird durch Drücken von 💽 bzw. 💽 eine weitere Seite mit den restlichen Menüpunkten geöffnet. Wenn das Ende oder der Anfang dieser neuen Seite erreicht wird, erscheint wieder die urspüngliche Menüseite und der erste bzw. letzte Menüpunkt auf dieser Seite ist markiert.

Ausschalten des Typ 4447

Um den 4447 auszuschalten, wird im **Hauptmenü** mit Ausschalten gewählt. Sie bestätigen dies mit oder drücken (), um abzubrechen und zum Hauptmenü zurückzukehren.

Typ 4447 schaltet sich automatisch aus, wenn 15 Minuten lang keine Eingaben erfolgen, sofern in dieser Zeit keine Messaufzeichnung läuft. Wenn während einer Messaufzeichnung die Batterieleistung zu schwach wird, speichert das Messgerät die aktuellen Messergebnisse, bevor die automatische Abschaltung erfolgt.

3.3 Grundeinstellungen: Maßeinheiten, Datum und Uhrzeit

Typ 4447 wird mit einer Standardeinstellung für Datum und Uhrzeit sowie für die Maßeinheit auf dem Display (m/s^2) geliefert. Nachfolgend ist beschrieben, wie Sie die Standardeinstellungen ändern können.

3.3.1 Einstellen der Maßeinheit

Als Standardeinstellung verwendet Typ 4447 metrische Einheiten (m/s² und m/s^{1,75}). Messergebnisse lassen sich jedoch in in 'g und gs^{0.25}, oder 'dB ref 1µm/s²' anzeigen.

Hinweis: Für die Beschreibungen in diesem Handbuch wird als Standard-Maßeinheit m/s² verwendet.

Ändern der Maßeinheit

- 1) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und dann Einheiten.
- Wählen Sie mit () die gewünschte Maßeinheit aus und bestätigen Sie die Auswahl mit ().

Abb.3.4 Auswahl der Maßeinheit

Einheiten	
● m/s2	
Оg	
O dB re.1um/s	S ²
× Y Z	09:32:45

3) Nach der Bestätigung springt die Anzeige zum Menü Einstellungen zurück.

3.3.2 Datum und Uhrzeit einstellen

1) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und dann Zeit einstellen.
Hinweis: Sie finden "Zeit einstellen" auf der zweiten Seite des Einstellungen-Menüs.

2) Stellen Sie mit A die Zeit ein und bestätigen Sie die einzelnen Einstellungen (Stunde, Minuten, Sekunden, Tag, Monat und Jahr) mit .

3) Nach der Bestätigung des Jahres springt die Anzeige zum Menü Einstellungen zurück.

3.4 Eingangseinstellungen

3.4.1 Auswählen, Anschließen und Entfernen von Beschleunigungsaufnehmern

Die mit dem Typ 4447 mitgelieferten Beschleunigungsaufnehmer wurden speziell für Humanschwingungsmessungen ausgewählt, wie sie mit dem Typ 4447 ausgeführt werden.

Es folgen einige Hinweise zur Auswahl des Beschleunigungsaufnehmers:

- Für die Messung von Ganzkörper-Schwingungen an einer sitzenden oder stehenden Person ist das Sitzkissen aus Gummi Typ 4515-B-002 mit dem Beschleunigungsaufnehmer Typ 4524-B zu verwenden
- Für Hand-Arm-Messungen ist der Triaxialaufnehmer Typ 4520-B-001 in der Regel eine gute Wahl. Für Messungen an Elektrowerkzeugen, die sehr hohe Beschleunigungen an der Hand verursachen, sollte jedoch stattdessen Typ 4520-004 verwendet werden. Typ 4520-004 wurde speziell für die Messung hoher Beschleunigungen entwickelt und kann mit einem mechanischen Filter (WA-0224) verwendet werden, der hochfrequente Komponenten entfernt. Diese Frequenzen liegen oberhalb des Frequenzbereiches, der in Verbindung mit Hand-Arm-Schwingungen als relevant betrachtet wird. Wenn sie herausgefiltert werden, enthält das Signal weniger Spitzen und es werden Übersteuerungen vermieden
- Für die Messung von Gebäudeschwingungen (Komfort) ist ein hochempfindlicher Triaxialaufnehmer zu verwenden (wird mit dem entsprechenden Paket geliefert)

Zum Anschluss von Triaxialaufnehmern ist das Kabel AO-0694-D-012 zu verwenden. Der LEMO-Stecker dieses Kabels passt in die linke 4-polige Buchse des Typ 4447. Die Microdot-Kabelbuchse wird an den Aufnehmer angeschlossen, siehe Abb.3.5.



Abb.3.5 Anschluss eines Triaxialaufnehmers (Typ 4520-B-001) an den Typ 4447

Außer diesen Triaxialaufnehmern unterstützt Typ 4447 auch einachsige Beschleunigungsaufnehmer. Diese können verwendet werden, wenn nur Schwingungen in einer Richtung von Bedeutung sind, oder aber für Schwingungsmessungen auf dem Fahrzeugboden zusätzlich zur Messung mit dem Sitzkissen bei der Bestimmung des SEAT-Faktors (siehe Kapitel 2 und 4).

Der einachsige Aufnehmer wird mit dem Kabel AO-0695-D-025 an den Typ 4447 angeschlossen. Der LEMO-Stecker dieses Kabels passt in die rechte zweipolige Buchse des Typ 4447. Die Microdot-Kabelbuchse wird an den Aufnehmer angeschlossen, siehe Abb. 3.6.



Abb.3.6 Anschluss eines einachsigen Aufnehmers an Typ 4447

Achtung: Zum Lösen des LEMO-Steckers von der Buchse darf nur an der Rändelhülse gezogen werden, siehe Abb.3.7. Versuchen Sie nicht den Anschluss zu drehen oder durch Ziehen am Kabel die Verbindung zu lösen, da das Anschlusskabel hierdurch beschädigt wird.

Abb.3.7 Entfernen des LEMO-Steckers mit Hilfe der Rändelhülse



3.4.2 Einstellen der Eingangskanäle nach Versorgung und Typ

Der nächste Schritt besteht im Einstellen der Eingangskanäle, d.h. ob Typ 4447 Eingangssignale in drei Achsrichtungen, in einer Achsrichtung oder beides gleichzeitig (Dreiachsig +1) messen soll. Typ 4447 unterstützt piezoelektrische Aufnehmer vom Ladungstyp sowie DeltaTron[®]-Aufnehmer (piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer mit eingebautem Vorverstärker) – deshalb muss angegeben werden, ob für den Aufnehmer eine Spannungsversorgung aktiviert werden soll oder nicht.

Einstellen des Eingangssignals für Aufnehmerversorgung

Bei allen zum Typ 4447 mitgelieferten Beschleunigungsaufnehmern handelt es sich um DeltaTron-Aufnehmer. Wenn einer dieser Aufnehmer verwendet wird, muss am 4447 die Aufnehmerversorgung aktiviert werden:

- 1) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und anschließend Sensorspeis.
- Wählen Sie mit Ale Einstellung CCLD EIN (siehe Abb.3.8) und bestätigen Sie die Auswahl mit C. Dies bringt Sie zum Einstellungen-Menü zurück.



Die Einstellung *CCLD EIN* bedeutet, dass für den Aufnehmer an der Eingangsbuchse ein Versorgungsstrom anliegt. Die Einstellung wird für die Messung mit DeltaTron Beschleunigungsaufnehmern oder beim Einsatz eines Ladungs-Spannungswandlers Typ 2647 benötigt. Wenn *CCLD AUS* gewählt ist, steht an der Eingangsbuchse keine Stromversorgung zur Verfügung. Verwenden Sie diese Einstellung nur dann, wenn ein Beschleunigungsaufnehmer direkt angeschlossen werden soll, dessen Messprinzip eine externe Spannung liefert.

Einstellen des Eingangssignals für die Aufnehmerversorgung

Neben der Wahl der Versorgung muss am Typ 4447 eingestellt werden, ob ein Triaxialaufnehmer, ein einachsiger Beschleunigungsaufnehmer oder beide gleichzeitig verwendet werden sollen. Folgendermaßen wird die Art des Aufnehmers gewählt:

- 1) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und anschließend Aufnehmer.
- 2) Wählen Sie mit (()/() zwischen drei Optionen:
 - Dreiachsig
 - Einachsig
 - Dreiachsig +1

und bestätigen Sie die Auswahl mit [].

Hinweis 1: Wie in Abschnitt 3.5 erläutert, enthält Typ 4447 eine Datenbank mit Kalibrierdaten für 5 Triaxial- und 5 einachsige Aufnehmer. Die Triaxialaufnehmer werden unter Nr. 1-5 gespeichert, wobei Nr. 5 für einen Aufnehmer mit sehr hoher Empfindlichkeit reserviert ist. Einachsige Aufnehmer werden unter Nr. 6-10 gespeichert, wobei Nr. 10 für einen Aufnehmer mit sehr hoher Empfindlichkeit reserviert ist (weitere Informationen siehe Abschnitt 3.5).

3.5 Kalibrierung und Aufnehmerdatenbank

Vor und nach einer Mess-Serie sollte eine Kalibrierung mit dem Schwingungskalibrator Typ 4294 von Brüel & Kjær durchgeführt werden. Auch wenn keine Kalibrierung vor und nach jeder Messreihe gefordert wird, sollte das System zumindest vor jeder Messung überprüft werden, um den einwandfreien Betrieb zu gewährleisten. Sie finden das **Kalibriermenü** im **Hauptmenü**. Es enthält die Untermenüs *Wähle Aufn.* und *Kalib. Aufn.*, die nachfolgend beschrieben werden.

Typ 4447 enthält eine kleine Datenbank, in der Kalibrierdaten für fünf triaxiale und fünf einachsige Beschleunigungsaufnehmer gespeichert werden können. Triaxialaufnehmer werden unter Nr. 1-5 gespeichert, einachsige Aufnehmer unter Nr. 6-10.

Nr. 5 und 10 sind für hochempfindliche Beschleunigungsaufnehmer reserviert, die vorrangig für Gebäudeschwingungen vorgesehen sind. Aufgrund ihrer vergleichsweise großen Masse (bis zu 200 g) erfordern diese Aufnehmer eine andere Version des Schwingungskalibrators, Typ 4294-002 (unterscheidet sich vom Kalibrator für Miniaturaufnehmer), der einen geringeren Anregungspegel erzeugt. Typ 4447 berücksichtigt dies automatisch, wenn Aufnehmer Nr. 5 oder 10 in der Datenbank kalibriert wird.

Wenn eine Messung mit der Option *Dreiachsig* +1 ausgeführt wird, können Triaxial- und einachsiger Aufnehmer nur paarweise ausgewählt werden, nach dem Schema 1+6, 2+7 usw. Dies sollte man beachten, wenn man Kalibrierdaten für Triaxial- und einachsige Aufnehmer in der Datenbank speichert und ihnen eine Nummer zuordnet.

Kalibrierung und Aufnehmerauswahl erfolgen im Kalibriermenü (siehe Abb.3.9), das über das Hauptmenü zu erreichen ist.

🔲 Kalibrierer	ר 🗖
Waehle Aufn	l.
Kalib. Aufn.	
× <u>v</u> 2	09:32:45

Kalibrierdaten können entweder manuell in die Datenbank eingegeben werden oder indem eine Kalibrierung der Messkette ausgeführt wird, wobei der Beschleunigungsaufnehmer direkt an Typ 4447 angeschlossen ist. Sobald die aktuellen Kalibrierdaten in der Datenbank gespeichert

Abb.3.9 Kalibriermenü sind, stehen sie zur Auswahl bereit. Durch Auswahl des Untermenüs *Kalib. Aufn.* gelangen Sie zur Anzeige **Kalib. Art** (siehe Abschnitt 3.5.1).

3.5.1 Kalibrierung des Beschleunigungsaufnehmers

Im Untermenü Kalib. Aufn./Kalib. Art können Sie zwischen zwei Arten der Kalibrierung wählen: *Kalibrator* und *Manuell*, siehe Abb.3.10.



Kalibrierung mit Kalibrator

Viele Normen fordern eine Kalibrierung vor und nach jeder Mess-Serie:

- Zum Kalibrieren der Miniaturaufnehmer Typ 4524-B (Sitzkissenaufnehmer) und Typ 4524-B-001 (Hand-Arm-Schwingungen) ist der Schwingungskalibrator Typ 4294 von Brüel & Kjær zu verwenden. Der Aufnehmer für hohe Beschleunigungen Typ 4520-004 kann jedoch nicht mit dem Schwingungskalibrator Typ 4294 kalibriert werden, da der erzeugte Kalibrierpegel nicht ausreicht
- Um den schwereren Beschleunigungsaufnehmer für Gebäudeschwingungen zu kalibrieren, ist der Schwingungskalibrator Typ 4294-002 von Brüel & Kjær zu verwenden

Hinweis: Während der Kalibrierung werden Frequenzbewertungsfilter automatisch abgeschaltet.

Vor Beginn der Kalibrierung:

- 1) Verbinden Sie den Beschleunigungsaufnehmer mit dem Typ 4447, siehe Abschnitt 3.4.1.
- 2) Sorgen Sie dafür, dass der Aufnehmertyp (dreiachsig, einachsig, "dreiachsig +1" und Aufnehmerversorgung) korrekt eingestellt ist.

Hinweis 1: Der Sitzkissenaufnehmer muss zur Kalibrierung aus dem Sitzkissen entfernt und vom Adapter abgenommen werden. Verwenden Sie den mitgelieferten Schraubenzieher, um die Montageplatte zu entfernen. Vorsicht beim Lösen der Kabelanschlüsse!

Hinweis 2: Wenn als Aufnehmertyp "Dreiachsig +1" gewählt ist, lassen sich mit Typ 4447 beide Aufnehmer (triaxial und einachsig) in einem Kalibrierablauf kalibrieren.

Nach der Kalibrierung des Sitzkissenaufnehmers bringen Sie den Aufnehmer wieder am Clip der Montageplatte an und sorgen für die richtige Orientierung wie am Aufkleber angegeben. Die Seite mit dem Logo zeigt nach oben. Schließen Sie sorgfältig das Kabel wieder an und bauen Sie das Sitzkissen wieder zusammen

Kalibrierung eines Triaxialaufnehmers

Um die Kalibrierung von Triaxialaufnehmern zu vereinfachen, bietet Typ 4447 eine interaktive Kalibriersequenz, die Sie durch die Kalibrierung der X-, Y- und Z-Achse führt. Sie können jedoch auch wählen, eine bestimmte Achsrichtung zu kalibrieren.

Für die Kalibrierung eines Triaxialaufnehmers mit Hilfe der automatischen Kalibriersequenz (nach Schritt 1) ist nach den Kalibrierschritten in Abb.3.11 vorzugehen):

 Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, Aufnehmer und Dreiachsig, kehren Sie dann zum Hauptmenü zurück und wählen Sie Kalibration, Kalib. Aufn. und schließlich Kalibrator.





- 2) Wählen Sie auf dem Display mit (A)/(A), welcher Beschleunigungsaufnehmer kalibriert werden soll. Beim Durchblättern der Datenbank zeigt Typ 4447 die aktuellen Kalibrierdaten, die für diesen Aufnehmer gespeichert wurden. Drücken Sie (A), um den gewünschten Aufnehmer auszuwählen.
- 3) Mit (()/() wählen Sie Alle und drücken (). Damit beginnt der interaktive Vorgang.
- Sie werden als erstes aufgefordert, die X-Richtung mit einem Kalibriersignal von 10 m/s² bei einer Frequenz von 159,2Hz anzuregen.

Hinweis: Wenn der gewählte Aufnehmer einer der ersten vier ist, muss der Kalibrator Typ 4294 verwendet werden und Typ 4447 erwartet einen Anregungspegel von 10 m/s^2 . Wenn jedoch Aufnehmer Nr. 5 kalibriert werden soll, muss der Kalibrator Typ 4294-002 verwendet werden und Typ 4447 erwartet einen Anregungspegel von 3,16 m/s².

 Montieren Sie den Beschleunigungsaufnehmer auf dem Kalibrieradapter DV-0459 (oder auf der Klebkopfschraube DB-0756 mit Bienenwachs) in Richtung der X-Achse, siehe Abb.3.12.



6) Sobald der Aufnehmer montiert ist, starten Sie den Kalibrator und betätigen die Marken Taste am Typ 4447. Nach ca. 12 Sekunden ist die Kalibrierung abgeschlossen und die Empfindlichkeit dieser Achsrichtung wird angezeigt. Vergleichen Sie diesen Wert mit dem im Datenblatt des Beschleunigungsaufnehmers angegebenen Übertragungsfaktor und speichern Sie den Wert durch Betätigen der Marken.

Hinweis: Das Kalibriersignal muss während der gesamten Kalibrierung (12 s) stabil anstehen – bei Schwankungen wird eine Fehlermeldung angezeigt: *Signalpegel unstabil*. Wenn dies der Fall ist, drücken Sie *(())*, um die Meldung zu schließen und wiederholen Schritt 6. Zu einem unstabilen Signal kann es kommen, wenn der Kalibrator ausgeschaltet wurde, bevor die 12 Sekunden vergangen sind, oder wenn der Aufnehmer sich gelöst hat, d.h. nicht richtig befestigt war.

7) Nach der Kalibrierung einer Achsrichtung ändern Sie die Orientierung des Beschleunigungsaufnehmers, so dass die nächste Richtung angeregt wird. Wenn der Kalibrator ausgeschaltet wurde, schalten Sie ihn wieder ein und wiederholen Schritt 6 für die verbleibenden Achsrichtungen.

Wenn die Empfindlichkeit der letzten Achsrichtung akzeptiert worden ist, kehrt der Typ 4447 zum **Hauptmenü** zurück. Jetzt sind die neuen Kalibrierdaten gespeichert und der soeben kalibrierte Aufnehmer wird zum Standard-Aufnehmer. Das heißt, dieser Beschleunigungsaufnehmer wird automatisch für eine Messaufgabe ausgewählt.

Hinweis: Während der Kalibrierung wird die Empfindlichkeit auf zwei Dezimalen gerundet angezeigt. Die in der Datenbank gespeicherten Kalibrierdaten sind präziser.

Wenn nur eine bestimmte Achsrichtung eines Triaxialaufnehmers kalibriert werden soll:

- 1) Folgen Sie den Schritten 1) und 2) (siehe oben). In Schritt 3) wählen Sie anstelle von *Alle* die zu kalibrierende Achsrichtung.
- 2) Anschließend folgen Sie Schritt 4) bis 6) für die gewählte Achse.

Wenn die Kalibrierung/Empfindlichkeit akzeptiert wird, speichert Typ 4447 die Daten für diese Achse und kehrt zum **Hauptmenü** zurück.

Hinweis: Standard-Kalibrierwert für alle Beschleunigungsaufnehmer ist 0mV/ms⁻². Der Aufnehmer kann nicht für Messungen verwendet werden, bevor alle drei Achsrichtungen zum ersten Mal kalibriert worden sind. Solange nur eine oder zwei Achsrichtungen kalibriert sind, wird der Aufnehmer noch nicht ausgewählt. Sobald jedoch die dritte Achsrichtung kalibriert worden ist, wird der Aufnehmer durch Kalibrieren einer beliebigen Achse zum ausgewählten Standard-Aufnehmer.

Kalibrierung eines dreiachsigen und eines einachsigen Beschleunigungsaufnehmers (Dreiachsig +1)

Wenn *Dreiachsig* +1 gewählt wurde (im **Hauptmenü** das Untermenü **Einstellungen**, **Aufnehmer** und *Dreiachsig* +1 wählen), gestattet Typ 4447 die Kalibrierung des triaxialen und einachsigen Beschleunigungsaufnehmers in einer einzigen Kalibriersequenz. Die Vorgehensweise bei der Kalibrierung entspricht derjenigen für den Triaxialaufnehmer. Sie können alle Achsrichtungen in einem Ablauf kalibrieren oder nur eine ausgewählte Achsrichtung.

Manuelle Kalibrierung

Ohne Kalibrator ist auch eine manuelle Kalibrierung mit Hilfe der Funktionstasten möglich. Bei der manuellen Kalibrierung braucht der Aufnehmer nicht angeschlossen zu sein. Manuelle Kalibrierung erfordert, dass die Empfindlichkeit des Beschleunigungsaufnehmers bekannt ist. Sie kann dem Kalibrierzeugnis des einzelnen Aufnehmers entnommen werden.

- 1) Sorgen Sie dafür, dass der korrekte Aufnehmertyp ausgewählt ist (im **Hauptmenü** das Untermenü **Einstellungen**, **Aufnehmer** und *Dreiachsig*, *Einachsig* oder *Dreiachsig* +1 wählen).
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Kalibrierung, Kalib. Aufn. und anschließend Manuell.
- 3) Jetzt werden Sie aufgefordert, den Aufnehmer (das Aufnehmerpaar) auszuwählen, dessen Empfindlichkeit Sie einstellen wollen. Wählen Sie mit (), welcher Aufnehmer kalibriert werden soll, und drücken Sie ().
- 4) Der Cursor springt an die erste Stelle der Empfindlichkeitsangabe für die erste Achsrichtung des gewählten Aufnehmers. Stellen Sie den Wert mit
- 5) Drücken Sie [], um zur nächsten Ziffer zu gelangen. Wenn Sie zurückgehen müssen, drücken Sie [].
- 6) Wiederholen Sie die Schritte 4) und 5) für alle Ziffern einer Zeile. Sobald die letzte Ziffer einer Achse eingestellt ist, springt der Cursor in die nächste Zeile.
- 7) Wenn der Wert für die letzte Achse eingestellt ist, kehrt Typ 4447 zum Hauptmenü zurück.

Jetzt sind die neuen Kalibrierdaten gespeichert und der soeben kalibrierte Aufnehmer bzw. das Aufnehmerpaar wird zum Standard-Aufnehmer. Das heißt, der gewünschte Beschleunigungsaufnehmer bzw. das Aufnehmerpaar wird automatisch für die Messaufgabe ausgewählt.

3.5.2 Auswahl eines Beschleunigungsaufnehmers in der Datenbank

Beim Typ 4447 werden die Kalibrierdaten von bis zu fünf dreiachsigen (Nr. 1 bis 5) und fünf einachsigen Beschleunigungsaufnehmern (Nr. 6 bis 10) in einer kleinen Datenbank gespeichert. Wenn Sie einen anderen Aufnehmer an Typ 4447 anschließen, dessen Kalibrierdaten bereits im Messgerät gespeichert sind, brauchen Sie nur die Daten dieses Aufnehmers in der Datenbank auszuwählen.

Um die Empfindlichkeit eines Beschleunigungsaufnehmers aufzurufen und diesen Aufnehmer auszuwählen:

- 1) Sorgen Sie dafür, dass der korrekte Aufnehmertyp ausgewählt ist (im **Hauptmenü** das Untermenü **Einstellungen**, **Aufnehmer** und *Dreiachsig*, *Einachsig* oder *Dreiachsig* +1 wählen).
- 2) Wählen Sie im Hauptmenü Kalibrierung/Wähle Aufn. Sie werden jetzt aufgefordert, einen Aufnehmer oder ein Aufnehmerpaar aus der Datenbank zu wählen: Nr. 1-5 für einen Triaxialaufnehmer, Nr. 6-10 für einen einachsigen Aufnehmer und 1+6 bis 5+10, wenn die Option "Dreiachsig +1" gewählt wurde.
- 3) Wählen Sie den Beschleunigungsaufnehmer mit (() und bestätigen Sie mit ().

Typ 4447 kehrt dann zum Hauptmenü zurück.

3.6 Auswahl der Bewertung/Anwendung

Je nachdem, ob der 4447 zur Messung von Hand-Arm-, Ganzkörper- oder Gebäudeschwingungen eingesetzt wird, muss er korrekt einstellt werden, indem das Bewertungsfilter für die betreffende Anwendung ausgewählt wird:

- **Ganzkörper:** Um in Übereinstimmung mit ISO 2631–1:1997 zu messen, werden die Eingangssignale in Richtung der X- und Y-Achse mit der Bewertungskurve W_d bewertet und in Z-Richtung mit der Bewertung W_k (siehe Abb.3.13 und Abb.3.14)
- Hand-Arm: Um in Übereinstimmung mit ISO 5349–1:2001 zu messen, wird auf die Eingangssignale aller Messkanäle die Frequenzbewertung W_h angewendet (siehe Abb.3.15)
- Gebäudeschwingungen: Um in Übereinstimmung mit ISO 2631–2:2003 zu messen, wird auf die Eingangssignale aller Messkanäle die Frequenzbewertung W_m angewendet (siehe Abb. 3.16)

Abb.3.13 Frequenzbewertung W_d für horizontale Ganzkörper-Schwingungen, X- oder Y-Achse, sitzende, stehende oder liegende Person (basiert auf ISO 8041 und ISO 2631–1)



Abb.3.14 Frequenzbewertung W_k für vertikale Ganzkörper-Schwingungen, Z-Achse, sitzende, stehende oder liegende Person (basiert auf ISO 8041 und ISO 2631---1)





Abb.3.15 Frequenzbewertung W_h für Hand-Arm-Schwingungen in allen Richtungen (auf der Basis von ISO 8041 und ISO 5349–1)

Abb.3.16 Frequenzbewertung W_m für Gebäudeschwingungen in allen Richtungen (auf der Basis von ISO 8041 und ISO 5349–1)



Typ 4447 bietet alle Filter in bandbegrenzter Form. Diese Filter verwenden dieselben Eckfrequenzen wie die Bewertungen für Ganzkörper-, Hand-Arm- bzw. Gebäudeschwingungen. Innerhalb des Durchlassbereiches wird jedoch keine weitere Bewertung angewendet, d.h. die

Filter haben im Durchlassbereich einen flachen Frequenzgang. Der nominelle Frequenzbereich der Bandbegrenzungsfilter beträgt 8–1000 Hz für Hand-Arm-Schwingungen, 0,5–80 Hz für Ganzkörper-Schwingungen und 1–80 Hz für Gebäudeschwingungen.

Beim Umschalten zu einem anderen Filter wählt der Typ 4447 automatisch *k*-Faktoren, die der relevanten Norm entsprechen, siehe Kapitel 2:

- Ganzkörper-Bewertung: $k_x = 1,4, k_y = 1,4$ und $k_z = 1,0$
- Hand-Arm- und Gebäudeschwingungs-Bewertung: Alle drei *k*-Faktoren werden auf 1,0 gesetzt

Die k-Faktoren werden angezeigt, wenn die Frequenzbewertung gewählt wird.

3.7 Protokollierung

Mit Typ 4447 können Messungen aller Art in der Messbetriebsart "normal" oder "protokolliert" ausgeführt werden. Bei Protokollierung speichert Typ 4447 zusätzlich zur normalen Messung den *RMS-*, *Peak-*, *MTVV-* und *VDV-*Wert für jede Achsrichtung in 1 s-Intervallen ab. Innerhalb des Intervalls wird für *RMS* lineare Mittelung verwendet. Ein abgespeicherter Pegel-Zeitverlauf (Profil) ergibt ein detaillierteres Bild der Schwingungsbelastung im Laufe der Messung und eröffnet weitere Möglichkeiten bei der Nachverarbeitung.

Um protokollierte Messungen auszuführen:

- 1) Bereiten Sie den Typ 4447 vor wie in Abschnitt 3.1 bis Abschnitt 3.6 beschrieben.
- 2) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und dann Zeitverlauf. Das Zeitverlauf Menü zeigt die verbleibende Speicherkapazität in Stunden und Minuten an. Sie können zwischen "Speichern" und "Nicht speichern" der protokollierten Daten wählen.
- 3) Wählen Sie mit Speichern und drücken Sie , um die Auswahl zu bestätigen.

Wenn Sie jetzt eine Messung starten, führt Typ 4447 die Einzelmessung aus und speichert zusätzlich die Schwingungsdaten ab.

Während der Messung wird oben links in der Ecke anstelle eines grünen Pfeils in roter Punkt angezeigt.

Hinweis: Wenn während einer Protokollierung der Speicher voll wird, stoppt die Messung. Die Messwerte werden gespeichert und es wird *Protok.Sp.voll* angezeigt, bis Sie eine beliebige Taste drücken.

3.8 Das Display

Während der Messungen zeigt das Display des Typ 4447 Informationen zu den Einstellungen, den Mess-Status, den ausgewählten Eingangskanal, den Batterie-Füllstand und die Ergebnisse der laufenden Messung. Abb.3.17 zeigt ein Beispiel für eine Anzeige während der Messung. Anschließend werden die einzelnen Anzeigefelder erläutert.



- Statusanzeige zur Messung: Eine laufende Messung wird mit dem Symbol sekennzeichnet (beim Protokollieren durch einen roten Punkt ersetzt), eine Messung im Pausenzustand mit dem Symbol und eine gestoppte Messung mit dem Symbol .
- Bewertungsfeld: Dieses Feld zeigt die Frequenzbewertung/Messart, die vor der Messung im Menü Einstellungen/Bewertung ausgewählt werden muss. Dies kann sein:
 - **Ganzkörper:** Die Eingangssignale werden mit den genormten Ganzkörper-Bewertungsfunktionen W_d und W_k bewertet (siehe Abb. 3.13 und Abb. 3.14)
 - Hand-Arm: Die Eingangssignale werden mit der genormten Hand-Arm-Bewertungsfunktion $W_{\rm h}$ bewertet (siehe Abb.3.15)
 - Gebäudeschwingungen: Die Eingangssignale werden mit der genormten Gebäudeschwingungs-Bewertungsfunktion W_m bewertet

Wenn das Bewertungsfeld mit einem schwarzen Hintergrund angezeigt wird, wird die Standardbewertung verwendet. Wenn der Hintergrund gelb ist, werden die bandbegrenzten Versionen der Filter verwendet. In diesem Fall wird das Signal mit der Bandbreite der normierten Bewertungsfilter für Hand-Arm-, Ganzkörper- bzw. Gebäudeschwingungen gefiltert, doch innerhalb des Durchlassbereiches ist der Filterfrequenzgang flach.

Hinweis: Die Bandbegrenzungsfilter wurden der Einfachheit halber eingeführt. Messungen nach ISO 5349 und ISO 2631 sollten jedoch stets mit der vollständigen Bewertung erfolgen. Als Erinnerung werden mit einem bandbegrenzten Filter erfasste Daten auf dem Display des Typ 4447 und in der zugehörigen PC-Software Vibration Explorer stets mit einem gelben Hintergrund gekennzeichnet.

3) **Batteriesymbol:** Zeigt die aktuelle Batterie-Kapazität an. Die grüne Farbe (voll aufgeladen) wird zu Orange , wenn die Restkapazität auf ca. 40% abgesunken ist, und Rot (wenn nur noch 20% zur Verfügung stehen. Hat die Batterie nur noch eine Kapazität von 3%, erscheint die Anzeige *Batterie schwach*. Schlagen Sie zur Betriebsdauer der Batterie bitte in Kapitel 7 nach.

Während des Ladevorgangs zeigt das Symbol eine grüne Linie, die sich vor und zurück bewegt. Am Buchstaben C neben dem Batteriesymbol ist zu erkennen, dass der

Ladevorgang mit einem Netzladegerät erfolgt, siehe Abb.3.1. Wenn der Typ 4447 mit einem PC verbunden ist, wird anfangs anstelle von C der Buchstabe U angezeigt, worauf die gesamte Anzeigefläche durch ein großes USB-Symbol ausgefüllt wird.

Beachten Sie bitte, dass der Ladevorgang über den PC weniger effektiv ist und daher längere Zeit in Anspruch nimmt.

4) **Maßinheit:** Die angezeigte Maßeinheit entspricht dem eingestellten Messparameter, z.B. m/s^2 für *RMS* und *Peak* oder $m/s^{1,75}$ für *VDV* und *VDV(8)_k*.

Hinweis: Wenn Position Nr. 5 oder 10 gewählt ist, ändert sich die Einheit in mm/s^2 oder $mm/s^{1,75}$.

- 5) **Zeitanzeige:** Wenn keine Messung stattfindet, wird die aktuelle Uhrzeit in Stunden, Minuten und Sekunden angezeigt. Während der Messung wird die verstrichene Messzeit in Minuten und Sekunden angezeigt.
- 6) **Statusanzeige:** Der Status der Eingangskanäle wird am unteren Bildschirmrand angezeigt. Je nach dem gewählten Aufnehmer erscheinen zwei oder drei Statusfelder.

Wenn "Dreiachsig" gewählt ist, werden drei Felder gezeigt (ein Feld pro Achse).

Wenn "Dreiachsig +1" gewählt ist, werden zwei Felder gezeigt (links – Status der einzelnen Achse (AUX); rechts – Triaxial-Status (XYZ)). Falls ein Problem vorliegt (z.B. Stabilisierung, Untersteuerung, Übersteuerung oder Kabelbruch), das einen der drei Kanäle betrifft, wird das Problem im Triaxial-Statusfeld angezeigt, d.h. Sie werden auf das Problem hingewiesen, aber es wird nicht angegeben, in welchem Eingangskanal das Problem auftrat.

Wenn "Einachsig" gewählt ist, werden zwei Felder angezeigt, aber nur das linke Statusfeld (*AUX*) verwendet – das rechte Statusfeld (*XYZ*) wird angezeigt, ist jedoch nicht aktiviert.

Es werden vier Farbcodes verwendet: violett, grün, rot und gelb:

- Violett: Das Messgerät stabilisert sich nach einer Änderung im Setup
- **Grün:** Es ist alles in Ordnung. Wenn **CCLD** auf *CCLD Aus* eingestellt ist, wird der Spannungseingang verwendet und durch den Buchstaben V angezeigt
- Rot: Es liegt ein Fehler vor. Der Buchstabe *O* zeigt an, dass eine Übersteuerung vorliegt. Wenn CCLD auf *CCLD On* eingestellt ist, können auch die Buchstaben *B* oder *S* angezeigt werden: *B* bedeutet, dass der Messkreis unterbrochen ist, *S* bedeutet, dass der Messkreis kurzgeschlossen ist und beide zeigen Fehler am Beschleunigungsaufnehmer oder der Kabelverbindung zum Messgerät an
- Gelb: Warnung. U bedeutet, dass der Messkanal untersteuert ist und zeigt an, dass das Mess-Signal unter der Untergrenze des linearen Arbeitsbereichs liegt erscheint nur bei laufender Messung
- 7) Achse: Messrichtung.
- 8) **Bildschirm:** Im mittleren Teil des Displays werden die Zahlenwerte der gewählten Messgrößen angezeigt (siehe Kapitel 4).
- 9) Massparameter-Feld: Während der Messung kann zwischen der Anzeige folgender Parameter gewechselt werden:
 - Mom. RMS & MTVV und Sum. RMS & Peak für Hand-Arm-Messungen

- Mom. RMS & MTVV, Sum. RMS & Peak, und Sum. VDV & VDV(8)_k f
 ür Ganzkörperund Geb
 äudeschwingungs-Messungen in den gew
 ählten Ma
 ßeinheiten
- Bei der Bestimmung des SEAT-Faktors wird eine zusätzliche Seite angezeigt. Diese zusätzliche Seite zeigt *Sum. RMS* und *VDV(8)*_k für den Aux-Kanal und die Z-Richtung für das Sitzkissen sowie den *SEAT*-Faktor

3.9 Steuerung des Messvorgangs

3.9.1 Starten der Messung

Um eine Messung zu starten, wählen Sie im **Hauptmenü** mit den Funtkionstasten (A)/(V) das Untermenü **Messung Start** und bestätigen die Auswahl mit (V).

Hinweis: Falls Sie vor der Messung Bewertungsfilter oder Aufnehmer gewechselt haben, dauert es einige Sekunden, bis die Filter sich stabilisiert haben. Anschließend startet die Messung und auf dem Display wird jetzt die verstrichene Messzeit angezeigt.

3.9.2 Messvorgang auf dem Display verfolgen

Bei laufender Messung scrollen Sie mit den Pfeiltasten \mathbb{N}/\mathbb{N} über das Display und beobachten die verschiedenen Messparameter. Die angezeigten Messparameter sind von der gewählten Bewertung abhängig: entweder *Hand-Arm* oder *Ganzkörper* sowie von der Auswahl des Aufnehmers: *Dreiachsig* oder *Einachsig*. Schwingungsdosis *VDV* und 8-Stunden-Schwingungsdosis *VDV(8)*_k stehen nur bei Ganzkörper-Bewertung *Ganzkörper* zur Verfügung.

Hinweis: Alle Messwerte für *RMS*, *MTVV* und *VDV* für die verschiedenen Achsrichtungen werden **ohne** Multiplikation mit den k-Faktoren angezeigt und gespeichert. Bei *VTV*, A(1), A(4), A(8) und $VDV(8)_k$ werden die verschiedenen Achsrichtungen mit den jeweiligen k-Faktoren multipliziert. Weitere Einzelheiten zu den k-Faktoren siehe Kapitel 2.

3.9.3 Pausieren der Messung

Eine laufende Schwingungsmessung kann jederzeit unterbrochen werden. Zum Pausieren der Messung drücken Sie [Scherigen Anzeige der verstrichenen Messzeit *Verstrichene Zeit* wird angehalten und die bisherigen Messwerte können durch Scrollen auf dem Display angezeigt werden. Drücken Sie [Scherigen um die Messung fortzusetzen oder drücken Sie [Scherigen 3 Sekunden lang, um die Messung zu beenden.

3.9.4 Beenden der Messung

Beenden Sie die Messung, indem Sie 3 Sekunden lang [] drücken. Wenn eine Messung gestoppt wird, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Drücken Sie (), um die Messergebnisse zu speichern
- Drücken Sie 🚫, um die Messergebnisse zu verwerfen

Hinweis: Protokollierte Messwerte bleiben stets erhalten, unabhängig davon, ob Sie 🚫 oder 🕼 drücken.

3.9.5 Neustarten einer Messung

Eine Messung (Hand-Arm oder Ganzkörper) kann jederzeit neu gestartet werden; die Messung braucht dazu nicht angehalten zu werden. Um eine Messung neu zu starten, drücken Sie sweimal innerhalb einer Sekunde. Die Messwerte auf dem Display werden auf 0.000 zurückgesetzt, die Zeit auf 00:00:00. Wenn eine Übersteuerungsanzeige *Übersteuerung* vorlag, wird auch diese zurückgesetzt. Unmittelbar nach dem Zurücksetzen beginnt eine neue Messung ohne Verzögerung.

Hinweis: Bei protokollierten Messungen ist kein Neustart möglich.

3.10 Verwaltung der Messergebnisse

Alle gespeicherten Messergebnisse können jederzeit abgerufen und angezeigt oder zur weiteren Berechnung und Berichterstellung an einen PC übertragen werden. Jede Messung ist mit einer eindeutigen Nummer sowie Datum und Uhrzeit der Speicherung gekennzeichnet.

Hinweis: Auf dem Display des Typ 4447 können nur Daten von Einzelmessungen aufgerufen und angezeigt werden. Um protokollierte Messwerte zu betrachten, müssen die Daten zunächst zu einem PC übertragen werden.

3.10.1 Abrufen von Messergebnissen aus dem Speicher

Um gespeicherte Messergebnisse aus dem Speicher aufzurufen:

- 1) Wählen Sie im Hauptmenü den Dateimanager und anschließend Mess. aufrufen.
- Es erscheint eine Liste der gegenwärtig im Typ 4447 gespeicherten Messergebnisse. Die Messungen sind mit einer Nummer, Datum und Uhrzeit gekennzeichnet (siehe Abb.3.18).
- Markieren Sie mit den Pfeiltasten (die gewünschte Messung und bestätigen Sie die Auswahl mit ().

Abb. 3.18 Dateimanager, Messung aufrufen

	Mess.aı	ufrufen💷
1:	05.10.07	11:30
2:	05.10.07	12:11
3:	06.11.07	08:10
4:	07.11.07	08:45
v	× 7	
~		09:32:45

Welche Informationen angezeigt werden können, hängt von der Anwendung ab. Als Beispiel für Messergebnisse für Ganzkörper-Schwingungen zeigt Abb.3.19 fünf verschiedene Ergebnisanzeigen.

🔲 Datei 5 📃 💷	🔲 Datei 5 📃 💷	🗖 Datei 5 📃 🔳	🗖 Datei 5 📃	🗖 Datei 5 📃 🔲
Bewertung:	Sum. RMS MTVV	Sum. RMS Peak	Sum. VDV VDV(8)	A(1): 0.355
GK	X 0.599 1.550	X 0.599 3.387	X 4.803 15.54	A(4): 0.710
Aufnehmer 1	Y 0.717 3.417	Y 0.717 7.168	Y 6.912 22.36	A(8): 1.004
Messdauer:	Z 1.002 1.578	Z 1.002 6.782	Z 7.241 16.73	m/s ²
00:16:49	VTV 1.648 m/s ²	VTV 1.648 m/s ²	VTV 13.83 m/s ^{1.75}	
× × z				

Abb.3.19 Dateimanager, Messung aufrufen (Ganzkörper-Messung)

Beim Abrufen gespeicherter Messdatensätze können auch A(1), A(4), A(8) angezeigt werden. Sie geben die Tages-Schwingungsbelastung bezogen auf eine Expositionszeit von 1, 4 und 8 Stunden an. Das heißt, A(4) ist gleich A(8) multipliziert mit der Quadratwurzel aus 4 h/8 h. A(1) ist gleich A(8) multipliziert mit der Quadratwurzel aus 1 h/8 h. Für Hand-Arm-Schwingungen ist die Tages-Schwingungsbelastung A(n) gleich dem Sum. RMS VTV. Für Ganzkörper-Schwingungen ist A(n) gleich dem höchsten Wert von Sum. RMS in den drei Achsrichtungen multipliziert mit dem k-Faktor für die jeweilige Achsrichtung.

Hinweis: Alle Messwerte *RMS*, *MTVV*, *Peak* und *VDV* in den drei Achsrichtungen werden ohne Multiplikation mit dem k-Faktor angezeigt und gespeichert. Die Werte *VTV*, A(8), A(4), A(1) und $VDV(8)_k$ für die drei Achsrichtungen werden vor dem Speichern mit dem jeweiligen k-Faktor multipliziert.

3.10.2 Löschen der Daten im Speicher

Um die Messergebnisse und protokollierten Daten aus dem Speicher zu löschen:

1) Wählen Sie im Hauptmenü den Dateimanager und anschließend Alle löschen.

Hinweis: Typ 4447 gestattet nicht das Löschen einzelner Dateien, das heißt alle Messergebnissätze und protokollierten Daten werden gleichzeitig gelöscht.

 Wenn Sie sicher sind, dass alle Dateien gelöscht werden sollen, bestätigen Sie den Löschvorgang mit [].

3.11 Hardware, Firmware-Version und Upgrade

Um Informationen über Seriennummer, Hardware und Firmware des Messgerätes zu erhalten, wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und anschließend Über... :

- Hardware-Version HW
- Firmware-Version FW
- Seriennummer Serien-Nr.

Die Aktualisierung der Firmware erfolgt mit der PC-Software Vibration Explorer, die mit dem Typ 4447 mitgeliefert wird. Weitere Informationen siehe Kapitel 5.

Kapitel 4

Messungen mit Typ 4447

Die richtige Einstellung des Messgerätes ist Voraussetzung für korrekte Messergebnisse, daher sollten vor jeder Messung die Einstellungen geprüft werden:

- Auswahl des Aufnehmers (Aufnehmer): Dreiachsig, Einachsig oder Dreiachsig +1
- Bewertungsfilter f
 ür die Messung (Bewertung): Hand-Arm, Ganzkörper oder die bandbegrenzten Versionen
- Protokollierung (Zeitverlauf): gespeichert oder nicht gespeichert
- Frontend-Konfiguration (Sensorspeis.): CCLD EIN/AUS
- Der gewählte Aufnehmer und seine Kalibrierung (Kalibrierung)

Hinweis: Es ist nicht möglich, mit Typ 4447 Messungen durchzuführen, während das Messgerät mit einem PC verbunden ist. Es ist auch nicht ratsam, während der Messungen die externe Stromversorgung (Ladegerät ZG-0459) zu verwenden, da bei niedrigen Signalpegeln das Messergebnis beeinflusst werden kann.

4.1 Messung von Hand-Arm-Schwingungen

Vor der Durchführung von Hand-Arm-Schwingungsmessungen informieren Sie sich bitte in ISO 5349–2:2001. Wichtige Informationen enthält auch ISO 20643:2004, Mechanische Schwingungen – Handgehaltene und handgeführte Maschinen – Grundsätzliches Vorgehen bei der Ermittlung der Schwingungsemission. Weitere Informationen sind in der Normenreihe ISO 8662 (demnächst durch die Normenreihe ISO 28927 ersetzt) und EN 60745 zu finden (siehe auch Kapitel 2).

Bei der Messung von Hand-Arm-Schwingungen muss der Aufnehmer so dicht wie möglich an der Stelle der Schwingungseinleitung in die Hand platziert werden (meist die Mitte des Handgriffs), siehe Abb.4.2. In ISO 5349–2:2001 finden Sie eine Reihe von Vorschlägen, wo der Aufnehmer an bestimmten Werkzeugen, Handgriffen oder Maschinen befestigt werden sollte.





4.1.1 Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Messung von Hand-Arm-Schwingungen mit Typ 4447

Um mit Typ 4447 Hand-Arm-Schwingungen zu messen:

- Schalten Sie das Messgerät ein, indem Sie mindestens 3 Sekunden lang die Taste (
 drücken.
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, dann Aufnehmer und anschließend mit Dreiachsig. Bestätigen Sie die Auswahl mit .
- Wählen Sie den f
 ür die Messung am besten geeigneten Beschleunigungsaufnehmer und schlie
 ßen Sie ihn an den Typ 4447 an, siehe Abschnitt 3.4.1:
 - Wenn der gewählte Aufnehmer bereits kalibriert ist, sorgen Sie dafür, dass er aktiviert ist. Wählen Sie Kalibrierung, Wähle Aufnehmer und anschließend den gewünschten Aufnehmer mit (). Bestätigen Sie die Auswahl mit ().
 - Wenn der Aufnehmer kalibriert werden muss, folgen Sie den Schritten in Abschnitt 3.5.

- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, Bewertung und anschließend mit Arm. Bestätigen Sie die Auswahl mit .
- 5) Verlassen Sie die **Einstellungen** durch Drücken von (X).
- 6) Befestigen Sie den Aufnehmer an einem der Hand-Arm-Adapter, die mit dem Typ 4447 mitgliefert werden. Sie finden eine Übersicht der Adapter und eine Beschreibung, in welchen Situationen die einzelnen Typen zu verwenden sind, weiter unten in diesem Abschnitt.
- Bringen Sie den Adapter so dicht wie möglich an der Griffposition an, die normalerweise beim Bedienen des Werkzeugs verwendet wird. Richten Sie sich bitte nach ISO 5349– 2:2001.
- 8) Verlegen Sie das Aufnehmerkabel so, dass es die Arbeitssicherheit und den Arbeitsprozess nicht beeinträchtigt, und befestigen Sie es mit dem mitgelieferten VELCRO[®] Klettband (DG-0517) am Unterarm der Person.
- 9) Geben Sie der Person das Zeichen zum Start des Arbeitsvorganges. Falls der Hand-Adapter oder der Handgriff-Adapter eingesetzt wird, instruieren Sie zuvor die Person, den Adapter fest und gleichmäßig an die Werkzeugfläche zu halten, um die Ankopplung des Adapters an die Griff-Fläche durch Handkraft zu gewährleisten.
- Wählen Sie mit den Pfeiltasten () im Hauptmenü Messungen und drücken Sie (, um die Messung zu starten.

Wenn Sie vor dem Beginn der Messung die Bewertung geändert haben, kann es einige Sekunden dauern, bis die neuen Filter eingeschwungen sind. Andernfalls beginnt die Messung sofort.

- 11) Während die Hand-Arm-Schwingungsmessung läuft, können die Messgrößen *Mom. RMS*, *MTVV, Sum. RMS* und *Peak* in X-, Y- und Z-Richtung betrachtet werden:
 - Auf der ersten Messanzeige (erscheint automatisch) werden *Mom. RMS* und *MTVV* separat für die X-, Y- und Z-Richtung angezeigt
 - Auf der zweiten Messanzeige () einmal drücken, um zu dieser Anzeige zu gelangen) werden der Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (als *Sum. RMS* bezeichnet) und der Spitzenwert *Peak* der bewerteten Schwingbeschleunigung für die X-, Y- und Z-Richtung angezeigt. Darüber hinaus wird am unteren Rand des Displays der Schwingungsgesamtwert *VTV* angezeigt. Auf dieser Anzeige ist *VTV* die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Werte für *Sum. RMS* in den drei Achsrichtungen

Hinweis: Nachdem eine Messung gespeichert wurde, werden nach dem erneuten Abruf des Datensatzes aus dem Speicher auch die Werte der Tages-Schwingungsbelastungen A(8), A(4) und A(1) berechnet und angezeigt.

12) Zum Beenden der Messung drücken Sie einige Sekunden lang []. Sie werden dann aufgefordert, die Messwerte zu speichern oder zu verwerfen. Drücken Sie nochmals [], um die Messung zu speichern, oder [], um sie zu verwerfen.

In Abschnitt 3.10.1 ist beschrieben, wie Messdatensätze am Typ 4447 aufgerufen werden. Abschnitt 5.3.5 beschreibt die Datenübertragung zur Archivierung und Nachverarbeitung.

4.1.2 Adapter für Hand-Arm-Schwingungsmessungen

Beschleunigungsaufnehmer müssen möglichst steif angekoppelt werden. Wenn der Aufnehmer zu locker befestigt ist, bewegt er sich umher^{*} und die gemessene Beschleunigung repräsentiert nicht die Griff-Fläche des Werkzeugs. Um die korrekte Montage zu erleichtern, wird Typ 4447 mit drei verschiedenen Adaptern geliefert:

- 1) Würfel-Adapter UA-3017 zur direkten Montage auf dem Handgriff oder der Schwingungsquelle (wenn es der vorhandene Platz erlaubt), siehe Abb.4.2 links.
- Hand-Adapter UA-3015 wird zwischen zwei Fingern gehalten, wobei die Grundplatte mit dem Werkzeug in Berührung steht (wenn eine direkte Montage nicht möglich ist), siehe Abb.4.2 in der Mitte.
- 3) Handgriff-Adapter UA-3016 wird am Handgriff des Werkzeugs angebracht (wenn eine direkte Montage nicht möglich ist), siehe Abb.4.2 rechts.

Abb.4.2 Die mit Typ 4447 verwendeten Adapter



Oben an jedem Adapter befindet sich eine Befestigungsklemme für den Beschleunigungsaufnehmer, siehe Abb.4.3.

Abb.4.3 Montieren des Aufnehmers in der Befestigungsklemme auf dem Adapter



^{*} Auch wenn eine zu lockere Befestigung nicht mit dem bloßen Auge zu erkennen ist, kann sie zu fehlerhaften Messergebnissen führen.

53

Bei Hand-Arm-Schwingungsmessungen zur Bestimmung des Schwingungsgesamtwertes VTV ist die Orientierung des Aufnehmers ohne Bedeutung, da alle Achsen gleich bewertet werden. Da jedoch die Schwingungswerte in den drei orthogonalen Achsrichtungen von Bedeutung sein können, sollte der Aufnehmer stets korrekt ausgerichtet werden.

Wenn der Platz es zulässt, ist der Würfel-Adapter UA-3017 zu verwenden und am Handgriff oder der schwingenden Oberfläche zu befestigen. Wenn kein Platz für die direkte Montage zur Verfügung steht, ist der Hand-Adapter UA-3015 oder der Handgriff-Adapter UA-3016 zu verwenden. Beispiele für den Einsatz der verschiedenen Adapter sind in Abb.4.4 zu sehen. Weitere Beispiele zur Befestigungsstelle der Beschleunigungsaufnehmer werden in ISO 5349– 2:2001, Anhang A, beschrieben. Für eine detaillierte Anleitung zur Befestigung der Beschleunigungsaufnehmer bei verschiedenen Handmaschinen oder Werkstücken siehe ebenfalls ISO 5349.2:2001.



Beim Montieren des Beschleunigungsaufnehmers auf dem Adapter müssen zunächst die Schrauben der Befestigungsklammer etwas gelöst werden. Schieben Sie dann den Aufnehmer in die Führung und ziehen Sie die Schrauben wieder an (siehe Abb.4.5).



Abb.4.5 Befestigung des Beschleunigungsaufnehmers auf dem Adapter

4.2 Messung von Ganzkörper-Schwingungen

Vor der Durchführung von Ganzkörper-Schwingungsmessungen informieren Sie sich bitte in ISO 2631–1:1997. Gemäß der internationalen Norm ISO 2631–1:1997 werden die Schwingungen in drei orthogonalen Achsrichtungen gemessen, bezogen auf den Ort der Einleitung der Schwingungen in den menschlichen Körper, siehe Abb.4.6.

Abb.4.6 Biodynamisches Koordinatensystem mit Achsrichtungen bezogen auf den Körper



Der Beschleunigungsaufnehmer sollte in einem Sitzkissen angebracht werden, das mit Klebeband oder einem Gurt am Boden oder am Sitz befestigt wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der Aufnehmer an der gewünschten Position bleibt, auch wenn sich der Fahrer oder die Bedienperson bewegt. Um korrekte Ergebnisse zu erhalten, muss das Sitzkissen jedoch während der Messung durch die Person belastet werden. Die Person sollte auf dem Sitzkissen stehen oder sitzen, siehe Abb.4.7.





4.2.1 Messung von Ganzkörper-Schwingungen mit Typ 4447

Um Ganzkörper-Schwingungen zu messen:

- Schalten Sie das Messgerät ein, indem Sie mindestens 3 Sekunden lang die Taste (
 drücken.
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, Aufnehmer und anschließend mit Dreiachsig. Bestätigen Sie die Auswahl mit .
- 3) Verlassen Sie die Einstellungen durch Drücken von [🐼].
- 4) Verbinden Sie das Sitzkissen mit dem Typ 4447, siehe Abschnitt 3.4.1.
 - Wenn der gewählte Aufnehmer bereits kalibriert ist, sorgen Sie dafür, dass er aktiviert ist. Wählen Sie Kalibrierung, Wähle Aufnehmer und anschließend den gewünschten Aufnehmer mit (). Bestätigen Sie die Auswahl mit ().
 - Wenn der Aufnehmer kalibriert werden muss, folgen Sie den Schritten in Abschnitt 3.5.
- 5) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, Bewertung und anschließend mit A Ganzkörper. Bestätigen Sie die Auswahl mit .
- 6) Verlassen Sie die **Einstellungen** durch Drücken von (🖉).
- 7) Position des Sitzkissens:
 - a) Platzieren Sie den Sitzkissen-Adaptor auf dem Sitz oder dem Boden, wo die Messung erfolgen soll.
 - b) Richten Sie den Sitzkissen-Adapter so aus, dass die Messachsen des Aufnehmers den biodynamischen Koordinatenrichtungen entsprechen ('X' vom Rücken zur Brust, 'Y' von rechts nach links und 'Z' von den Füßen (oder dem Gesäß) zum Kopf.

- c) Befestigen Sie den Sitzkissen-Adapter mit Klebestreifen, so dass er sich unter den Sitzbeinhöckern oder unter dem Fuß befindet.
- Bitten Sie die zu untersuchende Person, sich auf den Sitzkissen-Adapter zu setzen oder zu stellen.
- 9) Wählen Sie mit den Pfeiltasten (A) (A) Messungen im Hauptmenü und drücken Sie (A), um die Messung zu starten. Wenn Sie kurz vor Beginn der Messung die Bewertung gewechselt haben, kann es sein, dass Typ 4447 einige Sekunden braucht, bevor die neuen Filter stabilisiert sind. Andernfalls beginnt die Messung sofort.
- 10) Während der Ganzkörper-Schwingungsmessung können Mom. RMS, MTVV, Sum. RMS, Peak, Sum. VDV und VDV(8)_k in den drei Achsrichtungen X, Y und Z angezeigt werden. Darüber hinaus wird der Schwingungsgesamtwert (VTV) angezeigt:
 - Auf der ersten Messanzeige (erscheint automatisch) werden Mom. RMS und MTVV separat f
 ür die X-, Y- und Z-Richtung angezeigt
 - Auf der zweiten Messanzeige () einmal drücken, um zu dieser Anzeige zu gelangen) werden der Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (als *Sum. RMS* bezeichnet) und der Spitzenwert *Peak* der bewerteten Schwingbeschleunigung für die X-, Y- und Z-Richtung angezeigt. Darüber hinaus wird am unteren Rand des Displays der Schwingungsgesamtwert *VTV* angezeigt. Auf dieser Anzeige ist *VTV* die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Werte für *Sum. RMS* in den drei Achsrichtungen
 - Auf der dritten Messanzeige (nochmals) drücken (d.h. insgesamt zweimal), um zu dieser Anzeige zu gelangen) werden Sum. VDV und VDV(8)_k zusammen mit VTV gezeigt, die auf dieser Anzeige die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Werte für Sum. VDV in den drei Achsrichtungen ist

Hinweis 1: Nachdem eine Messung gespeichert wurde, werden nach dem erneuten Abruf des Datensatzes aus dem Speicher auch die Werte von A(8), A(4) und A(1) berechnet.

Hinweis 2: Aufgerufene Datensätze von Ganzkörper-Schwingungsmessungen unterscheiden sich von Hand-Arm-Messungen hinsichtlich der Berechnung von A(8), A(4) und A(1). Bei der Auswertung von Ganzkörper-Schwingungsmessungen wird die Stärke der Ganzkörper-Schwingung zunächst für die Achsen separat berechnet, wobei der Effektivwert in den einzelnen Achsrichtungen mit dem entsprechenden k-Faktor multipliziert wird, siehe Kapitel 2. Die Richtung mit dem höchsten Wert wird dann verwendet, um A(8) zu berechnen. Im Gegensatz dazu wird A(8) bei Hand-Arm-Schwingungsmessungen aus dem *Schwingungsgesamtwert* berechnet.

11) Zum Beenden der Messung drücken Sie einige Sekunden lang []. Sie werden dann aufgefordert, die Messwerte zu speichern oder zu verwerfen. Drücken Sie nochmals [], um die Messung zu speichern, oder [], um sie zu verwerfen.

In Abschnitt 3.10.1 ist beschrieben, wie Messdatensätze am Typ 4447 aufgerufen werden. Abschnitt 5.3.5 beschreibt die Datenübertragung zur Archivierung und Nachverarbeitung.

4.3 Bestimmung des SEAT-Faktors

Messungen zur Bestimmung des SEAT-Faktors mit Typ 4447 sind für allgemeine Beurteilungen der Schwingungsübertragung über den Sitz auf Fahrzeuginsassen im Labor und vor Ort vorgesehen. Das Ergebnis einer solchen Messung ergibt einen Gesamteindruck, inwiefern der Sitz schwingungsdämpfend wirkt.

Bei der Montage von Beschleunigungsaufnehmern auf dem Sitz und dem Fahrzeugboden sollten die Definitionen von ISO 10326-1 befolgt werden. Ein Aufnehmer sollte sich auf der Plattform dort befinden, wo die Schwingungsübertragung auf den Sitz erfolgt. Der zweite Aufnehmer sollte in einem Sitzkissen montiert werden und sich an der Übergangsstelle zwischen dem menschlichen Körper und dem Sitz auf der Sitzschale befinden, siehe Abb.4.8.

Hinweis: Typ 4447 beurteilt den SEAT-Faktor nur in der senkrechten Richtung; d.h. er vergleicht die senkrechten Schwingungen auf dem Boden mit den Schwingungen in Z-Richtung am Sitzkissen.

Die Bestimmung des SEAT-Faktors gehört in die Kategorie der Ganzkörper-Schwingungsmessungen. Deshalb wird vom Typ 4447 bei Messungen des SEAT-Faktors Ganzkörperbewertung (W_d in X- und Y-Richtung und W_k in Z- und Aux-Richtung) angewendet. Zusätzlich zu den Messergebnissen für den SEAT-Faktor speichert Typ 4447 auch Messwerte vom Sitzkissen. Diese Messwerte können dazu verwendet werden, die Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den menschlichen Körper zu beurteilen. Deshalb können beide Messungen im selben Durchlauf erfolgen.

Abb. 4.8 Montagestellen für Sitzkissen und zusätzlichen Aufnehmer bei der Bestimmung des SEAT-Faktors



4.3.1 Bestimmung des SEAT-Faktors mit Typ 4447

Um den SEAT-Faktor zu bestimmen:

- Schalten Sie das Messgerät ein, indem Sie mindestens 3 Sekunden lang die Taste (
 drücken.
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen, Aufnehmer und anschließend mit den Pfeiltasten Dreiachsig +1. Bestätigen Sie die Auswahl mit .
- 3) Verlassen Sie die **Einstellungen** durch Drücken von [X].
- 4) Verbinden Sie das Sitzkissen über die vierpolige Buchse und den einachsigen Beschleunigungsaufnehmer über die zweipolige Buchse mit Typ 4447, siehe Abschnitt 3.4.1.
 - Wenn die gewählten Aufnehmer bereits kalibriert sind, sorgen Sie dafür, dass sie aktiviert sind. Wählen Sie Kalibrierung, Wähle Aufnehmer und anschließend den gewünschten Aufnehmer mit (2)/(2). Bestätigen Sie die Auswahl mit (2)
 - Wenn die Aufnehmer kalibriert werden müssen, folgen Sie den Schritten in Abschnitt 3.5.

59

- 5) Bringen Sie das Sitzkissen und den zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmer an:
 - a) Richten Sie den Sitzkissen-Adapter auf dem Sitz so aus, dass die Messachsen des Aufnehmers den biodynamischen Koordinatenrichtungen entsprechen ('X' vom Rücken zur Brust, 'Y' von rechts nach links und 'Z' vom Gesäß zum Kopf) und befestigen Sie den Sitzkissen-Adapter mit Klebestreifen, so dass er sich unter den Sitzbeinhöckern befindet.
 - b) Bringen Sie den zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmer auf dem Boden an, wo die Messung erfolgen soll.
- 6) Bitten Sie die zu untersuchende Person, sich auf den Sitzkissen-Adapter zu setzen.
- 7) Wählen Sie mit den Pfeiltasten (Messungen im Hauptmenü und drücken Sie , um die Messung zu starten. Wenn Sie kurz vor Beginn der Messung die Bewertung gewechselt haben, kann es sein, dass Typ 4447 einige Sekunden braucht, bevor die neuen Filter stabilisiert sind. Andernfalls beginnt die Messung sofort.
- 8) Während die Messung zur Bestimmung des SEAT-Faktors läuft, können *Mom. RMS*, *MTVV*, *Sum. RMS*, *Peak*, *Sum. VDV* und $VDV(8)_k$ in den drei Achsrichtungen X, Y und Z des Sitzkissen-Aufnehmers angezeigt werden. Darüber hinaus wird der Schwingungsgesamtwert *VTV* für das Sitzkissen angezeigt. Die ersten drei Anzeigen zeigen Informationen über das Sitzkissen. Anzeige Nummer vier zeigt *Sum. RMS* und *VDV* für die X-Richtung des Sitzkissens, die AUX-Richtung sowie die resultierenden SEAT-Faktoren.

Hinweis: Nachdem eine Messung gespeichert wurde, werden nach dem erneuten Abruf des Datensatzes aus dem Speicher auch A(8), A(4) und A(1) berechnet.

9) Zum Beenden der Messung drücken Sie einige Sekunden lang []. Sie werden dann aufgefordert, die Messwerte zu speichern oder zu verwerfen. Drücken Sie nochmals [], um die Messung zu speichern, oder [], um sie zu verwerfen.

In Abschnitt 3.10.1 ist beschrieben, wie Messdatensätze am Typ 4447 aufgerufen werden. Abschnitt 5.3.5 beschreibt die Datenübertragung zur Archivierung und Nachverarbeitung.

4.3.2 Montage der Beschleunigungsaufnehmer

Für die Montage auf dem Sitz wird das Sitzkissen auf die Sitzschale gelegt und mit Klebestreifen oder Gurt so am Polster befestigt, dass sich der Beschleunigungsaufnehmer in der Mitte zwischen den Sitzbeinhöckern der sitzenden Person befindet. Eine Beschreibung zur Montage des Sitzkissens auf dem Sitz finden Sie auch in Abschnitt 4.2.

Den Beschleunigungsaufnehmer, der auf dem Boden montiert werden soll, platzieren Sie innerhalb eines Kreises mit 200 mm Durchmesser direkt unter dem Sitz-Aufnehmer, senkrecht zum Boden gemessen, siehe Abb.4.8. Der Aufnehmer wird am besten auf einem unnachgiebigen Teil des Bodens montiert, mit Kleber, einem kräftigen Magneten oder dünnem doppelseitigen Klebeband (EN 14253–2004 empfiehlt eine Kraft von mindestens 1 kN).

4.4 Protokollierte Messungen

Es können auch protokollierte Messungen ausgeführt werden, siehe Abschnitt 3.7. Auch SEAT-Messungen können protokolliert werden. Dabei werden jedoch nur die mit dem Sitzkissen erfassten Schwingungen protokolliert, nicht der AUX-Kanal (d.h. die eigentliche Bestimmung des SEAT-Faktors wird nicht protokolliert).

Die Protokollierung von Messgrößen (*RMS*, *VDV*, *MTVV* und *Peak*) erfolgt in 1 s-Intervallen und wird zusätzlich zur normalen Messung ausgeführt. Wenn Protokollierung aktiviert ist, erstellt Typ 4447 deshalb zwei Dateien: eine mit der normalen Einzelmessung und eine weitere mit protokollierten Daten. Um eine protokollierte Messung auszuführen:

- 1) Stellen Sie den Typ 4447 wie in Abschnitt 4.1 Abschnitt 4.2 bzw. Abschnitt 4.3 beschrieben für die Messung ein, aber beginnen Sie noch nicht mit der Messung.
- 2) Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Einstellungen und anschließend Zeitverlauf, um zu den Einstellungen für die Protokollierung zu gelangen. Beachten Sie die verfügbare Protokollierzeit in Stunden und Minuten unten auf dem Display, und sorgen Sie dafür, dass genügend Speicherplatz für die geplante Messaufgabe vorhanden ist, bevor Sie die Messung starten.
- 3) Wählen Sie mit (Speichern. Bestätigen Sie die Auswahl mit ().
- 4) Verlassen Sie das **Hauptmenü** mit [🗙].
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Messungen und drücken Sie [], um die Messung zu beginnen.

Hinweis 1: Beim Protokollieren wird oben links auf dem Display ein roter Kreis angezeigt. Sollte beim Protokollierung der Speicher voll werden, wird die Messung vom Messgerät gestoppt.

Hinweis 2: Wenn eine protokollierte Messung läuft, ist ein Rücksetzen des Typ 4447 nicht möglich. Stoppen Sie stattdessen die Messung und beginnen Sie von vorn.

Kapitel 5

Nachverarbeitung mit Vibration Explorer Software

Die Vibration Explorer Software BZ-5623 wird mit Typ 4447 mitgeliefert und ermöglicht die Übertragung der Ergebnisse zu einem PC sowie Nachberechnungen.

5.1 Systemanforderungen

Für die Vibration Explorer Software BZ-5623 gelten folgende Systemanforderungen:

- Empfohlener PC:
 - Pentium[®] III (oder äquivalenter) Prozessor
 - 256 MB RAM
 - SVGA-Grafikkarte
 - CD-Laufwerk
 - Maus
 - USB 2.0
- Betriebssystem:
 - Windows[®] XP (möglichst mit dem neuestem Service Pack)
 - Internet Explorer 5 oder höher

Hinweis: Der PC sollte mindestens einen verfügbaren USB 2.0 Anschluss besitzen. Bei Verwendung über einen USB-Hub kann ein Fehler durch Stromstoß auftreten. Typ 4447 sollte direkt an einen USB 2.0 Anschluss am PC angeschlossen werden.

5.2 Installation der Vibration Explorer Software

Auf der mitgelieferten CD finden Sie:

- 4447 Vibration Explorer Software (PC-Software)
- Gerätesoftware für Typ 4447 (Treiber und Firmware)

- Hand-Arm-Schwingungen Anleitungen für die Praxis
- Ganzkörper-Schwingungen Anleitungen für die Praxis

5.2.1 Installation der Vibration Explorer Software

Hinweis: Sie müssen auf dem PC als Administrator angemeldet sein, um Software entfernen oder installieren zu können.

1) Wenn auf Ihrem PC eine frühere Version von Vibration Explorer installiert ist:

- a) Gehen Sie mit Start, Systemsteuerung in die Kategorie Software.
- b) Wählen Sie die alte Version des 4447 Vibration Explorers in der Liste und kilcken Sie auf **Entfernen**.
- 2) Legen Sie jetzt die CD BZ-5625 in das CD-Laufwerk Ihres PC. Die Installation wird automatisch gestartet.

Falls die Installation nicht automatisch startet:

- a) Gehen Sie mit **Start** auf der Taskleiste in **Ausführen**. Es erscheint das Dialogfenster von Abb.5.1.
- b) Klicken Sie auf **Durchsuchen**... und wählen Sie das Laufwerk mit der Installations-CD.
- c) Wählen Sie in der Dateiliste *Setup.exe* und klicken Sie auf **OK**, um das Programm zu starten.

Abb.5.1 Fenster zum Ausführen	Run	?	
des Installations- programms	Open:	Type the name of a program, folder, document, or Internet resource, and Windows will open it for you.	~
		OK Cancel Browse	

 Die Installation beginnt und Sie werden im Laufe des Installationsvorgangs einige Male um die Bestätigung Ihrer Auswahl gebeten.

Hinweis: Die meisten der nachfolgenden Bildschirmanzeigen beziehen sich auf das Betriebssystem Windows[®] Vista, doch die Installationsassistenten für die verschiedenen Betriebssysteme (Windows[®] XP, Windows Vista und Windows[®] 2000) sind einander sehr ähnlich. Die Darstellung der Installationshilfe kann je nach dem verwendeten Betriebssystem variieren – wo Unterschiede für den Installationsvorgang von Bedeutung sind, wird dies näher erläutert.

4) Wenn Sie 4447 Vibration Explorer zum ersten Mal installieren, kann es sein, dass Sie gebeten werden, den Windows[®] Installer 3.1 zu installieren. In diesem Fall kann sich das Dialogfenster von Abb.5.2 öffnen. Abb.5.2 Lizenzvereinbarung für den Windows Installer

4447 Vibration Explorer Setup	×
For the following components:	
Windows Installer 3.1	_
Please read the following license agreement. Press the page down k see the rest of the agreement.	ey to
SUPPLEMENTAL END USER LICENSE AGREEMENT FOR MICROSOFT SOFTWARE ("Supplemental EULA")	-
IMPORTANT: READ CAREFULLY - The Microsoft operating syster components accompanying this Supplemental EULA, including any "online" or electronic documentation ("DS Components") are subjec to the terms and conditions of the agreement under which you have licensed the applicable Microsoft operating system product describe below (each an "End User License Agreement" or "EULA") and the terms and conditions of this Supplemental EULA. BY INSTALLING,	n t d
View EULA for printing	ent?
If you choose Don't Accept, install will close. To install you must accept this agreement.	ept
Accept Don't Accept	

Hinweis: Windows[®] Installer 3.1 ist ein von Microsoft[®] gefordertes Programm, das ansonsten nichts mit dem 4447 Vibration Explorer zu tun hat. Es braucht nur einmal installiert zu werden. Sie müssen der Lizenzvereinbarung zustimmen, um die Installation fortsetzen zu können.

- a) Klicken Sie auf Akzeptieren.
- b) Nach der Installation des Windows Installers müssen Sie Ihren PC neu starten.
- c) Nach dem Neustart wiederholen Sie die Schritte 2a) bis 2c).

Weitere Informationen zum Windows® Installer 3.1 finden Sie bei www.microsoft.com.

5) Jetzt wird der Installationsassistent gestartet (siehe Abb.5.3).



6) Wählen Sie einem Installations-Ordner für die Vibration Explorer Software auf Ihrem PC. Abb. 5.4 zeigt die Standard-Vorgabe.

Abb.5.4 Auswahl des	12 4447 Vibration Explorer
Installationspfades	Select Installation Folder
	The installer will install 4447 Vibration Explorer to the following folder. To install in this folder, click "Next". To install to a different folder, enter it below or click "Browse". Folder:
	C:\Program Files\Bruel and Kjaer\4447 Vibration Explorer\ Browse
	Disk Cost
	Install 4447 Vibration Explorer for yourself, or for anyone who uses this computer: <u>E</u> veryone <u>O</u> Lust me
	Cancel < Back Next >

7) Klicken Sie auf Weiter, wenn Sie die Auswahl getroffen haben, und zur Bestätigung nochmals auf Weiter.

Jetzt beginnt die Installation des Vibration Explorers.

64

Abb.5.3

Explorer

den 4447 Vibration

8) Falls ein Sicherheitshinweis eingeblendet wird, dass die Software von einem unbekannten Herausgeber stammt (siehe Beispiel in Abb.5.5), quittieren Sie diese Meldung mit *Installation dieser Treibersoftware fortsetzen*, da die Vibration Explorer Software glaubwürdig ist und der Treiber von einem bekannten Herausgeber stammt.



 Klicken Sie auf Schließen, um die Installation des Vibration Explorers abzuschließen (siehe Abb. 5.6).

Installation Comple	te	
4447 Vibration Explorer has bee Click "Close" to exit.	n successfully installed.	

Jetzt ist der Computer bereit, die Treibersoftware zu installieren und an den Typ 4447 angeschlossen zu werden.

Abb.5.6

Schließen des Assistenten

5.2.2 Installation der Softwaretreiber für Typ 4447

Wenn die Software BZ-5623 (4447 Vibration Explorer) installiert ist, müssen Sie eine Verbindung zwischen PC und Typ 4447 herstellen.

Um den Treiber des Typ 4447 auf dem PC zu installieren:

 Schalten Sie das Messgerät ein, indem Sie 3 Sekunden lang M drücken, und verbinden Sie anschließend das mitgelieferte Kabel AO-1476 mit dem Mini-USB-Anschluss an der Seite des Typ 4447 und einer USB-Buchse am PC. Kurz darauf erscheint die Meldung 'Ein neues Gerät wurde erkannt' auf dem PC (siehe Abb.5.7).



2) Abhängig von Ihrem Betriebssystem öffnet sich entweder ein Assistent und der Treiber des 4447 Vibration Explorers wird automatisch erkannt (Windows[®] XP und Windows[®] Vista) oder Sie müssen den Treiber selbst installieren (Windows[®] 2000).

Windows[®] XP und Windows[®] Vista:

- a) Auf der Startseite des Assistenten 'Ein neues Gerät wurde erkannt' haben Sie die Wahl, Windows[®] Update nach einem Update der Software suchen zu lassen. Wählen Sie Nein, diesmal nicht und klicken Sie auf Weiter.
- b) Wenn die Installations-CD nicht bereits geladen wurde, legen Sie sie in das CD-Laufwerk ein, wählen Software automatisch installieren (empfohlen) und klicken auf Weiter. Daraufhin wählt und kopiert der Assistent den Treiber.
- c) Es kann eine Warnmeldung erscheinen (siehe Abb.5.8), dass der Treiber den Windows[®] Logo-Test nicht bestanden hat. Wählen Sie **Trotzdem fortfahren**.

Abb.5.7 Beispiel einer Meldung am PC-Monitor nach Anschluss einer neuen

Hardware




- d) Im abschließenden Fenster des Assistenten klicken Sie auf Fertigstellen. Jetzt ist die Installation des Treibers f
 ür den Typ 4447 abgeschlossen und das Messger
 ät zum Datenaustausch mit dem PC bereit.
- e) Wenn die Kommunikation zwischen Messgerät und PC hergestellt ist, sehen Sie auf dem Display des 4447 ein USB-Symbol (siehe Abb.5.9), das anzeigt, dass das Messgerät mit einem Computer verbunden ist. Mit den Funktionstasten des Typ 4447 sind in diesem Zustand keine Eingaben möglich. Um das Messgerät wieder zu aktivieren, müssen Sie die Verbindung zum PC trennen. Dann kehrt die Anzeige des Typ 4447 wieder zum **Hauptmenü** zurück.





Windows® 2000:

- a) Durch die gefundene neue Hardware wird der Assistent gestartet. Sie werden aufgefordert, den Pfad zu dem Verzeichnis anzugeben, in sich die Datei *dwusb.sys* mit der Treibersoftware befindet.
- b) Klicken Sie auf **Durchsuchen**. Sie finden die Treiberdatei unter C:\Program Files\BRUEL AND KJAER\4447 Vibration Explorer\HBVDrv (Standard).
- c) Starten Sie dwusb.sys und folgen Sie den Anweisungen.
- d) Im abschließenden Fenster des Assistenten klicken Sie auf **Fertigstellen**. Jetzt ist die Installation des Treibers für den Typ 4447 abgeschlossen und das Messgerät mit dem PC verbunden.
- e) Wenn die Kommunikation zwischen Messgerät und PC hergestellt ist, sehen Sie

auf dem Display des 4447 ein USB-Symbol (siehe Abb.5.9), das anzeigt, dass das Messgerät mit einem Computer verbunden ist. Mit den Funktionstasten des Typ 4447 sind in diesem Zustand keine Eingaben möglich. Um das Messgerät wieder zu aktivieren, müssen Sie die Verbindung zum PC trennen. Dann kehrt die Anzeige des Typ 4447 wieder zum **Hauptmenü** zurück.

Typ 4447 erscheint nicht als Speichermedium oder anderes USB-Gerät im Explorer oder auf der Windows[®] Taskleiste. Deshalb brauchen Sie Windows[®] vor dem Trennen der Verbindung nicht mitzuteilen, dass Sie das Gerät entfernen wollen. Sie sollten jedoch ein paar Sekunden zwischen dem Verbinden und Trennen (und umgekehrt) warten, da andernfalls das System unstabil werden könnte.

Hinweis: Während Typ 4447 mit einem PC verbunden ist, können keine Messungen ausgeführt werden. Um das Messgerät erneut zu aktivieren, muss es vom PC getrennt werden.

Jetzt können Sie den Typ 4447 mit der Vibration Explorer Software verwenden.

5.3 Arbeiten mit der Vibration Explorer Software

5.3.1 Projektkonzept der Vibration Explorer Software

Der Vibration Explorer arbeitet mit Projekten. Ein Projekt besteht aus zwei Hauptbestandteilen:

- Einer Sammlung unbearbeiteter Messwerte. Die Daten können direkt vom Typ 4447 importiert oder bereits vorhandenen Projektdateien entnommen werden. Bei den unbearbeiteten Daten kann es sich um Einzelmessungen oder um protokollierte Daten handeln. Einzelmessungen enthalten nur einen Datensatz pro Achsrichtung für die gesamte verstrichene Messzeit. Im Gegensatz dazu liefern protokollierte Daten einen Zeitverlauf (Profil) des gemessenen Schwingungsereignisses in 1 s-Intervallen. Jede Sekunde werden RMS, VDV, MTVV und Spitzenwert für alle Achsrichtungen gespeichert.
- 2) Einem Modell für die Tages-Schwingungsbelastung von Personen. In diesem Teil des Projekts werden die Messwerte kombiniert und Expositionszeiten zugeordnet, auf deren Basis der Vibration Explorer die tägliche Belastung ermittelt und anzeigt, ob gesetzlich vorgeschriebene Auslöse- oder Grenzwerte überschritten werden.

Neben den Schwingungsdaten können weitere Informationen hinzugefügt werden, z.B. Anmerkungen, Bilder von Beschäftigten, Firmen sowie Werkzeugen oder Maschinen. Alles wird in der Projektdatei gespeichert.

Hinweis: Im Eigenschaften-Dialog hinzugefügte Bilder werden mit der Projektdatei gespeichert, d.h. auch wenn das Bild später auf der Festplatte gelöscht wird, steht es weiterhin im Projekt zur Verfügung.

Ein wichtiger Aspekt der Expositionsberechnung mit dem Vibration Explorer besteht darin, dass Sie anstelle der Norm die Person und den Arbeitstag in den Mittelpunkt der Betrachtung stellen können. Normen werden für entweder Hand-Arm- oder Ganzkörper-Schwingungen geschrieben und behandeln diese als getrennte Problematiken. Im täglichen Leben lassen sich die Einwirkungen nicht auf diese Weise voneinander abgrenzen.

Beispielsweise kann der Fahrer eines Gabelstaplers sowohl Ganzkörper- als auch Hand-Arm-Schwingungen ausgesetzt sein. Um ein vollständiges Bild zu erhalten, könnten Sie die Schwingungen am Lenkrad, an den Füßen und der Sitzschale messen, sowie den SEAT-Faktor für ein bestimmtes Fahrzeug und eine bestimmte Person bestimmen. Mit Typ 4447 können Sie alle diese Messungen ausführen und in dasselbe Projekt importieren, für die Person einen Projektknoten anlegen und sämtliche Daten, die mit der Arbeit dieser Person in Verbindung stehen, dort ablegen. Bei der Berechnung der Belastung und der Kombination des Gabelstaplerbetriebs mit anderen Prozessen sorgt der Vibration Explorer dafür, dass die Messwerte der Hand-Arm- oder Ganzkörper-Belastung der betreffenden Person zugeordnet werden. SEAT-Messungen tragen nicht direkt zur Expositionsberechnung bei. Da jedoch bei jeder SEAT-Messung auch Expositions-Messwerte aufgezeichnet werden (auf Basis von Sitzkissen-Daten), stehen diese Daten zur Verfügung und es kann sinnvoll sein, sie in Verbindung mit der betreffenden Person aufzubewahren.

Hinweis: Typ 4447 bietet auch alle Bewertungsfilter in bandbegrenzter Form an (siehe Kapitel 3). Diese Filter verwenden dieselben Eckfrequenzen wie die Bewertungen für Ganzkörper-, Hand-Arm- bzw. Gebäudeschwingungen. Innerhalb des Durchlassbereiches wird jedoch keine weitere Bewertung angewendet, d.h. die Filter haben im Durchlassbereich einen flachen Frequenzgang. Breitbandmessungen dieser Art werden der Einfachheit halber angeboten. Der Vibration Explorer gestattet die Verwendung bandbegrenzter Daten für Expositionsberechnungen. Um jedoch daran zu erinnern, dass es sich hierbei nicht um die Standardfilter handelt, wird bei bandbegrenzten Messungen die Benutzeroberfläche durch einen gelben Hintergrund markiert.

5.3.2 Start der Vibration Explorer Software

Um den Vibration Explorer zu starten:

- Doppelklicken Sie auf dem Vibration Explorer Symbol auf dem Desktop oder
- Wählen Sie im Start Menü Start, Programs, Brüel & Kjær Applications, 4447 Vibration Explorer und anschließend 4447 Vibration Explorer X.X ('X' ist die installierte Version)

Der Vibration Explorer öffnet sich mit einem neuen Fenster und erstellt ein neues leeres Projekt, das auf Daten vom Typ 4447 vorbereitet ist. Wenn der Vibration Explorer gestartet wurde, ohne dass Typ 4447 angeschlossen ist, sind Schaltflächen und Menüpunkte, die mit der Datenübertragung vom Typ 4447 oder mit der Wartung in Verbindung stehen, deaktiviert, siehe Abb.5.10.

Abb.5.10	Eile Edit Inse	ert <u>I</u> ools <u>H</u>	lelp					
Aussehen des 4447 Vibration Explorer, wenn Typ 4447 noch nicht angeschlossen ist	New project	Open	Save	Measurement	Logging Profiles	Export	* 🕜 Help	
	Project							
	Measurements			6	8			
	Logging P	surements rofiles						

69

Wenn Typ 4447 angeschlossen ist, sind Schaltflächen und Menüs aktiv. siehe Abb.5.11. Dies zeigt an, dass die Verbindung zu Typ 4447 hergestellt ist und und Sie mit der Datenübertragung vom Messgerät beginnen können. Sie können auch die Firmware aktualisieren oder Einstellungen wie Datum und Uhrzeit ändern.



5.3.3 Benutzeroberfläche des Vibration Explorers

Abb.5.12 zeigt die Benutzeroberfläche des Vibration Explorers mit Daten in Messgruppen und ihren Eigenschaften.



Die Oberfläche des Startfensters des Vibration Explorers ist in zwei Hauptbereiche eingeteilt:

- 1) Das Projektfeld: Auf der linken Seite als hierarchische Ansicht mit Baumstruktur. Es gibt einen Überblick über vorhandene Projekte und deren Gliederung.
- 2) Das Bearbeitungsfeld: Der verbleibende Bereich auf der rechten Seite. Hier werden die unter Projekt ausgewählten Daten betrachtet und bearbeitet.

Abb.5.11

Das Projektfeld besteht aus zwei Segmenten:

- **Messungen** (links oben). Hier werden vom Typ 4447 importierte Messgruppen und Loggingprofile aufgelistet. Beim Anklicken einer Gruppe von *Einzelmessungen* oder *Loggingprofilen* wird deren Inhalt im Bearbeitungsfeld angezeigt (oben rechts)
- Firmen (unten links). Hier werden Daten angeordnet, um die Belastung von Personen durch Hand-Arm- und/oder Ganzkörper-Schwingungen zu ermitteln. Sie können Ihre Daten strukturieren, indem Sie Ordner, Personen und Arbeitsplätze (Arbeitsstellen, Tätigkeiten) hinzufügen. Sobald ein Ordner, eine Person oder ein Arbeitsplatz definiert wurde, können Messungen per "Drag & Drop" dorthin übertragen werden. Darüber hinaus lassen sich Arbeitsplätze, die die Berechnung eines Mittelwertes über mehrere Messungen gestatten, einer Person zuordnen, so dass sie Teil einer Expositionsliste werden. Beim Anklicken eines Symbols für Person oder Arbeitsplatz wird deren Inhalt im Bearbeitungsfeld angezeigt (oben rechts)

Das Bearbeitungsfeld ist in die folgenden beiden Bereiche aufgeteilt:

- 1) Im oberen Bereich des Bearbeitungsfeldes wird eine Tabelle angezeigt, die den Inhalt der derzeitigen Auswahl im Projekt oder der Organisation zeigt, siehe Abb.5.12.
- 2) Der untere Bereich des Bearbeitungsfeldes zeigt ausführlichere Informationen zur Auswahl im oberen Bereich. Für Einzelmessungen wird eine Tabelle mit Informationen für die einzelnen Achsrichtungen angezeigt, siehe Abb.5.13. Bei protokollierten Messungen erscheint eine zusätzliche Registerkarte, auf der Sie das Loggingprofil betrachten können, siehe Abb.5.14. Schließlich wird, wenn eine Messung einer Person zugewiesen wurde, eine weitere Registerkarte hinzugefügt, auf der die Expositionszeit zu sehen ist, siehe Abb.5.15.



Die angezeigte Schwingungsbelastung wird anhand der gemessenen RMS- und VDV-Werte berechnet, auf der Basis einer Expositionszeit von 8 Stunden. Die Farbskalen rechts liefern ein visuelles Feedback zum Ausmaß der Schwingungsbelastung und dem Gesundheitsrisiko.^{*} Sie basieren auf A(1), A(4), A(8) und $VDV(8)_k$. Sobald für eine Person eine Expositionszeit definiert wurde, basieren sie auf A(8), P_E und VDV für diese Zeit.

^{*} Weitere Informationen siehe Abschnitt 5.3.7.







Diposure Measurement Log			
Hour 1 🔮 <u>0 2 4 6 8 10 12</u> Hour 50 🔮 <u>0 10 20 30 40 50</u>	A(8): Pe: VDV Max:	0.930 [m/s2] 346.693 25.436 [m/s1.75]	

5.3.4 Anlegen, Öffnen und Speichern von Projekten

Neue Projekte anlegen

Wie bereits in Abschnitt 5.3.2 erwähnt, wird jedes Mal, wenn der Vibration Explorer gestartet wird, automatisch ein neues Projekt angelegt, in das sich Messwerte vom Typ 4447 importieren lassen.

Sie können jedoch jederzeit ein neues Projekt anlegen, indem Sie **Datei** und dann **Neues Projekt** anklicken oder auf das Symbol **Neues Projekt** in der Symbolleiste klicken (siehe Abb.5.16).

Abb.5.16	<u>File</u> Edit Inse	ert <u>I</u> ools <u>H</u>	lelp				
Symbolleiste und							2
Dateimenü	New project	Open	Save	Measurement	Logging Profiles	Export	Help

Projekte öffnen

Vorhandene Projekte werden geöffnet, indem Sie **Datei** und anschließend **Öffne Projekt** wählen oder auf das Symbol **Öffne** in der Symbolleiste klicken. Der Vibration Explorer zeigt dann das Dialogfenster zum Öffnen des Projekts. Gehen Sie in diesem Dialogfeld zum gewünschten Projekt, markieren es und klicken Sie auf **OK**.

Da jeweils nur ein Projekt geöffnet sein kann, wird beim Anlegen eines neuen oder Öffnen eines weiteren vorhandenen Projekts das derzeitige geschlossen. Wenn ein Projekt aktiviert ist, das nicht gespeicherte Daten oder Änderungen enthält, fragt der Vibration Explorer in einem Dialogfeld, ob die Änderungen gespeichert werden sollen, bevor das Projekt geschlossen wird, um ein neues zu öffnen oder anzulegen.

Projekte speichern

Sie können ein Projekt speichern, indem Sie **Datei** und anschließend **Projekt speichern** oder **Projekt speichern als** wählen oder indem Sie auf das Symbol **Speichern** in der Symbolleiste klicken. Wenn Sie ein Projekt zum ersten Mal speichern oder wenn Sie **Projekt speichern als** wählen, öffnet sich ein Dialogfenster, in dem Sie einen Dateinamen und ein Verzeichnis für das Projekt wählen müssen.

Projekte schließen

Sie können das aktuelle Projekt schließen, ohne den Vibration Explorer zu verlassen. Wählen Sie **Datei** und anschließend das Untermenü **Projekt schließen**. Wenn Sie versuchen ein Projekt zu schließen, in dem Änderungen noch nicht gespeichert wurden, werden Sie vom Vibration Explorer dazu aufgefordert.

5.3.5 Datenimport und Datenverwaltung

Wenn ein Projekt geöffnet ist, lassen sich jederzeit Daten importieren. Messergebnisse können direkt vom Typ 4447 oder von einem bereits vorhandenen Projekt auf der Festplatte importiert werden.

Hinweis: Wenn mit dem Typ 4447 protokollierte Messungen erfolgen, werden zwei Dateien erstellt: Die eine enthält das Gesamtergebnis der Einzelmessung und die andere das Loggingprofil. Wenn eine Messung im Typ 4447 gespeichert wurde, sind diese beiden Dateien unabhängig voneinander vorhanden. Deshalb wird beim Importieren der einen Datei – Einzelmessung oder Zeitverlauf – die andere nicht automatisch mitimportiert. Wenn Sie beide importiert haben, können Sie sehen, welche Messungen zu welchem Loggingprofil gehören, indem Sie den Startzeitpunkt (und das Datum) der Messung betrachten.

Importieren von Einzelmessungen vom Typ 4447

Es gibt vier Methoden, Einzelmessungen vom Typ 4447 zu importieren:

- 1) Klicken Sie auf 🔚 in der Symbolleiste.
- 2) Klicken Sie den kleinen 📝 Button im Projekt-Bereich an.
- 3) Wählen Sie im **Hauptmenü** das Untermenü **Importieren** und anschließend *Neue Messgruppe vom Instrument.*
- 4) Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf dem Messungen-Knoten im Messungen-Bereich der Projektübersicht und wählen Sie *Neue Messgruppe vom Instrument*.

Mit jeder dieser Methoden werden die derzeit im Typ 4447 vorhandenen Messungen importiert und in einer neuen Messgruppe unter 'Einzelmessungen' abgelegt. Der Vibration Explorer gibt der neuen Gruppe einen Standardnamen. Sie können jederzeit den Namen ändern, indem Sie ihn mit der rechten Maustaste anklicken und **Umbenennen** wählen.

Importieren von Loggingprofilen vom Typ 4447

Es gibt vier Möglichkeiten, Zeitverlaufsdaten vom Typ 4447 zu importieren:

- 1) Klicken Sie auf 🗬 in der Symbolleiste.
- 2) Klicken Sie auf den kleinen 🏼 Button im Projektbereich.
- 3) Wählen Sie im **Hauptmenü** das Untermenü **Importieren** und anschließend *Neue Profilgruppe vom Instrument.*
- 4) Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf dem Knoten Loggingprofile im Messungen-Bereich der Projektübersicht und wählen Sie *Neue Profilgruppe vom Instrument*.

Damit werden alle im Typ 4447 vorhandenen Loggingprofile importiert und in einer neuen Profilgruppe unter 'Loggingprofile' angeordnet. Der Vibration Explorer gibt der neuen Gruppe einen Standardnamen. Sie können den Namen jederzeit ändern, indem Sie ihn mit der rechten Maustaste anklicken und *Umbenennen* wählen.

Datenimport von einer anderen Projektdatei

Sie können Mess- und Zeitverlaufsdaten von Projektdateien importieren, die bereits auf dem Computer vorhanden sind. Um Messdaten von einem anderen Projekt zu importieren:

- Wählen Sie im **Hauptmenü** das Untermenü **Einfügen** und anschließend *Importiere Messgruppe(n) von Datei* oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf dem Knoten *Einzelmessungen* im Messungen-Bereich der Projektübersicht und wählen Sie *Importiere Messgruppe(n) von Datei*

Um Zeitverlaufsdaten von einem anderen Projekt zu importieren:

- Wählen Sie im **Hauptmenü** das Untermenü **Einfügen** und anschließend *Importiere Profilgruppe(n) von Datei* oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf dem Knoten *Loggingprofile* im Messungen-Bereich der Projektübersicht und wählen Sie *Importiere Profilgruppe(n) von Datei*

Es erscheint ein Dialogfeld, in dem Sie die Quelldatei für den Datenimport wählen können. Wenn Sie eine Datei ausgewählt und auf **OK** geklickt haben, werden alle Mess- oder Profilgruppen in dieser Datei in das aktuelle Projekt importiert. Es werden die Gruppenbezeichnungen der Ausgangsdatei verwendet. Wie bei neue Gruppen von Mess- und Zeitverlaufsdaten können importierte Gruppen umbenannt werden.

Gruppeneigenschaften

Um allgemeine Informationen für eine Gruppe mit Einzelmessungen oder Loggingprofilen zu betrachten und zu bearbeiten:

- 1) Klicken Sie mit der rechten Maustaste in der Projekt-Baumstruktur auf das Symbol oder den Namen der Gruppe.
- 2) Wählen Sie im folgenden Menü Eigenschaften.
- 3) Es erscheint ein Dialogfeld, siehe Abb.5.17. In den meisten Feldern in diesem Dialogfeld lassen sich Eingaben ändern:
 - **Name** für die Messgruppe dient auch zur Beschriftung der Gruppe (d.h. ändert sich beim Umbenennen einer Gruppe)
 - Ort, an dem die Messungen erfolgten
 - Operateur der Maschine oder des Fahrzeugs während der Messung
 - **Datum**, das dieser Gruppe zugeordnet wird. Standarddatum ist das Datum, an dem die Gruppe erstellt wurde, nicht das Datum der Messung, weil Messungen derselben Gruppe in Intervallen über mehrere Tage ausgeführt werden können
 - Beschreibung der Messungen

Hinweis: Das Feld Seriennummer ist schreibgeschützt.

4) Drücken Sie **Speichern**, um in diesem Dialog ausgeführten Änderungen auszuführen, oder **Abbrechen**, um sie zu verwerfen.

Abb.5.17 Dialogfenster	Measurements Group	X
"Eigenschaften"	Measurements Group	
	Name	Chain Saws
	Location	Forest
	Operater	Jens Jensen
	Date	18.11.2008
	Serial no.	610025
	Description	Measurements were done prior to cutting a tree, after cutting the tree, and after re- sharpening
		Save Cancel

Daten aus dem Typ 4447 entfernen

Wenn Messungen und Loggingprofile vom Typ 4447 importiert wurden, befinden sich die Daten weiterhin im Messgerät. Sie werden nur entfernt, wenn sie ausdrücklich gelöscht werden.

Hinweis: Derzeit ist es nicht möglich, ausgewählte Messungen oder Loggingprofile vom Typ 4447 zu löschen, sie müssen als Ganzes gelöscht werden. Mit der PC-Software lassen sich jedoch Zeitverläufe und Messungen unabhängig voneinander löschen.

Um alle Einzelmessungen vom Messgerät zu löschen und damit freien Speicherplatz zu schaffen:

- Wählen Sie Extras und anschließend *Lösche alle Messungen vom Instrument* im Hauptmenü oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste im Projektbereich auf dem Symbol für Einzelmessungen und wählen Sie *Lösche alle Messungen vom Instrument*

In einem Dialogfenster werden Sie aufgefordert, diese Handlung zu bestätigen.

Um alle Loggingprofile vom Typ 4447 zu löschen:

- Wählen Sie Extras und anschließend *Lösche alle Loggingprofile vom Instrument* im Hauptmenü oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste im Projektbereich auf dem Symbol für Loggingprofile und wählen Sie Lösche alle Messungen vom Instrument

In einem Dialogfenster werden Sie aufgefordert, diese Handlung zu bestätigen.

Mess- oder Logginggruppen aus einem Projekt entfernen

Um eine Mess- oder Logginggruppe aus dem Projekt zu entfernen, wählen Sie sie im Projektbereich und:

- Drücken Sie die Löschtaste 🙆 oder
- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Bearbeiten und anschließend Löschen oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf dem Symbol oder der Beschriftung und wählen Sie in der nachfolgenden Liste *Löschen*

In einem Dialogfenster werden Sie aufgefordert, diese Handlung zu bestätigen.

5.3.6 Arbeiten mit Daten in Mess- und Logginggruppen

Jede *Einzelmessung-* und/oder *Loggingprofil-*Gruppe enthält eine oder mehrere Messungen bzw. Loggingprofile. Um die vollständige Liste der Mess- oder Logginggruppe einzublenden, wählen Sie diese in der Projekt-Baumstruktur. Dann erscheint ihr Inhalt in einer Tabelle im oberen Bereich des Bearbeitungsfeldes (siehe Abb.5.18). Die Titelleiste dieses Bereiches zeigt den Namen des gewählten Projektknotens. Dies kann der Name einer *Mess- oder Logginggruppe sein*.

	Loading tasks			-				
Transcorers of a Q	Location: Bg Store Operator: Jen Javien Date: 01/4/2008							
A Link, was A Link, w	Identification	\$tart Time 24(02)2000 13:23:00 24(02)2000 13:23:00 24(02)2000 13:43:00 01/04(2008 07:59:00	Weghting Hand-arm Hand-arm Hand-arm Whole-body	895 VTV (m/s2) 0.000 0.000 1.333 1.105	Peak Max [n/h2] 0.022 0.022 4.575(2) 5.986(2)	Overlo No Na Na Na		
Digentations	*					-		
The Green Marchane (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	a (-		
Ops had to such	Wroghting card Start land 3472	57 Sin mater depend	tarve 10100.24	RM5 VIV:				
Optical frontruit	19894 (201 2015 (202	44,8 21 0.000		A(8): A(8) means				

Abb.5.18 Tabelle mit Gruppendater

Jede Zeile repräsentiert eine Einzelmessung oder einen Zeitverlauf. Messungen, die nur mit bandbegrenzten Filtern erfolgten, werdem auf gelbem Hintergrund gezeigt:

- Identifikation: Es werden ein Symbol und ein Name gezeigt. Das Symbol zeigt die Art der Messung an:
 - 🔀 Einzelmessung von Ganzkörper-Schwingungen
 - Einzelmessung von Hand-Arm-Schwingungen
 - 🔏 SEAT-Messung
 - 🙀 Einzelmessung von Gebäudeschwingungen
 - 🔏 Zeitverlauf von Ganzkörper-Schwingungen
 - R Zeitverlauf von Hand-Arm-Schwingungen
 - 🙀 Zeitverlauf von Gebäudeschwingungen

Die Identifikation kann verwendet werden, um jeder Messung einen eindeutigen Namen zuzuweisen, z.B. Name und Typ der Maschine. Der Vibration Explorer vergibt bei der Datenübertragung vom Typ 4447 den Standardnamen *Messung#* bzw. *Loggingprofil#* (# ist eine Nummer). Der Standardname kann geändert werden: Dazu klicken Sie auf den Namen (oder an einer beliebigen Stelle in der betreffenden Zeile) und schreiben einen neuen Namen, oder Sie klicken mit der rechten Maustaste und wählen in der angezeigten Liste

- **Startzeitpunkt:** Zeigt, wann die Messung gestartet wurde (Datum und Uhrzeit) sowie die Gesamtmessdauer
- Gewichtung: Zeigt das für die Messung verwendete Bewertungsfilter. Dies kann Ganzkörper (für Ganzkörper- und SEAT-Messungen), Hand-Arm, Gebäude oder die Bandbegrenzte Version dieser Filter sein. Bei SEAT-Messungen wird (Dreiachsig +1) zum Bewertungstyp hinzugefügt
- Es folgt eine Anzahl Spalten mit den wichtigsten Messparametern der jeweiligen Messung:
 - RMS VTV
 - A(1)
 - A(4)
 - A(8)

- Spitzenfaktor Max
- Spitzenwert Max
- MTVV Max
- VDV Max
- $VDV(8)_k VTV$
- SEAT RMS
- SEAT VDV
- Übersteuert
- Untersteuert

Eine Definition der verschiedenen Begriffe finden Sie im Glossar.

Hinweis: Die Tabelle lässt sich anpassen. Mit Ausnahme der Spalte *Identifikation* können die Spalten aktiviert und deaktiviert werden. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Spaltenüberschrift, worauf eine Liste mit Optionen erscheint. Um eine Spalte anzuzeigen, markieren Sie das Element in der Liste. Um die Spalte auszublenden, entmarkieren Sie das Element, siehe Abb.5.19.





Da eine Gruppe stets alle Messungen enthält, die sich vor der Datenübertragung im Typ 4447 befanden, können unterschiedliche Messarten in derselben Gruppe erscheinen. Deshalb treffen nicht alle Spalten auf jede Messung in der Gruppe zu. Wenn ein bestimmter Parameter für eine bestimmte Messart nicht zur Verfügung steht, wird dies durch '/' angezeigt.

Um eine Messung aus der Gruppe zu entfernen, wählen Sie die Messung oder das Loggingprofil in der Tabelle und:

- Wählen Sie im Hauptmenü das Untermenü Bearbeiten und anschließend Löschen oder
- Rechtsklicken Sie auf der Tabellenspalte und wählen Sie in der nachfolgenden Liste Löschen

Messdetails

Um den vollständigen Messdatensatz für eine bestimmte Messung zu sehen, wählen Sie die entsprechende Zeile in der Tabelle. Der Bereich unten rechts wird dann aktualisiert und zeigt alle Informationen für das gewählte Element (siehe Abb.5.20).



Für Einzelmessungen erscheint eine Tabelle mit den Messparametern und dem Status für die einzelnen Achsrichtungen. Darüber hinaus werden auch Informationen zum Messgerät und dem/n für die Messung verwendeten Beschleunigungsaufnehmer(n) angezeigt. Schließlich werden rechts neben der Tabelle die folgenden Werte angezeigt:

- Die *Tagesbelastung* in Form von *A*(*1*), *A*(*4*) und *A*(*8*): Die Werte basieren auf der Annahme einer Schwingungsbelastung von 1, 4 bzw. 8 Stunden
- *T bis ExpAuslöseWert* (Zeit bis zum Auslösewert) und *T bis ExpGrenzWert* (Zeit bis zum Grenzwert): Dieser Wert gibt an, wie lange ein Werkzeug, eine Maschine oder ein Fahrzeug betrieben werden darf, bis der Auslöse- bzw. Grenzwert erreicht wird
- *SEAT RMS* und *SEAT VDV*: Bei SEAT-Messungen werden die SEAT-Faktoren auf der Basis der RMS- bzw. VDV-Werte angezeigt

Hinweis: Das Aussehen der Tabelle und die angezeigten Informationen hängen von der Art der Messung ab, d.h. ob die Messwerte eine einzelne oder mehrere Achsrichtungen, eine Ganzkörper-, Hand-Arm- oder SEAT-Messung repräsentieren.

Die Werte für die *Tagesbelastung* sowie die *Zeit bis Auslösewert* und *Grenzwert* erlauben Ihnen eine rasche Einschätzung des Risikos beim Betreiben des Werkzeugs, Fahrzeugs oder der Maschine. Darüber hinaus werden für A(1), A(4) und A(8) Farbskalen angezeigt, die eine noch intuitivere Schnellrückmeldung zum Gesundheitsrisiko durch Schwingungseinwirkung ergibt (siehe rechts oben in Abb.5.20). Die Skala ist in drei Abschnitte unterteilt, denen jeweils eine Farbe zugeordnet ist:

• Grün: Der linke Abschnitt der Skala wird grün aufgefüllt. Wenn die Skala nur grün ist, liegt die tägliche Schwingungsbelastung unter dem Auslösewert.



- Gelb: Der mittlere Abschnitt der Skala wird gelb aufgefüllt. Wenn die Skala grün und gelb ist, liegt die Schwingungsbelastung zwischen dem Auslösewert und dem Grenzwert
- Rot: Der rechte Abschnitt der Skala wird rot aufgefüllt. Wenn die rote Farbe erscheint, überschreitet die Schwingungsbelastung den Grenzwert

Einzelheiten zu Loggingprofilen

Für protokollierte Daten steht eine zusätzliche Registerkarte mit dem Zeitverlauf (Profil) zur Verfügung. Um zwischen den beiden Ansichten zu wechseln, wählen Sie einfach die entsprechende Registerkarte, siehe Abb.5.21. Je nach Art der Messung, d.h. ob Ganzkörper- oder Hand-Arm-Schwingungen gemessen wurden und ob ein einachsiger oder dreiachsiger Beschleunigungsaufnehmer verwendet wurde, können die folgenden protokollierten Daten mit einer Auflösung von 1 s angezeigt werden:

- RMS-Profil
- MTVV-Profil
- Spitzenwert-Profil
- VDV-Profil

Die Daten können für die einzelnen Achsrichtungen oder als Wurzel aus der Summe der Quadrate (VTV) angezeigt werden.

Hinweis: RMS, MTVV und Spitzenwerte können im selben Diagramm angezeigt werden. Bei der Anzeige von VDV werden dagegen RMS, MTVV und Spitzenwert deaktiviert. VDV verwendet andere Maßeinheiten als RMS, MTVV und Spitzenwert, d.h. die Darstellungen schließen einander aus.





Um die Y-Achse der Darstellung anzupassen, klicken Sie mit der linken Maustaste auf den obersten Wert der Y-Achse. Es erscheint ein Textfeld, siehe Abb.5.22. Geben Sie den neuen Höchstwert für die Y-Achse ein und drücken Sie **OK** oder die Eingabetaste, um die Darstellung neu zu skalieren. Der Vibration Explorer verwendet diese Einstellung für alle Loggingprofile, bis das Projekt geschlossen wird.



Um in ein Profil einzuzoomen, klicken Sie mit der linken Maustaste auf die Stelle, an der die Auswahl beginnen soll, halten die Maustaste gedrückt und ziehen sie über den Bereich. Gleichzeitig werden die Angaben unter dem Diagramm aktualisiert und zeigen jetzt den maximalen Spitzenwert und die Gesamtwerte für RMS und VDV für den gewählten Profilausschnitt. Wenn Sie die Maustaste loslassen, erscheint ein Menü, in dem Sie wählen können:

- die Auswahl anzupassen
- auf den gewählten Bereich einzuzoomen
- den ausgewählten Bereich in Form von Zahlenwerten nach Microsoft[®] Excel zu exportieren
- im Hintergrund ein Bild des gewählten Bereiches zu erstellen und in die Zwischenablage zu legen

Sobald Sie Arbeitsplätze oder Personen erstellt haben, enthält das Menü Befehle, mit denen Sie die gewählten Daten oder das gesamte Profil einer bestimmten Person oder einem Arbeitsplatz zuordnen können.

Wenn Sie die Auswahl ändern, erscheint ein Dialogfeld, in dem Sie den Start- und Endzeitpunkt der Auswahl überschreiben können. Wenn Sie *Alles* wählen, wird das gesamte Profil markiert. Drücken Sie **OK**, um die Änderungen zu bestätigen, oder **Abbrechen**, um den Dialog zu verlassen und die Änderungen zu verwerfen. Wenn Sie von diesem Dialog zurückkehren, erscheint wieder das Menü, in dem Sie entscheiden können, was mit der veränderten Auswahl geschehen soll.

5.3.7 Ermittlung der Schwingungsbelastung – das Organisationsmodell

Mit dem Vibration Explorer lässt sich die Belastung von Personen durch Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen modellieren. Es ist möglich, umfangreiche Modelle zu erstellen, um die Belastung von Personen in einer bestimmten Situation zu ermitteln oder verschiedene Szenarien zu simulieren, auf deren Grundlage Entscheidungsträger das Gesundheitsrisiko durch Einwirkung von Hand-Arm- oder Ganzkörper-Schwingungen für den einzelnen Beschäftigten beurteilen können.



Abb.5.23 Organisationsstruktur

Ein Organisationsmodell kann aus folgenden Elementen bestehen:

- Organisation: Name der Firma
- Ordner: Abteilungen der Firma, z.B. Werkzeuggruppen oder Fahrzeuge
- Arbeitsplätze: Von den Beschäftigten bediente Werkzeuge und Fahrzeuge
- Person: Beschäftigter, der Schwingungen ausgesetzt ist

Innerhalb eines Projekts kann es nur eine Organisation geben. Standardgemäß trägt der Organisation-Knoten die Bezeichnung 'Organisation' – die Bezeichnung kann jedoch geändert werden. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste auf der Organisation-Beschriftung, wählen **Umbenennen** und schreiben einen neuen Namen.

Sie können das Organisationsmodell strukturieren, indem Sie mehrere Ordner anlegen. Sie können auch weitere Ordner innerhalb von Ordnern anlegen. Ein Ordner kann beliebig viele Arbeitsplätze oder Personen enthalten.

Arbeitsplätze dienen dazu, Messdatensätze für eine bestimmte Tätigkeit zu verwalten. Messungen sind stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, die teils auf Unterschieden im Arbeitsprozess resultiert, z.B. wenn die Person ihre Arbeitshaltung ändert, teils aus kleinen Unterschieden im Messaufbau, z.B. wenn der Aufnehmer nicht an genau derselben Stelle befestigt ist. Bei Messungen "derselben" Tätigkeit werden die Ergebnisse mehr oder weniger unterschiedlich ausfallen. Es ist deshalb empfehlenswert, die Messung mehrmals zu wiederholen und zur Berechnung der Schwingungsbelastung einen Mittelwert der Ergebnisse zu verwenden.

Hinweis: In verschiedenen Normen werden verschiedene Vorgehensweisen für die Mittelung von Messdatensätzen vorgeschlagen. Bitte vergewissern Sie sich, dass das aktuelle Arbeitsplatz-Konzept im Vibration Explorer für Ihr Projekt geeignet ist.

Bei der Mittelung von Effektivwerten an einem Arbeitsplatz folgt der Vibration Explorer der Vorgehensweise, die in Abschnitt 9.2.1 und Abschnitt 10.1 von EN 1032 (Mechanische Schwingungen – Prüfverfahren für bewegliche Maschinen zum Zwecke der Bestimmung des Schwingungsemissionswertes) beschrieben ist und vorschlägt, den Mittelwert aus einem

Messdatensatz von Effektivwerten als Maß für die Schwingungsemission einer bestimmten Maschine in einer bestimmten Betriebsart anzugeben. Dieselbe Regel wird auch auf SEAT-Faktoren und die Werte für die Tagesbelastung A(1), A(4) and A(8), sowie die 8-Stunden-Dosis $VDV(8)_k$ angewendet. Im Gegensatz dazu wird beim *Spitzenwert*, *Spitzenfaktor*, *MTVV* und VDV der Höchstwert in der betreffenden Spalte verwendet.

Wenn ein Arbeitsplatz in einen Personen-Ordner eingefügt wird, wird er als Einzelmessung behandelt, wobei der mittlere Effektivwert und die Höchstwerte für *VDV* bzw. *Spitzenwert* verwendet werden, die für den Arbeitsplatz ermittelt wurden.

Erstellen einer Organisationsstruktur

Um einen neuen Ordner, Arbeitsplatz oder eine Person direkt unter der Organisation anzulegen, wählen Sie den Organisation-Knoten und drücken *Neuer Ordner*, *Neue Person* bzw. *Neuer Arbeitsplatz* in der kleinen Symbolleiste über der Organisationsstruktur. Sie können auch mit der rechten Maustaste auf den Organisation-Knoten drücken, **Neu** und anschließend das gewünschte neue Element wählen. Das Element wird mit einem Standardnamen erstellt, doch es wird im Vibration Explorer markiert und kann sofort umbenannt werden.

Wenn Sie einen Ordner angelegt haben, können Sie in diesem weitere Ordner, Arbeitsplätze oder Personen anlegen. Der Vibration Explorer hilft Ihnen mit kontextbezogenen Symbolen in der Organisation-Symbolleiste. Je nach dem in der Organisationsstruktur gewählten Element wird beim Drücken einer dieser Symbole das neue Element entweder direkt in die Organisation oder in einen der darunterliegenden Ordner eingefügt.

Hinweis: Es ist nicht möglich, einen Arbeitsplatz unter einer Person hinzuzufügen. Sie können jedoch einen Arbeitsplatz zu einer Person "ziehen". Dann wird das Ergebnis der Arbeitsplatzberechnung in die Liste der Schwingungsbelastungen aufgenommen. Hinzugefügte Arbeitsplätze erscheinen in der Organisationsstruktur unter der Person. Sie sind jedoch mit einem grünen Pfeil gekennzeichnet, als Zeichen dafür, dass es sich nicht um einen wirklich neuen Arbeitsplatz, sondern um eine Referenz handelt.

Einstellen der Eigenschaften für die Knoten in der Organisationsstruktur

Mit Hilfe des Eigenschaften-Dialogs für den Knoten lassen sich weitere Informationen über die Organisationsstruktur angeben (abgesehen von den Ordnern). Zum Öffnen klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Knoten und wählen "Eigenschaften":

- Sie können Namen, Adresse, Postleitzahl, Ort und Telefonnummer der Firma angeben. Ein weiteres Feld steht für Kommentare und Anmerkungen zur Verfügung.
- Für Arbeitsplätze und Personen können Sie Namen, Ort und eine Beschreibung eingeben. Sie können auch ein Bild des Arbeitsplatzes oder der Person hinzufügen.

	Name:	Claus Clausen
	Location:	Forest / chain saw
	Description:	Measurements followed cutting down a full grown beech tree
		1
Change picture Class		

Abb.5.24 Dialogfenster für Personen-Eigenschaften

Eingeben von Messdaten zu Arbeitsplätzen und Personen

Wenn Sie im Organisationsmodell neue Arbeitsplätze und/oder Personen angelegt haben, können Sie diese Ordner mit einer oder mehreren Messungen oder Loggingprofilen füllen.

Messungen können auf zweierlei Weise eingefügt werden:

- 1) Wählen Sie die Messgruppe, zu der die Messung gehört (das Bearbeitungsfeld ändert sich, so dass es die Messungen dieser Gruppe anzeigt), und ziehen Sie die gewünschte Messung von der Tabelle zur Person bzw. dem Arbeitsplatz.
- 2) Wählen Sie die Messgruppe, zu der die Messung gehört (das Bearbeitungsfeld ändert sich, so dass es die Messungen dieser Gruppe anzeigt), klicken Sie mit der rechten Maustaste in der Tabelle auf die Messung, um eine Liste mit den gegenwärtig im Projekt enthaltenen Personen und Arbeitsplätzen anzuzeigen, und wählen Sie dann die Person oder den Arbeitsplatz im Menü.

Hinweis: Sie können sowohl Hand-Arm- als auch Ganzkörper-Messungen zur selben Person oder zum selben Arbeitsplatz hinzufügen. Der Vibration Explorer sorgt dafür, dass diese getrennt behandelt werden.

Wenn Sie einer Person oder einem Arbeitsplatz eine Reihe von Messungen zugeordnet haben, wählen Sie den Knoten. Im oberen Bereich des Bearbeitungsfeldes erscheint eine Tabelle wie für die Messgruppen. Bei Expositionsberechnungen müssen Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen jedoch getrennt behandelt werden. Wenn Sie Daten für eine Person oder einen Arbeitsplatz betrachten, werden deshalb nur Daten vom gleichen Typ zusammen angezeigt. Mit Hilfe der Schaltflächen über der Tabelle können Sie zwischen den verschiedenen Gruppen mit Daten wechseln.

Hinweis: Es werden nur Schaltflächen für die Messarten angezeigt, die bereits zu einer Person hinzugefügt wurden (d.h. wenn nur Werte für Hand-Arm-Schwingungen hinzugefügt wurden, erscheint nur eine Schaltfläche).



Abb. 5.25

Liste der Tätigkeiten

Sie können auch Messungen zwischen Arbeitsplätzen und Personen kopieren.

Messungen können auf zweierlei Weise kopiert werden:

- 1) Vom derzeitigen Ort an den neuen ziehen.
- 2) Mit der rechten Maustaste auf die Messung klicken und die Person oder den Arbeitsplatz wählen, zu der/dem die Daten kopiert werden sollen.

Zuordnen von Zeitverlaufsdaten zu einer Person oder einem Arbeitsplatz

Im Prinzip wird bei der Verwendung von Zeitverlaufsdaten zur Expositionsberechnung dieselbe Vorgehensweise verwendet wie für Einzelmessungen. Um ein vollständiges Loggingprofil zu verwenden, wählen Sie es einfach in der Gruppe der Loggingprofile und ziehen es zum betreffenden Arbeitsplatz oder der Person.

Der Vibration Explorer bietet jedoch größere Flexibilität: Sie können einfach einen Abschnitt des Profils einfügen und als selbständige Tätigkeit oder Messung verwenden. Dazu markieren Sie die protokollierte Messung, um ihr Profil im Bearbeitungsfeld anzuzeigen. Klicken Sie mit der linken Maustaste und ziehen Sie den gewünschten Profilabschnitt, der als neues Element einem Arbeitsplatz oder einer Person zugeordnet werden soll. Beim Loslassen der Maustaste erscheint ein Menü. Um die die Auswahl zu verfeinern, klicken Sie auf **Auswahl ...** und geben im Dialogfenster Start- und Endzeitpunkt ein, bevor Sie fortfahren. Andernfalls wählen Sie den Arbeitsplatz oder die Person, zu dem/der der Profilabschnitt hinzugefügt werden soll.

Anschließend wählen Sie in der Organisation die Person bzw. den Arbeitsplatz und klicken in der Tabelle mit den Beiträgen zur Schwingungsbelastung auf das Element, das das zugefügte Loggingprofil repräsentiert. Sie werden feststellen, dass nur der ausgewählte Abschnitt hinzugefügt wurde.

Definieren der Expositionsdauer

Um die tägliche Schwingungsbelastung einer Person zu berechnen, muss angegeben werden, wie lange die Person die jeweiligen Tätigkeiten ausführt.

Um die Expositionszeit einzugeben (oder zu ändern):

- 1) Wählen Sie in der Tabelle im Bereich rechts oben (mit Angaben zur gewählten Person) entweder *Hand-Arm* oder *Ganzkörper*.
- 2) Wählen Sie die Messung, die die Tätigkeit repräsentiert, deren effektive Expositionszeit Sie einstellen möchten.
- 3) Wählen Sie im Bereich unten rechts die Registerkarte **Belastung** und geben Sie die Zeit mit den Buttons (Grobeinstellung) und den Pfeiltasten (Feineinstellung) ein.

Wenn Sie die Dauer einer Tätigkeit ändern, berechnet der Vibration Explorer die Belastung für diese Tätigkeit neu. Das Ergebnis wird im unteren Bereich neben den Schaltflächen angezeigt. Neben der Teilbelastung A(8) und der Schwingungsdosis VDV für diese Tätigkeit wird die Belastung in Expositionspunkten P_E angegeben. Die Ergebnisse werden außerdem durch Farbskalen veranschaulicht, siehe auch Abschnitt 5.3.6 (Seite 79).

Zusätzlich zu den Werten für die Teilbelastung wird die kombinierte tägliche Schwingungsbelastung der Person neu berechnet und in der untersten Zeile der Tabelle angezeigt. Diese Werte sind farbcodiert und werden folgendermaßen markiert:

- Grün, wenn die Schwingungsbelastung unter dem Auslösewert liegt.
- Gelb, wenn die Schwingungsbelastung zwischen Auslösewert und Grenzwert liegt.
- Rot, wenn die Schwingungsbelastung den Grenzwert überschreitet.

Abb. 5.26 zeigt ein Beispiel für die Anzeige einer Expositionsberechnung.

Project	Claus Clausen	
Matural Constant and Constant a	Operation Operation Description Description <thdescripact (description)<="" th=""> Description<th>HTV/Hee Deal/He 44/725/0 B 3.55952) I 2.054/0</th></thdescripact>	HTV/Hee Deal/He 44/725/0 B 3.55952) I 2.054/0
Operations	Seminary optimum Active MARKE / Terminary optimum Terminary opti	1 1

Abb.5.26 Beispiel für eine Expositionsberechnung

5.4 Datenexport und Berichterstellung

Die Berichterstellung erfolgt mit den Exportfunktionen des Vibration Explorers. Die einfachste Methode ist der Datenexport zu einer Textdatei mit Tab als Trennzeichen, einer HTML- oder XML-Datei. Der Vibration Explorer kann auch alle Daten nach Windows[®] Excel exportieren. Damit können Sie das endgültige Berichtformat selbst bestimmen und weitere Berechnungen durchführen.

5.4.1 Exporteinstellungen

Vor dem Exportieren definieren Sie in einem Dialogfenster, was exportiert werden soll. Um den Dialog zu öffnen, wählen Sie **Extras** und anschließend *Exporteinstellungen*. Der Dialog (siehe Abb.5.27) enthält fünf Registerkarten, denn Sie können entweder Daten für eine Person, einen Arbeitsplatz, einen gesamten Ordner in der Organisationsstruktur oder unbearbeitete Daten einer Mess- bzw. einer Logginggruppe exportieren. Auf jeder Registerkarte werden die zu exportierenden Daten für das jeweilige Element in einem Projekt angehakt.

Abb. 5.27

Beispielseite mit dem Dialogfenster für Exporteinstellungen

erson	Working Point	Measureme	nt Folder Lo	gging	g Profiles
Export	Person				
	Export to Excel to	emplate (xlt)]		
Ex	cel Template file	name:	C: Program Fil	les∖₿	ruel and Kjaer\44
Sele	ect attribute	Select All	Deselect All	J	
F	Person name	Pers	son location	☑	Person description
F	Ā	VDV		~	VDV MAX
I.	Working Point	🔽 Exp	osure time	V	RMS VTV
	CF Max	🔽 Seri	al no.	4	Pe
✓ Organisation description				V	Items (only Excel)

Wenn Sie nach Excel[®] exportieren wollen, können Sie auch eine Vorlagendatei (*.XLT) angeben, in die die Daten eingefügt werden sollen. Weitere Informationen über Berichtvorlagen in Excel finden Sie am Ende dieses Abschnitts. Schließen Sie den Dialog, wenn Sie fertig sind.

5.4.2 Exportieren von Daten

Um Daten zu exportieren:

- 1) Wählen Sie die Person, den Arbeitsplatz, Ordner, die Messung oder Logginggruppe, die exportiert werden soll.
- 2) Wählen Sie im Menü **Extras**, **Export** und hierunter das gewünschte Exportformat: *Text*, *HTML*, *XML* oder *Excel*.

87

Sie können die gewünschte Export-Option auch mit Hilfe des **Export** Symbols in der Symbolleiste wählen.

Hinweis: Beim Drücken auf das Export-Symbol in der Symbolleiste wird das letzte von Ihnen verwendete Exportformat vorgeschlagen.

Beim Export in eine Text-, HTML- oder XML-Datei werden Sie aufgefordert, einen Dateinamen einzugeben. Der Vibration Explorer fügt dann die Daten in diese Datei ein.

Beim Export nach Excel[®] beginnt der Vibration Explorer eine neue Sitzung von Microsoft[®] Excel, erstellt eine Excel[®]-Datei (Arbeitsmappe) und fügt die Daten vom Vibration Explorer ein. Die Datei wird nicht automatisch gespeichert. Um die Datei zu speichern, gehen Sie zu Excel[®] und wählen **Datei** und anschließend *Speichern unter*



5.4.3 Arbeiten mit Vibration Explorer Daten in Excel[®]

Beim Exportieren von Messgruppen, Personen, Arbeitsplätzen und Ordnern platziert der Vibration Explorer die Daten stets auf 'Blatt1' der neuen Arbeitsmappe. Zum Bearbeiten der Daten sollte ein neues Blatt eingefügt werden. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Registerkarte 'Blatt1' und wählen Sie *Einfügen*. Wählen Sie im **Einfügen**-Menü *Arbeitsblatt*. Das neue Blatt wird als 'Blatt2' bezeichnet. Im Folgenden werden wir das neue Blatt weiterhin als 'Blatt2' bezeichnen, aber Sie können es natürlich umbenennen, z.B. in 'Bericht'.

 Clipter
 <t

Zellen von 'Blatt2' können auch auf Daten anderer Blätter verweisen. Beispiel: Der Vibration Explorer platzierte A(8) in Zelle B12 von 'Blatt1'. Um von 'Blatt2' auf diesen Wert zu verweisen:

Beispiel für exportierte Daten für eine Person (John D.)

- Wählen Sie eine Zelle auf dem zweiten Blatt und geben Sie den folgenden Text ein: =Blatt1!B12
- 2) Drücken Sie die Eingabetaste (Enter).

Excel[®] fügt den Wert der Zelle B12 von 'Blatt1' in die Zelle auf 'Blatt2' ein. Wenn Sie jetzt den Wert auf 'Blatt1' ändern, ändert er sich auch auf 'Blatt2'.

Sie können dann die Zellen im neu eingefügten 'Blatt2' so anordnen, dass es als Bericht verwendet werden kann. Für die weitere Formatierung, das Layout und Zellenverweise können Sie alle Standardfunktionen Excel[®] nutzen, wie *Bild einfügen* (Ihr Logo), *Text formatieren, Seitenumbruchvorschau*, etc., siehe das Hilfe-Menü von Microsoft[®] Excel. Wenn Sie mit dem Aussehen des Blatts zufrieden sind, wählen Sie die Zellen, die in den Bericht eingehen sollen und klicken auf **Datei**, **Druckbereich**, *Druckbereich festlegen*. Öffnen Sie *Seitenlayout* (Datei/Seitenlayout), um dafür zu sorgen, dass Ränder, Kopf- und Fußzeile usw. Ihren Vorstellungen entsprechen. Abb. 5.30 zeigt ein Beispiel für einen Bericht.



5.4.4 Erstellen eigener Excel[®] Berichtvorlagen (*.XLT)

Beim Verwenden derselben Exporteinstellungen (siehe Abschnitt 5.4.1) exportiert der Vibration Explorer die Daten mit derselben Struktur von 'Blatt1'. Falls Sie häufig ähnliche Berichte zu erstellen haben, ist es empfehlenswert, sich Vorlagen anzulegen, die Sie jedes Mal verwenden können, wenn Daten zu Excel[®] exportiert werden. Damit wird der gesamte Vorgang der Berichterstellung wesentlich vereinfacht.

Um eine Excel[®] Berichtvorlage zu erstellen:

- 1) Erstellen Sie einen Bericht wie in Abschnitt 5.4.3 beschrieben.
- Wenn Sie mit dem Aussehen, der Größe, Links, Logo usw. zufrieden sind, löschen Sie alle Daten in 'Blatt1'.

3) Speichern Sie die Tabelle als Vorlage, indem Sie Datei und anschließend Speichern unter wählen. In Speichern unter wählen Sie als Dateityp Vorlage (*.XLT). Um die erstellte Vorlage im Vibration Explorer leicht zugänglich zu machen, speichern Sie sie im Datenverzeichnis des Vibration Explorers (siehe Abb. 5.31).





(P)	person xport to Excel te	mplate	(xlt)			
Exc	el Template file i	name:		C: Program Fi	les\B	ruel and Kjaer\44
Sele	ct attribute	Select	All	Deselect All		
V	Person name		Pers	on location	•	Person description
~	A	1	VDV		1	VDV MAX
~	Working Point	1	Expo	osure time	7	RMS VTV
~	CF Max	1	Seria	al no.	~	Pe
~	Organisation d	escriptio	on		2	Items (only Excel)

Jetzt kann die Mustervorlage in Export-Einstellungen (siehe Abb.5.32) gewählt werden, wenn ein vordefinierter Bericht gewünscht wird. Abb.5.31 und Abb.5.32 zeigen die Verwendung einer Mustervorlage für den Export von Daten für eine Person.

Abb.5.31

5.5 Softwareeinstellungen

Das Dialogfenster **Einstellungen Vibration Explorer** (siehe Abb.5.33) dient zum Einstellen von Berechnungsparametern (z.B. Auslöse- und Grenzwerte für Hand-Arm/Ganzkörper-Belastungen), der täglichen Expositionszeit und zum Ändern der Anwendungssprache. Um es zu öffnen, wählen Sie **Extras/Einstellungen Vibration Explorer...**

Abb.5.33 Dialogfenster zur Einstellung des Vibration Explorers	Application lang Measurements A and VDV Se Reference C	s age file: C: "Frogram Files (inuel and rija Infault unit (m/h2 unition (ffit) (8) Hour	er		
	Weightin	Daily exposure action value A	Daily exposure limit value A	Daily exposure action value VDV	Daily exposure limit value VOV
	Whole-box	ly 0.500	1.150	9.100	21.000
	Hand-arm	2.90	5.000) <i>i</i>	1
	Building	Undefined	Undefined	5 Undefined	Undefined
					Close

Sprachdatei

Die Standardsprache des Vibration Explorers ist Englisch. Die unterstützten Sprachen können unter LOKALES LAUFWERK *PROGRAM FILES\BRUELAND KJAER\4447 VIBRATION EXPLORER\ LANGUAGE* gefunden werden. Um die Sprache zu ändern, wählen Sie die betreffende .SWL-Datei.

Standard-Masseinheit

Die Ergebnisse werden in m/s² angezeigt, es kann jedoch g oder dB gewählt werden.

Referenze dauer (T_0)

Die Standardeinstellung für die Dauer, die den Bezugswert für die tägliche Arbeitszeit in Stunden repräsentiert, ist 8 Stunden. Sie lässt sich jederzeit ändern – vor, während und nach der Berechnung – und wird sofort auf alle Ergebnisse angewendet.

Tabelle der Tagesbelastung

Zeigt die Standard-Auslösewerte und Grenzwerte der täglichen Exposition für Ganzkörperund Hand-Arm-Schwingungen gemäß der Richtlinie 2002/44/EC. Um die Werte zu ändern, doppelklicken Sie auf einem Wert in der Tabelle und geben einen neuen ein. Dann wird bei der Berechnung der Tagesbelastung der aktualisierte Wert verwendet.

5.6 Aktualisierung der Firmware und Spracheinstellung von Typ 4447 mit dem Vibration Explorer

Das Dialogfenster *Gerätesoftware Upgrade* dient zur Einrichtung und Wartung von Typ 4447 (siehe Abb.5.34). Verbinden Sie den Typ 4447 mit Ihrem Computer. Wählen Sie dann **Extras**, **Geräte-Einstellungen** und anschließend *Instrument Firmware*.

Abb.5.34	🛠 Instrument SW upgrade	X
Das Dialogfenster zum Aktualisieren der Instrument-Software	Instrument SW Upload Language file Upload Synchronise Time with PC	
		glose

Um die neueste Version der Firmware zu installieren:

- 1) Klicken Sie auf ... rechts neben dem Feld Instrument Firmware. Es erscheint das Windows[®] Standard-Dialogfeld Datei öffnen.
- 2) Blättern Sie zur neuen Firmwaredatei, markieren sie und drücken Sie Öffnen.
- Wenn das Dialogfenster "Instrument Firmware" erscheint, drücken Sie den Übertragen Button.
- 4) Ein Verlaufsbalken zeigt den Fortschritt an.

Hinweis: Die Übertragung dauert einige Zeit. Sorgen Sie dafür, dass die Batterie des Typ 4447 voll aufgeladen ist und das USB-Kabel fest mit dem Messgerät und dem Computer verbunden ist. Falls der Vorgang unterbrochen wird (z.B. weil sich das Kabel löst), wird der Typ 4447 gesperrt. In diesem Fall muss die Übertragung wiederholt werden, bis sie erfolgreich abgeschlossen ist.

Die neueste Firmwareversion kann von Brüel & Kjærs Webseite (www.bksv.com) heruntergeladen werden.

Ändern der Sprache von Typ 4447

- Klicken Sie auf ... rechts neben dem Feld Sprachdatei. Es erscheint das Windows[®] Standard-Dialogfeld Datei öffnen.
- 2) Blättern Sie zur gewünschten Sprachdatei (Dateierweiterung .HWL), markieren sie und drücken Sie Öffnen. In der Standardeinstellung werden Sprachdateien für den Typ 4447 im Ordner LANGUAGE im Stammverzeichnis des Vibration Explorers platziert.
- 3) Im Dialogfenster "Instrument Firmware" drücken Sie auf Übertragen für Sprache.
- 4) Ein Verlaufsbalken zeigt den Fortschritt an.

Hinweis: Die Übertragung dauert einige Zeit. Sorgen Sie dafür, dass die Batterie des Typ 4447 voll aufgeladen ist und das USB-Kabel fest mit dem Messgerät und dem Computer verbunden ist. Falls der Vorgang unterbrochen wird (z.B. weil sich das Kabel löst), wird der Typ 4447 gesperrt. In diesem Fall muss die Übertragung wiederholt werden, bis sie erfolgreich abgeschlossen ist.

Um die Zeiteinstellung von Typ 4447 und dem PC zu synchronisieren

Um Datum und Uhrzeit zwischen dem Messgerät und dem PC zu synchronisieren, klicken Sie auf **Synchronisiere Zeiteinstellung mit PC**. Die erfolgreiche Synchronisation wird mit der Meldung *Synchronisation OK* bestätigt.

5.7 Dialogfenster "Hilfe" und "Über"

Um auf die Online-Hilfe zuzugreifen, klicken Sie auf das **Hilfe** Symbol in der Symbolleiste oder wählen Sie im Menü **Hilfe** und anschließend *Manuell*.

Das Über Menü (Hilfe, anschließend *Über 4447 Vibration Explorer* drücken) gibt die Version des 4447 Vibration Explorers an.

Kapitel 6

Pflege und Wartung

Der Typ 4447 wurde so konzipiert, dass er Ihnen viele Jahre für Ihre Messaufgaben verlässlich zur Verfügung steht. Sollte dennoch einmal ein Fehler in der Funktionalität des Gerätes auftreten, schalten Sie das Gerät ab und entfernen Sie alle Anschlüsse, um weitere Schäden zu vermeiden.

Um möglichen Fehlfunktionen oder Beschädigungen vorzubeugen, lesen Sie bitte die nachfolgenden Hinweise zur Pflege, Reinigung und Aufbewahrung des Gerätes.

Bei Störungen oder zur Reparatur wenden Sie sich bitte an Ihr Brüel & Kjær Verkaufsbüro. Brüel & Kjær gewährleistet ein hohes Maß an Hilfestellungen und Kundenservice, um den Anwender beim Einsatz des Messgerätes zu unterstützen.

6.1 Pflege, Reinigung und Aufbewahrung

Der Typ 4447 ist ein empfindliches Präzisionsmessgerät. Beachten Sie daher bitte die folgenden Hinweise zum Umgang mit dem Gerät.

Umgang mit dem Gerät

- Versuchen Sie nicht, das Gerät zu öffnen. Es enthält keine Teile, die vom Benutzer selbst repariert oder ausgewechselt werden können. Wenn Sie meinen, dass Ihr Gerät einer Wartung bedarf, wenden Sie sich bitte an Ihr Brüel & Kjær Verkaufsbüro
- Schützen Sie das Gerät vor Feuchtigkeit und Nässe
- Schützen Sie das Gerät vor Stößen. Lassen Sie es nicht fallen. Transportieren Sie es in der mitgelieferten Tragetasche
- Benutzen Sie bitte nur das mit dem Messgerät mitgelieferte Ladegerät, um die Lithium-Ionen-Batterie zu laden

Zurücksetzen der Gerätefunktionen

Wenn das Gerät ausnahmsweise einmal nicht reagiert (d.h. alle Eingabefunktionen scheinen blockiert zu sein), müssen die Gerätefunktionen zurückgesetzt werden ("Master Reset"). Benutzen Sie hierfür die 💽 Taste und halten Sie diese länger als 10 Sekunden gedrückt.

(Nach einem Reset muss die interne Uhr neu eingestellt werden. Bitte überprüfen Sie die Zeiteinstellung im **Setup-** und **Kalibriermenü**, bevor Sie eine neue Messung durchführen.)

6.1.1 Aufbewahrung des Messgerätes

- Bewahren Sie den Typ 4447 an einem trockenen Ort auf, schützen Sie das Messgerät in der zugehörigen Tragetasche
- Beachten Sie die zulässige Lagertemperatur von –25 bis +60°C

6.1.2 Reinigung des Messgerätes

Bei Verschmutzung des Gerätegehäuses wischen Sie es mit einem leicht angefeuchteten Tuch ab. Verwenden Sie keine scheuernden Reinigungsmittel oder Lösemittel. Verhindern Sie das Eindringen von Feuchtigkeit an den Anschlüssen oder in das Gehäuse.

6.1.3 Batteriewechsel

Die Batterie kann nicht vom Benutzer gewechselt werden. Wenn ein Batteriewechsel erforderlich ist, muss das komplette Messgerät an ein Brüel & Kjær Servicecenter eingesendet werden.

Kapitel 7

Technische Daten

Der Typ 4447 erfüllt die Anforderungen folgender nationaler und internationaler Normen:

- ISO 8041:2005: Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung
- ISO 5349–1: 2001: Mechanische Schwingungen Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ISO 5349-2: 2001: Mechanische Schwingungen –

Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz

- ISO 2631–1: 1997: Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- EU-Richtlinie 2002/44/EG

	Aufnehmer	Nominelle Empfind- lichkeit	Filter	Frequenz- bereich	Linearer Arbeitsbereich ^a	Eigen- rauschen
Hand-Arm	4524-B-001	1 mV/(m/s ²)	W _h	2 Hz bis 7 kHz	1 m/s ² bis 3200 m/s ²	<0,1 m/s ²
Ganzkörper	4515-B-002	10 mV/(m/s ²)	W _d , W _k	0,25 Hz bis 900 Hz	$0,1 \text{ m/s}^2 \text{ bis } 320 \text{ m/s}^2$	<0,01 m/s ²

MITGELIEFERTE BESCHLEUNIGUNGSAUFNEHMER

 Der lineare Arbeitsbereich ist der Messbereich des Messgerätes. Er ist nach ISO 8041:2005 festgelegt. Außerhalb dieses Bereiches wird entweder Übersteuerung oder Untersteuerung angezeigt.

STOSSFESTIGKEIT

Max. Stoßfestigkeit der empfohlenen Aufnehmer $(\pm Peak)$: 50 km/s²

ANZEIGE

Farbgrafik-Display: 124×124 Pixel Auflösung Standardinformationen zum Betriebszustand werden durch Symbole angezeigt:

- Batterie-Ladezustand
- Mess-Status: Messung, Pause, Stopp
- Kanal-Status
- Verstrichene Zeit: hh:mm:ss

UHR

Echtzeituhr und zeitgestempelte Messungen

PERMANENTSPEICHER

64 kB oder 750 Messungen (in 3 Koordinatenrichtungen) oder 4,7 h Zeitverlaufsdaten können gespeichert werden

USB-ANSCHLUSS

Kompatibel zu Version USB 2.0 Geräteanschluss: Mini B

EINGANGSKANÄLE

Typ 4447 besitzt zwei analoge Eingangskanäle und einen digitalen Ein-/Ausgang (USB). Die Eingänge sind für den Einsatz mit 3-achsigen und/oder 1achsigen Beschleunigungsaufnehmern ausgelegt und mit einer abschaltbaren CCLD-Stromversorgung ausgestattet. Die Eingangsempfindlichkeit ist für typische Aufnehmer für Humanschwingungsmessungen ausgelegt

KABEL

Die maximale Länge für Aufnehmerkabel beträgt 3 m

FREQUENZBEWERTUNG

Die Frequenzbewertungsfilter entsprechen ISO 8041:2005. Verhandene Bewertungsfilter $W_h,\,W_d,\,W_k$ und W_m

SYSTEMEINSTELLUNGEN

Frequenzbewertungsfilter (Messart) Angezeigte Maßeinheit

DETEKTOR

Gleichzeitige Messung der bewerteten Effektiv- und Spitzenwerte der Schwingbeschleunigung für jeden Messkanal

MESSPARAMETER

Die Messgrößen werden durch die gewählten Systemeinstellungen bestimmt. Die folgenden Parameter werden kontinuierlich gemessen und berechnet, Sie können während und nach der Messung angezeigt werden Raumtemperatur nach mehr als 6 Stunden Aufladen mit dem mitgelieferten Ladegerät ZG-0459^{*} Hinweis 1: Die Verwendung des externen Ladegerätes (ZG-0459) während der Messung wird nicht empfohlen, da es Störungen verursachen kann

KALIBRIERUNG

Schwingbeschleunigung für Kalibrierprüfung: 10 m/s² (3,16 m/s² für hochempfindliche Beschleunigungsaufnehmer: Position 5 und 10) Frequenz für Kalibrierprüfung: 159,2 Hz Spannung für elektrische Kalibrierprüfung: 100 mV für Typ 4515-B-002 und 10 mV für Typ 4524-B-001

ABMESSUNGEN UND GEWICHT

Größe: $70 \times 135 \times 28 \text{ mm}$ Gewicht: 260 g einschließlich Akku

SPRACHEN

Englisch, Deutsch, Französisch, Spanisch und Italienisch

BATTERIE

Aufladbare Lithium-Ionen-Batterie 3,7 V, 2600 mAh. Bis 4 Stunden kontinuierlicher Betrieb bei

Parameter	Symbol	Maßeinheit
Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung über die Messzeit gemittelt	Sum. RMS X, Y, Z	m/s ² , g oder dB ^a
Aus den Schwingungskomponenten in den drei Achsrichtungen resultierender Schwingungsgesamtwert (Wurzel aus der Summe der Quadrate): die drei orthogonalen Werte multipliziert mit ihrem jeweiligen k-Faktor	Sum. RMS VTV	m/s², g oder dBª
Gleitender Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung: Momentanwert der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung, exponentiell mit einer Zeitkonstanten von 1 s gemittelt	Mom. RMS X, Y, Z	m/s ² , g oder dB ^a
Höchstwert der momentanen bewerteten Schwingbeschleunigung: Höchster aufgetretender Wert von "Mom. RMS" während der Messzeit	MTVV X, Y, Z	m/s ² , g oder dB ^a
Spitzenwert der bewerteten Schwingbeschleunigung: Höchster Schwingungsausschlag (positiv oder negativ) der bewerteten Schwingbeschleunigung während der Messzeit	Peak X, Y, Z	m/s ² , g oder dB ^a
Schwingungsdosis (VDV): Die vierte Wurzel aus dem Integral über die Zeit der vierten Potenz der Momentanwerte der bewerteteten Schwingbeschleunigung. Integrationszeit ist die verstrichene Messzeit	VDV X, Y, Z	m/s ^{1,75} , g·s ^{0,25} oder dB ^a
Schwingungsgesamtwert auf Basis der Schwingungsdosis VDV: die drei orthogonalen Werte multipliziert mit ihrem jeweiligen k-Faktor	Sum. VDV VTV	m/s ² , g oder dB ^a
8-Stunden-Schwingungsdosis: Die über die verstrichene Messzeit gemessene 8-Stunden-Schwingungsdosis ist die mit dem Bewertungsfaktor k multiplizierte Extrapolation der Schwingungsdosis auf den Wert, den das gleiche Mess-Signal bei einer Messzeit von 8 Stunden ergeben würde	VDV(8) _k X, Y, Z und VTV	m/s ^{1,75} , g·s ^{0,25} oder dB ^a
Messdauer	Verstrichene Zeit	h:m:s

*. Beim Einsatz des Gerätes bei niedrigen Temperaturen ist die Betriebsdauer verkürzt

Auf 8 Stunden bezogene Tages-Schwingungsbelastung A(8): Für Hand-Arm-Schwingungen ist A(8) gleich Sum. RMS VTV. Für Ganzkörper-Schwingungen ist A(8) der Höchstwert der bewerteten Schwingbeschleunigungen "Sum. RMS" in den drei Achsrichtungen multipliziert mit ihrem jeweiligen k-Faktor	A(8)	m/s ² , g oder dB ^a
Tages-Schwingungsbelastung über 4 Stunden: A(8) auf 4-stündige Exposition umgerechnet	A(4)	m/s ² , g oder dB ^a
Tages-Schwingungsbelastung über 1 Stunde: A(8) auf 1-stündige Exposition umgerechnet	A(1)	m/s ² , g oder dB ^a
SEAT-Faktor, berechnet als Quotient zwischen den in Z-Richtung gemessenen Werten von RMS und VDV am Sitz und auf dem Boden unter dem Sitz	SEAT RMS	_
	SEAT VDV	_

a. dB-Bezugswert $1\,\mu\text{m/s}^2$ (für VDV: $1\,\mu\text{m/s}^{1,75}$)

Bestellinformationen

Humanschwingu umfasst:	Ingsanalysator Typ 4447-A	Humanschwingu 4447-C umfasst:	ungsanalysator – Hand-Arm Typ	
Тур 4515-В-002	DeltaTron Triaxial-Sitzkissen-	Alle Komponenten und das Zubehör von Typ 4447-A		
	Aufnehmer Typ 4524-B, 10 mV/(ms ²), TEDS, mit fest verbundenem Kabel (3 m) zu 4-pol.	 Typ 4515-B-002 aufnehmer DH-0411: Befes 	2: DeltaTron Triaxial-Sitzkissen- stigungsgurt für Sitzkissenaufnehmer	
Тур 4524-В-001	DeltaTron Miniatur-Triaxial- aufnehmer, 1 mV/(m/s ²), TEDS	Humanschwingungsanalysator – Ganzkörper Typ 4447-D umfasst: Alle Komponenten und das Zubehö von Typ 4447-A außer:		
AO-0693-D-025	Anschlusskabel LEMO zu 4- poligem 1/4–28 MicroTech-	Typ 4524-B-001	DeltaTron Miniatur-Triaxial- aufnehmer, 1 mV/(m/s ²), TEDS	
und das folgende	Anschluss, 2,5 m Zubehör:	AO-0693-D-025	Anschlusskabel LEMO zu 4-pol. 1/4–28 MicroTech-Anschluss, 2,5 m	
 AO-1476: USB-Schnittstellenkabel von USB A zu USB Mini B, 1,8-m UA-3015: Hand-Adapter UA-3016: Handgriff-Adapter UA-3017: Würfel-Adapter zur direkten Befestigung BZ-5623: 4447 Vibration Explorer, Software zur Datenübertragung, Protokollierung und Auswertung der Messungen ZG-0459: Ladegerät, 100–240 V, 50–60 Hz QA-0232: Schraubenzieher YJ-0216: Bienenwachs zur Befestigung DB-0756: Klebkopfschraube, 10–32 UNF DH-0750: Trageriemen für Typ 4447 DG-0517: Klettverschluss KE-0455: Tragetasche 		 UA-3015: Hand-Adapter UA-3016: Handgriff-Adapter UA-3017: Würfel-Adapter zur direkten Befestigung DG-0517: Klettverschluss OPTIONALES ZUBEHÖR Tra 4004		
		Typ 4515-B-002	DeltaTron Triaxial-Sitzkissen- aufnehmer, mit eingebautem Aufnehmer Typ 4524-B, 10 mV/(ms ²), TEDS, mit fest verbundenem Kabel (3 m) zu 4- poliger LEMO-Steckverbindung	
		Humanschwing	Ingsanalysator Typ 4447-B	Тур 4524-В-001
umfasst: Alle Komponenter	n und das Zubehör von Typ 4447-A	Туре 4507-001	Einachsiger DeltaTron Miniaturaufnehmer, 1 mV/(m/s ²)	
Typ 4294: SchwDV-0459: Kleine	plus : <i>v</i> ingungskalibrator er Befestigungs-Clip zur Kalibrierung	Тур 4520-004	Miniatur-Triaxialaufnehmer, 0,1 mV/(ms ²)	

AO-0694-D-012	Anschlussbuchse 3×10–32 UNF zu	4447-A-CVI	Akkreditierte Erst-Kalibrierung von
AO-0695-D-025	LEMO, 1,2111 LEMO Stecker zu 10–32 LINE-		Liberprüfung des Analysators
//O 0000 D 020	Kabel, 2.5 m, für einachsige	4447-B-CVF	Akkreditierte Kalibrierung von
	Beschleunigungsaufnehmer		4520-002, 4524-B, 4294,
	(4. Kanal)		Überprüfung des Analysators und
DH-0411	Befestigungsgurt für		Batteriewechsel
	Sitzkissenaufnehmer	4447-B-CVI	Akkreditierte Erst-Kalibrierung von
DV-0459	Kleiner Befestigungs-Clip zur		4520-002, 4524-B, 4294 und Erst-
	Kalibrierung (im Lieferumfang von		Überprüfung des Analysators
	Тур 4447-В)	4447-C-CVF	Akkreditierte Kalibrierung von
DV-0463	Feder-Clip für Adapter UA-3015,		4520-002, Überprüfung des
	UA-3016 und UA-3017		Analysators und Batteriewechsel
DV-0497	Gürtel-Clip für Analysator	4447-C-CVI	Akkreditierte Erst-Kalibrierung von
UA-2085	10 × Schrauben für		4520-002 und Erst-Überprüfung des
	Sitzkissenaufnehmer		Analysators
WA-0224	Mechanischer Filter, 3 mm	4447-C-CVF	Akkreditierte Kalibrierung von
	Stiftschraube		4524-B, Überprüfung des
SERVICEPRODUKTE			Analysators und Batteriewechsel
4447-A-CVF	Akkreditierte Kalibrierung von	4447-D-CVI	Akkreditierte Erst-Kalibrierung von
	4520-002, 4524-B. Überprüfung des		4524-B und Erst-Überprüfung des
	Analysators und Batteriewechsel		Analysators
		4447-RE3	4447 Batteriewechsel
		4447-TCF	Konformitätsprüfung mit Zertifikat

Normerranang	
CE, C	Das CE-Zeichen zeigt die Einhaltung folgender Normen an: EMV-Richtlinie und Niederspannungsrichtlinie. Abgehaktes C-Zeichen zeigt die Einhaltung der EMV-Vorschriften von Australien und Neuseeland an.
Sicherheit	EN/IEC 61010–1: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte. ANSI/UL 61010–1: Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte.
EMV Störaussendung	EN/IEC 61000–6–3: Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe. EN/IEC 61000–6–4: Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereich. CISPR 22: Funkstöreigenschaften von Geräten der Informationstechnologie. Grenzwerte der Klasse B. FCC-Grenzwerte, Teil 15: Einhaltung der Grenzwerte für Klasse B.
EMV Störfestigkeit	 EN/IEC61000-6-1: Fachgrundnorm – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe. EN/IEC61000-6-2: Fachgrundnorm – Störfestigkeit für Industriebereich. EN/IEC61326: Elektrische Betriebsmittel für Leittechnik und Laboreinsatz – EMV-Anforderungen. Hinweis 1: Die Einhaltung wird nur mit dem in diesem Handbuch aufgeführten Zubehör garantiert.
Temperatur	IEC 60068–2–1 und IEC 60068–2–2: Umweltprüfverfahren. Kälte und trockene Wärme. Betriebstemperatur: –10 bis +50°C Lagertemperatur: –25 bis +70°C
Luftfeuchtigkeit	IEC 60068-2-78: Feuchte Wärme: 93% rF (ohne Kondensation bei 40°C)
Mechanische Festigkeit	Außer Betrieb: IEC 60068–2–6: Schwingungen: 0,3 mm, 20 ms ⁻² , 10 – 500 Hz IEC 60068–2–27: Schocken: 1000 × 40 g IEC 60068–2–29: Dauerschocken: 6 × 1000 Schocks bei 40 g
Gehäuseschutz	IEC 60529 (1989): Schutzklasse durch Gehäuse: IP 42

Normerfüllung


Kapitel 8

Glossar

A(1), A(4), A(8): Tages-Schwingungsbelastung normiert auf eine Einwirkungsdauer von 1, 4 bzw. 8 Stunden. Für Hand-Arm-Schwingungen ist A(8) gleich dem Schwingungsgesamtwert VTV, der aus allen drei Achsrichtungen resultiert. Für Ganzkörper-Schwingungen ist A(8) der höchste Wert des Effektivwerts der bewerteten Schwingbeschleunigung (Sum. RMS) der drei Achsrichtungen multipliziert mit dem k-Faktor für die jeweilige Achsrichtung. A(4) ist gleich A(8) multipliziert mit der Quadratwurzel aus 4h/8h. A(1) ist gleich A(8) multipliziert mit der Quadratwurzel aus 1h/8h.

Mom. RMS: Der gleitende Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung wird mit exponentieller Mittelung mit einer Zeitkonstanten von 1 Sekunde gemessen. Dieser Momentanwert wird während der Messung angezeigt, aber nicht im Ergebnis gespeichert. Die Anzeige dieses Wertes gestattet dem Benutzer, den Verlauf der Schwingbeschleunigung während der Messung zu verfolgen.

MTVV: "Maximum Transient Vibration Value". Höchstwert des gleitenden Effektivwerts der bewerteten Schwingbeschleunigung (Mittelung mit einer Zeitkonstante von 1 Sekunde), der über die verstrichene Messzeit gemessen wurde. Bei Protokollierung wird der MTVV für jedes Abspeicherintervall ermittelt.

*P*_E: Expositionspunkte stellen eine andere Möglichkeit dar, um die Tages-Schwingungsbelastung A(8) anzugeben. Die Beziehung zwischen Expositionspunkten P_E und der Tages-Schwingungsbelastung A(8) ist so definiert, dass 100 Expositionspunkte stets dem Auslösewert für die Tagesbelastung entsprechen (0,5 m/s² für Ganzkörper-Schwingungen und 2,5 m/s² für Hand-Arm-Schwingungen). Expositionspunkte werden einfach addiert. Damit erleichtert das Expositionpunktsystem dem Nichtfachmann die Risikobeurteilung wesentlich und macht sie besser durchschaubar.

SEAT RMS: SEAT-Faktor (Seat Effective Amplitude Transmissibility) auf der Basis zeitlich gemittelter Beschleunigungswerte. Es ist der Quotient aus dem in Z-Richtung (vertikal) gemessenen Effektivwert der Schwingbeschleunigung auf der Sitzschale und auf dem Fahrzeugboden direkt unter dem Sitz.

SEAT VDV: SEAT-Faktor (Seat Effective Amplitude Transmissibility) auf der Basis von Schwingungsdosiswerten (VDV). Es ist der Quotient aus dem in Z-Richtung (vertikal) gemessenen Effektivwert der Schwingbeschleunigung auf der Sitzschale und auf dem Fahrzeugboden direkt unter dem Sitz.

Spitzenfaktor: Der Spitzenfaktor (oder Scheitelfaktor) ist der Quotient aus dem Spitzenwert und dem Effektivwert einer Größe über ein bestimmtes Zeitintervall. Der Spitzenfaktor ist niedrig, wenn der Spitzenwert nur geringfügig über dem Effektivwert liegt. Dies entspricht einem relativ gleichmäßigen Schwingungsvorgang. Ein hoher Spitzenfaktor bedeutet, dass vorübergehend starke Schwingungen auftraten, beispielsweise Stöße.

Spitzenwert: Spitzenwert der Schwingbeschleunigung. Der höchste Schwingungsausschlag (positiv oder negativ) der momentanen Höchstwerte der frequenzbewerteten Schwingbeschleunigung während der verstrichenen Messzeit. Bei protokollierten Messungen wird der Spitzenwert auch in 1-Sekunden-Intervallen abgespeichert.

Sum. RMS: Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung gemittelt über die Messzeit. Der frequenzbewertete Effektivwert der Schwingbeschleunigung wird mit linearer Mittelung gemessen, wobei die Mittelungszeit der verstrichenen Zeit entspricht. Bei protokollierten Messungen wird der Effektivwert ebenfalls linear gemittelt und in 1-Sekunden-Intervallen abgespeichert.

VDV: Schwingungsdosis. Die vierte Wurzel aus dem Integral über die Zeit der vierten Potenz der Momentanwerte der frequenzbewerteteten Schwingbeschleunigung. VDV wird in der Einheit $m/s^{1,75}$ gemessen. Die Integrationszeit für Einzelmessungen ist die verstrichene Messzeit. Bei protokollierten Messungen wird VDV in 1-Sekunden-Intervallen ermittelt und abgespeichert.

 $VDV(8)_k$: 8-Stunden-Schwingungsdosis. Die über die verstrichene Zeit gemessene Schwingungsdosis (VDV) ist die mit dem Bewertungsfaktor k multiplizierte Extrapolation der Schwingungsdosis auf den Wert, den das gleiche Mess-Signal bei einer Messzeit von 8 Stunden ergeben würde.

Verstrichene Zeit: Die Gesamtmesszeit wird vom Start- bis Endzeitpunkt der Messung gezählt, wobei Pausen nicht mitgerechnet werden. Während der Messung wird die bis dahin verstrichene Messzeit unten rechts auf dem Display angezeigt.

VTV: Schwingungsgesamtwert (VTV). Die aus den Schwingungskomponenten in den drei Achsrichtungen berechnete Gesamtschwingbeschleunigung (definiert als die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Schwingbeschleunigungen in den drei Richtungen) multipliziert mit den k-Faktoren für die drei Achsen. Die k-Faktoren sind Bewertungsfaktoren, die davon abhängen, ob Hand-Arm- oder Ganzkörper-Schwingungen gemessen werden. Es werden zwei verschiedene VTVs berechnet: für den Effektivwert der bewerteten Schwingbeschleunigung (Sum. RMS) und für die Schwingungsdosis (Sum. VDV).

Index

Numerisch

1-kanaliger Eingang	5
3-kanaliger Eingang	5
4447 Vibration Explorer Software1, 4, 7, 17,	43,
47, .61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70,	72,
74, .77, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90,	91,
92	

Α

A(1)	59
A(1), A(4), A(8) .45, 47, 51, 71, 77, 79, 83, 99, 1	03
A(4)	6
A(8)6,	22
Achsenorientierung15,	50
Aktualisierung der Firmware	91
Analoge Eingänge	5
Ändern der Maßeinheit	30
Angezeigte Parameter	2
Anpassung der Tabelle	78
Anschluss zum Computer	61
Anschlussfeld des Typ 225053,	55
Anzeige	29
Arbeiten mit Daten in Mess- und Logginggruppen	76
Aufbewahren	96
Aufladbare Batterie	27
Aufladen5, 27, 43, 44,	98
Aufnehmer	36
Aufnehmertyp	33
Ausschalten	30
Auswahl	
Kalibriermethode	35

В

27,	28,	96,	97,	98,	100
					27
					43
					96
	70	, 71	, 76	, 84	, 85
					5
					45
	27,	.27, 28,	.27, 28, 96,	.27, 28, 96, 97,	.27, 28, 96, 97, 98,

Beispiel für Anzeige	43
Belastung, Registerkarte	72, 86
Benutzeroberfläche des Vibration Explorers	70
Beurteilung	14
Biodynamisches Koordinatensystem	54

С

CF	22
----	----

D

Daten löschen	76
Datenimport und Datenverwaltung	73
Datenimport von einer anderen Projektdatei	74
Datenverwaltung	46
Datenverzeichnis	90
Datum/Uhrzeit einstellen	30
DB-0756	36
DeltaTron4, 5, 33,	99
Digitaler Eingang/Ausgang	5
Display5, 30,	42
Dreiachsig + 1 6, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 49,	58
DV-0459	36

Ε

einachsig	6
Einführung	1
Eingänge	5, 97
Eingangseinstellungen	
Einstellen der Eigenschaften	83
Einstellen der Eingangskanäle	
Einstellen der Maßeinheit	30
Erste Schritte	
Erstellen	83
Erstellen von Berichten	
Excel® Berichtvorlage	89
Export von Daten	87
Expositionsdauer	
Expositionsdauer definieren	85
Expositionspunkte	23, 86, 103

F

Farbcodes
Farbdisplay4
Frequenzbewertung Wd6, 18, 19, 39, 40, 43, 57, 97
Frequenzbewertung Wh 6, 15, 39, 41, 43, 97
Frequenzbewertung Wk6, 18, 19, 39, 40, 43, 57, 97
Frequenzbewertung Wm6, 39, 41, 43, 98
Frequenzbewertung:
Funktionstasten 1, 4, 5, 28, 29, 38
Funktionstasten, Abwärts-Pfeil
Funktionstasten, Aufwärts-Pfeil
Funktionstasten, Häkchen
Funktionstasten, Kreuz

G

Ganzkörper-Schwingungen18
Ganzkörper-Schwingungen, Messung 31
Ganzkörper-Schwingungsmessungen mit Typ 4447 55
Gebäudeschwingungen6, 34, 35, 39, 41, 42, 43,
69
Gebäudeschwingungen, Messung31, 45, 77
Gemessene Parameter bei der Beurteilung der
Schwingungseinwirkung auf Menschen
Gerätebügel5
Gruppendaten
Gruppeneigenschaften
н

Н

Hand-Adapter 5	3
Hand-Arm-Schwingungsmessung31, 5	1
Hand-Arm-Schwingungsmessungen15, 5	1
Handgriff-Adapter 5	3
Hauptmenü. 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 45, 46	,
47, 50, 51, 55, 58, 59, 60, 67, 68, 73, 74, 76	,
79	
Hinzufügen von Megedeten zu Arheitenlätzen und	

Hinzufügen von Messdaten zu Arbeitsplätzen und Personen

Personen	84
hochempfindlicher Beschleunigungsaufnehmer	34
Humanschwingungen	9
Humanschwingungen - Beschreibung	2
Humanschwingungsanalysator Typ 4447	1
Humanschwingungsanalysator Typ 4447 - Merkma	ale 6

I

Importieren von Einzelmessungen	. 73
Importieren von Loggingprofilen	. 74
In diesem Handbuch verwendete Vereinbarungen.	1
Indikator	
Batteriezustand	. 27

'
,
7
3
3
3

SO 5349-1 Hand-Arm-Schwingungen	
Allgemeine Anforderungen	3
SO 5349-2 Hand-Arm-Schwingungen	
Praxisgerechte Anleitung	3
SO 8041	3

Κ

Kalibrieradapter	
Kalibriermenü	33, 34, 96
Kalibrierung7, 34, 35, 36, 37, 38, 49,	50, 55, 58,
98,	
Kalibrierung des Beschleunigungsaufnehr	mers35
Klebkopfschraube	

L

Ladegerät	.4, 27,	44,	49,	95,	98,	99
LEMO						.32
Lithium-Ionen-Akku						.27
Loggingprofil 13, 22, 42, 7	71, 73,	74,	76,	79,	80,	85
Loggingprofil, Registerkarte	э					.72
Loggingprofile, Details						.80
Löschen von Daten						.47

M

Manuelle Kalibrierung
Menüelemente2
Merkmale des
Humanschwingungsanalysator Typ 44476
Mess- oder Logginggruppen aus Projekt entfernen76
Messdetails
Messinformationen, Registerkarte71
Messparameter
Mess-Status-Feld:43
Messung24, 46
Messung von Ganzkörperschwingungen54
Messung von Hand-Arm-Schwingungen50
Messung von Humanschwingungen49
Messungen71
Messvorgang45
Mini-B USB-Anschluss5
Mom. RMS6, 51, 56, 59, 98, 103
Montage der Beschleunigungsaufnehmer59
Montage des Aufnehmers
Montageposition15
Montagezubehör4
MTVV6, 12, 13, 18, 22, 42, 44, 45, 51, 56, 59,
60, 68, 78, 80, 83, 98, 103

Ν

Nachverarbeitung	61
Neue Projekte anlegen	72
Neustarten einer Messung	46

Organisationen	71
Organisationsmodell	81

Organisationsstruktur				82,	83
Orientierung	.18,	35,	37,	50,	53

Ρ

45
98, 104
34
15
68, 70
72
73
73
60
71, 73,

R

S

Schnellrückmeldung	79, 86
Schnellrückmeldung, Gelb	79, 86
Schnellrückmeldung, Grün7	79, 86
Schnellrückmeldung, Rot7	79,86
Schwingungsbelastung 3, 7, 9, 10, 13, 14, 16	3, 19,
20, 22, 42, 47, 51, 68, 79, 81, 83, 86, 99	9, 103
Schwingungskalibrator	4
Schwingungsstärke 11, 12, 13, 14, 18, 21, 22	2, 23,
24, 56	
SEAT-Faktor	24
SEAT-Faktor-Bestimmung	57, 58
Setup	36
Sitzkissen	35, 55
Softwareeinstellungen	91
Speicher	7
Spitzenfaktor78, 83	3, 104
Spitzenwert6, 68, 78, 80, 8	31, 83
Starten der Messung	45
Start-Menü	69
Statusanzeige	44
Statusanzeige, Gelb	44
Statusanzeige, Grün	44
Statusanzeige, Rot	44
Statusanzeige, Violett	44
Status-Indikator	
Batterie	27
Stoppen der Messung	45
Stromversorgung	27
Sum. RMS .6, 44, 47, 51, 56, 59, 81, 98, 103	3, 104
Symbol, Batterie	43
Systemanforderungen	61

Т

Tasten	28,	67,	68
Tasten, Speichern	•••••		13
Text auf dem Display			2
Theorie			9
Treiberinstallation			66
Triaxial5, 7, 15, 31, 32, 33, 34, 37, 39,	44,	80,	97
Тур 4447			6
Typ 4447 Humanschwingungsanalysator		1	, 5
Тур 4515-В-002			31
Typ 4515-B-002 Sitzkissen mit			
Beschleunigungsaufnehmer Typ 4524-B	unc	b	
Befestigungsgurt für Sitzkissenaufnehme	er		4
Тур 4524-В			31
Typ 4524-B-001 DeltaTron® Miniatur-Triaxia	alka	bel r	nit
4-pol. LEMO-Anschluss			4

U

Über dieses Handbuch	1
Übersteuert	78
Umgang mit dem Gerät	
unbekannter Treiber/Gerät	65
Untersteuert	78
Untersteuerung	35, 44
Upgrade	47
USB-Anschluss	6
USB-Buchse	5
USB-Schnittstellenkabel von USB A zu USB	Mini-B4

۷

VDV 6, 12, 13, 18, 21, 22, 24, 42, 44, 45, 47,
59, .60, 68, 71, 78, 79, 80, 81, 83, 86, 98, 99,
104
VDV(8)k6, 44, 45, 47, 71, 83, 98, 104
Versorgung und Typ 32
Vibration Explorer
Vibration Explorer Software64, 68, 78
vierpolige Buchse 5
VTV 6, 23, 45, 47, 51, 53, 56, 59, 77, 80, 98,
103, 104

W

Was ist der Typ 4447?	
Was sind Humanschwingungen?	2
Windows® 2000	67
Windows® Installer 3.1	62, 63
Windows® XP und Windows® Vista	
Würfel-Adapter	52, 53, 99

Ζ

Zeitanzeige	. 44
Zuordnen von Zeitverlaufsdaten zu einer Person od	der
einem Arbeitsplatz	. 85
Zurücksetzen	. 95
Zurücksetzen der Messung	. 46



HEADQUARTERS: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S · DK-2850 Nærum · Denmark Telephone: +45 4580 0500 · Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Local representatives and service organisations worldwide

Translation of English BE 1772-14

