

**MONITORAGGIO VIBRAZIONALE
SCHWINGUNGSÜBERWACHUNG
CIVILE ABITAZIONE
WOHNGEBÄUDE
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

PROVA – VERSUCH N. 813/AA

Committente - Auftraggeber: **Fam. Neulichedl**
Relatore - Berichtersteller: **dott. ing. Roberto Bruson**



Monitoraggio di civile abitazione – via XXXXXXXXXXXXXXXX
Überwachung eines Wohngebäudes – XXXXXXXXXXXXXXXXxx

INDICE	INHALTSANGABE
1. PREMESSA	3
1.1 Descrizione della struttura	4
2. RILEVAZIONI VIBRAZIONALI	5
2.1 Strumentazione impiegata	5
2.2 Posizione delle stazioni di misura .	6
2.3 Acquisizione dei dati	8
2.4 Modalità di fissaggio	8
2.5 Sorgente delle vibrazioni	9
2.6 Modalità di elaborazione	11
2.7 Valutazione degli errori	11
2.8 Analisi dei risultati secondo la norma UNI 9916	12
2.9 Analisi dei risultati secondo la norma UNI 9614	19
2.10 Conclusioni	27
	1. VORWORT
	3
	1.1 Beschreibung der Baustruktur
	4
	2. RILEVAZIONI VIBRAZIONALI
	5
	2.1 Verwendete messtechnische Ausrüstung
	5
	2.2 Messpositionen
	6
	2.3 Datenerhebung
	8
	2.4 Befestigungsmodus
	8
	2.5 Schwingungsquelle
	9
	2.6 Verarbeitungsmodus
	11
	2.7 Fehlermessung
	11
	2.8 Analyse der Ergebnisse gemäß Norm UNI 9916
	12
	2.9 Auswertung der Ergebnisse gemäß UNI 9614
	20
	2.10 Schlussfolgerungen
	27

1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service Spa*, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla **famiglia XXXX**, di eseguire una serie di rilevazioni sperimentali atte a rilevare l'entità delle vibrazioni prodotte da un impianto di riscaldamento vicino all'abitazione.

Le rilevazioni hanno lo scopo di valutare se l'entità delle vibrazioni prodotte siano da ritenersi pericolose, secondo i limiti previsti dalla norma, per quanto riguarda le strutture ed il disturbo sull'uomo.

Le misure sono state effettuate nel rispetto della norma UNI 9614 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*" e la UNI 9916 "*Criteri di misura e valutazioni degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*"; gli effetti sono stati valutati in base ai limiti della norma SN 640312 a "Effet des ébranlements sur les constructions", 1992, che riguarda le vibrazioni provocate nelle costruzioni dallo scoppio di mine, dalle attività di macchine di cantiere e dal traffico su strada e ferroviario.

Le rilevazioni sono state condotte dall'ing. Roberto Bruson e dall'ing. Maurizio Bruson.

1. VORWORT

Das Unternehmen *4 EMME Service Spa*, das auf die Durchführung von Untersuchungen an Strukturen vor Ort spezialisiert ist, wurde von der **Familie XXXXXX** beauftragt, mehrere Erhebungen durchzuführen, um das Ausmaß der Schwingungen zu ermitteln, die von einer Heizanlage in der Nähe des Wohnhauses verursacht würde.

Mit diesen Erhebungen soll analysiert werden, ob das Ausmaß an Schwingungen, gemäß der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte, für die Konstruktion und für den Menschen als als gefährlich einzustufen ist.

Die Messungen wurden unter Einhaltung der Norm UNI 9614 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*" (Vibrationsmessung in Gebäuden und Ansätze zur Störungsbewertung" und der UNI 9916 "*Criteri di misura e valutazioni degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*" (Messungs- und Bewertungsansätze zur Bestimmung der Schwingungsauswirkungen auf Gebäude"); die Auswirkungen wurden gemäß der Norm SN 640312 a "Effet des ébranlements sur les constructions", 1992 bewertet. Diese bezieht sich mit den Auswirkungen der Schwingungen von Minenexplosionen, Baustellenmaschinen und Straßen- und Bahnverkehr auf ein Gebäude.

Die Erhebungen wurden von Ing. Roberto Bruson und Ing. Maurizio Bruson durchgeführt.

1.1 Descrizione della struttura

L'edificio civile è costituito da quattro piani fuori terra in calcestruzzo armato ed è adiacente alla via Roma.

Frontalmente ed oltre la strada è presente l'impianto di riscaldamento a legna, che serve la scuola elementare e media, il municipio, la casa di riposo, i vigili del fuoco, la piscina comunale e la casa della cultura.

A lato dell'impianto è presente il serbatoio della legna che viene caricata dal piano stradale attraverso una botola; dal serbatoio, attraverso un meccanismo di pistoni e spirali, la legna viene portata al bruciatore.

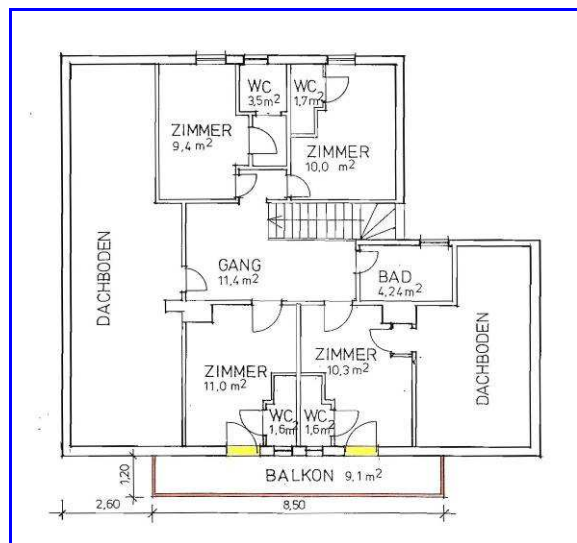
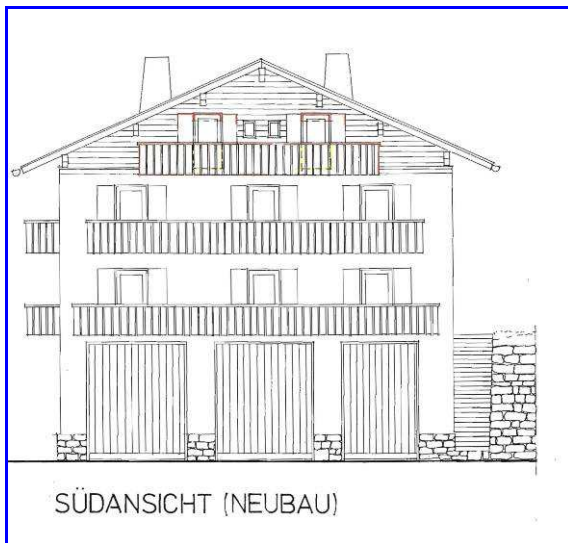
1.1 Beschreibung der Baustruktur

Das Wohngebäude besteht aus vier überirdischen Stockwerken aus Stahlbeton und liegt in der Nähe der Romstraße. Weiter vorne befindet sich, auf der gegenüberliegenden Straßenseite, die Holzheizung zur Versorgung von Grund- und Mittelschule, Rathaus, Altersheim, Feuerwehr, Gemeindefschwimmbad und Kulturhaus.

Neben der Anlage befindet sich ein Holzspeicher der von der Straße aus über eine Klapptür geladen wird; vom Speicher aus wird das Holz über ein Kolben- und Schneckensystem zum Brenner geführt.



Vista dell'edificio e dell'impianto – Ansicht des Gebäudes und der Anlage



Prospetto e pianta III piano – Ansicht und Grundriss 3. Stock

2. RILEVAZIONI VIBRAZIONALI

2.1 Strumentazione impiegata

La strumentazione impiegata per le rilevazioni è composta da:

- 3 terne di accelerometri piezoelettrici PCB M19A:
sensibilità: 1 V/g ;
campo: $\pm 5g$;
risoluzione: $2 \times 10^{-5} g$;
campo di frequenza: 0,025-800 Hz;
- convertitore analogico-digitale Data Shuttle Express (13 bit);
- computer Compaq.

2. SCHWINGUNGSMESSUNGEN

2.1 Verwendete messtechnische Ausrüstung

Die verwendete messtechnische Ausrüstung setzt sich zusammen aus:

- 3 Stationen mit jeweils 3 piezoelektrischen Beschleunigungsmessern PCB M19A:
Empfindlichkeit: 1 V/g;
Bereich: $\pm 5g$;
Auflösung: $2 \times 10^{-5} g$;
Frequenzbereich: 0,025-800 Hz;
- Analog-digitaler Umwandler Data Shuttle Express (13 Bit);
- Computer Compaq.



Terna accelerometrica - Beschleunigungsmesssystem

2.2 Posizione delle stazioni di misura

I sensori di misura sono stati posti come di seguito:

- stazione S_1 al piano terra nel garage, terna accelerometri 1, 2, 3 pilastro dell'edificio più vicino all'impianto;
- stazione S_2 al I piano, terna accelerometri 4, 5, 6 in mezzeria del solaio della stanza da letto dei proprietari;
- stazione S_3 al III piano, terna accelerometri 7, 8, 9 sulla stessa linea verticale della stazione S_1 .

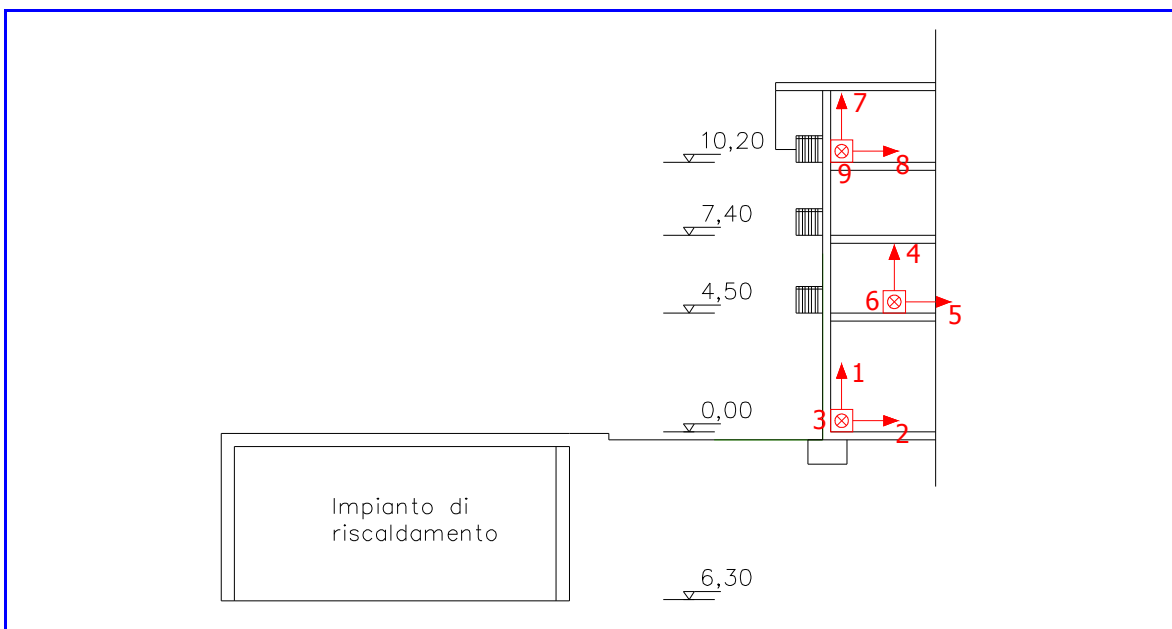
Le posizioni delle stazioni di misura sono riferite ad una terna ortogonale con centro nell'origine delle vibrazioni identificato al termine del vano interrato dell'impianto di riscaldamento, in corrispondenza del piano passante per S_1 e S_3 e con l'asse x lungo l'asse longitudinale dell'edificio.

2.2 Messpositionen

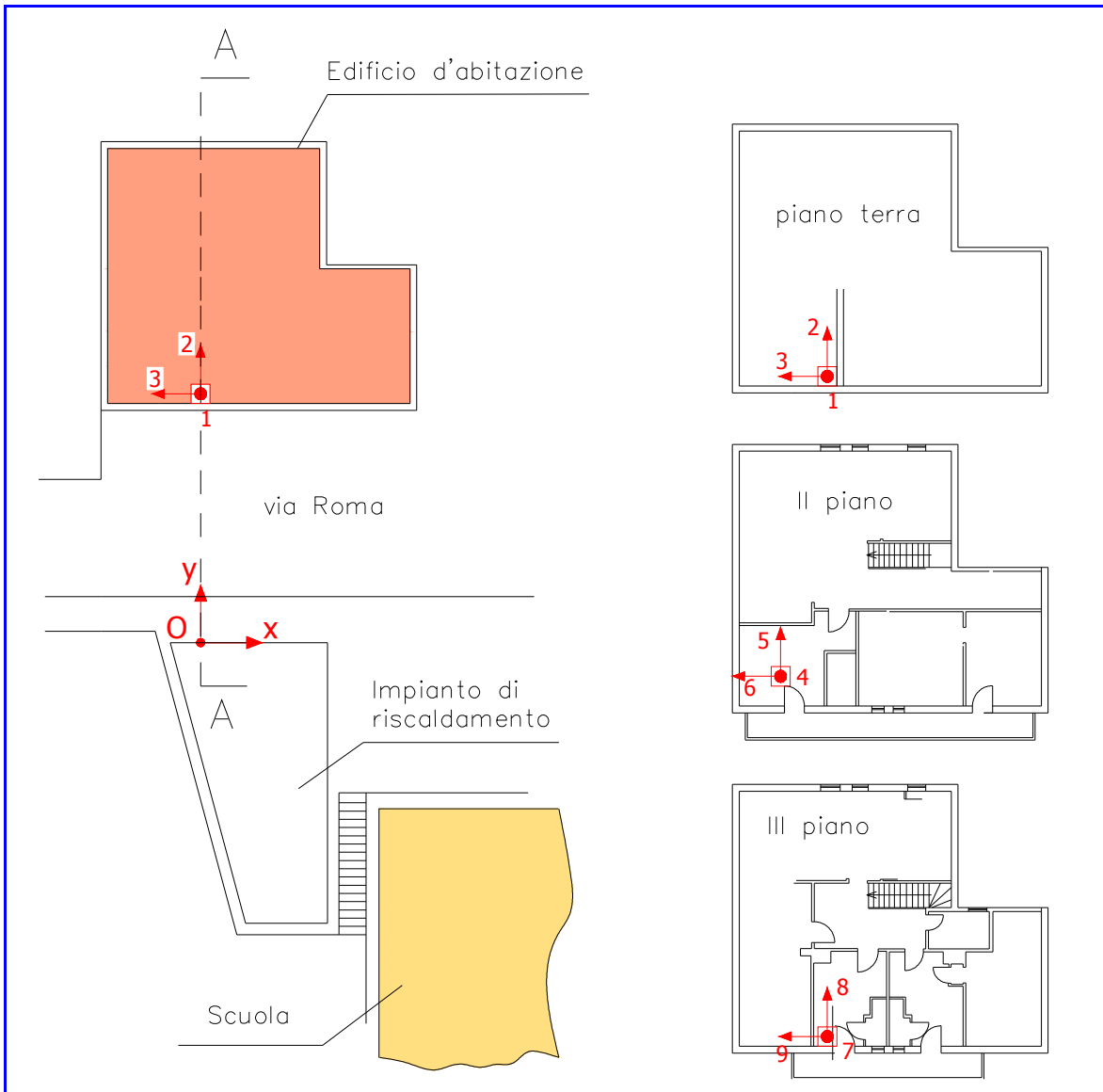
Die Messsensoren wurden wie folgt angebracht:

- Station S_1 , im Erdgeschoss in der Garage, mit Beschleunigungsmessern 1, 2, 3 am Gebäudepfeiler neben der Anlage;
- Station S_2 , im 1. Stock, mit Beschleunigungsmessern 4, 5, 6 mittig der Schlafzimmerdecke der Eigentümer;
- Station S_3 im 3. Stock, mit Beschleunigungsmessern 7, 8, 9 direkt oberhalb der Station S_1 .

Die Messstationen beziehen sich auf ein orthogonales System, dessen Zentrum sich an der Schwingungsquelle, d.h. am Ende des unterirdischen Heizraums befindet, an der Schnittebene der Stationen S_1 und S_3 und mit der x-Achse längs der Gebäudeachse.



Sezione: posizione dei punti di misura – Schnitt: Messpunkte



Posizione dei punti di misura - Messpunkte

La tabella seguente riporta la posizione delle stazioni di misura.

In der nachstehenden Tabelle werden die Positionen der Messstationen angeführt.

Stazione Lesestation	Sensori Sensoren	Posizione – Position (m)			
		dx	dy	dz	D*
S ₁	1,2,3	0,0	9,6	0,0	9,6
S ₂	4,5,6	-2,0	10,6	4,5	11,7
S ₃	7,8,9	0,0	9,6	10,2	14,0

* $D = (dx^2 + dy^2 + dz^2)^{0,5}$

2.3 Acquisizione dei dati

Le acquisizioni sono avvenute nelle giornate del 4 e 5 giugno 2009 dalle ore 18:24 del giovedì sino alle ore 9:00 del venerdì, memorizzando i dati ogni ora per tutta la notte ed a ogni variazione sostanziale degli oscillogrammi. Il segnale è stato acquisito senza nessuna preventiva elaborazione a meno di un passa basso hardware di 2 kHz. Lo scansionamento è stato di 1000 Hz.

I dati sono stati memorizzati sul disco rigido del nostro computer n. 224.

2.4 Modalità di fissaggio

I sensori accelerometrici sono stati fissati su un cubo in alluminio, fissato su una piastra in acciaio con tre punti di appoggio regolabili, all'interno di un contenitore di protezione.

2.3 Datenerhebung

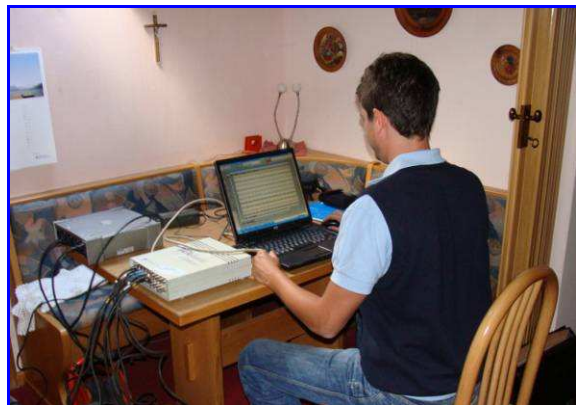
Die Datenerhebungen fanden am 4. und 5. Juni 2009, von Donnerstag um 18.24 Uhr bis Freitag um 9.00 Uhr statt. Die Daten wurden stündlich aufgezeichnet, die ganze Nacht lang sowie bei jeder größeren Vibrationsschwankung der Oszillogramme. Das Signal wurde ohne jede präventive Bearbeitung erfasst mit Ausnahme einer Tiefpass-Hardware zu 2 kHz. Die Abtastung erfolgte auf 1000 Hz. Die Daten wurden auf der Festplatte unseres Computers Nr. 224 gespeichert.

2.4 Befestigungsmodus

Die Beschleunigungsmesssensoren wurden auf einem Aluminium-Würfel befestigt. Dieser wiederum wurde auf einer Stahlplatte mit drei einstellbaren Auflagepunkten in einem Schutzgehäuse befestigt.



Stazioni S₁ e S₂ – Lesestationen S₁ e S₂



Stazione S₃e postazione di acquisizione – Lesestationen S₃ und Datenerfassungsstation

2.5 Sorgente delle vibrazioni

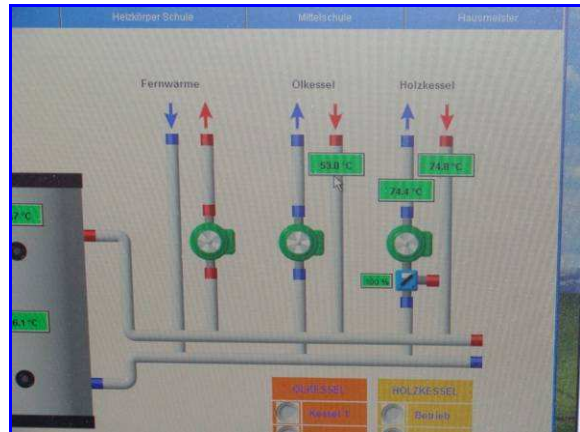
E' stata considerata quale sorgente di vibrazione il funzionamento dell'impianto di riscaldamento che è stato acceso da un tecnico comunale nella mattinata del 5 giugno.

2.5 Schwingungsquelle

Als Schwingungsquelle wurde die laufende Heizanlage erachtet, die von einem Gemeindetechniker am am 5. Juni, vormittags, eingeschalten wurde.



Azionamento dell'impianto – Inbetriebnahme der Anlage



Impianto in funzione – laufende Anlage



Vista del bruciatore e del serbatoio – Ansicht des Brenners und des Speichers



Nella tabella successiva sono associati ai file di acquisizione la tipologia degli impulsi applicati.

In der folgenden Tabelle wird den Erfassungsdateien der Typ der angewandten Impulse zugeordnet.

File Datei	Tipologia / Beschreibung	Ora Uhrz.
1	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	18:24
2	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	19:24
3	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	20:41
4	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	21:15
5	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	21:59
6	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	22:35
7	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	23:36
8	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	23:53
9	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	00:36
10	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	1:43
11	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	2:38
12	Rumore di fondo / Hintergrundgeräusch	3:41
13	Movimenti nella stanza al I piano / Bewegungen im Zimmer im 1. Stock	4:30
14	Passaggio autovettura / Vorbeifahren eines Autos	5:29
15	Movimenti nella stanza al I piano / Bewegungen im Zimmer im 1. Stock	6:36
16	Azionamento impianto di riscaldamento / Inbetriebnahme der Heizanlage	7:35
17	Impianto in funzione al massimo delle potenzialità / Heizanlage auf Vollast	8:04
18	Spegnimento dell'impianto / Ausschalten der Anlage	8:18
19	Salto di una persona in mezz'ora del solaio della stanza al I piano / Sprungbewegung einer Person mittig eines Raumes im 1. Stock	8:29
20	Passaggio autovettura / Vorbeifahren eines Autos	9:00

2.6 Modalità di elaborazione

L'elaborazione è avvenuta utilizzando un software dedicato rispettoso delle indicazioni e delle formule riportate nelle norme UNI ISO 5347 e 5348.

2.7 Valutazione degli errori

I sensori accelerometrici sono stati tarati in data 25 ottobre 2008, con una tolleranza sui segnali di 6×10^{-5} g e di 0,05 Hz.

2.6 Verarbeitungsmodus

Die Verarbeitung erfolgte unter Verwendung einer entsprechenden Software unter Beachtung der in den Normen UNI ISO 5347 und 5348 enthaltenen Vorgaben und Formeln.

2.7 Fehlermessung

Die Beschleunigungsmesssensoren wurden am 25. Oktober 2008 mit einer Signaltoleranz von 6×10^{-5} g und 0,05 Hz geeicht.

2.8 Analisi dei risultati secondo la norma UNI 9916

Sono visualizzati i vibrogrammi rappresentando tutti e 9 i segnali accelerometrici.

In ascissa il tempo è espresso in secondi, visualizzato nell'arco di 10 secondi nel tratto in cui è stato individuato un segnale significativo, ed in ordinata l'accelerazione è espressa in mm/s^2 .

Sono evidenziati i valori di picco dell'accelerazione riferiti alla frequenza portante calcolata con la trasformata di Fourier con blocchi da 8192 dati, ed il sensore che ha acquisito l'evento.

Di seguito si riporta un esempio esplicativo di un'elaborazione dove si riporta l'oscillogramma dei 9 sensori nell'acquisizione 19 durante i salti di una persona.

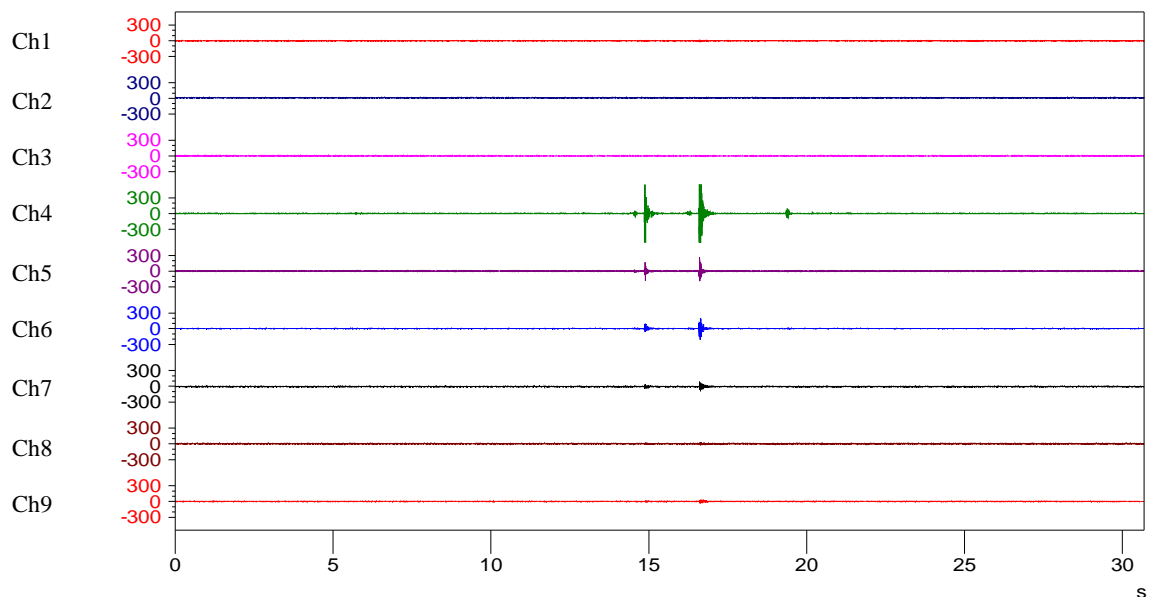
2.8 Analyse der Ergebnisse gemäß Norm UNI 9916

Die aufgeführten Vibrogramme zeigen alle 9 Beschleunigungsmesssignale.

Auf der Abszisse wird die Zeit in Sekunden angegeben, die Darstellung erfolgt über einen Zeitraum von 10 Sekunden in dem Abschnitt, in dem ein signifikantes Signal ermittelt wurde. Auf der Ordinate wird die Beschleunigung in mm/s^2 angegeben.

Die Spitzenwerte der Beschleunigung, bezogen auf die Trägerfrequenz, berechnet mit der Fourier-Transformation mit Blöcken zu 8192 Daten werden hervorgehoben, sowie der Sensor, der das entsprechende Ereignis erfasst hat.

Nachfolgend wird zur Erläuterung ein Verarbeitungsbeispiel angeführt in dem das Oszillogramm der 9 Sensoren in der Erfassung 19 während der Sprungbewegung einer Person wiedergegeben wird.



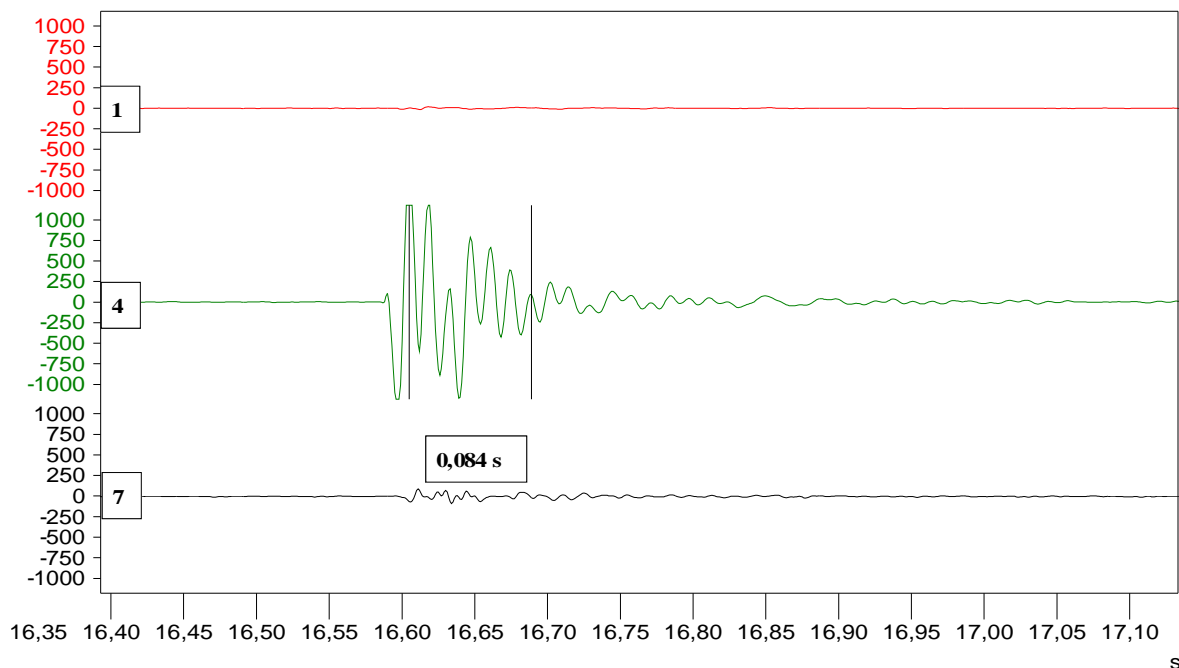
Nell'oscillogramma seguente è evidenziata una finestra temporale del segnale acquisito per i segnali verticali. Il sensore n. 4, posto in direzione verticale, rileva in un intervallo di 0,084 secondi 6 oscillazioni, cui corrisponde una frequenza portante pari a $f = 6 / 0,084 = 71 \text{ Hz}$.

L'ampiezza massima rilevata con questa frequenza risulta essere pari a 1000 mm/s^2 .

Im folgenden Oszillogramm wird ein Zeitfenster des für die vertikalen Signale erfassten Signals hervorgehoben.

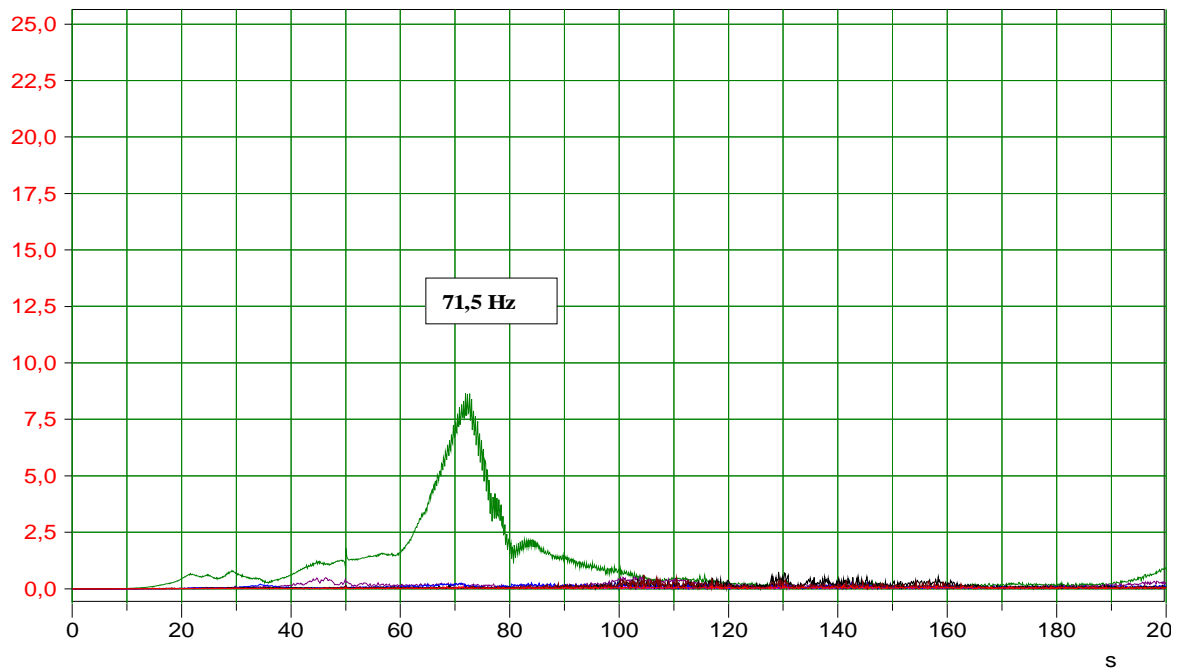
Der Sensor Nr. 4, der in vertikaler Richtung angebracht ist, erfasst in einem Zeitintervall von 0,084 Sekunden 6 Schwingungen, dem entspricht eine Trägerfrequenz von $f = 6 / 0,084 = 71 \text{ Hz}$.

Die erfasste maximale Schwingungsbreite liegt bei dieser Frequenz bei 1000 mm/s^2 .



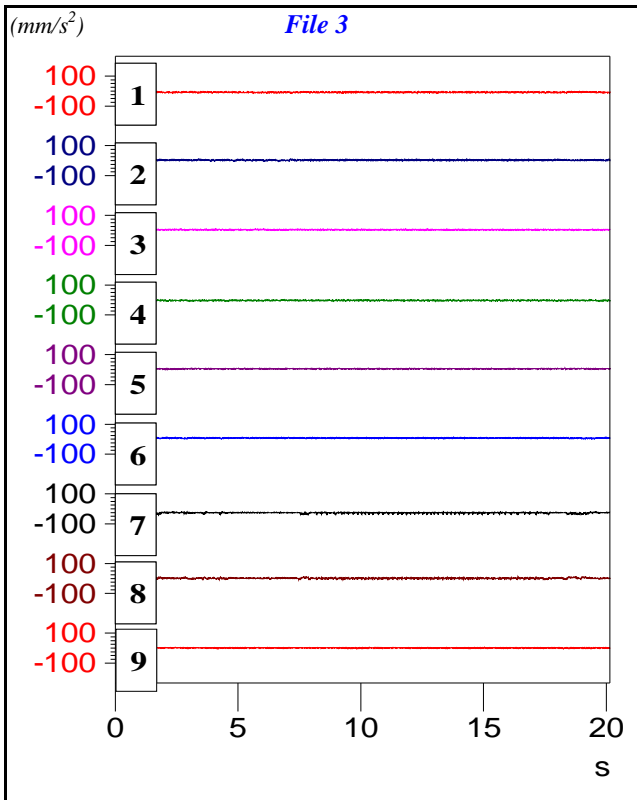
L'elaborazione nel dominio delle frequenze della stessa acquisizione, ottenuta con la trasformata di Fourier, ci fornisce lo spettro sottostante, che conferma la frequenza rilevata nel dominio dei tempi.

Die Verarbeitung im Bereich der Frequenzen der selben Erfassung, ermittelt mit der Fourier-Transformation, liefert uns das nachstehend aufgeführte Spektrum, das die im Zeitintervall erfasste Frequenz bestätigt.

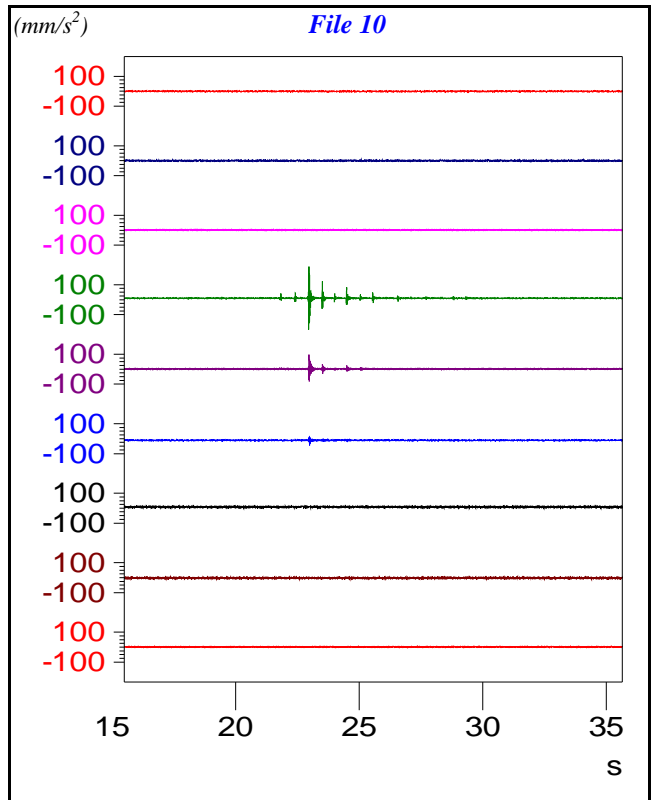


Nelle pagine seguenti sono presentate tutte le acquisizioni più significative.

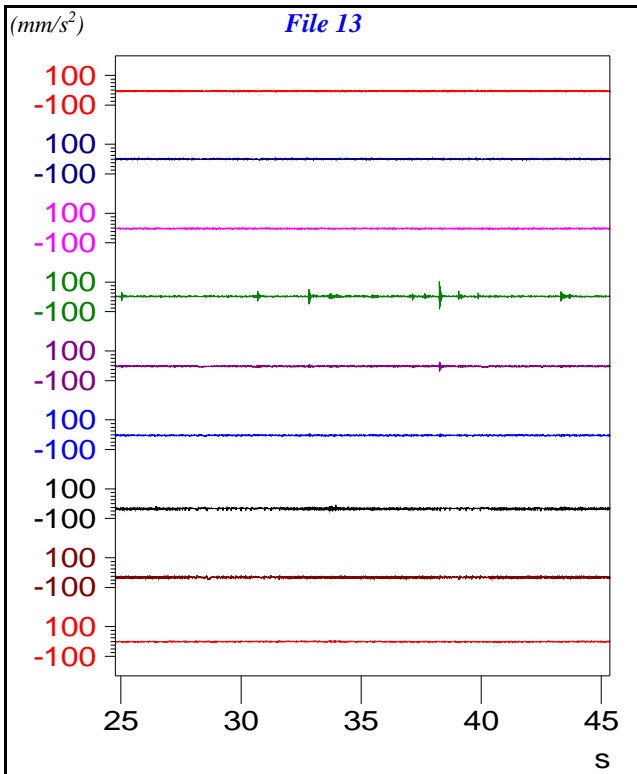
Auf den folgenden Seiten werden alle Erfassungen dargestellt.



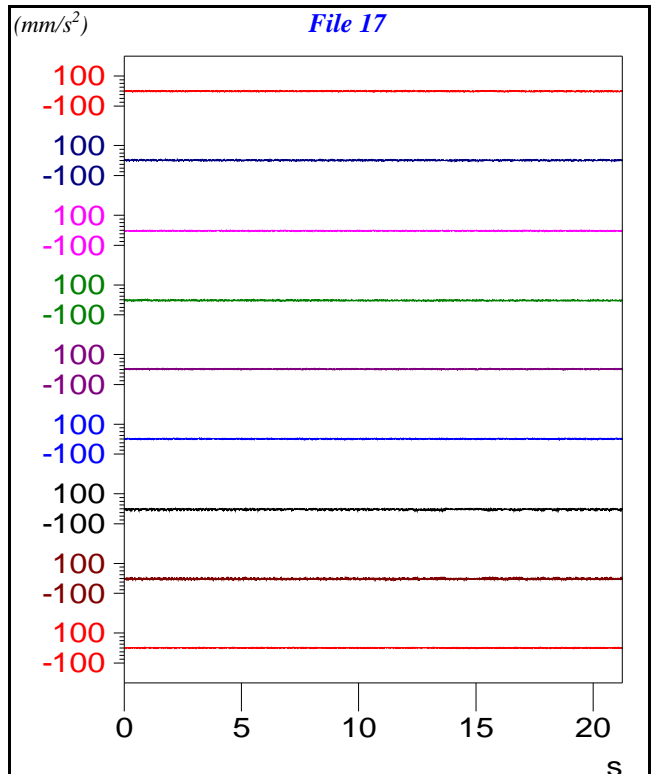
Picco massimo (mm/s ²)	3
Frequenza portante (Hz)	51
Sensore (direzione)	4 (verticale)



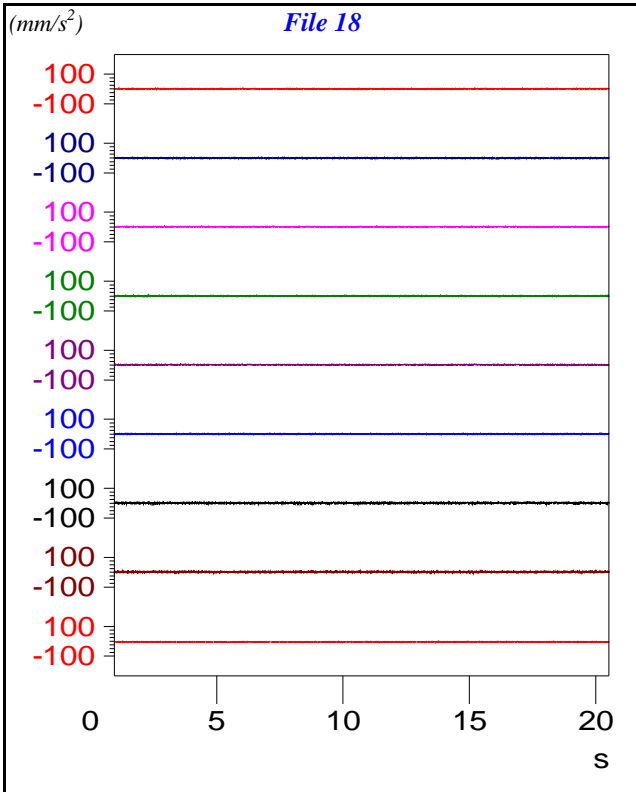
Picco massimo (mm/s ²)	200
Frequenza portante (Hz)	71
Sensore (direzione)	4 (verticale)



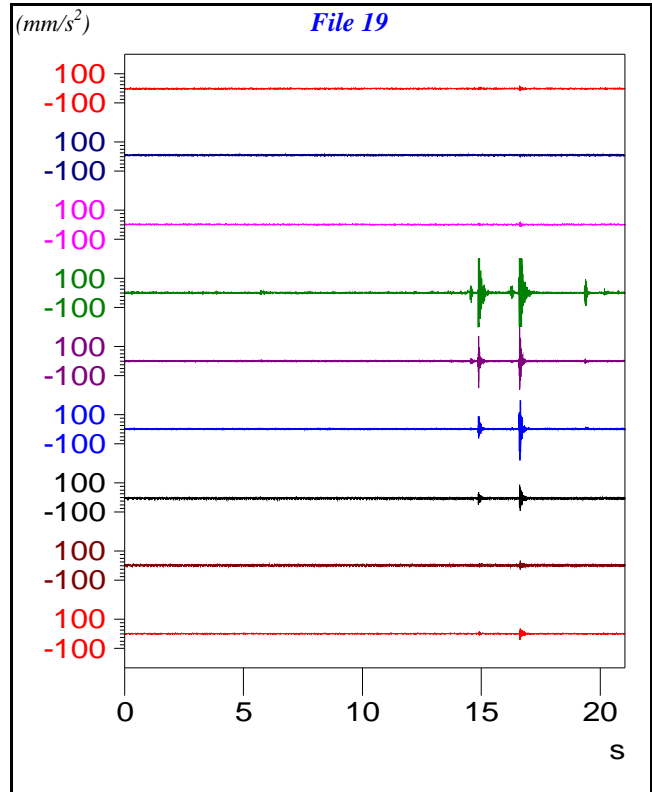
Picco massimo (mm/s ²)	100
Frequenza portante (Hz)	71
Sensore (direzione)	4 (verticale)



Picco massimo (mm/s ²)	3
Frequenza portante (Hz)	51
Sensore (direzione)	4 (verticale)



Picco massimo (mm/s ²)	3
Frequenza portante (Hz)	51
Sensore (direzione)	4 (verticale)



Picco massimo (mm/s ²)	1000
Frequenza portante (Hz)	71
Sensore (direzione)	4 (verticale)

2.8.1 Verifica dei limiti di norma

La normativa in vigore prevede delle soglie limite per le velocità di vibrazione in funzione del tipo di struttura, a seconda che le vibrazioni siano occasionali, frequenti o permanenti.

Nel nostro caso, rientrando l'edificio in questione nelle costruzioni di tipo c, si sono valutati i valori limiti nel caso di vibrazioni permanenti.

2.8.1 Überprüfung der Normgrenzwerte

Die geltenden Vorschriften sehen Grenzwertschwellen für die Schwingungsgeschwindigkeiten je nach Art der Struktur und Häufigkeit (gelegentliche, häufige oder dauerhaft auftretende Schwingungen).

Im vorliegenden Falle wurden die Grenzwerte für dauerhaft auftretende Schwingungen herangezogen, da es sich bei diesem Gebäude um einen Bau des Typs C handelt.

Valori di riferimento della velocità di vibrazione (p.p.v.)

Classe	Tipo di costruzione	Esposizione	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s		
			Posizioni di misura		
			Da 8 Hz fino a 30 Hz ^{*)}	Da 30 Hz fino a 60 Hz	Da 60 Hz fino a 150 Hz ^{*)}
A	Costruzioni molto poco sensibili (per esempio ponti, gallerie, fondazioni di macchine)	Occasionale Frequente Permanente	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C
B	Costruzioni poco sensibili (per esempio edifici industriali in cemento armato o metallici) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C
C	Costruzioni normalmente sensibili (per esempio edifici d'abitazione in muratura di cemento, c.a. o mattoni, scuole, edifici amministrativi, ospedali, chiese in pietra naturale o mattoni intonacati) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	15 6 3	20 8 4	30 12 6
D	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	Occasionale Frequente Permanente	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà
*) Le posizioni di misura devono essere scelte sugli elementi rigidi della struttura portante o dove sono attesi i maggiori effetti delle vibrazioni.					

Bezugswerte für die Schwingungsgeschwindigkeit (punktueller Spitzenwerte)

Klasse	Bautyp	Exposition	Bezugswerte für die Erschütterungsgeschwindigkeit punktueller Spitzenwerte in mm/s		
			Messpositionen		
			zwischen 8 Hz und 30 Hz ^{*)}	zwischen 30 Hz und 60 Hz	zwischen 60 Hz und 150 Hz ^{*)}
A	Bauten mit äußerst geringer Empfindlichkeit (beispielsweise Brücken, Galerien, Maschinenfundamente)	gelegentlich häufig dauerhaft	bis zu dreimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C	bis zu dreimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C	bis zu dreimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C
B	Bauten mit geringer Empfindlichkeit (beispielsweise industrielle Gebäude aus Stahlbeton oder Metall), die fachgerecht errichtet und entsprechend gewartet werden	gelegentlich häufig dauerhaft	bis zu zweimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C	bis zu zweimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C	bis zu zweimal höher als die entsprechenden Werte der Klasse C
C	Bauten mit normaler Empfindlichkeit (z.B. Wohngebäude mit Mauerwerk aus Beton, Stahlbeton oder Backstein, Verwaltungsgebäude, Schulen, Krankenhäuser, Kirchen aus Naturstein oder Backstein mit Verputz), die fachgerecht errichtet und entsprechend gewartet werden	gelegentlich häufig dauerhaft	15 6 3	20 8 4	30 12 6
D	Bauten, die nicht in die Klassen 1 und 2 eingeordnet werden und deren Schutz angezeigt ist (beispielsweise historische Bauwerke)	gelegentlich häufig dauerhaft	Werte innerhalb des Bereichs der Klasse 10 und auf deren Hälfte	Werte innerhalb des Bereichs der Klasse 10 und auf deren Hälfte	Werte innerhalb des Bereichs der Klasse 10 und auf deren Hälfte

^{*)} Die Messpositionen müssen auf den steifen Elementen der tragenden Struktur oder dort, wo die stärksten Auswirkungen der Schwingungen erwartet werden, gewählt werden.

Nel nostro caso non sono stati rilevati segnali significativi ed i valori di ampiezza maggiori in funzione della frequenza sono quelli riferiti al file 19, durante il salto di una persona, con un valore di 1000 mm/s² e frequenza di 71 Hz corrispondenti ad una velocità di 2,24 mm/s, inferiore anche al limite minimo previsto per frequenze minori di 30 Hz, che è pari a 3 mm/s.

In unserem Falle wurden keine signifikanten Signale erfasst und die frequenzabhängigen Höchstwerte des Schwingungsbandes beziehen sich auf die Sprungbewegung der Person (siehe Datei 19), während, mit einem Wert von 1000 mm/s² und einer Frequenz von 71 Hz, die einer Geschwindigkeit von 2,24 mm/s entsprechen, und damit auch unter dem vorgeschriebenen Mindest-Grenzwert für Frequenzen unter 30 Hz liegen, der auf 3 mm/s festgelegt ist.

2.9 Analisi dei risultati secondo la norma UNI 9614

Il funzionamento dell'impianto di riscaldamento comporta una vibrazione del solaio definibile come vibrazione a livello costante, in quanto il livello misurato in un tempo "slow" pari ad 1 secondo mostra livelli variabili per meno di 5 dB.

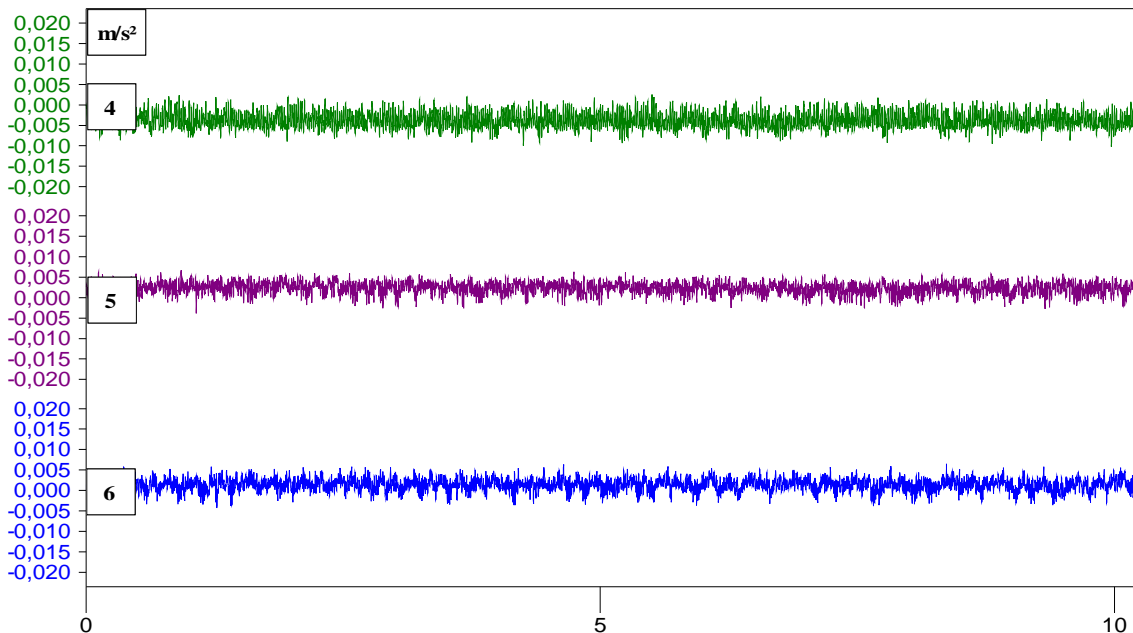
Nel grafico sottostante viene presentato l'oscillogramma dell'acquisizione 17 della terna S₂ (ch 4, 5 e 6) posta nel centro del solaio al I piano nella stanza da letto della famiglia Neulichedl. E' il segnale riferito all'impianto di riscaldamento completamente acceso, e quindi con sorgente disturbante attiva. L'ascissa è visualizzata in una finestra di 10 secondi; le ordinate sono espresse in m/s².

2.9 Auswertung der Ergebnisse gemäß UNI 9614

Die laufende Heizanlage erzeugt eine Vibration der Decke die als Schwingung mit konstantem Niveau bezeichnet werden kann, da das Niveau das in einem „Slow“-Zeitraum von 1 Sekunde gemessen wurde, Schwankungen geringer als 5dB aufweist.

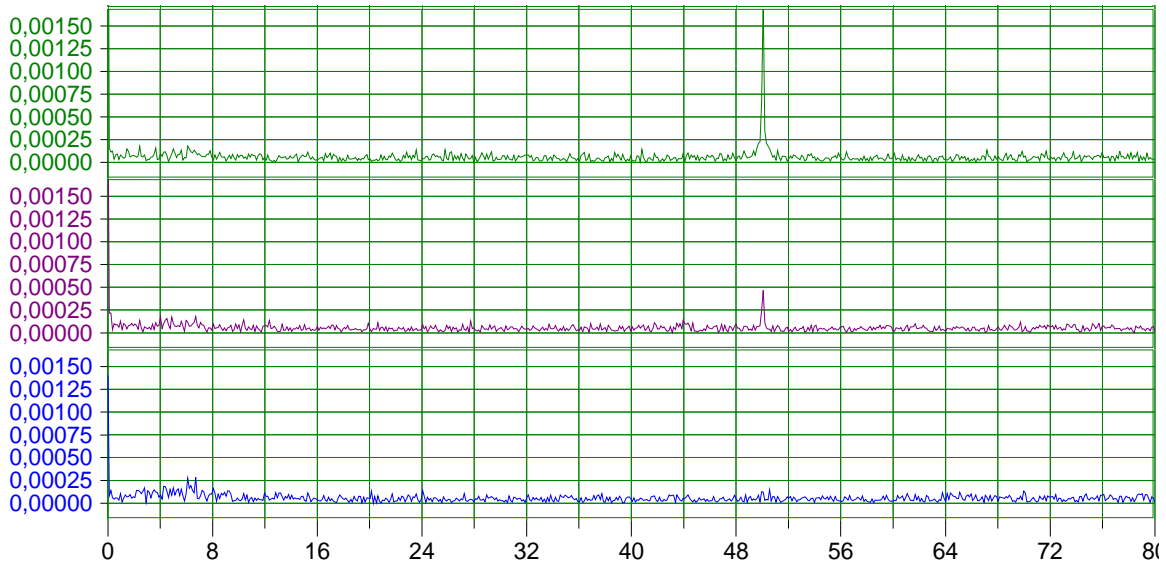
In der nachstehenden Grafik wird das Oszillogramm der Erfassung 17 der Station S₂ (4, 5 e 6) wiedergegeben, das sich in der Mitte der Decke im 1. Stock im Schlafzimmer der Familie Neulichedl befand. Dieses Signal bezieht sich auf die vollständig in Betrieb stehende Heizanlage und daher ist die Störungsquelle aktiv.

Die Abszisse wird in einem Zeitfenster von 10 Sekunden dargestellt; die Ordinaten werden dabei immer in m/s² ausgedrückt.



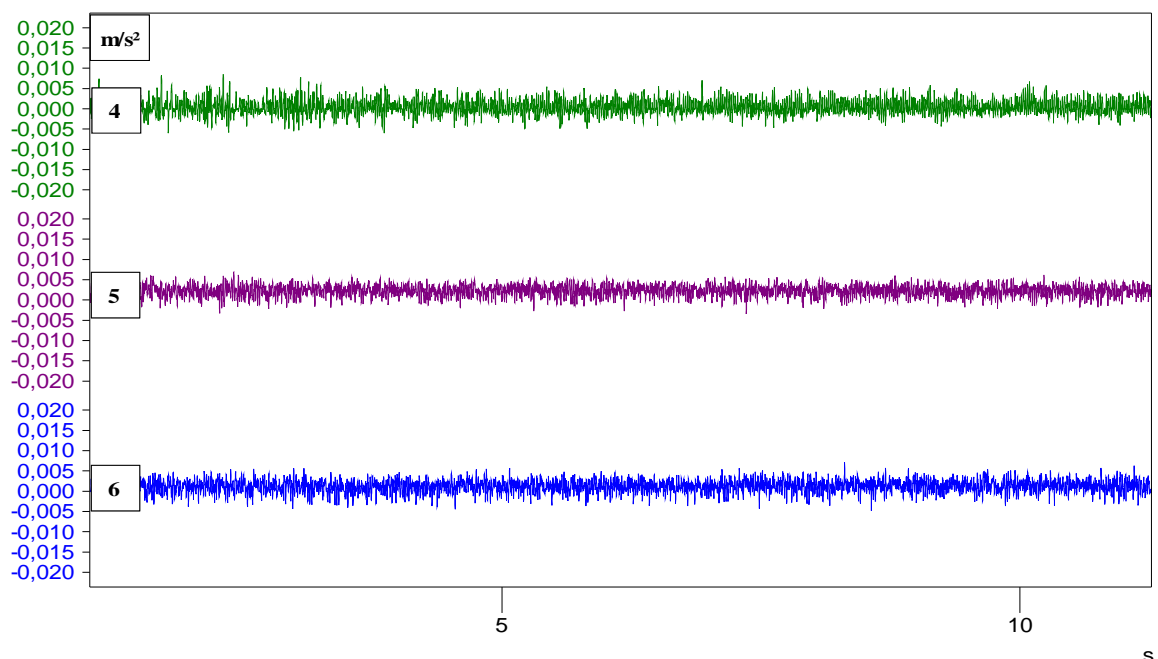
Il diagramma successivo rappresenta lo spettro del segnale in base alla trasformata di Fourier.

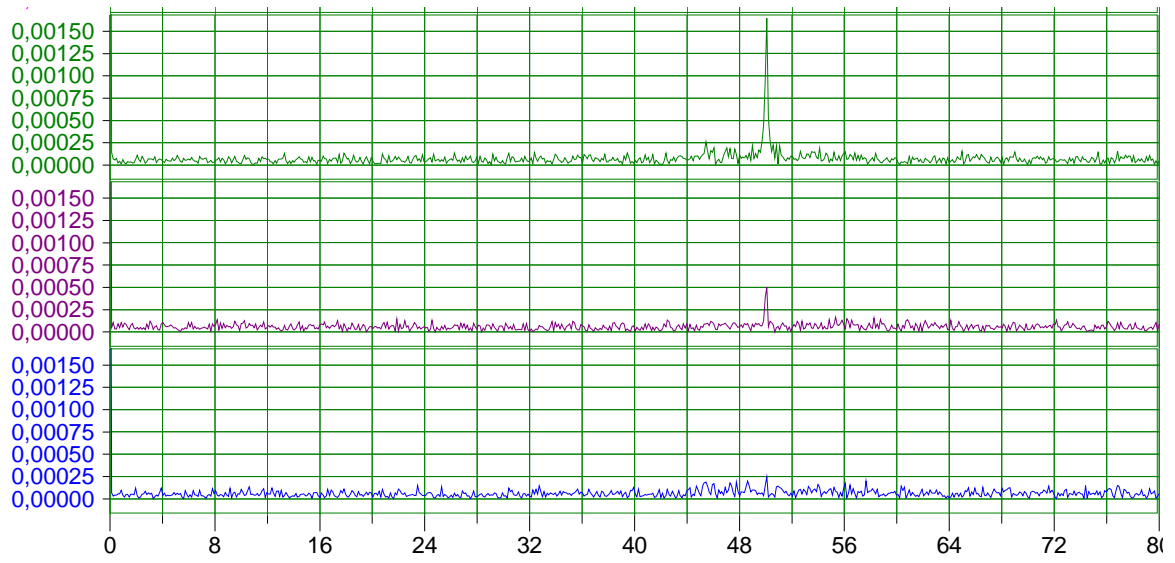
Im nachstehenden Diagramm wird das Signalspektrum auf der Grundlage der Fournier-Transformation dargestellt.



Nei grafici seguenti vengono presentati l'oscillogramma e lo spettro della acquisizione 19 nella condizione con impianto spento. Il rilievo ha lo scopo di misurare *le vibrazioni residue*, derivanti dalla somma di tutti i segnali di qualunque origine ma diverse da quelle in esame.

Nachstehende Diagramme stellen das Oszillogramm und das Spektrum der Erfassung 19 bei stillstehender Anlage dar. Die Messung soll die *Restschwingungen* messen. Diese ergeben sich aus der Summe jeglicher Grundsignale ausgenommen der Prüfschwingungen.





2.9.1 Verifica dei limiti di norma

E' stata eseguita un'analisi dell'accelerazione in terzi di ottava nell'intervallo 1-80 Hz. Il procedimento di calcolo è il seguente:

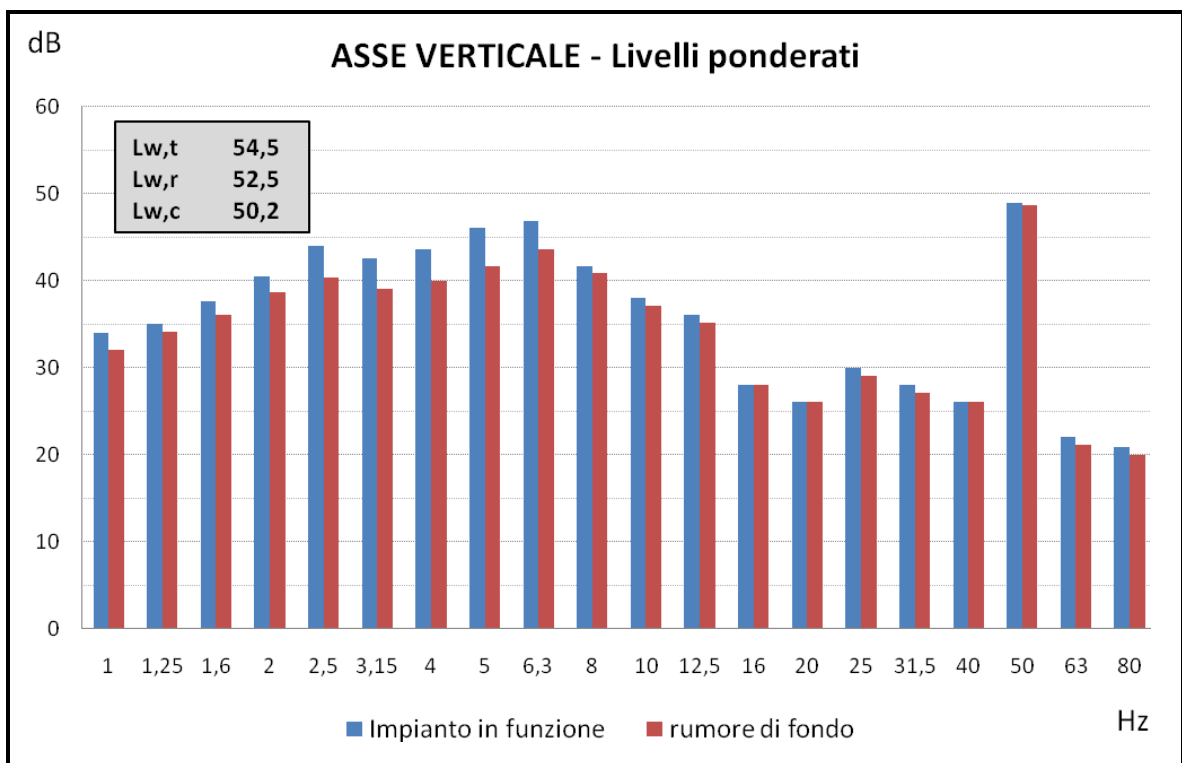
- ad ogni livello misurato banda per banda, secondo la formula $L = 20 \cdot \log(a/a_0)$ dove $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$, va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione come da *prospetto I* della norma suddetta;
- impiegando la formula [2] a pag. 6 della norma si calcolano i livelli delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza relative alla sorgente attiva ed inattiva;
- si valutano le vibrazioni residue in base al capitolo 4.7;
- si confronta il livello calcolato al punto precedente con il livello limite riportato nel *prospetto II*.

2.9.1 Überprüfung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte

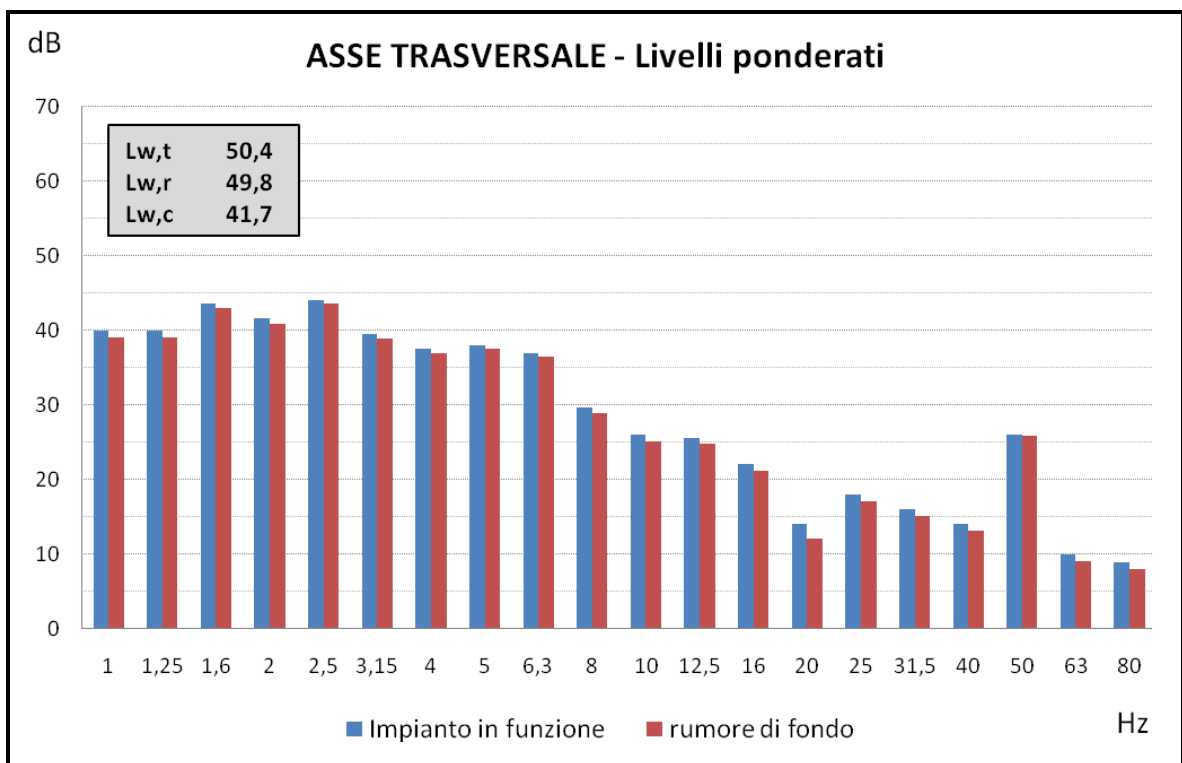
Es wurde eine Beschleunigungsanalyse im Terzband im Zeitraum 1-80 Hz durchgeführt. Die Berechnungsmethode ist die folgende:

- Die Bewertung des Schalleistungspegels erfolgt gemäß o.g. Norm mit der Formel $L = 20 \cdot \log(a/a_0)$ wobei $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ und den Berechnungstabellen auf den Folgeseiten.
- Durch Anwendung der Formel [2] S.6 der Norm berechnet man die Pegel der gesamten Beschleunigungen, bewertet nach Relativfrequenzen im Bezug der aktiven und unaktiven Schallquelle.
- Die Restschwingungen werden gemäß Kapitels 4.7 ausgewertet
- Der unter dem vorangehenden Punkt ermittelte Wert wird mit dem Grenzwert des *Dokuments II* verglichen

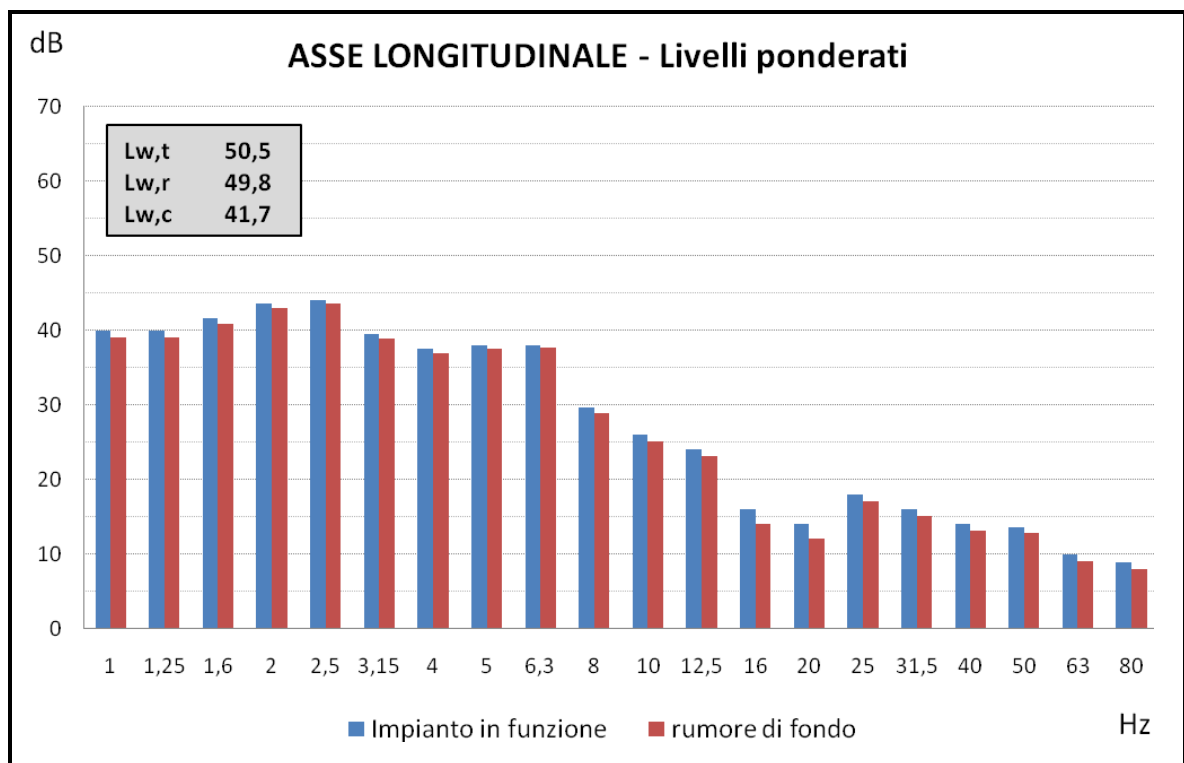
Asse verticale					
f [Hz]	Filtro [dB]	Sorgente attiva - file 17		Sorgente inattiva – file 19	
		$L_{i,w}$ livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$	$L_{i,w}$ livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$
1	6	34	2512	32	1608
1,25	5	35	3162	34	2561
1,6	4	38	5733	36	3981
2	3	41	11277	39	7217
2,5	2	44	25238	40	10663
3,15	1	43	17872	39	7943
4	0	44	22500	40	10000
5	0	46	40000	42	14400
6,3	0	47	48400	44	22500
8	0	42	14400	41	12100
10	2	38	6310	37	5111
12,5	4	36	3981	35	3225
16	6	28	628	28	628
20	8	26	396	26	396
25	10	30	1000	29	810
31,5	12	28	631	27	511
40	14	26	398	26	398
50	16	49	76927	49	72594
63	18	22	158	21	128
80	20	21	121	20	100



<i>Asse trasversale</i>					
<i>f</i> [Hz]	Filtro [dB]	Sorgente attiva - file 17		Sorgente inattiva – file 19	
		<i>L_{i,w}</i> livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$	<i>L_{i,w}</i> livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$
1	0	40	10000	39	8100
1,25	0	40	10000	39	8100
1,6	0	44	22500	43	19600
2	0	42	14400	41	12100
2,5	2	44	25238	44	22778
3,15	4	40	8957	39	7803
4	6	38	5652	37	4923
5	8	38	6340	38	5721
6,3	10	37	4840	36	4410
8	12	30	909	29	763
10	14	26	398	25	322
12,5	16	26	362	25	304
16	18	22	158	21	128
20	20	14	25	12	16
25	22	18	63	17	51
31,5	24	16	40	15	32
40	26	14	25	13	20
50	28	26	396	26	381
63	30	10	10	9	8
80	32	9	8	8	6



<i>Asse longitudinale</i>					
<i>f</i> [Hz]	Filtro [dB]	Sorgente attiva - file 17		Sorgente inattiva – file 19	
		<i>L_{i,w}</i> livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$	<i>L_{i,w}</i> livello ponderato [dB]	$10^{L_{i,w}/10}$
1	0	40	10000	39	8100
1,25	0	40	10000	39	8100
1,6	0	42	14400	41	12100
2	0	44	22500	43	19600
2,5	2	44	25238	44	22778
3,15	4	40	8957	39	7803
4	6	38	5652	37	4923
5	8	38	6340	38	5721
6,3	10	38	6250	38	5760
8	12	30	909	29	763
10	14	26	398	25	322
12,5	16	24	251	23	203
16	18	16	40	14	25
20	20	14	25	12	16
25	22	18	63	17	51
31,5	24	16	40	15	32
40	26	14	25	13	20
50	28	14	23	13	19
63	30	10	10	9	8
80	32	9	8	8	6



Sulla base del capitolo 4.7 della norma, valutando la differenza tra il livello delle vibrazioni totali $L_{w,t}$ e quello delle vibrazioni residue $L_{w,r}$ **inferiore ai 6 dB**, si può definire che *“la misura della vibrazione in esame è scarsamente significativa e deve essere considerata solo a titolo indicativo.”*

Calcolando comunque secondo 4.7 il livello corretto $L_{w,c}$ per i tre assi cartesiani, i valori risultano essere sempre inferiori a quelli limite per le abitazioni (notte) pari a 77 dB per l'asse verticale, e 74 dB per gli assi trasversale e longitudinale.

Da die Differenz zwischen dem Schwingungsgesamtwert $L_{w,t}$ und dem Restschwingungswert $L_{w,r}$ **unter 6 dB liegt**, kann auf der Grundlage des Kapitels 4.7 der Norm festgehalten werden, dass die Messungen der Schwingungen während der Prüfung von schwacher Bedeutung sind und deshalb nur als hinweisend anzusehen sind (*“la misura della vibrazione in esame è scarsamente significativa e deve essere considerata solo a titolo indicativo”*).

Berechnet man trotzdem für die drei kartesischen Achsen den korrekten Wert $L_{w,c}$, so liegen diese Werte immer unter den zulässigen Grenzwerten für Wohngebäude (Nacht): 77 dB für die vertikale Achse und 74 dB für die Quer- und Längsachse.

2.10 Conclusioni

Le rilevazioni condotte nelle due giornate di prova hanno evidenziato come le sollecitazioni agenti sulla struttura non siano tali da compromettere la sicurezza statica della stessa.

Dalle analisi svolte emerge inoltre come le vibrazioni rilevate non risultino dannose per le persone che abitano nell'ambiente monitorato.

Di seguito si riportano i livelli totali degli assi cartesiani in confronto con le soglie di percezione nelle direzioni Z e X-Y.

Bolzano, 26 giugno 2009

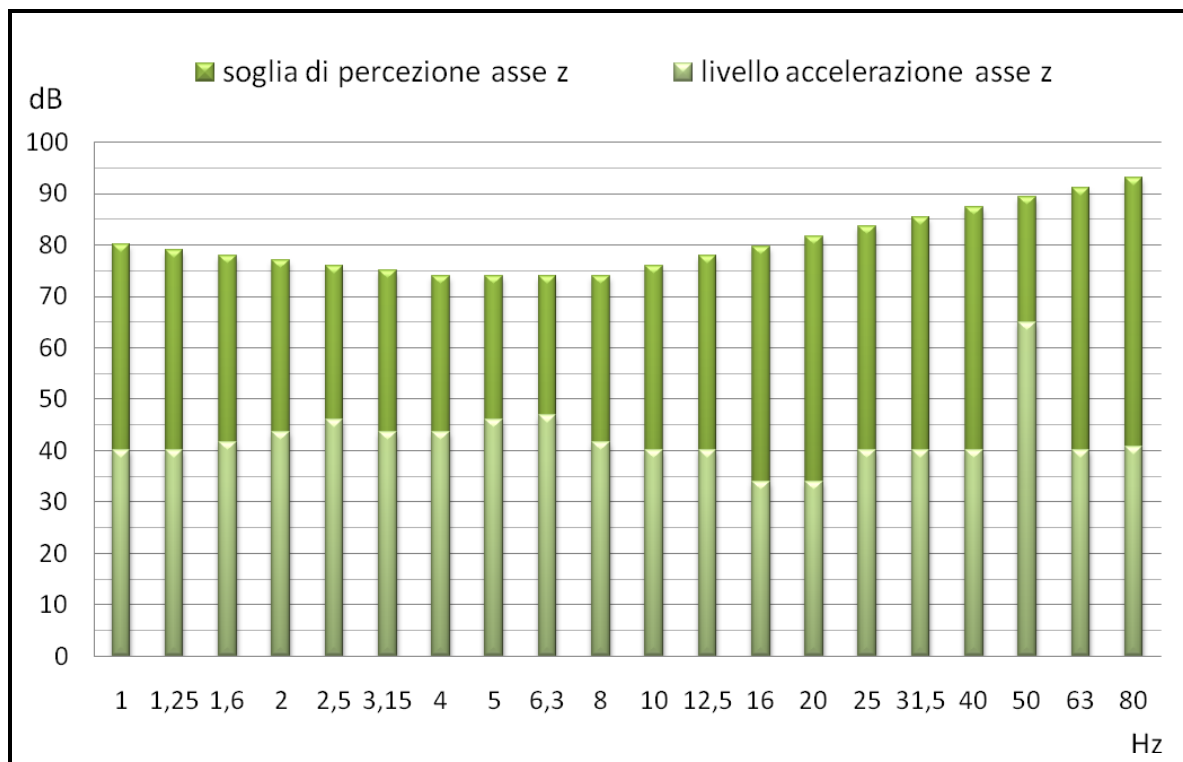
2.10 Schlussfolgerungen

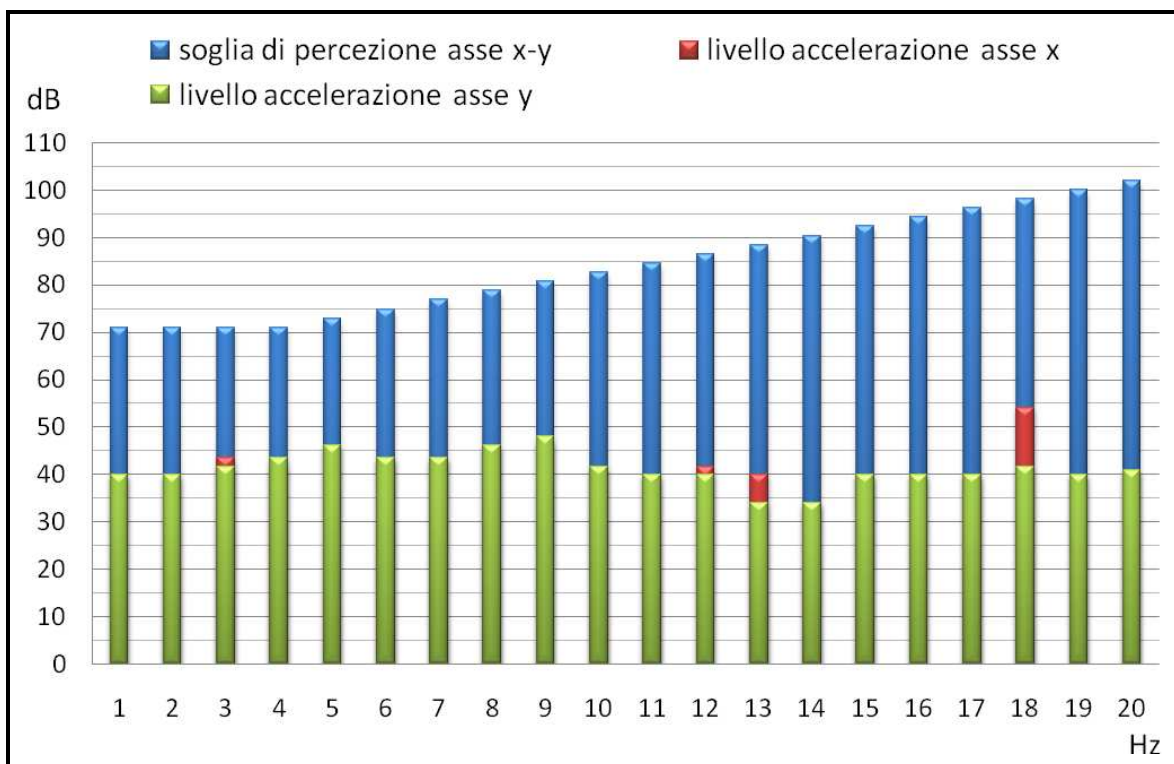
Die durchgeführten Messungen ergaben, dass die statische Sicherheit der Struktur durch die schwingenden Beanspruchungen nicht beeinträchtigt wird.

Aus den Überprüfungen geht außerdem hervor, dass die gemessenen Schwingungen für die ansässigen Personen nicht schädlich sind.

Nachstehend werden die Gesamtpegel der kartesischen Achsen im Bezug der Wahrnehmungsschwellen in Richtung Z und X-Y dargestellt.

Bozen, 26. Juni 2009





Bolzano, 26 giugno 2009

Bozen, den 26. Juni 2009

4 ENME Service Spa
 Area Nazionale
 dott. ing. Roberto Bruson

RELAZIONE REVISIONATA DA:
 BERICHT ÜBERARBEITET VON:
 dott. ing. Settimo Martinello