



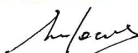


Langbericht Nr. Codice generale	Einlage Allegato	U-VI-5.0-06-03	Ausfertigung Identificativo copia
------------------------------------	---------------------	----------------	--------------------------------------

AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN - VERONA	POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
BRENNER BASISTUNNEL	GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
UVE	DCA
Technische Projektaufbereitung	Elaborazione tecnica del progetto

Fachbereich	Settore
Umwelt - Mensch	Quadro ambientale - Uomo
Thema	Tema
Erschütterung	Vibrazioni
Technischer Bericht	Relazione tecnica
Titel	Titolo
Erschütterungen Übertragungsmessung Intaltunnel	Vibrazioni Misuraz. trasmissione Galleria Inttal

Ausgangssprache :	Deutsch	Maßstab / Scala	
Lingua di partenza :	Tedesco		
Projektkilometer / Progressiva di progetto			
Von da 1+008,136	Bis a 32+087,528	Bei al	
Verfasser: Progettista:		Fertigung: Firma:	
		Peter Angst	
Datum: 29-02-2008			

DIESES PROJEKT WIRD VON DER EUROPÄISCHEN UNION KOFINANZIERT			QUESTO PROGETTO È COFINANZIATO DALL' UNIONE EUROPEA
			
Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE			
Piazza Stazione, 1 I-39100 Bolzano		Grabenweg 3 A-6020 Innsbruck	
Vorstand / Organo di gestione			
 Konrad Bergmeister		 Ezio Facchin	

Kostenstelle Centro di costo	Anlage Impianto	Kilometrierung Progressiva chilometrica	Gegenstand Oggetto	Vertrag Contratto	Dok Typ Tipo doc	Nummer Numero	Revision Revisione
1	01	000 - AU	000	000 - EG - D0118	TB	00282	10

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione			
Revision Revisione	Änderungen Cambiamenti	Verantwortlicher Dokument Responsabile documento	Datum Data
10	Einreichexemplar Esemplare per la procedura autorizzativa	Egger	29.02.2008

- * DER IN DER TABELLE ANGEFÜHRTE VERANTWORTLICHE IST VERANTWORTLICH FÜR DIE BEARBEITUNG, DIE PRÜFUNG UND DIE NORMPRÜFUNG DES DOKUMENTES
- * IL RESPONSABILE INDICATO NELLA TABELLA É RESPONSABILE PER L'ELABORAZIONE, LA VERIFICA E LA CONFORMITÀ ALLE NORMATIVE

INHALTSVERZEICHNIS INDICE

1.	EINLEITUNG.....	5
1.	INTRODUZIONE	5
2.	KURZFASSUNG	7
2.	RELAZIONE DI SINTESI	7
3.	AUFGABENSTELLUNG.....	9
3.	OBIETTIVI DELLO STUDIO	9
4.	METHODIK	11
4.	METODOLOGIA	11
4.1.	Vorgehen	11
4.1.	Procedimento	11
4.2.	Messprinzip	11
4.2.	Principio di misurazione	11
4.2.1.	Tunnel	11
4.2.1.	Galleria	11
4.2.2.	Gebäude	11
4.2.2.	Edifici.....	11
4.3.	Wahl der Messorte	12
4.3.	Scelta dei luoghi di misurazione.....	12
5.	LAGE DER MESSORTE.....	13
5.	SITUAZIONE DEI LUOGHI DI MISURAZIONE.....	13
6.	MESSPROGRAMM 2005	17
6.	PROGRAMMA DI MISURAZIONE 2005	17
7.	MESSGERÄTE, EINSTELLUNGEN UND SOFTWARE	19
7.	STRUMENTI DI MISURAZIONE, REGOLAZIONE E SOFTWARE.....	19
7.1.	Erschütterungsmessungen.....	19
7.1.	Misurazioni delle vibrazioni	19
7.2.	Sekundärer Luftschall.....	20
7.2.	Suono secondario	20
8.	ZUSAMMENSTELLUNG DER MESSDATEN.....	21
8.	SOMMARIO DEI DATI DI MISURAZIONE	21
9.	AUSWERTUNG DER TUNNELEMISSIONEN	49
9.	ANALISI DELLE EMISSIONI DELLA GALLERIA	49
10.	AUSWERTUNG DER SCHWINGUNGSÜBERTRAGUNG	53

10.	ANALISI DELLA TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI.....	53
11.	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ERSCHÜTTERUNGEN UND SEKUNDÄREM LUFTSCHALL IN DEN GEMESSENEN GEBÄUDEN	73
11.	RELAZIONE TRA LE VIBRAZIONI E IL RUMORE SECONDARIO NEGLI EDIFICI ESAMINATI	73
12.	VERZEICHNISSE.....	77
12.	ELENCHI.....	77
12.1.	Tabellenverzeichnis.....	77
12.1.	Elenco delle tabelle	77
12.2.	Abbildungsverzeichnis.....	77
12.2.	Elenco delle illustrazioni	77
12.3.	Literatur und Quellen.....	80
12.3.	Bibliografia e fonti.....	80
12.3.1.	Literatur	80
12.3.1.	Bibliografia	80
12.3.2.	Quellen	81
12.3.2.	Fonti	81
12.4.	Abkürzungsverzeichnis	81
12.4.	Elenco delle abbreviazioni.....	81
12.5.	Pläne und sonstige Unterlagen	81
12.5.	Elaborati grafici ed ulteriore documentazione	81

1. EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona. Dieser ist gemäß der Entscheidung Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 als TEN – Achse Nummer 1 Berlin-Verona / Mailand-Bologna-Neapel-Messina-Palermo Bestandteil der Eisenbahnverbindungen für Nord-Süd-Verkehre.

Der Ausbau der Gesamtachse soll stufenweise erfolgen, um bedarfsgerecht Teilabschnitte dem Verkehr zur Verfügung stellen zu können. Diese Vorgehensweise gewährleistet, dass die erforderlichen hohen Investitionen nicht über lange Zeiträume ungenutzt bleiben. Während Teile dieser Achse, wie zum Beispiel die Strecken zwischen Nürnberg - Ingolstadt sowie zwischen Florenz - Rom und Rom - Neapel, bereits errichtet und in Betrieb sind, sind andere Abschnitte, wie zum Beispiel Erfurt – Nürnberg, die Unterinntalstrecke zwischen Radfeld und Baumkirchen oder Verona – Bologna in Bau. Die restlichen Bereiche sind in einem Planungsstadium unterschiedlicher Tiefe.

Die Planungstiefe in der derzeitigen Projektphase ist auf die Erwirkung der für die Bauausführung erforderlichen Genehmigungen in Italien und Österreich ausgerichtet.

Der Brenner Basistunnel besteht aus einem System mit zwei eingleisigen Tunnelröhren in einem Abstand von 70 m, die alle 333 m mittels Querschlägen miteinander verbunden sind, sowie aus einem um ca. 10 m – 12 m tiefer liegenden in der Mitte der beiden Haupttunnelröhren situierten Service-Stollen bzw. Entwässerungsstollen.

Es sind drei Multifunktionsstellen in einem Abstand von jeweils ca. 20 km geplant und zwar Umfahrung Innsbruck, Steinach und Wiesen, die jeweils mit Überleitstellen ausgestattet werden.

Im Bereich der Multifunktionsstelle südlich von Innsbruck befinden sich die Abzweigebereiche der Verbindungstunnel zur zweigleisigen Umfahrung Innsbruck, die seit Anfang der 90-er Jahre in Betrieb ist.

Die Multifunktionsstellen beinhalten Nothaltestellen für die Rettung der Passagiere havariierter Züge sowie Einrichtungen für den Betrieb und die Wartung und sind jeweils durch einen befahrbaren Zufahrtstunnel erschlossen. Die Multifunktionsstelle Steinach wird zusätzlich mit zwei Überholgleisen

1. INTRODUZIONE

La Galleria di base del Brennero si sviluppa per una lunghezza poco superiore ai 55 km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera – Verona. Tale tratta è inserita nel collegamento ferroviario Nord-Sud denominato TEN – Asse n. 1 Berlino-Verona / Milano-Bologna-Napoli-Messina-Palermo, previsto dalla decisione n. 884/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004.

Il potenziamento dell'asse complessivo dovrà avvenire per fasi, in modo tale da disporre delle capacità necessarie in relazione all'evoluzione della domanda di trasporto. Tale procedimento garantisce che gli alti investimenti necessari non rimangano inutilizzati per lunghi periodi. Mentre parti di questo asse sono già realizzate e in esercizio, come ad esempio le tratte tra Norimberga - Ingolstadt e tra Firenze-Roma e Roma-Napoli, altre ancora, ad es. Erfurt – Norimberga, bassa valle dell'Inn tra Radfeld e Baumkirchen, Verona - Bologna, sono in costruzione. Riguardo tutte le tratte rimanenti sono in corso le progettazioni, a un differente livello di dettaglio.

La progettazione della Galleria di base del Brennero sviluppata nella presente fase di attività è coerente con il grado di dettaglio necessario per l'ottenimento delle autorizzazioni alla costruzione previste in Italia e in Austria.

La configurazione del Tunnel prevede due gallerie principali a singolo binario con interasse di circa 70 m, collegate tra loro ogni 333 m tramite cunicoli trasversali di collegamento. In asse alle due gallerie ferroviarie, ad una quota di circa 10 m – 12 m più bassa, viene realizzato un Cunicolo Service (cunicolo di drenaggio).

Sono previsti tre posti multifunzione collocati a una distanza di circa 20 km tra loro e precisamente Circonvallazione di Innsbruck, Steinach e Prati dotati di posti di comunicazione.

In corrispondenza del posto multifunzione a Sud di Innsbruck, si diramano le gallerie di collegamento con la circonvallazione di Innsbruck a doppio binario, in esercizio dai primi anni novanta.

I posti multifunzione sono attrezzati di fermate d'emergenza per il soccorso di passeggeri in treni incidentati, di impianti per la gestione dell'esercizio e dei lavori di manutenzione; peraltro, dispongono tutti di una galleria carrabile accessibile dall'esterno. Nel posto multifunzione di Steinach è prevista, inoltre, la

ergänzt.

realizzazione di due binari di precedenza.

2. KURZFASSUNG

Im Rahmen einer Messkampagne wurde im Inntaltunnel an 4 Querschnitten die Emission bezüglich Erschütterungen und bei einzelnen Gebäuden direkt über dem Inntaltunnel der Ist-Zustand bezüglich Erschütterungen und sekundärem Luftschall erfasst.

Anhand dieser Daten konnten die Parameter für die Ausbreitungsverhältnisse im Untergrund und den Zusammenhang zwischen Erschütterungen und dem sekundären Luftschall für die Prognoseberechnungen überprüft und kalibriert werden.

Im vorliegenden Bericht sind im Kapitel 8 die Messdaten der Erschütterungsmessungen im Inntaltunnel und Beispiele von Zugsvorbeifahrten zusammengestellt, die im Tunnel und den darüberliegenden Gebäuden registriert wurden. Das Kapitel 5 gibt eine Übersicht über die Lage der Messquerschnitte und den aufgenommen Gebäuden.

In Kapitel 9 wird die Auswertung der Emissionsmessungen im Inntaltunnel beschrieben und die Resultate der Datenanalyse in Diagrammen dargestellt.

In Kapitel 10 wird die Auswertung der parallel zu den Tunnelmessungen in den über dem Tunnel liegenden Gebäuden durchgeführten Messungen beschrieben und die Resultate der Messungen sowie der daraus abgeleiteten Übertragungsfunktionen vom Tunnel zur Oberfläche sowie der Gebäude selbst in Diagrammen dargestellt.

In Kapitel 11 wird schliesslich die Korrelation zwischen Erschütterungen und dem sekundären Luftschall anhand der Messresultate in den Gebäuden diskutiert.

2. RELAZIONE DI SINTESI

Nell'ambito di una campagna di misurazione, in 4 sezioni della Galleria Inntal sono state misurate le emissioni riguardo alle vibrazioni, e per singoli edifici situati direttamente sopra la galleria è stato rilevato lo stato attuale sia delle vibrazioni che del rumore secondario.

In base a questi dati è stato possibile verificare e calibrare i parametri sia per le condizioni di propagazione nel sottosuolo che per la relazione tra le vibrazioni e il rumore secondario, necessari per i calcoli delle previsioni delle vibrazioni.

Nel presente rapporto, al capitolo 8 sono elencati i dati delle misurazioni delle vibrazioni nella galleria Inntal, nonché esempi di transiti ferroviari, registrati nella galleria e negli edifici soprastanti. Il capitolo 5 dà una visione generale della posizione delle sezioni di misurazione e degli edifici considerati.

Nel capitolo 9 viene spiegata l'analisi delle misurazioni delle emissioni nella galleria Inntal. I risultati delle analisi sono rappresentati con diagrammi corrispondenti.

Nel capitolo 10 viene spiegata l'analisi delle misurazioni negli edifici situati al di sopra della galleria. Tali misurazioni sono state eseguite in parallelo alle misurazioni nella galleria. I risultati delle misurazioni e (da queste derivate) delle funzioni di trasmissione dalla galleria alla superficie nonché negli edifici stessi sono rappresentati con diagrammi.

Infine nel capitolo 11 viene discussa la correlazione tra le vibrazioni e il rumore secondario, in base ai risultati delle misurazioni negli edifici.

3. AUFGABENSTELLUNG

Der Brennerbasistunnel als grenzüberschreitendes Projekt zwischen Österreich und Italien unterliegt sowohl den nationalen Gesetzen von Österreich und von Italien als auch den EU-weiten Richtlinien zur verpflichtenden Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen.

In Bereichen, in denen der Brenner Basistunnel oder der Verbindungstunnel zur Umfahrung Innsbruck bebaute Gebiete bzw. in den Flächenwidmungsplänen als Bauland deklarierte Flächen beeinflussen, ist in dieser Planungsphase zu untersuchen, ob ausgehend vom Bau- und Bahnbetrieb in den Gebäuden mit Erschütterungsimmissionen zu rechnen ist, die die geltenden Grenzwerte überschreiten.

Die durchgeführten Messungen hatten zwei Zielsetzungen:

- messtechnische Erfassung der heutigen Situation bezüglich Erschütterungen und sekundärem Luftschall infolge Bahnverkehr und maßgebenden anderen Quellen (Ist-Zustand Z0) im Einflussbereich der BBT-Strecke
- Bereitstellung geeigneter Ausgangsdaten für die Detailprognosen des zukünftigen Zustands Z1 nach Inbetriebnahme sowie für die Maßnahmenplanung

Die Anordnung der Messpunkte sowie die Messdauer in den Gebäuden wurden so gewählt, dass die Ist-Zustands-Messungen auch als Beweissicherungsmessungen verwendet werden können.

3. OBIETTIVI DELLO STUDIO

La Galleria di base del Brennero quale progetto transfrontaliero tra Austria e Italia è soggetta sia alle leggi nazionali austriache ed italiane sia alle direttive dell'Unione Europea per quanto riguarda l'obbligo della valutazione dell'impatto ambientale.

Nelle zone in cui la Galleria di base del Brennero o la galleria di collegamento con la circonvallazione di Innsbruck influenzano aree edificate o aree residenziali previste nei piani regolatori, in questa fase di progettazione si dovrà verificare se a causa di lavori di costruzione e dell'esercizio ferroviario si debbano aspettare immissioni di vibrazioni negli edifici tali da superare i valori limite vigenti.

Le misurazione effettuate hanno due obiettivi:

- rilevamento metrologico della situazione attuale concernente le vibrazioni e il suono secondario derivanti dal traffico ferroviario e da altre fonti rilevanti (situazione attuale Z0) nella zona d'influsso del tratto del GBB
- preparazione di dati di riferimento idonei per le previsioni dettagliate della situazione futura Z1 dopo l'attivazione e per la pianificazione delle misure

La disposizione dei punti di misura nonché la durata delle misurazioni negli edifici sono state scelte in modo tale che le misurazioni della situazione attuale possono essere usate anche come misurazioni di monitoraggio.

4. METHODIK

4.1. Vorgehen

- Auswertung und Prüfung vorhandener Unterlagen und Ergebnisse bezüglich Erschütterungen, Geologie und Plangrundlagen
- Begehung für die Evaluierung von Gebäuden für Messungen und Aufnahmen sowie erste Kontaktaufnahme mit betroffenen Personen
- Erstellung eines Messprogrammes für die Übertragungsmessungen und zur Erfassung des Ist-Zustandes bezüglich Erschütterungen und sekundärem Luftschall
- Organisation des Zuganges der Messorte im Intaltunnel
- Parallelmessung des Ist-Zustandes im Intaltunnel und den Gebäuden darüber
- Zusammenstellung der Gebäudemessdaten in einem Messbericht
- Auswertung der Messdaten zur Ermittlung der Emission im Tunnel sowie der Ausbreitungsverhältnisse
- Zusammenstellung der Messauswertung in einem technischen Bericht
- Verwendung der Auswerteergebnisse für die Detailprognosen des zukünftigen Zustands Z1 nach Inbetriebnahme sowie für die Maßnahmenplanung

4.2. Messprinzip

4.2.1. Tunnel

- Durchführung von Langzeitmessungen (LZM) an jedem Messort (nur Erschütterungen); Dauer: rund 24 h; Messposition: Tunnelbankett (Rand des Kabelkanals) und Nische
- Messung der Erschütterungsemissionen jeweils auf beiden Seiten des Tunnels

4.2.2. Gebäude

- Durchführung von Langzeitmessungen (LZM) an jedem Messort (nur Erschütterungen); Dauer: rund 24 h; Messposition:

4. METODOLOGIA

4.1. Procedimento

- Valutazione e verifica della documentazione disponibile e risultati relativi alle vibrazioni, alla geologia e ai fondamenti progettuali
- Sopralluogo per la valutazione degli edifici per misurazioni e rilievi e primi contatti con le persone in questione
- Redazione di un programma di misurazione per le misurazioni della trasmissione e per il rilevamento della situazione attuale in riguardo alle vibrazioni e al suono secondario
- Organizzazione dell'accesso ai luoghi di misurazione nella galleria Intal
- In parallelo, rilevamento della situazione attuale nella galleria Intal e negli edifici soprastanti
- Compilazione dei dati di misurazione negli edifici in un rapporto
- Analisi dei dati di misurazione per la determinazione delle emissioni nella galleria nonché delle condizioni di propagazione
- Compilazione delle analisi in un rapporto tecnico
- Uso dei risultati delle analisi per le previsioni dettagliate della situazione futura Z1 dopo l'attivazione e per la pianificazione delle misure

4.2. Principio di misurazione

4.2.1. Galleria

- Esecuzione di misurazioni a lungo termine (MLT) ad ogni luogo di misurazione (solamente vibrazioni); durata: circa 24 h; Posizione di rilevamento: banchina della galleria (al bordo del canale dei cavi) e nicchia
- Misurazione delle emissioni delle vibrazioni, su tutti e due i lati della galleria

4.2.2. Edifici

- Esecuzione di misurazioni a lungo termine (MLT) ad ogni luogo di misurazione (solamente vibra.); durata: circa 24 h; Posizione di rilevamento:

Gebäudefundament

- Durchführung von Kurzzeitmessungen (KZM) während der Langzeitmessung an jedem Messort (Erschütterungen und sekundärer Luftschall); Dauer: 3-4 h pro KZM; Kalibrierung der LZM anhand der KZM anhand der Protokolle
- Erschütterungen und sekundärer Luftschall werden parallel gemessen und die Ereignisse der KZM protokolliert
- Messung der Erschütterungen an drei Messpunkten pro Messort, da
 - für die Übertragungsmessung auch ein Außenmesspunkt von Interesse ist
 - für Ist-Zustandsaufnahme Deckenmessung notwendig ist
 - zur Beweissicherung ein Messpunkt erforderlich ist, der in den nächsten 10 Jahren unverändert bleibt (Decken eher ungeeignet, da schwere Einrichtungen sich verändern können)

fondazione dell'edificio

- Esecuzione di misurazioni a breve termine (MBT) durante la misurazione a lungo termine ad ogni luogo di misurazione (vibrazioni e suono second.); durata: 3-4 h per ogni MBT; calibratura delle MLT in base alle MBT secondo i protocolli
- Le vibrazioni e il suono secondario sono misurati in parallelo e i risultati delle MBT protocollati
- Misurazione delle vibrazioni in tre punti per ogni luogo di misurazione, poiché:
 - Per la misurazione della trasmissione è d'interesse anche un punto all'esterno
 - Per il rilevamento della situazione attuale occorrono misurazioni in corrispondenza dei solai
 - Per il monitoraggio occorre un punto di rilevamento che resti immutato nei prossimi 10 anni (i solai sono piuttosto inadatti, poiché gli impianti pesanti possono cambiare)

4.3. Wahl der Messorte

Die geplanten Tunnelbauwerke für den Brenner Basistunnel weisen im Bereich der Mittelgebirgsterrasse zwischen Aldrans und Igls meist mehr als 200 m Überdeckung auf. Zur Ermittlung der Ausbreitungsverhältnisse bezüglich Erschütterungen wurden deshalb Messquerschnitte mit Messorten an der Oberfläche gewählt, die große Überdeckung zum Inntaltunnel haben, bei denen es wenn möglich keine Erschütterungsmaßnahme im Tunnel gibt und die in ruhiger Umgebung liegen, damit überhaupt auswertbare Signale registriert werden konnten. Im Weiteren sollen die neu gewonnenen Daten Vergleiche mit den Messresultaten über den Inntaltunnel von Prof. Dr. Steinhauser aus dem Jahre 1994 zulassen.

Aus diesen Gründen wurden 4 Messquerschnitte mit jeweils zwei Messgebäuden pro Querschnitt gewählt, damit eine größere Auswahl an Gebäudetypen bestand und lokale Unterschiede im Untergrund erkannt werden konnten.

4.3. Scelta dei luoghi di misurazione

Nella zona della media montagna tra Altrons e Igls, le costruzioni progettate per la Galleria di Base del Brennero presentano per la maggior parte una copertura di più di 200 m. Perciò, per la determinazione delle condizioni di propagazione delle vibrazioni sono stati scelti sezioni di misurazione con luoghi di misurazione alla superficie che abbiano una grande copertura dalla galleria Inntal, per le quali se possibile nella galleria non ci siano misure antivibrazioni e che si trovino in un ambiente silenzioso, in modo che fosse possibile registrare segnali interpretabili. Inoltre i dati nuovi devono poter permettere un confronto con i risultati di misurazione sopra la galleria Inntal del Prof. Dr. Steinhauser dell'anno 1994.

Per questi motivi sono state scelte 4 sezioni di misurazione contenenti ognuna due edifici da misurare, in modo che ci fosse una più vasta scelta di tipi d'edifici, e che possano essere identificati differenze locali nel sottosuolo.

5. LAGE DER MESSORTE

Im Folgenden werden 4 Übersichtspläne mit der Lage der Messorte an den 4 Messquerschnitten dargestellt. Die Nummerierung der Messorte entspricht derjenigen aller Ist-Zustandsmessungen der Messkampagne. Die Messzeiten sind im Messprogramm von Kapitel 6 zusammengestellt.

5. SITUAZIONE DEI LUOGHI DI MISURAZIONE

In seguito vengono raffigurati 4 piani di visione generale con la posizione dei luoghi di misurazione. La numerazione dei luoghi di misurazione corrisponde a quella di tutte le misurazioni della situazione attuale nella campagna di misurazione. Gli orari delle misurazioni sono elencati nel programma di misurazioni del capitolo 6.

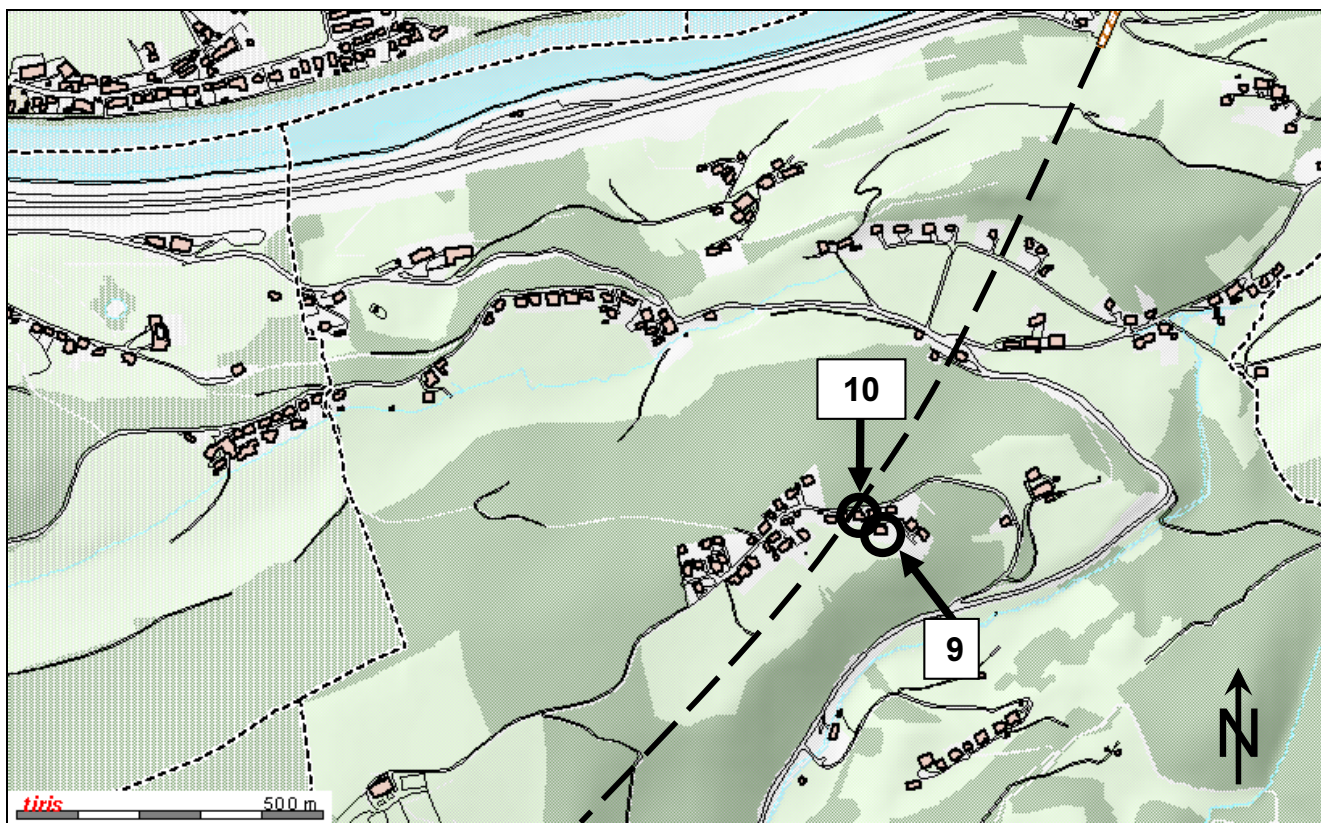


Abbildung 1: Planausschnitt: Tulfes (Ortsteil Gasteig), Messquerschnitt 1, km 3,13

Illustrazione 1: Estratto di piano: Tulfes (quartiere Gasteig), sezione di misurazione 1, km 3,13

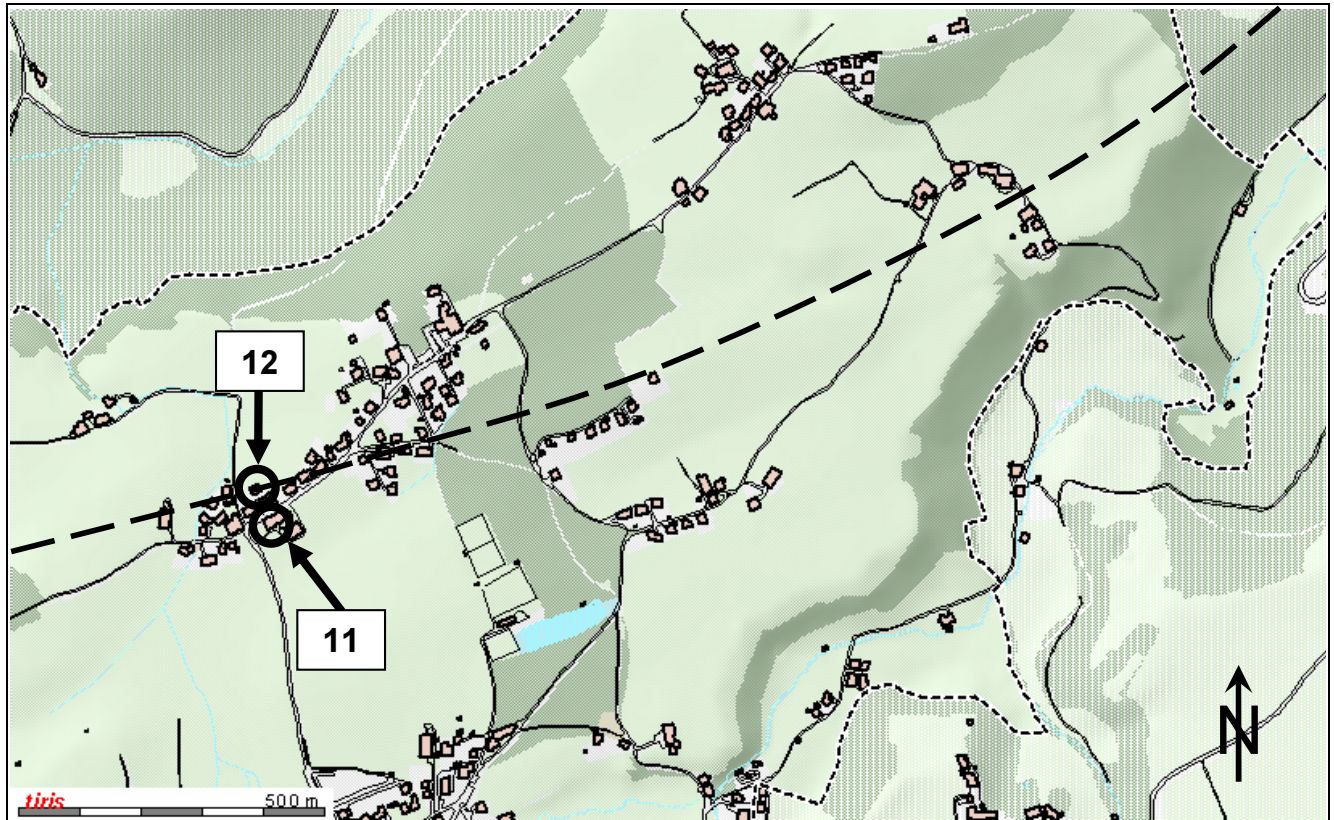


Abbildung 2: Planausschnitt: Rinn (Ortsteil Judenstein), Messquerschnitt 2, km 5,96

Illustrazione 2: Estratto di piano: Rinn (quartiere Judenstein), sezione di misurazione 2, km 5,96

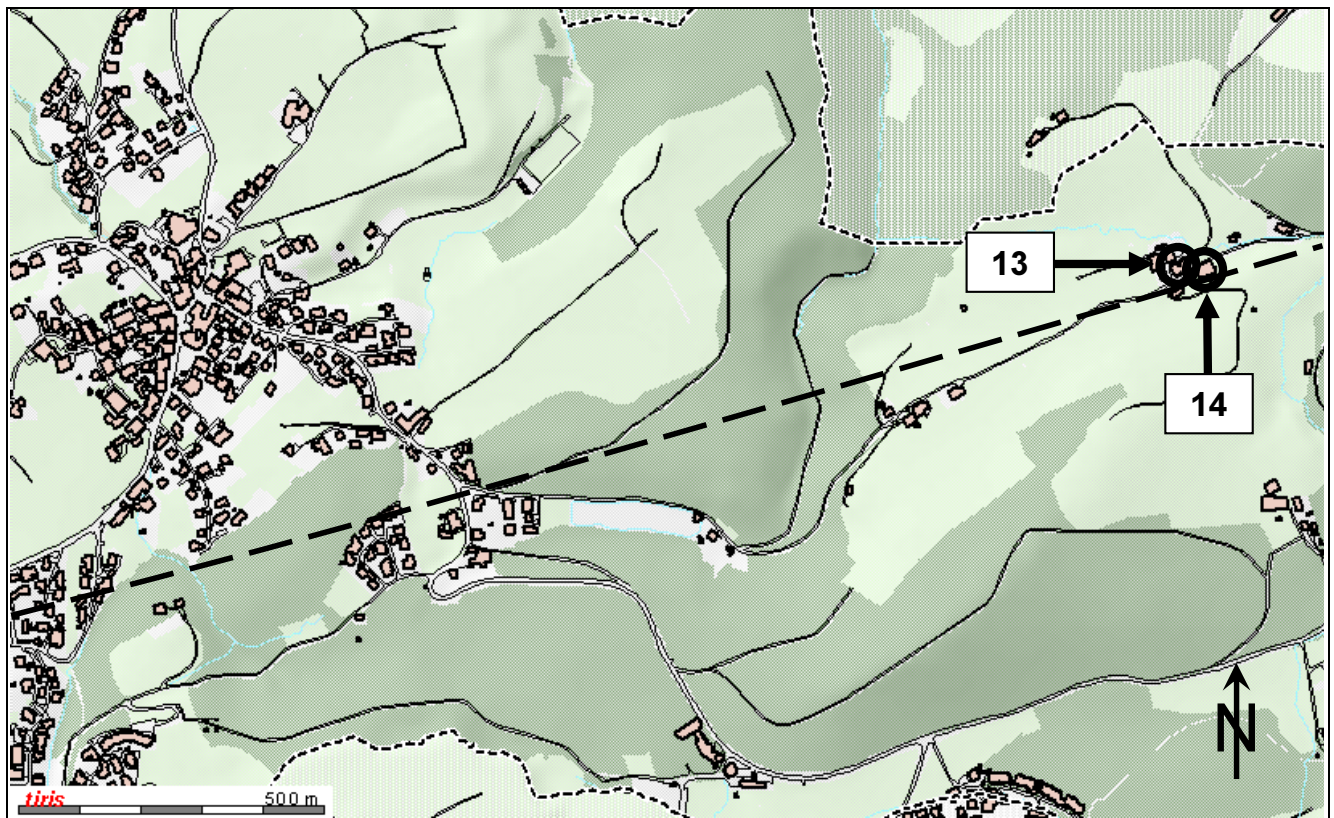


Abbildung 3: Planausschnitt: Aldrans (Ostteil), Messquerschnitt 3, km 8,55

Illustrazione 3: Estratto di piano: Aldrans (parte est), sezione di misurazione 3, km 8,55

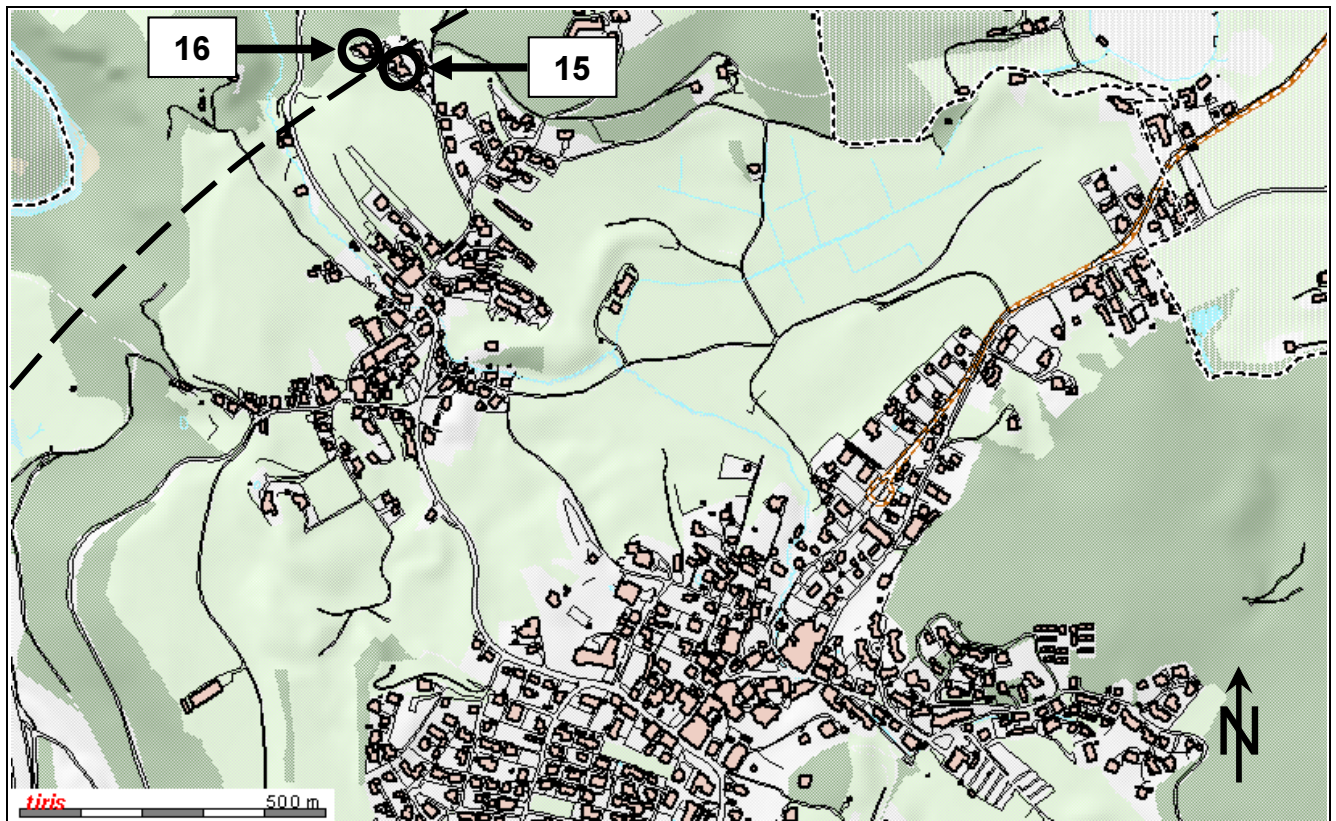


Abbildung 4: Planausschnitt: Vill und Igls, Messquerschnitt 4, km 13,74

Illustrazione 4: Estratto di piano: Vill e Igls, sezione di misurazione 4, km 13,74

6. MESSPROGRAMM 2005

Adressen und Daten der Messgebäude Indirizzi e date delle misurazioni agli edifici

Nr.	Strasse & Hausnummer	PLZ	Ortschaft	Erschütterungs- messung Fundament	Erschütterungsmessung Außen und Decke	Messung sekundärer Luftschall in Zimmer	Bemer- kung
N°	Via e numero	NPA	Località	Misurazioni delle vibrazioni fondazione	Misurazioni delle vibrazioni fuori e solai	Misurazioni del suono secondario in camere	Note
Datum und Zeit				Datum und Zeit			
Data e ora				Data e ora			
9	Gasteig 13	6075	Tulfes	05.06. 21:00 - 06.06. 20:20	06.06. 09:30 - 13:46	06.06. 09:31 - 13:44	1)
10	Gasteig 25	6075	Tulfes	06.06. 15:45 - 07.06. 07:30	06.06. 16:30 - 19:30	06.06. 16:34 - 19:25	1)
11	Mooshöfe 2	6074	Rinn	06.06. 20:50 - 07.06. 20:00	07.06. 09:30 - 13:50	07.06. 09:28 - 13:50	2)
12	Mooshöfe 8	6074	Rinn	07.06. 08:20 - 08.06. 07:25	07.06. 15:50 - 19:00	07.06. 15:51 - 18:58	2)
13	Prockenhofweg 4	6071	Aldrans	07.06. 20:35 - 08.06. 20:05	08.06. 10:00 - 13:50	08.06. 10:03 - 13:50	3)
14	Prockenhofweg 5	6071	Aldrans	08.06. 08:15 - 09.06. 07:20	08.06. 16:00 - 19:00	08.06. 16:03 - 19:02	3)
15	Pollenweg 49/47	6080	Vill	08.06. 20:50 - 09.06. 20:00	09.06. 09:50 - 13:50	09.06. 09:52 - 13:42	4)
16	Pollenweg 41	6080	Vill	09.06. 08:30 - 10.06. 07:50	09.06. 16:00 - 19:00	09.06. 15:54 - 18:54	4)

- 1) Messquerschnitt 1 / sezione di misurazione 1
- 2) Messquerschnitt 2 / sezione di misurazione 2
- 3) Messquerschnitt 3 / sezione di misurazione 3
- 4) Messquerschnitt 4 / sezione di misurazione 4

Daten der Erschütterungsmessungen im Intaltunnel Date delle misurazioni delle vibrazioni nella Galleria Intal

Name	km	Tunnelseite	Datum und Zeit	Bemerkung
Nome	km	Parte della galleria	Data e ora	Note
Messquerschnitt 1	3,13	Sud / Sud	06.06. 09:30 - 07.06. 09:45	5)
sezione di misurazione 1	3,13	Nord / Nord	06.06. 09:45 - 07.06. 09:25	
Messquerschnitt 2	5,96	Sud / Sud	07.06. 10:40 - 08.06. 09:10	6)
sezione di misurazione 2	5,96	Nord / Nord	07.06. 10:35 - 08.06. 09:30	
Messquerschnitt 3	8,55	Sud / Sud	08.06. 10:40 - 09.06. 09:20	7)
sezione di misurazione 3	8,55	Nord / Nord	08.06. 10:30 - 09.06. 09:30	
Messquerschnitt 4	13,74	Sud / Sud	09.06. 11:00 - 10.06. 09:45	8)
sezione di misurazione 4	13,74	Nord / Nord	09.06. 10:20 - 10.06. 10:00	

- 5) Signale nur bis 07.06. 01:41 aufgezeichnet / segnali registrati solo fino al 07.06. alle 01:41
- 6) Signale nur bis 07.06. 23:33 aufgezeichnet / segnali registrati solo fino al 07.06. alle 23:33
- 7) Signale nur bis 08.06. 20:45 aufgezeichnet / segnali registrati solo fino al 08.06. alle 20:45
- 8) Signale nur bis 10.06. 05:18 aufgezeichnet / segnali registrati solo fino al 10.06. alle 05:18

Tabelle 1: Messprogramm

Tabella 1: Programma di misurazione

Für die Erschütterungsmessungen im Inntaltunnel wurde auf jeder Seite des Tunnels ein Messgerät während 24 h unbemannt laufen gelassen. Nach jeweils 24 h wurden die Messgeräte von einem Messquerschnitt zum nächsten verschoben.

Außer bei den Messorten Nr. 9 bis 16 wurden 2005 bei weiteren 31 Gebäuden im Untersuchungsgebiet Ist-Zustandsmessungen durchgeführt. Die Daten aller Gebäudemessungen inkl. Nr. 9 bis 16 sind in separaten Berichten D0118-00215 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall - Messung Ist-Zustand“ für das Projektgebiet Österreich bzw. D0118-02176 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall - Messung Ist-Zustand“ für das Projektgebiet Italien zusammengestellt.

Bei allen Messorten sowie weiteren Gebäuden im Untersuchungsgebiet, mit Ausnahme Nr. 25 St. Bartlmä 3, wurden die erschütterungstechnisch relevanten Gebäudeparameter aufgenommen und protokolliert. Diese Protokolle sind in separaten Berichten für das Projektgebiet Österreich D0118-00216 „Erschütterungen - Gebäudeaufnahmen“ und D0118-02175 „Erschütterungen - Gebäudeaufnahmen“ für das Projektgebiet Italien zusammengefasst.

Per le misurazioni delle vibrazioni nella galleria Inntal, da ciascun lato è stato piazzato uno strumento di misurazione per 24 ore (non assistito da personale). Dopo 24 ore, gli strumenti venivano spostati da una sezione di misurazione alla prossima.

Eccetto che per i luoghi di misurazione dal n° 9 al n° 16, in 31 ulteriori edifici nell'area investigata sono state 2005 effettuate misurazioni della situazione attuale. I dati di tutte le misurazioni negli edifici, inclusi quelli del n° 9 al n° 16, sono elencati nei rapporti separati D0118-00215 „Vibrazioni e suono secondario - misurazione della situazione attuale“ per l'area di progetto Austria risp. D0118-02176 „Vibrazioni e suono secondario - misurazione della situazione attuale“ per l'area di progetto Italia“.

In tutti i luoghi di misurazione nonché per altri edifici nella zona investigata, ad eccezione del n° 25 St. Bartlmä 3, sono stati rilevati e protocollati i parametri tecnici rilevanti per le vibrazioni. Questi protocolli sono compilati in rapporti separati, sia per l'area di progetto Austria D0118-00216 „Vibrazioni - rilevamento di edifici“ che per l'area di progetto Italia D0118-02175 „Vibrazioni - rilevamento di edifici“.

7. MESSGERÄTE, EINSTELLUNGEN UND SOFTWARE

7.1. Erschütterungsmessungen

Für Langzeitmessung an den Messorten Nr. 9 bis 16 sowie Tunnelmessungen:

- MR 2002 CE von Syscom AG, Zürich, Schweiz mit Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer MS 2003+ triaxial (Gebäude) und 3 x uniaxial vertikal (Tunnel)
- Firmware Version: 220.04 und 220.20 bzw. 7.01 und 7.02
- Hintergrundmessung nach DIN 4150-2 mit KB_{Fmax} -Werten alle 30 s
- Einstellungen: Frequenzbereich 1 Hz bis 160 Hz und 1 Hz bis 320 Hz; Sampling-rate 400 sps und 800 sps; Messbereich 0,003 – 115 mm/s (normal gain) und 0,0001 – 1,5 mm/s (high gain), Triggerschwelle je nach Situation
- Auswertesoftware: View2002 Data Analysis for the MR2002, Version 3.1 05.12.2004 von Ziegler Consultants, Zürich, Schweiz

Für die Kurzzeitmessungen an den Messorten Nr. 9 bis 16:

- 5 Beschleunigungsaufnehmer 4378 von Brüel & Kjær, Dänemark (B&K), davon 3 Aufnehmer triaxial auf Geschoßdecke, 1 Aufnehmer vertikal auf Sensor MS2003+ am Fundament und 1 Aufnehmer vertikal neben Gebäude auf Erdspeis
- Ladungsverstärker B&K 2635, Integrator und Kalibrierschaltzirkulator 160 Hz B&K 2635 0,1 Hz bis 4 kHz; 0,15 mm/s² bis 5 km/s²
- Mess- und Auswertesoftware: MEDA_AD, Version 7.301 17.11.2004 von Wölfel Meßsysteme • Software GmbH + Co, Höchberg, Deutschland und AD-Wandler zur direkten Signalaufzeichnung auf Harddisk und digitaler Signalauswertung, 8-kanalig für Schwingungs- und Schallmessungen
- Einstellungen: Aufnahmebandbreite 1 - 1250 Hz, Aufnahmezeitfenster 60 s, nachträgliche digitale Hochpassfilterung 3. Ordnung bei 3 Hz für alle Signale

7. STRUMENTI DI MISURAZIONE, REGOLAZIONE E SOFTWARE

7.1. Misurazioni delle vibrazioni

Per le misurazioni di lunga durata nei luoghi dal n° 9 al n° 16, e per misurazioni nella galleria:

- MR 2002 CE della Syscom AG, Zurigo, Svizzera con sensore per misurare la velocità di oscillazione MS 2003+ triassiale (edifici) e 3 x uniassiale verticale (galleria)
- Versione Firmware: 220.04 e 220.20 risp. 7.01 e 7.02
- Misurazione di sfondo secondo DIN 4150-2 con valori KB_{Fmax} ogni 30 s
- Regolazione: banda di frequenza da 1 Hz fino a 160 Hz e 1 Hz fino a 320 Hz; Sampling-rate 400 sps e 800 sps; banda di misurazione 0,003 – 115 mm/s (normal gain) e 0,0001 – 1,5 mm/s (high gain), valore soglia di risposta dipendente dalla situazione
- Software per le analisi: View2002 Data Analysis for the MR2002, Version 3.1 05.12.2004 dalla Ziegler Consultants, Zurigo, Svizzera

Per le misurazioni di breve durata nei luoghi da 9 a 16:

- 5 sensori di accelerazione 4378 della Brüel & Kjær, Danimarca (B&K), di questi 3 sensori triassiali sul solaio, 1 sensore verticale al sensore MS2003+ (alla fondazione) e 1 sensore verticale accanto all'edificio su lancia interrata
- Amplificatore di carica B&K 2635, integratore e oscillatore di calibrazione 160 Hz B&K 2635 0,1 Hz a 4 kHz; 0,15 mm/s² a 5 km/s²
- Software di misurazione e analisi: MEDA_AD, versione 7.301 17.11.2004 della Wölfel Meßsysteme • Software GmbH + Co, Höchberg, Germania e trasformatore AD per la registrazione diretta del segnale su disco rigido e analisi digitale, 8 canali per misurazioni di vibrazioni e suoni
- Regolazione: Banda di frequenza 1 - 1250 Hz, Finestra di misura 60 s, susseguente filtraggio digitale passa-alto di 3. ordine a 3 Hz per tutti i segnali

7.2. Sekundärer Luftschall

Für die Kurzzeitmessungen an den Messorten Nr. 9 bis 16:

- Messsystem Symphonie von 01dB-Stell, Limonest, Frankreich, 2 Mikrofone Klasse 1
- Einstellungen: Dynamik 21-85 dB(lin) oder 25-95 dB(lin), max. Audiofrequenz 10'000 Hz, Zeitbasis 100 ms, Speicherung der Werte Leq, Fast, Fast-max, Slow, Slow-max, Speicherung des Spektrums, Speicherung der Tonaufnahme über Triggerschwelle je nach Situation
- Akustischer Kalibrator B&K 4231
- Messsoftware: dBTRIG32 Version 4.53 von 01dB-Stell
- Auswertesoftware: dBTRAI32 Version 4.532 und dBFA32 Version 4.532 von 01dB-Stell

7.2. Suono secondario

Per le misurazioni di breve durata nei luoghi da 9 a 16:

- Sistema di misurazione Symphonie della 01dB-Stell, Limonest, Francia, 2 microfoni classe 1
- Regolazione: dinamica 21-85 dB(lin) o 25-95 dB(lin), mass. frequenza audio 10'000 Hz, base temporale 100 ms, salvataggio dei dati Leq, Fast, Fast-max, Slow, Slow-max, salvataggio dello spettro, salvataggio della registrazione sopra il livello soglia in dipendenza della situazione
- Calibratore acustico B&K 4231
- Software di misurazione: dBTRIG32 versione 4.53 della 01dB-Stell
- Software di analisi: dBTRAI32 versione 4.532 e dBFA32 versione 4.532 della 01dB-Stell

8. ZUSAMMENSTELLUNG DER MESSDATEN

Im Folgenden werden die Messdaten entsprechend der Nummerierung des Messprogrammes dokumentiert. Pro Messort ergeben sich 4 verschiedene Einheiten:

1. Übersicht mit Grundriss-skizze und Fotos
2. Messresultate der Langzeit-Erschütterungsmessung im Tunnel
3. Zugprotokoll über die Zeit der Langzeitmessung
4. Beispiele von Zeitsignalen verschiedener Zugvorbeifahrten registriert an den Messpunkten im Tunnel und den Gebäuden

Anmerkungen zur

2. Einheit (Langzeit-Erschütterungsmessung):

Es werden hier nur die Tunnelaufzeichnungen dargestellt. Die Aufzeichnungen der Gebäudemesspunkte sind in einem separaten Messbericht D0118-00215 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall - Messung Ist-Zustand“ zusammengestellt.

Die Messungen auf der Nord- und Südseite des Tunnelquerschnitts werden auf verschiedenen Seiten dargestellt.

Die Darstellungen der Erschütterungsmessungen entsprechen der Dauermessung in Form von KB_{FTi} -Werten gemäß DIN 4150-2 für die 3 Messpunkte mit vertikalen Messaufnehmern. Zusätzlich zu diesen Aufzeichnungen sind für alle Erschütterungen über der angegebenen Triggerschwelle Echtzeitsignale aufgezeichnet und abgespeichert worden.

Es ist zu beachten, dass die Ordinate der Diagramme für die Messquerschnitte 1 und 2 in $10^{-3} \times KB_{FTi}$ (= Milli- KB_{FTi}) angegeben ist.

Beim Messquerschnitt 4 liegt im Tunnel eine Unterschottermatte zur Immissionsminderung, was kleinere Schwingungsamplituden zur Folge hat.

Ausnahmen:

Bei den Messquerschnitten 3 und 4 wurde die Langzeitmessung nur durch ein Zusatzmessgerät mit triaxialem Sensor in der Nische auf einer Tunnelseite durchgeführt. Es werden alle 3 Komponenten dargestellt.

8. SOMMARIO DEI DATI DI MISURAZIONE

In seguito vengono documentati i dati di misurazione, in base alla numerazione del programma di misurazioni. Per ogni luogo risultano 4 sezioni:

1. Quadro generale con schizzo delle piante e foto
2. Risultati della misurazione di lunga durata xxxx galleria
3. protocollo del transito dei treni è allegato alla misurazione di lunga durata
4. Esempi di segnali temporali di diversi transiti ferroviari, registrati nei punti di misurazione nella galleria e negli edifici

Annotazioni riguardo la sezione

2. (misurazione di lunga durata delle vibrazioni):

Qui sono illustrati solamente le registrazioni nella galleria. Le registrazioni ai punti di misurazione negli edifici sono elencati nel rapporto separato D0118-00215 „Vibrazioni e rumore secondario – Misurazione della situazione attuale“.

Le misurazioni dalla faccia nord e sud della sezione della galleria sono illustrate su pagine diverse.

Le rappresentazioni delle misurazioni delle vibrazioni corrispondono alla misurazione continua sotto forma di valori KB_{FTi} in conformità con la norma DIN 4150-2 per i tre punti di misurazione con sensori di misurazione verticale. Ulteriormente a queste registrazioni per tutte le vibrazioni in eccedenza al valore soglia sono stati registrati e memorizzati segnali in tempo reale.

È da notare che l'ordinata degli schemi per le sezioni di misurazione 1 e 2 è indicata in $10^{-3} \times KB_{FTi}$ (= milli KB_{FTi}).

Nella sezione di misurazione 4, nella galleria è presente un tappetino insonorizzante sotto la massicciata per ridurre le immissioni, il che comporta valori ridotti delle oscillazioni.

Eccezioni:

Nelle sezioni di misurazione 3 e 4, la misurazione a lunga durata è stata effettuata solamente nella nicchia da una parte della galleria, tramite uno strumento addizionale con sensore triassiale. Sono illustrati tutte e 3 le componenti.

3. Einheit (Zugsprotokoll):

Der Inhalt des angefügten Zugsprotokolls wurde von der ÖBB zur Verfügung gestellt. Die angegebenen Zeiten entsprechen den Durchfahrtszeiten an den Registrierstellen der ÖBB.

Bei der Zugart sind Abkürzungen verwendet, die Folgendes bedeuten:

Güter- und Lokzüge:

ATG	Angebotstrasse Güterzug
DG	Direktgüterzug
GAG	Ganzzug
KGAG	KLV-Ganzzug
LGAG	Leerwagenganzzug
LZ	Lokzug
RID	Gefahrgutganzzug
ROLA	Rollende Landstraße
TEC	Trans Europ Combiné

4. Einheit (Beispiele von Zeitsignalen):

Die Beispiele für die beiden Gebäude pro Messquerschnitt werden auf verschiedenen Seiten dargestellt.

In den Beispielen werden jeweils nur die Vertikalkomponenten der Aufzeichnungen gezeigt.

In der oberen Grafik wird das Zeitsignal der Zugsvorbeifahrt an einem Messpunkt im Tunnel dargestellt.

In der unteren Grafik wird das Zeitsignal der gleichen Zugsvorbeifahrt an 3 verschiedenen Gebäudemesspunkten dargestellt:

Garten-, Fundament- und Deckenmesspunkt

Ausnahme:

Beim Gebäude Nr. 15, Messquerschnitt 4 wurde kein Gartenmesspunkt, dafür 2 Deckenmesspunkte gesetzt.

3. (protocollo del transito ferroviario)

Il contenuto del protocollo aggiunto dei transiti ferroviari è stato reso disponibile dalle ÖBB. I tempi indicati corrispondono al tempo di transito nei posti di registro delle ÖBB.

Per i tipi di treno vengono usate delle abbreviazioni con il seguente significato:

treni merci e a locomotiva:

ATG	tracciato proposto per treno merci
DG	treno merci diretto
GAG	treno completo
KGAG	treno completo KLV
LGAG	treno completo a vagoni vuoti
LZ	treno a locomotiva
RID	treno completo merci pericolose
ROLA	autostrada viaggiante
TEC	Trans Europ Combiné

4. (esempi di segnali temporali):

Gli esempi per i due edifici ogni sezione di misurazione sono illustrati su fogli diversi.

Negli esempi vengono mostrati soltanto le componenti verticali delle misurazioni.

Nella grafica superiore viene illustrato il segnale temporale del transito ferroviario per un punto di misurazione nella galleria.

Nella grafica inferiore viene illustrato il segnale temporale dello stesso transito ferroviario per tre diversi punti di misurazioni negli edifici:

Punto di misurazione giardino, fondamenta e solaio

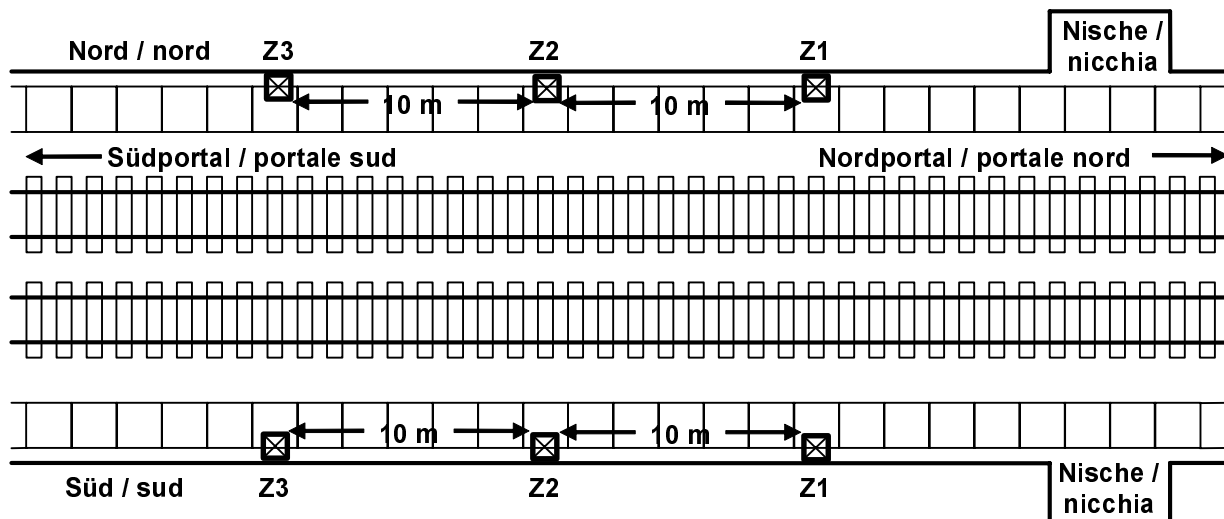
Eccezione:

Per l'edificio n° 15, sezione di misurazione 4, non è presente un punto di misurazione in giardino, in compenso sono presenti due punti su solaio.

Messquerschnitt 1:	Tunnel km 3,13	Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10	Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1:	galleria km 3,13	edifici n° 9 e n° 10	distanza 200 m

Situation Erschütterungsmessung im Inntaltunnel /

Situazione della misurazione delle vibrazioni nella Galleria dell'Inntal



Bemerkung: Messpunkte Z1 bis Z3 auf Gehwegrand /

Note: Punti di misurazione da Z1 a Z3 sul viottolo pedonale al bordo



Messpunkt Z3 Nord /

Punto di misurazione Z3 nord

Messquerschnitt 1:	Tunnel km 3,13	Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10	Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1: galleria km 3,13		edifici n° 9 e n° 10	distanza 200 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Nordseite /
Risultati delle misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia nord

Ch1 = Vertikalkomponente Z1 / componente verticale Z1

Ch2 = Vertikalkomponente Z2 / componente verticale Z2

Ch3 = Vertikalkomponente Z3 / componente verticale Z3

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,10 \text{ mm/s}$

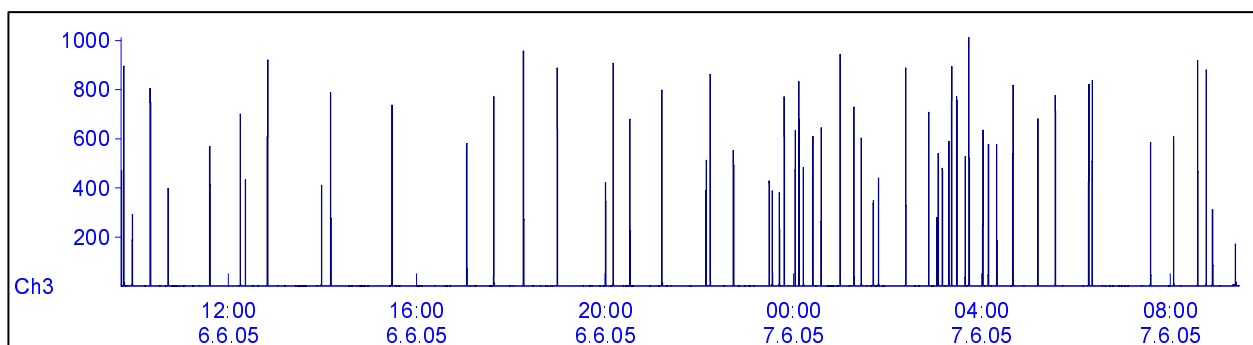
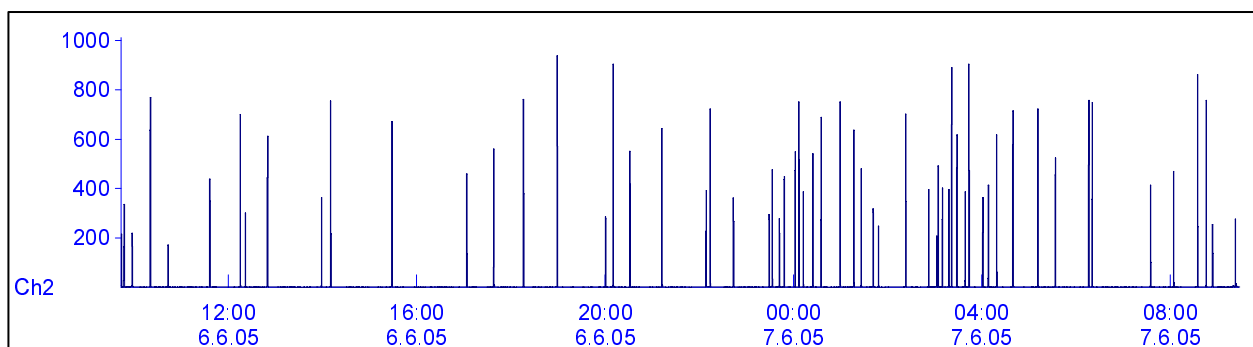
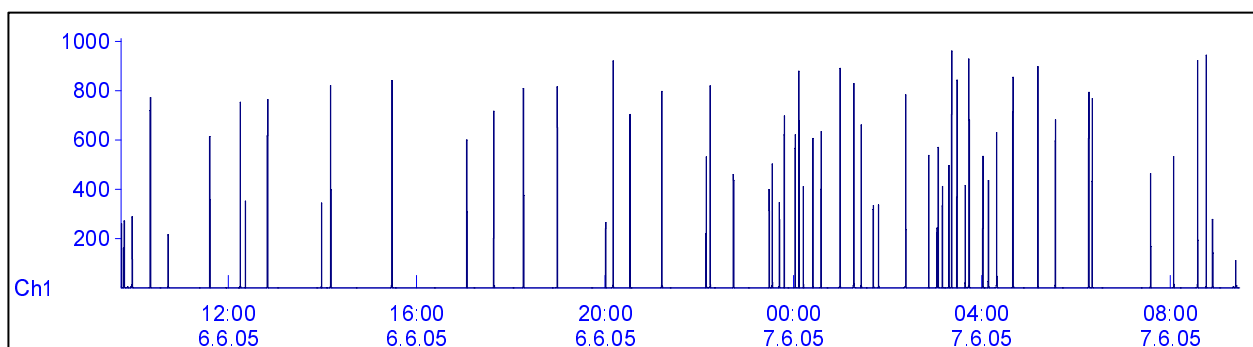
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 06.06.2005 09:43

Ende / fine: 07.06.2005 09:27

Dauer / durata: 23 h 44 m

Ordinate: KB_{FTi} -Werte gem. DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$ / ordinata: valori KB_{FTi} secondo DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$



Messquerschnitt 1:	Tunnel km 3,13	Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10	Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1:	galleria km 3,13	edifici n° 9 e n° 10	distanza 200 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Südseite /
Risultati delle misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia sud

Ch1 = Vertikalkomponente Z1 / componente verticale Z1

Ch2 = Vertikalkomponente Z2 / componente verticale Z2

Ch3 = Vertikalkomponente Z3 / componente verticale Z3

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,10 \text{ mm/s}$

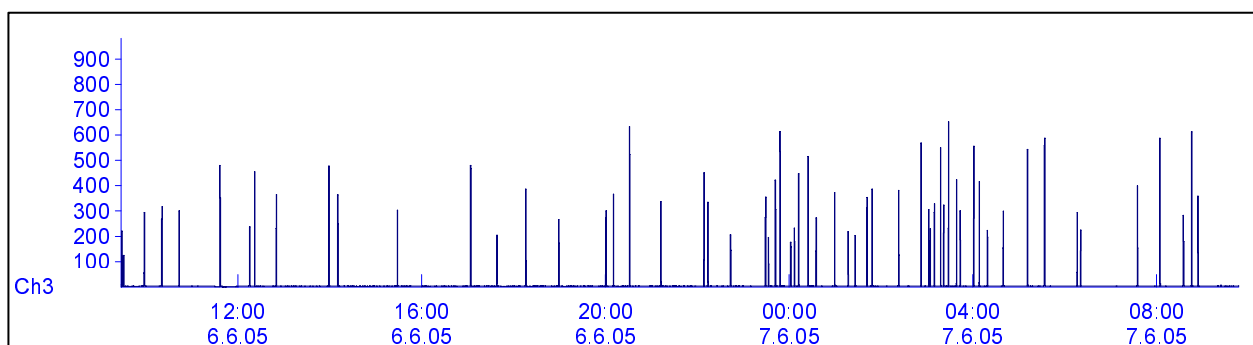
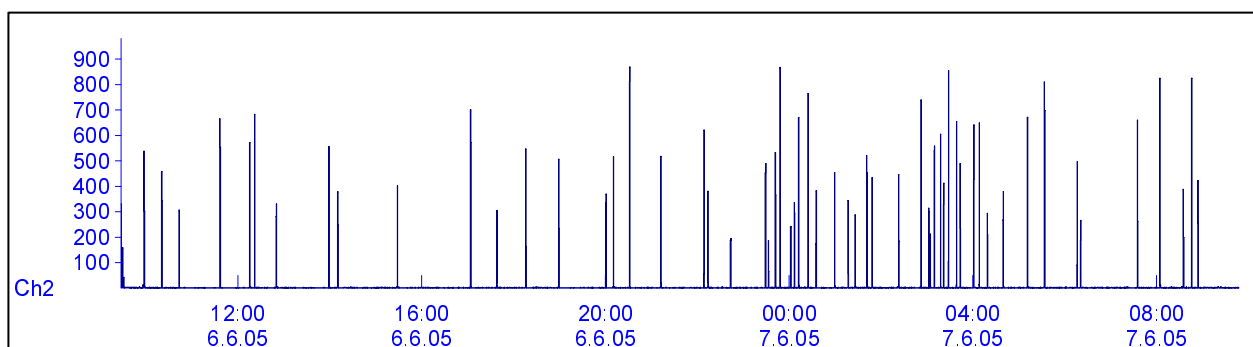
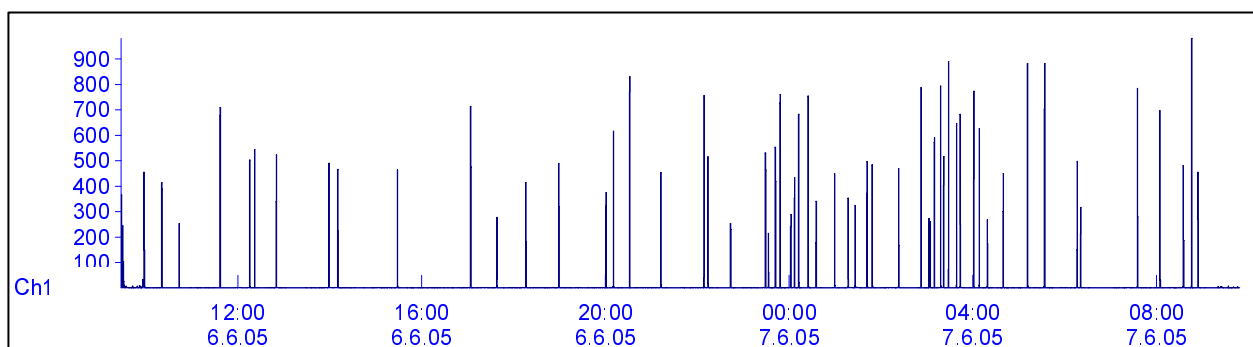
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 06.06.2005 09:27

Ende / fine: 07.06.2005 09:47

Dauer / durata: 24 h 20 m

Ordinate: KB_{FTi} -Werte gem. DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$ / ordinata: valori KB_{FTi} secondo DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$



Messquerschnitt 1: Tunnel km 3,13 Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10 Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1: galleria km 3,13 edifici n° 9 e n° 10 distanza 200 m

Zusammenstellung der Zugfahrten durch den Inntaltunnel vom 06.06.2005 bis 07.06.2005 /
Sommario dei transiti ferroviari attraverso la galleria Inntal dal 06.06.2005 al 07.06.2005

Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)		
			Datum	Datum	Datum
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW13 (km 4,174)		
			data	ora	binario
99702	SLK	530	06.06.2005	09:30:14	34
49193	GAG	288	06.06.2005	10:21:18	34
44142	DG	423	06.06.2005	11:36:23	43
48819	GAG	341	06.06.2005	12:16:07	34
97950	LZ	40	06.06.2005	12:21:23	43
79915	KGAG	597	06.06.2005	12:50:50	34
88922	LZ	40	06.06.2005	13:58:17	43
79953	KGAG	577	06.06.2005	14:11:09	34
44113	DG	455	06.06.2005	15:29:03	34
88580	LZ	20	06.06.2005	17:03:44	43
48827	GAG	583	06.06.2005	17:38:59	34
43215	ROLA	465	06.06.2005	18:16:41	34
49245	GAG	377	06.06.2005	18:59:46	34
42134	KGAG	486	06.06.2005	20:00:00	43
43135	TEC	568	06.06.2005	20:11:00	34
43218	ROLA	464	06.06.2005	20:32:27	43
43217	ROLA	464	06.06.2005	21:13:07	34
43132	TEC	586	06.06.2005	22:08:16	43
49817	GAG	358	06.06.2005	22:14:40	34
48833	GAG	?	06.06.2005	22:44:19	34
48826	GAG	548	06.06.2005	23:29:12	43
79937	GAG	580	06.06.2005	23:33:34	34
52444	ROLA	408	06.06.2005	23:42:05	43
43200	ROLA	465	06.06.2005	23:47:28	43
43165	TEC	422	07.06.2005	00:02:46	34
43219	ROLA	464	07.06.2005	00:07:45	34
88596	LZ	40	07.06.2005	00:12:39	43
42116	KGAG	395	07.06.2005	00:25:33	43
52441	ROLA	408	07.06.2005	00:35:49	34
44177	DG	307	07.06.2005	01:00:11	34
42117	KGAG	554	07.06.2005	01:17:34	34
43144	TEC	475	07.06.2005	01:48:11	43
43133	TEC	505	07.06.2005	01:27:01	34
44116	DG	451	07.06.2005	01:41:06	43
43203	ROLA	465	07.06.2005	02:23:40	34
44118	DG	224	07.06.2005	02:55:45	43
48834	GAG	580	07.06.2005	03:01:52	43
52447	ROLA	408	07.06.2005	03:05:04	34
42168	KGAG	511	07.06.2005	03:09:43	43

Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)		
			Datum	Datum	Datum
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW13 (km 4,174)		
			data	ora	binario
52446	ROLA	408	07.06.2005	03:17:14	43
42101	KGAG	447	07.06.2005	03:22:19	34
88552	LZ	60	07.06.2005	03:27:43	43
43162	TEC	478	07.06.2005	03:38:10	43
44103	DG	440	07.06.2005	03:44:13	34
42128	KGAG	468	07.06.2005	04:00:55	43
43120	TEC	510	07.06.2005	04:07:40	43
42119	KGAG	475	07.06.2005	04:19:37	34
42157	KGAG	526	07.06.2005	04:40:25	34
43212	ROLA	465	07.06.2005	05:10:43	43
42154	KGAG	503	07.06.2005	05:33:00	43
79907	GAG	296	07.06.2005	05:34:09	34
42137	KGAG	521	07.06.2005	06:16:57	34
48823	GAG	578	07.06.2005	06:21:20	34
43122	TEC	599	07.06.2005	07:34:12	43
43216	ROLA	464	07.06.2005	08:03:48	43
42161	KGAG	571	07.06.2005	08:35:36	34
42112	KGAG	400	07.06.2005	08:45:13	43
49246	LGAG	298	07.06.2005	08:55:26	43
99703	SKL	505	07.06.2005	09:19:08	44

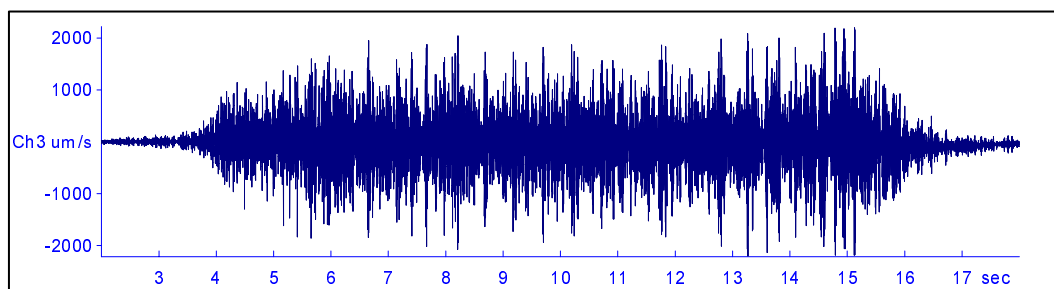
Messquerschnitt 1:	Tunnel km 3,13	Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10	Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1:	galleria km 3,13	edifici n° 9 e n° 10	distanza 200 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 06.06.2005 12:15 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 06.06.2005 12:15 binario nord:

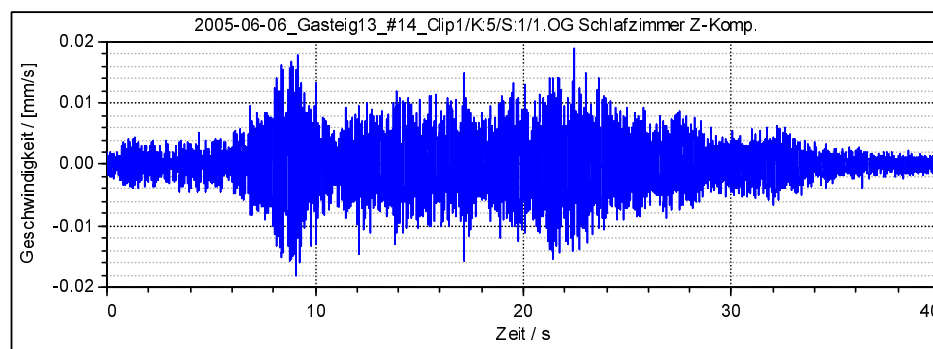
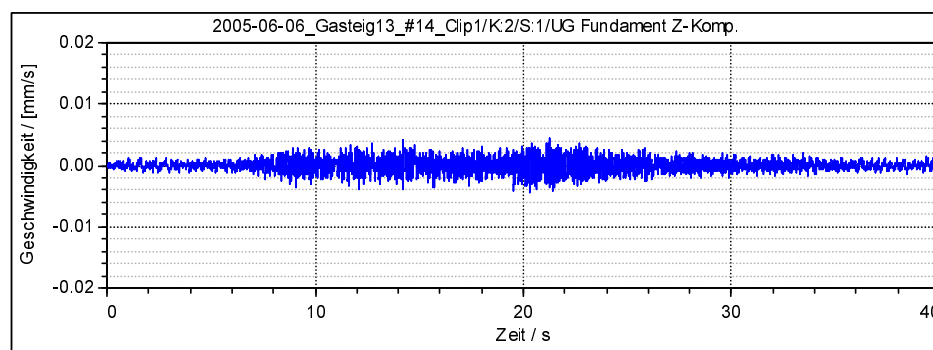
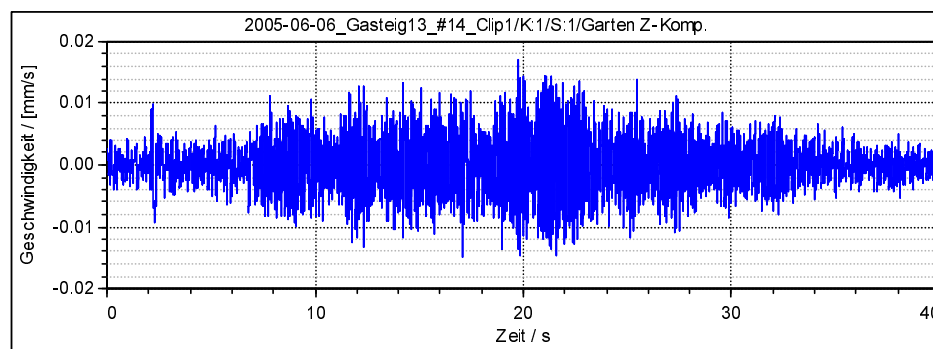
Tunnel / Ch3 = Vertikalkomponente Z3 Nord / componente verticale Z3 nord

galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 06.06.2005 12:15:19

Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in 10^{-3} mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in 10^{-3} mm/s



Gebäude Nr. 9 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 9: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 06.06.2005 12:15:10
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



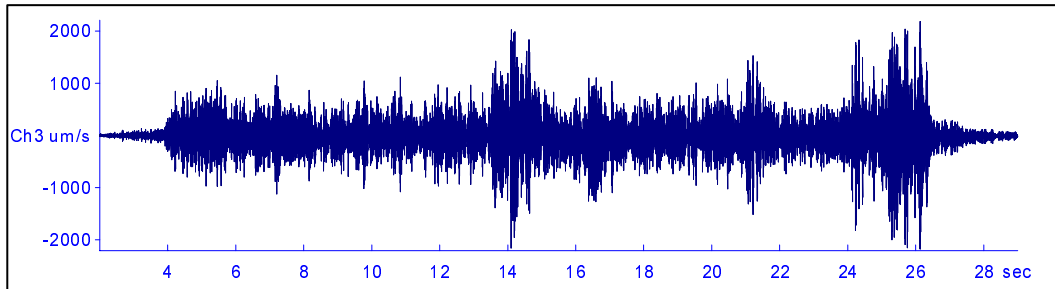
Messquerschnitt 1:	Tunnel km 3,13	Gebäude Nr. 9 u. Nr. 10	Distanz 200 m
Sezione di misurazione 1:	galleria km 3,13	edifici n° 9 e n° 10	distanza 200 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 06.06.2005 17:38 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 06.06.2005 17:38 binario nord:

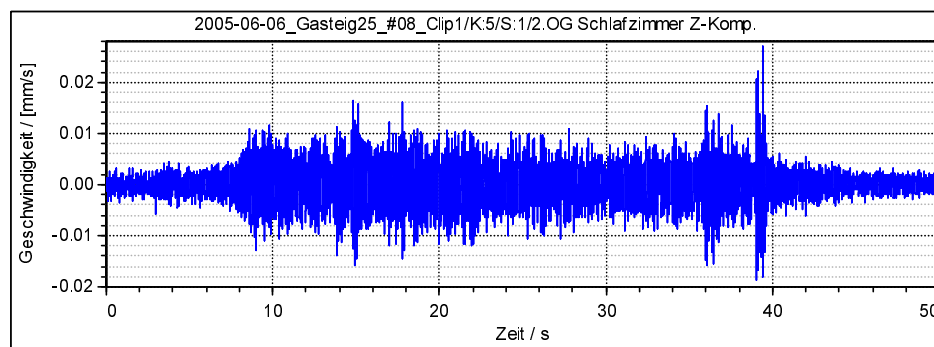
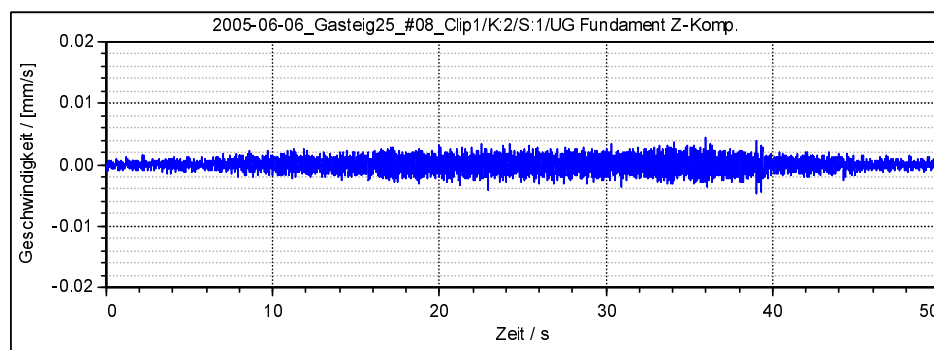
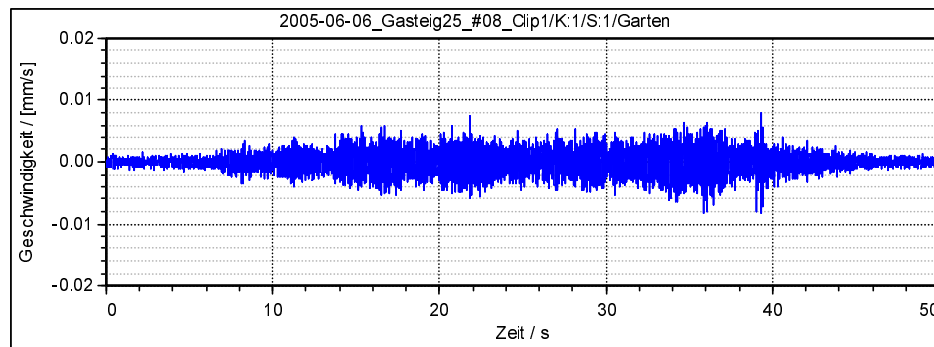
Tunnel / Ch3 = Vertikalkomponente Z3 Nord / componente verticale Z3 nord

galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 06.06.2005 17:38:10

Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in 10^{-3} mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in 10^{-3} mm/s



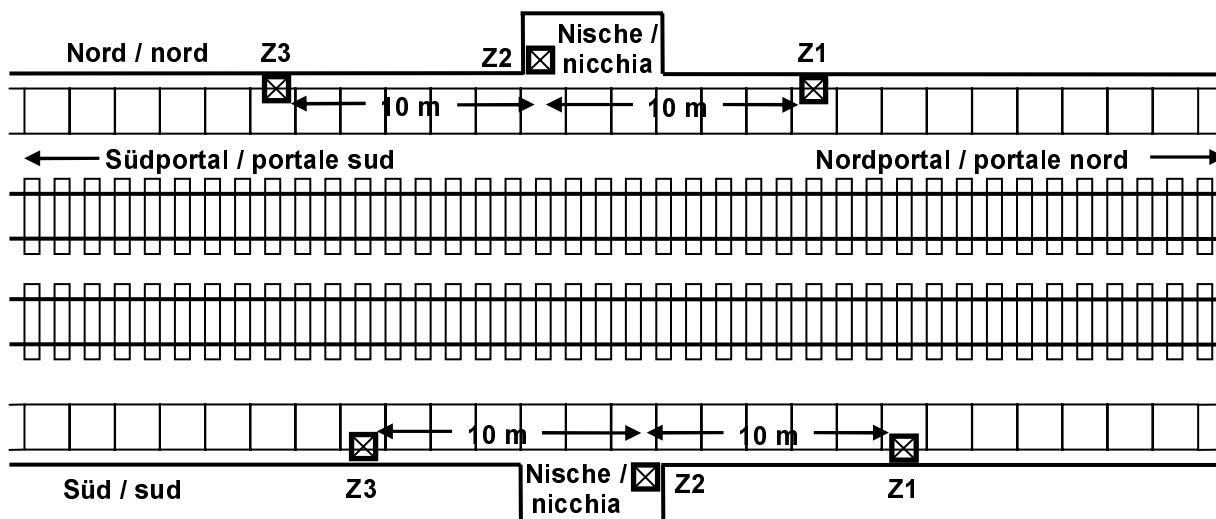
Gebäude Nr. 10 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 10: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 06.06.2005 17:37:59
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



Messquerschnitt 2:	Tunnel km 5,96	Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12	Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2:	galleria km 5,96	edifici n° 11 e n° 12	distanza 290 m

Situation Erschütterungsmessung im Inntaltunnel /

Situazione della misurazione delle vibrazioni nella Galleria dell'Inntal



Bemerkung: Messpunkte Z1 und Z3 auf Gehwegrand, Messpunkt Z2 auf Betonboden in Nische /

Note: Punti di misurazione Z1 e Z3 sul viottolo pedonale al bordo, Punto di misurazione Z2 sul pavimento in cemento armato nella nicchia



Messpunkt Z2 Nord (Nische) /
Punto di misurazione Z2 nord (nicchia)



Messpunkt Z3 Nord /
Punto di misurazione Z3 nord

Messquerschnitt 2:	Tunnel km 5,96	Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12	Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2:	galleria km 5,96	edifici n° 11 e n° 12	distanza 290 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Nordseite /
Risultati delle misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia nord

Ch1 = Vertikalkomponente Z1 / componente verticale Z1

Ch2 = Vertikalkomponente Z2 / componente verticale Z2

Ch3 = Vertikalkomponente Z3 / componente verticale Z3

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,10 \text{ mm/s}$

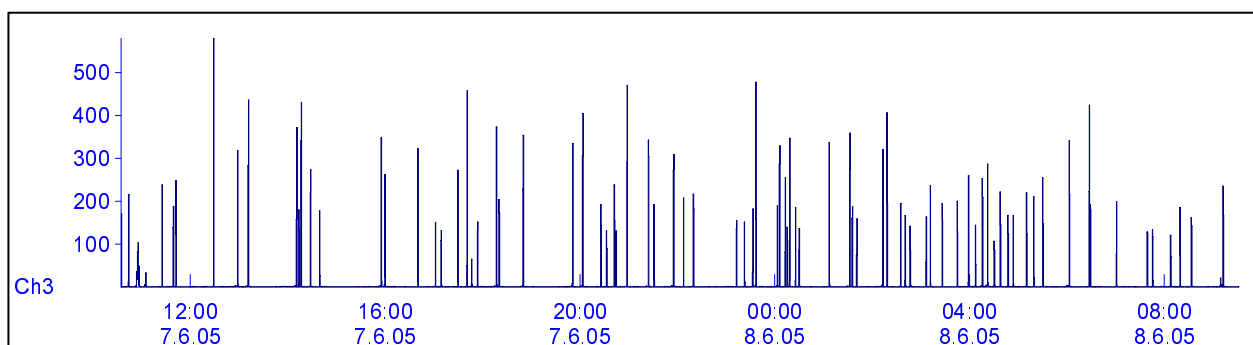
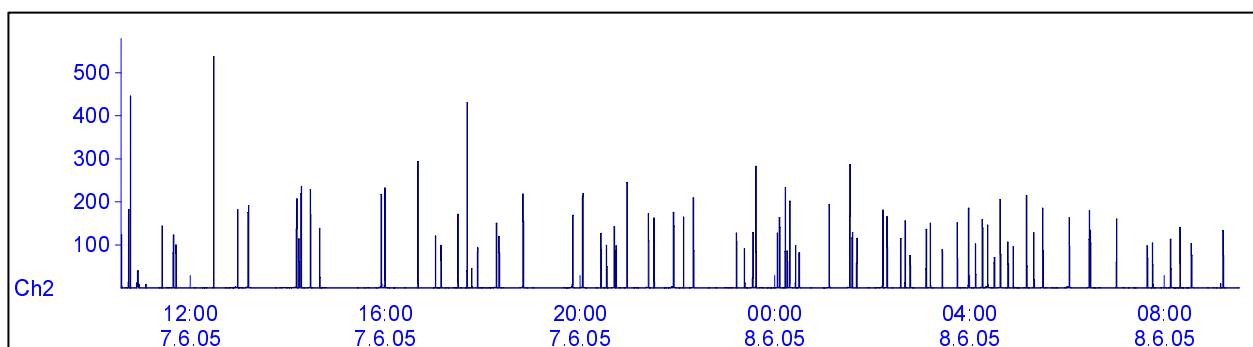
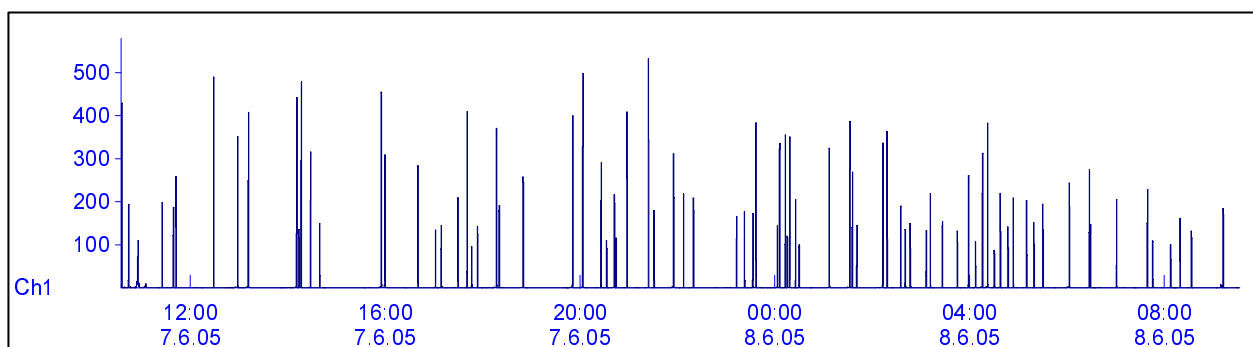
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 07.06.2005 10:34

Ende / fine: 08.06.2005 09:31

Dauer / durata: 22 h 57 m

Ordinate: KB_{FTi} -Werte gem. DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$ / ordinata: valori KB_{FTi} secondo DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$



Messquerschnitt 2:	Tunnel km 5,96	Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12	Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2:	galleria km 5,96	edifici n° 11 e n° 12	distanza 290 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Südseite /
Risultati delle misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia sud

Ch1 = Vertikalkomponente Z1 / componente verticale Z1

Ch2 = Vertikalkomponente Z2 / componente verticale Z2

Ch3 = Vertikalkomponente Z3 / componente verticale Z3

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,10 \text{ mm/s}$

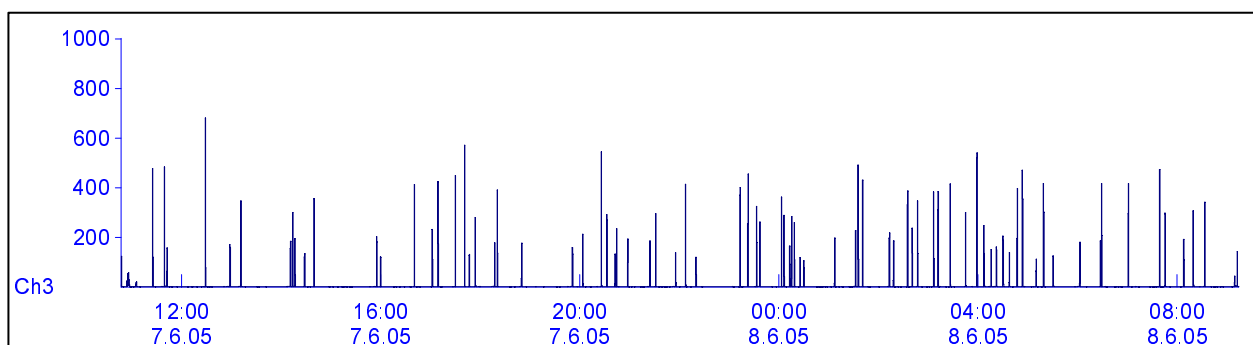
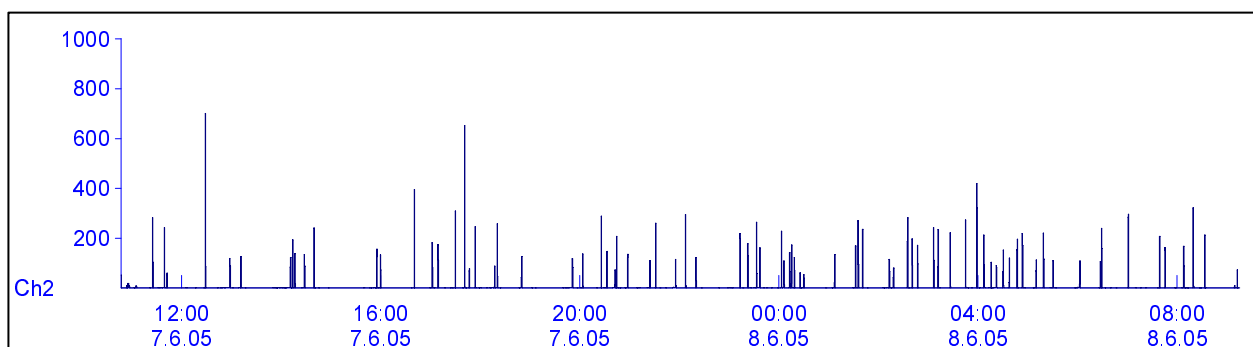
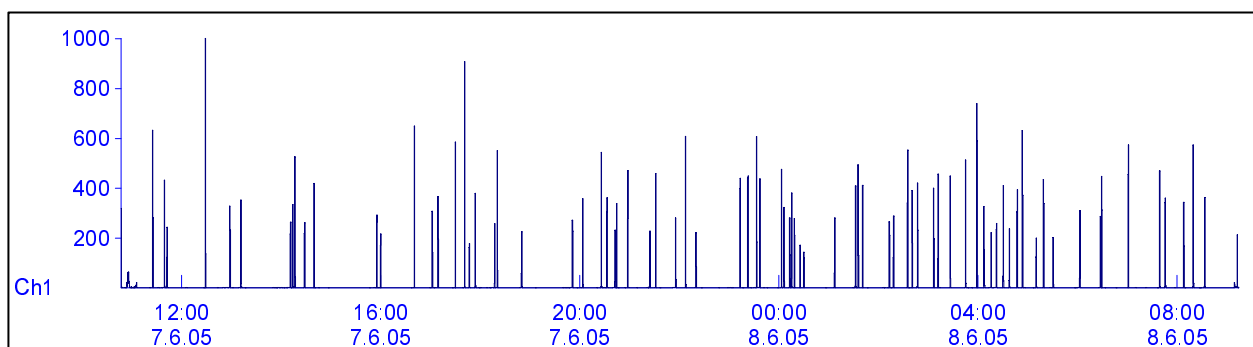
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 07.06.2005 10:46

Ende / fine: 08.06.2005 09:20

Dauer / durata: 22 h 34 m

Ordinate: KB_{FTi} -Werte gem. DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$ / ordinata: valori KB_{FTi} secondo DIN4150-2 in $10^3 \times KB_{FTi}$



Messquerschnitt 2: Tunnel km 5,96 Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12 Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2: galleria km 5,96 edifici n° 11 e n° 12 distanza 290 m

Zusammenstellung der Zugfahrten durch den Inntaltunnel vom 07.06.2005 bis 08.06.2005 /
Sommario dei transiti ferroviari attraverso la galleria Inntal dal 07.06.2005 al 08.06.2005

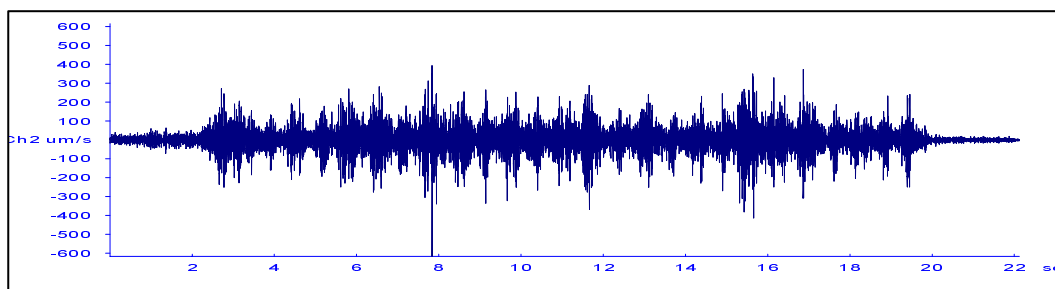
Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)			Durchfahrt Üst FW14 (km 9,966)		
			Datum	Datum	Datum	Datum	Zeit	Gleis
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW13 (km 4,174)			Transito Üst FW14 (km 9,966)		
			data	ora	binario	data	ora	binario
49193	GAG	328	07.06.2005	10:43:09	33	07.06.2005	10:46:15	43
44142	DG	201	07.06.2005	11:26:21	43	07.06.2005	11:22:38	53
48819	GAG	356	07.06.2005	11:38:01	33	07.06.2005	11:41:09	43
43166	TEC	459	07.06.2005	11:43:23	44	07.06.2005	11:39:32	53
88902	LZ	40	07.06.2005	12:29:39	43	07.06.2005	12:26:31	53
44149	DG	344	07.06.2005	12:57:19	34	07.06.2005	13:00:22	44
42167	KGAG	598	07.06.2005	13:10:24	34	07.06.2005	13:13:25	44
42129	KGAG	452	07.06.2005	14:09:56	34	07.06.2005	14:13:20	44
79917	GAG	295	07.06.2005	14:13:00	33	07.06.2005	14:16:08	43
43129	TEC	559	07.06.2005	14:15:27	34	07.06.2005	14:18:57	44
43161	TEC	548	07.06.2005	14:27:02	34	07.06.2005	14:30:09	44
88580	LZ	40	07.06.2005	14:40:30	43	07.06.2005	14:37:05	53
44113	DG	470	07.06.2005	15:54:13	34	07.06.2005	15:57:22	44
43137	TEC	595	07.06.2005	15:58:40	34	07.06.2005	16:01:51	44
97954	LZ	40	07.06.2005	16:43:46	43	07.06.2005	16:38:01	53
48818	GAG	326	07.06.2005	17:05:52	43	07.06.2005	16:59:29	53
43130	TEC	526	07.06.2005	17:18:02	43	07.06.2005	17:06:14	53
88584	LZ	40	07.06.2005	17:30:53	43	07.06.2005	17:27:44	53
97952	LZ	40	07.06.2005	17:42:02	43	07.06.2005	17:38:48	53
44170	DG	261	07.06.2005	17:50:16	43	07.06.2005	17:43:40	53
43126	TEC	528	07.06.2005	17:55:05	43	07.06.2005	17:51:21	53
49221	GAG	174	07.06.2005	18:16:22	34	07.06.2005	18:19:30	44
43215	ROLA	464	07.06.2005	18:19:32	33	07.06.2005	18:22:40	43
43131	TEC	546	07.06.2005	18:48:50	34	07.06.2005	18:52:00	44
43853	KGAG	350	07.06.2005	19:50:09	34	07.06.2005	19:53:16	44
42113	KGAG	499	07.06.2005	20:02:28	34	07.06.2005	20:05:36	44
43218	ROLA	465	07.06.2005	20:26:59	43	07.06.2005	20:23:14	53
42134	KGAG	510	07.06.2005	20:34:04	43	07.06.2005	20:29:54	53
43135	TEC	511	07.06.2005	20:41:20	34	07.06.2005	20:44:31	44
82930	ATG	40	07.06.2005	20:46:01	43	07.06.2005	20:42:02	53
42169	KGAG	467	07.06.2005	20:56:50	34	07.06.2005	20:59:53	44
43217	ROLA	465	07.06.2005	21:23:26	34	07.06.2005	21:26:39	44
49190	GAG	76	07.06.2005	21:34:55	43	07.06.2005	21:28:48	53
49817	GAG	587	07.06.2005	21:54:31	34	07.06.2005	21:57:31	44
88592	LZ	40	07.06.2005	22:11:54	43	07.06.2005	22:05:06	53
79937	GAG	567	07.06.2005	22:19:00	34	07.06.2005	22:22:08	44
43132	TEC	568	07.06.2005	23:14:29	43	07.06.2005	23:10:17	53
52444	ROLA	404	07.06.2005	23:24:03	43	07.06.2005	23:20:04	53
43200	ROLA	464	07.06.2005	23:35:01	43	07.06.2005	23:30:22	53

Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)			Durchfahrt Üst FW14 (km 9,966)		
			Datum	Datum	Datum	Datum	Zeit	Gleis
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW13 (km 4,174)			Transito Üst FW14 (km 9,966)		
			data	ora	binario	data	ora	binario
43851	KGAG	165	07.06.2005	23:36:00	34	07.06.2005	23:39:06	44
88596	LZ	40	08.06.2005	00:04:12	43	08.06.2005	00:00:48	53
43219	ROLA	465	08.06.2005	00:05:02	34	08.06.2005	00:12:37	53
43165	TEC	440	08.06.2005	00:12:04	34	08.06.2005	00:15:12	44
52441	ROLA	408	08.06.2005	00:17:37	34	08.06.2005	00:20:42	44
44157	DG	?	08.06.2005	00:24:34	34	08.06.2005	00:27:48	44
79945	KGAG	499	08.06.2005	00:28:56	34	08.06.2005	00:32:16	44
42116	KGAG	453	08.06.2005	00:35:59	43	08.06.2005	00:12:37	53
44177	DG	268	08.06.2005	01:06:19	34	08.06.2005	01:09:30	44
42117	KGAG	446	08.06.2005	01:31:24	34	08.06.2005	01:34:33	44
48833	GAG	580	08.06.2005	05:09:17	34	08.06.2005	05:12:30	44
44116	DG	524	08.06.2005	01:37:25	43	08.06.2005	01:32:53	53
88552	LZ	40	08.06.2005	01:42:02	43	08.06.2005	01:38:30	53
43203	ROLA	464	08.06.2005	02:12:08	34	08.06.2005	02:15:18	44
43133	TEC	404	08.06.2005	02:17:19	34	08.06.2005	02:20:27	44
52446	ROLA	404	08.06.2005	02:35:53	?	08.06.2005	02:32:29	53
48834	GAG	600	08.06.2005	02:41:42	43	08.06.2005	02:37:57	53
42168	KGAG	522	08.06.2005	?	?	08.06.2005	03:03:46	53
43162	TEC	424	08.06.2005	03:07:42	43	08.06.2005	02:44:07	53
52447	ROLA	408	08.06.2005	03:10:44	34	08.06.2005	03:13:55	44
88556	LZ	40	08.06.2005	03:13:20	43	08.06.2005	03:09:21	53
42166	KGAG	474	08.06.2005	03:33:34	43	08.06.2005	03:23:40	53
42128	KGAG	488	08.06.2005	03:52:31	43	08.06.2005	03:42:06	53
40578	KGAG	496	08.06.2005	04:00:00	43	08.06.2005	03:55:56	53
42119	KGAG	368	08.06.2005	04:15:01	34	08.06.2005	04:17:57	44
44103	DG	539	08.06.2005	04:21:10	34	08.06.2005	04:24:20	44
79942	DG	551	08.06.2005	04:23:37	43	08.06.2005	04:04:29	53
43121	TEC	579	08.06.2005	04:36:52	34	08.06.2005	04:40:01	44
49826	GAG	440	08.06.2005	04:41:22	43	08.06.2005	04:25:26	53
43120	TEC	485	08.06.2005	04:48:22	43	08.06.2005	04:44:05	53
42118	KGAG	455	08.06.2005	05:14:11	43	08.06.2005	04:50:46	53
43212	ROLA	464	08.06.2005	05:20:21	43	08.06.2005	05:15:58	53
43145	TEC	495	08.06.2005	05:29:28	34	08.06.2005	05:32:33	44
42137	KGAG	526	08.06.2005	06:01:51	34	08.06.2005	06:04:58	44
48823	GAG	568	08.06.2005	06:26:28	34	08.06.2005	06:29:36	44
42154	KGAG	571	08.06.2005	06:30:07	43	08.06.2005	06:26:21	53
43122	TEC	554	08.06.2005	07:02:10	43	08.06.2005	06:58:26	53
43216	ROLA	445	08.06.2005	07:40:02	43	08.06.2005	07:36:13	53
43142	TEC	576	08.06.2005	07:58:00	43	08.06.2005	07:42:41	53
79906	GAG	560	08.06.2005	08:09:07	43	08.06.2005	08:01:54	53
43842	KGAG	342	08.06.2005	08:21:02	43	08.06.2005	08:13:42	53
49842	GAG	366	08.06.2005	08:34:29	43	08.06.2005	08:30:45	53
42112	KGAG	414	08.06.2005	09:13:31	44	08.06.2005	09:09:44	54

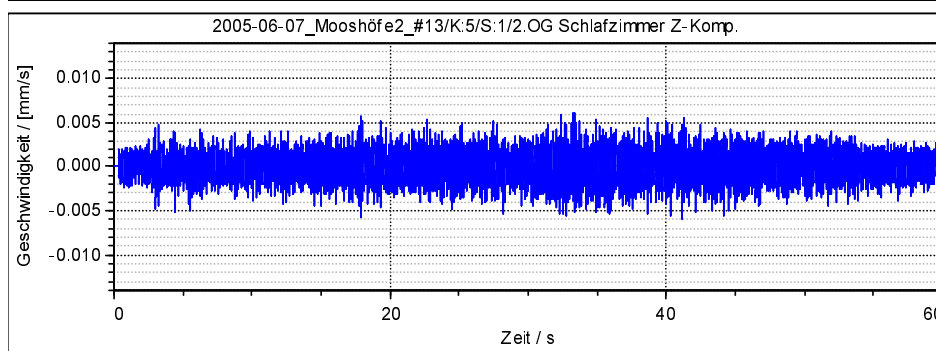
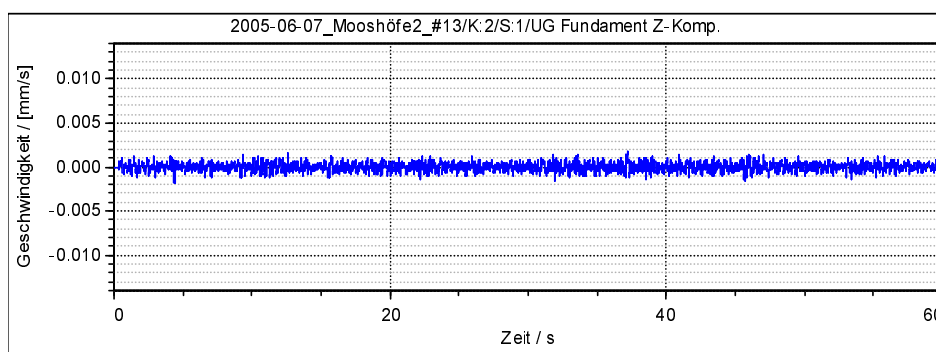
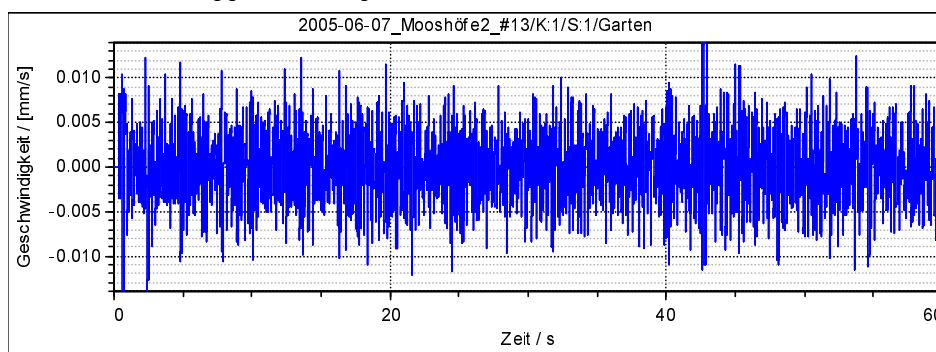
Messquerschnitt 2:	Tunnel km 5,96	Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12	Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2:	galleria km 5,96	edifici n° 11 e n° 12	distanza 290 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 07.06.2005 11:42 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 07.06.2005 11:42 binario nord:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Nord (Nische) / componente verticale Z2 nord (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 07.06.2005 11:42:15
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in 10^{-3} mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in 10^{-3} mm/s



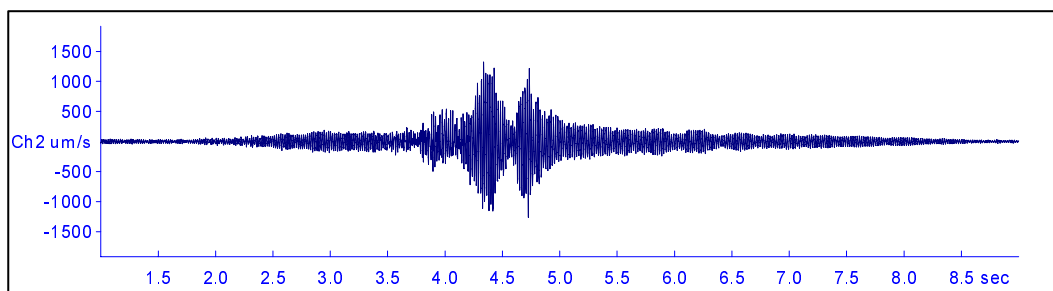
Gebäude Nr. 11 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 11: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 07.06.2005 11:41:52
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



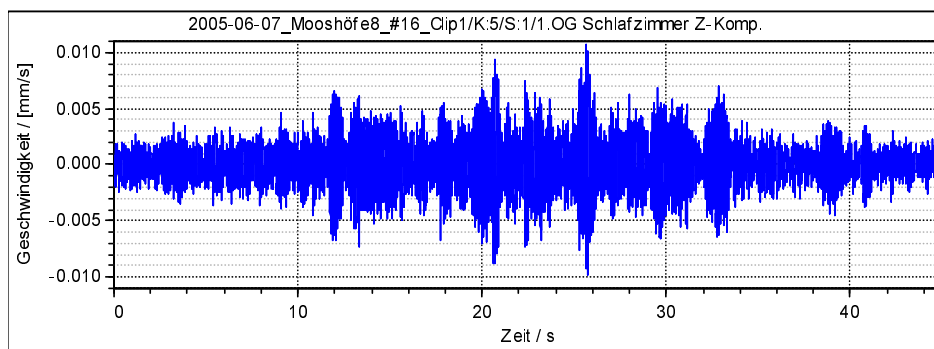
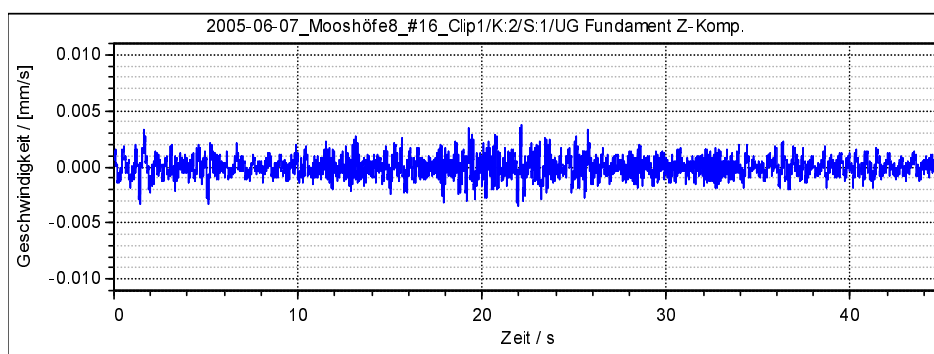
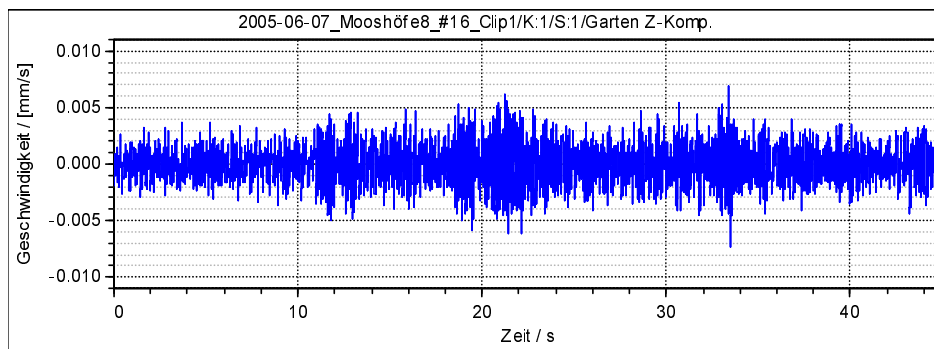
Messquerschnitt 2:	Tunnel km 5,96	Gebäude Nr. 11 u. Nr. 12	Distanz 290 m
Sezione di misurazione 2:	galleria km 5,96	edifici n° 11 e n° 12	distanza 290 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 07.06.2005 17:41 Gleis Süd: /
Esempio di un transito di un treno 07.06.2005 17:41 binario sud:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Süd (Nische) / componente verticale Z2 sud (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 07.06.2005 17:41:03
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in 10^{-3} mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in 10^{-3} mm/s



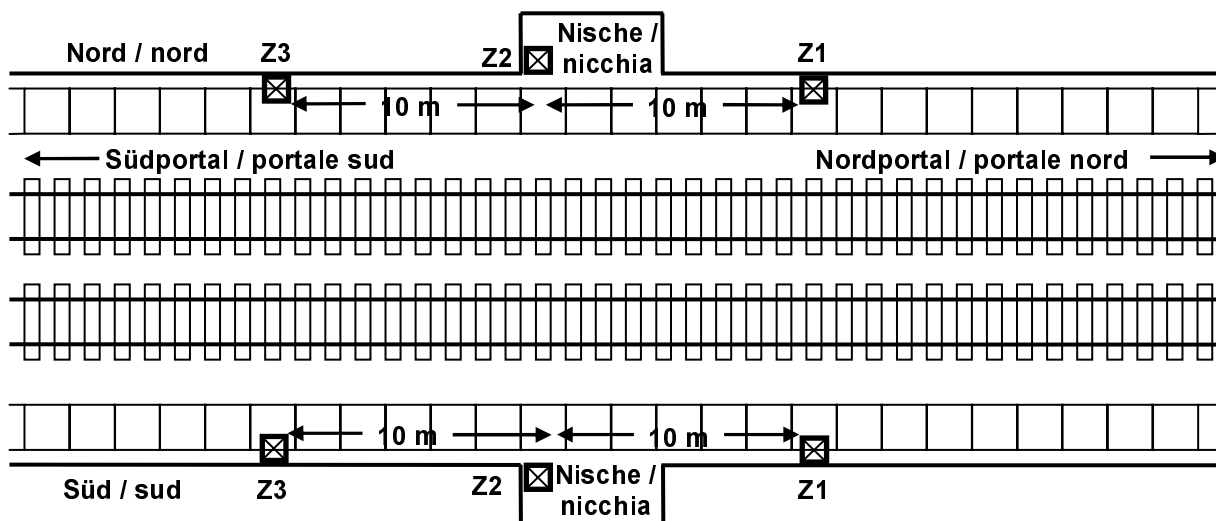
Gebäude Nr. 12 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 12: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 07.06.2005 17:40:42
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



Messquerschnitt 3:	Tunnel km 8,55	Gebäude Nr. 13 u. Nr. 14	Distanz 235 m
Sezione di misurazione 3:	galleria km 8,55	edifici n° 13 e n° 14	distanza 235 m

Situation Erschütterungsmessung im Inntaltunnel /

Situazione della misurazione delle vibrazioni nella Galleria dell'Inntal



Bemerkung: Messpunkte Z1 und Z3 auf Gehwegrand, Messpunkt Z2 auf Betonboden in Nische /

Note: Punti di misurazione Z1 e Z3 sul viottolo pedonale al bordo, Punto di misurazione Z2 sul pavimento in cemento armato nella nicchia



Messpunkt Z2 Nord (Nische) /
Punto di misurazione Z2 nord (nicchia)



Messpunkt Z1 Nord /
Punto di misurazione Z1 nord

Messquerschnitt 3: Tunnel km 8,55 Gebäude Nr. 13 u. Nr. 14 Distanz 235 m
Sezione di misurazione 3: galleria km 8,55 edifici n° 13 e n° 14 distanza 235 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Südseite mit triaxialem Sensor (Zusatzgerät) in Nische /
Risultati della misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia sud con sensore triassiale (strumento aggiuntivo) nella nicchia

Ch1 = Horizontalkomponente X / componente orizzontale X

Ch2 = Horizontalkomponente Y / componente orizzontale Y

Ch3 = Vertikalkomponente Z / componente verticale Z

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,20 \text{ mm/s}$

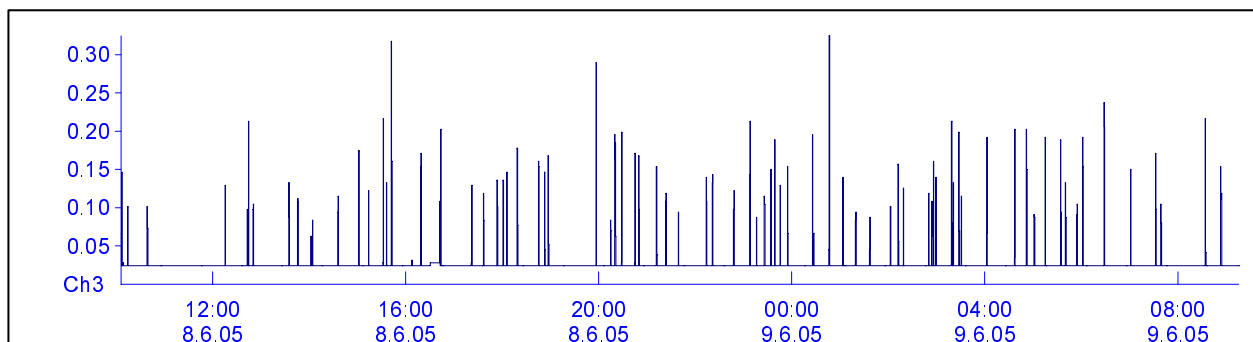
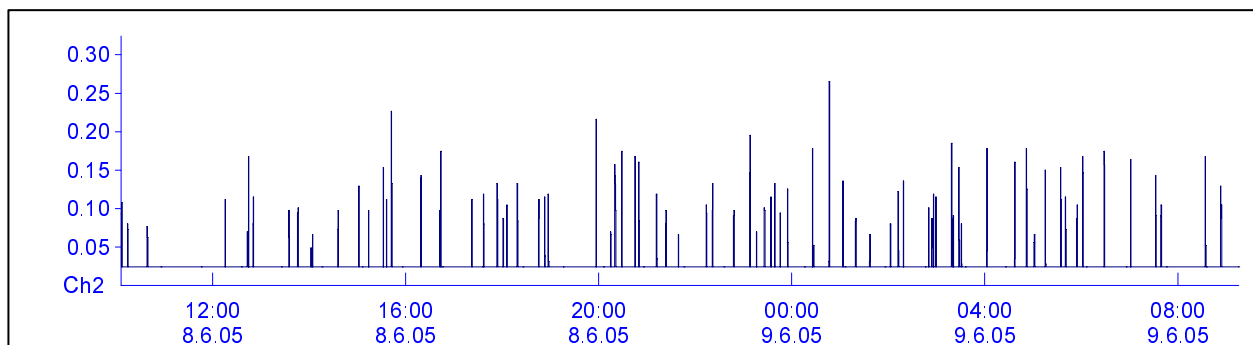
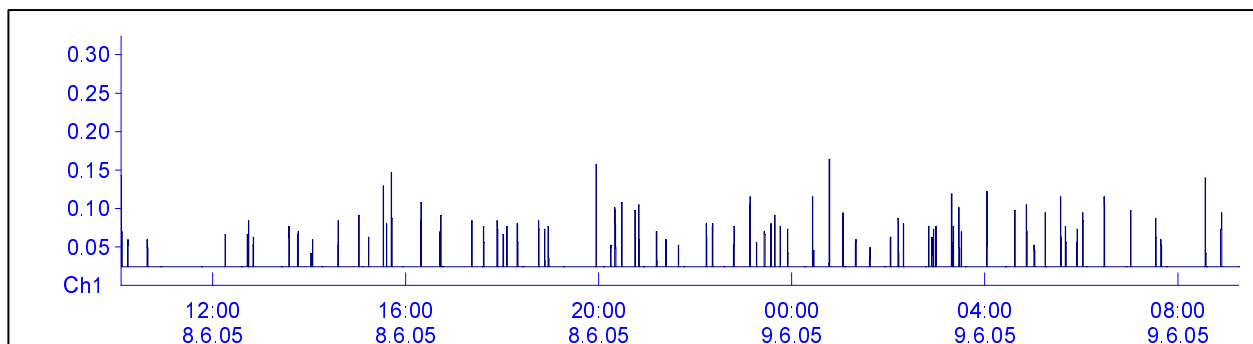
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 08.06.2005 10:06

Ende / fine: 09.06.2005 09:15

Dauer / durata: 23 h 09 m

Ordinate: KB_{FTI} -Werte gem. DIN4150-2 / ordinata: valori KB_{FTI} secondo DIN4150-2



Messquerschnitt 3: Tunnel km 8,55 Gebäude Nr. 13 u. Nr. 14 Distanz 235 m
Sezione di misurazione 3: galleria km 8,55 edifici n° 13 e n° 14 distanza 235 m

Zusammenstellung der Zugfahrten durch den Inntaltunnel vom 08.06.2005 bis 09.06.2005 /
Sommario dei transiti ferroviari attraverso la galleria Inntal dal 08.06.2005 al 09.06.2005

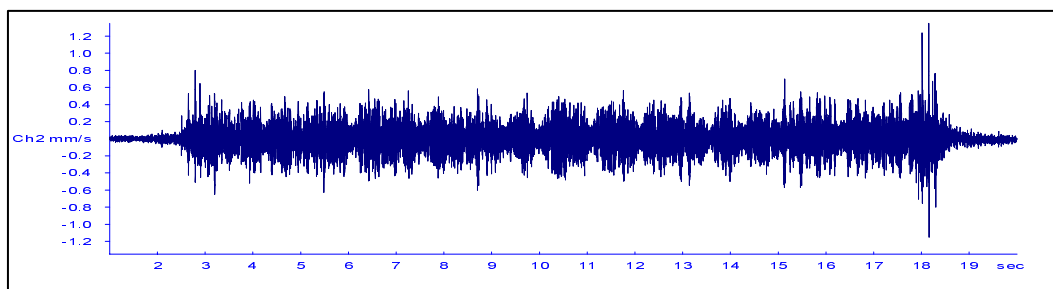
Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)			Durchfahrt Üst FW14 (km 9,966)		
			Datum	Datum	Datum	Datum	Zeit	Gleis
			Transito Sbl FW13 (km 4,174)			Transito Üst FW14 (km 9,966)		
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	data	ora	binario	data	ora	binario
88564	LZ	40	08.06.2005	10:09:30	44	08.06.2005	10:06:10	53
48822	GAG	570	08.06.2005	10:17:18	44	08.06.2005	10:13:20	54
49193	GAG	312	08.06.2005	10:36:42	34	08.06.2005	10:39:43	44
49805	GAG	440	08.06.2005	12:13:19	34	08.06.2005	12:16:28	44
43137	TEC	562	08.06.2005	12:40:58	34	08.06.2005	12:44:06	44
43166	TEC	528	08.06.2005	12:47:20	43	08.06.2005	12:43:30	53
43128	TEC	512	08.06.2005	12:53:21	43	08.06.2005	12:49:09	53
42167	KGAG	589	08.06.2005	13:32:38	34	08.06.2005	13:35:45	44
42161	KGAG	536	08.06.2005	13:43:40	34	08.06.2005	13:46:40	44
97952	LZ	40	08.06.2005	14:06:25	44	08.06.2005	14:03:12	54
43161	TEC	499	08.06.2005	14:33:36	34	08.06.2005	14:36:46	44
88576	LZ	40	08.06.2005	15:04:04	43	08.06.2005	15:00:45	53
79919	GAG	319	08.06.2005	15:11:35	34	08.06.2005	15:14:41	44
43129	TEC	565	08.06.2005	15:29:49	33	08.06.2005	15:32:53	43
43130	TEC	519	08.06.2005	15:38:48	44	08.06.2005	15:35:01	54
42129	KGAG	560	08.06.2005	15:40:09	33	08.06.2005	15:43:16	43
44113	DG	499	08.06.2005	16:16:37	33	08.06.2005	16:19:46	43
43131	TEC	568	08.06.2005	16:40:00	34	08.06.2005	16:43:09	44
88580	LZ	40	08.06.2005	16:46:00	43	08.06.2005	16:42:44	53
97954	LZ	60	08.06.2005	17:24:31	43	08.06.2005	17:20:59	53
43126	TEC	540	08.06.2005	17:39:46	43	08.06.2005	17:35:35	53
88584	LZ	60	08.06.2005	17:56:32	43	08.06.2005	17:52:53	53
79923	GAG	325	08.06.2005	17:58:56	34	08.06.2005	18:02:03	44
42113	KGAG	420	08.06.2005	18:03:03	34	08.06.2005	18:06:33	44
43215	ROLA	465	08.06.2005	18:16:38	34	08.06.2005	18:19:46	44
44170	DG	311	08.06.2005	18:22:12	43	08.06.2005	18:17:34	53
48827	GAG	570	08.06.2005	18:43:01	34	08.06.2005	18:46:09	44
49245	GAG	278	08.06.2005	18:50:39	34	08.06.2005	18:53:43	44
43853	KGAG	362	08.06.2005	18:54:56	34	08.06.2005	19:12:29	44
97964	LZ	40	08.06.2005	19:59:01	43	08.06.2005	19:55:49	53
43135	TEC	505	08.06.2005	20:12:42	34	08.06.2005	20:15:50	44
40575	KGAG	534	08.06.2005	20:17:10	34	08.06.2005	20:20:59	44
49190	GAG	456	08.06.2005	20:23:26	43	08.06.2005	20:19:40	53
42134	KGAG	493	08.06.2005	20:31:13	43	08.06.2005	20:27:25	53
43218	ROLA	456	08.06.2005	20:47:41	43	08.06.2005	20:43:56	53
38908	LZ	40	08.06.2005	20:52:27	43	08.06.2005	20:49:05	53
43217	ROLA	464	08.06.2005	21:09:33	34	08.06.2005	21:12:39	44
49833	GAG	351	08.06.2005	21:21:10	34	08.06.2005	21:24:18	44
79933	GAG	326	08.06.2005	21:36:57	34	08.06.2005	21:40:05	44

Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW13 (km 4,174)			Durchfahrt Üst FW14 (km 9,966)		
			Datum	Datum	Datum	Datum	Zeit	Gleis
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW13 (km 4,174)			Transito Üst FW14 (km 9,966)		
			data	ora	binario	data	ora	binario
49817	GAG	290	08.06.2005	22:11:41	34	08.06.2005	22:14:52	44
43132	TEC	535	08.06.2005	22:24:07	43	08.06.2005	22:20:21	53
48826	GAG	563	08.06.2005	22:50:33	43	08.06.2005	22:46:46	53
43200	ROLA	457	08.06.2005	23:10:39	43	08.06.2005	23:06:52	53
43165	TEC	478	08.06.2005	23:13:55	34	08.06.2005	23:17:03	44
52444	ROLA	404	08.06.2005	23:28:44	43	08.06.2005	23:24:45	53
43144	TEC	455	08.06.2005	23:36:41	43	08.06.2005	23:32:57	53
88592	LZ	40	08.06.2005	23:41:22	43	08.06.2005	23:37:52	53
48810	GAG	555	08.06.2005	23:48:28	43	08.06.2005	23:44:25	53
43219	ROLA	465	08.06.2005	23:52:44	34	08.06.2005	23:55:48	44
52441	ROLA	408	09.06.2005	00:24:26	34	09.06.2005	00:27:58	44
42116	KGAG	464	09.06.2005	00:28:30	43	09.06.2005	00:24:26	53
79956	DG	471	09.06.2005	00:49:10	43	09.06.2005	00:45:24	53
42117	KGAG	533	09.06.2005	01:16:59	34	09.06.2005	01:20:08	44
48833	GAG	580	09.06.2005	01:34:45	34	09.06.2005	01:37:55	44
44116	DG	420	09.06.2005	01:06:16	43	09.06.2005	01:02:27	53
43133	TEC	552	09.06.2005	02:00:18	34	09.06.2005	02:03:26	44
43203	ROLA	465	09.06.2005	02:10:09	34	09.06.2005	02:13:19	44
43162	TEC	464	09.06.2005	02:20:48	?	09.06.2005	02:17:24	53
52447	ROLA	408	09.06.2005	02:51:35	34	09.06.2005	02:54:44	44
52446	ROLA	404	09.06.2005	02:52:58	43	09.06.2005	02:49:01	53
44173	DG	283	09.06.2005	02:57:02	34	09.06.2005	03:00:08	44
88552	LZ	20	09.06.2005	02:59:26	43	09.06.2005	02:54:11	53
43121	TEC	568	09.06.2005	03:18:21	34	09.06.2005	03:21:31	44
42168	KGAG	533	09.06.2005	03:21:28	43	09.06.2005	03:17:30	53
44103	DG	256	09.06.2005	03:25:38	34	09.06.2005	03:28:48	44
48834	GAG	580	09.06.2005	03:33:27	43	09.06.2005	03:29:23	53
42119	KGAG	532	09.06.2005	04:00:19	34	09.06.2005	04:03:25	44
42157	KGAG	513	09.06.2005	04:34:49	34	09.06.2005	04:37:56	44
42166	KGAG	502	09.06.2005	04:54:37	43	09.06.2005	04:50:50	53
43141	TEC	589	09.06.2005	04:59:04	34	09.06.2005	05:02:05	44
43120	TEC	566	09.06.2005	05:17:48	43	09.06.2005	05:14:03	53
43212	ROLA	461	09.06.2005	05:37:18	43	09.06.2005	05:33:09	53
42137	KGAG	542	09.06.2005	05:38:03	34	09.06.2005	05:41:13	44
42160	KGAG	524	09.06.2005	05:57:04	43	09.06.2005	05:53:14	53
43122	TEC	549	09.06.2005	06:04:31	43	09.06.2005	06:00:46	53
79900	KGAG	457	09.06.2005	06:31:09	43	09.06.2005	06:27:22	53
42128	KGAG	509	09.06.2005	07:03:55	43	09.06.2005	06:59:53	53
43216	ROLA	456	09.06.2005	07:35:18	43	09.06.2005	07:31:13	53
79906	LGAG	587	09.06.2005	07:47:26	43	09.06.2005	07:37:44	53
42112	KGAG	456	09.06.2005	08:36:54	43	09.06.2005	08:33:08	53
42161	KGAG	525	09.06.2005	08:51:10	34	09.06.2005	08:54:19	44
43856	KGAG	266	09.06.2005	08:56:59	43	09.06.2005	08:53:14	53

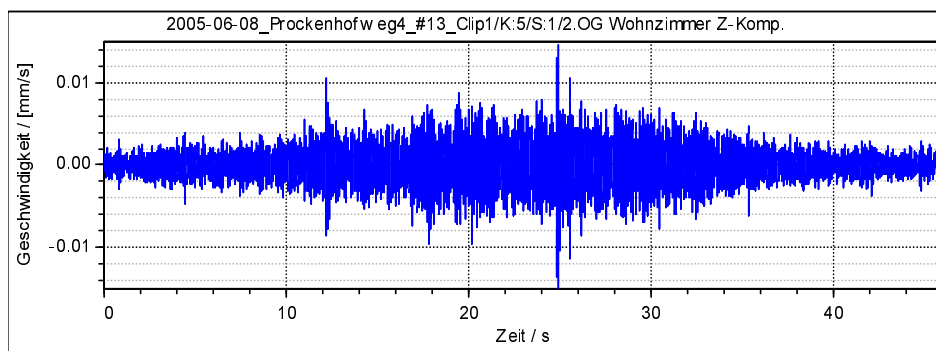
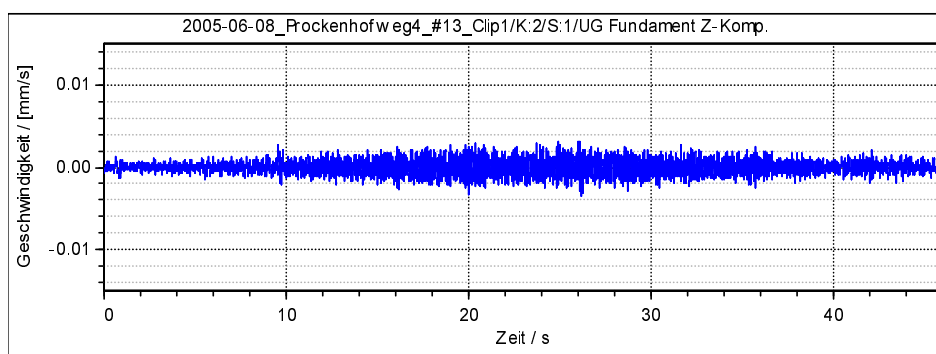
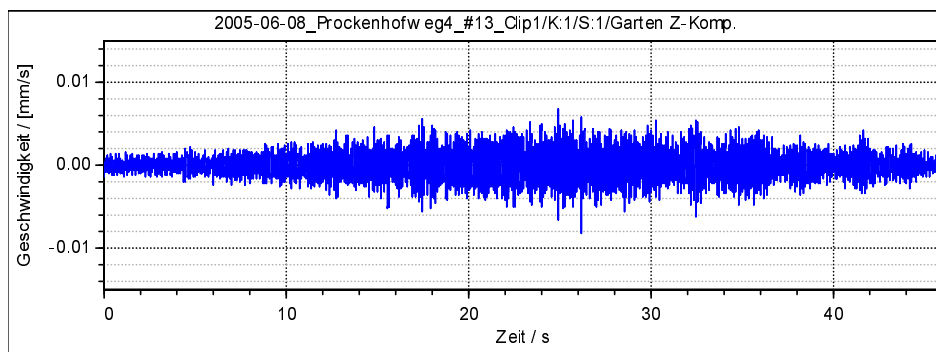
Messquerschnitt 3:	Tunnel km 8,55	Gebäude Nr. 13 u. Nr. 14	Distanz 235 m
Sezione di misurazione 3:	galleria km 8,55	edifici n° 13 e n° 14	distanza 235 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 08.06.2005 12:15 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 08.06.2005 12:15 binario nord:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Nord (Nische) / componente verticale Z2 nord (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 08.06.2005 12:15:53
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



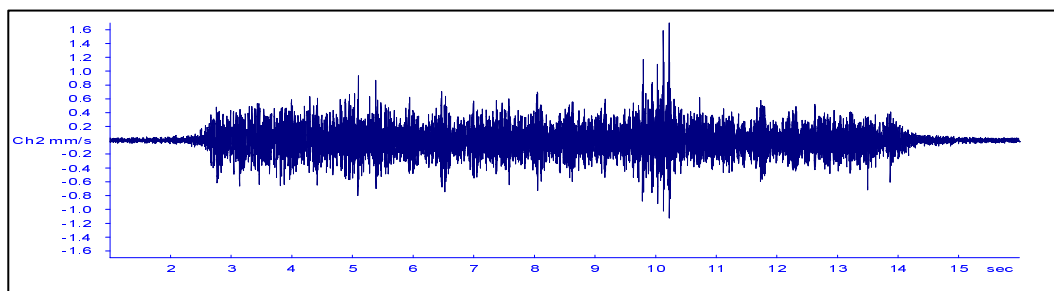
Gebäude Nr. 13 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 13: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 08.06.2005 12:15:39
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



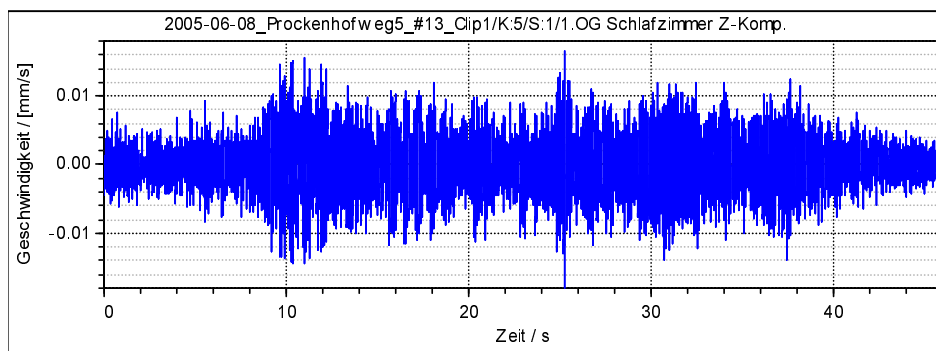
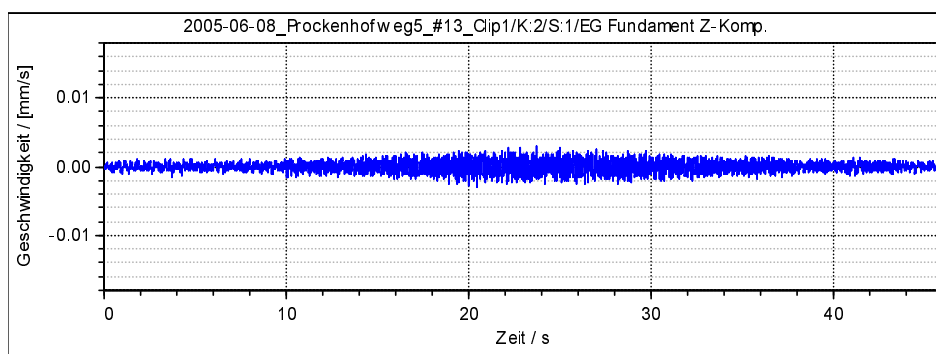
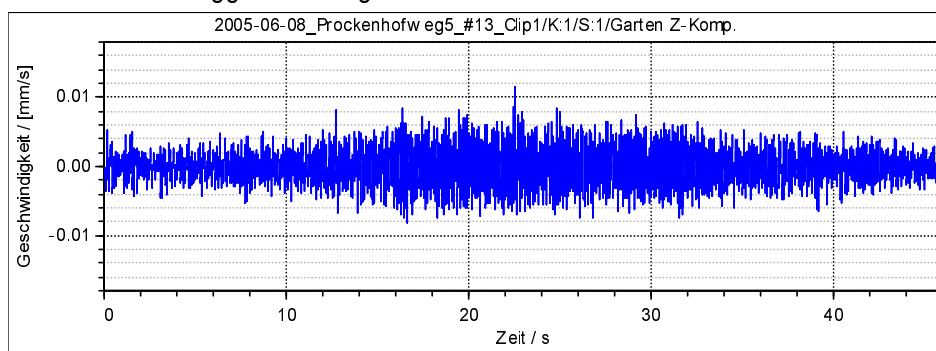
Messquerschnitt 3:	Tunnel km 8,55	Gebäude Nr. 13 u. Nr. 14	Distanz 235 m
Sezione di misurazione 3:	galleria km 8,55	edifici n° 13 e n° 14	distanza 235 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 08.06.2005 18:01 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 08.06.2005 18:01 binario nord:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Nord (Nische) / componente verticale Z2 nord (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 08.06.2005 18:01:30
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



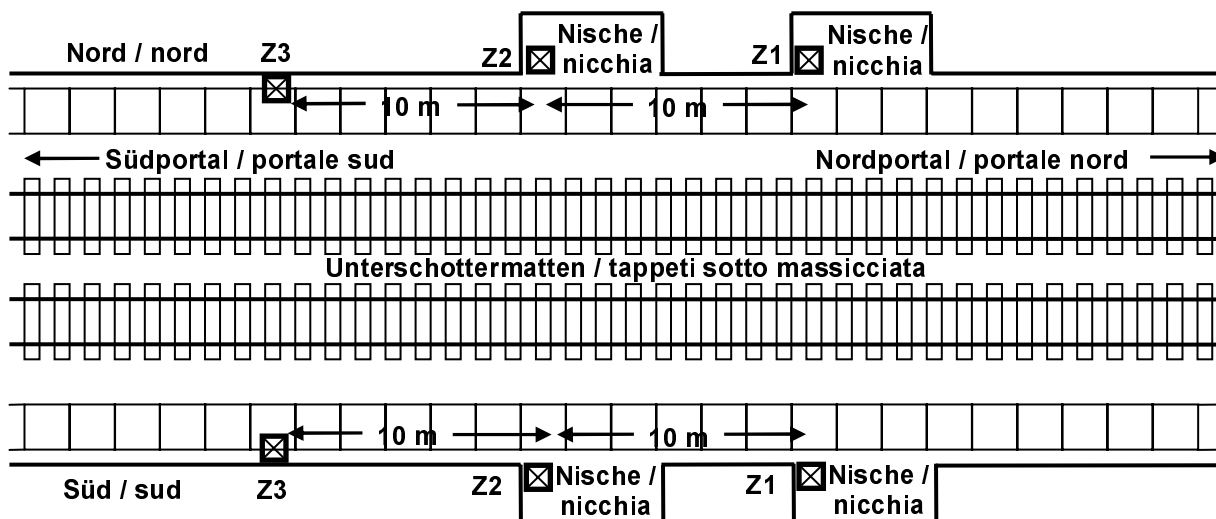
Gebäude Nr. 14 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 14: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
 K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
 Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 08.06.2005 18:01:10
 Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



Messquerschnitt 4: Tunnel km 13,74 Gebäude Nr. 15 u. Nr. 16 Distanz 168 m
Sezione di misurazione 4: galleria km 13,74 edifici n° 15 e n° 16 distanza 168 m

Situation Erschütterungsmessung im Inntaltunnel /

Situazione della misurazione delle vibrazioni nella Galleria dell'Inntal



Bemerkung: Messpunkte Z1 und Z2 auf Betonboden in Nische, Messpunkt Z3 auf Gehwegrand /

Note: Punti di misurazione Z1 e Z2 su pavimento in cemento armato nella nicchia, Punto di misurazione Z3 sul viottolo pedonale al bordo



Messpunkt Z2 Nord (Nische) /
Punto di misurazione Z2 nord (nicchia)



Messpunkt Z1 Nord (Nische) /
Punto di misurazione Z1 nord (nicchia)

Messquerschnitt 4: Tunnel km 13,74 Gebäude Nr. 15 u. Nr. 16 Distanz 168 m
Sezione di misurazione 4: galleria km 13,74 edifici n° 15 e n° 16 distanza 168 m

Resultate Langzeitmessung Erschütterungen Südseite mit triaxialem Sensor (Zusatzgerät) in Nische /

Risultati della misurazione di lunga durata delle vibrazioni faccia sud con sensore triassiale (strumento aggiuntivo) nella nicchia

Ch1 = Horizontalkomponente X / componente orizzontale X

Ch2 = Horizontalkomponente Y / componente orizzontale Y

Ch3 = Vertikalkomponente Z / componente verticale Z

Schwellwert für Zeitsignale / valore soglia per segnali in tempo reale: $V_{\max} = 0,20 \text{ mm/s}$

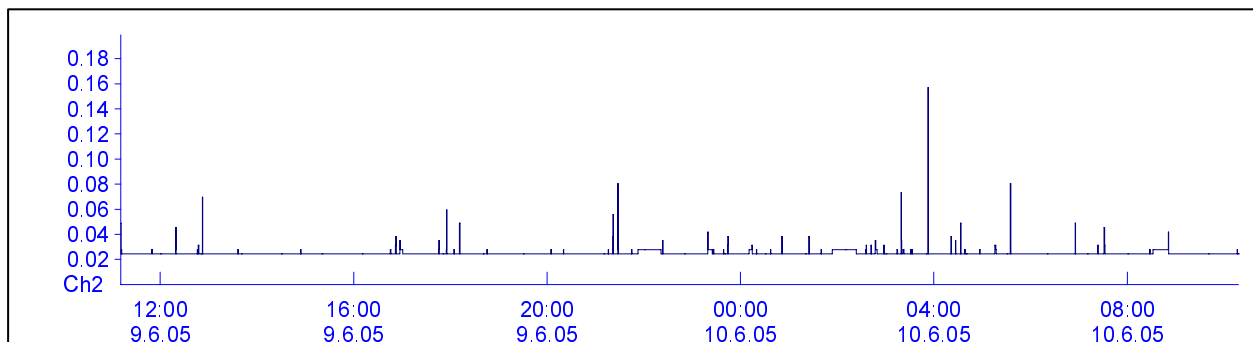
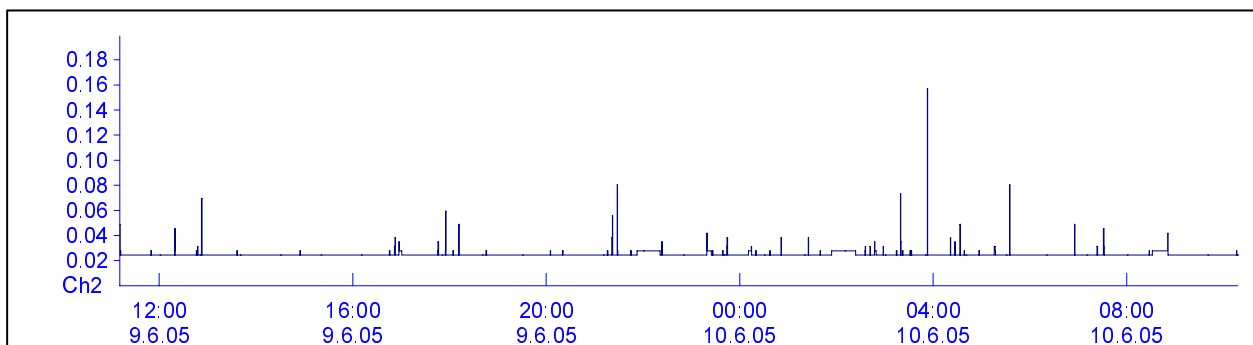
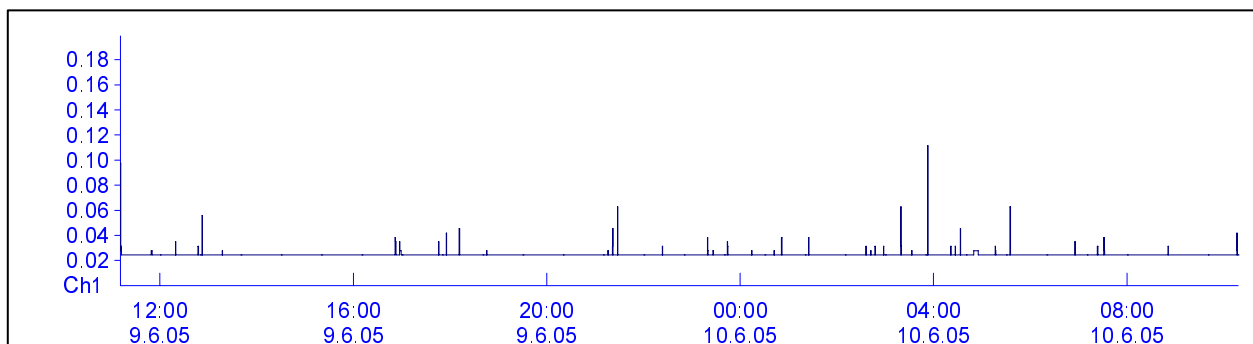
Abszisse: Zeitachse, Messperiode / ascissa: asse temporale, periodo di misurazione

Start / inizio: 09.06.2005 11:10

Ende / fine: 10.06.2005 10:17

Dauer / durata: 23 h 07 m

Ordinate: KB_{FTI} -Werte gem. DIN4150-2 / ordinata: valori KB_{FTI} secondo DIN4150-2



Messquerschnitt 4: Tunnel km 13,74 Gebäude Nr. 15 u. Nr. 16 Distanz 168 m
Sezione di misurazione 4: galleria km 13,74 edifici n° 15 e n° 16 distanza 168 m

Zusammenstellung der Zugfahrten durch den Inntaltunnel vom 09.06.2005 bis 10.06.2005 /
Sommario dei transiti ferroviari attraverso la galleria Inntal dal 09.06.2005 al 10.06.2005

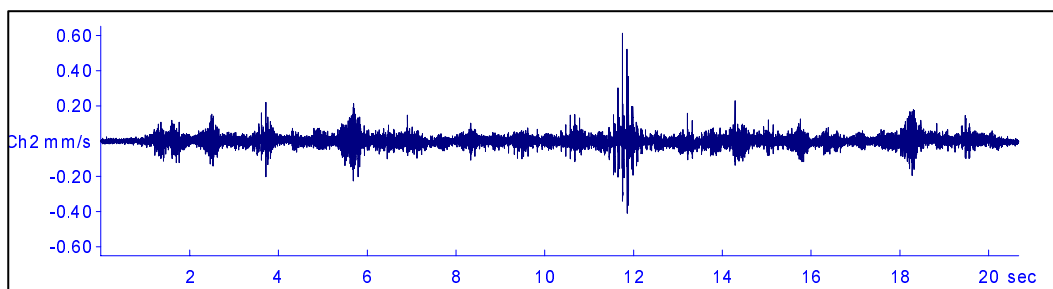
Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW15 (km 13,242)		
			Datum	Datum	Datum
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW15 (km 13,242)		
			data	ora	binario
49805	GAG	341	09.06.2005	11:49:04	54
43166	TEC	459	09.06.2005	12:19:40	63
42129	KGAG	570	09.06.2005	12:45:16	54
97950	LZ	40	09.06.2005	12:47:47	63
43128	TEC	528	09.06.2005	12:52:49	63
42167	KGAG	590	09.06.2005	13:16:58	54
43137	TEC	531	09.06.2005	13:35:11	54
44149	DG	444	09.06.2005	13:43:32	54
43161	TEC	499	09.06.2005	14:53:43	54
97952	LZ	40	09.06.2005	14:54:39	63
43129	TEC	558	09.06.2005	15:07:50	54
79921	LGAG	530	09.06.2005	15:24:37	54
49865	GAG	180	09.06.2005	15:33:03	54
44113	DG	417	09.06.2005	16:45:15	54
43130	TEC	525	09.06.2005	16:52:40	63
97954	LZ	60	09.06.2005	16:57:42	63
43131	TEC	515	09.06.2005	17:21:21	54
48818	GAG	175	09.06.2005	17:25:16	63
43126	TEC	542	09.06.2005	17:46:00	63
44170	DG	389	09.06.2005	17:55:40	63
42113	KGAG	494	09.06.2005	18:03:48	54
88580	LZ	60	09.06.2005	18:11:53	63
43215	ROLA	464	09.06.2005	18:23:06	54
49221	GAG	177	09.06.2005	18:45:08	54
48827	GAG	590	09.06.2005	18:56:03	54
43135	TEC	566	09.06.2005	19:55:33	54
49190	GAG	340	09.06.2005	20:05:16	63
42134	KGAG	565	09.06.2005	20:20:53	63
44117	DG	250	09.06.2005	20:24:02	54
43217	ROLA	465	09.06.2005	21:15:39	54
43218	ROLA	465	09.06.2005	21:21:57	63
44112	DG	463	09.06.2005	21:28:31	63
49831	GAG	411	09.06.2005	21:44:18	54
43132	TEC	563	09.06.2005	22:23:52	63
79954	KGAG	556	09.06.2005	23:19:51	63
43165	TEC	464	09.06.2005	23:24:10	54
52444	ROLA	408	09.06.2005	23:26:35	63
43200	ROLA	464	09.06.2005	23:39:22	63
48826	GAG	557	09.06.2005	23:44:35	63

Zug Nr.	Zugart	Zuglänge	Durchfahrt Sbl FW15 (km 13,242)		
			Datum	Datum	Datum
N° treno	Tipo treno	Lunghezza del treno	Transito Sbl FW15 (km 13,242)		
			data	ora	binario
79943	LGAG	505	09.06.2005	23:57:40	54
79937	GAG	563	10.06.2005	00:13:59	53
43219	ROLA	465	10.06.2005	00:19:33	54
44177	DG	138	10.06.2005	00:36:54	54
52441	ROLA	408	10.06.2005	00:41:03	53
42116	KGAG	493	10.06.2005	00:51:28	63
42117	KGAG	521	10.06.2005	01:24:46	54
97960	LZ	40	10.06.2005	01:41:48	?
79941	LGAG	293	10.06.2005	02:43:08	54
48833	GAG	580	10.06.2005	03:16:30	54
44116	DG	476	10.06.2005	01:25:18	63
43203	ROLA	464	10.06.2005	02:23:06	54
42168	KGAG	549	10.06.2005	02:36:15	63
44118	DG	507	10.06.2005	02:42:39	63
88552	LZ	40	10.06.2005	02:47:49	63
43133	TEC	548	10.06.2005	02:48:34	54
52446	ROLA	408	10.06.2005	02:58:32	63
43162	TEC	524	10.06.2005	03:14:44	63
42128	KGAG	419	10.06.2005	03:20:05	63
52447	ROLA	408	10.06.2005	03:21:46	54
44103	DG	401	10.06.2005	03:32:02	54
48834	GAG	560	10.06.2005	03:32:04	63
42166	KGAG	506	10.06.2005	03:53:17	63
43120	TEC	495	10.06.2005	04:21:53	63
42118	KGAG	426	10.06.2005	04:27:35	63
42100	KGAG	407	10.06.2005	04:33:42	63
88922	LZ	40	10.06.2005	04:38:58	63
43121	TEC	554	10.06.2005	04:56:38	54
43212	ROLA	464	10.06.2005	05:16:41	63
42157	KGAG	528	10.06.2005	05:17:35	54
42137	KGAG	521	10.06.2005	05:33:33	54
42152	KGAG	536	10.06.2005	05:35:20	63
43122	TEC	534	10.06.2005	06:55:44	63
43145	TEC	495	10.06.2005	07:02:21	54
43842	KGAG	322	10.06.2005	07:24:04	63
43216	ROLA	445	10.06.2005	07:32:09	63
79910	KGAG	298	10.06.2005	08:51:29	63
42112	KGAG	414	10.06.2005	09:53:00	64

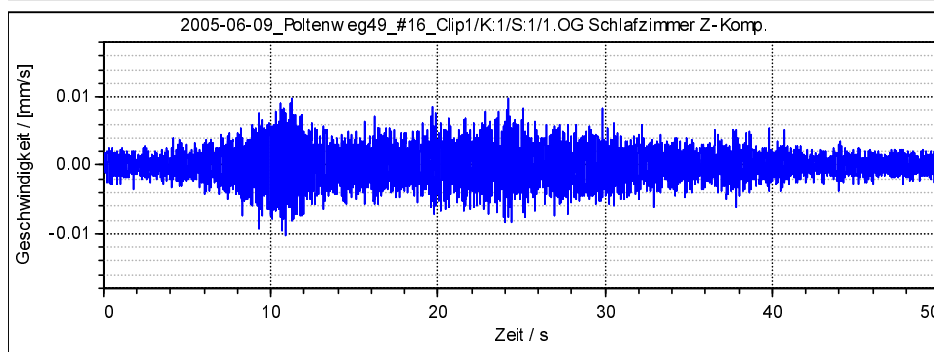
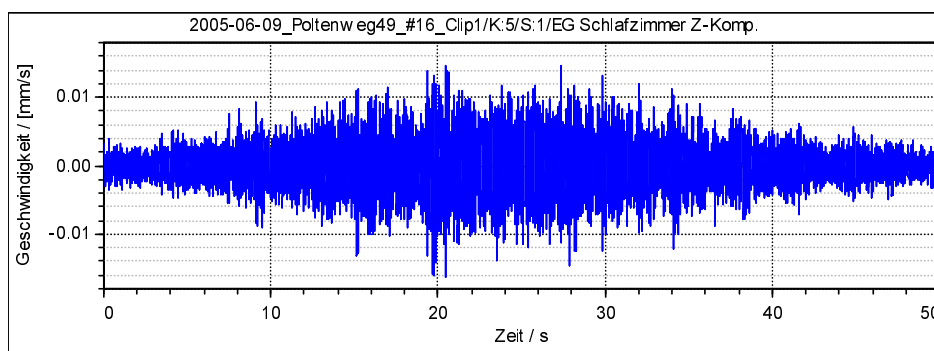
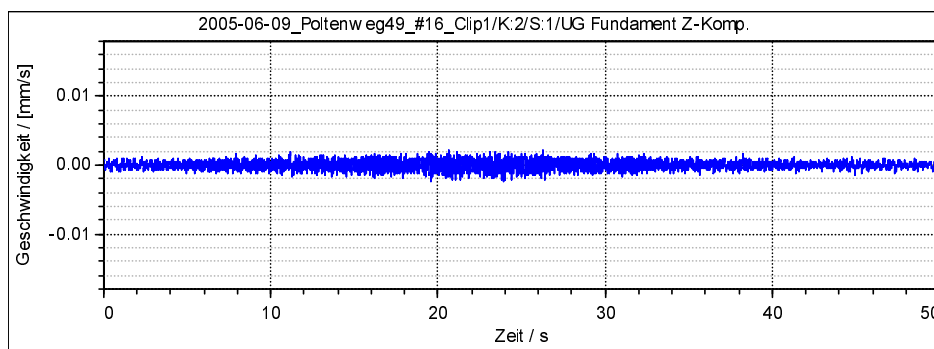
Messquerschnitt 4: Tunnel km 13,74 Gebäude Nr. 15 u. Nr. 16 Distanz 168 m
Sezione di misurazione 4: galleria km 13,74 edifici n° 15 e n° 16 distanza 168 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 09.06.2005 12:52 Gleis Süd: /
Esempio di un transito di un treno 09.06.2005 12:52 binario sud:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Süd (Nische) / componente verticale Z2 sud (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 09.06.2005 12:52:35
Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



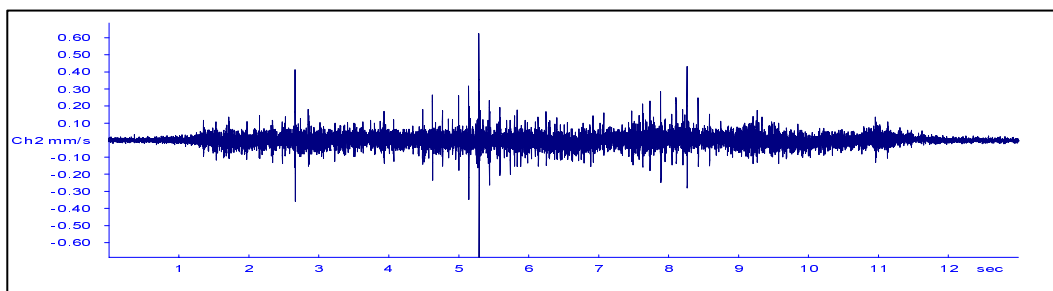
Gebäude Nr. 15 / K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
edificio n° 15: K5 = Deckenmesspunkt 1 Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio 1 componente Z
K1 = Deckenmesspunkt 2 Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio 2 componente Z
Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 09.06.2005 12:52:20
Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



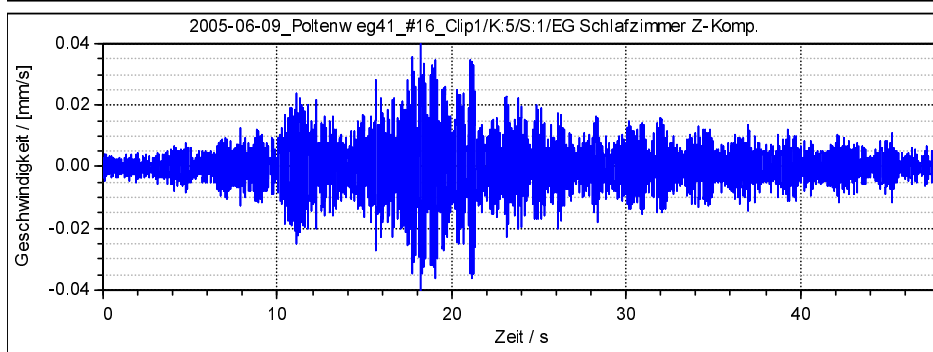
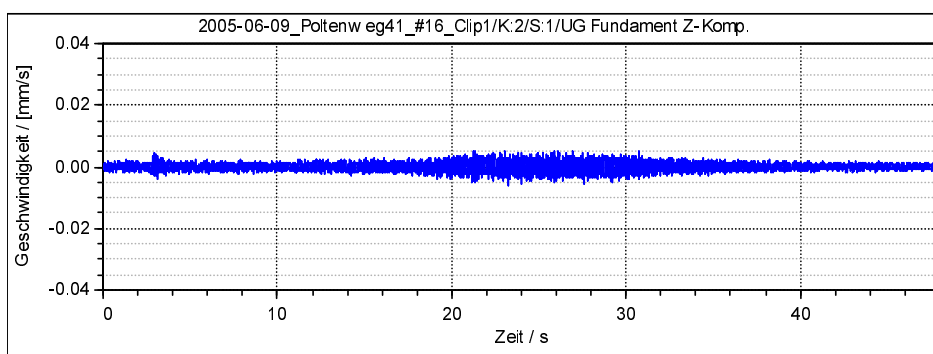
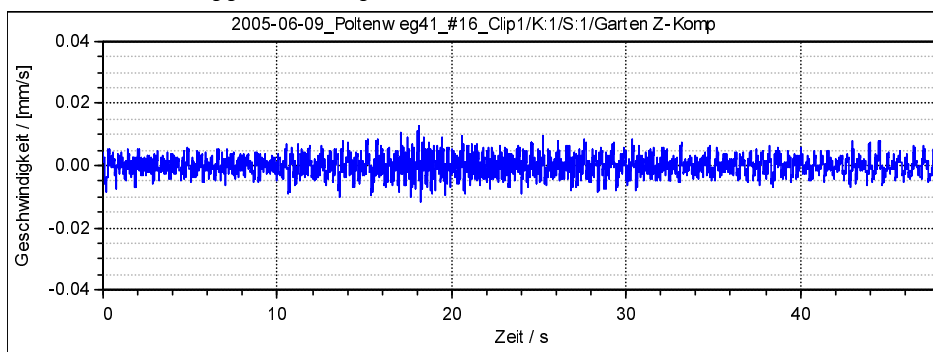
Messquerschnitt 4: Tunnel km 13,74 Gebäude Nr. 15 u. Nr. 16 Distanz 168 m
Sezione di misurazione 4: galleria km 13,74 edifici n° 15 e n° 16 distanza 168 m

Beispiel einer Zugvorbeifahrt 09.06.2005 18:45 Gleis Nord: /
Esempio di un transito di un treno 09.06.2005 18:45 binario nord:

Tunnel / Ch2 = Vertikalkomponente Z2 Nord (Nische) / componente verticale Z2 nord (nicchia)
galleria: Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 09.06.2005 18:45:19
Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



Gebäude Nr. 16 / K1 = Gartenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione in giardino componente Z
edificio n° 16: K2 = Fundamentmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione alla fondazione componente Z
K5 = Deckenmesspunkt Z-Komp. / punto di misurazione sul solaio componente Z
Abszisse: Zeitachse Start / ascissa: asse temporale inizio: 09.06.2005 18:45:02
Ordinate: Schwinggeschwindigkeit in mm/s / ordinata: valori velocità di oscillazione in mm/s



9. AUSWERTUNG DER TUNNELEMISSIONEN

An den Messorten im Tunnel wurden jeweils zwischen 60 und 80 Züge registriert. Die Fahrgeschwindigkeit der Züge lag bei den Messquerschnitten 1 bis 3 meist zwischen 90 und 120 km/h. Beim Messquerschnitt 4 lagen die sie wegen der Kurve und dem nahen Tunnelausgang meist unter 90 km/h. Einzelne Züge fuhren auch wesentlich langsamer.

Die unterschiedlichen Stärken der gemessenen Erschütterungen am Gehwegrand bzw. am Rand der Nischen werden aus den Diagrammen von Kapitel 8 ersichtlich. Dabei gilt es zu beachten, dass Züge auf dem jeweiligen Gegengleis deutlich geringere Erschütterungen gegenüber den Zügen auf dem nahen Gleis erzeugen.

Für die Auswertung der Erschütterungsemissionen wurden pro Messquerschnitt 18 Zugvorbeifahrten auf dem jeweils näheren Gleis mit Vertretern der verschiedenen Güterzuggattungen und mittlerer bis höherer Fahrgeschwindigkeit ausgewählt.

Von den ausgewählten Zügen wurden Terzbandspektren mittels Fast Fourier Transformation (FFT) und Summation der Schmalbandlinien über die ganze Vorbeifahrt erstellt.

An den Messquerschnitten 1 und 2 lag die Aufnahmefrequenz bei 400 samples pro Sekunde, bei den Messquerschnitten 3 und 4 bei 800 samples pro Sekunde. Dies lässt Terzbandspektren bis zum Frequenzband von 125 Hz bzw. 250 Hz zu.

In der folgenden Abbildung 5: werden 2 Beispiele von Terzbandspektren vom Messquerschnitt 3 dargestellt, die die Streuung der Amplitudenstärke der Einzelzüge an zwei Messpunkten Gehwegrand und Nische verdeutlichen sollen.

Über 30 Hz liegt die Streuung meist um 8 dB. Im Bereich der Schwellenfachfrequenz (50 Hz für 100 km/h) liegt die Streuung infolge der etwas unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten etwas höher.

Am Gehwegrand verursachen vor allem Lokzüge stärkere Erschütterungen bei den tiefen Frequenzen unter 30 Hz. Die Ausreisser werden in diesem Frequenzbereich für die Mittelung nicht berücksichtigt.

9. ANALISI DELLE EMISSIONI DELLA GALLERIA

Nei punti di misurazione nella galleria sono stati registrati tra 60 e 80 transiti ferroviari. La velocità di transito dei treni nelle sezioni da 1 a 3 era compresa tra i 90 e i 120 km orari. Nella sezione 4, la velocità era ridotta per la più parte al di sotto dei 90 km orari, a causa della curva e dell'uscita prossima dalla galleria. Singoli treni presentavano una velocità oltremodo ridotta.

Le differenti intensità di vibrazione sul viottolo pedonale al bordo risp. sul bordo delle nicchie sono illustrate nei diagrammi del capitolo 8. Qui è da considerare che i treni sul binario opposto causano delle vibrazioni considerabilmente ridotte in confronto ai treni sul binario vicino.

Per le analisi delle emissioni delle vibrazioni sono stati scelti 18 transiti ferroviari sul binario vicino per ogni sezione di misurazione, considerando differenti tipi di treni merci e con velocità da media ad alta.

Per i treni scelti sono stati creati degli spettri per banda di terza, tramite trasformazione veloce di Fourier (Fast Fourier Transformation (FFT)) e sommazione delle linee a banda stretta per tutta la durata del transito.

Nelle sezioni di misurazione 1 e 2, la frequenza di misurazione era di 400 punti al secondo, nelle sezioni 3 e 4 di 800 punti al secondo. Questo permette spettri per banda di terza fino alla banda di frequenza di 125 Hz risp. di 250 Hz.

Nell'illustrazione 5: sottostante sono illustrati due esempi di spettri per banda di terza per la sezione di misurazione 3, i quali spiegano la dispersione dell'ampiezza per i singoli treni su i due punti di misurazione al viottolo pedonale e nella nicchia.

Sopra i 30 Hz, la dispersione è di 8 dB per la maggior parte. Nella zona della frequenza del cassetto della traversina (50 Hz per 100 km orari), la dispersione è più alta a causa delle velocità leggermente diverse.

Sul viottolo pedonale, soprattutto i treni a locomotiva causano vibrazioni più forti nelle basse frequenze sotto a 30 Hz. Le eccezioni in questa zona di frequenza non vengono considerate per il calcolo dei valori medi.

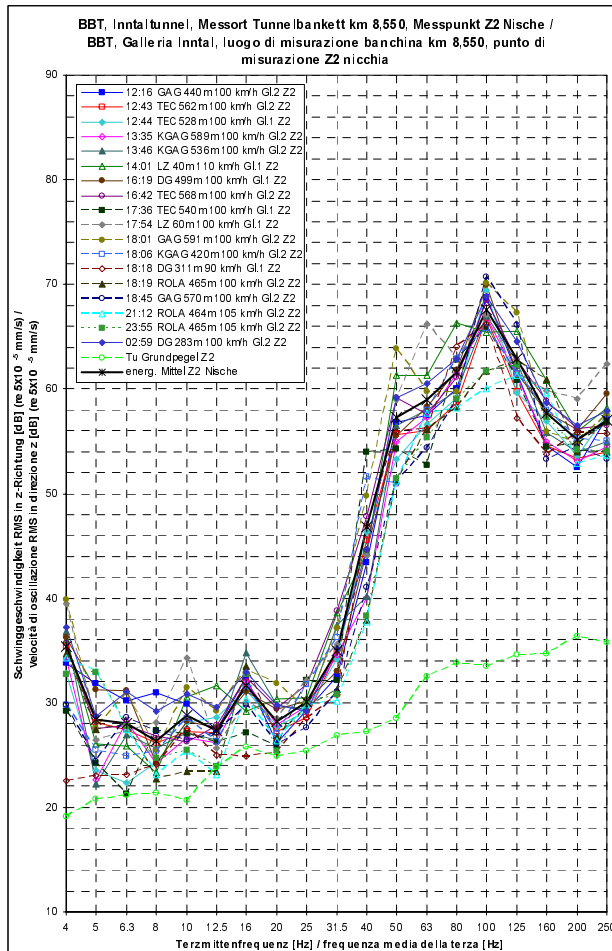


Abbildung 5: Messquerschnitt 3, Messort Tunnel: Terzbandspektren an den Messpunkten Z2 (Nische) und Z3 (Gehwegrand). Beispiele für die Streuung der Einzelsignale.

Die Terzbandspektren wurden für jeden Messpunkt sowie die Messpunkte am Gehwegrand und in der Nische energetisch gemittelt. Diese mittleren Terzbandspektren für jeden Messquerschnitt sind in Abbildung 6: dargestellt.

Daraus wird deutlich, dass am Gehwegrand über 60 Hz deutlich höhere Amplituden erzeugt werden. Dies begründet sich in der Tatsache, dass ein Fuß des Sensors wegen der engen Platzverhältnisse auf die Abdeckplatte des Kabelkanals gesetzt werden musste.

Die Steifigkeit des Tunnels entspricht bei einer Nische jedoch auch nicht dem durchschnittlichen Wert. Da der Tunnel im Fels liegt, kann angenommen werden, dass die Abweichung zum übrigen Tunnel unbedeutend ist. Die Terzbandspektren der Nischen sind deshalb repräsentativ für die Erschütterungsemission im Intaltunnel.

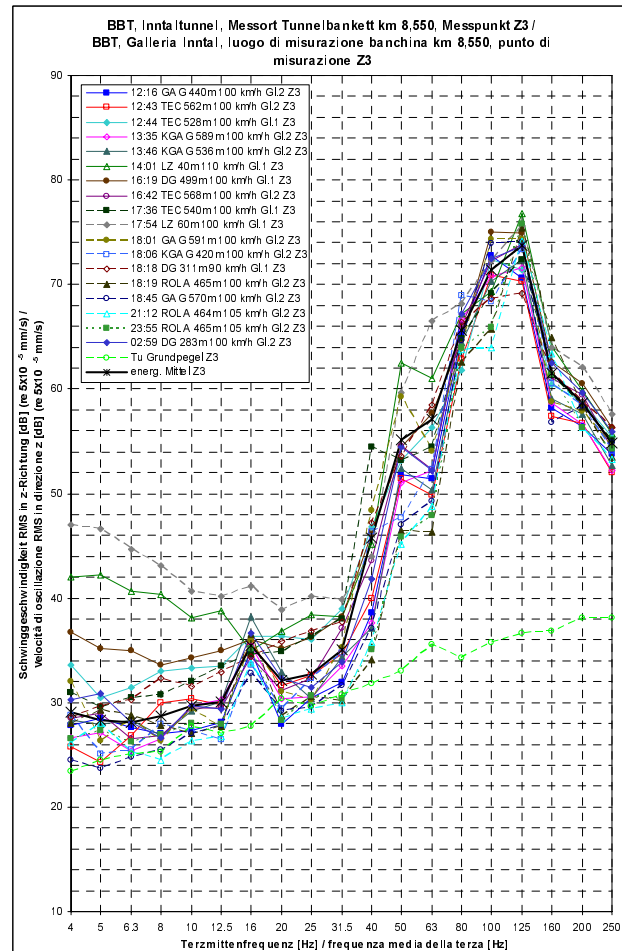


Illustrazione 5: Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione galleria: Spettri per banda di terza ai punti di misurazione Z2 (nicchia) e Z3 (bordo del viottolo pedonale). Esempi della distorsione dei singoli segnali.

Sono stati calcolati i valori medi energetici degli spettri per banda di terza, per ogni punto di misurazione e per i punti al bordo del viottolo pedonale e nella nicchia. Questi valori medi degli spettri per banda di terza per ogni sezione di misurazione sono rappresentati nell'illustrazione 6:.

Da ciò è visibile che al bordo del viottolo sopra i 60 Hz vengono registrate ampiezze chiaramente aumentate. Questo si spiega dal fatto che è stato necessario piazzare un piede del sensore sul coperchio del canale dei cavi, a causa dello spazio ristretto disponibile.

La rigidità della galleria nella nicchia non corrisponde al valore medio. Tuttavia, siccome la galleria è situata nella roccia, si può supporre che la differenza dal valore medio di rigidità per tutta la galleria è insignificante. Gli spettri per banda di terza nelle nicchie sono perciò rappresentativi per le emissioni di vibrazioni nella galleria Inttal.

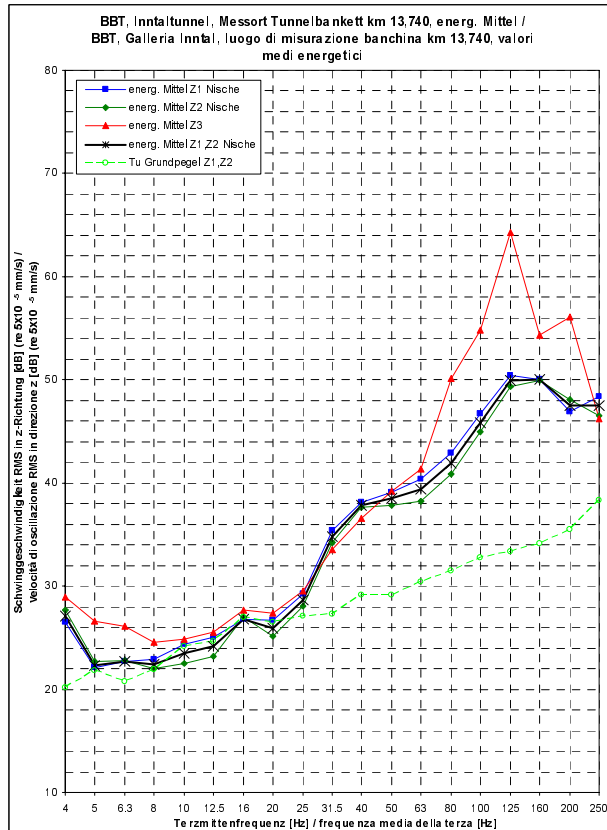
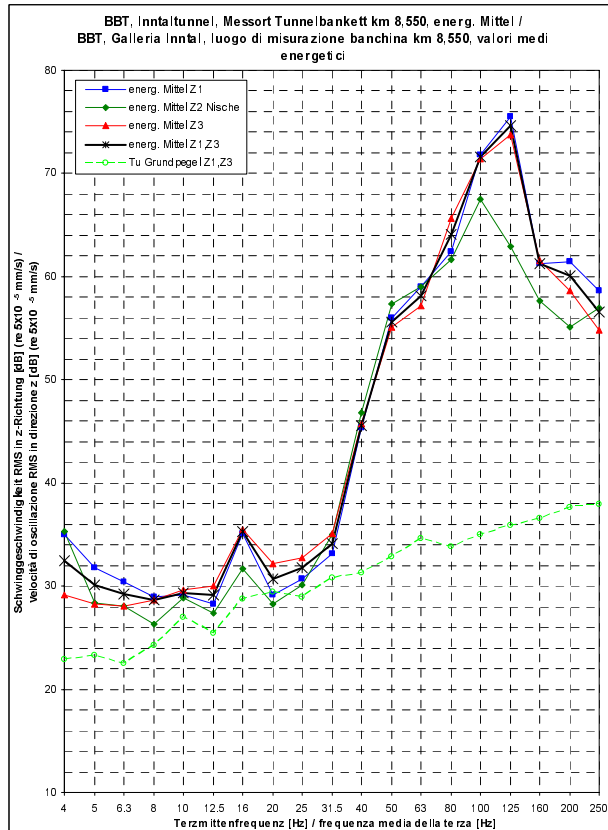
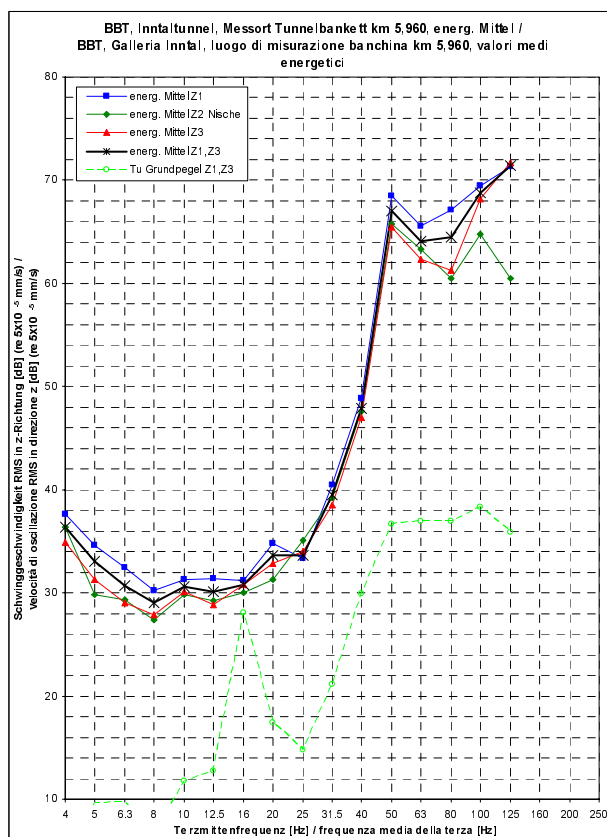
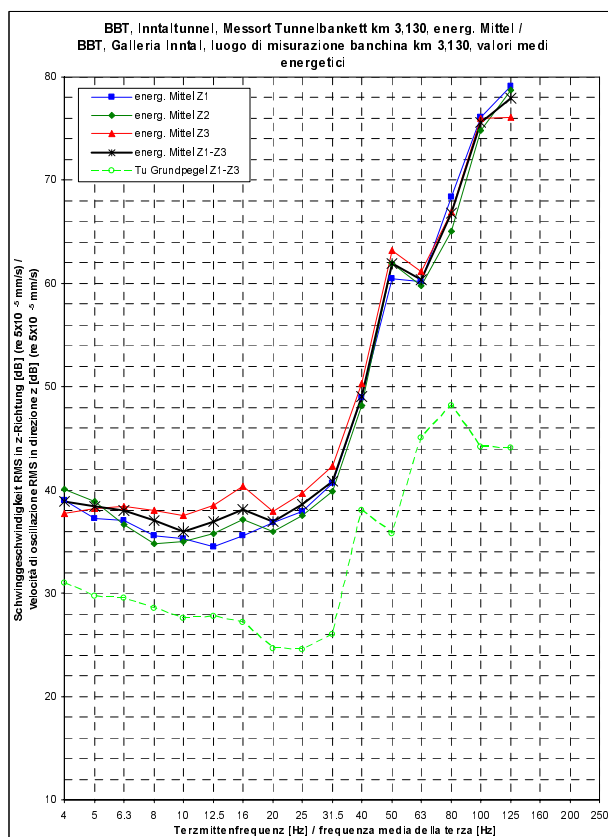


Abbildung 6: Energetisch gemittelte Terzbandspektren aller Messpunkte im Tunnel an den Messquerschnitten

Illustrazione 6: Valori medi energetici degli spettri per banda di terza per tutti i punti di misurazione nella galleria, nelle

1 bis 4.

Beim Messquerschnitt 4 liegen die Amplitudenwerte über 30 Hz deutlich tiefer gegenüber den anderen Messquerschnitten 1 bis 3. Dies ist auf die mindernde Wirkung der dort vorhandenen Unterschottermatte zurückzuführen, die zwischen dem 50- und 100-Hz-Terzband rund 20 dB ausmacht.

Eine gute Übersicht über die gemessenen Emissionen im Intaltunnel gibt die Zusammenfassung in Abbildung 7:.

sezioni di misurazione da 1 a 4

Nella sezione di misurazione 4, i valori delle ampiezze sopra i 30 Hz sono nettamente inferiori rispetto alle altre sezioni da 1 a 3. Ciò può essere attribuito all'effetto attenuante del tappetino insonorizzante sotto massiciata presente nella sezione 4, il quale comporta una differenza di ca. 20 dB per la banda di terza tra i 50 e i 100 Hz.

Una vista generale delle emissioni misurate nella galleria Intal è rappresentata nell'Illustrazione 7:.

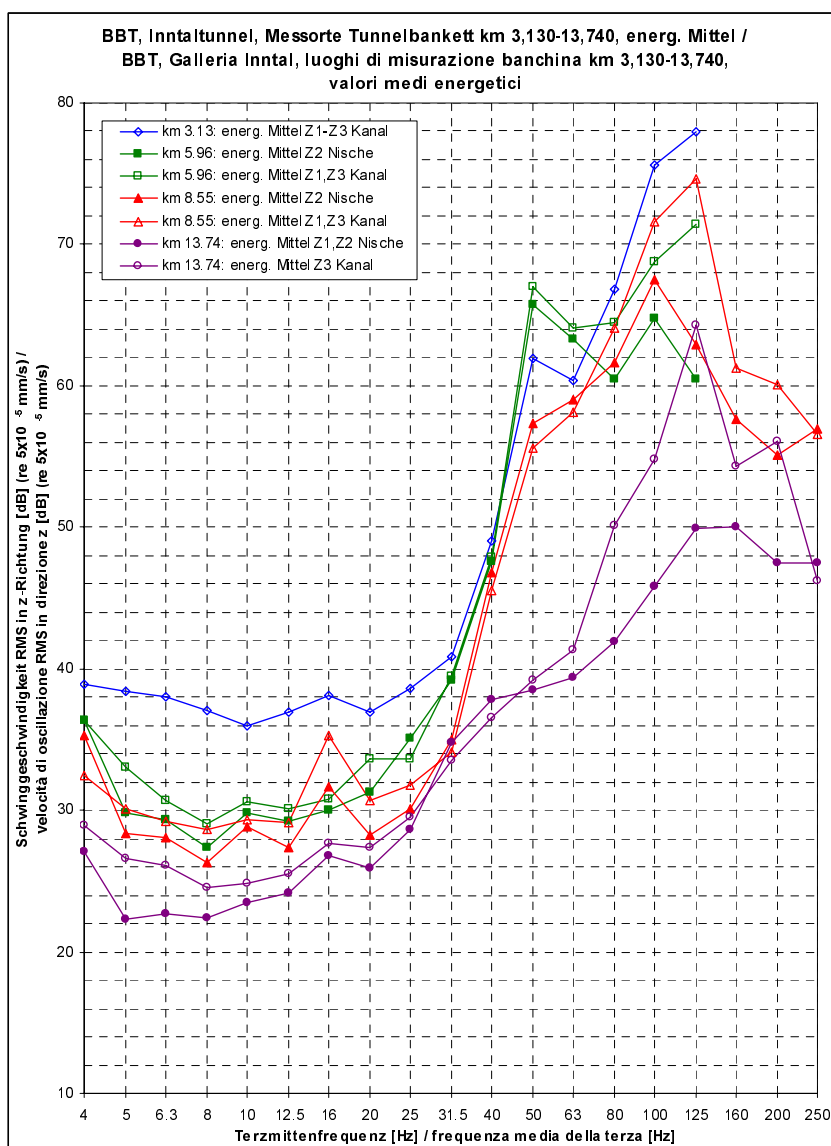


Abbildung 7: Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren im Tunnel aller Messquerschnitte 1 bis 4.

Illustrazione 7: Riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza, per tutte le sezioni di misurazione nella galleria

10. AUSWERTUNG DER SCHWINGUNGSÜBERTRAGUNG

Bei allen Messgebäuden über dem Inttaltunnel konnten Erschütterungssignale von Zugsvorbeifahrten registriert werden, obwohl die Überdeckung des Tunnels im Bereich der Messhäuser 170 m bis 300 m beträgt. Pro Messort konnten 3 bis 8 störungsfreie Signale von Zügen für die Übertragungsspektren ausgewertet werden.

In den folgenden Abbildungen 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 und 22 werden von jedem Messgebäude die Terzbandpektren der Vertikalkomponenten der ausgewerteten Züge und des Grundpegels an den Messpunkten Garten, Fundament und Geschoßdecke gezeigt. Im Diagramm unten rechts wird jeweils als Zusammenfassung der Gebäudemesspunkte die energetischen Mittel der Einzelspektren wiedergegeben. Im Weiteren ist in diesem Diagramm auch eine Umrechnung der gemessenen Tunnelemission mit einer theoretischen Ausbreitungsgleichung auf den Gartenmesspunkt eingetragen, die eine Basis für die späteren Prognoseberechnungen darstellt.

Ausnahme ist in Abbildung 20: wegen des zusätzlichen Deckenmesspunktes im Gebäude Poltenweg 47 kein Gartenmesspunkt sondern der zusätzliche Deckenmesspunkt gezeigt. Die Umrechnung der Tunnelemission erfolgt über einen Gebäudeankopplungsverlust direkt auf den Fundamentmesspunkt.

In den folgenden Abbildungen 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 und 23 werden von jedem Messgebäude die Terzbandpektren der Differenzen zwischen einzelnen Vertikalkomponenten gezeigt. Im oberen Diagramm sind jeweils als Beispiel für die Streuung der Einzeldifferenzen die Differenzspektren vom Fundament zur Geschoßdecke dargestellt. Im unteren Diagramm werden jeweils als Zusammenfassung alle geometrischen Mittel der Differenzspektren zwischen den Messpunkten am Tunnelbankett und Garten, zwischen Garten und Fundament und auch Geschoßdecke sowie zwischen Fundament und Geschoßdecke abgebildet. Im Weiteren ist in diesem Diagramm auch eine theoretische Abminderungskurve zwischen Tunnel- und Gartenmesspunkt eingetragen, deren Parameter als Basis für die späteren Prognoseberechnungen verwendet wurden.

Ausnahme sind in Abbildung 21: wegen des zusätzlichen Deckenmesspunktes im Gebäude Poltenweg 47 die Differenzspektren zwischen den

10. ANALISI DELLA TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI

In tutti gli edifici esaminati situati sopra la galleria Inttal è stato possibile registrare segnali di transito ferroviario, sebbene la copertura della galleria nella zona degli edifici esaminati sia compresa tra i 170 m e i 300 m. In ogni luogo di misurazione sono pututi essere analizzati da 3 a 8 segnali non disturbati di transito ferroviario, utilizzati per gli spettri di trasmissione.

Nelle seguenti illustrazioni 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 sono rappresentati, per ogni edificio esaminato, gli spettri per banda di terza per le componenti verticali dei transiti ferroviari analizzati, nonché il livello di base, nei punti di misurazione giardino, fondamenta e solaio. Nel diagramma in fondo a destra vengono mostrati ogni volta, come riassunto dei punti di misurazione dell'edificio, i valori medi energetici dei singoli spettri. Inoltre nello stesso diagramma è inserita una conversione dell'emissione misurata della galleria con una funzione teorica di propagazione sul punto di misurazione in giardino, la quale rappresenta la base per i futuri calcoli di previsione.

Eccezionalmente, nell'illustrazione 20:, per l'edificio Poltenweg 47, invece del punto di misurazione in giardino viene mostrato il punto di misurazione aggiuntivo sul solaio. La conversione dell'emissione della galleria in questo caso avviene tramite un'attenuazione del collegamento con l'edificio, direttamente sul punto di misurazione delle fondamenta.

Nelle seguenti illustrazioni 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 e 23 sono rappresentati, per ogni edificio esaminato, gli spettri per banda di terza delle differenze tra singole componenti verticali. Nel diagramma superiore vengono mostrati, come esempio della dispersione delle singole differenze, gli spettri differenziali dalle fondamenta al solaio. Nel diagramma inferiore sono illustrati come riassunto tutti i valori medi geometrici degli spettri differenziali tra i punti di misurazione sulla banchina della galleria e in giardino, tra giardino e fondamenta nonché solaio, e tra fondamenta e solaio. Inoltre in questo diagramma è illustrata una curva di attenuazione teorica tra i punti di misurazione nella galleria e in giardino, i quali parametri non sono stati usati come base per i futuri calcoli di previsione.

Eccezionalmente, nell'illustrazione 21: per l'edificio Poltenweg 47 vengono mostrati gli spettri differenziali tra i punti di misurazione sulla banchina della galleria

Messpunkten am Tunnelbankett und Fundament, sowie zwischen Fundament und den zwei Geschoßdecken abgebildet. Wegen des fehlenden Gartenmesspunktes wurde die theoretische Abminderungskurve mit einem mittleren Gebäudeankopplungsverlust direkt bis auf den Fundamentmesspunkt berechnet und dargestellt.

Infolge der geringen Signalstärke lag das Nutzsignal nicht über den ganzen Frequenzbereich über dem Grundgeräuschpegel. Der Vertrauensbereich für die Differenzspektren wird durch die grau hinterlegten Bereiche begrenzt und liegt zwischen 16 bis 31 Hz und 125 bis 250 Hz.

Die so ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen werden in den Prognoseberechnungen direkt verwendet. Im Weiteren können die Modellfunktionen für die nicht gemessenen Gebäude überprüft und in Relation gesetzt werden.

Generell kann gesagt werden, dass die aus den Messungen ermittelten Gebäudeübertragungsfunktionen keine aussergewöhnlichen Merkmale zeigen und die gemessenen Abminderungskurven zwischen Tunnel und Oberfläche gut mit den theoretischen Kurven übereinstimmen.

Zusammenfassend werden die Ausbreitungsmessungen vom Tunnel $v(r_0)$ an die Oberfläche $v(r)$ über die Formel

$$v(r) = v(r_0) * \left(\frac{r_0}{r}\right)^E$$

dargestellt. Der Exponent E beinhaltet nicht nur die räumliche Ausbreitung sondern auch die Materialdämpfung.

Der frequenzabhängige Exponent E wird in Abbildung 24: für die verschiedenen Messorte dargestellt.

e fundamenta, nonché tra fundamenta e i due solai. A causa del mancante punto di misurazione in giardino, una curva di attenuazione teoretica (con un valore medio dell'attenuazione per il collegamento con l'edificio) è stata calcolata e illustrata direttamente fino al punto di misurazione sulle fondamenta.

A causa del livello debole dei segnali, il segnale utile non si trova per tutta la banda di frequenza sopra il livello di rumore di fondo. La banda di fiducia per gli spettri differenziali è delimitata dalle zone delimitate in grigio, e si trova tra 16 e 31 Hz e tra 125 e 250 Hz.

Le funzioni di trasmissione agli edifici determinate in questo modo vengono usate direttamente nei calcoli delle previsioni. Inoltre, le funzioni del modello possono essere verificate per gli edifici non misurati, e messi in relazione.

In generale si può affermare che le funzioni di trasmissione agli edifici determinate dalle misurazioni non mostrano delle caratteristiche fuori dal normale, e che le curve di attenuazione misurate tra galleria e superficie corrispondono bene alle curve teoretiche.

In modo riassuntivo, le misurazioni di propagazione dalla galleria $v(r_0)$ alla superficie $v(r)$ vengono rappresentati dalla formula

L'esponente E comprende non solo la propagazione nello spazio, ma anche lo smorzamento del materiale.

L'esponente E, dipendente dalla frequenza, è rappresentato nell'illustrazione 24: per i diversi luoghi di misurazione.

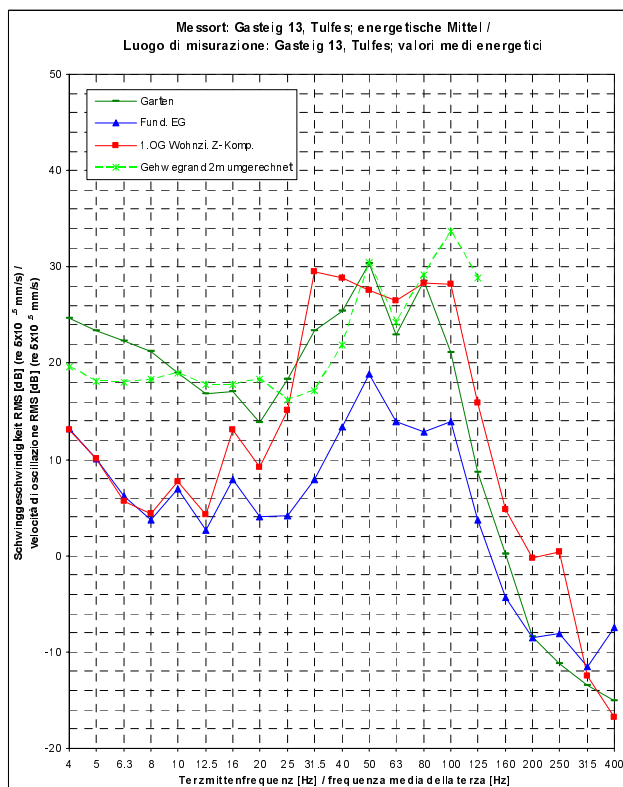
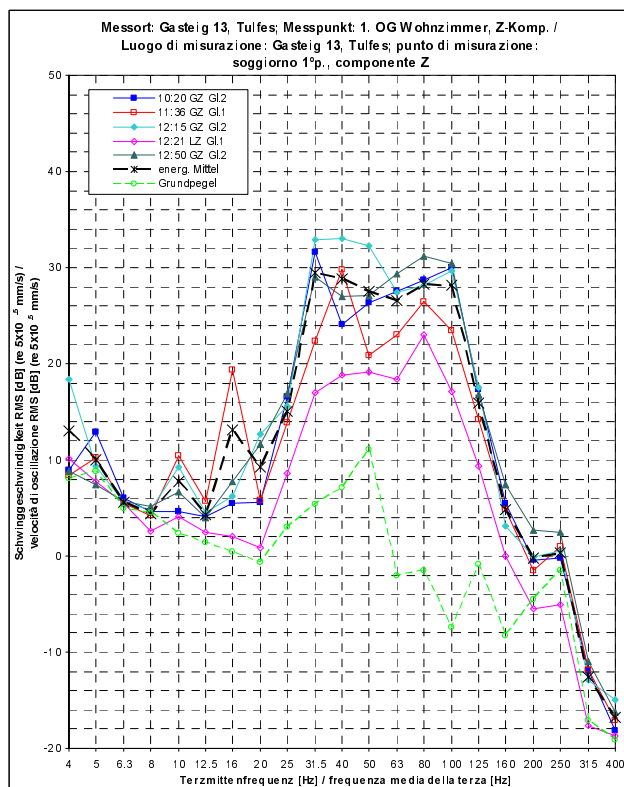
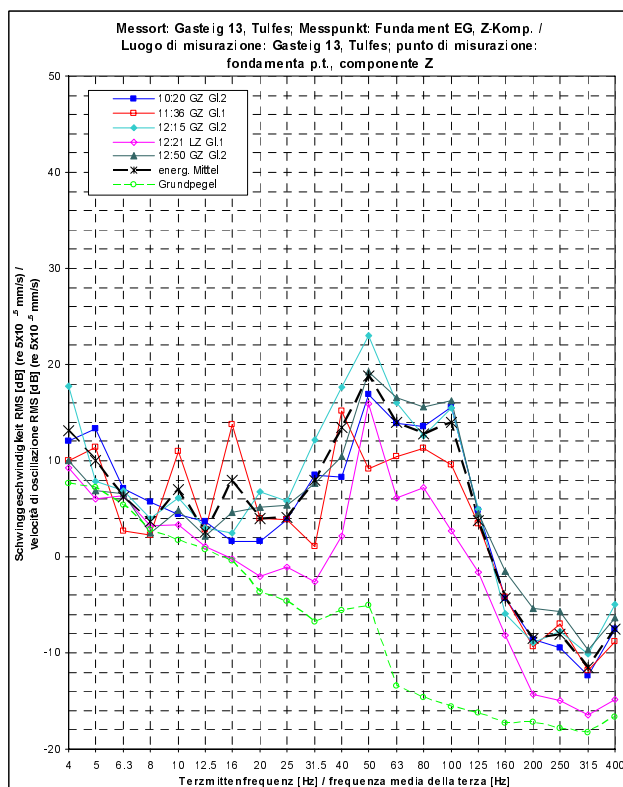
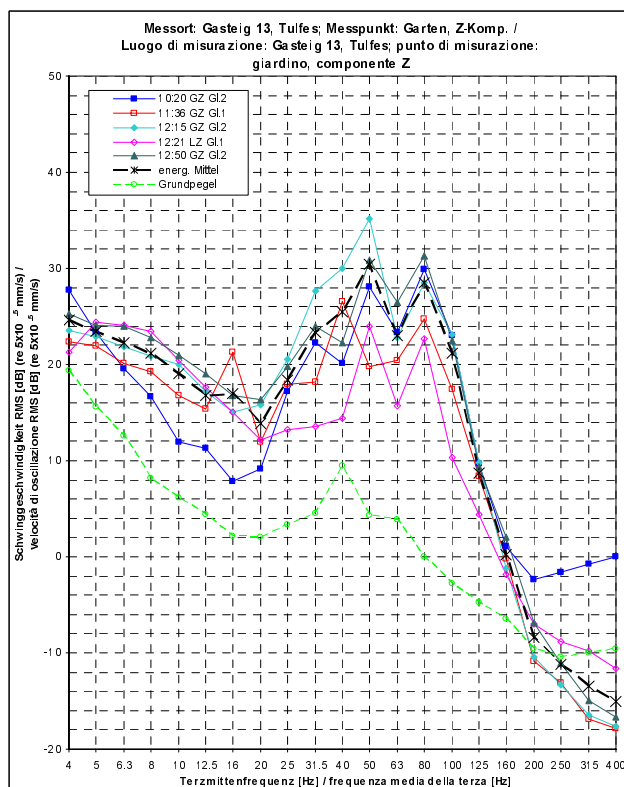


Abbildung 8: Messquerschnitt 1, Messort Gasteig 13, Tulfes: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 8: Sezione di misurazione 1, luogo di misurazione Gasteig 13, Tulfes: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di

terza

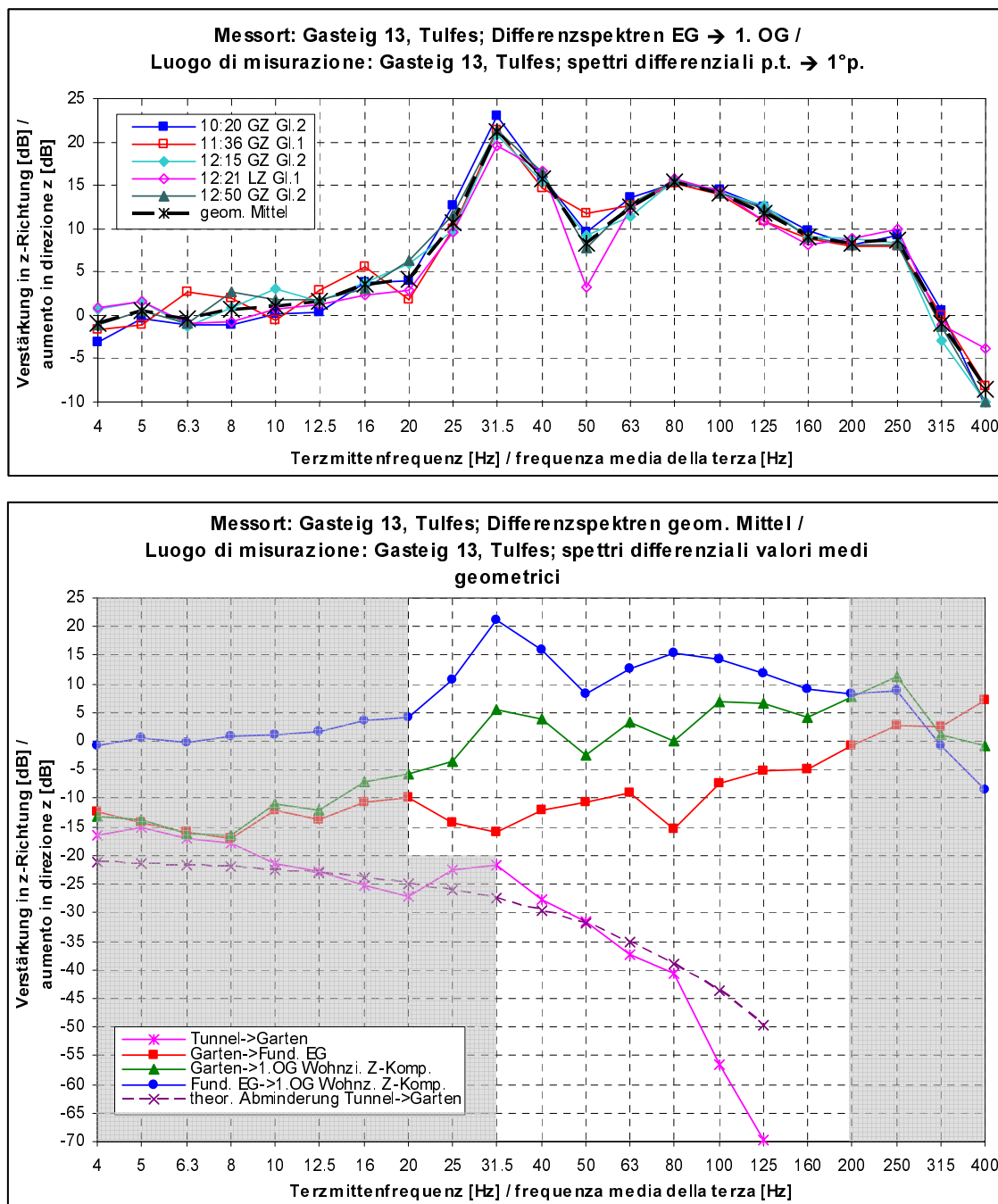


Abbildung 9: Messquerschnitt 1, Übertragungsfunktionen Tunnel → Gasteig 13, Tulfes: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 9: Sezione di misurazione 1, funzione di trasmissione galleria → Gasteig 13, Tulfes: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

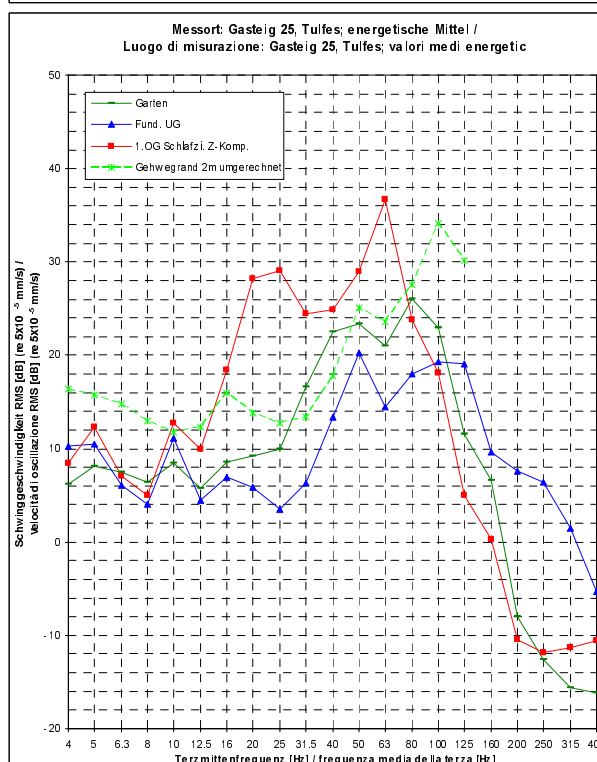
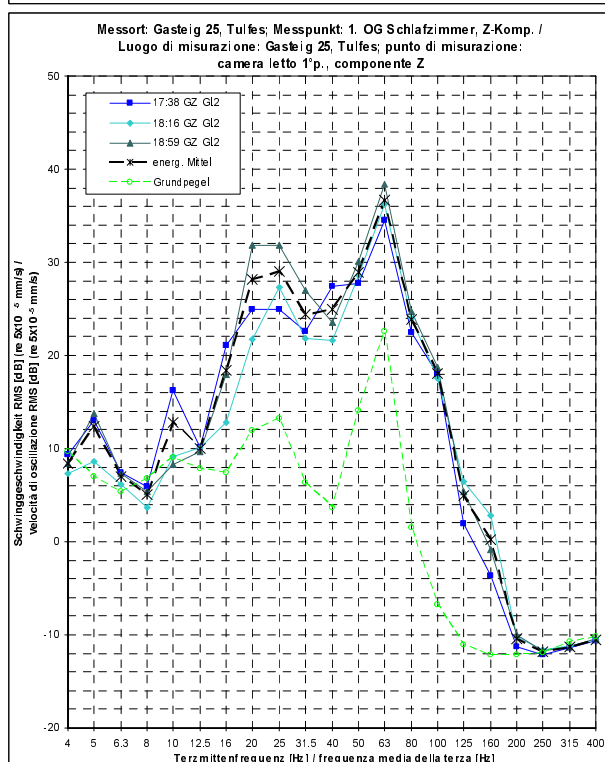
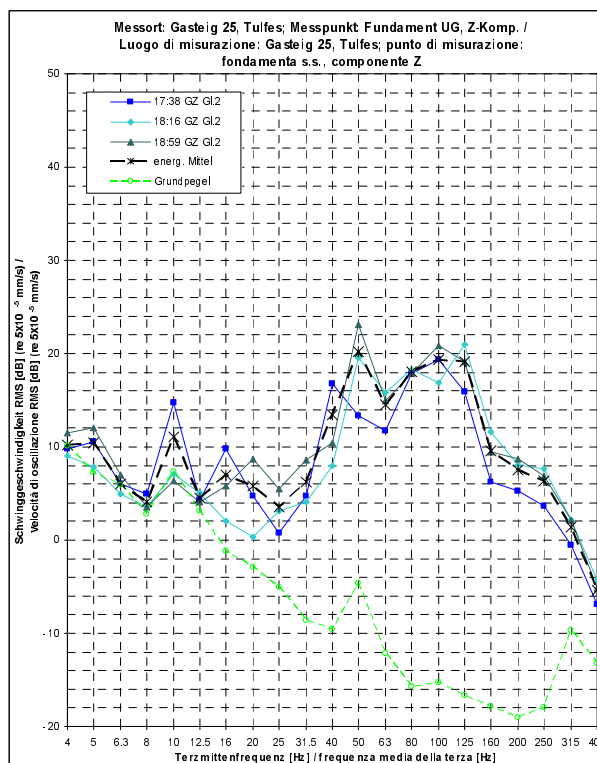
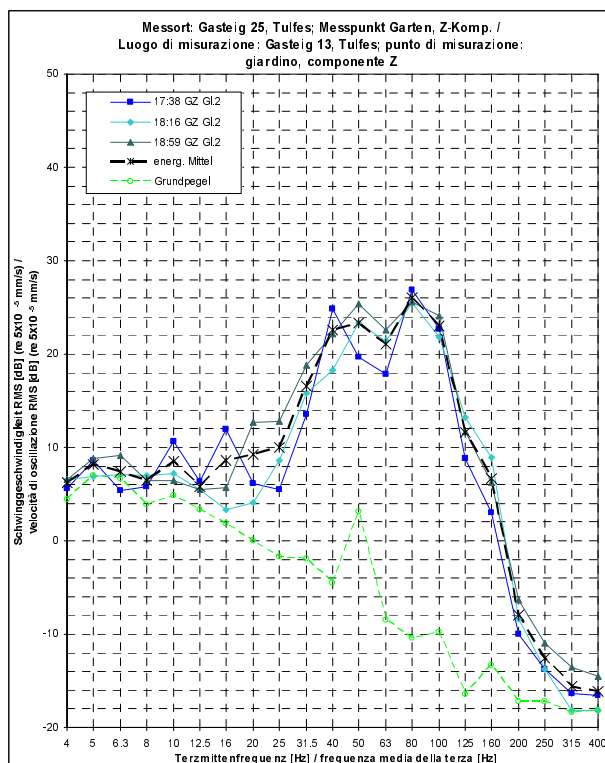


Abbildung 10: Messquerschnitt 1, Messort Gasteig 25, Tulfes: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 10: Sezione di misurazione 1, luogo di misurazione Gasteig 25, Tulfes: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fundamenta sottosuolo (s.s.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

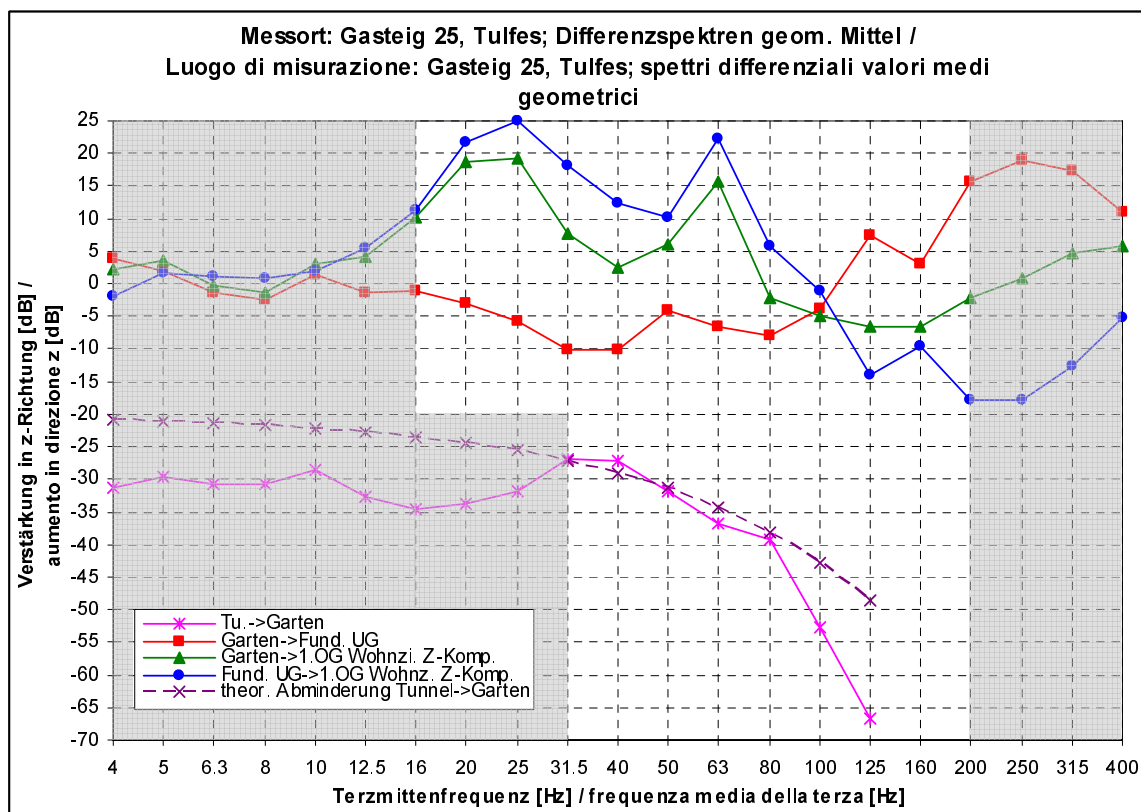
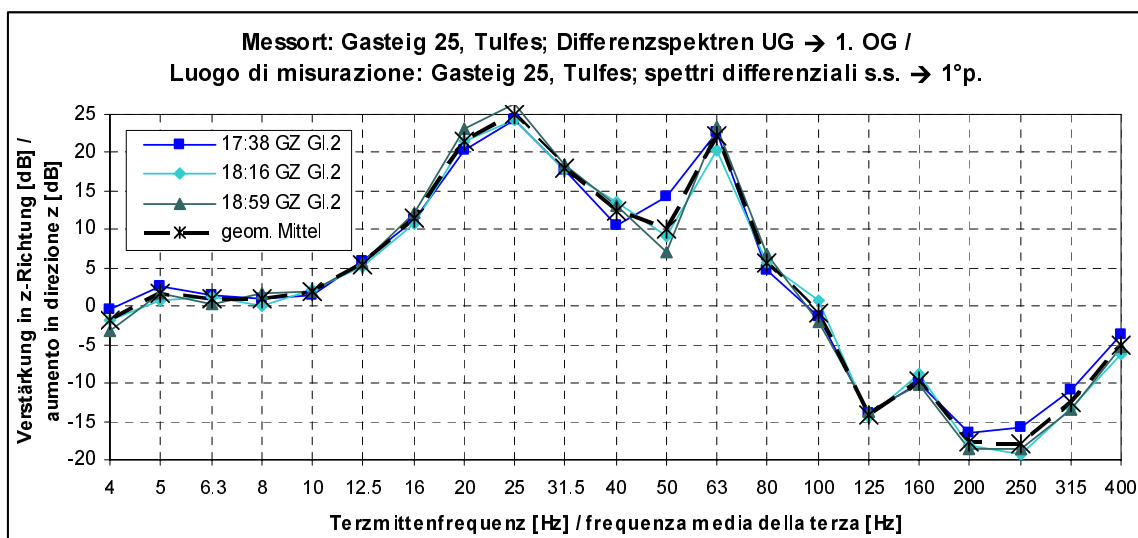


Abbildung 11: Messquerschnitt 1, Übertragungsfunktionen Tunnel → Gasteig 25, Tulfes: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 11: Sezione di misurazione 1, funzione di trasmissione galleria → Gasteig 25, Tulfes: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

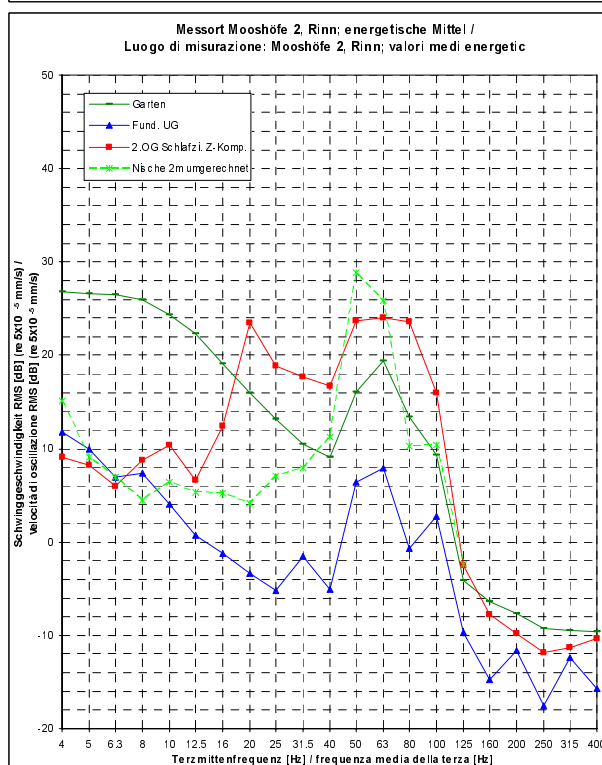
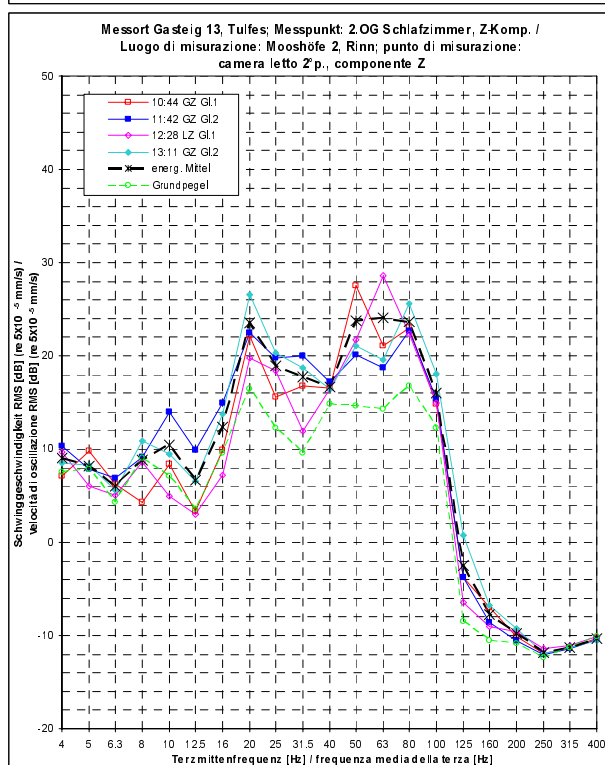
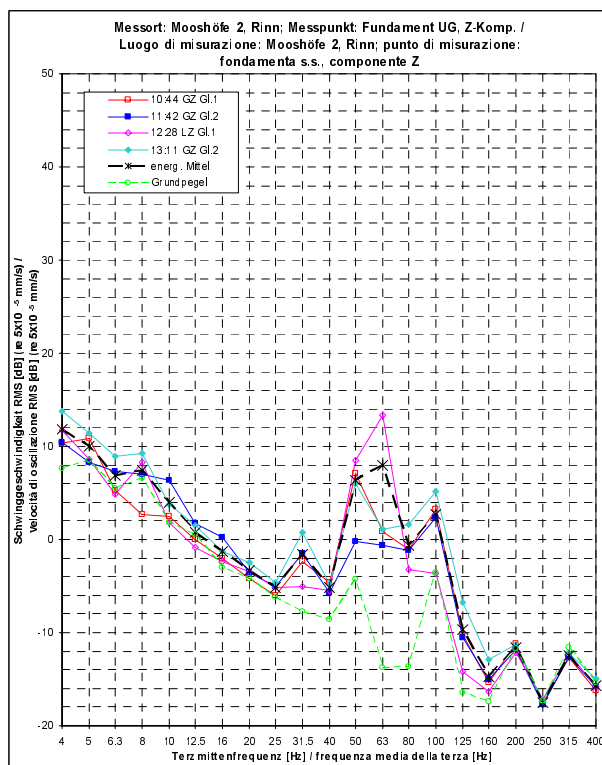
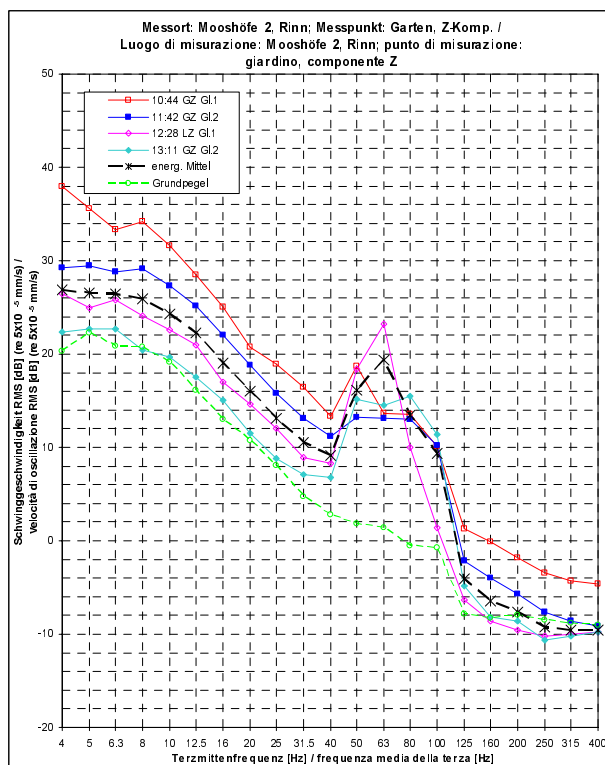


Abbildung 12: Messquerschnitt 2, Messort Mooshöfe 2, Rinn: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 2.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 12: Sezione di misurazione 2, luogo di misurazione Mooshöfe 2, Rinn: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e secondo piano (2°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

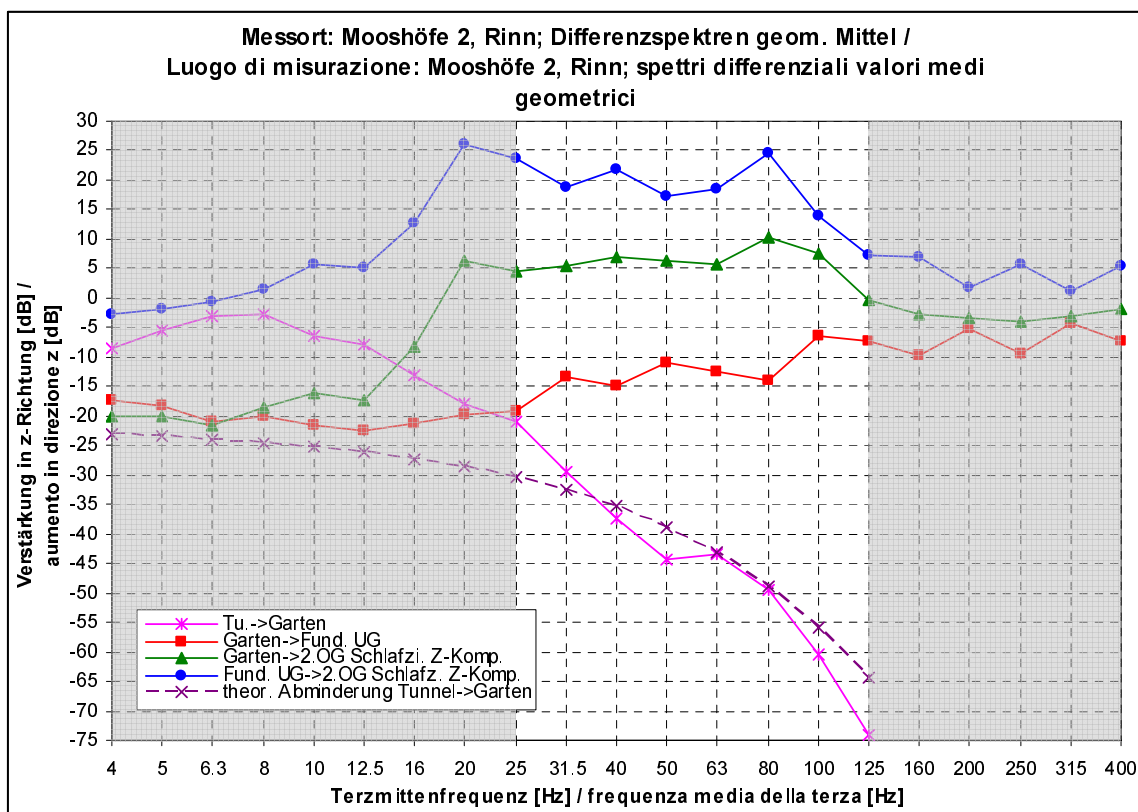
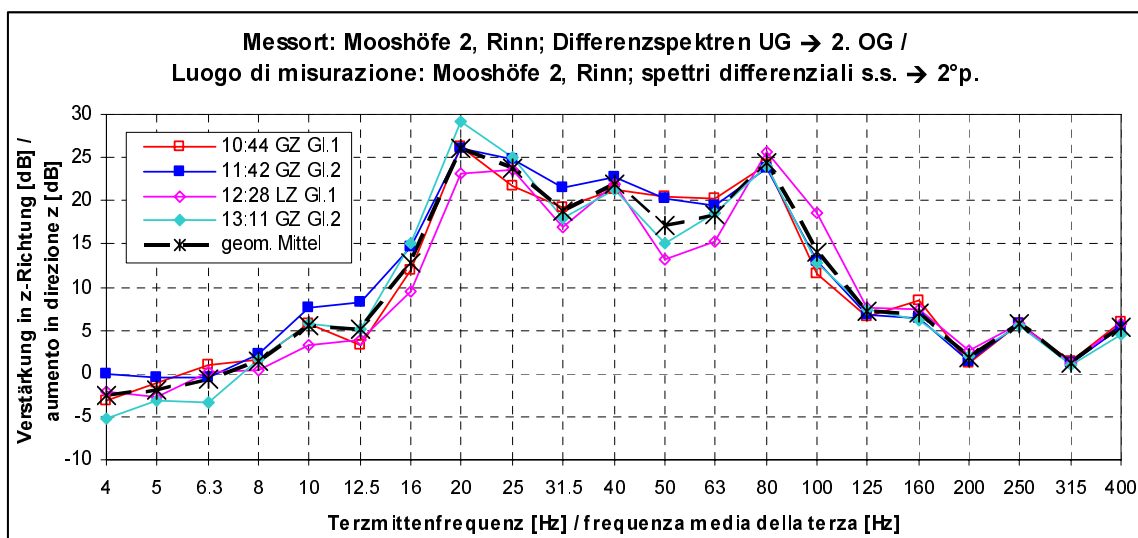


Abbildung 13: Messquerschnitt 2, Übertragungsfunktionen Tunnel → Mooshöfe 2, Rinn: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 13: Sezione di misurazione 2, funzione di trasmissione galleria → Mooshöfe 2, Rinn: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

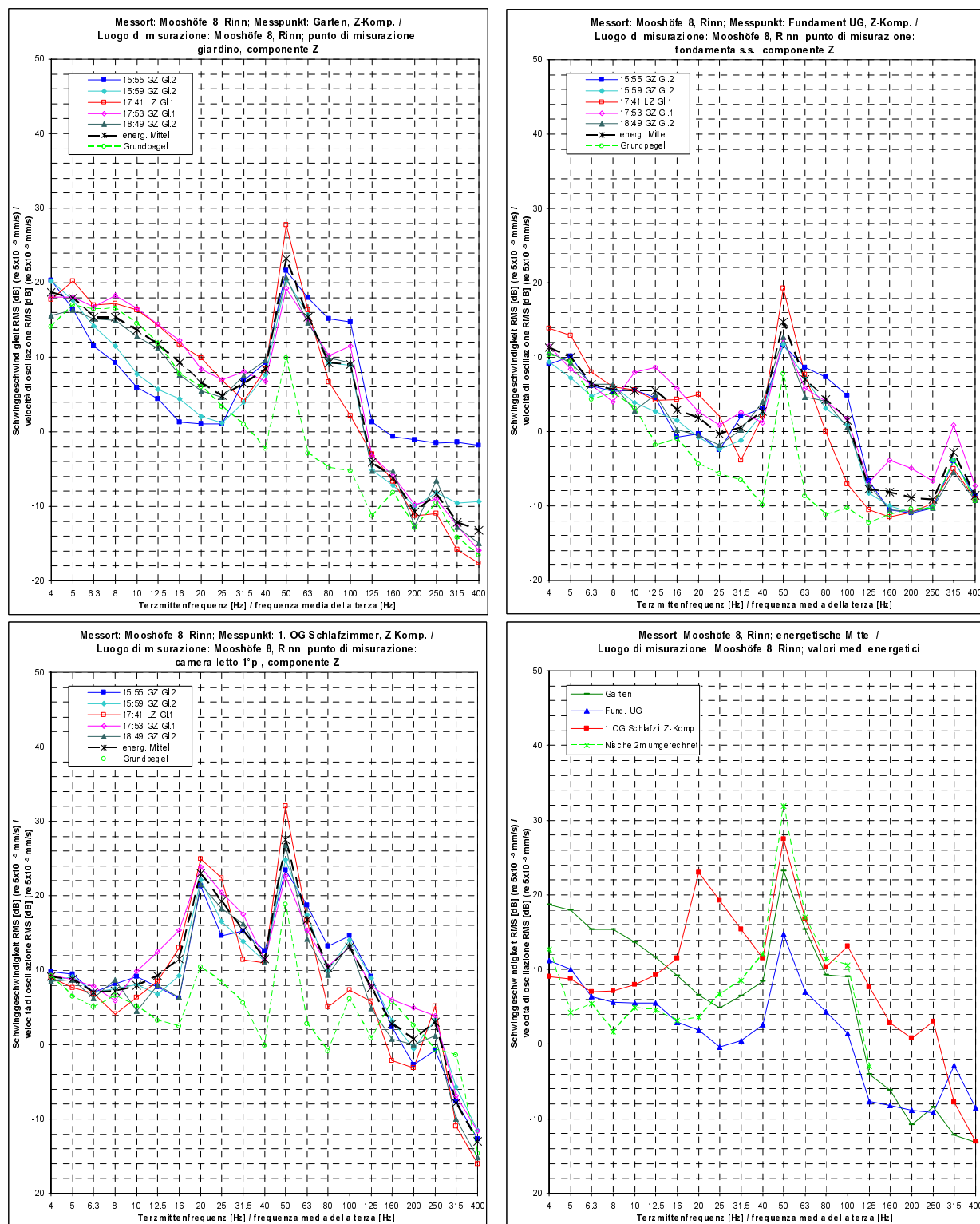


Abbildung 14: Messquerschnitt 2, Messort Mooshöfe 8, Rinn: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 14: Sezione di misurazione 2, luogo di misurazione Mooshöfe 8, Rinn: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

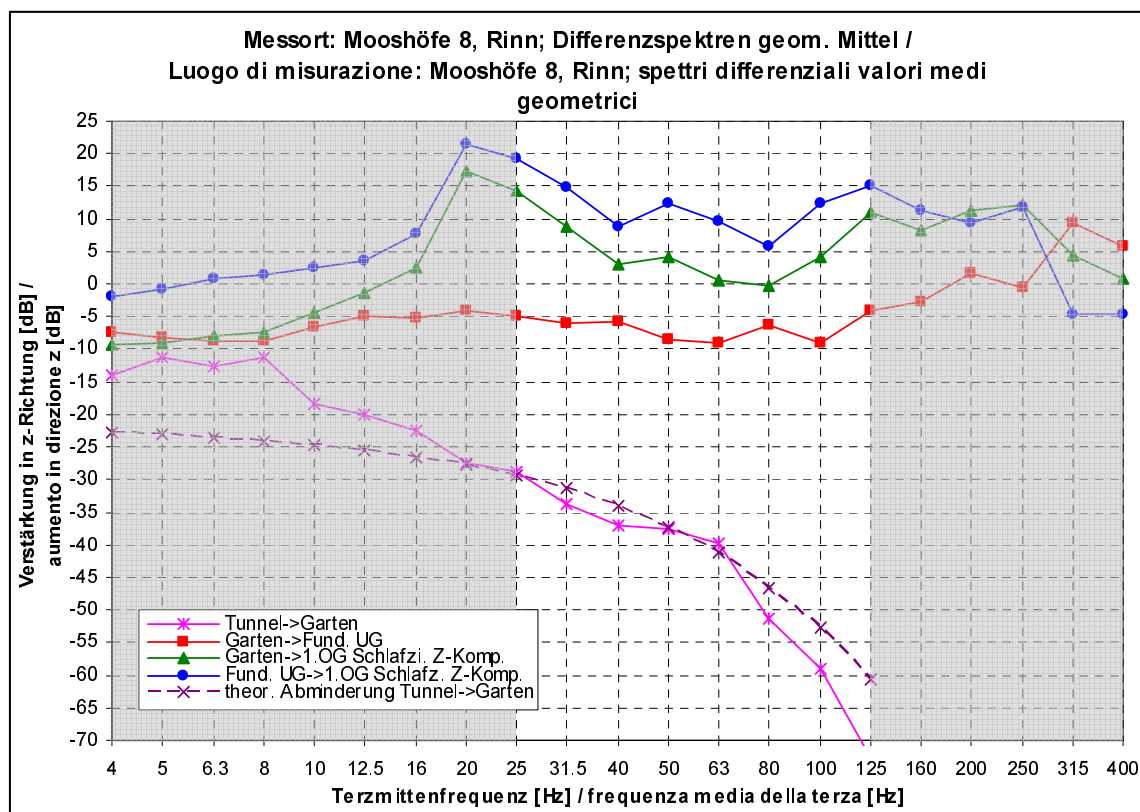
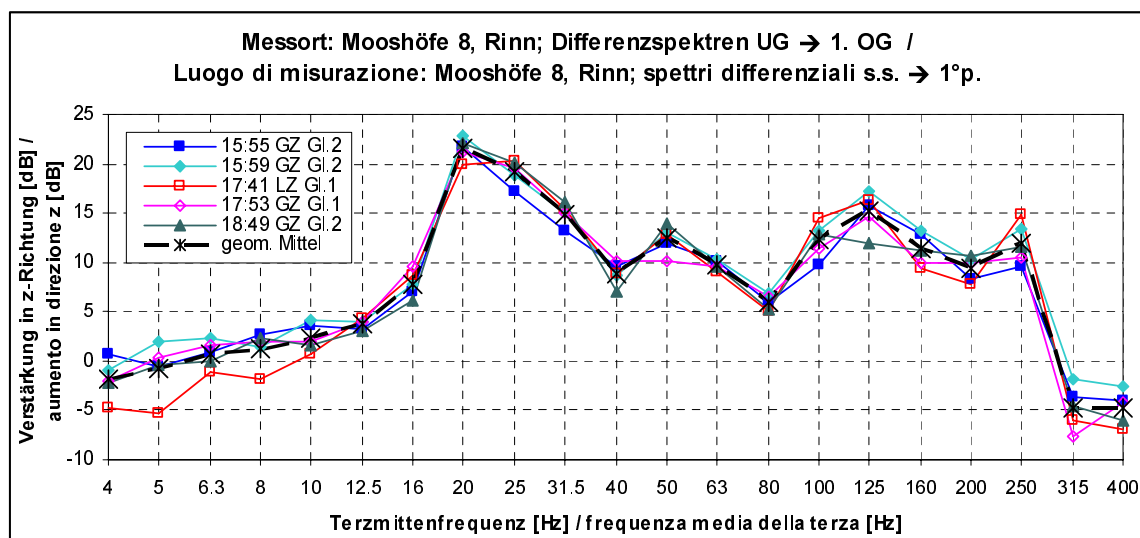


Abbildung 15: Messquerschnitt 2, Übertragungsfunktionen Tunnel → Mooshöfe 8, Rinn: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 15: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria → Mooshöfe 8, Rinn: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

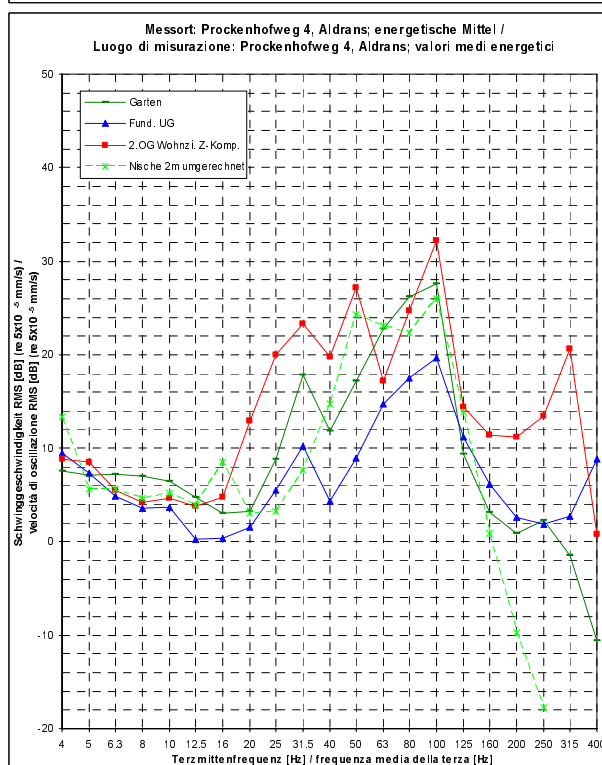
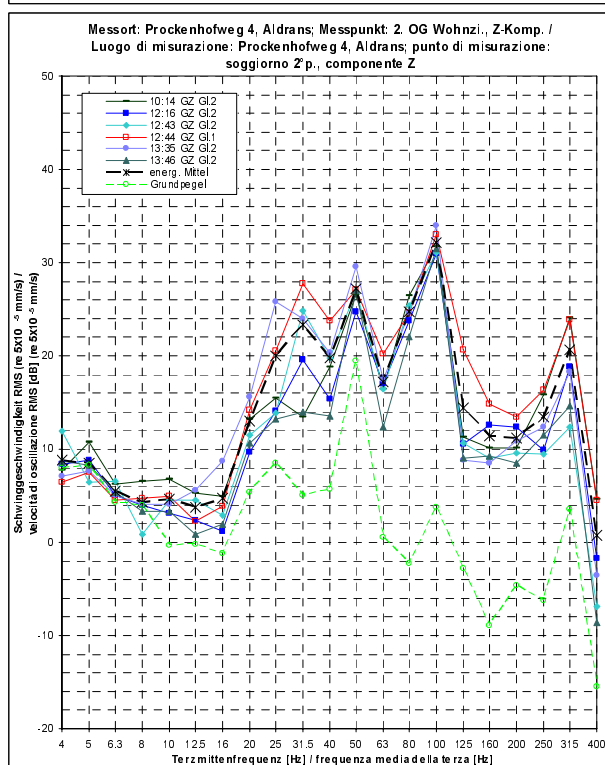
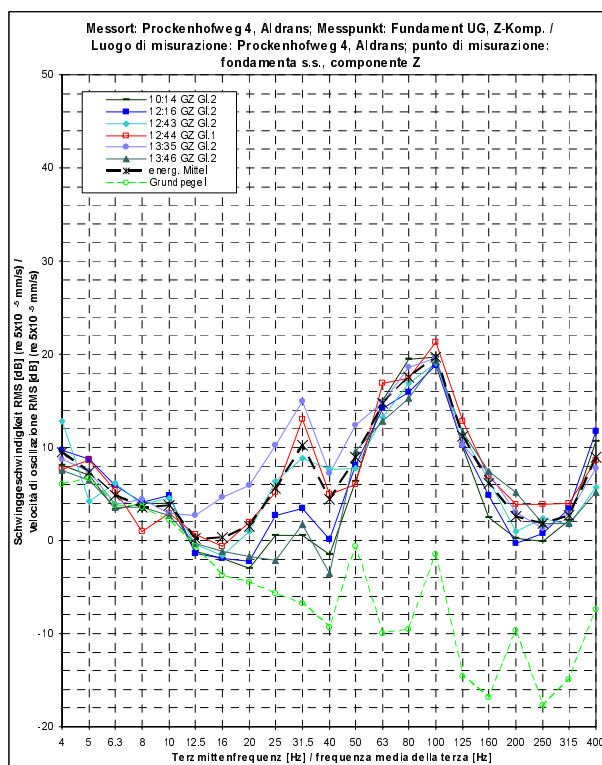
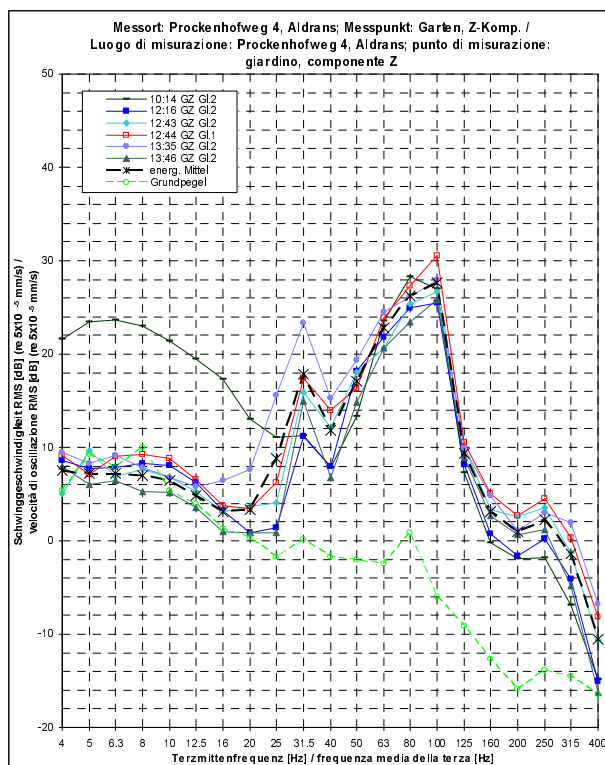


Abbildung 16: Messquerschnitt 3, Messort Prockenhofweg 4, Aldrans: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 2. OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 16: Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione Prockenhofweg 4, Aldrans: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s.) e secondo piano (2°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

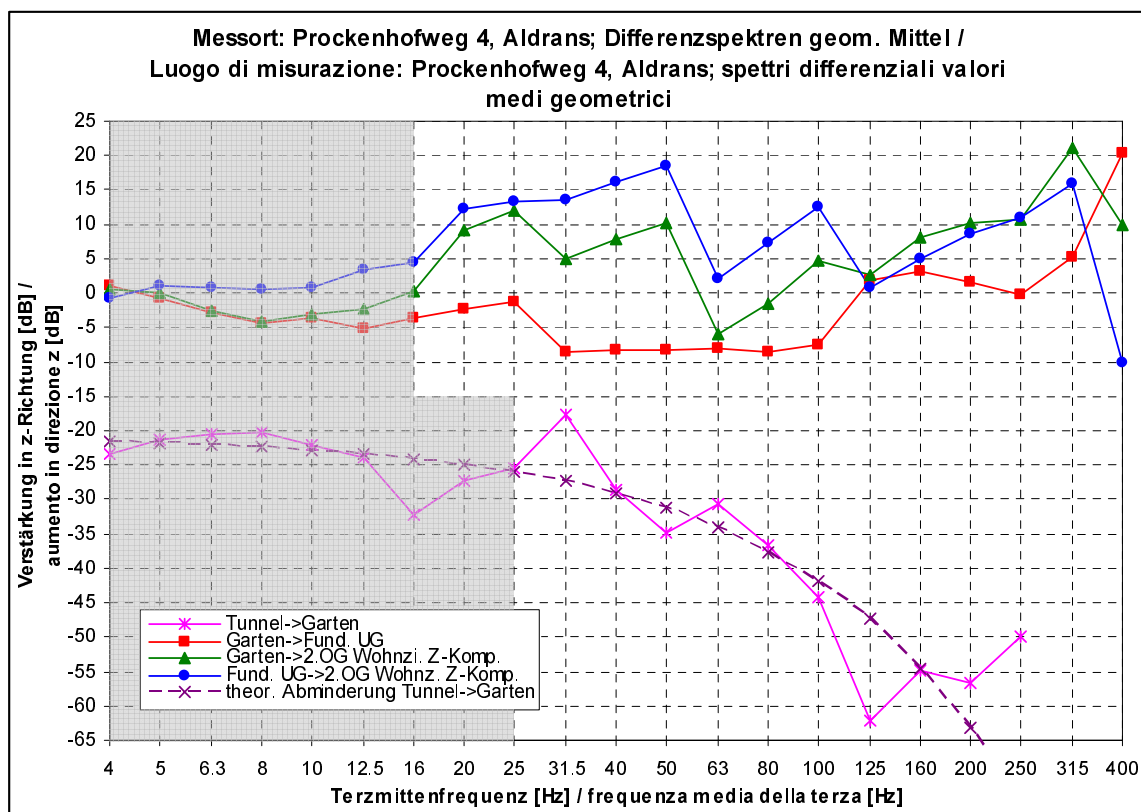
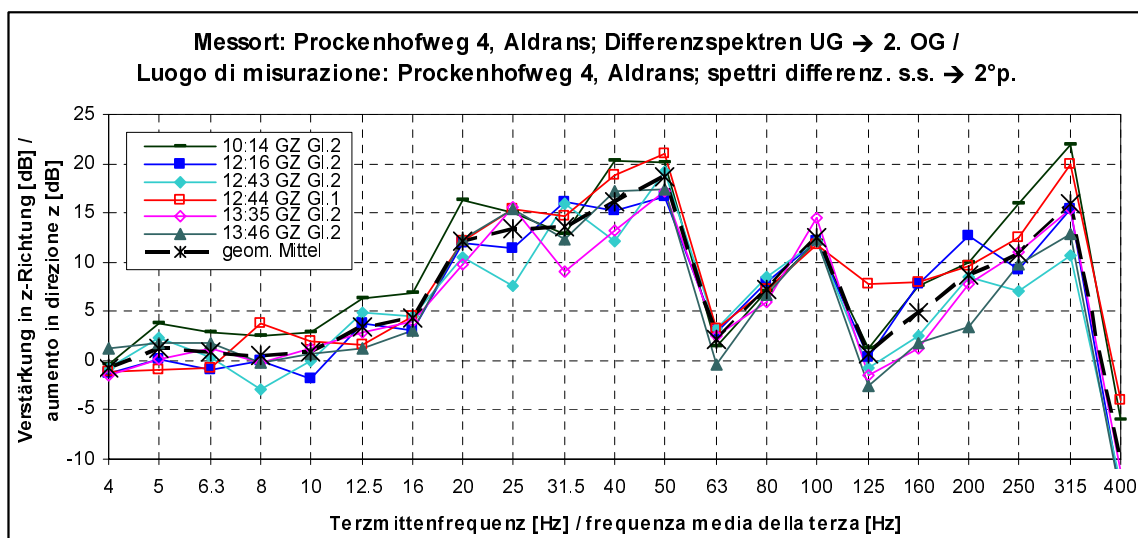


Abbildung 17: Messquerschnitt 3, Übertragungsfunktionen Tunnel → Prockenhofweg 4, Aldrans: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 17: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria → Prockenhofweg 4, Aldrans: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

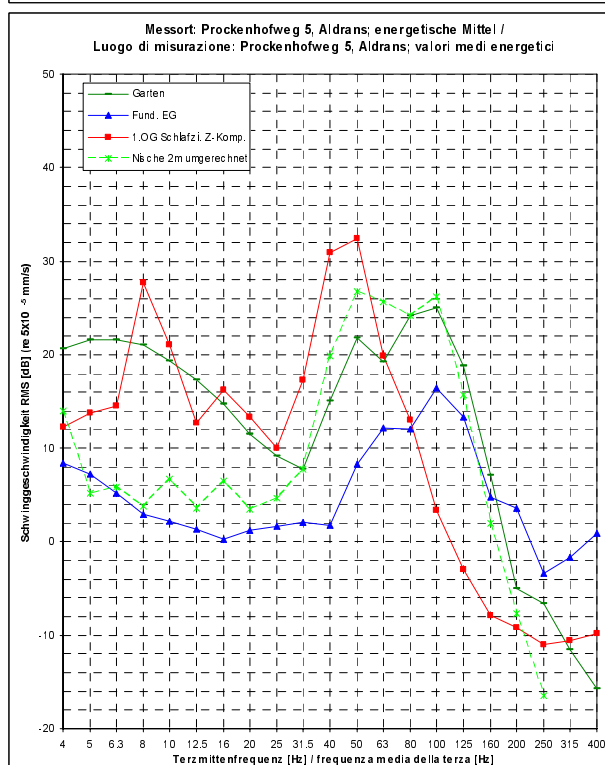
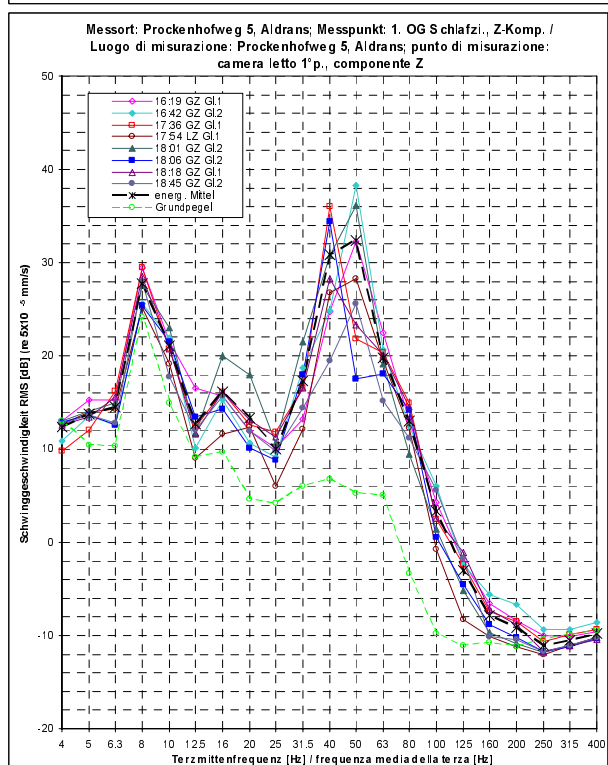
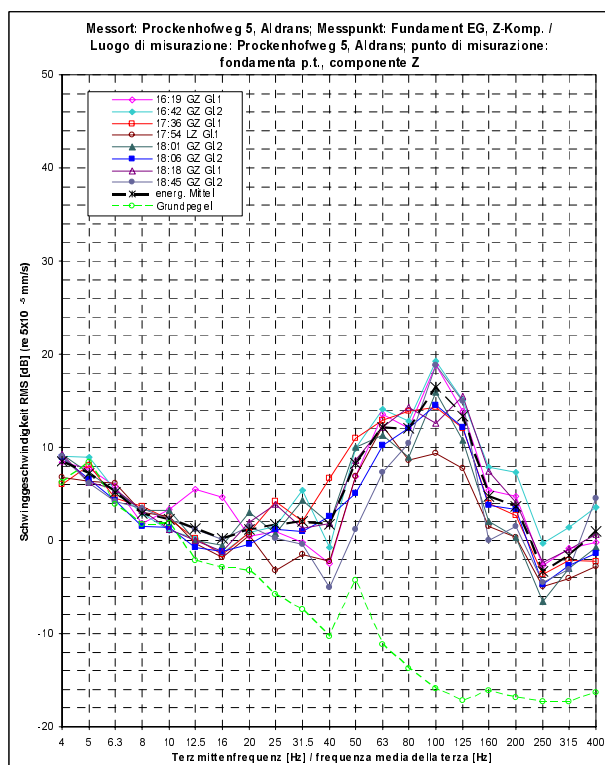
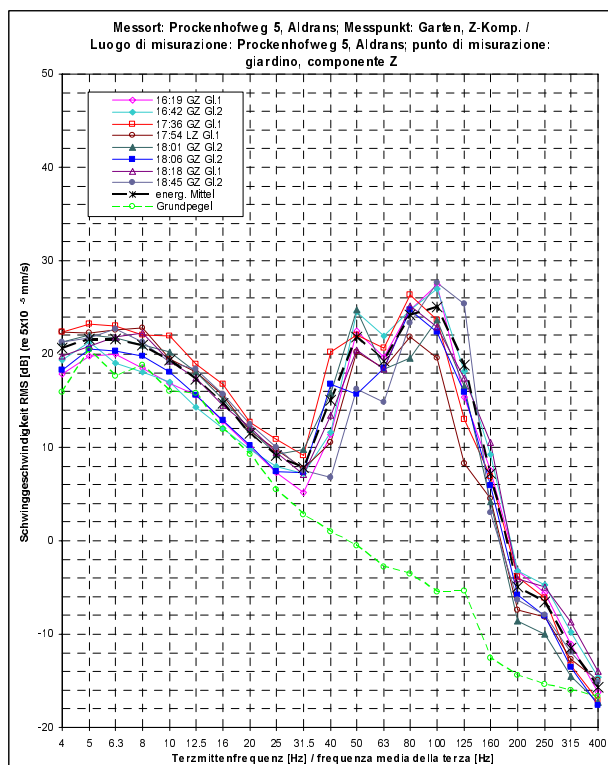


Abbildung 18: Messquerschnitt 3, Messort Prockenhofweg 5, Aldrans: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 18: Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione Prockenhofweg 5, Aldrans: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fundamenta piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

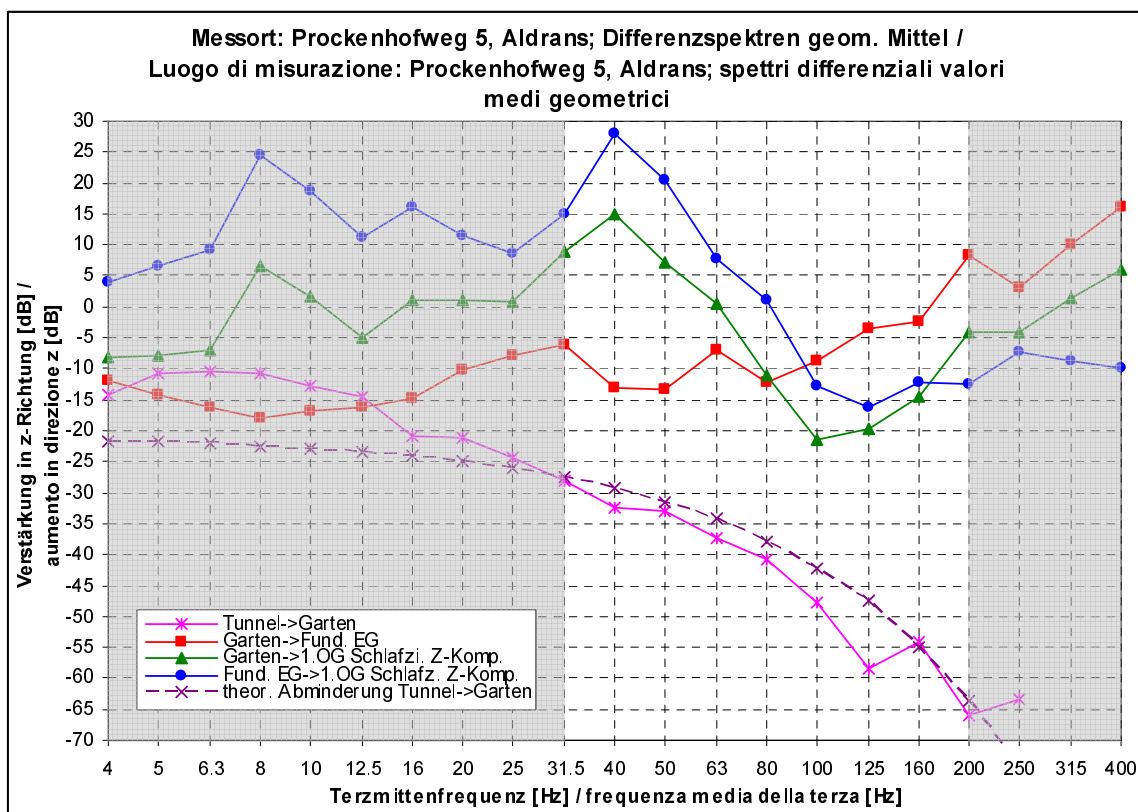
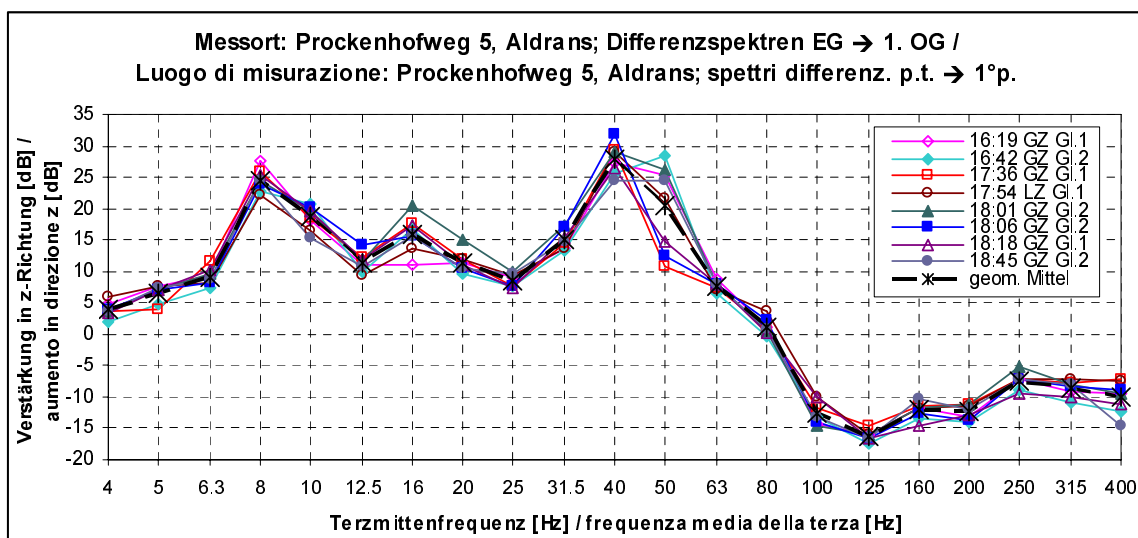


Abbildung 19: Messquerschnitt 3, Übertragungsfunktionen Tunnel → Prockenhofweg 5, Aldrans: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 19: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria → Prockenhofweg 5, Aldrans: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

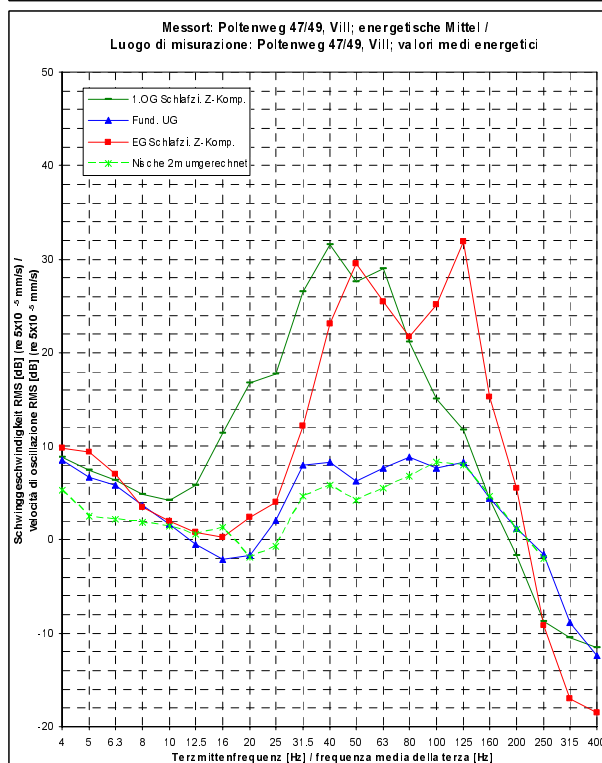
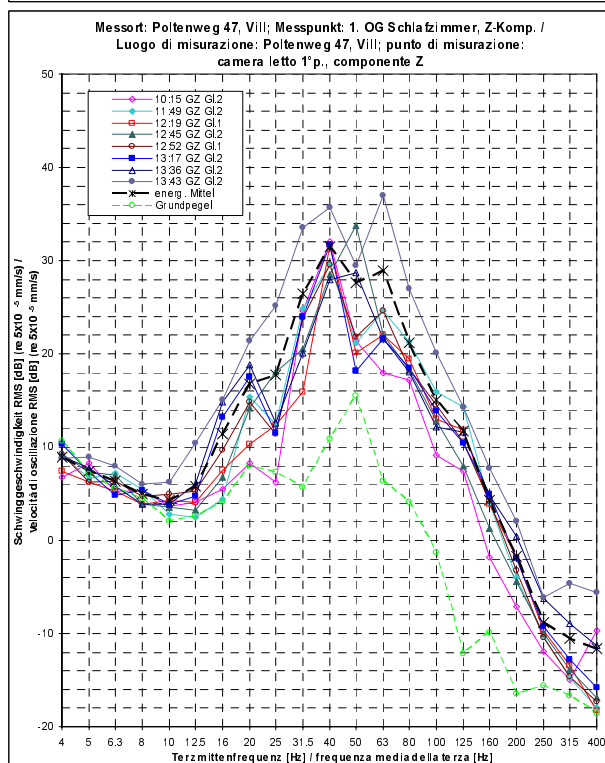
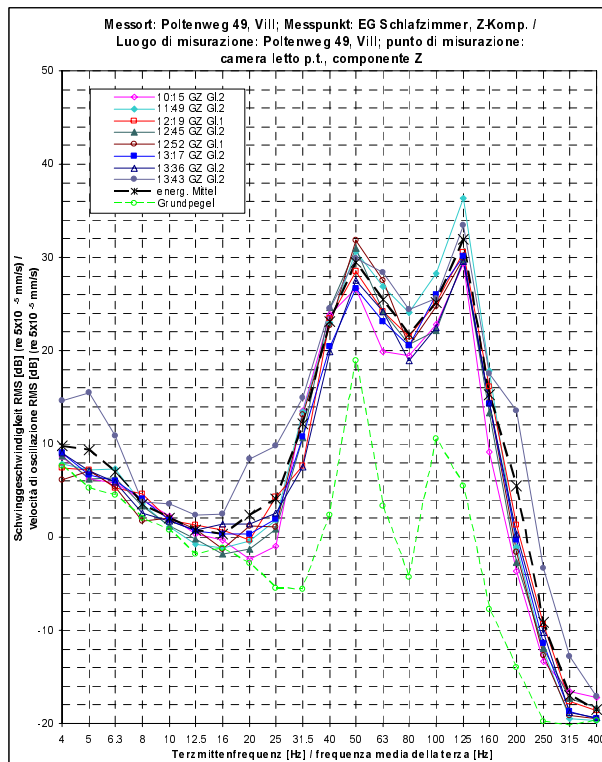
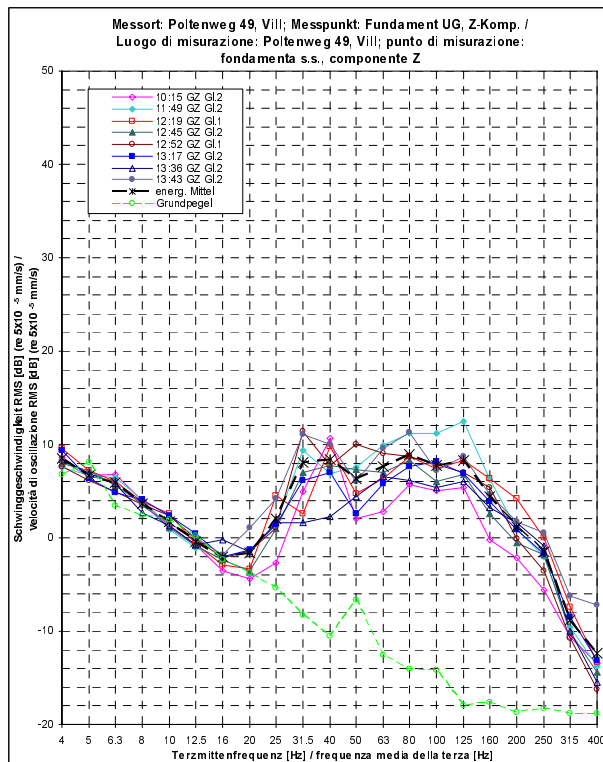


Abbildung 20: Messquerschnitt 4, Messort Poltenweg 47/49, Vill: Terzbandspektren an den Messpunkten Fundament UG, EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 20: Sezione di misurazione 4, luogo di misurazione Poltenweg 47/49, Vill: spettri per banda di terza per i punti di misurazione fondamenta sottosuolo (s.s), piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

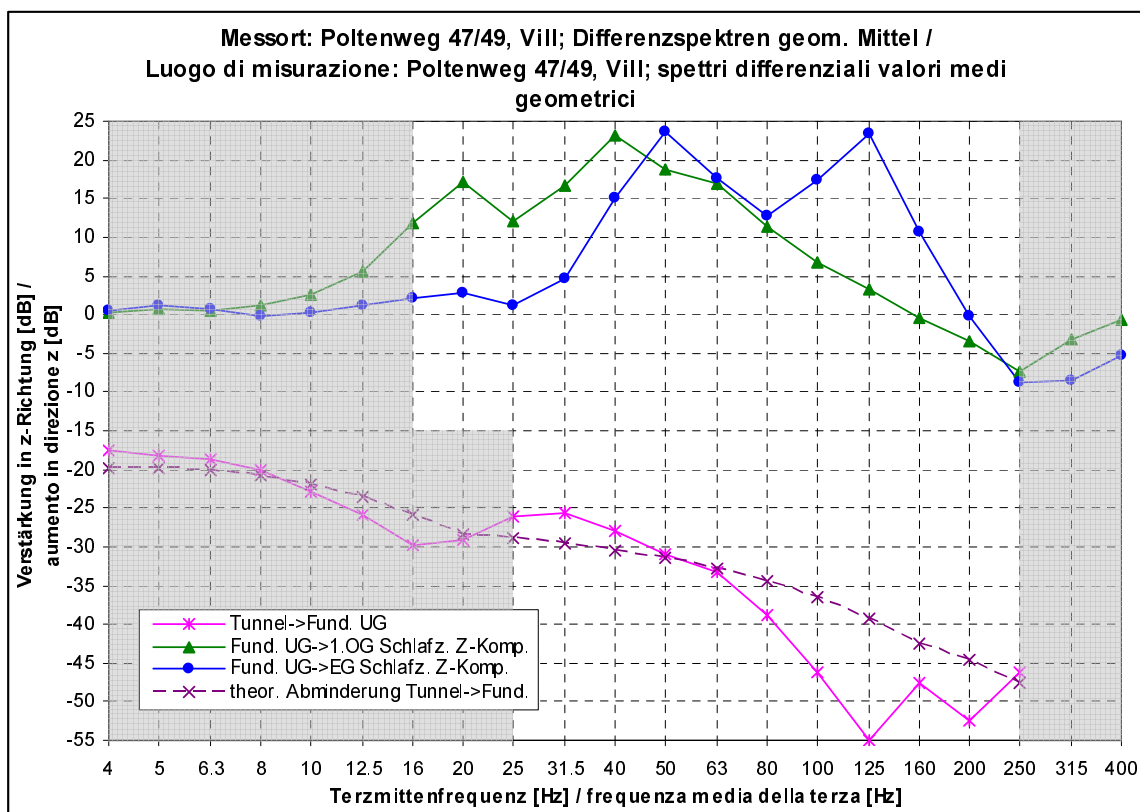
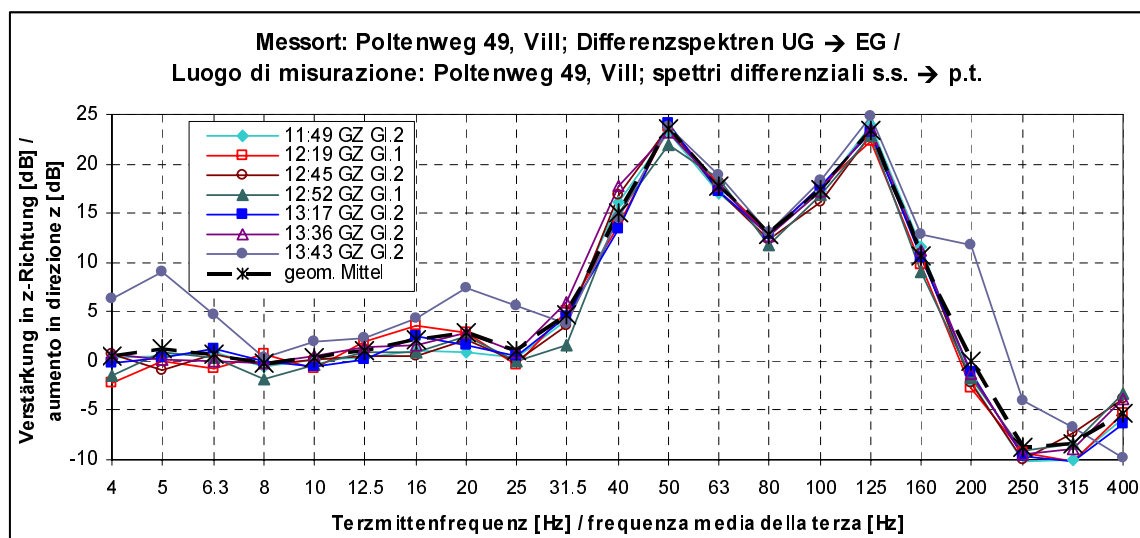


Abbildung 21: Messquerschnitt 4, Übertragungsfunktionen Tunnel → Poltenweg 47/49, Vill: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 21: Sezione di misurazione 4, funzione di trasmissione galleria → Poltenweg 47/49, Vill: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

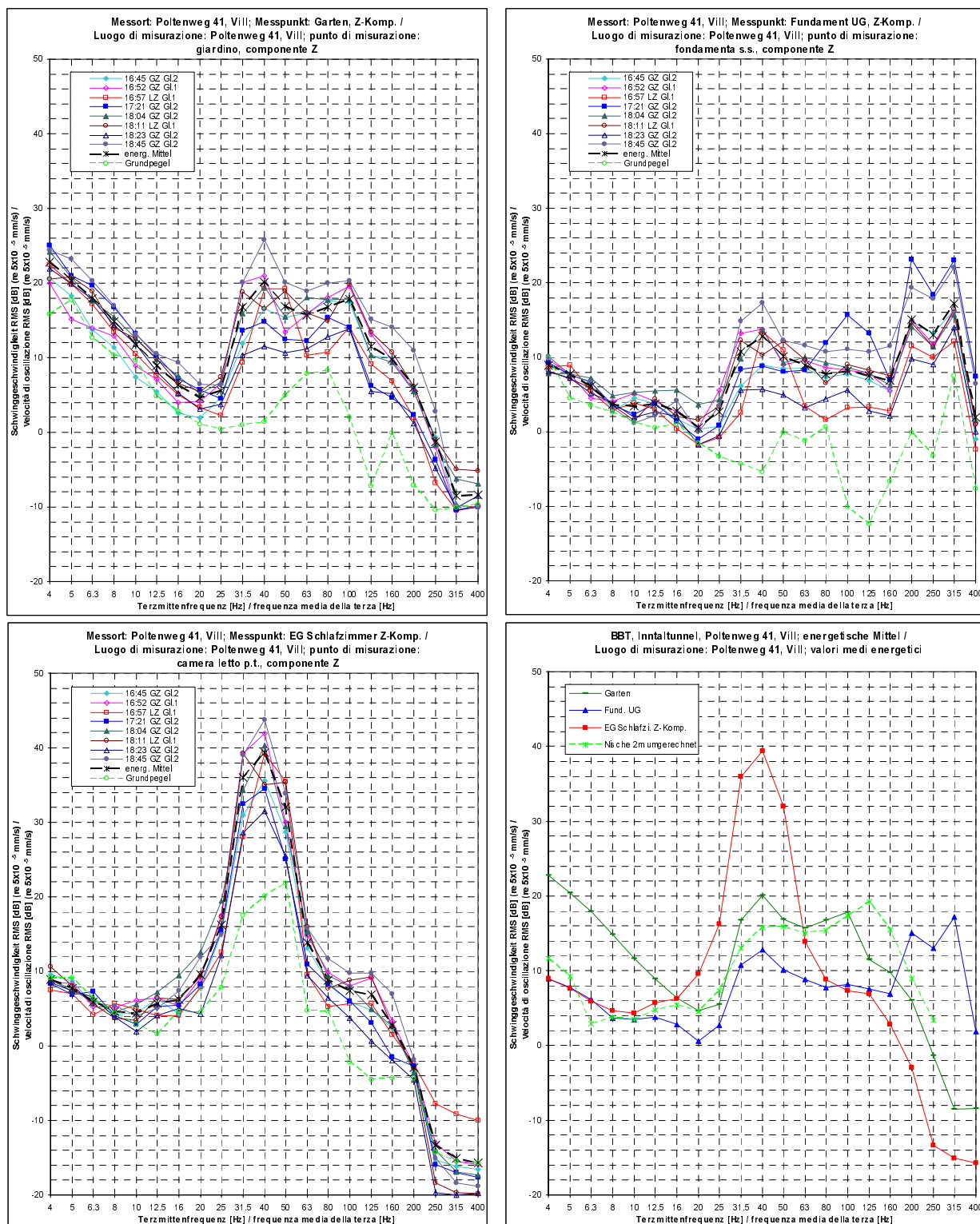


Abbildung 22: Messquerschnitt 4, Messort Poltenweg 41, Vill: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und EG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 22: Sezione di misurazione 4, luogo di misurazione Poltenweg 41, Vill: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s.) e piano terra (p.t.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

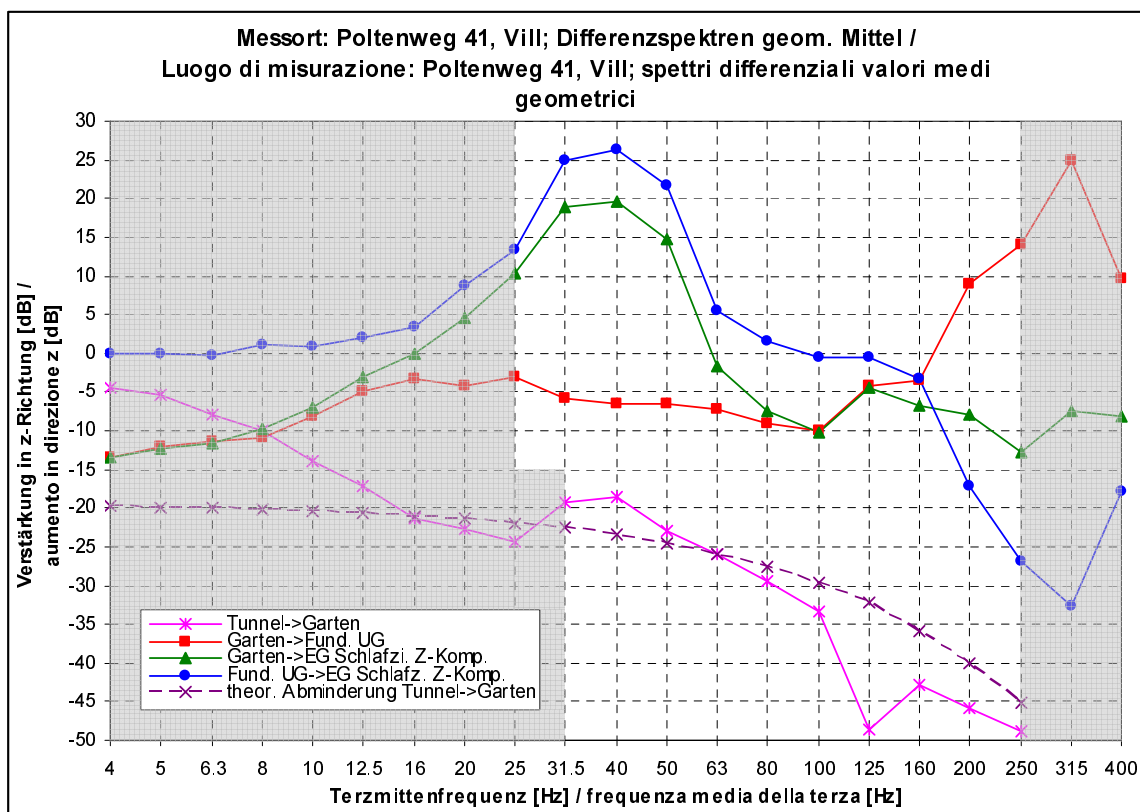
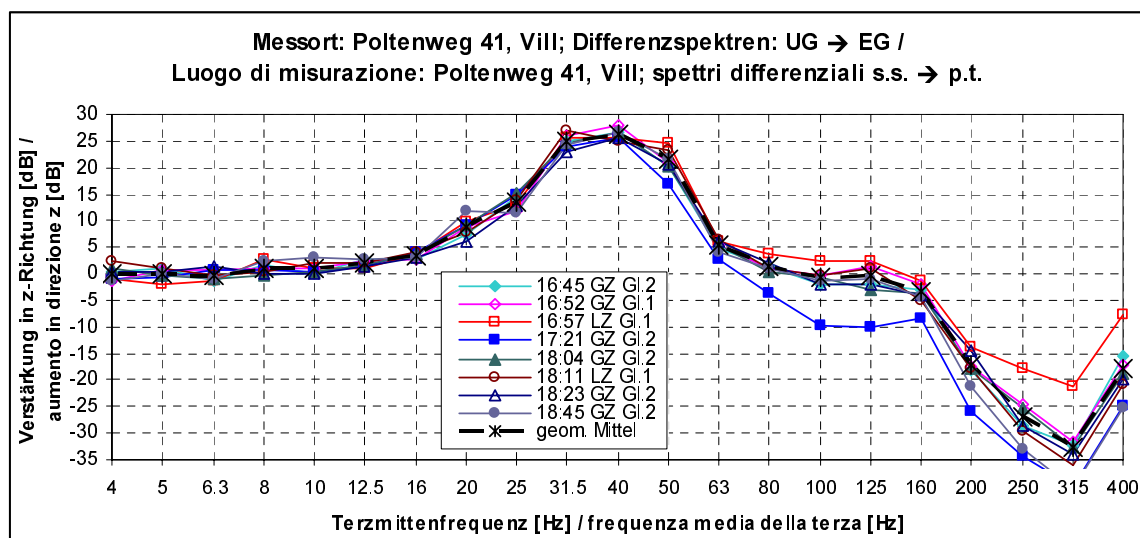


Abbildung 23: Messquerschnitt 4, Übertragungsfunktionen Tunnel → Poltenweg 41, Vill: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren

Illustrazione 23: Sezione di misurazione 4, funzione di trasmissione galleria → Poltenweg 41, Vill: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza

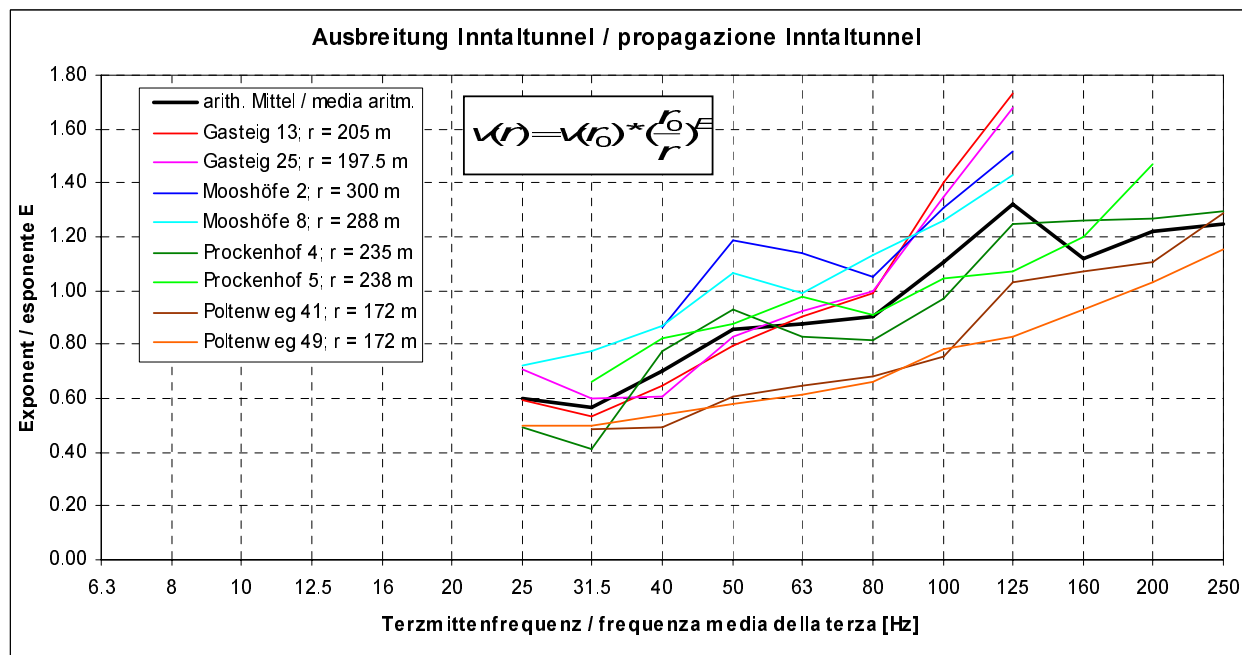


Abbildung 24: Messquerschnitte 1 bis 4, Exponent der Ausbreitungsfunktionen Tunnel → Oberfläche

Illustrazione 24: Sezioni di misurazione 1 a 4, esponente delle funzioni di propagazione galleria → superficie

11. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ERSCHÜTTERUNGEN UND SEKUNDÄREM LUFTSCHALL IN DEN GEMESSENEN GEBÄUDEN

Zur Überprüfung des in den Prognoseberechnungen verwendeten Zusammenhangs zwischen Erschütterungen und dem sekundären Luftschall nach Said et al. (2006) (Abbildung 25:), wie er auch in einer Vorgängerversion im Leitfaden der Deutschen Bahn AG verwendet wird, wurde der aus den Erschütterungen abgeleitete Pegel des sekundären Luftschalls mit dem gemessenen verglichen. Dazu wurden an allen Messorten die störungsfreien Signale der Zugvorbeifahrten ausgewertet.

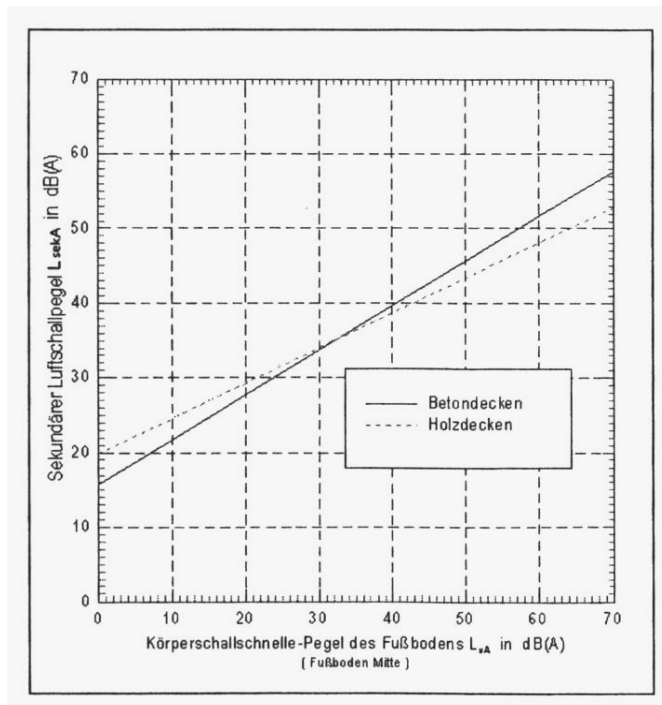


Abbildung 25: Korrelationsbeziehungen Erschütterungen – sekundärer Luftschall für Fern- und S-Bahn ohne Berücksichtigung der Zuggattung in Räumen mit Beton- oder Holzbalkendecken gemäß Said et al. (2006)

Infolge des großen Abstandes der Messorte zur Tunnelachse waren die Schallpegel sehr gering und auch nur geringe Nebengeräusche führten zu Störungen des Nutzsignals. An 3 der 8 Messorte konnte deshalb keine sinnvolle Auswertung des sekundären Luftschalls vorgenommen werden.

11. RELAZIONE TRA LE VIBRAZIONI E IL RUMORE SECONDARIO NEGLI EDIFICI ESAMINATI

Per verificare la relazione tra le vibrazioni e il rumore secondario impiegata per i calcoli delle previsioni secondo Said et al. (2006) (Illustrazione 25:), come anche usata in una versione predecessore nel manuale della Ferrovia Tedesca, il livello del rumore secondario calcolato dalle vibrazioni è stato confrontato con il livello misurato. Per questo scopo per tutti i luoghi di misurazione sono stati analizzati i segnali non disturbati dei transiti ferroviari.

Betondecke:

$$L_{sekA} = 15,8 \text{ dB(A)} + 0,60 L_{vA}$$

Holzbalkendecke:

$$L_{sekA} = 19,9 \text{ dB(A)} + 0,47 L_{vA}$$

Illustrazione 25: Relazioni tra vibrazioni e rumore secondario, per treni a lunga percorrenza e ferrovia celere senza considerazione del tipo di treno in stanze con solai in cemento armato ("Betondecke") o in travi in legno ("Holzbalkendecke"), secondo Said et al. (2006)

A causa della gran distanza dei luoghi di misurazione dall'asse ferroviaria, i livelli di rumore sono molto deboli, cosicché anche dei minimi rumori secondari possono disturbare il segnale utile. Per 3 luoghi su 8 perciò non è stato possibile fare un'analisi significativa del rumore secondario.

In der folgenden Tabelle 2: werden die Resultate der ausgewerteten Zugvorbeifahrten zusammengefasst.

Nella seguente Tabella 2: sono riassunti i risultati dei transiti ferroviari analizzati.

Gasteig 13, 1.OG Wohnzimmer, Betondecke / Gasteig 13, soggiorno 1°p., soffitto in cemento armato

Zug / treno	Erschütterungen / vibrazioni L _V A [dBA]	sekundärer Luftschall / rumore secondario [dBA]		Differenz gemessen zu berechnet [dBA] / differenza tra misurato e calcolato [dBA]
		berechnet / calcolato Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere	Leq-Vorbeifahrt ge- messen / Leq transi- to di treno misurato	
GZ 10:20	12.7	23.4	21.4	-2.0
GZ 11:36	7.9	20.5	19.2	-1.3
GZ 12:15	12.8	23.5	20.5	-3.0
GZ 12:50	13.8	24.1	21.2	-2.9
Mittel GZ / Valore medio treni merci (GZ)				-2.3
Korrelationsfkt. / funzione di correlazione				Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere

Gasteig 25, 1.OG Schlafzimmer, Betondecke / Gasteig 25, camera letto 1°p., soffitto in cemento armato

Zug / treno	Erschütterungen / vibrazioni L _V A [dBA]	sekundärer Luftschall / rumore secondario [dBA]		Differenz gemessen zu berechnet [dBA] / differenza tra misurato e calcolato [dBA]
		berechnet / calcolato Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere	Leq-Vorbeifahrt ge- messen / Leq transi- to di treno misurato	
GZ 17:38	9.7	21.6	20.5	-1.1
GZ 18:16	11.1	22.5	20.8	-1.7
GZ 13:55	13.1	23.7	21.2	-2.5
Mittel GZ / Valore medio treni merci (GZ)				-1.8
Korrelationsfkt. / funzione di correlazione				Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere

Prockenhofweg 5, 1.OG Schlafzimmer, Holzbalkendecke / Prockenhofweg 5, camera letto 1°p., soffitto in travì in legno

Zug / treno	Erschütterungen / vibrazioni L _V A [dBA]	sekundärer Luftschall / rumore secondario [dBA]		Differenz gemessen zu berechnet [dBA] / differenza tra misurato e calcolato [dBA]
		berechnet / calcolato Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere	Leq-Vorbeifahrt ge- messen / Leq transi- to di treno misurato	
GZ 16:19	3.6	21.6	23.4	1.8
Korrelationsfkt. / funzione di correlazione				Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere

Poltenweg 49, EG Schlafzimmer, Betondecke / Poltenweg 49, camera letto p.t., soffitto in cemento armato

Zug / treno	Erschütterungen / vibrazioni L _V A [dBA]	sekundärer Luftschall / rumore secondario [dBA]		Differenz gemessen zu berechnet [dBA] / differenza tra misurato e calcolato [dBA]
		berechnet / calcolato Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere	Leq-Vorbeifahrt ge- messen / Leq transi- to di treno misurato	
GZ 10:49	10.8	22.3	21.5	-0.8
GZ 12:19	7.9	20.6	20.4	-0.2
GZ 12:45	6.6	19.8	19.9	0.1
GZ 12:52	8.6	20.9	20.9	0.0
GZ 13:17	8.2	20.7	20.2	-0.5
GZ 13:36	5.8	19.3	20.2	0.9
Mittel GZ / Valore medio treni merci (GZ)				-0.1
Korrelationsfkt. / funzione di correlazione				Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere

Poltenweg 41, EG Schlafzimmer Betondecke / Poltenweg 41, camera letto p.t., soffitto in cemento armato

Zug / treno	Erschütterungen / vibrazioni L _V A [dBA]	sekundärer Luftschall / rumore secondario [dBA]		Differenz gemessen zu berechnet [dBA] / differenza tra misurato e calcolato [dBA]
		berechnet / calcolato Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere	Leq-Vorbeifahrt ge- messen / Leq transi- to di treno misurato	
GZ 16:45	3.6	17.9	19.8	1.9
GZ 16:52	8.7	21.0	19.9	-1.1
GZ 17:21	2.1	17.0	19.9	2.9
GZ 18:04	7.1	20.1	19.9	-0.2
LZ 18:11	7.5	20.3	20.0	-0.3
GZ 18:45	10.7	22.2	20.2	-2.0
Mittel GZ und LZ / Valore medio treni merci (GZ) e treno locomotiva (LZ)				0.2
Korrelationsfkt. / funzione di correlazione				Fern- und S-Bahn / treni a lunga percorrenza e ferrovia celere

Tabelle 2: Vergleich gemessene und berechnete Pegel des sekundären Luftschalls

Tabella 2: Confronto tra livello misurato e calcolato del rumore secondario

*(Leq über Zugvorbeifahrten);
Berechnung mittels
Korrelationsfunktion nach Said et al.
(2006)*

*secondario (Leq transiti di treno);
calcolo con funzioni di correlazione
secondo Said et al. (2006)*

Die A-bewerteten Erschütterungspegel L_{vA} lagen meist um 10 dBA oder tiefer. Bei diesen Pegeln liegt man am Rand oder ausserhalb des definierten Bereichs der Korrelationsgeraden nach Said et al. (2006) (Abbildung 25:). Der lineare Zusammenhang zwischen Erschütterungspegel und Pegel des sekundären Luftschalls ist hier nicht gewährleistet. Deshalb wird die vereinfachte Korrelation ohne Berücksichtigung des Zugtyps (Fern- oder S-Bahn) verwendet.

Die Differenzen zwischen gemessenen und berechneten Pegeln in Tabelle 2: sind sehr gering und zeigen damit auf, dass diese Korrelationsfunktion auch für die Prognoseberechnungen kleiner Schallpegel anwendbar ist und gut die Wirklichkeit wiedergibt.

Diese Erkenntnis fließt in die Prognoseberechnung des sekundären Luftschalls für das Projekt BBT ein.

I livelli L_{vA} (ponderati A) si trovano per la più parte tra i 10 dBA o meno. Per questi livelli, ci si trova al bordo o al di fuori della zona definita della curva di correlazione secondo Said et al. (2006) (Illustrazione 25:). Non è garantito che la relazione tra il livello delle vibrazioni e quello del rumore secondario qui sia lineare. Per questo viene usata la correlazione semplificata senza considerazione del tipo di treno (a lunga percorrenza o ferrovia celere).

Le differenze tra i livelli misurati e calcolati nella Tabella 2: sono molto piccole e dunque mostrano che questa curva di correlazione è applicabile anche per i calcoli di previsione di bassi livelli di suono, e che questa rispecchia bene i valori reali.

Il risultato così ottenuto è usato per il calcolo delle previsioni del rumore secondario nel progetto BBT.

12. VERZEICHNISSE

12.1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Messprogramm	17
Tabelle 2:	Vergleich gemessene und berechnete Pegel des sekundären Luftschalls; Berechnung mittels Korrelationsfunktionen nach DB- Leitfaden	74

12.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Planausschnitt: Tulfes (Ortsteil Gasteig), Messquerschnitt 1, km 3,1313	
Abbildung 2:	Planausschnitt: Rinn (Ortsteil Judenstein), Messquerschnitt 2, km 5,96	14
Abbildung 3:	Planausschnitt: Aldrans (Ostteil), Messquerschnitt 3, km 8,55	14
Abbildung 4:	Planausschnitt: Vill und Igls, Messquerschnitt 4, km 13,74	15
Abbildung 5:	Messquerschnitt 3, Messort Tunnel: Terzbandspektren an den Messpunkten Z2 (Nische) und Z3 (Gehwegrand). Beispiele für die Streuung der Einzelsignale.	50
Abbildung 6:	Energetisch gemittelte Terzbandspektren aller Messpunkte im Tunnel an den Messquerschnitten 1 bis 4.	51
Abbildung 7:	Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren im Tunnel aller Messquerschnitte 1 bis 4.	52
Abbildung 8:	Messquerschnitt 1, Messort Gasteig 13, Tulfes: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	55
Abbildung 9:	Messquerschnitt 1, Übertragungsfunktionen Tunnel → Gasteig 13, Tulfes: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren	56
Abbildung 10:	Messquerschnitt 1, Messort Gasteig 25, Tulfes: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG	

12. ELENCHI

12.1. Elenco delle tabelle

Tabella 1:	Programma di misurazione	17
Tabella 2:	Confronto tra livello misurato e calcolato del rumore secondario; calcolo con funzioni di correlazione secondo il manuale della Ferrovia Tedesca	74

12.2. Elenco delle illustrazioni

Illustrazione 1:	Estratto di piano: Tulfes (quartiere Gasteig), sezione di misurazione 1, km 3,13	13
Illustrazione 2:	Estratto di piano: Rinn (quartiere Judenstein), sezione di misurazione 2, km 5,96	14
Illustrazione 3:	Estratto di piano: Aldrans (parte est), sezione di misurazione 3, km 8,55	14
Illustrazione 4:	Estratto di piano: Vill e Igls, sezione di misurazione 4, km 13,74	15
Illustrazione 5:	Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione galleria: Spettri per banda di terza ai punti di misurazione Z2 (nicchia) e Z3 (bordo del viottolo pedonale). Esempi della distorsione dei singoli segnali.	50
Illustrazione 6:	Valori medi energetici degli spettri per banda di terza per tutti i punti di misurazione nella galleria, nelle sezioni di misurazione da 1 a 4	51
Illustrazione 7:	Riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza, per tutte le sezioni di misurazione nella galleria	52
Illustrazione 8:	Sezione di misurazione 1, luogo di misurazione Gasteig 13, Tulfes: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	55
Illustrazione 9:	Sezione di misurazione 1, funzione di trasmissione galleria → Gasteig 13, Tulfes: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei	

und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	57	valori medi energetici degli spettri per banda di terza	56
Abbildung 11: Messquerschnitt 1, Übertragungsfunktionen Tunnel → Gasteig 25, Tulfes: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren	58	Illustrazione 10: Sezione di misurazione 1, luogo di misurazione Gasteig 25, Tulfes: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	57
Abbildung 12: Messquerschnitt 2, Messort Mooshöfe 2, Rinn: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 2.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	59	Illustrazione 11: Sezione di misurazione 1, funzione di trasmissione galleria → Gasteig 25, Tulfes: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	58
Abbildung 13: Messquerschnitt 2, Übertragungsfunktionen Tunnel → Mooshöfe 2, Rinn: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren	60	Illustrazione 12: Sezione di misurazione 2, luogo di misurazione Mooshöfe 2, Rinn: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e secondo piano (2°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	59
Abbildung 14: Messquerschnitt 2, Messort Mooshöfe 8, Rinn: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	61	Illustrazione 13: Sezione di misurazione 2, funzione di trasmissione galleria → Mooshöfe 2, Rinn: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	60
Abbildung 15: Messquerschnitt 2, Übertragungsfunktionen Tunnel → Mooshöfe 8, Rinn: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren	62	Illustrazione 14: Sezione di misurazione 2, luogo di misurazione Mooshöfe 8, Rinn: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	61
Abbildung 16: Messquerschnitt 3, Messort Prockenhofweg 4, Aldrans: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und 2.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	63	Illustrazione 15: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria → Mooshöfe 8, Rinn: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	62
Abbildung 17: Messquerschnitt 3, Übertragungsfunktionen Tunnel → Prockenhofweg 4, Aldrans: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren	64	Illustrazione 16: Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione Prockenhofweg 4, Aldrans: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e secondo piano (2°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza	63
Abbildung 18: Messquerschnitt 3, Messort Prockenhofweg 5, Aldrans: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren	65	Illustrazione 17: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria →	

- Abbildung 19: Messquerschnitt 3, Übertragungsfunktionen Tunnel → Prockenhofweg 5, Aldrans: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren 66
- Abbildung 20: Messquerschnitt 4, Messort Poltenweg 47/49, Vill: Terzbandspektren an den Messpunkten Fundament UG, EG und 1.OG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren 67
- Abbildung 21: Messquerschnitt 4, Übertragungsfunktionen Tunnel → Poltenweg 47/49, Vill: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren 68
- Abbildung 22: Messquerschnitt 4, Messort Poltenweg 41, Vill: Terzbandspektren an den Messpunkten Garten, Fundament UG und EG. Beispiele für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der energetisch gemittelten Terzbandspektren 69
- Abbildung 23: Messquerschnitt 4, Übertragungsfunktionen Tunnel → Poltenweg 41, Vill: Beispiel für die Streuung der Einzelsignale und Zusammenfassung der geometrisch gemittelten Terzbandspektren 70
- Abbildung 24: Messquerschnitte 1 bis 4, Exponent der Ausbreitungsfunktionen Tunnel → Oberfläche..... 71
- Abbildung 25: Korrelationsbeziehungen Erschütterungen – sekundärer Luftschall für Fern- und S-Bahn ohne Berücksichtigung der Zuggattung in Räumen mit Beton- oder Holzbalkendecken gemäss Said et al. (2006) 73
- Prockenhofweg 4, Aldrans: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 64
- Illustrazione 18: Sezione di misurazione 3, luogo di misurazione Prockenhofweg 5, Aldrans: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 65
- Illustrazione 19: Sezione di misurazione 3, funzione di trasmissione galleria → Prockenhofweg 5, Aldrans: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 66
- Illustrazione 20: Sezione di misurazione 4, luogo di misurazione Poltenweg 47/49, Vill: spettri per banda di terza per i punti di misurazione fondamenta sottosuolo (s.s), piano terra (p.t.) e primo piano (1°p.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 67
- Illustrazione 21: Sezione di misurazione 4, funzione di trasmissione galleria → Poltenweg 47/49, Vill: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 68
- Illustrazione 22: Sezione di misurazione 4, luogo di misurazione Poltenweg 41, Vill: spettri per banda di terza per i punti di misurazione giardino, fondamenta sottosuolo (s.s) e piano terra (p.t.). Esempi per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 69
- Illustrazione 23: Sezione di misurazione 4, funzione di trasmissione galleria → Poltenweg 41, Vill: Esempio per la dispersione dei singoli segnali e riassunto dei valori medi energetici degli spettri per banda di terza 70
- Illustrazione 24: Sezioni di misurazione 1 a 4, esponente delle funzioni di propagazione galleria → superficie 71
- Illustrazione 25: Relazioni tra vibrazioni e rumore secondario, per treni a lunga percorrenza ("Fernbahn") e ferrovia celere ("S-Bahn") in stanze con solai in cemento armato ("Betondecke") o in travi in legno ("Holzbalkendecke"),

12.3. Literatur und Quellen

12.3.1. Literatur

- Prof. Dr. P. Steinhauser: "Inntal-Tunnel – Ergebnisse der Erschütterungs- und Körperschallimmissionsmessungen des Bahnverkehrs", Wien, 1994
- ÖNORM S 9001, "Mechanische Schwingungen – Erschütterungen; Allgemeine Grundsätze und Ermittlung von Schwingungsgrößen", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.02.1978
- ÖNORM S 9010, "Bewertung der Einwirkungen mechanischer Schwingungen und Erschütterungen auf den Menschen (ganzer Körper)", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.03.1982
- ÖNORM S 9012, "Beurteilung der Einwirkungen von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden; Schwingungen und sekundärer Luftschall", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.08.1996 sowie Berichtigung von 2000
- ÖNORM S 9100, "Schwingungslehre – Deterministische Schwingungslehre", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.10.1980
- ÖNORM B 8115-1, "Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Begriffe und Einheiten", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.12.2002
- ÖNORM B 8115-2, "Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Anforderungen an den Schallschutz", Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 01.12.2002
- DIN 4150-2 "Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden", Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Juni 1999

12.3. Bibliografia e fonti

12.3.1. Bibliografia

- Prof. Dr. P. Steinhauser: "Galleria dell'Inntal - Risultati delle misurazioni delle immissioni delle vibrazioni e del suono secondario del traffico ferroviario", Vienna, 1994
- ÖNORM S 9001, "Oscillazioni meccaniche - vibrazioni; Principi generali ed individuazione delle grandezze oscillatorie", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01/02/1978
- ÖNORM S 9010, "Valutazione degli effetti di oscillazioni meccaniche e vibrazioni sull'uomo (intero corpo)", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01/03/1982
- ÖNORM S 9012, "Valutazione degli effetti delle immissioni dovute al traffico ferroviario per le persone all'interno di edifici; oscillazioni e suono secondario", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01/08/1996 e correzione del 2000
- ÖNORM S 9100, "Teoria delle oscillazioni - Teoria deterministica delle oscillazioni", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01/10/1980
- ÖNORM B 8115-1, "Mitigazione dell'impatto acustico e acustica dei locali negli edifici, definizioni e unità", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01/12/2002
- ÖNORM B 8115-2, "Mitigazione dell'impatto acustico e acustica dei locali negli edifici, requisiti della mitigazione dell'impatto acustico", Österreichisches Normungsinstitut, Vienna, 01.12.2002
- DIN 4150-2 "Le vibrazioni nelle costruzioni - Parte 2: Effetti sull'uomo negli edifici", Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, giugno 1999

12.3.2. Quellen

- Brenner Basistunnel EWIV, "UVE-Planung und technische Projektaufbereitung, Leistungsbeschreibung", 15.10.2004
- Brenner Basistunnel EWIV, "Umweltverträglichkeitskonzept"
- Brenner Basistunnel, UVE Fachbereich Erschütterungen: D0118-00842 „Messungen Erschütterungen und sekundärer Luftschall - Ermittlung des Ist-Zustands Z0 - Konzept“
- heutige Verkehrszahlen für Bahnverkehr
- Flächenwidmungspläne und Raumkonzepte für die betroffenen Gebiete
- geologische Daten aus: BBT Voruntersuchung "Technisches Projekt", 2002
- Deutsche Bahn AG, FTZ 81 München: Körperschall- und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer. Aug. 1996, berichtigt Feb. 1999
- Said, A.; Grütz, H.-P.; Garburg, R.: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53 (2006) Nr. 1 – Januar.

12.4. Abkürzungsverzeichnis

Nicht vorhanden

12.5. Pläne und sonstige Unterlagen

Nicht vorhanden

12.3.2. Fonti

- Galleria base del Brennero GEIE, "Programmazione DCA ed elaborazione tecnica e di sistema, descrizione delle prestazioni", 15/10/2004
- Galleria base del Brennero GEIE, "Concetto per la compatibilità ambientale"
- Galleria base del Brennero, DCA Settore Vibrazioni: D0118-00842 "Misurazioni delle vibrazioni e del suono secondario - Determinazione dello stato attuale Z0 - concetto"
- cifre attuali relative al traffico della circolazione ferroviaria
- piani di destinazione delle aree e concetti spaziali per le aree interessate
- dati geologici da: studio preliminare BBT "Progetto tecnico", 2002
- Ferrovie Tedesche (Deutsche Bahn AG), FTZ 81 Monaco: Protezione dal rumore secondario e dalle vibrazioni - manuale per il progettista. Agosto 1996, correzioni Febbraio 1999
- Said, A.; Grütz, H.-P.; Garburg, R.: Determinazione del rumore secondario dal traffico ferroviario. Giornale per la lotta contro il rumore 53 (2006) n° 1 – Gennaio.

12.4. Elenco delle abbreviazioni

Inesistente

12.5. Elaborati grafici ed ulteriore documentazione

Inesistente