

Sanierung Gattikontunnel, Erschütterungen und Körperschall

Messung, Beurteilung und Massnahmenempfehlung

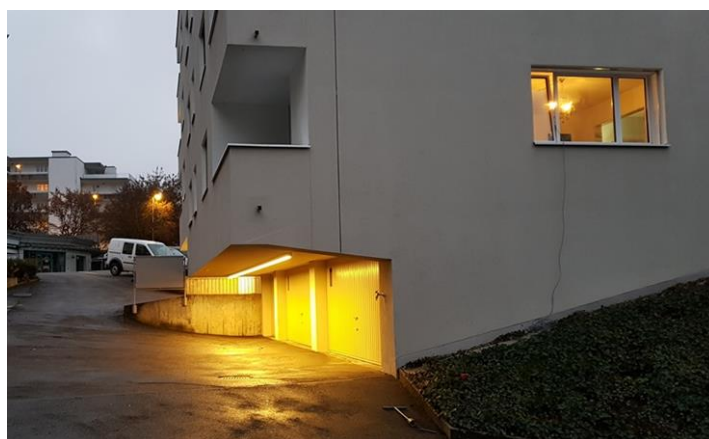
Kunde

SZU Infrastruktur
Wolframplatz 21
CH-8045 Zürich

—

Datum

17. Januar 2019



Impressum

Datum

17. Januar 2019

Bericht-Nr.

4953.061-001

Verfasst von

TRU

Basler & Hofmann AG
Ingenieure, Planer und Berater

Forchstrasse 395

Postfach

CH-8032 Zürich

T +41 44 387 11 22

F +41 44 387 11 00

Bachweg 1

Postfach

CH-8133 Esslingen

T +41 44 387 15 22

F +41 44 387 15 00

Verteiler

M. Winkler, SZU

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|----------|
| 1. | Einleitung | 1 |
| 2. | Grundlagen | 1 |
| 3. | Messung und Resultate | 1 |
| 3.1 | Messdurchführung | 1 |
| 3.2 | Messresultate | 2 |
| 4. | Beurteilungswerte aus Messung | 2 |
| 4.1 | Methodik | 2 |
| 4.2 | Beurteilungswerte und Grenzwerte | 3 |
| 4.3 | Sensitivitäten | 3 |
| 4.4 | Vorsorgeprinzip gemäss USG | 3 |
| 5. | Schutzmassnahmen | 4 |
| 5.1 | Schottergleis mit Unterschottermatte (kurz USM) | 4 |
| 5.2 | Feste Fahrbahn Typ LVT-HA | 4 |
| 5.3 | Methodik zur Berechnung der Wirksamkeit | 4 |
| 5.4 | Ermittelte Wirksamkeiten | 4 |
| 6. | Empfehlungen aus Sicht Erschütterungen-Körperschall | 5 |

Anhänge

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Situation mit Messgebäuden | 6 |
| 2 | Sonnenmatt 3, Fotos zur Messung | 7 |
| 3 | Sonnenmatt 5, Fotos zur Messung | 8 |
| 4 | Rütiwiesenstrasse 3, Fotos zur Messung | 9 |
| 5.1 | Sonnenmatt 3, Messtabelle Ersch. und Schall | 10 |
| 5.2 | Sonnenmatt 3, Erschütterungsspektren | 11 |
| 5.3 | Sonnenmatt 3, Schallspektren | 12 |
| 6.1 | Sonnenmatt 5, Messtabelle Ersch. und Schall | 13 |
| 6.2 | Sonnenmatt 5, Erschütterungsspektren | 14 |
| 6.3 | Sonnenmatt 5, Schallspektren | 15 |
| 7.1 | Rütiwiesenstrasse 3, Messtabelle Ersch. und Schall | 16 |
| 7.2 | Rütiwiesenstrasse 3, Erschütterungsspektren | 17 |
| 7.3 | Rütiwiesenstrasse 3, Schallspektren | 18 |
| 8 | Sonnenmatt 3, Beurteilungswerte | 19 |
| 9 | Sonnenmatt 5, Beurteilungswerte | 20 |
| 10 | Rütiwiesenstrasse 3, Beurteilungswerte | 21 |
| 11 | SBB-Weisung Unterschottermatten | 22 |
| 12 | Feste Fahrbahn LVT-Standard und LVT-HA | 23 |
| 13 | Richtwerte aus der Weisung BEKS | 24 |
| 14 | Anhaltswerte aus der DIN 4150-2 | 25 |

1. Einleitung

Die SZU werden den 340 m langen Tunnel in Gattikon ertüchtigen. Es geht um Unterhaltsmassnahmen am Gefüge des Betongewölbes und Reduktionen der Wasserinfiltration. Im Zuge dieser Unterhaltsarbeiten prüfen die SZU, ob die bestehende Schotterfahrbahn erneuert oder allenfalls eine Feste Fahrbahn eingebaut werden soll.

Das Ingenieurbüro Basler & Hofmann wird mit einer Untersuchung zu Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall beauftragt, damit dieses Thema für den Fahrbahnentscheid mitberücksichtigt werden kann.

Basler & Hofmann hat anfangs Dezember 2018 Schwingungsmessungen in 3 Gebäuden durchgeführt, um fundierte Erschütterungs- und Körperschallprognosen durchführen zu können. Die Immissionen des Bahnverkehrs werden anschliessend nach der Weisung BEKS [6] beurteilt.

2. Grundlagen

- [1] Übersichtsplan des Tunnels, Ausführungsplan Situation, Längenprofil und Profile, 1.3.1960
- [2] Gattikontunnel Situation 1:1'000, Auflageprojekt Gewölbeinstandsetzung, Amberg Engineering, 28.2.2017
- [3] Technischer Bericht Gewölbesanierung, Amberg Engineering, Bericht B 161 / 2015, 25.11.2015
- [4] Zugverkehr gemäss SZU-Emissionskataster
- [5] Said, A; Grütz, H.-P.; Garburg, E.: "Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr". Zeitschrift für Lärmbekämpfung 53 (2006) Nr. 1-Januar
- [6] Weisung BEKS (Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen) vom 20.12.1999, siehe Anhang 6
- [7] Deutsche Norm DIN 4150-2 „Erschütterungen im Bauwesen. Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ von 1999, siehe Anhang 7

3. Messung und Resultate

3.1 Messdurchführung

3 Messgebäude

In den folgenden 3 Gebäuden sind am 5.12.2018 kombinierte Erschütterungs- und Körperschallmessungen durchgeführt worden (vergleiche Situation in Anhang 1):

- _ Sonnenmatt 3
- _ Sonnenmatt 5
- _ Rütliwiesenstrasse 3.

Erschütterungsmessgeräte

Die Erschütterungen wurden mit Messgeräten der Firma Syscom des Typs MR 2003 gemessen. Ein Messgerät mit Triaxsensor wurde jeweils am Gebäudefundament aufgestellt. Ein weiteres Messgerät wurde mit 3 uniaxialen Vertikalsensoren an den folgenden Messpunkten betrieben:

Lage der Messpunkte

- _ Messpunkt X in Raum 1, in diesem Raum erfolgte auch die Schallmessung
- _ Messpunkt Y in Raum 2
- _ Messpunkt Z Gartenmesspunkt (auf Erdspiess).

Schallmessgeräte

Die Schallmessung erfolgte mit integrierenden Schallpegelmessern Klasse des Typs Nor140 und Nor150 der Firma Norsonic.

In Anhang 2, 3 und 4 sind die Messungen mit Fotos dokumentiert.

3.2 Messresultate

Eine statistische Analyse der rund 20 gemessenen Vorbeifahrten ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Für die 3 Messorte sind die Messtabellen, Terzspektren der Erschütterungs- und der Schallmessungen in den Anhängen 5 bis 7 aufgeführt.

| Statistische Auswertung | | Erschütterungen KBFTi [-] | | | Körperschall LEQvorb [dBA] | | |
|-------------------------|---------------|---------------------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------|-------------|
| | | Max | Mittel | Min | Max | Mittel | Min |
| Sonnenmatt 3 | 1.OG Essz. | 0.053 | 0.026 | 0.016 | | | |
| | 1.OG Büro | 0.067 | 0.038 | 0.020 | 41.2 | 39.6 | 34.5 |
| | Freifeld | 0.120 | 0.074 | 0.037 | | | |
| Sonnenmatt 5 | 1.OG Schlafz. | 0.396 | 0.195 | 0.102 | 44.4 | 43.3 | 37.6 |
| | 1.OG Essz. | 0.204 | 0.118 | 0.066 | | | |
| | Freifeld | 0.129 | 0.080 | 0.054 | | | |
| Rütiwiesen 3 | 1.OG Schlafz. | 0.240 | 0.141 | 0.063 | 35.0 | 33.4 | 31.4 |
| | 1.OG Büro | 0.127 | 0.059 | 0.033 | | | |
| | Freifeld | 0.180 | 0.109 | 0.053 | | | |

Tab. 1 Statistische Auswertung der ca. 20 gemessenen Zugvorbeifahrten

Erschütterungen

Die Erschütterungen sind im Gebäude Sonnenmatt 3 unkritisch und grundsätzlich nicht spürbar. Im Haus Rütiwiesenstr. 3 sind die Züge in der Regel in beiden Messräumen spürbar. Die stärksten Zugserschütterungen treten im Gebäude Sonnenmatt 5 auf, dort sind alle Züge spürbar (Fühlbarkeitsschwelle liegt etwa bei einem KB-Wert von 0.1).

Körperschall

Beim Körperschall liegen die Mittelwerte der Zugsvorbeifahrten zwischen 31 dBA (Minimalwert Rütiwiesenstr. 3) und 44 dBA (Maximalwert Sonnenmatt 5) und somit treten in allen 3 Gebäuden die Züge auch tagsüber deutlich aus dem Grundpegel hervor.

Die spektralen Analysen der Erschütterungs- und Schallmessungen zeigen bei allen Messungen eine gute Übereinstimmung (vergleiche z.B. Anhang 5.2 mit 5.3). Dies lässt den Schluss zu, dass in allen Räumen ausschliesslich Körperschall gemessen worden ist.

4. Beurteilungswerte aus Messung

4.1 Methodik

Erschütterungen

Von der Erschütterungsmessung im massgebenden Raum werden anhand der Mittel- und Maximalwerte die Beurteilungsschwingstärken KB_{FTi} und KB_{Fmax} mit dem Regelzugsverkehr berechnet (gemäss der DIN 4150-2). Die Beurteilungswerte KB_{FTi} und KB_{Fmax} werden den Anhaltswerten der DIN 4150-2 aus Anhang 14 gegenüber gestellt.

Körperschall

Analog erfolgt die Umrechnung des Wertes SEL mit dem Normzugverkehr auf den Beurteilungswert $L_{EQ,Tag}$. Dieser Werte wird mit dem Immissionsrichtwert gemäss BEKS aus Anhang 13 verglichen.

Weil im Gattikontunnel nachts (22⁰⁰ bis 06⁰⁰) keine Züge verkehren, wird die Nachtzeit nicht beurteilt.

4.2 Beurteilungswerte und Grenzwerte

In der folgenden Tabelle 2 werden die Beurteilungswerte gemäss Anhang 8 bis 10 den Richtwerten gemäss BEKS und DIN 4150-2 gegenüber gestellt.

| Vergleich von Beurteilungswerten und Grenzwerten gemäss BEKS | | Erschütterungen Beurteilungswerte [-] | | Körperschall Beurteilungswert |
|--|---------------|--|-------------------------|----------------------------------|
| | | KBFT _{r,Tag} | KBFT _{max,Tag} | LEQ _{Tag} [dBA] |
| Sonnenmatt 3 | 1.OG Büro. | 0.004 | 0.07 | 29.9 |
| Sonnenmatt 5 | 1.OG Schlafz. | 0.023 | 0.40 | 33.4 |
| Rütiwiesenstr. 3 | 1.OG Schlafz. | 0.016 | 0.24 | 23.2 |
| Richtwerte gemäss BEKS / DIN 4150-2 | | 0.07 | 3.0 | 40.0 |

Tab. 2 Beurteilungswerte und Grenzwerte gemäss BEKS

Vergleich mit BEKS

Sowohl bei den Erschütterungen als auch beim Körperschall werden die Anforderungen der BEKS deutlich eingehalten. Hauptverantwortlich dafür ist, dass

- _ keine Züge nachts verkehren
- _ der Zugverkehr am Tag nur schwach ist (2 Züge pro Stunde).

4.3 Sensitivitäten

Die Streuung der Vorbeifahrten in Anhang 5.1, 6.1 und 7.1 zeigen, dass bei den Erschütterungen wenige Ausreisser nach oben gemessen wurden. Die Schallmesswerte streuen bei allen Messungen wesentlich weniger.

Es darf somit angenommen werden, dass die Messungen das Zugskollektiv gut wiedergeben. Unter der Voraussetzung, dass auch in Zukunft keine Züge nachts verkehren, sind die ermittelten Unterschreitungen der BEKS robust.

4.4 Vorsorgeprinzip gemäss USG

Im Umweltschutzgesetz (USG) hält Artikel 11 folgendes fest:

Art. 11 Grundsatz

¹ Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen und Strahlen werden durch Massnahmen bei der Quelle begrenzt (Emissionsbegrenzungen).

² Unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die Resultate der durchgeführten Messungen zeigen, dass die einzelnen Züge deutlich wahrnehmbare Immissionen hervorrufen. Im Sinne der Vorsorge sind deshalb die Zugsimmissionen zu begrenzen, wenn dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist.

5. Schutzmassnahmen

5.1 Schottergleis mit Unterschottermatte (kurz USM)

SBB-Weisung USM

Für Bahntunnels stellt ein Schotteroberbau mit Unterschottermatte eine wirksame Schutzmassnahme gegen Körperschall dar. Durch die Trogssituation ist die seitliche Schotterhalterung optimal gewährleistet.

5.2 Feste Fahrbahn Typ LVT-HA

Bei der Festen Fahrbahn LVT (Low Vibration Track) kann mit den in Anhang 12 dargestellten Optimierungen der Körperschall wirksam reduziert werden. Durch die höhere Masse des Schwellenblocks und die weichere elastische Einlage wird die Eigenfrequenz des Oberbaus reduziert und entsprechend nehmen die Emission an der Quelle ab.

5.3 Methodik zur Berechnung der Wirksamkeit

Die im massgebenden Raum bestimmten Terzspektren werden in das frequenzabhängige, statistisch-physikalische Prognosemodell von Basler & Hofmann eingebaut. Auf diese Weise können die Wirksamkeiten der beiden Schutzmassnahmen "Schottergleis mit USM" und "FF Typ LVT-HA" ermittelt werden.

5.4 Ermittelte Wirksamkeiten

Für die Abschätzung der Einfügedämmungen der beiden Schutzmassnahmen werden verschiedene eigene und fremde Messungen beigezogen. Die gemessenen Reduktionen sind zudem mit theoretischen Ansätzen plausibilisiert worden.

Die Referenz bildet das normale Schottergleis. Das bedeutet, dass für das System LVT-HA auch der Wechsel Schotter – Feste Fahrbahn berücksichtigt werden muss. Dieser Wechsel führt dazu, dass LVT-HA beim Körperschall nur eine geringfügige Reduktion bringt.

Vergleich Schottergleis + USM
mit Feste Fahrbahn LVT-HA

| Immissionsreduktion im Vergleich zu einem neuen Schottergleis | Erschütterungen Reduktionsfaktor | | Körperschall Pegeldifferenz | |
|--|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | Schutzmassn / Schottergleis | | LEQ,Tag [dBA] | |
| | USM | LVT-HA 1) | USM | LVT-HA 1) |
| Sonnenmatt 3 | 0.25 | 0.6 | -8 | -1 |
| Sonnenmatt 5 | 0.35 | 0.7 | -6 | -1 |
| Rütiwiesenstr. 3 | 0.2 | 0.6 | -8 | -2 |

1) Vergleich Schottergleis gegenüber Wechsel auf FF mit System LVT-HA

Tab. 3 Immissionsreduktion durch Massnahme USM und LVT-HA

Erschütterungsreduktion

Tabelle 3 zeigt, dass die Schutzmassnahme Schottergleis mit Unterschottermatte die Erschütterungen fast um Faktor 4 reduziert. Bei LVT-HA beträgt die Erschütterungs-Reduktion etwa ein Faktor 1.5.

Körperschallreduktion

Noch grösser sind die Unterschiede beim Körperschall. Eine USM reduziert den Körperschall sehr effektiv um ca. 8 dB. Dem gegenüber beträgt die Abnahme bei einem Wechsel vom Schottergleis zu einer Festen Fahrbahn mit LVT-HA nur 1-2 dB.

6. Empfehlungen aus Sicht Erschütterungen-Körperschall

Die Messungen in 3 Gebäuden über dem Gattikontunnel zeigen, dass die Anforderungen gemäss BEKS deutlich eingehalten sind. Weil die einzelnen Zugsvorbeifahrten i.d.R. spürbar und gut hörbar sind, sollten die Immissionen im Sinne der Vorsorge nach USG gleichwohl reduziert werden.

Bezüglich Immissionsschutz schneidet das Schottergleis mit Unterschottermatte deutlich besser ab als eine Feste Fahrbahn mit dem System LVT-HA.

Die Mehrkosten eines Einbaus von Unterschottermatten (Lieferung und Einbau, ganze Tunnellänge) betragen etwa Fr. 300'000.-. Oberbautechnisch ist anzumerken, dass mit einer Unterschottermatte die Schotterstärke reduziert werden kann.

Bei einer Festen Fahrbahn muss zwingend das System LVT-HA realisiert werden, weil mit einem LVT-Standard die Körperschallimmissionen deutlich zunehmen würden (bedingt durch den Wechsel vom Schottergleis auf Feste Fahrbahn).

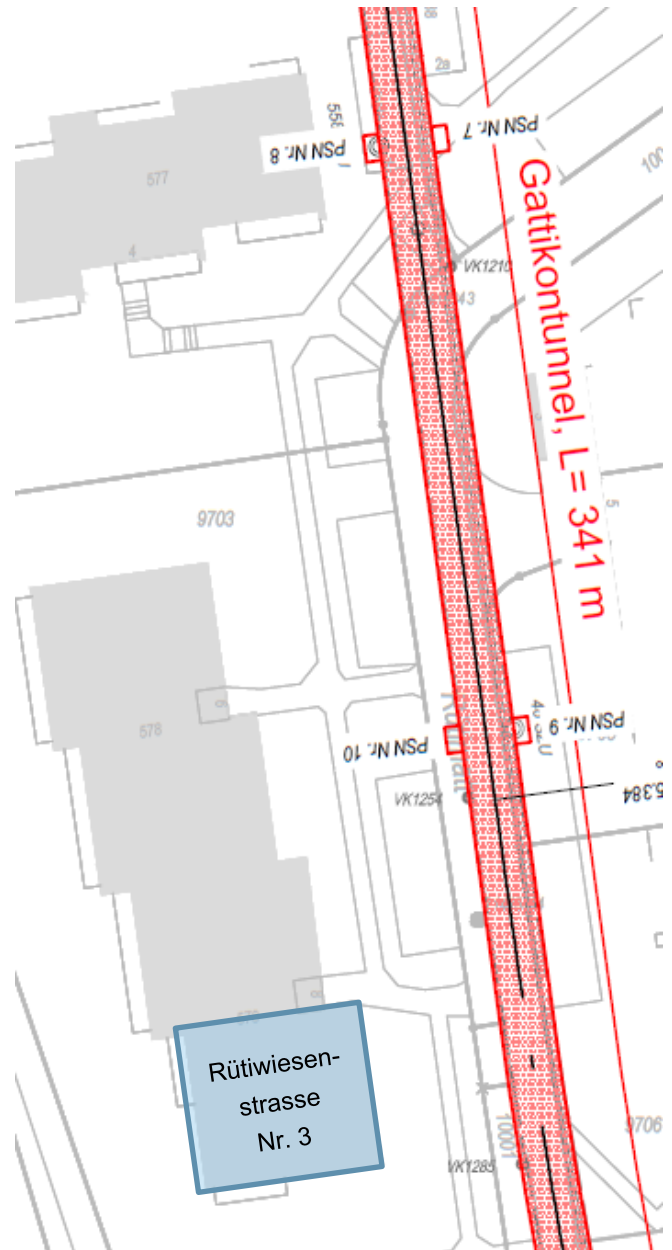
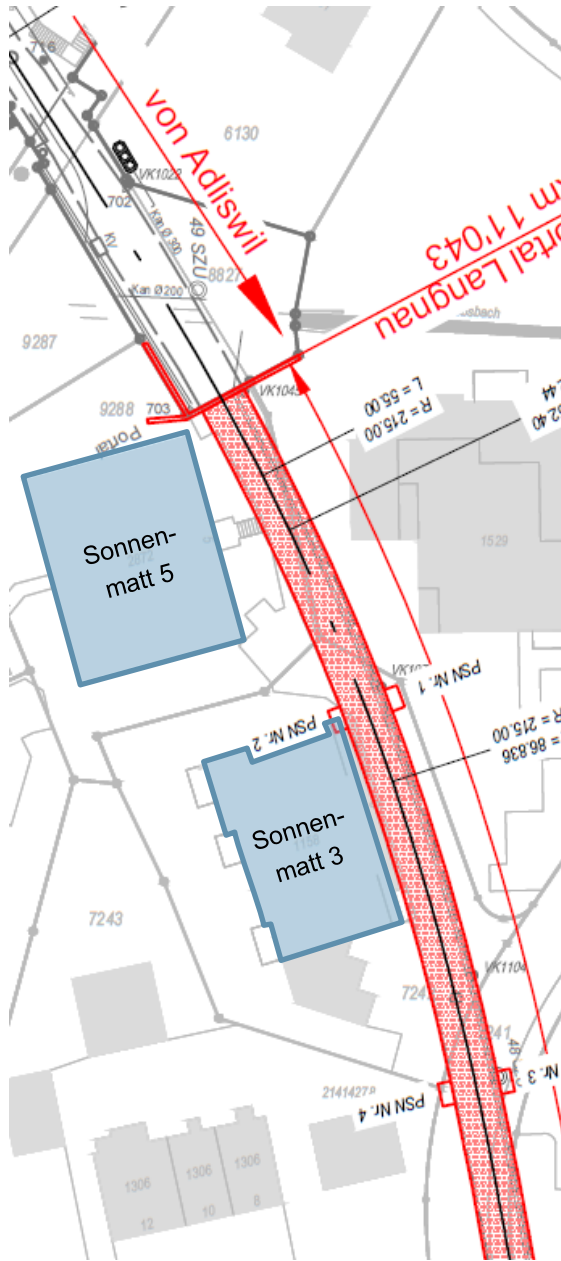
Um das Ziel einer Senkung der Zugsimmissionen zu erreichen kann entweder

_ ein Schottergleis mit Unterschottermatte

oder

_ eine Feste Fahrbahn vom Typ LVT-HA realisiert werden.

Anhang 1 Situationen mit Messpunkten



Anhang 2 Fotos zur Messung Sonnenmatt 3



Abb. 1 Messpunkt Z Garten



Abb. 2 Triaxialer Sensor am Fundament



Abb. 3 Messpunkt 1.OG Büro, Ersch. und Schall

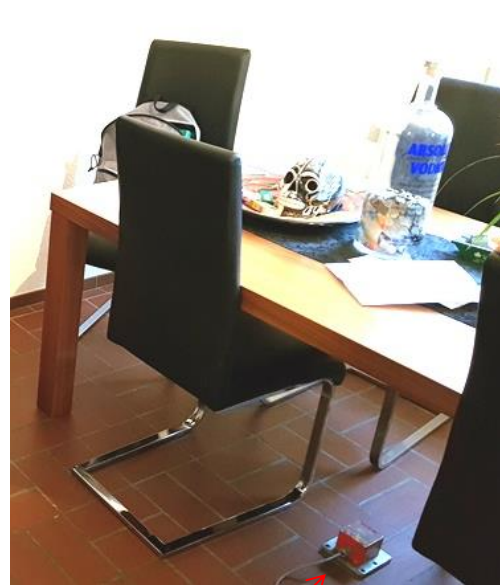


Abb. 4 Messpunkt 1.OG Esszimmer

Anhang 3 Fotos zur Messung Sonnenmatt 5



Abb. 5 Messpunkt Z Garten



Abb. 6 Triaxialer Sensor am Fundament



Abb. 7 Messpunkt 1.OG Schlafzimmer, Ersch. und Schall

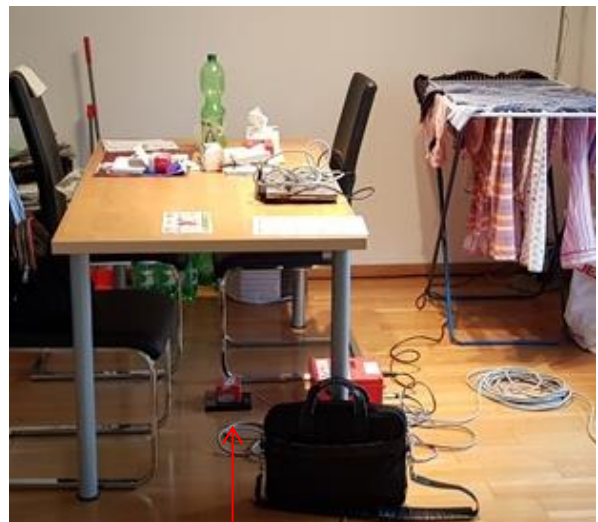


Abb. 8 Messpunkt 1.OG Esszimmer

Anhang 4 Fotos zur Messung Rütliwiesenstrasse 3



Abb. 9 Messpunkt Z Garten

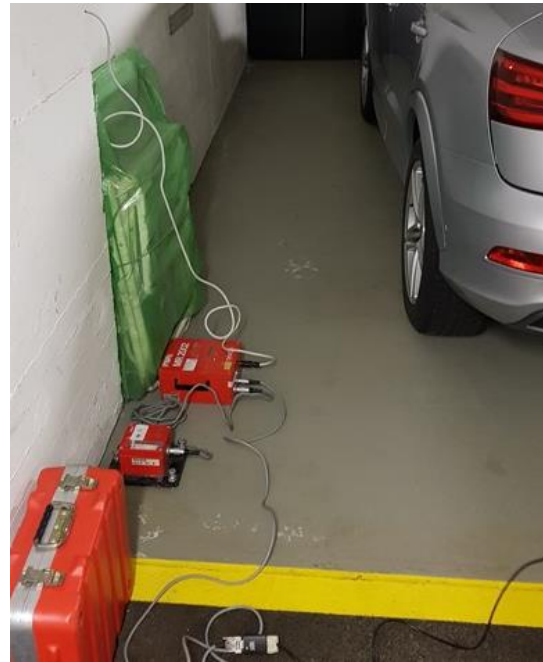


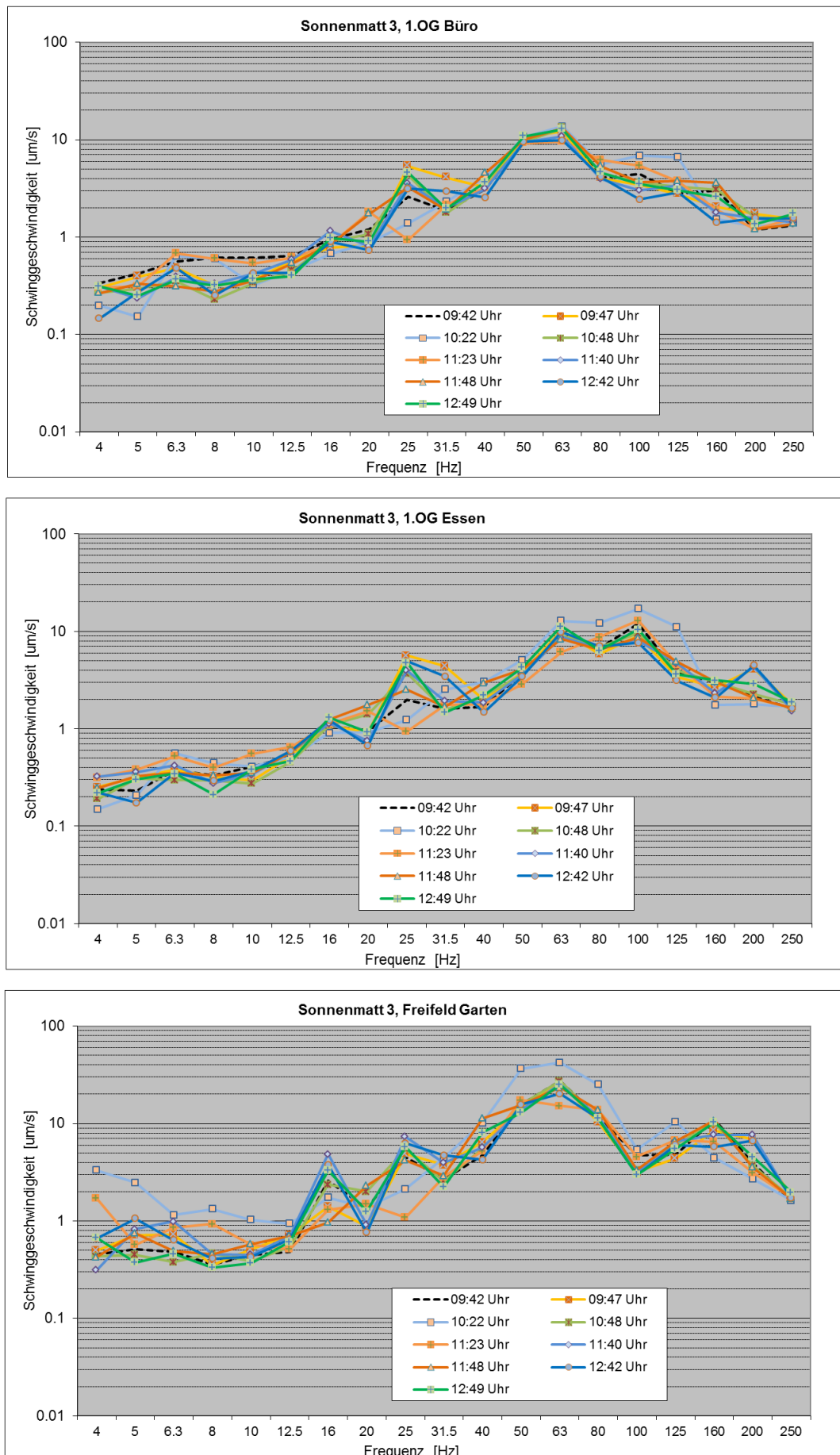
Abb. 10 Triaxialer Sensor am Fundament (Tiefgarage)

Anhang 5.1 Sonnenmatt 3, Messtabelle Ersch. und Schall

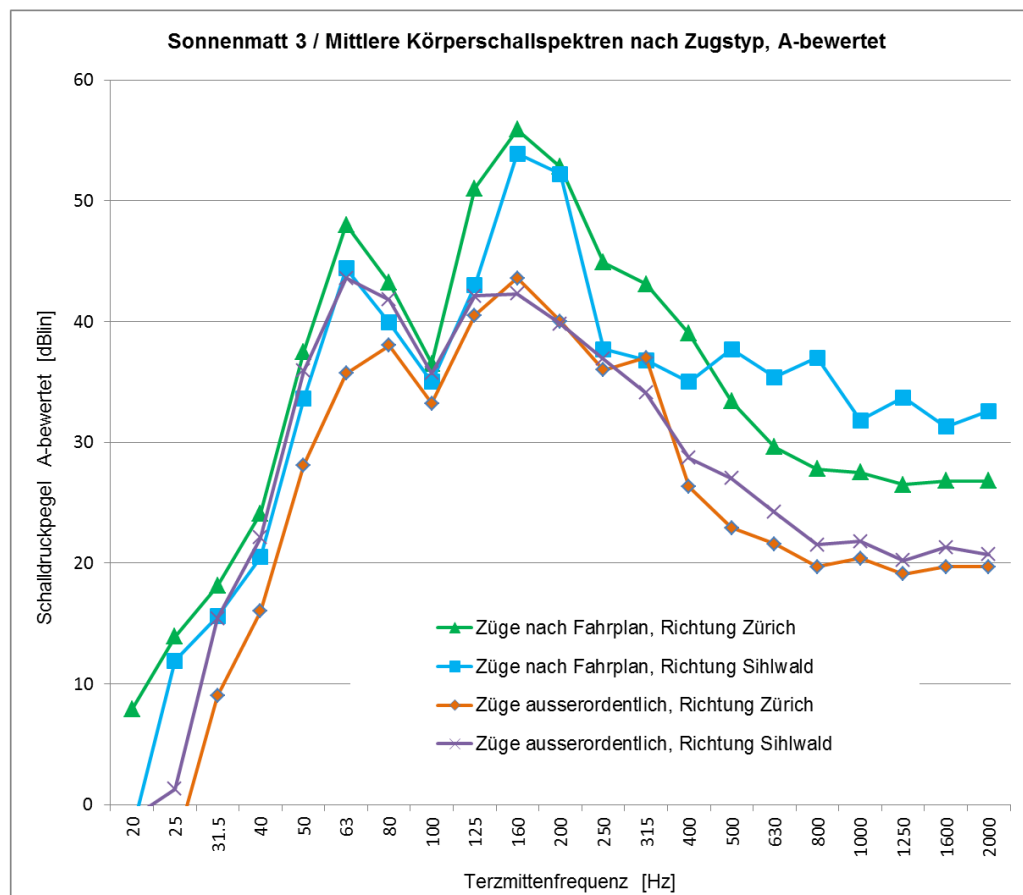
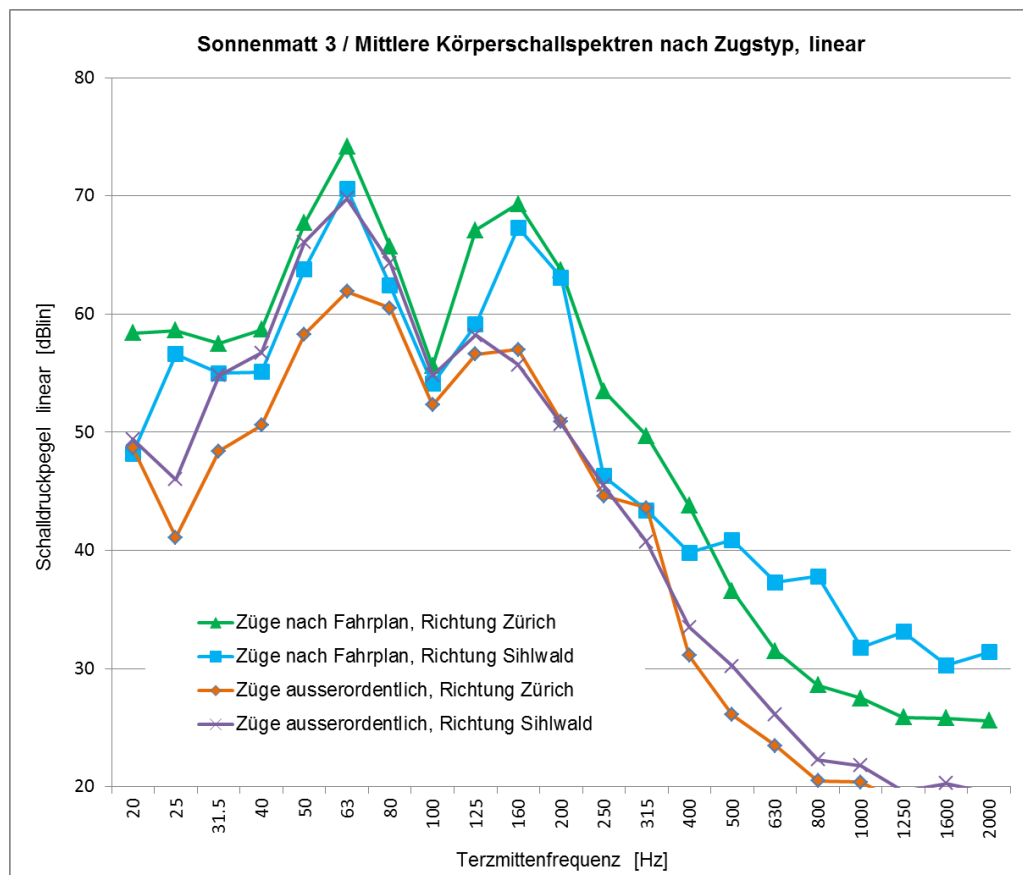
| Sonnenmatt 3 | | | | Körperschall [dBA] | | Erschütterungen / kB-Werte | | | Erschütterungen / Vpeak [mm/s] | | | massg. Frequenz [Hz] | | |
|--------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------|------------|----------------------------|-------------|----------|--------------------------------|-------------|----------|----------------------|----------------|----------------|
| Rtg. | Bemerkungen | Datum / Zeit | Dauer (s) | 1.OG, Büro | 1.OG, Büro | 1.OG, Büro | 1.OG, Essen | Freifeld | 1.OG, Büro | 1.OG, Essen | Freifeld | Freq (x) Hz | Freq (y) Hz | Freq (z) Hz |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 08:47:05 | 17.0 | 52.6 | 40.3 | 0.038 | 0.022 | 0.067 | 0.09 | 0.08 | 0.20 | 56 | 101 | 17 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 09:42:05 | 12.0 | 52.0 | 41.2 | 0.041 | 0.023 | 0.070 | 0.08 | 0.08 | 0.21 | 59 | 103 | 57 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 09:47:35 | 15.0 | 51.7 | 39.9 | 0.037 | 0.026 | 0.067 | 0.11 | 0.09 | 0.19 | 54 | 66 | 60 |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 10:22:35 | 27.0 | 48.8 | 34.5 | 0.059 | 0.035 | 0.111 | 0.13 | 0.11 | 0.32 | 56 | 108 | 56 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 10:41:06 | 14.0 | 51.8 | 40.3 | | | | | | | | | |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 10:48:35 | 15.0 | 51.3 | 39.5 | 0.033 | 0.022 | 0.082 | 0.08 | 0.09 | 0.16 | 57 | 62 | 57 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 11:23:35 | 17.0 | 47.3 | 35.0 | 0.042 | 0.034 | 0.081 | 0.13 | 0.11 | 0.20 | 59 | 97 | 76 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 11:40:35 | 12.0 | 51.7 | 40.9 | 0.031 | 0.024 | 0.064 | 0.09 | 0.08 | 0.20 | 54 | 69 | 58 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 11:48:05 | 17.0 | 52.0 | 39.7 | 0.039 | 0.022 | 0.079 | 0.10 | 0.07 | 0.17 | 55 | 61 | 56 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 12:42:05 | | | | 0.032 | 0.027 | 0.056 | 0.08 | 0.10 | 0.17 | 53 | 71 | 67 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 12:49:05 | 16.0 | 51.9 | 39.9 | 0.035 | 0.026 | 0.061 | 0.09 | 0.10 | 0.17 | 55 | 24 | 61 |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 13:11:35 | | | | 0.067 | 0.053 | 0.120 | 0.15 | 0.13 | 0.23 | 57 | 100 | 60 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 13:41:05 | | | | 0.031 | 0.022 | 0.063 | 0.08 | 0.09 | 0.19 | 54 | 68 | 52 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 13:48:35 | | | | 0.036 | 0.022 | 0.086 | 0.09 | 0.08 | 0.19 | 58 | 62 | 57 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 13:52:50 | | | | 0.020 | 0.016 | 0.037 | 0.07 | 0.06 | 0.12 | 57 | 28 | 56 |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:02:35 | | | | 0.036 | 0.019 | 0.065 | 0.10 | 0.06 | 0.16 | 54 | 41 | 43 |
| ZH | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:11:00 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 14:42:05 | | | | 0.032 | 0.029 | 0.070 | 0.09 | 0.09 | 0.18 | 65 | 65 | 56 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 14:49:35 | | | | 0.037 | 0.022 | 0.077 | 0.08 | 0.07 | 0.18 | 56 | 106 | 61 |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:55:35 | | | | 0.044 | 0.037 | 0.096 | 0.15 | 0.13 | 0.23 | 54 | 100 | 63 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 15:41:35 | | | | 0.037 | 0.027 | 0.078 | 0.09 | 0.09 | 0.23 | 60 | 107 | 58 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 15:47:35 | | | | 0.038 | 0.023 | 0.058 | 0.08 | 0.08 | 0.15 | 57 | 100 | 55 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 16:41:35 | | | | 0.032 | 0.028 | 0.069 | 0.08 | 0.09 | 0.19 | 59 | 106 | 57 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 16:47:05 | | | | 0.031 | 0.022 | 0.077 | 0.08 | 0.07 | 0.17 | 59 | 65 | 59 |

| | | | | | | | | |
|--|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| (Schall = energ. / Erschütterungen = arithm.) Mittelwert | 51.4 | 39.6 | 0.038 | 0.026 | 0.074 | 0.10 | 0.09 | 0.19 |
| Maximum | 52.6 | 41.2 | 0.067 | 0.053 | 0.120 | 0.15 | 0.13 | 0.32 |
| Minimum | 47.3 | 34.5 | 0.020 | 0.016 | 0.037 | 0.07 | 0.06 | 0.12 |
| Anzahl | 10 | 10 | 22 | 22 | 22 | | | |
| Summe SEL | 61.4 | | | | | | | |

Anhang 5.2 Sonnenmatt 3, Erschütterungsspektren



Anhang 5.3 Sonnenmatt 3, Schallspektren

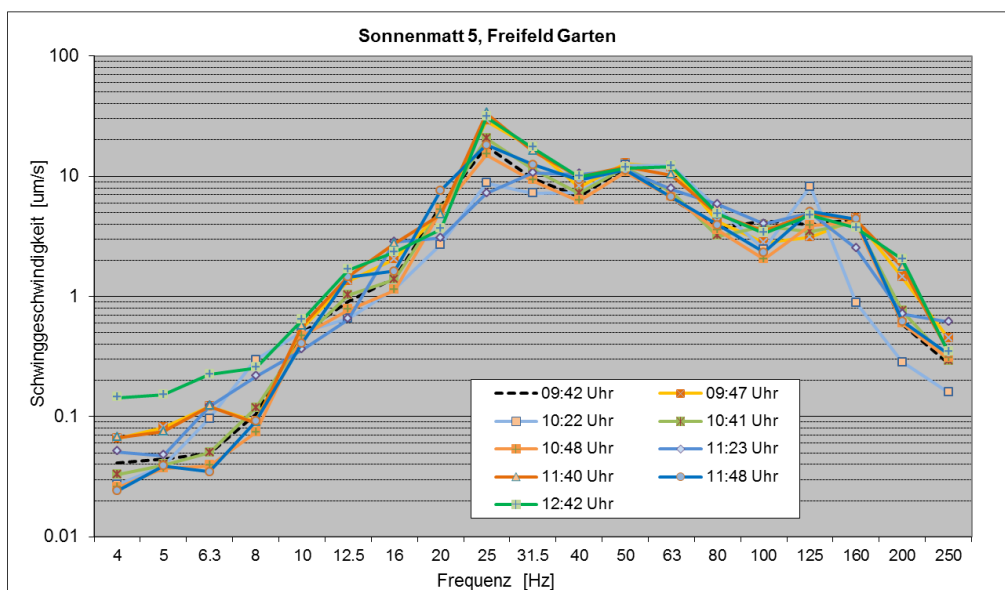
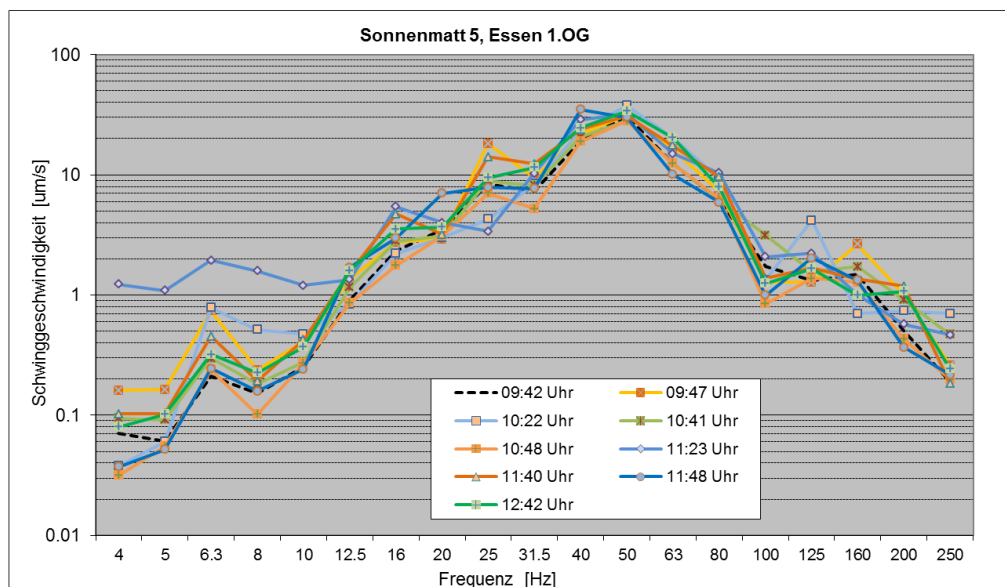
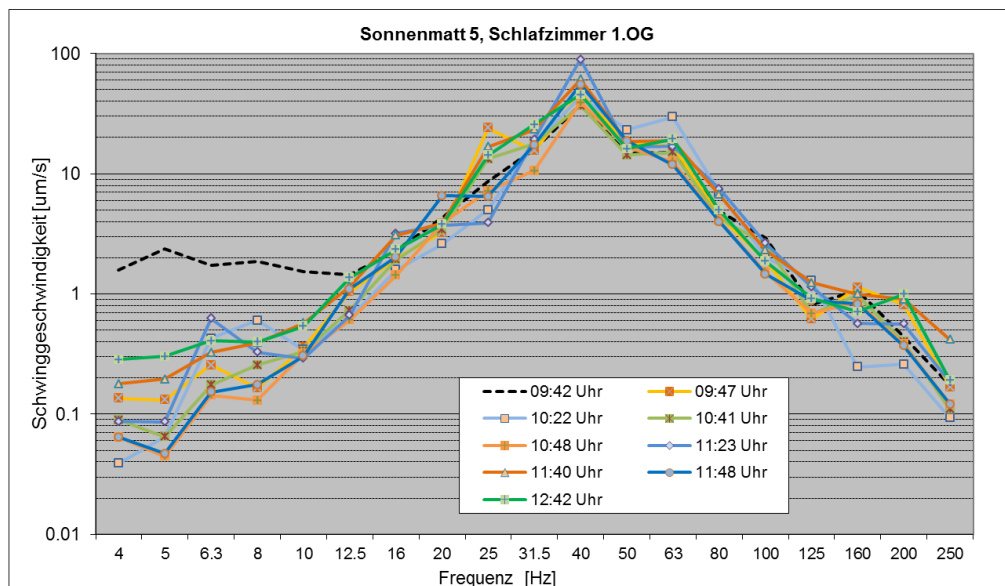


Anhang 6.1 Sonnenmatt 5, Messtabelle Ersch. und Schall

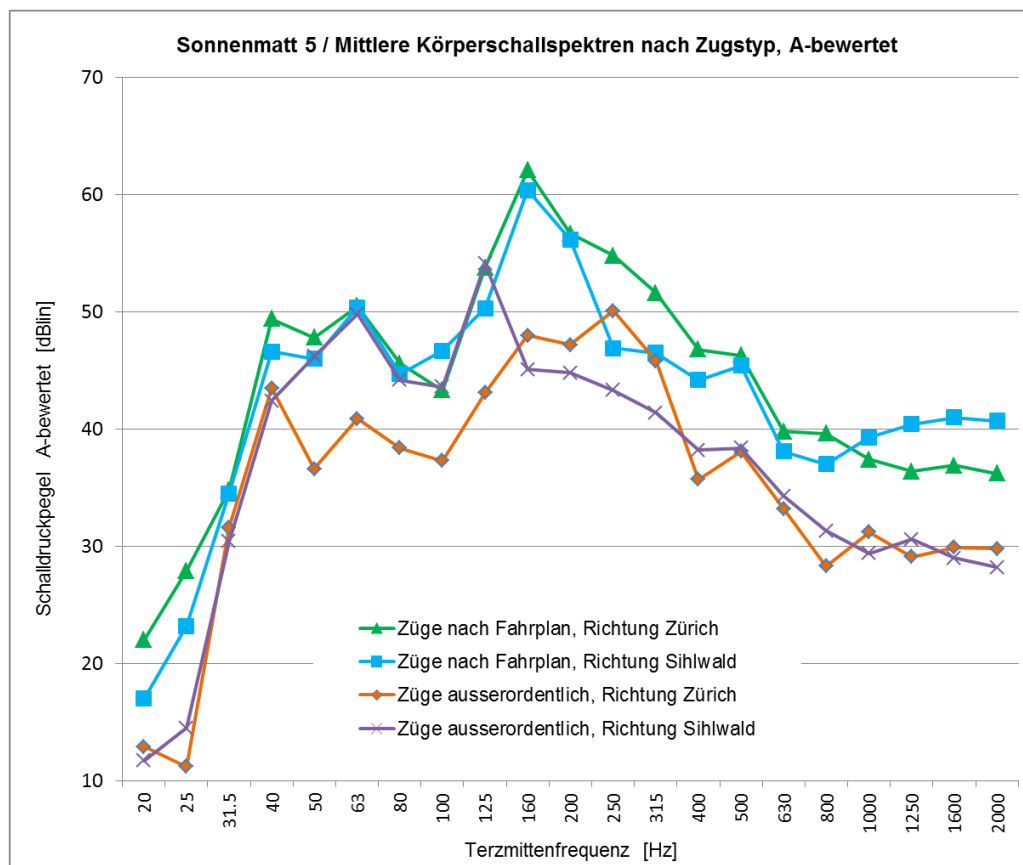
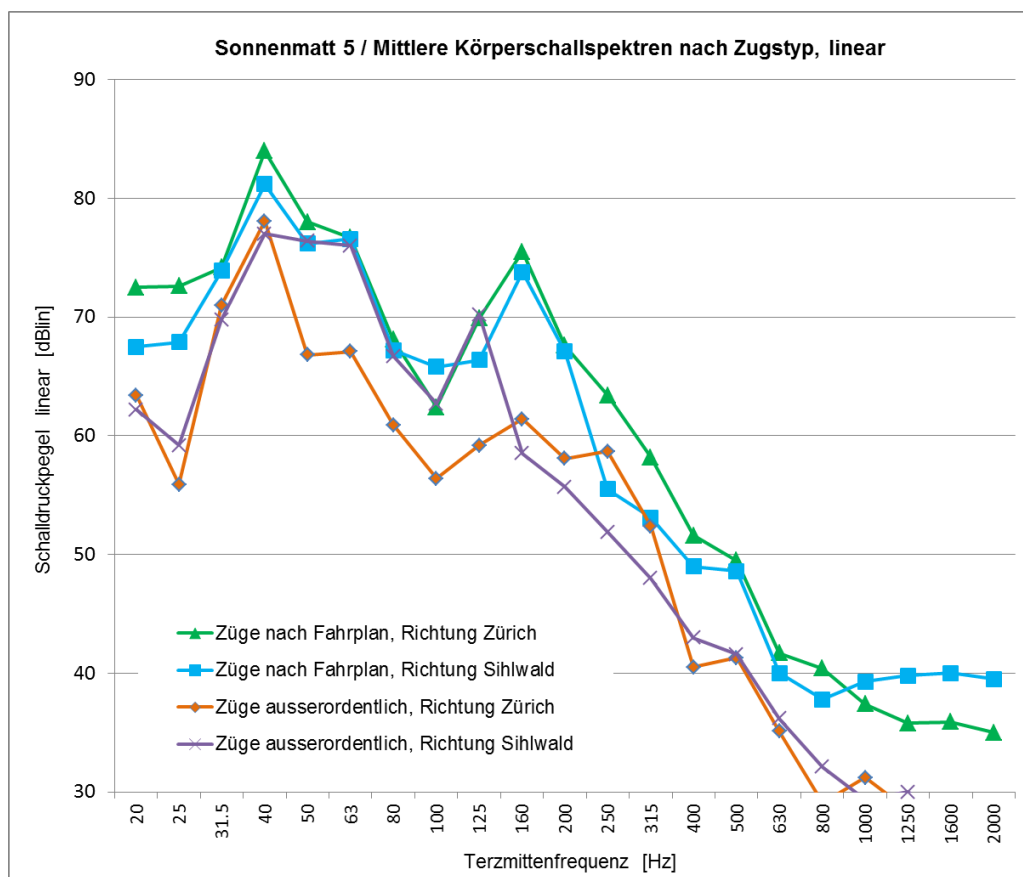
| Sonnenmatt 5 | | | | Körperschall [dBA] | | Erschütterungen / KB-Werte | | | Erschütterungen / Vpeak [mm/s] | | | massg. Frequenz [Hz] | | |
|--------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------|------|----------------------------|-------------|----------|--------------------------------|-------------|----------|----------------------|-------------|-------------|
| Rtg. | Bemerkungen | Datum / Zeit | Dauer (s) | 1.OG, Schlafen | | 1.OG, Schlafen | 1.OG, Essen | Freifeld | 1.OG, Schlafen | 1.OG, Essen | Freifeld | Freq (x) Hz | Freq (y) Hz | Freq (z) Hz |
| | | | | SEL | LEQ | | | | | | | | | |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 08:47:05 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 09:42:05 | | | | 0.132 | 0.098 | 0.073 | 0.27 | 0.23 | 0.15 | 39 | 54 | 24 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 09:47:35 | 17.0 | 55.1 | 42.8 | 0.121 | 0.086 | 0.091 | 0.28 | 0.21 | 0.19 | 37 | 52 | 25 |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 10:22:35 | 19.0 | 55.2 | 42.4 | 0.181 | 0.124 | 0.058 | 0.36 | 0.30 | 0.15 | 59 | 51 | 54 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 10:41:06 | 12.0 | 55.2 | 44.4 | 0.145 | 0.095 | 0.082 | 0.31 | 0.24 | 0.20 | 37 | 55 | 24 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 10:48:35 | 17.0 | 55.4 | 43.1 | 0.131 | 0.081 | 0.080 | 0.28 | 0.18 | 0.18 | 36 | 45 | 25 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 11:23:35 | 14.0 | 54.7 | 43.2 | 0.396 | 0.145 | 0.064 | 0.80 | 0.42 | 0.17 | 37 | 42 | 31 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 11:40:35 | 10.0 | 53.9 | 43.9 | 0.203 | 0.091 | 0.092 | 0.45 | 0.23 | 0.19 | 37 | 46 | 25 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 11:48:05 | 17.0 | 56.4 | 44.1 | 0.217 | 0.166 | 0.105 | 0.49 | 0.37 | 0.26 | 39 | 43 | 25 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 12:42:05 | 10.0 | 53.1 | 43.1 | 0.126 | 0.097 | 0.086 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 37 | 47 | 25 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 12:49:05 | 16.0 | 55.6 | 43.6 | 0.252 | 0.204 | 0.079 | 0.51 | 0.36 | 0.20 | 39 | 41 | 24 |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 13:11:35 | 20.0 | 50.6 | 37.6 | 0.201 | 0.145 | 0.054 | 0.39 | 0.35 | 0.15 | 38 | 53 | 52 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 13:41:05 | 10.0 | 53.7 | 43.7 | 0.145 | 0.101 | 0.081 | 0.33 | 0.28 | 0.16 | 38 | 45 | 24 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 13:48:35 | 16.0 | 55.4 | 43.4 | 0.231 | 0.140 | 0.072 | 0.50 | 0.28 | 0.18 | 37 | 44 | 23 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 13:52:50 | | | | 0.102 | 0.066 | 0.066 | 0.21 | 0.15 | 0.15 | 28 | 45 | 27 |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:02:35 | | | | | | | | | | | | |
| ZH | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:11:00 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 14:42:05 | 11.0 | 54.2 | 43.8 | 0.185 | 0.105 | 0.129 | 0.40 | 0.29 | 0.31 | 37 | 44 | 23 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 14:49:35 | 17.0 | 55.1 | 42.8 | 0.258 | 0.185 | 0.093 | 0.53 | 0.35 | 0.21 | 39 | 41 | 25 |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:55:35 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 15:41:35 | 12.0 | 54.9 | 44.1 | 0.303 | 0.120 | 0.076 | 0.62 | 0.28 | 0.17 | 39 | 45 | 26 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 15:47:35 | 17.0 | 55.0 | 42.7 | 0.215 | 0.104 | 0.072 | 0.43 | 0.22 | 0.18 | 38 | 45 | 26 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 16:41:35 | 13.0 | 55.0 | 43.9 | 0.185 | 0.095 | 0.069 | 0.39 | 0.23 | 0.16 | 37 | 40 | 24 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 16:47:05 | 15.0 | 55.2 | 43.4 | 0.177 | 0.116 | 0.086 | 0.38 | 0.28 | 0.20 | 39 | 46 | 26 |

| | | | | | | | | | |
|---|------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| (Schall = energ. / Erschütterungen = arithm.) | Mittelwert | 54.6 | 43.3 | 0.195 | 0.118 | 0.080 | 0.41 | 0.27 | 0.19 |
| | Maximum | 56.4 | 44.4 | 0.396 | 0.204 | 0.129 | 0.80 | 0.42 | 0.31 |
| | Minimum | 50.6 | 37.6 | 0.102 | 0.066 | 0.054 | 0.21 | 0.15 | 0.15 |
| | Anzahl | 18 | 18 | 20 | 20 | 20 | | | |
| | Summe SEL | 67.3 | | | | | | | |

Anhang 6.2 Sonnenmatt 5, Erschütterungsspektren



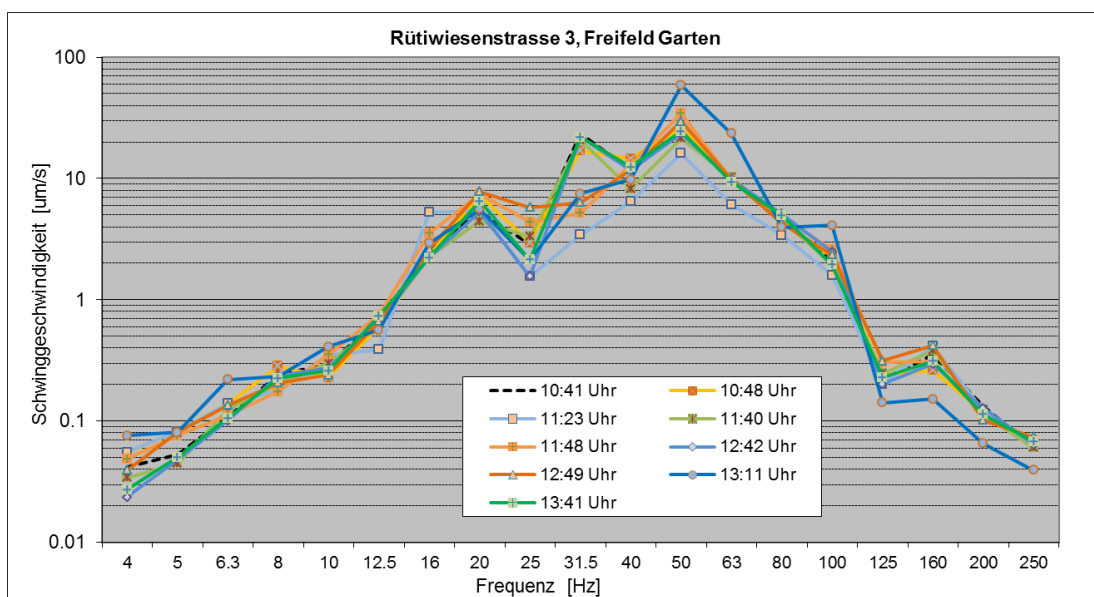
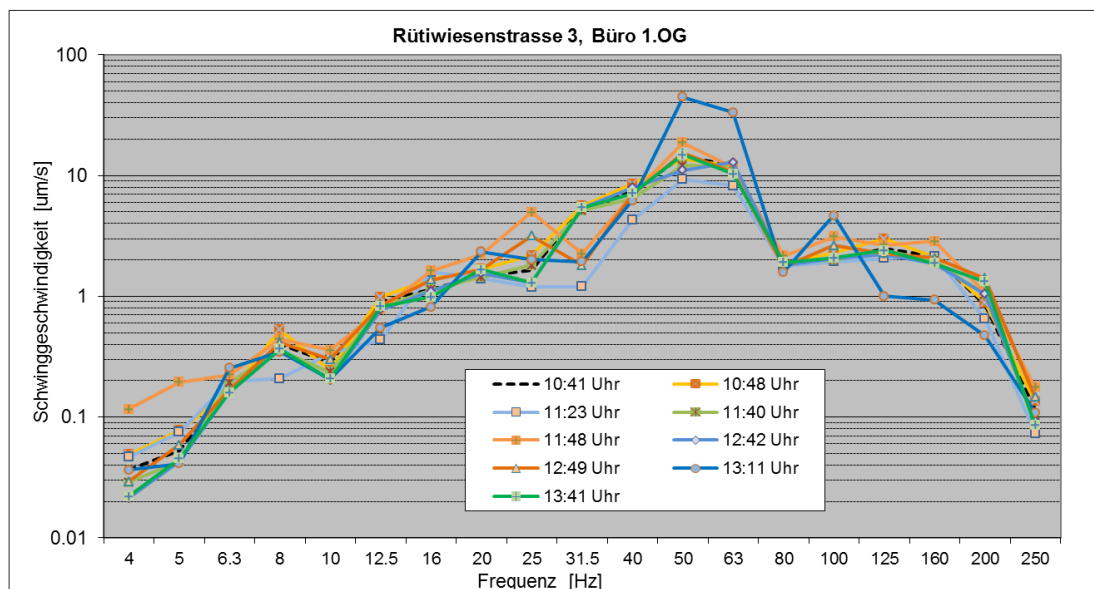
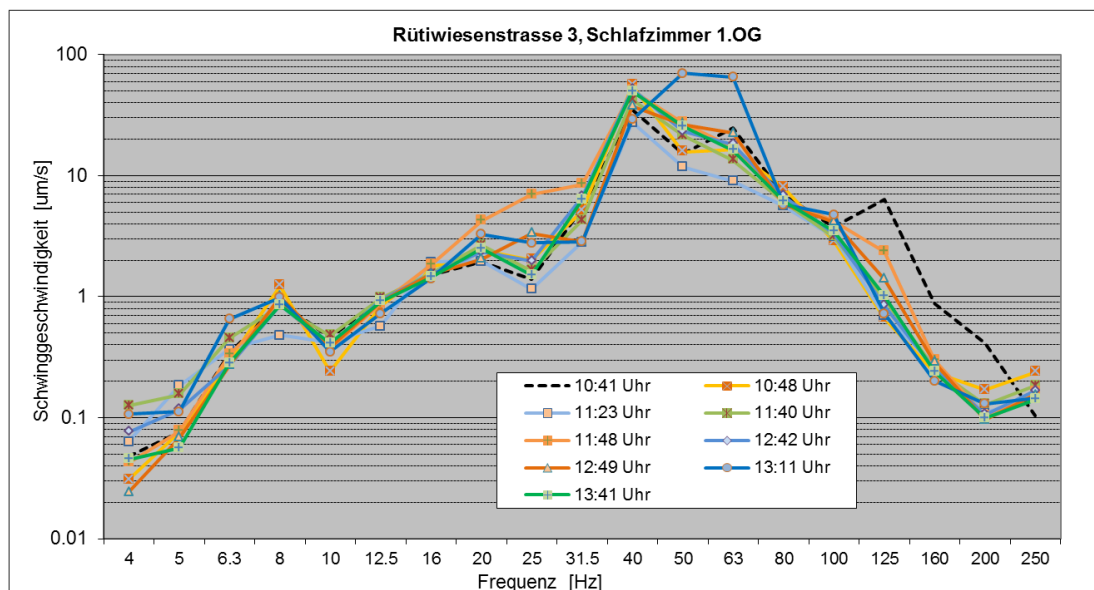
Anhang 6.3 Sonnenmatt 5, Schallspektren



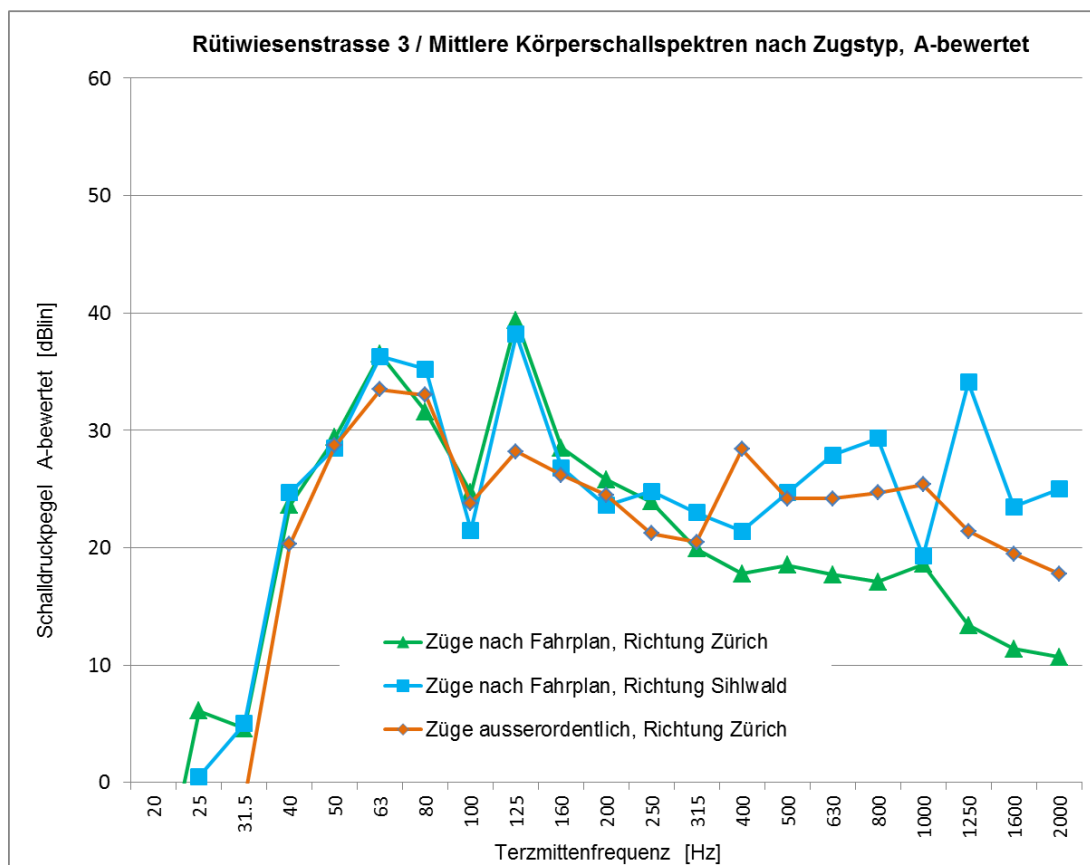
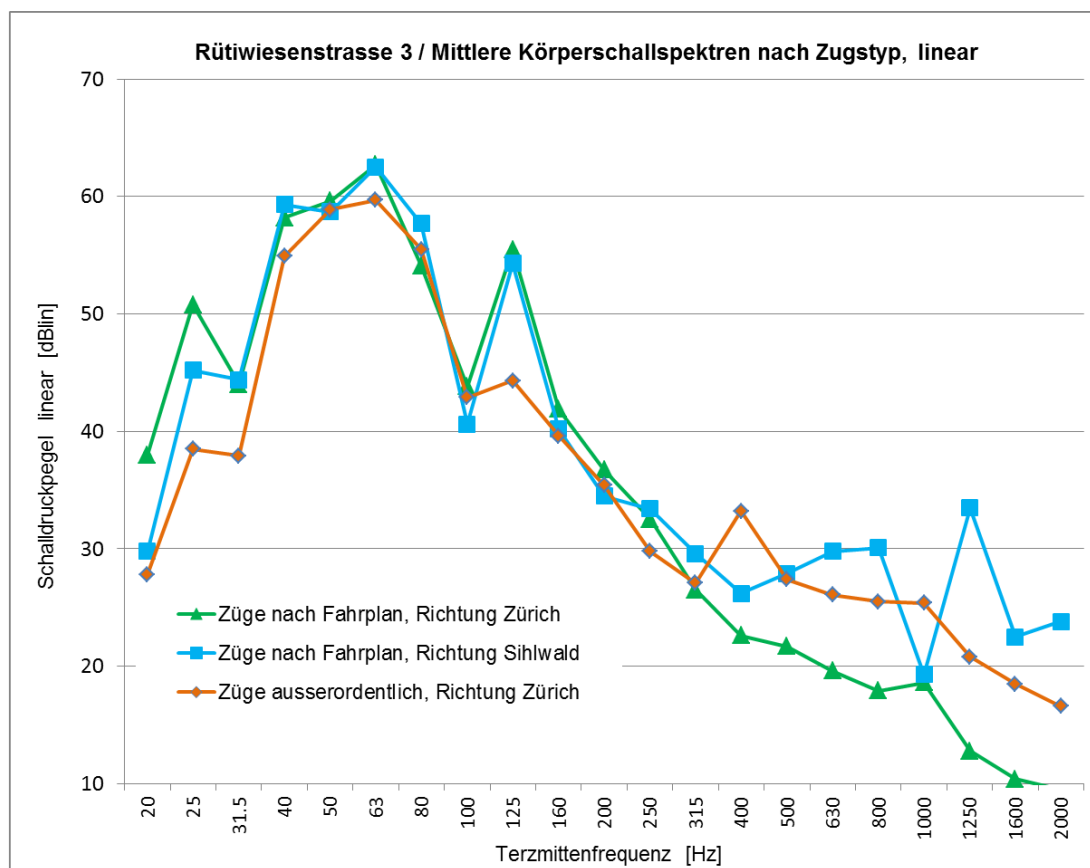
Anhang 7.1 Rütliwiesenstr. 3, Messtabelle Ersch. und Schall

| Rütliwiesenstrasse 3 | | | | Körperschall [dBA] | | Erschütterungen / KB-Werte | | | Erschütterungen / Vpeak [mm/s] | | | massg. Frequenz [Hz] | | |
|--|---------------------|---------------------|-----------|--------------------|------|----------------------------|------------|----------|--------------------------------|------------|----------|----------------------|----------------|----------------|
| Rtg. | Bemerkungen | Datum / Zeit | Dauer (s) | 1.OG, Schlafen | LEQ | 1.OG, Schlafen | 1.OG, Büro | Freifeld | 1.OG, Schlafen | 1.OG, Büro | Freifeld | Freq (x) Hz | Freq (y) Hz | Freq (z) Hz |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 10:22:35 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 10:41:06 | | | | | | | | | | | | |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 10:48:35 | | | | | | | | | | | | |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 11:23:35 | 13.0 | 43.0 | 31.9 | 0.139 | 0.059 | 0.104 | 0.30 | 0.13 | 0.20 | 41 | 48 | 29 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 11:40:35 | | | | 0.212 | 0.047 | 0.103 | 0.37 | 0.13 | 0.23 | 41 | 59 | 47 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 11:48:05 | | | | 0.105 | 0.052 | 0.079 | 0.22 | 0.13 | 0.19 | 41 | 51 | 48 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 12:42:05 | 9.0 | 43.8 | 34.3 | 0.127 | 0.049 | 0.090 | 0.28 | 0.12 | 0.19 | 40 | 59 | 29 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 12:49:05 | 17.0 | 45.2 | 32.9 | 0.176 | 0.068 | 0.131 | 0.39 | 0.15 | 0.28 | 42 | 50 | 47 |
| SW | Zusätzlich | 05.12.2018 13:11:35 | | | | 0.188 | 0.049 | 0.109 | 0.37 | 0.13 | 0.22 | 42 | 50 | 29 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 13:41:05 | 13.0 | 44.4 | 33.3 | 0.140 | 0.056 | 0.118 | 0.32 | 0.13 | 0.24 | 42 | 50 | 51 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 13:48:35 | 14.0 | 45.1 | 33.6 | 0.213 | 0.127 | 0.180 | 0.41 | 0.24 | 0.32 | 56 | 56 | 51 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 13:52:50 | | | | 0.195 | 0.066 | 0.105 | 0.40 | 0.19 | 0.22 | 42 | 55 | 29 |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:02:35 | | | | 0.145 | 0.068 | 0.130 | 0.35 | 0.16 | 0.24 | 43 | 57 | 50 |
| ZH | Zusätzlich | 05.12.2018 14:11:00 | | | | 0.117 | 0.033 | 0.084 | 0.23 | 0.09 | 0.17 | 42 | 55 | 44 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 14:42:05 | 12.0 | 44.8 | 34.0 | 0.134 | 0.035 | 0.053 | 0.26 | 0.17 | 0.14 | 41 | 52 | 45 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 14:49:35 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Zusätzlich, nur LOK | 05.12.2018 14:55:35 | | | | | | | | | | | | |
| SW | Regulär | 05.12.2018 15:41:35 | 10.0 | 44.2 | 34.2 | 0.144 | 0.083 | 0.122 | 0.30 | 0.17 | 0.26 | 56 | 56 | 51 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 15:47:35 | 19.0 | 44.2 | 31.4 | 0.240 | 0.055 | 0.118 | 0.63 | 0.15 | 0.29 | 42 | 52 | 46 |
| SW | Regulär | 05.12.2018 16:41:35 | 12.0 | 45.8 | 35.0 | 0.063 | 0.051 | 0.120 | 0.16 | 0.13 | 0.25 | 58 | 50 | 47 |
| ZH | Regulär | 05.12.2018 16:47:05 | 21.0 | 45.1 | 31.9 | 0.083 | 0.055 | 0.097 | 0.18 | 0.12 | 0.21 | 66 | 58 | 46 |
| | | | | | | 0.090 | 0.055 | 0.107 | 0.20 | 0.13 | 0.22 | 63 | 24 | 47 |
| | | | | | | 0.089 | 0.061 | 0.104 | 0.20 | 0.16 | 0.25 | 66 | 58 | 46 |
| | | | | | | 0.078 | 0.057 | 0.120 | 0.20 | 0.15 | 0.26 | 66 | 57 | 46 |
| (Schall = energ. / Erschütterungen = arithm.) Mittelwert | | | | 44.6 | 33.4 | 0.141 | 0.059 | 0.109 | 0.30 | 0.15 | 0.23 | | | |
| Maximum | | | | 45.8 | 35.0 | 0.240 | 0.127 | 0.180 | 0.63 | 0.24 | 0.32 | | | |
| Minimum | | | | 43.0 | 31.4 | 0.063 | 0.033 | 0.053 | 0.16 | 0.09 | 0.14 | | | |
| Anzahl | | | | 10 | 10 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | | | |
| Summe SEL | | | | 54.6 | | | | | | | | | | |

Anhang 7.2 Rütiwiesenstr. 3, Erschütterungsspektren



Anhang 7.3 Rütiwiesenstr. 3, Schallspektren



Anhang 8 Sonnenmatt 3, Beurteilungswerte

Erschütterungen

| | | | |
|---|--|--------------|--------------|
| Sonnenmatt 3 massgebender Messpunkt 1.OG Büro | arithm. Mittel | 0.038 | |
| | Maximum | 0.067 | |
| | Minimum | 0.020 | |
| | Standardabw. | 0.009 | |
| | 1.3 | | |
| | Anzahl | 22 | |
| | | Tag | Nacht |
| | KBFT_r | 0.004 | 0.000 |
| | Ar DIN 4150-2, Wohnzone | 0.070 | 0.050 |
| | KBF_{max} | 0.07 | 0.00 |
| | A ₀ DIN 4150-2, für Schienenverkehr | 3.0 | 0.30 |

Körperschall

| | | | |
|--------------|------------|------|------|
| Sonnenmatt 3 | Mittel SEL | 51.4 | |
| | mittl. LEQ | | 39.6 |

| Wohnzone | 1.OG Büro [dBA] | BEKS-Beurteilungswert [dBA] |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| L_{EQ}, Tag | 29.9 | 40 |
| L_{EQ}, Nacht max-h | 0.1 | 30 |

Anhang 9 Sonnenmatt 5, Beurteilungswerte

Erschütterungen

| | | | | |
|--|---------------------------|--------------|-----|--------------|
| Sonnenmatt 5 | arithm. Mittel | 0.195 | | |
| | Maximum | 0.396 | | |
| | Minimum | 0.102 | | |
| | Standardabw. | 0.069 | | |
| | 1.5 | | | |
| massgebender Messpunkt | Anzahl | 20 | | |
| 1.OG Schlafzimmer | | | | |
| | | | Tag | Nacht |
| | KBFT_r | 0.023 | | 0.000 |
| Ar DIN 4150-2, Wohnzone | | 0.070 | | 0.050 |
| | | | | |
| | KBFT_{max} | 0.40 | | 0.00 |
| A ₀ DIN 4150-2, für Schienenverkehr | | 3.0 | | 0.30 |

Körperschall

| | | | |
|--------------|------------|------|------|
| Sonnenmatt 5 | Mittel SEL | 54.8 | |
| | mittl. LEQ | | 43.3 |

| Wohnzone | 1.OG Schlafz. [dBA] | BEKS-Beurteilungswert [dBA] |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| L_{EQ}, Tag | 33.4 | 40 |
| L_{EQ}, Nacht max-h | 0.0 | 30 |

Anhang 10 Rütiwiesenstrasse 3, Beurteilungswerte

Erschütterungen

Rütiwiesenstrasse 3

| | | |
|------------------------|----------------|--------------|
| | arithm. Mittel | 0.141 |
| | Maximum | 0.240 |
| massgebender Messpunkt | Minimum | 0.063 |
| 1.OG Schlafzimmer | Standardabw. | 0.050 |
| | 1.5 | |
| | Anzahl | 19 |

| | | |
|--|--------------------------------------|--------------|
| | Tag | Nacht |
| | KBFT_r 0.016 | 0.000 |
| Ar DIN 4150-2, Wohnzone | 0.070 | 0.050 |
| | KBF_{max} 0.24 | 0.00 |
| A ₀ DIN 4150-2, für Schienenverkehr | 3.00 | 0.30 |

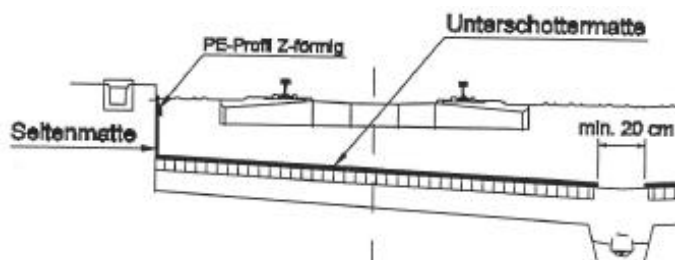
Körperschall

Rütiwiesenstrasse 3

| | | |
|------------|------|------|
| Mittel SEL | 44.6 | |
| mittl. LEQ | | 33.4 |

| Wohnzone | 1.OG Schlafz. [dBA] | BEKS-Beurteilungswert [dBA] |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| L_{EQ, Tag} | 23.2 | 40 |
| L_{EQ, Nacht max-h} | 0.0 | 30 |

Anhang 11 SBB-Weisung Unterschottermatten I-AM 05/02 vom 1.7.2002



Seitliche Schotterhalterung

Für eine stabile Gleislage muss der Schotter im Bereich von Unterschottermatten seitlich gehalten werden. Im Tunnel und auf Troglücken ist die seitliche Halterung durch Bankett und Trog erfüllt (siehe Anhang 5). Auf der freien Strecke ist die seitliche Halterung bisher (Stand

4.3 Produktanforderungen

Die SBB beziehen sich auf die Erfahrungen der Deutschen Bahn AG. Die Unterschottermatten müssen deren Technischen Lieferbedingungen für elastische Schotterunterlagen BN918071 [4] genügen.

Typeneinteilung

Die SBB unterscheiden für die Anwendung folgende Mattentypen:

- Unterschottermatten mit mittlerer und hoher Dämmleistung (Typ M und Typ H)
 - Übergangsmatten (Typ Ü) im Übergang vom Regelloberbau zu Bereichen mit Matten (Anordnung aus oberbautechnischen Gründen)
 - Seitenmatten (Typ S), mit einer niedrigen Dämmleistung
- Die Richtwerte der Dämmleistung sind im Anhang 1 aufgeführt.

5.2 Unterschottermatten im Tunnel

Im Tunnel werden Erschütterungen und Körperschall nach unten und zu einem kleineren Teil über die seitlichen Bankette übertragen.

In der Regel ist die totale Breite der Planie mit der Unterschottermatte (Typ H oder M) abzudecken (Anhang 5). Die maximale Überlappung darf 20 cm nicht überschreiten und soll in einem Querschnittsbereich mit geringer Belastung zu liegen kommen. Die seitliche Erschütterungs- und Körperschallübertragung wird durch eine Seitenmatte (Typ S) vermindert. Der obere Mattenrand ist durch ein z-förmiges Profil gegen Beschädigung zu schützen. Die Seitenmatte ist aufgrund ihrer Brennbarkeit vollständig mit Schotter abzudecken.

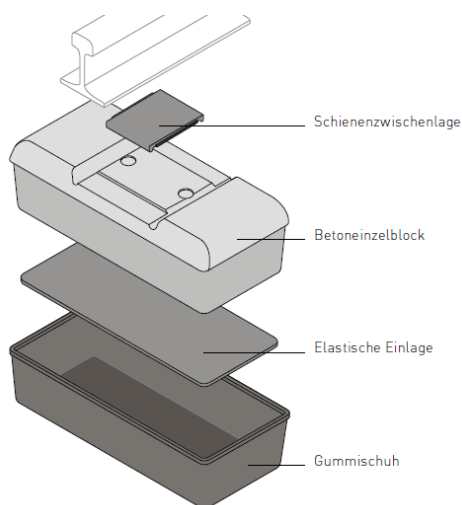
Die seitliche Halterung wird durch das Bankett (meist Rohrleitungsblock mit Kabelkanal) gewährleistet.

In Längsrichtung am Beginn und Ende von Massnahmen sind Übergangsbereiche von 20 m Länge mit einer Übergangsmatte (Typ Ü) vorzusehen.

| Geschwindigkeit | Radsatzlast | minimale statische Bettungsziffer (c_{stat}) |
|--------------------|-------------|--|
| | | Bereich 0.02 bis 0.10 N/mm ² |
| ≤ 120 km/h | ≤ 160 kN | ≥ 0.02 N/mm ³ *vorläufiger Richtwert |
| | > 160 kN | ≥ 0.03 N/mm ³ *vorläufiger Richtwert |
| 120 < v < 200 km/h | | ≥ 0.06 N/mm ³ *vorläufiger Richtwert |
| ≥ 200 km/h | | ≥ 0.10 N/mm ³ *vorläufiger Richtwert |

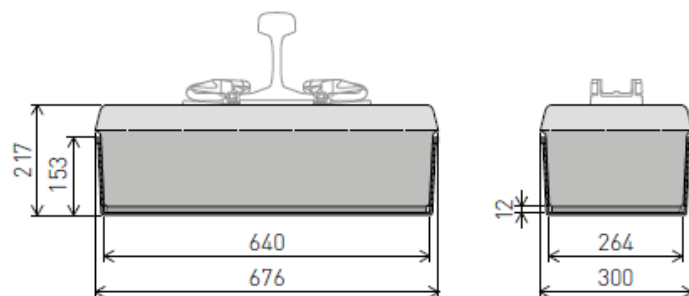
Tabelle 1: Statische Bettungsziffer von Unterschottermatten nach BN918071 [4]

Anhang 12 Feste Fahrbahn LVT-Standard und LVT-HA



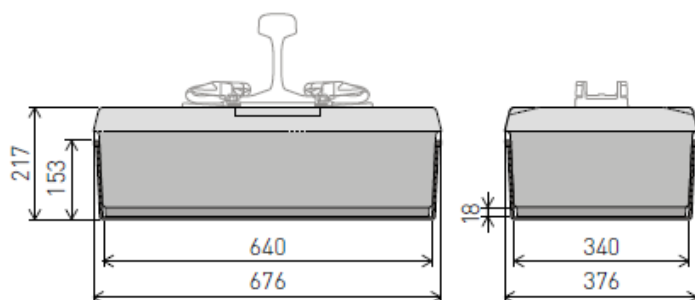
Systematischer Aufbau

Feste Fahrbahn LVT
(Low Vibration Track)



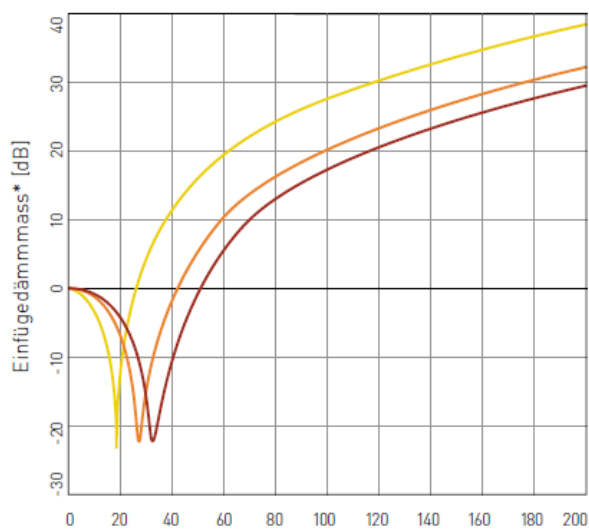
LVT Standard

für Hochgeschwindigkeitsstrecken und
Schwerlastverkehr



LVT high attenuation (LVT-HA)

für höhere Anforderungen an Schall- und
Erschütterungsschutz



Theoretische Wirksamkeit von LVT-Standard und LVT-HA

- LVT HA $c_{\text{Einlage}} = 9 \text{ kN/mm}$
Achslast = 16 t
- LVT $c_{\text{Einlage}} = 25 \text{ kN/mm}$
Achslast = 16 t
- LVT $c_{\text{Einlage}} = 40 \text{ kN/mm}$
Achslast = 25 t

Anhang 13 Richtwerte aus der Weisung BEKS

Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenanlagen (1999)

Körperschall

Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenanlagen

2

| Planungsrichtwerte $L_{eq}^{(1)}$ des Innenraumpegels in dB(A) | | |
|--|-------------------------|--------------------------|
| | Tag 16 Std. L_{eq} | Nacht 1 Std. L_{eq} |
| reine Wohnzonen, Zonen für öffentliche Nutzung (Schulareale, Spitäler) | 35 | 25 |
| Mischzonen, städtische Kernzonen, ländliche Dörfer, Landwirtschaftszonen, vorbelastete reine Wohnzonen | 40 | 30 |

| Immissionsrichtwerte L_{eq} des Innenraumpegels in dB(A) | | |
|--|-------------------------|--------------------------|
| | Tag 16 Std. L_{eq} | Nacht 1 Std. L_{eq} |
| reine Wohnzonen, Zonen für öffentliche Nutzung (Schulareale, Spitäler) | 40 | 30 |
| Mischzonen, städtische Kernzonen, ländliche Dörfer, Landwirtschaftszonen, vorbelastete reine Wohnzonen | 45 | 35 |

- Für neue Anlagen gelten die Planungsrichtwerte, für Um- und Ausbauten bestehender Anlagen gelten die Immissionsrichtwerte.
- Um den Maximalpegel in der Nacht zu begrenzen, wird in den Nachtstunden von 2200 bis 0600 Uhr jeweils ein L_{eq} -Pegel pro Stunde bestimmt. Der höchste dieser acht Stundenwerte ist massgebend.

Anhang 14 Anhaltswerte aus der DIN 4150-2

Erschütterungen, Auszug aus der DIN 4150-2

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

| Zeile | Einwirkungsort | Tags | | | Nachts | | |
|-------|--|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | A_u | A_o | A_r | A_u | A_o | A_r |
| 1 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9). | 0,4 | 6 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,15 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8). | 0,3 | 6 | 0,15 | 0,2 | 0,4 | 0,1 |
| 3 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5). | 0,2 | 5 | 0,1 | 0,15 | 0,3 | 0,07 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2). | 0,15 | 3 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,05 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen. | 0,1 | 3 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,05 |

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die SBB haben mit dem BAV vereinbart, dass sie bei Aus- und Umbauten die Anhaltswerte A_r um einen Faktor 1.5 erhöhen darf (in Analogie zur Vorbelastung beim Lärmschutz). Im Sinne einer vorsichtigen = konservativen Annahme wird im vorliegenden Gutachten keine Erhöhung von A_r vorgenommen.

