

Messtechnische Erfassung und Auswertung von Körperschall- und Erschütterungsbelastungen

unitec GmbH

Ingenieure für Bau, Umwelt und Management •

Stansstaderstrasse 49a • 6371 Stans

Fon 041 619 10 40 • Fax 041 619 10 45 • info@unitecing.ch •

www.unitecing.ch

1 Einführung

Die Eigentümerin der Parzelle Nr. 1755 hat über die Belastungen bezüglich Lärm und Erschütterungen beschwert. Um das Ausmass der Belastungen zu quantifizieren hat die SBB AG, der betroffenen Anwohnerin eine Körperschall- und Erschütterungsmessung zugestanden.

Das Ziel der Messkampagne bestand darin, aufzuzeigen ob die massgebenden Grenzwerte, resp. Richtwerte für Erschütterungen und Körperschall im „Ist - Zustand“ überschritten werden. Es wurden dazu während ca. 6 Stunden an einem relevanten Empfangspunkt gleichzeitig die Körperschall- und Erschütterungsimmissionen aufgezeichnet, unter genauer Festhaltung von Fahrrichtung, Anzahl Wagen und Gleisposition.

2 Messparameter

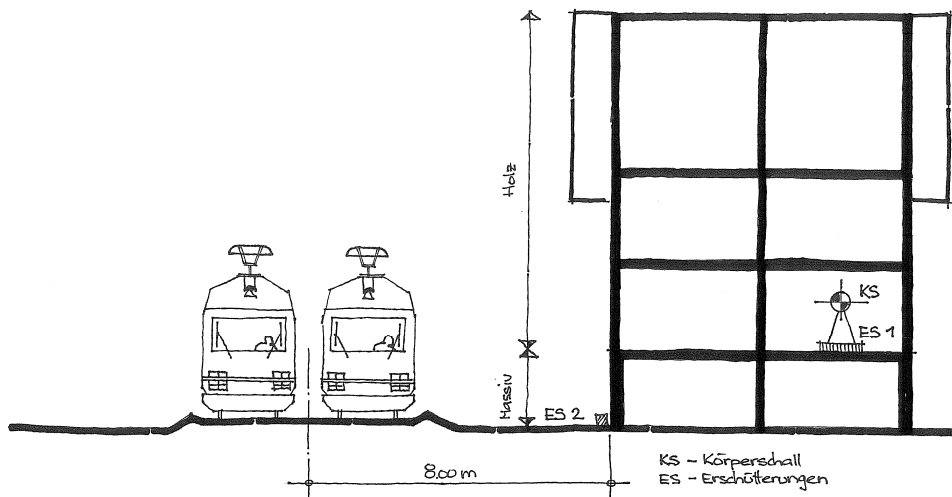
2.1 Messobjekt



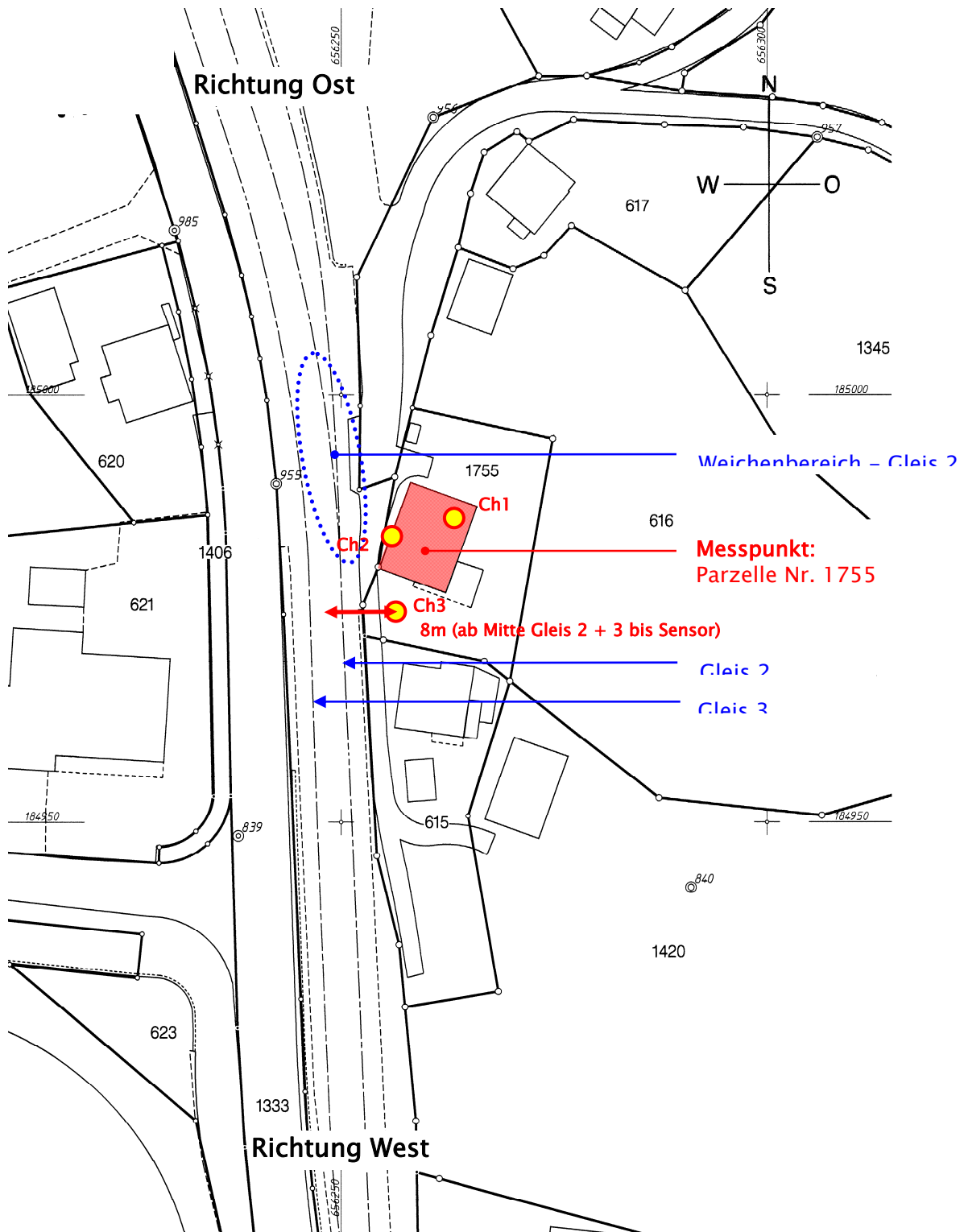
Foto 1: Blickrichtung West



Foto 1: Blickrichtung Ost



2.2 Lage der Messpunkte



Plan: Situation 1 : 700

3 Körperschall

Bei der Durchfahrt von Schienenfahrzeugen breiten sich die am System Fahrzeug/Schiene entstehenden dynamischen Kräfte im Boden in Form von Wellen in die nähere Umgebung aus. Treffen die mechanischen Schwingungen bei einem Empfänger (z.B. Wohnhaus) ein, so werden das gesamte Gebäude oder Gebäudeteile ebenfalls zu Schwingungen angeregt, welche ihrerseits wieder – insbesondere bei flächigen Bauteilen (z.B. Wände, Decken) – Luftschall erzeugen. Diese Art von Luftschall wird als abgestrahlter Körperschall bezeichnet und vorliegend beurteilt. Massgebende für die Beurteilung sind die Belastungen in den bewohnten Räumen.

3.1 Belastungsgrenzwerte gemäss BEKS

Die Auswertung der Messergebnisse stützt sich auf die „Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen (BEKS)“ vom 20. Dezember 1999 ab, welche durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Verkehr (BAV) erstellt wurde. Die Liegenschaft befindet sich in der Wohnzone W2. Für die Beurteilung sind die **Immissionsrichtwerte in reiner Wohnzone** massgebend.

| Immissionsrichtwerte | | |
|---|--------------------------------|---------------------------------|
| 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) | 40 | 30 |
| Mischzonen, städtische Kernzonen, ländliche Dorfzonen, Landwirtschaftszonen, vorbelastete reine Wohnzonen | 45 | 35 |

Tabelle 3.1: Immissionsrichtwerte

- 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 22.00 bis 06.00 Uhr jeweils ein L_{eq} – Pegel pro Stunde bestimmt. Der höchste dieser acht Stundenwerte ist massgebend.

¹⁾ Der energieäquivalente Dauerschallpegel oder Miteilungspegel L_{eq} entspricht dem durch den gesamten Zugverkehr (Summe aller Züge aus allen Kategorien) beim Immissionsort über die Beobachtungszeit erzeugten konstanten Pegelwert, der die gleiche Energie zum Empfänger bringt wie ein in der gleichen Zeitspanne schwankender Pegel.

3.2 Jahresdurchschnittliche Zugsfrequenzen

Unter Bezug des Emissionskatasters, resp. der Betriebsdaten der SBB (EK.2000.V01) müssen die messtechnisch erfassten Einzelereignisse (Zugdurchfahrten) auf die jahresdurchschnittlichen Zugsfrequenzen normalisiert werden.

| Zeithorizont | Personenzüge | | Güterzüge | | Total Züge | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Tag | Nacht | Tag | Nacht | Tag | Nacht |
| | 06.00 – 22.00 | 22.00 – 06.00 | 06.00 – 22.00 | 22.00 – 06.00 | 06.00 – 22.00 | 22.00 – 06.00 |
| EK.2000 | 28.00 | 0.00 | 1.42 | 0.00 | 29.42 | 0.00 |
| Züge pro h | 1.75 | 0.00 | 0.09 | 0.000 | 1.84 | 0.00 |

Tabelle 3.2: Jahresdurchschnittliche Zugsfrequenzen

4 Erschütterungen

Bei der Durchfahrt von Schienenfahrzeugen breiten sich die am System Fahrzeug/Schiene entstehenden dynamischen Kräfte im Boden in Form von Wellen in die nähere Umgebung aus. Treffen die mechanischen Schwingungen bei einem Empfänger (z.B. Wohnhaus) ein, so werden das gesamte Gebäude oder Gebäudeteile ebenfalls zu Schwingungen angeregt. Ein Hausbewohner kann somit die vom Bahnverkehr erzeugten Emissionen in seinem Gebäude als Erschütterung (spüren) wahrnehmen. Massgebend für die Beurteilung sind die Belastungen in den bewohnten Räumen.

4.1 Immissionsrichtwerte DIN-4150, Teil 2

Für die Anwendung der DIN 4150/2 werden die ermittelten Schwingungsgrößen frequenzbewertet, es entstehen dadurch sogenannte „KB – Werte“. Jede Zugsvorbeifahrt wird durch einen Wert KB_{Fmax} charakterisiert (maximale, bewertete Schwingstärke), welcher zunächst mit Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert; auf jeden Fall zulässig) oder A_o (oberer Anhaltswert; auf jeden Fall unzulässig) verglichen wird. Liegt KB_{Fmax} dazwischen, dann ist eine Mittelwertbildung KB_{FTm} vorzunehmen, welche als Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTr} (über Beurteilungszeit) mit Anhaltswerten A_r verglichen wird.

Für den vorliegenden Fall (reine Wohnzone, Eisenbahnstrecken) gelten gemäss DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1, Zeile 4 die folgenden Anhaltswerte (siehe DIN 4150, Punkt 6.5.3.5):

- **Tags**

| | | |
|-------|---|------|
| A_u | = | 0.15 |
| A_o | = | 3.00 |
| A_r | = | 0.07 |

4.2 Auswertung der Messdaten „Ist – Zustand“

Einwirkungszeit normalisiert auf den heutigen Zustand (Emissionskataster SBB – EK.2000.V01)

| Messort | KB_{Fmax} Aus Messung | Anhaltswert A_u | | Anhaltswert A_o | | ¹ KB_{FTr} | | Anhaltswert A_r | |
|--------------------|----------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------|-------|
| | | Tag | Nacht | Tag | Nacht | Tag | Nacht | Tag | Nacht |
| Gleis 2 mit Weiche | 0.224 | 0.15 | - | 3.00 | - | 0.022 | - | 0.07 | - |
| Gleis 3 | 0.115 | 0.15 | - | 3.00 | - | 0.005 | - | 0.07 | - |

Tabelle 4.2: Auswertung der Messdaten „Ist-Zustand“

¹ Normalisierte KB_{FTr} – Werte

4.3 Resultatinterpretation / Beurteilung

- Gleis 2 mit Weiche

$$KB_{FTr Tag} \leq A_{r Tag} \Rightarrow 0.022 \leq 0.07 \Rightarrow \text{Ja} \quad \text{Anforderung der Norm sind eingehalten}$$

- Gleis 3

$$KB_{FTr Tag} \leq A_{r Tag} \Rightarrow 0.005 \leq 0.07 \Rightarrow \text{Ja} \quad \text{Anforderung der Norm sind eingehalten}$$

FAZIT: Die Messungen mit der entsprechenden Normalisierung zeigen, dass die Anhaltswerte gemäss der DIN 4150/2 deutlich unterschritten werden. In der Nacht verkehren keine Züge.

5 Detailauswertungen

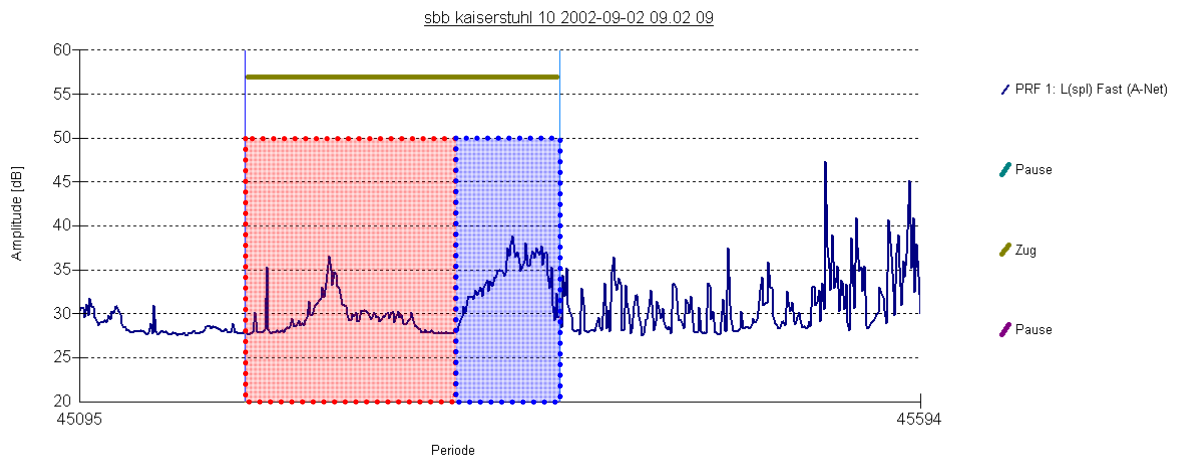
| Auswertung | | Gleis 2 mit Weiche | |
|---|--|--|------------|
| Messausrüstung | Messgerät : <i>Norsonic</i> Type 121, Nr. 22973, Eichung gültig bis 28.06.2004 Kalibrator : <i>Norsonic</i> Sound Calibrator Type 1201 - 114.0 dB - 1000 Hz Eichung gültig bis 29.07.2004 | | |
| Messparameter | Datum: 02.09.2002 Messfenster: 09.00 – 12.45 Uhr Dauer: 225 Minuten | Zeitkonstante: fast Frequenzbewertung: A Akustische Erfassung von: Leq, L _{min} , L _{max} , Spektrum | |
| Auswertung | - Für die Berechnung des Körperschalls werden nur die Terze zwischen 31.5 – 125 Hz berücksichtigt! - Ausgewertet Ereignisse: 8 relevante Zugsdurchfahrten! - Messtechnisch erfasste Durchfahrtszeit: 86 Sekunden (Mittelwert aller Zugsdurchfahrten) | | |
| Körperschall: Terzbandspektrum Zugsdurchfahrt von 09.20 Uhr (Richtung West) | | | |
| | | | |
| Resultat 2.1 | Ereignis – Körperschall 31.5 – 125 Hz | Leq,z' = | 33.0 dB(A) |
| Erschütterung: Schwingungskurve Channel 1 Zugsdurchfahrt von 09.20 Uhr (Richtung West) | | | |
| | | | |
| Resultat 2.1 | Ereignis – Erschütterung | V _{max,z} = | 0.520 mm/s |

| | | | |
|---|--|--|------------|
| Auswertung | Gleis 3 | | |
| Messausrüstung | Messgerät : <i>Norsonic</i> Type 121, Nr. 22973, Eichung gültig bis 28.06.2004 Kalibrator : <i>Norsonic</i> Sound Calibrator Type 1201 - 114.0 dB - 1000 Hz Eichung gültig bis 29.07.2004 | | |
| Messparameter | Datum: 02.09.2002 Messfenster: 12.45 – 16.45 Uhr Dauer: 240 Minuten | Zeitkonstante: fast Frequenzbewertung: A Akustische Erfassung von: Leq, L _{min} , L _{max} , Spektrum | |
| Auswertung | - Für die Berechnung des Körperschalls werden nur die Terze zwischen 31.5 – 125 Hz berücksichtigt! - Ausgewertet Ereignisse: 8 relevante Zugsdurchfahrten! - Messtechnisch erfasste Durchfahrtszeit: 86 Sekunden (Mittelwert aller Zugsdurchfahrten) | | |
| Körperschall: Terzbandspektrum Zugsdurchfahrt von 13.20 Uhr (Richtung West) | | | |
| | | | |
| Resultat 3.1 | Ereignis – Körperschall 31.5 – 125 Hz | Leq,z' = | 26.0 dB(A) |
| Erschütterung: Schwingungskurve Channel 1 Zugsdurchfahrt von 13.20 Uhr (Richtung West) | | | |
| | | | |
| Resultat 3.1 | Ereignis – Erschütterung | V _{max,z} = | 0.199 mm/s |

Pegelschrieb Zug 13 - 15.20 Uhr in Richtung West

Phase 1 Einfahrt bis Stillstand + Wartezeit

Phase 2 Ausfahrt Bahnhof (Lok steht unmittelbar vor dem Haus)



Resultat Gleis 2 mit Weiche

| | | |
|---|------------|------------|
| Leq _{Spektrum} 31.5 - 8'000 Hz = | 32.9 dB(A) | 37.5 dB(A) |
| Leq _{Körperschall} 31.5 - 125 Hz = | 28.9 dB(A) | 34.5 dB(A) |

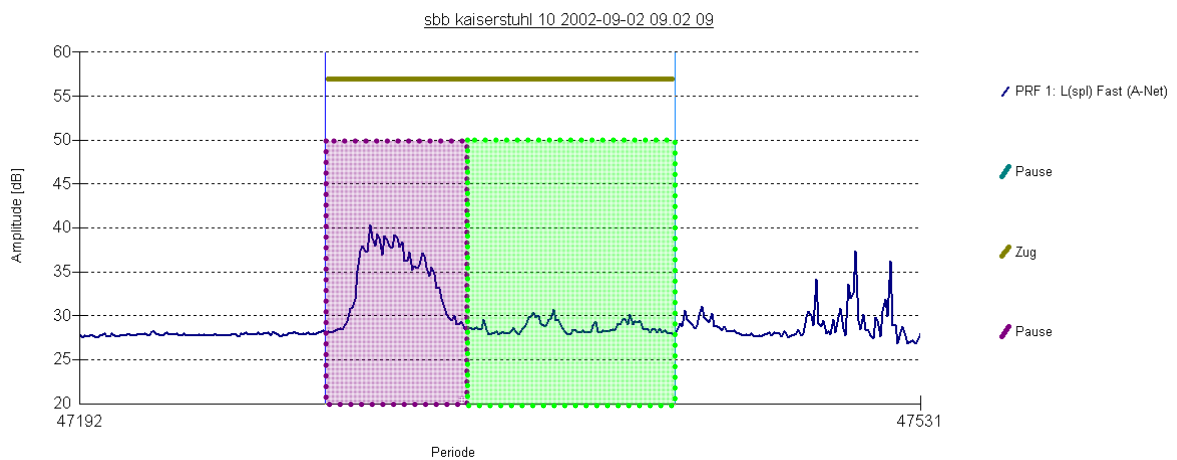
Resultat Gleis 3

| | | |
|---|------------|------------|
| Leq _{Spektrum} 31.5 - 8'000 Hz = | 29.2 dB(A) | 35.4 dB(A) |
| Leq _{Körperschall} 31.5 - 125 Hz = | 21.3 dB(A) | 30.4 dB(A) |

Pegelschrieb Zug 14 - 15.35 Uhr in Richtung Ost

Phase 3 Einfahrt bis Stillstand

Phase 4 Wartezeit + Ausfahrt Bahnhof



Resultat Gleis 2 mit Weiche

Leq_{Spektrum}31.5 – 8'000 Hz = 38.5 dB(A) 29.3 dB(A)
 Leq_{Körperschall}31.5 – 125 Hz = 35.0 dB(A) 18.3 dB(A)

Resultat Gleis 3

Leq_{Spektrum}31.5 – 8'000 Hz = 34.7 dB(A) 29.5 dB(A)
 Leq_{Körperschall}31.5 – 125 Hz = 30.0 dB(A) 20.5 dB(A)

6 Zusammenstellung der Resultate

| Immissionen nach Normalisierung der Zugsfrequenzen | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Geleise | Messwerte (Tagwerte) | Grenzwerte (Tagwerte) | VIBRA-1 (Berechnung) |
| Gleis 3 | | | |
| Erschütterungen | KB _{FTr} = 0.005 | Ar = 0.070 | KB _{FTr} = 0.014 |
| Maximaler Körperschall ² | Leq _{MW} = 16 dB(A) | Leq _{TW} = 40 dB(A) | Leq _{Vibra} = 18 dB(A) |
| Gleis 2 mit Weiche | | | |
| Erschütterungen | KB _{FTr} = 0.022 | Ar = 0.070 | KB _{FTr} = 0.005 |
| Maximaler Körperschall ² | Leq _{MW} = 21 dB(A) | Leq _{TW} = 40 dB(A) | Leq _{Vibra} = 27 dB(A) |

Tabelle 6: Zusammenstellung der Resultate

7 Schlussbemerkungen

Trotz dem subjektiven Gefühl „die Züge fahren einem durch das Haus“, sind die Richtwerte beim den Körperschall- und Erschütterungsmissionen problemlos eingehalten. Der Hauptgrund hierfür sind die sehr geringen Zugsfrequenzen.

² Maximale Belastung = Die einzelnen Phasen (1 – 4) bei den beiden Durchfahrtsrichtungen wird zur Ermittlung des unteren und oberen Körperschallbelastung verwendet. Die Phasen 1 + 4 bilden die minimale Belastung, Phasen 2 + 3 stellen demnach die maximale Belastung dar.