



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
Abteilung Lärmbekämpfung

**Bundesamt für Umwelt BAFU**



# sonRAIL Emission: Webtool des BAFU und der Empa

Version 1.1.4, 01.10.2018

---

## Inhalt

1	Übersicht .....	3
2	Definitionen / Voraussetzungen .....	3
2.1	Definitionen.....	3
2.2	Voraussetzungen.....	3
3	Anmeldung .....	4
4	Fahrzeug-Emissionen .....	6
4.1	Gespeicherte Fahrzeug-Einstellungen.....	7
4.2	Eingabeparameter.....	7
4.2.1	Schienenrauheiten .....	8
4.2.2	Oberbautypen .....	8
4.2.3	Kurve (m).....	10
4.2.4	Brückentyp .....	10
4.2.5	Kategorie .....	10
4.2.6	Baureihe .....	11
4.2.7	Länge .....	11
4.2.8	Anzahl Achsen .....	11
4.2.9	Flachstellen.....	11
4.2.10	Geschwindigkeit.....	11
4.3	Baureihen-Details.....	11
4.4	Resultate (Diagramm) .....	12
4.5	Resultate tabellarisch.....	13
5	Strecken-Emissionen .....	14
5.1	Listenberechnungen/Templates für Listenberechnungen.....	14
5.2	Gespeicherte Strecken-Einstellungen .....	16
5.3	Streckenparameter .....	16
5.4	Metadaten.....	16
5.5	Ergebnisse / Übersicht .....	17
5.6	Zugkomposition.....	18
5.7	Zugdetails .....	19
6	Verwalten .....	20
6.1	Vorlagen Verwalten.....	20
6.2	Templates Herunterladen .....	20
7	Unsicherheitsangabe zum sonRAIL-Webtool.....	21

# 1 Übersicht

Das sonRAIL Webtool des BAFU und der Empa ist eine Web Applikation, mit der Emissionen von einzelnen Eisenbahn-Fahrzeugen und ganzen Streckenabschnitten berechnet werden können. Die Web Applikation löst die bisherige Fahrzeug und Streckenberechnung mit Hilfe von MS Excel ab.

Die Applikation ist gehostet unter der Adresse: <https://sonrail.empa.ch/>. Zur Nutzung der Berechnungsfunktionen ist ein Login auf der Seite notwendig. Dieses kann über einen Link auf der Webseite beantragt werden.

## 2 Definitionen / Voraussetzungen

### 2.1 Definitionen

Leq	Mittelungspegel in dB(A)
LpAeq,T	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel in 7.5 Metern Distanz zur Gleismittewährend der Vorbeifahrtzeit LpAeq,T. LpAeq,T (0m), ..., LpAeq,T (4m), entsprechen den Pegelanteilen der jeweiligen Höhen und LpAeq,T (roll) dem Rollgeräuschanteil und LpAeq,T (tot) dem Gesamtgeräusch.
LwA	Der LwA entspricht auf der Seite Fahrzeug dem A-bewerteten mittleren Schalleistungspegel des Fahrzeuges. Auf der Seite Strecke entspricht der LwA dem A-bewerteten mittleren Schalleistungspegel eines Streckenabschnittes von 1 m Länge für die Zeiträume Tag bzw. Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung. LwA (0m), ..., LwA (4m) entsprechen den Pegelanteilen der jeweiligen Höhen und LwA (roll) dem Rollgeräuschanteil und LwA (tot) dem Gesamtgeräusch.
Lr	Emissionspegel Lr für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung, Anhang 3 bzw. 4.
K1-Korrekturen	Pegelkorrektur K1 für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung, Anhang 3 bzw. 4
Unsicherheiten	Durch eine farbliche Abstufung wird die potentielle Unsicherheit eines Ergebniswertes angegeben. Details sind im Kapitel 7 definiert.
Zugkomposition	Eine Zugkomposition besteht aus 1-n Zugdetails
Zugdetail	Ein Zugdetail beschreibt einen (Trieb-)Wagen eines Zuges.

### 2.2 Voraussetzungen

Zur Nutzung der Webapplikation werden ein Internetzugang sowie ein Browser benötigt.

Das sonRAIL Webtool wurde für folgende Browser getestet:

- Internet Explorer 10.0.6
- Google Chrome 27.0.1453.116
- Mozilla Firefox 22.0

JavaScript muss bei allen Browsern aktiviert sein. Bei Google Chrome und Mozilla Firefox muss zusätzlich der Adobe Flash Player installiert und aktiviert sein.

Zur Weiterverarbeitung von Berechnungsergebnissen wird Microsoft Excel empfohlen.

### 3 Anmeldung

Wenn im Browser die Adresse <https://sonrail.empa.ch/> eingegeben wird, öffnet sich folgendes Fenster:

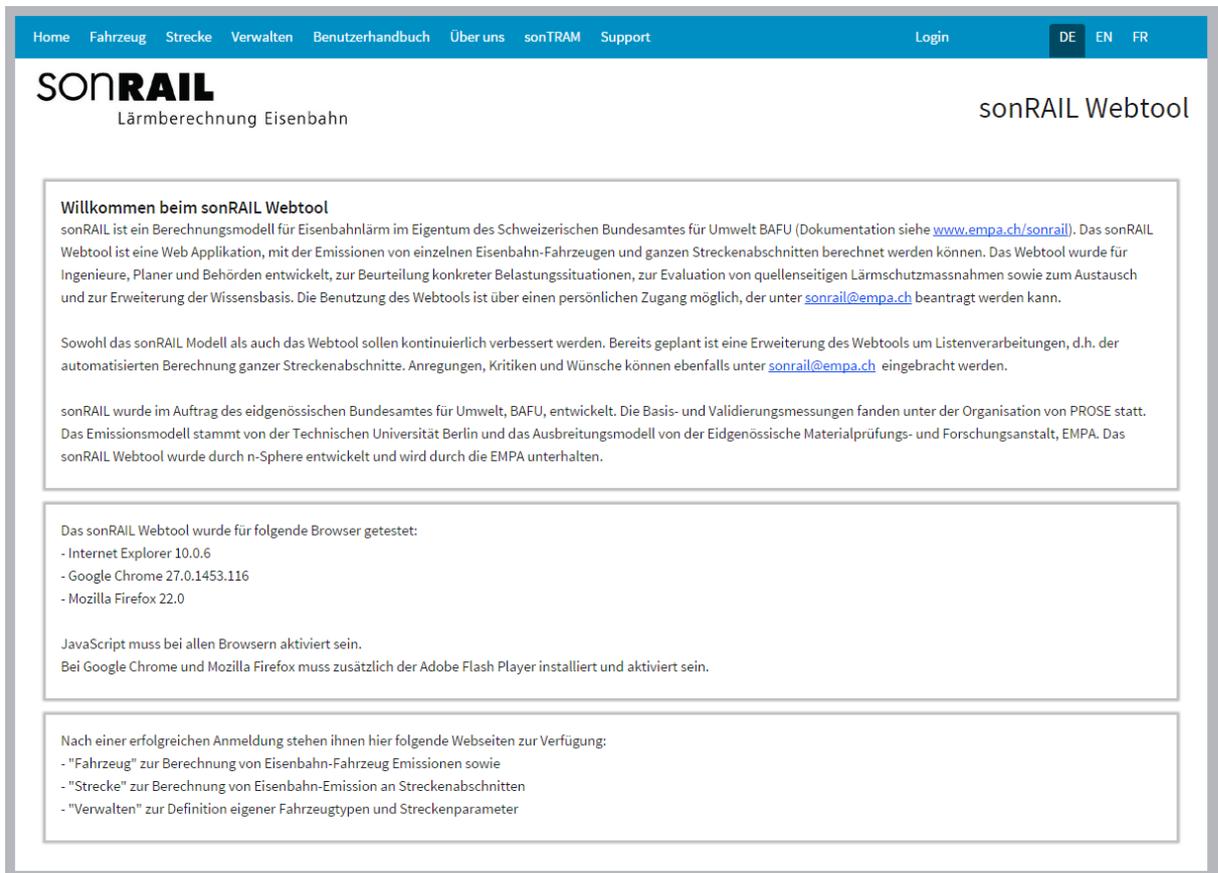


Abbildung 1: Startbildschirm sonRAIL Webtool

Durch einen Klick auf Login oder einer der geschützten Bereiche Fahrzeug, Strecke oder Verwalten in der Menüleiste, erscheint der Anmeldedialog:

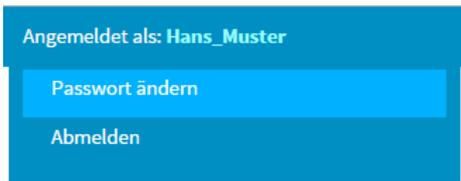


Abbildung 2: Anmeldung sonRAIL Webtool

In den Eingabefeldern „Benutzer“ und „Passwort“ geben Sie die bereitgestellten Login-Daten ein. Sollten Sie Ihr Passwort vergessen haben, können Sie dieses über den Link „Passwort vergessen“ zurücksetzen. Falls Sie noch kein Login erhalten haben, können Sie über den Link „Anmeldung“ eine Mail mit Ihrem Standard-Mailprogramm an den Verwalter der Webtools senden. Nach erfolgreichem Login, stehen Ihnen alle Funktionen des Webtools zur Verfügung.

Nach erfolgter Anmeldung wird im Menü Ihr Benutzername angezeigt.

Wenn Sie die Maus über den Benutzernamen bewegen erscheinen zwei neue Einträge, einer zum Ändern des eigenen Passwortes und einer, um sich vom Webtool abzumelden.



**Abbildung 3: Passwort ändern/abmelden**

## 4 Fahrzeug-Emissionen

Auf dem Reiter „Fahrzeug“ können nach einem erfolgreichen Login Emissionsberechnungen für einzelne Fahrzeuge durchgeführt werden.

Die Seite sieht wie folgt aus:

**Gespeicherte Berechnungseinstellungen**

--- Bitte wählen --- ↑ ↺

**Einstellungen**

Schalldruckpegel LpAeq,T als Terzbandspektren im seitlichen Abstand von 7.5m zur Gleismitte  
 Schallleistung LwA als Terzbandspektren

**Streckenparameter**

Schienenrauheit: Durchschnitt PDF

Oberbautyp: Betonschwelle UIC60 mit Absorber (SSD) PDF

Kurvenradius (m)

Brückentyp: Keine Brücke PDF

**Fahrzeugparameter**

Kategorie: Kat. 1 (Elektrolokomotiven)(22)

Baureihe: Re 420 PDF

Fahrzeuginlänge (m): 14.9      Anzahl Achsen: 4

Geschwindigkeit (km/h): 80      Flachstelle:

**Resultate als Diagramm**

Schalldruckpegel LpAeq,T als Terzbandspektren im seitlichen Abstand von 7.5m zur Gleismitte

**Resultate Tabellarisch**

Frequenz	Schalldruckpegel LpAeq,T als Terzbandspektren im seitlichen Abstand von 7.5m zur Gleismitte						Gesamtpegel
	Spektren der 5 Quellenhöhen					Rollgeräusch	
	LpAeq,T (0 m)	LpAeq,T (0.5m)	LpAeq,T (2m)	LpAeq,T (3m)	LpAeq,T (4m)		
100	48.4	54.2	43.2	36.9	34.4	55.2	55.5
125	53.1	57.9	44.2	37.3	35.5	59.2	59.3
160	59.7	63.8	47.0	40.2	39.8	65.2	65.3
200	63.2	68.7	44.4	44.6	48.4	69.8	69.9
250	66.0	66.4	49.5	50.5	50.0	69.2	69.3
315	67.7	64.0	56.3	52.1	47.9	69.3	69.6
400	69.2	68.6	59.9	55.1	50.5	71.9	72.3
500	71.6	70.7	62.8	52.0	52.4	74.2	74.6
630	69.9	78.5	57.6	52.8	55.2	79.1	79.1
800	68.5	77.9	56.6	53.8	53.8	78.4	78.5
1000	64.7	78.1	59.6	50.4	56.2	78.3	78.4
1250	58.4	79.4	-28.5	50.9	60.1	79.4	79.4
1600	58.4	78.3	61.8	54.3	54.2	78.3	78.5
2000	59.2	78.0	-28.0	54.8	53.8	78.0	78.1
2500	57.2	75.8	-28.0	54.7	54.7	75.9	76.0
3150	62.0	74.2	-27.9	56.1	56.9	74.5	74.6
4000	60.6	71.5	-28.3	56.7	56.7	71.8	72.1
5000	60.0	69.4	-28.6	56.0	54.2	69.9	70.2
6300	57.0	67.7	-28.8	53.8	47.7	68.0	68.2
8000	51.1	64.4	-30.3	52.7	50.9	64.6	65.1
<b>LpAeq,T</b>	<b>78.0</b>	<b>87.4</b>	<b>68.5</b>	<b>66.0</b>	<b>66.8</b>	<b>87.9</b>	<b>88.0</b>
% an Gesamtpegel	10.0	87.4	1.1	0.6	0.8	97.5	100.0

**Baureihe-Details**

Link to Wikipedia: [http://fr.wikipedia.org/wiki/SBB\\_Re\\_420](http://fr.wikipedia.org/wiki/SBB_Re_420)  
 Re 420 Hersteller: SLM, BBC Familie: Einheitslok Bezeichnung: Re 4/4" Vmax: 140 km/h  
 Ursprungsmittelglied von Fzg.-ID 2, unterdurchschnittliche Rollgeräuschabstrahlung wegen der Speichenräder, (spektrale Anpassung über Radrauheit) Valeurs de référence LpA\_tot (7.5 m)\*: 88.4 dB(A) \* Les paramètres suivants ont été utilisés pour le calcul des valeurs de référence: Type de superstructure: Traverses en béton et rails UIC60 sur ballast Rugosité des rails: Moyenne Vitesse: 80 km/h  
sonRAIL Webtool Version: 1.1.2.34700

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben  
 Farbcodierung Unsicherheiten: Gering Mittel Hoch undefiniert  
Resultate in Zwischenablage kopieren

Abbildung 4: Überblick Seite "Fahrzeug"

Die Seite ist so strukturiert, dass im oberen Bereich eigene Fahrzeugberechnungen verwaltet werden können. Unterhalb davon können die Streckenparameter und Fahrzeugeigenschaften gewählt werden können. Im Bereich Akustische Größe kann gewählt werden, ob die Resultate als Schallleistung oder als Schalldruckpegel dargestellt werden sollen und direkt unterhalb werden die Ergebnisse der Berechnung in Form eines Diagramms und als Tabelle visualisiert. Zusätzlich wird unten links eine Beschreibung der gewählten Baureihe dargestellt.

Die Berechnung startet automatisch, sobald sämtliche erforderlichen Parameter angegeben wurden. Eingabeparameter und Ergebnisse werden in den folgenden Unterkapiteln 4.2, 4.4 und 4.5 beschrieben.

#### 4.1 Gespeicherte Fahrzeug-Einstellungen

In diesem Bereich befinden sich Funktionen zur Verwaltung eigener Fahrzeugberechnungen. Je nachdem, ob eine gespeicherte Berechnung ausgewählt ist oder nicht, stehen mehr oder weniger Funktionen zur Verfügung.

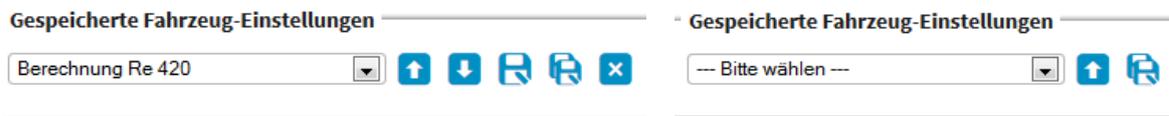


Abbildung 5: Fahrzeug-Einstellungen verwalten

In der Auswahlliste links stehen eigene gespeicherte Fahrzeug-Einstellungen zur Verfügung, die für andere Benutzer nicht sichtbar sind. Über die Schaltflächen rechts davon können neue Einstellung erstellt, runter- oder hochgeladen werden und gelöscht werden.

-  Diese Schaltfläche ermöglicht den Download von Einstellungen und Resultaten im Format Excel.
-  Über diese Schaltfläche können als Excel gespeicherte Einstellungen hochgeladen werden. Als Name der Einstellungen wird der Name der Excel-Datei verwendet.
-  Zum Überschreiben der aktuell geöffneten Einstellungen verwenden Sie diese Schaltfläche.
-  Diese Schaltfläche dient dem Speichern der aktuellen Einstellungen unter einem neuen Namen. Durch einen Klick erscheint folgender Dialog.  



 Nach dem Eingeben eines Namens bestätigen Sie bitte Ihre Angaben erneut mit , oder brechen Sie das Speichern über die Schaltfläche „Abbrechen“ ab.
-  Über diese Schaltfläche können Sie gespeicherte Einstellungen löschen.

#### 4.2 Eingabeparameter

Direkt unterhalb der vordefinierten Einstellungen werden die Eingabeparameter für die Berechnung definiert. Je nach Parametertyp erfolgt die Eingabe über eine Auswahlliste oder eine Textbox. Falls es sich um einen optionalen Parameter handelt ist diesem Parameter ein Kontrollkästchen vorangestellt. Der Parameter fließt nur bei aktiviertem Kontrollkästchen in die Berechnung ein.

*Wenn in einem Textfeld ein Wert eingegeben wird, der nicht interpretiert werden kann, so wird das Feld rot hinterlegt und es kann keine Berechnung gestartet werden.*

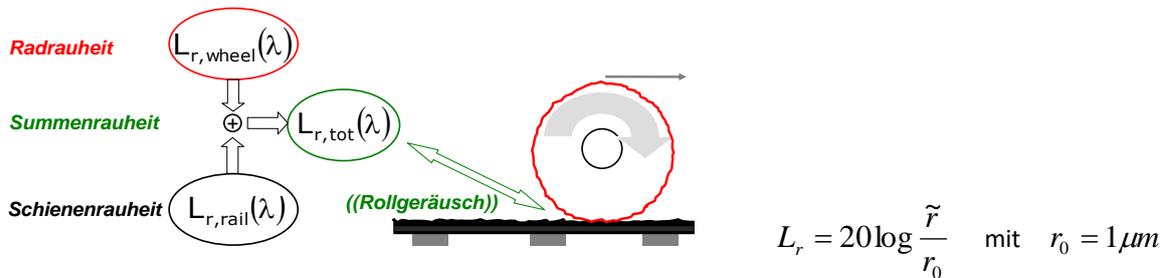
Zu einigen Parametern liegt eine detaillierte Beschreibung vor. Diese wird durch Klick auf den -Button hinter dem Parameter in einem neuen Tab des Browsers geöffnet.

Zwecks besserer Übersichtlichkeit sind die Eingabeparameter in Strecken- und Fahrzeugparameter unterteilt. Die einzelnen Parameter werden im Folgenden beschrieben.

*Auf eine Auflistung der einzelnen Werte wird hier verzichtet, da diese geändert und/oder ergänzt werden können und. Die Beschreibungen zu den vordefinierten Werten kann über den -Button rechtes der jeweiligen Parameter aufgerufen werden.*

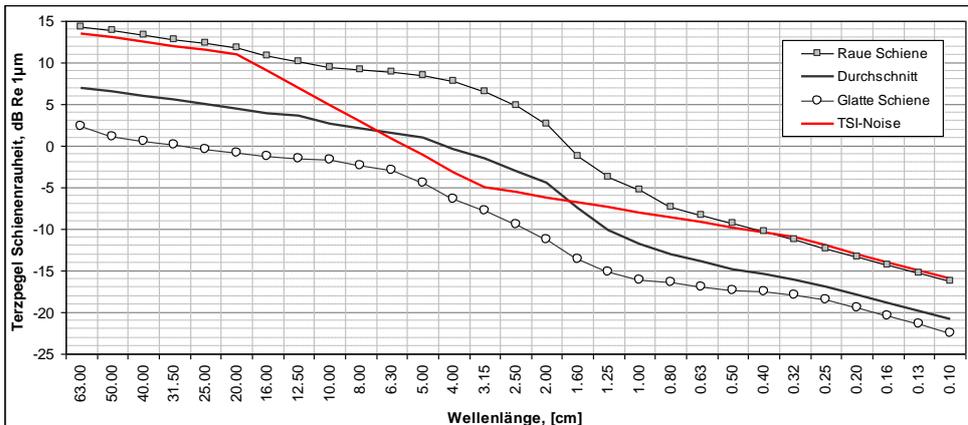
#### 4.2.1 Schienenrauheiten

Das Rollgeräusch wird durch die Rauheiten der Laufflächen von Rädern und Schienen verursacht. Unter Rauheit im akustischen Sinne wird die Oberflächenwelligkeit in einem Bereich zwischen 0.1 cm und 63 cm Wellenlänge verstanden. Die Amplitude der Oberflächenwellen wird in dB angegeben, wobei 0 dB einer Amplitude von 1  $\mu\text{m}$  entspricht. Die Höhe der mechanischen Anregung bzw. des Rollgeräuschs verhält sich proportional zur Höhe der energetischen Summenrauheit von Rad und Schiene. Die Summenrauheit wird durch den Kontaktpartner mit hoher Rauheit bestimmt, d.h. raue Räder (z.B. GG-gebremste Räder) auf glattem Gleis führen zu gleicher Summenrauheit wie glatte Räder (z.B. Scheibengebremste Räder) auf rauem Gleis.



Die mittleren Rauheiten in sonRAIL wurden messtechnisch durch Feldversuche ermittelt und sind kompatibel zu TWINS Berechnungen. Im sonRAIL Webtool stehen folgende vier Schienenrauheitsspektren zur Verfügung.

- Raue Schiene
- Durchschnitt: mittlere Schienenrauheit auf den Schweizerischen Transitrouten
- Glatte Schiene
- Referenzgleis: TSI-Noise



Die Schienenrauheit ist ein für die Berechnung zwingend anzugebender Parameter.

#### 4.2.2 Oberbautypen

Das Rollgeräusch von fahrenden Schienenfahrzeugen hängt zum einen von der mechanischen Anregung durch die Summenrauheiten und zum anderen von der Übertragungseigenschaft bzw. Dämpfung der beteiligten Komponenten ab. Die Übertragungseigenschaften von Oberbautypen hängen vom jeweiligen Schallabstrahlgrad der Bauteile (Schiene, Schwelle) und der Strukturdämpfung der Schiene ab (Abklingrate, Track Decay Rate). Die Schallemissionen von Weichen von den relevanten Oberbautypen wird ebenfalls durch eine entsprechende Transferfunktion bestimmt. Der Einfluss eines Oberbautyps wird in sonRAIL durch eine spezifische Transferfunktion abgebildet, in der Form eines Terzspektrums zwischen 100 und 8000 Hz. Die Wirkung von Schienenstegabschirmung (SSA) und von Schienenstegdämpfern (SSD) wurde bisher vom Oberbautyp mit Betonschwellen und UIC60 Schienen im Schotterbett ermittelt. Es ist daher je ein Oberbautyp "mit Abschirmung (SSA)" und "mit Dämpfung (SSD)" für die Berechnungen enthalten.

Um einen Eindruck für die Schallemission verschiedener Oberbauarten zu bekommen, sind nachfolgend die Unterschiede im Vorbeifahrpegel eines Fahrzeuges mit glatten Rädern bei 80 km/h gegenüber einem

Betonschwellengleis mit UIC60 Schiene im Schotterbett als  $\Delta L$  angegeben. Ein positives  $\Delta L$  bedeutet höhere Geräuschemission, negative  $\Delta L$  geringe Geräuschemission. Die Unterschiede im Geräuschanteil vom Oberbau sind bei Fahrzeugen mit glatten Rädern markanter als bei Fahrzeugen mit rauen Rädern, da hier das Rollgeräusch dominiert.

Die Transferfunktionen in sonRAIL wurden messtechnisch durch Feldversuche ermittelt und sind kompatibel zu TWINS Berechnungen. Im Webtool werden die folgenden Oberbautypen berücksichtigt:

#### Oberbau mit Betonschwellen

- Betonschwelle UIC54 Schiene im Schotterbett.....  $\Delta L = -1$  dB (mit Weiche  $\Delta L = 5$  dB)
- **Betonschwelle UIC60 Schiene im Schotterbett** .....  $\Delta L = 0$  dB (mit Weiche  $\Delta L = 6$  dB)
- Beton Bi-Block UIC54 im Schotterbett .....  $\Delta L = 0$  dB (mit Weiche  $\Delta L = 6$  dB)
- Betonschwelle UIC60 mit Abschirmung (SSA).....  $\Delta L = -2$  dB
- Betonschwelle UIC60 mit Dämpfung (SSD) .....  $\Delta L = -2$  dB
- Betonschwelle UIC60 Schiene mit weicher Zwischenlage\*  $\Delta L = 3$  dB
- Betonschwelle USP hart UIC60 .....  $\Delta L = 1.5$  dB
- Betonschwelle USP weich UIC60 .....  $\Delta L = 3$  dB

#### Oberbau mit Stahlschwellen

- Stahlschwellen UIC54 Schiene im Schotterbett .....  $\Delta L = 2$  dB

#### Oberbau mit Holzschwellen

- Holzschwelle UIC54 Schiene im Schotterbett .....  $\Delta L = -2$  dB (mit Weiche  $\Delta L = 7$  dB)
- Holzschwelle UIC60 Schiene im Schotterbett .....  $\Delta L = 1$  dB (mit Weiche  $\Delta L = 12$  dB)
- Betonschwelle USP hart UIC60 .....  $\Delta L = 1.5$  dB

\* Oberbautypen mit Betonschwellen sind in der Schweiz i.d.R. mit harter Schienenzwischenlage  $S > 700$  kN/mm ausgestattet. Eine weiche Zwischenlage mit  $S < 150$  kN/mm führt zu höheren Geräuschemissionen.

Der Oberbautyp ist ein für die Berechnung zwingend anzugebender Parameter.

### 4.2.3 Kurve (m)

Die Geräuschemissionen im Gleisbogen werden durch eine Vielzahl von Parametern beeinflusst. Analog zum geraden Gleis gilt der Einfluss von Rad- und Schienenrauheiten sowie des Oberbautyps, zusätzlich müssen jedoch noch weitere Einflussparameter beachtet werden: Fahrwerkskonstruktion, Bogenradius, Überhöhung, Geschwindigkeit, Schräglaufwinkel, Quer- und Längsschlupf, Spurkranzanlauf und die Stellung der Radsätze. Diese Vielzahl von Faktoren und deren komplexe Zusammenhänge in Bezug auf die Geräuschemissionen können innerhalb eines Lärmprognosemodells nur vereinfacht dargestellt werden. Im Emissionsmodell wird daher auf die Abbildung der dominierenden Einflussfaktoren Bogenradius, Geschwindigkeit und Fahrzeugtyp fokussiert.

Der Kurvenradius ist ein optionaler Parameter. In dem Textfeld können Werte zwischen 300 und 1000m angegeben werden.

### 4.2.4 Brückentyp

Fahrende Züge verursachen auf Brücken stets höhere Geräuschemissionen als auf freier Strecke unabhängig vom jeweiligen Gleisoberbau. Der Einfluss eines Oberbautyps wird in sonRAIL durch eine spezifische Transferfunktion abgebildet. Sie beschreibt die Übertragung von der mechanischen Anregung über die Summenrauheiten von Rad und Schiene zur Empfangsposition. Die Transferfunktionen der Brücken unterscheiden sich von denen der Oberbautypen auf freier Strecke durch wesentlich höhere Terzpegel im tieffrequenten Bereich zwischen 100 und 2000 Hz.

Um einen Eindruck für die Schallemission verschiedener Brückentypen zu bekommen, sind nachfolgend die Unterschiede im Vorbeifahrpegel eines Fahrzeuges mit glatten Rädern bei 80 km/h gegenüber einem Referenzgleis (Betonschwellengleis mit UIC60 Schiene im Schotterbett) als  $\Delta L$  angegeben. Ein positives  $\Delta L$  bedeutet höhere Geräuschemission, negative  $\Delta L$  geringe Geräuschemission. Die Unterschiede im Geräuschanteil vom Oberbau sind einerseits bei Fahrzeugen mit glatten Rädern markanter als bei Fahrzeugen mit rauen Rädern, da hier das Rollgeräusch dominiert.

Die Transferfunktionen sonRAIL wurden messtechnisch durch Feldversuche ermittelt und sind kompatibel zu TWINS Berechnungen. Im Webtool werden die folgenden Brückentypen berücksichtigt:

#### Betonbrücken

- Beton massiv - Vollplatte mit Schotter .....  $\Delta L = 8$  dB
- Beton massiv - Hohlplatte mit Schotter .....  $\Delta L = 9$  dB
- Stahlbeton mit Gleis im Schotterbett .....  $\Delta L = 8$  dB

#### Stahlbrücken mit Holzschwellen

- Vollplatte mit Schotterbett .....  $\Delta L = 12$  dB
- Vollplatte ohne Schotterbett .....  $\Delta L = 18$  dB
- Vollwandträger mit Schotterbett .....  $\Delta L = 12$  dB
- Vollwandträger ohne Schotterbett .....  $\Delta L = 25$  dB
- Hohlkasten mit Schotterbett .....  $\Delta L = 10$  dB
- Hohlkasten ohne Schotterbett .....  $\Delta L = 16$  dB
- Fachwerk mit Schotterbett .....  $\Delta L = 6$  dB
- Fachwerk ohne Schotterbett .....  $\Delta L = 19$  dB

#### Referenzoberbau

- Betonschwelle UIC60 Schiene im Schotterbett .....  $\Delta L = 0$  dB

### 4.2.5 Kategorie

Die Kategorie muss zwingend ausgewählt werden. Eine (Baureihen-)Kategorie ist ein Vorselektionskriterium für die Baureihe. Sie wurde eingeführt, da die komplette Auflistung aller Baureihen zu unübersichtlich ist. Beim Wechsel einer Kategorie wird daher die Menge der auswählbaren Baureihen eingeschränkt.

#### 4.2.6 Baureihe

Die Baureihe (Synonym: Fahrzeugtyp) ist ebenfalls ein Pflichtparameter. Durch die Auswahl einer Baureihe werden automatisch die beiden folgenden Parameter Länge und Anzahl Achsen mit einem in der Datenbank definierten Standardwert gesetzt.

#### 4.2.7 Länge

Die (Fahrzeug-)Länge ist ein Pflicht-Eingabeparameter und wird anhand der Baureihe mit einem Standardwert gesetzt. Dieser Standardwert kann manuell durch Eingabe in dem Textfeld angepasst werden.

*Achtung: Bei einem Wechsel der Baureihe werden manuelle Anpassungen durch den Standardwert der neuen Baureihe überschrieben*

#### 4.2.8 Anzahl Achsen

Die Anzahl Achsen ist wie die Länge ein Pflicht-Eingabeparameter und wird ebenfalls anhand der Baureihe mit einem Standardwert gesetzt. Dieser Standardwert kann manuell durch Eingabe in dem Textfeld angepasst werden.

*Achtung: Bei einem Wechsel der Baureihe werden manuelle Anpassungen durch den Standardwert der neuen Baureihe überschrieben*

#### 4.2.9 Flachstellen

Flachstellen ist ein optionaler Parameter für die Emissionsberechnung. Wenn das Kontrollkästchen aktiv ist, dann werden Flachstellen in der Berechnung berücksichtigt. Bei der Fahrzeugberechnung ist es nicht möglich, detailliertere Angaben zu den Flachstellen zu machen.

#### 4.2.10 Geschwindigkeit

Dieser Pflichtparameter gibt die Geschwindigkeit des Fahrzeugs an, mit der sich das Fahrzeug bewegt. Es ist zu beachten, dass die Unsicherheiten in der Berechnung bei geringen Geschwindigkeiten (< 30 km/h) deutlich zunehmen.

### 4.3 Baureihen-Details

**Baureihe-Details**

Link to Wikipedia: [http://de.wikipedia.org/wiki/SBB\\_Re\\_420](http://de.wikipedia.org/wiki/SBB_Re_420)  
Re 420 Hersteller: SLM, BBC Familie: Einheitslok Bezeichnung: Re 4/4'' Vmax: 140 km/h  
Ursprungsmittglied von Fzg.-ID 2, unterdurchschnittliche Rollgeräuschabstrahlung wegen  
der Speichenräder, (spektrale Anpassung über Radrauheit) Referenzwert LpA\_tot (7.5 m)\*:  
88.4 dB(A) \* Für Referenzwerte verwendete Einstellungen: Oberbautyp: Betonschwelle  
UIC60 Schiene im Schotterbett Schienenrauheit: Durchschnitt Geschwindigkeit: 80 km/h  
sonRAIL Webtool Version: 1.1.0.0

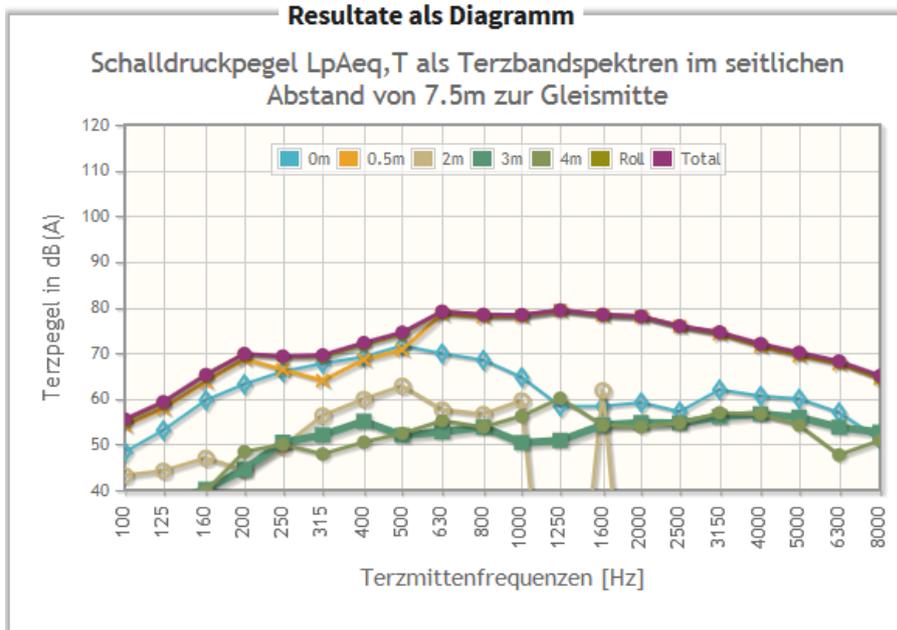
**Abbildung 6: Baureihe-Details**

Bei den Baureihen-Details wird ein Link auf eine Wikipedia Seite mit weitergehenden Informationen zur aktuell gewählten Baureihe eingeblendet. Wenn auf den Link geklickt wird, öffnet sich die entsprechende Hilfeseite in einem neuen Reiter des Browsers.

In dem Textblock unter dem Link wird ein kurzer erläuternder Text gezeigt.

#### 4.4 Resultate (Diagramm)

Nachdem eine Berechnung erfolgt ist, werden die Ergebnisse wie in folgender Abbildung gezeigt visualisiert.



**Abbildung 7: Diagramm Resultate**

Die beiden Skalen des Diagramms sind fix definiert. Im Diagramm werden 7 Linien angezeigt. Diese repräsentieren die Terzpegel nach Terzfrequenzen für 5 Quellhöhen sowie die Roll- und die Totalemissionen.

Eine Linie kann ein- und ausgeblendet werden, in dem auf den entsprechenden Eintrag in der Linie geklickt wird.

In Abhängigkeit der unter Akustische Grösse gewählten Einstellungen werden die Emissionen als Schalldruckpegel in 7.5 Metern Distanz zur Gleismitte, oder als Schalleistungspegel dargestellt.

#### 4.5 Resultate tabellarisch

Rechts des Diagramms werden die Resultate in tabellarischer Form aufgelistet.

Resultate Tabellarisch							
Frequenz	Schalldruckpegel $L_{pAeq,T}$ als Terzbandspektren im seitlichen Abstand von 7.5m zur Gleismitte						
	Spektren der 5 Quellenhöhen					Rollgeräusch	Gesamtpegel
	$L_{pAeq,T}$ (0 m)	$L_{pAeq,T}$ (0.5m)	$L_{pAeq,T}$ (2m)	$L_{pAeq,T}$ (3m)	$L_{pAeq,T}$ (4m)	$L_{pAeq,T}$ (roll)	$L_{pAeq,T}$ (tot)
100	48.4	54.2	43.2	36.9	34.4	55.2	55.5
125	53.1	57.9	44.2	37.3	35.5	59.2	59.3
160	59.7	63.8	47.0	40.2	39.8	65.2	65.3
200	63.2	68.7	44.4	44.6	48.4	69.8	69.9
250	66.0	66.4	49.5	50.5	50.0	69.2	69.3
315	67.7	64.0	56.3	52.1	47.9	69.3	69.6
400	69.2	68.6	59.9	55.1	50.5	71.9	72.3
500	71.6	70.7	62.8	52.0	52.4	74.2	74.6
630	69.9	78.5	57.6	52.8	55.2	79.1	79.1
800	68.5	77.9	56.6	53.8	53.8	78.4	78.5
1000	64.7	78.1	59.6	50.4	56.2	78.3	78.4
1250	58.4	79.4	-28.5	50.9	60.1	79.4	79.4
1600	58.4	78.3	61.8	54.3	54.2	78.3	78.5
2000	59.2	78.0	-28.0	54.8	53.8	78.0	78.1
2500	57.2	75.8	-28.0	54.7	54.7	75.9	76.0
3150	62.0	74.2	-27.9	56.1	56.9	74.5	74.6
4000	60.6	71.5	-28.3	56.7	56.7	71.8	72.1
5000	60.0	69.4	-28.6	56.0	54.2	69.9	70.2
6300	57.0	67.7	-28.8	53.8	47.7	68.0	68.2
8000	51.1	64.4	-30.3	52.7	50.9	64.6	65.1
<b><math>L_{pAeq,T}</math></b>	<b>78.0</b>	<b>87.4</b>	<b>68.5</b>	<b>66.0</b>	<b>66.8</b>	<b>87.9</b>	<b>88.0</b>
% an Gesamtpegel	10.0	87.4	1.1	0.6	0.8	97.5	100.0

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben  
 Farbcodierung Unsicherheiten: Gering Mittel Hoch undefiniert

Resultate in Zwischenablage kopieren

Abbildung 8: Tabellarische Resultate Fahrzeug

In der Tabelle ist zu beachten, dass anhand der Farbe des Wertes abgelesen werden kann, mit welcher Unsicherheit der Wert behaftet ist (Zu Unsicherheiten siehe Kapitel 7).

## 5 Strecken-Emissionen

Auf der Seite Strecken können die Lärm-Emissionen für Bahnstrecken berechnet werden. Dazu werden die Zugkompositionen gebildet, welche den Streckenabschnitt befahren.

Zu den einzelnen Zugkompositionen können unter Zugdetails jeweils die Zugszusammensetzungen definiert werden.

**Listenberechnungen**

Excel Datei

Gezippte FileGDB

**Templates für Listenberechnungen**

Excel Datei

Gezippte FileGDB

**Gespeicherte Berechnungseinstellungen**

--- Bitte wählen ---

**Streckenparameter**

Schienenrauheit:

Oberbautyp:

Kurvenradius (m)

Brückentyp:

**Metadata**

Projekt

Strecke

Gemeinde

Kilometer

Datum

Bearbeiter

Bemerkung

**Resultate/Übersicht**

Berechnen	# Züge	Leq (7.5m)	K1-Korrekturen	Lr,e (1m)	Lr (7.5m)	LwA
Tag	2	55.5	-15	49.7	40.5	62.1
Nacht	2	58.5	-15	52.7	43.5	65.1

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben

Farbcodierung Unsicherheiten: Gering Mittel Hoch Undefiniert

Resultate in Zwischenablage kopieren
Tabellarische Resultate einblenden

**Zugkompositionen**

Zugtyp der neuen Zugkomposition:

Zugtyp	Länge (m)	Komposition	# Züge Tag	# Züge Nacht	Geschw. (km/h)	Leq Tag (7.5m)	Leq Nacht (7.5m)	LpAeq,T (7.5m)
Ferngüterzug	333.4	Ferngüterzug	1	1	80	55.1	58.1	87.9
Interregio	278.9	Interregio	1	1	80	45.2	48.2	79.5

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben

**Zugdetails**

Komposition	Kategorie	Baureihe	# Fahrzeuge	Flachstellen (%)	Länge (m)	# Achsen	Leq Tag (7.5m)	Leq Nacht (7.5m)	LpAeq,T (7.5m)
Ferngüterzug	Kat. 1 (Elektrc)	Re 420	1	0	14.9	4	41.7	44.7	88
Ferngüterzug	Kat. 1 (Elektrc)	Re 460	1	0	18.5	4	35.7	38.7	81.6
Ferngüterzug	Kat. 6 (Güterv)	Offener Güter	5	0	15	4	41.4	44.4	80.7
Ferngüterzug	Kat. 6 (Güterv)	Offener Güter	15	0	15	4	54.6	57.6	89.1
Interregio	Kat. 1 (Elektrc)	Re 420	1	0	14.9	4	41.7	44.7	88
Interregio	Kat. 5 (Reisez)	EW IV A, AS,	5	0	26.4	4	37.6	40.6	75.7
Interregio	Kat. 5 (Reisez)	Bpm RIC	5	0	26.4	4	41.1	44.1	79.2

Abbildung 9: Überblick Seite "Strecke"

### 5.1 Listenberechnungen/Templates für Listenberechnungen

Mittels der Listenberechnungsfunktionalität können die Emissionen verschiedener Strecken in einem Durchgang berechnet werden. Zur Definition der Streckeneigenschaften und Verkehrszahlen stehen Templates

zur Verfügung. Wahlweise können die Daten in einer Excel-Datei oder mittels Esri ArcGIS in einer FileGDB definiert werden. Die dazu benötigten Templates können über die Schaltflächen  im Bereich „*Templates für Listenberechnung*“ heruntergeladen werden. Über die Schaltflächen  im Bereich „*Listenberechnung*“ können befüllte Excel-Dateien und gezippte FileGDB's hochgeladen werden. Nach dem Hochladen werden die Berechnungen automatisch gestartet und nach Beendigung der Berechnungen eine E-Mail mit einem Link zum Download der Resultate versendet.

## 5.2 Gespeicherte Strecken-Einstellungen

In diesem Bereich befinden sich Funktionen zur Verwaltung eigener Streckenberechnungen. Je nachdem, ob eine gespeicherte Berechnung ausgewählt ist oder nicht, stehen mehr oder weniger Funktionen zur Verfügung.



**Abbildung 10: Strecken-Einstellungen verwalten**

In der Auswahlliste links stehen eigene gespeicherte Strecken-Einstellungen zur Verfügung, die für andere Benutzer nicht sichtbar sind. Über die Schaltflächen rechts davon können neue Einstellungen erstellt, runter- oder hochgeladen werden und gelöscht werden.

-  Diese Schaltfläche ermöglicht den Download von Einstellungen und Resultaten im Format Excel.
-  Über diese Schaltfläche können als Excel gespeicherte Einstellungen hochgeladen werden. Als Name der Einstellungen wird der Name der Excel-Datei verwendet.
-  Zum Überschreiben der aktuell geöffneten Einstellungen verwenden Sie diese Schaltfläche.
-  Diese Schaltfläche dient dem Speichern der aktuellen Einstellungen unter einem neuen Namen. Durch einen Klick erscheint folgender Dialog:
 

 Abbrechen

Nach dem Eingeben eines Namens bestätigen Sie bitte Ihre Angaben erneut mit , oder brechen Sie das Speichern über die Schaltfläche „Abbrechen“ ab.
-  Über diese Schaltfläche können Sie gespeicherte Einstellungen löschen.

## 5.3 Streckenparameter

Als Streckenparameter sind die folgenden 4 Eingaben zu definieren

- Schienenrauheiten
- Oberbautypen
- Kurve
- Brückentyp

## 5.4 Metadaten

Die Metadaten können optional ausgefüllt werden. Da Sie beim Kopieren in die Zwischenablage übernommen werden, unterstützen Sie den Anwender bei der Dokumentation seiner Arbeiten mit dem sonRAIL Webtool.

## 5.5 Ergebnisse / Übersicht

Die Tabelle zeigt das Gesamtergebnis der Emissionsberechnung für den Streckenabschnitt. Dabei werden die Streckenparameter sowie die aktiven Zugkompositionen /Zugdetails in der Berechnung berücksichtigt.

Resultate/Übersicht						
Berechnen	# Züge	Leq (7.5m)	K1-Korrekturen	Lr,e (1m)	Lr (7.5m)	LwA
Tag	2	55.5	-15	49.7	40.5	62.1
Nacht	2	58.5	-15	52.7	43.5	65.1

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben

Farbcodierung Unsicherheiten: Gering Mittel Hoch undefiniert

Resultate in Zwischenablage kopieren      Tabellarische Resultate einblenden

**Abbildung 11: Resultate der Streckenberechnung**

Die Berechnung der Emissionswerte wird durch Klick auf die Schaltfläche „Berechnen“ gestartet. Dadurch werden sowohl die Gesamtemissionen, als auch die Emissionen der Zugkompositionen / der Zugdetails berechnet.

In der Tabelle mit den Gesamtergebnissen werden folgende Informationen unterteilt nach Tag und Nacht gezeigt:

- # Züge: Die Anzahl der Zugkompositionen, die in dem Zeitintervall den Streckenabschnitt passieren
- Leq (7.5m): Mittelungspegel in 7.5 m Distanz zur Fahrbahnmitte (dB[A]).
- K1-Korrekturen: Pegelkorrektur K1 für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung, Anhang 4
- Lr,e (1m): Emissionspegel Lr,e für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung, Anhang 4 in 1m Distanz zur Fahrbahnmitte.
- Lr (7.5m): Emissionspegel Lr für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung, Anhang 4 in 7.5 m Distanz zur Fahrbahnmitte.
- LwA: Energieäquivalenter mittlerer Schalleistungspegel für die Zeiträume Tag und Nacht gemäss Schweizerischer Lärmschutzverordnung.

*Tag Beschreibt den Zeitraum von 06:00 –22:00, Nacht den Zeitraum vom 22:00 – 06:00*

Über die Schaltfläche „Resultate in Zwischenablage“ kopieren, können die Resultate kopiert und beispielsweise in eine Excel-Tabelle eingefügt werden.

## 5.6 Zugkomposition

Der Bereich Zugkompositionen wird in der Benutzeroberfläche in Folgender Tabelle gezeigt.

Zugkompositionen									
Zugtyp der neuen Zugkomposition: <input type="text" value="Interregio"/> <span>+</span>									
	Zugtyp	Länge (m)	Komposition	# Züge Tag	# Züge Nacht	Geschw. (km/h)	Leq Tag (7.5m)	Leq Nacht (7.5m)	LpAeq,T (7.5m)
<input checked="" type="checkbox"/> <span>+</span> <span>x</span>	Ferngüterzug	333.4	Ferngüterzug	1	1	80	55.1	58.1	87.9
<input checked="" type="checkbox"/> <span>+</span> <span>x</span>	Interregio	278.9	Interregio	1	1	80	45.2	48.2	79.5

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben

Abbildung 12: Tabelle Zugkompositionen

Eine neue Zugkomposition kann mit Hilfe der Schaltfläche + oberhalb der Tabelle ergänzt werden. Dazu ist zuerst der Zugtyp der zu ergänzenden Zugkomposition in der Auswahlliste auszuwählen. Durch anschließenden Klick auf die Schaltfläche + wird eine neue Zugkomposition in der Tabelle ergänzt. Die Attribute, sowie die Zugdetails der Komposition werden anhand von Default-Definitionen gesetzt. Diese können in der Tabelle editiert werden.

Die Tabelle hat folgende Spalten:

- Aktivierung: Durch Deaktivierung des Kontrollkästchens kann die Zugkomposition von der Berechnung ausgeschlossen werden.
- Steuerung:  + x ↓
  - o Über die Checkbox  definieren Sie, ob die Zugkomposition bei der Berechnung berücksichtigt werden soll
  - o Mit der Schaltfläche „Klon“ + wird ein Duplikat der Zugkomposition (inkl. Duplikaten der Zugdetails) erstellt
  - o Mit x wird die Zugkomposition inklusive der Zugdetails entfernt
  - o Über ↓ springen Sie zu den Zugdetails des entsprechenden Komposition
- Zugtyp: Der Zugtyp der Komposition wird beim Erstellen der Komposition definiert. Er kann nachträglich nicht geändert werden.
- Länge: Die Länge der Komposition ergibt sich aus der Addition der Längen aller Zugdetails der Komposition.
- Komposition: Dieses Feld enthält den Namen der Komposition. Als Name wird standardmässig der Zugtyp verwendet. Dieser sollte nach der Erstellung angepasst werden, da durch den Namen die Zugdetails identifiziert werden.
- # Züge Tag: Die Anzahl der Züge, die den Streckenabschnitt am Tag passieren.
- # Züge Nacht: Die Anzahl der Züge, die den Streckenabschnitt in der Nacht passieren.
- Geschwindigkeit: Die Geschwindigkeit in km/h, mit der die Zugkomposition den Streckenabschnitt passiert.

Spalten mit Lärmwerten. Diese werden bei einem Klick auf „Berechnen“ befüllt. Durch die Farbcodierung der Werte wird die Unsicherheit der Werte klassifiziert

- Leq,e Tag (7.5m): Der Mittelungspegel der Zugkomposition für den Tag
- Leq,e Nacht (7.5m): Der Mittelungspegel der Zugkomposition für die Nacht
- LpAeq,T tot (7.5m): A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel während der Vorbeifahrtzeit T

*Alle Änderungen mit Ausnahme von Namensanpassungen setzen die berechneten Ergebnisse zurück. Um die Emissionen für die aktuelle Konfiguration zu berechnen, muss erneut auf „Berechnen“ unter „Resultate/Übersicht“ geklickt werden.*

## 5.7 Zugdetails

Zugdetails											
	Komposition	Kategorie	Baureihe	# Fahrzeuge	Flachstellen (%)	Länge (m)	# Achsen	Leq Tag (7.5m)	Leq Nacht (7.5m)	LpAeq,T (7.5m)	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Ferngüterzug	Kat. 1 (Elektrc)	Re 420 	1	0	14.9	4	41.7	44.7	88	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Ferngüterzug	Kat. 1 (Elektrc)	Re 460 	1	0	18.5	4	35.7	38.7	81.6	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Ferngüterzug	Kat. 6 (Güterv)	Offener Güter 	5	0	15	4	41.4	44.4	80.7	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Ferngüterzug	Kat. 6 (Güterv)	Offener Güter 	15	0	15	4	54.6	57.6	89.1	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Interregio	Kat. 1 (Elektrc)	Re 420 	1	0	14.9	4	41.7	44.7	88	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Interregio	Kat. 5 (Reisez)	EW IV A, AS, 	5	0	26.4	4	37.6	40.6	75.7	
<input checked="" type="checkbox"/>  	Interregio	Kat. 5 (Reisez)	Bpm RIC 	5	0	26.4	4	41.1	44.1	79.2	

Alle Schallemissionen sind in der Einheit dB(A) angegeben

Abbildung 13: Tabelle Zugdetails

Ein Zugdetail gehört immer zu einer Zugkomposition. Diese wird anhand eines eindeutigen Schlüssels referenziert.

Die Tabelle hat folgende Spalten:

- Steuerung:   
  - o Über die Checkbox  definieren Sie, ob die Baureihe bei der Berechnung berücksichtigt werden soll
  - o Mit der Schaltfläche „Klon“  wird ein Duplikat des Zugdetails erstellt. Dieses wird automatisch der gleichen Zugkomposition zugeordnet.
  - o Mit  wird die Baureihe aus der Komposition gelöscht.
- Komposition: Name der Zugkomposition, zu der das Zugdetail gehört.
- Kategorie: In der Auswahlliste stehen (Baureihen-) Kategorien zur Verfügung. Wird eine Kategorie ausgewählt, wird die Auswahlliste Baureihe mit den zur gewählten Kategorie gehörenden Baureihen gefüllt.
- Baureihe: Definiert die Baureihe des Zugdetails. Durch die Auswahl einer Baureihe werden automatisch die Angaben in den Spalten Länge und Anzahl Achsen angepasst. Mit Hilfe des  Buttons wird eine WIKI Seite mit detaillierten Informationen zur Baureihe in einem neuen Reiter des Browsers geöffnet.
- # Fahrzeuge: Gibt die Anzahl der Fahrzeuge an, die sich in der Zugkomposition befinden.
- Flachstellen (%): Gibt den Grad der Flachstellen an, die bei der Emissionsberechnung zu berücksichtigen sind.
- Länge: Gibt die Länge der Baureihe an. Im Gegensatz zur Seite „Fahrzeug“ kann sie hier nicht angepasst werden.
- # Achsen: Gibt die Anzahl der Achsen von der Baureihe an. Im Gegensatz zur Seite „Fahrzeug“ kann sie hier nicht angepasst werden.

Spalten mit Lärmwerten. Diese werden bei einem Klick auf „Ergebnisse berechnen“ befüllt. Durch die Farbcodierung der Werte wird die Unsicherheit der Werte klassifiziert

- Leq,e Tag (7.5m): Der Mittelungspegel der Baureihe für den Tag
- Leq,e Nacht (7.5m): Der Mittelungspegel der Baureihe für die Nacht
- LpAeq,T tot (7.5m): A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel während der Vorbeifahrtzeit T

*Alle Änderungen setzen die berechneten Ergebnisse zurück. Um die Emissionen für die aktuelle Konfiguration zu berechnen, muss erneut auf „Ergebnisse berechnen“ unter „Ergebnisse/Übersicht“ geklickt werden.*

## 6 Verwalten

Auf dem Reiter „Verwalten“ können nach einem erfolgreichen Login eigene Schienenrauheiten, Oberbautypen, Brückentypen, Baureihen und Zugkompositionen verwaltet werden.

Die Seite sieht wie folgt aus:

The screenshot shows a web interface with two main panels. The left panel, titled 'Vorlagen Verwalten', contains a list of settings for rail parameters. Each setting has a dropdown menu, a download icon (down arrow), a delete icon (X), and an upload icon (up arrow). The settings are: Schienenrauheit (Durchschnitt), Oberbautyp (Betonschwelle UIC60 mit Absorber (SSD)), Brückentyp (Beton massiv - Hohlplatte mit Schotter (Δ)), Baureihe (Re 420), and Zugkompositionen (Eurocity). The right panel, titled 'Templates Herunterladen', contains a list of Excel templates for download, each with a download icon and a label: Schienenrauheit, Oberbautyp, Brückentyp, Baureihe, and Zugkompositionen. Below the panels, the text 'sonRAIL web tool version: 1.1.0.0' is visible.

**Abbildung 14: Überblick Seite "Verwalten"**

Im linken Bereich der Seite finden Sie die Funktionen zum Download bestehender Definitionen und zum Verwalten der eigenen Vorlagen. Im rechten Teil der Seite finden Sie die Excel-Templates zur Definition neuer Vorlagen.

### 6.1 Vorlagen Verwalten

-  Diese Schaltfläche ermöglicht den Download von Einstellungen im Format Excel. Diese Einstellungen können als Vorlage zur Erstellung weiterer
-  Über diese Schaltfläche können als Excel gespeicherte Einstellungen hochgeladen werden. Namen und Anzeigenamen der Einstellungen müssen eindeutig sein.
-  Über diese Schaltfläche können Sie eigene gespeicherte Einstellungen löschen.

### 6.2 Templates Herunterladen

Alternativ zum Download von bestehenden Schienenrauheiten, Oberbautypen, Brückentypen, Baureihen und Zugkompositionen, können über die Schaltflächen  auch leere Excel-Templates zur Erstellung neuer Vorlagen heruntergeladen werden. Bei den Zugkompositionen bietet diese Variante den Nachteil, dass keine eigenen Baureihen zur Verfügung stehen.

## 7 Unsicherheitsangabe zum sonRAIL-Webtool

1. Jeder Teilquelle in der Emissionsdatenbank (Tabellen 0001\_sec\_source\_option2.2.xlsx und 0001\_sec\_source\_option3.1.xlsx) wird eine der vier nachfolgenden Kategorien zur Einschätzung der Datenqualität zugeordnet (die Beschreibung kann und soll noch verbessert werden):
  - a) Genaue Messung
  - b) Genaue Berechnung (z.B. mit TWINS)
  - c) Messung mit unvollständigen und ergänzten Daten bzw. teilweise unbekanntem Einflussgrößen
  - d) Prognoserechnung

2. Die vier Kategorien sind mit einer Einschätzung der Unsicherheit der Emissionsdaten verknüpft. Folgende Werte werden im Sinne einer Standardabweichung vorgeschlagen:

- |                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| a) Genaue Messung:               | 0.5 dB(A) |
| b) Genaue Berechnung:            | 1.0 dB(A) |
| c) Messung reduzierter Qualität: | 2.0 dB(A) |
| d) Prognoserechnung:             | 3.0 dB(A) |

Die Genauigkeitsangabe für Kategorie a) entspricht den Vorgaben für die Emissionsdaten, wie sie im sonRAIL-Projekt formuliert worden waren. Die übrigen Angaben sind Schätzungen.

3. Die obigen Schätzungen der Aussageunsicherheit gehen von gewissen Annahmen aus. Die Benutzer sollen deshalb auf folgende Einschränkungen hingewiesen werden: „Die Genauigkeitsangabe bildet nur die Unsicherheit der Emissionsdaten in Kombination mit dem sonRAIL-Emissionsmodell bei Fahrt auf offener Strecke ab. Fehler und Ungenauigkeiten bei der Modellierung, beispielsweise bei einer unbekanntem Schienenrauheit, werden nicht abgebildet. Zusätzlich ist bei Weichen, Brücken und Kurven mit einer grösseren Unsicherheit zu rechnen.“
4. Von jeder der fünf Teilquellen pro Fahrzeug wird der Beitrag zum Vorbeifahrtspegel in 7.5m Abstand in dB(A) bzw. zum Beurteilungspegel in 1 m Abstand berechnet.
5. Aus den Beiträgen der fünf Teilquellen pro Fahrzeug und den zugeordneten Unsicherheiten wird unter Verwendung der nachfolgenden Formel die Unsicherheit des 7.5m-Vorbeifahrtspegels bzw. des 1m-Beurteilungspegels abgeleitet:

$$s = \frac{\sqrt{\sum (s_n \cdot 10^{0.1 \cdot L_n})^2}}{\sum 10^{0.1 \cdot L_n}}$$

$s$  bezeichnet dabei die Standardabweichung der energetischen Summe, mit  $L_n$  als den summierten Pegeln und  $s_n$  den zugeordneten Standardabweichungen. [Quelle: W. Probst, U. Donner, "Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose", Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Vol. 49 Nr. 3 (Mai 2002)].

6. Unter Verwendung der gleichen Formel wird die Unsicherheit ganzer Züge und in einem weiteren Schritt ganzer Streckenabschnitte bestimmt.

7. Die resultierenden Standardabweichungen sind im Webtool nicht als Zahlen ausgewiesen, sondern farblich codiert:
- a)  $s \leq 1$  dB(A) Blau
  - b)  $1 < s \leq 2$  dB(A) Orange
  - c)  $2 < s$  Violet