



Aktenzeichen: atr / BAV-522.31-00003/00004

Robert Attinger, August 2017

Eisenbahnlärm

Berechnungsmodelle Emissionen

Inhalt

1 Einleitung	2
2 SEMIBEL.....	2
3 sonRAIL.....	3
4 sonRAIL, Fitting durch SEMIBEL, SEMIBEL(sonRAIL)	3
Literatur	5



1 Einleitung

Die nachstehende Beschreibung der in der Schweiz verwendeten Berechnungsmodelle soll die detaillierten Modelldokumentationen nicht ersetzen. Sie soll es dem Anwender dagegen erlauben, sich einen Überblick über die eingesetzten Modelle und deren Anwendung zu verschaffen.

Die heute verfügbaren Lärmwerte der Eisenbahn wurden überwiegend mit den Modellen SEMIBEL [1] und sonRAIL [2] ermittelt. Beide Modelle weisen einen Emissions- und einen Ausbreitungsteil auf. Das Modell SEMIBEL wurde 1990 publiziert. Die Lärmsanierung der Eisenbahnen bis 2015 beruht weitgehend auf diesen Modellwerten.

Nach umfangreichen Entwicklungsarbeiten wurde 2010 das Modell sonRAIL publiziert. Es berücksichtigt die akustischen Eigenschaften des neueren Rollmaterials und erlaubt insbesondere eine wesentlich bessere Berücksichtigung der akustischen Eigenschaften des Oberbaus sowie der Faktoren der Lärmausbreitung. Das von der EMPA entwickelte Webtool erlaubt eine einfache Anwendung. Insbesondere können auch Emissionswerte ausgegeben werden. Dadurch wird es möglich, in einem zweiten Schritt die Ausbreitungsrechnung mit dem wesentlich weniger rechnerintensiven SEMIBEL durchführen zu können.

Im Hinblick auf eine vereinfachte Anwendung wurde als Übergangslösung durch die SBB eine Annäherung der Emissionswerte von sonRAIL mit dem Algorithmus von SEMIBEL entwickelt. Unter Annahme einer mittleren Schienenrauheit können auf diese Weise die Emissionswerte von sonRAIL näherungsweise gut berechnet werden. Dieser Ansatz wurde insbesondere für die Berechnung der tatsächlichen Emissionen 2015 verwendet.

2 SEMIBEL

Die Emissionswerte des Emissionsplans 2015 wurden mit den Parametern gemäss Tabelle 1 berechnet. Im Rahmen von zahlreichen Aus- und Neubauprojekten wurden ebenfalls diese Modellparameter verwendet. Der überwiegende Teil der festgelegten Emissionen beruht damit auf diesen Grundlagen.

$$L_{r,e} = \sum (\sum (A + B \times \log(V) + 10 \times \log(L)) + 10 \times \log(M) + F + K1$$

A,B: rollmaterialspezifische Parameter

V: eff. Zuggeschwindigkeit in km/h

L: Länge des Fahrzeugs

M: durchschnittliche Anzahl Züge pro Stunde und Periode (tags bzw. nachts)

F: Fahrbahnkorrektur

K1: Pegelkorrektur

Die Parameter A und B sind Kennwerte der einzelnen Fahrzeugtypen. Für lärmsanierte Schienenfahrzeuge ist – aufgrund von Vergleichsmessungen – der Parameter A angepasst worden.

Wagenart	Bezeichnung	A	B	Beispiele	Bem.
L-G	Lok mit Graugusssohlen	3	25	Re 420 (Re 4/4)	*
P-G	Reisewagen mit Graugusssohlen	4	25	EW I / II, nicht lärmsaniert	*
P-D	Reisewagen mit Scheibenbremsen	-28	35	EW IV	*
P-K	Reisewagen Kunststoffklotzbremsen	0	25	kaum mehr verwendet	*
G-G	Güterwagen mit Graugusssohlen	22	15	Ab 2011 fast ausschliesslich ausländisch	*
P-KE	Reisewagen lärmsaniert (K-Sohlen)	-5	25	EW I / II, lärmsaniert (praktisch alle)	

P-DM	Reisewagen mit Scheibenbremsen, neue Bauart	-30	35	ICN, IC2000	
G-KE	Güterwagen neu oder lärmsaniert (KSohlen)	15	15	neue und lärmsanierte Güterwagen	
G-DM	Güterwagen mit Scheibenbremsen, moderne Bauart	12	15	nur wenige Typen	
L-S	Lok mit Sintermetallbremsen	-2	25	Re 420, Re 450	
L-SM	Lok mit Sintermetallbremsen, moderne Bauart	-28	35	Re 460	

Tabelle 1: Parameter von SEMIBEL (* Originalwerte SEMIBEL, S. 53)

Die berechneten Werte gelten für ein Gleis mittlerer Rauheit.

Mit F (Fahrbahnkorrektur) werden ortsspezifische bautechnische Gegebenheiten berücksichtigt. Von grosser Bedeutung ist insbesondere der Zuschlag von 3 dB für den Schientyp VI (UIC 60). Zusätzlich gibt es unterschiedliche Zuschläge für Brücken.

K1 ist die Pegelkorrektur in Abhängigkeit der Anzahl Züge pro Tag- bzw. Nachtperiode gemäss LSV (Anhang 4 LSV). Im Einflussbereich mehrerer Bahnlinien ist dieser Wert entsprechend anzupassen.

Das Modell kann einfach in einer Tabellenkalkulation umgesetzt werden.

3 sonRAIL

Das Modell sonRAIL [2] ermittelt die Emissionen in Schalleistungsspektren zwischen 100 und 8000 Hz für fünf Quellhöhen. Weitere Informationen können der [Projektdokumentation](#) entnommen werden. Die Umsetzung des Modells ist nicht ganz einfach. Im Auftrag des BAFU hat die EMPA deshalb das [sonRAIL-Webtool](#) entwickelt.

Es liefert als Output ebenfalls einen Emissionswert der den Vorgaben des Modells SEMIBEL entspricht. Eine Ausbreitungsrechnung kann auf diese Weise auch mit dem einfacheren Modell SEMIBEL erfolgen.

4 sonRAIL, Fitting durch SEMIBEL, SEMIBEL(sonRAIL)

Durch ein statistisches Fitting der Parameter A und B kann mit dem Algorithmus von SEMIBEL der Emissionswert $L_{eq,e}$ von sonRAIL näherungsweise zuverlässig ermittelt werden [3]. Es fehlen die zusätzlichen Informationen in den 5 Quellhöhen und die Frequenzspektren. Eine Berücksichtigung der akustischen Eigenschaften des Oberbaus (z.B. Schienenrauheit) ist ebenfalls nur eingeschränkt möglich. Für eine anschliessende Immissionsberechnung mit dem Ausbreitungsmodell von SEMIBEL sind diese Emissionswerte aber ausreichend.

Die tatsächlichen Emissionswerte des Lärmbelastungskatasters 2015 wurden mit diesen angepassten Parametern gemäss folgender Tabelle 2 berechnet.

Wagenart	Bezeichnung	A	B	A	B
P-D	Reisewagen mit Scheibenbremsen	6.8	16.8	-28	35
G-G	Güterwagen mit Graugusssohlen	11.0	22.7	22	15
P-KE	Reisewagen lärmsaniert (K-Sohlen)	6.4	19.1	-5	25

P-DM	Reisewagen mit Scheibenbremsen, neue Bauart	3.6	19.2	-30	35
G-KE	Güterwagen neu oder lärmsaniert (KSohlen)	8.8	19.3	15	15
G-DM	Güterwagen mit Scheibenbremsen, moderne Bauart	12.2	16.5	12	15
L-S	Lok mit Sintermetallbremsen	30.4	11.2	-2	25
L-SM	Lok mit Sintermetallbremsen, moderne Bauart	6.4	20.3	-28	35

Tabelle 2: Parameter des Modells sonRAIL, Fitting durch SEMIBEL

Es ist zu beachten, dass diese Parameter den Emissionswert auf dem Standardoberbau mit Betonschwellen und Schienentyp VI ergeben. Für den Oberbau mit Holzschwellen und Schienentyp IV erfolgt eine Korrektur von -1.2 dB(A).

Im Lärmbelastungskataster (GeolG, ID 126) wird aktuell die Modellbezeichnung "SEMIBEL (sonRAIL)" verwendet.

Literatur

- [1] BUWAL 1990: SEMIBEL, Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 116.
- [2] BAFU 2010: [sonRAIL, Projektdokumentation](#).
- [3] Scossa-Romano Enzo, Hafner Michael 2013: Angleichung der SEMIBEL Emissionsparameter an die sonRAIL Emissionsmessungen durch "curve fitting".