

sonRAIL Webtool zur Berechnung von Schienenlärmemissionen

Christian Czolbe¹

¹ PROSE AG Schweiz, CH-8400 Winterthur, E-Mail: christian.czolbe@prose.ch

Einleitung

Mit sonRAIL wurde 2010 eine neue Berechnungsmethode nach dem Stand der Technik für den Schienenlärm in der Schweiz eingeführt. Basierend auf umfangreichen Messungen am Schweizer Rollmaterial und den gängigen Oberbautypen wurde ein Rechenmodell mit hoher Genauigkeit entwickelt. Unter Berücksichtigung der relevanten Eingangsparameter wie Transfer-Funktionen von Fahrzeugen und Gleisoberbautypen und individuellen Parametern des Abschnittes, wie z.B. Schienenrauheit und Oberbautyp. Die sonRAIL Berechnung ist modular aufgebaut, so können Emissionen und Ausbreitung getrennt berechnet werden.

Zur Berechnung der Schallemission von Fahrzeugen und Streckenabschnitten ist das Webtool [1] als freie Online Anwendung seit September 2013 verfügbar. Damit wird die sonRAIL Methode einer öffentlichen Anwendergemeinschaft z.B. für Planer, Ingenieure, Hersteller und Bürger zur Verfügung gestellt. Es können die Fahrzeugdatenbank sowie unterschiedliche Oberbautypen und Brückenarten für eigene Berechnungen genutzt werden.

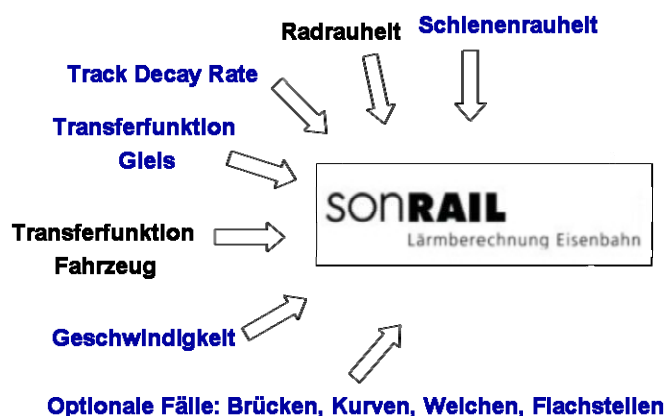


Abbildung 1: sonRAIL Eingangsparameter Emission[3]

Einige Parameter können direkt im Webtool ausgewählt werden (Schienenrauheit, Oberbautyp, Geschwindigkeit und Optionen) andere Parameter sind indirekt über den Fahrzeugtyp definiert (Radrauheit, Transferfunktion Fahrzeug).

Fahrzeugberechnung

Im Webtool-Menu Fahrzeugberechnung können Vorbeifahrerpegel in 7.5m Entfernung analog EN ISO 3095 berechnet werden. Hierzu können Fahrzeuge aus einer Datenbank ausgewählt werden und deren Lärmemissionen auf verschiedenen Oberbautypen sowie unter verschiedenen Schienenrauheiten und Randparametern berechnet werden. Es sind zurzeit über 100 Fahrzeuge überwiegend Schweizer Rollmaterial verfügbar, aus denen sich mit etwas Sachkenntnis auch

andere Zugkompositionen ableiten lassen. Zu jedem Fahrzeug wird ein Informationsfeld mit den Quellenangaben und Referenzdaten sowie einem Link zur passenden Wikipedia Seite angegeben.

Die Ergebnisse werden als Terzspektrum grafisch und in tabellarischer Form und jeweils für einen Messpunkt in 7.5m Entfernung ausgegeben und können über die Zwischenablage in andere Programme exportiert werden. Neben dem Gesamtschallpegelspektrum L_{pA_tot} werden ausserdem die Anteile vom Rollgeräusch L_{pA_roll} sowie die Schallanteile in fünf diskreten Höhen (L_{pA_0m} , 0.5m, 2m, 3m, 4m) angegeben. Die Zuordnung der Schallanteile findet innerhalb der sonRAIL Berechnung statt, der Rollgeräuschanteil des Oberbaus ist z.B. im L_{pA_0m} Spektrum enthalten und der Anteil des Fahrzeugantriebs und des Radschalls im $L_{pA_0.5m}$ Spektrum. Weitere Schallquellen wie Lüfter, Aggregate oder aerodynamische Quellen werden entsprechend ihrer realen Lage einer der höheren Spektren zugeordnet. Durch diese Höhendifferenzierung können später in der Schallausbreitungsrechnung abschirmende Lärmschutzmaßnahmen besser modelliert werden, was zu einer Erhöhung der Genauigkeit in der Immissionsprognose führt.

Streckenberechnung

Für die Berechnung der Lärmemission eines Streckenabschnittes muß zunächst der Fahrzeugmix und die abschnittsbezogenen Verkehrsparameter eingegeben werden, d.h. für die jeweiligen Zugkompositionen ist die Anzahl der Züge und deren Betriebsgeschwindigkeit während der Tages- und Nachtzeit individuell zusammengestellt werden. Schließlich sind die Oberbauparameter so einzustellen, dass sie bezüglich Oberbautyp, Schienenrauheit und ggf. Kurvenradius oder Brückentyp möglichst gut der betrachteten Situation entsprechen.

Eine Auswahl an Zugtypen, z.B. Eurocity, Intercity oder Güterzüge sind vorkonfiguriert, bestehen aber aus Fahrzeugen der Datenbank oder individuellen Fahrzeugtypen, welche zuvor in der Fahrzeugberechnung erstellt wurden. Von jedem Zugtyp gibt es eine Detailansicht, sodass Triebfahrzeuge, Wagenarten, Wagenanzahl individuell geändert werden können. Die verwendete Bremsart bei Güterwagen ist nun direkt dem Fahrzeugtyp zugeordnet, neben der Anzahl kann nur noch der Prozentanteil Flachstellen eingegeben werden.

Die Ergebnisse werden als unbewerteten Mittelungspegel $L_{eq,e}$ in 7.5m Entfernung sowie gemäss Schweizer LSV mit Korrekturfaktoren und als Emissionsmittelungspegel $L_{r,e}$ in 1m und 7.5m Entfernung ausgegeben und können ebenso über die Zwischenablage exportiert werden. Eine Listenberechnung von Streckenabschnitten zur Bearbeitung aneinanderliegender Abschnitte ist in Arbeit.

Genauigkeit

Die Genauigkeit im Rahmen von Immissionsprognosen hängt zum einen von den Schallquelleneigenschaften und zum anderen vom Abstand zum Empfänger ab.

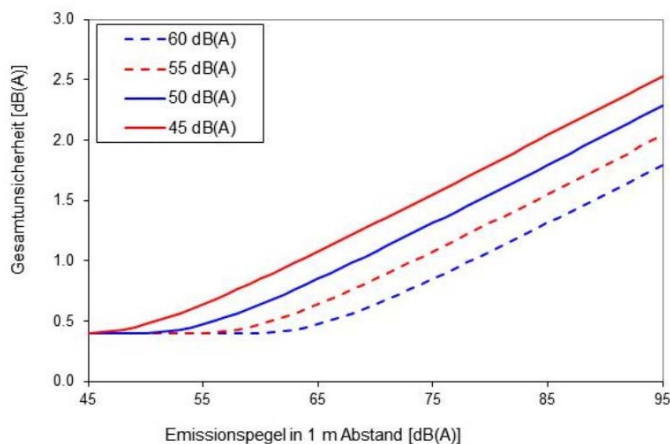


Abbildung 2: Genauigkeitsangabe bei sonRAIL Immissionsberechnungen [2]

Sind alle Eingangsparameter gemäss Abbildung 1 verfügbar, so liegt die Genauigkeit in der Emissionsberechnung mit dem Webtool im Rahmen der Messgenauigkeit bei $\pm 0,5$ dB. Werden einzelne Parameter mit anerkannten Berechnungstools wie TWINS berechnet, mit geringerer Qualität erfasst oder stammen aus Prognoserechnungen, dann findet eine Einstufung der Unsicherheiten der Teilschallquellen statt. Im Folgenden sind die Unsicherheiten nach Art der Datenbeschaffung von Teilschallquellen aufgeführt:

- | | | |
|----|---------------------------|--------|
| a) | Messung Referenzbedingung | 0,5 dB |
| b) | Berechnung (z.B. TWINS) | 1,0 dB |
| c) | Messung geringer Qualität | 2,0 dB |
| d) | Prognoserechnung | 3,0 dB |

Je nach Relevanz der Teilschallquellen für das Gesamtgeräusch kann über eine gewichtete Fehlerberechnung nach [5] dem Ergebnis eine Gesamtunsicherheit zugeordnet werden.

$$s = \frac{\sqrt{\sum (s_n \cdot 10^{0,1 \cdot L_n})^2}}{\sum 10^{0,1 \cdot L_n}} \quad (1)$$

Ist die Standardabweichung $s \leq 1$ dB(A) werden die Ergebnisse grün dargestellt, bei $1 < s \leq 2$ dB(A) in orange und bei $s > 2$ dB(A) in rot (siehe Abbildungen in [3]).

Zusammenfassung

Durch das Webtool als Online Anwendung stellt das BAFU die sonRAIL Emissionsberechnung für Fahrzeuge und Schienenwege der Öffentlichkeit zur Verfügung. So können individuelle Berechnungen mit den Fahrzeugtypen aus dem Datenbestand und verschiedenen Oberbaukonfigurationen durchgeführt werden. In einer Nutzerumgebung können eigene Fahrzeugtypen und Oberbautypen erstellt und in der weiteren Berechnung verwendet werden.

Die zentrale Verwaltung des Rechenkerns und der Datenbank bei der EMPA bietet neben dem fachlichen Support

auch die schnell Umsetzung von Änderungen und Ergänzungen. Fehlberechnungen, wie bei der individuellen Anwendung umfangreicher Richtlinien werden vermieden.

Ausblick

Neue Fahrzeugtypen bestehen aus einem Datensatz, welcher Radrauheiten, Fahrzeug-Transferfunktionen, geschwindigkeitsabhängige und -unabhängige Schallquellen beinhaltet. Bei normgerechten Vorbeifahrermessungen werden diese Parameter jedoch nicht bestimmt, es sind daher ein paar zusätzliche Messungen notwendig. Radrauheiten und Transferfunktionen lassen größtenteils von ähnlichen Fahrzeugtypen herleiten. Eine sonRAIL Messspezifikation kann beim BAFU angefordert werden. Liegt ein validierter Datensatz für ein neues Fahrzeug kann er in die Datenbank aufgenommen werden.

Die Eingabe von Gleisparametern wie Schienenrauheit und Gleis-Transferfunktion ist voraussichtlich ab Mitte 2014 verfügbar. Die TDR ist in der Gleis-Transferfunktion enthalten und kann nicht als einzelner Parameter geändert werden.

Innovative Lärminderungsmaßnahmen sollten möglichst realitätsnah in das Webtool integriert werden. Zurzeit können Schienenstegdämpfer SSD an einem Standardoberbau für die Berechnung verwendet werden. Schienenstegabsorber SSA oder das fortschrittliche High-Speed-Grinding HSG können bisher noch nicht berechnet werden.

Sollen die Webtool Ergebnisse innerhalb von Immissionssoftware verwendet werden, müssen diese zum Teil noch umgewandelt werden (z.B. Schalleistungspegel) – die Ausgabe der jeweils benötigten Pegelgröße ist in Arbeit [6][7].

Zu den Webtool Anwendungen werden Schulungen angeboten – nähere Informationen gibt es unter sonRAIL@prose.ch.

Danksagung: Die Entwicklung vom sonRAIL Webtool wurde vom Bundesamt für Umwelt der Schweiz (BAFU) finanziert.

Literatur

- [1] sonRAIL Webtool <https://sonrail.empa.ch>
- [2] BAFU Hrsg.: sonRAIL Projektdokumentation, www.empa.ch/plugin/template/empa/*/102455
- [3] Czolbe C., Köpfl M.: Noise Emission calculation for vehicles track sections, AIA-DAGA 2013
- [4] Czolbe C., Wunderli J.-M., Fischer F.: sonRAIL Webtool, Proceedings of IWRN11 Chalmers 2013
- [5] Probst W., Donner U., Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Vol. 49 #3 (2002).
- [6] Czolbe C.: Berechnung von Eisenbahnlärm und Bewertung von Lärminderungsmaßnahmen mithilfe von Prognoseverfahren nach neuestem Stand der Technik. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 04/2013
- [7] Czolbe C., Huber Ph.: Lärmprognosen mit messtechnischem Input aus dem Oberbau, Eisenbahningenieur 03/2014