

Bericht

Potential akustisches Schienenschleifens

Kurzfassung:

Insbesondere bei lärmarmem (neuem) Rollmaterial hat die Qualität der Schienenoberfläche (Rauheit / Welligkeit) einen sehr grossen Einfluss auf den Schienenlärm. Die Resultate von sonRAIL zeigen deutlich, dass bei lärmarmem Rollmaterial zwingend eine regelmässige „akustische Schienepflege“ notwendig ist, um das Lärmreduktionspotential von neuem Rollmaterial vollumfänglich auszuschöpfen. Schlussendlich geht es hier um die Realisierung einer Lärmreduktion von 3 dBA und mehr, mit einem Entlastungspotential von ca. 50'000 Lärmbetroffenen.

Ein erster Kostenvergleich zeigt, dass sich die jährlichen Unterhaltskosten am Gleis bei jährlichem präventivem Schienenschleifen kombiniert mit akustischen Schienenschleifen tendenziell eher etwas reduzieren. Dies ist zum einen darin begründet, dass beim jährlichen präventiven Schleifen weniger Abtrag notwendig und somit die Schichtleistung deutlich höher ist. Zum anderen belasten einwandfreie Schienen weniger den Gleisoberbau; dadurch könnte der laufende Unterhalt reduziert und die Nutzungsdauer erhöht werden.

Insgesamt hat das akustische Schienenschleifen somit ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Aktuell ist der Lärmpegel nach dem Schienenschleifen deutlich zu hoch. Es ist deshalb ein akustisches Schienepflegeverfahren notwendig, welches unmittelbar nach dem Schleifen bereits gute Resultate liefert und zudem hohe Vorschubgeschwindigkeiten zulässt, damit grössere Distanzen in einer Nacht geschliffen werden können. Im Bereich der Entwicklung neuer Schienenschleifetechnologien sind deshalb die Aktivitäten zu verstärken, damit entsprechende Schleifetechnologien vorliegen.

Zudem sollte das Alterungsverhalten der Schienen (insbesondere die Auswirkungen von unterschiedlichen Pflegeverfahren und unterschiedlichem Oberbau) genauer analysiert, das Schienenmonitoring (Rauheitsüberwachung) verbessert und verstärkt sowie die damit verbundene Kostenstruktur (Unterhalt & Investition) detaillierter insbesondere im Hinblick auf unterschiedliche Schienepflegeverfahren untersucht werden.

Seegräben, den 13.9.2010

Rainer Züst

Rainer Züst
Dr. sc. techn., Dipl. Ing. ETH/SIA
ehem. Professor der ETH Zürich
rainer.zuest@bluewin.ch

Züst Engineering AG

Eichbühlstrasse 6
CH-8607 Seegräben
Tel. +41 (0)44 932 51 59

Zusammenfassung

- Ausgangslage:** Die Verordnung vom 14. November 2001 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE) hat zum Ziel, die Lärmbelastung der Eisenbahnen zu reduzieren. Massnahmen umfassen insbesondere verbessertes Rollmaterial, optimierter Schieneneroberbau und Schienenpflege, Lärmschutzwände und Lärmschutzfenster. Der Nationalrat ist Anfang 2009 entgegen dem Antrag des Bundesrates nicht auf die Kürzung des Kredits für die Lärmsanierung der Eisenbahnen eingegangen. Damit stehen ca. CHF 500 Mio. zur Verfügung, um die Lärmbelastung der Eisenbahnen weiter zu begrenzen. In erster Priorität werden dabei zusätzliche Massnahmen an der Quelle zu realisieren sein.
- Problemstellung** Das Projekt sonRAIL (2007 – 2009) hat u.a. gezeigt, dass der Zustand der Schiene insbesondere bei neuem und lärmarmem Rollmaterial einen wesentlichen Einfluss auf den Lärm hat. Das zusätzliche Lärmreduktionspotential beträgt sicher 3-5 dB. Entsprechend attraktiv erscheint ein optimiertes akustisches Schienenschleifen.
- Zielsetzung der Studie** Im Hinblick auf die Wahl künftiger Schienenpflegemassnahmen, welche sowohl aus Lärm-Sicht wie auch aus ökonomischen Gründen für den Infrastrukturbetreiber interessant sind, ist eine entsprechende Transparenz bezüglich Kosten und Nutzen notwendig.
- Im Rahmen der vorliegenden Auslegeordnung soll deshalb ein Nutznachweis für akustisches Schienenschleifen respektive für unterschiedliche Schienenpflegemassnahmen erstellt werden. Im Zentrum stehen sowohl die Kosten wie auch die zu erzielende Lärmreduktion. In die Analyse sollen Erfahrungen von einem Schienenschleifunternehmen und einem Infrastrukturunternehmen einfließen.
- Die Auslegeordnung soll zudem mithelfen, künftige Massnahmen bezüglich Schienenpflege und Lärmreduktion besser zu begründen respektive weitere Projekte zur Verbesserung der Situation zu lancieren.
- Vorgehen** Die Studie baut auf bekannten Erkenntnissen und Informationen auf. Zum einen sind dies Erkenntnisse aus dem Projekt sonRail (2007-2009). Zum anderen wird auf praktische Erfahrungen eines Infrastrukturbetreibers (Beispiel BLS) und eines Schienenschleifunternehmens (Beispiel Scheuchzer) abgestützt.
- Die Auslegeordnung umfasst folgende Themen:
- Zusammenhang zwischen lärm-betroffenen Personen und Reduktion Lärmemission
 - Einfluss von Rollmaterial auf Schienenlärm
 - Einfluss Schienenzustand auf Schienenlärm
 - Wirkung von akustischem Schienenschleifen und Lärmschutzwänden
 - Potential von akustischem Schienenschleifen
 - Kostenstrukturen von unterschiedlichen Pflegemassnahmen, insbesondere Vergleich präventives und kuratives Schleifen
 - Empfehlungen für weiteres Vorgehen

Resultate

- Aktuell sind noch ca. 140'000 Personen durch übermässigen Eisenbahnlärm betroffen (Quelle: Berechnung sonBASE, BAFU, 2008); eine weiterführende Lärmreduktion um 1 dB würde weitere 17'000 betroffene Personen entlasten.
- Lärmarmes Rollmaterial, insbesondere Rollmaterial mit Verbundstoff Bremssohlen (K-Sohle) oder Scheibenbremsen (D-Brake), reduzieren den Lärm gegenüber Grauguss-gebremstem Rollmaterial (GG) um mehr als 10 dB. Um eine relevante Lärmreduktion im Betrieb zu erreichen, darf der Anteil der Grauguss-gebremsten Fahrzeuge aus der Summe K- und GG-gebremster Fahrzeuge nur von massiv untergeordneter Bedeutung sein; so wird beispielsweise bei 50% Grauguss-gebremsten Fahrzeugen nur 20% der Reduktion realisiert, bei 25% Grauguss-gebremsten Fahrzeugen sind es erst 35%.
- Eine weitere Lärmreduktion ist möglich, falls auch die Schienenoberflächen eine geringe Rauheit und Welligkeit aufweist. Ist dies nicht der Fall, kann das Potential der lärmarmen Fahrzeuge akustisch nicht voll ausgeschöpft werden.
- Lärmschutzwände (Standarthöhe 2m ab Schienenoberkante) reduzieren den Lärm um maximal ca. 10 dB. Bei höheren Gebäuden, welche nahe beim Gleis stehen, also eine typische urbane Situation, resultiert in den oberen Stockwerken keine Lärmreduktion; in diesen Situationen sind Lärmschutzwände nicht wirksam. Alternative emissionsbegrenzende Massnahmen sind beispielsweise betriebliche Einschränkungen (z.B. Reduktion Geschwindigkeit), Schienenschallabsorber oder dann akustisches Schienenschleifen.
- Durch akustisches Schienenschleifen können folgende maximale Lärmreduktionen erreicht werden.

Fahrgeräusch wird dominiert von:	Nutzen maximal [dB]
GG- gebremsten Fahrzeugen	ca. 1
K- gebremsten Fahrzeugen	ca. 4
Scheibengebremsten Fahrzeugen	ca. 9

Eine auswertbare Stichprobe auf der Nord-Süd-Linie (Gotthard) zeigt, dass ca. 50% der Schienen eine gute Oberfläche aufweisen (smooth), 40% eine durchschnittliche Oberfläche (average) und 10% eine schlechte Oberfläche (bad) haben. Auf diesem Streckenabschnitt könnte somit ein weiteres Reduktionspotential von mindestens 3 dB realisiert werden.

- Es besteht das Potential, weitere 50'000 Personen von Eisenbahnlärm zu entlasten. Akustisches Schienenschleifen ist deshalb eine effektive Massnahme für eine weitere signifikante Lärmreduktion im Schienenverkehr.
- Der laufende Fahrbahnunterhalt (inkl. Schienenwechsel nach jeweils 20 Jahren) an einem intensiv befahrenen Gleis beträgt pro km ca. 19'000.- SFr. pro Jahr; darin berücksichtigt sind keine Abschreibungen auf die Investition. Das Schiene wird alle 3 Jahre geschliffen (kuratives Schleifen; ca. 4 km Gleis pro Schicht); nach 20 Jahren wird die Schienen, nach 40 Jahren der ganze Oberbau ersetzt. Letzteres belastet die Investitionsrechnung; verteilt auf die Lebensdauer resultieren so zusätzliche jährliche Abschreibungen von ca. 30'000.- Sfr. pro km Gleis.
- Im Vergleich zu TGV-Linien in Frankreich, die jedoch keinen Zugsmix und keine engen Radien haben und jährlich präventiv (und deshalb mit deutlich höheren Schichtleistungen) geschliffen werden, ergeben sich tendenziell längere Nutzungsdauer bei den Schienen und dem Gleisoberbau; mit diesen Randbedingungen und Pflegestrategie resultieren deshalb bei den TGV-Strecken etwas geringere Unterhaltskosten.

- Akustisches Schienenschleifen ist ein (zusätzlicher) Finish-Prozess; der Einsatz ist sowohl nach einem kurativen wie auch jährlichen präventiven Schienenschleifen möglich. Die Schichtkosten erhöhen sich beim akustischen Schienenschleifen (weiterer Schleifprozess / Schleifeinrichtung auf Schleifzug); in Kombination mit (regelmässigem) präventiven Schienenschleifen – mit 2-3x höherer Schichtleistung¹ – ergeben sich so vergleichbare Kostenstrukturen mit den bestehenden Pflegemassnahmen (kuratives Schleifen alle 3 – 5 Jahre).
- Nach dem Schleifen mit gängigen Schienenschleifverfahren ist der Lärmpegel (zu) hoch; erst nach dem mehrmaligen Überfahren mit relativ hoher Last verbessert sich die Oberfläche und der Lärm nimmt deutlich ab. Nach einer bestimmten Zeit erhöhen sich dann wieder die Rauheit und Welligkeit durch den Verschleiss - das Gleis wird wieder lauter. Es müssen deshalb Schleifverfahren entwickelt und zur Verfügung gestellt werden, welche:
 - bereits unmittelbar nach dem Schleifen optimale Oberflächentexturen aufweisen (reduzierter Lärm von Anfang an),
 - und hohe Vorschubgeschwindigkeiten ermöglichen (bessere Ökonomie beim Schleifen)

Deshalb wurde kürzlich ein entsprechendes KTI-Projekt mit einem Wirtschaft- und Hochschulpartner initiiert, mit dem Ziel, ein neues Schleifverfahren zu entwickeln, welches u.a. höhere Vorschubgeschwindigkeiten zulässt und bereits unmittelbar nach dem Schleifen gute Lärmeigenschaften aufweist.
- Falls mittelfristig technologisch optimierte Schleifverfahren für akustisches Schienenschleifen vorliegen, besteht die Möglichkeit, in Kombination mit regelmäßigem jährlichem präventivem Schienenschleifen die Lärmsituation ohne oder nur mit geringen zusätzlichen Unterhaltskosten signifikant zu verbessern. So kann zudem der Lärm einfach an der Quelle reduziert werden, welche für alle Anstösser spürbar wäre.

**Empfehlung
für weiteres
Vorgehen**

Folgenden Handlungsbedarf besteht:

- a) Neue Technologie für akustisches Schienenschleifen: Es ist eine neue Schleiftechnologie notwendig, welche deutlich höhere Vorschubgeschwindigkeiten (grösser 5 m/s) bei Trockenbearbeitung zulässt. Nur so ist es wirtschaftlich möglich, nach dem präventiven oder kurativen Schienenschleifen die Schienenoberfläche (Rauheit & Welligkeit) im Sinne eines „Finish-Prozesses“ entsprechend zu verbessern.
Momentan laufen Bestrebungen, gemeinsam mit einem Schienenschleifunternehmen, der ETH Zürich und der KTI sowie der Technologieförderung des BAFU ein entsprechendes Projekt durchzuführen.
- b) Alterungsverhalten der Schienen: Momentan sind die Mechanismen (Einflussgrößen), welche die Alterung der Schiene massgeblich beeinflussen nicht bekannt. Hier sind umfassende Untersuchungen notwendig. Insbesondere wäre hier u.a. zu wissen, welche Pflegemassnahmen (z.B. kuratives oder präventives Schleifen) oder welche Art von Schienenoberbau die Alterung verstärkt respektive verzögert.

¹ Bemerkung: Es wird im Folgenden von einer defensiven Annahme von einer 2-3x höheren Schichtleistung ausgegangen (und nicht 3-4x). Begründung: Es werden auch Störstellen wie Spurwechsel, Bahnhöfe und Brückendilatationen berücksichtigt.

Hier ist eine separate Studie notwendig, in welcher auf ausgewählten Streckenabschnitten untersucht wird, wie die einzelnen Einflussgrößen wirken.

- c) Schienenmonitoring / Rauheitsüberwachung: Für eine gezielte Pflege der Schienenoberflächen sind detaillierte Informationen zur aktuellen Schienenqualität notwendig. Denkbar ist hier beispielsweise eine GIS-basierte Lösung. Zu diesem Zweck ist allenfalls eine effizientere Messmethode inkl. Messinstrument zu entwickeln.
Denkbar wären hier der Ausbau der bisherigen Monitoring-Aktivitäten respektive die weiterführende Auswertung bestehender Messkampagnen. Zudem sind für die Entwicklung einer neuen Schleiftechnologie wie auch für die differenzierte Beurteilung des Alterungsverhaltens von Schienen (vgl. obige Punkte) weitere Messungen notwendig, welche mit der obigen Frage kombiniert werden könnten.
- d) Differenzierte Kostenrechnungsmodelle: Die bisherigen Kostenbetrachtungen sind Kostenschätzungen. Diese basieren auf bestehenden Kostenmodellen. Für eine differenzierte Betrachtung sind sowohl ein genaueres Kostenmodell (zweckmässige Aufgliederung nach relevanten Kostengrößen) wie auch detaillierte Kosteninformationen (vom Infrastrukturbetreiber) notwendig.
Denkbar wäre hier beispielsweise ein „situatives Kostenmodell“ (respektive ein „activity based costing“), also ein Modell, in welchem unterschiedlichste Situationen einfach abgebildet werden können. Für jede Aktivität müssten dann entsprechende Kosten berechnet werden. Hier ist eine enge Zusammenarbeit mit Infrastrukturbetreibern notwendig.

**Lärm-
sanierung
Eisenbahnen**

Die Verordnung vom 14. November 2001 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE) hat zum Ziel, die Lärmbelastung der Eisenbahnen zu reduzieren. Massnahmen umfassen insbesondere verbessertes Rollmaterial, optimierter Schienenoberbau und Schienenpflege, Lärmschutzwände und Lärmschutzfenster. Die Schweizer Eisenbahnen werden deshalb seit knapp 10 Jahren lärmsaniert. Realisiert wurden u.a. Massnahmen am Rollmaterial und der Bau von Lärmschutzwänden.

**Lärm-
bekämpfung
an der Quelle**

Die Kosten für die Umsetzung dieser Massnahmen sind gemäss einer Endkostenprognose des BAV ca. CHF 500 Mio. geringer als ursprünglich geplant. Der Verpflichtungskredit für die Lärmsanierung sollte entsprechend gekürzt werden.

Der Nationalrat ist Anfang 2009 entgegen dem Antrag des Bundesrates nicht auf die Kürzung des Kredits für die Lärmsanierung der Eisenbahnen eingegangen. Damit stehen ca. CHF 500 Mio. zur Verfügung, um die Lärmbelastung der Eisenbahnen weiter zu begrenzen. In erster Priorität werden dabei zusätzliche Massnahmen an der Quelle zu realisieren sein.

**sonRail als
Referenz-
modell**

Um die kritische Lärmbelastung durch den Schienenverkehr genau bestimmen zu können, benötigen die Bundesbehörden ein Berechnungs-Modell. Von 2007 - 2009 wurde deshalb in einem umfangreichen Projekt, finanziert durch das Bundesamt für Umwelt, das neue Referenzmodell sonRAIL entwickelt². Darin wurden umfangreiche Messreihen zur Ermittlung der Geräuschemission im Schweizer Eisenbahnnetz in Funktion vieler unterschiedlicher Einflüsse wie Fahrzeugtyp, Fahrgeschwindigkeit, Achslast, klimatische Bedingungen, Zustand der Räder und der Schiene (je beschrieben durch Rauheit / Welligkeit), Oberbautyp (Schienen, Schwellen, Schotter, Zwischenlagen, etc.), durchgeführt. Daraus ist eine umfangreiche Datenbank entstanden, die es wiederum erlaubte, ein sehr zuverlässiges Modell für die Berechnung der Geräuschemission in Funktion der zuvor beschriebenen Parameter zu erstellen.

Dieses neue Referenzmodell erlaubt eine Ermittlung der Schallimmissionen von fahrenden Eisenbahnzügen im Hinblick auf eine Beurteilung gemäss der Schweizerischen Lärmschutzverordnung (LSV). Damit ist es möglich, differenzierter spezifische Situationen, sei es bezüglich Emission oder Immission, im Rahmen von Simulationen zu beurteilen.

**Problem-
stellung**

Emissionsbegrenzende Massnahmen sind beispielsweise betriebliche Einschränkungen (z.B. Reduktion Geschwindigkeit), Schienenschallabsorber oder dann akustisches Schienenschleifen. Zum Letzteren hat das Projekt sonRAIL (2007 – 2009) u.a. gezeigt, dass der Zustand der Schiene insbesondere bei neuem und lärmarmem Rollmaterial einen wesentlichen Einfluss auf den Lärm hat. Das zusätzliche Lärmreduktionspotential beträgt sicher 3-5 dB. Entsprechend attraktiv erscheint ein optimiertes akustisches Schienenschleifen.

Das Ziel beim akustischen Schienenschleifen besteht im Wesentlichen darin, die Rauheit und Welligkeit dermassen zu verbessern, dass bereits nach dem Schleifen und über mindestens 1 Jahr eine deutliche Lärminderung vorliegt. Akusti-

² siehe: <http://www.bafu.admin.ch/laerm/01146/06267/index.html?lang=de>

sches Schienenschleifen ist ein Finish-Prozess beim Schienenschleifen; akustisches Schienenschleifen setzt deshalb voraus, dass die Schiene bereits grob die richtige Qualität aufweist. Vorgängig ist deshalb ein präventives³ oder kuratives⁴ Schienenschleifen zwingend notwendig. Eine entsprechende Kosten-Nutzen-Abschätzung ist deshalb notwendig.

Zielsetzung der Studie

Im Hinblick auf die Wahl künftiger Schienenpflagemassnahmen, welche sowohl aus Lärm-Sicht wie auch aus ökonomischen Gründen für den Infrastrukturbetreiber interessant sind, ist eine entsprechende Transparenz bezüglich Kosten und Nutzen notwendig. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll deshalb ein Nutzenachweis für akustisches Schienenschleifen respektive für unterschiedliche Schienenpflagemassnahmen erstellt werden. Im Zentrum stehen sowohl die Kosten wie auch die zu erzielende Lärmreduktion.

Basis für die Beurteilung der Lärmsituation ist das Referenzmodell sonRAIL (2009).

In die Analyse sollen insbesondere für die Beurteilung der Kostenstrukturen zusätzlich Erfahrungen von einem Schienenschleifunternehmen und einem Infrastrukturunternehmen einfließen.

Die Auslegeordnung soll zudem mithelfen, künftige Massnahmen bezüglich Schienenpflege und Lärmreduktion besser zu begründen respektive weitere Projekte zur Verbesserung der Situation zu lancieren.

Vorgehen

Die Studie soll auf bekannten Erkenntnissen und Informationen aufbauen. Zum einen werden in der vorliegenden Analyse direkt Erkenntnisse aus dem Referenzmodell sonRAIL (2009) verwendet und im Hinblick auf die Zielsetzung ausgewertet und interpretiert. Zum anderen werden bezüglich der Kostenstrukturen die Kostenrechnungsmodelle von einem Infrastrukturbetreiber (BLS) und einem Schienenschleifunternehmen (Scheuchzer) berücksichtigt.

Inhalt und Abgrenzung

In der vorliegenden Auslegeordnung werden die folgenden Themenbereiche betrachtet und im Hinblick auf die Fragestellung ausgewertet (Abb. 1):

- Zusammenhang zwischen lärm-betroffenen Personen und Reduktion Lärmemission
- Einfluss von Rollmaterial auf Schienenlärm
- Einfluss Schienenzustand auf Schienenlärm
- Wirkung von akustischem Schienenschleifen und Lärmschutzwänden
- Potential von akustischem Schienenschleifen
- Kostenstrukturen von unterschiedlichen Pflegemassnahmen, insbesondere Vergleich präventives und kuratives Schleifen
- Empfehlungen für weiteres Vorgehen

³ Präventives Schienenschleifen wird beispielsweise auf den TGV-Linien in Frankreich angewendet. Die Schienen werden jährlich geschliffen; die bis zu diesem Zeitpunkt auftretenden Fehler sind gering respektive können durch das Schleifen vermieden werden; der Abtrag ist relativ gering und die Schichtleistung in km deshalb hoch.

⁴ Mit kurativem Schleifen werden Fehler an den Schienen korrigiert; in der Regel findet dies alle 3 – 5 Jahre statt, an kurvenreichen Strecken allenfalls früher; die Schichtleistung ist mit 2 – 4 km gering.

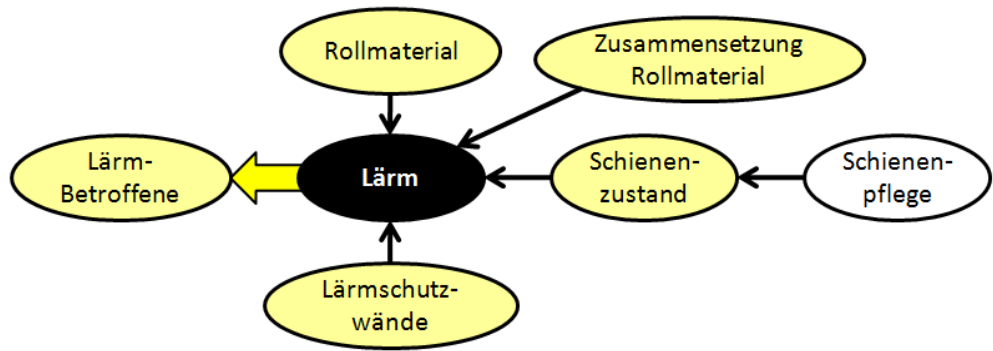


Abb. 1: Inhalt und Abgrenzung

Es werden zunächst die einzelnen Einflussgrößen auf den Schienenlärm respektive die Auswirkungen auf lärm-betroffenen Personen beschrieben.

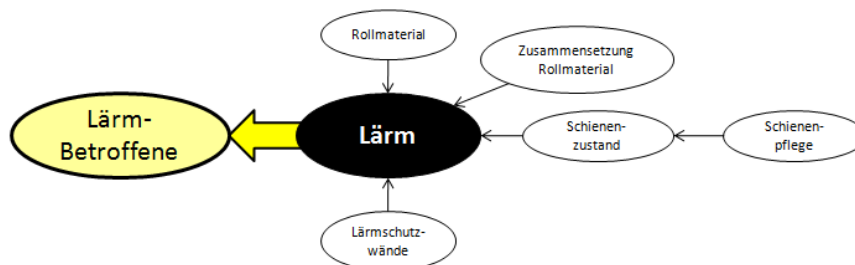
Im zweiten Teil erfolgt dann auch ein Kosten-Vergleich zwischen unterschiedlichen Pflegemassnahmen sowie entsprechende Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

2 Zusammenhang zwischen lärm-betroffenen Personen und Reduktion der Lärmemission

Lärm- sanierung Eisenbahn

Die Verordnung vom 14. November 2001 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE) hat zum Ziel, die Lärmbelastung der Eisenbahnen zu reduzieren. Massnahmen umfassen insbesondere verbessertes Rollmaterial, optimierter Schienenoberbau und Schienenpflege, Lärmschutzwände und Lärmschutzfenster. Die Schweizer Eisenbahnen werden deshalb seit knapp 10 Jahren lärmsaniert. Realisiert wurden u.a. Massnahmen am Rollmaterial und der Bau von Lärmschutzwänden.

Es stellt sich somit die Frage, wie viele Personen und in welchem Umfang diese durch den Eisenbahnlärm noch betroffen sind.



140'000 lärm-betroffene Personen

Mit Hilfe der Lärmdatenbank sonBASE lassen sich diese Berechnungen durchführen. Aktuell sind demzufolge noch ca. 140'000 Personen durch übermässigen Eisenbahnlärm in der Nacht betroffen, d.h. dass hier der Immissionsgrenzwert (IGW) überschritten ist; tagsüber sind es ca. 70'000 Personen (vgl. [Abb. 2](#)).

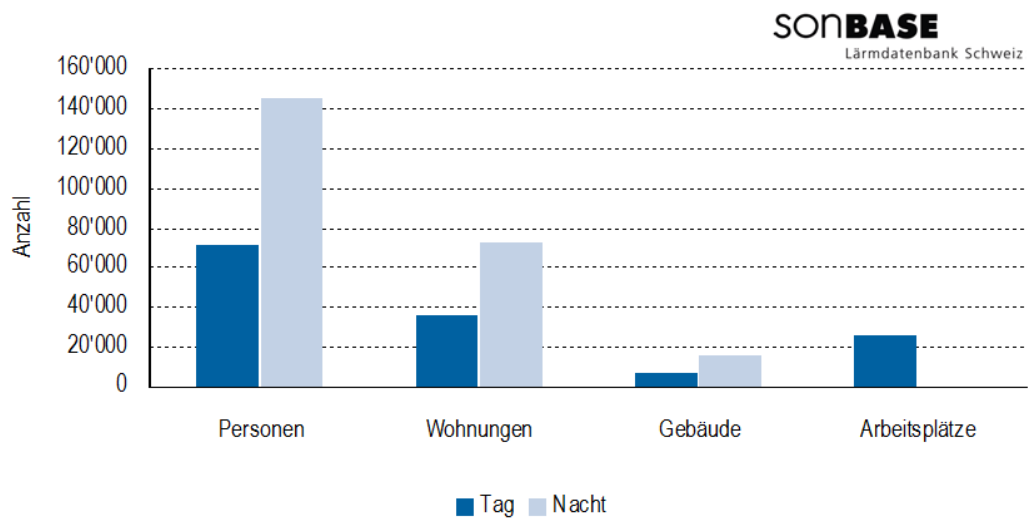


Abb. 2: Betroffene durch Eisenbahnlärm (IWG überschritten)
 (Quelle: sonBASE-Berechnung 2008, ETHZ & BAFU)

Durch die Verlagerungspolitik wird die Zugsdichte künftig in der Nacht zunehmen; insbesondere muss mit einer starken Zunahme des Güterverkehrs gerechnet werden. Ohne weitere Massnahmen werden künftig weitere Personen durch den Schienenverkehr übermässig gestört.

Der Zusammenhang zwischen Intensität und Betroffenheit zeigt **Abb. 3**. Konkret bedeutet eine Zu- oder Abnahme um 1 dB, dass ca. 17'000 Personen zusätzlich be- respektive entlastet werden.

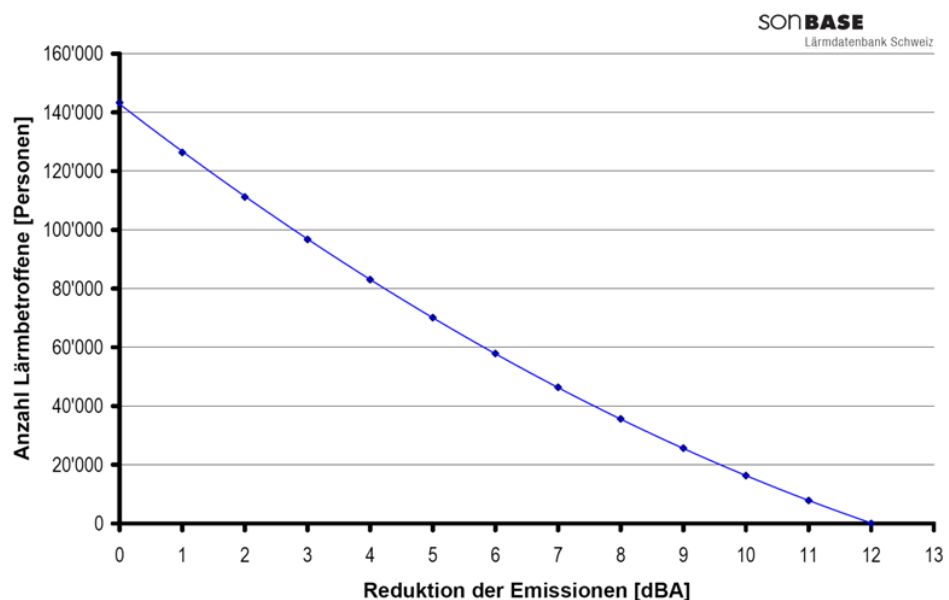


Abb. 3: Verteilung Lärmbetroffener und zusätzlich notwendiger Lärmreduktion
 (Quelle: sonBASE-Berechnung 2008, ETHZ & BAFU)

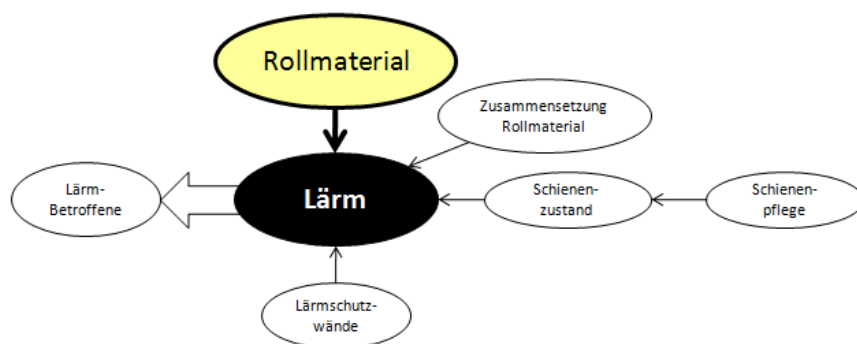
Fazit

Die geplanten dichteren Fahrpläne in der Nacht erhöhen die Lärmemission; somit wären noch mehr Personen durch Schienenlärm betroffen. Emissionsbegrenzende Massnahmen könnten dann betriebliche Einschränkungen sein, z.B. Reduktion Geschwindigkeit oder weniger Züge (geringere Zugsdichten). Diese allenfalls drohenden betrieblichen Einschränkungen widersprechen der Verkehrspolitik und sollten deshalb vermieden werden.

3 Einfluss von Rollmaterial auf Schienenlärm

Einsatz von neuem Rollmaterial

Grauguss gebremste Güterwagons sind sehr laut. Neue Güterwagons, welche für den alpenquerenden Verkehr vorgesehen sind, müssen deshalb mit K-Sohle-Bremsen oder Scheibenbremsen ausgerüstet sein. Zudem werden auch bestehende Güterwagons auf K-Sohle umgerüstet. Es stellt sich deshalb die Frage, in welchem Umfang diese Massnahmen zu einer Lärmreduktion geführt haben respektive führen.



Einfluss Rollmaterial auf Schienenlärm

Im Rahmen des Projekts sonRAIL wurden umfangreiche Messreihen zur Ermittlung der Geräuschemission im Schweizer Eisenbahnnetz in Funktion vieler unterschiedlicher Einflüsse wie Fahrzeugtyp, Fahrgeschwindigkeit, Achslast, klimatische Bedingungen, Zustand der Räder und der Schiene (je beschrieben durch Rauheit / Welligkeit), Oberbautyp (Schienen, Schwellen, Schotter, Zwischenlagen, etc.), durchgeführt.

Die Auswertung in [Abb. 4](#) zeigt u.a., dass mit modernem Rollmaterial der Schienenlärm um ca. 15 dB reduziert werden kann – dies bei guter Schienenoberfläche. Diese Lärmreduktion ist insbesondere durch die Verwendung von K-Sohle oder Scheibenbremsen begründet.

Beispiel:

Ein mit Grauguss-gebremster Güterwagon (Ci-braked) auf Monoblock UIC 60 verursacht (bei hoher Schienenoberflächenqualität) ein Lärm von 91.3 dBA ([Abb. 4](#)). Ist der Güterwagon mit K-Sohle ausgerüstet, entsteht ein Lärm von 78.1, Differenz 13 dB. Bei Scheibenbremsen ist es eine Differenz von 16 dB.

Rollmaterial ↓	Ci-braked	90.7	91.3	91.2	93.8	90.3	91.9
	Re420,620 Ae610	88.6	88.7	88.7	89.5	88.5	88.9
	NPZ RBDc	84.7	84.8	84.8	85.1	85.0	85.1
	RoLa	78.2	78.7	78.6	82.3	77.4	79.8
	Re460	81.3	81.4	81.4	81.8	81.5	81.9
	ICN/ETR	77.6	77.8	77.7	78.7	77.1	78.0
	NiNa	77.3	77.4	77.3	78.3	77.5	77.4
	K-braked	77.8	78.1	78.0	79.7	77.6	78.5
	D-braked	74.4	74.8	74.7	76.9	74.1	75.5
			Monoblock UIC54	Monoblock UIC60	Bi-Block UIC54	Steel UIC54	Wooden UIC54

Smooth rail roughness

Abb. 4: Einfluss Rollmaterial auf Schienenlärm bei guter Schienenoberfläche
(Quelle: sonRAIL, 2009)

Weitere Unterschiede ergeben sich aus dem Oberbau. Der vielfach verwendete Schwellentyp Monoblock UIC60 gehört hier zu den lärmarmen Konstruktionen, während dem Stahlschwellen etwas lauter sind (Abb. 4).

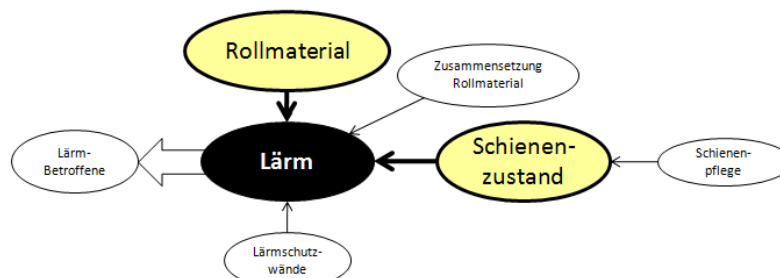
Fazit

Modernes Rollmaterial mit K-Sohle oder Scheibenbremsen reduziert den Eisenbahnlärm massiv. Bei guter Schienenoberfläche, d.h. geringe Rauheit & Welligkeit, resultiert eine Lärmreduktion von 13 dB respektive 16 dB.

4 Zusammenhang zwischen Schienenzustand (Rauheit & Welligkeit) und Schienenlärm

Unterschiedliche Schienenrauheit

Eine massive Lärmreduktion beim Einsatz von neuem Rollmaterial, wie zuvor dargestellt, ist möglich, falls die Schienenoberflächen eine geringe Rauheit und Welligkeit aufweist. Es stellt sich deshalb die Frage, welche Auswirkungen ein nicht optimaler Schienenzustand insbesondere bei der Verwendung von neuem und lärmarmem Rollmaterial auf den Schienenlärm hat.



Die Resultate des Projekts sonRAIL zeigen deutlich, dass eine zielführende Lärminderung nur durch die kombinierte Reduktion von Rad- und Schienenrauheit zu erreichen ist. Untersucht wurde im Projekt sonRAIL deshalb auch der Einfluss der Schienenrauheit. In der Abb. 5 ist das unterschiedliche Rollmaterial und die verschiedenen Schienenoberbauten mit 3 unterschiedlichen Schienenzuständen (smooth, average, bad) dargestellt.

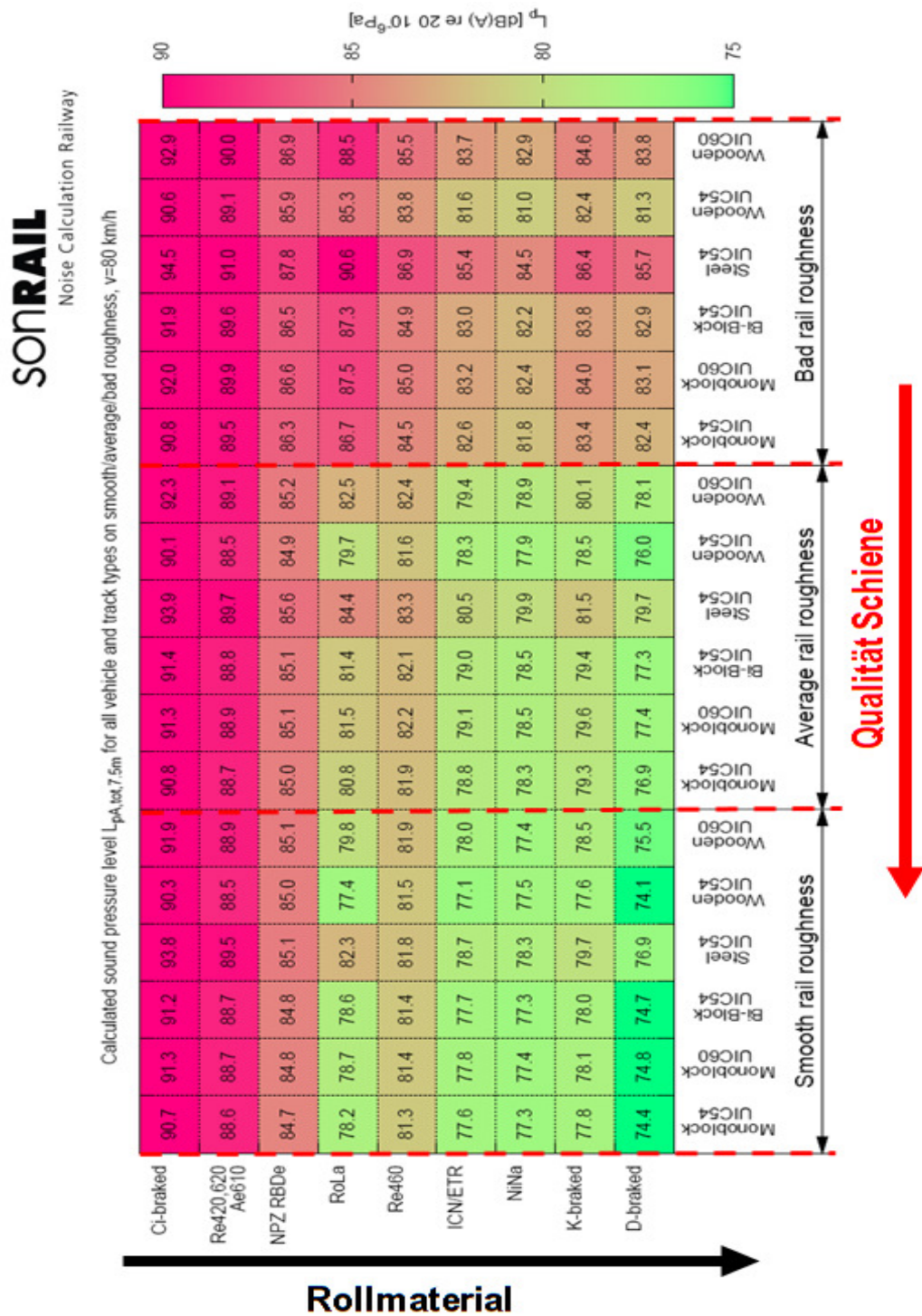


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Schienenrauheit und eingesetztem Rollmaterial (Quelle: Projekt sonRail, 2009)

Abb. 5 ermöglicht den direkten Vergleich zwischen unterschiedlichen Oberflächenqualitäten der Schiene und der jeweiligen Lärmentwicklung. Bei schlechter Rauheit / Welligkeit zeigt sich vor allem bei lärmarmem Rollmaterial wieder eine starke Lärmzunahme.

Beispiel: Ein mit K-Sohle-gebremste Güterwagon auf Monoblock UIC 60 verursacht bei hoher Schienenoberflächenqualität (smooth) ein Lärm von 78.1 dBA (Abb. 5). Bei schlechter Schienenoberflächenqualität (bad) steigt der Lärmpegel um ca. 6 dB auf neu 84.0 dBA. Bei Rollmaterial mit Scheibenbremsen ist es sogar eine Zunahme von 8 dB und mehr.

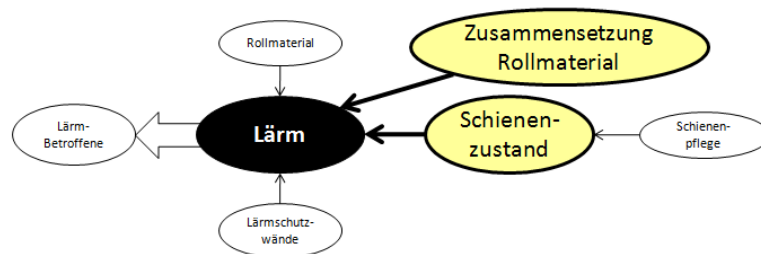
Fazit

Das Lärmreduktionspotential von neuem Rollmaterial kann nur ausgeschöpft werden, falls die Qualität der Schienenoberflächen hoch ist. Wenn nicht, resultiert eine insbesondere bei neuem und lärmarmem Rollmaterial eine massive Lärmzunahme.

5 Lärmentwicklung bei unterschiedlichem Schienenzustand

Auswirkung Schienenzustand beim Einsatz von lärmarmem Rollmaterial

Modernes Rollmaterial ist lärmarm. Es stellt sich deshalb die Frage, ab welchem Anteil an neuem Rollmaterial die Lärmreduktion bei unterschiedlichem Schienenzustand wirksam ist.



Auswirkung Schienenzustand auf Lärmentwicklung

Die im Rahmen von sonRAIL erarbeiteten Grundlagen lassen sich auch bezüglich Zusammensetzung von neuem und altem Rollmaterial in Abhängigkeit des Schienenzustands auswerten.

Abb. 6 beispielsweise zeigt, dass bei einem hohen Anteil von GG-gebremsten Güterwagons durch zusätzliches akustisches Schienenschleifen nur 1 dB Lärmreduktion realisiert werden kann. Erhöht sich der Anteil an K-Sohle gebremsten Güterwagons auf 90% und mehr, was mittelfristig sicher das Ziel ist, so resultiert eine Lärmreduktion bei gutem Schienenzustand von mindestens 3 dB. In diesem konkreten Fall hätte das akustische Schienenschleifen ein Lärmreduktionspotential von 3 dB.

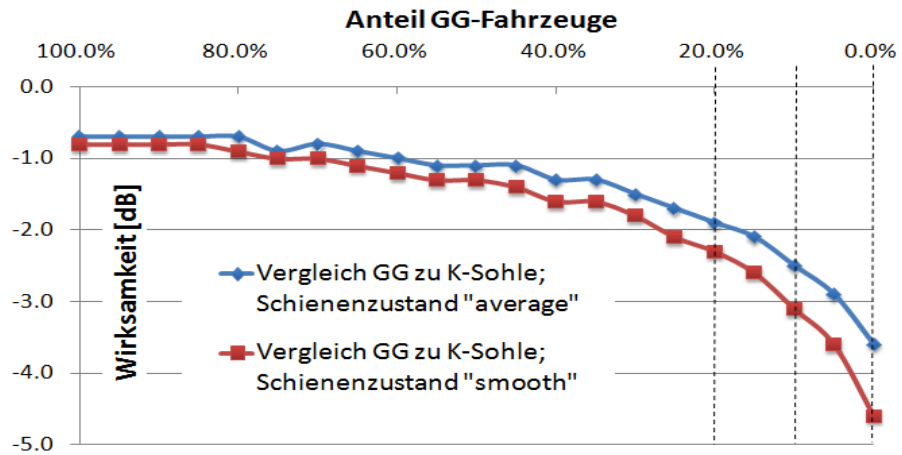


Abb. 6: Lärmreduktion in Abhängigkeit von Schienenzustand und Zusammensetzung Rollmaterial (GG zu K-Sohle); (Quelle: Projekt sonRail, 2009)

Abb. 6 zeigt zudem, dass das akustische Schienenschleifen beim Einsatz von K-Sohle-gebremstem Rollmaterial ein Lärmreduktionspotential von über 4 dB hat. Der Einfluss der Schienenoberflächenqualität respektive des akustischen Schienenschleifens ist beim Einsatz von Scheibenbremsen noch deutlicher (Abb. 7).

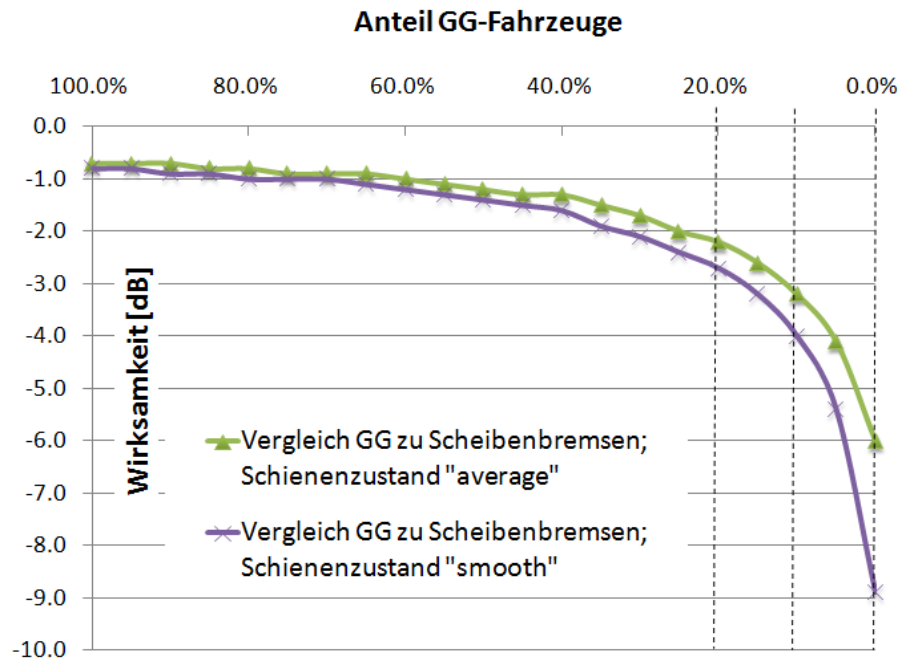


Abb. 7: Lärmreduktion in Abhängigkeit von Schienenzustand und Zusammensetzung Rollmaterial (GG zu Scheibenbremsen); (Quelle: Projekt sonRail, 2009)⁵

Abb. 7 zeigt, dass beim Einsatz von Scheibenbremsen (Anteil 100%) zwischen schlechter Schienenoberfläche und gutem Schienenzustand ein Lärmreduktionspotential von bis zu 9 dB besteht.

⁵ Weitere Quelle: <http://www.schienefahrzeugtagung.at/download/PDF2008/Kalivoda-Marschnig.pdf>; Folie 10

Fazit

Akustisches Schienenschleifen hat mittelfristig sicher ein Lärmreduktionspotential von 3 – 5 dB beim Einsatz von K-Sohle respektive bis zu 9 dB beim Einsatz von Scheibenbremsen.

Durch akustisches Schienenschleifen können deshalb folgende Lärmreduktionen erreicht werden.

Fahrgeräusch wird dominiert von:	Nutzen <u>maximal</u> [dB]
- GG- gebremsten Fahrzeugen	ca. 1
- K- gebremsten Fahrzeugen	ca. 4
- Scheibengebremsten Fahrzeugen	ca. 9

Eine auswertbare Stichprobe auf der Nord-Süd-Linie (Gotthard) zeigt, dass ca. 50% der Schienen eine gute Oberfläche aufweisen (smooth), 40% eine durchschnittliche Oberfläche (average) und 10% eine schlechte Oberfläche (bad) haben. Auf diesem Streckenabschnitt könnte somit ein weiteres Reduktionspotential von mindestens 3 dB realisiert werden.

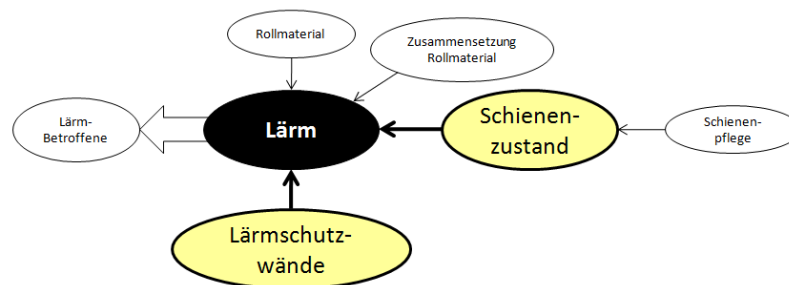
Fazit

Eine auswertbare Stichprobe auf der Nord-Süd-Linie (Gotthard) zeigt, dass ca. 50% der Schienen eine gute Oberfläche aufweisen (smooth), 40% eine durchschnittliche Oberfläche (average) und 10% eine schlechte Oberfläche (bad) haben. Auf diesem Streckenabschnitt könnte somit ein weiteres Reduktionspotential von mindestens 3 dB realisiert werden.

6 Vergleich der Wirksamkeit von akustischem Schienenschleifen mit Lärmschutzwänden

Unterschiedliche Wirkungen

Im Rahmen der Lärmsanierung der Eisenbahn sind an verschiedenen Orten Lärmschutzwände erstellt worden. Es stellt sich somit die Frage, inwiefern sich die Wirksamkeit von Lärmschutzwänden vom akustischen Schienenschleifen unterscheidet.



**Wirksamkeit
von Lärm-
schutzwänden**

Lärmschutzwände haben zum Ziel, den Eisenbahnlärm abzusichern. Demzufolge ist die Lärmreduktion im abgeschirmten Bereich hinter der Lärmschutzwand am grössten (Abb. 8).

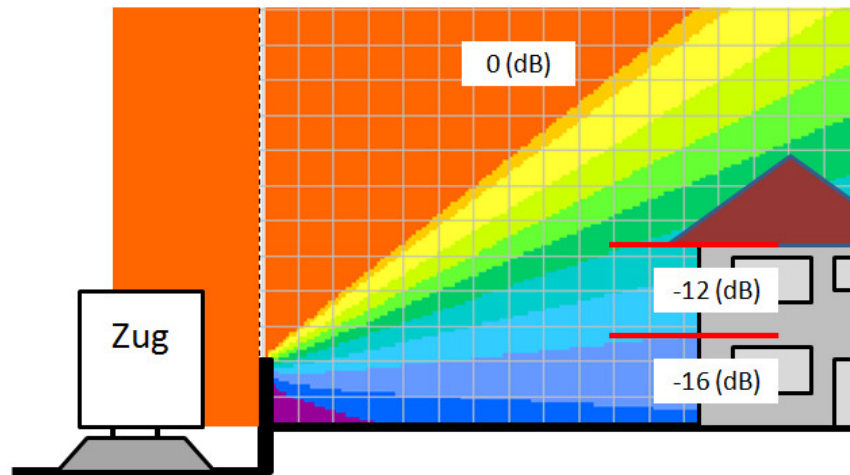


Abb. 8: Lärmreduktion mit Lärmschutzwand (2m) und niedrigem Gebäude

Mit Lärmschutzwänden kann der Lärm im abgeschirmten Bereich massiv, d.h. um mindestens 10 dB, reduziert werden.

Die Wirksamkeit von Lärmschutzwänden ist hingegen bei hohen und gleis-nahen Gebäuden nicht mehr effektiv (Abb. 9).

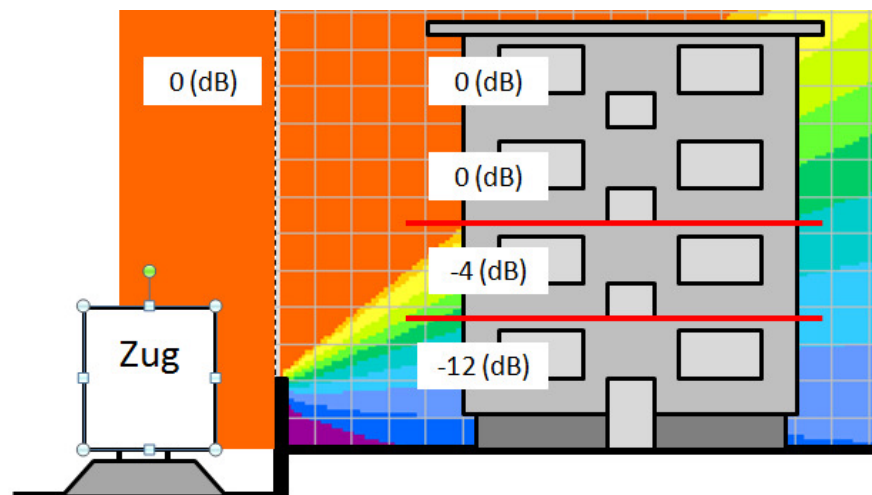


Abb. 9: Lärmreduktion bei hohen und gleis-nahen Gebäuden

Insbesondere im urbanen Raum oder bei Hangsiedlungen, welche durch Lärmschutzwände nur ungenügend geschützt werden können, liefert akustisches Schienenschleifen einen weiteren Beitrag für eine spürbare Lärmreduktion.

Fazit

Lärmschutzwände sind äusserst wirksam, falls damit Gebäude (vollständig) abgeschirmt werden können. Ist dies nicht möglich, z.B. wegen gleis-nahen Gebäuden oder Hanglagen, resultiert keine Lärmreduktion.

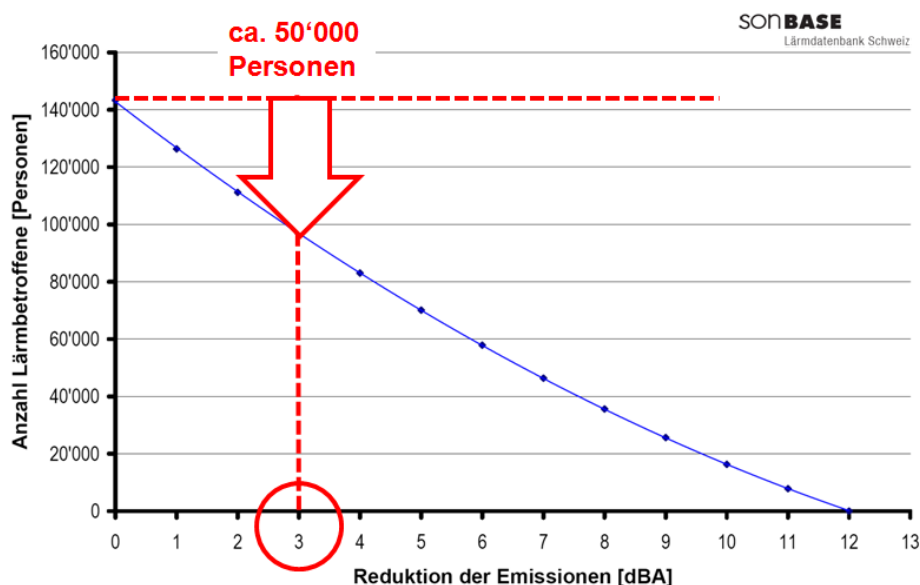
Akustisches Schienenschleifen reduziert den Lärm an der Quelle und bewirkt somit insgesamt einen geringeren Lärmpegel. Die Reduktion von 3 dB liegt zwar unter dem Wert einer Lärmschutzwand; trotzdem können damit weitere Personen vom Schienenlärm entlastet werden.

7

Potential von akustischem Schienenschleifen

Halbierung der bisher Betroffenen möglich

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass der Zustand der Schiene insbesondere bei neuem und lärmarmem Rollmaterial einen wesentlichen Einfluss auf den Lärm hat. Das zusätzliche Lärmreduktionspotential umfasst mindestens 3 dB. Eine weitere Lärmreduktion von 3 dB würde maximal ca. 50'000 Personen entlasten (Abb. 10).



*Abb. 10: Zusammenhang zwischen lärm-betroffener Personen und Reduktion der Lärmemission (während der Nacht)
(Quelle: sonBASE-Berechnung 2008, ETHZ & BAFU)*

50'000 zusätzlich entlastete Personen bedeutet, dass mit dieser Massnahme die aktuelle Anzahl der Lärmbetroffenen um einen Drittel reduziert werden kann.

Hohe Zugsdichten versus akustischem Schienenschleifen

Eine Verdoppelung der Zugsdichte hätte eine Lärmzunahme von 3 dB zur Folge. Das akustische Schienenschleifen mit einem Lärmreduktionspotential von mindestens 3 dB würde dies kompensieren. Somit könnte das akustische Schienenschleifen eine mögliche flankierende Massnahme darstellen, um beim geplanten weiteren Ausbau der Fahrpläne die Lärmemission zu reduzieren respektive auf gleichem Niveau zu halten.

Fazit

Das akustische Schienenschleifen mit einem Lärmreduktionspotential von mindestens 3 dB könnte maximal weitere 50'000 Betroffene bei momentan ca. 140'000 Lärmbetroffenen entlasten.

Das akustische Schienenschleifen könnte zudem eine wesentliche Massnahme für die weiterführende Lärmbekämpfung insbesondere auch beim geplanten Ausbau der Fahrpläne in der Nacht darstellen. Entsprechend attraktiv erscheint ein optimiertes akustisches Schienenschleifen bezüglich Lärmbekämpfung.

8 Kostenstrukturen von unterschiedlichen Pflegemassnahmen

Ziel von akustischem Schienenschleifen

Das Ziel von bisherigen (kurativen) Schleifverfahren besteht primär in der Korrektur des Schienenprofils und der Welligkeit. Durch die umfangreichen Messkampagnen von sonRAIL konnte aufgezeigt werden, dass vor allem nach dem Schleifen mit gängigen Schleifverfahren die Schienenrauheit gross ist. Dieser zusätzliche „peak“ nach dem Schleifen ist unangenehm und stört massiv.

Akustisches Schienenschleifen ist ein (zusätzlicher) Finish-Prozess; damit soll die Oberflächengüte, d.h. die Rauheit & Welligkeit dermassen verbessert werden, dass unmittelbar nach dem Schleifen bereits eine (massive) Lärmreduktion möglich ist (Abb. 11).

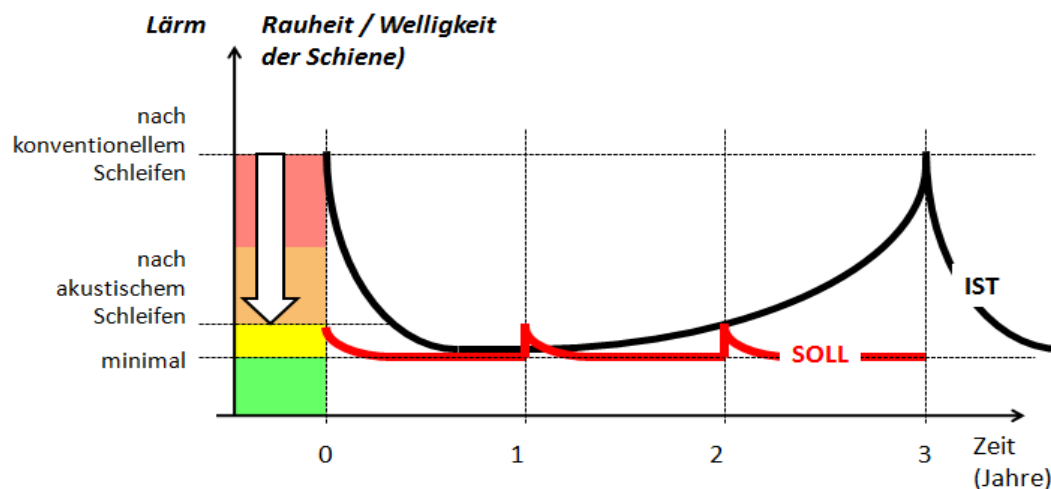


Abb. 11: Schematische Darstellung von kurativem Schleifen (schwarz) und jährliches präventives & akustisches Schleifen und deren Lärmentwicklung in Abhängigkeit der Zeit

Abb. 11 zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen kurativem Schienenschleifen alle 3-5 Jahre und dem jährlich stattfindenden akustischen Schienenschleifen. Weil akustisches Schienenschleifen ein Finish-Prozess ist, muss die Schiene vorgängig grob geschliffen werden, z.B. kombiniert mit präventivem Schleifen.

Es stellt sich deshalb die Frage, wie sich die Kostenstruktur möglicherweise verändert, wenn künftig die Schienen nicht mehr alle 3-5 Jahre kurativ, sondern präventiv und inklusive akustischem Schleifens jährlich gepflegt würde.

Kostenstruktur bei kurativem Schleifen

Folgende Annahmen gelten für die folgenden Kostenabschätzung:

- Kostenrechnungsmodell der BLS;
- Basis ist ein Gleis, Länge 1 km, mit Betonschwellen, und einer Belastung von ca. 40GBRT täglich
- Ersatz Oberbau (Schienen, Schwellen, Schotter, ...): alle 40 Jahre; Investition von ca. 1'200'000.- SFr. pro km (Abschreibungen pro Jahr: ca. 30'000.- SFr. pro km)
- Gleisersatz: alle 20 Jahre; Aufwand ca. 200'000.- SFr. für 1 km; Kosten pro Jahr: ca. 5'000.- SFr. pro km
(*Hinweis: nach 40 Jahren erfolgt der Ersatz vom ganzen Oberbau, verbucht als Investition; deshalb werden 200'000.- SFr. durch 40 Jahre dividiert*)
- Systematischer Unterhalt (Stopfen, ...) findet alle 4 Jahre statt und beträgt jährlich pro km ca. 4'500.- SFr.
- Der regelmässige Kleinunterhalt beläuft sich auf ca. 3'000.- SFr. jährlich.
- Maschinelles Schleifen findet alle 3 Jahre statt; eine Schicht kostet ca. 30'000.- SFr.; geschliffen werden pro Schicht 4 km; daraus ergeben sich jährliche Kosten von ca. 2'500.- SFr. pro km.

Die Kostenstruktur sieht folgendermassen aus (gerundet auf jeweils 500 SFr.):

Unterhaltskosten	
Pflegemassnahmen	Aufwand(in SFr.)
Ersatz Schiene (alle 20 Jahre)	5'000
Systematischer Unterhalt	4'500
Kleinunterhalt	3'000
masch. Schleifen (alle 3 Jahre)	2'500
Diverses (Kontrollen, Schneeräumung, ...)	4'000
TOTAL	19'000

Rund 1/8 der jährlichen direkten Unterhaltskosten betreffen das (kurative) Schienenschleifen.

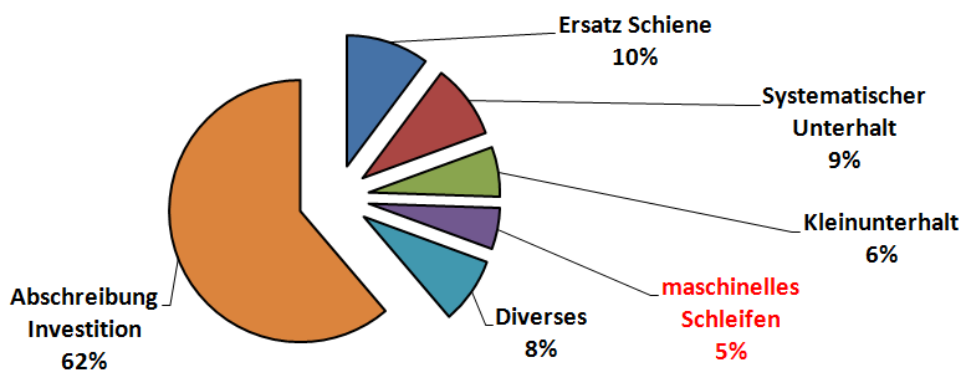


Abb. 12: Kostenanteil mechanisches Schienenschleifen an Gesamtkosten (Unterhalt plus Abschreibungen)

Abb. 12 zeigt die Kostenverteilung unter Berücksichtigung der jährlichen Unterhaltskosten sowie der jährlichen Abschreibungen auf der Investition.

In einer Vollkostenrechnung müssen auch Investitionen, respektive Abschreibungen und Kapitaldienste berücksichtigt werden. „1 km Gleis“ verursacht somit, bei Vollkostenrechnung einen jährlichen Aufwand von ca. 50'000 SFr.; 5% davon entstehen durch das mechanische (kurative) Schienenschleifen.

Kostenstruktur bei präventivem Schleifen

Interessant ist nun der Vergleich zum jährlichen präventiven Schleifen. Hier besteht das Problem, dass ein direkter Quervergleich nicht möglich ist; es fehlt an direkt verwertbaren Erfahrungen aus der Schweiz. Deshalb wird im Folgenden versucht, Erfahrungen aus ähnlichen Bereichen heranzuziehen, um dann zumindest Tendenzen aufzuzeigen zu können.

Unterhaltskosten kuratives Schleifen		Unterhaltskosten präventives & akustisches Schleifen	
Pflegemassnahmen	Aufwand (in SFr.)	Aufwand <u>geschätzt</u> (in SFr.)	Begründung / Kommentare
Ersatz Schiene	5'000	4'500	längere Lebensdauer; Ersatz (Annahme: plus 10%)
Systematischer Unterhalt	4'500	3'500	Geringer, weil weniger Erschütterungen durch beschädigte Schienen
Kleinunterhalt	3'000	3'000	-
masch. Schleifen (alle 3 Jahre)	2'500 ⁶	ca. 4'000 ⁷	2-3x höhere Schichtleistung; max. 1/3 höhere Schichtkosten
Diverses	4'000	4'000	
TOTAL	19'000	ca. 19'000	TOTAL

Die Schienen den TGV-Linien in Frankreich werden mindestens einmal jährlich präventiv geschliffen. Der Abtrag ist so deutlich geringer als beim kurativen Schleifen nach drei Jahren; die Schichtleistungen sind mit 12 – 16 km deshalb rund 3-4x höher als beim kurativen Schleifen⁸.

Die Erfahrungen zeigen hier u.a.,

- dass durch die kürzeren Pflegeintervalle keine oder dann deutlich weniger „Squats“ oder „Headchecks“ auftreten und dass deshalb der Abtrag beim Schleifen deutlich geringer ist,

⁶ Annahme: 30'000.- pro Schicht; alle 3 Jahre; 4 km pro Schicht

⁷ Annahme: Schichtkosten neu mit akustischen Schienenschleifen 40'000 SFr. anstatt 30'000 SFr. wegen zusätzlichem akustischem Schienenschleifen (teurere Schleifmaschine); Schichtleistung wegen geringer Abtragleistung bei 10km (min.) - 12 km (max) – also inkl. Berücksichtigung von Störstellen (Spurwechsel, Bahnhöfe, Brückendilatationen, ...);

⁸ Bei einem Vergleich mit der Situation in der Schweiz sind im Folgenden auch die länderspezifischen Störgrößen, wie Spurwechsel, Bahnhöfe und Brückendilatationen zu berücksichtigen. Deshalb wird in den folgenden Kostenschätzungen nur von einem 2-3x höherer Schichtleistung ausgegangen.

- dass das regelmässige Schleifen zur Folge hat, dass weniger gestopft werden musste, und
- dass die Schienen tendenziell eine längere Lebensdauer haben (nicht zuletzt wegen dem insgesamt geringeren Abtrag beim Schleifen)

Aus diesen Erfahrungen ergeben sich deshalb folgende Tendenzen:

Beim regelmässigen präventiven Schienenschleifen dürfte sich auch die Nutzungsdauer des Gleisoberbaus verlängern. Bei einer angenommenen Verlängerung der Nutzungsdauer der Schiene um 2 Jahre – dies entspricht 10% der bisherigen Nutzungsdauer – resultiert eine zusätzliche Kostenreduktion bei Investition und jährlichen Abschreibungen von ca. 3'000 SFr. jährlich. „1km Gleis“ würde so nicht mehr rund 49'500 SFr. pro Jahr kosten, sondern nur noch 46'500 Sfr. trotz höher Kosten für mechanisches Schleifen.

Eine erste Abschätzung zeigt, dass jährliches präventives Schienenschleifen kombiniert mit akustischem Schienenschleifen nicht zwingend zu höheren Kosten führt, sondern diese bei einer gesamten Life-Cycle-Kostenbetrachtung sogar senken dürfte.

9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für weiteres Vorgehen

Akustisches Schienenschleifen zwingen notwendig

Eine dauerhafte Lärmreduktion beim Einsatz von neuem und lärmarmem Rollmaterial ist nur mit einer entsprechenden Schienenpflege möglich. Nur so können 50'000 – 75'000 Lärmbetroffene zusätzlich entlastet werden.

Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis

Insgesamt hat das akustische Schienenschleifen ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Erste Kostenabschätzungen zeigen, dass sich die Kosten insgesamt sogar leicht reduzieren dürften, falls neu, anstatt kurativem Schleifen alle 3 Jahre ein präventives jährliches Schienenschleifen kombiniert mit einem „akustischen-Finish-Prozess“ zur Anwendung kommt.

Neue Schleiftechnologien entwickeln

Aktuell ist der Lärmpegel nach dem Schienenschleifen deutlich zu hoch. Es ist deshalb ein akustisches Schienenpflegeverfahren notwendig, welches unmittelbar nach dem Schleifen bereits gute Resultate liefert und zudem hohe Vorschubgeschwindigkeiten zulässt, damit grössere Distanzen in einer Nacht geschliffen werden können.

Im Bereich der Entwicklung neuer Schienenschleiftechnologien sind deshalb die Aktivitäten zu verstärken, damit bald entsprechende Schleiftechnologien vorliegen.

Weiteres Vorgehen

Die Untersuchungen zeigen folgenden Handlungsbedarf:

Effizientes Schienenschleifverfahren

- a) Neue Technologie für akustisches Schienenschleifen: Es ist eine neue Schleiftechnologie notwendig, welche deutlich höhere Vorschubgeschwindigkeiten (grösser 5 m/s) bei Trockenbearbeitung zulässt. Nur so ist es wirtschaftlich möglich, nach dem präventiven oder kurativen Schienenschleifen die Schienenoberfläche (Rauheit & Welligkeit) im Sinne eines „Finish-Prozesses“ entsprechend zu verbessern.
Momentan laufen Bestrebungen, gemeinsam mit einem Schienenschleifun-

ternehmen, der ETH Zürich und der KTI sowie der Technologieförderung des BAFU ein entsprechendes Projekt durchzuführen.

*Alterungs-
verhalten der
Schienen be-
schreiben*

- b) Alterungsverhalten der Schienen: Momentan sind die Mechanismen (Einflussgrößen), welche die Alterung der Schiene massgeblich beeinflussen nicht bekannt. Hier sind umfassender Untersuchungen notwendig. Insbesondere wäre hier u.a. zu wissen, welche Pflegemassnahmen (z.B. kuratives oder präventives Schleifen) oder welche Art von Schienenoberbau die Alterung verstärkt respektive verzögert.
Hier ist eine separate Studie notwendig, in welcher auf ausgewählten Streckenabschnitten untersucht wird, wie die einzelnen Einflussgrößen wirken.

*Schienen-
Monitoring*

- c) Schienenmonitoring / Rauheitsüberwachung: Für eine gezielte Pflege der Schienenoberflächen sind detaillierte Informationen zur aktuellen Schienenqualität notwendig. Denkbar ist hier beispielsweise eine GIS-basierte Lösung. Zu diesem Zweck ist allenfalls eine effizientere Messmethode inkl. Messinstrument zu entwickeln.
Denkbar wären hier der Ausbau der bisherigen Monitoring-Aktivitäten respektive die weiterführende Auswertung bestehender Messkampagnen. denkbar
Zudem sind für die Entwicklung einer neuen Schleiftechnologie wie auch für die differenzierte Beurteilung des Alterungsverhaltens von Schienen (vgl. obige Punkte) weitere Messungen notwendig, welche mit der obigen Frage kombiniert werden könnten.

*zweckmässige
Kosten-
Berechnungs-
modelle*

- d) Differenzierte Kostenrechnungsmodelle: Die bisherigen Kostenbetrachtungen sind Kostenschätzungen. Diese basieren auf bestehenden Kostenmodellen. Für eine differenzierte Betrachtung sind sowohl ein genaueres Kostenmodell (zweckmässige Aufgliederung nach relevanten Kostengrößen) wie auch detaillierte Kosteninformationen (vom Infrastrukturbetreiber) notwendig.
Denkbar wäre hier beispielsweise ein „situatives Kostenmodell“ (respektive ein „activity based costing“), also ein Modell, in welchem unterschiedlichste Situationen einfach abgebildet werden können. Für jede Aktivität müssten dann entsprechende Kosten berechnet werden. Hier ist eine enge Zusammenarbeit mit Infrastrukturbetreibern notwendig.

Seegräben, den 13.9.2010

Rainer Züst
Züst Engineering AG