



© Foto SBB

Ein Trassenpreissystem aus Umweltsicht unter besonderem Augenmerk des Lärms

Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Prof. Dr. Ulrich Weidmann

Stephan Moll

Philipp Schmidt

Schlussbericht

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärmbekämpfung, CH-3003 Bern.
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)

Autoren: Prof. Dr. Ulrich Weidmann, Stephan Moll, Philipp Schmidt

Begleitung BAFU: Fredy Fischer

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Freigabe BAFU: 28. März 2011

Prof. Dr. Ulrich Weidmann

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 31 05
Telefax: +41 44 633 10 57

weidmann@ivt.baug.ethz.ch

Stephan Moll

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 31 92
Telefax: +41 44 633 10 57

moll@ivt.baug.ethz.ch

Philipp Schmidt

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 39 95
Telefax: +41 44 633 10 57

schmidt@ivt.baug.ethz.ch

"

Ein Trassenpreissystem aus Umweltsicht unter besonderem Augenmerk des Lärms

Prof. Dr. Ulrich Weidmann

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 31 05
Telefax: +41 44 633 10 57

weidmann@ivt.baug.ethz.ch

Stephan Moll

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 31 92
Telefax: +41 44 633 10 57

moll@ivt.baug.ethz.ch

Philipp Schmidt

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und
Transportsysteme (IVT)
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

Telefon: +41 44 633 39 95
Telefax: +41 44 633 10 57

schmidt@ivt.baug.ethz.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Ziele	1
1.1	Ausgangslage	1
1.1.1	Auftrag	1
1.1.2	Systemvorschlag des IVT für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem vom November 2007	1
1.2	Ziele.....	3
1.3	Vorgehen	3
2	Stand der Anwendung/Planung lärmabhängiger Trassenpreissysteme.....	4
2.1	Eingeführte Trassenpreissysteme mit Lärmberücksichtigung.....	4
2.1.1	Schweiz.....	4
2.1.2	Niederlande.....	4
2.2	Studien zu lärmabhängigen Trassenpreissystemen.....	5
2.2.1	Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Marschnig.....	5
2.2.2	Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Hierzer / Kalivoda.....	6
2.2.3	Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Hecht / Ben Othman	6
2.3	Standpunkte von Interessensgruppen und Betroffenen.....	8
2.3.1	Europäische Kommission	8
2.3.2	Internationaler Eisenbahnverband (UIC).....	8
2.3.3	DB Mobility Networks Logistics	9
2.3.4	Ahaus Alstätter Eisenbahn Cargo AG (AAE).....	9
2.4	Deutsches Rechtsgutachten	10
3	Charakteristik des Schienenlärms	12
3.1	Antriebsgeräusche	12
3.2	Rollgeräusche.....	12
3.3	Aerodynamische Geräusche	14
3.4	Weitere Lärmquellen.....	14
4	Anreizwirkung	15
4.1	Ziel	15
4.2	Wagenhalter	15

4.2.1	Geschäftsbeziehungen zwischen EVU und Wagenhalter.....	15
4.2.2	Wirkung auf Wagenhalter.....	17
4.2.2.1	Direkter Anreiz.....	17
4.2.2.2	Indirekter Anreiz.....	19
4.3	Fahrzeughersteller.....	20
4.3.1	Wirkung auf Fahrzeughersteller.....	20
4.4	Diskussion.....	21
4.4.1	Zielgruppe.....	21
4.4.2	Gültigkeitsgebiet.....	21
4.4.3	Zeithorizont und Sanierungsziel.....	22
4.4.4	Schlussfolgerung.....	23
5	Ausgestaltungsmöglichkeiten der Lärmkomponente.....	24
5.1	Bestandteile einer Lärmkomponente.....	24
5.2	Diskussion der Zielgruppe.....	25
5.3	Variantenbildung.....	26
5.3.1	Reale Lärmemission.....	26
5.3.1.1	Überblick.....	26
5.3.1.2	Messung auf Zugbasis.....	28
5.3.1.3	Messung auf Wagenbasis.....	29
5.3.2	Theoretische Lärmemission.....	30
5.3.2.1	Überblick.....	30
5.3.2.2	Erfassung vor Ort.....	30
5.3.2.3	Erfassung bei Abfahrt/Grenzübergang.....	31
5.3.2.4	Zulassungswert.....	32
5.3.2.5	Konstruktives Merkmal.....	33
5.4	Bewertungsmatrix.....	34
6	Systemvorschlag und Ausgestaltung.....	36
6.1	Datenbeschaffung / -basis.....	36
6.1.1	Datenbank für Wagennummern.....	36
6.1.2	Datenbank für Zulassungswert.....	36
6.1.2.1	Wagon and Intermodal Operational Database (WIMO).....	37

6.1.2.2	Cargo-Informationssystem (CIS)	38
6.2	Einbindung in Trassenpreissystem.....	38
6.2.1	Multiplikative vs. additive Integration.....	38
6.2.2	Lärmkategorien	40
6.2.3	Anreizhöhe.....	42
6.2.4	Ergänzende Anreizvarianten	43
6.2.4.1	Bonus für Züge mit ausschliesslich leisem Rollmaterial	43
6.2.4.2	Tag/Nacht Differenzierung	44
6.3	Migration	44
6.3.1	Voraussetzungen	44
6.3.2	Umsetzungsschritte	44
6.3.3	Alternativen	45
7	Quellen	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristik Personen- und Güterverkehr	17
Tabelle 2: Voraussetzungen und Anreizwirkung eines lärmabhängigen TPS	23
Tabelle 3: Qualitative Bewertungsmatrix für die vorgestellten Varianten	34
Tabelle 4: Lärmkategorien.....	41
Tabelle 5: Lärmkategorien mit Bonus/Malus-Tarifen	43
Tabelle 6: Lärmkategorien und Bonus/Malus-Tarife für alternative Bemessungsgrundlage	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Systemansatz und Struktur des IVT-Trassenpreissystems, Arbeitsstand Nov. 2007	2
Abbildung 2 Berechnungsmodell „Lärmkapazität“; Quelle [6]	5
Abbildung 3 Berechnungsmodell nach Hecht / Ben Othman; Quelle [8].....	7
Abbildung 4 Beispiel Abhängigkeiten bei einem Anreizsystem über Trassenpreis; Quelle [12]	10
Abbildung 5 Geräuschquellen und ihre typische Geschwindigkeitsabhängigkeit; Quelle [14]	12
Abbildung 6 Vergleich der Emissionswerte auf geschliffener und rauher Schiene; Quelle [17]	13
Abbildung 7 Schätzung der Schallanteile durch Wiemers; Quelle [19]	14
Abbildung 8 Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr	16
Abbildung 9 Untersuchung der Anreizwirkung für die vier Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr.....	18
Abbildung 10 Geeignete Anreizinstrumente in Abhängigkeit von Zeithorizont und Sanierungsziel. 22	
Abbildung 11 Bestandteile und Ausprägungsmöglichkeiten einer zukünftigen Lärmkomponente....	24
Abbildung 12 Projektfortschritt Lärmsanierung Eisenbahnen in der Schweiz; Quelle [23]	25
Abbildung 13 Vorbeifahrtspegel Güter- und Personenzüge; Quelle [23].....	25
Abbildung 14 Aufbau Messstandort für das Monitoring Eisenbahnlärm Schweiz; Quelle [17].....	27
Abbildung 15 Gesamtpegel des Zuges, abhängig vom Anteil Wagen mit 78 dB(A); Quelle [7]	29
Abbildung 16 Schallemissionsgrenzwerte für Güterwagen nach TSI Noise; Quelle [21]	32

Abbildung 17	Datenbanken und Schnittstellen	37
Abbildung 18	Lärmfaktor in TPS in Abhängigkeit zu Wagenzahl	39
Abbildung 19	Angepasste Struktur des IVT-Trassenpreissystems	40

Abkürzungen

AFI	automatisches Fahrzeug-Identifikationssystem
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
CIS	Cargo-Informationen-System
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
RFID	Radio Frequency Identification
TAF	Telematic Applications for Freight
TEL	Transit Exposure Level
TSI	Technical Specifications for Interoperability
TPS	Trassenpreissystem
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
UIP	Internationale Privatgüterwagen-Union
WIMO	Wagon and Intermodal Operational Database

1 Ausgangslage und Ziele

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Auftrag

Die aktuelle Lärmsanierung der Eisenbahnen in der Schweiz basiert auf dem Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen und dem gleichzeitig am 1. Oktober 2000 in Kraft getretenen Bundesbeschluss über deren Finanzierung (FinöV-Fonds). Das Gesamtvorhaben soll bis 2015 realisiert werden. Lärmsanierungsmassnahmen an der Quelle, d.h. an schweizerischen Schienenfahrzeugen geniessen im Massnahmenkonzept Priorität. Wo dies nicht genügt, werden bauliche Lärmschutzmassnahmen finanziert. Das Sanierungsziel beim Rollmaterial liegt gemäss der 2005 überarbeiteten Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen bei 86 db(A) für Güterwagen und 84 db(A) für Reisezugwagen¹. Die Sanierung der Normalspur-Reisezugwagen ist gemäss dem Standbericht 2007 des Bundesamtes für Verkehr weitgehend abgeschlossen [1]. Bei den Güterwagen von SBB Cargo bleibt das Terminziel von 2009 äusserst ambitiös. Inzwischen sind rund die Hälfte bzw. 3500 der zur Lärmsanierung vorgesehenen Güterwagen umgerüstet worden. Um das Ziel noch erreichen zu können, ist eine Steigerung der Umbauleistung notwendig. Bei den Privatgüterwagen wird das Terminziel verfehlt. Das Bundesamt für Verkehr rechnet mit einem Abschluss der letzten Umrüstungen im Jahr 2013/2014.

Das Bundesamt für Umwelt beabsichtigt nun, die Anzahl der lärmbelasteten Wohnparzellen bis 2025 weiter zu reduzieren. Dabei sollen für die weitergehende Lärmreduktion des Rollmaterials auch marktwirtschaftliche Anreize geprüft werden. Die Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems wäre hierzu ein mögliches Instrument.

Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Umwelt, Sektion Lärm die vorliegende Studie in Auftrag gegeben. Basieren soll die Lärmkomponente auf dem vorgeschlagenen Trassenpreissystem des Institutes für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich, welches im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr entwickelt wurde. Dieses wird deshalb in Kapitel 1.1.2 kurz vorgestellt.

1.1.2 Systemvorschlag des IVT für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem vom November 2007

Seit dem 1.1.1999 wird in der Schweiz das derzeit gültige Trassenpreissystem angewendet, wobei ausgehend von einem ursprünglichen Ansatz im Laufe der Jahre Anpassungen vorgenommen wurden. Das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) hat im Jahre 2006 eine Arbeit mit dem Titel „Studie zu einem neuen schweizerischen Trassenpreissystem“ [2] ausgeführt und Anfang 2007

¹ Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen vom 14. November 2001 (Stand am 22. Februar 2005) – Anhang 1

veröffentlicht. Die Analyse ergab unter anderem, dass das derzeitige Trassenpreissystem sehr zugswichtslastig, aber einfach in der Anwendung ist. Es fehlen Anreize zur für die schweizerische Infrastruktur sehr bedeutenden Kapazitätsoptimierung, zur Erhöhung der Trassenqualität und zur Verschleiss- und Lärmminimierung.

Ziel einer weiteren Studie, diesmal im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr, mit dem Titel „Systemvorschlag für ein neues Trassenpreissystem“ [3] vom November 2007 war der Aufbau eines Trassenpreissystems, das sich an das heutige System mit der Trennung in Elemente Fahrdienst, Unterhalt, Energie und Knotenzuschläge als Mindestpreis, Deckungsbeitrag und Preise für konkrete Zusatzleistungen anlehnt, aber neu Anreize zur Schonung der Infrastruktur, zur Schonung der Umwelt, zur Optimierung der Investitionskosten der Infrastruktur und zur Optimierung von Produktionskosten und Qualität der Verkehrsunternehmungen und der Infrastruktur schafft. Dieses Anreizsystem sollte durch eine bewusste Gestaltung und definierten Zielcharakter den Beteiligten einen materiellen Anreiz schaffen, ihr Verhalten zu ändern. Ziel dieser Motivation waren die Aspekte Kapazitätsoptimierung, Leistungsqualität, Umweltfreundlichkeit, Erhaltungsfreundlichkeit sowie Transparenz und Fairness.

Abbildung 1 zeigt als ein Hauptergebnis dieser Studie den Systemansatz und die Struktur des neuen Trassenpreissystems. Die Beschreibungen der einzelnen Elemente finden sich im Anhang A 1.

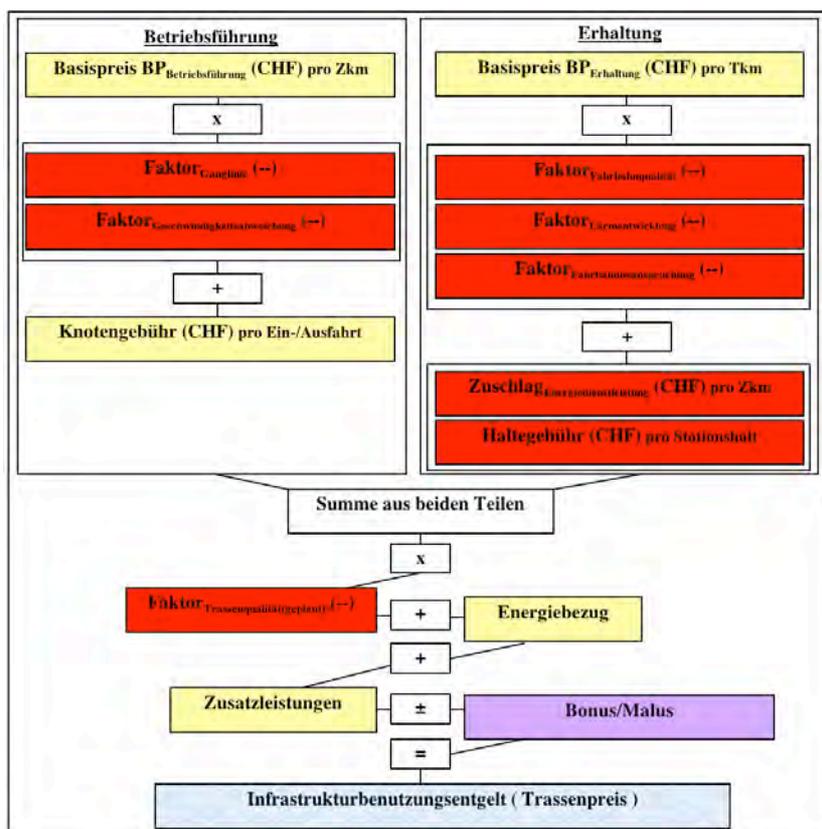


Abbildung 1 Systemansatz und Struktur des IVT-Trassenpreissystems, Arbeitsstand Nov. 2007

Für die vorliegende Studie relevant ist insbesondere der neu eingeführte Faktor_{Lärmentwicklung}. Weil die EVU ausser durch den Lärmbonus derzeit keinen betriebswirtschaftlichen Vorteil durch die Nutzung

lärmarmere Fahrzeuge haben, wurde es als zielführend erachtet, die Bepreisung des Lärms innerhalb des TPS zu verankern. Ein Faktor von 0,85 für lärmarme Fahrzeuge würde in der finanziellen Auswirkung etwa dem derzeitigen Lärmbonus entsprechen. In der Studie für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem wurde lediglich der Lärmbonus in den Faktor_{Lärmentwicklung} überführt und die gleichen Qualifikationskriterien verwendet wie im derzeitigen System. Dieses Element wurde nun im Rahmen dieser Studie vertieft untersucht. Dadurch ist es sowohl inhaltlich modifiziert als auch im Berechnungsverfahren geändert und an anderer Stelle im System platziert worden.

1.2 Ziele

Ziel der Arbeit ist es, dem Bundesamt für Umwelt eine Übersicht über den Stand der Anwendung und Planung von lärmabhängigen Trassenpreissystemen in Europa zu geben, die für die Lärmentstehung verantwortlichen Faktoren aufzuzeigen und schliesslich mittels Prüfung verschiedener Varianten einen Vorschlag zur Ausgestaltung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auszuarbeiten.

1.3 Vorgehen

Zunächst werden die Trassenpreissysteme im Ausland untersucht, bei denen der Lärm berücksichtigt bzw. geplant ist. Zudem werden Studien über lärmabhängige Trassenpreissysteme und Standpunkte von Interessengruppen beschrieben. In einem weiteren Schritt wird gezeigt, welche Faktoren für die Lärmentstehung verantwortlich sind und wie diese beeinflusst werden können. Ausserdem wird die Anreizwirkung eines lärmabhängigen Trassenpreises für den Güter- und Personenverkehr genauer untersucht und prinzipielle Ausgestaltungsmöglichkeiten einer Lärmkomponente aufgezeigt und bewertet. Dazu gehört unter anderem die Frage, ob als Bemessungsgrundlage der effektiv gemessene Lärmpegel vor Ort, der Zulassungswert der Fahrzeuge oder ein alternatives Vorgehen sinnvoll ist.

Mit diesen Erkenntnissen wird schliesslich ein Vorschlag für ein lärmabhängiges Trassenpreissystem ausgearbeitet, welcher ein Anreiz zur Nutzung von lärmarmen Fahrzeugen seitens der Eisenbahnverkehrsunternehmen schaffen soll.

2 Stand der Anwendung/Planung lärmabhängiger Trassenpreissysteme

2.1 Eingeführte Trassenpreissysteme mit Lärmberücksichtigung

Obwohl in den europäischen Trassenpreissystemen bereits eine Vielzahl von Anreizsystemen eingeführt worden sind, kennen bis jetzt nur die Schweiz und seit kurzem die Niederlande einen Lärmbonus. Im belgischen Trassenpreissystem ist zwar ebenfalls ein Umweltkoeffizient zu finden, allerdings ist dessen Wert noch ohne Wirkung [4].

2.1.1 Schweiz

In der Schweiz hat jede EVU die Möglichkeit, bei der entsprechenden Infrastrukturbetreiberin für lärmarme Wagen eine Rückerstattung von 1 Rp. pro Achskilometer zu beantragen [5]. Ab 2010 wird dieser Betrag für Personenfahrzeuge auf 0.5 Rp. reduziert². Bonusberechtigt sind dabei alle Wagen, welche mit Scheibenbremsen oder K-Sohlen ausgerüstet sind. Für den Erhalt des Bonus ist ein entsprechendes Gesuch an das Bundesamt für Verkehr (BAV) zu richten. Mit der Bestätigung der Richtigkeit durch das BAV kann anschliessend ein Rückerstattungsgesuch an die Infrastrukturbetreiberin eingereicht werden.

2.1.2 Niederlande

Am 15. Juli 2008 ist vom Infrastrukturunternehmen ProRail eine Ergänzung zum Network Statement 2008 veröffentlicht worden³. Lärmbonusberechtigt sind demnach Personen- und Güterwagen, die vor 2008 in Dienst gestellt, aber erst ab dem Jahr 2008 mit K-Sohlen, LL-Sohlen oder einer mindestens gleichwertigen Bremsbauart ausgerüstet wurden. Der Bonus beträgt 0.04 € pro Wagenkilometer. Er ist begrenzt auf total 120'000 km (4'800 €) pro Personenwagen bzw. 60'000 km (2'400 €) pro Güterwagen. Der Bonus für ein lärmsaniertes Fahrzeug wird nur über einen beschränkten Zeitraum ausbezahlt (Personenfahrzeuge: 2 Jahre, Güterwagen 3 Jahre).

Die lärmbonusberechtigten Wagennummern sind ProRail im Voraus mitzuteilen. Weiter benötigt sie für die Berechnung des Bonus monatlich die gefahrenen Kilometer pro Wagen auf dem niederländischen Streckennetz mit Angabe von Datum und Zugnummer. ProRail wird die erhaltenen Informationen stichprobenartig überprüfen.

² Leistungsvereinbarung zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Aktiengesellschaft Schweizerische Bundesbahnen (SBB) für die Jahre 2007–2010 – Art. 3

³ Aanvulling 10 op de Netverklaring 2008 (<http://www.prorail.nl/Vervoerders/Pages/Netverklaring.aspx>)

2.2 Studien zu lärmabhängigen Trassenpreissystemen

2.2.1 Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Marschnig

Marschnig [6] schlägt einen Ansatz vor, welcher die Kapazität einer Strecke durch eine Maximalemission beschränkt. Somit darf nur soviel Lärm emittiert werden, damit es zu keinen negativen Auswirkungen kommt. Die Zulassungsmessungen des Rollmaterials dienen dabei als Grundlage zur Bestimmung des emittierten Lärms.

In seinen Annahmen wird der Lärmpegel des Personenverkehrs als Konstante definiert. Begründet wird dies einerseits mit dem bereits heute deutlich leiseren Wagenmaterial sowie dem Umstand, dass im kritischen Nachtzeitraum der Güterverkehr der Hauptverursacher ist. Die Kapazität einer Strecke ergibt sich somit aus den möglichen Güterzugfahrten bis zur festgelegten Maximalemission und kann je nach eingesetztem Rollmaterial stark variieren (vgl. Abbildung 2).

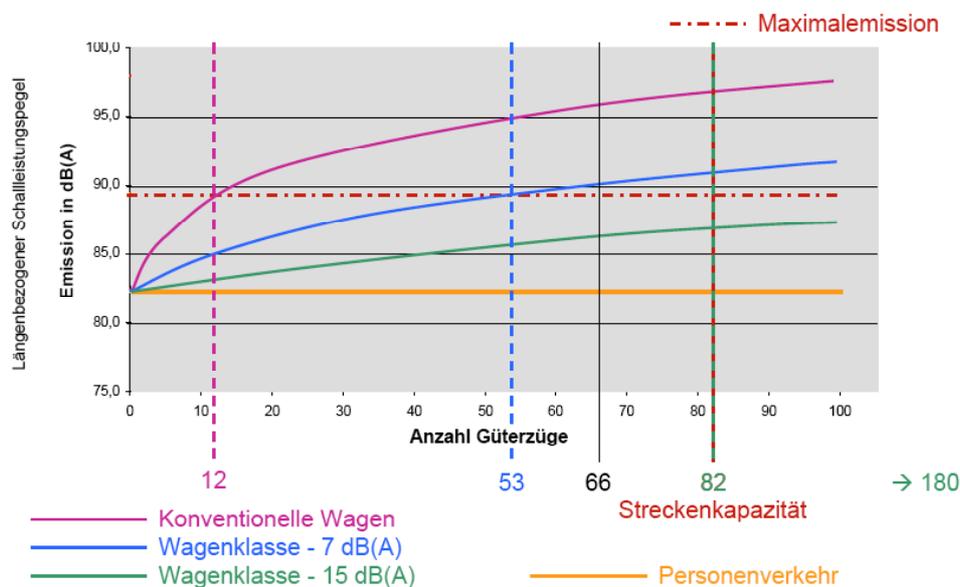


Abbildung 2 Berechnungsmodell „Lärmkapazität“; Quelle [6]

Gemäss diesem Konzept führt ein Güterwagen mit einem hohen Schalldruckpegel zu einer stärkeren Reduktion der Streckenkapazität als schalltechnisch günstige Wagenkonstruktionen. Verkehren nun weniger Güterzüge als aus Infrastruktursicht möglich wäre, sind aus den getätigten Investitionen Vermögen gebunden, die nicht refinanziert werden. Dieses Delta soll den Einzelwagen verursachergerecht weiterverrechnet werden. Marschnig unterteilt dazu die Güterwagen in drei Lärmkategorien: Die erste Klasse umfasst Güterwagen mit einem Schalldruckpegel von mehr als 85 dB(A) bei 80 km/h und solche ohne Zulassung nach TSI. Die zweite Klasse beinhaltet Güterwagen mit Zulassungswerten zwischen 81 und 85 dB(A). Die dritte Klasse steht schliesslich für lärmarme Wagen mit Werten unter 81 dB(A).

Für das Kernnetz der ÖBB kommt Marschnig nun aufgrund einer Hochrechnung auf folgende Kostenätze, die einerseits die Kosten der entstandenen Kapazitätsreduktion decken, andererseits so ausges-

taltet sind, dass ein genügend hoher Anreiz für die Wagenbesitzer besteht, in lärmarmes Rollmaterial zu investieren:

- Güterwagen 1. Klasse: + 0.017 €/km
- Güterwagen 2. Klasse: 0.000 €/km
- Güterwagen 3. Klasse: - 0.022 €/km

2.2.2 Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Hierzer / Kalivoda

Dieses Modell entstand im Rahmen der Studie „Bahnlärm-Monitoring und -Management“ [7], welches durch das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert wurde. Das Projekt befasste sich sowohl um die organisatorischen Grundlagen wie auch die technische Umsetzung.

Dem Modell liegt die Philosophie des Lärmbonus zugrunde. Das heisst, leise Fahrzeuge sollen einen Abschlag auf den zu entrichtenden Trassenpreis erhalten, während laute Fahrzeuge den vollen Preis bezahlen müssen. Eine Ausnahme bilden sehr laute Triebfahrzeuge, welche mit einem „Malus“ belegt werden können.

Als Berechnungsbasis dient der im laufenden Betrieb gemessene A-bewertete Vorbeifahrtspegel gemäss TSI-Noise bei 80 km/h in 7.5 m Entfernung. Dabei ist für die Berechnung des Bonus die Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik (TSI-Grenzwerte) und nicht der absolute Emissionspegel ausschlaggebend. Bei gleichem Vorbeifahrtspegel sollen zudem Fahrzeuge, welche für die Inbetriebnahme keine TSI-Grenzwerte einhalten mussten, einen höheren Bonus erhalten als solche mit vorhandenen Zulassungsmesswerten.

Für die Umsetzung wird ein zweistufiges Modell vorgeschlagen. In einem ersten Schritt basiert die Lärmemissionsberechnung auf den Zulassungspegeln. Wagen ohne Messzertifikate erhalten grundsätzlich keinen Bonus. Sie könnten aber durch konstruktive Merkmale oder nach Vorlage einer TSI konformen Bescheinigung in die entsprechende Bonusstufe eingereiht werden. In einer zweiten Phase wird schliesslich auf den tatsächlichen Emissionspegel umgestellt. Dafür wird das automatische Bahnlärm-Monitoring-Systems acramos® der ÖBB vorgeschlagen, deren Pilotanlage nördlich von Wien gemäss Kalivoda zufriedenstellend funktioniert und sehr gute repräsentative, stabile Geräuschemissionskennwerte liefert. Das System misst unter anderem den bewerteten Vorbeifahrtspegel des Zuges und der einzelnen Achsen. Es ist auch in der Lage, die vorbeifahrenden Züge anhand des Achsmusters automatisch einer Zugkategorie zuzuordnen und die Erschütterungsverteilung der Zugvorbeifahrt zu messen.

2.2.3 Lärmabhängiges Trassenpreissystem nach Hecht / Ben Othman

Im Fachbereich Schienenfahrzeuge der TU Berlin wurde in Zusammenarbeit AEA Technology ein lärmbasiertes Trassenpreiskonzept entwickelt, welches auf einem so genannten Noise-Unit-System aufbaut [8].

Die lärmabhängige Gebühr soll pro gefahrenen Zugkilometer erhoben werden. Für deren Bestimmung müsste theoretisch nur der emittierte Lärm gemessen werden, der den Zug als Ganzes einer Lärmklasse zuordnet. In einem ersten Schritt könnte die Geräuschbestimmung aber auch auf wagenspezifischen Merkmalen basieren. Dabei wird für jeden Wagen und jedes Triebfahrzeug eine Kennzahl ermittelt, die ein Mass für die physikalische Geräuschemission darstellt. Diese Kennzahl wird in Noise-Units angegeben. Die Noise-Units aller Wagen und des Triebfahrzeuges sollen dann jeweils innerhalb eines Zugverbandes aufaddiert werden und ergeben so eine zugspezifische Noise-Unit-Zahl. Die lärmabhängigen Kosten eines Zuges errechnen sich schliesslich aus der Multiplikation dieser Noise-Unit-Zahl mit einem bestimmten Betrag pro Noise-Unit und Kilometer.

Dieses Konzept wurde als Anwendungsbeispiel für den Güterverkehr konkretisiert (siehe Abbildung 3). Der Preis pro Noise-Unit und Kilometer ist bei 0.01875 € angesetzt worden. Bei der Einführung soll als Beurteilungskriterium vorerst nur die K-Sohle berücksichtigt werden. Für Züge, welche ausschliesslich Wagen mit K-Sohlen mitführen, beträgt die Zugkennzahl 16 Noise-Units (Lärmklasse 1). Jeder Wagen mit Grauguss-Bremsen im Zugverband erhöht nun diese Zugkennzahl um weitere 5 Noise-Units. Das Maximum liegt bei 128 Noise-Units (Lärmklasse 0).

Beispiel Güterverkehr

Grenzwerte	in dB(A)	Lärmkontingente	in Noise-Units
Tag	57	Tag	1920
Abend	52	Abend	320
Nacht	47	Nacht	256

Klasse	Beschreibung	entspricht in etwa TEL (Transit exposure level) in 7,5 m bei 80 km/h	Zugkennzahl in Noise-Units
Klasse 0	heute üblicher Zug	94 dB(A)	128
Klasse 1	Zug mit 10 dB(A) Lärminderung	84 dB(A)	16
Klasse 2	Zug mit 15 dB(A) Lärminderung	79 dB(A)	4
Klasse 3	Zug mit 20 dB(A) Lärminderung	74 dB(A)	1

Fixkostenkomponente:	0,70 pro km			
Lärmeinheitkosten:	0,01875 pro km			

	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Fixkosten pro km	0,70	0,70	0,70	0,70
lärmabhängige Kosten pro km	2,40	0,30	0,075	0,01875
Gesamtkosten pro km	3,10	1,00	0,775	0,71875

Abbildung 3 Berechnungsmodell nach Hecht / Ben Othman; Quelle [8]

Die Vorteile liegen gemäss den Autoren in der Einfachheit, da selbst Personen ohne akustisches Fachwissen einfach beurteilen können, wie laut ein Zug ist. Weil die Lärmkosten pro Unit verrechnet werden, können einerseits durch einfache Addition die Lärmkosten eines ganzen Zuges, gleichzeitig aber auch die Ersparnis von lärmsenkenden Massnahmen für einen einzelnen Wagen berechnet werden.

2.3 Standpunkte von Interessensgruppen und Betroffenen

2.3.1 Europäische Kommission

In einer Mitteilung der europäischen Kommission zuhanden des Parlamentes für Massnahmen zur Schienenlärmbekämpfung [9] wird eine Kombination von lärmabhängigen Trassenpreissystemen, Lärmemissionsgrenzen und Selbstverpflichtungen als die geeignetste Lösung angesehen.

In der Einführungsphase eines lärmabhängigen Trassenpreissystems wird die Implementierung eines Bonus-Systems für alle lärmarmen Wagen empfohlen. Der Bonus für die einzelnen Wagen wird anhand der auf einer bestimmten Strecke zurückgelegten Fahrzeug- oder Achskilometer berechnet. Später soll dieses durch ein kostenneutrales Bonus-/Malus-System ersetzt werden, damit die Einführung von neuen lärmarmen Technologien weiter gefördert wird. Als Anreiz für ein gezieltes Flottenmanagement der EVU nach Lärmkriterien ist im Bericht auch ein zusätzlicher Lärmbonus für den Einsatz lärmarmen Wagen in sensiblen Gebieten und/oder Zeiten angedacht. Die Berechnung des Bonus/Malus soll auf den Zulassungswerten bzw. auf Konstruktionsmerkmalen der Wagen basieren. Dies erfordert ein automatisches Wagenerkennungssystem, welches mit den nationalen Wagendatenbanken verbunden ist. Reale Lärmmessungen werden nicht als notwendig erachtet.

Problematisch wird die Tatsache angesehen, dass der Empfänger des Lärmbonus nicht notwendigerweise identisch mit dem Wagenhalter sein muss (auf diesen Aspekt wird in Kapitel 4.2.2.1 vertieft eingegangen). Andererseits ist die EU-Kommission der Ansicht, dass in einem funktionierenden Markt mit leiseren Wagen höhere Vermietungsgebühren erzielt werden können. Schliesslich wird darauf hingewiesen, dass nur eine europaweit harmonisierte Einführung von lärmabhängigen Trassenpreisen genügend Anreize für eine Umstellung auf lärmarme Wagen bietet und der administrative Aufwand in vertretbarem Ausmass bleibt.

Die Europäische Kommission hat als Vorbereitung für die Einführung von lärmabhängigen Trassenpreisen eine Studie ausgeschrieben⁴.

2.3.2 Internationaler Eisenbahnverband (UIC)

Der vom Internationalen Eisenbahnverband UIC erstellte Sachstandbericht kommt zu einer kritischen Einschätzung, was die Einführung von lärmabhängigen Trassenpreisen anbelangt [10].

Die UIC weist darauf hin, dass die heute in Europa eingeführten Trassenbenutzungsgebühren immer auf ganzen Zügen basieren. Der Lärmbonus in der Schweiz stellt dabei eine Ausnahme dar. Die Erweiterung um fahrzeugspezifische (Lärm-)Daten wäre also neu.

Die Ausgestaltung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems als Anreiz für lärmarme Fahrzeuge wird als schwierig erachtet. Dafür müssten nämlich die finanziellen Lärmkomponenten dem Wageneigen-

⁴ 2008/S 129-170651: Study on analyses of preconditions for the implementation and harmonisation of noise-differentiated track access charges - http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/tenders/index_en.htm

tümer weiterverrechnet werden. Da der Fahrzeughalter jedoch nur noch in wenigen Fällen mit dem Zug führenden EVU identisch ist, entstünde ein beträchtlicher administrativer Verfahrensaufwand für die Weiterbelastung respektive Gutschrift von lärmabhängigen Trassenpreiskomponenten (auf diesen Aspekt wird in Kapitel 4.2.2.1 vertieft eingegangen).

Der Bericht betrachtet zudem ein harmonisiertes Vorgehen in Europa sowie ein länderübergreifendes System zur Erfassung der Lärmdaten und Laufleistungen der Wagen als unerlässlich. Für die Erfassung könnte eines der vorhandenen Verfahren (GPS, RFID, EAN-Code) genutzt werden. Trotzdem entstünde immer noch ein Investitionsbedarf in Millionenhöhe, der noch keine lärmindernde Wirkung zur Folge haben würde. Für die Einführung wird mit mindestens 4-8 Jahren gerechnet.

Hübner kommt zum Schluss, dass es wahrscheinlich effektivere Anreizsysteme für die Verwendung lärmarmen Fahrzeuge gibt. Dazu gehört insbesondere die direkte finanzielle Förderung von Fahrzeugumrüstungen.

2.3.3 DB Mobility Networks Logistics

Die DB Mobility Networks Logistics kommt in ihrem Positionspapier über effizienten Lärmschutz zum Schluss, dass die Anreizwirkung von lärmabhängigen Trassenpreissystemen fraglich und deshalb eine direkte Umrüstförderung vorzuziehen ist [11].

Es wird argumentiert, dass nach dem heutigen Stand der Technik der Aufwand höher sei als der Nutzen, da die Güterwagen einzeln erfasst und unterschieden werden müssten. Dies würde einerseits ein neues Abrechnungsverfahren erfordern, weil das heutige Trassenpreissystem Zugfahrten erfasst und nicht einzelne Wagen. Andererseits sei auch mit hohen Systemkosten (EDV, zusätzliches Personal) für eine Umstellung auf wagengenaue Erfassung und Abrechnung zu rechnen.

Aus Sicht der DB ist auch auf Seiten der EVU mit Mehrkosten zu rechnen. Sie müssten ihre Transporttarife entsprechend differenzieren, wodurch erhebliche Transaktionskosten zu erwarten sind. Die Gefahr ist dadurch gross, dass der gewünschte Lenkungseffekt wirkungslos verpufft. Eine weitere Schwierigkeit für das EVU entsteht bei der Angebotskalkulation, da die endgültige Wagenkonfiguration und somit Emissionswirkung dann noch nicht bekannt ist. Eine valide Kalkulationsbasis wäre in dieser Phase also nicht möglich.

2.3.4 Ahaus Alstätter Eisenbahn Cargo AG (AAE)

Anlässlich der Jahrestagung 2008 des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) hat sich die Firma AAE als Vermieterin von 23'000 Güterwagen im Rahmen eines Vortrages kritisch über die Einführung von lärmabhängigen Trassenpreisen geäußert [12].

In der Vermietungsbranche ist es allgemein üblich, dass der Vermieter weder weiss, auf welchen Strecken seine Wagen verkehren, noch wer die Traktion leistet. Zudem ist es auch möglich, dass der Kunde die Güterwagen selber weitervermietet und dieser wiederum die Traktion als Unterauftrag weitergibt (siehe Abbildung 4). In diesem Zusammenhang gestaltet sich die Einführung eines lärmabhängi-

gen Trassenpreissystems aus Sicht der AAE als problematisch. Es muss nämlich sichergestellt sein, dass die finanziellen Anreize tatsächlich denjenigen erreichen, der für die Lärmsanierung bezahlt.

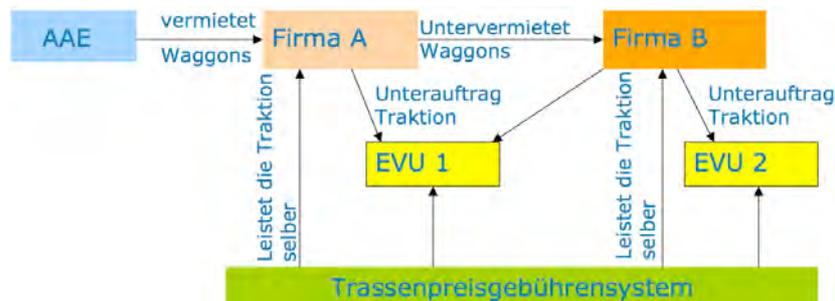


Abbildung 4 Beispiel Abhängigkeiten bei einem Anreizsystem über Trassenpreis; Quelle [12]

Die AAE sieht dafür zwei Möglichkeiten, die aus ihrer Sicht beide nicht befriedigend sind:

Entweder leiten die Kunden die Rückerstattung anteilmässig an AAE weiter, wobei die Überprüfung unklar bleibt, oder sie schliesst spezielle Zusatzverträge mit den Kunden ab, um die Rückerstattung selber beantragen zu können. Der dadurch entstehende administrative Aufwand wird als sehr hoch angesehen, der viel, wenn nicht gar alles, von einem allfälligen Bonus aufzehren würde.

Im Gegensatz zu ehemaligen Staatsbahnen konzentriert sich die AAE, deren Wagen in insgesamt 13 verschiedenen Ländern registriert sind, nicht nur auf das „Heimatland“ und ist deshalb von allen nationalen Entscheidungen und Regelungen direkt betroffen. Insofern ist für die AAE eine europaweite Koordination durch die EU von entscheidender Bedeutung, weil nationale Einzellösungen für die AAE einen unverhältnismässig hohen organisatorischen Aufwand bedeuten würden.

Die AAE gibt schliesslich zu bedenken, dass auch die anderen in Europa tätigen Vermietungsgesellschaften mit insgesamt mehr als 110'000 Wagen die gleichen Schwierigkeiten haben werden.

2.4 Deutsches Rechtsgutachten

Im Auftrag des Bundesumweltamtes hat Prof. Dr. E. Pache ein Rechtsgutachten zur Einführung von lärmabhängigen Trassenpreisen in Deutschland verfasst [13]. Dazu hat er drei grundsätzliche Modelle einer emissionsabhängigen Trassenpreisgestaltung identifiziert:

- Modell 1: **pauschale** Trassenpreismodifikation in Abhängigkeit von der **globalen** Anzahl der Fahrzeug- und Achskilometer und dem **theoretischen** Emissionsniveau (entspricht dem schweizerischen Lärmbonus)
- Modell 2: **Teilindividualisierte** Trassenpreismodifikation nach jeweiligen **lokalen** Belastungen und **theoretischem** Emissionsniveau
- Modell 3: **Individualisierte** Trassenpreismodifikation nach **lokalen** Belastungen und **realem** Emissionsniveau

Das Modell 2 eröffnet im Gegensatz zu Modell 1 die Möglichkeit, den Einsatz von theoretisch emissionsarmen Fahrzeugen auf besonders lärmbelasteten Strecken zu fördern. Dazu ist allerdings die Lokalisierung der einzelnen Fahrzeuge erforderlich. Modell 3 verwendet schliesslich das reale Emissionsniveau der Fahrzeuge zur Berechnung eines lärmabhängigen Trassenpreises, was ein Netz von Messstellen notwendig machen würde.

Weiter werden vier verschiedene Finanzierungsmodelle diskutiert:

- **Bonus-Malus-Modell:** Kompensation der den Betreibern lärmarmer Fahrzeuge gewährten Vergünstigungen durch die Entgelte für Fahrzeuge mit hohen Emissionen.
- **Zuschuss-Modell:** Kompensation der Verluste des Schieneninfrastrukturbetreibers durch Vergünstigung emissionsarmer Fahrzeuge durch den Staat.
- **Kostenvermeidungsmodell:** Finanzierung eines emissionsabhängigen Trassenpreissystems durch Vermeiden sekundärer Lärmschutzmassnahmen.
- **Kombination von emissionsabhängigen Trassenpreisen und Zuschuss für emissionsmindernde Umrüstung**

Pache kommt in seinem Gutachten zum Ergebnis, dass die Einführung emissionsabhängiger Trassenpreise in Deutschland mit allen Vorgaben des Gemeinschaftsrechts ebenso vereinbar ist wie mit den einschlägigen Regelungen des allgemeinen Eisenbahngesetzes und der Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung. Der Gesamterlös des Infrastrukturbetreibers darf sich jedoch durch die emissionsabhängigen Entgeltbestandteile nicht verändern.

Für Deutschland erachtet Pache die Subvention der emissionsmindernden Umrüstung von Güterwagen in Kombination mit einer emissionsabhängigen Trassenpreisgestaltung wegen rechtlicher und praktischer Schwierigkeiten als problematisch. Deshalb erscheint ihm die Einführung emissionsabhängiger Trassenpreise als die praktikabelste und effektivste Vorgehensweise zur Reduktion der Umweltbelastungen durch den Eisenbahnverkehr.

3 Charakteristik des Schienenlärms

Die dominierende Lärmquelle unterscheidet sich je nach Geschwindigkeit des Zuges [14]. Bei tiefen Geschwindigkeiten bis etwa 60 km/h dominieren die Antriebsgeräusche. Danach sind bis etwa 200-300 km/h die Rollgeräusche vorherrschend, während aerodynamische Geräusche erst bei noch höheren Geschwindigkeiten eine Rolle spielen (siehe Abbildung 5).

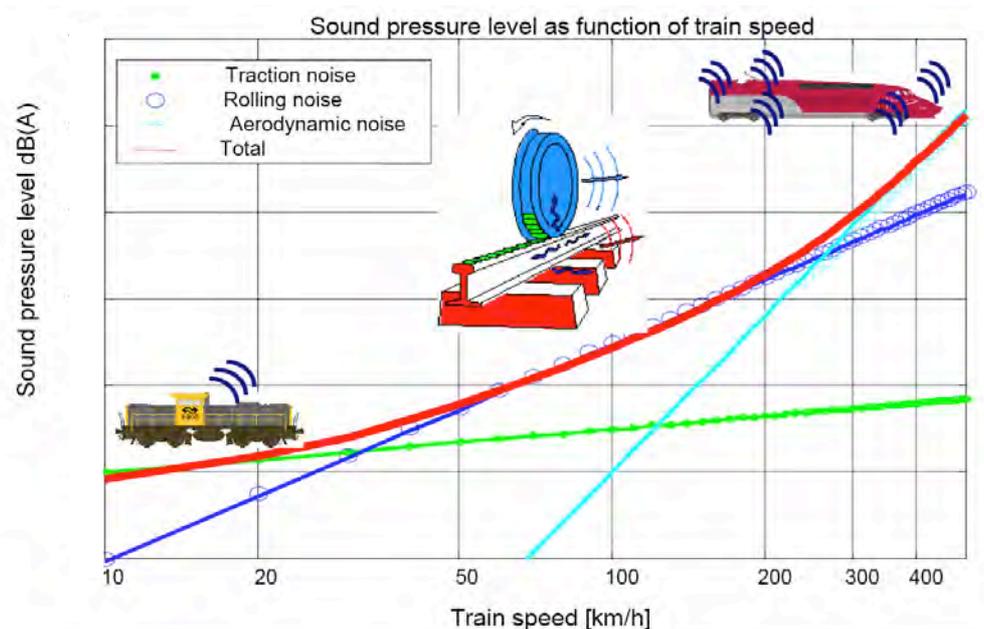


Abbildung 5 Geräuschquellen und ihre typische Geschwindigkeitsabhängigkeit; Quelle [14]

3.1 Antriebsgeräusche

Zur Kategorie der Antriebsgeräusche werden neben den eigentlichen Fahrmotor- und Getriebegeräuschen auch die Belüftungsgeräusche gezählt. Dazu gehören beispielsweise Klimaanlage von Personenwagen oder Antriebskühlungen von Lokomotiven und Triebwagen. Insgesamt sind die Antriebsgeräusche jedoch im Vergleich zu anderen Geräuschquellen eher unbedeutend.

3.2 Rollgeräusche

Die über einen grossen Geschwindigkeitsbereich dominierenden Rollgeräusche werden verursacht durch die kombinierte Rauigkeit von Schiene und Rad, welche Rad, Schiene und Schwelle zum Schwingen bringen [15]. Diese weisen dabei charakteristische Frequenzen auf: Die Schwelle strahlt primär im Bereich unterhalb von 500 Hz ab, während die Abstrahlung des Rades hauptsächlich über 1 kHz liegt. Die Schiene dominiert im Zwischenbereich. Je nach Konstruktion von Oberbau, Rad und Drehgestell, sowie Geschwindigkeit und Rauigkeitsspektren können sich die Gewichte jedoch deutlich verschieben.

Verantwortlich für die Unebenheiten auf Schiene und Rad sind hauptsächlich die Bremssysteme. Bei Grauguss-Klotzbremsen greift das Bremssystem direkt auf die Lauffläche des Rades an. Durch die Erhitzung des Bremsklotzes während des Bremsens lösen sich Partikel, die sich aufgrund des hohen Drucks zwischen Rad und Schiene mit den Oberflächen verbinden und als Unebenheiten („Riffeln“) auf Rad und Schiene zurück bleiben. Aus Lärmsicht sind Scheibenbremsen am vorteilhaftesten. Sie sind jedoch deutlich teurer und aufwändiger als Klotzbremsen, weshalb Bremsklötze aus Kunststoff („K-Sohlen“) eine Alternative darstellen. Diese erzeugen zwar im Vergleich zu Scheibenbremsen mehr Rauigkeit, doch findet dort kein Materialeintrag mehr statt. Untersuchungen im Rahmen des Projektes sonRAIL im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt zeigen aber auch, dass grosse Radrauheiten von Güterwagen mit Graugussbremsen nicht zwangsläufig zu einer hohen Schienenrauheit führen [16]. Vielmehr konnte sogar ein positiver Effekt bezüglich der Rauheitsentwicklung festgestellt werden, der auf die höheren Achslasten der Fahrzeuge zurückgeführt wird.

2007 wurde rund 900 m nördlich der Messstation Wichtrach im Rahmen eines Typenprüfverfahrens von neuem Rollmaterial ein Schienenabschnitt geschliffen [17]. Diese Situation bot die Gelegenheit, identische Zugkompositionen (entsprechen je einem roten Punkt in Abbildung 6) direkt auf Gleisen unterschiedlicher Rauheit zu vergleichen. Der Einfluss der Schienenrauheit auf den Gesamtlärm ist eindrücklich. Leises Rollmaterial erreichte auf geschliffenen Schienen Werte von 77 dB(A). Auf rauen Schienen lagen diese hingegen um bis zu 8 dB(A) höher. Der Unterschied reduziert sich bei lauten Zügen mit höheren Radrauheiten auf 1-2 dB(A). Vor allem bei schiebengebremsten Fahrzeugen ist der Vorbeifahrtpegel somit deutlich von der Schienenrauheit abhängig.

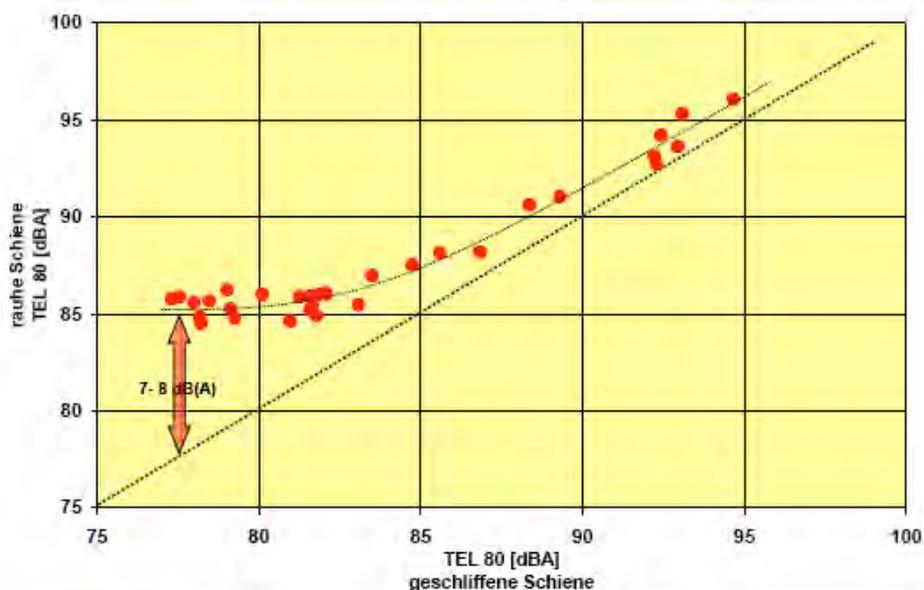


Abbildung 6 Vergleich der Emissionswerte auf geschliffener und rauher Schiene; Quelle [17]

Ein allgemein höheres Breitbandgeräusch entsteht in Kurvenfahrten, wobei vor allem das so genannte Kurvenkreischen ein grosses Problem darstellt. Dabei können im Abstand von 7.5 m maximale Schalldruckpegelwerte von bis zu 110 dB(A) auftreten [18]. Ähnliche Geräusche treten beim Bremsen

auf, was auf eine Erregung der Eigenfrequenzen der Radscheibe infolge der Reibkräfte zwischen Belag und Scheibe zurückgeführt wird.

3.3 Aerodynamische Geräusche

Bei hohen Geschwindigkeiten können aerodynamische Geräusche als Folge von turbulenten Strömungsabrissen auftreten. Untersuchungen zeigen dabei drei Entstehungsmechanismen [15]: Zum einen führen hervorstehende Teile, wie zum Beispiel Stromabnehmer, zu Strömungsablösungen. Zudem können sich bei Überströmungen von Hohlräumen Wirbel bilden. Dies ist namentlich zwischen den einzelnen Wagen und auf der Unterseite von Drehgestellen der Fall. Der dritte Mechanismus betrifft schliesslich die mit fortschreitender Zuglänge am Dach und an den Seitenwänden anwachsende turbulente Grenzschicht.

Die aerodynamischen Geräusche sind für diese Studie jedoch von untergeordneter Bedeutung, da in der Schweiz selten Geschwindigkeiten über 200 km/h erreicht werden.

3.4 Weitere Lärmquellen

Eine Abschätzung durch Wiemers hat ergeben, dass weitere Lärmquellen im Vergleich zu den Rollgeräuschen eher weniger relevant sind [19]. Es ist allerdings zu beachten, dass bei leisen Fahrzeugen wie auch bei Schallschutzwänden vor allem der hochfrequente Anteil reduziert wird. Aus diesem Grund werden in Zukunft Lärmquellen stark an Bedeutung zunehmen, welche primär im tieffrequenten Bereich unterhalb von 500 Hz abstrahlen. Dazu gehören beispielsweise die Schwellen.

Bezeichnung des Bauteils	Einschätzung der Relevanz	geschätzter Anteil an der Geräuschemission
Schwelle	weniger relevant, außer Spezialkonstruktionen	1 – 5 %
Gleisbefestigung	irrelevant	1 %
Schiene	sehr relevant	30 – 50 %
Räder	sehr relevant	45 – 50 %
Radsatzlager	irrelevant	1 %
Achse	irrelevant	1 %
Primärfedern	weniger relevant	5 – 10 %
Bremsklötze Bremsstrapez Bremsgestänge	relevant relevant relevant	Bremse zusammen 15 – 20 %
Drehgestellrahmen	irrelevant	1 %
seitliche Reibflächen	wenig relevant (indirekt)	1 – 2 %
Wagenkasten	weniger relevant, außer bei Spezialaufbauten	1 – 5 %

Abbildung 7 Schätzung der Schallanteile durch Wiemers; Quelle [19]

4 Anreizwirkung

Für die Diskussion der Anreizwirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems sind zwei Fragestellungen von zentraler Bedeutung:

- **ZIEL:** Was soll mit einem lärmabhängigen Trassenpreis erreicht werden?
- **WIRKUNG:** Ist das Ziel mit einem lärmabhängigen Trassenpreissystem erreichbar?

4.1 Ziel

Für neue, modernisierte oder umgebaute Fahrzeuge existieren mit der europäischen Richtlinie TSI Noise seit 2006 verbindliche Lärmgrenzwerte, welche bereits heute nur noch mit lärmarmen Bremssystemen erreicht werden können [20]. Für die zukünftige Steuerung der Lärmemission von Neufahrzeugen reicht also eine Anpassung dieser Richtlinie aus, ohne auf weitere Instrumente wie das Trassenpreissystem zurückgreifen zu müssen.

Auf diese Weise sinkt die Lärmemission der europäischen Fahrzeugflotte allein schon auf Grund des ordentlichen Erneuerungsprozesses der Güter- und Reisezugwagen. Die Lebensdauer eines Güterwagens beträgt etwa 40 Jahre [21]. Somit werden auch ohne weitergehende Massnahmen jedes Jahr theoretisch durchschnittlich 2.5% der europäischen Güterwagenflotte durch neue lärmarme Fahrzeuge ersetzt.

Um diesen Prozess jedoch zu beschleunigen, soll mit einem lärmabhängigen Trassenpreissystem ein Anreiz zur Lärmsanierung der bestehenden Fahrzeugflotte geschaffen werden. Diese geschieht entweder durch die Umrüstung der Fahrzeuge mit lärmarmen Bremssystemen oder durch eine *vorzeitige* Ersatzbeschaffung. Daneben soll ein Anreiz geschaffen werden, die bestehenden Grenzwerte zu unterbieten. Ein weiteres wichtiges Ziel ist schliesslich der effiziente Einsatz der bereitgestellten Mittel hinsichtlich der Geschwindigkeit der Wirkungsentfaltung sowie Lärmreduktionswirkung pro eingesetzten Franken. Es macht beispielsweise keinen Sinn, wenn mit dem selben Betrag durch eine Direktförderung der Wagenhalter weitaus mehr Güterwagen lärmsaniert werden könnten.

4.2 Wagenhalter

4.2.1 Geschäftsbeziehungen zwischen EVU und Wagenhalter

Für die Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems ist die Kenntnis über die verschiedenen Geschäftsbeziehungen zwischen dem EVU als Empfänger eines zukünftigen Bonus/Malus und dem für die Umrüstung verantwortlichen Fahrzeugbesitzers äusserst wichtig. Denn erst so kann eine Aussage über die effektive Anreizwirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf den Fahrzeugbesitzer („Wagenhalter“) gemacht werden.

Während im Fall des Personenverkehrs das ausführende EVU in der Regel identisch mit dem Wagenhalter ist, zeigt sich die Situation beim Güterverkehr komplizierter. Denn häufig gehören die Güterwagen nicht dem ausführenden EVU, sondern stammen von Privatwagenbesitzern und Wagenvermietungs-gesellschaften oder werden im Rahmen des internationalen Kooperationsverkehrs von anderen EVU übernommen. Es lassen sich dabei vier verschiedene Grundtypen von Kundenbeziehungen unterscheiden (siehe Abbildung 8), wobei im Wagenladungsverkehr auch Kombinationen dieser Fälle existieren.

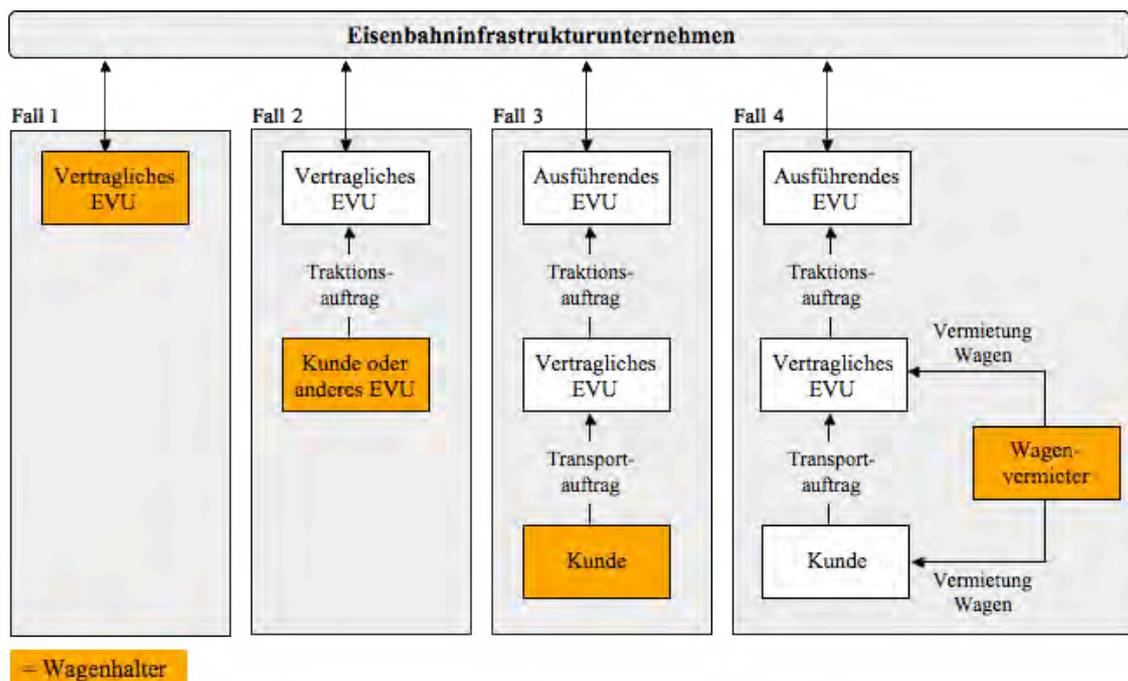


Abbildung 8 Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr

Im **Fall 1** ist das ausführende EVU analog zum Personenverkehr identisch mit dem Wagenhalter. Darunter fallen beispielsweise alle Verkehre, welche SBB Cargo mit ihrer eigenen Güterwagenflotte durchführt.

Im **Fall 2** besitzt der Kunde die zu transportierenden Wagen und steht in einem direkten Vertragsverhältnis zum ausführenden EVU (wobei auch ein anderes EVU als Kunde auftreten kann). Dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn die Firma Hupac ihre eigenen Tragwagen von einem Traktionär wie SBB Cargo transportieren lässt.

Im **Fall 3** beauftragt ein Kunde eine Güterbahn („vertragliches EVU“) zum Transport seiner eigenen Güterwagen. Dieses wiederum vergibt die Traktion für eine bestimmte Teilstrecke einem weiteren EVU („ausführendes EVU“). Diese Konstellation kommt im internationalen Güterverkehr häufig vor. Es ist dabei zwischen dem internationalen Ganzzug- und Wagenladungsverkehr zu unterscheiden. Denn bei den Ganzzugverkehren bestellt *ein* Kunde einen ganzen Zug für eine bestimmte Relation, während sich beim internationalen Wagenladungsverkehr der Zug aus Wagen von *mehreren* Kunden zusammensetzt.

Fall 4 unterscheidet sich schliesslich von der ersten drei Fällen dahingehend, dass eine Gesellschaft ihre Güterwagen zur freien Verfügung einem Kunden oder EVU vermietet (siehe Kapitel 2.3.4). Dieser Fall ist bedeutend, da europaweit bereits über 100'000 Güterwagen vermietet werden. Als Beispiel seien die grossen Vermietungsgesellschaften VTG (49'300 Güterwagen), AAE (23'000 Güterwagen), Ermewa (21'000 Güterwagen) oder Transwaggon (12'000 Güterwagen) erwähnt.

4.2.2 Wirkung auf Wagenhalter

Um die in 4.1 formulierten Ziele zu erreichen, müssen die finanziellen Anreize tatsächlich den Besitzer des Fahrzeuges („Wagenhalter“) erreichen, der für die Lärmsanierung aufkommen muss. Die Trassenkosten werden immer demjenigen EVU in Rechnung gestellt, welches die Traktion ausführt. Ein im Trassenpreis integrierter Bonus/Malus fliesst somit immer zuerst zum ausführenden EVU. Wie in Kapitel 4.2.1 gezeigt, unterscheidet sich der Personen- und Güterverkehr bezüglich der Besitzverhältnisse des Rollmaterials stark voneinander. Beim Personenverkehr ist das ausführende EVU in der Regel identisch mit dem Wagenhalter, weshalb ein Bonus oder Malus automatisch an die richtige Stelle fliesst. Zudem wird das Rollmaterial vorwiegend innerhalb der Landesgrenzen eingesetzt, wodurch ein national eingeführter Bonus/Malus die volle Laufleistung eines Fahrzeuges erfasst. Die Anreizwirkung kann deshalb für den Personenverkehr grundsätzlich als gegeben bezeichnet werden.

Tabelle 1: Charakteristik Personen- und Güterverkehr

Charakteristik	Personenverkehr	Güterverkehr
Rollmaterialeinsatz	vorwiegend national / streckenbezogen	häufig international / streckenunabhängig
Wagenhalter	in der Regel identisch mit dem ausführenden EVU	oft nicht identisch mit dem ausführenden EVU (Kunde, Vermietungsgesellschaft, ...)
Kundenbeziehung	einfach: Reisender und Besteller (Kanton/Bund) mit ausführendem EVU	komplex: Alle Kombinationen möglich zwischen einem oder mehreren EVU, den verladenden Kunden und Wagenvermietungs-gesellschaften (siehe Abbildung 9).
Konzession	streckenbezogen	netzbezogen

Beim Güterverkehr hingegen zeigt sich die Situation um einiges komplizierter. Der internationale Fokus, die inhomogenen Besitzverhältnisse des Rollmaterials sowie die vielen beteiligten Akteure erschweren eine gezielte und genügend hohe Anreizwirkung. Nachfolgend werden dazu nun speziell für den Güterverkehr zwei prinzipielle Varianten erläutert und bewertet.

4.2.2.1 Direkter Anreiz

Der Bonus/Malus kann vom EVU an den Wagenhalter weitergeleitet und von diesem überprüft bzw. eingefordert werden.

Die direkte Weitergabe eines Bonus/Malus an die Wagenhalter durch deren *vorgängige* Berücksichtigung in den gemeinsamen Verträgen verspricht eine ungeschmälerte Anreizwirkung bei tiefen Transaktionskosten. Dies setzt jedoch eine hohe Transparenz und Berechenbarkeit des zu erwartenden Bonus/Malus für den Wagenhalter voraus. Nur so kann dieser seine Ansprüche an die EVU geltend machen bzw. überprüfen. In Kapitel 4.2.1 wurden die verschiedenen Geschäftsbeziehungen zwischen

dem EVU, welche den Transport ausführt, und dem Wagenhalter beschrieben. Für die vier identifizierten Fälle soll nun geprüft werden, ob bei gegebener Transparenz und Berechenbarkeit ein Bonus/Malus bereits vorgängig in die Verträge zwischen EVU und ihren Kunden integriert werden kann (siehe Abbildung 9):

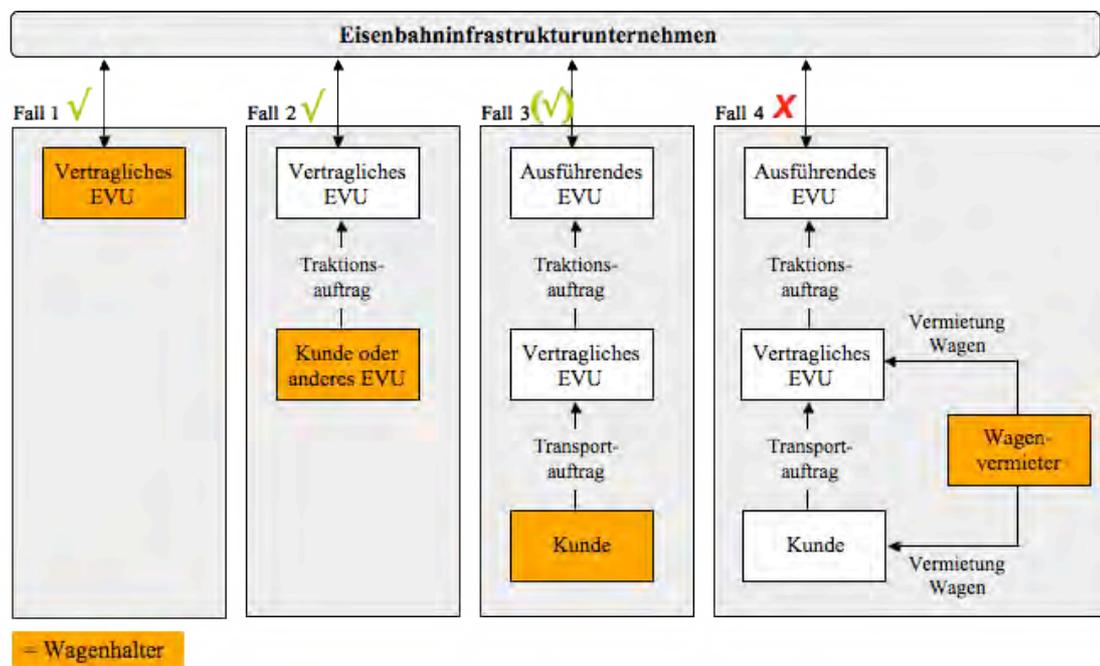


Abbildung 9 Untersuchung der Anreizwirkung für die vier Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr

Im **Fall 1** ist das ausführende EVU identisch mit dem Wagenhalter, weshalb dort analog zum Personenverkehr ein Bonus oder Malus automatisch an die richtige Stelle fließt. Die direkte Anreizwirkung ist in diesem Fall also gegeben.

Fall 2 ist ebenfalls eher unproblematisch, da der Wagenbesitzer als Kunde in einem direkten Vertragsverhältnis zum ausführenden EVU steht. Somit können in einem gemeinsamen Vertrag die voraussichtlich eingesetzten Wagen und somit den erwarteten Bonus/Malus berücksichtigt werden. Deshalb kann auch hier von einer Anreizwirkung ausgegangen werden.

Im **Fall 3** muss für die Diskussion der Anreizwirkung zwischen dem internationalen Ganzzug- und Wagenladungsverkehr unterschieden werden.

Im internationalen Ganzzugverkehr bestellt ein Kunde einen ganzen Zug für eine bestimmte Relation. Dadurch kann bereits vorgängig abgeschätzt werden, welches Rollmaterial voraussichtlich zum Einsatz kommt. Der zu erwartende Bonus/Malus kann somit in den Verträgen zwischen dem ausführenden EVU und dem vertraglichen EVU sowie zwischen dem vertraglichen EVU und dem Kunden berücksichtigt werden. Analog zu Fall 2 ist hier deshalb die Anreizwirkung gegeben.

Beim internationalen Wagenladungsverkehr setzt sich der Zug hingegen aus Wagen von mehreren Kunden zusammen. Zum Zeitpunkt der Vertragsunterzeichnung zwischen dem ausführenden und ver-

traglichen EVU liegen noch keinerlei Informationen über die zu transportierenden Wagen vor. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Fällen kann hier nur *rückwirkend* bestimmt werden, welches Rollmaterial effektiv eingesetzt wurde. Das ausführende EVU müsste als den erhaltenen Bonus/Malus periodisch dem vertraglichen EVU weiterleiten. Dies ist allerdings mit einem beträchtlichen administrativen Aufwand verbunden, da in der Schweiz die in der Trassenabrechnung ausgewiesenen Zugnummern von den effektiv *benutzten* und nicht von den *geplanten* Trassennummern abhängen. Es kann deshalb vorkommen, dass die Trasse x, welche für die Last des Kunden y vorgesehen war, nun für die Last des Kunden z benutzt wird. Dieses so genannte Lastenschieben erschwert die nachträgliche Zuweisung eines bezahlten Trassenpreises auf einen bestimmten Kunden. Für die Verteilung des erhaltenen Bonus/Malus an ihre Kunden müsste das vertragliche EVU wiederum auf die Wagennummern in ihren Zuglisten zurückgreifen, was die Transaktionskosten weiter erhöht. Aus diesen Gründen ist zu erwarten, dass im Fall des internationalen Wagenladungsverkehrs die Weitergabe des Bonus/Malus bis zum Wagenhalter mit einem unverhältnismässigen Aufwand verbunden wäre und deshalb von den EVU nicht erfolgen wird. Die Anreizwirkung für den Wagenhalter muss somit für diesen Fall verneint werden.

Im **Fall 4** überlässt die Vermietungsgesellschaft einem Kunden oder EVU ihre Güterwagen zur freien Verfügung. Somit ist es für den Wagenhalter unmöglich zu überprüfen, ob er Anspruch auf einen Bonus hat oder allfällige Malus Forderungen berechtigt sind. Eine Anreizwirkung ist im Fall 4 selbst dann noch nicht gegeben, wenn europaweit ein harmonisiertes Bonus/Malus System für Lärmemissionen eingeführt wird. In diesem Fall würde das Einsatzgebiet der vermieteten Wagen zwar irrelevant, doch fehlte immer noch die notwendige Information bezüglich der Laufleistung. Eine direkte Anreizwirkung durch Weitergabe des Bonus/Malus an den Wagenhalter funktioniert also für den Fall 4 nicht. Gleichzeitig lässt sich dieser Fall nicht vernachlässigen, da in Europa etwa 130'000 Güterwagen von privaten Vermietungsgesellschaften betrieben werden [12]. Die europäische Kommission argumentiert hierzu, dass in einem funktionierenden Markt mit leiseren Wagen höhere Vermietungsgebühren erzielt werden können [9]. Diese Option eines indirekten (Markt-)Anreizes wird nachfolgend genauer beschrieben.

4.2.2.2 Indirekter Anreiz

Der Bonus/Malus kann nicht vom EVU an den Wagenhalter weitergeleitet und von diesem überprüft bzw. eingefordert werden.

Wenn das ausführende EVU bei einem lärmabhängigen Trassenpreis für jeden lärmarmen Güterwagen einen Bonus erhält, hat sie ein Interesse daran, möglichst viele davon einzusetzen. In einem funktionierenden und eingespielten Markt ist sie deshalb bereit, für die Miete eines lärmarmen Güterwagens mehr zu bezahlen beziehungsweise einen Rabatt für den Transport von lärmarmen Privatwagen zu gewähren. Zum Wesen des Marktes gehört aber auch, dass kein Unternehmen ohne Eigennutz handelt. Mit einem theoretischen Beispiel lässt sich dies veranschaulichen:

1. Das ausführende EVU erhält für eine bestimmte Relation 100 CHF Rabatt pro lärmarmen Güterwagen.

2. Sie setzt davon 80 CHF ein, um den Kunden zu animieren, lärmarme Güterwagen einzusetzen.
3. Um von diesem Bonus zu profitieren, mietet der Kunde bei einer weiteren Firma lärmarme Güterwagen an und ist bereit, dafür einen Aufpreis von 60 CHF zu bezahlen.
4. Von diesen 60 CHF wendet die Vermietungsfirma 40 CHF auf für die Amortisation der Lärm- sanierung des Güterwagens.

Jeder Akteur wird in diesem Beispiel mit 20 CHF belohnt, lärmarme Güterwagen einzusetzen beziehungsweise anzubieten. Der Anreiz ist deshalb für alle beteiligten Akteure gegeben. Die Höhe des zurückbehaltenen Betrages pro Akteur hängt dabei von den entstehenden Transaktionskosten sowie der Wettbewerbsintensität zusammen. Gleichzeitig zeigt das Beispiel aber auch den Hauptnachteil eines solchen Systems: Je mehr Akteure beteiligt sind, desto geringer ist die Effizienz der eingesetzten finanziellen Mittel. Im obigen fiktiven Beispiel gelangen von den 100 CHF nur 60 CHF bis zum Wagenhalter. 40% der eingesetzten Mittel versickern als Transaktionsverluste bei den anderen am Transport beteiligten Unternehmen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Festlegung der Höhe einer Lärmkomponente unter diesen Umständen äusserst schwierig ist. Wenn sie zu tief angesetzt wird, reicht die Anreizwirkung beim Wagenhalter in einigen Fällen nicht mehr aus, um ihn zu einer Lärmsanierung bewegen zu können. Auf der anderen Seite führt ein zu hoher Lärmbonus zu einem unverhältnismässig hohen Einsatz an finanziellen Mitteln.

Sowohl beim direkten wie auch indirekten Anreiz muss bei international eingesetzten Güterwagen allgemein mit einer reduzierten Wirkung ausgegangen werden, wenn eine laufleistungsabhängige Lärmkomponente nur in der Schweiz eingeführt wird. Wenn ein ausländisches Fahrzeug beispielsweise nur zu 30% in der Schweiz verkehrt, müsste es nämlich für dieselbe Anreizwirkung theoretisch einen dreimal höheren Bonus/Malus erhalten als einen ausschliesslich in der Schweiz eingesetzten Wagen. Diese Unterscheidung ist in der Realität nicht umsetzbar, da der schweizerische Laufleistungsanteil eines Fahrzeuges nicht ermittelt werden kann.

4.3 Fahrzeughersteller

4.3.1 Wirkung auf Fahrzeughersteller

Damit die Hersteller von Güter- und Personenwagen in die Forschung lärmarmen Technologien investieren, müssen sie mit gewissen Absatzchancen für ihre Produkte rechnen können. Dies ist im Fall der Richtlinie TSI Noise eindeutig gegeben. Mit der Festschreibung von Lärmobergrenzen bei Neufahrzeugen wissen die Hersteller, welches Ziel sie mit lärmarmen Technologien erreichen müssen und wie gross der Absatzmarkt sein dürfte. Durch die Ankündigung einer Verschärfung dieser Richtlinie würde automatisch ein Innovationsprozess in Gang gesetzt, da die Hersteller mit einem garantierten Absatzmarkt für ihre neu entwickelten Fahrzeuge rechnen können.

Bei der Einführung von lärmabhängigen Trassenpreissystemen ist die Wirkung auf die Fahrzeugindustrie hingegen schwieriger abzuschätzen. Sie hängt im Wesentlichen davon ab, welche Kriterien (z.B. Bremsbauart, effektiver Lärm, Zulassungswert) für die Bemessung der Lärmkomponente herangezogen werden und in wie vielen Ländern ein lärmabhängiges Trassenpreissystem zur Anwendung

kommt. Wenn das Ziel (Lärmobergrenze) und nicht der Weg (eingesetzte Technologie) als Bemessungsgrundlage einer Lärmkomponente dient, dann besteht mit einer geeigneten Festlegung der Lärmkategorien durchaus ein Anreiz für die Hersteller, mit innovativen Technologien entsprechende Fahrzeuge anzubieten. Trotzdem ist das Forschungsrisiko für die Hersteller höher als bei Innovationsanstrengungen zur Erreichung von verschärften Lärmgrenzwerten, weil der potentielle Absatz schwieriger abzuschätzen ist.

4.4 Diskussion

4.4.1 Zielgruppe

Die Anreizwirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems ist für die Zielgruppe Personenverkehr generell gegeben. Beim Personenverkehr ist der Wagenhalter fast immer identisch mit dem ausführenden EVU. Ein Bonus/Malus erreicht somit automatisch den Besitzer der Fahrzeuge. Zudem wird das Rollmaterial vorwiegend innerhalb der Landesgrenzen eingesetzt. Somit entfaltet ein laufleistungsabhängiger Bonus/Malus selbst dann seine volle Wirkung, wenn im Ausland keine lärmabhängigen Trassenpreissysteme eingeführt sind. Beim Güterverkehr ist die Situation anders. Im Gegensatz zum Personenverkehr ist beim Güterverkehr der Wagenhalter häufig nicht identisch mit dem ausführenden EVU und es existiert eine Vielzahl von möglichen Vertrags- und Kundenverhältnissen. Dies macht eine effektive Weiterleitung eines Bonus/Malus an den Güterwagenbesitzer schwierig. In Kapitel 4.2.2 wurde aufgezeigt, dass die Anreizwirkung insbesondere für die Eigentümer von Wagen, die im internationalen Wagenladungsverkehr eingesetzt werden und für private Güterwagenvermietungs-gesellschaften möglicherweise nur mit hohen Transaktionskosten erreicht werden kann. Deshalb ist es insbesondere beim Güterverkehr umso wichtiger, dass für die wirkungsvolle Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems die Rahmenbedingungen stimmen. Die Eignung und Wirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems kann im Wesentlichen durch drei Faktoren beeinflusst werden:

- **Gültigkeitsgebiet:** *schweizweit, europaweit*
- **Sanierungsziel:** *TSI Noise, TSI Noise +⁵*
- **Zeithorizont:** *2015, 2025, 2035*

4.4.2 Gültigkeitsgebiet

Der Güterverkehr ist stark international geprägt, weshalb das Rollmaterial in ganz Europa zum Einsatz kommen kann. Die Beschränkung des **Gültigkeitsgebietes** eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf die Schweiz bedeutet für international eingesetzte Güterwagen deshalb eine zu kleine Anreizwirkung. Gerade in der Schweiz tritt dieser Fall jedoch häufig auf. So erbrachte SBB Cargo 2007 fast 40% ihrer Verkehrsleistung im Ausland [22]. Die beförderte Gütermenge auf der Schiene in der Schweiz ist zudem geprägt durch den alpenquerenden Verkehr. Der Anteil betrug 2005 rund 35%⁶,

⁵ Mit „TSI Noise +“ ist eine (heute noch hypothetische) Verschärfung der aktuell gültigen TSI Noise gemeint.

⁶ Quelle: <http://www.bfs.admin.ch>. Verkehrsmenge auf Schiene gesamt (2005): 67.9 Mio. t.; Alpenquerender Verkehr (2005): 23.7 Mio. t

wovon ein Grossteil dem internationalen (Transit-)Verkehr zuzuschreiben ist. Wenn aber ein Güterwagen als Beispiel nur zu 30% in der Schweiz verkehrt, müsste er für dieselbe Anreizwirkung theoretisch einen dreimal höheren Bonus/Malus erhalten als einen ausschliesslich in der Schweiz eingesetzten Wagen. Diese Unterscheidung ist in der Realität nicht umsetzbar, da der schweizerische Laufleistungsanteil eines Fahrzeuges nicht ermittelt werden kann. Eine europäische Lösung würde in dieser Beziehung Abhilfe schaffen und ist deshalb anzustreben. Denkbar wäre unter Umständen auch eine vorzeitige koordinierte Einführung zusammen mit Deutschland.

4.4.3 Zeithorizont und Sanierungsziel

Der Nutzen eines europäisch eingeführten lärmabhängigen Trassenpreissystems für Güterwagen hängt überdies vom **Zeithorizont** und **Sanierungsziel** ab.

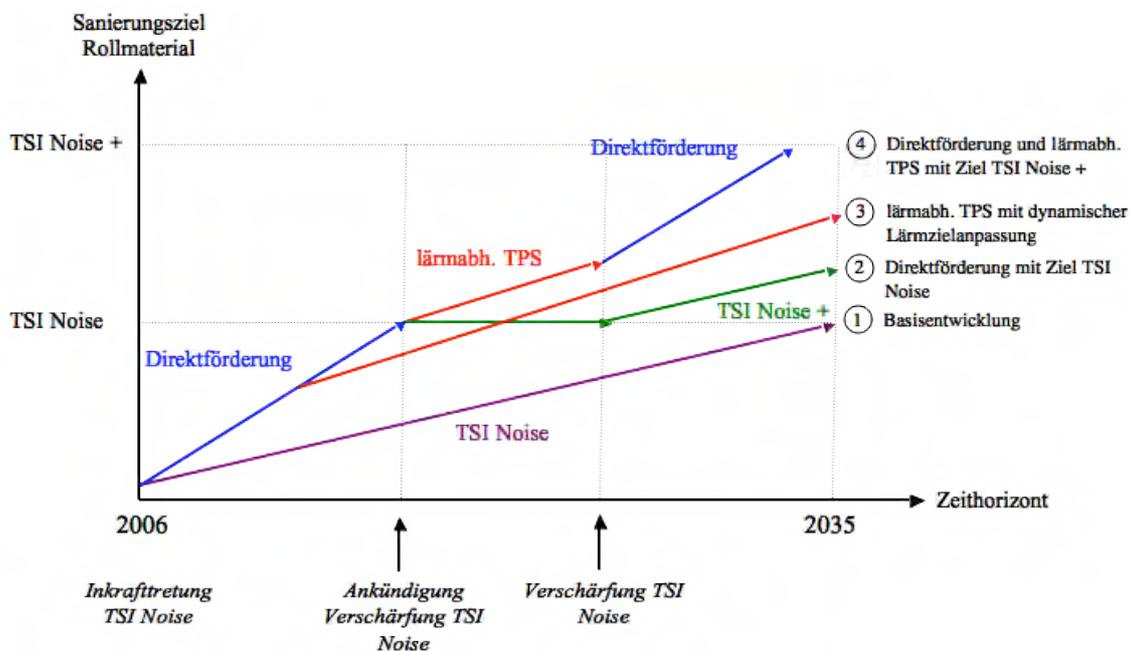


Abbildung 10 Geeignete Anreizinstrumente in Abhängigkeit von Zeithorizont und Sanierungsziel

Bei einer angenommenen Lebensdauer von 40 Jahren bei den Güterwagen wird auch ohne ein lärmabhängiges Trassenpreissystem im Rahmen des ordentlichen Erneuerungsprozesses jedes Jahr theoretisch etwa 2.5% der Fahrzeugflotte mit Neufahrzeugen auf dem Lärmniveau von K-Bremssohlen aufgrund der europäischen Richtlinie TSI Noise ersetzt. 2035 ist das Ziel einer Ausrüstung der gesamten europäischen Güterwagenflotte mit K-Sohlen auch ohne ein lärmabhängiges Trassenpreissystem praktisch erreicht (siehe Szenario 1 in Abbildung 10). Bei einem Sanierungsziel auf dem Lärmniveau von K-Sohlen würden also in 10 Jahren bereits 25% der eingesetzten Mittel wirkungslos verpuffen, weil auch Fahrzeuge unterstützt würden, die aufgrund der geltenden Richtlinie für Neuzulassungen ohnehin mindestens mit K-Sohlen ausgerüstet sein müssen. Deshalb soll ein Lärmbonus nur zum Anreiz von Lärmemissionszielen eingeführt werden, welche für Neufahrzeuge *noch nicht* vorgeschrieben sind.

Für eine beschleunigte Lärmsanierung auf das heute für Neufahrzeuge vorgeschriebene Lärmniveau könnte die bestehende Direktförderung von Lärmsanierungen an Fahrzeugen weitergeführt werden (Szenario 2). Sie stellt ein wirkungsvolles Instrument dar, da die Finanzmittel direkt den Fahrzeugbesitzern zugute kommen. Die rechtliche Grundlage dazu findet sich im Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen vom 24. März 2000 (Art. 5 Abs. 1). Nach der Umrüstung aller Güterwagen würde sich die Situation jedoch nicht mehr weiter verbessern. Erst eine Verschärfung der TSI Noise für Neufahrzeuge führte erneut zu einer kontinuierlichen Lärmreduktion.

Als Alternative oder Ergänzung dazu ist ein lärmabhängiges Trassenpreissystem denkbar, welches Güterwagen mit einem Malus belegt, deren Lärmemission die TSI Noise Grenzwerte für umgerüstete Fahrzeuge nicht erfüllen (Szenario 3). Gleichzeitig erhielten besonders lärmarme Güterwagen einen Bonus. Dieses lärmabhängige Trassenpreissystem würde unbefristet eingeführt und muss sich deshalb dynamisch an neue Sanierungsziele anpassen lassen. So würde ab einer Verschärfung der TSI Noise mit einer gewissen Übergangsfrist erneut nur noch Fahrzeuge gefördert, welche die verschärfte TSI Noise deutlich unterbieten. Das Sanierungsziel „TSI Noise“ wird im Szenario 3 zwar etwas weniger schnell erreicht als mit Direktförderungen, dafür bieten lärmabhängige Trassenpreissysteme langfristig deutlich mehr Spielraum bei der Ausgestaltung.

Ein lärmabhängiges Trassenpreissystem könnte schliesslich auch nur befristet zwischen der Ankündigung und Inkrafttretung einer verschärfen TSI Noise eingeführt werden (Szenario 4). Dies gäbe der Industrie bereits frühzeitig Anreize zur Entwicklung neuer lärmarmen Technologien. Es ist zu erwarten, dass so bereits im Vorfeld der vorgesehenen Verschärfung die Neubeschaffungen die zukünftigen Grenzwerte erfüllen werden. Aufgrund der begrenzten Laufzeit des lärmabhängigen Trassenpreissystems in Szenario 4 müssten die Investitionskosten jedoch so tief wie möglich ausfallen. Danach würden erneut Direktförderungen die Umrüstung der bestehenden Fahrzeugflotte unterstützen.

4.4.4 Schlussfolgerung

In Tabelle 2 sind die erfolgten Überlegungen zusammengefasst und nach Güter- und Personenverkehr unterschieden. Die Wirkung einer Lärmkomponente ist beim Güterverkehr aufgrund des verminderten Anreizes für Wagenvermietungsgesellschaften und im internationalen Wagenladungsverkehr auch unter Erfüllung der beeinflussbaren Faktoren nur bedingt gegeben.

Tabelle 2: Voraussetzungen und Anreizwirkung eines lärmabhängigen TPS

Verkehrsbereich	Voraussetzung			Wirkung lärmabh. Trassenpreissystem
	Einführung	Sanierungsziel	Zeithorizont Sanierung	
Personenverkehr	schweiz- oder europaweit	höher als für Neufahrzeuge vorgeschrieben	deutlich kürzer als 40 Jahre	gegeben
Güterverkehr	europaweit oder zusammen mit Deutschland	höher als für Neufahrzeuge vorgeschrieben	deutlich kürzer als 40 Jahre	bedingt gegeben

5 Ausgestaltungsmöglichkeiten der Lärmkomponente

Für eine strukturierte Analyse von potentiellen Varianten einer Lärmkomponente ist es sinnvoll, zunächst deren einzelne Bestandteile mit ihren prinzipiellen Ausprägungsmöglichkeiten zu identifizieren. Danach können diese strukturiert zu verschiedenen Varianten kombiniert und bewertet werden.

5.1 Bestandteile einer Lärmkomponente

Die Lärmkomponente in einem emissionsabhängigen Trassenpreissystem lässt sich in sieben verschiedene Bestandteile gliedern. In Abbildung 11 sind diese zusammen mit ihren prinzipiellen Ausprägungen aufgeführt. Es fällt auf, dass ein Erhebungssystem auf Basis *Zulassungswert* oder *konstruktiven Merkmale* zwingend die Granularität *Wagennummer* voraussetzt. Dies wiederum erfordert ein System zu deren Erfassung, was vor Ort (z.B. mittels RFID) oder bei Abfahrt bzw. Grenzübertritt des Zuges erfolgen kann. Im Gegensatz dazu ist bei einer *realen Lärmmessung* die Kenntnis der Wagennummern nicht unbedingt notwendig. Es reicht, den gemessenen Lärm einem physischen *Zug* oder *Wagen* zuzuordnen zu können. Somit kommt dem Erhebungssystem eine entscheidende Bedeutung zu, weil es massgeblich über die Bemessungsgrundlage, Granularität sowie über die Notwendigkeit für eine nummerngenaue Wagenidentifikation entscheidet.

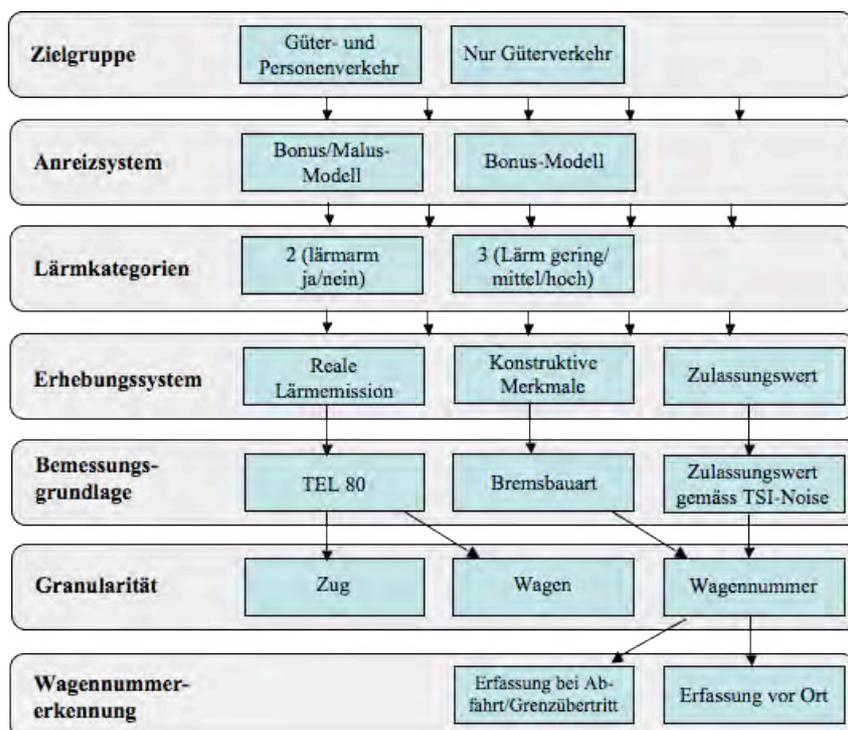


Abbildung 11 Bestandteile und Ausprägungsmöglichkeiten einer zukünftigen Lärmkomponente

Ebenfalls wichtig ist die Diskussion der Zielgruppe einer Lärmkomponente. Diese Frage soll separat in Kapitel 5.2 angegangen werden.

5.2 Diskussion der Zielgruppe

Die Lärmsanierung des schweizerischen Rollmaterials ist beim Personenverkehr schon viel weiter fortgeschritten als beim Güterverkehr (siehe Abbildung 12). Ab 2009 sollten alle Reisezüge lärmsaniert sein, während das Bundesamt für Verkehr bei den schweizerischen Güterwagen mit einem Abschluss der letzten Umrüstungen im Jahr 2013/2014 rechnet [1].

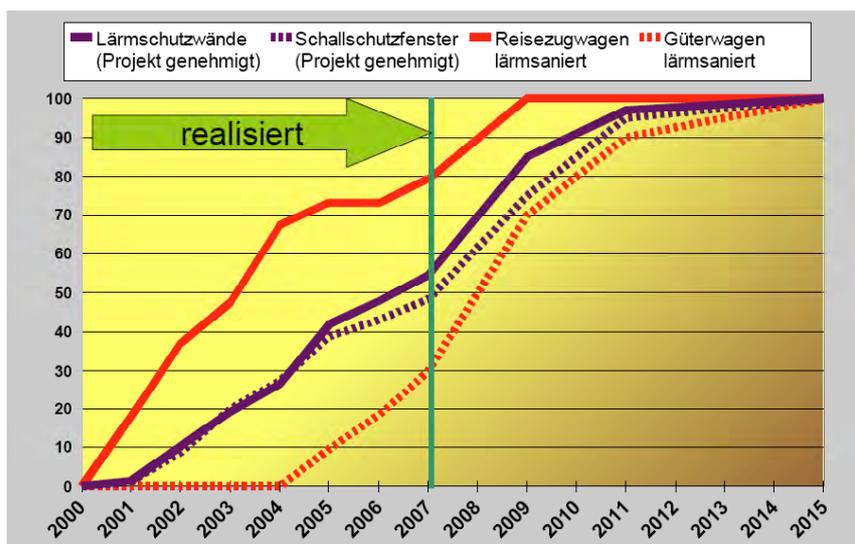


Abbildung 12 Projektfortschritt Lärmsanierung Eisenbahnen in der Schweiz; Quelle [23]

Auch danach werden aber immer noch ausländische Güterwagen mit Graugusssohlen auf dem Schweizer Schienennetz unterwegs sein, weshalb das Reduktionspotential dort noch nicht ausgeschöpft sein wird. Der Handlungsbedarf ist beim Güterverkehr dementsprechend grösser als beim Personenverkehr. Dies zeigen auch reale Lärmmessungen vor Ort (siehe Abbildung 13).

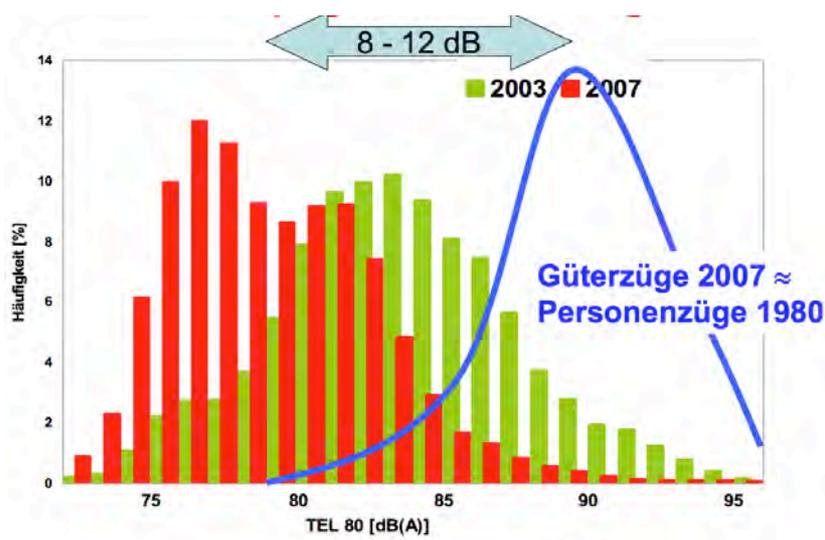


Abbildung 13 Vorbeifahrtspegel Güter- und Personenzüge; Quelle [23]

Der Vorbeifahrtspegel eines Güterzuges entspricht heute in etwa demjenigen eines Personenzuges um 1980. Verglichen mit den heute eingesetzten Reisezügen ist ein Güterzug um durchschnittlich 8 – 12 dB(A) lauter. Dabei ist zu beachten, dass sich der Güterverkehr im Gegensatz zum Personenverkehr primär in der Nacht abspielt, wo der Lärm störender ist als tagsüber.

Zudem erfolgt die Umrüstung eines Reisezugwagens mit neuen Bremssystemen häufig nicht primär zur Lärmreduktion, sondern zur Steigerung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit und des Reisekomforts. Dies führt auch zu einer rascheren Erneuerung der Fahrzeugflotte im Vergleich zu den Güterwagen. Die Lärmsanierung wird also häufig ohnehin vorgenommen, wenngleich auch aus anderen Motiven. Hinzu kommt, dass der Bund/Kanton als Besteller des Angebots im Personenverkehr selbst ein Interesse an einer Lärmsanierung hat. Der Bund/Kanton kann somit beim Personenverkehr als Besteller direkt seine Forderungen einbringen und ist nicht auf ein Anreizinstrument wie einem lärmabhängigen Trassenpreissystem angewiesen.

Aus diesen Gründen empfiehlt sich eine Beschränkung der Lärmkomponente auf den Güterverkehr, da der Personenverkehr die heutigen Sanierungsziele bereits weitgehend erfüllt und weitere Lärmreduktionen an Reisezügen effizienter vom Bund/Kanton als Anforderung in den Angebotsbestellungen erreicht werden können. Die Unterscheidung zwischen Personen- und Güterverkehr wird übrigens bereits heute für die Energieberechnung im heutigen Trassenpreis vorgenommen und stellt für die Umsetzung deshalb kein Problem dar.

5.3 Variantenbildung

Die Variantenbildung erfolgt auf Basis der zwei wichtigsten Ausprägungen *Erhebungssystem* und *Granularität*. Die restlichen in Kapitel 5.1 aufgeführten Ausprägungen werden für die detaillierte Ausgestaltung der gewählten Variante in Kapitel 6 herangezogen.

In diesem Kapitel werden zunächst alle prinzipiell möglichen Varianten aufgeführt und bewertet. Definitive No-go-Varianten werden in dieser Phase ausgeschieden. Die verbliebenen Varianten werden schliesslich gegenübergestellt und einer vergleichenden qualitativen Bewertung unterzogen.

5.3.1 Reale Lärmemission

5.3.1.1 Überblick

Die reale Messung der Lärmemissionen vor Ort weist einige viel versprechende Vorteile auf. Im Gegensatz zu den theoretischen Bemessungsgrundlagen wie dem Zulassungswert oder konstruktiven Merkmalen wird der für die Betroffenen entscheidende reale Wert gemessen. Zudem ist bei einer realen Lärmmessung keine Kenntnis über die Wagennummern notwendig. Dies reduziert den Aufwand und die Komplexität deutlich, weil keine Schnittstellen zu den Rollmaterialdatenbanken der Wagenhalter und Systemen zur Wagennummererkennung geschaffen und gepflegt werden müssen. Die EIU können also unabhängig von Dritten ihre Trassenpreise berechnen.

Bereits heute liefern mehrere Lärmmessstellen im In- und Ausland zuverlässige Daten über Lärmemissionen von Zügen. In der Schweiz sind seit 2003 sechs Messstellen (Gland, Walenstadt, Itingen, Wichtrach, Steinen und Lindau) für das Projekt „Monitoring Eisenbahnlärm“ in Betrieb [17]. Jährlich werden etwa 600'000 Zugvorbeifahrten gemessen. Pro Zug werden unter anderem die Parameter TEL (Transit Exposure Level), die Zuglänge, Achszahl, Geschwindigkeit und den Zugstyp erfasst. In den Niederlanden messen ebenfalls fünf Stationen den Eisenbahnlärm [24], während in Österreich mit „acramos“ eine Pilotanlage in Betrieb ist. Bei allen Messstationen wird den Lärm in 7.5 m Abstand von der Gleismitte und in 1.2 m Höhe gemessen und entsprechen somit den Anforderungen der ISO 3095 (siehe Abbildung 14).

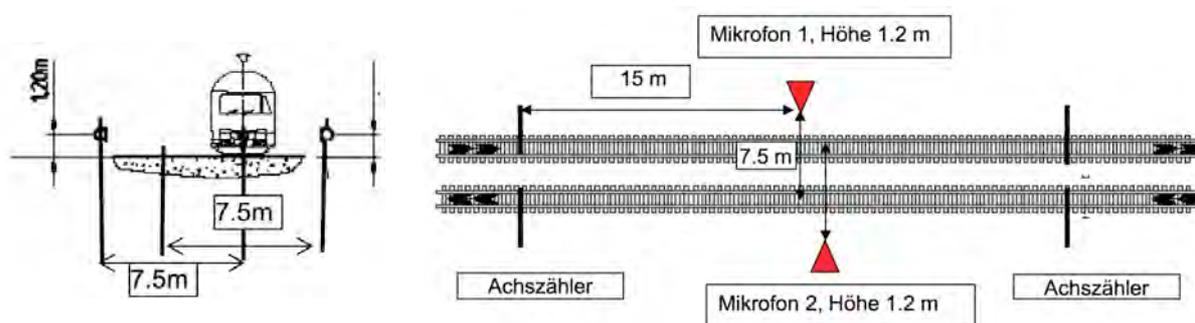


Abbildung 14 Aufbau Messstandort für das Monitoring Eisenbahnlärm Schweiz; Quelle [17]

Die für die Überwachung des Eisenbahnlärms verwendete Lärmkennzahl TEL entspricht dem Schallereignispegel eines Fahrzeuges oder einer gesamten Zugsdurchfahrt in 7.5 m Abstand von der Gleismitte, normiert auf die Durchfahrtszeit. Der Wert ist stark von der Geschwindigkeit abhängig, weshalb eine Umrechnung auf eine einheitliche Geschwindigkeit (normalerweise 80 km/h) notwendig ist.

Neben dem TEL ist auch der A-bewertete Vorbeifahrtpegel $L_{p,A,eq,T}$ gebräuchlich. Der Unterschied der beiden Kennzahlen liegt in der Berechnung der Messzeit. Beim TEL wird sie aus der Länge und Geschwindigkeit des Zuges berechnet, während die Messzeit beim $L_{p,A,eq,T}$ auf dem gesamten Lärmereignis basiert.

Die Verfügbarkeit der sich in Betrieb befindlichen Lärmmessstellen in der Schweiz und Österreich ist sehr hoch. Ausfälle gibt es vor allem aufgrund von Zugkreuzungen genau an der Messstelle. Das österreichische System „acramos“ registriert zudem die Meteorologie vor Ort, um Wetterverhältnisse herauszufiltern, welche nicht den ISO-Bedingungen entsprechen. Wie diese Daten ersetzt werden sollen ist unklar. Denkbar wäre allenfalls die automatische Einstufung in die günstigste Lärmkategorie, um ungerechtfertigte Belastungen an die EVU zu vermeiden. Bei den fünf niederländischen Messstationen liegt die Verfügbarkeit mit 15% bis 60% deutlich tiefer [24]. Begründet wird dies mit dem häufigen Ausfall der Beschleunigungsmesser und Problemen mit der Hardware. Insgesamt stellt die Erfassung der Lärmemission eines ganzen Zuges heute aber technisch kein Problem mehr dar. Der Umsetzungshorizont dieser Variante hängt somit im Wesentlichen vom Zeitbedarf für den Aufbau der notwendigen Messstellen ab.

Nach Auskunft von Dr. R. Attinger vom Bundesamt für Verkehr und Dr. M. Kalivoda von psiA-Consult GmbH betragen die Investitionskosten etwa 200'000 CHF pro Lärmmessstelle dieser Bauart. Die Betriebskosten sind schwer abzuschätzen, da diese stark von der Auswertungsdetaillierung und der Anzahl der Lärmmessstellen abhängen. Gemäss den angefragten Fachleuten ist jedoch ungefähr von jährlichen Kosten im vier- bis fünfstelligen Bereich auszugehen. Gemäss einer niederländischen Untersuchung ist für die volle Abdeckung des niederländischen Schienennetzes mit etwa 40 Messstationen zu rechnen [24]. Das Normalspurnetz der Schweiz ist mit 3561 km um knapp 30% länger als dasjenige der Niederlande [25] (Stand 2006). Eine lineare Hochrechnung auf die Schweiz ergibt somit in einer ersten groben Näherung einen Bedarf von rund 50 Messstationen. Dies führt zu Investitionskosten von 10 Mio. CHF. Diesem Betrag sind noch die Kosten für die Integration der Messdaten in die IT-Systeme des EIU hinzuzufügen. Die laufenden Kosten für 50 Messstationen werden grob auf 1 Mio. CHF geschätzt. Es ist zu beachten, dass nicht 100% des Netzes durch Messstationen abgedeckt sein wird. Für gewisse kurze verkehrschwache Abschnitte wird sich eine eigene Messstation nicht rechnen. Allerdings ist die Verkehrsleistung auf solchen Strecken insgesamt wohl vernachlässigbar.

In Kapitel 3 wurde auf den deutlichen Einfluss des Schienenzustandes auf den Gesamtlärm hingewiesen. Dieser wird mit dem zunehmenden Einsatz von lärmsanierten Fahrzeugen in Zukunft noch zunehmen. Weil die EVU keinen direkten Einfluss auf den Zustand der Gleise haben, dürfen sie dafür auch nicht durch eine Lärmkomponente für einen schlechten Schienenzustand zahlen müssen. Der Lärmanteil der Schiene muss somit entweder quantifiziert und vom gemessenen Gesamtlärm abgezogen oder aber durch regelmässiges (akustisches) Schienenschleifen an der Messstelle auf ein Minimum reduziert werden, was ein zusätzlicher Betriebsaufwand bedeutet.

5.3.1.2 Messung auf Zugbasis

Alle untersuchten Trassenpreissysteme in Kontinentaleuropa inklusive der Schweiz verwenden als Kalkulationsbasis ganze Züge.⁷ Nur das österreichische Trassenpreissystem beinhaltet zusätzlich noch vom Triebfahrzeugtyp abhängige Zu- und Abschläge. Eine Lärmkomponente auf Zugbasis hätte somit grosse Vorteile bezüglich der Integrationsfähigkeit in die bestehenden Verrechnungssysteme. Auch könnte so der oft kritisierte hohe administrative Aufwand einer wagengenaue Erfassung und Verrechnung umgangen werden.

Als Nachteil ist aufzuführen, dass Grenzwerte nur für einzelne Fahrzeuge vorhanden sind, was die Festlegung und Akzeptanz von Lärmkategorien erschwert. Entscheidend ist aber die fehlende Anreizwirkung, weil mit dieser Variante ein Bonus/Malus pro Zug rechnerisch nicht auf die einzelnen Wagen und Kunden heruntergebrochen werden kann. Der Grund liegt in der nichtlinearen Abhängigkeit des Lärmpegels eines Zuges mit dem Anteil lärmarmen Fahrzeuge (vgl. rote Linie in Abbildung 15). Liegt der Anteil der lärmarmen Wagen beispielsweise bei 50%, so reduziert sich der Lärmpegel um lediglich 3 dB(A). Erst bei nahezu 100% lärmarmen Wagen fällt auch der Lärmpegel entsprechend ab.

⁷ Der Lärmbonus in der Schweiz basiert zwar auf fahrzeugspezifischen Daten, doch wird dieser erst nachträglich auf Gesuch an das Bundesamt für Verkehr hin durch die Infrastrukturbetreiberin an das EVU rückerstattet.

Bei einer Kalkulation auf Zugbasis würde sich demnach die Investition in lärmarmes Rollmaterial erst auszahlen, wenn bereits ein Grossteil der Wagen umgerüstet wurde. Somit entstände kurz- bis mittelfristig kaum eine Anreizwirkung.

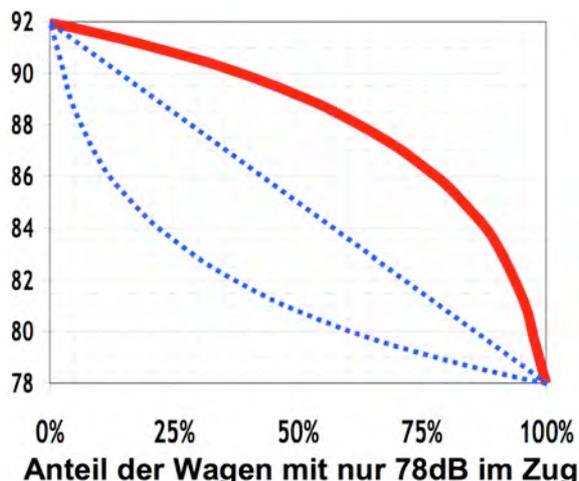


Abbildung 15 Gesamtpegel des Zuges, abhängig vom Anteil Wagen mit 78 dB(A); Quelle [7]

Fazit: Die Variante einer realen Lärmmessung auf Zugbasis muss verworfen werden, weil die Anreizwirkung nicht gegeben ist.

5.3.1.3 Messung auf Wagenbasis

Durch eine Verfeinerung der Messgenauigkeit auf Wagenbasis lässt sich der Nachteil einer fehlenden Anreizwirkung beseitigen, welche bei Messungen auf Zugbasis auftritt. Durch eine Veröffentlichung der Lärmkategorien und –preisen kann der Wagenhalter in etwa den Bonus/Malus abschätzen und so die Amortisationsdauer für die Lärmsanierung seines Fahrzeuges konkret berechnen. Für die Integration in das Trassenpreissystem sind die berechneten Einzelwerte vorgängig zu aggregieren. Von einer Auflistung der effektiv gemessenen Lärmwerte pro Fahrzeug in der Trassenabrechnung ist eher abzu-sehen, denn täglich fahren auf dem SBB-Netz rund 9000 Züge⁸. Bei vorsichtig geschätzten 10 Fahr-zeugen pro Zug ergäbe dies somit in der Trassenabrechnung total 90'000 einzelne Positionen pro Tag, was durch die EVU nur noch mit unverhältnismässigem Aufwand zu verarbeiten und überprüfen wäre. Zudem ist der zusätzliche Nutzen dieses hohen Detaillierungsgrades gering, weil eine nachträgliche Rückerstattung der einzelnen Bonus/Malus-Beträge an die Wagenhalter mit (zu) hohen Transaktionskosten verbunden wäre (siehe Kapitel 4.2.2).

Eine Schwierigkeit liegt allerdings noch in der Messung des Lärms eines einzelnen Wagens. Bei einer Lärmmessung im Abstand von 7.5 m liegen die Drehgestelle der einzelnen Wagen gemäss Dr. Attinger zu nahe beieinander, um diese sauber auseinander halten zu können. Diese Aussage deckt sich mit den Resultaten aus den niederländischen Lärmmessungen [24]. Bei der österreichischen Lärmmess-

⁸ http://mct.sbb.ch/mct/infra-ueber_uns.htm

stelle „acramos“ wird der Lärm auch pro Achse gemessen. Nach Auskunft von Dr. M. Kalivoda ist aber ebenfalls mit Fehlern zu rechnen, wenn laute und leise Achsen direkt nebeneinander liegen. An der Beseitigung dieses Problems wird zurzeit noch gearbeitet. Es ist zudem im Rahmen einer Dissertation ein neues Verfahren entwickelt worden, welches die Quellenseparation von fahrenden Zügen erlauben soll [15]. Die Markteinführung dieser viel versprechenden Arbeit steht zurzeit allerdings noch aus. Somit muss aus heutiger Sicht konstatiert werden, dass sich mit den heutigen Systemen benachbarte laute und leise Drehgestelle noch nicht sauber auseinander halten lassen, es aber auch schon Verfahren gibt, die zeigen, dass dies möglich ist.

Fazit: Die Variante einer realen Lärmmessung auf Wagenbasis ist mit den heutigen Systemen technisch noch nicht realisierbar, aber in Zukunft mit grosser Wahrscheinlichkeit und geringeren Kosten als heute umsetzbar. Sie sollte als Option für die Zukunft weiterverfolgt werden.

5.3.2 Theoretische Lärmemission

5.3.2.1 Überblick

Die Verwendung von theoretischen Lärmkriterien, wie dem Zulassungswert oder konstruktiven Merkmalen, gibt ein wichtiges Indiz für die zu erwartende Lärmemission und ist für die Wagenhalter einfach nachvollziehbar. Die Europäische Kommission erachtet diese Kriterien derzeit als ausreichend und sieht deshalb keine Notwendigkeit für reale Lärmmessungen vor Ort (siehe Kapitel 2.3.1). Eine Übernahme dieser Bemessungsgrundlage für die Schweiz hätte also den Vorteil einer zukünftig europaweit gleichen Systematik. Ebenfalls sehen alle untersuchten Ansätze für lärmabhängige Trassenpreissysteme zumindest in einer ersten Phase solche Beurteilungskriterien vor. Begründet wird dies unter anderem, dass sie sich schneller umsetzen lassen als reale Lärmmessungen vor Ort.

Als Nachteil ist zu erwähnen, dass unter Umständen die effektive Lärmemission eines Güterwagens im Verlauf der Zeit von den Zulassungswerten abweicht. Halter von solchen Fahrzeugen würden demnach ungerechtfertigt zu Bonuszahlungen gelangen. Zur Abhilfe könnten dazu periodische Überprüfungen der Zulassungswerte ins Auge gefasst werden.

Eine wichtige Voraussetzung für die Einführung einer Lärmkomponente auf Basis von theoretischen Lärmemissionen ist die Kenntnis über die einzelnen *Wagennummern* im Zugverband *und* den für die Berechnung notwendigen *Attributen* wie Bremsbauart oder Zulassungswert. Zur Erfassung der Wagennummern stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

5.3.2.2 Erfassung vor Ort

Für die Lokalisation von Güterwagen wird seit längerem der Einsatz von RFID-Chips⁹ erprobt. So hat SBB Cargo beispielsweise bereits 2004 entsprechende Versuche durchgeführt¹⁰. Auch bei Railion sind

⁹ RFID = Radio Frequency Identification

¹⁰ vgl. Cargo Magazin 03/04 (www.sbbcargo.com/carg_14_15.dt.pdf)

solche Projekte in Bearbeitung, wobei diese nicht näher erläutert werden¹¹. RFID im Bahngüterverkehr ist bis jetzt erst in den USA und Kanada flächendeckend im Einsatz. Gemäss J. Hehlhans von Mitronics hat sich der RFID-Standard im UHF-Band (868 MHz) mit dem EPC Gen2-Protokoll etabliert¹². Die Datenübertragungsrate zwischen Transponder und Lesereinheit ist dabei so hoch, dass die Identifikationsnummern auch bei Wagengeschwindigkeiten von 80 bis 100 km/h noch ausgelesen werden können. Jeder Wagen sollte über zwei Transponder verfügen. Dann genügt ein Reader, der unabhängig von der Fahrtrichtung die Daten ausliest. Da die notwendige Technologie also vorhanden ist, muss jedoch vermutet werden, dass die Investitionskosten für den RFID-Einsatz bei Güterwagen derzeit noch zu hoch sind.

Die Reisezugwagen können hingegen bei den SBB dank dem automatischen Fahrzeug-Identifikationssystem (AFI) bereits vor Ort identifiziert werden¹³. Durch das Zusammenspiel der verschiedenen Systemkomponenten kann AFI Informationen pro Zug und/oder pro Fahrzeug zur Verfügung stellen. Diese Informationen werden zurzeit für die Zuglaufüberwachung und die Bewirtschaftung der SBB-Reisezugwagen eingesetzt.

Neben RFID wird auch an optischen Nummernerkennungssystemen gearbeitet [26]. Gemäss der Entwicklungsfirma ASE AG können mit ihrem System Erkennungsraten von 98% angenommen werden. Dieser hohe Prozentsatz wird ermöglicht durch die beidseitige Erkennungssensorik und die Auswertung von Zusatzinformationen wie zum Beispiel der Waggontyp. Das System erlaubt Messungen bis zu einer Geschwindigkeit von 80 km/h.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass zwar im Bereich der automatischen Wagennumererkennung vor Ort einige Technologien existieren, ihr flächendeckender Einsatz aber noch aussteht.

5.3.2.3 Erfassung bei Abfahrt/Grenzübergang

In der Schweiz sind im Güterverkehr die EVU gemäss [27] verpflichtet, verschiedene Zugdaten vor Abfahrt des Zuges in elektronischer Form in das Cargo-Informationssystem (CIS 12/13) zu liefern. Diese umfassen neben der Zugnummer unter anderen auch die einzelnen Wagennummern inklusive Bremsbauart. Dabei werden vier Bremsarten unterschieden: normale Bremsausrüstung (default), Scheibenbremsen, Kunststoffbremsen und Matrossow-Bremsen¹⁴. Das CIS ist mit dem SBB Trassenabrechnungssystem I-PRIX bereits heute über eine Schnittstelle verbunden, um daraus die notwendigen Gewichtsinformationen (Bto, Nto) beziehen zu können.

Gemäss Aussage von Hr. Fankhauser von SBB Infrastruktur werden im Personenverkehr hingegen die Wagennummern nicht von jeder EVU ins entsprechende Tool KompoEVU gemeldet. Im Personen-

¹¹ vgl. Geschäftsfeldbroschüre 2007 von Railion

¹² vgl. IEE Automatisierung & Datentechnik 09-07 (imperia.mi-verlag.de/imperia/md/content/ai/ae/fachartikel/ie/2007/09/IE07_09_048.pdf)

¹³ vgl. <http://mct.sbb.ch/mct/bf-betrieb/bf-betrieb-systeme.htm>

¹⁴ In Rußland werden bei den Güterwagen wegen den besonders großen Zuglängen weiterhin kombinierte Zweidruck/Dreidruck-Steuerventile verwendet, die als Matrossow-Bremse bekannt sind.

verkehr war dies bis anhin keine Anforderung, weshalb für einen Zwang betreffend Erfassung der Wagenummer zurzeit die rechtliche Basis fehlt.

5.3.2.4 Zulassungswert

Für die Zulassung von neuen, umgebauten oder modernisierten Fahrzeugen gilt die europäische Richtlinie TSI Noise [20]. Die Lärmemission eines Fahrzeuges wird dabei unter klar definierten Messbedingungen und bei verschiedenen Betriebszuständen durchgeführt. Für eine Zulassung dürfen sie die festgelegten Schallemissionsgrenzwerte nicht überschreiten (siehe Abbildung 16).

Die Verwendung der Zulassungswerte gemäss TSI Noise für ein lärmabhängiges Trassenpreissystem bietet den Vorteil einer klar definierten und allgemein akzeptierten Lärmkennzahl. Bei Fahrzeugen, welche noch nicht über einen Zulassungswert verfügen, kann angenommen werden, dass sie die Lärmgrenzwerte gemäss TSI-Noise überschreiten. Diese würden somit automatisch in die schlechteste Lärmkategorie fallen. Ein wichtiger Unterschied gegenüber einer Bemessung auf konstruktiven Merkmalen besteht in der Freiheit, *wie* das Ziel erreicht werden kann. Dies fördert die Innovation und lässt auch parallele Optimierungen von verschiedenen kleinen Lärmquellen offen.

Achsen pro Länge Neu oder Güterwagen mit Rekonstruktion	Emissionsgrenzwert, gemessen in 7,5m von Gleismitte, 1,2m Höhe, 80 km/h	Ist - Stand
bis 0,15 /m Neu oder Erneuert	82 dB(A) oder 84 dB(A)	92 - 94 dB(A)
von 0,15 bis 0,275 /m Neu oder Erneuert	83 dB(A) oder 85 dB(A)	93 - 96 dB(A)
ab 0,275/m Neu oder Erneuert	85 dB(A) oder 87 dB(A)	94 - 98 dB(A)

Abbildung 16 Schallemissionsgrenzwerte für Güterwagen nach TSI Noise; Quelle [21]

Die Zulassungswerte der einzelnen Fahrzeuge können zukünftig aus den Rollmaterialdatenbanken der Wagenhalter bezogen werden. Mit der Bestimmung TAF TSI werden zurzeit auf europäischer Ebene gemeinsame Standards für die Interoperabilität von Informationen entwickelt und implementiert [28]. In diesem Zusammenhang werden auch die Inhalte der Rollmaterialregisterdatenbanken der Wagenhalter europaweit einheitlich festgelegt. Zu den Anforderungen gehören unter anderem die Angaben über die Bremsart sowie den Lärmzulassungswert.¹⁵ Diese Datenbanken müssen schliesslich den EIU über die WIMO-Datenbank (Wagon and Intermodal Operational Database) zugänglich sein. Dies ist gemäss G. Pratt von der UIP auf Mai 2009 vorgesehen (Stand Feb. 2007) [29]. Somit stünde in Zukunft auch ein Instrument zur Bestimmung der Zulassungswerte der erfassten Wagenummern zur Verfügung.

¹⁵ vgl. TAF TSI - Anhang A, Index 2 (http://ec.europa.eu/transport/rail/interoperability/taf_de.htm)

Die Kosten werden insgesamt als relativ gering erachtet, weil in der Schweiz die Erfassung der Wagennummern schon jetzt erfolgt und der Aufbau der Rollmaterialdatenbanken durch die Wagenhalter und die notwendigen Schnittstellen zu den EIU im Rahmen von TAF TSI ohnehin erfolgen müssen.

Fazit: Diese Variante kann kurzfristig zwar noch nicht umgesetzt werden, ist aber aufgrund ihrer vielen Vorteile trotzdem in Betracht zu ziehen.

5.3.2.5 Konstruktives Merkmal

Die Bremsbauart ist hauptverantwortlich für die Höhe der Lärmemission eines Fahrzeuges im betrachteten Geschwindigkeitsbereich von 60 km/h bis etwa 200 km/h (siehe Kapitel 3). Durch die Umrüstung eines Güterwagens von Grauguss-Bremsklötzen auf Kunststoffverbund-Bremssohlen (K-Sohle) kann das Rollgeräusch beispielsweise um bis zu 10 dB(A) gesenkt werden [21]. Darum ist es nahe liegend, dass sich die heutigen Lärmsanierungsmassnahmen bei Güterwagen auf die Bremssysteme konzentrieren. Mit der Verwendung der Bremsbauart als konstruktives Merkmal in einem lärmabhängigen Trassenpreissystem wird somit das entscheidende Element für die Entstehung von Rollgeräuschen berücksichtigt.

Für die Verwendung der Bremsbauart als konstruktives Merkmal muss diese für jede einzelne Wagennummer in einem Zug bekannt sein. Diese Voraussetzung ist in der Schweiz für den Güterverkehr bereits heute erfüllt (siehe Kapitel 5.3.2). Die Bremsbauart beim Güterverkehr wird zusammen mit verschiedenen anderen Zugdaten vor Abfahrt des Zuges in elektronischer Form in das Cargo-Informationssystem (CIS) geliefert. Somit bestünde für die EVU keinerlei Mehraufwand, wenn sich die Lärmkomponente auf das konstruktive Merkmale „Bremsbauart“ beschränken würde. Auch auf Seite von SBB Infrastruktur wären die Systeme und notwendigen Informationen vorhanden und müssten nur noch analog dem Gewicht von CIS in das Trassenabrechnungssystem I-PRIX übermittelt werden.

Allerdings hat sich im Fazit der Diskussion um die Anreizwirkung in Kapitel 4.4.3 gezeigt, dass ein lärmabhängiges Trassenpreissystem Anreize zur *Unterbietung* der heute geltenden Vorschriften für Neufahrzeuge schaffen soll. Dafür ist die Verwendung eines konstruktiven Merkmals wie die Bremsbauart aber eher ungeeignet. Denn es müsste bereits im Voraus bekannt sein, welche Innovation zukunftsweisend ist und belohnt werden soll. Zudem könnten Gesamtoptimierungen am Fahrzeug so nicht berücksichtigt werden. Diese Variante würde somit die Innovationsbereitschaft der Industrie einschränken und unnötigerweise auf ein Merkmal (Bremse) fokussieren.

Fazit: Die Variante ist insbesondere für den Güterverkehr einfach und schnell umsetzbar. Ein grosser Nachteil ist jedoch die Berücksichtigung des Mittels zur Zielerreichung („Bremsbauart“) und nicht des Ziels selbst („tiefer Lärm“). Dies beschränkt die Innovationsmöglichkeiten auf ein einziges Merkmal und erlaubt der Industrie somit keine Gesamtoptimierungen des Fahrzeugs.

5.4 Bewertungsmatrix

In Kapitel 5.3 wurden vier verschiedene Varianten vorgestellt und diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass eine reale Lärmmessung auf Zugbasis aufgrund einer fehlenden Anreizwirkung verworfen werden muss. Die anderen Varianten sind jedoch grundsätzlich umsetzbar. Diese sollen nun unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse mit einer qualitativen Bewertungsmatrix miteinander verglichen werden. Dafür wurden pro Kriterium Werte zwischen 1 und 3 vergeben. Je kleiner die Punktzahl, desto positiver wird das Kriterium erfüllt.

Tabelle 3: Qualitative Bewertungsmatrix für die vorgestellten Varianten

Kriterium <i>(je kleiner die Punktzahl, desto positiver wird das Kriterium erfüllt)</i>	Gewichtung	Variante					
		Variante 1 Reale Lärmmessung auf Wagenbasis		Variante 2 Theoretische Lärmemission gemäss Zulassungswert		Variante 3 Theoretische Lärmemission gemäss Bremsbauart	
		ungew.	gew.	ungew.	gew.	ungew.	gew.
Kosten (Betrieb/Einführung)	20%	3	0.60	2	0.40	1	0.20
Transparenz/Berechenbarkeit	20%	2	0.40	1	0.20	1	0.20
Anreiz zur Innovation	10%	1	0.10	1	0.10	3	0.30
Differenzierbarkeit/Flexibilität	10%	1	0.10	1	0.10	3	0.30
Umsetzungsrisiko	10%	2	0.20	2	0.20	1	0.10
Autonomie	10%	1	0.10	2	0.20	2	0.20
realitätsnahe Lärmbemessung	10%	1	0.10	2	0.20	3	0.30
Kompatibilität mit Ausland	5%	2	0.10	1	0.05	1	0.05
Umsetzungshorizont	5%	3	0.15	2	0.10	1	0.05
TOTAL	100%	16	1.85	14	1.55	15	1.70

Die Kosten und die Transparenz/Berechenbarkeit der Lärmkomponente stellen zwei wichtige Bewertungskriterien dar. Es ist davon auszugehen, dass eine reale Lärmmessung höhere Investitions- und Betriebskosten verursachen als die Verwendung theoretischer Lärmemissionskriterien. Zu beachten ist hierzu auch die Verhältnismässigkeit. 2005 wurde in der Schweiz im Rahmen des Lärmbonus rund 37 Mio. CHF an die EVU rückerstattet, davon rund 85% an den Personenverkehr [2]. Investitions- und Betriebskosten eines lärmabhängigen Trassenpreissystems in Millionenhöhe sind bei diesen Grössenordnungen insbesondere für den Güterverkehr schwierig zu begründen. Falls die Messstellen in Zukunft jedoch auch noch für andere Zwecke eingesetzt werden sollten, ist dieser Punkt allenfalls neu zu bewerten. Auch ist der Kostenaspekt weniger gravierend, wenn die finanzielle Differenzierung stärker ausfällt.

Die Notwendigkeit der Transparenz und Berechenbarkeit einer Lärmkomponente für eine möglichst hohe Anreizwirkung wurde in Kapitel 4.2.2 diskutiert. Eine reale Lärmmessung ist in diesem Zusammenhang etwas weniger transparent, weil die Messungen in Frage gestellt werden könnten (z.B. klimatische Bedingungen, Zugkreuzungen an der Messstelle). Die anderen zwei Varianten basieren demgegenüber auf klar überprüfbaren Werten.

Der Anreiz zur Innovation stellt ein weiteres wichtiges Kriterium dar, weil sie die Grundlage für weitere Lärmreduktionen ermöglicht. Hierzu wirkt sich die Fokussierung auf die Bremsbauart äusserst nachteilig aus, weil Innovationen an anderen Fahrzeugteilen nicht honoriert werden. Gleichzeitig schränkt sie die Differenzierbarkeit und Flexibilität von Lärmkategorien stark ein, da die Auswahl an möglichen Bremsbauarten begrenzt ist. Bezüglich Umsetzungsrisiko und –horizont schneidet Variante 3 jedoch am Besten ab, da alle notwendigen Daten bereits elektronisch verfügbar sind.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Frage der Autonomie. Für die Ermittlung der Lärmkomponente benötigen die Varianten 2 und 3 Informationen bezüglich dem Zulassungswert bzw. der Bremsbauart. Dafür ist das EIU auf Daten angewiesen, welche von den EVU bzw. den Wagenhaltern geliefert werden müssen. Eine mangelnde Qualität oder Verfügbarkeit der Informationen kann dabei von den EIU nur begrenzt beeinflusst werden. Die Autonomie der Lärmkomponentenberechnung ist deshalb im Vergleich zu einer realen Lärmmessung durch das EIU eingeschränkt. Variante 1 hat zudem den Vorteil, dass sie die für die Bevölkerung entscheidende reale Lärmemission vor Ort als Bemessungsgrundlage verwendet. Die Varianten 2 und 3 benutzen mit dem Zulassungswert bzw. der Bremsbauart lediglich indirekte Bemessungsgrundlagen. Nichtsdestotrotz ist insbesondere beim Zulassungswerte eine starke Korrelation mit der realen Lärmemission vor Ort zu erwarten.

Schliesslich muss auch die Kompatibilität zu den internationalen Bestrebungen bezüglich lärmabhängiger Trassenpreise berücksichtigt werden. Unterschiedliche Systeme von Land zu Land führen zu erhöhten Transaktionskosten und Schwierigkeiten bei der Berechnung des zu erwartenden Bonus/Malus einer bestimmten internationalen Relation. Wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, spricht sich die europäische Kommission derzeit für eine Lärmkomponente auf Basis von theoretischen Lärmemissionswerten aus. Aus diesem Grund wird die Variante 1 etwas negativer bewertet als die Varianten 2 und 3.

Fazit:

Die Gesamtbewertung in Tabelle 3 zeigt, dass eine Lärmkomponente basierend auf **einer theoretischen Lärmemission gemäss dem TSI Noise Zulassungswert** unter den gewählten Kriterien und Gewichtungen ab Besten abschneidet. Deshalb soll diese Variante in Kapitel 6 weiter vertieft werden. Wie Kapitel 5.2 zudem gezeigt hat, ist der Handlungsbedarf beim Güterverkehr deutlich höher als beim Personenverkehr. Aus diesem Grund beziehen sich die weiteren Untersuchungen in erster Linie auf den Güterverkehr.

6 Systemvorschlag und Ausgestaltung

Die Analyse und Bewertung in Kapitel 5 hat ergeben, dass die Variante einer Lärmkomponente auf Basis der Lärmzulassungswerte gemäss TSI Noise am meisten Vorteile aufweist. Sie soll deshalb in diesem Kapitel weiter vertieft werden. Zudem hat sich gezeigt, dass der Handlungsbedarf beim Güterverkehr deutlich höher ist als beim Personenverkehr. Aus diesem Grund beziehen sich die weiteren Untersuchungen in erster Linie auf den Güterverkehr.

6.1 Datenbeschaffung / -basis

6.1.1 Datenbank für Wagennummern

Für die Ermittlung der Wagennummer kann auf bestehende Systeme zurückgegriffen werden. Denn die Wagennummern werden jeweils vor Abfahrt des Zuges vom EVU elektronisch über eine EDI-FACT-Meldung oder eine Internet/Citrix-Emulation ins Cargo-Informationssystem (CIS) übermittelt [27]. Hier entsteht für die EVU und EIU also kein zusätzlicher Aufwand. Auch existiert bereits eine Schnittstelle zwischen dem Trassenabrechnungssystem I-PRIX und dem CIS, weil die Angaben über die Bruttotonnen eines Zuges für die Trassenpreisberechnung bereits heute aus dem CIS bezogen werden. Ein Bonus/Malus könnte zudem auch auf Basis der Achsenzahl und Wagenlänge berechnet werden, da diese Information ebenfalls für jeden Zug elektronisch im CIS verfügbar ist.

6.1.2 Datenbank für Zulassungswert

Der Zulassungswert ist jedoch im CIS nicht vorhanden. Um diesen Wert nun für jede Wagennummer zu ermitteln, gibt es zwei Möglichkeiten (siehe Abbildung 17):

- Variante 1: Zugriff auf Rollmaterialdatenbanken der Wagenhalter via WIMO (Wagon and Intermodal Operational Database)
- Variante 2: Einführung des Zulassungswertes als zusätzliches Attribut im CIS

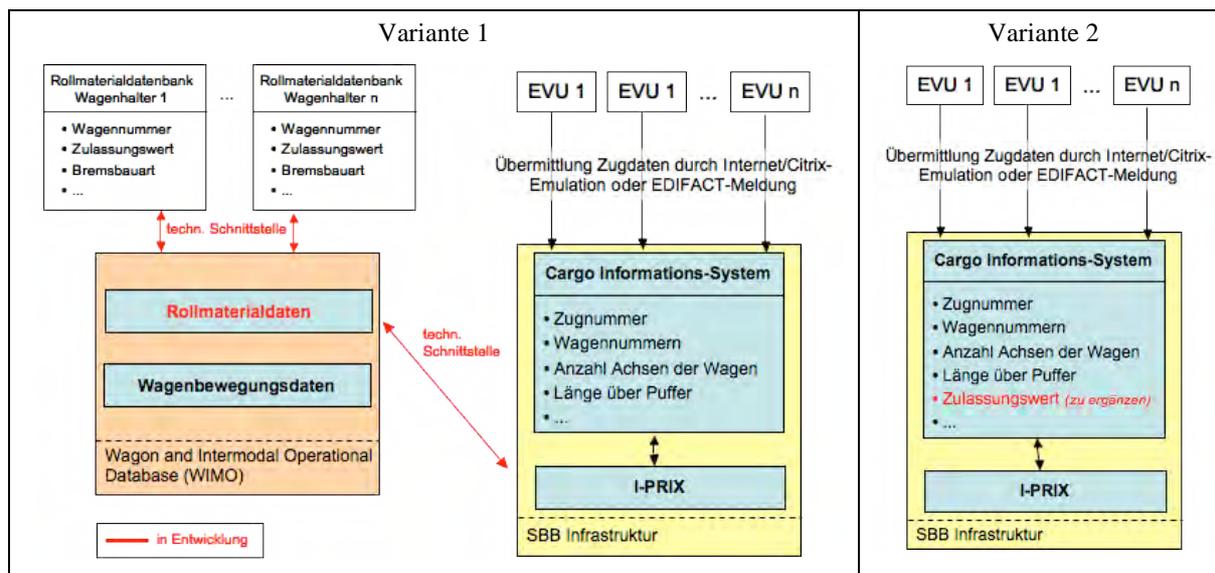


Abbildung 17 Datenbanken und Schnittstellen

6.1.2.1 Wagon and Intermodal Operational Database (WIMO)

Die von der europäischen Kommission verabschiedete Verordnung über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem Telematikanwendungen für den Güterverkehr (TAF) verpflichtet die Wagenhalter zum Führen einer Rollmaterialdatenbank [28]. Sie müssen folgende Angaben beinhalten¹⁶:

- Kennzeichnung des Rollmaterials
- Kompatibilität mit der Infrastruktur
- Relevante Lademerkmale
- Merkmale bezüglich der Bremsen
- Wartungsdaten
- Umwelteigenschaften (Lärmzulassungswert, ...)

G. Pratt von der UIP verfasste 2007 eine gute Übersicht, welche Anforderungen aus der TAF TSI für die Wagenhalter entstehen [29]¹⁷: Die Datenbanken mit den Halter-Rollmaterialregistern müssen einerseits einfachen Zugang (einheitlicher Zugriff über die gemeinsame Schnittstelle) zu den technischen Daten gewährleisten, um die in den einzelnen Anfragen übertragenen Datenmengen möglichst gering zu halten. Die Datenbankinhalte müssen dabei allen Dienstleistern (EIU, EVU, Logistik-Unternehmen und Fuhrpark-Verwaltern) sowie den nationalen Sicherheitsbehörden und den zuständigen Stellen für das nationale Fahrzeugregister auf Basis strukturierter Zugangsrechte zugänglich sein.

¹⁶ vgl. TAF TSI - Anhang A, Index 2 (http://ec.europa.eu/transport/rail/interoperability/taf_de.htm)

¹⁷ Weitere Informationen zum Umsetzungsprojekt der TAF TSI (EU-2005-93008-S) sind auf der UIC-Homepage zu finden: <http://www.uic.asso.fr/uic/spip.php?article482>

Der Halter ist verpflichtet, zu gewährleisten, dass diese Daten verfügbar sind und dass die zugrunde liegenden Prozesse ausgeführt wurden. Die Datenbanken mit den Halter-Rollmaterialregistern müssen über eine gemeinsame Schnittstelle (Common Interface) mit den nationalen/internationalen Steuerungssystemen der WIMO-Datenbank (Wagon and Intermodal Operational Database) kompatibel sein, die etwa 60.000 Zugbewegungen täglich verwaltet, und dabei rund um die Uhr und an 7 Tagen der Woche Zuverlässigkeit, Reaktionszeit und Abfrageverfügbarkeit von mindestens 99,9 % gewährleisten. Die grafischen Darstellungen dazu sind in den Anhängen A 2 und A 3 zu finden.

Der Zeitplan sieht vor, dass die Umsetzung bis zum 22.05.09 abgeschlossen sein wird. Über allfällige Verzögerungen ist nichts bekannt.

6.1.2.2 Cargo-Informationssystem (CIS)

Mit der Ergänzung des Zulassungswertes im Cargo-Informationssystem (CIS) ergäben sich einige Vorteile. Einerseits müssen keine Abfragen zu externen Datenbanken entwickelt werden, was den Aufwand auf Seiten von SBB Infrastruktur reduzieren sollte. Andererseits könnte diese Variante sofort autonom umgesetzt werden, weil man nicht auf die Realisierung von TAF TSI angewiesen ist. Es bleibt allerdings zu klären, wie hoch der Mehraufwand dieser zusätzlichen Anforderung auf Seiten der EVU zu stehen kommt. Im besten Fall enthalten ihre IT-Systeme diese Information bereits. Dann müsste die elektronische Zugdatenmeldung nur um ein weiteres Attribut ergänzt werden. Falls die EVU die Zulassungswerte jedoch manuell von den Wagenhaltern in Erfahrung gebracht und in das System eingepflegt werden müssten, dann würde der Aufwand massiv ansteigen.

6.2 Einbindung in Trassenpreissystem

6.2.1 Multiplikative vs. additive Integration

In Kapitel 1.1.2 und Anhang A 1 wurde das vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) vorgeschlagene neue Trassenpreissystem für die Schweiz beschrieben. Die Lärmkomponente wird darin als Faktor in das Trassenpreissystem integriert. Aus den gewonnenen Erkenntnissen dieser Studie hat sich nun jedoch gezeigt, dass dieses Vorgehen aus mehreren Gründen weiterentwicklungsfähig ist.

Zum Ersten hängt die Wirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems entscheidend von deren Transparenz und Berechenbarkeit ab. Denn nur so können die Wagenhalter präzise abschätzen, wie viel ihnen eine Lärmsanierung finanziell bringt und was sie von den EVU an Boni einfordern können. Ansonsten ist die Gefahr gross, dass die finanziellen Anreize nur teilweise die Wagenhalter erreichen und der Rest als allgemeine Subvention anderen beteiligten Akteuren zufließt. Da die Lärmkomponente als Faktor aber keinen monetären Wert darstellt, ist dieser nur in Zusammenhang mit anderen, den Wagenhaltern nicht bekannten Komponenten erchenbar. Dies verunmöglicht praktisch eine Abschätzung des zu erwartenden Bonus/Malus durch den Wagenhalter.

Zum Zweiten entsteht eine zusätzliche Berechnungsschwierigkeit, weil der Faktor auf Zugbasis in das Trassenpreissystem integriert werden muss. Somit können die Faktoren der einzelnen Wagen im Zugverband nur gemittelt in das Trassenpreissystem einfließen. Dies führt jedoch zu einer Abhängigkeit der Lärmkomponente zur Anzahl Wagen im Zugverband. Abbildung 18 zeigt dies anhand eines illustrativen Beispiels. Angenommen, ein lärmarmen Wagen erhält den Faktor 1 und ein lärmiger Wagen den Faktor 2. Bei 5 lärmarmen Wagen in einem Zug von insgesamt 10 Wagen entstünde ein gemittelter Gesamtlärmfaktor von 1.5. Dieselbe Anzahl lärmarmen Wagen hätte allerdings bei doppelt so vielen Wagen im Zugverband mit dem Faktor 1.75 einen deutlich geringeren Einfluss.

Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus der Multiplikation des Lärmfaktors mit dem gewichtsabhängigen Basispreis (siehe Abbildung 1). Der gleiche Lärmfaktor wirkt sich so bei einem voll beladenen Zug ungleich stärker aus als bei einem unbeladenen. Der Lärm ist jedoch nicht gewichtsabhängig und es kann sogar sein, dass ein leerer Güterwagen durch scheppernde Bauteile lauter ist als beladen.

<i>Zug mit 10 Wagen, davon 5 lärmarm</i>		<i>Zug mit 20 Wagen, davon 5 lärmarm</i>	
	Faktor		Faktor
Wagen lärmarm	1	Wagen lärmarm	1
Wagen nicht lärmarm	2	Wagen nicht lärmarm	2
Mittelwert	1.5 -> Faktor für TPS	Mittelwert	1.75 -> Faktor für TPS

Abbildung 18 Lärmfaktor in TPS in Abhängigkeit zu Wagenzahl

Diese unerwünschten Auswirkungen einer Lärmkomponente als Faktor können durch eine additive Integration behoben werden. Der Bonus/Malus würde pro Kilometer und Achse oder Wagen erhoben, wobei die Beträge der einzelnen Fahrzeuge im Zugverband nur als Summe in das Trassenpreissystem integriert werden. Dadurch ist der Nutzen eines lärmarmen Fahrzeuges auf Anhieb ersichtlich und die Wagenzahl hätte ebenfalls keinen Einfluss mehr auf die Höhe der Lärmkomponente.

Das vorgeschlagene Trassenpreissystem sollte deshalb gemäss Abbildung 19 angepasst werden, indem der vorgesehene Faktor bezüglich Lärmentwicklung durch eine additive Lärmkomponente auf Basis Zugkilometer ersetzt wird. Dafür werden die Bonus/Malus-Beträge der Wagen zuerst einzeln ermittelt und anschliessend summiert, um in das zugbasierte Trassenpreissystem integriert werden zu können.

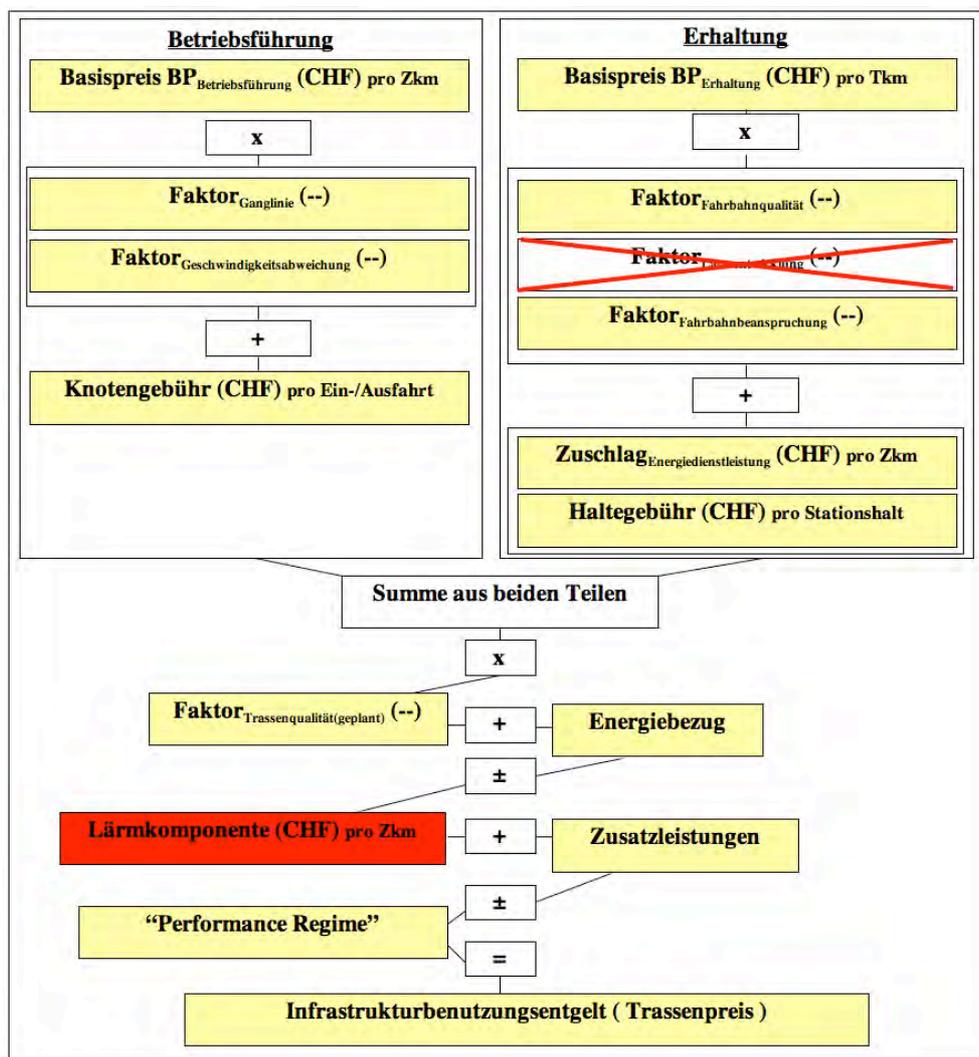


Abbildung 19 Angepasste Struktur des IVT-Trassenpreissystems

6.2.2 Lärmkategorien

Für eine möglichst hohe Akzeptanz eines lärmabhängigen Trassenpreissystems sollten sich die Lärmkategorien auf die bekannte Systematik der TSI Noise beziehen.

Die Lärmgrenzwerte der TSI Noise variieren in Abhängigkeit von der Anzahl Achsen pro Länge (siehe Kapitel 5.3.2.4). Konkret gelten für die Zulassung von neuen bzw. umgerüsteten Güterwagen folgende Lärmemissionsgrenzwerte [20]:

- **82 dB(A)** bzw. 84 dB(A) bis 0.15 Achsen/m
- **83 dB(A)** bzw. 85 dB(A) von 0.15 Achsen/m bis 0.275 Achsen/m
- **85 dB(A)** bzw. 87 dB(A) ab 0.275 Achsen/m

Die Diskussion der Anreizwirkung in Kapitel 4 zeigte, dass ein Bonus nur für Fahrzeuge geschaffen werden soll, welche die bestehenden Grenzwerte unterbieten. Ansonsten würde aufgrund des ordentli-

chen Erneuerungsprozesses ein wachsender Anteil an lärmarmen Fahrzeugen gefördert, welche auch ohne einen Lärmbonus beschafft worden wären. Die Lärmkomponente soll andererseits auch die laufenden Bestrebungen zur Lärmsanierung der bestehenden Güterwagenflotte unterstützen. Es wird deshalb ein Bonus/Malus-System vorgeschlagen, welches einen Bonus für Güterwagen mit Zulassungswerten deutlich unter dem bestehenden Grenzwerten gewährt, während Güterwagen ohne Zulassungswert einen Malus zu entrichten haben. Fahrzeuge, welche die geltenden Emissionsgrenzwerte erfüllen oder nur knapp unterschreiten, erhalten weder Bonus noch Malus. Das zukünftige Tarifsysteem einer Lärmkomponente bleibt auf diese Weise übersichtlich und für die beteiligten Akteure gut nachvollziehbar. Durch eine Kopplung der Lärmkategorien an die TSI Noise bleibt das System zudem dynamisch und passt sich schärferen Vorschriften automatisch an.

Die Gewährung eines Bonus/Malus kann auf Basis Wagen oder Achsenzahl erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass bei der Lärmentstehung das System Rad-Schiene einen wichtigen Faktor darstellt (siehe Kapitel 3). Auch wenn mit dem Zulassungswert kein konstruktives Merkmal für die Lärmreduktion vorgeschrieben wird, ist doch anzunehmen, dass Massnahmen zur Lärmreduktion mit zunehmender Achsenzahl teurer werden. Aus diesem Grund bildet ein Bonus/Malus auf Basis der Anzahl Achsen die Mehrkosten von lärmarmen Güterwagen besser ab. Die Berechnungsbasis des heutigen schweizerischen Lärmbonus würde somit übernommen.

Zusammenfassend werden also folgende Lärmkategorien vorgeschlagen:

Tabelle 4: Lärmkategorien

Bonus [CHF/Achskilometer]	Zulassungswert Güterwagen < Emissionsgrenzwert für Neufahrzeuge – IA*
Neutral	Emissionsgrenzwert für Neufahrzeuge – IA* ≤ Zulassungswert Güterwagen ≤ Emissionsgrenzwert für umgebaute Fahrzeuge
Malus [CHF/Achskilometer]	Zulassungswert Güterwagen > Emissionsgrenzwert für umgebaute Fahrzeuge
	Fehlender Zulassungswert

* IA = InnovationsAnreiz: dieser Wert ist so festzulegen, dass ein Grossteil der heute standardmässig angebotenen Güterwagen das Kriterium für einen Bonus noch nicht erfüllt. Vorläufige Annahme: mind. 3 dB(A)

Konkret kann der Wagenhalter mit den drei Informationen *Wagenlänge über Puffer, Anzahl Achsen* und dem *Zulassungswert* feststellen, ob er Anrecht auf einen Bonus hat oder von einem Malus betroffen ist. Bei einem Güterwagen des Typs Hbbiillns (Wagenlänge 23.4 m; Anzahl Achsen 4; 0.17 Achsen/m) beträgt der einzuhaltende Emissionsgrenzwert bei Neufahrzeugen zum Beispiel 83 dB(A). Ein solcher Güterwagentyp erhält somit einen Bonus, wenn sein Zulassungswert unter 80 dB(A) liegt.

In diesem Zusammenhang sei auf einen wichtigen Spezialfall hingewiesen: Zurzeit laufen Betriebsversuche für eine UIC-Zulassung von LL-Bremssohlen bei verschiedenen europäischen Bahnen. Der grosse Vorteil dieser neuen Sohlen aus Komposit-Werkstoffen besteht darin, dass das Bremssystem des Güterwagens nicht angepasst werden muss. Es reicht ein einfacher Austausch der GG-

Bremsklötze mit den neuen LL-Bremssohlen, was die Umrüstkosten eines Güterwagens massiv senkt. Dies bedeutet aber auch, dass der Güterwagen in diesem Fall nicht neu zugelassen werden muss. Damit solche Güterwagen nicht zu unrecht mit einem Malus belegt werden, könnte der Wagenhalter über ein vereinfachtes Verfahren dennoch ein Zulassungswert beantragen. Eine andere Möglichkeit besteht in der Implementierung einer zusätzlichen Prüfroutine der Bremsbauart des Güterwagens aus dem Cargo-Informationssystem, falls kein Zulassungswert gefunden worden ist. Dasselbe Prinzip könnte zudem falls notwendig auch für andere lärmsanierte Güterwagen mit fehlendem Zulassungswert angewendet werden.

6.2.3 Anreizhöhe

Die Anreizhöhe muss so angesetzt werden, dass ein Wagenhalter die höheren Investitionskosten eines lärmarmen Güterwagens über das lärmabhängige Trassenpreissystem innerhalb eines bestimmten Zeitraums refinanzieren kann. Zur Festlegung der Anreizhöhe sind dazu Annahmen bezüglich den Mehrkosten eines lärmarmen Güterwagens, der Amortisationsdauer sowie dem durchschnittlichen Laufleistungsanteil eines Fahrzeugs in der Schweiz zu treffen. Ähnliche Untersuchungen sind übrigens auch schon in einer Studie des Institutes für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich über die Potentiale des LEILA-Drehgestells¹⁸ durchgeführt worden [31] [32].

Die Mehrkosten eines lärmarmen Güterwagens sind schwer abzuschätzen. Die durchschnittlichen Kosten (inkl. Engineering und Projektleitung) für die Ausrüstung eines 2-achsigen Güterwagens mit K-Bremssohlen liegen in der Schweiz bei gut 12'500 CHF [1]. Bei vierachsigen Wagen betragen die Kosten durchschnittlich 20'200 CHF. Da zur Erreichung der Emissionsgrenzwerte der TSI Noise allerdings kein bestimmtes konstruktives Merkmal vorgegeben wird, können solche Beträge nur bedingt verwendet werden.

Besser wäre ein Kostenvergleich zwischen zwei Güterwagen des gleichen Typs, welche die Emissionsgrenzwerte der TSI Noise unterschiedlich stark unterschreiten. Es wird hier für eine erste grobe Ermittlung der notwendigen Anreizhöhe angenommen, dass ein durchschnittlicher 4-achsiger Güterwagen neu rund 150'000 CHF kostet und zusätzliche Massnahmen zur Lärmreduktion Mehrkosten von 20% - 40%, also 30'000 – 60'000 CHF verursachen. Bei einem geschätzten durchschnittlichen Laufleistungsanteil eines Güterwagens in der Schweiz von jährlich rund 30'000 km und einer Amortisationsdauer von 10 Jahren ergäbe sich somit ein Betrag von **0.025 – 0.05 CHF/Achskilometer**. Diese Abschätzung liegt über dem aktuellen schweizerischen Lärmbonusansatz von 0.01 CHF/Achskilometer und demjenigen der Niederlande von 0.01 €/Achskilometer im Fall eines 4-achsigen Wagens (siehe Kapitel 2.1).

Dabei ist allerdings zu beachten, dass mit diesen Ansätzen primär Anreize zur Umrüstung der Güterwagen mit K-Sohlen geschaffen werden sollen. Für darüber hinausgehende Massnahmen ist voraussichtlich mit höheren Kosten zu rechnen, weil dafür zusätzliche Mittel in die Forschung investiert

¹⁸ LEILA-Drehgestell = „Leichtes und lärmarmes Güterwagendrehgestell“

werden müssen. Der Malus für nicht lärmsanierte Güterwagen kann etwas tiefer angesetzt werden, da dem Wagenhalter geringere Kosten entstehen, um einen Güterwagen durch Lärmsanierung von einem Malus zu befreien. Empfohlen wird hier ein Malus von **0.01 CHF/Achskilometer**, was dem heutigen Lärmbonus in der Schweiz entspricht.

Aufgrund der angenommenen Amortisationsdauer von 10 Jahren ist zu beachten, dass bei einer Veränderung der Lärmkategorien aus Gründen der Planungssicherheit eine gewisse Übergangsfrist zu gewähren ist, in welcher die alten Kategorien weiterhin ihre Gültigkeit bewahren.

Für eine erste grobe Abschätzung der zur erwarteten Kosten kann auf die Güterverkehrsleistung in der Schweiz zurückgegriffen werden. Diese betrug 2005 rund 31 Mio. Trassenkilometer [30]. Wenn von durchschnittlich 20 Wagen pro Zug und 4 Achsen pro Güterwagen ausgegangen wird, beträgt die jährliche Transportleistung umgerechnet rund 2.48 Mia. Achskilometer. Mit der angesetzten Bonusbandbreite von 0.025 – 0.05 CHF/Achskm und einem Malus von 0.01 CHF/Achskm wären für den Staat bzw. das EIU mit jährlichen Nettokosten von etwa 5 – 17 Mio. CHF zu rechnen, falls 20% aller Güterwagen lärmbonusberechtigigt und 30% von einem Malus betroffen sind.

Tabelle 5: Lärmkategorien mit Bonus/Malus-Tarifen

Bonus 0.025 – 0.05 CHF/Achskilometer	Zulassungswert Güterwagen	<	Emissionsgrenzwert für Neufahrzeuge – IA*
Neutral	Emissionsgrenzwert für Neufahrzeuge – IA*	≤	Zulassungswert Güterwagen ≤ Emissionsgrenzwert für umgebaute Fahrzeuge
Malus 0.01 CHF/Achskilometer	Zulassungswert Güterwagen	>	Emissionsgrenzwert für umgebaute Fahrzeuge
	Fehlender Zulassungswert		

* IA = InnovationsAnreiz: dieser Wert ist so festzulegen, dass ein Grossteil der heute standardmässig angebotenen Güterwagen das Kriterium für einen Bonus noch nicht erfüllt. Vorläufige Annahme: mind. 3 dB(A)

6.2.4 Ergänzende Anreizvarianten

6.2.4.1 Bonus für Züge mit ausschliesslich leisem Rollmaterial

In Kapitel 5.3.1.2 wurde aufgezeigt, dass die reale Lärmemission eines Zuges stark vom Anteil lärm- armer Güterwagen abhängig ist. Selbst wenn der Anteil von lärmarmen Wagen im Zugverband bei 50% liegt, reduziert sich der Lärmpegel um lediglich 3 dB(A) (siehe Abbildung 15). Erst bei nahezu 100% lärmarmen Wagen fällt auch der Lärmpegel entsprechend ab. Es ist deshalb sinnvoll, wenn leisen Güterwagen gezielt auf gewisse Züge konzentriert werden.

Aus diesem Grund könnte ein zusätzlicher Anreiz für die Wagendisposition in Betracht gezogen werden, um Züge mit ausschliesslich leisem Rollmaterial zu fördern. So kann die Wirkung von lärmarmen Güterwagen nochmals gesteigert werden. Angedacht ist hierzu die Ausschüttung eines Bonus, falls alle Güterwagen eines Zuges in die Lärmkategorien „Bonus“ oder „Neutral“ fallen (siehe Tabelle 4).

6.2.4.2 Tag/Nacht Differenzierung

Laute Güterwagen werden in der Nacht als störender empfunden als tagsüber. Es ist somit nahe liegend, dass über eine entsprechende Tag/Nacht-Differenzierung des Malus für laute Güterwagen eine zusätzliche Wirkung erzielt werden könnte. Technisch dürfte diese Möglichkeit zwar umsetzbar sein, doch ist sie vor allem aus zwei Gründen kritisch. Der Güterverkehr auf der Schiene findet hauptsächlich während der Nacht statt. Aufgrund der fehlenden Schienenkapazitäten tagsüber ist diesbezüglich auch keine Änderung zu erwarten. Somit haben die EVU nur geringe Möglichkeiten, laute Güterwagen ausschliesslich am Tag einzusetzen. Zweitens verfügen die Güterbahnen mit dem so genannten „Nachtsprung“ insbesondere im schweizerischen Wagenladungsverkehr über einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil gegenüber der Strasse. Auch mit einer allfälligen Tag/Nacht-Differenzierung wird sicherlich an diesem Prinzip festgehalten. Aus diesen Gründen würde ein allfälliger zusätzlicher Malus für laute Güterwagen während der Nacht wohl keine signifikante Lenkungswirkung entfalten.

6.3 Migration

6.3.1 Voraussetzungen

Zunächst sind die rechtlichen Voraussetzungen für ein lärmabhängiges Trassenpreissystem zu schaffen. Im Parlament sind im Jahr 2008 gleich zwei Motionen eingereicht worden, welche den Bundesrat auffordern ein neues Trassenpreissystem für die Schweiz einzuführen¹⁹. Sie fordern unter anderem eine stärkere Differenzierung nach Angebot und Nachfrage sowie eine grössere Anreizorientierung. Die Motion von Büttiker erwähnt in diesem Zusammenhang explizit ein Bonus/Malus-System für lärmarmes Wagenmaterial. Der Bundesrat hat in der Zwischenzeit die Motion von Pedrina behandelt und unterstützt ihr Ziel. Er prüft die vorgeschlagenen Massnahmen bis zur Botschaft zur Infrastrukturfinanzierung (drittes Teilpaket der Bahnreform 2), behält sich jedoch vor, mit der Botschaft gegebenenfalls Alternativen zu unterbreiten.

Eine zweite Voraussetzung ist der Zugang der EIU zu den Informationen über die Zulassungswerte der Güterwagen. Wie in Kapitel 6.1 beschrieben, müsste diese Voraussetzung in wenigen Jahren gegeben sein. Schliesslich ist ein lärmabhängiges Trassenpreissystem für eine genügende Anreizwirkung europaweit oder mindestens zusammen mit Deutschland einzuführen (siehe Kapitel 4.4.2).

6.3.2 Umsetzungsschritte

Sobald diese Voraussetzungen erfüllt sind oder bald eintreten werden, kann mit der konkreten Umsetzung begonnen werden. Sie besteht im Wesentlichen aus drei grösseren Phasen:

- Anpassung des Trassenabrechnungssystems I-PRIX
- Definitive Festlegung der Bonus/Malus-Tarife und Lärmkategorien

¹⁹ Motion 07.3272 „Revision der Trassenpreise zur Optimierung der Bahnkapazitäten, insbesondere im Transit“ (F. Pedrina, 23.03.08) und Motion 08.3545 „Neues Trassenpreissystem“ (R. Büttiker, 29.09.08)

- Sensibilisierung der Akteure

Anpassung Trassenabrechnungssystems I-PRIX

Voraussichtlich sind am Trassenabrechnungssystem I-PRIX grössere Anpassungen vorzunehmen. Aufgrund der zentralen Bedeutung der Trassenabrechnung und den damit einhergehenden grossen Finanzflüssen zwischen EIU und den EVU ist eine sorgfältige Planung und Umsetzung äusserst wichtig. Es ist deshalb mit einer entsprechend langen Planungs- und Einführungszeit zu rechnen.

Definitive Festlegung der Bonus/Malus-Tarife und Lärmkategorien

Die in Kapitel 6.2.3 ermittelten Bonus/Malus-Tarife stellen eine erste Näherung dar und sind deshalb zusammen mit den beteiligten Akteuren zu überprüfen. Insbesondere die Festlegung der abzudeckenden Mehrkosten einer Lärmsanierung sowie die vorgesehene Amortisationsdauer sind hierzu noch genauer abzuklären. Durch eine anschliessende Simulation mit realen Transportdaten würde dem EIU, den EVU und ihren Kunden zudem eine Basis für die Abschätzung der finanziellen Auswirkungen der Lärmkomponente geliefert. Ein weiterer zu klärender Punkt ist die definitive Festlegung der Lärmobergrenze zur Bonusberechtigung. In Kapitel 6.2.2 wurde davon ausgegangen, dass die Grenze mindestens 3 dB(A) unter der TSI Noise Lärmobergrenze für Neufahrzeuge liegen sollte.

Sensibilisierung der Akteure

Ein wichtiger Punkt für eine erfolgreiche Einführung ist die breite Sensibilisierung der Wagenhalter. Denn durch die heterogene Wagenhalterstruktur im Schienengüterverkehr müssen alle Akteure über denselben Wissensstand verfügen, damit die Bonus/Malus-Tarife auch entsprechend weitergeleitet bzw. eingefordert werden. Neben einer übersichtlichen Tarifstruktur wären hier einfache Berechnungsbeispiele für die Wagenhalter nützlich, um ihnen die Möglichkeiten und Folgen eines lärmabhängigen Trassenpreissystems anschaulich aufzuzeigen.

6.3.3 Alternativen

Es besteht ein gewisses Risiko, dass sich die automatische Abfrage der Zulassungswerte nicht oder erst mit grosser Verspätung umsetzen lässt. Für diesen Fall wird als Übergangslösung die Bremsbauart zur Bemessung der Lärmkomponente vorgeschlagen. Weil diese Information im Cargo-Informationssystem (CIS) bereits vorhanden ist, lässt sie sich ohne Rückgriff auf weitere Datenbanken rasch umsetzen. Um eine spätere Migration auf die favorisierte Lösung mit den Zulassungswerten zu erleichtern, soll die Systematik des Tarifsystems aus Kapitel 6.2.2 soweit wie möglich übernommen werden. Tabelle 6 zeigt die angepassten Lärmkategorien für die Bremsbauart als alternative Bemessungsgrundlage. Es gilt jedoch zu beachten, dass der Lärmunterschied zwischen K- bzw. LL-Sohlen und Scheibenbremsen gemäss heutigem Kenntnisstand deutlich geringer ist als zwischen GG-Sohlen und K- bzw. LL-Sohlen.

Tabelle 6: Lärmkategorien für alternative Bemessungsgrundlage

Bonus	<i>Bremsbauart = Scheibenbremse oder vergleichbar</i>
Neutral	<i>Bremsbauart = K-Sohle, LL-Sohle oder vergleichbar</i>
Malus	<i>Bremsbauart = GG-Sohle</i>

Da eine reale Lärmmessung mit höheren Investitionskosten verbunden ist, kommt diese Variante als Übergangslösung nicht in Frage. Sie könnte allerdings punktuell eingesetzt werden, um die Zulassungswerte der Güterwagen zu überprüfen oder aber die längerfristige Wirkung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems auf die Lärmemissionsentwicklung vor Ort aufzuzeigen.

7 Quellen

- [1] Bundesamt für Verkehr: *Lärmsanierung der Eisenbahnen – Standbericht 2007*
- [2] Weidmann, U., Wichser, J., Fries, N., Schmidt, P., Schneebeil, H., (2007): *Studie zu einem neuen schweizerischen Trassenpreissystem*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme ETH Zürich, Schriftenreihe 135
- [3] Weidmann, U., Wichser, J., Schmidt, P. (2008): *Systemvorschlag für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme ETH Zürich, Schriftenreihe 137
- [4] InfraBel: *Document de Référence du Réseau 2009*
- [5] SBB Infrastruktur/BLS: *Leistungskatalog Infrastruktur 2009*
- [6] Marschnig, S. (2007): *Steuerungsmöglichkeiten durch lärmabhängiges IBE*, ÖVG-Tagung 2007, Salzburg
- [7] Hierzer, R., Kalivoda, M. (2007): *Bahnlärm-Monitoring & -Management – Aktueller Stand*, ÖVG-Tagung 2007, Salzburg
- [8] Hecht, M., Ben Othman, Y. (2004): *Kostenmindernde Einbindung der Betreiber durch lärmbasiertes Trassenpreiskonzept*, Eisenbahn-Revue, 05/2004
- [9] Communication from the Commission to the European Parliament and the Council (2008): *Rail noise abatement measures addressing the existing fleet*
- [10] UIC (2007): *Sachstandbericht und Hintergrundinformationen über lärmabhängigen Trassenbenutzungsgebühren*
- [11] Deutsche Bahn – Mobility Networks Logistics (2007): *Effizienter Lärmschutz – Umrüstung von Güterwagen fördern*, Positionspapier
- [12] Gilliam, D. (2008): *Lärmreduzierungsstrategien aus der Sicht eines privaten Güterwagenhalters*, Vortrag VDV Jahrestagung Nürnberg, Juni 2008
- [13] Pache, E. (2007): *Minderung der Umweltbelastung im Schienenverkehr durch emissionsabhängige Trassenpreise – Rechtsgutachten*, Publikation des Umweltbundesamtes
- [14] WG Railway Noise of the European Commission (2003): *Position Paper on the European strategies and priorities for railway noise abatement*, Version 19403
- [15] Wunderli, J. M. (2008): *Quellenseparation bei fahrenden Zügen mit Hilfe von Schalldruck- und Schallschnellemessungen*, Dissertation, TU Berlin
- [16] Hecht, M., Thron T., Ben Othman Y. (2008): *Einfluss von Rad- und Schienenrauheiten auf das Rollgeräusch – Messung und Berechnung*, ZEVrail, Glasers Annalen 132, August 2008
- [17] Bundesamt für Verkehr (2008): *Monitoring Eisenbahnlärm – Jahresbericht 2007*
- [18] Kloepfer, M. et al. (2006): *Leben mit Lärm*
- [19] Wiemers M. (2005): *Einfluss von Steifigkeit und Dämpfung bei Eisenbahnrädern, insbesondere von Güterwagenrädern, auf die Schallabstrahlung*, Dissertation, TU Berlin

- [20] Europäische Kommission (2006): *Entscheidung der europäischen Kommission vom 23. Dezember 2005 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge-Lärm“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems (2006/66/EG)*, Amtsblatt der Europäischen Union, 08.02.2006
- [21] Mater, M. (2006): *Geräuschquellen im Verkehr und ihre Bedeutung: Schienenverkehr*, Präsentation DB Mobility Networks Logistics
- [22] SBB Cargo (2008): *SBB Cargo im Jahr 2007*, Auszug aus dem Geschäftsbericht der SBB
- [23] Attinger, R. (2008): *Monitoring Eisenbahnlärm*, Vortrag Bellinzona, 17.04.2008
- [24] E. Verheijen, M.S. Roovers und J.W. van den Brink (2008): *Railway Noise Statistics by Monitoring Stations – Input for Dutch Prediction Method RMR and Track Access Charging*, Springer Verlag
- [25] CIA Factbook 2008, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook>, abgerufen am 23.09.2008
- [26] Genz, J. (2008) *Identifizierung von Güterwagen mit optischer Nummernerkennung*, EI-Eisenbahningenieur, Oktober 2008
- [27] SBB Infrastruktur, *Network Statement 2009*
- [28] Europäische Kommission (2006): *Verordnung (EG) Nr. 62/2006 der Kommission vom 23. Dezember 2005 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Telematikanwendungen für den Güterverkehr“ des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems*, Amtsblatt der Europäischen Union, 18.01.2006
- [29] Pratt, G., (2007): *Einhaltung der Vorgaben für Halter in der TSI Telematikanwendungen für Fracht (TAF)*, UIP, www.wascosa.ch/upload/wascosa/files/TAF_TSI_d.pdf, abgerufen am 14.10.2008
- [30] SBB; *Statistisches Vademecum, Die SBB in Zahlen 2005*
- [31] Weidmann, U., Wichser, J., Schmidt, P., Bopp, B. (2007): *Potentiale durch den Einsatz von radialeinstellbaren Fahrwerken im Schienengüterverkehr*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme ETH Zürich (Subauftragnehmer TU Berlin, Fachgebiet Schienenfahrzeuge)
- [32] Weidmann, U. (2008): *Innovationsförderung durch neues Trassenpreissystem – Die Fallstudie LEILA*, Beitrag im Jahrbuch der Schweizerischen Verkehrswirtschaft 2008, IDT-HSG

Anhänge

A 1 Details zum Systemvorschlag des IVT für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem vom Nov. 07

Basispreis_{Betriebsführung}

Der im derzeit gültigen Trassenpreissystem bereits existierende Basispreis_{Betriebsführung} dient zur Deckung von Grenzkosten, die dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) durch die Durchführung des Betriebsablaufs entstehen. Diese Kosten fallen pro Zugfahrt an, weswegen der Preis die Einheit CHF/Zkm hat und im Wesentlichen Personalkosten sowie die Grenzkosten der notwendigen Anlagen (Leit- und Sicherungstechnik) umfasst. Je stärker ein Netzteil belastet ist, umso höher ist auch der Betriebsführungsaufwand. Um der verschiedenen verkehrlichen Bedeutung und dem unterschiedlich hohen Betriebsführungsaufwand der einzelnen Strecken im schweizerischen Eisenbahnnetz gerecht zu werden, soll dieses in Abschnitte eingeteilt werden.

Der Preis ist unterschiedlich nach Streckenkategorien festzulegen, um Anreize zur Lenkung von Zügen auf schlechter ausgelastete Strecken zu schaffen.

Faktor_{Ganglinie}

Das Eisenbahnnetz ist über den Tages-, Wochen- und Jahresverlauf nicht gleichmässig ausgelastet sondern es existieren unterschiedlich stark genutzte Zeitabschnitte. Diese sind in der tageszeitlichen Betrachtung vor allem die zusätzlichen Angebote im Berufsverkehr seitens des Regionalverkehrs und teilweise auch die produktionstechnisch bedingte Verkehrskonzentration im Güterverkehr. Innerhalb der Woche zeigen sich auch verschieden starke Nutzungszeiten. So ist das Angebot im Personenverkehr an den Wochenenden im Allgemeinen (ausser Ausflugsverkehr) geringer als an Werktagen und im Güterverkehr zeigt sich eine Konzentration des Zugverkehrs auf Dienstag bis Donnerstag. Würde die Kapazität des Schienennetzes auf die oben beschriebenen Spitzenlast dimensioniert, so wäre dies volkswirtschaftlich ungünstig, da ausserhalb der Spitzenzeiten diese Infrastruktur nicht ausreichend genutzt würde. Optimal, auch in Bezug auf die Kostenstruktur der EIU, wäre eine über den Tag und die Woche völlig gleichverteilte Auslastung. Dies wird in einem freien Netzzugang und einer liberalen Nachfragestruktur nicht ohne monetäre Anreize zu erreichen sein. Der Faktor_{Ganglinie} soll diesem Anspruch gerecht werden bzw. zumindest einen entsprechenden Anreiz schaffen. Er nutzt die Einteilung in Streckenabschnitte, so wie oben vorgeschlagen. Für diese Abschnitte wird untersucht, ob und zu welchen Zeiten die Auslastung der Kapazität einen sinnvoll definierten normierten Schwellenwert überschreitet. Überschreitet nun die Auslastung eines Streckenabschnittes zu einem Zeitpunkt diesen Schwellenwert, so wird dieser Zeitraum als Spitzenlast ausgewiesen. Um eine Verlagerung in

schwach ausgelastete Zeiten innerhalb dieses Streckenabschnitts zu erzielen, werden diese Zeiten als Niedriglast definiert. Die verbleibenden Zeiten bilden die Normallast.

Faktor_{Geschwindigkeitsabweichung}

Ein weiterer Aspekt, der den möglichen Auslastungsgrad der maximalen theoretischen Kapazität beeinflusst, ist die Homogenität der Nutzung hinsichtlich der gefahrenen Geschwindigkeiten. Die höchste Kapazität lässt sich erreichen, wenn alle Züge mit etwa 80 km/h ohne Halte hintereinander herfahren. Da dies in der Praxis aufgrund der unterschiedlichen Produktgruppen mit ihren Anforderungen an Geschwindigkeit, Halten und Beschleunigung nicht möglich und auch nicht erwünscht ist, muss im Mischverkehr trotzdem versucht werden, die gefahrenen Geschwindigkeiten in einem sinnvollen Rahmen zu halten. Wir definieren dies als Geschwindigkeitsband. Verkehren Züge ausserhalb dieses Geschwindigkeitsbandes, beeinträchtigen sie unter der Voraussetzung einer Knappheit die Kapazität. Unter Umständen machen sie die Konstruktion und den Verkauf weiterer Trassen unmöglich. Aus diesem Grund sollen eben diese Züge ihren Kapazitätsmeherverzehr bezahlen. Betroffen sind Hochgeschwindigkeitszüge mit Geschwindigkeiten höher als 160 km/h, Neigezüge, langsame und traktionschwache (Güter-) Züge zumindest auf Strecken mit hoher Trassennachfrage und Mischverkehr. Auch Regionalzüge sind betroffen, wenn sie auf Hauptstrecken mit kurzen Stationsabständen verkehren. In der Praxis soll für die oben eingeführten Streckenabschnitte das Geschwindigkeitsniveau der auf ihnen verkehrenden Züge analysiert werden und im Anschluss ein sinnvolles Geschwindigkeitsband definiert werden, welches die Mehrheit der Zugsfahrten umfasst.

Knotengebühr

Die Knotengebühr existiert bereits im derzeit gültigen Trassenpreissystem und hat ihre Berechtigung. Sie dient der Deckung des Betriebsführungsaufwands in Knoten²⁰, unterschieden in grosse und kleine Knoten. Die Einteilung richtet sich danach, welche verkehrliche Bedeutung dem jeweiligen Bahnhof zukommt.

Basispreis_{Erhaltung}

Der Basispreis_{Erhaltung} dient der Deckung von Erhaltungskosten, die durch die Nutzung der Strecken und Knoten anfallen. Da die Abnutzung vorwiegend gewichtsabhängig ist, hat dieser Preis die Einheit CHF/Btkm. Der Erhaltungsaufwand der Strecken hängt einerseits von der Verkehrsbelastung und andererseits von ihrem Design hinsichtlich Trassierung ab. Auch die Bauart und der Zustand des Rollmaterials spielen hierfür eine wichtige Rolle.

Aufwändig trassierten Strecken sind oft von einem hohen Anteil Kunstbauten und einem hohen Kurvenanteil geprägt, die jeweils teuer in der Erhaltung sind. Verkehrsreiche Strecken erfordern Instandhaltungskonzepte, die den Unterhalt in kurzen Betriebspausen in der Nacht oder unter laufenden Be-

²⁰ Ein Beitrag zur Deckung des Unterhaltsaufwands wird nun unserem System durch die Haltegebühr erbracht.

trieb durchführen. Dies führt durch Nachtarbeitszuschläge und Beauftragung von Spezialfirmen zu höheren Kosten. Aus diesen Gründen wird die Höhe des Basispreis_{Erhaltung} bestimmten Streckenkategorien zugeordnet. Dabei wird die gleiche Streckenabschnittseinteilung wie beim Basispreis_{Betriebsführung} angewendet.

Faktor_{Fahrbahnqualität}

Unterschiedliche Zugstypen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Fahrbahn hinsichtlich der Lagegenauigkeit der Schienen, des Abzweigradius der Weichen und der sicherungstechnischer Ausstattung. Je höher die Anforderungen des Zugverkehr auf einer Strecke sind, desto höher sind auch die Grenzkosten der Nutzung. So fällt zusätzlicher Aufwand für die Inspektion an. Ebenso ist zur Sicherstellung der Lagegenauigkeit gegebenenfalls eine entsprechende frühzeitige Intervention nötig. Heute muss ein Teil des Erhaltungsaufwandes nur für die Komfortansprüche des Personenverkehrs geleistet werden. Reine Güterstrecken könnten mit weniger Erhaltungsaufwand auskommen. Zusätzlich entsteht Mehrverschleiss durch Güterzüge, weil diese schnell fahren müssen, um mit den Reisezügen auf stark belasteten Strecken mitzuhalten, obwohl ein etwas tieferes Geschwindigkeitsniveau des Güterverkehrs ausreichend wäre.

Faktor_{Lärmentwicklung}

Derzeit haben die EVU ausser durch den Lärmbonus keinen betriebswirtschaftlichen Vorteil durch die Nutzung lärmarmen Fahrzeuge. Daher hielten wir es für zielführend, die Bepreisung des Lärms innerhalb des TPS zu verankern. Hierzu wäre die Einteilung der Fahrzeuge in Lärmklassen anhand von geeigneten Konstruktionsmerkmalen nötig, wobei hier nur der Ideal(Neu-)zustand abgebildet würde. Alternativ könnten die Lärmpegel der Zulassungsunterlagen verwendet werden oder im Netz Pegelmessstellen errichtet und damit der tatsächliche Lärm ermittelt und abgerechnet werden. Es soll jeweils der Stand der Technik als Referenz dienen und nicht nur der absolute Lärmpegel. Das System soll also nicht statisch sein, sondern kontinuierlich das Lärmniveau absenken.

Ein Faktor von 0,85 für lärmarme Fahrzeuge würde in der finanziellen Auswirkung etwa dem derzeitigen Lärmbonus entsprechen. Die weitere Ausprägung erfolgt erst, wenn gesicherte Einteilungskriterien vorliegen. In der Zwischenzeit wurde lediglich der Lärmbonus in den Faktor_{Lärmentwicklung} überführt und die gleichen Qualifikationskriterien verwendet wie im derzeitigen System. Zu beachten ist bei diesem Thema, dass erst ein sehr hoher Anteil an lärmarmen Güterwagen innerhalb eines Güterzugs zu einer signifikanten Lärminderung führt.

Dieses Element wurde nun im Rahmen dieser Studie vertieft untersucht und an die Ergebnisse dieser Arbeit angepasst. Dadurch wurde es sowohl inhaltlich modifiziert als auch im Berechnungsverfahren geändert und an anderer Stelle im System platziert.

Faktor_{Fahrbahnbeanspruchung}

Aufgrund unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte, Achslasten und Fahrgeschwindigkeiten entsteht an der Fahrbahn unterschiedlich starker Verschleiss. Um die Aufwendung zur Beseitigung der Verschleissfolgen an der Infrastruktur zu begrenzen und EVU zur Nutzung fahrbahnschonender Fahrzeuge zu animieren, wird der Faktor Fahrbahnbeanspruchung eingeführt. Er bewirkt eine Reduktion des Trassenpreises für verschleissarme Fahrzeuge. Dazu müssen die Fahrzeuge mithilfe der Zulassungsunterlagen (Konstruktionsmerkmale) oder durch ein Zertifizierungsverfahren in Verschleisskategorien eingeteilt werden.

Haltegebühr

Um die notwendigen Erhaltungskosten der Bahnhöfe und Stationen zu decken, wird eine Haltegebühr vorgeschlagen.

Zuschlag_{Energiedienstleistung}

Der Zuschlag_{Energiedienstleistungen} beinhaltet einen leistungsabhängigen Unterhaltssatz in Höhe von 0,13 CHF/Zkm für den Unterhalt von Fahrleitungen, Bahnstromanlagen und der Kreisleitstellen. Nicht enthalten sind die Unterhaltskosten für Frequenzumformer und Unterwerke. Der Zuschlag entfällt für Züge mit thermischer Traktion. Der eigentliche Verbrauch ist separat zu bezahlen.

Faktor_{Trassenqualität(geplant)}

Eine qualitativ gute Trasse zeichnet sich dadurch aus, dass es eine Übereinstimmung der geplanten Fahrzeit mit der betrieblich möglichen Fahrzeit (technische Fahrzeit plus Reserven) unter Voraussetzung einer normalen Kapazitätsausnutzung gibt. Kommt es wegen hoher Kapazitätsauslastung/Überlastung von Teilstrecken und Knotenbereichen (Zeitverluste durch Überholungen und Wartezeiten beim Übergang von einem Streckenabschnitt zum andern) zu einer planmässigen Fahrzeitverlängerung, so reduziert sich die Produktivität und die Qualität der Trasse. Betroffen davon ist in Folge der Prioritätsregelung bei der Trassenplanung primär der Güterverkehr, aber auch partiell der Regionalverkehr. Ein Qualitätsmangel wegen Wartens und Überholungen führt zu direkten Mehrkosten, weil Lokführer mehr Arbeitszeit zu leisten haben, Loks und Wagen weniger Kilometer pro Zeiteinheit zurücklegen oder sogar transportzeitkritische Güter nicht mit der Bahn befördert werden. Derartige Trassen müssten zum Kostenausgleich bei den EVU einen tieferen Trassenpreis zur Folge haben.

Um den oben beschriebenen Produktivitätsverlust alternativ abzubilden ist es denkbar, die durch geplante Überholungen entstehende Wartezeit dem Trassenutzer zu vergüten. Dadurch soll ein finanzieller Ausgleich zwischen Nutzern von schnellen, und damit hoch produktiven Trassen und Nutzern von langsamen, weniger produktiven Trassen erfolgen.

Energieverbrauch

Ein möglichst geringer Energieverbrauch kann durch eine verbrauchsbasierte Abrechnung erreicht werden. Da der Energiepreis, unabhängig von Betriebsleistungs- oder Verbrauchsbasierung, im Rahmen des Trassenpreises einen gewichtigen Anteil von etwa einem Drittel des gesamten Trassenpreises (heutiges System) bei einem schweren Güterzug ausmacht, kann eine Energieoptimierung seitens der Nutzer eine grosse monetäre Ersparnis bringen. Dies kann sowohl durch eine energiesparende Fahrweise als auch durch energieeffiziente Fahrzeuge erreicht werden. Neben den Triebfahrzeugen selbst haben hier auch die Wagen und gegebenenfalls Hilfsantriebe wie beispielsweise Klimaanlage einen Einfluss.

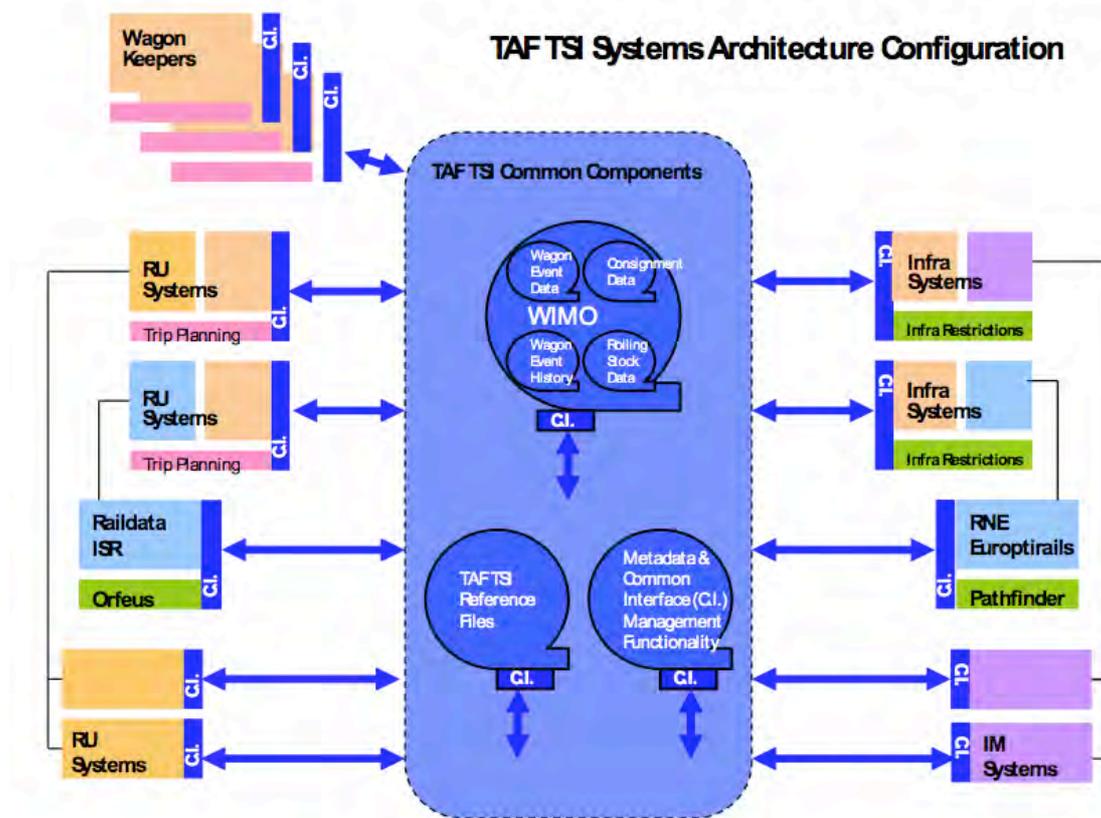
Ein grosses Problem bei verbrauchsbasierter Energieabrechnung stellt das Thema Überholungen dar. Vor allem schwere Güterzüge benötigen zum Beschleunigen grosse Mengen Energie, die nur zum Teil beim Bremsen wieder zurückgewonnen werden kann.

Bonus-/Malussystem bzw. Performance Regime

Die vorgeschlagenen Preise und Anreize beziehen sich auf Aspekte der geplanten Trassen. Die Qualität der tagtäglichen Betriebsabwicklung kann nicht beeinflusst werden. Daher ist es auch bei einem neuen Trassenpreissystem unabdingbar, dass das bereits in der Netzzugangsverordnung postulierte Bonus-/Malussystem, auch Performance Regime genannt, eingeführt wird. Gerade bei der bereits heute vorherrschenden hohen Netzauslastung führt eine Betriebsstörung für einzelne betroffene Züge zu hohen Zusatzkosten bis hin zu fälligen Entschädigungen für deren Kunden.

Zudem führen Abweichungen des Zustandes der Fahrzeuge vom Sollzustand (Flachstellen, schlecht gewartete Fahrwerke, etc.) zu höherem Verschleiss an der Infrastruktur und zu mehr Lärm. Dies gilt im Umkehrschluss auch für verschlissene Infrastruktur, die die Fahrzeuge höher belastet. In beiden Fällen sollte eine Penalisierung eingeführt werden.

A 2 Konfiguration der TAF TSI Systemarchitektur

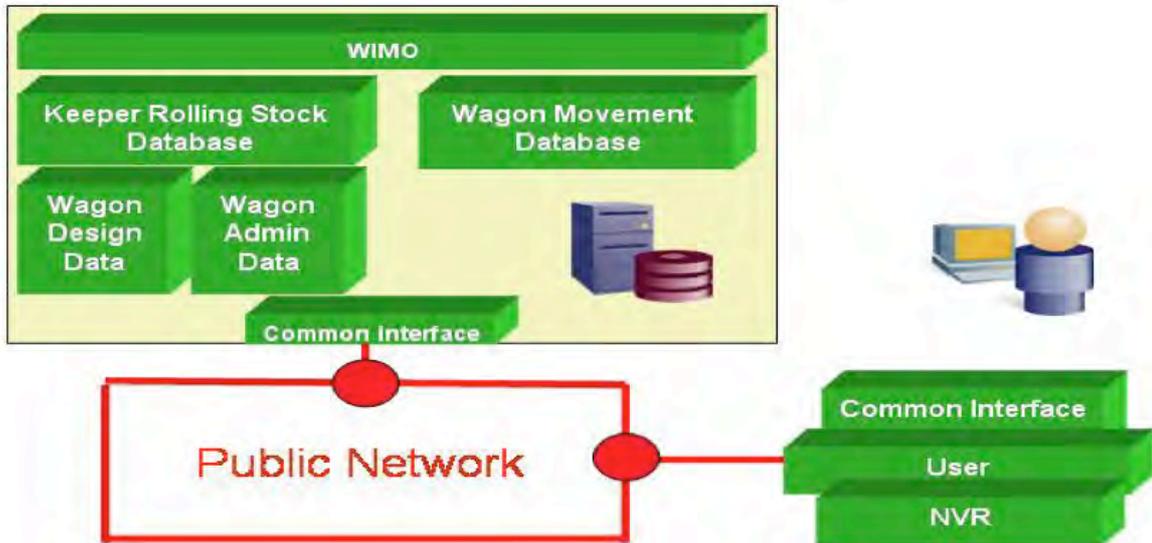


Legende zur Grafik

Wagon Keepers	-	Wagon-Halter
TAF TSI Common Components	-	Gemeinsame Komponenten TAF TSI
RU-Systems	-	RU-Systeme
Trip Planning	-	Routenplanung
Raildata ISR	-	ISR-Bahndaten
Wagon Event Data	-	Wagon-Ereignisdaten
Consignment Data	-	Frachtdaten
Wagon Event History	-	Verlauf der Wagon-Ereignisse
Rolling Stock Data	-	Rollmaterial-Daten
TAF TSI Reference Files	-	TAF TSI Referenzdateien
Metadata & Common Interface Management Functionality	-	Metadaten & Verwaltungsfunktionen für die gemeinsame Schnittstelle
Infra-Systems	-	Infrastruktur-Systeme
Infra-Restrictions	-	Infrastruktur-Einschränkungen
Pathfinder	-	Streckenfinder
IM Systems	-	IM-Systeme

Darstellung übernommen aus [29]

A 3 Architektur und Interaktion von Rollmaterial-Datenbanken



Architektur und Interaktion von Rollmaterial-Datenbanken

Legende zur Grafik

- | | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------|
| WIMO | - | WIMO-Datenbank |
| Keeper Rolling Stock Database | - | Halter-Rollmaterialdatenbank |
| Wagon Design Data | - | Wagon-Konstruktionsdaten |
| Wagon Admin Data | - | Wagon-Verwaltungsdaten |
| Wagon Movement Database | - | Datenbank für Wagonbewegungen |
| Common Interface | - | Gemeinsame Schnittstelle |
| Public Network | - | Öffentliches Netzwerk |
| User | - | Nutzer |
| NVR | - | Nationales Fahrzeugregister |

Darstellung übernommen aus [29]