

TEXTE 58/2003

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 51 201
UBA-FB 000390

Bestimmung der Einfügungsdämpfung einer Schallschutzwand anhand von Messungen in derselben Messebene

von

Bernd Barsikow
Michael Hellmig

Ingenieurbüro akustik-data, Berlin

Forschungsvorhaben 200 51 201: Untersuchung der abschirmenden Wirkung von Hindernissen an der Schnellfahrstrecke Hannover-Würzburg zur Weiterentwicklung der Prognoseverfahren

Ziele:

Bei der Berechnung der Abschirmwirkung von Hindernissen wird in der Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV bei allen Zügen als Quellenhöhe die Schienenoberkante angenommen. Bei Zügen mit höheren Geschwindigkeiten ($v > 200 \text{ km/h}$) kommen zur Rad/Schiene-Geräuschquelle aber noch aerodynamische Geräuschquellen hinzu. Ab einer bestimmten Geschwindigkeit werden diese Quellen zu den dominierenden. Bei welcher Geschwindigkeit dies zu erwarten ist, hängt einerseits von der Höhe der Emission des Rollgeräusches und andererseits von der Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emission der aerodynamischen Quellen ab. Da diese Quellen über die gesamte Zughöhe verteilt sind, ist zu erwarten, dass nach der gültigen Rechenvorschrift bei ICE-Zügen mit hohen Geschwindigkeiten die abschirmende Wirkung von Hindernissen überschätzt wird. Bei den Betroffenen wird der angestrebte Schutz nicht erreicht.

Im Rahmen des Ufoplan-Vorhabens 296 55 215 wurden bereits Messungen an bestehenden Hochgeschwindigkeitsstrecken vorgenommen. Im Vergleich zu den Ergebnissen nach den Prognoseverfahren wurden bei den schnellen Reisezügen (ICE 1 und ICE 2) geringere Einfügungsdämpfungsmaße messtechnisch ermittelt.

Bei den damaligen Messungen ergab sich die Schwierigkeit, dass direkte Vergleiche „ohne - mit“ Wand an ein und demselben Messort nicht realisiert werden konnten. In dem Vorhaben wurde deshalb der Weg gewählt, an unterschiedlichen Streckenabschnitten „ohne“ bzw. „mit“ Wand zu messen. Bei diesem Vorgehen sind allerdings verfälschende Einflüsse zu beachten, die sich evtl. durch die unterschiedliche Beschaffenheit der Gleise und durch unterschiedliche topografische Gegebenheiten ergeben können. Im o. a. Vorhaben wurde durch zusätzliche Messungen versucht, diese Einflüsse weitestgehend zu eliminieren.

Im jetzigen Vorhaben bestand die Möglichkeit, Messungen ohne die o. a. Einflüsse durchzuführen.

Ziel des Vorhabens ist einerseits die Überprüfung der Validität der bisherigen Ergebnisse und andererseits eine Überprüfung der Gültigkeit der Berechnungsvorschrift für die abschirmenden Wirkung von Hindernissen bei Zügen mit hohen Geschwindigkeiten.

Mit dem Vorhaben soll erreicht werden, dass beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Strecken mit Hochgeschwindigkeitsverkehr der Schutz der Bürger im erforderlichen Umfang entsprechend 16. BImSchV sichergestellt wird. Das Vorhaben stellt damit einen wichtigen Beitrag zum Vollzug § 43 BImSchG dar.

Ergebnisse:

An der Schnellfahrstrecke Hannover-Würzburg wurde die Einfügungsdämpfung einer Schallschutzwand in derselben Messebene bestimmt. Die Messungen ohne und mit Wand erfolgten im Abstand von 6 Wochen. Bei diesem zeitlichen Abstand ist eine erhebliche Veränderung des Schienenzustandes eher unwahrscheinlich. Nach der Besichtigung der Schienenfahrflächen konnte eine deutliche Verschlechterung ausgeschlossen werden, größere Veränderungen, wie z. B. Fahrflächenfehler durch defekte Räder etc., wurden nicht festgestellt.

Das Arbeitsprogramm umfasste Messungen mit Einzelmikrofonen. Es wurden während der beiden Messzyklen Vorbeifahrten von ICE 1/2 und Güterzügen sowie in geringerem Umfang von ICE 3 und IC-Zügen in Abständen von 7,5 m, 25 m und 50 m zur Gleismitte des Richtungsgleises Göttingen erfasst. In Tabelle 1 sind die örtlichen spezifischen Grundwerte (Diese können mit dem Grundwert von 51 dB(A) der 16. BImSchV bzw. Schall 03 verglichen werden) des 25 m-Messpunktes zusammengestellt. Zum Vergleich sind die Werte bei geschliffenen Schienen aus dem Ufo-plan-Vorhaben 296 55 215 aufgeführt.

Zugart		ICE 1/2 200 km/h	ICE 1/2 250 km/h	ICE 3 ¹⁾ 200 km/h	Güter- zug	IC-Zug
Ortsspezifischer	Messung 2000	45,4	45,9	42,3	49,2	45,2
Grundwert in dB(A)	Messung 1997 ²⁾	46,8	46,2	-	48,8	-

Tabelle 1: Übersicht über die bei der Messung ohne Wand ermittelten Mittelwerte der ortsspezifischen Grundwerte in dB(A), 25 m-Messort

1) Kein Fahrzeugzuschlag berücksichtigt

2) Messort auf der der Messebene gegenüberliegenden Seite des Gleises (-25 m), Vorhaben 296 55 215

Es ist ersichtlich, dass das Gleis im Jahr 2000 in einem guten bis sehr guten Zustand war, die ortsspezifischen Grundwerte liegen z. T. deutlich unter dem Grundwert in den Berechnungsvorschriften.

Anm.: Der sehr geringe Wert für den ICE 3 ist auf die fehlende Berücksichtigung des Fahrzeugzuschlages zurückzuführen. Gegenüber den Vorgängern hat der ICE 3 eine völlig andere Antriebstechnik und damit auch eine andere Ausstattung mit Radabsorbern. Nur die Räder der nicht angetriebenen 4 Wagen eines Halbzuges sind mit Radabsorbern bestückt. Die Räder der 4 angetriebenen Wagen haben Radscheibenbremsen. Insgesamt wäre eher ein $D_{Fz} = -3 \text{ dB(A)}$ für diesen Zug gerechtfertigt, allerdings unter der Voraussetzung, dass bei den eingesetzten Radabsorbern die gleiche Minderung wie die bei dem ICE 1/2 nachgewiesen wurde. Bei einer Bewertung der o. a. Werte ist weiterhin zu berücksichtigen, dass bei den Messungen der ICE 3 nur mit Geschwindigkeiten bis max. 200 km/h, der zur Zeit der Messungen zulässigen Höchstgeschwindigkeit für diesen Zug, der ICE 1/2 aber bis max. 250 km/h (1 Zug mit $v = 270 \text{ km/h}$) verkehrte, so dass hochliegende Quellen nicht in gleichem Maße erfasst wurden.

Da ein Korrekturwert $D_{Fz} = -4 \text{ dB(A)}$ aufgrund der Veränderungen gegenüber den Vorgängern nicht gerechtfertigt wäre, wurde er deshalb vom Auftragnehmer nicht berücksichtigt. Er spielt bei der Ermittlung der Einfügungsdämpfung für die einzelne Zugart auch keine Rolle.

Die abschirmende Wirkung der Schallschutzwand wurde anhand von Einzahlwerten (Vorbeifahrpegeln, örtlichen spezifischen Grundwerten), Verläufen der A-bewerteten Schalldruckpegel der Vorbeifahrt der Züge, Schmalband- und Terzspektren beurteilt. Abschließend erfolgte ein Vergleich der gemessenen Einfügungsdämpfung mit Ergebnissen eines Vorschlags für eine neue Berechnungsvorschrift, die im Ufoplan-Vorhaben 296 55 215 entwickelt wurde.

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist die Wandwirkung (basierend auf den örtlichen spezifischen Grundwerten) bei den einzelnen Zugarten aufgeführt. Zum Vergleich sind die Rechenwerte nach der 16. BImSchV sowie die Ergebnisse aus dem Vorhaben 296 55 215 eingefügt.

Zugart	$\Delta L_{\text{errechnet}}$ in dB(A)	$\Delta L_{\text{gemessen}}$ in dB(A)				
		ICE 1/2 (200 km/h)	ICE 1/2 (250 km/h)	ICE 3 (200 km/h)	IC	Güterzug (110- 120 km/h)
Messabstand 7,5 m	12,9	10,9 (11,8)	9,1 (11,4)	12,8	14,9	16,6 (17)
Messabstand 25 m	10,5	7,7 (7,4)	6,3 (7,5)	10,3	10,9	12,5 (12)
Messabstand 50 m	9,2	7,2 (7,3)	6,0 (7,6)	10,0	10,7	12,2 (11,8)

Tabelle 2: Schallschutzwand bei Northeim, nach 16.BImSchV berechnete Einfügungsdämpfungen und Mittelwerte der gemessenen Einfügungsdämpfungen
(Werte in Klammern: Ergebnisse der Messungen an geschliffenen Schienen im Jahr 1997, Vorhaben 296 55 215)

- Die abschirmende Wirkung der Wand wird bei ICE 1/2-Vorbeifahrten mit zunehmender Geschwindigkeit der Züge geringer. Bei den ICE 1/2 wurde bereits bei Geschwindigkeiten von $v = 200$ km/h eine gegenüber dem Rechenwert geringere Wirkung (ca. 2-3 dB(A)) der Wand ermittelt, bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h z. T. bis ca. 4 dB. Werte bei $v = 280$ km/h konnten aufgrund der sehr geringen Anzahl von Fahrten mit dieser Geschwindigkeit nicht ermittelt werden. Die zunehmende Dominanz der hochliegenden aerodynamischen Schallquellen wird bei höheren Geschwindigkeiten zu einer weiteren Verringerung der Wandwirkung bei diesen Geschwindigkeiten führen.
- Bei dem ICE 3 wurden bei Geschwindigkeiten $v = 200$ km/h annähernd die Rechenwerte nach den Prognoseverfahren erreicht. Die Unterschiede der Einfügungsdämpfungen zwischen den Vorbeifahrten von ICE 1/2 und ICE 3 bei der gleichen Geschwindigkeit ($v = 200$ km/h) deuten darauf hin, dass

durch konstruktive Änderungen (Lüfter befinden sich nicht mehr im oberen Fahrzeugbereich) beim ICE 3 geringere Emissionen erreicht wurden. Hochliegende Schallquellen (Stromabnehmer, Aufbauten im Bereich der Wagenübergänge) sind wahrscheinlich erst bei höheren Geschwindigkeiten pegelrelevant. Ihr Einfluss muss bei den geplanten Geschwindigkeiten ($v = 300 \text{ km/h}$) durch weitere Messungen ermittelt werden.

- Bei Güterzügen wurde am Messort Northeim eine gegenüber dem Rechenwert um 2 bis ca. 4 dB(A) höhere Wandwirkung ermittelt.

Die Untersuchungen bestätigen die deutlich geringere abschirmende Wirkung von Schallschutzwänden bei schnellen Zügen.

Bild 1 zeigt beispielhaft Spektren von ICE 1- und ICE 3-Vorbeifahrten mit $v = 200 \text{ km/h}$ und von Güterzügen mit $v = 120 \text{ km/h}$ während der Messung ohne Schallschutzwand. Anhand der Spektren sind die ermittelten unterschiedlichen Wandwirkungen für die einzelnen Zugarten nicht erklärbar. Die Spektren der beiden ICE-Typen insbesondere unterscheiden sich nur unwesentlich. Geringe gesamtpegelrelevante Differenzen sind nur im Frequenzbereich von 630 Hz bis 1 kHz-Oktave festzustellen. Die Unterschiede in den Einfügungsdämpfungsmaßen sind auf den Einfluss von Quellen zu suchen, die sich im oberen Fahrzeugbereich befinden und z. T. erst bei höheren Geschwindigkeiten pegelrelevant werden.

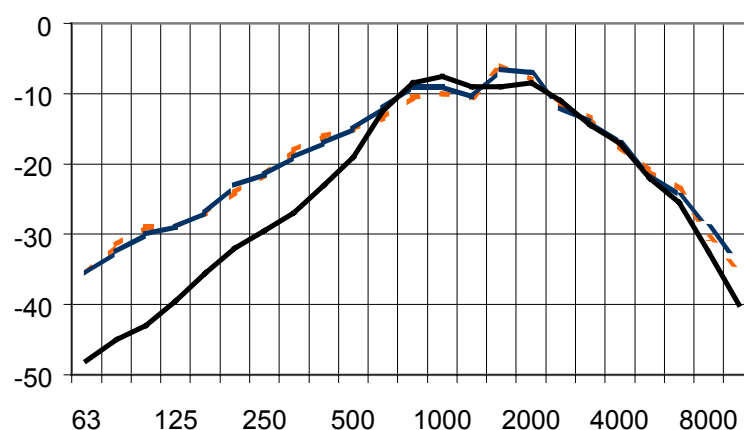


Bild 1: Gemittelte relative A-bewertete Terzspektren von ICE 1-, ICE 3- und Güterzugvorbeifahrten bei freier Schallausbreitung, Messentfernung 25 m

— Güterzug
 ... ICE 1
 --- ICE 3

Anhand der Verläufe der A-bewerteten Schalldruckpegel bei der Vorbeifahrt der Züge ohne und mit Schallschutz werden ebenfalls die Unterschiede in der abschirmenden Wirkung bei den verschiedenen Zugarten deutlich (Anlagen 1 bis 3). Während bei Güterzügen die abschirmende Wirkung über die gesamte Zuglänge (Anlage 1, Bild 30 und 31 des Abschlußberichtes, Fahrzeugkoordinate 0 bis 488 bzw. 534 m) nahezu in gleicher Höhe vorhanden ist, werden bei Vorbeifahrten des ICE 1/2 geringere Minderungen im Bereich der Triebköpfe sichtbar (Anlage 2, Bilder 24 und 25 des Abschlußberichtes, Maximum etwa Fahrzeugkoordinate 10 und 340 m). Anlage 3 enthält die Verläufe des A-bewerteten Schalldruckpegels während der Vorbeifahrt des ICE 3 (Bild 28 des Abschlußberichtes). Es sind auch hier geringere Wandwirkungen am Zuganfang und –ende zu erkennen. Dies deutet auf den Einfluss der Stromabnehmer hin, die sich auf dem 2. und vorletzten Wagen (Einsystem-Zug) befinden. Allerdings sind die Pegelerhöhungen in diesem Bereich im Vergleich zu den Pegeln der übrigen Fahrzeuge des Zuges deutlich geringer als beim ICE 1/2.

Auch aus den Vergleichen der Verläufe der A-bewerteten Schalldruckpegel bei Vorbeifahrten der verschiedenen Zugarten ohne und bei Vorhandensein einer Schallschutzwand werden die Unterschiede in der abschirmenden Wirkung der Wand deutlich. Durch die Wirksamkeit hochliegender Schallquellen verringert sich die Wirkung der Wand bei ICE-Zügen im Vergleich zu Güterzügen.

Im Vorhaben 296 55 215 wurde ein Vorschlag für Änderungen im geltenden Berechnungsverfahren erarbeitet. Die Emission wurde zusätzlich zur Quelle im Rad/Schiene-Bereich (mechanisch) durch zwei aerodynamische Quellen mit unterschiedlicher Höhe über Schienenoberkante (SO), einem entsprechenden Geschwindigkeitsexponenten α und einem Grundwert gekennzeichnet und die Gleichung zur Berechnung des Abschirmmaßes geändert bzw. erweitert, Trennung in mechanische und aerodynamische Anteile, s. Tabelle 3 und Gleichungen (1) und (2).

Geräuschkomponente	Grundwert [dB(A)]	D _{FZ,me} [dB(A)]	Geschwindig- keitsexponent α_A	Höhe des Emissionsortes über SO [m]
Mechanisch	51	- 5 ²⁾	2	0,0
aerodynamisch (tief)	25	-	5	0,0
aerodynamisch (hoch)	30 ¹⁾	-	5	4,5

¹⁾ Korrekturterm für die Länge entfällt bei dieser Geräuschkomponente

²⁾ Abweichung gegenüber bisheriger Vorschrift (- 4 dB(A))

Tabelle 3: Angaben zu den Geräuschkomponenten für den ICE 1/2 einer korrigierten Version des Berechnungsverfahrens nach 16.BImSchV bzw. Schall 03 (Vorhaben 296 55 215)

$$D_{e,k,me} = (10 \log (3 + 120 * z_{k,me} * K_{w,k,me}) + D_{BM,k,me}) \quad \text{dB(A)} \quad (1)$$

$$D_{e,k,ae} = (10 \log (3 + 60 * z_{k,ae} * K_{w,k,ae}) + D_{BM,k,ae}) \quad \text{dB(A)} \quad (2)$$

In Tabelle 4 sind für den ICE 1/2 die gemessenen Werte für die Einfügungsdämpfung denen mit der modifizierten Version des Berechnungsverfahrens ermittelten gegenübergestellt. Nur für den Immissionsort 7,5 m ist eine gute Übereinstimmung gegeben. An den beiden anderen Immissionsorten wird die Wandwirkung mit dem modifizierten Verfahren auch noch überschätzt. Die Abweichungen sind möglicherweise auf den sehr guten Schienenzustand bei den Messungen zurückzuführen, der im Vorschlag nicht berücksichtigt ist.

Zugart	Einfügungsdämpfung in dB(A)					
	ICE 1/2 (200 km/h)		ICE 1/2 (225 km/h)		ICE 1/2 (250 km/h)	
Immissionsort	gemessen	berechnet	gemessen	berechnet	gemessen	berechnet
Abstand 7,5 m	10,9	10,7	9,9	9,8	9,1	9,0
Abstand 25 m	7,7	9,3	6,9	8,5	6,3	7,8
Abstand 50 m	7,2	8,1	6,6	7,3	6,0	6,8

Tabelle 4: Schallschutzwand bei Northeim, Mittelwerte der gemessenen sowie nach dem modifizierten Rechenverfahren(s. Tabelle 3) berechnete Einfügungsdämpfungen

Mit der Berücksichtigung zweier zusätzlicher Schallquellen beim ICE 1/2 im Berechnungsverfahren wurde bei hohen Geschwindigkeiten eine bessere Übereinstimmung zwischen rechnerisch und messtechnisch ermittelten Einfügungsdämpfungen erreicht. Es konnte gezeigt werden, dass Verbesserungen durch relativ einfache Modifizierungen der geltenden Berechnungsverfahren möglich sind. Die noch vorhandenen Überschätzungen sind möglicherweise auf eine unzureichende Berücksichtigung des Schienenzustandes zurückzuführen. Weitere Modellrechnungen sind erforderlich.

Eine endgültige Anpassung der Berechnungsverfahren der 16. BImSchV bzw. Schall 03, auch für andere Züge, z. B. den ICE 3, erfordert sicher noch weitere Modellrechnungen. Die Ergebnisse dieses und des Vorhabens 296 55 215 sind dazu eine sehr gute Grundlage.

Zusammenfassung

Mit diesem Vorhaben konnte durch umfangreiche Messungen nachgewiesen werden, dass die abschirmende Wirkung von Schallschutzwänden bei Reisezügen mit hohen Geschwindigkeiten z.T. wesentlich geringer als bei Güterzügen ist. Im Vergleich zu Rechenergebnissen nach den Prognoseverfahren der Verkehrslärmschutz-Verordnung (16.BImSchV) bzw. der Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (Schall 03) wurden bei schnellen Reisezügen (ICE 1/2) bis 5 dB(A) geringere Einfügungsdämpfungsmaße messtechnisch ermittelt. Die Betroffenen werden an Strecken mit Hochgeschwindigkeitsverkehr nicht ausreichend geschützt. Bei den anderen Zugarten stimmen Messung und Rechnung gut überein.

Über die Aufgabenstellung hinaus enthält der Bericht Informationen, die bei einer Novellierung der Prognoseverfahren genutzt werden können, z.B. Geschwindigkeitsabhängigkeit der Zugarten (Beispiel s. Anlage 4), D_{BM} -Korrektur, Emissionspegel der verschiedenen Zugarten bei einem sehr guten Gleiszustand.

Mit dem Vorhaben konnte weiterhin gezeigt werden, dass bei Abschirmungsuntersuchungen, bei denen Messungen in derselben Messebene (Vorher-Nachher-Messungen) nicht durchgeführt werden können, unbedingt zusätzliche Daten (Pegel von Referenzmikrofonen an den Messorten „ohne“ und „mit“, Rauigkeitsspektren, etc.) erhoben werden müssen, um verlässliche Aussagen zu erhalten.