

Anpassung der Schall 03-2006 an Anforderungen europäischer Regelwerke zum Schienenverkehrs-lärm

Ulrich J. Kurze¹, Rolf J. Diehl¹, Johannes Onnich²

¹ Müller-BBM GmbH, D-82152 Planegg, Germany, Email: ukurze@yahoo.de

² Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik T.TZF 12, D-80939 Muenchen, Email: Johannes.Onnich@bahn.de

1. Rahmenbedingungen

Technische Regelwerke dienen der Kommunikation zwischen Herstellern und Anwendern, dem Schutz vor Gefahren und vermeidbaren Belastungen sowie der Umsetzung wissenschaftlich gesicherter Erkenntnisse in die Praxis. Bei der Neufassung der Schall 03 [1] waren die gleichzeitig laufenden europäischen Vorhaben zu berücksichtigen. Dem in Deutschland bewährten Verfahren, die Geräuschemission von Bahnen durch einen Grundwert und eine Reihe von Zu- oder Abschlägen zum A-bewerteten Gesamtschallpegel für spezielle Betriebszustände und die Geräuschtransmission nach den umfangreich erprobten Richtlinien VDI 2714 und 2720 zu beschreiben, wurde in Hinsicht auf eine europäische Harmonisierung in Brüssel zunächst das niederländische Rechenverfahren als besser dem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechend vorgezogen. Sodann soll im Rahmen der Forschungsprogramme Harmonoise und Imagine eine dem neuesten Erkenntnisstand entsprechende europäische Richtlinie zur Beschreibung der Umgebungsgeräusche von Verkehrs- und Industrieanlagen erarbeitet werden. Wie ordnet sich da der Neuentwurf der Schall 03 ein?

2. Einflussgrößen

Auf die Schallausbreitung nehmen Einfluss [2]

- die Lage von Schallquelle und Immissionsort, zu beschreiben durch den Abstand und die Höhen über dem Boden,
- der mikrometeorologische Zustand bodennaher und deshalb vom Boden wesentlich beeinflusster Luftschichten sowie
- Hindernisse im Ausbreitungsweg.

Die Beurteilung der Schallimmission erfolgt abhängig von der Art des Geräusches bzw. der Schallquelle, von der Tageszeit und der damit in der Regel verbundenen Emissionsstärke sowie den Tätigkeiten am Immissionsort und von den Umgebungsbedingungen am Immissionsort.

Während Lord Rayleigh, Thomson und Reynolds [3] Beobachtungen zur Schallausbreitung und zur Bildung von Schattenzonen in anschaulicher Weise auf die Änderung der Schallgeschwindigkeit zurückführten, wird in den europäischen Forschungsarbeiten eine Vielzahl von Parametern der Luft und des Bodens betrachtet, deren Auswirkung nur noch mit aufwändigen Rechenprogrammen zu erfassen ist [4]. Das kann wissenschaftlich interessant sein, gehört aber nicht in ein technisches Regelwerk. Entsprechend gibt es Bemühungen, eine Reihe von Einflussgrößen einheitlich festzulegen, übersichtliche Rechenverfahren zu definieren und Mittelwerte von Ergebnissen zu bilden. Ein Beispiel ist der Jahres-Mittelungspegel L_{den} .

3. Besonderheiten des Schienenverkehrs-lärms

Haupteisenbahnstrecken, die u.a. für die Interoperabilität im europäischen Schienennetz durch die Umgebungslärm-Richtlinie schalltechnisch geregelt werden, sind hinsichtlich des Mittelungspegels als sehr lange Linienschallquellen anzusehen. In deren von Bauwerken freiem Nahbereich ließe sich in einfacher Weise über 3 dB je Abstandsverdopplung die Abnahme des Schalldruckpegels angeben. Einflüsse von Meteorologie und Boden sind aber bereits in 100 m Abstand zu berücksichtigen. Bauwerke, vor allem Hindernisse in Form von Schallschirmen und Einschnittsflanken, haben seit langem eine detailliertere Berechnung mit der Aufteilung der Linie in einzelne Punktschallquellen favorisiert. In Übereinstimmung mit europäischen Verfahren wird im Entwurf der neuen Schall 03 diese Berechnungsweise nun allein festgelegt. Die Kommunikation zwischen Betreiber und Betroffenen ist damit zwar erschwert, weil ein Rechner eingeschaltet werden muss, um zuerst viele Einzelbeiträge der Emission zu spezifizieren, um sie dann am Immissionsort wieder zusammen zu fassen. Doch dienen anschauliche Grafiken („Lärmkarten“) zur Unterstützung einer Öffentlichkeitsbeteiligung. Hier ist die Detaillierung gerechtfertigt, zumal sie auch auf andere Bahnstrecken anzuwenden ist.

Für Schienenverkehr mit maßgeblichen Geräuschbeiträgen vom Graugussklotz gebremsten Güterverkehr während der Nacht erscheint die in der Umgebungslärm-Richtlinie vorgesehene gewichtete Mittelung über Tag, Abend und Nacht etwas umständlich. Im Entwurf der neuen Schall 03 ist aber sogar die stundenweise Aufteilung vorgesehen, sodass die Bestimmung des Mittelwerts L_{den} grundsätzlich kein Problem für Immissionsorte darstellt, an denen die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Bedingungen zu vernachlässigen sind. In der Beratung der neuen Schall 03 wurde entschieden, stets von einer für die Schallausbreitung günstigen Wetterlage auszugehen und auf eine Meteor-Korrektur für andere Wetterlagen zu verzichten. Damit steht das Regelwerk im Gegensatz zu europäischen Ansätzen, die auf wissenschaftlichen Methoden zur Lösung der Wellengleichung in einem Feld mit höhenabhängiger Schallgeschwindigkeit beruhen. Diese Methoden, die vornehmlich auf den Fall der freien Schallausbreitung ohne Bebauung und ohne Schallschutteinrichtungen anwendbar sind, berücksichtigen viele Parameter, die in einer Planung praktisch nicht verfügbar sind, benötigen lange Rechenzeiten und liefern meistens niedrigere Schalldruckpegel als die einfache Rechnung mit strahlengeometrischer Ausbreitung. Bei aller Wertschätzung der wissenschaftlichen und rechnerischen Leistung, die hinter den modernen Methoden steckt, und unter Berücksichtigung des Anspruchs, mit denen sie auch für den Umweltschutz entwickelt worden sind, sind

doch die Aufgabenstellungen bei deren Erarbeitung zu berücksichtigen, die das Schwergewicht in den Bereich tiefer Frequenzen bis zu wenigen hundert Hz legen, in dem Kanonendonner auftritt, und damit nicht das Verkehrsgeräusch von Eisenbahnen abdecken [5]. Nur tendenziell findet man in den Rechenergebnissen für bodennahe Inversionen die Erfahrung bestätigt, dass die Kanalisierung von Schall in einer wenige Meter hohen Grenzschicht zu geringen Pegelerhöhungen gegenüber der einfachen Ausbreitungsrechnung für Mitwind führen kann.

Im Vergleich mit anderen Verkehrswegen können Abschirmeinrichtungen relativ nah an den Geräuschquellen angebracht werden. Damit wird die berechnete Dämpfung durch Beugung, die maßgeblich vom Abstand zwischen Schallquelle und Schirmkante abhängt, von der genauen Lage und Richtwirkung angenommener Punktschallquellen bestimmt. Zur rechentechnischen Vereinfachung wird in Schall 03 die Lage in Gleismitte und für Rollgeräusche in Höhe der Gleisoberkante angenommen. Gegenüber dem Rechenergebnis für Punktschallquellen über ebenem, harten Boden, das experimentell vielfach bestätigt worden ist, ergeben sich damit aber etwas zu geringe Abschirmwirkungen. Ein Faktor $C_2 = 20$, der bisher in der Schall 03 verwendet wurde, ist deshalb im Entwurf für die Neufassung auf 40 angehoben worden. Diese Änderung wäre bei Berücksichtigung von ISO 9613-2 in einem europäischen Regelwerk zu beachten.

4. Bodeneinfluss

Der Einfluss des Bodens ist vielfältig. Akustisch wird in erster Linie die Reflexionseigenschaft berücksichtigt. Dazu kann in einfachster Näherung der Einfall einer ebenen Welle auf einen porösen Halbraum betrachtet werden, dessen maßgeblicher Parameter der Strömungswiderstand ist. In Weiterentwicklung der Rayleighschen Theorie finden auch die Porosität und ein Strukturfaktor Beachtung. Die bei Ausbreitungsmessungen im Labor wie im Freien vorwiegend im Frequenzbereich von 200 bis 600 Hz beobachtete ausgeprägte Zusatzdämpfung in Bodennähe ist durch die Interferenz von Direktschall und Bodenreflexion einer Kugelwelle zu erklären. Schallabsorption spielt – solange der Boden nicht mit lockerem Neuschnee bedeckt ist – kaum eine Rolle. Auf diesen Erkenntnissen beruht im wesentlichen die seinerzeit in Holland entwickelte und in ISO 9613-2 aufgenommene Regelsetzung zur frequenzabhängigen Berücksichtigung des Bodeneinflusses.

Die Interferenz ist auf eine bodennahe Grenzschicht beschränkt. Messungen zeigen jedoch Zusatzdämpfungen in einem darüber hinaus gehenden Winkelbereich. Sie werden in verschiedener Weise durch eine Richtwirkung der Schallabstrahlung, durch den Einfluss von Streukörpern auf dem Boden und durch Wind- und Temperaturprofile in Bodennähe erklärt. Matuschek und Mellert haben von einer sehr guten Übereinstimmung von Benchmark-Berechnungen mit Erfahrungswerten der Zusatzdämpfung für A-bewertete Geräusche berichtet [6]. Wieweit diese Aussage auf typische Bahnanwendungen zutrifft, also auf Schallquellen in leichter Dammlage, Schallausbreitung zur Nacht- oder Übergangszeit zwischen Tag und Nacht, dann gemittelt über ein ganzes Jahr, ist nicht prüfbar.

Die Erfahrung, nach der einerseits auch mit modernen Rechenverfahren, wie z.B. dem Einsatz neuraler Netzwerke zur Beschleunigung komplexer Algorithmen mit vielen nicht genau bekannten Parametern, in einem Abstand von einigen hundert Metern eine Standardunsicherheit von wenigstens 2 dB zu erwarten ist, andererseits die Berücksichtigung eines frequenzabhängigen Bodeneinflusses nach ISO 9613-2 in unbefriedigender Abweichung von Feldbeobachtungen wenig Einfluss auf das hochfrequente Rollgeräusch von Bahnen nimmt und schließlich ein erhöhter Rechenaufwand zu geringerer Nachvollziehbarkeit führt, hat in den Beratungen zur neuen Schall 03 zu dem Ergebnis geführt, ausschließlich das für A-Schallpegel in ISO 9613-2 vorgesehene, vereinfachte Verfahren zur Berücksichtigung des Bodeneinflusses zuzulassen.

Wenn angesichts der umfassenden, notwendigen Vereinfachungen bis hin zu einer einzigen als Näherungskriterium aus der Schallausbreitung über ebenem Gelände abgeleiteten Variablen – nämlich der mittleren Höhe eines Schallstrahls über Grund - nun Rechenprogramme eingesetzt werden, die sich hauptsächlich mit Höhenangaben von geografischen Informationssystemen beschäftigen, ist auch für die Praxis ein deutliches Ungleichgewicht zwischen einfachster Akustik und extensiver Rechner Technik zu bemerken.

5. Reflexionen

Die strahlengeometrische Betrachtung der Schallausbreitung ist dann nützlich und zulässig, wenn alle Abmessungen von Hindernissen, Grenzschichten und anderen Änderungen der Ausbreitungsbedingungen groß gegenüber der Wellenlänge des betrachteten Schalls sind. Andernfalls sind wellentheoretische oder statistische Ansätze erforderlich. Erstere werden im Rahmen der Schall 03 auf wesentliche Einzelheiten beschränkt, nämlich auf die Beugung an den Kanten großer Hindernisse und auf das damit invers verbundene Problem der Reflexion an großen Hindernissen. Vereinfachend wird die erste Fresnel-Zone als Entscheidung für groß oder klein – und dann vernachlässigbar - verwendet. Statistische Verfahren, mit denen Schallstreuung zu behandeln ist, werden stark vereinfacht. In der Horizontalen werden wie in der österreichischen Norm ONR 305011 bis zu drei Reflexionen berücksichtigt, in der Vertikalen wird ein Reflexionsanteil als Verlust angesetzt. Reflexionen zwischen Beugungen bleiben in der neuen Schall 03 unberücksichtigt.

References

- [1] Schall 03 – Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen, Information Akustik 03 der DB, 1990, Neuentwurf 2006
- [2] U.J. Kurze et al.: Outdoor sound propagation, Ch. 5 in I.L. Ver, L.L. Beranek (eds.) Noise and Vibration Control Engineering, 2nd ed., Wiley, Hoboken, NJ, 2006
- [3] Lord Rayleigh, Theory of Sound, 2nd ed., Dover, New York, 1877, reissued 1945, Vol. 2 p. 128 ff.
- [4] Mungiole et al.: Prediction of outdoor sound transmission loss with an artificial neural network. Appl. Acoust. 67 (2006) 324 – 345
- [5] R. Waxler et al.: The near-ground structure of the nocturnal sound field. J. Acoust. Soc. Am. 119 (1) 2006, 86 – 95
- [6] R. Matuschek et al.: DAGA 03, Aachen, 428 - 429