

Schall- und Erschütterungsschutz im Planfeststellungsverfahren für Landverkehrswege

1. Grundsätzliches

Vor dem Neubau oder vor größeren Umbauten von Straßen und Schienenwegen, ebenso vor Baumaßnahmen im Rahmen der Lärmsanierung, die sich auf Dritte auswirken (können), sind Planfeststellungsverfahren nach den einschlägigen Gesetzen durchzuführen. Dies sind

- das Bundesfernstraßengesetz – FStrG für die Bundesautobahnen und Bundesstraßen (§ 17) [1],
- die Länderstraßengesetze für die Landes- bzw. Staats-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen,
- das Allgemeine Eisenbahngesetz – AEG für die Eisenbahnen einschließlich der Anschlußbahnen (§ 18) [2],
- das Magnetschwebbahnplanungsgesetz – MBPlG für Magnetschwebbahnen (§ 1) [3],
- das Personenbeförderungsgesetz – PBefG für Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen (§ 28) [4].

Die Magnetschwebbahnentechnik wird in Deutschland seit 2008 nicht mehr weiter verfolgt [32]. Die für sie geschaffenen gesetzlichen Grundlagen besitzen inzwischen nur noch historische Bedeutung. Die einschlägigen Vorschriften sind in diesem Beitrag noch erwähnt.

Die Planfeststellungsverfahren enden in der Regel mit einem Planfeststellungsbeschluss, der meist mit Auflagen versehen ist. Im Planfeststellungsverfahren sind die Schallschutzansprüche zu prüfen und zweckmäßig auch die Umweltverträglichkeit, um die Betroffenen offen zu informieren und um Widerstände gegen das Vorhaben möglichst gering zu halten. Das wird manchmal gering eingeschätzt und man beschränkt sich deshalb auf den angeblich unbedingt notwendigen Prüfungsumfang. Nicht bedacht wird dabei, daß sich mit einer solchen Vorgehensweise ein Projekt nur „schlecht verkaufen“ läßt.

Die im Rahmen der Planfeststellung erforderlichen oder dringend zu empfehlenden Prüfungen für den Schall- und Erschütterungsschutz werden in den Abschnitten 2 – 5 genannt.

2. Die Umweltverträglichkeitsprüfung

Für folgende Bauvorhaben von Straßen und Schienenwegen ist nach § 3 b in Verbindung mit der Anlage 1 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG [5] eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorgeschrieben, entweder in jedem der genannten Fälle (im folgenden „UVP immer“) oder nur dann, wenn sie nach dem Ergebnis der allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalles erforderlich ist („bedingt UVP-pflichtig“):

- Bau einer Bundesautobahn oder einer sonstigen Bundesstraße, wenn diese eine Schnellstraße im Sinne der Begriffsbestimmung des Europäischen Übereinkommens über die Hauptstraßen des internationalen Verkehrs vom 15. November 1975 ist (UVP immer);
- Bau einer neuen vier- oder mehrstreifigen Bundesstraße, wenn sie eine durchgehende Länge von mindestens 5 km aufweist (UVP immer);
- Verlegung oder Ausbau einer vier- oder mehrstreifigen Bundesstraße, wenn der geänderte Bundesstraßenabschnitt eine durchgehende Länge von mindestens 10 km aufweist (UVP immer);
- Bau einer sonstigen (zweistreifigen) Bundesstraße (bedingt UVP-pflichtig);
- Bau eines Schienenweges von Eisenbahnen (§ 18 AEG) mit den dazugehörigen Betriebsanlagen einschließlich Bahnstromfernleitungen (UVP immer; jedoch intermodale Umschlaganlage und Terminal nur bedingt UVP-pflichtig, außer letztere Anlagen werden zusammen mit einer neuen Strecke gebaut);
- Bau einer Straßenbahn, Stadtbahn oder U-Bahn (§ 28 PBefG) oder einer anderen Bahnstrecke mit den dazugehörigen Betriebsanlagen (bedingt UVP-pflichtig);
- Bau einer Magnetschwebbahn mit den dazugehörigen Betriebsanlagen (UVP immer).

Für die Änderung der genannten Landverkehrswege und ihrer Betriebsanlagen ist mit Ausnahme der Verlegung und des Ausbaues von vier- oder mehrstreifigen Bundesstraßen seit dem 27. Juli 2001 keine Umweltverträglichkeitsprüfung mehr erforderlich. Trotzdem ist sie wenigstens für die Auswirkungen auf Menschen, Bereich Schallimmissionen, beim Bau oder Umbau von Verkehrswegen in durch Lärm vorbelasteten Gebieten dringend zu empfehlen, um den Anliegern aufzuzeigen, wie sich die Gesamtlärmbelastung infolge des Bauvorhabens verändern wird. Hier ist zu betonen, daß eine offene Vorgehensweise mit Aufzeigen aller Vorzüge – aber auch Schwierigkeiten – eines Projektes dazu beiträgt, bei den betroffenen Bürgern Ärger und Staatsverdrossenheit abzubauen oder wenigstens gering zu halten. **Die Feststellung, z.B. im Erläuterungsbericht von Raumordnungs- oder Planfeststellungsunterlagen, daß Lärmschutz nach § 41 ff. Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [6] in Verbindung mit der Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV [7] gewährt wird, genügt im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht.**

Schienenbahnen gelten vor allem wegen ihres geringen Flächenverbrauches infolge der Spurführung, dann auch wegen ihres häufig elektrischen Antriebes als umweltfreundliche Verkehrsmittel. Im Vergleich zu Straßenfahrzeugen können Züge gebildet werden, die eine hohe Beförderungs- und Transportkapazität besitzen. Bild 1 zeigt die spezifischen Schallemissionen von Personen-Landverkehrsmitteln [22]. Danach sind Schienenfahrzeuge, bezogen auf die gleiche Beförderungsleistung – vergleichbar laut wie Straßenfahrzeuge.

Bei der Umweltverträglichkeitsprüfung sind die **Gesamtbeurteilungspegel** (auch: Summenpegel) zu betrachten. Geschieht dies nicht, kann die Auswirkung des Vorhabens auf den Menschen, d.h. die Betroffenheit, nicht ausreichend dargestellt werden. Die Allg. Verwaltungsvorschrift – UVPVwV [11] enthält zu den Stichworten „Ruhe,

Lärmbetroffenheit, Lärmschutz“ leider keine Hinweise. Gesichtspunkte der Lärmwirkung erfordern jedoch

- beim Neubau und beim erheblichen Umbau eines Verkehrsweges die Gegenüberstellung der Gesamtbeurteilungspegel (Summenpegel) aus den Geräuschen aller einwirkenden Landverkehrswege vor und nach Fertigstellung des verfahrensgegenständlichen Verkehrsweges,
- bei Trassenvergleichen auch einen Vergleich der größenordnungsmäßigen Anzahl derjenigen Einwohner, die durch bestimmte Gesamtbeurteilungspegel aus allen Verkehrswegen betroffenen werden.

Es sollte auch, soweit zutreffend, auf den Verlust bisher ruhiger Zonen, besonders in Erholungsgebieten, eingegangen werden, u. U. auch auf die nur unter bestimmten Bedingungen gegebene Verpflichtung zur Lärmvorsorge an bisher stark belasteten Streckenabschnitten (vgl. Abschn. 3.1 und 3.2).



Abb.1:

Spezifische Schallemissionen von Personenverkehrsmitteln in dB(A),
bezogen auf eine Beförderungsleistung von 1 000 Personen pro Stunde

3. Lärmvorsorgeansprüche nach 16. BImSchV

3.1 Allgemeines

Die schalltechnische Beurteilung des Neubaus oder Ausbaus von Straßen und Schienenwegen ist in §§ 41 und 42 BImSchG und in der aufgrund von § 43 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG erlassenen 16. BImSchV [7] geregelt. Sie unterscheidet zwischen dem „Neubau“ und der „wesentlichen Änderung“. Bei letzterer handelt es sich um eine wesentliche akustische Änderung, verursacht durch einen erheblichen baulichen Eingriff. Eine

Erhöhung der Beurteilungspegel infolge von betrieblichen Änderungen kann wegen § 2 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG nicht zu Schallschutzansprüchen führen.

Lärmschutzmaßnahmen an bestehenden Verkehrswegen, in die ein erheblicher baulicher Eingriff erfolgt, sind bei der jetzigen Rechtslage in Deutschland nur zum Teil erforderlich, und zwar bei der „wesentlichen Änderung“, d.h. dann, wenn mindestens ein durchgehender Fahrstreifen oder ein durchgehendes Gleis angebaut wird oder wenn an einem Immissionsort die Beurteilungspegel um die in § 1 Abs. 2 Nr. 2 der 16. BImSchV genannten Werte zunehmen. Schallschutz ist demnach ohne Berücksichtigung der einschlägigen Rechtsprechung nicht erforderlich, wenn an bestimmten Immissionsorten zwar eine hohe, u. U. sogar eigentumsrechtlich kritische Lärmbelastung (vgl. Abschn. 4.2) verbleibt, diese aber abnimmt oder gleich bleibt oder wenn die Pegelerhöhung im eigentumsrechtlich kritischen Bereich als Folge des Bauvorhabens außerhalb des Baubereiches stattfindet.

Vorrangig sind Schallschutzmaßnahmen am Verkehrsweg, z.B. leise Straßenbeläge und Gleispflege, sowie auf dem Ausbreitungsweg, z.B. Lärmschutzwälle und -wände (sog. aktiver Schallschutz), zu verwirklichen. Erst wenn die Kosten hierfür nach § 41 Abs. 2 BImSchG außer Verhältnis zum Schutzzweck stehen würden, also unverhältnismäßig teuer wären, kann auf Schallschutzmaßnahmen am Gebäude (sog. passiver Schallschutz), z.B. Lärmschutzfenster, ausgewichen werden. Einen Eindruck von der nicht gerade übersichtlichen Rechtslage für die Ermittlung von Schallschutzansprüchen zur Verringerung von Immissionen aus Landverkehrslärm vermittelt Abb. 2. Wie grundsätzlich vorzugehen ist, wenn beim Neubau oder größeren Umbau (erheblichen baulichen Eingriff) die Immissionsgrenzwerte nach 16. BImSchV [7] überschritten sind, also Lärmvorsorgemaßnahmen bzw. -entschädigungen erforderlich werden, zeigt das Schema der Abb. 3.

3.2 Hinweise für die schalltechnische Berechnung und Beurteilung

Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, werden die Schallimmissionen von Straßen- und Schienenverkehr nicht gemessen, sondern nach bestimmten Regelwerken [13, 14, 15] berechnet. Im übrigen ließen sich Schallschutzmaßnahmen an geplanten Verkehrswegen ohne vorherige Berechnung nicht bemessen. **Bei der Prüfung auf „wesentliche Änderung“ im Falle eines erheblichen baulichen Eingriffes sind für die Bauzustände vor und nach dem Umbau jeweils die Prognoseverkehrsmengen anzusetzen** und die daraus jeweils entstehenden Beurteilungspegel zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

Der Prognosezeitraum beträgt im allgemeinen 10 – 20 Jahre [8]. Beim Schienenverkehr wird der Emissionspegel für den Nachtzeitraum aus der Anzahl der Züge für die gesamte Nachtzeit (22 – 6 Uhr) errechnet, auch dann, wenn der Betrieb nur in weniger als acht Nachtstunden stattfindet.

Beim erheblichen baulichen Eingriff muß in die Substanz des Verkehrsweges eingegriffen werden [8]. Als „erheblicher baulicher Eingriff“ gilt die Verschwenkung von Fahrstreifen oder Gleisen oder ihre Höhenänderung. Aus lärmschutzfachlicher Sicht

und auch bautechnisch ist der Einbau von Straßenbahngleisen ein erheblicher Eingriff in den Straßenkörper, ebenso der Ersatz von Asphalt durch Pflaster. Dies sehen Juristen teilweise anders als die Bau- und Lärmschutzfachleute. Baumaßnahmen zur Straßen- und Bahnstreckenunterhaltung, außerdem der Einbau von Verkehrsinseln und der Einbau von Weichen, z.B. zur Verbindung von zwei Gleisen, und ähnliche Baumaßnahmen gelten rechtlich entsprechend der Begründung zur 16. BImSchV [Abschn.

B. Abs. 3 in 8] nicht als erheblicher baulicher Eingriff. Bei den soeben genannten Baumaßnahmen entfällt daher eine schalltechnische Berechnung und Beurteilung. Nach Auffassung des Bundesverwaltungsgerichtes ist auch der Neubau von Bahnsteigen kein erheblicher baulicher Eingriff, da Bahnsteige nicht zu den Betriebsanlagen gehören, die auf die Lärmverursachung Einfluß nehmen [28]. Diese Auffassung kann allerdings aus lärmschutzfachlicher Sicht nicht unwidersprochen bleiben, da an den Bahnsteigen immer wieder störende Lautsprecherdurchsagen stattfinden und außerdem der wegen der Bremsvorgänge und des winterlichen Splittstreuens schlechtere Schienenzustand zu höheren Schallemissionen als bei der freien Strecke führt, was sich besonders bei durchfahrenden Zügen bemerkbar macht. Andererseits können Bahnsteigkanten zwischen Schiene und Immissionsort, wenn sie unmittelbar neben dem Gleis liegen, wie eine niedrige Schallschutzwand wirken. Diese akustischen Gegebenheiten bleiben freilich in [14] unberücksichtigt.

Die in § 2 Abs. 1 der 16. BImSchV [7] und in § 2 Abs. 1 der Magnetschwebebahn-Lärmschutzverordnung [9] festgelegten Lärm-Immissionsgrenzwerte (Tabelle 1) sind streng genommen keine Grenzwerte, sondern Auslösewerte für den Anspruch auf Lärmschutzmaßnahmen. Lärmschutzansprüche ohne die für umzubauende Verkehrswege einschränkenden Bedingungen von § 1 Abs. 2 Nr. 2 der 16. BImSchV können nur beim Neubau von Verkehrswegen sowie beim Anbau durchgehender Fahrstreifen oder Gleise entstehen.

Die schalltechnische Untersuchung muß mindestens alle Immissionsorte innerhalb des Planfeststellungsbereiches enthalten. Bei den Emissionen sind auch die wegführenden Streckenabschnitte außerhalb des Planfeststellungsbereiches einzubeziehen. Das sog. Baugrubenmodell der Deutschen Bahn AG, das nur die Gleisabschnitte innerhalb des Planfeststellungsbereiches berücksichtigt, führt nicht zu wirklichkeitsgerechten Teilbeurteilungspegeln; denn auf einem zu kurzen Abschnitt einer Straße oder eines Schienenweges könnten gar keine Züge fahren. Vgl. hierzu auch [29] sowie die Verkehrslärmschutzrichtlinien 1997 [Bild zu Textziffer 27 in 16]. **Für die Berechnung der Beurteilungspegel an Immissionsorten im Bau- bzw. Planfeststellungsbereich ist also immer der Verkehrsweg, nicht der Verkehrswegabschnitt zu Grunde zu legen.**

Jahrzehnte lang wurde bei der Berechnung der Beurteilungspegel an Schienenbahnstrecken ein Schienenbonus in Höhe von 5 dB(A) angesetzt. Dies führte ständig zu verständlichem Ärger bei Anliegern dicht befahrener Eisenbahnstrecken, die neu gebaut oder ausgebaut werden sollten; denn an diesen Strecken traten – ähnlich wie bei stark befahrenen Straßen – zwischen zwei Zügen praktisch keine Ruhepausen auf, vor allem dann nicht, wenn es sich um drei- und viergleisige Strecken handelte. Deshalb wurde § 43 BImSchG im Jahr 2013 geändert [33].

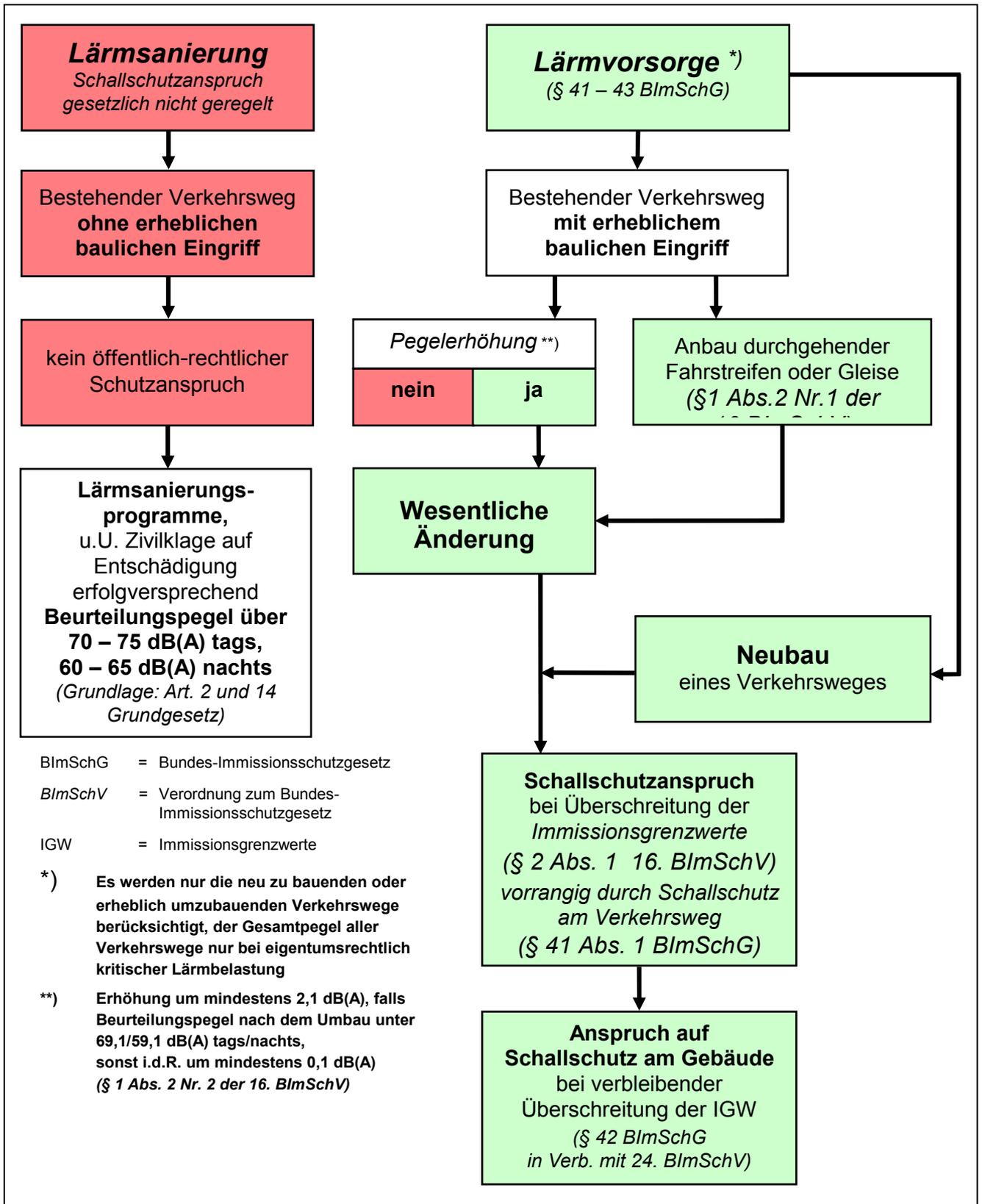


Abb.2:
Rechtsanspruch auf Schutz vor Verkehrslärm

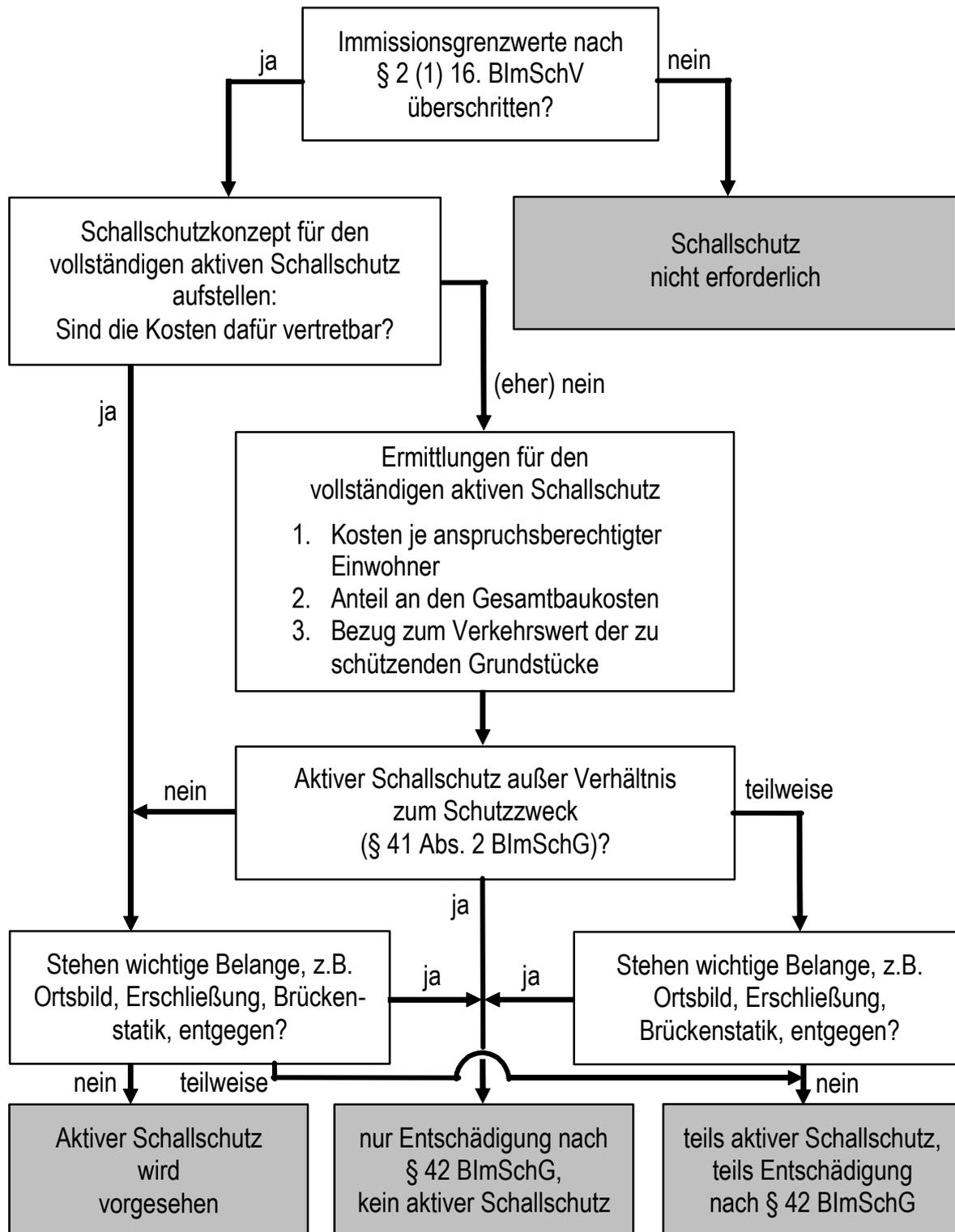


Abb. 3:

„Aktiver Schallschutz oder Entschädigung für passiven Schallschutz?“ beim Neubau oder bei der wesentlichen Änderung von öffentlichen Verkehrswegen unter Berücksichtigung der Kostenverhältnismäßigkeit nach § 41 (2) BImSchG [23]

Tab. 1:

Immissionsgrenzwerte nach der Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV [7] und nach der Magnetschwebebahn-Lärmschutzverordnung [9]

Art der Flächennutzung	Immissionsgrenzwert tags	Immissionsgrenzwert nachts
Krankenhäuser, Schulen, Kurheime und Altenheime	57 dB(A)	47 dB(A)
Reine und allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	59 dB(A)	49 dB(A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	64 dB(A)	54 dB(A)
Gewerbegebiete	69 dB(A)	59 dB(A)

Nach § 43 BImSchG ist der Schienbonus für die dem Allgemeinen Eisenbahngesetz unterliegenden Eisenbahnstrecken ab 01.01.2015, für Straßenbahnstrecken, die dem Personenbeförderungsgesetz unterliegen, ab dem 01.01.2019 nicht mehr anzusetzen, soweit für die Strecken das Planfeststellungsverfahren noch nicht eröffnet und die Auslegung des Plans noch nicht öffentlich bekannt gemacht worden ist.

Im Gegensatz zur Umweltverträglichkeitsprüfung wird bei der Ermittlung des Rechtsanspruches auf Lärmschutz nach BImSchG die aus Lärmwirkungsgründen erforderliche **Gesamtpegelbetrachtung nur ausnahmsweise** durchgeführt, nämlich dann wenn die Gesamtbeurteilungspegel aus bestehenden und neu zu errichtenden Verkehrswegen in eigentumsrechtlich kritischer Höhe liegen (vgl. Abschn. 4.2 und 4.3).

Eine Gesamtpegelbetrachtung wäre zwar auch möglich, wenn Verkehrswege (z.B. eine Straße mit einer Straßenbahnstrecke oder eine Autobahn mit einer Zubringerstraße zu einer Anschlußstelle) gleichzeitig gebaut oder umgebaut werden, jedoch legen hier die Planfeststellungsbehörden und die Verwaltungsgerichte das BImSchG in der Regel restriktiv zu Lasten der Lärmbetroffenen aus.

3.3 Schalltechnische Berechnung und Beurteilung von Bahnen nach dem Personenbeförderungsgesetz („Straßenbahnen“)

Zu den Straßenbahnen gehören nach den Regelungen des Personenbeförderungsgesetzes [4]

- die klassischen **Straßenbahnen**; das sind Schienenbahnen, die mit straßengängigen Hochflur- oder – seit den neunziger Jahren – zunehmend Niederflurfahrzeugen betrieben werden und deren Haltestellen entweder im Straßenniveau liegen oder niedrige Bahnsteige besitzen,
- die **Stadtbahnen**; das sind Schienenbahnen, die durch den Umbau klassischer Straßenbahnnetze entstanden sind und echten U-Bahnen ähneln, jedoch teilweise noch schienengleiche Bahnübergänge oder Bahnsteigzugänge besitzen. Wenn die Stadtbahnfahrzeuge zu mindestens 80% auf unabhängigem Bahnkörper verkehren, werden Schienen und Radreifen kaum durch Sand- und Salzstreuung sowie durch Schnellbremsungen beeinträchtigt. Soweit die Haltestellen teils hohe, teils niedrige

- Bahnsteige aufweisen, müssen die Fahrzeuge mit Klapptrittstufen ausgestattet sein;
- die echten **U-Bahnen**, deren Stromzufuhr über eine Stromschiene erfolgt. Sie müssen deshalb frei von schienengleichen Bahnübergängen und Bahnsteigzugängen sein. Sie ähneln nach Strecken- und Fahrzeugstandard einer S-Bahn.

In Stadtstraßen ist der öffentliche Nahverkehr ein Bestandteil des Straßenverkehrs.

Aus Lärmschutzgründen ist es im wesentlichen gleichgültig, ob der öffentliche Linienverkehr mit Straßenbahntriebwagen oder mit Omnibussen durchgeführt wird. Wenn Straßenbahn-Rillenschienengleise in eine Straße eingebaut oder mit Gleisverschwenkung neu trassiert werden sollen, würde es daher genügen, die Straße einschließlich der Straßenbahnstrecke als akustische Einheit zu betrachten und entsprechend der 16. BImSchV auf wesentliche Änderung zu prüfen. Beim planfeststellungspflichtigen Umbau einer Straße mit integrierter Straßenbahnstrecke ohne eigenen Bahnkörper sind also die Teil-Beurteilungspegel aus schienengebundenem und nicht-schienengebundenem Verkehr zu ermitteln, zum Gesamt-Beurteilungspegel jeweils für den Zustand vor und nach der baulichen Änderung zu addieren und im Falle einer wesentlichen Änderung (= Pegelerhöhung in bestimmter Höhe) anhand der Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV zu beurteilen.

Beim Neubau – nicht beim Umbau – einer Straßenbahnstrecke in einer bestehenden Straße wird üblicherweise für die einzelnen Immissionsorte auch noch geprüft, ob aus dem Neubau der Straßenbahn allein Schallschutzansprüche entstehen. Es können sich dann Schallschutzansprüche im Falle der Überschreitung der Immissionsgrenzwerte ergeben

- einerseits dadurch, daß der Verkehr auf der neuen Straßenbahnstrecke für sich allein die Immissionsgrenzwerte überschreitet;
- andererseits durch eine „wesentlichen Änderung“ (§ 1 Abs. 2 Nr. 2 in [7]) der Summenpegel aus Straßen- und Straßenbahnverkehr. Hierbei handelt es sich um eine Mindestpegelerhöhung von 0,1 bis 2,1 dB(A) – je nach Höhe der prognostizierten Beurteilungspegel – beim Vergleich vorher – nachher.

In diesem Zusammenhang wird auf den Planfeststellungsbeschuß der Regierung von Mittelfranken vom 09.07.1999 hingewiesen, in dem es zur schalltechnischen Beurteilung des Straßenbahnverkehrs ohne eigenen Bahnkörper auf S. 15 heißt: „Aufgrund seiner untrennbaren Einbettung in die Straße ist für die schalltechnische Beurteilung ein Gesamtbeurteilungspegel aus Straßen- und Schienenverkehr (Summenpegel) heranzuziehen“ [31].

3.4 Erhöhung der Beurteilungspegel, verursacht durch den Neubau eines Verkehrsweges oder einen erheblichen baulichen Eingriff außerhalb des Baubereiches

Die Unklarheiten der derzeitigen Regelungen haben insgesamt zu einer Auslegung der Regelwerke zu Lasten des Immissionsschutzes und somit zu einer Verminderung der Lärmschutzkosten geführt. So werden entsprechend der Praxis der Planfeststellungsbehörden und der Verwaltungsgerichte bei Pegelerhöhungen infolge einer Baumaßnahme

Lärmvorsorgeansprüche im Sinne einer wesentlichen Änderung nach § 1 Abs. 2 Nr. 2 der 16. BImSchV nur *neben* dem neuen oder auszubauenden Verkehrsweg geprüft, *nicht in der Fortsetzung* des Verkehrsweges, auch dann nicht, wenn die Pegelerhöhungen unmittelbare Folge des Neubaus oder Ausbaus eines Verkehrsweges sind. Eine aktuelle Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts zur Thematik „kein Lärmvorsorgeanspruch außerhalb des Baubereiches“ siehe unter [30]. Allerdings war in einem Fall der Bayer. Verwaltungsgerichtshof für Lärmbetroffene eher nachvollziehbar anderer Meinung: Falls infolge von punktuellen Baumaßnahmen, z.B. zur Steigerung der Leistungsfähigkeit eines Verkehrsweges zwischen zwei Knotenpunkten, auf dem gesamten Streckenabschnitt eine Erhöhung der Beurteilungspegel eintritt, könnte ein Lärmvorsorgeanspruch auf dem gesamten „größeren verkehrswirksamen Abschnitt“ entstehen, wenn bei einheitlicher Planung des Streckenausbaues „die Mehrzahl der Bahnkilometer“ von den Ausbaumaßnahmen betroffen wäre [25].

3.5 Schallschutzmaßnahmen am Gebäude

Der Schallschutz an den Gebäuden, der sog. passive Schallschutz, ist besonders beim Neubau oder bei der wesentlichen Änderung von Stadtstraßen oder von Schienenwegen ein wichtiger Untersuchungsgegenstand. Hier kommen Lärmschutzwände oder -wälle entweder aus Gründen des Ortsbildes und der Erschließung nicht in Frage oder sie können an hochbelasteten Eisenbahnstrecken nicht selten den aktiven Schallschutz nicht an allen Immissionsorten gewährleisten. Nach der 16. BImSchV wird nur ein (theoretischer) Rechtsanspruch auf Schallschutz ermittelt, d.h. ein „Schallschutzanspruch dem Grunde nach“; denn die Immissionsgrenzwerte dürfen überschritten werden. Jedoch entsteht bei deren Überschreitung ein Rechtsanspruch auf Schallschutzmaßnahmen am Gebäude (§ 42 Abs. 1 BImSchG [6] in Verbindung mit der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV [12]). Ob bei einem Rechtsanspruch auf Schallschutz nach der 16. BImSchV dann auch ein tatsächlicher Anspruch, z. B. auf Kostenersatz für den Einbau von Schallschutzfenstern, gegeben ist, muß vor Ort z. B. durch ein schalltechnisches Büro unter Anwendung der 24. BImSchV geprüft werden. Mit ihr wird ein schlechterer Schallschutz am Gebäude als mit [19] berechnet.

Zum Schallschutzanspruch gehören auch Belüftungseinrichtungen für Räume, die zum Schlafen genutzt oder mit sauerstoffverbrauchenden Feuerungsanlagen beheizt werden. Aus Schallschutzgründen sind für die Belüftung nur sog. Flüsterlüfter geeignet. Sie weisen in 1 m Abstand einen Schalldruckpegel von nur 20 dB(A) auf.

4. Lärmsanierung

4.1 Keine verbindliche Regelung der Lärmsanierung

Unter „Lärmsanierung“ versteht man Schallschutzmaßnahmen durch den Baulastträger oder durch das Verkehrsunternehmen an bestehenden lauten Verkehrswegen. Sie ist in Deutschland nicht rechtsverbindlich geregelt; denn das wünschenswerte Vorhaben eines Umweltgesetzbuches [10] ist wegen des Widerstands der Bayerischen Staatsregie-

nung nicht weiterverfolgt worden. Die Lärmsanierung muß deshalb nur ausnahmsweise in Planfeststellungsverfahren behandelt werden, nämlich wenn sich Baumaßnahmen für die Lärmsanierung auf Dritte auswirken können oder wenn durch ein planfeststellungspflichtiges Bauvorhaben die vorhandene Lärmvorbelastung in eigentumsrechtlich kritischer Höhe erhöht würde.

Soweit im Bundeshaushalt dafür Mittel zur Verfügung stehen, gibt es seit 1978 ein Lärmsanierungsprogramm für Bundesfernstraßen und erst seit 1999 auch für Eisenbahnstrecken des Bundes, d.h. der Deutschen Bahn AG. Einzelheiten der Lärmsanierung sind für die Straße in [16], für Strecken der Deutschen Bahn AG in [17] geregelt. Wie bei der Lärmvorsorge ist seit 2006 auch bei der Lärmsanierung an Straßen der Vorrang von aktiven vor passiven Lärmschutzmaßnahmen festgelegt. Dies gilt wohl auch für die Lärmsanierung an Eisenbahnstrecken, da hierfür nach [17] § 7 Abs. 7 die Verkehrslärmschutzrichtlinien [16] sinngemäß anzuwenden sind, soweit [17] nichts Abweichendes regelt. Tab. 2 nennt die Auslösewerte für Lärmsanierungsmaßnahmen an Bundesfernstraßen und Eisenbahnen des Bundes.

Tab. 2:

Auslösewerte für die Lärmsanierung, festgelegt in [16 und 17]

Art der Flächennutzung	Lärmsanierung bei Überschreitung folgender Beurteilungspegel tags	Lärmsanierung bei Überschreitung folgender Beurteilungspegel nachts
Krankenhäuser, Schulen, Kurheime und Altenheime reine und allgemeine Wohngebiete sowie Kleinsiedlungsgebiete	70 dB(A)	60 dB(A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	72 dB(A)	62 dB(A)
Gewerbegebiete	75 dB(A)	65 dB(A)

Von Ausnahmen abgesehen können an stark belasteten bestehenden Verkehrswegen keine Ansprüche auf Lärmsanierung entstehen. Für Landes- und Kommunalstraßen sowie für Straßenbahnstrecken gibt es für die Lärmsanierung keine Regelungen, die mit denen für Bundesfernstraßen und Bundeseisenbahnstrecken vergleichbar wären.

4.2 Gesamtlärmbelastung im Einwirkungsbereich eines neuen Verkehrsweges in eigentumsrechtlich kritischer Höhe

Auch ohne gesetzliche Regelung der Lärmsanierung ist es nicht zulässig, Grundrechte zu beeinträchtigen. Zu hohe Lärmeinwirkungen können als „schädliche Umwelteinwirkungen“ das Recht auf körperliche Unversehrtheit (Art. 2 GG) oder die Nutzung des Eigentums (sog. eigentumsrechtlicher Eingriff nach Art. 14 GG) und somit Grundrechte beeinträchtigen. Wenn sich infolge eines Verkehrswege-Neubau- oder -Umbauvorhabens Gesamtbeurteilungspegel in gesundheitlich bedenklicher oder in eigentumsrechtlich kritischer Höhe weiter erhöhen, wären nach Auffassung des Bundesverwaltungsgerichtes [24] „unterschiedliche Lösungen“ denkbar, „um einen verfas-

sungskonformen Zustand zu gewährleisten. Dazu könnte die Pflicht zählen, das neue Vorhaben zu unterlassen oder die Vorbelastung durch eine gleichzeitig eingeleitete Lärmsanierung zu verringern.“ Daraus folgt:

Wenn sich im Einwirkungsbereich eines geplanten Verkehrsweges andere laute Verkehrswege befinden und wenn sich die Gesamtbeurteilungspegel aus allen Verkehrswegen infolge des Verkehrsbauvorhabens erhöhen, sind die Gesamtbeurteilungspegel zumindest nachrichtlich zu nennen. Ggf. sind Lärmsanierungsmaßnahmen durchzuführen. Dies ist auch erforderlich, um bei der „Lärmvorsorge“ nach der 16. BImSchV Schallschutzmaßnahmen zu vermeiden, die im Hinblick auf den Summenpegel wenig wirksam und daher unwirtschaftlich wären (vgl. § 41 Abs. 2 BImSchG).

Das Thema „Beurteilung der Gesamtgeräuschverhältnisse“ ist u.a. in folgenden Urteilen behandelt worden:

- Bundesverwaltungsgericht vom 21.03.1996, Az. BVerwG 4 C 9.95 [24]:
Aus der Begründung zu diesem Urteil ließe sich zwar bei Neu- und Ausbauvorhaben ein Schallschutzanspruch auch außerhalb des Neu- oder Ausbaubereiches ableiten, wenn infolge der Baumaßnahmen, z.B. im Anschluß an einen Straßen- oder Bahnneubau oder bei punktuelltem Ausbau zur Erhöhung der Streckenleistungsfähigkeit, die Schallemissionen in den anschließenden Straßen- und Streckenabschnitten bereits in eigentumsrechtlich kritischer Höhe liegen und weiter zunehmen und diese Zunahme nicht ausschließlich auf die allgemeine Verkehrszunahme zurückzuführen ist. Projektträger und Rechtsprechung haben allerdings im Einzelfall einen solchen Anspruch bisher i. d. R. verneint. Vgl. 3.4.
- Bayer. Verwaltungsgerichtshof – BayVGH vom 20.06.1996, Az. 20 B 92.1055 [26]:
In diesem Urteil wurde ein gewisser Lärmsanierungsanspruch außerhalb des Baubereiches anerkannt, da die Baumaßnahme außerhalb des Baubereiches zu einer Erhöhung der vorhandenen eigentumsrechtlich kritischen Beurteilungspegel geführt hat. Das Gericht hat die später in [16] übernommenen Sanierungsgrenzwerte zu Grunde gelegt, z.B. für reine und allgemeine Wohngebiete tags 70 dB(A) und nachts 60 dB(A).
- Bayer. Verwaltungsgerichtshof – BayVGH vom 18.07.1996, Az. 8 C 5 96.1612 [27]:
Das Anwesen des Klägers in Ochsenfurt ist derzeit beschallt von der Hauptbahnstrecke Würzburg – Treuchtlingen, künftig zusätzlich von der geplanten Südtangente Ochsenfurt. Die hohe Lärmbelastung wirft die Frage nach der Ausgewogenheit der Planung auf. Obwohl im allgemeinen Straßen- und Schienenlärm getrennt ermittelt und bewertet werden, ist nach Meinung des Gerichtes von diesem Grundsatz dann abzugehen, „wenn die Grenze zur Gesundheitsgefährdung und zur Gewährleistung der Substanz des Eigentums überschritten zu werden droht.“ Am Anwesen des Klägers wäre nach dem Bau der Straße eine Gesamtbelastung aus Straßen- und Schienenlärm von 70 dB(A) tags und 71 dB(A) nachts aufgetreten. Die Beurteilungspegel hätten damit im eigentumsrechtlich kritischen Bereich gelegen, der nach neuerer Rechtsprechung z.B. bei Wohngebieten dann vorliegt, wenn die Beurteilungspegel tagsüber 70 dB(A) und nachts 60 dB(A) überschreiten.

Ein einklagbarer Anspruch auf Lärmsanierung ist nach Rechtsprechung und Verwaltungspraxis im Falle eigentumsrechtlich kritischer oder gesundheitlich bedenklicher Lärmeinwirkungen nur dann gegeben, wenn der betroffene Hauseigentümer nicht in den Lärmeinwirkungsbereich hineingebaut hat oder wenn eine Funktionsänderung des Verkehrsweges vorgenommen worden ist, z.B. bei Öffnung einer als Sackstraße ausgebauten Anliegerstraße [16]. Die allgemeine Verkehrszunahme führt nicht zu einem Schallschutzanspruch; denn nach Auffassung der Gerichte muß ein Hauseigentümer damit rechnen, daß z.B. klassifizierte Straßen oder Hauptbahnlinien bis zur Kapazitätsgrenze ausgelastet werden.

4.3 Lärmbelastung beim erheblichen baulichen Eingriff zwar in eigentumsrechtlich kritischer Höhe, jedoch teilweise keine „wesentliche Änderung“

Insbesondere beim Ausbau bestehender Straßen tritt immer wieder der Fall ein, daß es infolge des erheblichen baulichen Eingriffes – unabhängig von der Höhe der Beurteilungspegel – an einem Teil der Immissionsorte im Bau- bzw. Planfeststellungsbereich zu Schallschutzansprüchen kommt, an einem anderen Teil nicht. Ursache dafür ist das Kriterium der „wesentlichen Änderung“ (§ 1 Abs. 2 Nr. 2 der 16. BImSchV), nach der eine Erhöhung der Beurteilungspegel unabdingbar ist. Den betroffenen Hauseigentümern ist diese kostensparende, jedoch nicht lärmwirkungsgerechte Regelung kaum zu vermitteln; denn sie kann dazu führen, daß für manche sehr laute Immissionsorte im Gegensatz zu weniger lauten kein Schallschutzanspruch entsteht. Deshalb sollte in einem Planfeststellungsbereich in zeitlichem Zusammenhang mit der Baumaßnahme für die stark belasteten Immissionsorte ohne Lärmschutzanspruch dann eine Lärmsanierung durchgeführt werden, wenn die Auslösewerte dafür (Tab. 2) überschritten sind.

5. Schutz vor Erschütterungen und Körperschall

Ein beim Bau oder Umbau von Schienenbahnstrecken ebenfalls wichtiges Thema sind die „Einwirkungen durch Erschütterungen und Körperschall“ [21]. Durch den raschen Kontaktwechsel Rad-Schiene, d.h. von Stahl auf Stahl, verursachen Schienenfahrzeuge Erschütterungen, die vom Gleis in das umgebende Erdreich oder Gestein eingeleitet werden und von dort über Oberflächen- oder Halbraumwellen Fundamente, Wände und Decken der Gebäude anregen. Stärkere Schwingungen einer angeregten Decke sind vom Menschen beim Stehen, Sitzen oder Liegen spürbar und werden in Abhängigkeit von der Amplitude und dem Zeitverlauf als störend und belästigend empfunden. Die schwingenden Wände, Decken und Böden strahlen außerdem noch „sekundären Luftschall“ ab, der häufig lästiger ist als die kaum wahrnehmbaren Erschütterungen, mit diesen jedoch nicht verwechselt werden darf. Bei den Räumen, die dem Gleis zugewandt liegen, erfolgt noch eine Überlagerung mit dem Primärschall, der durch die Fenster eindringt. Im Gegensatz zum Luftschall lassen sich für Körperschall, sekundären Luftschall und Erschütterungen kaum quantitative Prognosen treffen, da im einzelnen Untergrundverhältnisse und Gebäudekonstruktionen im Einwirkungsbereich der Strecke nicht bekannt sind.

Der ausführliche Titel des Bundes-Immissionsschutzgesetzes lautet „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“. Damit sind beim Bau oder Umbau von Schienenbahnen auch die Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall zu ermitteln und zu beurteilen. Im Gegensatz zum Lärm fehlt für die Beurteilung von Erschütterungen bis heute eine Rechtsvorschrift.

5.1 Erschütterungen

Für die Beurteilung der Erschütterungswirkungen ist die Norm DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ [20] heranzuziehen, die 1999 in einer überarbeiteten Ausgabe erschienen ist. Die Anhaltswerte A_u und A_r für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen sind in Tab. 3 genannt. Nur für oberirdische Strecken, die ausschließlich von Schienenfahrzeugen des öffentlichen Personennahverkehrs genutzt werden, hebt die DIN 4150-2 die dort genannten Anhaltswerte A_u und A_r , die für die Eisenbahn gelten, gemäß Abschnitt 6.5.3.3 um den Faktor 1,5 an. Zu den „begünstigten“ Fahrzeugen rechnet die DIN 4150-2 oberirdisch verkehrende Straßenbahn-, Stadtbahn-, U-Bahn- und S-Bahn-Fahrzeuge.

Tab. 3:

Anhaltswerte A_u und A_r für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen oberirdischer Eisenbahn- und Straßenbahnstrecken in Wohnungen nach DIN 4150-2 Tab. 1 sowie Abschn. 6.5.3.2 mit 6.5.3.4

Einwirkungsort	tags				nachts			
	A_u für Bahnen nach		A_r für Bahnen nach		A_u für Bahnen nach		A_r für Bahnen nach	
	AEG ohne S-Bahn	PBefG und S-Bahn						
im Industriegebiet	0,40	0,60	0,20	0,30	0,30	0,45	0,15	0,22
im Gewerbegebiet	0,30	0,45	0,15	0,22	0,20	0,30	0,10	0,15
im Mischgebiet	0,20	0,30	0,10	0,15	0,15	0,22	0,07	0,10
im Wohngebiet	0,15	0,22	0,07	0,10	0,10	0,15	0,05	0,08
Krankenhaus	0,10	0,15	0,05	0,08	0,10	0,15	0,05	0,08

AEG = Allgemeines Eisenbahngesetz [2]

PBefG = Personenbeförderungsgesetz [4]

Wichtig: Die in Tab. 3 genannten Anhaltswerte für Bahnen nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG) gelten auch für unterirdischen Schienenverkehr jeder Art.

Für alle unterirdischen Bahnstrecken und oberirdische Eisenbahnstrecken, die nicht ausschließlich von begünstigten Nahverkehrsfahrzeugen befahren werden, gelten jedoch die niedrigeren Anhaltswerte.

Es gibt zusätzlich noch obere Anhaltswerte A_o . Sie sind für oberirdische Strecken gebietsunabhängig zu $A_o = 0,6$ festgelegt, bei unterirdischen Strecken (ohne Industrie- und

Gewerbegebiete) zu $A_0 = 0,3$. Werden sie bei Messungen vereinzelt überschritten, so ist die Ursache, z.B. Radflachstellen, zu erforschen und möglichst rasch zu beseitigen.

Liegen die maximalen Schwingstärken KB_{Fmax} der Schienenfahrzeug-Vorbeifahrten unter den Anhaltswerten A_u , so treten erfahrungsgemäß keine erheblichen Belästigungen auf. Liegen sie darüber, so ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} in Abhängigkeit von der Streckenbelastung zu ermitteln.

Die DIN 4150-2 unterscheidet weiterhin zwischen Neubau und Änderung von Schienenbahnen. Sie trifft zur Änderung jedoch keine quantitative Aussage. Die ständige Rechtsprechung erkennt die DIN 4150-2 beim Neubau von Schienenbahnen an, billigt bei einer Änderung von Schienenbahnen allerdings nur im Falle der wesentlichen Erhöhung der maßgebenden Anhaltswerte einen Abhilfe- oder Entschädigungsanspruch zu. Als wesentliche Erhöhung der Beurteilungsschwingstärke gilt eine Zunahme von mehr als 20%.

5.2 Sekundärer Luftschall

Die Beurteilung des durch Körperschallübertragung entstehenden sekundären Luftschalls ist ebenfalls nicht verbindlich geregelt. Sie sollte nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm [18] Nr. 6.2 erfolgen. Danach sollen in Wohn- und Schlafräumen während der Nachtzeit (22.00 bis 06.00 Uhr) der Beurteilungspegel nicht über 25 dB(A) und einzelne Schallpegelspitzen nicht über 35 dB(A) liegen. Der in der 16. BImSchV für Außenpegel festgelegte Abschlag, d. i. der Schienenbonus für die geringere Störwirkung des Schienenlärms gegenüber dem Straßenverkehr (Schienenbonus) ist bei dieser Betrachtung nicht anzuwenden.

Bei Abständen von weniger als etwa 50 m zwischen Eisenbahngleisen und Gebäuden bzw. von weniger als etwa 10 m zwischen Straßenbahngleisen und Gebäuden können bei einer Gleislagerung ohne Schwingungsidämpfung die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für Erschütterungsimmissionen und die Immissionsrichtwerte der TA Lärm für sekundären Luftschall überschritten werden. Zur Minderung der Erschütterungs- und Körperschallimmissionen – ebenso wie zur Minderung der Luftschallemissionen – ist auf eine regelmäßige Gleis- und Radsatzpflege zu achten.

Literatur

- [1] Bundesfernstraßengesetz – FStrG vom 06.08.1953, neugefaßt durch Bek. Vom 20.02.2003 BGBl I 286;
- [2] Allgemeines Eisenbahngesetz – AEG vom 27.12.1993, BGBl I 2378, später mehrfach geändert;
- [3] Magnetschwebebahnplanungsgesetz – MBPlG vom 23.11.1994, BGBl I 3486, später mehrfach geändert;
- [4] Personenbeförderungsgesetz – PBefG vom 21.03.1961, neugefaßt durch Bek. v. 08.08.1990, BGBl I 1690, später mehrfach geändert;

- [5] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG vom 12.02.1990, neugefaßt durch Bek. v. 25.06.2005, BGBl I 1757;
- [6] Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG vom 15.03.1974, neugefaßt durch Bek. v. 26. 09.2002 BGBl I 3830, mehrfach geändert;
- [7] Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV vom 12.06.1990, BGBl I S. 1036;
- [8] Bundesrats-Drucksache 661/89: Begründung zur Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV S. 9;
- [9] Magnetschwebebahn-Lärmschutzverordnung, als Artikel 2 der Magnetschwebebahnverordnung vom 23.09.1997, BGBl I S. 2329;
- [10] Umweltgesetzbuch (Entwurf vom Juli 1997) - UGB-KomE;
- [11] Allg. Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung - UVPVwV vom 18.09.1995 (GMBI 1995 S. 671);
- [12] Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV vom 04.02.1997, BGBl I S. 172;
- [13] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-90;
- [14] Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen - Schall 03;
- [15] Richtlinie für schalltechnische Untersuchungen bei der Planung von Rangier- und Umschlagbahnhöfen – Ausgabe 1990 – Akustik 04;
- [16] Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes - VLärmSchR 97, in: „Verkehrsblatt“ 1997 S. 434; geändert durch Rundschreiben Nr. 20/2006, Verkehrsblatt 16/2006 S. 665; in den Verkehrslärmschutzrichtlinien unter D. Regelungen zur Lärmsanierung mit „Immissionsgrenzwerten“ (= Auslösewerten);
- [17] Richtlinie für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes vom 07.03.2005, in „Verkehrsblatt“ 2005 S. 176;
- [18] „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm“ vom 26.08.1998;
- [19] VDI-Richtlinie 2719 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“, Ausg. August 1987;
- [20] DIN 4150-2 „Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Ausgabe 1999;
- [21] Borgmann R.: „Schutz vor Erschütterungen und sekundärem Luftschall an Schienenverkehrswegen“, in: Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz, Heft 147 „Umwelt und Verkehr“, S. 125, Augsburg 2001;
- [22] Pelikan P.: „Lärmbelastung durch Straßen- und Schienenverkehr“, in: Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz, Heft 147 „Umwelt und Verkehr“, S. 43, Augsburg 2001;
- [23] Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz, Heft 176 „Studie zur Kostenverhältnismäßigkeit von Schallschutzmaßnahmen – Grundsätze für die Prüfung nach § 41 Abs. 2 Bundes-Immissionsschutzgesetz“, Abb. 1.1, Augsburg 2005;
- [24] Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichtes vom 21.03.1996, Az. BVerwG 4 C 9.95 (sog. A-99-Urteil);
- [25] Urteil des Bayer. Verwaltungsgerichtshofes vom 15.10.1996, Az. 20 A 95.40052 u.a. (sog. Oberaudorf-Urteil);
- [26] Urteil des Bayer. Verwaltungsgerichtshofes vom 20.06.1996, Az. 20 B 92.1055 (behandelt den Anspruch auf Schallschutz an der Strecke Nürnberg –Marktredwitz bei Lauf);
- [27] Urteil des Bayer. Verwaltungsgerichtshofes vom 18.07.1996, Az. 8 C 5 96.1612 [22] (Klage gegen den Sofortvollzug der Planfeststellung der Südtangente Ochsenfurt);
- [28] Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichtes vom 20.05.1998, Az. BVerwG 11 C 3.97;
- [29] Urteil des Bayer. Verwaltungsgerichtshofes vom 25.02.2003, Az. 22 A 02.40013;
- [30] Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichtes vom 17.03.2005, Az. BVerwG 4 A 18.04, und vom 23.11.2005, Az. 9 A 28.04, Textziffer 28;
- [31] Planfeststellungsbeschluss der Regierung von Mittelfranken vom 09.07.1999, Az. 225-4354.6-1/94, für den Neubau einer Straßenbahnstrecke in Nürnberg, Ostendstraße;

[32] Magnetschwebebahn „Transrapid“ zwischen München Hbf und Flughafen Franz-Josef-Strauß (München): https://de.wikipedia.org/wiki/Transrapid_München;

[33] Schienenbonus: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schienenbonus>.

Verfasser:

für die Abschnitte 1 – 4: Wolfgang Hendlmeier,

für den Abschnitt 5: Rüdiger Borgmann,

beide früher Referatsleiter am Bayerischen Landesamt für Umwelt, Augsburg

Stand: 07.01.2017