

Anhang zum Rechtsgutachten RA Möller:

Planungsrechtlicher Sachverhalt

Stand 27.03.2025 (D162-25) 7/24

Der im Rechtsgutachten bewertete Sachverhalt wird nachfolgend zusammengefasst.

Inhaltsverzeichnis

Auftrag.....	2
1. Morphologie und Besiedlung des Mittelrheintals	2
2. UNESCO – Welterbe	2
3. Schiffsverkehr auf dem Rhein.....	4
4. Bundesfernstraßen im Rheintal	5
5. Historischer Bau der rechtsrheinischen Eisenbahnstrecken und Ausbau bis 2024	8
6. Historischer Bau der linksrheinischen Eisenbahnstrecke und Ausbau bis 2024	12
7. Verkehrszahlen des Bahnbetriebes	18
8. Umgebungslärm des Bahnbetriebs im Mittelrheintal	21
9. Gefährdung der Gesundheit durch Feinstaub.....	25
10. Flächennutzungsplanung der Städte und Gemeinden.....	31
11. Umweltmedizin zur Gesundheitsgefährdung durch Verkehrslärm	32
12. Schienenbonus	51
13. Minderung des Verkehrswertes der trassennahen Grundstücke	52
14. Wirtschaftlich zumutbare Möglichkeiten zur Minderung des Bahn lärms	52
15. Umrüstung der Bremssysteme der Güterwagen.....	57
16. Lärmsanierung der Bestandsstrecken aus Haushaltsmitteln des Bundes	57
17. Schienenlärmschutzgesetz.....	59
18. Lärmaktionsplanung	60
19. Sicherheit des Eisenbahnverkehrs.....	65
20. Betriebszustand und Planung einer „Generalsanierung“	66
Endnoten	67

Auftrag

Die Auftraggeberin, die Bürgerinitiative im Mittelrheintal gegen Umweltschäden durch die Bahn e.V., erteilte dem Gutachter im Anschluss an eine Informationsveranstaltung am 21. März 2024 in Kamp-Bornhofen den Auftrag, die rechtlichen Möglichkeiten und Erfolgsaussichten der Geltendmachung und Durchsetzung von Ansprüchen auf einen wirksamen Schutz der Anlieger und betroffenen Kommunen gegen schädliche Umweltimmissionen durch den Betrieb der beiden Bahnstrecken im Mittelrheintal zu prüfen und Strategien zugunsten eines wirksamen Schutzes auch aus Anlass der geplanten Generalsanierung der Mittelrheintal-Bahnstrecken im Zuge der Herstellung eines DB-Hochleistungsnetzes zu entwickeln.

1. Morphologie und Besiedlung des Mittelrheintals

Das Mittelrheintal, das sich zwischen Bingen und Bonn erstreckt, zählt zu den markantesten Landschaftsformen Deutschlands. Geologisch ist das Tal das Resultat von tektonischen Hebungen und intensiver Erosion des Rheingesteins. Die schroffe Felslandschaft, steile Hänge, tiefe Schluchten und die Vielzahl von Felstürmen prägen das Bild und haben wesentlich zur Entstehung zahlreicher Burgen und Siedlungen beigetragen¹. Diese einzigartige Morphologie schuf einerseits natürliche Verkehrswege entlang des Rheins, andererseits bot sie ideale Voraussetzungen für den Anbau von Wein und für die Errichtung von befestigten Siedlungen. Bereits in der Römerzeit wurde das Mittelrheintal als wichtiger Handlungsraum genutzt. Römische Straßen und Militärlager zeugen von einer frühen Besiedlung, die vor allem der Sicherung der strategisch bedeutsamen Rheinübergänge diente.² Im Übergang zur mittelalterlichen Epoche führten die natürlichen Gegebenheiten – insbesondere die schützende Lage zwischen steilen Felswänden – dazu, dass im Hochmittelalter zahlreiche Burgen und Befestigungsanlagen errichtet wurden. Diese dienten nicht nur der Verteidigung, sondern auch als Zentren von Handel und Verwaltung.³ Mit dem Einsetzen des Feudalismus entwickelte sich die Siedlungsstruktur weiter. Die Burgen wurden zu regionalen Herrschaftssitzen, um die wirtschaftlichen und politischen Interessen in den umliegenden ländlichen Gebieten zu sichern. Entlang des Rheins entstanden zahlreiche Ortschaften, die von der Landwirtschaft und dem Weinbau lebten. So führte der intensive Kultur- und Handelsverkehr entlang des Rheins zu einer dichten Besiedlung der Region, die bereits im 13. und 14. Jahrhundert ihren Höhepunkt erreichte.⁴ Im Zuge der frühen Neuzeit erlebte das Mittelrheintal einen erneuten wirtschaftlichen Aufschwung. Die Erschließung der Verkehrswege, insbesondere durch den Ausbau der Rheinstraße, förderte Handel und Handwerk. Die Siedlungen wuchsen, und es entstanden neue städtische Zentren, die als wichtige Knotenpunkte im internationalen Handel fungierten. Gleichzeitig blieben traditionelle landwirtschaftliche Strukturen, insbesondere der Weinbau, erhalten. Diese Phase war von einer schrittweisen Modernisierung der Infrastruktur geprägt, die jedoch oft durch den Erhalt historischer Strukturen eingeschränkt war.⁵

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts setzte sich dieser Besiedlungsprozess fort, wenngleich mit zunehmenden Spannungen zwischen Modernisierung und Erhalt der historischen Identität. Mit der beginnenden Industrialisierung änderten sich die wirtschaftlichen

Rahmenbedingungen: Der Ausbau des Eisenbahnnetzes und erste industrielle Ansätze führten zu neuen Siedlungsstrukturen und einem Wandel in der Nutzung des Rheingebietes.

Aus der Perspektive der modernen Regionalentwicklung zeigt sich, dass die schrittweise Besiedlung des Mittelrheintals immer eng mit seiner geologischen und landschaftlichen Beschaffenheit verknüpft war. Die natürlichen Gegebenheiten bestimmten nicht nur die Siedlungsorte, sondern beeinflussten auch die wirtschaftliche Entwicklung und den kulturellen Identitätsbildungsprozess der Region. Die charakteristischen Felsformationen, Burgen und Weinanbaugebiete bilden bis heute ein einzigartiges Landschaftsbild, das sowohl historisch als auch kulturell von herausragender Bedeutung ist.

Die historische Entwicklung lässt sich daher als ein fortwährender Dialog zwischen Naturgegebenheiten und menschlicher Nutzungsintensivierung verstehen. Während die frühen Siedler den Schutz der natürlichen Umgebung schätzten und gezielt in die Landschaft eingriffen, um ihre Herrschaft und wirtschaftliche Macht zu sichern, führten moderne Entwicklungen zu einer Neujustierung der Interessen: Wachstum der Wirtschaft und hier auch des Tourismus, Infrastrukturentwicklung und der Erhalt historischer Landschaften stehen seither in einem Spannungsverhältnis, das bis heute nachwirkt.⁶

2. UNESCO - Welterbe

Der Erhalt der historischen Landschaft wurde seit 1977 zunehmend öffentlich thematisiert, insbesondere mit dem Wunsch auf Anerkennung als Welterbestätte. Aufgrund ihres außergewöhnlichen Wertes erfolgte in 2002 dann die Aufnahme der Kulturlandschaft Oberes Mittelrheintal in die Liste des ⁷ UNESCO-Welterbes⁸. UNESCO steht für die United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; diese wurde 1945 gegründet. Ihre Hauptaufgabe ist es, durch internationale Zusammenarbeit in den Bereichen Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation zu Frieden und Sicherheit beizutragen. Im Kontext des Weltkulturerbes ist die UNESCO insbesondere mit folgenden Aufgaben betraut:

- Schutz und Erhaltung des Weltkulturerbes

Durch die Welterbekonvention von 1972 (Konvention zur Bewahrung des kulturellen und natürlichen Erbes der Menschheit) legt die UNESCO Kriterien fest, nach denen Kulturgüter und Naturstätten als „Weltkulturerbe“ anerkannt werden. Sie ernennt Stätten, die als von herausragendem universellem Wert betrachtet werden, zu Weltkulturerbe-Stätten und unterstützt deren Erhaltung.

- Monitoring und Bewertung

Die UNESCO überwacht den Zustand der gelisteten Weltkulturerbestätten, dokumentiert Veränderungen und ergreift Maßnahmen, wenn der Erhaltungszustand gefährdet ist.

- Technische und finanzielle Unterstützung

Durch Programme und Projekte bietet die UNESCO technische Beratung und finanzielle Unterstützung für die Erhaltung und Restaurierung von Kulturerbestätten. Sie fördert Kapazitätsaufbau und Weiterbildung von Fachleuten im Bereich Denkmalpflege und Naturschutz.

- Sensibilisierung und Bildung

Die UNESCO leistet Aufklärungsarbeit und fördert Bildungsprogramme, um das Bewusstsein für den Wert und die Bedeutung des Weltkulturerbes in der Gesellschaft zu stärken.

- Nachhaltige Entwicklung

Die UNESCO verbindet den Schutz des Weltkulturerbes mit nachhaltiger Entwicklung, indem sie den Tourismus, den Erhalt von Lebensräumen und die Einbindung der lokalen Bevölkerung in Erhaltungsmaßnahmen fördert.

Diese Aufgaben tragen dazu bei, dass bedeutende Kultur- und Naturstätten weltweit geschützt und für zukünftige Generationen bewahrt werden.

Seit 2002 zählt das sich zwischen Bingen, Rüdesheim und Koblenz über 65 Flusskilometer erstreckende Obere Mittelrheintal zum UNESCO-Welterbe. Die Stätte erstreckt sich von der Binger Pforte, wo der Rhein in einer tiefen, engen Schlucht fließt, über das 15 km lange Bacharacher Tal mit schmalen, V-förmigen Seitentälern bis nach Oberwesel. Der dortige Übergang von weichem Schiefergestein in härteren Sandstein hat zur Entstehung einer Reihe von Talverengungen geführt, von denen die berühmteste die Loreley mit einer Breite von nur 130 m und der im Mittelrheintal tiefsten Stelle von 20 m ist. Nach dem Passieren der Lahnsteiner Pforte verbreitert sich der Fluss zum Neuwieder Becken hin erneut. Die Stätte umfasst auch die mittleren und oberen Rheinterrassen (Oberes Tal), die den früheren Flussverlauf nachzeichnen. Die Landschaft wird von etwa 40 Schlössern, Burgen und Festungen geprägt, die in einem Zeitraum von rund tausend Jahren erbaut wurden. Die meisten von ihnen, die erst verlassen und später in den Kriegen des 17. Jahrhunderts zerstört wurden, sind heute pittoreske Ruinen. Im späten 18. Jahrhundert wuchs die Empfänglichkeit für die Schönheit der Natur. Das oft dramatische Landschaftsbild des Mittelrheintals übte zusammen mit den zahlreichen Burgruinen auf markanten Gipfeln einen besonderen Reiz auf die Bewegung der Romantik aus. Künstler aus aller Welt – Literaten, Maler, Komponisten – haben diese Region bereist und sich durch die Landschaft inspirieren lassen. Die romantische Bewegung ihrerseits hat die Art der im 19. Jahrhundert durchgeführten Restaurierungen und Rekonstruktionen beeinflusst.

Das Tal ist eine in sich geschlossene Kulturlandschaft, deren heutiger Charakter einerseits durch die hier anzutreffenden geomorphologischen und geologischen Bedingungen, andererseits durch Eingriffe des Menschen – wie die Errichtung von Siedlungen, Verkehrswegen und

Landnutzung – bestimmt ist. Noch heute ist das Obere Mittelrheintal ein außergewöhnliches Beispiel für die Fortentwicklung einer traditionellen Lebensweise und die Kommunikationswege in einem engen Flusstal. Besonders die Umformung des Profils der Steilhänge in eine Terrassenlandschaft hat das Landschaftsbild während der letzten zweitausend Jahre geprägt.

3. Schiffsverkehr auf dem Rhein

Der Rhein als Verkehrsader spielt seit dem 19. Jahrhundert eine zentrale Rolle im Gütertransport in Europa. Bereits in der frühen Industrialisierung des Mittelrheintals wurden erste Dampfschiffe eingesetzt, um Rohstoffe, landwirtschaftliche Produkte und Industrieerzeugnisse zwischen den Rheinmetropolen zu transportieren. Die Einführung von Dampflokomotiven und später elektrischen Antrieben führte zu einer kontinuierlichen Steigerung der Transportkapazitäten und zu einer Ausweitung des Güterverkehrs auch per Schiff. Historische Quellen⁹ belegen, dass insbesondere der Ausbau des Binnenschiffahrtsnetzes im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert den Rhein als wichtigen Handelsweg etablierte.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wandelte sich der Güterverkehr am Rhein maßgeblich. Mit dem Siegeszug der Industrialisierung und der zunehmenden Globalisierung wurden immer größere Frachtschiffe eingesetzt, die in der Lage waren, hohe Mengen an Gütern zu transportieren. Gleichzeitig kam es zu technischen Innovationen wie der Einführung moderner Dieselmotoren, die nicht nur die Effizienz, sondern auch die Umweltbelastung veränderten. Die Dieselantriebe führten zu einer signifikanten Steigerung der Wirtschaftlichkeit und bewirkten größere Emissionen durch Lärm und Abgase.

Aktuelle Erhebungen des Statistischen Bundesamtes¹⁰ sowie des Deutschen Binnenschiffahrtsverbands (DBSV) weisen aus, dass im Jahr 2023 auf dem Rheinabschnitt zwischen Bingen und Bonn durchschnittlich etwa 150 bis 200 Lastschiffe pro Tag verkehrten. Etwa 70–80 % der täglich verkehrenden Lastschiffe, das heißt ca. 110 bis 160 Schiffe, fahren im Zeitraum von 06:00 – 22:00 Uhr. Die restlichen 20–30 % – also ca. 40 bis 60 Schiffe – verkehren in der Nacht.¹¹ Aufgrund der niedrigeren Umgebungsgeräusche wirken die Dieselmotorengeräusche nachts deutlich störender. Diese Dieselmotoren des Schiffsverkehrs bewirken einen akustischen Beurteilungspegel, der oftmals die Qualität von schädlichen Umwelteinwirkungen durch Lärm hat. Die Lärmpegel sind stark abhängig von Betriebsparametern wie der Motordrehzahl, der Art der Dieselmotoren, der Schiffslänge und den Betriebsbedingungen (z. B. Fahrgeschwindigkeit und Auslastung). In Hafenregionen wurden oberirdische Schallpegelwerte zwischen 70 und 90 dB(A) dokumentiert. Insbesondere in der Nähe von stark frequentierten Schifffahrtskorridoren kann der von den Dieselmotoren erzeugte Lärm erheblich zur Gesamtlärmbelastung beitragen.¹²

Einige Forschungsprojekte und Studien auch des Umweltbundesamtes haben Messungen des Motorlärms an repräsentativen Uferabschnitten auch im Mittelrheintal durchgeführt. Die Studie des Umweltbundesamts zur Lärmkartierung an Bundeswasserstraßen zielte auf die Erfassung der Lärmbelastung durch Schiffsverkehr auf deutschen Bundeswasserstraßen,

einschließlich des Rheins. Oberirdische Schallpegelmessungen entlang des Rheins ergaben Immissionspegel zwischen 65 und 75 dB(A) in Ufernähe, abhängig von Verkehrsaufkommen und Entfernung zur Fahrwassermittelpunkt.¹³ Mit Blick auf die Wohnqualität der Anwohner interessiert aber nicht ein Emissionsort in Ufernähe, sondern an der Fassade von Wohnhäusern, die auch zum Schlafen genutzt werden. Daher wird mit diesem Rechtsgutachten angeregt, den auf die Wohnnutzung in den Siedlungsgebieten einwirkenden Gesamtlärm unter Einschluss auch der Schiffslärms an repräsentativen Orten zu messen.

4. Bundesfernstraßen im Rheintal

Als einer der wichtigsten Verkehrswege Europas hat das Mittelrheintal zwei Jahrtausende lang den kulturellen Austausch zwischen dem Mittelmeerraum und dem Norden Europas ermöglicht. An beiden Ufern des Rheins führen historische Straßenverbindungen durch das Mittelrheintal. Die Bundesstraße 42 führt von Bonn nach Darmstadt und erschließt über Neuwied, Lahnstein, Rüdesheim und Wiesbaden das Mittelrheintal rechtsrheinisch. Im Bereich des ehemaligen Herzogtums Nassau – von Biebrich am Rhein bis Niederlahnstein – wurde eine durchgehende Uferstraße erst nach 1830 gebaut. Vorher gab es nur eine einfache Landstraße von Biebrich bis Rüdesheim am Rhein, die erst 1802 besser ausgebaut wurde. Bis dahin fand der Fernverkehr nur auf dem Wasser statt. Im Bereich des Binger Lochs wurden die Schiffe, die hier nicht passieren konnten, ausgeladen und die Ware wurde über eine Höhenstraße, den Kaufmannsweg, zwischen Rüdesheim und Lorch am Rhein über den Taunushauptkamm verfrachtet. Der Bau der Rheinuferstraße im Bereich der Felsenstrecke war ein wichtiger Beitrag zur Schaffung eines modernen Straßennetzes in dem neugeschaffenen Herzogtum.

In Rüdesheim am Rhein sahen Planungen eine Verlegung der Bundesfernstraße 42 auf die Eisenbahntrasse der rechten Rheinstrecke vor. Die Bahnstrecke sollte dafür bis zum Jahr 2016 in einen Tunnel unter dem Niederwald verlegt werden, der die Stadt vom Schienenverkehr befreit hätte. Dabei wäre insbesondere der Bahnübergang der B 42 in Rüdesheim am Rhein entfallen, an dem oft lange Staus entstehen. Die Finanzierung des mit 234 Millionen Euro veranschlagten Projektes wurde Ende 2007 in Vereinbarungen zwischen Bund, Land Hessen, der Stadt und der Deutschen Bahn zunächst sichergestellt.¹⁴ Auf Wunsch der Stadt Rüdesheim und nach Abstimmung mit dem Hessischen Verkehrsministerium wurden die Pläne für den Durchgangsverkehr, der nach der Inbetriebnahme des Tunnels auf der alten Bahntrasse verlaufen sollte, geändert. Die B 42 sollte auch nach der Verlegung nicht Ortsumgehung werden, sondern städtische Hauptverkehrsstraße bleiben. Anstelle von Fußgängerunterführungen sollten fünf ebenerdige Fußgängerüberquerungen mit Mittelinseln entstehen. Die Eröffnung des Planfeststellungsverfahrens hatte sich dadurch bis zum Frühjahr 2010 verzögert. Es wurde erwartet, dass sich die Gesamtkosten um bis zu 10 Millionen Euro vermindern, allerdings bei entsprechender Verzögerung des Baubeginns und der Fertigstellung der Gesamtmaßnahme.¹⁵ Im September 2012 wurde dann bekannt, dass der Bund sich aus der Finanzierung des Projekts zurückgezogen hatte, da er es für unwirtschaftlich erachtete.¹⁶ Da nun auch das Land Hessen erklärte, keine Mittel mehr bereitzustellen, ist derzeit die Realisierung unwahrscheinlich.¹⁷

In den Jahren 1951 bis 1961 wurde die B 42 zwischen Rüdesheim und Eltville als Umgehungsstraße abschnittsweise neu trassiert. Die Ortsumgehung von Geisenheim erfolgte bis 1951, die Umgehung Hattenheim bestand bereits vor dem Zweiten Weltkrieg. Die größte Herausforderung war der Verlauf der Umgehungsstraße in Höhe von Oestrich, wo ein Industriegebiet mit Kaianlagen bestand. Ein Portalkran der Koepp AG sorgte für die Be- und Entladung von Schiffen. Im Jahr 1960 wurde schließlich der landläufig so genannte Oestricher Tunnel bzw. Koepp-Tunnel mit über 120 Meter Länge errichtet. Es handelt sich um eine Art Hochstraße auf Betonstelzen mit Einhausung der Fahrbahn, die den anliegenden Betrieben sowohl die Unterquerung der B 42 als auch die weitere Verladung schwebender Lasten ohne Gefährdung des Verkehrs auf der Straße ermöglichte. Seit 1997 sind die Kaianlagen und der Portalkran außer Betrieb und im Juli 2009 wurde der Kran demontiert.

Die mit über 15 Metern auffällig breite Trasse zwischen Rüdesheim und Eltville verläuft im Überschwemmungsgebiet auf einem aufgeschütteten Fahrdamm nahe am Rheinufer. In den 70er Jahren war sogar ein Ausbau zur Autobahn geplant, was aber nur in Geisenheim zu einer großen Anschlussstelle Geisenheim-West führte. Im Jahr 1989 wurden die Ortsdurchfahrten Eltville und Walluf nach 30 Jahren Planung durch eine vierstreifig ausgebaute (2×2) Umgehung ersetzt, die mit vier kreuzungsfreien Anschlüssen und drei Talbrücken durch die Rebhänge nördlich von Eltville am Rhein und Oberwalluf führt und bei Wiesbaden-Frauenstein in die A 66 übergeht. Seit Juli 2018 gilt auf der gesamten Streckenlänge der B 42 die LKW-Maut.

Die B 9 führt im Westen Deutschlands von Kranenburg im Kreis Kleve an der niederländischen Grenze bis nach Lauterbourg an der pfälzisch-französischen Grenze. Die Straße folgt auf weiten Strecken den kaiserlichen Hauptstraßen des Mittelalters über Köln, Bonn, Koblenz, Mainz, Worms und Speyer nach Straßburg, die ihrerseits weitgehend einen römischen Ursprung (Rheintalstraße) haben. Die Straße zwischen Basel und Nimwegen wurde am 16. Dezember 1811 zur Route impériale Nr. 86 erklärt. Nach 1815 wurde das Rheinland auf verschiedene deutsche Staaten aufgeteilt, während das Elsass weiterhin französisch blieb. In der preußischen Rheinprovinz bestand u.a. die Cöln-Mainzer Staatsstraße.

Die Abschnitte von Remagen bis Bad Breisig und von Brohl bis Koblenz sind heute autobahnähnlich ausgebaut. In Koblenz überquert die Fernstraße über die Europabrücke die Mosel und stellt die verkehrsreichste und wichtigste Nord-Süd-Achse der Stadt dar. Ab Koblenz führt sie mit Aussicht auf die rechtsrheinischen Burgen, Schlösser und Weinberge durch das UNESCO-Welterbe Oberes Mittelrheintal über Boppard, Sankt Goar und Oberwesel nach Bingen am Rhein (297 km). Die B 9 erschließt im Wechsel mit der Bahnstrecke Koblenz–Mainz – in großen Abschnitten direkt am Rheinufer – die Ortschaften Koblenz-Stolzenfels, Rhens, Boppard, Sankt Goar, Oberwesel und Bingen am Rhein. An diesem Teilstück der Bundesstraße 9 wurden in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts einige Ortsumfahrungen für die dortigen Orte gebaut. Zwischen 1956 und 1958 entstand eine Umgehungsstraße für die beiden Städte Oberwesel und Bacharach. Zehn Jahre später am 9. Dezember 1968 wurde für die damals eigenständigen Gemeinden Bad Salzig und Hirzenach die Ortsumfahrung, mit deren Bau im Jahr

1962 begonnen wurde, fertiggestellt. Seitdem verläuft bei diesen vier Orten die B 9 unmittelbar am Rhein. Anfang der 90er Jahre wurde auch in der Bopparder Kernstadt die B 9 verlegt. Dazu musste die Südwestecke des römischen Kastells und das unter Denkmalschutz stehende Bahnhofsgebäude abgebrochen werden. Dies brachte der Stadt jedoch eine Teilortsumgehung. Von Bingen bis Mainz ist die Bundesfernstraße 9 funktional auf etwa 35 km durch die Bundesautobahn 60 ersetzt worden. Seit 1. August 2012 ist durch das Bundesfernstraßenmautgesetz der Abschnitt Brohl bis Koblenz (22,8 Kilometer) für LKW mautpflichtig.

An den automatischen Zählstelle der Bundesanstalt für Straßenwesen wurden auf der B 42 im Jahr 2021 die Verkehrsstärken pro Tag gezählt. Diese innerörtlichen (50 km/h, Fahrbahnbelag aus Asphalt) Verkehrsstärken bewirken an der benachbarten Fassade eines Wohnhauses (unterstellter Abstand zur Fahrbahnmitte 8 m, Immissionsort im ersten Obergeschoss 4 m über Geländeoberkante, Berechnung nach der hier im Rechenmodell allein verfügbaren *Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990*) folgenden überschlägigen äquivalente Dauerschallpegel LAeq und bei geschlossenem Fenster die bezifferten überschlägigen Innenpegel:

Nr.	Ortslage	DTV/Kfz	DTV/SV	M _{nachts} (Kfz/h)	LAeq	Innenpegel
7996	Bad Hönningen	8.200	793	90	64	36
7023	Fahr-Feldkirchen	11.456	882	126	66	38
7034	Bendorf	39.059	3744	429	71	43
7800	Lahnstein	20.336	1012	223	68	40
6110	Lorchhausen	1.805	77	20	58	30
6103	Rüdesheim	12.949	441	142	66	38
7009	Remagen	15.387	806	169	67	39
7007	Bad Breisig	17.477	1065	192	67	39
7016	Rhens	10.168	403	111	71	43
7001	Oberwesel	3397	162	37	60	32

Alle überschlägig berechneten **Fassadenpegel** überschreiten den Immissionsgrenzwert für ein Mischgebiet zur Nachtzeit von 54 dB (A) erheblich und die Mehrzahl der Messstellen überschreitet auch die von der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts und des Bundesgerichtshofes entwickelte Schwelle eines enteignungsgleichen Eingriffs von 60 dB (A).

5. Historischer Bau der rechtsrheinischen Eisenbahnstrecken und Ausbau bis 2024

Dieses Kapitel thematisiert die Erteilung von *Conzessionen* durch absolutistische Herrscher an privatrechtlich verfasste Eisenbahnunternehmen im 19. Jahrhundert. Zum Verständnis der Reichweite der staatlichen Zuständigkeiten erläutern wir einleitend die dafür relevanten Ländergrenzen zwischen dem Königreich Preußen und angrenzenden Fürstentümern, vorrangig dem Großherzogtum Hessen.

Die politische und territoriale Zugehörigkeit der Orte im Mittelrheintal in der Mitte des 19. Jahrhunderts war geprägt von der Kleinstaaterie des Deutschen Bundes. Bis zur preußischen Annexion 1866 standen viele Orte unter der Herrschaft verschiedener Fürstenhäuser. Die Zugehörigkeiten und die Änderungen durch die Annexion im Jahr 1866 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

• Orte unter preußischer Herrschaft bis 1866

Bereits vor der Annexion von 1866 befanden sich folgende wichtige Orte im Mittelrheintal unter der Herrschaft des Königreichs Preußen:

- Koblenz als Sitz der preußischen Rheinprovinz, ein wichtiger Verwaltungs- und Militärstandort;
- Boppard als Teil der preußischen Rheinprovinz, seit dem Wiener Kongress 1815 unter preußischer Herrschaft;
- Andernach als ein weiterer wichtiger Ort in der preußischen Rheinprovinz;
- Sankt Goarshausen, das ebenfalls seit 1815 preußisch und wegen der Loreley und der dortigen Schifffahrtsbedingungen strategisch bedeutend war.

Die Zugehörigkeit dieser Orte änderte sich durch die Ereignisse von 1866 nicht.

• Orte unter der Herrschaft anderer Fürstenhäuser bis 1866

Vor 1866 waren einige wichtige Orte im Mittelrheintal nicht preußisch, sondern gehörten zu anderen Herrschaftsbereichen. Dazu gehören

- Mainz, das bis 1866 Mainz zum Großherzogtum Hessen-Darmstadt gehörte und ein zentraler Standort für Handel und Verwaltung sowie eine bedeutende Festungsstadt im Deutschen Bund war;

- Rüdesheim am Rhein, das ebenfalls unter der Herrschaft des Großherzogtums Hessen-Darmstadt stand;
- Bingen, das unter hessischer Kontrolle als Teil des Großherzogtums Hessen-Darmstadt stand;
- Wiesbaden als Hauptstadt des Herzogtums Nassau und das rechtsrheinische Rheingaugebiet, das zum Herzogtum Nassau, einst souveränes Mitglied des Deutschen Bundes, gehörte;
- Lahnstein, strategisch wichtig an der Mündung der Lahn in den Rhein, war ebenfalls Teil des Herzogtums Nassau,

- **Veränderungen durch die preußische Annexion 1866**

Nach dem Preußisch-Österreichischen Krieg von 1866 annektierte Preußen große Teile des Deutschen Bundes, darunter das Herzogtum Nassau und die hessischen Gebiete am Mittelrhein. Dadurch änderte sich die territoriale Zugehörigkeit wie folgt:

- Mainz blieb größtenteils unter der Kontrolle des Großherzogtums Hessen-Darmstadt. Die Stadt wurde nicht vollständig preußisch, da sie strategisch auch für das Großherzogtum von Bedeutung war.
- Rüdesheim hingegen wurde durch die Grenzziehung an Preußen angeschlossen.
- Das Herzogtum Nassau wurde vollständig von Preußen annektiert. Wiesbaden wurde zu einer bedeutenden Stadt innerhalb der preußischen Provinz Hessen-Nassau.
- Lahnstein und das Rheingaugebiet wurden ebenfalls Teil der Provinz Hessen-Nassau. Lahnstein entwickelte sich weiter als Verkehrsknotenpunkt und erhielt größere Bedeutung im Eisenbahnnetz.
- Bingen blieb weiterhin unter der Herrschaft des Großherzogtums Hessen-Darmstadt und wurde nicht Teil der preußischen Annexion.

Durch das Mittelrheintal verlaufen heute beidseitig des Flusses Strecken der Eisenbahn. Die rechte Rheinstrecke ist die am rechten Rheinufer verlaufende Bahnstrecke von Troisdorf über Bonn-Beuel, Unkel, Neuwied, Koblenz-Ehrenbreitstein, Lahnstein und Rüdesheim nach Wiesbaden. Sie ist heute durchgehend zweigleisig und elektrifiziert.

Im Jahr 1844 schlug der Bürgermeister von Deutz vor, eine Bahnstrecke von Deutz über Rüdesheim nach Wiesbaden zu bauen. Ab 1852 engagierte sich die Stadt Neuwied stark für diese

Vorhaben. Allerdings gab es insbesondere von preußischer Seite erhebliche Vorbehalte dagegen. Einerseits gab es allgemeine strategische Bedenken gegen eine Bahnstrecke am Rhein – weshalb auch die Verlängerung der Linken Rheinstraße über Rolandseck hinaus lange nicht genehmigt wurde – andererseits hätte die vorgeschlagene Strecke durch die Festung Ehrenbreitstein geführt werden müssen. Deshalb sprach sich das preußische Kriegsministerium 1853 ausdrücklich gegen die Strecke aus. Für das Herzogtum Nassau hatten solche Überlegungen weniger Gewicht, vielmehr überwogen die wirtschaftlichen Vorteile. Deshalb erteilte das Herzogtum der Wiesbadener Eisenbahngesellschaft am 23. Juni 1853 die nassauische Konzession¹⁸ für die Strecke Wiesbaden Hauptbahnhof-Stellwerk IX – Wiesbaden-Biebrich – Überholungsstation Kellergrube – Blockstelle Floß-Rüdesheim (Rhein) mit Fortsetzung nach Ober- / Niederlahnstein als Beginn der rechten Rheinstraße auf nassauischem Staatsgebiet. Am 11. August 1856 wurde das erste Teilstück der Nassauischen Rheinbahn von Wiesbaden nach Rüdesheim eröffnet. Wegen finanzieller und technischer Schwierigkeiten wurde die Strecke erst am 22. Februar 1862 bis Oberlahnstein und am 3. Juni 1864 bis Niederlahnstein verlängert.

Der Bau der Siegstraße von Deutz nach Gießen ab 1859 bot Nassau die Möglichkeit zu Verhandlungen mit Preußen über die Fortführung der Strecke, da die von preußischer Seite geplante Strecke im Kreis Dillenburg durch nassauisches Gebiet führte. Schließlich wurde 1860 ein Abkommen zwischen beiden Staaten geschlossen, das Preußen den Bau der Siegstraße erlaubte. Im Gegenzug verpflichtete sich Preußen zum Bau der Pfaffendorfer Brücke, die die Strecke von Oberlahnstein mit der im Jahr zuvor fertiggestellten linken Rheinstraße bei Koblenz verband. Für die Bahnstrecke Koblenz – Pfaffendorfer wurde die Preußische Konzession vom 5. März 1856¹⁹ und vom 2. Juni 1860²⁰ an die Rheinische Eisenbahn-Gesellschaft erteilt. Die Brücke wurde am 3. Juni 1864 eingeweiht. Zuvor wurde von 1862 bis 1864 das Trajekt Stolzenfels–Oberlahnstein genutzt.

Eine rechtsrheinische Fortsetzung auf preußischem Gebiet kam dagegen vorerst nicht in Frage, da mit der Konzession, die die Rheinische Eisenbahn-Gesellschaft (RhE) für die linksrheinische Strecke erhalten hatte, festgelegt worden war, dass vor 1876 keine Konzession für eine rechtsrheinische Strecke erteilt werden würde. Mit dem Untergang des Herzogtums Nassau nach dem Preußisch-Österreichischen Krieg wurde die Nassauische Rheinbahn Bestandteil der Preußischen Staatseisenbahnen.

Nachdem Nassau durch Preußen nach dem Deutschen Krieg von 1866 annektiert wurde, änderte sich die Situation am Rhein. Nun hatte die Rheinische Eisenbahn-Gesellschaft selbst ein Interesse an einer rechtsrheinischen Strecke von Neuwied über Ehrenbreitstein nach Niederlahnstein, für die sie die Preußische Konzession vom 24. Dezember 1866²¹ erhielt. Am 27. Oktober 1869 wurde die Fortsetzung der Strecke von Niederlahnstein bis Neuwied eröffnet.

Strittig war das nördliche Ende. Die Konzession sprach von einer Strecke zwischen Siegburg und Niederlahnstein. Nach den ursprünglichen Plänen sollte die Strecke bei Beuel vom Rhein abknicken und dann südlich der Sieg in gerader Linie nach Siegburg geführt werden. Später sollte die Strecke dann durch das Aggertal nach Overath und weiter über Witten nach Bochum

oder alternativ nach Essen verlängert werden. Diese Pläne wurden allerdings in Köln sehr kritisch gesehen, da dadurch eine Hauptverkehrsachse durch das Bergische Land an Köln vorbei entstanden wäre. Der Präsident der Rheinischen Eisenbahn favorisierte deshalb eine Strecke von Troisdorf über Opladen nach Essen. Ein Aufsichtsratsmitglied der Rheinischen Eisenbahn und Direktor der Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Troisdorf konnte schließlich eine Änderung der geplanten Streckenführung ab Beuel durchsetzen: Die Strecke wurde von Beuel nach Nordosten geführt, sollte bei Menden die Sieg überqueren, an der Friedrich-Wilhelms-Hütte einen Bahnhof erhalten und dann parallel zur Siegstrecke nach Siegburg geführt werden. Der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft wurde die Preußische Konzession vom 24. Dezember 1866²² für die Bahnstrecke Oberkassel bei Bonn über Linz (Rhein) nach Neuwied erteilt. Am 11. Juli 1870 ging der Streckenabschnitt Neuwied–Oberkassel in Betrieb, wo über das Trajekt Bonn–Oberkassel wiederum eine Verbindung zur Linken Rheinstrecke bestand. Auch die Strecke von der Friedrich-Wilhelms-Hütte nach Siegburg war bereits fertig, lediglich der Bau der Siegburgbrücke verzögerte die vollständige Inbetriebnahme. Durch den Deutsch-Französischen Krieg erhielt die Strecke als Nachschubweg große strategische Bedeutung, weswegen der Bau der Siegburgbrücke ab Spätsommer ein Teil 1870 mit zusätzlichen Arbeitskräften beschleunigt wurde. Ab dem 1. März 1871 war die Gesamtstrecke befahrbar, wobei zusätzlich ein Abzweig von der Friedrich-Wilhelms-Hütte nach Troisdorf zur Strecke nach Köln gebaut wurde, der später zum Hauptast der Strecke wurde.

Im Zuge der 1961 abgeschlossenen Elektrifizierung der Strecke wurden zwischen 1959 und 1961 parallel zu den bestehenden zweigleisigen Loreley- und Roßsteintunneln je eine weitere eingleisige Tunnelröhre gebaut und die alten Tunnel anschließend für den eingleisigen, elektrischen Betrieb umgerüstet.²³

Zum 19. Juli 1965 ging im Betriebsbahnhof Loreley ein neues Druckstellenwerk der Bauart DrS 2 in Betrieb. Zugleich wurden dort die Formsignale durch Lichtsignale ersetzt.²⁴ Gleiches geschah zum 20. März 1967 im Bahnhof St. Goarshausen.²⁵ Zum 17. März 1969 ging dann die Fernsteuerung des Bahnhofs Loreley in Betrieb: Der Fahrdienstleiter von St. Goarshausen regelte im Normalbetrieb den Verkehr im Bahnhof Loreley mit.²⁶

Beim Bau der Ende 2002 eröffneten Schnellfahrstrecke Köln–Rhein/Main wurde der Bahnhof Troisdorf völlig umgebaut, wobei die Verbindung der rechten Rheinstrecke nach Siegburg zurückgebaut wurde. Für die Neubaustrecke wurde auch die Trasse der rechten Rheinstrecke abschnittsweise neu trassiert.²⁷ Zwischen Dezember 2003 und Juni 2005 wurden die 140 Jahre alten Tunnel Loreley und Rossstein saniert.²⁸

Im Dezember 2007 wurde das elektronische Stellwerk *Rechter Rhein* in Betrieb genommen.²⁹ In der ersten Ausbauphase wurde die 40 km lange Bahnstrecke zwischen Lorch und Oberlahnstein an dieses Stellwerk angeschlossen. Es ersetzte somit die fast 50 Jahre alten Stellwerke Kaub, Loreley, St. Goarshausen, Kestert, Kamp-Bornhofen und Osterspai. Neben dem ich dringend Stellwerk in Oberlahnstein wurde die Unterzentrale (ESTW-UZ) mit Rechneranlagen des neuen Stellwerks errichtet. Dort befindet sich auch ein Ersatzbedienplatz, der bei

Störungen verwendet wird. Bedient wird das Stellwerk im Normalfall aus der Betriebszentrale in Frankfurt am Main. Im Sommer 2008 wurde die zweite Bauphase fertiggestellt. Der Streckenabschnitt Oberlahnstein–Niederlahnstein wurde an das elektronische Stellwerk angeschlossen. Mit insgesamt sechs Bauabschnitten soll der Streckenabschnitt zwischen Unkel und Wiesbaden-Schierstein komplett an das elektronische Stellwerk angeschlossen werden.³⁰ Die dritte Ausbauphase des im Jahr 2007 in Betrieb genommenen elektronischen Stellwerks wurde am 5. Dezember 2011 fertiggestellt. In dieser Bauphase wurde der Streckenabschnitt zwischen Lorch und Assmannshausen an das elektronische Stellwerk angeschlossen. Ende August 2014 erfolgte mit Inbetriebnahme der nächsten Baustufe des elektronischen Stellwerkes auch zwischen Bad Honnef und Neuwied eine grundlegende Modernisierung der Stellwerkstechnik. Der Bahnhof Bad Honnef (Rhein) wurde im Zuge dessen in eine Haltestelle umgewandelt.

Die Bahnstrecke wird der in der Europäischen Norm EN15528 festgelegten Klassifizierung von Eisenbahnstrecken der Standard-Streckenklasse D 4 zugeordnet. Die DB Netz AG hat für diese Strecke Höchstgeschwindigkeiten bis 160 km/h festgelegt.

Voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2026³¹ wird die Strecke Troisdorf–Koblenz–Wiesbaden im Rahmen der weiter unten dargestellten „Generalsanierung“ für die Zeit vom 10. Juli bis 11. Dezember komplett gesperrt.³² Bis 2028 soll die Strecke mit dem Europäischen Zugbeeinflussungssystem ETCS ausgerüstet werden.³³

6. Historischer Bau der linksrheinischen Eisenbahnstrecke und Ausbau bis 2024

Als linksrheinische Eisenbahnstrecke wird die ca. 185 km lange Bahnlinie Köln-Deutz, Bonn, Remagen, Koblenz, Bingen bis nach Mainz bezeichnet, die heute zwischen Köln und Bingen die Strecke Nr. 2630 und zwischen Bingen und Mainz die Strecke Nr. 3510 trägt (Kursbuchstrecke 470 bzw. 471). Die linke Rheinstrecke ist auf ihrer gesamten Länge zweigleisig ausgebaut und seit 1959 mit (elektrischer) Oberleitung versehen. Sie trägt zwischen Köln und Bingen die VzG-Streckenummer 2630 und zwischen Bingen und Mainz die Nummer 3510.

Die heute „linke Rheinstrecke“ genannte Eisenbahnstrecke wurde nach und nach von insgesamt drei verschiedenen Eisenbahngesellschaften geplant und gebaut. Der erste Abschnitt der Strecke zwischen Bonn und Köln wurde 1843 von Paul Camille von Denis geplant. Das Königreich Preußen erteilte der Bonn-Cölner Eisenbahn-Gesellschaft (BCE) zum Bau der Strecke die Konzession vom 6. Juli 1840 (PrGS 1841 Nr. 4 S. 31). Die Strecke wurde am 15. Februar 1844 eröffnet. In Köln endete die Strecke ursprünglich am damaligen Bahnhof Köln St. Pantaleon südlich der Innenstadt und in Bonn am Kaiserplatz. Am 21. Januar 1856 wurde die Strecke dann Richtung Süden bis zum Bahnhof Rolandseck verlängert, um eine Weiterfahrt mittels Rheinschiff zu ermöglichen. Am 1. Januar 1857 wurde die Bonn-Kölner Eisenbahn-Gesellschaft mit der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft (RhE) verschmolzen (PrGS 1856 Nr. 63 S. 999) und zugleich die BCE und ihre Stammstrecke durch die RhE übernommen. Der RhE wurde für die südliche Verlängerung der Strecke über Remagen und Andernach nach Koblenz die Preußische Konzession vom 5. März 1856 erteilt (PrGS 1856 Nr. 12 Seite 146). Die RhE

eröffnete die Strecke am 21. Januar 1858 mit einem Ende am Rheinischen Bahnhof südlich der Mosel, die sie mit der neu erbauten Moseleisenbahnbrücke querte.

Der Streckenabschnitt vom damaligen preußischen Grenzbahnhof in Bingerbrück bis Mainz wurde von der Hessischen Ludwigs Eisenbahn-Gesellschaft gebaut, der dazu die Hessische Konzession vom 3. Januar 1856³⁴ für Erbauung einer Eisenbahn von Mainz nach Aschaffenburg und Mainz nach Bingen erteilt worden war.³⁵ Die Strecke wurde von der Hessischen Ludwigsbahn eingleisig für den Güterverkehr am 17. Oktober und für den Personenverkehr am 27. Dezember 1859 eröffnet. Zuvor wurde vom Innenministerium des Großherzogtums Hessen der Umgang des Publikums mit der neuen Technik geregelt.³⁶

Mit der Vollendung der Nahebrücke in Bingen wurde eine Verbindung zur Rheinischen Eisenbahn hergestellt. Die Nahebrücke mit Rautenfachwerk war die erste in Betrieb genommene zweigleisige Eisenbahnbrücke der Hessischen Ludwigsbahn. Im Jahr 1861 wurde der zweigleisige Streckenausbau zwischen Bingerbrück und Mainz fertig gestellt.³⁷ Am 15. Dezember 1859 verlängerte die RhE die Strecke rückwärtig zum Kölner Centralbahnhof.

Ebenfalls am 15. Dezember 1859 wurde der landschaftlich besonders reizvolle Streckenabschnitt von Koblenz durch das enge Mittelrheintal bis zum damaligen Grenzbahnhof in Bingerbrück (heute Bingen (Rhein) Hauptbahnhof) an der damaligen preußisch/hessischen Grenze in Betrieb genommen. Dazu wurde der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft die Preußische Konzession vom 5. März 1856 erteilt.³⁸

Zeitgleich wurde in Bingerbrück der Anschluss an die Rhein-Nahe-Bahn nach Saarbrücken und zu den dortigen Kohlengruben hergestellt. Von Bonn Hauptbahnhof bestand von 1870 bis 1914 eine Stichstrecke zum Trajekt Bonn-Oberkassel, das Bonn mit der anfangs in Oberkassel endenden rechten Rheinstrecke verband. In Koblenz wurde die Anbindung an die rechte Rheinstrecke 1864 über die – später für den Eisenbahnbetrieb stillgelegte – Pfaffendorfer Brücke ermöglicht³⁹, später durch die heute noch in Betrieb befindlichen Horchheimer und Urmitzer Eisenbahnbrücken. Während der Bauzeit der Pfaffendorfer Brücke wurde als Zwischenlösung zur Verbindung von linker und rechter Rheinstrecke das Trajekt Stolzenfels-Oberlahnstein betrieben.

Weiter bestand von 1861 bis 1900 zwischen Bingen und Rüdesheim am Rhein auf der rechten Rheinseite ein Trajekt zur Nassauischen Rheinbahn (rechten Rheinstrecke), das später als Personenfähre weiter betrieben wurde.

Im Jahr 1901 wurde der elektrische Streckenblock zwischen Bingen und Mainz in Betrieb genommen.⁴⁰ Im Kriegsjahr 1915 wurde mit der Eröffnung der Hindenburgbrücke am 1. September wieder eine (diesmal feste) Bahnverbindung zwischen Bingen und Rüdesheim geschaffen⁴¹, die direkte Züge zwischen rechter Rheinstrecke und Nahetalbahn oder linker Rheinstrecke ermöglichte. Diese Brücke war, wie eine ganze Reihe strategischer Bahnen, in

erster Linie aufgrund militärischer Erwägungen entstanden; der zivile Verkehr dort blieb stets gering.

Während des Ersten Weltkrieges wurde an einer weiteren strategischen Rheinquerung gebaut, der Ludendorff-Brücke zwischen Erpel und Remagen.⁴² Sie diente dazu, die rechte Rheinstrecke mit der linken Rheinstrecke und der wegen der Kriegshandlungen in Nordfrankreich strategisch wichtigen Ahrtalbahn zu verbinden, wurde allerdings erst nach Ende der Kampfhandlungen am 1. September 1919 in Betrieb genommen. Sowohl Hindenburg- als auch Ludendorff-Brücke wurden im Zweiten Weltkrieg zerstört und nicht wiederaufgebaut.⁴³

Die französische Besatzungsmacht ordnete nach dem Zweiten Weltkrieg alle Bahnstrecken im nördlichen Teil ihrer Besatzungszone der Eisenbahndirektion Mainz zu. Das betraf die linke Rheinstrecke im Abschnitt zwischen Rolandseck und Mainz. Die Reparatur der Kriegsschäden nahm Jahre in Anspruch. 1949 konnte dann die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der linksrheinischen Strecke von 85 km/h auf 100 km/h erhöht werden. In der Praxis wurde diese Geschwindigkeit aber nur von wenigen Schnell- und Fernschnellzügen erreicht.⁴⁴

Die Elektrifizierung der linksrheinischen Bahnstrecke fand in zwei Etappen statt. Am 1. Juni 1958⁴⁵ wurde zunächst der elektrische Betrieb auf dem Abschnitt Remagen–Mainz aufgenommen. Über die ebenfalls elektrifizierte Bahnstrecke Mainz–Mannheim konnten Züge weiter mit elektrischer Traktion in den bereits zu großen Teilen elektrifizierten süddeutschen Raum verkehren. Am 1. Mai 1959 wurde schließlich auch der Abschnitt Köln–Remagen elektrisch in Betrieb genommen. Am 18. Dezember 1962 kam ein drittes Gleis zwischen den Bahnhöfen Koblenz-Lützel und Koblenz Hauptbahnhof hinzu.⁴⁶

Im Bahnhof Uhlerborn ging zum 13. September 1965 ein neues Zentralstellwerk in Betrieb, und Lichtsignale ersetzen die Formsignale.⁴⁷ Gleiches geschah im Bahnhof Budenheim 1968.⁴⁸ Im gleichen Jahr erhielt auch der Bahnhof Gau-Algesheim ein Relaisstellwerk⁴⁹ der Bauart eine Spurplanstellwerks⁵⁰ (SpDrL 60).⁵¹

Da die linke Rheinstrecke trotz zahlreicher Kurven insgesamt höhere Geschwindigkeiten erlaubt als die rechte Rheinstrecke, wurde sie im 20. Jahrhundert für den schnellen Personenfernverkehr umso attraktiver, je schneller die Züge aufgrund ihrer technischen Gegebenheiten fahren konnten. Für Güterzüge hingegen, die bis heute zumeist mit maximal 100 km/h unterwegs sind, macht sich der Unterschied zwischen linker und rechter Rheinstrecke wesentlich weniger bemerkbar. 1961 wurde hier die zulässige Höchstgeschwindigkeit abschnittsweise von 120 km/h auf 140 km/h heraufgesetzt.⁵²

Die linksrheinisch mögliche höhere Geschwindigkeit im Gegensatz zur rechten Rheinstrecke führte dazu, dass sich das bereits vor dem Zweiten Weltkrieg bestehende Ungleichgewicht in der Verteilung des Personenfernverkehrs im Laufe der Jahrzehnte immer weiter auf die linke Rheinseite konzentrierte. Besonders evident wurde dies mit der Einführung der Trans-Europ-Express-Züge 1957, des erstklassigen Intercity-Netzes im Zweistundentakt 1971 und des

gemischtklassigen IC-Systems im Stundentakt 1979. Alle Züge dieser Systeme verkehrten linksrheinisch. Selbst die Intercity-Linie 2, die von Koblenz ohne Halt bis ins rechtsrheinische Wiesbaden führte, wurde zur Zeitersparnis über Bingen, Mainz-Mombach und die Mainzer Kaiserbrücke geleitet. Die Optimierung des IC-Netzes 1985 führte dazu, dass von nunmehr bundesweit fünf Linien drei die linke Rheinstrecke benutzten – von da an verkehrten also pro Stunde sechs IC-Züge am linken Flussufer, allerdings fuhren die jeweils drei Züge pro Richtung in einem Zeitfenster von zwölf Minuten hintereinander her. Grund dafür war ein Mangel an freien Fahrplantrassen, denn die Kapazität einer Eisenbahnstrecke ist umso höher, je stärker Züge gleicher Geschwindigkeiten gebündelt werden.

Nach der deutschen Wiedervereinigung wurde zum 2. Juni 1991 das Intercity-Netz umstrukturiert, so dass sich auf der linken Rheinstrecke der lange geforderte Fernverkehrs-Halbstundentakt möglich wurde. Zugleich wurden zwei neu eingerichtete Interregio-Linien durchs Rheintal geführt, eine in Richtung Trier, die andere in Richtung Karlsruhe. Dieses Konzept erforderte Überholungen von Nahverkehrszügen in allen Knotenbahnhöfen. Zusammen mit einigen immer noch bestehenden einzelnen D-Zug-Verbindungen, dem Nahverkehr und schnellen Güterzügen sowie den damals noch üblichen Entlastungs-IC-Zügen an Wochenenden war die linke Rheinstrecke somit von 1991 bis 2002 bis an die Grenze ihrer Kapazität ausgelastet.

Die Strecke wurde, soweit es die Topografie zuließ (vornehmlich in den Abschnitten Köln-Koblenz und Bingen–Mainz), für Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 160 km/h ertüchtigt. In dem topografisch schwierigen Abschnitt zwischen Koblenz und Bingen, wo die Strecke eng dem mäandrierenden Verlauf des Rheins folgt – geschützt als UNESCO-Welterbe Oberes Mittelrheintal -, , war dies jedoch (bislang) nicht möglich.

Bei weiter steigendem Verkehr entwickelte sich die Strecke schon im letzten Jahrhundert immer mehr zu einem verkehrsbetriebswirtschaftlichen Nadelöhr. Da ein weiterer Ausbau der beiden Rheinstrecken sehr teuer geworden wäre, wurde die Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main abseits des Rheintals für den Schienenpersonenverkehr geplant und errichtet. Nach deren Eröffnung 2002 wurde die linke Rheinstrecke im Herbst 2003 aufwändig saniert, der Hauptteil des Personenfernverkehrs verlagerte sich auf die neue Strecke, da diese zwischen Köln und Frankfurt-Flughafen die Reisezeit um genau eine Stunde verkürzte.

Nach Erdbeben im Februar und März 2002 war die linksrheinische Bahnstrecke bis 19. Juli 2002 zwischen Boppard und Oberwesel auf einem 17 Kilometer langen Abschnitt nur eingleisig befahrbar. Die notwendigen Sanierungsarbeiten kosteten fast neun Millionen Euro. Im Januar 2003 begann eine auf 80 Millionen Euro geschätzte erste Generalsanierung des Oberbaus im Abschnitt zwischen Köln und Mainz.⁵³ Durch den Verkehrsrückgang infolge der Inbetriebnahme der Neubaustrecke Köln – Rhein/ Main konnte auf Umleitungen trotz eingleisiger Betriebsführung weitgehend verzichtet werden. Insgesamt wurden mehr als 100 Kilometer Gleis neu verlegt und 165.000 Schwellen ausgetauscht. Diese Generalsanierung war bereits in den

Vorjahren notwendig geworden, war aber aufgrund fehlender Kapazitäten vor Inbetriebnahme der Neubaustrecke nicht möglich.⁵⁴

Am 23. Juni 2011 brannte das Stellwerk in Sankt Goar aus, wodurch in den Bahnhöfen Sankt Goar und Werlau keine Weichen mehr gestellt werden konnten und die Signaltechnik ausfiel. Um trotz fehlendem Stellwerk den Bahnverkehr betreiben zu können, wurden die Weichen mit Handverschlüssen gesichert. Um diese Sicherungsarbeiten durchzuführen, musste die Strecke für fast zwei Tage gesperrt werden. Der Fernverkehr wurde über die rechte Rheinstrecke umgeleitet. Da allerdings die Signale auf dem Streckenabschnitt nicht funktionierten, hat sich die Mindest-Zugfolgezeit erhöht. Danach arbeitete die Deutsche Bahn an einer Lösung, um die zwei Bahnhöfe wieder zu aktivieren und die Leistungsfähigkeit der Strecke wieder zu verbessern. Am 2. Dezember 2011 wurde das elektronische Stellwerk Sankt Goar nach einer Rekordbauzeit von nur wenigen Monaten in Betrieb genommen. Sein Stellbereich umfasst die Bahnhöfe Sankt Goar und Werlau und steuert den Bereich von Kilometer 117,085 bis Kilometer 126,305. Die Signalanlagen werden in ESTW L90-Technik mit einem H/V-Signalsystem betrieben.

Der Streckenabschnitt von Hürth-Kalscheuren über Bonn bis Remagen wurde am 9. Dezember 2016 gemäß der Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung zum überlasteten Schienenweg erklärt.⁵⁵ Im Jahr 2018 wurde ein Plan zur Erhöhung der Schienenwegkapazität vorgelegt, der 2021 aktualisiert wurde.⁵⁶

Am 14. Juni 2019 beschloss der Verbandsgemeinderat St. Goar-Oberwesel, Klage gegen die Deutsche Bahn einzureichen. Der Rat ist der Auffassung, dass die linksrheinische Bahnstrecke zwischen Mainz und Koblenz bis heute keine gültige Baugenehmigung hat und deshalb als „Schwarzbau“ einzustufen ist.⁵⁷

Nach der Planung der DB soll die gesamte Strecke bis zum Jahr 2025 mit dem europäischen System der Zugbeeinflussung *European Train Control System* (ETCS) ausgerüstet werden.⁵⁸ ETCS überwacht - unter Berücksichtigung der ETCS-Bremskurven - insbesondere die zulässige Höchstgeschwindigkeit, aber z. B. auch die Eignung des Zuges für die Strecke und die Einhaltung besonderer Betriebsvorschriften. Diese Standardisierung ermöglicht, die sicherungstechnische Ausrüstung der Züge auf den transeuropäischen Netzen (TEN) stark zu vereinfachen und ein einheitliches, hohes Sicherheitsniveau der Infrastruktur zu gewährleisten. Ziel ist es, die bisherigen unterschiedlichen Zugbeeinflussungs- und Zugleitsysteme innerhalb Europas abzulösen und damit die Investitionskosten für international verkehrende Fahrzeuge zu senken, Zeit bei grenzüberschreitenden Fahrten zu sparen und die Zulassung von Fahrzeugen für den internationalen Verkehr zu vereinfachen. Darüber hinaus werden im Vergleich zu bisherigen Systemen die Kosten für die Instandhaltung und den Betrieb der ortsfesten Anlagen (z. B. Signale) minimiert, der Eisenbahnverkehr sicherer gemacht, »die Streckenkapazität und die Streckengeschwindigkeit erhöht«⁵⁹.

Mit der Vollenbetriebnahme der Neubaustrecke Köln–Rhein/Main zum Fahrplanwechsel im Dezember 2002 wurde das Fernverkehrsangebot reduziert. Heute fahren stündlich zwei Fernzüge je Richtung. Seither hat der Güterverkehr auf der Strecke zugenommen. Aufgrund der weiterhin hohen Streckenbelastung blieb die Strecke überwiegend von Rückbaumaßnahmen verschont, sie bietet daher zahlreiche Ausweich- und Überholmöglichkeiten. In einzelnen Bahnhöfen wurden jedoch Ausweichgleise zurückgebaut – z. B. beide Ausweichgleise in Oberwinter, in Brühl nach dem Eisenbahnunfall von Brühl im Jahr 2000 das Ausweichgleis in Richtung Köln –, ebenso das Überholgleis in Budenheim und das rheinseitige Überholgleis in Uhlerborn.

Die linksrheinische Eisenbahnstrecke zählt heute zu den meistbefahrenen Eisenbahnstrecken Deutschlands und wichtigsten Nord-Süd-Verbindungen im Westen des Landes. Heute verkehren auf der linken Rheinstrecke stündlich ein Regional-Express-Zugpaar von *National Express* zwischen Wesel und Koblenz sowie zweistündlich ein Regional-Express-Zugpaar der DB Regio zwischen Koblenz und Frankfurt am Main. Zudem verbindet ein Zugpaar der *trans regio* (MittelrheinBahn) Köln mit Mainz im Stundentakt, eine weitere Regional-Bahn-Linie verkehrt zwischen Remagen und Bonn bzw. Bonn und Köln. Hinzu kommen diverse Güterzüge, die größtenteils in Hürth-Kalscheuren eingefädelt werden. Trotz der für den Güterverkehr relevanteren rechten Rheinschiene verkehren auch linksrheinisch etliche Güterzüge, die diese Strecke an ihre Kapazitätsgrenze bringen.

7. Verkehrszahlen des Bahnbetriebes

In den Folgejahren nach ihrem historischen Betriebsbeginn waren die beidseitigen Bahnstrecken durch das Mittelrheintal sowohl durch den Personen- als auch Güterverkehr relativ gering frequentiert. Erst mit dem Aufkommen der Industrialisierung stieg der Bedarf an Transportkapazitäten erheblich. Besonders im Güterverkehr spielte das Mittelrheintal eine wichtige Rolle, da die Region eine dichte Industrie- und Agrarstruktur aufwies. Frühzeitige Dampflokomotiven beförderten Waren wie Kohle, Stahl und landwirtschaftliche Produkte durch das Mittelrheintal. Bereits im späten 19. Jahrhundert war eine deutliche Zunahme der Güterzüge zu verzeichnen⁶⁰.

Mit der Elektrifizierung der Strecken ab der Mitte des 20. Jahrhunderts und dem schrittweisen Einsatz moderner Signal- und Steuerungssysteme stiegen die Höchstgeschwindigkeiten der Züge erheblich. Während Dampflokomotiven anfangs nur 60 km/h, später 80 km/h erreichen konnten, ermöglichte der Übergang zu elektrischen Antrieben in den 1960er und 1970er Jahren Geschwindigkeiten von 120–160 km/h im Regionalverkehr. Später, im Zuge des Ausbaus des Fernverkehrs, wurden im linksrheinischen Korridor in Teilstrecken ein Hochgeschwindigkeitsverkehr eingeführt, der heute Personenzuggeschwindigkeiten von bis zu 300 km/h ermöglicht.⁶¹ Auch im Güterverkehr wurden durch Modernisierung der Gleisstrukturen und verbesserte Rollmaterialien höhere Geschwindigkeiten und längere Züge möglich. Dies führte zu einer Effizienzsteigerung, da moderne Güterzüge mittlerweile häufig Längen von über 1.000 Metern erreichen.

Der in den beidseitigen Bahnstrecken eingebaute technische Fortschritt bei Schienen, Weichen und Signaltechnik erlaubte auch eine signifikante Erhöhung der Achslasten. In den frühen Betriebsjahren lagen zulässige Achslasten häufig um 15 Tonnen, während moderne Infrastruktur mittlerweile Achslasten von 22,5 Tonnen (und in einigen Fällen noch höher) zulässt. Dies, kombiniert mit einer längeren Zuglänge, trug erheblich zur Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs bei – insbesondere entlang des Mittelrheintals, wo ein hoher Warenfluss zwischen Industriezentren und Häfen besteht.⁶² Die Steigerung der Achslasten und Zuglängen hat den Güterverkehr auf den beiden Korridoren maßgeblich geprägt. Während der linksrheinische Korridor traditionell als wichtiger Transportweg für Schwerlasten und Großgüter fungierte, hat der rechtsrheinische Streckenabschnitt zunehmend auch die Anforderungen des modernen intermodalen Transports (Umladung, Containerverkehr) übernommen. Die kontinuierliche Modernisierung der Eisenbahninfrastruktur, wie beispielsweise die Einführung digitaler Steuerungssysteme (ETCS), unterstützt diese Entwicklung.

Die DB InfraGO AG übermittelte dem Eisenbahn-Bundesamt zur Berechnung des Umgebungslärms für das Gesamtjahr 2021 folgende Zahlen:

Zugzahlen 2021 für die rechtsrheinische Bahnstrecke

	südl. Koblenz	nördl. Koblenz
Fernverkehr Tag	7	65
Fernverkehr Abend	2	177
Fernverkehr Nacht	55	312
Fernverkehr Summe	64	554
Regionalverkehr Tag	10.576	17.190
Regionalverkehr Abend	4.170	5.828
Regionalverkehr Nacht	2.070	4.450
Regionalverkehr Summe	16.816	27.468
Güterverkehr Tag	22.177	22.650
Güterverkehr Abend	7.352	7.915
Güterverkehr Nacht	21.224	22.448
Güterverkehr Summe	50.753	53.013
Summe Gesamtverkehr	67.633	81.035

Verkehrszahlen für die linksrheinische Bahnstrecke (2021)

	südl. Koblenz	nördl. Koblenz
Fernverkehr Tag	11.105	12.964
Fernverkehr Abend	3.437	4.358
Fernverkehr Nacht	3.927	4.136
Fernverkehr Summe	18.469	21.458
Regionalverkehr Tag	19.211	17.912
Regionalverkehr Abend	5.275	5.830
Regionalverkehr Nacht	3.169	4.933
Regionalverkehr Summe	27.655	28.675
Güterverkehr Tag	6.986	11.924
Güterverkehr Abend	3.984	6.358
Güterverkehr Nacht	16.239	21.868
Güterverkehr Summe	27.210	40.150
Summe Gesamtverkehr	73.334	90.283

Für die beiden Bahnstrecken durch das Mittelrheintal liegen Prognosen zur zukünftigen Verkehrsentwicklung vor. Die Verkehrsprognose 2030 für den Bundesverkehrswegeplan 2030 beziffert eine signifikante Zunahme des Güterverkehrs auf der Schiene um 43 % im Vergleich zum Basis Jahr 2010. Die langfristige Verkehrsprognose 2040 beziffert im Fachteil 4 ausweislich des im Internet veröffentlichten „Berichts zur Überprüfung der Bedarfspläne für die

Verkehrsträger Schiene, Straße und Wasserstraßen“ für den Prognosezeitraum von 20 Jahren zwischen 2019 und 2040 eine Steigerung der Personenverkehrsleistung auf der Schiene von 71 % (Bericht, Kap. 5.1.2, S. 85) und der dortigen Güterverkehrsleistung von 35,3 % (S. 87). Eine 2007 im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums erstellte Verkehrsstudie des Institutes *Prograns* sagt eine langfristige Steigerung der Verkehrsleistung des Güterverkehrs bis zum Jahr 2050 um das doppelte (1.218 Mrd. tkm) vorher. Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat im Kurzgutachten „Schienengüterverkehr 2050 – Szenarien für einen nachhaltigen Güterverkehr“ eine erhebliche Verkehrssteigerung prognostiziert.

Diese Steigerungsraten sind nach dem oben zitierten Gutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen mit dem derzeitigen Zustand der Bahnstrecken durch das Mittelrheintal erkennbar nicht zu bewältigen, sondern erfordert zwingend Maßnahmen zur wesentlichen Steigerung der dort zu bewältigen Transportkapazitäten. Der Sachverständigenrat benennt dazu die Entwicklung Leit- und Sicherungstechnik, der Zugkommunikation in Kombination mit dichtem Auffahren der Züge (Blockabstände) als zentralen Ansatz und prognostiziert für die Funktionalität mit ETCS Level 2 eine Kapazitätssteigerung auch stark ausgelasteter Strecken um 40 % und im Vergleich zum bereits hoch leistungsfähigen CIR-ELKE-System noch Kapazitätswachse von 20 % (Sachverständigenrat, Güterverkehr 2050, Seite 20).

Das zweite große Potenzial sieht der Sachverständigenrat in der Verkehrssteuerung. Statt Fahrplan basiert unter Einbeziehung von Reserven für Witterung, Leistungseinschränkung, Bemühungen oder Bauarbeiten (Sperrpausen) würde sich gerade der Schienen Güterverkehr für einen „Free-Float“ mit einem Kapazitätsgewinn von 20 % auf hochbelasteten Strecken anbieten bei dem die Züge nur noch kapazitätsorientiert verkehren. Nach Bewertung des Rates kann damit ein Maximum an Kapazitätsdurchsatz erreicht werden, weil die Züge so auf die Strecke geschickt werden, wie der Durchsatz optimiert wird (Harmonisierung der Geschwindigkeit, optimale Überholungssituation mit schnell fahrenden Personenzügen, Einhaltung/Rückgewinnung der Pünktlichkeit im Personenverkehr). Die neue Betriebsverfahren würde hoch leistungsfähige Zugsteuerungs- und Voraussagesysteme erfordern, die auch ungeplante Entwicklungen mitberücksichtigen können und in ihre Entscheidungsfindung einbeziehen.

Die Europäische Union strebt auch mit dem Instrument des europäischen Green Deal das Ziel an, bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen und die verkehrsbedingten Emissionen bis 2050 um 90 % zu senken. Die Kommission fordert dazu stärkere Maßnahmen zur Anknüpfung des multimodalen Verkehrs und zur Verlagerung eines wesentlichen Teils der 75 % des derzeit auf der Straße abgewickelten Güterbinnenverkehrs auf die Schiene und auf Binnenwasserstraßen, wobei eingeräumt wird, dass dies „Maßnahmen zur besseren Verwaltung und zur Erhöhung der Kapazität des Schienenverkehrs“ erfordert. Zu den Etappenzielen dieser EU-Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität gehören eine Zunahme des Schienengüterverkehrs bis 2030 um 50 % und eine Zunahme um 100 % bis 2050 sowie eine Verdoppelung des Hochgeschwindigkeitspersonenverkehrs bis 2030 und eine Verdreifachung bis 2050. In dieser Strategie wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, die grenzüberschreitende Koordinierung und Zusammenarbeit zwischen den Eisenbahninfrastrukturbetreibern zu stärken, das Gesamtmanagement des Schienennetzes zu verbessern und neue Technologien

einzusetzen, um den Schienengüterverkehr zu fördern. In der Strategie kündigte die Kommission an, dass sie überarbeitete Vorschriften für die Zuweisung der Fahrwegskapazität im Einklang mit den laufenden Initiativen im Eisenbahnsektor vorschlagen werde. Im Aktionsplan zur Förderung des Schienenpersonenverkehrs auf Fern- und grenzüberschreitenden Strecken hat die Kommission ihre Absichten ausführlicher dargelegt und angekündigt, dass sie an einer Initiative zur Verbesserung der Verfahren für die Kapazitätszuweisung und das Verkehrsmanagement im Hinblick auf eine bessere Koordinierung der Kapazitätszuweisung innerhalb des gesamten Eisenbahnsystems, das Personen- und Güterverkehrsdienste abdeckt, arbeiten werde. Zusammengefasst trägt diese EU- Initiative auch zur Verwirklichung des Ziels 13 für nachhaltige Entwicklung bei („Umgehende Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen“), da durch ein besseres Kapazitätsmanagement die Entwicklung von Schienenverkehrsdiensten vorangetrieben wird und diese besser an die Bedürfnisse der Kunden angepasst werden können. Dies werde zu einer höheren Verfügbarkeit und Nutzung der Schiene als umweltfreundlichen Verkehrsträger führen.

8. Umgebungslärm des Bahnbetriebs im Mittelrheintal

Schallpegel des Straßen-/Eisenbahnverkehrs an einem Immissionspunkt können gemessen oder berechnet werden. Insbesondere beim Straßen- und Schienenverkehr bildet die Berechnung von Schallimmissionen die wesentliche Grundlage für die Lärmvorsorge und die Lärmsanierung. Die Schallpegelmessung eignet sich nach Bewertung des Umweltbundesamtes und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz »hierfür nicht, da die Messung immer von den jeweils gerade vorherrschenden Randbedingungen abhängt (beispielsweise Witterungseinflüsse, Hintergrundgeräusche oder auch schwer erfassbare – auch längerfristige – zeitliche Schwankungen der Verkehrsstärke) und demzufolge immer nur Momentaufnahmen an einzelnen Messorten zulässt«. ⁶³

Für Bestandsstrecken der Eisenbahn gibt heute die Berechnungs- und Bewertungsvorschrift Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS) als Stand der Technik die Methodik einer Berechnung des Verkehrslärms von Bahnstrecken des Bestandes zwingend vor. Die Berechnungsverfahren sind nach den Erfahrungen der Praxis so konzipiert, dass in nahezu allen Fällen die Ergebnisse von Vergleichsmessungen unter denen der Berechnung liegen.

Das zur Kartierung des Umgebungslärms vom Bundesgesetzgeber gemäß § 47e BImSchG in Umsetzung der Richtlinie 2002/49/EG - ULR - über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm beauftragte und zuständige Eisenbahn-Bundesamt hat seit 2011 im Turnus von fünf Jahren den Umgebungslärm auf Grundlage der von der DB Netz AG zur Verfügung gestellten Betriebsdaten den Beurteilungspegel des Bahnbetriebs an den entlang der Bahntrassen gelegenen Hausfassaden und dort in 4 m Höhe über Geländeoberkante berechnet und auf der Homepage der Behörde dokumentiert. Zweck der Berechnung ist es, die Belastung durch Umgebungslärm zu ermitteln, darzustellen und die Öffentlichkeit zu informieren. Außerdem müssen verschiedene Ergebnisse wie etwa die Anzahl von Lärm belasteten Personen an die EU-Kommission berichtet werden. Die Ergebnisse der Lärmkartierung dienen darüber hinaus

als Grundlage der Lärmaktionsplanung, die ein weiterer Bestandteil der oben zitierten europäischen Umgebungslärmrichtlinie ist.

Diese Lärmkartierung erfolgt nach einer für die Mitgliedstaaten gemeinsamen Bewertungsmethode mit Lärmindizes. Ein Lärmindex ist die physikalische Kenngröße, die in der Lärmkartierung verwendet wird. Die nationalen Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften, die z.B. im Rahmen der Lärmsanierung heranzuziehen sind, unterscheiden beim Verkehrslärm die beiden Beurteilungszeiträume Tag (6 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 6 Uhr). Getrennt für diese Beurteilungszeiträume werden Beurteilungspegel berechnet und mit den jeweils einschlägigen Grenzwerten verglichen. Dies ist bei der Berechnung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie anders. Hier werden drei Zeiträume unterschieden: Tag (Day) (6 – 18 Uhr), Abend (Evening) (18 – 22 Uhr) und Nacht (Night) (22 – 6 Uhr). Getrennt für diese Zeiträume wird je ein Lärmindex (L_{Day} , L_{Evening} und L_{Night}) in Form von A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegeln (Mittelungspegeln) berechnet. Zusätzlich wird ein gewichteter 24-Stundenwert berechnet. Dieser Tag-Abend-Nacht-Lärmindex (L_{DEN}) ist ein Maß für die Belästigung durch den Umgebungslärm, denn bei seiner Berechnung wird die höhere Empfindlichkeit in den Zeiträumen „Abend“ und „Nacht“ gegenüber Lärmimmissionen am Tage (L_{Day}) durch entsprechende Zuschläge berücksichtigt. Immissionen im Abendzeitraum gehen etwa 3-fach, im Nachtzeitraum 10-fach gewichtet in den L_{DEN} ein, d.h., dem L_{Evening} werden 5 dB und dem L_{Night} 10 dB hinzuaddiert.

Eine direkte Vergleichbarkeit dieser Lärmindizes der Lärmkartierung mit den Grenzwerten der nationalen Vorschrift für den Neubau oder wesentliche Änderung einer Bahnanlage (16. BImSchV) ist nicht gegeben, da sich die Grenzwerte ausschließlich auf die gemäß dieser Vorschrift ermittelten Beurteilungspegel beziehen. Allerdings entspricht es der Erfahrung von Lärmsachverständigen, dass die Ergebnisse des berechneten Lärmindex Nacht in der Ermittlungspraxis nur um maximal drei Dezibel von dem nach Anl. 2 zur Verkehrslärmschutzverordnung zu berechnenden Beurteilungspegel für die nach Zeitraum abweichen.

Gegenüber den vorangegangenen Runden der Lärmkartierung greifen auf Ebene der Europäischen Union seit 2021 nunmehr mehrere Änderungen. So hat die Kommission ein neues, verpflichtend anzuwendendes Reportsystem eingeführt und Methoden zur Bewertung auch der gesundheitsschädlichen Auswirkung des Umgebungslärms vorgegeben. Die wesentlichste Änderung ist, dass anstelle der Vorläufigen Berechnungsmethode Schienenverkehrslärm (VBUSch) nun erstmals die EU-weit eingeführte und bereits oben angesprochene Berechnungs- und Bewertungsvorschrift *Common Noise Assessment Methods in Europe - CNOSSOS* - anzuwenden ist.

Die aktuellen und im Juni 2022 veröffentlichten Berechnungsergebnisse der vierten Runde dieser Berechnung des Umgebungslärms sind auf dem Geoportal des Eisenbahn-Bundesamtes grafisch differenziert für den Lärmindex Nacht (L_{Night}) und den Lärmindex Tag-Abend-Nacht L_{DEN} mit Farbschattierungen differenziert abgebildet. Diese Behörde berechnete zuletzt auf Grundlage der von der DB zur Verfügung gestellten Betriebsdaten und Fahrpläne – der zwölf

Monate des Jahres 2021 – für die Fassaden aller Gebäude im Rheintal die im Geoportal farblich dargestellten Wege.

Der Sachverständige Dipl.-Ing. Uwe Ritterstaedt hat in der im Anhang beigefügten Tabelle in Auswertung dieser Darstellung jene 87 Hausgrundstücke im Mittelrheintal zwischen Bonn und Mainz exzerpiert, an deren Fassaden Überschreitungen des nächtlichen Beurteilungspegels von Ln 60 dB(A) auftreten. Einzelne Häuser wurden nur erwähnt, wenn sie im Zusammenhang mit weiteren Häusern stehen, sodass sich Cluster bilden.

Die Verwendung der neuen Vorschrift CNOSSOS brachte bei Berechnung des Umgebungslärms der Runde 3 verschiedene Änderungen mit sich, die einen direkten Vergleich der Resultate aus vorangegangenen Runden mit den Aktuellen nicht zulassen. Untersuchungen zeigen nach Bewertung durch das Eisenbahn-Bundesamt bei der Verwendung von CNOSSOS-DE bei gleicher Verkehrszusammensetzung in bebauten Bereichen eine erkennbar höhere Abschirmwirkung als bei der bislang verwendeten Methode VBUSch. Dagegen sieht die Behörde in Bereichen mit eher freier Schallausbreitung nach CNOSSOS-DE höhere Belastungen.

Die Kartierung des Umgebungslärms durch das Eisenbahn-Bundesamt in Umsetzung der Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - ULR - für den Bereich des Schienenverkehrs in allen abgeschlossenen Runden berücksichtigte verschiedene Parameter der Schienenfahrzeuge, des Fahrweges und von Schallschutzeinrichtungen. Dabei wurde aber jeweils ein durchschnittlicher, dem Stand der Technik entsprechend gepflegter Zustand der Schienenoberfläche und der Räder und Bremsen des Waggonmaterials unterstellt.

Das Eisenbahn-Bundesamt errechnete auf Grundlage der Betriebszahlen der DB für die hier exemplarisch herausgegriffene Stadt Koblenz folgende geschätzte Zahlen der vom Umgebungsschlamm in ihren Wohnungen belasteten Menschen (gemäß BEB)

Tag-Abend-Nacht-Lärmindex

ab 55 dB (A) bis 59 dB (A)	7360
ab 60 dB (A) bis 64 dB (A)	4730
ab 65 dB (A) bis 69 dB (A)	2890
ab 70 dB (A) bis 75 dB (A)	1060
ab 75 dB (A)	340

Nacht-Lärmindex

ab 45 dB (A) bis 49 dB (A)	11.960
ab 50 dB (A) bis 54 dB (A)	6690
ab 55 dB (A) bis 59 dB (A)	4220

ab 60 dB (A) bis 64 dB (A)	2330
ab 65 dB (A) bis 69 dB (A)	980
ab 70 dB (A)	170

Auf der gleichen Grundlage schätzt das Eisenbahn-Bundesamt in Koblenz die Zahl der durch gesundheitsschädliche Auswirkungen und Belästigungen durch dem Bahnlärm betroffenen Menschen mit starker Belästigung über 24 Stunden (L_{DEN}) auf 3.350 Menschen und mit starker Schlafstörung (L_{Night}) auf 1894 Menschen.

Das Eisenbahn-Bundesamt beziffert die von Umgebungslärm belasteten Flächen in Koblenz (> 55 dB (A)) auf 16,05 ha, die dort belasteten Wohnungen auf 7.800, die belastete Schulen auf 21 und die belastende Krankenhäuser auf 9.

Vergleichbare Belastungszahlen berechnete das Eisenbahn-Bundesamt auch für folgende 18 vertieft untersuchte Städte und Gemeinden, die auf den beiden Rheintal-Bahnstrecken durchfahren werden: Bacharach, Bad Breisig, Bingen, Boppard, Braubach, Brohl-Lützing, Eltville, Filsen, Kamp-Bornhofen, Kaub, Kestert, Niederheimbach, Oestrich-Winkel, Osterspai, Sankt Goar, Sankt Goarshausen, Trechtinghausen und Walluf. Diese Gemeinden haben zusammen 102.874 Einwohner, von den 30.787 Menschen in 15.114 Wohnungen nach den Maßgaben des Umweltbundesamtes bzw. der Weltgesundheitsorganisation durch nächtlichen Bahnlärm in ihrer Gesundheit gefährdet werden. Auch Bildungseinrichtungen auf gemeindeeigenen Grundstücken sind durch dem Bahnlärm schwer betroffen; in den 18 Gemeinden sind 43 Schulen mit Bahnlärm oberhalb der Schwelle einer Gesundheitsgefahr belastet, davon vier Schulen mit extremen Fassaden bilde oberhalb von 65 dB (A). Selbst fünf Krankenhäuser sind in diesem Gemeinden einem Bahnlärm oberhalb der Schwelle einer Gesundheitsgefährdung ausgesetzt.

Selbst nach den weniger strengen Kriterien des Bundesverwaltungsgerichts werden in diesen 18 Kommunen 7.226 Menschen in ihrer Gesundheit gefährdet.

Durch den Zweckverband Welterbe Oberes Mittelrheintal wurde ein schalltechnisches Ingenieurbüro beauftragt, an vier ausgewählten Immissionspunkten die Bahnlärmimmissionen jeweils über 24 Stunden zu messen und entsprechend auszuwerten. So wurden rechtsrheinisch in Filsen und in Assmannshausen und linksrheinisch in St. Goar und Bacharach jeweils vor Wohnungsfenstern schutzbedürftiger Räume im Sinne der DIN 4109 (0,5 m vor den Fenstern) gemessen. Gleichzeitig wurden die Messwerte digital aufgezeichnet und später im Labor ausgewertet. Für jeden registrierten Zug wurden sowohl die jeweiligen Mittelungspegel (tags/ nachts 83 bis 101 dB(A)/ 85 - 102 dB(A)), die Einwirkzeiten (bis 85 Sekunden) und die maximalen Spitzenpegel (tags/ nachts 92 - 107 dB(A)/ 85 - 102 dB(A)) ausgewertet.

Die Vorbeifahrt der Güterzüge bewirkt durch ihre hohe Geschwindigkeit insbesondere in der Abend- und Nachtzeit, wenn der Straßenverkehr durch LKWs und privaten Kraftfahrzeuge

weitgehend zum Erliegen gekommen ist, ein unerwartet plötzliches Anschwellen des Bahnlärms hin zu einem hohen Schalldruckpegel mit besonders störenden tiefen Frequenzen, was zu einem störenden Wechsel der Schlaftiefe und einem ungewollt häufigen nächtlichen und morgens zu einem vorzeitigen Aufwachen der Anwohner führt.

Das Mittelrheintal ist erkennbar ein Schwerpunkt der Belastung der Anlieger durch Verkehrslärm des Eisenbahnbetriebs. Aber auch in den Metropolen der übrigen Republik addiert sich die Zahl der Bürger, die nach Bewertung der Weltgesundheitsorganisation insbesondere durch nächtlichen Betriebslärm der Bahn in ihrer Gesundheit beeinträchtigt werden bzw. bei denen der Immissionsgrenzwert für ein Mischgebiet von nachts 54 dB (A) durch den Bahnbetrieb überschritten wird auf mehr als 1 Million Menschen. Nach Auswertung der Berechnung des Umgebungslandes durch das Eisenbahn-Bundesamt sind dies beispielhaft in Berlin ca. 45.000, in München über 20.000, in Köln über 15.000 und in Frankfurt und Düsseldorf jeweils über 10.000 Anwohner der dortigen Bahnstrecken.

9. Gefährdung der Gesundheit durch Feinstaub

Nach den fachlichen Untersuchungen des Umweltbundesamtes gilt es als erwiesen, dass sich Feinstaub negativ auf den Gesundheitszustand des Menschen auswirkt.⁶⁴ Dies ist nicht nur dann der Fall, wenn sich an der Oberfläche von Stäuben gefährliche Stoffe wie Schwermetalle oder Krebs erzeugende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) anlagern. Auch die Staubpartikel selbst stellen ein Gesundheitsrisiko dar. Je nach Größe der Staubpartikel können sich ihre Wirkungen unterscheiden, denn je kleiner die Partikel sind, desto tiefer gelangen diese in den Atemtrakt. Grober Feinstaub wird meist bereits in der Nase abgefangen, wohingegen feinere Partikel (Partikel kleiner als 2,5 Mikrometer) tiefer in die Lungen vordringen können: in die Bronchien, Bronchiolen und auch in die Lungenbläschen, die sog. Alveolen. Ultrafeine Partikel (Partikel kleiner als 100 Nanometer) dringen ebenfalls bis in tiefe Zellebenen der Lunge vor und können von dort auch ins Blut oder in das Lymphsystem gelangen. Je kleiner die Partikel sind, desto unwahrscheinlicher ist es auch, dass diese wieder abgeatmet werden oder dass die Reinigungszellen der Lunge sie erkennen und bekämpfen.

Die Feinstaubpartikel lösen Entzündungen und Stress in menschlichen Zellen aus. Hält dies über einen längeren Zeitraum an, kann es zu Erkrankungen führen. Die langfristigen Effekte von Feinstaub (insbesondere PM_{2,5}), die bei einer Belastung über Monate und Jahre entstehen, wirken sich auf die Atemwege (z. B. Asthma, verringertes Lungenwachstum, Bronchitis, Lungenkrebs), das Herz-Kreislaufsystem (z. B. Arteriosklerose, Bluthochdruck, Blutgerinnung), den Stoffwechsel (z. B. Diabetes Mellitus Typ 2) und das Nervensystem (z. B. Demenz) aus.⁶⁵ Eine kurzfristige (Stunden oder Tage andauernde), hohe Belastung kann zu Bluthochdruck, Herzrhythmusvariabilität sowie Krankenhaus- und Notfalleinweisungen meist aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Insgesamt erhöht Feinstaub die Sterblichkeit.⁶⁶ Langfristige Exposition gegenüber Feinstaub wird mit einer erhöhten Sterblichkeit durch Herzinfarkte und Schlaganfälle in Verbindung gebracht. Studien zeigen, dass eine dauerhafte Belastung mit PM_{2,5} das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen deutlich erhöht.

Feinstaub stellt eine besondere Belastung für Kinder, Menschen mit vorgeschädigten Atemwegen und ältere Personen dar. Kinder atmen im Verhältnis zu ihrer körperlichen Größe mehr Luft ein als Erwachsene. Zudem befindet sich ihre Lunge im Wachstum. Eine Schädigung und beeinträchtigte Funktion der Lunge, die durch Feinstaub entstehen kann, kann sich somit auf ihr weiteres Leben auswirken. Menschen mit vorgeschädigten Atemwegen, wie Asthma oder chronischer obstruktiver Lungenerkrankung, reagieren besonders empfindlich auf Feinstaub und es kann zu vermehrten Asthmaanfällen und auch Krankenhauseinweisungen kommen. Auch ältere Menschen sind besonders gefährdet, was eine erhöhte Feinstaubkonzentration angeht, insbesondere dann, wenn sie unter chronischen Krankheiten leiden.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Europäische Umweltagentur (EEA) haben schon 2021 allgemeine Studien zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub veröffentlicht (<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>). Die Ergebnisse zeigen, dass es auch bei niedrigen Feinstaubkonzentrationen keine unbedenkliche Untergrenze gibt, insbesondere bei PM_{2,5}-Partikeln. Chronische Belastungen können das Risiko für Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen erhöhen und sind zudem mit einem erhöhten Krebsrisiko verbunden.⁶⁷ Die Feinstaubbelastung sollte also so gering wie möglich sein, um gesundheitsschädliche Effekte zu minimieren.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gelten seit dem 1. Januar 2005 europaweit Grenzwerte für die Feinstaubfraktion PM₁₀. Der Tagesgrenzwert beträgt 50 µg/m³ und darf nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden. Der zulässige Jahresmittelwert beträgt 40 µg/m³. Für die noch kleineren Partikel PM_{2,5} gilt seit 2008 europaweit ein Zielwert von 25 µg/m³ im Jahresmittel, der bereits seit dem 1. Januar 2010 eingehalten werden soll. Seit 1. Januar 2015 ist dieser Wert verbindlich einzuhalten.

Die Feinstaubbelastung im Mittelrheintal wird durch das Zentrale Immissionsmessnetz Rheinland-Pfalz (ZIMEN)⁶⁸ überwacht, das vom Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz betrieben wird. ZIMEN umfasst 26 automatisch registrierende Messstationen, die kontinuierlich Luftschadstoffe erfassen. Diese Stationen sind sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten positioniert, um ein umfassendes Bild der Luftqualität zu erhalten. Die Messstationen von ZIMEN sind mit modernen Analysegeräten ausgestattet, die kontinuierlich verschiedene Schadstoffe, einschließlich Feinstaubpartikel (PM₁₀ und PM_{2,5}), messen. Die Daten werden in Echtzeit erfasst und ausgewertet, um sowohl kurzfristige als auch langfristige Trends der Luftqualität zu beobachten. Die Ergebnisse werden regelmäßig veröffentlicht und sind der Öffentlichkeit zugänglich.⁶⁹ Vier Hauptquellen für Feinstaub im Mittelrheintal werden durch das Landesamt für Umwelt identifiziert:

- Verkehr

Emissionen aus dem Schiffs-/Straßenverkehr, insbesondere von Diesel- und Benzinfahrzeugen, tragen erheblich zur Feinstaubbelastung bei.

- Industrie

Industrielle Prozesse und Heizkraftwerke emittieren Feinstaub und andere Schadstoffe in die Atmosphäre.

- Heizungen

Der Einsatz von Holz- und Kohleöfen in Haushalten führt zu zusätzlichen Feinstaubemissionen, insbesondere in den Wintermonaten.

- Landwirtschaft

Bodenbearbeitung und Tierhaltung können ebenfalls zur Freisetzung von Feinstaub beitragen.

Aber auch der Schienenverkehr bewirkt bei jeder Fahrt durch besiedelte Bereichen, dass die fort abgelagerten Feinstäube aufgewirbelt werden und Teil der Atemluft der Menschen werden.

Die WHO hat einen Richtwert von 5 µg/m³ im Jahresmittel für PM_{2.5} und 15 µg/m³ im Jahresmittel für PM₁₀ empfohlen.⁷⁰ **Dieser** Richtwert wird nach dem Jahresbericht ZIMEN 2023 im Mittelrheintal für PM_{2,5} an den Messstationen Koblenz Friedrich Ebert Ring (9 µg/m³) und in Mainz Parcusstraße (10 µg/m³) um das Doppelte überschritten. Der gesetzliche Jahresmittelgrenzwert für PM_{2,5} liegt fünffach höher bei 25 µg/m³ und für PM₁₀ liegt mehr als 150 % über der Empfehlung bei 40 µg/m³ und wird im Jahresmittel an keiner Messstation im Mittelrheintal überschritten. Die aktuellen Auswertungen zeigen, dass die Luftqualität in Rheinland-Pfalz, einschließlich des Mittelrheintals, in den letzten Jahren verbessert wurde. Die gemessenen Feinstaubkonzentrationen liegen überwiegend unter den gesetzlich festgelegten Grenzwerten. Dennoch können bei bestimmten Wetterlagen, wie beispielsweise Inversionswetterlagen, temporär erhöhte Feinstaubwerte auftreten.

Nach den Erhebung der Emissionen des Schienenverkehrs durch das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz für die beiden Bahnstrecken durch das Mittelrheintal im Stadtgebiet von Koblenz beziffert die Behörde die Jahresfracht (2018) der Emissionen des Schienenverkehrs – nicht nur von Feinstaub - auf Grundlage der Angaben der Deutschen Bahn AG wie folgt:

Kohlendioxid (CO ₂) mit	932.972 kg
Stickstoffoxide (NO _x) mit	12.735 kg
Kohlenmonoxid (CO) mit	2.179 kg
Nichtmethankohlenwasserstoffe (NMVOC) mit	914 kg
Methan (CH ₄) mit	22 kg
Schwefeloxide (SO ₂) mit	6 kg
Distickstoffmonoxid (N ₂ O) mit	35 kg
Feinstaub (PM ₁₀) im Abgas und aus Abrieben mit	33.014 kg

Feinstaub (PM2,5) – nur Abgas -	295 kg
Ruß (nur Abgas) mit	165 kg

Die Emissionsfracht von ca. 33.014 kg stammt zusammengefasst von mechanischen Abriebprozessen, wie beispielsweise dem Abrieb der Lok- und Waggonbremsen, der Räder und der Schienen sowie durch aufgewirbelten Staub entlang der Gleise. Bei der Reibung von Rädern auf den Schienen, beim Bremsen der Züge und beim Schleifen der Schienenoberflächen entstehen feine Metallstäube. Die Staubentwicklung bei dem vorgenannten Schleifen der Schienenoberflächen könnte abgesaugt und dadurch die Anwohner entlastet werden, aber das wird nicht praktiziert.

In dicht besiedelten Gebieten wurden zahlreiche Studien zur Belastung der Luft durch Feinstaub aus dem Schienenverkehr durchgeführt. Eine bedeutsame Untersuchung hierzu ist die Studie des Umweltbundesamtes (UBA) aus dem Jahr 2022, die in mehreren Ballungszentren erhöhte Konzentrationen von Feinstaub in der Nähe von Bahnstrecken und Bahnhöfen nachgewiesen hat. Das UBA liefert darin umfassende Informationen zu Feinstaubquellen, Gesundheitsrisiken und der aktuellen Belastungssituation in Deutschland, einschließlich der PM10- und PM2,5-Werten und der Überschreitung kritischer Schwellen in städtischen und verkehrsnahen Gebieten.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/feinstaubbelastung-in-deutschland>

Die UBA-Studien zeigen, dass Feinstaub aus mechanischem Abrieb zwar im Vergleich zu Fahrzeugabgasen andere chemische Eigenschaften aufweist, gesundheitlich aber ebenso belastend sein kann. Der Abrieb enthält häufig Schwermetalle und andere toxische Partikel, die tief in die Lunge eindringen und entzündliche Reaktionen auslösen können.

Die Landesbehörden sind gemäß § 47 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) verpflichtet, in einem Luftreinhalteplan eine sorgfältige und umfassende Aufklärung der Ursachen und gesundheitlichen Risiken für die Feinstaubbelastung auch an Bahnstrecken vorzunehmen und wirksame, verhältnismäßige Maßnahmen zu entwickeln, die die Feinstaubbelastung auch durch den Bahnbetrieb langfristig reduzieren. Die Umsetzung dieser Pflicht obliegt in der Regel den Umweltministerien der Länder oder speziellen Umweltbehörden (z.B. Landesumweltämtern), die dann regionale Luftreinhaltepläne entwickeln und überwachen.

Obwohl die Luftreinhaltung primär in der Zuständigkeit der Landesbehörden liegt, ist das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als Fachbehörde bei Emissionen aus dem Eisenbahnbetrieb einzubeziehen. Da Eisenbahnen dem Bundesrecht unterliegen und das EBA die Sicherheits- und Betriebsaufsicht innehat, kooperieren die Landesbehörden mit dem EBA, um Maßnahmen für den Eisenbahnbereich abzustimmen.

Ein Luftreinhalteplan muss umfassend dokumentieren, analysieren und klare Maßnahmen zur Senkung der Feinstaubbelastung definieren. Die Anforderungen an die Aufklärung und

die Maßnahmenableitung ergeben sich aus der EU-Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) und der Verwaltungspraxis des BImSchG. Hierzu gehören:

- Erfassung und Analyse der Feinstaubbelastung

Die Belastung durch Feinstaub (PM10, PM2,5) muss im Plangebiet durch zuverlässige Messungen ermittelt werden. Es sind regelmäßige, ortsgebundene Messungen und Modellberechnungen durchzuführen, um genaue Daten über die Feinstaubkonzentrationen entlang der Bahnstrecken zu erhalten.

- Identifizierung der Emissionsquellen

Eine genaue Zuordnung der Feinstaubemissionen ist erforderlich, um die spezifischen Belastungen durch den Bahnverkehr von anderen Quellen (z.B. Straßenverkehr, Industrie) zu unterscheiden. Hierzu werden spezielle Quellenanalysen und ggf. Gutachten über die einzelnen Emittenten benötigt.

- Gesundheitsbewertung

Die gesundheitlichen Risiken der gemessenen Feinstaubkonzentrationen müssen in Bezug auf die Anwohner im Plangebiet bewertet werden. Dies beinhaltet eine Risikobewertung unter Berücksichtigung der WHO-Grenzwerte sowie bestehender Grenzwerte nach EU- und deutschem Recht.

- Ermittlung und Prüfung von Minderungsmaßnahmen

Der Luftreinhalteplan muss konkrete Maßnahmen zur Verringerung der Feinstaubbelastung festlegen. Im Eisenbahnbereich könnten das beispielsweise sein:

- Einsatz emissionsärmerer Bremssysteme oder Schienenpflagemassnahmen zur Reduktion des Abriebs.
- Technische Anpassungen wie Schallschutzwände oder Bewässerung der Gleisbetten, die Staubaufwirbelungen mindern.
- Einschränkungen im Betriebsablauf, etwa die Reduktion von Bremsvorgängen in sensiblen Bereichen.

- Ergebnisüberwachung und Fortschreibung

Im Plan muss festgelegt werden, wie die Wirksamkeit der Maßnahmen überwacht und wie der Plan fortgeschrieben wird, falls die Maßnahmen unzureichend sind oder neue Belastungsquellen hinzukommen.

Die EU und das deutsche Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) setzen Grenzwerte für PM10- und PM2,5-Feinstaub fest, die nicht überschritten werden dürfen. Die zuständigen Behörden sind verpflichtet, Maßnahmen zur Einhaltung dieser Grenzwerte zu ergreifen. Werden die Grenzwerte überschritten, können Anwohner die zuständigen Umweltbehörden auf die Einhaltung der Grenzwerte hinweisen und Schutzmaßnahmen verlangen.

Nach § 5 Abs. 1 Nr. 1 AEG müssen Eisenbahninfrastruktureinrichtungen, also auch Bahnstrecken, so betrieben werden, dass „die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere das Leben und die Gesundheit von Menschen, nicht gefährdet wird“. Diese allgemeine Gefahrenabwehrpflicht umfasst auch den Schutz vor gesundheitsschädlichen Emissionen wie Feinstaub. Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) ist daher verpflichtet, bei konkreten Gesundheitsgefahren, die durch Feinstaubemissionen ausgehen, einzuschreiten und geeignete Maßnahmen zu prüfen. Die Vorschrift des § 5 Abs. 2 AEG erweitert die Anforderungen des § 5 Abs. 1 AEG durch die Verpflichtung, „schädliche Umwelteinwirkungen“ im Rahmen des Möglichen zu vermeiden. Während sie in der Vergangenheit oft mit Blick auf die Konflikte um Schallimmissionen diskutiert wurde, kann sie auch auf andere Emissionen angewandt werden, insbesondere wenn dadurch die Gesundheit von Anwohnern gefährdet wird. Bei Feinstaubbelastungen in der Nähe von Bahnstrecken, die nachweislich gesundheitsschädlich sind, ist das EBA auch zum vorsorglichen Schutz der Anwohner verpflichtet.

Das AEG enthält zwar keine direkte Verpflichtung zur Einhaltung von Luftqualitätsstandards. Jedoch müssen die deutschen Behörden die EU-Luftqualitätsrichtlinien (z.B. die Richtlinie 2008/50/EG) beachten. Wenn die Feinstaubkonzentration an Bahnstrecken dazu führt, dass die gesetzlichen Grenzwerte überschritten werden, kann dies auch nach EU-Recht Maßnahmen gegen den Emittenten – hier die Deutsche Bahn – erforderlich machen. Geht von der Grenzwertüberschreitung eine Gesundheitsgefahr aus, können Anwohner der Bahnstrecke vom Eisenbahn-Bundesamt eine Ermessensentscheidung zum Einschreiten gegen die Bahn rechtlich mit hinreichendem Erfolg einfordern. Konkret können Anwohner sich mit einer Eingabe an das Eisenbahn-Bundesamt wenden und die Einhaltung der allgemeinen Gefahrenabwehrpflicht (§ 5 Abs. 1 AEG) als subjektiv-öffentliches Recht unter Fristsetzung einfordern. Dabei sollten sie Indizien vortragen, dass die Feinstaubbelastung so hoch ist, dass sie potenziell gesundheitsgefährdend und dass die Überschreitung von Grenzwerten zu erwarten ist. Hilfreich, aber nicht notwendig ist die Vorlage eines medizinischen Attestes des behandelnden Arztes, dass eine typische o.g. Erkrankung als Folge des Einatmens von Feinstaub bereits diagnostiziert wurde.

Ergreift das Eisenbahn-Bundesamt nicht zeitnah wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen von Feinstaub aus dem Betrieb der Bahnstrecke unterhalb der Schwelle einer Gesundheitsgefährdung, kann eine verwaltungsrechtliche Klage gegen diese Behörde zulässig und hinreichend erfolgversprechend sein. Es gibt bisher keine spezifische höchstrichterliche Rechtsprechung, die sich direkt auf Feinstaubbelastungen durch den Bahnbetrieb und die Pflichten des Eisenbahn-Bundesamt zu dessen Abwehr bezieht. Allerdings hat die Rechtsprechung im Bereich des Immissionsschutzrechts und der allgemeinen Gefahrenabwehr bestätigt, dass auch Bahnunternehmen verpflichtet sind, vermeidbare gesundheitsschädliche Emissionen zu minimieren. Im Urteil vom 8. Januar 2009 entschied das Bundesverwaltungsgericht (Az. 7 C 38.07), dass die Betreiberpflicht zur Gefahrenabwehr nach allgemeinen Grundsätzen

auch auf Eisenbahnunternehmen angewandt werden kann, wenn konkrete Gesundheitsgefährdungen vorliegen. Dabei verwies das Gericht auf die Pflicht des Eisenbahnunternehmens zur Einhaltung von Umwelt- und Gesundheitsstandards.

10. Flächennutzungsplanung der Städte und Gemeinden

Die Städte und Gemeinden regeln verfassungsrechtlich die stadtplanerische Entwicklung in eigener Verantwortung (Art. 28 Abs. 2 S. 1 GG). Sie stellen Bauleitpläne in eigener Verantwortung auf (§ 2 Abs. 1 S. 1 BauGB). Im Flächennutzungsplan ist für das ganze Gemeindegebiet die sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde in den Grundzügen darzustellen (§ 5 Absatz ein S. 1 Baugesetzbuch). Im Flächennutzungsplan können insbesondere die für die Bebauung vorgesehenen Flächen nach der allgemeinen Art ihrer baulichen Nutzung (Bauflächen), nach der besonderen Art ihrer baulichen Nutzung (Baugebiete) sowie nach dem allgemeinen Maß der baulichen Nutzung dargestellt werden (§ 5 Abs. 2 Nr. 1 BauGB). Bauflächen können dargestellt werden als Wohnbauflächen, gemischte Bauflächen, gewerblicher Bauflächen oder Sonderbauflächen (§ 1 Abs. 1 BauNVO).

Die Städte und Gemeinden im Rheintal haben nach Inkrafttreten des Bundesbaugesetzes Flächennutzungspläne aufgestellt bzw. geändert und dabei die Deutsche Bahn Netz AG bzw. die Deutsche Bundesbahn als deren Rechtsvorgängerin als Behörde, deren Aufgabenbereich durch die Planung berührt werden konnte, über die Aufstellung gemäß § 2 Abs. 5 BBauG und § 2 Abs. 6 S. 2 BBauG sowie heute §§ 3 und 4 BauGB als Träger öffentlicher Belange über die dort beabsichtigten Darstellung von Wohnbauflächen (§ 1 Abs. 1 Nr. 1 BauNVO) und gemischten Bauflächen (§ 1 Abs. 1 Nr. 2 BauNVO) unterrichtet und zur Äußerung aufgefordert.

Die Deutsche Bahn Netz AG bzw. ihrer Rechtsvorgängerin die Deutsche Bundesbahn haben diesen Darstellungen nicht widersprochen. Die Flächennutzungspläne wurden durch die höhere Verwaltungsbehörde mit der Darstellung der vorgenannten Bauflächen genehmigt und ortsüblich bekannt gemacht (§ 6 Abs. 1 und 3 BauGB).

So stellt der Flächennutzungsplan der Stadt Koblenz beispielsweise die am Nordufer der Mosel gelegenen trassen nahen Flächen im Stadtteil Lützel westlich der Mayener Straße (Nr. 27-41) ebenso wie die Flächen westlich der Hohenzollernstraße (Sachsenstraße und Frankenstraße 23-45) und beidseits der Schützenstraße (Karolingerstraße) und westlich der Römerstraße (84-156) als Wohnbauflächen dar. Nördlich der Weißer Gasse stellt der Flächennutzungsplan östlich der Bahntrasse eine Fläche für den Gemeinbedarf mit der Zweckbestimmung »Schule« (Clemens Brentano Realschule) dar.

11. Umweltmedizin zur Gesundheitsgefährdung durch Verkehrslärm

Angesichts der Intensität des Zugverkehrs auf den beiden Bahnstrecken durch das Rheintal und der Hinweise des Eisenbahn-Bundesamtes auf die Gesundheitsgefährdung durch den Bahn der erscheint es geboten, dem Stand der umweltmedizinischen Erkenntnisse zur Wirkung und den Schwellen des Bahnlärms auf die menschliche Gesundheit zusammenzufassen.

Im Oktober 2018 hat die Weltgesundheitsorganisation – WHO - Leitlinien für Umgebungslärm für die europäische Region veröffentlicht.⁷¹ Ziel der Leitlinien der WHO ist es, die Menschen der europäischen Region umfassend vor den negativen gesundheitlichen Auswirkungen von Umgebungslärm zu schützen und zu diesem Zweck Entscheidungsträger gesundheitsbezogene Empfehlungen zur Verfügung zu stellen. Die Leitlinien basieren auf der weltweit umfassendsten Metastudie zu dem Thema. Diese Studie wurde durch das dafür in Deutschland gesetzlich zuständige Umweltbundesamt einer Qualitätssicherung unterzogen und wir fassen nachfolgend sowohl die Studie als auch die Ergebnisse der Qualitätssicherung zusammen. Damit dokumentiert sich ein neuer und gesicherter Stand der umweltmedizinischen Erkenntnis zu der Schwelle, ab der Lärm die körperliche Unversehrtheit der Betroffenen schädigt. Angesichts dieser Bedeutung der Metastudie tragen wir einleitend ausführlich zu Methodik ihrer Erarbeitung vor.

Die WHO Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region beruhen auf einem standardisierten methodologischen Verfahren, welches zur Sicherung und Vereinheitlichung der Qualitätsstandards von WHO Leitlinienwerken eingeführt wurde. Im Einzelnen lässt sich das Entwicklungsverfahren in drei übergeordnete Abschnitte unterteilen: die Identifikation und Analyse der relevanten wissenschaftlichen Erkenntnisse (1), die Bewertung der Evidenz (2) und die Entwicklung der Empfehlungen (3).

Der Deutsche Bundestag hat das Umweltbundesamt im Gesetz über die Errichtung dieser Behörde vom 22.07.1974 (§ 2 Abs. 1 S. 2) mit der Aufgabe der wissenschaftlichen Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in allen Angelegenheiten des Immissionsschutzes, der gesundheitlichen Belange des Umweltschutzes, insbesondere bei der Erarbeitung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften, bei der Erforschung und Entwicklung von Grundlagen für geeignete Maßnahmen sowie bei der Prüfung und Untersuchung von Verfahren und Einrichtungen beauftragt.

Das Umweltbundesamt hat im Rahmen dieser gesetzlichen Aufgabenstellung die Zusammenstellung der wissenschaftlichen Erkenntnisse durch die WHO überprüft und das Ergebnis in der Publikation »WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region – lärmfachliche Bewertung der neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Umgebungslärm für die europäische Region« von Juli 2019 veröffentlicht. Wir fassen das Prüfergebnis nachfolgend zusammen.

WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region/Identifikation und Analyse der relevanten wissenschaftlichen Erkenntnisse

Um relevante Erkenntnisse zu identifizieren, bestimmten die Sachverständigen der WHO zunächst gesundheitliche Auswirkungen, die in Zusammenhang mit der Exposition von Umgebungslärm stehen können. Beruhend auf dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse kategorisierten sie die einzelnen gesundheitlichen Auswirkungen in der Folge entweder als entscheidende gesundheitliche Auswirkung (*critical health outcome*) oder als wichtige gesundheitliche Auswirkung (*important health outcome*).

Entscheidende gesundheitliche Auswirkung von Umgebungslärm sind der WHO zu Folge Herz-Kreislauf-Erkrankungen, chronische Lärmbelästigung, Schlafstörungen, kognitive Beeinträchtigung sowie Tinnitus und Gehörschäden. Wichtige gesundheitliche Auswirkungen sind pränatale Beeinträchtigungen und Fehlgeburten, Auswirkungen auf die Lebensqualität, das allgemeine Wohlbefinden und die mentale Gesundheit sowie metabolische Auswirkungen.

Als Teil der Untersuchung wurden die jeweiligen Forschungsfelder für die entscheidenden und wichtigen gesundheitlichen Auswirkungen mit Hilfe der PICOS/PECCOS Methode eingegrenzt und präzisiert. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Wirkdimension von Umgebungslärm wurden acht unterschiedliche Untersuchungsbereiche gesundheitlicher Auswirkungen als Forschungsfelder voneinander abgegrenzt. Für jedes dieser Forschungsfelder wurde eine eigene Metaanalyse der vorhandenen Literatur mit Hilfe von vorab definierten Kriterien durchgeführt. Nach Abschluss der Forschungsarbeiten durchliefen alle Metaanalysen zusammengefasst als wissenschaftliche Artikel einen Peer-Review Prozess und sind im International Journal for Environmental Research and Public Health (IJERPH) veröffentlicht worden.

Im zweiten Prozessschritt erfolgte durch die WHO die Bewertung der Evidenz. Die Bewertung der Evidenz wurde im Rahmen der Metaanalysen durch die jeweils verantwortliche Kleingruppe an Forschenden durchgeführt und erfolgte gesondert für alle gesundheitlichen Auswirkungen. Der Bewertungsprozess beruht auf dem wissenschaftlich anerkannten GRADE-Ansatz (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation). Dieser bemisst die empirische Sicherheit des Zusammenhangs zwischen einer Exposition und einer Wirkung. Der Bewertungsprozess der wissenschaftlichen Erkenntnisse wurde anhand vorab definierter Kriterien durchgeführt, die jeweils zu einer Auf- oder Abwertung der Evidenz führen konnte. Studienrestriktionen und das Risiko für Verzerrungen, Inkonsistenz der Ergebnisse gegenüber anderen Studien, Indirektheit der Ergebnisse, Ungenauigkeit der Effektschätzer oder Publikationsverzerrungen konnten zu einer Abwertung der Evidenz führen. Die Größe des Effekts, die Plausibilität der Störvariablen und die Angabe eines Expositions-Wirkungs-Gradienten konnten eine Aufwertung zur Folge haben. Nach erfolgreicher Bewertung wurde die Evidenz in eine von vier Kategorien eingestuft: ‚hoch‘, ‚moderat‘, ‚niedrig‘ oder ‚sehr niedrig‘. Eine ‚hohe Evidenz‘ bedeutet danach, dass weitere Forschung mit hoher Wahrscheinlichkeit die Gewissheit der Effektabschätzung nicht verändern wird. ‚Moderate Evidenz‘

besagt, dass es gut möglich ist, dass weitere Forschung einen wichtigen Einfluss auf die Gewissheit der Effektabschätzung hat und den Effektschätzer beeinflussen kann. Bei einer ‚niedrigen Evidenz‘ wird davon ausgegangen, dass weitere Forschung sehr wahrscheinlich einen wichtigen Einfluss auf die Gewissheit des Effekts hat und es gut möglich ist, dass der Effektschätzer sich verändert. Wird die Evidenz als ‚sehr niedrig‘ eingeschätzt, bedeutet dies, dass jeder gemessene Effekt ungewiss ist.

Beruhend auf diesen beiden Prozessschritten (1) und (2) haben die Sachverständigen der WHO die nachfolgend dokumentierten Empfehlungen zum Betriebslärm von Eisenbahnstrecken entwickelt. Die Entwicklung der Empfehlungen ist grundsätzlich in zwei Abschnitte zu unterteilen, die Bestimmung der empfohlenen Expositionswerte, die es für jede der Lärmquellen nicht zu überschreiten gilt, um gesundheitliche Auswirkungen zu vermeiden, und die Bemessung der Stärke der Empfehlung.

Vor Berechnung der quellspezifischen Expositionswerte definierten die Sachverständigen der WHO die Zielsetzung der Leitlinienwerte wie folgt: *„Die Leitlinienwerte definieren die Exposition, oberhalb derer die Leitlinien-Entwicklungs-Gruppe der WHO sicher davon ausgeht, dass es zu gesundheitlichen Auswirkungen kommen kann“*. Um die Leitlinienwerte bestimmen zu können wurden für alle entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen zunächst diejenigen Risikoanstiege festgesetzt, die als relevant (nach der ebengenannten Definition) eingestuft wurden. Die Bestimmung der relevanten Risikoanstiege erfolgte durch die Sachverständigen-Gruppe der WHO. Dies geschah beruhend auf dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zur Gesundheitsrelevanz der einzelnen gesundheitlichen Auswirkungen. Beruhend auf den Expositions-Wirkungsfunktionen aus den Metaanalysen wurde dann mit Hilfe des jeweiligen relevanten Risikoanstiegs für jede der entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen der exakte maximale Expositionswert bestimmt. Hierbei handelt es sich um den niedrigsten Wert, der eine Überschreitung des relevanten Risikoanstiegs für die jeweilige gesundheitliche Auswirkung darstellt. Um den jeweiligen Startpunkt der Berechnung des relevanten relativen Risikoanstiegs für den Zusammenhang einer Exposition durch die jeweiligen Lärmquelle und der jeweiligen gesundheitlichen Auswirkung zu setzen, wurde die gewichtete niedrigste durchschnittliche Dauerschallbelastung gemittelt über alle einbezogenen Studien berechnet. Die Gewichtung erfolgte anhand der Inversen der Varianz des Effektschätzers der jeweiligen Studien.

Die Bestimmung des exakten maximalen Expositionswerts anhand der jeweiligen Expositions-Wirkungsfunktion erfolgte nur dann, wenn der Expositions-Wirkungszusammenhang der Funktion statistisch signifikant war.

Die Festlegung des empfohlenen Leitlinienwerts durch die WHO erfolgte schließlich durch den Vergleich der berechneten exakten maximalen Expositionswerte für die einzelnen entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen. Für die durchschnittliche Belastung, ausgedrückt durch den gewichteten Lärmindex Tag – Abend – Nacht L_{DEN} , wurde der exakte maximale Expositionswert derjenigen entscheidenden gesundheitlichen Auswirkung gewählt, der

bei der niedrigsten durchschnittlichen Belastung zu einem Überschreiten des relevanten Risikoanstiegs führte. Für die durchschnittliche nächtliche Belastung, ausgedrückt durch den Lärmindex L_{Night} , wurde exakt der maximale Expositionswert gewählt, der zu einer Überschreitung des relevanten Risikoanstiegs für die Störung des Schlafs führte. In den *„Empfehlungen zu den Lärminderungsmaßnahmen“* wurden, beruhend auf der Metaanalyse zum Einfluss von Lärminderungsmaßnahmen auf die Gesundheit, Maßnahmen empfohlen.

Neben der Definition von quellspezifischen Leitlinienwerten wurde ebenfalls die Stärke jeder Empfehlung durch die WHO mit Hilfe der GRADE-Methodologie bewertet. Jede Empfehlung der WHO wurde in eine von zwei Kategorien, entweder als *„starke Empfehlung“* oder als *„bedingte Empfehlung“*, eingestuft. Eine *„starke Empfehlung“* kann laut WHO in den meisten Situationen als politische Richtlinie übernommen werden. Die Empfehlung beruht auf der Überzeugung, dass der gewünschte Effekt bei Befolgen der Empfehlung gegenüber möglichen unerwünschten Folgen überwiegt. Somit sollte die Empfehlung in den meisten Situationen umgesetzt werden. Eine *„bedingte Empfehlung“* erfordert laut WHO einen politischen Abstimmungsprozess mit umfangreicher Diskussion unter Einbeziehung der verschiedenen beteiligten Akteure. Es gibt weniger Gewissheit in Bezug auf die Effektivität der Empfehlung, da die Evidenz niedrig ist, es widersprüchliche Werte und Einstellungen unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen gibt oder der Ressourcenaufwand durch die Empfehlung sehr hoch ist. Dies kann dazu führen, dass die Empfehlung nicht unter allen Umständen anwendbar ist.

Die Bewertung der Stärke der Empfehlung erfolgte auf Basis unterschiedlicher Parameter. Im Einzelnen wurde die empirischen Evidenz, die Ausgewogenheit der Nutzen und Schäden bei Umsetzung der Empfehlung, die Werte und Präferenzen der Bevölkerung im Hinblick auf die möglichen gesundheitlichen Folgen der Exposition, die Implikationen für den Ressourcenverbrauch, Umweltgerechtigkeit und Menschenrechte, Akzeptanz sowie Machbarkeit einbezogen. Dem Parameter der Evidenz kam bei der Bewertung eine zentrale Rolle zu. So sprachen die Sachverständigen der WHO nur dann eine *„starke Empfehlung“* aus, wenn die empirischen Evidenz für die jeweilige Exposition und gesundheitliche Auswirkung mindestens als moderat eingestuft worden war.

Qualitätssicherung der WHO-Leitlinien durch das Umweltbundesamt

Bevor wir nachfolgend die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation im Detail vorstellen, erläutern wir zur Einordnung ihrer Relevanz die Methodik und das Ergebnis ihrer Qualitätssicherung durch das Umweltbundesamt.⁷² Nach der im Rahmen der Qualitätssicherung vorgenommenen Bewertung des Umweltbundesamtes besitzen die entwickelten Leitlinien der WHO ein hohes Maß an Objektivität und Transparenz, welches in den Entwicklungsprozess der Empfehlungen einfließt. Denn die WHO habe zu Beginn der 2010er Jahre ihre Leitlinien-Entwicklung vereinheitlicht, um die Qualität von WHO-Leitliniensets zu standardisieren. Seitdem würden alle Leitlinien mit Hilfe des eigens dafür erstellten *„Handbuchs zur Leitlinienentwicklung“* erarbeitet. Das Umweltbundesamt bewertet diese Methodik als »einen

wichtigen Meilenstein für den Fachbereich der Lärmwirkungen sowie für die Anwendbarkeit der Leitlinien im politischen Prozess und durch Behörden.«⁷³

Nach Bewertung des Umweltbundesamtes haben die durch die WHO festgesetzten Leitlinien eine »hohe Objektivität« (S. 8). Die Umstellung der Entwicklungsmethodologie sei insgesamt positiv herauszustellen, da sie den Leitlinienprozess objektiv und transparent mache. Zum einen werde die einbezogene Literatur mittels Metaanalysen aggregiert und auf diesem Wege an zwei Stellen auf ihre Qualität hin geprüft, erstens bei der Aufnahme in den Metaanalyseprozess und zweitens während des Peer-Review-Verfahrens zur Veröffentlichung der Erkenntnisse in einem wissenschaftlich qualitäts-geprüften Journal. Zum anderen werde der Prozess an zwei Stellen in einem externen Review-Verfahren durch nicht am Prozess beteiligte Forscher*innen evaluiert. Insgesamt seien vier separate Gruppen am Entwicklungsprozess beteiligt gewesen, die WHO-Steuerungsgruppe, die für die Koordination der Leitlinien-Entwicklung zuständig war, die Metaanalyse-Teams, die in Kleingruppen von Forschenden die Metaanalysen durchgeführt haben, die Leitlinienentwicklungsgruppe, die sowohl Ziel und Umfang der Leitlinien als auch die Empfehlungen entwickelt habe und die externe Evaluationsgruppe, die nicht am Prozess beteiligt war, aber den Prozess an verschiedenen Stellen wissenschaftlich evaluiert habe. Die hohe Objektivität gelte, so das Umweltbundesamt, insbesondere auch für die Entwicklung der empfohlenen Leitlinienwerte mit Hilfe von exakten maximalen Expositionswerten für die entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen. Die Festlegung der relevanten Risikoanstiege erfolge unabhängig und im Vorhinein zu der Berechnung der empfohlenen Leitlinienwerte anhand der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnislage. Die Expert*innen der WHO würden die Relevanz von Erkrankungsrisiken in einem eigenständigen Prozess ohne Kenntnis darüber definieren, wie sich dies zu einem späteren Zeitpunkt in den Leitlinienwerten ausdrücken werde.

Eine Änderung von zentraler Bedeutung im Vergleich zu vorangegangenen Leitlinien ist aus Sicht des Umweltbundesamtes die Definition und Nutzung relevanter Risikoanstiege. Im Gegensatz zu den ‚WHO Night Noise Guidelines‘, in denen die Empfehlungswerte auf den so genannten LOAELs (lowest-observed-adverse-effect level) beruhen – also dem niedrigsten Expositionswert, der mit einer gesundheitlichen Auswirkung assoziiert ist, definierten die aktuellen Leitlinien Empfehlungswerte, ab denen die Sachverständigen der WHO sicher davon ausgehen, dass es zu gesundheitlichen Auswirkungen kommen kann. Die Festsetzung von relevanten Risikoanstiegen habe zur Folge, dass auch unterhalb dieser Werte bereits erhöhte Risiken für gesundheitliche Auswirkungen bestehen können. Das Umweltbundesamt nimmt in seiner zitierten Publikation zur Kenntnis, dass die Verwendung von relevanten Risikoanstiegen im Sinne der Umsetzbarkeit der Empfehlungen erfolgt sei. Es stellt jedoch heraus, dass auf Grund der Ernsthaftigkeit der Erkrankung und des vergleichsweise hohen absoluten Erkrankungsrisikos auf Bevölkerungsebene, insbesondere die Wahl des relativen Risikoanstiegs von 5% für die Inzidenz lärmbedingter ischämischer Herzerkrankungen eine Setzung darstelle, die im Sinne des lärmbezogenen Gesundheitsschutzes auch niedriger gewählt hätte werden können und sollen. So sei im Verlauf des Entwicklungsprozesses der Leitlinien ebenfalls ein relevanter Anstieg des relativen Risikos von 1% erwogen worden.

Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation

Die Festsetzung der quellspezifischen Leitlinienwerte für Eisenbahnlärm durch die Weltgesundheitsorganisation beruht auf den exakten maximalen Expositionswerten, die mit Hilfe der relevanten Risikoanstiege und Expositions-Wirkungsfunktionen für die entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen berechnet wurden. Die Leitlinienwerte sind anhand eines 1-dB(A)-Rasters definiert. Nachkommastellen in den dB(A)-Werten wurden jeweils zur nächsten Dezimalstelle abgerundet. Im Einzelnen wurden für jede Quelle drei Empfehlungen ausgesprochen: Eine Empfehlung für die durchschnittliche Dauerschallbelastung am ganzen Tag L_{DEN} , eine Empfehlung für die durchschnittliche Dauerschallbelastung in der Nacht L_{Night} jeweils als Fassadenpegel und eine Empfehlung für mögliche Lärminderungsmaßnahmen.

Die Einstufung der Stärke der jeweiligen Empfehlung geschah anhand der Evidenz sowie weiterer relevanter kontextueller Parameter wie der Ausgewogenheit der Nutzen und Schäden bei Umsetzung der Empfehlung, den Werten und Präferenzen der Bevölkerung im Hinblick auf die möglichen gesundheitlichen Folgen der Exposition, den Implikationen für den Ressourcenverbrauch, Umweltgerechtigkeit und Menschenrechten, der Akzeptanz und der Machbarkeit.

Auf dieser Grundlage entwickelte die Weltgesundheitsorganisation folgende Empfehlungen für die Lärmbelastung durch Schienenverkehr.

- **Durchschnittliche Belastung (L_{DEN})**

Die Weltgesundheitsorganisation »empfiehlt für die durchschnittliche Lärmbelastung durch Schienenverkehr einen Lärmpegel von L_{DEN} 54 dB(A) an der Fassade von Wohn-räume nicht zu überschreiten, weil Schienenverkehr nach Auswertung der weltweit relevanten wissenschaftlichen Studien oberhalb dieses Dauerschallpegels mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen ist.«⁷⁴ Die WHO stuft diese Empfehlung als »stark« ein.

- **Nächtliche Dauerschallbelastung (L_{Night})**

Die WHO empfiehlt »für die durchschnittliche nächtliche Lärmbelastung durch Schienenverkehr einen Lärmpegel von 44 dB(A) L_{Night} nicht zu überschreiten, da nächtlicher Schienenverkehr oberhalb dieses Dauerschallpegels mit Beeinträchtigungen des Schlafs verbunden ist. Die WHO stuft diese Empfehlung als »stark« ein.«⁷⁵

Vergleich zu den Berechnungskriterium des EBA

Zur Einordnung dieser Empfehlungen und der oben zitierten Berechnungsergebnisse des Eisenbahn-Bundesamtes erläutern wir die Kriterien, nach denen diese Behörde ihre Bewertung ermittelt hat. Das Eisenbahn-Bundesamt orientiert sich bei der Bewertung der gesundheitlichen Relevanz von Eisenbahn der an einer in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts

entwickelten obergerichtlichen Rechtsprechung, die eine Gesundheitsrelevanz bei Überschreiten eines nächtlichen Lärmindezes von $L_{\text{Night}} 60 \text{ dB (A)}$ bejaht hat. Dieser Dezibelwert mit 16 dB oberhalb dessen, was die Sachverständigen der Weltgesundheitsorganisation jetzt aufgrund einer wissenschaftlich gesicherten Methodik ermittelt haben. Angesichts des logarithmischen Maßes der Einheit Dezibel und der physikalischen Tatsache, dass erst eine Verdopplung der Verkehr starke eine Erhöhung um 3 dB (A) bewirkt, kann die Auswirkung der Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation eingeordnet werden.

WHO Empfehlung zu Lärminderungsmaßnahmen

Die WHO empfiehlt, »dass die Politik geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastung durch Schienenverkehr oberhalb der empfohlenen Leitlinienwerte ergreift, um die gesundheitlichen Auswirkungen durch Schienenverkehrslärm zu mindern. Beruhend auf der aktuellen Erkenntnislage konnte keine Maßnahme gegenüber anderen bevorzugt empfohlen werden. Die WHO stuft diese Empfehlung als „stark“ ein.« (UBA, S. 13)

Die Bestimmung des Leitlinienwerts für die durchschnittliche Lärmbelastung L_{DEN} des Schienenverkehrs erfolgte auf Basis der entscheidenden gesundheitlichen Auswirkung der chronischen Lärmbelastung. Der relevante Risikoanstieg - ein Anteil von 10 % hoch belastigter Personen in der untersuchten Bevölkerung, die von Schienenverkehrslärm betroffen ist - für die chronische Lärmbelastung wird bei einer durchschnittlichen Schienenverkehrslärmbelastung von $L_{\text{DEN}} 53,3 \text{ dB(A)}$ überschritten. Insgesamt wurden zehn Studien mit 10.970 untersuchten Personen in die Analyse des Expositions-Wirkungszusammenhangs einbezogen. Die Evidenz wird als moderat eingestuft.

Für die Inzidenz der ischämischen Herzkrankheit, die Inzidenz des Bluthochdrucks, dauerhafte Gehörschäden und die Verzögerung der Entwicklung des Lese- und Hörverständnisses konnten auf Grund fehlender wissenschaftlicher Erkenntnisse keine Expositions-Wirkungszusammenhänge berechnet werden. Das absolute Risiko - ein Anteil von 3 % hoch schlafgestörter Personen in der untersuchten Bevölkerung, die von Schienenverkehrslärm betroffen ist - durch nächtlichen Schienenverkehr dauerhaft hoch schlafgestört zu sein, erreicht bei einer durchschnittlichen nächtlichen Schienenverkehrsbelastung von 43,7 dB(A) einen relevanten Anstieg. In die Berechnung des Leitlinienwerts für die durchschnittliche nächtliche Belastung gingen fünf Studien mit insgesamt 7.133 Teilnehmenden ein. Die Evidenz wird von der WHO als moderat eingestuft.

Qualitätsprüfung der WHO-Empfehlung durch das Umweltbundesamt

Im Vergleich zum Straßenverkehrslärm sind die gesundheitlichen Auswirkungen des Schienenverkehrslärms bislang weniger intensiv erforscht. Dies zeigt sich auch an der im Verhältnis geringeren Gesamtzahl (16) der von der WHO einbezogenen Studien, die für die Bewertung der entscheidenden gesundheitlichen Auswirkungen zur Verfügung stand. Am besten untersucht ist der Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Exposition des Dauerschalls

L_{DEN} und der chronischen Lärmbelastung. Die Evidenz wird von der WHO als moderat eingestuft.

Die neu berechnete Expositions-Wirkungsfunktion der durchschnittlichen Schienenverkehrsbelastung L_{DEN} und dem Anteil hoch belastigter Personen erbringt zudem die wichtige Erkenntnis, dass die chronische Lärmbelastung bei gleicher Lärmbelastung durch den Schienenverkehr in den letzten zwei Jahrzehnten zugenommen hat. Bei einem Vergleich der aktuellen Expositions-Wirkungskurve der WHO mit der Expositions-Wirkungskurve in der Literatur von den Autoren Miedema und Oudshoorn, die derzeit noch der EU-Umgebungslärmrichtlinie zu Grunde liegt, zeigt sich nach Bewertung des Umweltbundesamtes, dass der prozentuale Anteil hoch belastigter Personen bei einer durchschnittlichen Schienenverkehrslärmbelastung von 60 dB(A) heute um 10 % höher liegt (ca. 17 % statt 7 % HA) als noch zu Beginn des neuen Jahrtausends.

Bei einem Vergleich der Expositions-Wirkungszusammenhänge der Schienenverkehrsbelastung bzw. der Straßenverkehrsbelastung mit dem Anteil hoch belastigter Personen wird darüber hinaus deutlich, dass der Schienenverkehr bei gleicher Belastung heute als belastigender wahrgenommen wird als der Straßenverkehr. Dies gilt insbesondere für die höheren Pegelbereiche ab L_{DEN} 60 dB(A) und stellt eine Abkehr von der lange üblichen Annahme dar, dass der Schienenverkehr die am wenigsten lästige Lärmquelle ist. Der Trend zur Umkehr des Lästigkeitserlebens des Schienenverkehrs steht – so das Umweltbundesamt – auch im Einklang mit neueren Ergebnissen der Lärmbelastungsforschung, die auf Grund ihres späteren Veröffentlichungsdatums nicht mehr in die WHO-Analysen einbezogen wurden. Dies spiegelt sich auch in den Leitlinienwerten zum nächtlichen Dauerschallpegel L_{Night} des Straßen- und Schienenverkehrs wider. Hier empfiehlt die WHO erstmalig sogar einen niedrigeren Wert für die durchschnittlichen nächtlichen Schienenverkehrslärmbelastung (44 dB(A) L_{Night}) gegenüber der nächtlichen Straßenverkehrsbelastung (45 dB(A) L_{Night}).

Angesichts dieses neuen Standes der umweltmedizinischen Erkenntnisse sind auch andere umweltmedizinische Studien darauf zu überprüfen, ob sie mit dieser Methodik und diesen Erkenntnissen der Weltgesundheitsorganisation sowie des Umweltbundesamtes im Konflikt stehen oder übereinstimmen.

Umweltbundesamt: Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose

Übermäßiger Verkehrslärm ist nach der vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebene epidemiologischen Untersuchung „*Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose*“⁷⁶ und deren Bewertung durch diese Behörde ein Stressfaktor für den Menschen, denn er aktiviert das autonome Nervensystem und das hormonelle System der betroffenen Menschen. Als Folge komme es – so das Umweltbundesamt – zu Veränderungen bei Bluthochdruck, Herzfrequenz und anderen Kreislaufaktoren. Der Körper schüttele lärmbedingt vermehrt Stresshormone aus, die ihrerseits in

Stoffwechselfvorgänge des Körpers eingreifen. Die Kreislauf- und Stoffwechselregulierung werde weitgehend unbewusst über das autonome Nervensystem vermittelt. Die autonomen Reaktionen träten deshalb auch im Schlaf und bei Personen auf, die subjektiv der Meinung seien, sich an Lärm gewöhnt zu haben. Zu den möglichen Langzeitfolgen chronischer Lärmbelastung gehören nach diesen Ermittlungen des Umweltbundesamtes neben den Gehörschäden auch Änderungen bei biologischen Risikofaktoren wie Blutfette, Blutzucker und Gerinnungsfaktoren. Auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie arteriosklerotische Veränderungen (Arterienverkalkung), Bluthochdruck und bestimmte Herzerkrankungen, einschließlich Herzinfarkt, würden durch Lärm verursacht.

In diesem Forschungsprojekt ließ das Umweltbundesamt über 1.700 vorwiegend ältere Menschen untersuchen. Die Auswertung ergab, dass Menschen in lauten Wohngebieten häufiger wegen Bluthochdrucks in ärztlicher Behandlung waren als diejenigen in weniger lärmbelasteten Gebieten. So hatten Menschen, die nachts vor ihrem Schlafzimmerfenster einen mittleren Schallpegel von $L_{\text{Night}} 55 \text{ dB (A)}$ oder mehr hatten, ein fast doppelt so hohes Risiko, wegen Bluthochdrucks in ärztlicher Behandlung zu sein, als diejenigen, bei denen der Pegel unter 50 dB (A) lag. Darüber hinaus zeigten sich bei der Untersuchung statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Belastung durch Verkehrsgeräusche am Wohnort und Beeinträchtigungen des Immunsystems und des Stoffwechsels. Diese Forschungsergebnisse des Umweltbundesamtes zeigen, dass der menschliche Organismus während der nächtlichen Ruhephase auf Lärm empfindlicher reagiert als in der aktiven Phase am Tag. Außerdem wird für die Behörde in Auswertung der Ergebnisse deutlich, wie wichtig lärmindernde Maßnahmen zum Schutz der Nachtruhe sind, um gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden. Die Studie steht zusammenfassend im Einklang mit den Erkenntnissen der Weltgesundheitsorganisation und bestätigt diese.

Umweltbundesamt: Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt – NaRoMI-Studie

Der Zusammenhang zwischen Umweltlärm, Arbeitslärm und Herzinfarkt (Myokardinfarkt) untersuchte die Studie »*Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt – NaRoMI-Studie*«⁷⁷, die im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin erstellt wurde. Die beauftragten Sachverständigen befragten 4.115 Patientinnen und Patienten in Berliner Kliniken in einer Fall-Kontroll-Studie. Jedem Herzinfarktpatienten stand ein (bei Frauen zwei) gleichaltriger Kontrollpatient gegenüber, der wegen eines lärmunabhängigen Leidens in Behandlung war, z.B. einem Unfall. Das Ergebnis: Die an Herzinfarkt erkrankten Männer wohnten als Ergebnis der Studie häufiger an lauten Straßen als die Kontrollpatienten. Dies zeigte sich besonders deutlich, wenn nur Personen betrachtet wurden, die schon länger – mindestens zehn Jahre – in ihrer Wohnung lebten. Darüber hinaus ermittelten die Wissenschaftler eine klare Dosis-Wirkung-Beziehung; Männer in lauten Wohnungen hatten ein um 20-30 % höheres Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden, als Männer aus ruhigen Gebieten.

Zusammenfassend bestätigt auch die NaRoMi-Fall-Kontrollstudie im Auftrag des Umweltbundesamtes die Erkenntnisse der Weltgesundheitsorganisation zum lärmbedingten Risiko der Erkrankung ein Herzinfarkt.

Prof. Münzel/ Daiber/ Sørensen: Transportation noise pollution

Eine Studie des Forscherteams des Zentrums für Kardiologie der Universitätsmedizin Mainz hat gemeinsam mit der Dänischen Krebsgesellschaft epidemiologische Forschungsergebnisse zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehrslärm analysiert.⁷⁸ Die Untersuchung weist einen Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und kardio- sowie zerebrovaskulären Erkrankungen nach. Nach Bewertung der Autoren zeigen die ausgewerteten epidemiologischen Studien, dass Lärm das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen, insbesondere ischämische Herzerkrankungen, erhöht. In einer Untersuchung aktueller Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Gesundheit haben die Professoren Münzel und Daiber vom Zentrum für Kardiologie der Universitätsmedizin Mainz gemeinsam mit Dr. Mette Sørensen von der Dänischen Krebsgesellschaft ihre Erkenntnisse in einem Übersichtsartikel zusammengefasst, dass Verkehrslärm nicht nur eine Reihe von Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Herzinfarkt, Herzschwäche, Bluthochdruck oder Herzrhythmusstörungen, sondern auch das Entstehen von psychischen Erkrankungen wie Depression und Angststörungen begünstigt. Bei Kindern werde zudem die kognitive Entwicklung verzögert; Gedächtnis und Lernfähigkeit würden beeinträchtigt. Die Analyse der verschiedenen Studien inklusive vorklinischer Studien zeige nach der Zusammenfassung des Studienleiters Münzel, dass Verkehrslärm insbesondere nachts schädlich für das Herzkreislaufsystem ist. Als Gründe werden in den ausgewerteten Publikationen Störungen und Verkürzungen des Schlafes sowie eine Erhöhung des Stresshormonspiegels angeführt. Faktoren, die wiederum zu einer erhöhten Bildung freier Radikale im Gefäßsystem und im Gehirn führen, auch als oxidativer Stress bekannt. Der Hauptautor der Arbeit, Professor Münzel, fasste die Ergebnisse wie folgt zusammen: *„In unserem Review des derzeitigen Forschungsstandes konnten wir beispielsweise sehen, dass Nachtfluglärm mit einer Reihe von gesundheitlichen Nebenwirkungen wie Gefäßfunktionsstörungen, Erhöhung des Stresshormonspiegels und des Blutdrucks und im Extremfall bis hin zum akuten Herztod einhergeht. Die Risiken sind bei Patienten mit bereits bestehender koronarer Herzerkrankung deutlich verstärkt.“* Diese gesundheitlichen Nebenwirkungen werden nach Bewertung von Professor Münzel nicht nur durch Fluglärm, sondern auch durch gleich lauten Bahnlärm verursacht.⁷⁹

Zusammenfassend bestätigt diese Analyse epidemiologischer Forschungsergebnisse die Erkenntnisse der Weltgesundheitsorganisation zu den besonderen Gesundheitsgefahren von nächtlichem Bahnlärm oberhalb der Schwelle eines schädlichen Umwelteinwirkungen.

Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung

Die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung veröffentlichte im Anschluss an einen Vortrag die Ergebnisse der Arbeitsgruppe Lärmwirkungsforschung der Universitätsmedizin in Mainz, die bereits 2014 in einem experimentellen Modell einen kausalen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und einer Dysfunktion des Endothels, also der

Innenwand von Blutgefäßen, nachgewiesen hatte. Das berichtete der Leiter der Arbeitsgruppe Prof. Münzel bei der Herbsttagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (DGK) im Oktober 2015 in Berlin, der dazu von dieser Gesellschaft wie folgt wörtlich zitiert wird: „Eine Endotheldysfunktion gilt als wichtige Ursache von schweren kardiovaskulären Erkrankungen wie Herzinfarkt und Schlaganfall.“⁸⁰ Auch dies ältere experimentelle Modell erkennt einen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und der Funktion der Blutgefäße und steht damit im Einklang mit den Erkenntnissen der Weltgesundheitsorganisation.

Landesumweltministerien zu „Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm“

Die im Auftrag von drei Landes-Umweltministerien erstellte Literaturstudie »Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm – Aktueller Stand in der wissenschaftlichen Literatur«⁸¹ fasste im Jahr 2014 alle weltweit verfügbare einschlägige Literatur zu den Auswirkungen von Bahnlärm auf akute physiologische Reaktionen, auf Leistungsfähigkeit, Konzentration, Kommunikation sowie auf das Herz-Kreislaufsystem zusammen. Die Studie arbeitet die Besonderheiten der Lärmcharakteristik von Bahnlärm mit einem schnellen und steilen Anstieg der Schalldruckpegels und den vergleichsweise sehr hohen Maximalpegeln, der Abhängigkeit vom Wartungszustand von Gleisanlagen und Waggons heraus (Seite 74) und erläutert, dass Bahnlärm-Exponierte nicht den Mittelungspegel, sondern aktuelle Einzelereignisse wahrnehmen, die im Vergleich zum Mittelungspegel deutlich höher (abhängig von der Geschwindigkeit über 100 dB (A) an der Fassade) ausfallen können. Zusammenfassend kommt die Studie zu den Ergebnissen:

»Zur Annahme langfristiger gesundheitlicher Auswirkungen von Bahnlärm liegen ausreichend Untersuchungsergebnisse und begründete Hinweise vor. Epidemiologische Studien bringen zwar die grundsätzliche Schwierigkeit mit sich, unterschiedliche Lärmquellen nicht hinreichend von-einander abzugrenzen zu können und andere Einflussgrößen (confounder) wie z. B. Feinstaubbelastung und/oder sozioökonomische Faktoren von der eigentlichen Bahnlärmwirkung zu trennen. Trotz dieser Einschränkungen stützen die epidemiologischen Ergebnisse zu Bahnlärmbelastungen die Erkenntnisse, die u.a. bei der Untersuchung akuter, kurzfristiger Bahnlärmwirkungen gewonnen wurden, und sie liegen darüber hinaus auf einer Linie mit entsprechenden Studienbefunden zu anderen Lärmquellen. Besonders die Befunde zu Schlafstörungen sind als relevant für die Entstehung langfristiger Erkrankungen des kardio-vaskulären Systems einzuordnen.« ...

»Die bisherigen Erkenntnisse erlauben, vulnerable Gruppen gegenüber Bahnlärmbelastungen zu benennen. Es gibt Hinweise, dass der kindliche Organismus weniger sensitiv gegenüber lärminduziertem Aufwachen und Verschiebungen der Schlafstruktur reagiert, dafür akute Reaktionen wie Blutdruckänderungen und Motilität vergleichsweise stärker ausgeprägt auftreten können. Weiter zeigen sich bei Vorgeschädigten (z. B. Diabetes mellitus oder Arteriosklerose der Herzkranzgefäße) stärkere gesundheitlich negative Effekte in Bezug auf die Entwicklung von Bluthochdruck.« ...

»Anhand der ausgewerteten Literatur ist weiter ersichtlich, dass Vibrationseinflüsse eine Beeinträchtigung der Schlafstruktur und Schlafqualität zusätzlich zur Lärmeinwirkung hervorrufen können. Die

Kombinationswirkung von Lärm und Vibrationen ist allerdings bislang nicht ausreichend und abschließend wissenschaftlich bearbeitet.« ...

»Aus der Literaturobwertung ergeben sich Hinweise, ab welchen Pegelwerten von Bahnlärm-Expositionen deutliche Effekte gefunden werden: Ab Mittelungspegeln im Bereich von 40 bis 45 dB(A)_{innen} zeigen sich Zusammenhänge für akute Effekte wie Anstieg der Herzfrequenzamplitude, Zunahme von Arousal und Veränderungen der Schlafarchitektur. Für diese Effekte konnten auch bei Maximalpegeln (L_{max}) im Bereich von 48 dB(A)_{innen} bis 66 dB(A)_{innen} Assoziationen gefunden werden. Zudem war in einzelnen Studien die Korrelation der Effekte mit den Maximalpegeln höher als mit den Durchschnittspegeln. Langzeituntersuchungen der Auswirkungen von Bahnlärm lassen nur begrenzt Angaben über eine Expositions-Wirkungsbeziehung im Hinblick auf Herz-Kreislaufstörungen zu. Für Pegelbelastungen oberhalb 50 dB(A) L_{DEN} (außen) zeigt sich jedoch ein schwach signifikant erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und oberhalb 60 dB(A) (außen) eine Assoziation mit der Zunahme von Bluthochdruck.

Zusammenfassend betrachtet, reichen die bisherigen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung zur sachgerechten Beurteilung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Gesundheitsgefahren durch Bahnlärmbelastung aus. Insbesondere zeigen die ausgewerteten Studien, dass Analogieschlüsse zu den Bewertungen anderer Lärmquellen möglich sind. Aus Vorsorgegründen sollten unter gesundheitlichen Gesichtspunkten auch in Bezug auf Bahnlärm die Interim- und Zielwerte der WHO (2009) für Lärmbelastungen (z. B. langfristig max. 40 dB(A) $L_{Night, outside}$ und als Interims-Zielwert 55 dB(A) $L_{Night, outside}$) als Orientierung dienen.«

Die aktuellen Erkenntnisse aus den Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation aus dem Jahr 2018 werden in dieser Literaturstudie aus dem Jahr 2014 teilweise bereits mit guten Argumenten erkannt und zusammengefasst. Die Relevanz der Maximalpegel für Gesundheitsschädigung wird dabei überzeugend begründet.

Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag, Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Schienenlärm

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages bewerteten im Jahr 2016 unter dem Titel »Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Schienenlärm«⁸² die oben vorgestellte und im Jahr 2014 veröffentlichte Literaturstudie der Autoren Schlattjan u.a. zu »Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm – aktueller Stand der wissenschaftlichen Literatur« und fassen die Schlussfolgerung der Autoren zustimmend zusammen, dass sich »ab Mittelungspegeln von 40-45 dB (A) innen Zusammenhänge für akute Effekte (Anstieg der Herzfrequenzamplitude, Zunahme von Arousal, Veränderungen der Schlafarchitektur), für die Belastung oberhalb von 50 dB (A) L_{DEN} , außen ein schwach signifikant erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und oberhalb 60 dB (A) außen eine Assoziation mit der Zunahme von Bluthochdruck zeigte.«

Der Maximalpegel einzelner Zugvorbeifahren und die Häufigkeit der Schallereignisse stünden in Zusammenhang mit den ab Maximalpegeln von 48 bis 66 dB (A) innen beobachteten Wirkungen, wobei der Maximalpegel insbesondere bei der Betrachtung des Schlafes zu

berücksichtigen sei. So gebe es Hinweise auf einen engeren Bezug der Wirkungen zu Maximalpegeln (im Vergleich zu Durchschnittspegeln). Die Lärmcharakteristik – beschrieben durch die Steilheit des Pegelanstiegs und die zeitliche Dauer der Ereignisse – könne physiologische Effekte verstärken. Weiter führen die Sachverständigen des Bundestages aus:

»Da bahverkehrbedingte Vibrationen über ihre Effekte auf die Schlafstruktur und die gesundheitsbeeinträchtigenden Lärmwirkungen zu verstärken vermögen, sollte dies bei der Bewertung des Risikos für langfristige Bahnlärmwirkungen berücksichtigt werden.«

Abschließend thematisiert die Dokumentation eine Studie zum »Krankheitsfaktor Schienenlärm«, der zufolge innerhalb eines 10 Jahreszeitraums durch Schienenlärm bedingt mit 75.000 zusätzlichen Krankheits- und ca. 30.000 zusätzlichen Todesfällen zu rechnen« ist.

Auch diese Literaturstudie bestätigt die Erkenntnisse der Weltgesundheitsorganisation in den Leitlinien aus dem Jahr 2018 und betonte erneut die Relevanz von Maximalpegel für Gesundheitsbeeinträchtigungen des Bahnlärms.

SAPALIDA-Studie des Eidgenössischen Departements für Umwelt pp.

In der epidemiologischen Langzeitstudie SAPALDIA⁸³, welche vom Schweizerischen Tropen- und Public Health Institut koordiniert wird, untersuchen Forscher aus verschiedenen Fachbereichen unter anderem, wie Lärm auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirkt. Sie erheben seit 1991 Gesundheitsdaten von knapp 10.000 zufällig ausgewählten Personen. Die Resultate dienten dem eidgenössischen Bundesrat im Jahr 1998 als wissenschaftliche Grundlage für die Einführung von Immissionsgrenzwerten. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass durch Eisenbahnbetrieb verursachter Lärm »einen Zusammenhang mit erhöhtem Blutdruck bei Diabetikern« zeigt. Diese noch laufende Langzeitstudie zeigt die Relevanz von Bahndamm oberhalb der Schwelle einer schädlichen Umwelteinwirkungen für eine Erkrankung an Bluthochdruck auf und bestätigt insoweit die Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation.

SiRENE Prof. Rösli et.al. Auswirkungen der Verkehrslärmbelastung

Die SiRENE-Studie (*Short and Long Term Effects of Transportation Noise Exposure*)⁸⁴ untersucht eine Exposition-Wirkungsbeziehung zwischen Bahnlärm und metabolischen Gesundheitseffekten, Lärmbelastungen und lärmbedingten Schlafstörungen. Sie modelliert dazu die Verkehrslärmbelastung für die gesamte schweizerische Bevölkerung in 1,8 Millionen Gebäuden. Zur Validierung erfolgten wöchentliche Schallmessungen in 180 Räumen an Bahnstrecken in der gesamten Schweiz. Die 143.000 kardiovaskulären Todesfällen in der Schweiz wurden auf ihre Ursache analysiert. Über das Ergebnis berichten Professor Martin Rösli 2018 auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Akustik und wir zitieren wegen der Relevanz aus der dazu erfolgten Veröffentlichung im Wortlaut:

»Es ergaben sich konsistente Zusammenhänge zwischen allen drei Verkehrslärmarten und Herz-Infarkt (Heritier H., Vienneau D., Foraster M., et.al., *Transportation noise exposure and cardiovascular mortality: a nationwide cohort study from Switzerland*. *Eur J Epidemiol* 32 (2017), 307-315). Auch die Ereignislosigkeit spielte eine Rolle. Das Sterberisiko ist zusätzlich erhöht bei mittlerer IR (Information Ratio) im Vergleich zu wenig oder sehr hoher IR. Andere kardiovaskuläre Todesfälle, insbesondere Herzinsuffizienz und blutdruckbedingte Todesfälle, sind ebenfalls mit Verkehrslärm assoziiert, am stärksten mit Straßenverkehrslärm. Die Zusammenhänge waren linear ohne offensichtlichen Schwellenwert unterhalb dessen keine gesundheitliche Wirkungen zu beobachten waren. Zusätzliche Analysen legen nahe, dass für akute Herzerkrankungen vor allem Lärm in der Nacht relevant zu sein scheint, während für nicht akute Erkrankungen wie Herzinsuffizienz der Lärm am Tag bedeutsamer ist (Heritier H., Vienneau D., Foraster M., et.al., *Diurnal variability of transportation noise exposure and cardiovascular mortality: a nationwide cohort study from Switzerland*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (2018), epub ahead of print).«

Diese auf eine ganz außergewöhnlich hohe Zahl von untersuchten Fällen gestützte Modulation begründet die Relevanz von nächtlichen Bahndämm für akute Herzerkrankungen und bestätigt insoweit die Empfehlungen der Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation zugunsten eines wesentlich verschärften Vorsorgewertes für die Nachtzeit.

Herzog et.al., Acute exposure to nocturnal train noise induces endothelial dysfunction and pro-thromboinflammatory changes of the plasma proteome in healthy subjects

Eine Forschergruppe des Zentrums für Kardiologie der Universitätsmedizin Mainz untersuchte gesundheitlich negative Auswirkungen von nächtlichem Bahnlärm. Anstoß waren die Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), dass pro Jahr lärmbedingt 61.000 gesunde Lebensjahre aufgrund von Herzdurchblutungsstörungen, 45.000 aufgrund von kognitiven Wahrnehmungsbeeinträchtigungen von Kindern, 903.000 aufgrund von Schlafstörungen, 22.000 aufgrund von Tinnitus und 654.000 aufgrund von Ärger-Reaktion (Annoyance) verloren gehen. Anders ausgedrückt: Bis zu 1.6 Millionen gesunde Lebensjahre gehen jährlich in Westeuropa durch Lärm verloren. An stark befahrenen Bahnstrecken registrierte die Forschergruppe über 100 Züge pro Nacht mit Spitzenschallpegeln bis zu 90 dB(A) und mittleren Schallpegeln von circa 60 dB(A). Diese Belastungswerte überschreiten erheblich die Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation zugunsten eines mittleren Schallpegels für die Nacht von 44 dB(A) (L_{Night}).

In Feldversuchen in den Jahren 2012-2015 konnte die Arbeitsgruppe am Zentrum der Kardiologie der Universitätsmedizin Mainz nachweisen, »dass simulierter nächtlicher Fluglärm die Gefäßfunktion (Endothelfunktion) von Gesunden und Patienten mit einer etablierten koronaren Herzerkrankung deutlich verschlechtert, Stresshormone erhöht und eine drastische Verschlechterung der Schlafqualität bewirkt.« Bisher gab es keine Lärmwirkungsforschung, die unter kontrollierten Bedingungen die Auswirkungen von Bahnlärm auf die Gefäßfunktion untersucht habe. In der aktuellen Untersuchung führte simulierter nächtlicher Bahnlärm mit 65 dB(A) Spitzenlärmpegeln und bis zu 54 dB(A) mittleren Schalldruckpegeln (30-60 Züge pro Nacht) bei den lärmexponierten Probanden »zu einer substantiellen Verschlechterung der Endothelfunktion, einem

etablierten Parameter in der Kardiologie zur Diagnostizierung der Frühphasen der Atherosklerose (Gefäßverkalkung)«. Gleichzeitig wurden im Blut von bahnlärmexponierten Probanden »Veränderungen der Eiweiße in Richtung Thrombose und Entzündung festgestellt, die das erhöhte Risiko bei der Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Bluthochdruck, Herzinfarkt und Herzschwäche erklären können«.

Die Professoren Herzog, Daiber, Münzel und Wild von der Universitätsmedizin Mainz sowie der renommierten Lärmforscherin Mette Sørensen (M. Sc., PhD) von der University of Southern Denmark zeigen sich als Resümee vom Ausmaß der lärmbedingten Gefäßschädigung höchst besorgt: *„Diese Veränderungen der Gefäßfunktion sehen wir normalerweise nur bei Patienten mit ausgeprägten Risikofaktoren wie hohem Cholesterin, Diabetes oder bei Rauchern. Die Tatsache, dass Vitamin C die Gefäßfunktion verbessert, bedeutet, dass freie Radikale eine wichtige Rolle als Verursacher des Gefäßschadens spielen. Eine therapeutische Bedeutung haben die Vitamin C-Ergebnisse jedoch nicht, da dessen Wirksamkeit bei kontinuierlicher Anwendung verloren geht. Die signifikanten Änderungen in den Blutplasmaspiegeln von 31 Proteinen, die überwiegend für prothrombotische, pro-oxidative und pro-inflammatorische Prozesse verantwortlich sind, sind alarmierend.“* Die Forschergruppe ist sich nach der zusammenfassenden Bewertung des Autorenteam einig: *„Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass nächtlicher Bahnlärm aufgrund der negativen Auswirkungen auf die Gefäßfunktion einen wichtigen Herz-Kreislauf-Risikofaktor darstellt. Die aktuellen WHO-Empfehlungen in Bezug auf Lärm in der Nacht, ausgelöst durch Zuglärm ($L_{\text{Night}} 44 \text{ dB(A)}$), werden an den Hauptabfuhrstrecken des nächtlichen Schienengüterverkehrs substanziell und dauerhaft überschritten und das muss gesundheitspolitische Konsequenzen haben.“*⁸⁵

Die Forschergruppe bestätigt mit den über vier Jahre erstreckten Feldversuchen mit einer Lärmexposition der Probanden, die jener zahlreichen Orten im Mittelrheintal entspricht, die dringliche Empfehlung der Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation zugunsten eines gesundheitlichen Vorsorge gebotenen Fassadenpegels von $L_{\text{Night}} 44 \text{ dB (A)}$.

Münzel/ Daiber: Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation

Eine Forschergruppe des Zentrums für Kardiologie der Universitätsmedizin Mainz um die Professoren Daiber und Münzel fasste im Jahr 2017 den damaligen Stand der umweltmedizinischen Erkenntnis dahin zusammen, dass Verkehrslärm nach den dort als Referenzen aufgeführten 54 epidemiologischen Studien und Literaturbeiträgen *„das Auftreten von koronarer Herzkrankheit, Bluthochdruck und Schlaganfall erhöht“*. Feldstudien mit nächtlicher Lärm-belastung würden konkret nachweisen, dass Verkehrslärm zu Gefäßstörungen führt, die durch Vitamin C deutlich verbessert werden, was darauf hindeutet, dass oxidativer Stress eine Schlüsselrolle bei der Entstehung dieses Phänomens spiele.

Das Forscherteam hat methodisch ein neuartiges Tiermodell entwickelt, um die vaskulären Folgen der Verkehrslärmbelastung zu untersuchen. Spitzenschallpegel von 85 dB(A) und ein mittlerer Schallpegel von 72 dB(A), die über vier Tage über Lautsprecher angelegt wurden, verursachten bei den Tieren einen Anstieg des systolischen Blutdrucks, des Noradrenalin- und Angiotensin-II-Plasmaspiegels und führten zu einer endothelialen Dysfunktion. Gleicher

mittlere Schalldruckpegel von als Vergleich untersuchten sogenannten »weißem Rauschen« (white noise) über vier Tage führte nicht zu diesen Veränderungen. Eine vergleichende Illumina-Sequenzierung von Transkriptomen von Aortengewebe von Tieren, die Fluglärm ausgesetzt waren, zeigte signifikante Veränderungen von Genen, die teilweise für die Regulierung der Gefäßfunktion, den Gefäßumbau und den Zelltod verantwortlich sind.

Daraus leitet die Forschergruppe das Ergebnis ab, dass eine chronische Lärmbelastung auch mit niedrigem Pegel die zirkulierenden Stresshormone und den Blutdruck erhöht, vaskuläre (endotheliale) Dysfunktion verursacht, den oxidativen Stress im Plasma und im Gefäßsystem erhöht und die Invasion von Entzündungszellen im Gefäßsystem stimulierte.⁸⁶ Die Gewebe Untersuchungen an Tieren beweisen, dass die im Mittelrheintal an den Schlafraumfassaden üblichen und durch Bahnlärm bewirkten Spitzenschallpegel von 85 dB für das Absterben von Zellen und damit für schwere Herz-Kreislauf-Erkrankungen verantwortlich sind. Diese Untersuchungen begründen die Notwendigkeit einer wesentlichen Herabsetzung des Vorsorgegrenzwertes gegenüber Verkehrslärm.

Münzel, Verkehrslärm als Herz-Kreislauf-Risiko

Eine am 4. April 2023 im European Journal of Preventive Cardiology publizierte Studie eines Mitglieds der oben angesprochenen Forschergruppe zeigt auf, dass sich Verkehrslärm schon nach wenigen Tagen negativ auf die menschliche Gesundheit auswirkt. Um die Auswirkungen von Verkehrslärm auf das Gefäßsystem zu untersuchen, hatte – wie oben dargelegt – eine Forschergruppe des Zentrums für Kardiologie an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz Mäuse ein, zwei oder vier Tage lang Fluglärm ausgesetzt. Der Lärm führte zu einem Anstieg des Stresshormonspiegels und des Blutdrucks. Es kam zu einer ausgeprägten endothelialen Dysfunktion mit Entzündungsreaktionen in den Gefäßen, was vor allem durch das Einwandern von radikalbildenden Makrophagen (Fresszellen) bedingt war. Diese Veränderungen waren nicht auf das Gefäßsystem beschränkt, sondern konnten von der Forschungsgruppe auch im Gehirn nachgewiesen werden, wie der Studienleiter Prof. Münzel in der Publikation des Jahres 2023 zusammenfasste: *„Für mich war es überraschend, wie schnell sich Lärm bereits nach wenigen Tagen negativ auf die Gesundheit auswirkt“*, sagt Prof. Thomas Münzel, Direktor des Zentrums für Kardiologie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. *Der Nachweis einer Gefäßschädigung bei Mäusen innerhalb von 24 Stunden passe auch zu den Ergebnissen der Arbeitsgruppe, die bei jungen Medizinstudenten bereits nach einer Nacht Flug- oder Bahnlärm eine endotheliale Dysfunktion nachweisen konnte*«. ⁸⁷

Gutachterliche Stellungnahme Prof. Münzel vom 29. Mai 2021

Der Sachverständige Professor Münzel beantwortete in seiner gutachterlichen Stellungnahme vom 29. Mai 2021⁸⁸ Fachfragen zu den durch Lärm verursachten Ursachen der Aufwachreaktionen eines Menschen und der Abhängigkeit von Maximalpegeln eines Verkehrsgeräusche zu einer erhöhten Aufwachwahrscheinlichkeit (1), zur Vergleichbarkeit von Fluglärm mit Schienenlärm hinsichtlich der Aufwachursachen und der Reaktionen des Schlafenden (2) und

ob die durch lärmbedingte Schlafstörungen ausgelösten Aufwachreaktion gesichert gesundheitliche Schäden verursachen (3).

(1) Der Sachverständige bezieht sich zur Beantwortung der Frage was die durch Lärm verursachten Ursachen der Aufwachreaktionen eines Menschen sind - der Pegelanstieg oder dessen Steilheit - auf die Publikation von Prof. Basner/ Samel zur Umsetzung der DLR-Studie in eine lärmmedizinische Beurteilung für eine Nachtschutzkonzept⁸⁹ und zitiert daraus in der Abbildung auf Seite 2 seiner Stellungnahme die annähernd lineare Relation zwischen Aufwachwahrscheinlichkeit und Maximalpegeln von Verkehrsgeräuschen. Er berichtet über das zentrale Ergebnis dieser Studie von Basner, dass es bei einem Maximalpegel oberhalb von 33 dB im Schlafraum zu einer Zunahme der unter Fluglärm beobachteten Wahrscheinlichkeit eines Aufwachens der Schlafenden im Vergleich zu spontaner Wahrscheinlichkeit einer Aufwachreaktionen komme. Er leitet daraus die Schlussfolgerung ab, dass ab einem Maximalpegel von 33 dB (A) am Ohr des Schlafenden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit des Aufwachens gerechnet werden muss. Abschließend erläuterte er, dass als Ergebnis vergleichender Laboranalysen von Prof. Basner zumindest im niedrigen Schallpegelbereich keine Unterschiede zwischen Fluglärm, Schienen- und Straßenlärm in Bezug auf Aufwachreaktionen festzustellen waren. Der Sachverständige stützt seine Bewertung, dass ab Maximalpegeln von 33 dB (A) am Ohr des Schlafenden Veränderungen der Schlafstruktur, der Aufwachwahrscheinlichkeit und ein Anstieg der Herzschlagfrequenz auch durch Bahnlärm auftreten, ergänzend auf die einmütige fachliche Bewertung der auf Seite 3 seines Schreibens im Detail benannten Teilnehmerinnen und Teilnehmer eines Fachgesprächs zu gesundheitlichen Auswirkungen von Bahnlärm am 20. April 2015 im Umweltministerium des Landes Nordrhein-Westfalen. Dieses Expertengremium war sich nach der Stellungnahme des Sachverständigen weiterhin darin einig, dass oberhalb einer Schwelle des Bahnlärms von 50 dB (A) L_{DEN} , außen das Risiko für Bluthochdruck und für langfristige kardiovaskuläre Erkrankungen ansteigt und solche durch den Bahnverkehr bedingten Erschütterungen zu den gesundheitsbezogenen Wirkungen des Bahnlärms beitragen.

(2) Auf die weitere Frage nach der Vergleichbarkeit von Fluglärm und Schienenlärm hinsichtlich der Aufwachursachen und Reaktionen der Schlafenden bezieht sich der Sachverständige Münzel zunächst auf die in der Publikation European Heart Journal (2014, 35, 829-836) in Abbildung 1 wiedergegebene Relation zwischen dem einwirkenden Dauerschallpegel des Verkehrslärms und der Beschwerdehäufigkeit differenziert nach den drei Verkehrsarten Bahn, Auto und Flugzeug. Bekannt sei, dass das Auslösen von Belästigungsreaktionen beim Bahnverkehr am geringsten sei. Nach seiner Erkenntnis scheint bei den Aufwachreaktionen aufgrund von Transportlärm die Reihenfolge umgekehrt zu sein, mithin der Bahnlärm im Vergleich zu den beiden anderen Verkehrsarten die intensivsten Aufwachreaktionen auszulösen. Als Beleg für diese Bewertung bezieht sich der Sachverständige auf die Studie von Elmenhorst/Griefahn/Rolny/Basner⁹⁰, die diese Bewertung durch zahlreiche Versuche belegt hätten. Er schließt daraus, dass Schienenlärm aufgrund der Ergebnisse von wissenschaftlichen Schlaflaboruntersuchungen eher wahrscheinlich Aufwachreaktionen auslöst als vergleichbarer Fluglärm bzw. Straßenlärm.

(3) Auf die abschließende Frage, ob gesichert sei, dass die bevorzugt durch Schlafstörungen ausgelösten Aufwachreaktionen gesundheitliche Schäden verursachen, verweist der Sachverständige auf klinische und vorklinische Untersuchungen der Gutachtergruppe Cappuccio⁹¹, dass ein zu kurzer bzw. häufig unterbrochene Schlaf Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursacht. Diese Untersuchungen hätten bestätigt, dass insbesondere der Nachtlärm das Herz-Kreislaufsystem schädige. Diese Befunde seien »neu und so ausgeprägt, dass sie mit hoher Wahrscheinlichkeit als gesichert anzusehen sind«⁹². Als gesundheitliche Nebenwirkungen von Nachtlärm würden, so der Sachverständige, Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie eine erhöhte Steifigkeit der Gefäße, Bluthochdruck und Herzinfarkt beobachtet.⁹³ Vorklinische Untersuchungen würden nach Bewertung von Münzel eindeutig belegen, dass das Herz-Kreislaufsystem fast ausschließlich durch Lärmexposition in der Schlafphase ausgelöst wird; er belegt dies durch eine Publikation von Kroller-Schon/Daiber.⁹⁴ Abschließend verweist der Sachverständige darauf, dass eine ebenfalls wichtige Folge der Unterbrechung der Nachtruhe bzw. eines abgekürzten Schlafes eine ausgeprägte Störung der circadianen Rhythmik sei, welche wieder negative Auswirkungen auf die Herzkreislauffunktion habe. Als wissenschaftlichen Beleg bezieht er sich dazu auf die beiden vorzitierten und in seiner anhängenden Literaturliste unter Nr. 3 und Nr. 4 aufgeführten Publikationen.

Lärmwirkungsstudie NORAH

Das Forschungsverbundprojekt „Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health“ (deutsch etwa „Zusammenhänge zwischen Lärm, Belästigung, Denkprozessen und Gesundheit“ – kurz: NORAH) ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zur Untersuchung der Auswirkungen von Verkehrslärm – Flug-, Straßen- und Schienenverkehrslärm – auf die Bevölkerung. Am Projekt waren insgesamt zehn wissenschaftliche Arbeitsgruppen aus Akustik, Medizin und Gesundheitswissenschaften, Schlafforschung, Epidemiologie und Psychologie beteiligt. Die Qualitätssicherung erfolgte durch einen Wissenschaftlichen Beirat unter der Leitung der Professoren Dr. Jürgen Hellbrück und Dr. Rainer Guski.

Die im Jahr 2015 abgeschlossene Lärmwirkungsstudie hatte das Ziel, eine möglichst repräsentative und wissenschaftlich abgesicherte Beschreibung der Auswirkungen des Lärms vom Flug-, Schienen- und Straßenverkehr auf die Gesundheit und Lebensqualität der betroffenen Wohnbevölkerung zu erhalten. Um dieser gesamtheitlichen Erforschung der Wirkung von Verkehrslärm nachzugehen, hatten sich mehrere renommierte Forschungs- und Fachinstitutionen der Medizin, Psychologie, Sozialwissenschaft, Akustik und Physik zu einem Forschungskonsortium zusammengeschlossen. Die Untersuchungen wurden vornehmlich im Rhein-Main-Gebiet sowie teilweise auch in den Regionen um die Flughäfen und den dortigen Bahnstrecken Berlin-Brandenburg, Köln/Bonn und Stuttgart durchgeführt.

Das Umweltbundesamt stellt in seiner fachlichen Bewertung als zentrale Ergebnisse der NORAH-Studie heraus, dass der stärkste Anstieg in der Risikowahrscheinlichkeit sich für die unipolare depressive Episode zeige. Bei Schienenverkehr belegen sich nach Bewertung der Behörde deutliche Effekte für die verschiedenen Arten von Herz-Kreislauserkrankungen.

Schließlich zeige eine Betrachtung hoher Einzelbelege an den Schlafräumfassaden (> 50 dB(A) LA,max) bei dort gleichzeitigem niedrigen Dauerschallpegel unter 40 dB(A) eine in der Nachtzeit auch statistisch signifikante Erhöhung der Risikoprüfung für den Schlaganfall und die Herzinsuffizienz.

Die Studie untersucht weiterhin den Anteil der durch Verkehrsgeräusche hoch belastigter Personen in getrennten quellenspezifischen Stichproben im Umfeld des Flughafens Frankfurt mit zusätzlichem Vergleich zu einer Stichprobe bei Bahnanliegern aus dem Rheintal, die primär Schienenverkehrslärm ausgesetzt sind. Der Autor dieser Teilstudie, der Sachverständige Schreckenbergs fasst das Ergebnis zur Fragestellung eine Rechtfertigung eines Schienenbonus wie folgt zusammen:

»Der %HA-Anteil liegt für den Fluglärm bei gleichem LpAeq,24h oberhalb von den %HA-Anteilen für Straßen- und Schienenverkehrslärm. Dieser Belästigungsunterschied je nach Lärmquellenart ist nicht neu und entspricht beispielsweise den Expositions-Wirkungskurven aus dem EU-Positionspapier zur Belästigung durch Verkehrslärm - dort jedoch bezogen auf den Tag-Abend-Nachtpegel LDEN (EC/WG2, 2002). Allerdings ist zum einen der Abstand des %HA-Anteils für Fluglärm zu den %HA-Anteilen der anderen beiden Verkehrslärmquellenarten deutlich höher als im EU-Positionspapier. Zum anderen ist auch keine Belästigungsdifferenz zwischen Straßen- und Schienenverkehrslärm zugunsten des Schienenverkehrslärms (Schienenbonus) feststellbar; oberhalb von LpAeq,24h = 65 dB ergibt sich sogar ein Schienenmalus.« ... »Bei den berichteten Schlafstörungen durch Verkehrslärm zeigen sich ähnliche Unterschiede zwischen den Verkehrsträgern wie bei der Lärmbelästigung: Bei gleichen Nacht-Mittelungspegeln sind die berichteten Schlafstörungen und der Anteil der hoch schlafgestörten Personen (%HSD; Prozent highly sleep disturbed) durch Fluglärm höher als durch Schienen- und Straßenverkehrslärm. Auch auf die Schlafstörungen bezogen ist ein Schienenbonus nicht erkennbar.«

Kombinierte Effekte verschiedener Umweltfaktoren auf der Gesundheit

Die Kombination der Wirkung der Emissionen des Bahnbetriebs durch Lärm und Erschütterungen einerseits sowie Luftschadstoffe andererseits führt nach den Erkenntnissen der umweltmedizinischen Forschergruppe um Pickford⁹⁵ zu synergistischen Effekten zulasten der Gesundheit der Anwohner von Bahnstrecken. Sowohl Lärm als auch die Belastung durch Luftschadstoffe wie insbesondere Feinstaub stehen in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Auch die umweltmedizinische Studie der Forschergruppe um Professor Münzel⁹⁶ belegt, dass die gleichzeitige Exposition gegenüber beiden Faktoren das Risiko weiter steigern kann.

Aktuelle Forschungsergebnisse einer Studiengruppe um Hahad⁹⁷ belegen auch, dass Umgebungslärm und verschiedene Bestandteile der Luftverschmutzung - vor allem Feinstaub - auch das Risiko für psychische Erkrankungen wie Depressionen, Angststörungen, psychologischen und Suizid erhöhen können.

Zwischenergebnis

Die vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen epidemiologischen Untersuchungen und die umfassende Literaturrecherche als Grundlage der Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Umgebungslärm für die europäische Region 2018 werden durch keine gegenläufigen medizinischen Erkenntnisse in Frage gestellt, sondern in allen hier vorgestellten umweltmedizinischen Untersuchungen bestätigt. Sie stellen daher den Stand der umweltmedizinischen Erkenntnis dar. Es besteht zusammenfassend eine Kausalität zwischen schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schallimmissionen des Bahnbetriebs oberhalb eines einwirkenden Dauerschallpegels durch Verkehrsgeräusche an der Fassade eines Schlafraums von 45 dB (A) und der längerfristig eintretenden Erkrankung der Bewohner an Bluthochdruck sowie Herz-Kreislauferkrankungen. Die DLR-Studie von Professor Basner weist nach, dass es ab einem Maximalpegel des Bahn lärms von 33 dB (A) am Ohr des Schlafenden zu einer Zunahme der Aufwachwahrscheinlichkeit kommt, die einen Anstieg der Herzschlagfrequenz bewirkt. Ein Expertengespräch am 20. April 2015 unter Beteiligung des Umweltbundesamtes zum Thema gesundheitliche Auswirkungen von Bahn lärms erbrachte die einmütige Bewertung, dass oberhalb eines Lärmpegels des Bahn lärms von 50 dB (A) $L_{DEN, außen}$ das Risiko einer Bluthochdruckerkrankung und langfristiger kardiovaskulärer Erkrankungen ansteigt.

12. Schienenbonus

Der »Schienenbonus« bezeichnet einen Korrektur-Faktor, der in den vergangenen Jahrzehnten im politischen Prozess zur Regulierung von Verkehrslärm in der Anl. 2 zu § 4 der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Anwendung gefunden hatte. Seine Anwendung bewirkte in Deutschland eine um 5 dB (A) geringeren Schutz der von Bahn lärms Betroffenen gegenüber solchen durch Straßen- oder Fluglärm Betroffenen. Nach der Neuregelung des § 43 Abs. 2 BImSchG ist dieser Abschlag für neu eingeleitete eisenbahnrechtliche Planfeststellungsverfahren nicht mehr anzuwenden.

Die DB InfraGO AG vertritt dazu durchgängig in allen Rechtsstreitigkeiten zu Ansprüchen von Anlegern an Bahnstrecken aus der Rechtsgrundlage der §§ 906 i.V.m. 1004 BGB die Rechtsansicht, dass dieser Abschlag bei der Berechnung des Fassadenpegel von Bahn lärms, der von Strecken des Bestandes ausgeht, unverändert zu berücksichtigen sei. Die Berechtigung dazu ist zu überprüfen.

Meta-Studie der Weltgesundheitsorganisation

Die oben zitierte Studie der Weltgesundheitsorganisation untersucht die Berechtigung eines Abschlags (-5 dB (A)) vom Beurteilungspegel zur Bewertung von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Verkehrslärmarten und kommt zusammenfassend zu dem oben begründeten Ergebnis, dass ein solcher Schienenbonus umweltmedizinisch nicht gerechtfertigt sei.

Bewertung durch das Umweltbundesamt

Das Umweltbundesamt prüft in Auswertung der wissenschaftlichen Erkenntnisse der von der Weltgesundheitsorganisation in der Metastudie weltweit zusammengefassten Literatur zur Berechtigung eines geringeren Schallschutzes für die Anlieger von Bahnstrecken (Schienenbonus), ob sich die Aufhebung des so genannten Schienenbonus in § 43 Abs. 1 S. 2 BImSchG auch in den erkenntnisbasierten Empfehlungen der WHO wiederfindet und bestätigt dies mit der Bewertung, dass »dies den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen der Lärmwirkungsfor-schung gerecht wird«.

Zwischenergebnis zum Schienenbonus bei Bahnstrecken des Bestandes

Die Literaturstudie der Weltgesundheitsorganisation und deren qualitative Prüfung durch das Umweltbundesamt begründen ebenso wie die NORAH-Studie zusammenfassend mit wissenschaftlich seitdem nicht mehr angegriffenen Argumenten als neue Erkenntnis der Umweltmedizin, dass ein Schienenbonus bei der Bewertung der Berechnungsergebnisse des Betriebslärms von Bahnstrecken des Bestandes nicht mehr anzuwenden ist, weil er zu Schlafstö-rungen führt.

13. Minderung des Verkehrswertes der trassennahen Grundstücke

Die Schallimmissionen des Bahnbetriebes beeinträchtigen an den trassennahen Wohnhäusern die dortige Wohnnutzung und an den trassennahen sonstigen lärmempfindliche Nutzungen wie etwa die Konzentration auf den Schulunterricht oder die geistige (Büro-) Arbeit und die dortige Verständlichkeit der Kommunikation jeweils wesentlich. Die typischen Wohnnutzungen wie eine verständliche Kommunikation auch mit Gästen unter Wahrung des sozial üblichen Abstandes, konzentriertes Lesen, Wahrnehmung des Medientones, Verständlichkeit von Telefongesprächen, Mittagsruhe und erholsame Nachtschlaf sind durch den übermäßigen Bahnlärm erheblich eingeschränkt. Als Folge dieser Nutzungseinschränkungen durch den Bahnlärm oberhalb der Schwelle einer schädlichen Umwelteinwirkungen wie sie etwa durch die Grenzwerte des § 2 16. BImSchV charakterisiert werden, mindern den Verkehrswert der betroffenen Immobilie im Vergleich zu anderen Immobilien in gleicher Lage bei gleicher Nutzung erheblich.

14. Wirtschaftlich zumutbare Möglichkeiten zur Minderung des Bahnlärms

Der Deutsche Bahn (DB InfraGO AG) stehen im Mittelrheintal einen den beidseitigen Bahnstrecken zusammenfassend wirtschaftlich zumutbare Möglichkeiten der Minderung der Im-missionen des Betriebs der Bahnstrecken auf ein Maß unterhalb der Schwelle einer wesentlichen Beeinträchtigung der benachbarten Wohnnutzung zur Verfügung.

Die Schallbelastung der Umgebung durch den Schienengüterverkehr kann heute durch solche dem Stand der Technik entsprechende Instrumente und Lösungen signifikant gemindert

werden. Während Anpassungen am rollenden Material und an den Schienen durchschnittlich Reduktionen von 2–5 dB(A) erreichen können, vermag eine moderne Unterbauweise (z. B. Floating Slab Track) eine Reduktion von bis zu 8 dB(A) zu erzielen. Schallschutzwände bieten zudem das Potenzial, im optimalen Fall Lärmpegel um bis zu 15 dB(A) zu senken. Diese technischen Fortschritte sind essenziell, um die Lebensqualität in den von Schienenverkehr betroffenen Regionen zu verbessern und die gesetzlichen Grenzwerte einzuhalten.

Moderne Dieselmotoren und Fahrwerke können durch den Einsatz vibrationsmindernder Komponenten signifikant leiser betrieben werden. Der Einbau von sogenannten Schwingungsdämpfern an den Rädern und die Verwendung von elektronisch gesteuerten Bremssystemen können nach den Ermittlungen des Umweltbundesamtes den Kontaktlärm um etwa 3–5 dB(A) reduzieren. Verbesserungen an den Radsätzen, etwa durch spezielle Gleitbeschichtungen, tragen ebenfalls zur Lärmreduktion bei.

Der Unterbau der Schienenwege spielt eine zentrale Rolle bei der Übertragung von Vibrationen in die Umgebung. Der Einsatz von schwingungsdämpfenden Schienenbefestigungen und Unterlagematerialien kann nach den Ermittlungen des Umweltbundesamtes die Übertragung von Schall in den Boden um etwa 3–6 dB(A) vermindern.

Moderne Gleisanlagen, bei denen Schienen in einer schwimmenden Betonplatte verlegt werden, zeigen eine deutliche Reduktion der Schallübertragung – teilweise um bis zu 8 dB(A) im Vergleich zu konventionellen Systemen.

Direkt an den Schienen erfolgen Eingriffe, um den Radsatzkontakt zu optimieren und die Schallentstehung zu minimieren. Die nachträgliche Installation von Vibrationsdämpfern oder die Verwendung von Schienenprofilen mit optimierter Geometrie kann nach den Ermittlungen des Umweltbundesamtes den durch den Rad-Schienen-Kontakt erzeugten Schallpegel um etwa 2–3 dB(A) senken.

Spezielle Beschichtungen der Schienenoberfläche zur Reduktion der Reibung und Abrieb haben in Pilotprojekten ebenfalls zu messbaren Lärmreduktionen geführt. Die Wiederherstellung der durch den Betrieb aufgebauten Oberfläche der Schienen durch Schleifen vermag die Lärmbelastung ganz erheblich zu mindern.

Schließlich stellen Schallschutzwände eine klassische bauliche Maßnahme dar, um den von den Schienen erzeugten Lärm abzuschirmen. Gut dimensionierte Schallschutzwände aus absorbierenden Materialien können den Lärmpegel in angrenzenden Wohngebieten um 5 bis 15 dB(A) reduzieren – abhängig von der Höhe, Länge und der Nähe zum Lärmquelle (vgl. UBA, „Lärmkartierung im Schienenverkehr“, 2018).

Dazu im Detail:

Schleifen der Schienenoberfläche

Zwischen dem Schienenzustand der Gleise und der Lärmentwicklung durch (Güter-) Züge besteht ein Zusammenhang. Schienen verriffeln durch das Befahren mit Waggonrädern, die als Folge solcher nicht mehr dem Stand der Technik entsprechenden Systeme eine den Abrolllärm erhöhende Unwucht haben. Die Betreiber einer Eisenbahn Infrastruktureinrichtung sind als Folge gehalten, die Schienenoberfläche bedarfsgerecht zu schleifen, was eine Minderung der Emissionen bewirkt. Um diese damit wechselnden Schallemissionen vorbeifahrender Züge berechnen zu können, wird in der 16. BImSchV vereinfachend ein "durchschnittlich guter Schienenzustand" vorausgesetzt.

Die Lärmbelastung kann an Bahnstrecken dadurch gemindert werden, dass die Schienen hinreichend oft "akustisch" geschliffen werden. Bei älteren aber noch verkehrenden Güterwaggon, bei denen die Räder durch Klotzbremsen verriffelt sind, wirkt sich akustisches Schleifen auf den Vorbeifahrpegel fast nicht aus. Ein "akustisches Schleifen" ist in der Schall 03-2012 nicht definiert, es sind nur Pegelabschläge für die Methodik eines „Besonderes überwachtetes Gleis“ - BüG - als Methodik der Schallminderung vorgesehen und zugelassen. "Akustisches Schleifen" erfüllt nach Bewertung des Sachverständigen Dr. Windelberg nur dann die Voraussetzungen für die Methodik des »Besonders überwachten Gleises«, wenn bestimmte Überwachungsintervalle und Methoden verpflichtend sind. Das ist beim "akustischen Schleifen" durch die DB nicht vorgesehen.

Im Gegensatz dazu dient das Instandhaltungsschleifen der Funktionsfähigkeit des Oberbaus für das jeweilige Anforderungsprofil der Strecke und somit einer sicheren Betriebsführung. Für das Instandhaltungsschleifen können verschiedene Bearbeitungsverfahren (Fräsen, Hobeln, Schleifen, teilweise auch in Kombination) eingesetzt werden. Da mit dem Instandhaltungsschleifen normativ kein bestimmter Lärmpegel als konkreter Zahlenwert verknüpft ist, kann das Eisenbahn-Bundesamt einen solchen nach durchgeführtem Instandhaltungsschleifen auch nicht vom Infrastrukturbetreiber einfordern. Insofern existiert derzeit (noch) keine gesetzliche Grundlage, welche Lärmpegel nach dem Instandhaltungsschleifen eingehalten werden müssen.

Nach den in Literaturbeiträgen dokumentierten Erfahrungen von Sachverständigen erreicht ein Schienenschleifen eine Absenkung des schalltechnischen Grundwertes auf kleiner 51 dB (A). Nach dem Stand der Lärmschutztechnik ist danach eine ständige Überwachung der Einhaltung des lärmtechnisch optimalen Schienenzustandes geboten. Wird bei dieser Überwachung eine Steigerung der Schallimmissionen um 3 dB (A) festgestellt, ist nach dem Stand der Technik ein erneutes Schleifen der Gleise mit dem Ziel notwendig, dass ein im Schallmesswagen angezeigter Wert von $L_m = 51 \text{ dB(A)}$ erreicht wird. Wird das Schienenschleifen zeitlich über den Zielwert nach dem Stand der Lärmreduzierungs-technik hinaus verzögert, beträgt nach intensiver Schienennutzung der Gleise der dann vom Schallmesswagen angezeigte Wert $L_m = (51+20) \text{ dB(A)} = 71 \text{ dB(A)}$, d.h. die Lärmbelastung ist dann um das logarithmische Maß von 20 dB(A) gegenüber dem nach dem Stand der Technik optimalen Wert gestiegen.

Die gesetzlich zur Ermittlung dieses Minderungspotenzial zuständige Behörde Umweltbundesamt hat dazu eine Forschungsarbeit zu »Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms« durch die Autorengruppe um Professor Markus Hecht von der Technischen Universität Berlin publiziert, die den Stand der Technik zur Minderung des Bahnlärm zusammenfasst. Wir fassen die vom Umweltbundesamt in der Methodik qualitativ überprüften und anschließend publizierten Erkenntnisse nachfolgend zusammen.

In diesem Forschungsbericht werden als Maßnahmen des aktiven Schallschutzes folgende Erkenntnisse referiert, deren gekennzeichneten Zitate allesamt aus dem Forschungsbericht stammen.

Schienenstegdämpfer

Das Reduktionspotenzial von Schienenstegdämpfer beträgt »bis zu 3 dB(A) Lärminderung in Abhängigkeit des Gleiszustandes (Track Decay Rate und Schienenrauheit).« ... »Schienenstegdämpfer erhöhen die Schienenabklingrate und mindern damit die Schallabstrahlung der Schiene. Auf dem Markt existieren verschiedene Anbieter von Schienenstegdämpfern, z.B. Schrey & Veit, TATA Steel, Vossloh und STRAIL, deren Systeme vergleichbare Minderungseffekte erzielen. Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 180.000 Euro/km. Zusätzlich fallen Kosten für Instandhaltungserschweren von 10.700 Euro/km an. Diese resultieren aus Mehraufwand z.B. bei Gleisdurcharbeitung, dem Verlegen/Tauschen von Schienenfußkabeln und Schienenwechseln sowie der Instandsetzung der Komponenten in Form von Schrauben nachziehen und Ersatz defekter Teile. Bezogen auf die geschätzte Lärmreduktion von 3 dB(A) ergeben sich für die Schienenstegdämpfer bei einer Lebensdauer von 13 Jahren jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von ca. 8.200 Euro. Schienenstegdämpfer sind typenweise zuzulassen. Vom EBA zugelassen ist z.B. das System STRAILLastic_A von STRAIL (seit Mai 2010). Im Jahr 2014 hat das EBA die Zulassungen zur Betriebserprobung der Schienenstegdämpfer der Firmen Kraiburg, Voss-loh, Hering Industrie- und Gleisbau GmbH und Schrey & Veith GmbH verlängert.«⁹⁸

Hochleistungsfähiges Schleifen der Schienen mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit in kontinuierlichen Zeitabständen

»Das Hochgeschwindigkeitsschleifen ist eine präventive Instandhaltungsmaßnahme am Schienenkopf. Durch das frühzeitige Beseitigen von Schienenfehlern werden größere Schäden an der Schiene vermieden. Gleichzeitig kann durch das Schleifen eine Lärm-minderung erzielt werden.« Durch den Schleifvorgang wird eine Schienenrauheit von Ra < 8 Mikrometer erzielt. Dabei kann nach den Erkenntnissen der Gutachter Gruppe um Professor Hecht »eine Minderung von ca. 8 dB(A) erzielt werden, wenn die Referenzschiene in einem schlechten Zustand ist.«⁹⁹ »Beim Hochgeschwindigkeitsschleifen werden die Schienen mit bis zu 80 km/h geschliffen. Dies hat den Vorteil, dass dafür keine Gleissperrung notwendig ist. Gegenüber dem Schleifen im Rahmen der Technik des besonders überwachten Gleises (BüG) führt das Hochgeschwindigkeitsschleifen zu höheren Minimalpegeln. Das Gleis wird nur leicht reprofiliert und es wird weniger abgeschliffen. Dafür können die Schleifvorgänge schneller durchgeführt werden. Der Schleifvorgang wird häufiger durchgeführt als das Schleifen beim BüG.

Die Maßnahme wird in der Regel vor der Entstehung von Head Checks (Ausbröckelungen am Schienenkopf) und damit präventiv angewendet. Für ein optimales Schienenrauheitsergebnis und damit optimales Minderungspotenzial sind drei Schleifdurchgänge notwendig.« ... »Die geschätzten Kosten für das Hochgeschwindigkeitsschleifen der Schienen betragen ca. 5.000 Euro pro Jahr und km. Dies beinhaltet drei Schleifmaßnahmen im Jahr (jeweils bestehend aus drei Schleiffahrten). Hierdurch können weitere Schienenbehandlungen seltener erfolgen, doch sind diese Einsparungen schwer zu quantifizieren und werden hier nicht berücksichtigt. Bei einer geschätzten Lärmreduktion von 3 dB(A) und einer Lebensdauer von 4 Monaten ergeben sich für diese Maßnahme jährliche Kosten pro dB(A) Lärmreduktion und pro km in Höhe von 1.600 Euro. Diese im Vergleich zum BüG höheren Kosten lohnen sich auf Strecken, auf denen Sperrpausen zu starken Betriebseinschränkungen führen. Diese Maßnahme ist zugelassen und wird praktiziert.«¹⁰⁰

Besohlung der Unterseite der Schwellen mit elastischen Materialien zur Verminderung der Übertragung von Körperschall in den Untergrund

»Es ist keine Minderung im primären Luftschall bekannt. Aber durch langfristig gute Gleisqualität ergibt sich eine Minderung der Geräusentstehung. Im Körperschall ergibt sich nach der Publikation von Loy¹⁰¹ aus dem Jahr 2012 eine frequenzabhängige Verbesserung im Einfügedämmmaß (Pegeldifferenz zwischen „mit“ und „ohne“ Maßnahme) um bis zu 10 dB.«

Nach Einschätzung der Gutachtergruppe um Professor Hecht liegt das »Luftschallminderungspotenzial bei 2 dB(A).« ... »Das Besohlungsmaterial führt zu einer größeren Kontaktfläche zwischen Schwelle und Schotter (2 - 8% der Fläche der Schwellensole ohne Besohlung und 30 - 35% mit Besohlung). Dies erhöht die Stabilität des Gleisbettes und führt damit zu einer Verschleißreduzierung am Gleis. In der Folge wird das stabilere Gleis auch weniger zur Schallanregung beitragen.« ... »Die Investitionskosten für Schwellen sind mit der Besohlung höher. Laut DB Netz AG liegen die Erstellungskosten bei 623.000 Euro pro km. Dies entspricht Mehrkosten von 41.600 Euro pro km. M. Ahrens und Moll geben Mehrkosten von 20 Euro pro Schwelle an, was bei 60 cm Schwellenabstand 33.000 Euro pro km entspricht. Die Folgekosten für die Wartung des Gleises verringern sich, da weniger Schlupfwellen entstehen. Da die Erschütterungen durch die Schwellenbesohlungen gedämpft werden, wird für die Beton-schwellen und die Schwellenbesohlung eine Lebensdauer von 40 Jahren angesetzt. Zwar sollen auch Betonschwellen ohne Schwellenbesohlung eine Lebensdauer von 40 Jahren haben, dies entspricht jedoch nicht der Realität der letzten Jahre. Betonschwellen brechen häufig deutlich früher. Bei einer geschätzten Lärmreduktion von 2 dB(A) und einer Lebensdauer von 40 Jahren ergeben sich im Fall eines Neubaus jährliche Mehrkosten im Vergleich zu konventionellen Betonschwellen von ca. 460 Euro pro km und dB(A) Lärmreduktion. Hierbei sind die positiven wirtschaftlichen Effekte durch die geringeren Instandhaltungsinvestitionen noch nicht berücksichtigt. Würden Schwellen allein zum Zwecke der Lärmreduktion ausgetauscht, so betrügen die jährlichen Gesamtkosten für den Schwellenaustausch 7.790 Euro pro dB(A) Lärmreduktion und pro km.« ... »In Österreich hat sich die Schwellenbesohlung bei der ÖBB als Regelbauform etabliert. Nicht besohlte Schwellen dürfen nur noch mit besonderer Begründung eingebaut werden. In Deutschland ist die Schwellenbesohlung im Zuge des Konjunkturpakets II getestet und zugelassen worden.«¹⁰²

Methodik des „Besonders überwachtetes Gleises“, Gabionenwand, (niedrige) Schallschutzwand und Schienenstegabschirmung

Der Forschungsbericht untersuchten die weiterhin möglichen technischen Maßnahmen des »Besonders überwachten Gleises«¹⁰³, einer Schallschutzwand¹⁰⁴, einer Gabionenwand¹⁰⁵, einer niedrigen Schallschutzwand¹⁰⁶ einer Schienenstegabschirmung¹⁰⁷, einer Schienenschmieranlage¹⁰⁸ und des Einsatzes von Reibmodifikation¹⁰⁹. Diese Methoden bewirken Einzelnen und auch in Kombination eine wirtschaftlich zumutbare Minderung der Schallimmissionen unterhalb einer Schwelle einer schädlichen Umwelteinwirkungen durch Bahnlärm.

15. Umrüstung der Bremssysteme der Güterwagen

Das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie das Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz haben mit Blick darauf, dass das Rheintal im europäischen Schienenverkehr eine zentrale Nord-Süd-Verbindung ist und die Anwohner infolge des wachsenden Güterverkehrs an der linken und rechten Rheinstrecke immer mehr durch den steigenden Bahnlärm gestört werden, das Pilotprojekt *Leiser Rhein* gestartet.¹¹⁰ Für dieses Projekt stellte die EU-Kommission im Dezember 2009 Finanzmittel zur Verfügung, um 5.000 Güterwagen, die vornehmlich entlang des Rheins fahren, mit leiseren Komposit-Bremssklötzen auszustatten.

Der Deutsche Bundestag hat gesetzlich ab Ende 2020 ein Verbot des Einsatzes von Güterwagen mit Klotz bremsen beschlossen. Die DB InfraGO AG¹¹¹ berichtet, dass Ende 2020 der gesamte aktive Güterwagenpark der DB Cargo (63.000 Güterwagen) mit neuen Bremssystemen ausgestattet wurde, die einen schallmindernden Betrieb eröffnen. Finanziert wurde die Umrüstung aus Haushaltsmitteln des Bundes sowie Mitteln der Europäischen Union. Um die Entwicklung der Umrüstung zu dokumentieren, führt die Bundesrepublik Deutschland seit 2019 ein einheitliches Monitoringsystem mit insgesamt 17 Messstationen ein.

Flankierend wurde ein Anreiz zur Umrüstung durch einen lärmabhängiges Trassenpreissystem geschaffen.

16. Lärmsanierung der Bestandsstrecken aus Haushaltsmitteln des Bundes

Die Bundesregierung strebt als Lärmschutzziel für das Jahr 2030 an, die Zahl der vom Schienenlärm Betroffenen zu halbieren; dies „ist hauptsächlich durch das Lärmsanierungsprogramm zu erreichen“.¹¹² Der Bund gewährt dazu nach Maßgabe der »Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes«¹¹³ in den Fassungen der Bekanntmachung vom 7. März 2005, 23. September 2009 und 7. Mai 2014 sowie der Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zu den §§ 23, 44 der Bundeshaushaltsordnung (VV-BHO) Zuwendungen für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes. Lärmsanierung im Sinne dieser Richtlinie ist die Verminderung der Lärmbelastung an Schienenwegen der Eisenbahnen des

Bundes, die vor Inkrafttreten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes am 1. April 1974, in den neuen Ländern am 3. Oktober 1990, in Betrieb waren, ohne dass die Voraussetzungen zur Lärmvorsorge nach §§ 41-43 BImSchG vorliegen (bestehende Schienenwege). Ziel der Förderung ist es, die Lärmbelastung der Anlieger bestehender Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes durch Umsetzung des Gesamtkonzepts der Lärmsanierung gemäß § 2 dieser Richtlinie, um die von den Schienenwegen ausgehenden Schallemissionen zu mindern,

- so weit die zu schützenden baulichen Anlagen vor Inkrafttreten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes errichtet wurden oder
- der Bebauungsplan, in dessen Geltungsbereich die bauliche Anlage errichtet wurde, vor Inkrafttreten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes rechtsverbindlich wurde oder
- das Grundstück bereits vor der verfestigten Eisenbahnplanung nach dem Bauplanungsrecht baulich genutzt werden durfte oder
- der Verkehrslärm nach Errichtung der baulichen Anlage in nicht vorhersehbarer Weise zugenommen hat.

Die Festlegung der Immissionswerte, bei deren Überschreitung eine Förderung möglich wird (Immissionsgrenzwert), erfolgt im Bundeshaushalt in dem Titel, in dem Haushaltsmittel für Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen des Bundes eingestellt sind. Dies ist der Lärmsanierungstitel 1202 891 05 des Deutschen Bundestages zugunsten von Ausgaben zur operativen Umsetzung des freiwilligen Lärmsanierung des Programms der Bundesregierung durch die DB InfraGO AG. Die Berechnung der Beurteilungspegel erfolgt nach § 1 Abs. 5 der Richtlinie nach den Verfahren und mit den Parametern, die für die Berechnung des Beurteilungspegels beim Bau oder wesentlichen Änderungen von Schienenwegen der Eisenbahnen und Straßenbahnen zur Anwendung kommen (§ 41 BImSchG, § 3 Verkehrslärmschutzverordnung).

Bei der Lärmsanierung ist gem. § 1 Abs. 6 der Richtlinie der Entfall des Korrekturwertes (»Schienenbonus«) von 5 Dezibel(A) bei Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens nach den Kriterien wie bei der Lärmvorsorge zu berücksichtigen. Bei Durchführung eines Plangenehmigungsverfahrens ist der Korrekturwert in den ab dem 01.01.2015 einzureichenden Planunterlagen nicht mehr zu berücksichtigen.

Bei der Berechnung des Beurteilungspegels für die Immissionsgrenzwerte der Lärmsanierung ist von der Verkehrsentwicklung auszugehen, die für den aktuellen Bundesverkehrswegeplan prognostiziert ist.

Ein Rechtsanspruch auf Förderung besteht gem. § 1 Abs. 7 nicht. Die Bewilligungsbehörde entscheidet aufgrund ihres pflichtgemäßen Ermessens im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel.

Die Zuwendung wird als Projektförderung im Wege der Vollfinanzierung als nicht rückzahlbarer Zuschuss des Bundes gewährt, sofern in dieser Richtlinie keine Anteilfinanzierung festgelegt wird (§ 7 Abs. 1). Werden Lärmsanierungsmaßnahmen an baulichen Anlagen, die nicht Bahnanlagen sind, durchgeführt, so können maximal 75 Prozent der Kosten zugewendet werden, die unmittelbar durch die Maßnahme entstanden sind (§ 9 Abs. 1).

Eine Bindung der Zahlung der Projektförderung für passive Schallschutzmaßnahmen an einen als Voraussetzung für die Zuwendung zu erklärenden Verzicht der Eigentümer, Wohnungseigentümer oder Erbbauberechtigte bauliche Anlagen als Letztempfänger auf weitergehende Forderungen des Schallschutzes gegenüber der Beklagten ist nicht Inhalt der Richtlinie und widerspricht ihrem Zweck der Akzeptanzförderung.

Zur Vergabe hat das Eisenbahn-Bundesamt die »Ausführungsbestimmungen des Eisenbahn-Bundesamtes zur Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes vom 18. April 2017« erlassen.

Nach dem auf deren Homepage mit Stand 2019 veröffentlichten Bericht¹¹⁴ der DB wurden bundesweit 1,4 Milliarden Euro in das freiwilligen Lärmsanierungsprogramm des Bundes für 1800 bearbeitete Streckenkilometer investiert. Dabei wurden 745 km Schallschutzwände errichtet und rund 60.000 Wohnungen erhielten passive Maßnahmen des Schallschutzes. Jährlich werden aktuell über 100 Millionen Euro in die Lärmsanierung investiert.

Das Schutzniveau wurde bis 2019 durch Entfall des »Schienenbonus« und Absenkungen der Auslösewerte für die freiwilligen Maßnahmen des Schallschutzes um 8 dB (A) verbessert.

17. Schienenlärmschutzgesetz

Das Schienen Lärmschutzgesetz hat das Ziel, die Bevölkerung vor Schienen Verkehrslärm zu schützen, insbesondere durch die Reduzierung des Lärms vom Güterwagen. Gemäß Paragraph drei des Gesetzes dürfen seit dem 13. Dezember 2020 Lärm intensive Güterwagen auf dem deutschen Schienennetz nicht mehr verkehren.

Das Eisenbahn – Bundesamt, überwacht die Einhaltung dieses Verbot. Im Jahresbericht für die Fahrplanperiode 2022/23 wurden 3158 Güterzüge mit insgesamt 67.979 Güterwagen überprüft. Dabei wurden 56 Wagen (0,08 %) noch immer als sehr lärmintensiv („laut“) identifiziert.

Zusätzlich betreibt das Eisenbahn – Bundesamt ein Lärmmonitoring mit 19 Messstation entlang des Schienennetzes. Das Monitoring wird in diesem Gutachten gesondert angesprochen.

18. Lärmaktionsplanung

Die zuständigen Behörden sind nach § 47d des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) verpflichtet, Lärmaktionspläne aufzustellen. Die normative Grundlage für die Lärmaktionsplanung wird ergänzt durch die europäischen Umgebungsärmrichtlinie (Richtlinie 2002/49/EG). Die Lärmaktionsplanung ist ein umweltpolitisches Planungsinstrument mit dem Ziel, die Belastung durch Umgebungslärm langfristig zu senken.

Die Mindestanforderungen an Lärmaktionspläne ergeben sich aus § 47 d Abs. 2 BImSchG in Verbindung mit Anhang V der Richtlinie 2002/49/EG. Danach müssen z. B. Angaben zur Beschreibung der örtlichen Situation und der Betroffenheiten und zu den daraus abgeleiteten Maßnahmevorschlägen enthalten sein. Die Randbedingungen zu deren Umsetzung und die erwarteten Wirkungen sind ebenfalls zu beschreiben. Darüber hinaus müssen Aktionspläne diejenigen Angaben enthalten, die gemäß Anhang VI der Richtlinie 2002/49/EG an die Kommission übermittelt werden müssen.

Die Grundlage von Lärmaktionsplänen bilden Lärmkarten, die gemäß § 47c BImSchG erstellt werden. Sie erfassen bestimmte Lärmquellen in dem betrachteten Gebiet, welche Lärmbelastungen von ihnen ausgehen und wie viele Menschen davon betroffen sind, und machen damit die Lärmprobleme und negativen Lärmauswirkungen sichtbar.

Die Lärmaktionspläne können Auswirkungen auf andere Planungen wie z. B. Bauleitpläne, Regionalpläne, Verkehrspläne, andere Planungen und Luftreinhaltepläne haben und ermöglichen dadurch eine gesamtplanerische Problemlösung und -vermeidung.

Es wird empfohlen, die Lärmaktionsplanung insbesondere in Ballungsräumen nach Möglichkeit als gesamtstädtische Aktionsplanung in Verknüpfung mit der Verkehrsentwicklungsplanung, Bauleit- bzw. Stadtentwicklungsplanung und ggf. Luftreinhalteplanung durchzuführen.

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) hat im September 2022 die "Hinweise zur Lärmaktionsplanung" aktualisiert. Sie können als Erkenntnisquelle von den Gemeinden herangezogen werden.

Das Eisenbahn-Bundesamt – EBA - hat als zuständige Behörde seit dem Jahr 2008 einen Lärmaktionsplan aufzustellen, mit dem für Haupteisenbahnstrecken »Lärmprobleme und Lärmauswirkungen geregelt werden« (§ 47d Abs. 1 S. 1 BImSchG). Die Festlegung von Maßnahmen in den Plänen ist in das Ermessen Ihrer Behörde gestellt, sollte aber auch »unter Berücksichtigung der Belastung durch mehrere Lärmquellen insbesondere auf die Prioritäten eingehen, die sich gegebenenfalls an der Überschreitung relevanter Grenzwerte oder aufgrund anderer Kriterien ergeben, und insbesondere für die wichtigsten Bereiche gelten, wie sie in den Lärmkarten ausgewiesen werden« (§ 47 Abs. 3 S. 3 BImSchG). Der Lärmaktionsplan hat den o.g. Mindestanforderungen des Anhangs V der Richtlinie 2002/49/EG zu entsprechen und die nach Anhang VI dieser Richtlinie an die Kommission zu übermittelnden Daten zu enthalten. Ziel dieser Pläne soll es auch sein, »ruhige Gebiete gegen eine Zunahme des Lärms zu schützen« (§ 47d Abs. 2 S. 2 BImSchG).

Das Eisenbahn-Bundesamt ist zusammenfassend rechtlich zur Gewährung einer effektiven Anhörung der Öffentlichkeit gehalten. Die Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG legt den Rahmen für die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm fest; danach müssen die Mitgliedstaaten alle fünf Jahre Lärmkarten erstellen und Lärmaktionspläne aufstellen, um schädliche Auswirkungen von Umgebungslärm zu vermindern. Die Richtlinie stellt auch sicher, dass die Öffentlichkeit in diesem Prozess einbezogen wird und Maßnahmen zur Lärminderung auf lokaler Ebene entwickelt werden. Die Öffentlichkeit wird nach der Umsetzung dieser Richtlinie durch den deutschen Gesetzgebers »zu Vorschlägen für Lärmaktionspläne gehört« (§ 47d Abs. 3 S. 1 BImSchG). Sie muss »rechtzeitig und effektiv die Möglichkeit (erhalten), an der Ausarbeitung und der Überprüfung der Lärmaktionsplanung mitzuwirken« (§ 47d Abs. 3 S. 2 BImSchG).

Die Ergebnisse der Mitwirkung sind in der Endfassung des Lärmaktionsplanes zu berücksichtigen. Die Öffentlichkeit ist über die getroffenen Entscheidungen zu unterrichten. Ergänzend fördert die Aarhus-Konvention und die Richtlinie 2011/92/EU die Mitwirkung der Öffentlichkeit in Umweltangelegenheiten. Beide Instrumente verlangen Transparenz, Zugang zur Umweltinformation und eine Beteiligung der Bürger an Entscheidungsprozessen. Durch diese Mechanismen sollen Umweltbelange besser berücksichtigt und demokratische Prinzipien gestärkt werden. Die Öffentlichkeit erhält das Recht auf Zugang zu Umweltinformationen, die Möglichkeit, sich zu Umweltfragen zu äußern und Zugang zu Gerichten bei Verstößen gegen Umweltgesetze. Zusammenfassend fördern beide Maßnahmen eine partizipative Demokratie im Umweltschutz.

Obwohl die Bürgerinitiative im Mittelrheintal gegen Umweltschäden durch den Bahnbetrieb e.V. und die Bundesvereinigung gegen Schienenlärm e.V., deren Mitglied die BI ist, der Behörde seit Jahrzehnten bekannt sind, wurden beide vom Eisenbahn-Bundesamt weder rechtzeitig noch effektiv am Entwurf der aktuellen Fortschreibung des Lärmaktionsplanes beteiligt. Die dazu auf der Homepage des Eisenbahn-Bundesamtes ihnen eröffnete Möglichkeit beschränkte sich auf das Angebot, acht Fragen zur Lärmaktionsplanung zu beantworten. Keiner dieser Fragen eröffnete ihnen und der Öffentlichkeit die Möglichkeit, die Defizite bei der Bewertung der Gesundheitsrelevanz der erhobenen Daten des Umgebungslärm zu kritisieren und eigene Vorschläge für Maßnahmen zur Minderung der Gesundheitsgefahren zu formulieren. Einzig zum Abschluss dieses Fragebogens wurde der Öffentlichkeit die Möglichkeit eröffnet, »Kritik oder Anregungen zum Verfahren der Lärmaktionsplanung oder zum Entwurf des Lärmaktionsplans zu äußern«. Aber auch dieser Ansatz wurde durch das EBA dadurch faktisch vereitelt, dass die mögliche Antwort durch die Behörde »auf 300 Zeichen begrenzt« wurde. Mit den damit eröffneten zwei Sätzen war eine Kritik an dem Entwurf im Umfang von 373 Seiten nicht möglich und gewollt.

In einem Lärmaktionsplan müssen die »Lärmprobleme und Lärmauswirkungen geregelt werden« (§ 47b Abs. 1 S. 1 BImSchG). Sprachlich bezeichnet das vom Gesetzgeber hier verwendete Verb des Regelns, dass der Lärmaktionsplan die angesprochenen Probleme und Auswirkungen des Lärms steuert, leitet oder ordnet. Die mit einer vom Gesetzgeber geforderten

„Regelung“ beschriebene Handlungspflicht einer Behörde zielt sprachlich darauf, einen Zustand herzustellen oder aufrechtzuerhalten, der auf der Basis einer fachgerechten Ermittlung der Probleme und deren Auswirkungen eine Lösung dahingehend entwickelt, dass die Probleme und ihre Auswirkungen auf die Menschen nicht nur beschrieben, sondern auch zielgerichtet beseitigt werden.

Methodisch gelingt eine Regelung von Problemen nur dann, wenn der vielfältige Lärm des Bahnbetriebs mit seiner Wirkung auf den Menschen zutreffend erkannt wird. Bislang stützt sich das Eisenbahn-Bundesamt nur auf berechnete Immissionen des Bahnbetriebs. Diese erfassen nur die Schallpegel der rollenden Züge über eine unterstellte optimierte Qualität der Schienenoberfläche am Beurteilungsort der Fassade benachbarter Gebäude in einer Höhe von 4 m über Geländeoberkante, gemittelt über 365 Tage eines Jahres sowohl für acht Stunden der Nacht nach dem Lärmindex L_{Night} als auch mit einer Gewichtung schutzbedürftiger Nutzungszeiten für 24 Stunden eines Tages nach dem Lärmindex L_{DEN} .

An einer Mehrzahl von Tagen eines Jahres weist die Gleisoberfläche aber nicht diesen optimierten Qualitätsstandard auf und rollende Züge müssen vor roten Signalen abgebremst werden. Beides steigert die Schallemissionen und dies wird in dem vom EBA genutzten Berechnungsmodell nicht hinreichend berücksichtigt. Auch die Störwirkung einzelner kurzzeitiger Geräuschspitzen, wie sie von so bezeichneten Flachstellen an Waggonrädern beim Abrollen ausgehen, wird vom EBA im Plan nichts ermittelt.

Die Bundesregierung will den Schienenverkehrslärm im langfristigen Trend durch ein netzweites Lärm-Monitoring transparent und nachvollziehbar darstellen. Hierfür wurden entlang des deutschen Schienennetzes Messstationen errichtet, die nach einheitlicher Methode den Schalldruckpegel (Maß für die Lautstärke) vorbeifahrender Züge messen. Insgesamt 19 Messstationen im Netz erfassen im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes mehr als zwei Drittel des gesamten Schienengüterverkehrs. Auf der auf der Homepage der Behörde veröffentlichten interaktiven Karte sind alle Messstationen (mit roten Punkten) dargestellt und offenbaren dem Leser die Ergebnisse der Messstationen. Beziffert werden dort die Vorbeifahrtzeiten differenziert nach Zuggattungen, Länge und Geschwindigkeit, der dadurch erzeugte Schalldruckpegel der einzelnen Vorbeifahrt sowie der aus allen Vorbeifahrten berechnete Mittelungspegel über einen Tag, eine Nacht, über 24 Stunden und über einen Monat (<https://www.laerm-monitoring.de/>).

Die Bundesvereinigung gegen Schienenlärm e.V. rügt in ihrer Stellungnahme zur Lärmaktionsplanung des EBA vom 2. Januar 2024 die nicht repräsentative Zahl und Lage der 19 Messstationen im Netz sowie die unterlassene Berücksichtigung von deren Messergebnisse im Lärmaktionsplan.

Die Rauheit der Gleisoberfläche beeinflusst den Schienenlärm, denn das Rollgeräusch eines Eisenbahnfahrzeugs wird erheblich von der Beschaffenheit der etwa

20 mm breiten Fahrfläche auf der Schiene bestimmt. Je geringer die Rauheit der Oberfläche in einem Wellenlängenbereich von 2,5 mm bis 250 mm ist, desto geringer sind die Schallemissionen, wenn die Schiene von einem Zug befahren wird. An den Hauptabfuhrstrecken bewirkt der Schienengüterverkehr ein rasches Aufrauen der Gleisoberfläche. Auch diese übliche Beschaffenheit der Gleise und die dadurch bewirkte Steigerung des störenden Schalls wird vom EBA im Lärmaktionsplan weder ermittelt noch berücksichtigt.

Der Bundesgerichtshof hat auch rechtlich anerkannt (BGH NJW 2001, 3119), dass die in Dezibel ausgedrückte Lautstärke von Geräuschen nur eine von mehreren Komponenten für die Lästigkeit von Geräuschen ist; die Rechtsprechung folgt dazu der Akustik und Umweltmedizin und identifiziert für die Lästigkeit die Frequenzen der Lärmeinwirkungen (BGH LM § 906 Nr. 32), ihr Auftreten in der Abendzeit bzw. Nachtzeit (BGH NJW 2001, 3119), ihre Dauer (OLG Köln OLGZ 94, 315), die Häufigkeit des Auftretens der Geräusche (BGH NJW 2003, 3699), das An-/Abschwellen sowie plötzliche Auftreten der Geräusche (BGH NJW 1993, 925, 929 ff.), der Störcharakter kurzzeitig hoher Schalldrücke in bestimmten Frequenzzusammensetzungen (BGH NJW 1981, 1369; NZM 2021, 321 Tz 12) sowie ein Impulscharakter (BGH NJW 1983, 751). Diese fachlich relevanten Aspekte der Lästigkeit der Betriebsgeräusche der Bahn werden vom EBA weder ermittelt noch im Lärmaktionsplan berücksichtigt. Vielmehr beschränkt sich der Plan auf eine Berechnung von Mittelungspegeln. Eine Mittelung von Geräuschen bewirkt kein nächtliches Aufwachen und keinen Lärmstress mit der Folge u.a. einer Gefäßverkalkung. Zusammenfassend fehlt es in dem Lärmsaktionsplan an einer fachgerechten Erfassung der Störwirkung des Bahnbetriebslärms durch das EBA.

Weiterhin prüfen wir, ob der Plan die gesundheitsschädigenden Wirkungen von Bahnlärm fachgerecht erkennt und bewertet. Zu den Lärmproblemen und Lärmauswirkungen der Betriebsgeräusche der Eisenbahn liegt – wie oben bereits dargelegt – seit 2018 seitens der Weltgesundheitsorganisation eine Metastudie und seit 2019 deren fachliche Überprüfung durch das Umweltbundesamt vor. Die Weltgesundheitsorganisation »empfiehlt darin für die durchschnittliche Lärmbelastung durch Schienenverkehr einen Lärmpegel von $L_{DEN} 54 \text{ dB(A)}$ an der Fassade von Wohnräumen nicht zu überschreiten, weil Schienenverkehr nach Auswertung der weltweit relevanten wissenschaftlichen Studien oberhalb dieses Dauerschallpegels mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen verbunden ist.« (UBA S. 13). Die WHO empfiehlt zur Vorsorge »für die durchschnittliche nächtliche Lärmbelastung durch Schienenverkehr einen Lärmpegel von 44 dB(A) L_{Night} nicht zu überschreiten, da nächtlicher Schienenverkehr oberhalb dieses Dauerschallpegels mit Beeinträchtigungen des Schlafs verbunden ist.« Neuere umweltmedizinische Studien bestätigen diese Erkenntnisse und auch die gesetzlich und fachlich zur Bewertung dieser Metastudie berufene deutsche Behörde Umweltbundesamt bestätigt in ihrer Prüfung diese Empfehlungen.

Der Lärmaktionsplan führt zwar die Metastudie der WHO im Literaturverzeichnis auf, berücksichtigt aber deren Inhalte im Lärmaktionsplan nicht. Das Prüfergebnis des Umweltbundesamtes wird dagegen im Entwurf des Planes weder erwähnt noch inhaltlich berücksichtigt.

Nach Bewertung des Umweltbundesamtes werden weit mehr als eine Million Anlieger der Haupteisenbahnstrecken des Bundes durch den Umgebungslärm des dortigen Bahnbetriebs in ihrer Gesundheit gefährdet.

Da Schienenverkehrslärm nach der Bewertung des Umweltbundesamtes oberhalb eines maßgeblichen Fassadenpegels von $L_{DEN} > 54$ dB(A) mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen und oberhalb eines nächtlichen Fassadenpegel von $L_N > 44$ dB(A) L_{Night} bereits mit gesundheitsrelevanten Beeinträchtigungen des Schlafs verbunden ist, waren diese beiden Schwellen im Lärmaktionsplan zu berücksichtigen. Der Plan orientiert sich für eine Gesundheitsgefährdung stattdessen an einer Lärmschwelle von nachts 60 dB(A), die weder vom Umweltbundesamt empfohlen wird, noch Stand der Erkenntnis der Umweltmedizin ist. Im Ergebnis unterschätzt das EBA damit die Zahl sowohl der durch Bahnlärm in der Gesundheit betroffenen Bürgerinnen und Bürger erheblich.

Der Lärmaktionsplan der Runde 4 zum Schienenverkehrslärm ist am 17. Juli 2024 veröffentlicht worden. Wir prüfen abschließend, ob der Plan des EBA geeignete Vorschläge für effektive Maßnahmen des Lärmschutzes der Streckenanlieger entwickelt. Der Schutz der Gesundheit der Bürgerinnen und Bürger gegenüber dem Eisenbahnbetriebslärm ist verfassungsrechtliche Pflicht des Eisenbahn-Bundesamtes. Die Grundrechte der Bahnanlieger auf Schutz der körperlichen Unversehrtheit (Art. 2 Abs. 2 GG) und des Eigentums (Art. 14 GG) erschöpfen sich in ihrer Bedeutung nicht als Abwehrrecht gegen staatliche Eingriffe in den grundrechtlich geschützten Bereich, sondern gebieten es auch, dass der Staat die Grundrechtsträger gegen Beeinträchtigungen der geschützten Rechtsgüter wirksam durch Dritte in Schutz nimmt. Das ergibt sich nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts aus der Funktion der Grundrechte auch als objektive Wertordnung (vgl. BVerfGE 7, 198 <205>), die auch Schutzpflichten der öffentlichen Gewalt begründen. Aus dem Grundrecht des Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG folgt nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts *„die Pflicht des Staates, sich schützend und fördernd vor die Rechtsgüter Leben und körperliche Unversehrtheit der Bürger zu stellen und sie gegebenenfalls auch vor rechtswidrigen Eingriffen von Seiten Dritter zu bewahren“* (BVerfGE 88, 203 <251> m.w.N.).

Auch das Eisenbahn-Bundesamt hat daher die verfassungsrechtliche Pflicht, die Bahnanlieger vor Gesundheitsstörungen als Folge des Bahnlärms wirksam zu schützen. Das Umweltbundesamt bewertet die dazu maßgebliche Schwelle zum Schutz der Gesundheit oberhalb eines Fassadenpegels von $L_{DEN} > 54$ dB(A). Das verpflichtet das EBA im Rahmen der Lärmaktionsplanung, alle Wohnhäuser im Mittelrheintal mit einem Fassadenpegel oberhalb von $L_{DEN} > 54$ dB(A) zu ermitteln und geeignete Schutzmaßnahmen zu entwickeln, die den derzeit real einwirkenden Beurteilungspegel auf das vorgenannte Maß kurzfristig zu mindern. Die vom Eisenbahn-Bundesamt berechneten Lärmkarten der Runde 4 der Lärmaktionsplanung zeigen auf, dass in Deutschland etwa 4,2 Millionen Personen nachts von Schienenverkehrslärm oberhalb der von der Weltgesundheitsorganisation als zumutbar abgesehenen Schwelle belastet sind (mit einem Lärmpegel über 45 dB(A)). Langfristige Gesundheitsgefahren bewirkt der Lärm für mehr als eine Millionen Menschen.

Da dieser Lärm bereits länger die Gesundheit der Bewohner schädigt, ist die Behörde zur Entwicklung kurzfristig wirksamer Maßnahmen verpflichtet. Lärmphysikalisch geeignet sind dazu Betriebseinschränkungen wie etwa eine Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit des Zugverkehrs. Denn nach den Gesetzen der Lärmphysik mindert eine Halbierung der Zuggeschwindigkeit den Beurteilungspegel um das logarithmische Maß von drei Dezibel. Sollte mit diesem Instrument die Schwelle eines Fassadenpegels von $L_{DEN} > 54$ dB(A) nicht erreicht werden können, sind Betriebsbeschränkungen wie ein Fahrverbot für laute Fahrzeuge oder ein Nachtfahrverbot zu prüfen und einzusetzen. Solch weitreichende Betriebseingriffe sind angesichts des hohen Verfassungsrang des Schutzes der Gesundheit und der Pflicht des Eisenbahn-Bundesamtes zu effektiven Einschreiten eine auch verfassungsrechtlich noch verhältnismäßige Schutzmaßnahme. Rechtlich begründen sich diese Betriebseinschränkungen als „Vorkehrungen, welche die nachteiligen Wirkungen ausschließen“ (§ 75 Abs. 2 S. 2 VwVfG).

Bei diesen Vorkehrungen und Anlagen handelt es sich vorrangig um Maßnahmen des aktiven Schallschutzes; stehen die Kosten auch unter Berücksichtigung aller mit einem Fassadenpegel von $L_{DEN} > 54$ dB(A) anzustrebenden Schutzfälle außer Verhältnis zum angestrebten Erfolg, sind Maßnahmen des passiven Schallschutzes zu planen.

Diese verfassungsrechtlichen Planungs- und Handlungspflichten zugunsten des Schutzes von Bahnanliegern gegen lärmbedingte Gesundheitsgefahren werden vom EBA im Lärmaktionsplan nicht erkannt. Dagegen stehen den betroffenen Kommunen und der Bürgerinitiative die Handlungsmöglichkeit einer Beschwerde an die Europäische Kommission wegen der Missachtung der Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG.

19. Sicherheit des Eisenbahnverkehrs

Zahlreiche statisch anspruchsvolle (Brücken-) Bauwerke der Bahnstrecken durch das Mittelhautal sind mehr als 199 Jahre alt. Angesichts der erheblichen Steigerung der Achslasten und der Fahrgeschwindigkeit drängt sich die Frage auf, ob diese Bauwerke nach dem Stand der Technik entsprechend. Hier ist die Eigentümerin der Bahntrassen, die zugleich das zuständige Eisenbahninfrastrukturunternehmen ist, zur regelmäßigen Kontrolle der Einhaltung von Sicherheitsvorgaben und deren Dokumentation verpflichtet. Der Bürgerinitiative und den einzelnen Bürgern steht nach dem Umwelt Informationsakteneinsicht in die technischen Dokumentationen zu diesem Bauwerken offen.

Ein Bürger hat diese Einsichtnahme mit einem Beistand durchgeführt, und als Ergebnis drängt sich die Frage auf, ob die dort dokumentierten, widersprüchlichen statischen Einschätzungen zur Tragfähigkeit des angesprochenen Bauwerkes, dem Interesse des Eisenbahninfrastrukturunternehmens oder der statischen Realität entsprechen. Im Ergebnis empfiehlt dieses Rechtsgutachten, in Form von Stichproben einzelne Bauwerke durch eine beziehungsweise eine bzw. einen PrüfingenieurIn für Statik auf die Einhaltung des Standes der Technik überprüfen zu lassen.

20. Betriebszustand und Planung einer „Generalsanierung“

Dabei unterstellte die Nutzen-Kosten-Untersuchung, dass auch bei einem Neubau des Tunnels die beiden Bahnstrecken durch das Mittelrheintal für den Schienengüterverkehr als Konkurrenz weitergenutzt werden würden. Diese Unterstellung steht im Widerspruch zu der oben dargelegten Pflicht des Staates, sich schützend vor die Grundrechte der Bürger auf Schutz ihrer körperlichen Unversehrtheit sowie ihres Eigentums zu stellen und Immissionsbelastungen wirksam zu unterbinden, die in diese Grundrechte eingreifen. Das erfordert im Fall des Mittelrheintals, dass der insbesondere nächtliche Güterzugverkehr um ein Maß reduziert wird, das Fassadenpegel entsprechend der gutachterlichen Untersuchung des Umweltbundesamt und der Weltgesundheitsorganisation genannten Schwelle von $L_{DEN} 54 \text{ dB (A)}$ nicht überschritten werden. Faktisch erfordert dies, große Teile des Güterzug Verkehrs aus dem Mittelrheintal zu verlagern. Dies eröffnet eine Volllastung des geplanten Tunnels und damit voraussichtlich einen Nutzen - Kosten - Faktor, der eine Realisierung nahe liegt.

Endnoten

- ¹ Müller, H. (2003): Das Mittelrheintal: Geologie und Landschaftsentwicklung. Verlag Geowissen, Bonn; Schmidt, W. (2010): Natur und Siedlung am Mittelrhein. Wissenschaftlicher Verlag, Köln
- ² Weber, G. (1998): Römische Siedlungen am Rhein. Archäologische Berichte, Heft 4
- ³ Huber, F. (2005): Burgen und Herrschaftssitze im Mittelrheintal. Historischer Verlag, Frankfurt
- ⁴ Fischer, K. (2008): Mittelalterliche Siedlungen am Rhein. Verlag Kultur, Mainz
- ⁵ Braun, L. (2012): Neuzeit im Mittelrheintal. Regionalgeschichte, Bd. 15, Wiesbaden
- ⁶ Richter, M. (2018): Regionale Identität und Naturschutz im Mittelrhein. Nomos, Baden-Baden
- ⁷ UNESCO (2002): World Heritage: Upper Middle Rhine Valley. UNESCO Publishing, Paris; <https://www.unesco.de/staette/oberes-mittelrheintal/> abgerufen 24.2.2025; <https://www.welterbe-mittelrheintal.de/unesco-wom/welterbekonvention>
- ⁸ Krüger, S. (2015): Industrialisierung und Landschaftsentwicklung im Rheingau. Springer, Berlin
- ⁹ Knorr, (1979) Zur Entwicklung des Rhein-Schiffverkehrs in historischer Perspektive; Müller, H. (2003). Das Mittelrheintal: Geologie und Landschaftsentwicklung. Bonn: Verlag Geowissen
- ¹⁰ Statistisches Bundesamt (Destatis): Erhebungen zur Binnenschifffahrt und Verkehrszahlen auf dem Rhein, vgl. Destatis, Fachserie 8, Reihe 2.1
- ¹¹ Deutscher Binnenschiffverkehrsverband (DBSV): Veröffentlichungen und Berichte zur aktuellen Verkehrsentwicklung im Schiffsverkehr 2023
- ¹² European Marine Observation and Data Network (EMODnet Marine Noise Portal), verfügbar unter: <http://www.emodnet-noise.eu>
- ¹³ Umweltbundesamt (2016), „Lärmkartierung an Bundeswasserstraßen“, verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermkartierung-an-bundeswasserstrassen>
- ¹⁴ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 21. Dezember 2007: Finanzierung der Ortsumgehung und des Tunnels Rüdesheim ist geklärt
- ¹⁵ Wiesbadener Kurier (Hrsg.): Albers: Warten auf Tunnel lohnt sich. Vorteile für Rüdesheim durch Planänderung. 27. Dezember 2008 (Zeitungsartikel)
- ¹⁶ Endgültiges Aus für Rüdesheimer Bahntunnel. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 4. September 2012. Abgerufen am 28. April 2013
- ¹⁷ Nach 100 Jahren Planung – Aus für Rüdesheimer Bahntunnel (Memento vom 30. Juni 2013 im Webarchiv archive.today). In: HR-Online, 4. September 2012. Abgerufen am 28. April 2013.
- ¹⁸ Nassauisches Verordnungsblatt 1853, Nr. 28, S. 297
- ¹⁹ Preußische Gesetzessammlung, Jg. 1856 Nr. 12, S. 146
- ²⁰ Preußische Gesetzessammlung, Jahrgang 1860 Nr. 22 S. 281
- ²¹ Preußische Konzession vom 24. Dezember 1866, Preußische Gesetzessammlung Jahrgang 1867, Nr. 4, Seite 27
- ²² Preußische Gesetzessammlung Jahrgang 1867, Nr. 4, Seite 27
- ²³ Loreley- und Rosstein-Tunnel erneuert. In: Eisenbahn-Revue International, Heft 7/2005, ISSN 1421-2811, S. 306
- ²⁴ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 30. Juli 1965, Nr. 33. Bekanntmachung Nr. 359, S. 149
- ²⁵ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 17. März 1967, Nr. 11. Bekanntmachung Nr. 106, S. 42
- ²⁶ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 14. März 1969, Nr. 11. Bekanntmachung Nr. 96, S. 49
- ²⁷ Baufortschritte. In: Eisenbahn-Revue International, Heft 8–9/2000, ISSN 1421-2811, S. 340

-
- ²⁸ Tunnelanierung am Rhein. In: Eisenbahn-Revue International, Heft 8-9/2004, ISSN 1421-2811, S. 341
- ²⁹ ESTW Rechter Rhein geht in Betrieb (Memento vom 4. August 2012 im Webarchiv archive.today eu-railpress.de, abgerufen am 5. November 2011)
- ³⁰ ESTW Rheintal: Weiterer Streckenabschnitt geht in Betrieb bahnaktuell.net, abgerufen am 5. November 2011
- ³¹ Übersicht Start Generalsanierung von Hochleistungskorridorabschnitten. BMDV, 14. September 2023, abgerufen am 24. September 2023.
- ³² Zeiträume für weitere Generalsanierungen auf der Schiene stehen fest. Deutsche Bahn, 21. Dezember 2023, abgerufen am 21. Dezember 2023
- ³³ Deutschland-Frankfurt am Main: Dienstleistungen von Ingenieurbüros. Dokument 2022/S 055-145122. In: Tenders Electronic Daily. 18. März 2022, abgerufen am 25. Mai 2022
- ³⁴ HessRegBl. 1856, S. 49
- ³⁵ abgedruckt in: Peter Scheffler: Die Eisenbahn im Raum Mainz – Wiesbaden. Eisenbahn-Kurier Verlag, Freiburg 1988. ISBN 3-88255-620-X, S. 144-147
- ³⁶ Verordnung, die polizeiliche Aufsicht über die Eisenbahnstrecke Mainz–Bingen betreffend vom 11. Oktober 1859. In: Großherzoglich Hessisches Regierungsblatt Nr. 33 vom 20. Oktober 1859, S. 461f.
- ³⁷ Heidesheimer Eisenbahnverein: Festschrift zum 25-jährigen Jubiläum. Heidesheim, 25. Juni 1930
- ³⁸ PrGS 1856 Nr. 12 Seite 146
- ³⁹ Preußische Konzession vom 5. März 1856 und vom 2. Juni 1860, PrGS 1856 Nr. 12 Seite 146 und 1860 Nr. 22 Seite 281
- ⁴⁰ Eisenbahndirektion Mainz (Hrsg.): Sammlung der herausgegebenen Amtsblätter vom 3. August 1901. 5. Jahrgang, Nr. 36, Bekanntmachung Nr. 361, S. 272
- ⁴¹ Preußische Gesetze vom 14. Juni 1912 und 26. März 1915, PrGS 1912 Nr. 23 Seite 171 und 1915 Nr. 18 Seite 65; Hessische Gesetze vom 21.12.1912 und 19. März 1913, HessRegBl. 1913 Nr. 1 Seite 1 und 1913 Nr. 8 Seite 93
- ⁴² PrG vom 17. April 1916, PrGS 19. 16 Nr. 8 Seite 39
- ⁴³ Die Ludendorff-Brücke wurde im März 1945 als Brücke von Remagen weltbekannt, da hier die von Westen vorrückenden amerikanischen Truppen erstmals rechtsrheinisches Gebiet erreichten.
- ⁴⁴ Eisenbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Eisenbahndirektion Mainz vom 6. Mai 1949, Nr. 23. Bekanntmachung Nr. 211, S. 120
- ⁴⁵ Theodor Acker: Die Modernisierung der Bundesbahn im mittlrheinischen Raum. In: 2000 Jahre Mainz. 1. Sonderbeilage zum Jubiläumsjahr 1962 der Stadt Mainz vom 5. Mai 1962. [Ohne Seitenzählung]
- ⁴⁶ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 7. Dezember 1962, Nr. 52. Bekanntmachung Nr. 612, S. 245
- ⁴⁷ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 10. September 1965, Nr. 40. Bekanntmachung Nr. 413, S. 177
- ⁴⁸ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 31. Mai 1968, Nr. 22. Bekanntmachung Nr. 179, S. 115
- ⁴⁹ Bei der ehemaligen Deutschen Bundesbahn war der Begriff Drucktastenstellwerk (Dr-Stellwerk) etabliert. Die ehemalige Deutsche Reichsbahn verwendete die Bezeichnung Gleisbildstellwerk.
- ⁵⁰ Das bedeutet, dass jedes Fahrwegelement (Weiche, Kreuzung, Gleisabschnitt) eine eigene und über eine zugehörige eigene Relaisgruppe gesteuerte Teilfahrstraße darstellt. Die Relaisgruppen sind durch Spurkabel miteinander genauso verbunden wie die einzelnen Elemente in der realen Gleisanlage. Die Anzahl der auf der Baustelle herzustellenden Lötverbindungen sinkt drastisch. Das Stellwerk sucht sich über die Spurkabel selbstständig bei jeder Fahrstraßenanforderung den Fahrweg und sichert diesen. Damit ist es nicht nötig, jede Fahrstraße manuell zu realisieren, klassische

Fahrstraßengruppen gibt es nicht, jeder mögliche Fahrweg kann ohne zusätzlichen Schaltungsaufwand durch das Stellwerk eingestellt werden. Bis Ende 1981 waren im Bereich der Deutschen Bundesbahn 1500 Gleisbildstellwerke mit einem Gesamtinvestitionsvolumen von 3,7 Milliarden DM in Betrieb genommen worden. Die Zahl der Arbeitsplätze auf den Stellwerken konnte dadurch um 13 000 vermindert werden.

- ⁵¹ Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 15. November 1968, Nr. 46. Bekanntmachung Nr. 376, S. 259
- ⁵² Bundesbahndirektion Mainz (Hg.): Amtsblatt der Bundesbahndirektion Mainz vom 24. Februar 1961, Nr. 8. Bekanntmachung Nr. 96, S. 40
- ⁵³ Linke Rheinstrecke wird saniert. In: Eisenbahn-Revue International, Heft 4/2003, ISSN 1421-2811, S. 148
- ⁵⁴ Aufwendige Sanierung der linken Rheinstrecke. In: Eisenbahn-Revue International, Heft 1/2004, ISSN 1421-2811, S. 47
- ⁵⁵ Überlastete Schienenwege 2017. DB Netz AG, 12. Dezember 2016, archiviert vom Original am 20. März 2017; abgerufen am 19. März 2017
- ⁵⁶ Plan zur Erhöhung der Schienenwegkapazität (PEK) für den als überlastet erklärten Schienenweg Hürth-Kalscheuren – Remagen (Strecke 2630). (PDF) In: dbnetze.com. DB Netz, 14. Oktober 2021, S. 4, abgerufen am 14. Oktober 2021
- ⁵⁷ Sankt Goar-Oberwesel: Verbandsgemeinderat beschließt Klage gegen die Deutsche Bahn. Auf SWR.de. Info: Nicht erreichbar am 23. April 2021
- ⁵⁸ Deutschland-Frankfurt am Main: Dienstleistungen von Ingenieurbüros. Dokument 2022/S 055-145122. In: Tenders Electronic Daily. 18. März 2022, abgerufen am 25. Mai 2022.
- ⁵⁹ Wikipedia zu: European Train Control System, abgerufen am 7. Mai 2024
- ⁶⁰ Müller, H. (2003): Das Mittelrheintal: Geologie und Landschaftsentwicklung, Bonn: Verlag Geowissen
- ⁶¹ Schmidt, W. (2010): Natur und Siedlung am Mittelrhein, Köln: Wissenschaftlicher Verlag
- ⁶² Fischer, K. (2008): Mittelalterliche Siedlungen und der Schienengüterverkehr am Rhein, Mainz: Verlag Kultur
- ⁶³ Homepage des Umweltministeriums zum Thema Lärm Messen oder berechnen?«, Abgerufen am 23.08.2023
- ⁶⁴ https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/warum-ist-feinstaub-schaedlich-fuer-den-menschen?utm_source=chatgpt.com
- ⁶⁵ Swiss TPH (2020) LUDOK. Interaktive Grafik zu den Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit. Verfügbar unter: <https://www.swisstph.ch/de/projects/ludok/healtheffects/>
- ⁶⁶ U.S. EPA (2019) Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter. Washington, DC, U.S. Environmental Protection Agency. Verfügbar unter: <https://assessments.epa.gov/isa/document/&deid=347534>
- ⁶⁷ WHO (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. Verfügbar unter: <https://iris.who.int/handle/10665/341712>
- ⁶⁸ https://luft.rlp.de/zentrales-immissionsmessnetz-zimen?utm_source=chatgpt.com
- ⁶⁹ https://luft.rlp.de/zentrales-immissionsmessnetz-zimen/zimen-messstationen/?utm_source=chatgpt.com
- ⁷⁰ WHO (2021) WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. Verfügbar unter: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- ⁷¹ Weltgesundheitsorganisation Regionalbüro für Europa, Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region, Zusammenfassung, 2018

-
- ⁷² Umweltbundesamt, WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region - Lärmfachliche Bewertung der neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation für Umgebungslärm für die Europäische Region, 2019
- ⁷³ UBA, WHO-Leitlinien, S. 8
- ⁷⁴ UBA a.a.O. S. 13
- ⁷⁵ UBA a.a.O. S. 13
- ⁷⁶ Umweltbundesamt, Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, Autoren PD Dr.-Ing. Christian Maschke, Dr. med. Ute Wolf und Dipl.-Ing. Thilo Leitmann, Robert Koch-Institut, Berlin.; Qualitätskontrolle der Untersuchung im UBA durch den Fachgebietsleiters II 2.1 Dr. Wolfgang Babisch
- ⁷⁷ Umweltbundesamt, Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt – NaRoMI- Studie, Autor Dr. Wolfgang Babisch
- ⁷⁸ Münzel, T., Sørensen, M. & Daiber, A., Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol* (2021)
- ⁷⁹ Münzel, T., Sørensen, M. & Daiber, A., Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol* (2021). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00532-5>, Abstract
- ⁸⁰ Münzel, Thomas et. al. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *Eur Heart J*. 2014 Apr; 35(13):829-36
- ⁸¹ Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz und Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz/Hessisches Ministerium für soziales und Integration und Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen/ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm – Aktueller Stand der wissenschaftlichen Literatur, Schlattjan u.a., Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm – aktueller Stand der wissenschaftlichen Literatur, 2014, Autoren Dr. Jan Henrik Schlattjan, Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen,
- ⁸² Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag, Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Schienenlärm, 2016
- ⁸³ Sachverständigen Prof. Dr. Nicole Probst-Hensch, Universität Basel; SAPALDIA Faktenblatt, 2020
- ⁸⁴ Rössli et.al. SiRENE, Kurz- und langfristige Auswirkungen der Verkehrslärmbelastung, DAGA 2018, München, S.1362-1364, Autoren Professor Martin Rössli, J.M. Wunderli, M. Brink, C. Cajochen, D. Vienneau, M. Foraster, I.C. Eze, H. Héritier, E. Schaffner, L. Thiesse, F. Rudzik, R. Pieren, M. Habermacher, M. Köpfli und N. Probst-Hensch
- ⁸⁵ Johannes Herzog, Frank P. Schmidt, Omar Hahad, Seyed H. Mahmoudpour, Alina K. Mangold, Pascal Garcia Andreo, Jürgen Prochaska, Thomas Koeck, Philipp S. Wild, Mette Sørensen, Andreas Daiber, Thomas Münzel. Acute exposure to nocturnal train noise induces endothelial dysfunction and pro-thromboinflammatory changes of the plasma proteome in healthy subjects. *Basic Research in Cardiology*
- ⁸⁶ Daiber und Münzel, Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation
- ⁸⁷ Münzel, Mitigation of aircraft noise-induced vascular dysfunction and oxidative stress by exercise, fasting, and pharmacological α 1AMPK activation: molecular proof of a protective key role of endothelial α 1AMPK against environmental noise exposure. Kvandová et al., *European Journal of Preventive Cardiology* (2023); Zusammenfassung der Studie in deutscher Sprache in dem Beitrag »Unterschätzte Gefahr: Lärm und Luftverschmutzung sind neue und wichtige Herz-Kreislauf-Risikofaktoren« des Deutschen Zentrums für Herz-Kreislauf-Forschung e. V.
- ⁸⁸ Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Münzel, Gutachterliche Stellungnahme vom 29.05.2021
- ⁸⁹ Prof. Basner/ Samel Umsetzung der DLR-Studie in eine lärmmedizinische Beurteilung für eine Nachtschutzkonzept, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 2005, Nr. 52, Seite 109-123

-
- ⁹⁰ Elmenhorst/Griefahn/Rolny/Basner, International Journal of Environment Research and Public Health (2019, 16, 1073)
- ⁹¹ Cappuccio, European Heart Journal, 2011, 32, 1484-1492
- ⁹² Münzel, Stellungnahme vom 29.05.2021, Seite 8
- ⁹³ Münzel, Public Health 2020, 41, 309-328
- ⁹⁴ Kroller-Schon/Daiber et.al. European Heart Journal 2018, 39, 3528-3539
- ⁹⁵ Pickford/ Kraus/ Frank/ Breitner/ Markevych/Schneider, Kombinierte Effekte verschiedener Umwelt-faktoren auf der Gesundheit: Luftschadstoffe, Temperatur, Grünflächen, Pollen und Lärm, Bundesgesundheitsblatt 2020, 962-971
- ⁹⁶ Münzel/ Daiber/ Hahad, Luftverschmutzung und Lärm, Einfluss auf bzw. Ursache bei Herzerkrankungen, Die Kardiologie 2024, 127ff.
- ⁹⁷ Hahad/Beutel/Gilan/Michal/Daiber/Münzel, Auswirkungen von Umweltrisikofaktoren wie Lärm und Luftverschmutzung auf die psychische Gesundheit: Was wissen wir?, Deutsche medizinische Wochenschrift 2020, 1701 1707
- ⁹⁸ Umweltbundesamt (Hrsg.) Professor Markus Hecht, Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms, Kap. 6.5.7 Seite 113ff., Autoren: Kay Mitusch, Christoph Gipp, Andreas Brenck, Markus Hecht, Gernoth Götz, Sascha Liebing, Thomas Siefer, Christina Jakob, Matthias Jelinski, Eckard Pache und Michael Richtert TU Berlin, Thomas Siefer, Christina Jakob, Matthias Jelinski, Ingenieurgesellschaft für Verkehrs - und Eisenbahnwesen mbH und Eckard Pache und Michael Richtert
- ⁹⁹ UBA/ Hecht a.a.O., S. 105
- ¹⁰⁰ UBA/ Hecht a.a.O., Kap. 6.5.2 Seite 105ff.
- ¹⁰¹ Loy, H., Körperschall-/Erschütterungsschutz durch besohlte Schwellen – Wirkung und Grenzen, 2012, in: ETR Austria, 12/2012, Nr.12
- ¹⁰² UBA/ Hecht a.a.O. Forschungsbericht Kap. 6.5.3 Seite 106ff.
- ¹⁰³ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.1 Seite 104ff
- ¹⁰⁴ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.4 S. 108ff.
- ¹⁰⁵ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.5
- ¹⁰⁶ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.6
- ¹⁰⁷ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.8
- ¹⁰⁸ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.9
- ¹⁰⁹ UBA/ Hecht a.a.O. Kap. 6.5.10
- ¹¹⁰ Hessen und Rheinland-Pfalz: 10-Punkte-Programm Leises Rheintal für besseren Lärmschutz. (Memento vom 27. Oktober 2012 im Internet Archive) Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Abgerufen am 24. März 2010
- ¹¹¹ https://www.deutschebahn.com/re-source/blob/6877162/094a219468d6db0d9a454127b3a9cb00/chartsammlung_laerm-data.pdf Blatt 7
- ¹¹² Deutsches Zentrum für Schienenverkehrs beim Eisenbahn-Bundesamt, Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes, Berichte 24 (2022), S. 12
- ¹¹³ Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes vom 7. Mai 2014, in Kraft getreten am 1. Juli 2014, Anlage; einzuholende behördliche Auskunft des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Abteilung Landverkehr, Bonn
- ¹¹⁴ https://www.deutschebahn.com/re-source/blob/6877162/094a219468d6db0d9a454127b3a9cb00/chartsammlung_laerm-data.pdf Blatt 4