

**Erschütterungstechnische Untersuchung
neue bahnstadt opladen
Gütergleisverlegung Strecke 2324**

Dipl.-Ing. (FH) C. Angerer

Bericht-Nr.: ACB-20130624-5118/5

24.06.2013

Titel: Erschütterungstechnische Untersuchung
neue bahnhofsstadt opladen
Gütergleisverlegung Strecke 2324

Auftraggeber: DB ProjektBau GmbH
Regionalbereich West
I.BV-W-P (L1)
Herrmann-Pünder-Straße 3
50679 Köln

Auftrag vom: 11.02.2010

Bericht-Nr.: ACB-20130624-5118/5

Umfang: 15 Seiten

Datum: 24.06.2013

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) C. Angerer

Zusammenfassung: In Leverkusen Opladen ist die Verlegung der Güterverkehrsgleise der Strecke 2324 von Westen nach Osten geplant. Dadurch kann sich die Erschütterungseinwirkung auf die östlich gelegene Wohnbebauung erhöhen. Inhalt dieser Untersuchung war zu prüfen, ob durch die Gütergleisverlegung eine Erhöhung der Schwingungseinwirkung zustande kommen könnte, die das in Planfeststellungsverfahren üblicherweise festgelegte zulässige Maß überschreitet, bzw. ob die maßgeblichen Anhaltswerte der DIN 4150-2 eingehalten werden.

Die zu diesem Zweck durchgeführten Prognoseberechnungen ergaben für das repräsentativ ausgewählte Untersuchungsobjekt eine Einhaltung der Vorgaben der üblichen Planfeststellungsbeschlüsse.

Diese Unterlage darf nur insgesamt kopiert und weiterverwendet werden.

Inhalt

1 Aufgabenstellung	4
2 Örtliche Gegebenheiten	4
3 Beurteilungsgrundlagen	4
3.1 Planfeststellungsvorgaben	4
3.2 Beurteilung der Erschütterungen gemäß DIN 4150	5
3.3 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen	6
3.4 Beurteilung des sekundären Luftschalls	6
4 Erschütterungsprognose	7
5 Prognose Sekundärluftschall	7

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Prognoseergebnisse
Anlage 2:	Lageplan
Anlage 3:	Terzspektren der Prognose
Anlage 4:	Schienenverkehrszahlen

1 Aufgabenstellung

In Leverkusen Opladen ist die Verlegung der Güterverkehrsgleise der Strecke 2324 von Westen nach Osten geplant. Dadurch kann sich die Erschütterungseinwirkung auf die östlich gelegene Wohnbebauung erhöhen. Es ist zu untersuchen, ob durch die Gütergleisverlegung eine Erhöhung der Schwingungseinwirkung zustande kommen könnte, die das in Planfeststellungsverfahren üblicherweise festgelegte zulässige Maß überschreitet, bzw. ob die maßgeblichen Anhaltswerte der DIN 4150 eingehalten werden.

Die DB International GmbH beauftragte die ACCON GmbH eine erschütterungstechnische Untersuchung für das Gleisverlegungsprojekt durchzuführen. In der Untersuchung wurde ein repräsentatives Wohngebäude betrachtet, das relativ nah an der Bahntrasse liegt.

2 Örtliche Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet das maßgeblich von der Gütergleisverlegung betroffen ist liegt zwischen km 47,500 und km 49,684 der Strecke 2324. Die östlich der Bahntrasse liegenden Wohngebäude verfügen zum Teil über bis zu 10 Obergeschosse. Die Bahnanlagen verlaufen im Untersuchungsgebiet ebenerdig.

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Planfeststellungsvorgaben

Im Allgemeinen werden bei Bahnausbau- und Umbaumaßnahmen gemäß Planfeststellungsbeschluss die prognostizierten Erschütterungseinwirkungen mit den Bestandswerten verglichen und beurteilt. Die Vorgabe der üblichen Planfeststellungsbeschlüsse lauten, dass die Bestandswerte um maximal 20 % erhöht werden dürfen. Der prognostizierte sekundäre Luftschall wird ebenfalls mit den Bestandswerten verglichen und beurteilt. Die Vorgabe der Planfeststellungsbeschlüsse lauten hier in der Regel, dass die Bestandswerte um maximal 2 dB erhöht werden dürfen. Soweit die Prognosen ergeben, dass die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2, nicht erfüllt werden und sich die derzeit vorhandene Vorbelastung um mehr als 20 % erhöhen wird, hat der Vorhabenträger durch im konkreten Einzelfall geeignete Schutzmaßnahmen am Gleis- und / oder Bahnkörper oder am Ausbreitungsweg sicherzustellen, dass sich die derzeit vorhandene Vorbelastung nicht um mehr als 20 % erhöht.

Soweit die Prognosen ergeben, dass sich die derzeit vorhandene Vorbelastung der sekundären Luftschalleinwirkung in beachtlicher Weise erhöhen wird und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche Beeinträchtigung der Betroffenen liegt, hat der Vorhabenträger durch im konkreten Einzelfall geeignete Schutzmaßnahmen am Gleis- und / oder Bahnkörper oder am Ausbreitungsweg sicherzustellen, dass sich die derzeit vorhandene Vorbelastung um nicht mehr als 2 dB(A) erhöht. Als Orientierungswerte für die Einstufung der Beeinträchtigung durch sekundären Luftschall gelten Mittelungspegel von 40 dB(A) für Wohnräume und 30 dB(A) für Schlafräume.

Im folgenden Abschnitt sind die Beurteilungskriterien der DIN 4150, Teil 2, dargelegt, die allgemein für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkung auf Menschen herangezogen werden.

3.2 Beurteilung der Erschütterungen gemäß DIN 4150

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150, Teil 2, herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Die DIN 4150-2 berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Gemäß DIN 4150-2 gelten folgende nutzungsspezifische Anhaltswerte für die bewertete Schwingstärke bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Tabelle 1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen

Nutzungsart	Tags			Nachts		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Wohngebiet (WA)	0,15	3	0,07	0,1	0,6	0,05
Mischgebiet (MI)	0,2	5	0,1	0,15	0,6	0,07
Gewerbegebiet (GE)	0,3	6	0,15	0,2	0,6	0,1

Die Anforderungen der Norm sind eingehalten, wenn

- die maximale bewertete Schwingstärke kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke kleiner oder gleich dem Anhaltswert A_r ist.

Die Anforderungen der Norm sind dagegen nicht eingehalten, wenn

- die maximale bewertete Schwingstärke größer als der obere Anhaltswert A_o ist, oder wenn
- die Beurteilungs-Schwingstärke größer als der Anhaltswert A_r ist.

Die Bedingungen für den unteren und oberen Anhaltswert gelten für jedes einzelne Ereignis (Zugvorbeifahrt, KB_{Fmax}), während sich der Anhaltswert A_r auf einen über die zu beurteilende Zeit zu bildenden Mittelwert bezieht (KB_{FTr}).

Bauliche Schäden durch Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb sind im Allgemeinen nicht zu erwarten, da die auftretenden Schwinggeschwindigkeiten in an Bahnlinien gelegenen Wohngebäuden in der Regel zu gering sind.

3.3 Subjektive Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen

Die Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen hängt von der Höhe des KB-Wertes und von der Frequenzzusammensetzung der Erschütterungseinwirkung ab. Für die subjektive Wahrnehmung spielt daneben das übrige Umfeld (Vorhandensein von anderen störenden Umwelteinflüssen) eine Rolle. Die folgende Tabelle kann deshalb nur zur orientierenden Einschätzung der Wirkung von Erschütterungen dienen.

KB = 1,6	stark spürbar
KB = 0,6	gut spürbar
KB = 0,14	gerade spürbar
KB = 0,1	Fühlschwelle

Tabelle 2: Wahrnehmungsstärke von Erschütterungen in Abhängigkeit vom KB-Wert

3.4 Beurteilung des sekundären Luftschalls

Wird ein Gebäude durch Erschütterungen angeregt, kann aufgrund der schwingenden Wände und Decken ein für die Bewohner hörbarer sekundärer Luftschall entstehen. Der sekundäre Luftschall wird gemäß dem DB-Planer-Leitfaden [5] aus den ermittelten Erschütterungen der Geschossdecken berechnet. Dabei wird zwischen Holzbalkendecken und Betondecken unterschieden.

Die Berechnungsformeln für Holzdecken lauten:

$$L_{\text{sek}} \text{ Fernbahn} = 24,5 + 0,59 \cdot L_{\text{VA}} \text{ in dB(A)}$$

Die Berechnungsformeln für Betondecken lauten:

$$L_{\text{sek}} \text{ Fernbahn} = 26,2 + 0,46 \cdot L_{\text{VA}} \text{ in dB(A)}$$

Aus der Vorbeifahrtzeit der jeweiligen Zuggattung und der Anzahl der Züge im Beurteilungszeitraum wird der Mittelungspegel für die Tagzeit (06:00 – 22:00 Uhr) und die Nachtzeit (22:00 – 06:00 Uhr) berechnet. Zum Vergleich mit der Anforderung werden aus den Mittelungspegeln die Beurteilungspegel L_r durch Berücksichtigung des Schienenbonus (von 5 dB(A)) ermittelt. Die Anwendung des Schienenbonus liegt in der zeitlichen Struktur des Schienenverkehrsgeräusches begründet. Aufgrund des engen Zusammenhangs zwischen Zugvorbeifahrt, Erschütterungseinwirkung und dem auftretenden sekundären Luftschall scheint die Berücksichtigung des Schienenbonus gerechtfertigt.

Die Beurteilung des sekundären Luftschalls ist bisher noch nicht in Richtlinien oder Normen geregelt. In den üblichen Planfeststellungsbeschlüssen werden als Orientierungswerte für die Einstufung der Beeinträchtigung durch sekundären Luftschall Mittelungspegel von 40 dB(A) für Wohnräume und 30 dB(A) für Schlafräume genannt

Orientierungswert Tag: Mittelungspegel 40 dB(A), Wohnraum

Orientierungswert Nacht: Mittelungspegel 30 dB(A), Schlafräum

Die Orientierungswerte gelten unabhängig von der Lage des Gebäudes und der Gebietseinstufung.

4 Erschütterungsprognose

Für die Berechnung der zukünftigen Erschütterungseinwirkung in dem betrachteten Gebäude werden Referenzwerte der Erschütterungsemission an Bahnstrecken, die an verschiedenen anderen vergleichbaren Streckenbereichen der DB AG gewonnen werden konnten, verwendet. Auf Grundlage dieser Emissionswerte und Erfahrungswerten der Schwingungsausbreitung im Boden und der Übertragung auf Gebäudedecken wird die Erschütterungsprognose modular aufgebaut. Die Ermittlung der Erschütterungseinwirkung basiert auf den gemittelten Terzspektren der verschiedenen Zuggattungen. Mit diesen Terzspektren, einer entsprechenden Schwingungsausbreitung im Boden und der Übertragungsfunktion vom Erdreich auf die Gebäudedecken werden die in den betrachteten Gebäuden auftretenden Terzspektren und Erschütterungseinwirkungen repräsentativ berechnet.

Im Rahmen der Prognose wird die maximale, bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ und die Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ berechnet. Die Ergebnisse der Erschütterungsprognose sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Zur Berechnung der Beurteilungsschwingstärke wurden die von der DB AG zur Verfügung gestellten Verkehrszahlen für 2025 angesetzt (Schienenverkehrszahlen siehe Anlage 4). Die Verkehrszahlen für 2025 gelten sowohl für den Prognose-Nullfall als auch für den Prognose-Planfall, da die Gütergleisverlegung in keinem ursächlichen Zusammenhang mit einer Erhöhung der Zugverkehrszahlen steht. Die anhand der Prognose ermittelten Terzspektren der Erschütterungseinwirkung in dem untersuchten Gebäude sind in der Anlage 3 enthalten.

Die Ergebnistabellen zeigen, dass die zukünftigen Erschütterungsimmissionen in dem betrachteten repräsentativen Gebäude die Vorgaben der üblichen Planfeststellungsbeschlüsse einhalten.

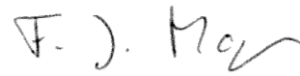
5 Prognose Sekundärluftschall

Aus den prognostizierten Erschütterungseinwirkungen von Abschnitt 4 wurde für das untersuchte Gebäude der zu erwartende sekundäre Luftschall L_{sek} berechnet. Die Berechnungen erfolgten nach dem Leitfaden Körperschall und Erschütterungsschutz der Deutschen Bahn AG [5] bei Ansatz der auf dem Streckenabschnitt vorhandenen Schienenverkehrszahlen (siehe Anlage 4). Sie hatten im Einzelnen zum Ergebnis, dass die Orientierungswerte für den sekundären Luftschall in dem betrachteten repräsentativen Gebäude die Vorgaben der üblichen Planfeststellungsbeschlüsse einhalten (siehe Ergebnistabelle Anlage 1).

Greifenberg, 24.06.2013



i.A. Christian Angerer



i. A. Franz J. Maget

ACCON GmbH
Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik

Quellenverzeichnis

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen herangezogen:

- [1] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [2] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Februar 1999
- [3] DIN 45669-1 (06/1995) „Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser; Anforderungen, Prüfung“
- [4] DIN 45669-2 (06/1995) „Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren“
- [5] DB AG, Information Körperschall- und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, August 1996

Anlage 1

Prognoseergebnisse

IO-Schlüssel	Straße	Nr.	Ort	Bestandswerte Planfeststellung			Prognosewerte			Anhaltswerte DIN 4150/2			Veränderung der Erschütterungs- einwirkung			Prognose - Bestand(+20%)			Anforderung Bestand(+20%) eingehalten	Prognose - DIN 4150/2			Anforderungen insgesamt eingehalten
				KBfmax	KBfTr_T	KBfTr_N	KBfmax	KBfTr_T	KBfTr_N	Ao_N	Ar_T	Ar_N	KBfmax [%]	KBfTr_T [%]	KBfTr_N [%]	Δ_KBfmax	Δ_KBfTr_T	Δ_KBfTr_N		Δ_KBfmax	Δ_KBfTr_T	Δ_KBfTr_N	
PA1-01-OG1	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	0.20	0.06	0.07	0.20	0.07	0.07	0.60	0.07	0.05	0.00	9.40	5.70	-0.04	-0.01	-0.01	ja	-0.40	0.00	0.02	ja
PA1-01-OG3	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	0.20	0.07	0.07	0.20	0.07	0.08	0.60	0.07	0.05	0.00	9.20	5.60	-0.04	-0.01	-0.01	ja	-0.40	0.00	0.03	ja
PA1-01-OG8	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	0.17	0.05	0.06	0.17	0.06	0.06	0.60	0.07	0.05	0.00	9.30	5.10	-0.03	-0.01	-0.01	ja	-0.44	-0.01	0.01	ja

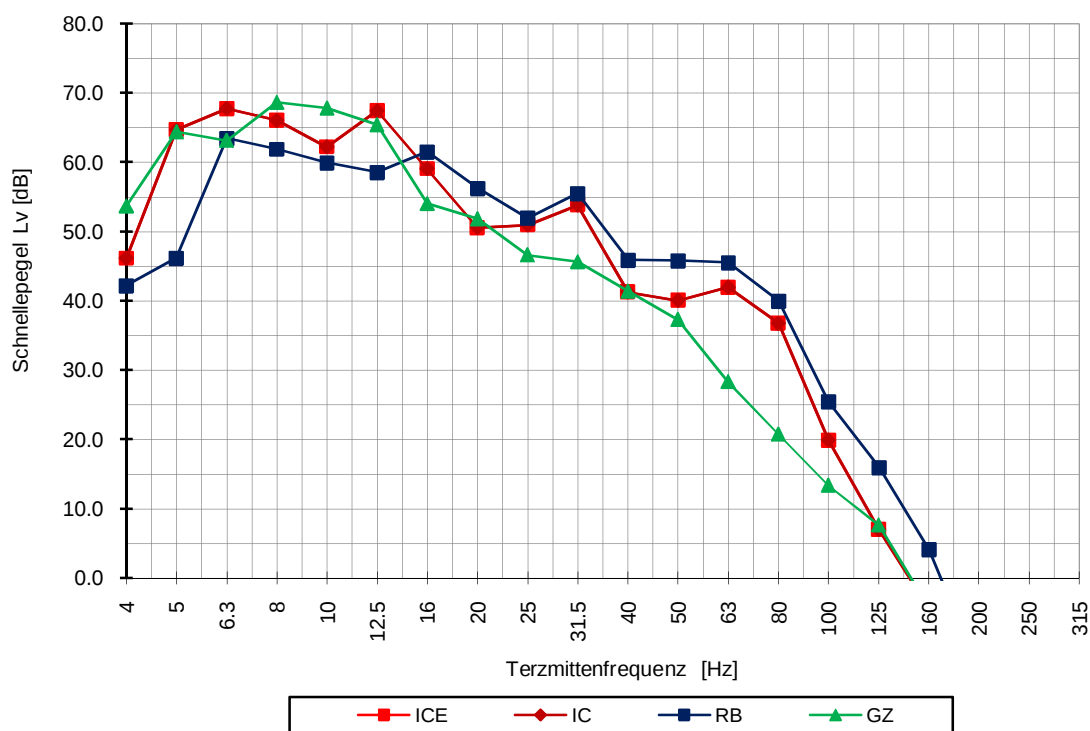
IO-Schlüssel	Straße	Nr.	Ort	Bestandswerte Planfeststellung		Prognosewerte		Orientierungswerte Planfeststellung		Veränderung Einwirkung sek. Luftschall		Prognose - Bestand(+2 dB)		Anforderung 2 dB Kriterium eingehalten	Prognose – Orientierungswert		Anforderung insgesamt eingehalten
				Lr Tag	Lr Nacht	Lr Tag	Lr Nacht	Lm Tag	Lm Nacht	Δ Lr Tag	Δ Lr Nacht	Δ Lr Tag	Δ Lr Nacht		Δ Lr Tag	Δ Lr Nacht	
PA1-01-OG1	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	17.8	18.3	18.7	18.9	40.0	30.0	0.9	0.6	-1.10	-1.40	ja	-21.30	-11.10	ja
PA1-01-OG3	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	17.9	18.4	18.8	19.0	40.0	30.0	0.9	0.6	-1.10	-1.40	ja	-21.20	-11.00	ja
PA1-01-OG8	Lützenkirchener Straße	2	Opladen	17.1	17.6	18.0	18.2	40.0	30.0	0.9	0.6	-1.10	-1.40	ja	-22.00	-11.80	ja

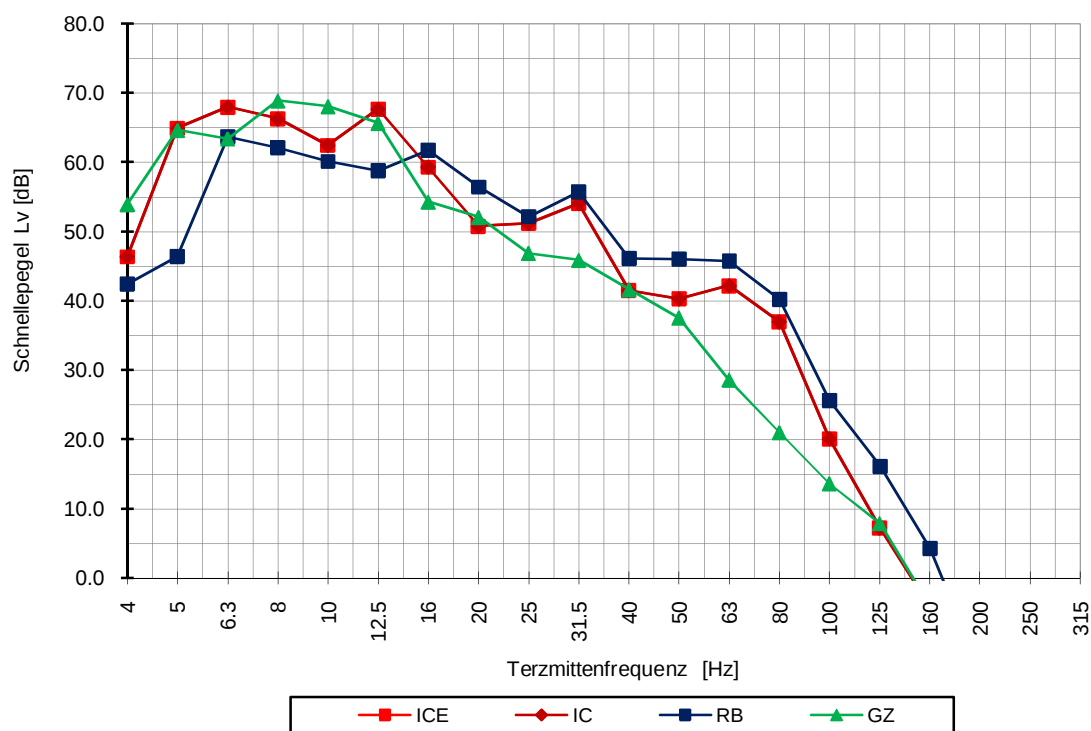
Anlage 2

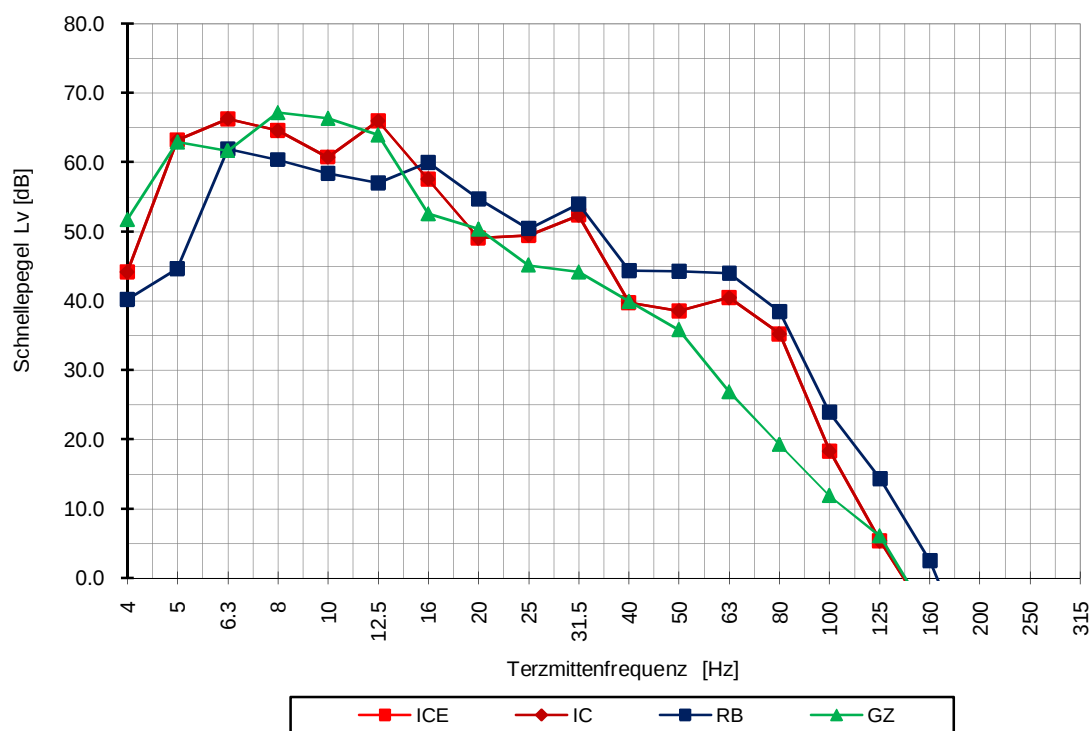
Lageplan

Anlage 3

Terzspektren der Prognose

Terzspektren
IO 1 1.Obergeschoss

Terzspektren
IO 1 3.Obergeschoss

Terzspektren
IO 1 8.Obergeschoss

Anlage 4

Schienenverkehrszahlen

Strecke 2324 Hilden - Opladen
Schienenverkehr Prognose 2025 - Zugzahlen

Anzahl Tag (6 - 22) Uhr	Anzahl Nacht (22 - 6)Uhr	Zugart	SB -Anteil %	V - max (Km/h)	Länge (m)	DFz
152	67	GZ-E	10	100	700	0

Strecke 2324 Opladen - K.-Mülheim
Schienenverkehr Prognose 2025 - Zugzahlen

Anzahl Tag (6 - 22) Uhr	Anzahl Nacht (22 - 6)Uhr	Zugart	SB -Anteil %	V - max (Km/h)	Länge (m)	DFz
148	82	GZ-E	10	100	700	0

zul. Streckenhöchstgeschwindigkeit

von km	bis km	Vmax(km/h)
35,6	47,8	120
47,8	48,9	80
48,9	51,0	100

Strecke 2730 Solingen-Ohligs - Opladen
Schienenverkehr Prognose 2025 - Zugzahlen

Anzahl Tag (6 - 22) Uhr	Anzahl Nacht (22 - 6)Uhr	Zugart	SB -Anteil %	V - max (Km/h)	Länge (m)	DFz
8	27	GZ-E	10	100	700	0
19	1	IC-E	100	160	330	0
38	6	ICE	100	160	360	-3
62	10	RB-E	95	140	150	0
32	5	RE-E	95	140	130	0
159	49	Summe beider Richtungen				

Strecke 2730 Opladen - Köln Neurather Ring
Schienenverkehr Prognose 2025 - Zugzahlen

Anzahl Tag (6 - 22) Uhr	Anzahl Nacht (22 - 6)Uhr	Zugart	SB -Anteil %	V - max (Km/h)	Länge (m)	DFz
12	12	GZ-E	10	100	700	0
18	2	IC-E	100	160	330	0
38	6	ICE	100	160	360	-3
62	10	RB-E	95	140	150	0
32	5	RE-E	95	140	130	0
162	35	Summe beider Richtungen				

zul. Streckengeschwindigkeit km 16,4 - 18,3 = 140km/h

Strecke 2674 Abzw Werkstätte, W 118 - Opladen
Schienenverkehr Ist - Zugzahlen

Anzahl Tag (6 - 22) Uhr	Anzahl Nacht (22 - 6) Uhr	Zugart	SB -Anteil %	V - max (Km/h)	Länge (m)	DFz
1	0	GZ-E	0	90	700	0
1	0	GZ-V	0	100	570	0
0	2	GZ-V	0	100	640	0
1	0	GZ-V	0	100	620	0
3	1	GZ-E	0	100	700	0
1	0	GZ-E	0	100	550	0
1	0	GZ-E	0	100	650	0
3	1	GZ-E	0	100	600	0
11	4	Summe beider Richtungen				

Grundsätzlich ist ein Fahrbahnzuschlag von 2 dB(A) für die Fahrbahnart Schotterbett mit Betonschwellen anzusetzen. Für Brücken, schienengleiche BÜ und enge Gleisradien sind ggf. die entsprechenden Zuschläge zu berücksichtigen.

Legende

Traktionsarten: -E, -V = mit E- bzw. Diesellok bespannte Züge
 -ET, -VT = Elektro- bzw. Dieselelektrozüge
 ICE, TGV, S = Elektroelektrozüge

Zugarten: GZ = Güterzug
 IC/EC, NZ = Inter/Eurocity- bzw. Nachtreisezüge
 ICE, TGV = Züge des Hochgeschwindigkeitsverkehrs
 D, AZ = D- oder Saisonreisezüge
 RB, RE = Regionalzüge
 S = S-Bahnen