Erschütterungstechnische Untersuchung

Landeshauptstadt München, Feldmoching

Bebauungsplan Nr. 2108a „Ratold-/ Raheinstraße“, Auswirkungen auf das Grundstück Bernhardstraße 63

Bericht Nr. 700-5330-ER-Bernhard63

im Auftrag der

CA Immo Projektentwicklung Bayern GmbH & Co. KG

82031 Grünwald

München, im Juli 2022

MÖHLER+PARTNER
INGENIEURE AG

Erschütterungstechnische Untersuchung

Landeshauptstadt München, Feldmoching
Bebauungsplan Nr. 2108a „Ratold-/ Raheinstraße“
Auswirkungen auf das Grundstück Bernhardstraße 63

Bericht-Nr.: 700-5330-ER-Bernhard63

Datum: 23.07.2022

Auftraggeber: CA Immo Projektentwicklung Bayern GmbH & Co. KG
82031 Grünwald

Auftragnehmer:
Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Landaubogen 10
D-81373 München
T + 49 89 544 217 - 0
F + 49 89 544 217 - 99
www.mopa.de
info@mopa.de

Bearbeiter: [redacted]

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung 8

2. Örtliche Gegebenheiten 8

3. Grundlagen 9

3.1 Erschütterungen 9

3.2 Sekundärluftschall 11

4. Betriebsprogramm 13

5. Durchführung der Messung 14

5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung 14

5.2 Messgeräte 15

5.3 Ankopplung der Messpunkte 16

6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen 16

7. Beurteilung 19

7.1 Beurteilung Bernhardstraße 63 im Bestand – ohne Realisierung B-Plan 19

7.2 Beurteilung Bernhardstraße 63 im Bestand – mit Realisierung B-Plan 19

7.3 Beurteilung eines fiktiven Neubaus in der Bernhardstraße 63 in konventioneller Bauweise 20

7.4 Beurteilung eines fiktiven Neubaus in der Bernhardstraße 63 in Leicht-/Holzbauweise 21

8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan 24

8.1 Satzung 24

8.2 Begründung 24

9. Anlagen 27

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan mit Messquerschnitt, Quelle EDV-Programm IMMI [19].....13

Abbildung 2: Schematische Skizze der Gleise.....15

Abbildung 3: Beispiel für erschütterungsmindernde Maßnahme (Quelle rechts [18]).....22

Abbildung 4: Bereich erschütterungsmindernde Maßnahme – Lageplan.....23

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3]....10

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)].....11

Tabelle 3: Belegungsprogramm der Bahnstrecke (Prognose 2030).....13

Tabelle 4: Dokumentation zur Lage der Messpunkte.....14

Tabelle 5: Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit.....14

Tabelle 6: Prognostizierte KB_{FTm} - bzw. KB_{FTr} - Werte an den Messpunkten von fiktiven künftigen Gebäuden und auf der vorhandenen Geschossdecke.....18

Tabelle 7: Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen $\overline{L}_{A,max}$ und Mittelungspegel $L_{A,m}$ des sekundären Luftschalls [dB(A)] in Räumen von fiktiven künftigen Gebäuden an den Messpunkten.....18

Grundlagenverzeichnis:

[1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), in der aktuellen Fassung

[2] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001

[3] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999

[4] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2012

[5] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, September 2010

[6] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005

[7] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998, geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)

[8] Beiblatt 1 zu DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, März 1997

[9] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996

[10] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

[11] Handbuch Gleis, Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit, Bernhard Lichtberger, Tetzlaff Verlag, 2. Auflage, 2004

[12] Zugzahlen Strecke 5500 und 5566, Abschnitt München-Feldmoching, Deutsche Bahn AG, übermittelt per E-Mail am 01.07.2019

[13] Flächennutzungsplan München, link: http://www.fnp-muenchen.de (Abfragedatum: 21.06.2022)

[14] Entwurf Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2108, Raheinstraße (südlich und westlich), Ratoldstraße (westlich), Lerchenstraße (nördlich), Bahnlinie München-Regensburg (östlich), Maßstab: 1:1000, Dragomir Stadtplanung, Stand: 30.11.2020

[15] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist

[16] Erschütterungstechnische Untersuchung, Landeshauptstadt München, Feldmoching, Bebauungsplan Nr. 2108a „Ratold-/Raheinstraße“, Möhler + Partner Ingenieure AG, Bericht Nr. 700-5330-ER, 04.02.2021

[17] Homepage Fa. Getzner Werkstoffe GmbH, Link (letztes Abrufdatum: 23.6.2022): https://www.getzner.com/de/produkte/sylomer

[18] Erschütterungsschutz, vertikale Entkopplung, USH Feldstraße, KP [redacted] Architekten, 25.2.2015

[19] IMMI Version 2020, EDV-Programm zur Schallimmissionsprognose, Wölfel Meßsystem

Zusammenfassung:

Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den Bahngleisen der Bahnstrecken mit den Streckennummern 5500 und 5566 im Bereich der Haltestelle Feldmoching in München wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen auf die Bestandsbebauung in der Bernhardstraße 63 im Rahmen eines erschütterungstechnischen Gutachtens untersucht.

Es zeigt sich, dass im Bestand und Prognose Nullfall (B-Plan Nr. 2108a ist nicht realisiert; Bestandsbebauung Bernhardstraße 63 weiterhin vorhanden) die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm eingehalten werden.

In der Bestandssituation für die Bernhardstraße 63 bei Berücksichtigung der künftigen Ausbreitungssituation aufgrund der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung (Prognose Planfall, B-Plan Nr. 2108a) werden die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm ebenfalls eingehalten.

In der Neubausituation für die Bernhardstraße 63 wurde für den Prognose Planfall unterschieden nach der Art der Bauweise. Im Falle einer konventionellen Bauweise mit Stahlbetondecken werden die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm eingehalten. Im Falle einer Leicht-/Holzbauweise kann nicht zuverlässig ausgeschlossen werden, dass in der künftigen Ausbreitungssituation (Prognose Planfall) die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm überschritten werden.

Daher sind entlang der nördlichen und nordöstlichen Baufeldgrenze bzw. Tiefgaragengrenze im Baugebiet WA Süd(2) erschütterungsmindernde Maßnahmen (seitliche Gebäudelagerung) vorzusehen, die die begünstigende Schwingungsweiterleitung im Prognose Planfall kompensieren.

Für die textliche Fassung des Bebauungsplans wurden Formulierungsvorschläge für den Schallimmissionsschutz ausgearbeitet.

1. Aufgabenstellung

Die CA Immo Projektentwicklung Bayern GmbH & Co. KG plant die städtebauliche Entwicklung von überwiegend Wohnnutzungen entlang der Ratold- und Raheinstraße in München-Feldmoching im Rahmen eines Bebauungsplansverfahrens.

Die Projektfläche befindet sich unmittelbar östlich der DB-Strecken München – Regensburg und München-Feldmoching – Rangierbahnhof München Nord am nördlichen Stadtrand der Landeshauptstadt München. Im weiteren Umfeld des Plangebietes befinden sich überwiegend Wohngebiete. Aufgrund der Nähe zur Bahntrasse können negative Einwirkungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall des oberirdischen Schienenverkehrs im Plangebiet nicht ausgeschlossen werden. Für das Bauleitplanverfahren wurden im Rahmen der erschütterungstechnischen Untersuchung von Februar 2021 [16] die auf das Gebiet einwirkenden Erschütterungen und einwirkenden Lärmimmissionen verursacht durch den Sekundärluftschall vor Ort gemessen und nach den einschlägigen Richtlinien beurteilt. In der gegenständlichen Untersuchung sollen die Auswirkungen auf das Grundstück Bernhardstraße 63, das vom Geltungsbereich des Bebauungsplans ausgenommen ist, dargestellt und beurteilt werden.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG von der CA Immo Deutschland GmbH & Co. KG beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

Das Bebauungsplangebiet befindet sich westlich der Rahein- und Ratoldstraße und östlich der Bahnstrecken München – Regensburg mit dem S-/U- Bahnhaltepunkt Feldmoching und München-Feldmoching – Rangierbahnhof München Nord im Norden der LH München (Stadtbezirk Feldmoching-Hasenbergl). Das Grundstück Bernhardstraße 63 (Nutzungsart Wohnen) befindet sich südlich des P+R Parkplatzes und eines Discounters sowie südöstlich der U-Bahn-Station in Feldmoching. Der Flächennutzungsplan der LH München [12] stellt das Grundstück Bernhardstraße 63 als Gewerbegebiet dar. Ein r.v. Bebauungsplan existiert nicht.

Die Bahnlinien mit Güter-, Fern- und Nahverkehr verlaufen in Nord-Süd-Richtung zum Teil in Dammlage. Auf dem Bahnkörper befinden sich im Bahnhofsbereich München-Feldmoching 7 Gleisstränge. Die drei nächstgelegenen Gleise zum Plangebiet dienen vorrangig dem Abstellen und Rangieren von Zügen. Im Bereich des nördlichen Plangebiets werden die sechs Gleisstränge zu zwei Gleissträngen zusammengeführt. Im Bereich des südlichen Plangebiets trennen sich die beiden Bahnstrecken, wobei die DB-Strecke 5500 (München – Regensburg) in südwestlicher Richtung und die DB-Strecke 5566 (Mü-Feldmoching – Rangierbahnhof) in südlicher Richtung weiter verläuft.

Das Plangebiet und der weitere Umgriff sind im Wesentlichen eben. Der Verlauf der Bahnstrecke wurde durch ein entsprechendes Höhenmodell berücksichtigt. Die genauen örtlichen Gegebenheiten können den Lageplänen in Anlage 1 entnommen werden.

3. Grundlagen

3.1 Erschütterungen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ bewertet. Das KB(t)-Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellesignals entstandene Signal. Nach DIN 45669 [6] ist das $KB_F(t)$-Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert. Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [3] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}
- Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}

Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} berücksichtigt die Dauer und die Häufigkeit des Auftretens von Erschütterungen. Hinsichtlich der Dauer der Erschütterungsereignisse werden jeweils 30-s-Takte (Taktmaximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird nach der folgenden Gleichung gebildet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} * (T_e/T_r)^{0,5}$$

Dabei ist:

T_r Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

T_e Summe aller Taktzeiten, während derer Erschütterungen einwirken

KB_{FTm} Taktmaximal-Effektivwert

Der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte KB_{FTi} nach Gleichung (3) der DIN 4150-2[1] [3]:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} KB^2{}_{FTi}}{N}}$$

[1] Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} werden Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl N ein.

Die Beurteilung erfolgt nach der folgenden Vorgehensweise:

- Ist KB_{Fmax} kleiner als der untere Anhaltswert A_u, dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten
- Ist KB_{Fmax} größer als der untere Anhaltswert und kleiner als der obere Anhaltswert A_o, gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der KB_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r ist.
- Ist der KB_{Fmax} größer als der obere Anhaltswert A_o bzw. der KB_{FTr} größer als der Anhaltswert A_r, dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gelten abhängig vom Einwirkungsort folgende Anhaltswerte A nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 [3].

Tabelle 1: Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3]

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Industriegebiete	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,2	5	0,10	0,15	0,3	0,07
4	Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus dem oberirdischen Schienenverkehr gelten folgende Besonderheiten:

- Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.
- Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne KB_{FTi} – Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über A_o = 0,6 so ist nach der Ursache bei der entsprechenden Zugeinheit zu forschen (z.B. Flachstellen an Rädern) und diese möglichst rasch zu beheben. Diese hohen Werte sind bei der Berechnung von KB_{FTr} zu berücksichtigen.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt nach DIN 4150-2 [3] die Größe KB_{Fmax}:

„... Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen KB = 0,1 und KB = 0,2. In der Umgebungssituation „Wohnung“ werden auch bereits gerade spürbare Erschütterungen als störend empfunden. Erschütterungseinwirkungen um KB = 0,3 werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und entsprechend stark störend wahrgenommen...“

3.2 Sekundärluftschall

Der innerhalb eines Gebäudes auf Körperschallimmissionen zurückzuführende Luftschall durch Bauwerksschwingungen von Raumbegrenzungsflächen (Wände und vor allem Geschossdecken) wird als sekundärer Luftschall bezeichnet und als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen. Bei der Beurteilung der sekundären Luftschallabstrahlung durch verkehrsbedingte Einwirkungen (z.B. Straßen- und Schienenverkehr) existieren keine spezifischen Regelungen mit einer Festlegung von Richtwerten. Es muss demnach auf Richtlinien aus anderen schalltechnischen Bereichen zurückgegriffen werden, die für die Körperschallübertragung innerhalb von Gebäuden oder tieffrequente Schallimmissionen Aussagen treffen.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist es in Bayern gängige Praxis, die Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall nach der TA Lärm [7] bzw. der DIN 45680 [8] durchzuführen (diese Richtlinien regeln generell die Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden bzw. tieffrequente Geräusche durch gewerbliche Anlagen). Im vorliegenden Fall werden für das geplante Bauvorhaben ebenfalls diese Werte angesetzt.

Die genannten Immissionsrichtwerte gelten gebietsunabhängig für schutzbedürftige Räume:

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [dB(A)]

Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel L_m	Maximalpegel L_{max}
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	35	45
Nachts (22.00 – 6.00 Uhr)	25	35

Die Anforderungen der Richtlinie gelten demnach als erfüllt, wenn der Mittelungspegel des sekundären Luftschalls im Zeitraum Tag (6.00 – 22.00 Uhr) 35 dB(A) und im Zeitraum Nacht (22.00 – 6.00 Uhr) 25 dB(A) nicht überschreitet. Es soll zudem vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen (hier der mittlere Maximalpegel bei der Zugvorbeifahrt) den Richtwert um mehr als 10 dB(A) überschreiten.

Durch die Schwingungsanregung der Wände und vor allem Geschossdecken wird sekundärer Luftschall durch die Raumbegrenzungsflächen abgestrahlt. Zwischen der Schwingschnelle in den Raumbegrenzungsflächen, den jeweiligen Abstrahl- und Absorptionsverhältnissen im Raum und den daraus resultierenden Schalldruckpegeln im Raum besteht ein direkter Zusammenhang.

Ein allgemein gültiges Berechnungsverfahren kann jedoch aufgrund des sehr komplexen Wirkungsgefüges der o.g. Zusammenhänge im hier bestimmenden Frequenzbereich unter 100 Hz nicht angegeben werden.

Aufgrund von Erfahrungen kann der sekundäre Luftschall in guter Näherung nach der folgenden Formel abgeschätzt werden [9]:

$$L_{pA}(f_T) = L_{vA}(f_T) + 10 \log 4\, S/A(f_T) + 10 \log \sigma(f_T)$$

Dabei bedeuten:

$L_{pA}(f_T)$ Terzpegel des A-bewerteten Schalldrucks im Raum

$L_{vA}(f_T)$ Terzpegel der A-bewerteten Schwingschnelle der Raumbegrenzungsflächen, bezogen auf $5*10^{-8}$ m/s

S Größe der schwingerregten Fläche in m^2

$A(f_T)$ äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m^2

$\sigma(f_T)$ Abstrahlgrad

f_T Terzmittenfrequenz

Für eine genauere Betrachtung des sekundären Luftschalls müsste die mittlere Schnellepegelverteilung aller abstrahlenden Flächen mit den zugehörigen Abstrahlgraden und den äquivalenten Absorptionsgraden bekannt sein. Aufgrund von Erfahrungswerten für raumakustische Verhältnisse in Wohnräumen und mit Wohnräumen vergleichbar ausgestatteten Räumen können zur Abschätzung folgende Werte für S, A und σ angesetzt werden.

S $\approx$ 2 x Grundrissfläche G

A $\approx$ 0,8 x Grundrissfläche G

σ (fT) = 1 für Frequenzen > fg. Für tiefere Frequenzen als die Grenzfrequenz fg erfolgt eine Absenkung

Diese Korrektur wird terzweise zu den Prognosespektren der Erschütterungsimmissionen addiert. Die so ermittelten sekundären Luftschallpegel stellen mittlere Maximalpegel L_{max} während der Zugvorbeifahrten dar. Die Berechnung erfolgt im Frequenzbereich von 16 Hz bis 315 Hz.

Durch den Ansatz der oben genannten Parameter ergeben sich in der Regel etwas zu hohe Pegel, die somit aber auf der „sicheren Seite“ liegen. Für die Detailschärfe eines Bebauungsplans stellt dieser Ansatz erfahrungsgemäß eine praktikable Voreinschätzung dar.

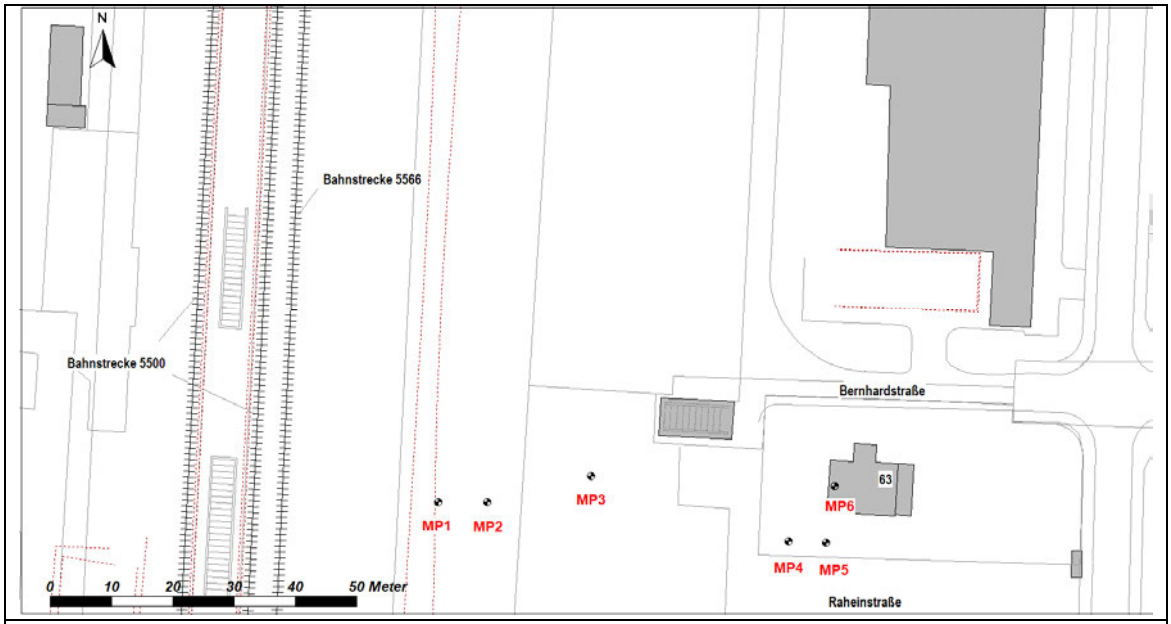


Abbildung 1: Lageplan mit Messquerschnitt, Quelle EDV-Programm IMMI [19]

© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

4. Betriebsprogramm

Für die Bahnstrecken München – Regensburg (DB Strecke Nr. 5500) und Feldmoching – Rangierbahnhof München Nord (DB Strecke Nr. 5566) wurde eine aktuelle Prognose für das Jahr 2030 zugrunde gelegt [12]. Das darin enthaltene Betriebsprogramm geht deutlich über das vor Ort gemessene Zugaufkommen hinaus. Deshalb müssen die Messwerte auf das zukünftige Zugaufkommen hochgerechnet werden.

Die Lage der Bahnstrecken ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Die Aufteilung der Zugmengenangaben auf die Durchfahrtgleise wurden entsprechend der Prognoseangaben [12] berücksichtigt. Die angesetzten Zugmengen für die maßgebende Strecke sind in folgender Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3: Belegungsprogramm der Bahnstrecke (Prognose 2030)

Fahrtrichtung	Anzahl Vorbeifahrten im Beurteilungszeitraum	
	Tag	Nacht
Bahnstrecke München – Regensburg (5500)		
S-Bahn	128	32
RB/RE	64	14
IC	34	2
Güterverkehr	4	2
Güterbahnstrecke Rangierbahnhof München Nord – Milbertshofen (5560)		
Güterverkehr	22	7

5. Durchführung der Messung

5.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung

Die Messungen fanden am 01.06.2022, in der Zeit von 08:00 bis 15:00 Uhr statt. Die Dokumentation zur Lage der Messpunkte ist in folgender Tabelle 4 und Anlage 1 dargestellt. Die Auswertung der Messungen erfolgt bezüglich der jeweiligen Gleisachsen, die Abstandsangaben beziehen sich auf das nächstgelegene Rangiergleis (Gleis 5, vgl. Abb. 2).

Tabelle 4: Dokumentation zur Lage der Messpunkte

Messpunkt	Lage des Messpunkts	Messrichtung	~ Abstand Gleisachse zum nächstgelegenen gemessenen Rangiergleis (Gleis 5) [m]
MP 1	Geländeoberfläche	vertikal	8
MP 2	Geländeoberfläche	vertikal	16
MP 3	Geländeoberfläche	vertikal	32
MP 4	Geländeoberfläche	vertikal	64
MP 5	Geländeoberfläche	vertikal	70
MP 6	Gebäude Obergeschoss	vertikal	70

In der nachfolgenden Tabelle sind die Anzahl der messtechnisch erfassten verwertbaren Vorbeifahrten während der Messzeit aufgelistet. Zum Messzeitpunkt war das Planungsgebiet weitestgehend frei von Störeinwirkungen (Fremdbelastung, meteorologische Einflüsse, kein Bodenfrost usw.). Gleis 5 war über die gesamte Messzeit mit stehenden Güterwägen belegt, von denen keine Erschütterungen ausgingen.

Tabelle 5: Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit

Fahrzeugklasse	Gleis	Anzahl der gemessenen Vorbeifahrten
Güterzug	7	1
Regionalzug	7	1
Güterzug	1	8
Regionalzug	1	3
S-Bahn	2	11
Regionalzug	2	9
S-Bahn	3	2
Regionalzug	3	1

Tabelle 5: Messtechnisch erfasste verwertbare Vorbeifahrten während der Messzeit

Fahrzeugklasse	Gleis	Anzahl der gemessenen Vorbeifahrten
S-Bahn	4	13
Regionalzug	4	11
Güterzug	4	3

Die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge weichen von der zulässigen Streckengeschwindigkeit im Untersuchungsbereich ab. Aufgrund des Bahnhofbereiches, aufgrund von Weichen und aufgrund von Gleiszusammenführungen wird davon ausgegangen, dass keine höheren Geschwindigkeiten gefahren werden, so dass keine Geschwindigkeitskorrektur vorgenommen wurde.

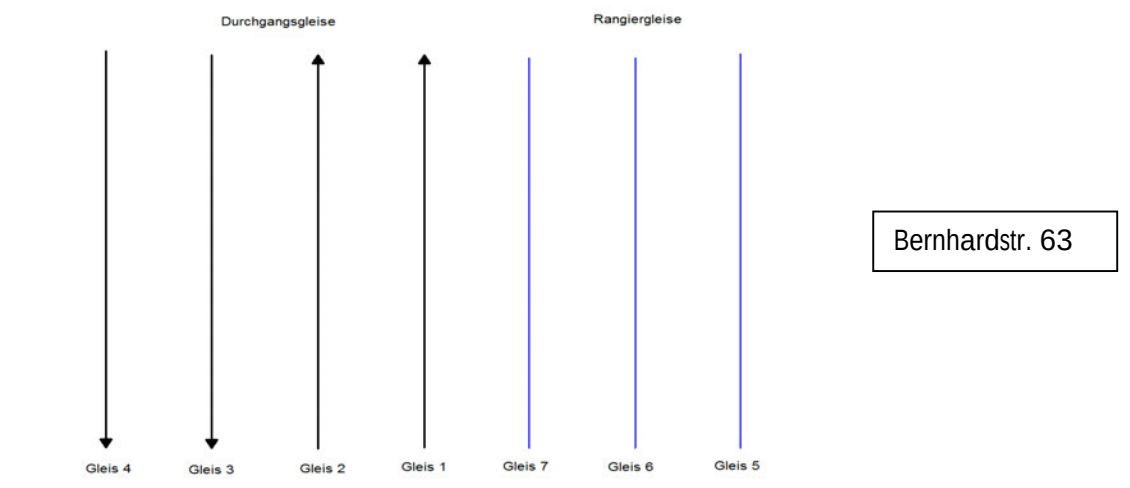


Abbildung 2: Schematische Skizze der Gleise

5.2 Messgeräte

Für die Messungen und Auswertungen wurden folgende Geräte verwendet:

- Geeichtes Mehrkanal-Messsystem Soundbook der Fa. Sinus Messtechnik GmbH
- Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer der Fa. Sinus Messtechnik GmbH, Typ ICP Seismometer-V_315
- Signalanalyse Software Samurai
- Kalibrator, VC 10 der Fa. Metra

Die verwendeten Messgeräte wurden vor der Messung auf ihre einwandfreie Funktion geprüft. Die Messgeräte sind Bestandteil des unter D-PL-19432-01-00 nach DIN EN ISO/EC 17025:2005 von der DAkkS akkreditierten Prüflaboratoriums der Möhler + Partner Ingenieure AG. In diesem Rahmen werden die Messgeräte regelmäßig überwacht und auf nationale Normale zurückgeführt.

Vor der Messung wurden die Messkanäle abgeglichen und die Messkette durch Abklopfen der Messaufnehmer für den Messeinsatz auf eine Funktionskontrolle geprüft. Das Einlesen der Kanäle erfolgte simultan. Zu Beginn und nach der Messreihe wurden Nullmessungen zur Betrachtung des Störeinflusses durchgeführt.

Die Erschütterungssignale wurden über die beschriebene Messkette synchron aufgenommen und auf Datenträger gespeichert. Parallel zur Messwert-Aufzeichnung wurden die Zuggattung, das Gleis, die Geschwindigkeit und weitere Besonderheiten (z.B. Flachstellen, wechselnde Fahrgeschwindigkeiten, Überschneidungen usw.) notiert.

5.3 Ankopplung der Messpunkte

Die Ankopplung der Beschleunigungsaufnehmer auf der Geländeoberfläche (MP 1 bis MP 5) erfolgte über Erdspieße mit einer Länge von l = 0,5 m und X-förmigen Querschnitt entsprechend den Anforderungen der DIN 45669-2 [6]. Die Aufnehmer wurden mit dem Erdspieß mittels eines Adapters verschraubt. Die Erdspieße wurden in ebenen Untergrund geschlagen. Ein Verprellen der Spieße beim Einschlagen wurde weitestgehend vermieden. Der feste Sitz der Erdspieße wurde überprüft. Zudem wurde auf eine zur Ebene möglichst lotrechte Erdspieß-Achse geachtet.

Innerhalb des Gebäudes wurde der Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer mittels Ankopplungsvorrichtung (Metallteller mit „spitzen“ Füßen im Obergeschoss) nach DIN 45669-2 [6] lose mit dem Untergrund Obergeschoss (Teppich) verbunden. Dabei wurde der Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer über Schraubverbindungen kraftschlüssig mit der Ankopplungsvorrichtung verbunden. Im Obergeschoss existiert ein Stahlträger, so dass der Messpunkt mittig zwischen Stahlträger und Außenwänden in dem zur Bahn orientierten Raum platziert wurde.

6. Auswertung der messtechnischen Untersuchungen

Für den Messpunkt 6 wurden die Erschütterungen direkt am Immissionsort gemessen und anhand des künftigen Betriebsprogramms gemäß Tabelle 3 sowie auf Basis der Formeln aus Kapitel 3.1 (vgl. Seite 9) ausgewertet.

Folgende Annahmen werden für eine Abschätzung der zu erwartenden Deckenschwingungen und der daraus resultierenden KB-Werte sowie dem prognostizierten Sekundärluftschall für Messpunkte im Außenbereich getroffen (betrifft die Messpunkte MP 1 bis MP 5):

Anregung:

An den Messpunkten wurde für jede Zugvorbeifahrt das sog. Max-Hold-Terzspektrum mit der Zeitbewertung „FAST“ im Frequenzbereich von 4 Hz bis 315 Hz ausgewertet. In einem weiteren Schritt wurden die Spektren an jedem Messpunkt energetisch gemittelt. Anlage 3 zeigt die gemittel-

ten Terzpegelschnellespektren an den Messpunkten, jeweils unterschieden nach Zuggattung und Gleis.

Ausbreitung der Erschütterungen im Erdreich:

Die Ausbreitung der Erschütterungen des oberirdischen Schienenverkehrs an der Erdoberfläche (Rayleighwelle) ist in Festkörperstrukturen, wie zum Beispiel bei gebundenen Asphaltdecken, gegenüber dem natürlichen Baugrund (rollige Böden) deutlich erhöht. Die Messungen wurden auf unbefestigten Wiesen durchgeführt.

Einleitung der Erschütterungen vom Erdreich in das Gebäude:

Für die Übertragung der Schwingungen vom Erdreich in das Gebäude sind die dynamischen Eigenschaften der Empfängerstruktur und die Rückwirkung des angrenzenden Bodens bestimmend. Für eine Vorabschätzung ist die Überhöhung der Schwingungen beim Übergang vom Erdreich in das Gebäude abhängig von der Gebäudemasse und der Frequenz [10]. Entsprechend wird die Abnahme der Schnellepegel frequenz- und gebäudemasseabhängig angesetzt.

Erschütterungsausbreitung innerhalb des Gebäudes:

Die Anregung des Gebäudefundaments wird i.d.R. mit überhöhten Schwingschnellen in den Geschossdecken beantwortet. Die durch Resonanz bei den Eigenfrequenzen der Decken auftretenden Vergrößerungsfaktoren erreichen erfahrungsgemäß Werte von 3 bis 8, entsprechend einer Erhöhung der Schnellepegel um 10 bis 18 dB. Die Eigenfrequenzen von Beton-Rohdecken können i.d.R. im Bereich von 15 bis 40 Hz liegen. Die jeweiligen Berechnungen wurden für Rohdecken-Eigenfrequenzen bis ca. 40 Hz durchgeführt, wobei jeweils die Decken-Eigenfrequenz auf die Bodenresonanz gelegt wurde. Es ergeben sich somit über den oben dargestellten Frequenzbereich die höchsten Immissionen. Als Verstärkungsfaktor wurde 8 (= 18 dB) gewählt. Die Vergrößerungs-Faktoren für die anderen Frequenzen können aus dem Zusammenhang für die Vergrößerungsfunktion eines Ein-Massen-Schwingers

$$V=[(1+(2D\eta)^2) \,/\, ((1-\eta^2)^2 + (2D\eta)^2)]^{0,5}$$

mit D = Dämpfungsmaß

η= Erregerfrequenz / Eigenfrequenz

ermittelt werden. Als Dämpfungsmaß wurde ein Erfahrungswert D=0,065 angesetzt.

Die Schwingungen des schwimmenden Estrichs bzw. des Gesamtdeckenaufbaus werden ebenfalls durch ein Massen-Schwinger-Modell angenähert. Typische Estrich-Eigenfrequenzen liegen im Bereich 50 bis 80 Hz. Die resultierenden Deckenschwingungen werden einer Frequenzbewertung (KB-Filterung) unterzogen und energetisch summiert. Die ermittelten KB-Werte sind aufgrund der Auswertung von Max-Hold-Spektren in Näherung als je Richtung gemittelte KB_{Fmax} - Werte (KB_{FTm} - Werte je Fahrtrichtung nach DIN 4150, Teil 2) anzusehen.

Die Auswertung der gemessenen Schnellespektren führt zu dem unten aufgelisteten höchsten KB_{FTm} - Wert für Rohdecken mit Eigenfrequenzen bis 40 Hz bzw. unter der Annahme des Einbaus eines

schwimmenden Estrichs für Rohdecken mit Estrich und Estrich Eigenfrequenzen von $f_0 \approx 50 – 80$ Hz für die fiktiven Plangebäude.

Tabelle 6: Prognostizierte KB_{FTm} - bzw. KB_{FTr} - Werte an den Messpunkten von fiktiven künftigen Gebäuden und auf der vorhandenen Geschossdecke

Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 5) ca. [m]	KB_{FTm} – Wert	KB_{FTr} – Wert	
			tags	nachts
MP 1	8	0,30	0,06	0,04
MP 2	16	0,11	0,03	0,02
MP 3	32	0,04	0,01	0,02
MP 4	64	0,03	0,01	0,00
MP 5	70	0,02	0,01	0,00
MP 6	70	0,11	0,02	0,01

Anm.: Die Tabellenwerte gelten für Rohdecken mit schwimmendem Estrich, ohne schwimmenden Estrich sind ca. 20 % geringere Werte zu erwarten.

Tabelle 7: Prognostizierte mittlere Geräuschspitzen $\overline{L}$ A,max und Mittelungspegel $L_{A,m}$ des sekundären Luftschalls [dB(A)] in Räumen von fiktiven künftigen Gebäuden an den Messpunkten

Messpunkt	Abstand zur nächstgelegenen gemessenen Gleisachse (Gleis 5) ca. [m]	Mittlere Geräuschspitzen des sekundären Luftschalls $\overline{L_{A,\max}}$ [dB(A)]	Mittelungspegel $L_{A,m}$ [dB(A)]	
			tags	nachts
MP 1	8	45,3	24,7	20,6
MP 2	16	33,5	15,0	11,7
MP 3	32	25,4	7,8	6,7
MP 5/6	70	21,2	6,5	6,2

Bei den prognostizierten Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen wird jeweils von bzgl. der Bahnstrecke ungehinderter Ausbreitung ausgegangen, d. h. die prognostizierten Werte gelten nur bei baulicher Entkopplung.

7. Beurteilung

Die Beurteilung der auf Erschütterungen und Sekundärluftschall zurückzuführenden Immissions-Situation erfolgte auf Grundlage der aus den Messdaten berechneten Mittelwerte. Die Immissionen einzelner Zugvorbeifahrten können jedoch deutlich (z.B. bei schadhaften Zugmaterial) von diesen Mittelwerten abweichen.

Bei der Beurteilung des Grundstückes Bernhardstraße 63 wird von einem Mischgebiet (MI) gemäß §4 BauNVO [15] ausgegangen.

7.1 Beurteilung Bernhardstraße 63 im Bestand – ohne Realisierung B-Plan

Die Aussagen beziehen sich auf die vorhandene Bebauungssituation für das Grundstück Bernhardstraße 63 und dessen Umgebung sowie die vorliegenden Zugzahlen und -gattungen, Geschwindigkeiten.

Für die Beurteilung der derzeitigen Erschütterungssituation (ohne Realisierung der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung im Bebauungsplangebiet) zeigt der Vergleich des prognostizierten KB_{FTm}-Wertes am Messpunkt 6 von 0,11 mit den unteren Anhaltswerten A_u für Mischgebiete (0,20/0,15 Tag/Nacht), dass die Anhaltswerte in der bestehenden Situation eingehalten werden. Somit sind die Anforderungen der DIN 4150-2 [3] eingehalten.

Die Sekundärluftschallimmissionen konnten mit verhältnismäßigem Aufwand nicht gemessen werden, da sich Direktschall (Schallschutz gegen Außenlärm) und Sekundärluftschall nicht eindeutig trennen lassen und ggf. Raumeinflüsse vorhanden sind („stehende Wellen“). Auf Basis der Prognosen des Sekundärluftschalls und auf Basis von Erfahrungswerten kann jedoch erwartet werden, dass im Bestand die Anforderungen der TA Lärm zuverlässig eingehalten werden.

Fazit: Die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm werden im Bestand eingehalten.

7.2 Beurteilung Bernhardstraße 63 im Bestand – mit Realisierung B-Plan

Die Aussagen beziehen sich auf die vorhandene Bebauungssituation für das Grundstück Bernhardstraße 63 und dessen Umgebung, die vorliegenden Planungen zum B-Plan Nr. 2108a sowie die vorliegenden Zugzahlen und -gattungen, Geschwindigkeiten.

Zur Beurteilung der künftigen Erschütterungssituation (mit Realisierung der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung im Bebauungsplangebiet) wird auf der sicheren Seite liegend davon ausgegangen, dass die prognostizierten Werte für den Messpunkt MP 2 mit einem Abstand von 16 m zum nächstgelegenen Gleis auf die Messpunkte am Gebäude (MP 5) übertragen werden können. Somit wird simuliert, dass zwischen den Messpunkten MP 2 und MP 5 keine Abnahme der Erschütterungen stattfindet bzw. eine begünstigte Weiterleitung durch die künftige Planbebauung und Versiegelung stattfindet. Zudem wird der Übertragungsfaktor zwischen den Messpunkten MP 5 und MP 6 ermittelt und berücksichtigt (KB_{FTm}-Faktor 0,11 / 0,02 = 5,5; KB_{FTr}-Faktor 0,02 / 0,01 = 2). Somit ergeben sich folgende prognostizierte KB-Werte:

- KB_{FTm} = 0,11 * 5,5 = 0,6 Tag und Nacht
- KB_{FTr} = 0,03 * 2 = 0,06 Tag
- KB_{FTr} = 0,02 * 2 = 0,04 Nacht

Der Vergleich des prognostizierten KB_{FTm}-Wertes von 0,6 mit den unteren Anhaltswerten A_u für Mischgebiete (0,20/0,15 Tag/Nacht) zeigt, dass die Anhaltswerte in der künftigen Situation überschritten werden. Gemäß DIN 4150-2 [3] sind die Anforderungen dennoch eingehalten: Die Bewertung der prognostizierten Beurteilungs-Schwingstärken (KB_{FTr} = 0,06/0,04 Tag/Nacht) zeigt, dass die Anhaltswerte A_r für Mischgebiete (0,10/0,07 tags/nachts) eingehalten werden und somit die Anforderungen der Norm eingehalten sind.

Die Sekundärluftschallimmissionen konnten mit verhältnismäßigem Aufwand nicht gemessen werden, da sich Direktschall (Schallschutz gegen Außenlärm) und Sekundärluftschall nicht eindeutig trennen lassen und ggf. Raumeinflüsse vorhanden sind („stehende Wellen"). Auf Basis der Prognosen des Sekundärluftschalls und auf Basis von Erfahrungswerten kann jedoch erwartet werden, dass im Bestand die Anforderungen der TA Lärm zuverlässig eingehalten werden. Auf Basis der Prognosewerte in Tabelle 7 am MP 5 wäre theoretisch eine Verzehnfachung der Energie möglich, ohne die Anforderungen der TA Lärm zu überschreiten. Eine solche Zunahme der eingeleiteten Erschütterungsenergie ist durch die Planbebauung B-Plan Nr. 2108a und die zusätzliche Versiegelung durch Asphaltflächen im Plangebiet nicht absehbar.

> *Fazit: Die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm werden in der Bestandssituation für die Bernhardstraße 63 bei Berücksichtigung der künftigen Ausbreitungssituation aufgrund der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung (B-Plan Nr. 2108a) eingehalten.*

7.3 Beurteilung eines fiktiven Neubaus in der Bernhardstraße 63 in konventioneller Bauweise

Die Aussagen beziehen sich auf die vorliegenden Unterlagen, die derzeitige Geländebeschaffenheit im Plangebiet sowie des oberirdischen Schienenweges, die vorliegenden Zugzahlen und -gattungen, Geschwindigkeiten und pauschale Ansätze für die Reaktion eines Gebäudes in konventioneller Bauweise (Massivbau mit Stahlbetondecken) auf eine Schwingungsanregung.

Die Messungen enthalten erhöhte Prognoseunsicherheiten durch die bisher nicht absehbare Bauausführung der Gebäude, so dass im Einzelfall auch deutlich günstigere Erschütterungswerte nicht auszuschließen sind. Bei der Ermittlung der Schwingungen an den Gebäuden wurde auf der sicheren Seite liegend eine eingeschossige Planbebauung angenommen.

Zur Beurteilung der künftigen Erschütterungssituation (mit Realisierung der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung durch Asphaltflächen im Bebauungsplangebiet) wird auf der sicheren Seite liegend davon ausgegangen, dass die prognostizierten Werte für den Messpunkt MP 2 mit einem Abstand von 16 m zum nächstgelegenen Gleis auf die Messpunkte am Gebäude (MP 5) übertragen werden können. Somit wird simuliert, dass zwischen den Messpunkten MP 2 und MP 5 keine Abnahme der Erschütterungen stattfindet bzw. eine begünstigte Weiterleitung durch die künftige Planbebauung und Versiegelung stattfindet. Der Vergleich des prognostizierten KB_{FTm}-Wertes von

0,02 am MP 5 mit den unteren Anhaltswerten A_u für Mischgebiete (0,20/0,15 Tag/Nacht) zeigt, dass die Anhaltswerte eingehalten werden. Somit die Anforderungen der Norm eingehalten. Ebenso werden die Anforderungen der TA Lärm an den Sekundärluftschall eingehalten (Mittelungspegel und mittlere Maximalpegel).

Die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm sind zudem eingehalten, wenn jeglicher Neubau der Bernhardstraße 63 an die Grundstücksgrenzen heranrückt. Die Auswertung erfolgte bzgl. der ungünstigsten Gebäudekonstellation (d.h. eingeschossige und damit geringste konventionelle Baumasse). Für diese Situation können die Prognosewerte für den MP 2 für die Bewertung herangezogen werden.

> *Fazit: Die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm werden in der Neubausituation für die Bernhardstraße 63 in konventioneller Bauweise (Stahlbetondecken) bei Berücksichtigung der künftigen Ausbreitungssituation aufgrund der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung (B-Plan Nr. 2108a) eingehalten.*

7.4 Beurteilung eines fiktiven Neubaus in der Bernhardstraße 63 in Leicht-/Holzbauweise

Eine belastbare Prognose für den Fall eines Neubaus der Bernhardstraße 63 in Leicht-/Holzbauweise kann aufgrund vieler Variablen und Unbekannten (Deckenspannweiten, Auflagerungen, Gebäudemasse, Gründungsart, Stockwerkshöhen, Fußbodenaufbauten usw.) nicht vorgenommen werden. Daraus folgt, dass nicht zuverlässig ausgeschlossen werden kann, dass in der künftigen Ausbreitungssituation aufgrund der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung (B-Plan Nr. 2108a) im Falle einer fiktiven Neubausituation die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm überschritten werden.

Daher müssten für diesen Fall erschütterungsmindernde Maßnahmen vorgesehen werden. Dies gilt sowohl für den Fall einer baulichen Kopplung zwischen B-Plan-Gebiet und Bernhardstraße 63 als auch für den Fall ohne bauliche Kopplung. Die zusätzliche Versiegelung im Bereich U-Bahn-Station kann aufgrund der vorhandenen großflächigen Versiegelung (P+R, Parken Discounter, U-Bahn-Röhre, U-Bahn-Station) vernachlässigt werden; hierdurch ist keine relevante Zunahme der Erschütterungen zu erwarten. Hauptursächlich für eine begünstigende und erhöhende Erschütterungsweiterleitung ist die Planbebauung zwischen Bernhardstraße 63 und Bahnstrecke mit einer Tiefgarage und Reflexionen der Schwingungswellen (Rayleighwelle).

Eine erprobte Lösungsmöglichkeit stellt als Maßnahme im Ausbreitungsweg die seitliche/vertikale Gebäudelagerung der Tiefgarage im Baufeld zwischen der Bernhardstraße 63 und Bahnstrecke dar (Einbau einer weichen Schicht zwischen Störungsquelle und zu schützendem Objekt, Impedanzsprung). Bei vergleichbaren Problemlagen wurde die begünstigende Erschütterungsweiterleitung mit dem in Abbildung 3 dargestellten Aufbau kompensiert.

Die seitliche Abschirmung sollte bis mindestens OK Fundament in das Erdreich reichen. Die höchste Wirksamkeit erreicht eine seitliche Abschirmung mit einer möglichst hohen Schwingungsdämpfung, wobei diese gerade (noch) dem Erddruck standhalten muss. Beide Parameter können mit Angabe eines Mindestwertes für die dynamische Steifigkeit erfasst werden. Erfahrungsgemäß kann hierzu ein Sylomerlager vom Typ SR-28/ SR-42 [17] oder technisch gleichwertiges Material zum Einsatz

kommen (Beispiel siehe Anlage 3 [17]). Erfahrungsgemäß kann von 0 m bis 3 m unter GOK ein Sylomer SR-28 und bei Tiefen von mehr als 3 m (bis ca. 10 m) unter GOK ein Sylomer SR-42 [17], jeweils mit einer Materialstärke von 37,5 mm, oder ein technisch gleichwertiges Material eingesetzt werden. Die notwendigen Mindestwerte für die dynamischen Steifigkeiten werden festgesetzt. Die seitliche Abschirmung wird in der Regel mit der Keller-/Tiefgaragenaußenwand verklebt und ist durch eine Noppenbahn oder eine Lastverteilungsschicht gegen Durchdringen von Erdreich zu schützen. Ausführungsdetails, insbesondere im Bereich von Leitungsdurchdringungen, Licht-/Lüftungsschächten, dem ebenerdigen Abschluss einer Dämmfuge oder die Bereiche mit Perimeterdämmung, sollten nach Abstimmung mit den Lieferanten des Entkopplungsmaterials konzipiert werden.

Quelle: eigenes Foto

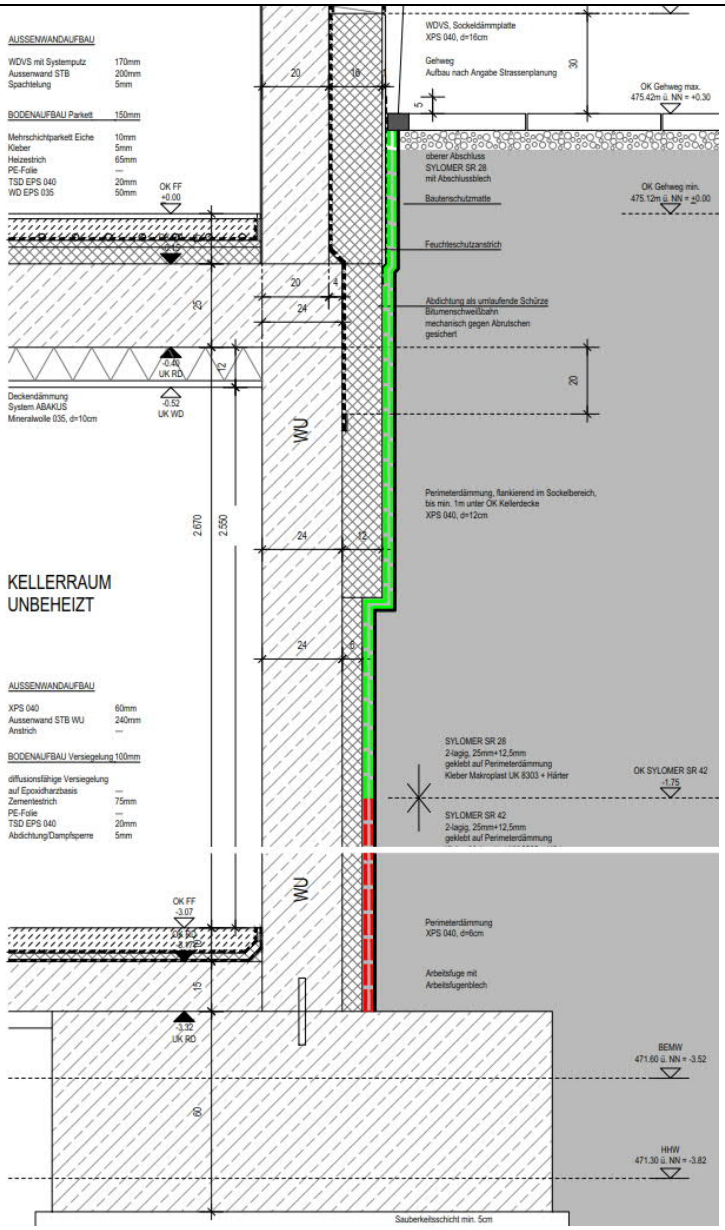


Abbildung 3: Beispiel für erschütterungsmindernde Maßnahme (Quelle rechts [18])

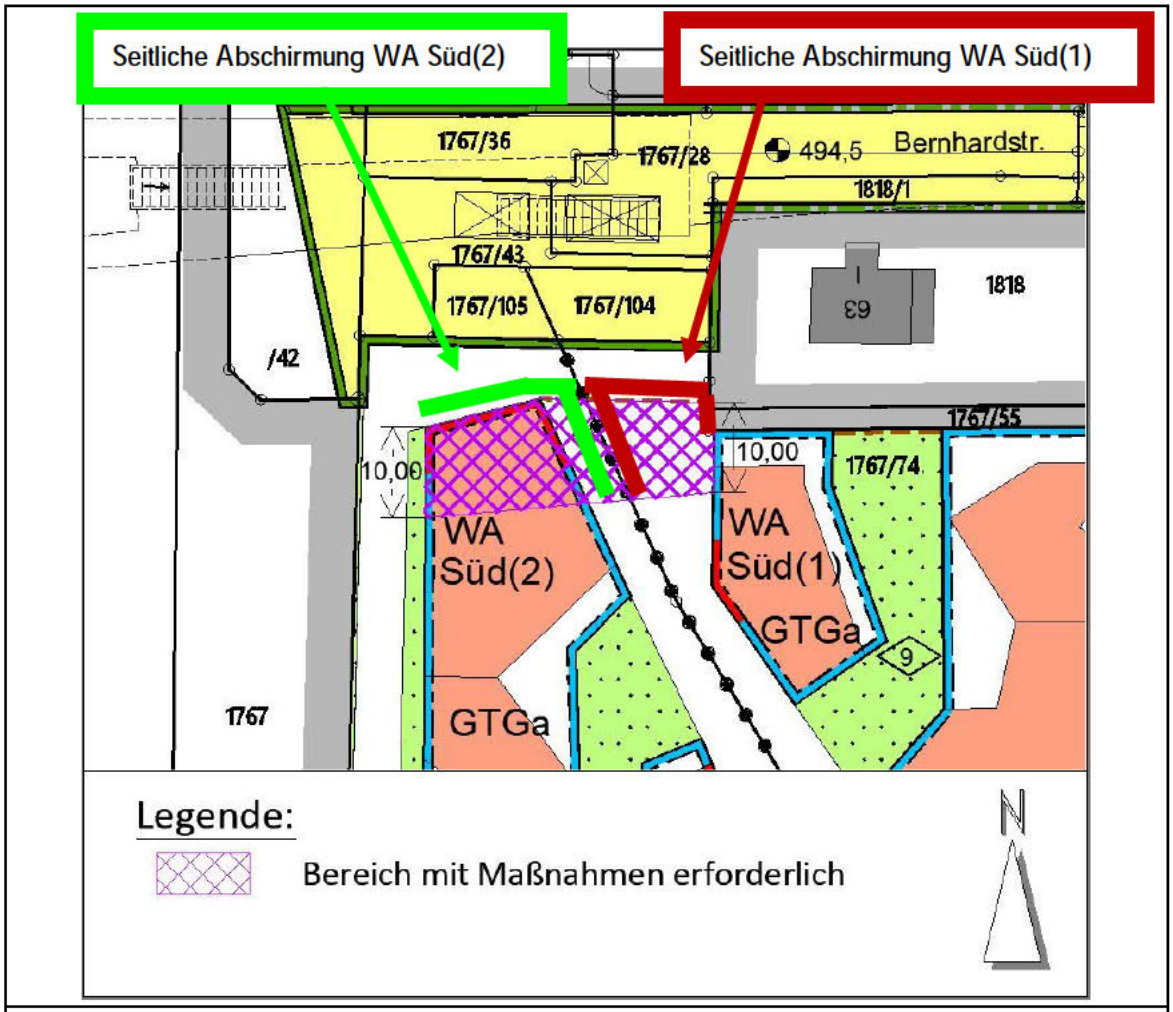


Abbildung 4: Bereich erschütterungsmindernde Maßnahme – Lageplan

Quelle: Entwurf Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2108, Raheinstraße (südlich und westlich), Ratoldstraße (westlich), Lerchenstraße (nördlich), Bahnlinie München-Regensburg (östlich), Maßstab: 1:1000, Dragomir Stadtplanung, Stand: 30.11.2020

Hinweis: Dargestellt (grüne und gelbe Markierung) ist die worst-case-Situation mit den maximalen seitlichen Abschirmungen.

Die konkrete Tiefgaragenplanung ist derzeit noch nicht bekannt. Insbesondere ist auch zu berücksichtigen, dass die Tiefgaragen im WA Süd (1) und WA Süd(2) zeitlich nacheinander errichtet werden, so dass der Erschütterungsschutz auch in diesen Fällen funktionieren muss. Es wird daher ein Bereich definiert, innerhalb dessen der Erschütterungsschutz wie folgt vorzusehen ist:

- entlang der gesamten Nordseite der Tiefgaragen im WA Süd (1) und WA Süd(2),
- entlang der Ostseite der Tiefgarage im WA Süd(2),
- entlang der Westseite der Tiefgarage im WA Süd(1),
- entlang der Ostseite der Tiefgarage im WA Süd(1) bis zur südwestlichen Ecke des Grundstücks mit der Flurnummer 1767/55.

Außerhalb des dargestellten Bereiches, z.B. wenn die Tiefgaragen südlich davon errichtet werden, sind keine Maßnahmen erforderlich.

Es ist darauf zu achten, dass in dem Bereich keine weiteren Schwingungsbrücken entstehen, z.B. durch unterirdische Kanäle, Leitungen o.Ä., bzw. diese so ausgeführt werden, dass keine relevante Schwingungsweiterleitung erfolgt.

Hinweis: Bei Abständen von 70 m zum nächsten Gleis ist es nicht auszuschließen, dass die Bernhardstraße 63 im Falle eines Neubaus in Leichtbauweise bereits heute (ohne Realisierung der Planung Ratoldstraße) die Anforderungen an gesundes Wohnen bzgl. Erschütterungen beachten und ggf. erschütterungsmindernde Maßnahmen (Versteifungen, ggf. elastische Gebäudelagerungen) vorsehen müsste.

8. Formulierungsvorschläge für den Bebauungsplan

8.1 Satzung

(1) In den gemäß Planteil festgesetzten Bereichen in den Allgemeinen Wohngebieten WA Süd(1) und Süd(2) ist die unter Gelände liegende Bebauung zum Schutz vor Erschütterungsübertragungen aus dem angrenzenden Schienenverkehr elastisch gegen das Erdreich und gegenüberliegende Bebauung wie folgt zu entkoppeln:

Innerhalb des im Planteil festgesetzten Bereiches sind an den gesamten, nördlichen unter Gelände liegenden Außenwänden der Baugebiete WA Süd(1) und WA Süd(2) vertikale Lagerebenen von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante einzubauen.

Im Baugebiet WA Süd(2) ist im festgesetzten Bereich darüber hinaus eine vertikale Lagerebene entlang der östlichen unter Gelände liegenden Außenwand von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante vorzusehen.

Im Baugebiet WA Süd(1) ist im festgesetzten Bereich darüber hinaus eine vertikale Lagerebene entlang der westlichen unter Gelände liegenden Außenwand von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante im gesamten festgesetzten Bereich sowie entlang der östlichen unter Gelände liegenden Außenwand von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante von der Nordost-Ecke des festgesetzten Bereiches bis zur südwestlichen Grundstücksgrenze der Flurnummer 1767/55 vorzusehen.

Die vertikale Lagerebene muss von der Oberfläche bis 2 m unter Gelände eine dynamische Steifigkeit < 0,014 N/mm³ und bei mehr als 2 m unter Gelände eine dynamische Steifigkeit < 0,02 N/mm³ aufweisen.

Hinweis: Eine Umsetzungsmöglichkeit ist in der Begründung aufgeführt.

8.2 Begründung

Aufgrund der räumlichen Nähe des Vorhabens zu den Bahngleisen der Bahnstrecken mit den Streckennummern 5500 und 5566 im Bereich der Haltestelle Feldmoching in München wurden mögliche schwingungsinduzierte Auswirkungen auf die Bestandsbebauung in der Bernhardstraße 63 im

Rahmen eines erschütterungstechnischen Gutachtens untersucht (Gutachten der Möhler + Partner Ingenieure AG von Juli 2022).

Es zeigt sich, dass im Bestand und Prognose Nullfall (Bebauungsplan Nr. 2108a ist nicht realisiert; Bestandsbebauung Bernhardstraße 63 weiterhin vorhanden) die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm eingehalten sind bzw. werden.

In der Bestandssituation für die Bernhardstraße 63 (Flst. Nr. 1818) bei Berücksichtigung der künftigen Ausbreitungssituation aufgrund der Planbebauung und zusätzlichen Versiegelung (Prognose Planfall, Bebauungsplan Nr. 2108a) werden die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm ebenfalls eingehalten.

In der Neubausituation für die Bernhardstraße 63 (Flst. Nr. 1818) wurde für den Prognose Planfall unterschieden nach der Art der Bauweise. Im Falle einer konventionellen Bauweise mit Stahlbetondecken werden die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm eingehalten. Im Falle einer Leicht-/Holzbauweise kann nicht zuverlässig ausgeschlossen werden, dass in der künftigen Ausbreitungssituation (Prognose Planfall) die Anforderungen der DIN 4150-2 und TA Lärm überschritten werden. Um deshalb im Falle einer dortigen Leicht-/Holzbauweise negative Auswirkungen zu minimieren, werden daher durch entsprechende Festsetzung Maßnahmen im Bereich des Plangebietes vorgegeben, welche die Einhaltung der Anhaltswerte im Bereich Bernhardstraße 63 (Flst. Nr. 1818) gewährleisten. Dazu erfolgen jeweilige einzelne Festsetzungen für das WA Süd(1) und Süd(2), Damit ist die Einhaltung der Anhaltswerte für das Grundstück Bernhardstraße 63 (Flst. Nr. 1818) sichergestellt, auch wenn die Bebauung nur auf einem der beiden Teilbaugebiete WA Süd(1) oder Süd(2) umgesetzt ist.

Zum Schutz der Nachbarschaft vor erhöhten Erschütterungsübertragungen ist in diesem festgesetzten Bereich die unter Gelände liegende Bebauung im WA Süd(1) auf der gesamten Nordseite sowie auf der Westseite bzgl. der Nordwestecke von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante wirksam zu entkoppeln. Zum Schutz der Nachbarschaft vor erhöhten Erschütterungsübertragungen ist die unter Gelände liegende Bebauung im WA Süd(2) auf der gesamten Nordseite sowie auf der Ostseite bzgl. der Nordostecke von der Oberkante Fundament bis zur Geländeoberkante wirksam zu entkoppeln.

Eine geeignete Entkopplung entsprechend der Festsetzungen wäre im Bauvollzug bspw. durch Elastomerlager des Typs Sylomer SR-28 mit einer Dicke von 37,5 mm oder technisch gleichwertigen Materialen gegeben. Es werden entsprechende Festsetzungen getroffen.

Die seitliche Abschirmung wird in der Regel mit der Keller-/Tiefgaragenaußenwand verklebt und ist durch eine Noppenbahn oder eine Lastverteilungsschicht gegen Durchdringen von Erdreich zu schützen. Ausführungsdetails, insbesondere im Bereich von Leitungsdurchdringungen, Licht-/Lüftungsschächten, dem ebenerdigen Abschluss einer Dämmfuge oder die Bereiche mit Perimeterdämmung, sollten nach Abstimmung mit den Lieferanten des Entkopplungsmaterials konzipiert werden. Es ist darauf zu achten, dass in dem Bereich keine weiteren Schwingungsbrücken entstehen, z.B. durch unterirdische Kanäle, Leitungen o.Ä., bzw. diese so ausgeführt werden, dass keine relevante Schwingungsweiterleitung erfolgt.

Hinweis: Die Planbebauung im WA Süd(2) muss gemäß § 24 Abs. 1 und 2 der Satzung selbst erschütterungsmindernde Maßnahmen gegenüber den Immissionen der Bahnstrecke vorsehen. I.d.R. erfolgt die elastische Gebäudelagerung zwischen Tiefgarage/Keller ohne schutzbedürftige Aufenthaltsräume und Geschossen mit schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen. Für den Fall, dass keine Tiefgarage oder kein Keller im Plangebiet errichtet wird, muss die elastische Gebäudelagerung unter dem Fundament des Plangebietes vorgesehen werden und es ist von einer der festgesetzten, seitlichen Gebäudelagerung vergleichbaren Wirkung auszugehen. Damit ist in beiden Fällen (WA Süd hat eine bzw. haben keine Tiefgarage und/oder Keller) sichergestellt, dass es zu keiner relevanten Verschlechterung für das nicht überplante Grundstück südwestlich der Bernhard-/Ratoldstraße kommt.

Dieses Gutachten umfasst 27 Seiten und 3 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 23. Juli 2022

Möhler + Partner
Ingenieure AG

[redacted] [redacted]

9. Anlagen

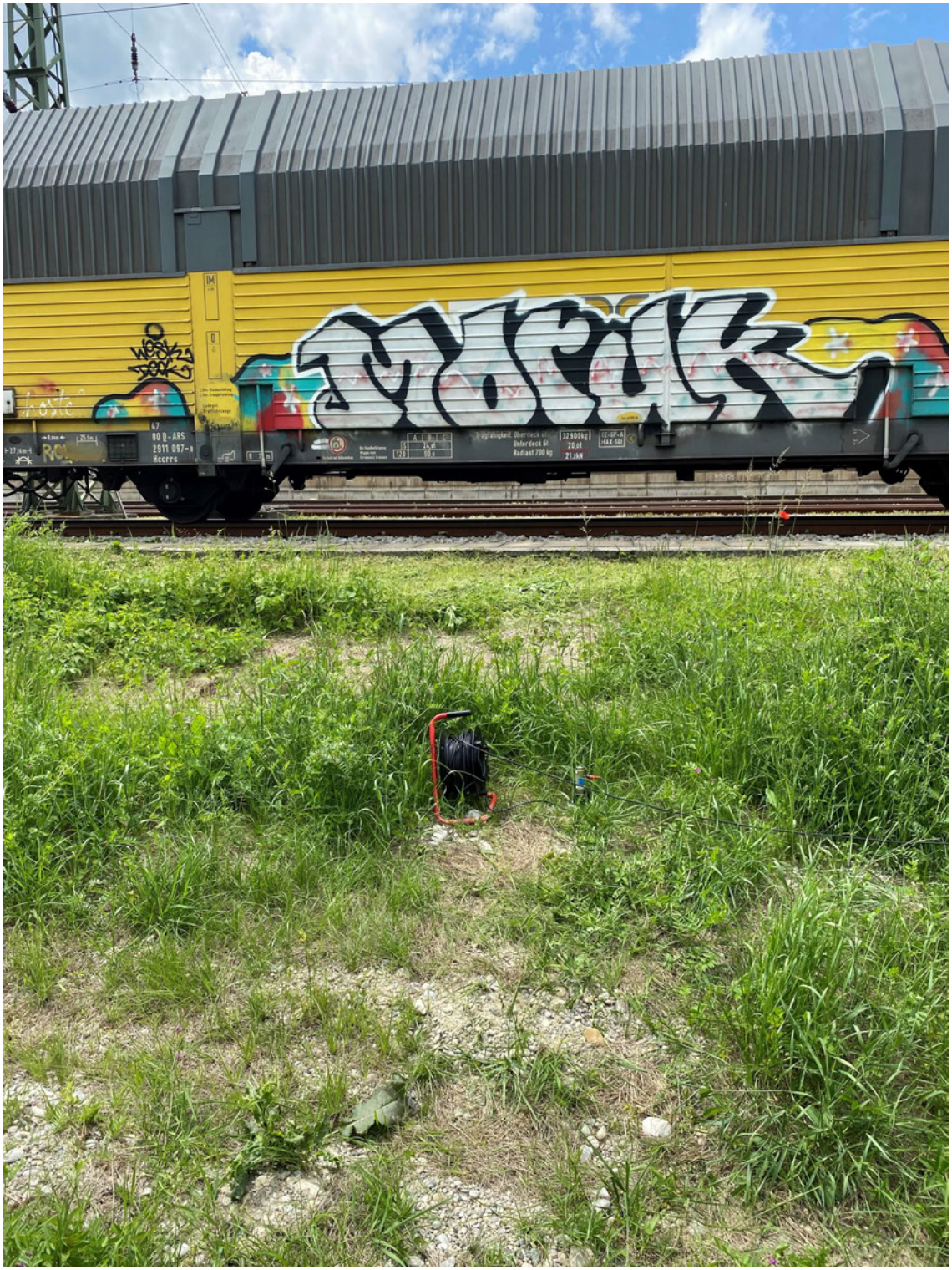
Anlage 1: Fotographische Dokumentation

Anlage 2: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

Anlage 3: Vorschlag Material zur seitlichen Entkopplung [17]

Anlage 1: Fotographische Dokumentation

Messpunkt MP 1



Quelle: eigenes Foto

Messpunkt MP 2

Quelle: eigenes Foto

Messpunkt MP 3

Quelle: eigenes Foto

Messpunkte MP 4 und MP 5

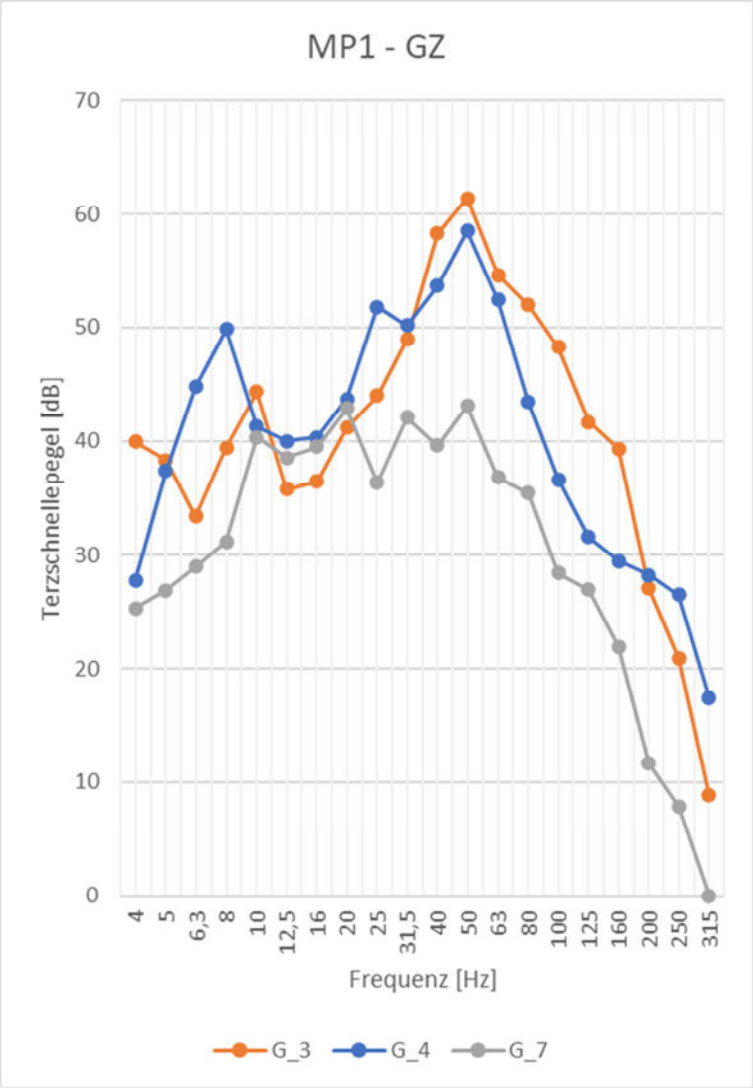
Quelle: eigenes Foto

Sonstiges

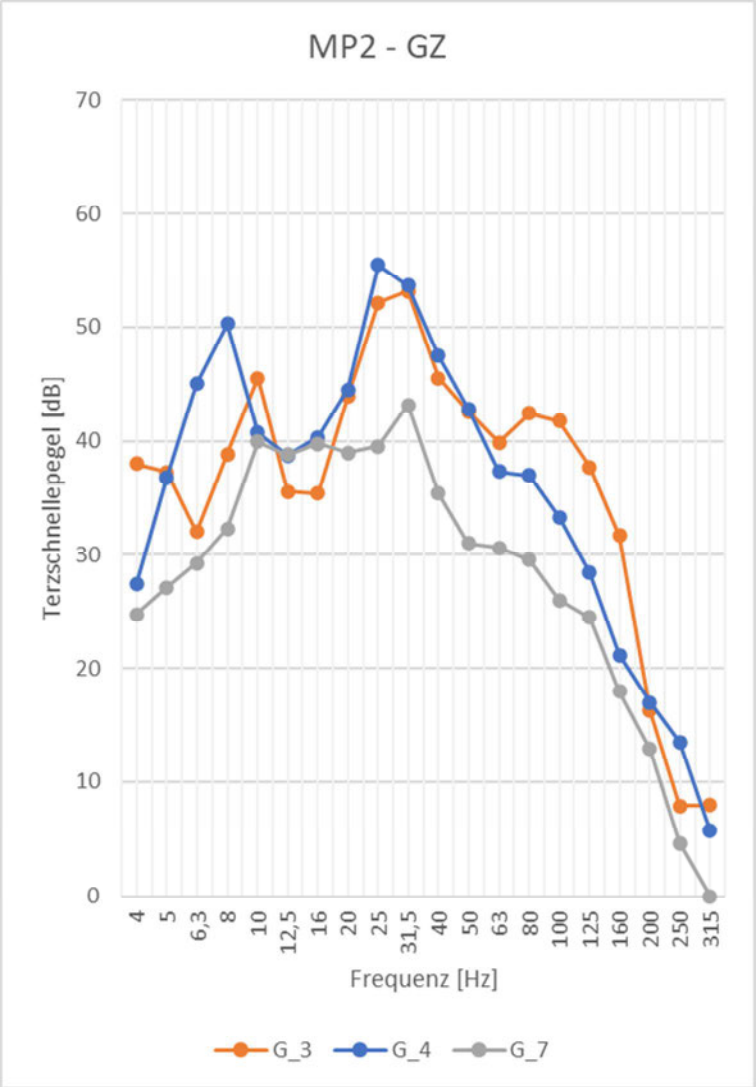
Quelle: eigenes Foto

Anlage 2: Maßgebende mittlere Max-Hold-Terzschnellespektren

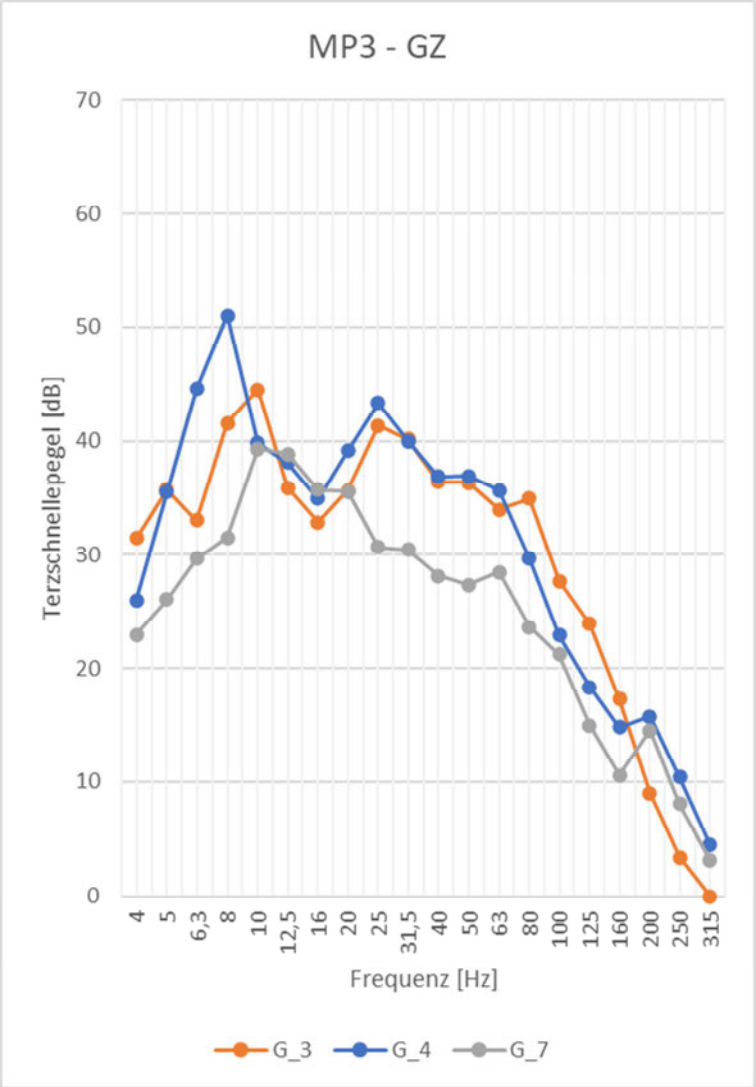
Güterzüge – Messpunkt MP1



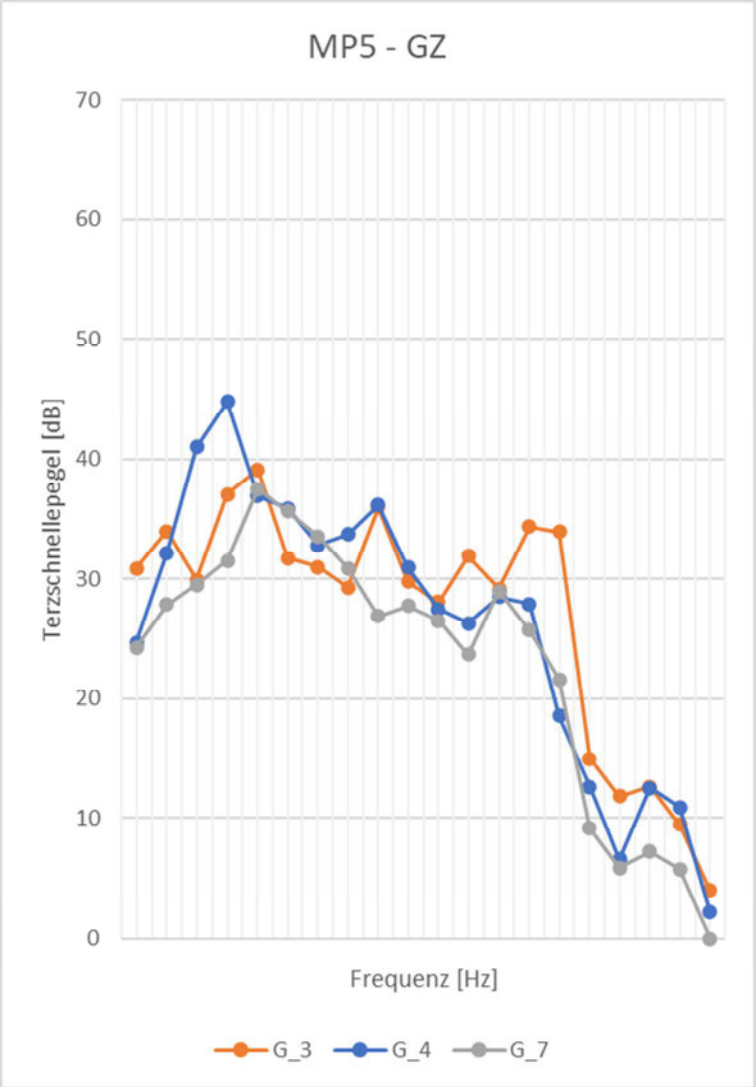
Güterzüge – Messpunkt MP2



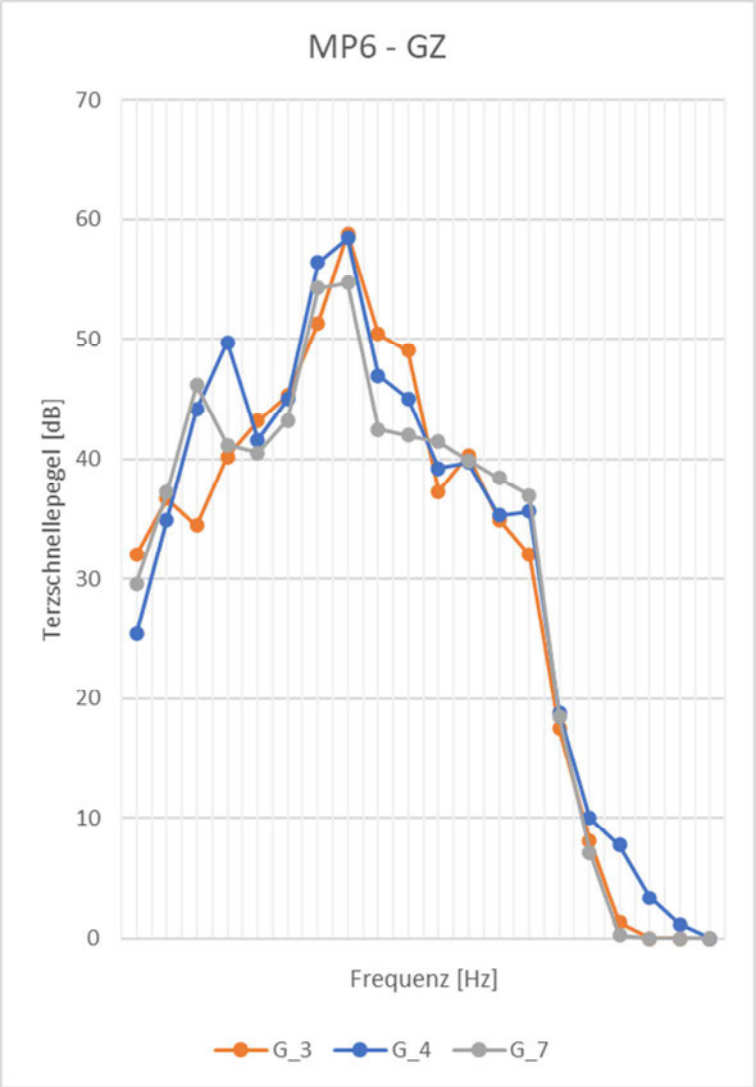
Güterzüge – Messpunkt MP3



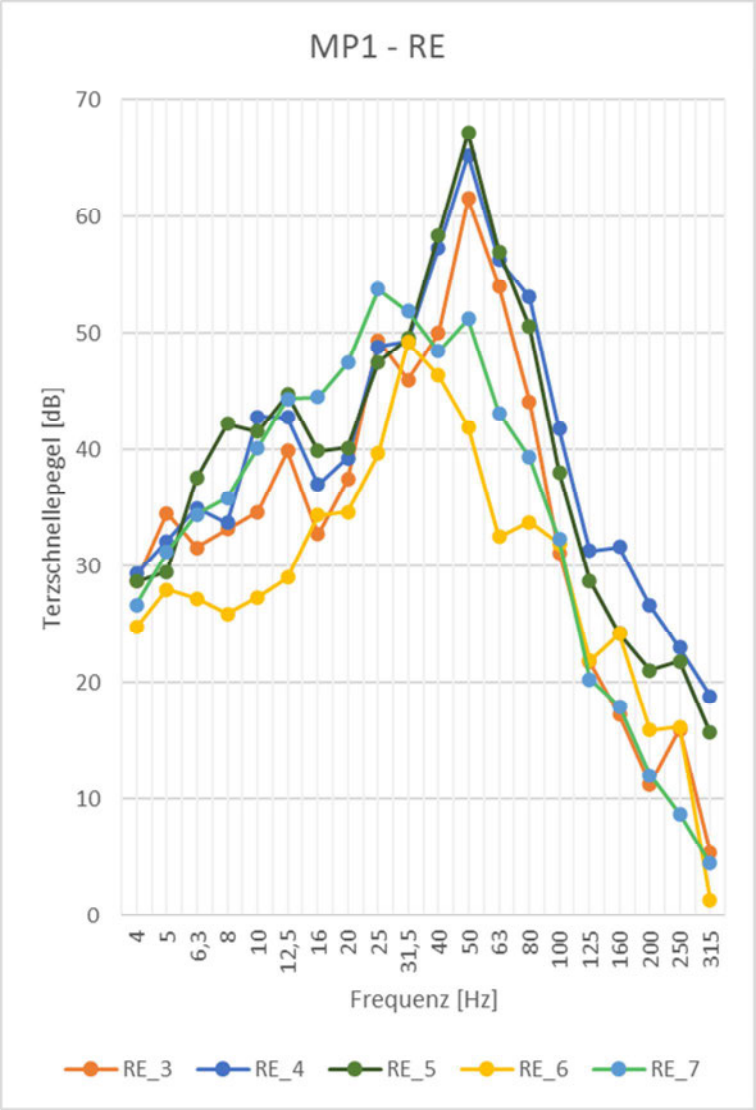
Güterzüge – Messpunkt MP5



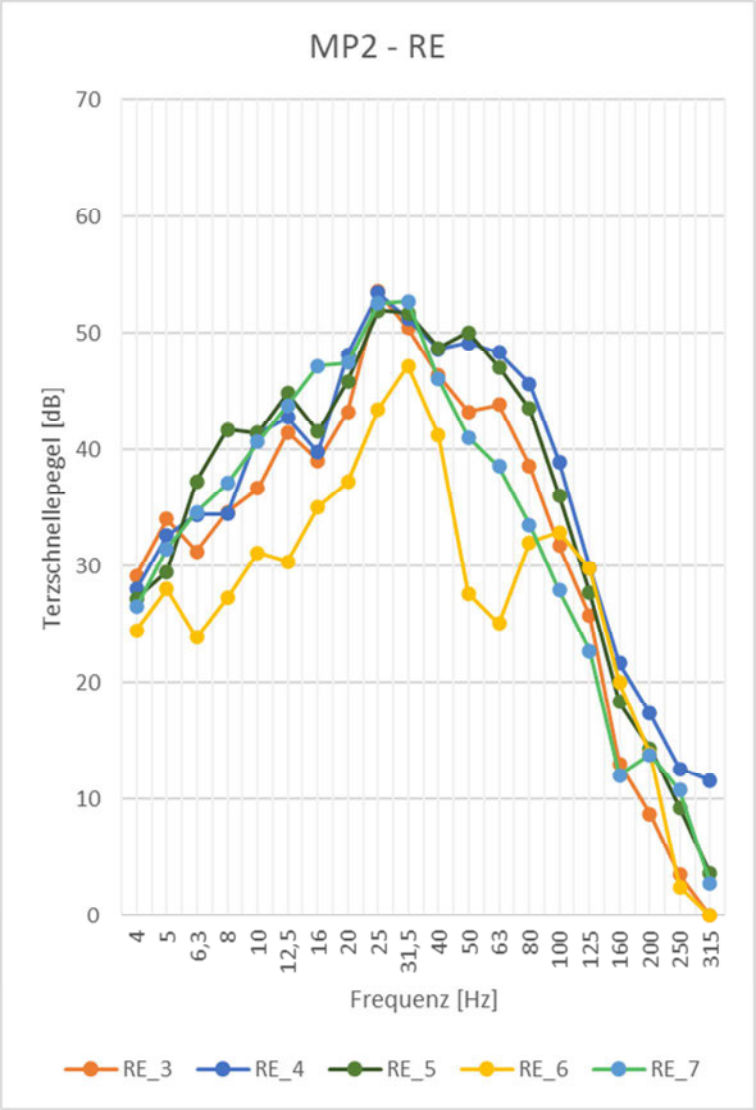
Güterzüge – Messpunkt MP6



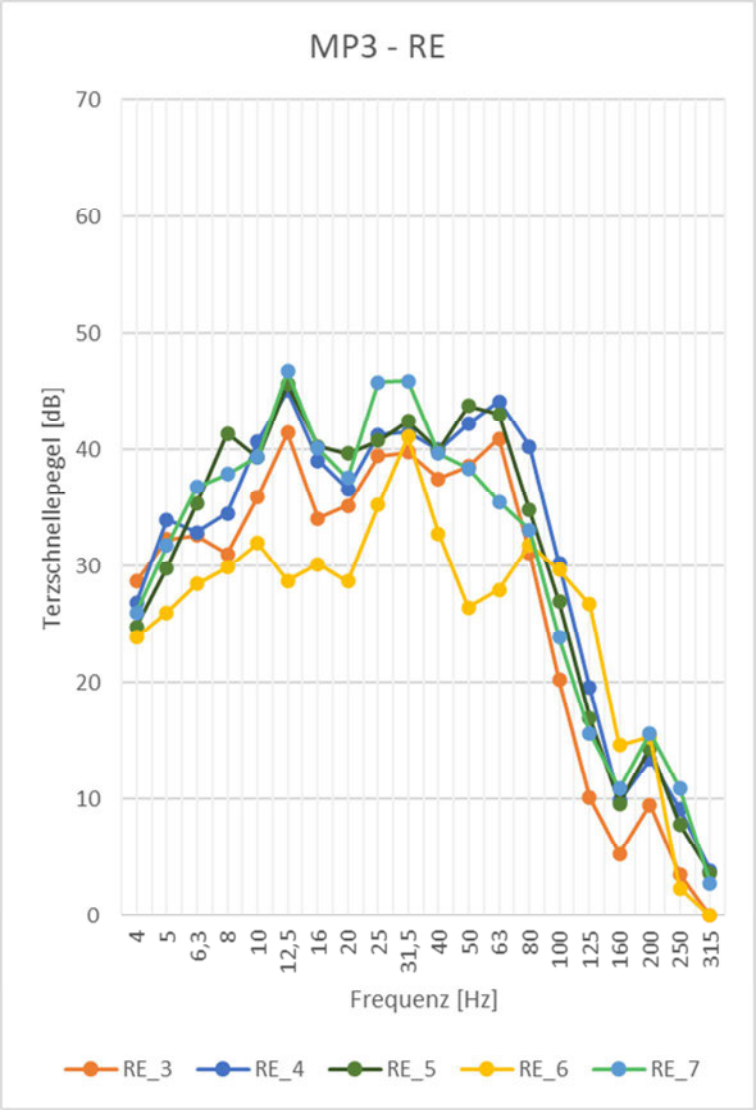
Regionalzüge – Messpunkt MP1



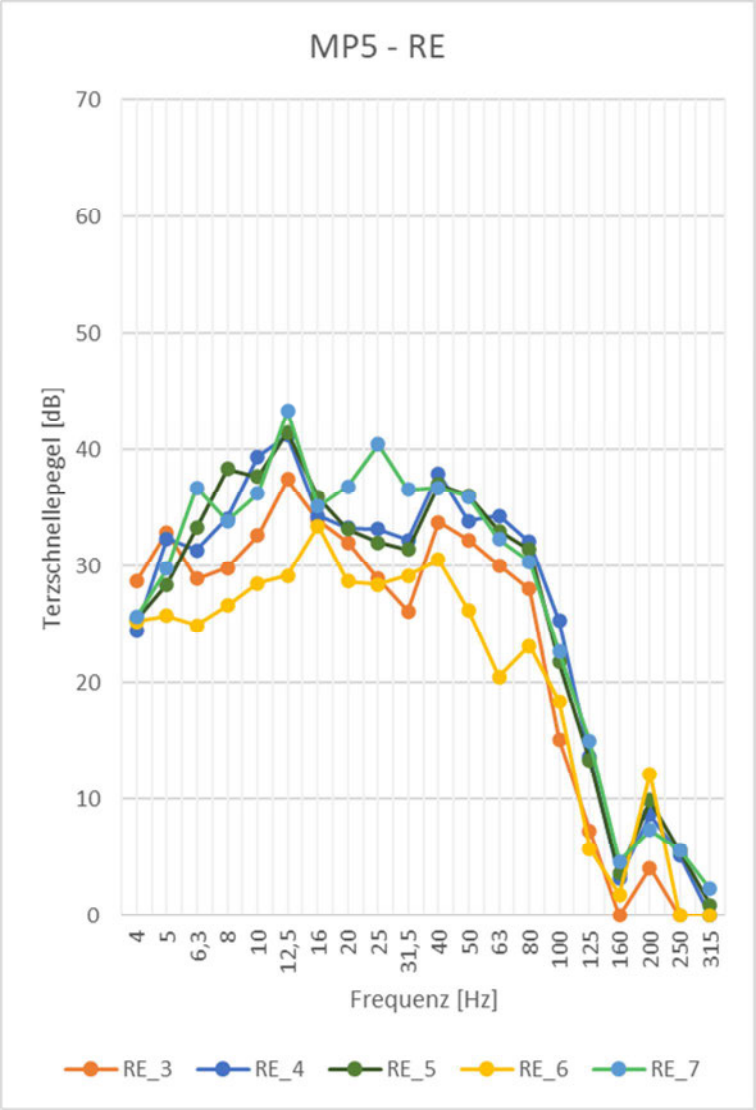
Regionalzüge – Messpunkt MP2



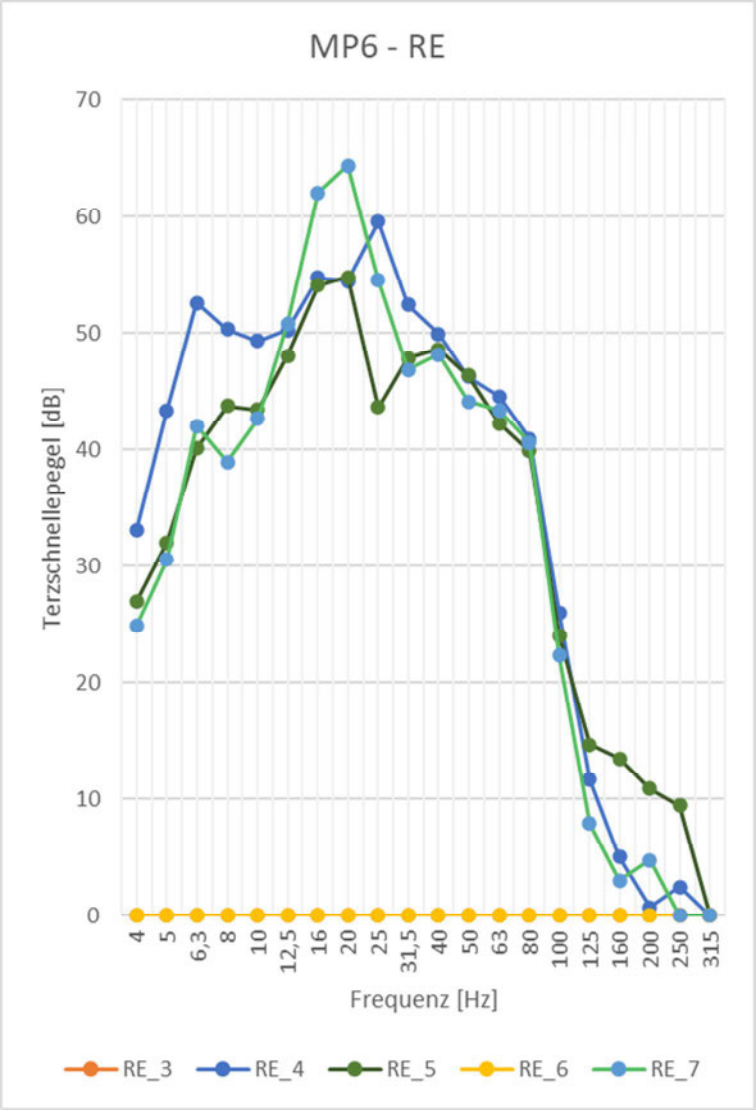
Regionalzüge – Messpunkt MP3



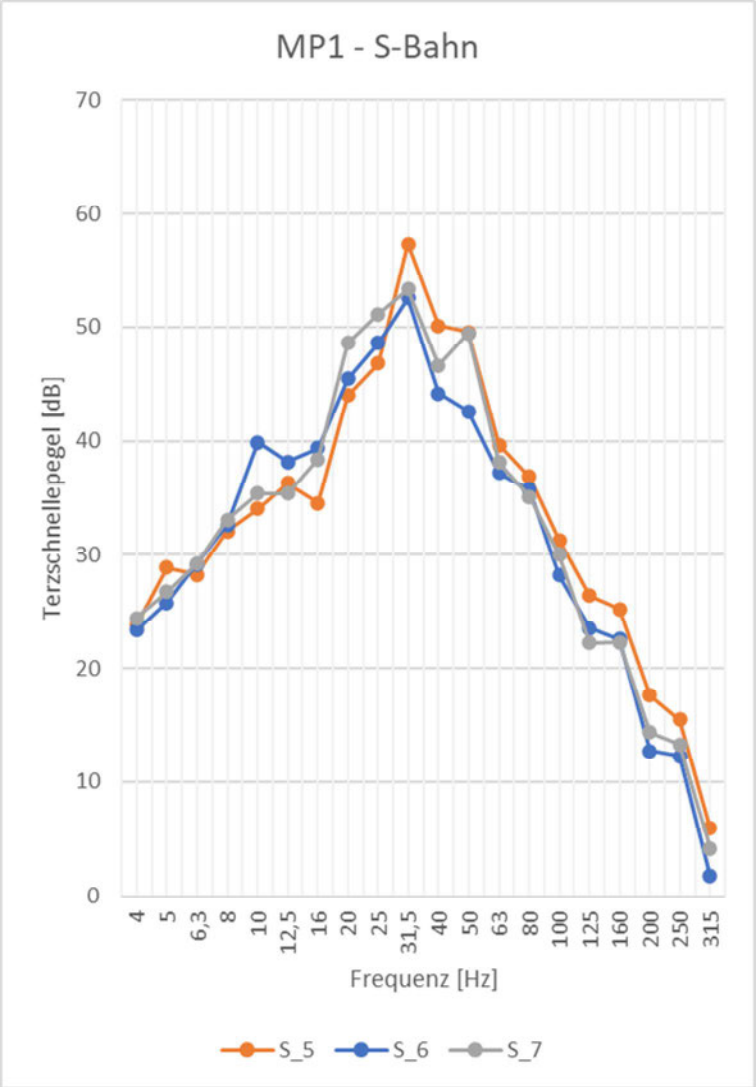
Regionalzüge – Messpunkt MP5



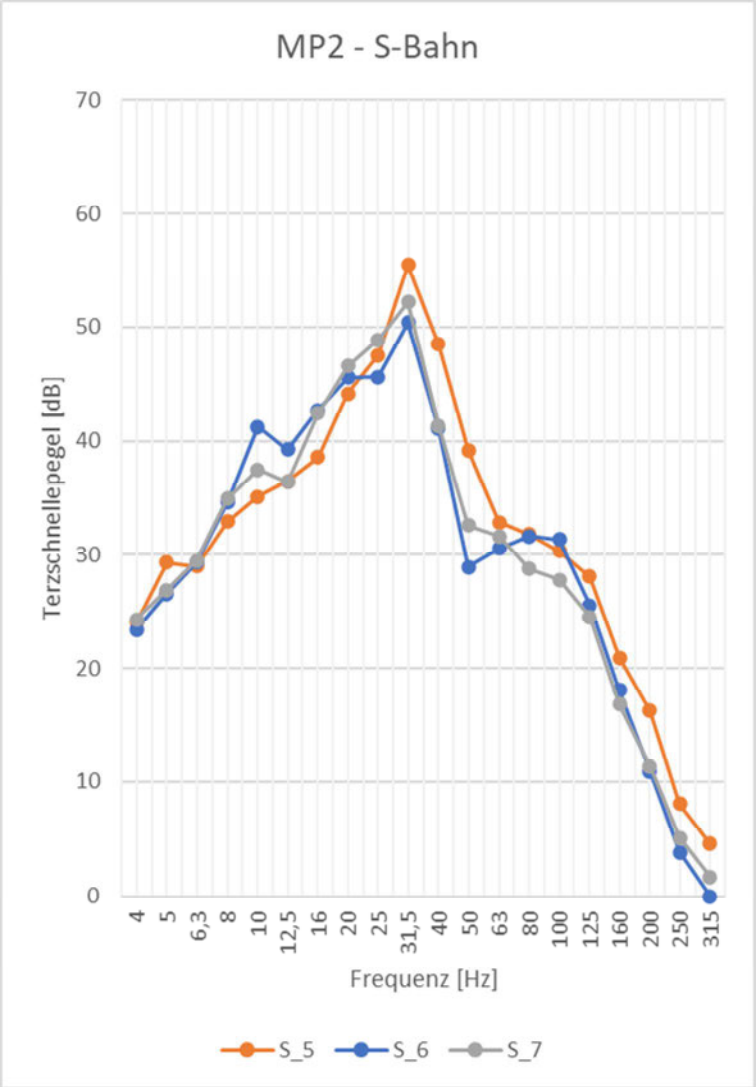
Regionalzüge – Messpunkt MP6



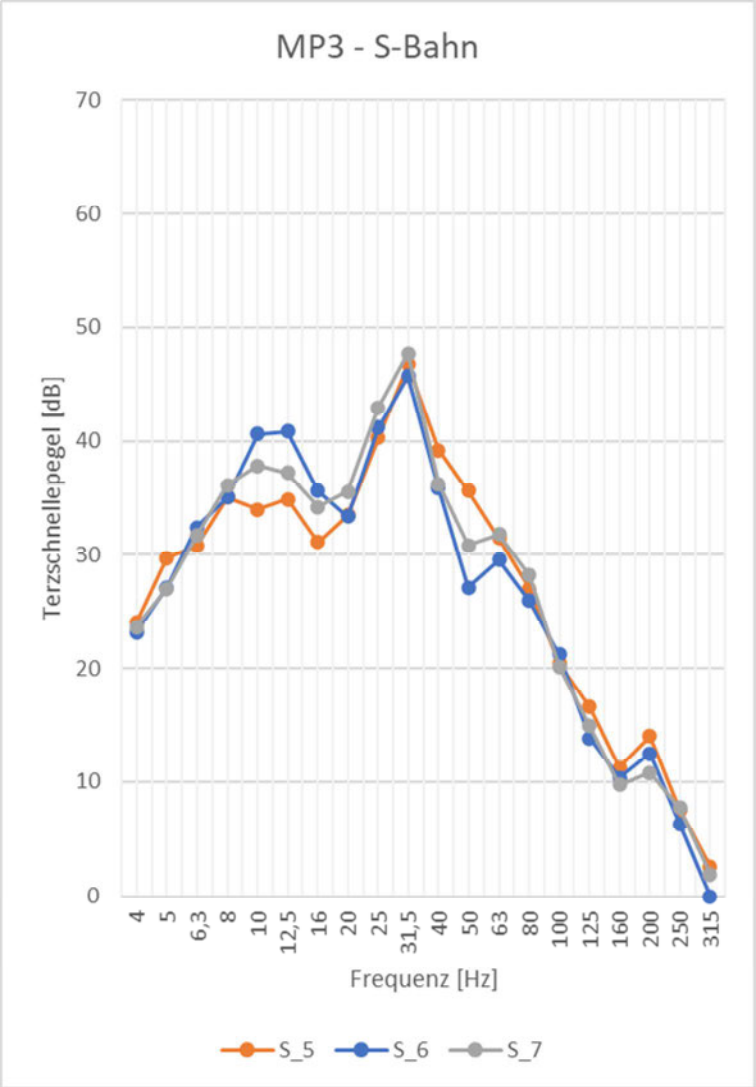
S-Bahnen – Messpunkt MP1



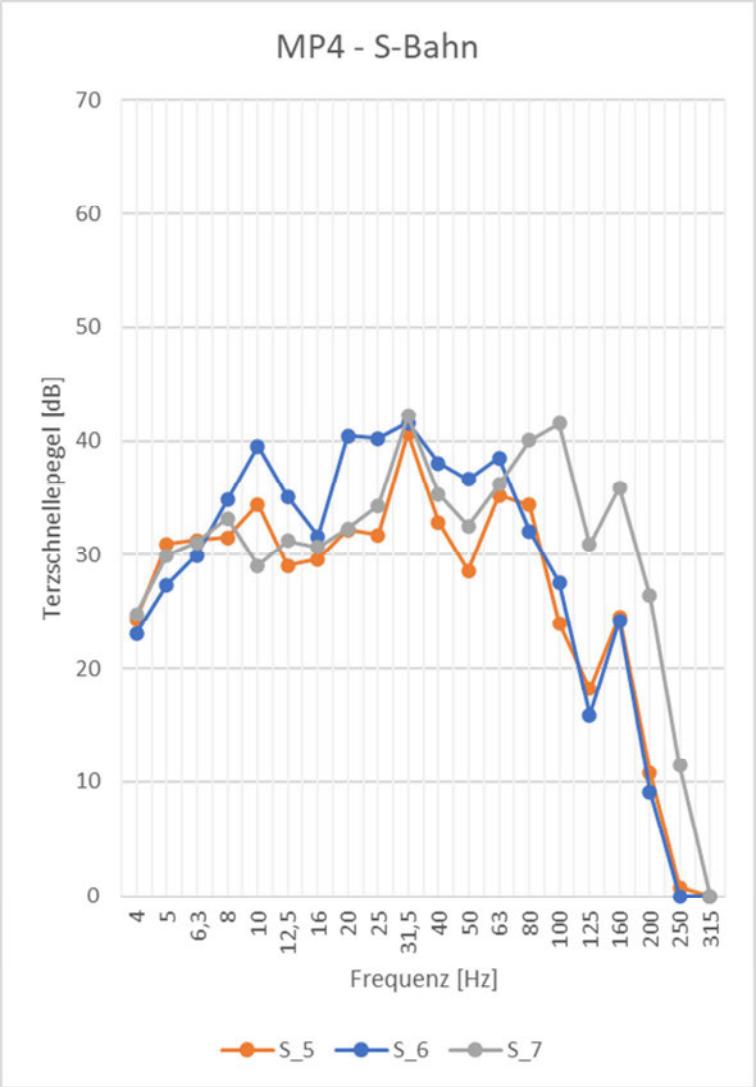
S-Bahnen – Messpunkt MP2



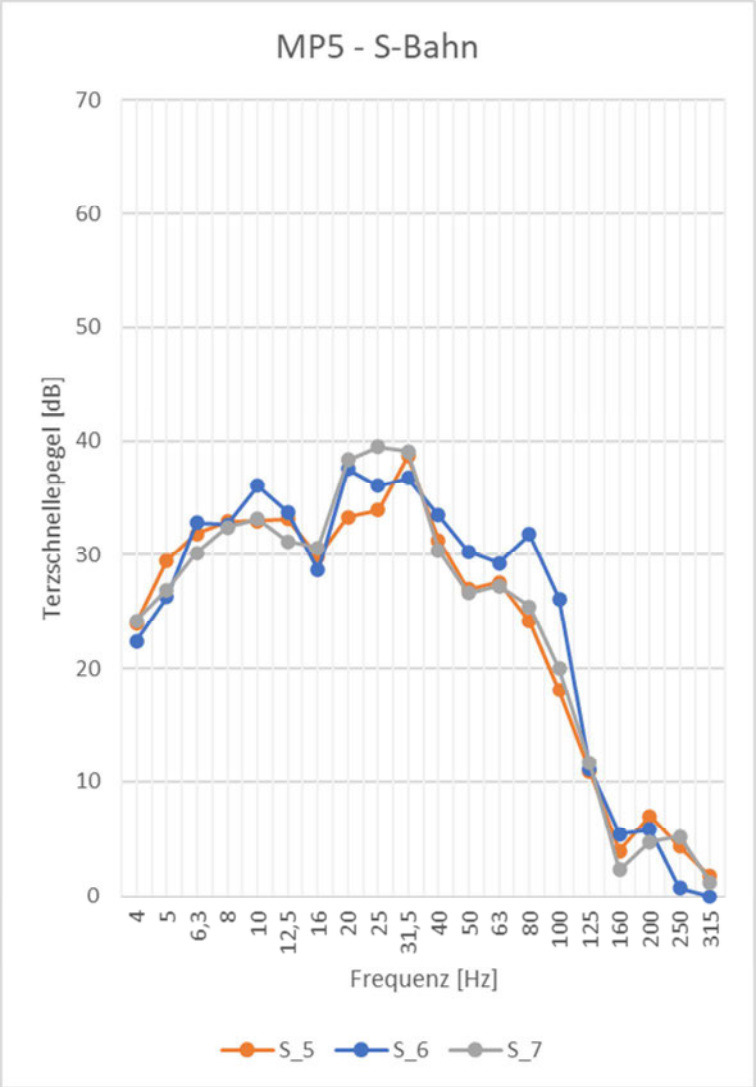
S-Bahnen – Messpunkt MP3



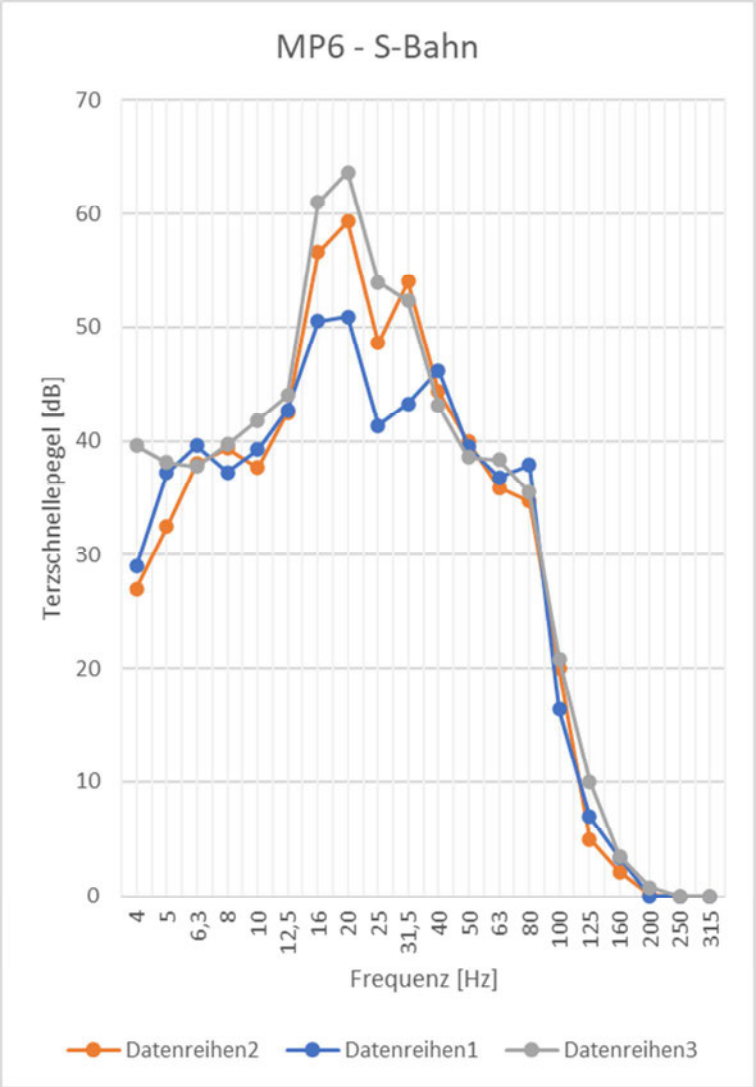
S-Bahnen – Messpunkt MP4



S-Bahnen – Messpunkt MP5



S-Bahnen – Messpunkt MP6



Sylomer® SR 42 SR 42
Datenblatt

by getzner sylomer®

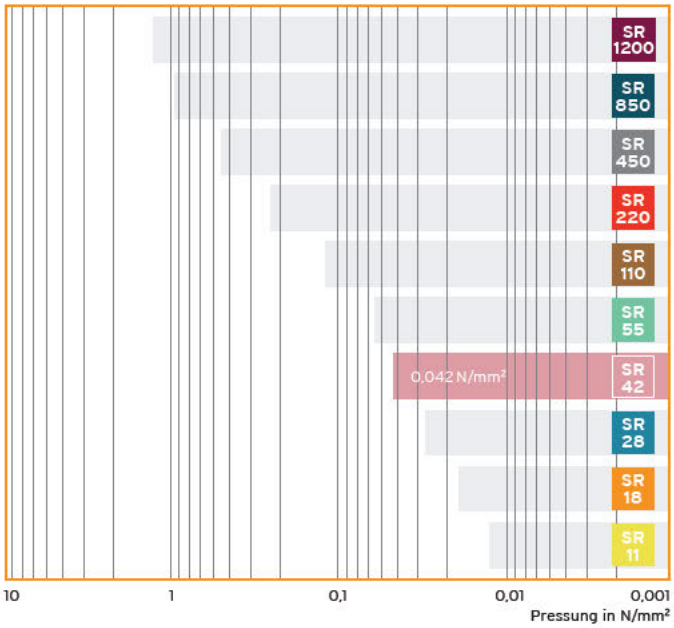
Werkstoff gemischtzelliges PUR-Elastomer (Polyurethan)
Farbe rosa

Standard-Lieferform
Dicke: 12,5 mm / 25 mm
Rolle: 1,5 m breit, 5,0 m lang
Streifen: bis 1,5 m breit, bis 5,0 m lang

Andere Abmessungen sowie Stanzteile und Formteile auf Anfrage.

Einsatzbereich	Druckbelastung	Verformung
	formfaktorabhängig, die angegebenen Werte gelten für Formfaktor q = 3	
Statischer Einsatzbereich (statische Lasten)	bis 0,042 N/mm²	ca. 7 %
Dynamischer Einsatzbereich (statische und dynamische Lasten)	bis 0,057 N/mm²	ca. 20 %
Lastspitzen (seltene, kurzzeitige Lasten)	bis 2,0 N/mm²	ca. 75 %

Sylomer® Typenreihe
Statischer Einsatzbereich



Werkstoffeigenschaften		Prüfverfahren	Anmerkung
Mechanischer Verlustfaktor	0,18	DIN 53513[1]	temperatur-, frequenz-, pressungs- und amplitudenabhängig
Rückprallelastizität	55 %	EN ISO 8307[1]	
Stauchhärte[3]	0,05 N/mm²	EN ISO 844[1]	bei 10 % Stauchung, 3. Belastungszyklus
Druckverformungsrest[2]	< 5 %	EN ISO 1856[1]	50 % Verformung, 23 °C, 72 h, 30 min nach Entlastung
Statischer Elastizitätsmodul[3]	0,22 N/mm²		bei einer Pressung von 0,042 N/mm²
Dynamischer Elastizitätsmodul[3]	0,60 N/mm²	DIN 53513[1]	bei einer Pressung von 0,042 N/mm², 10 Hz
Statischer Schubmodul	0,09 N/mm²	DIN ISO 1827[1]	bei einer Vorspannung von 0,042 N/mm²
Dynamischer Schubmodul	0,17 N/mm²	DIN ISO 1827[1]	bei einer Vorspannung von 0,042 N/mm², 10 Hz
Min. Bruchspannung Zug	0,50 N/mm²	EN ISO 527-3/5/500[1]	
Min. Bruchdehnung Zug	190 %	EN ISO 527-3/5/500[1]	
Abrieb[2]	≤ 1200 mm³	DIN ISO 4649[1]	Last 7,5 N
Reibungskoeffizient (Stahl)	0,5	Getzner Werkstoffe	trocken, Haftreibung
Reibungskoeffizient (Beton)	0,7	Getzner Werkstoffe	trocken, Haftreibung
Spezifischer Durchgangswiderstand	> 10^{10} Ω·cm	DIN EN 62631-3-1[1]	trocken
Wärmeleitfähigkeit	0,055 W/(mK)	DIN EN 12667	
Einsatztemperatur	-30 °C bis 70 °C		kurzzeitig höhere Temperaturen möglich
Brandverhalten	Klasse E	EN ISO 11925-2	normal entflammbar, EN 13501-1

[1] Messung / Auswertung in Anlehnung an die jeweilige Norm
[2] Die Messung erfolgt dichteabhängig mit variierenden Prüfparametern
[3] Werte gelten für Formfaktor q = 3

Alle Angaben und Daten beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Sie können als Rechen- bzw. Richtwerte herangezogen werden, unterliegen produkt- und anwendungsspezifischen Fertigungstoleranzen und stellen keine zugesicherten Eigenschaften dar. Die Werkstoffeigenschaften und deren Toleranzen varriieren je nach Art der Anwendung und Beanspruchung und sind auf Anfrage bei Getzner erhält ich. Änderungen vorbehalten.

Weitere allgemeine Informationen siehe VDI Richtlinie 2062 sowie Glossar.
Weitere Kennwerte auf Anfrage.

www.getzner.com
getzner engineering a quiet future

Sylomer® SR 28 SR 28
Datenblatt

by getzner sylomer®

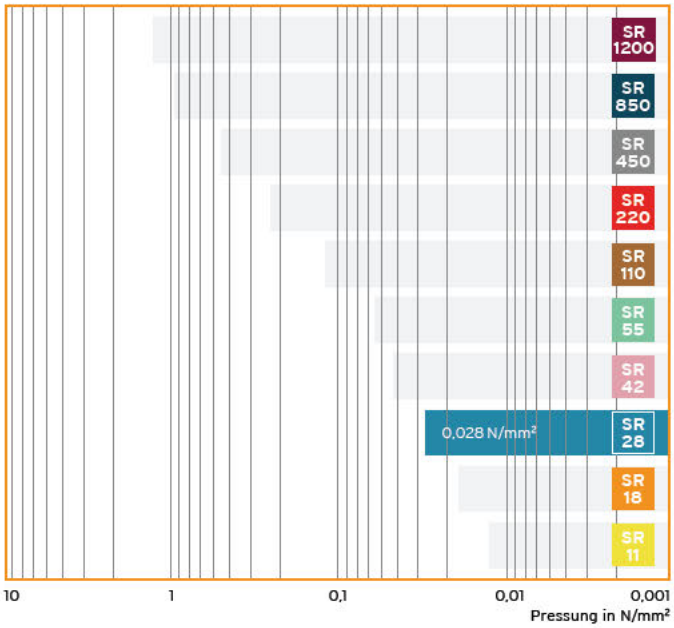
Werkstoff gemischtzelliges PUR-Elastomer (Polyurethan)
Farbe blau

Standard-Lieferform
Dicke: 12,5 mm / 25 mm
Rolle: 1,5 m breit, 5,0 m lang
Streifen: bis 1,5 m breit, bis 5,0 m lang

Andere Abmessungen sowie Stanzteile und Formteile auf Anfrage.

Einsatzbereich	Druckbelastung	Verformung
	formfaktorabhängig, die angegebenen Werte gelten für Formfaktor q = 3	
Statischer Einsatzbereich (statische Lasten)	bis 0,028 N/mm²	ca. 7 %
Dynamischer Einsatzbereich (statische und dynamische Lasten)	bis 0,037 N/mm²	ca. 20 %
Lastspitzen (seltene, kurzzeitige Lasten)	bis 1,0 N/mm²	ca. 75 %

Sylomer® Typenreihe
Statischer Einsatzbereich



Werkstoffeigenschaften		Prüfverfahren	Anmerkung
Mechanischer Verlustfaktor	0,21	DIN 53513[1]	temperatur-, frequenz-, pressungs- und amplitudenabhängig
Rückprallelastizität	45 %	EN ISO 8307[1]	
Stauchhärte[3]	0,03 N/mm²	EN ISO 844[1]	bei 10 % Stauchung, 3. Belastungszyklus
Druckverformungsrest[2]	< 5 %	EN ISO 1856[1]	50 % Verformung, 23 °C, 72 h, 30 min nach Entlastung
Statischer Elastizitätsmodul[3]	0,19 N/mm²		bei einer Pressung von 0,028 N/mm²
Dynamischer Elastizitätsmodul[3]	0,42 N/mm²	DIN 53513[1]	bei einer Pressung von 0,028 N/mm², 10 Hz
Statischer Schubmodul	0,07 N/mm²	DIN ISO 1827[1]	bei einer Vorspannung von 0,028 N/mm²
Dynamischer Schubmodul	0,14 N/mm²	DIN ISO 1827[1]	bei einer Vorspannung von 0,028 N/mm², 10 Hz
Min. Bruchspannung Zug	0,40 N/mm²	EN ISO 527-3/5/500[1]	
Min. Bruchdehnung Zug	200 %	EN ISO 527-3/5/500[1]	
Abrieb[2]	≤ 1300 mm³	DIN ISO 4649[1]	Last 5 N
Reibungskoeffizient (Stahl)	0,5	Getzner Werkstoffe	trocken, Haftreibung
Reibungskoeffizient (Beton)	0,7	Getzner Werkstoffe	trocken, Haftreibung
Spezifischer Durchgangswiderstand	> 10^{10} Ω·cm	DIN EN 62631-3-1[1]	trocken
Wärmeleitfähigkeit	0,05 W/(mK)	DIN EN 12667	
Einsatztemperatur	-30 °C bis 70 °C		kurzzeitig höhere Temperaturen möglich
Brandverhalten	Klasse E	EN ISO 11925-2	normal entflammbar, EN 13501-1

[1] Messung / Auswertung in Anlehnung an die jeweilige Norm
[2] Die Messung erfolgt dichteabhängig mit variierenden Prüfparametern
[3] Werte gelten für Formfaktor q = 3

Alle Angaben und Daten beruhen auf unserem derzeitigen Wissensstand. Sie können als Rechen- bzw. Richtwerte herangezogen werden, unterliegen produkt- und anwendungsspezifischen Fertigungstoleranzen und stellen keine zugesicherten Eigenschaften dar. Die Werkstoffeigenschaften und deren Toleranzen varriieren je nach Art der Anwendung und Beanspruchung und sind auf Anfrage bei Getzner erhält ich. Änderungen vorbehalten.

Weitere allgemeine Informationen siehe VDI Richtlinie 2062 sowie Glossar.
Weitere Kennwerte auf Anfrage.

www.getzner.com
getzner engineering a quiet future