

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
Schwieberdinger Str. 62
70435 Stuttgart

Telefon +49(711)136757 0
Telefax +49(711)136757 9

www.MuellerBBM.com

Dipl.-Ing. Friederike Busch
Telefon +49(711)136757 12
Friederike.Busch@mbbm.com

19. Juli 2023
M119820/07 Version 1 BSF/EZR

Ammertalbahn Elektrifizierung zwischen Herrenberg und Tübingen

**Stellungnahme und Beurteilung
zu den Schwingungsmessungen
in Gültstein und Tübingen durch die
Fa. Henke und Partner**

Bericht Nr. M119820/07

Auftraggeber:

Zweckverband ÖPNV im Ammertal
c/o Postfach 1929
72009 Tübingen

Bearbeitet von:

Dipl.-Ing. Friederike Busch

Berichtsumfang:

12 Seiten

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	5
2 Unterlagen	6
3 Bewertungsgrundlagen	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Erschütterungen	7
4 Kurzbeschreibung der durchgeführten Schwingungsmessungen	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Gültstein, Holunderstraße 35/1	9
4.3 Gültstein, Haselnußweg 9	9
4.4 Tübingen, Schleifmühlenweg 87	10
5 Untersuchungsergebnisse	11
5.1 Vergleich mit Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1]	11
5.2 Vergleich Messungen im Bestand [4] vs. Prognoseberechnungen [5]	11

Zusammenfassung

Nach Erlass des Planfeststellungsbeschlusses für den PFA 3/4 des Moduls 1 der Regionalstadtbahn Neckar-Alb, Elektrifizierung und teilweise zweigleisiger Ausbau der Ammertalbahn, wurden noch vor der Fertigstellung der Ausbaumaßnahmen vom Besteller der Nahverkehrsleistungen, der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg (NVBW), geänderte Zugleistungen bestellt. Hierzu wurde ein Planänderungsverfahren eingeleitet gemäß § 18 AEG i. V. m. § 76 Abs 1 LVwVfG.

In den in der Anhörung eingegangenen Einwendungen wurde insbesondere auf Fehler bei den der schalltechnischen Untersuchung zugrundeliegenden Eingangsparametern hingewiesen. Nach Prüfung dieser Einwendungen hat sich der Vorhabenträger in Abstimmung mit dem Referat 24 des RP Tübingen entschieden, den Antrag vom 15.08.2022 zurückzuziehen und die Eingangsparameter für die Gutachten zu berichtigen. Es ist nun für den Prognose-Nullfall der ursprüngliche Zugtyp RS1 mit den zuletzt tatsächlich gefahrenen Zugzahlen zu berücksichtigen.

Für den Planfall soll weiterhin der Zug-Typ „Alstom Coradia Continental BR 440.0“ mit dem erweiterten Verkehrsprogramm berücksichtigt werden. Da die Achslast des neuen Zugtyps 440.0 gegenüber dem alten RS1 um mehr als 25 % zunimmt, ist diese Zunahme als eine wesentliche Änderung zu betrachten und messtechnisch zu beurteilen. Mit Stand vom 17.04.2023 sind neue Zugzahlen für den Planfall zu berücksichtigen.

Prognoseberechnungen [5] haben gezeigt, dass es nach damaligem Planungsstand in drei Wohngebäuden entlang der Bahnstrecke potenziell zu einer wesentlichen Zunahme der spürbaren Erschütterungen kommen könnte:

- Schleifmühlweg 83 in Tübingen,
- Holunderstr. 35/1 in Gültstein sowie
- Haselnussweg 9 in Gültstein.

Um feststellen zu können, ob eine wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vorliegt, wurden durch die Fa. Henke und Partner GmbH Schwingungsmessungen durchgeführt [4]. Die Bewertung der Erschütterungsimmissionen analog zu den Prognoseberechnungen durch die Müller-BBM Industry Solutions GmbH führt zu folgenden Ergebnissen:

- Aus organisatorischen Gründen wurden die Messungen in Tübingen nicht im Schleifmühlweg 83 durchgeführt, sondern im Schleifmühlweg 87. Es kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund des ähnlich großen Abstandes des Gebäudes zum Gleis und dem zusätzlichen Obergeschoss gegenüber dem ursprünglichen Gebäude die erfassten Erschütterungen nicht niedriger als im Gebäude „Schleifmühlweg 83“ ausfallen.
- Die Bewertung der dokumentierten Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150- 2 [1] infolge der Zugvorbeifahrten über 24 Stunden zeigt, dass in den drei Gebäuden die Anhaltswerte der Norm jeweils eingehalten werden. Damit ist die Beurteilung, ob eine wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vorliegt, hinfällig. Es sind keine weiteren Maßnahmen entsprechend der RiL [3] notwendig.

- Der Vergleich der Prognoseberechnungen mit den Berechnungen der KB-Werte auf Basis der Messungen im Bestand zeigt, dass die Prognose innerhalb der immer zu erwartenden Prognoseunschärfe die KB-Werte überschätzt hat. Dies bestätigt die damals dokumentierte Annahme, dass die Prognoseberechnungen in [5] eine Worst-Case-Betrachtung darstellen.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:



Dipl.-Ing. Friederike Busch

1 Situation und Aufgabenstellung

Nach Erlass des Planfeststellungsbeschlusses für den PFA 3/4 des Moduls 1 der Regionalstadtbahn Neckar-Alb, Elektrifizierung und teilweise zweigleisiger Ausbau der Ammertalbahn, wurden noch vor der Fertigstellung der Ausbaumaßnahmen vom Besteller der Nahverkehrsleistungen, der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg (NVBW), geänderte Zugleistungen bestellt. Hierzu wurde ein Planänderungsverfahren eingeleitet gemäß § 18 AEG i. V. m. § 76 Abs 1 LVwVfG.

In den in der Anhörung eingegangenen Einwendungen wurde insbesondere auf Fehler bei den der schalltechnischen Untersuchung zugrundeliegenden Eingangsparametern hingewiesen. Nach Prüfung dieser Einwendungen hat sich der Vorhabenträger in Abstimmung mit dem Referat 24 des RP Tübingen entschieden, den Antrag vom 15.08.2022 zurückzuziehen und die Eingangsparameter für die Gutachten zu berichtigen. Es ist nun für den Prognose-Nullfall der ursprüngliche Zugtyp RS1 mit den zuletzt tatsächlich gefahrenen Zugzahlen zu berücksichtigen.

Für den Planfall soll weiterhin der Zug-Typ „Alstom Coradia Continental BR 440.0“ mit dem erweiterten Verkehrsprogramm berücksichtigt werden. Da die Achslast des neuen Zugtyps 440.0 gegenüber dem alten RS1 um mehr als 25 % zunimmt, ist diese Zunahme als eine wesentliche Änderung zu betrachten und messtechnisch zu beurteilen. Mit Stand vom 17.04.2023 sind neue Zugzahlen für den Planfall zu berücksichtigen.

Infolgedessen wurden Prognoseberechnungen über die zu erwartenden spürbaren Erschütterungen und sekundären Luftschalleffekten durchgeführt [5]. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abstände „Gebäude-Gleisanlage“, Fahrgeschwindigkeit sowie Nutzungs- und Bauart der Gebäude konnte festgestellt werden, dass unter ungünstigen Randbedingungen (Deckeneigenfrequenzen ≥ 40 Hz, Fahrgeschwindigkeit 70 km/h bzw. 80 km/h, mittlerer Gleisabstand $< 8,9$ m) Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 bei einer gleichzeitigen Zunahme der Erschütterungen um >25 % nicht ausgeschlossen werden konnten. Dies betraf nach damaligem Planungsstand ein Gebäude in Tübingen sowie zwei in Gültstein:

- Schleifmühlweg 83 in Tübingen,
- Holunderstr. 35/1 in Gültstein sowie
- Haselnussweg 9 in Gültstein.

Um feststellen zu können, ob eine wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vorliegt, wurden durch die Fa. Henke und Partner GmbH Schwingungsmessungen durchgeführt, deren Ergebnisse in [4] dokumentiert sind. Müller-BBM wurde beauftragt die Ergebnisse analog zu den bisherigen Prognoseuntersuchungen zu bewerten.

2 Unterlagen

- [1] DIN 4150-2: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. 1999-06.
- [2] 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV).
- [3] Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“, DB Netze AG, 01.01.2017.
- [4] Henke und Partner Bericht SWMATB U01_ver-06 „Untersuchungsbericht Nr. 01 – Ammertalbahn, Elektrifizierung der Strecke zwischen Herrenberg – Tübingen, Erschütterungseinwirkungen auf benachbarte Wohnbebauung, Überprüfung der Erschütterungsprognose durch Messungen“, Henke und Partner GmbH, 18.07.2023.
- [5] Müller-BBM Bericht M119820/06 V3 „Ammertalbahn – Elektrifizierung zwischen Herrenberg und Tübingen, Untersuchungen zur Auswirkung des veränderten Zugbetriebs auf die Erschütterungseinwirkungen benachbarter Wohngebäude“, Müller-BBM Industry Solutions GmbH, 05.06.2023.

3 Bewertungsgrundlagen

3.1 Allgemeines

Die Ammertalbahn ist eine privat betriebene Bahnstrecke mit Anbindung an das Netz der Deutschen Bahn (DB). Ausbau, Sicherheitsstandard etc. sowie die Nutzung entsprechen dem des Personenbeförderungsverkehrs der DB. Die Bewertung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden erfolgt daher in Anlehnung an die Richtlinie RiL 820.2050 der DB Netze AG [3].

3.2 Erschütterungen

Zur Beurteilung der Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden gibt die RiL 820.2050 [3] im Anhang 03 beim Ausbau von bestehenden Schienenverkehrswegen ein zweistufiges Verfahren vor. Dabei sind die Immissionswerte messtechnisch zu ermitteln und anhand der folgenden Kriterien zu bewerten:

1. Überprüfung auf Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [1].

Sind die erschütterungstechnischen Anforderungen (Taktmaximalwert $KB_{Fmax} \leq A_u$ bzw. Taktmaximalwert $KB_{Fmax} > A_u$, aber $KB_{Fmax} \leq A_o$ und Beurteilungsschwingstärke $KB_{FTr} \leq A_r$) eingehalten, sind keine weiteren Beurteilungsschritte erforderlich.

2. Falls Punkt 1 nicht zutrifft: Überprüfung auf wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen.

Erhöhen sich die Erschütterungsimmissionen (KB_{FTr}) um weniger als 25 % gegenüber dem Prognose-Nullfall, liegt keine erhebliche bzw. keine wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vor und die Anforderungen sind eingehalten.

Erhöhen sich die Immissionen im Vergleich zum Prognose-Nullfall um mindestens 25 %, liegt eine erhebliche bzw. wesentliche Zunahme der Erschütterungsimmissionen vor.

Nur wenn die Erschütterungsimmissionen aus dem Schienenverkehr nach dem Bauvorhaben wesentlich zunehmen und gleichzeitig die prognostizierten Erschütterungen die gebietsabhängigen Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [1] übersteigen, sind Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen abzuwägen.

Die Beurteilung nach DIN 4150-2 [1] erfordert einen Vergleich von messtechnisch bestimmten KB -Werten¹ mit den Schwingstärke-Anhaltswerten A aus der Norm. Unterschieden werden dabei der sogenannte Taktmaximalwert KB_{Fmax} und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} . Der KB_{Fmax} -Wert berücksichtigt dabei die maximal zu erwartenden Erschütterungen infolge eines einzelnen Ereignisses (in diesem Fall eine Zugvorbeifahrt). Der KB_{FTr} -Wert beschreibt den auf die Beurteilungszeit (tags 16 Stunden, nachts 8 Stunden) bezogenen Taktmaximal-Effektivwert.

¹ KB: beurteilte Schwingstärke

Die DIN 4150-2 [1] unterscheidet bei der Bewertung der Erschütterungsimmissionen nach Einwirkungsorten sowie der Einwirkungszeit (tags/nachts). Die Anhaltswerte zur Bewertung sind in Tabelle 1 dargestellt. Entlang der Ammertalbahn liegen Gebiete gemäß den Zeilen 1 bis 4.

Tabelle 1. Anhaltswerte *A* für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (DIN 4150-2, Tabelle 1 [1], fett: herangezogene Anhaltswerte).

Zeile	Einwirkungsort	Tag			Nacht		
		<i>A_u</i>	<i>A_o</i>	<i>A_r</i>	<i>A_u</i>	<i>A_o</i>	<i>A_r</i>
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. Krankenhäuser, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung – BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 – 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 – 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen worden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen aus Schienenverkehr gelten folgende Besonderheiten:

- Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTI}).
- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen A_u - und A_r -Werte nach Tabelle 1.
- Bei der Ermittlung von KB_{FTI} wird der Faktor 2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.
- Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert A_o 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_{FTI} zu berücksichtigen.

4 Kurzbeschreibung der durchgeführten Schwingungsmessungen

4.1 Allgemeines

Die Schwingungsmessungen wurden je Gebäude an zwei Standorten (Fundamentbereich und oberste Geschossebene) über eine Dauer von 24 Stunden von dritter Seite (Fa. Henke und Partner) durchgeführt. Die Messungen erfolgten unbeaufsichtigt. Eine Beschreibung liegt vor [4]. Da keine eigenen Messungen stattgefunden haben, werden ausschließlich diese Informationen im Folgenden verwendet.

4.2 Gültstein, Holunderstraße 35/1

Der für die Bewertung maßgebende Messpunkt befand sich im ausgebauten Dachgeschoss in der Deckenmitte des größten Wohnraumes. Eine zweite Messstelle wurde im Fundamentbereich an der Außenwand zur Bahn hin installiert.

Während der Erschütterungsmessungen liefen im ganzen Haus aufgrund eines Wasserschadens Trocknungsgeräte. Laut Henke und Partner hätten diese die Messungen „nicht bzw. nur sehr geringfügig“ beeinflusst [4].

4.3 Gültstein, Haselnußweg 9

Der maßgebende Messpunkt befand sich im ausgebauten Dachgeschoss in der Deckenmitte des größten Wohnraumes. Eine zweite Messstelle wurde im Fundamentbereich an der Außenwand zur Bahn hin installiert.

Es wird angemerkt, dass „wegen der Anwesenheit kleiner Kinder [...] der Schwellwert nicht so niedrig eingestellt werden [konnte], dass die Erschütterungsanregungen der Zugvorbeifahrten auch im DG als Zeitverlauf erfasst werden konnten. Dies war mit den Zeitverläufen, die an der Kellermessstelle aufgezeichnet wurden, ergänzt durch die Kenntnisse der Messungen in der Holunderstraße für die Bewertung nicht von Bedeutung“ [4].

4.4 Tübingen, Schleifmühlenweg 87

Laut den Prognoseberechnungen [5] wurde das Gebäude im Schleifmühlenweg 83 in Tübingen als potenziell betroffen eingestuft. Laut [4] war der kurzfristige Zutritt zu diesem Gebäude nicht möglich, so dass auf das Gebäude „Schleifmühlenweg 87“ ausgewichen wurde. Dieses liegt in einem ähnlichen Abstand zur Bahntrasse und unmittelbar neben einem Bahnübergang. In den Prognoseberechnungen wurde das Gebäude bis jetzt nicht berücksichtigt, da es in den Katasterplänen, die zum Zeitpunkt der Prognose vorlagen, noch nicht eingetragen war.

Die Schwingungsmessungen wurden im 3. OG in der Deckenmitte des größten Wohnraumes durchgeführt. Auch hier wird angemerkt, dass „wegen der Anwesenheit kleiner Kinder [...] der Schwellwert nicht so niedrig eingestellt werden [konnte], dass die Erschütterungsanregungen der Zugvorbeifahrten erfasst werden konnten. Zur Abgrenzung der Erschütterungsanregung durch vorbeifahrende Züge von „hausgemachten“ Erschütterungsanregungen wurde eine 2. Messstelle an der Außenwand zur Bahn hin im Fundamentbereich aufgestellt. Trotz eines sehr niedrigen Schwellwertes konnte nur ein Teil der Zugvorbeifahrten (ca. 84 Stück) mit einer abgespeicherten Messung (17 Stück) erfasst werden“ [4].

Das Gebäude „Schleifmühlweg 87“ weist drei Obergeschosse auf, der Gebäudeteil im „Schleifmühlweg 83“, der der Bahn am nächsten liegt, zwei Obergeschosse. Erfahrungsgemäß fallen spürbare Erschütterungen durch externe Anregungen in den obersten Geschossen höher aus, je mehr Obergeschosse das Gebäude aufweist. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass aufgrund des ähnlich großen Abstandes des Gebäudes zum Gleis und dem zusätzlichen Obergeschoss, in dem die Erschütterungen erfasst wurden, die Amplituden nicht niedriger ausfallen als im Gebäude „Schleifmühlweg 83“.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Vergleich mit Anhaltswerten der DIN 4150-2 [1]

Auf Basis der durchgeführten Schwingungsmessungen wurden durch die Fa. Henke und Partner aus den durch die Zugvorbeifahrten induzierten Erschütterungsimmissionen in den Gebäuden die KB -Werte gemäß DIN 4150-2 [1] berechnet. Sie sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 2. Maximale KB -Werte infolge Zugvorbeifahrten in den Obergeschossen der untersuchten Wohngebäude [4].

	tags (6 – 22 h)		nachts (22 – 6 h)	
	KB_{Fmax} [-]	KB_{FTr} [-]	KB_{Fmax} [-]	KB_{FTr} [-]
Gültstein, Holunderstr. 35/1	0,967	0,099	0,373	0,028
Gültstein, Haselnußweg 9	0,549	0,068	0,305	0,005
Tübingen, Schleifmühlenweg 87	0,873	0,076	0,185	0,013
Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1]	$A_u = 0,225, A_o = 3, A_r = 0,105$		$A_u = 0,150, A_o = 0,6, A_r = 0,075$	

Es kann für alle drei Messpunkte tags und nachts festgestellt werden:

- $KB_{Fmax} > A_u$, aber $< A_o$
- $KB_{FTr} < A_r$

Damit werden die Forderungen der DIN 4150-2 [1] in allen drei Wohnhäusern sowohl für die Tag- als auch für die Nachtzeit eingehalten. Damit sind – auch ohne Überprüfung einer potenziellen Zunahme der Immissionen – keine weiteren Maßnahmen entsprechend der RiL [3] notwendig.

5.2 Vergleich Messungen im Bestand [4] vs. Prognoseberechnungen [5]

Für die Holunderstraße 35/1 liegen Müller-BBM die Zeitrohdaten der Zugvorbeifahrten in der Nachtzeit vor. Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt den Zeitverlauf der Zugvorbeifahrt am 18.04.2023 gegen 22:08 Uhr sowie dessen Frequenzinhalt als Schmalband- und Terzspektrum. Es zeigt eine maßgebliche Anregung bei ca. 33 Hz bzw. im Terzband um 31,5 Hz.

In der Prognose [5] wurde aufgrund der pauschalen Berechnungsmethodik ohne genaue Kenntnis der baulichen Situation der Einfluss von typischen Variationen von Deckeneigenfrequenzen (8 Hz bis 80 Hz) für Holz- und Betondecken berücksichtigt. Die Überschreitungen der Anhaltswerte ergaben sich rechnerisch für Eigenfrequenzen im Bereich ≥ 40 Hz. Als Eingangsdaten wurde auf vorhandene Messdaten des Bahntyps „Alstom Coradia Continental BR 440.0“ an der Bahnstrecke „Augsburg-München“ zurückgegriffen, der jetzt auch auf der Bahnstrecke „Tübingen-Herrenberg“ verkehrt.

Der Vergleich der Prognoseberechnungen mit den Berechnungen der *KB*-Werte auf Basis der Messungen im Bestand zeigt, dass die Prognose die im Gebäude auftretenden *KB*-Werte überschätzt hat. Damit ist die Annahme, dass die Prognoseberechnungen in [5] eine Worst-Case-Betrachtung darstellen, bestätigt. Die Prognose ist damit als konservativ zu bewerten.

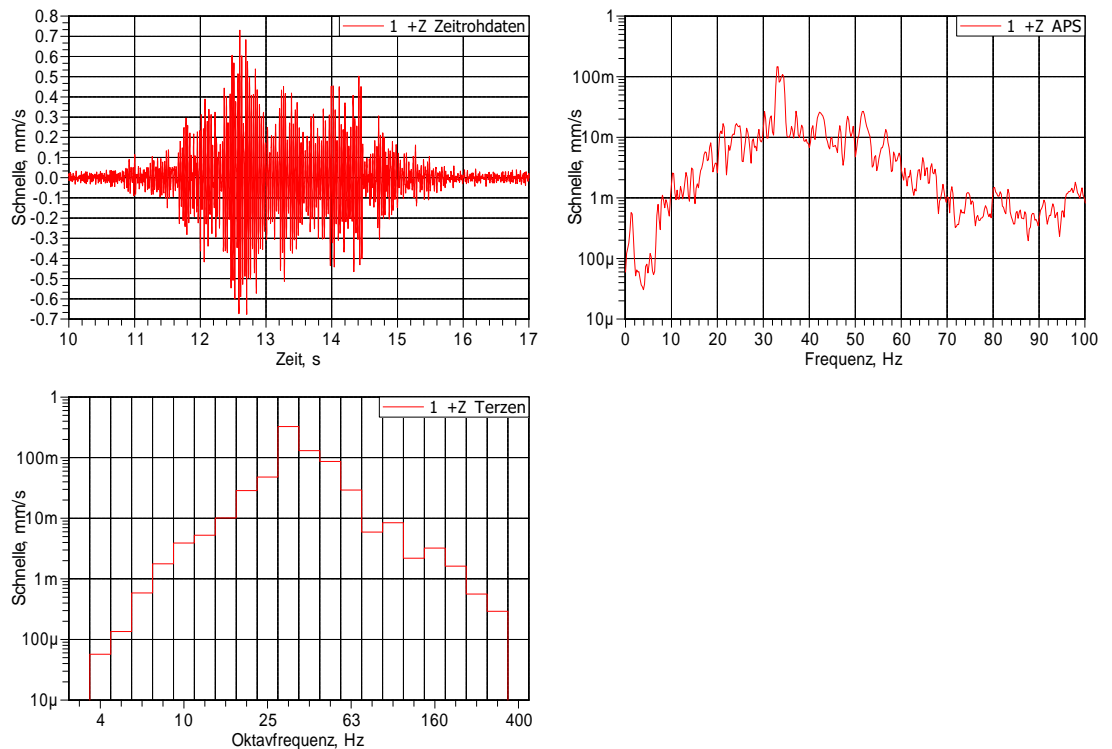


Abbildung 1. Holunderstraße 35/1, Obergeschoss – Zeitverlauf (oben links), Schmalband-spektrum (oben rechts) und Terzspektrum (unten links) der Zugvorbeifahrt am Messpunkt MP1z (vertikal), 18.04.2023, 22:08 Uhr.