



Schwingungstechnik und Erschütterungen im Bauwesen

baudyn.de

Messung
Berechnung
Beratung
Gutachten

Gutachten

Projekt 2022934
Inhalt B-Planverfahren Neugraben-Fischbek 67
Schienenverkehrs-Erschütterungen und sekundärer Luftschall
Dokument 2023-01-03-2022934-N1-2-GA-BAUDYN

Erschütterungstechnische Untersuchung der Schienenverkehrs-Erschütterungen im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden gemäß DIN 4150 Teil 2 im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Neugraben-Fischbek 67 in Hamburg auf Grundlage von Schwingungsmessungen im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber IBA Hamburg GmbH
Am Zollhafen 12
20539 Hamburg

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen
Das Gutachten umfasst 25 Seiten

Datum 03.01.2023

baudyn GmbH

baudyn GmbH
Baudynamik &
Strukturmonitoring

Alsterdorfer Straße 245
D-22297 Hamburg
Fon +49 40 54 80 291-00
Fax +49 40 54 80 291-29

www.baudyn.de

Geschäftsführer

Sitz der Gesellschaft
Hamburg HRB 110933

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis..... | 2 |
| 1 Vorhaben und Veranlassung | 3 |
| 2 Schienen- und Straßenverkehrserschütterungen | 4 |
| 3 Erschütterungstechnische Untersuchungen | 6 |
| 4 Anforderungen | 7 |
| 4.1 Erschütterungen | 7 |
| 4.2 Sekundärer Luftschall..... | 9 |
| 4.3 Nutzung und Anforderungen für das Bauvorhaben | 10 |
| 5 Messungen der Schienenverkehrs-Erschütterungen..... | 11 |
| 6 Prognose der Einwirkung auf Menschen | 14 |
| 6.1 Durchführung | 14 |
| 6.2 Geplante Bebauung | 16 |
| 6.3 Immissionen aus Erschütterung..... | 17 |
| 6.3.1 Gewerbegebiete GE | 18 |
| 6.3.2 Urbane Gebiete MU | 19 |
| 6.3.3 Allgemeine Wohngebiete WA | 20 |
| 6.3.4 Flächen für Gemeinbedarf..... | 21 |
| 6.4 Immissionen aus sekundärem Luftschall..... | 22 |
| 7 Maßnahmen..... | 22 |
| 8 Zusammenfassung | 23 |

1 Vorhaben und Veranlassung

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Neugraben-Fischbek 67 haben wir in Ihrem Auftrag erschütterungstechnische Untersuchungen zur Einwirkung von Schienenverkehrs-Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden vorgenommen.

Die Mess- und Prognoseergebnisse sind in den Anhang 2022-12-13-2022934-N1-1-ME-PE-BAUDYN dokumentiert.

Das Untersuchungsgebiet des Bebauungsplanverfahrens Neugraben-Fischbek 67 befindet sich in Hamburg-Harburg unmittelbar südlich der Bahnstrecke Hamburg-Harburg in Richtung Stade bzw. Cuxhaven und nördlich der B73 sowie zwischen der Landesgrenze Niedersachsen im Westen und der vorhandenen Wohnbebauung im Ohrnsweg und der Schule Ohrnsweg im Osten.

In dem Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67, Stand 02.03.2022, sind Gewerbegebiete, Urbane Gebiete sowie allgemeine Wohngebiete vorgesehen; siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67, Stand 02.03.2022, Ausschnitt mit geplanter Bebauung

Auf der zweigleisigen, mit einer Oberleitung elektrifizierten Bahnstrecken Hamburg-Harburg in Richtung Stade bzw. Cuxhaven, Strecke 1720 Abschnitt Hamburg-Fischbek bis Neu Wulmstorf, verkehren

- S-Bahnzüge zwischen Hamburg-Harburg und Stade,
- Doppelstock-Regionalzüge zwischen Hamburg-Harburg und Cuxhaven,
- Güterzüge zwischen Hamburg-Harburg und Stade bzw. Cuxhaven.

2 Schienen- und Straßenverkehrserschütterungen

Der Schienen- und Straßenverkehr verursacht Lärm und Erschütterungen. Die Verkehrserschütterungen werden über den Boden in die Gebäudefundamente übertragen und von dort über die aufgehenden Wände in Stockwerksdecken eingeleitet. Die Bauteileigenfrequenzen von Decken und Wänden in einem Gebäude befinden

sich grundsätzlich in dem vom Schienen- und Straßenverkehr anregbaren Frequenzbereich.

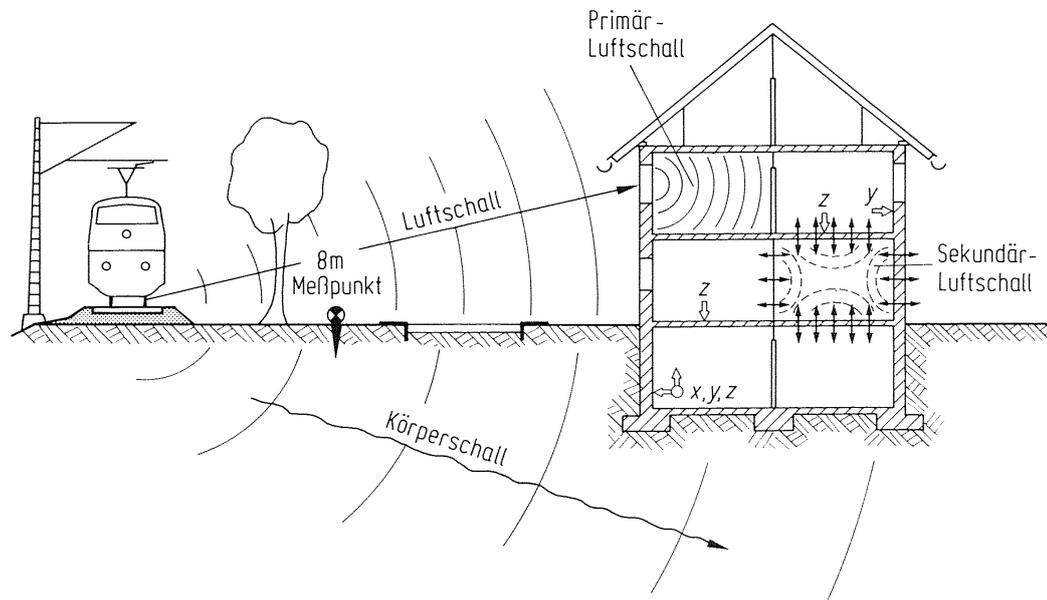


Abbildung 2: Schienenverkehrserschütterungen - Emissionen, Übertragung und Immissionen (Taschenbuch der technischen Akustik)

Im Falle einer Übereinstimmung der Anregungsfrequenzen durch Verkehr und Eigenfrequenzen von Bauteilen wie Decken im Gebäude, einer so genannten Resonanzanregung oder einer resonanznahen Anregung, können auf Menschen oder technische Anlagen störende Deckenschwingungen einwirken. In der vorliegenden Untersuchung werden Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden betrachtet.

Grundlage des Erschütterungsschutzes sind die zur Konkretisierung der Ziele im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sind die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft 2018 beschlossenen „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ bzw. der aktuelle Stand der Normen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“.

Darüber hinaus ist infolge der übertragenen Schienenverkehrserschütterungen grundsätzlich infolge von Bauteilschwingungen abgestrahlter, so genannter strukturinduzierter sekundärer Luftschall als akustische Einwirkung auf den Menschen zu berücksichtigen. In vielen Fällen von unterirdischen Schienenstrecken ist der sekundäre Luftschall gegenüber den Erschütterungen von größerer Bedeutung.

Für Wohnnutzung gelten insbesondere nachts hohe erschütterungstechnische Anforderungen, wobei für Kern- und Mischgebiete sowie Urbane Gebiete geringere Anforderungen gelten als für allgemeine Wohngebiete. Für eine Büro- und Gewerbenutzung sind die tags geltenden, geringeren Anforderungen anzusetzen.

3 Erschütterungstechnische Untersuchungen

In der VDI 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen“ wird der Ablauf einer erschütterungstechnischen bzw. baudynamischen Beratung beschrieben. Die dort genannten Phasen sind in Abhängigkeit der Aufgabenstellung unterschiedlich abgegrenzt und gehen ineinander über.

Anders als in der Statik gibt es in der Baudynamik keine sichere Seite sowie eine große Streuung der dynamischen Parameter und damit eine große Streuung der Ergebnisse von baudynamischen Berechnungen und Prognosen. Aus diesen Gründen ist die baudynamische Beratung ein alle Planungs- und Realisierungsphasen begleitender Prozess. Aufgrund der weitreichenden Konsequenzen von baudynamischen Maßnahmen für die Gebäudekonzeption sind die baudynamischen Erfordernisse möglichst frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen und in enger Abstimmung zu den anderen Planern vorzunehmen.

Im Rahmen der städtebaulichen Entwicklung des Stadtteils Grasbrook handelt es sich bei den erschütterungstechnischen Untersuchungen um eine Bewertung zur Einstufung der Situation und um grundsätzliche Hinweise für Gebäudekonzepte und Maßnahmen. Die maßgeblichen Ergebnisse werden Bebauungsplanverfahren zu dokumentieren und ggf. Festsetzungen zu treffen sein.

Nach Abschluss der städtebaulichen Planungen sind die Anforderungen zum Schutz vor Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall in der individuellen Gebäudeplanung zu konkretisieren und nachzuweisen.

In der Planungsphase für die einzelnen Gebäude sind ggf. Messungen sowie eine Prognose der Erschütterungen mit einem Detailmodell unter Berücksichtigung maßgeblicher Eigenschaften individuell geplanter Gebäude einschließlich Maßnahmen erforderlich. Die Dimensionierung von Maßnahmen wird ebenfalls in dieser Phase vorgenommen und erfordert ein iteratives Vorgehen, um die Maßnahmen und den erforderlichen Aufwand zu optimieren.

In der Ausführungsphase sind für die einzelnen Gebäude die Annahmen und Prognosen während der Gebäudeerstellung durch Kontrollmessungen zu prüfen und ggf. Maßnahmen zu detaillieren oder endgültig festzulegen. Während der Bauphase erfolgt eine gutachterliche Beratung der örtlichen Bauüberwachung. Die baudynamische Begleitung endet mit Abnahmemessungen.

4 Anforderungen

Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall können als störend wahrgenommen werden. Eine störende Wahrnehmung kann nur für den Fall ausgeschlossen werden, dass die Erschütterungen nicht spürbar sind und der sekundäre Luftschall nicht hörbar ist.

4.1 Erschütterungen

Grundlage des Erschütterungsschutzes sind die zur Konkretisierung der Ziele im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sind die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft 2018 beschlossenen „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ bzw. der aktuelle Stand der Normen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“. Im Hinblick auf die Einwirkung von Schienenverkehrserschütterungen ist die DIN 4150 Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ maßgeblich.

Die Anforderungen zum Erschütterungsschutz sind in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1 in Abhängigkeit von der Nutzung des Gebietes, in dem sich die Bebauung befindet, gegeben; siehe Tabelle 1.. Für Wohnbebauung kommt i.d.R. aus der Tabelle 1 der Norm die Zeile 3 für Gebiete mit weder vorwiegend gewerblichen Anlagen noch vorwiegend Wohnungen (Misch- und Kerngebiete, Urbane Gebiete) oder die Zeile 4 für Gebiete mit vorwiegend bzw. ausschließlich Wohnungen (u.a. allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete) in Betracht.

Tabelle 1 DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

| Zeile | Einwirkungsort | Tags | | | Nachts | | |
|-------|--|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | A_u | A_o | A_r | A_u | A_o | A_r |
| 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 (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9). | 0,4 | 6 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,15 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8). | 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 (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5). | 0,2 | 5 | 0,1 | 0,15 | 0,3 | 0,07 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2). | 0,15 | 3 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,05 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, 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 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte ist davon auszugehen, dass keine erheblichen Belästigungen aus der Einwirkung von Erschütterungen vorliegen. Anforderungen für konkrete Komfortziele sind individuell abzustimmen.

Grundsätzlich handelt es bei dem Einwirkungsort um schutzbedürftige Räume, welche für den Schallschutz in der Anlage zur 24. BImSchV, Tabelle 1 Spalte 1, bestimmt¹ sind; siehe Tabelle 2.

¹ „Verfügung zum Umgang mit Erschütterungen und sekundärem Luftschall aus dem Eisenbahnbetrieb in der Planfeststellung“ des Eisenbahn-Bundesamtes vom 31.01.2017

Tabelle 2: Anlage zur 24. BImSchV Tabelle 1

| Tabelle 1 Korrektursummand D in dB zur Berücksichtigung der Raumnutzung | | |
|---|---|--|
| | Raumnutzung | D in dB |
| | 1 | 2 |
| 1 | Räume, die überwiegend zum Schlafen benutzt werden | 27 |
| 2 | Wohnräume | 37 |
| 3 | Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume | 37 |
| 4 | Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume | 42 |
| 5 | Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von DV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind | 47 |
| 6 | Sonstige Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind | entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Nutzung festzusetzen |

Die Anforderungen unterscheiden sich in Abhängigkeit von der Lage des Einwirkungsortes bezüglich der betreffenden Gebietsausweisung zum Beispiel in Bebauungsplänen und sollen sich an der Nutzung und dem Umfeld orientieren. Die Anhaltswerte werden unterschieden für den Tageszeitraum 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr und den Nachtzeitraum 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr, wobei für den Nachtzeitraum besonders hohe Anforderungen und damit entsprechend geringe Werte gelten.

4.2 Sekundärer Luftschall

Im Hinblick auf die Einwirkung von sekundärem Luftschall aus dem Schienenverkehr gibt es keine explizit geltenden Anforderungen. Im Rahmen von Planfeststellungen für neue Bahnstrecken und für Bebauungspläne werden insbesondere Hamburg für den Schienenverkehr des öffentlichen Personennahverkehrs die Immissionsrichtwerte üblicherweise aus der TA-Lärm Abschnitt 6.2 abgeleitet. Die betreffenden Immissionsrichtwerte werden, wie die Anhaltswerte bei den Erschütterungen, in den Tages- und Nachtzeitraum unterschieden.

Die aus der TA-Lärm abgeleiteten Immissionsrichtwerte betragen

- 35 dB(A) tags und
- 25 dB(A) nachts

für den Mittelungspegel.

Für Geräuschspitzen gilt ein Zuschlag von 10 dB, so dass sich Immissionsrichtwerte von

- 45 dB(A) tags und
- 35 dB(A) nachts

für den Maximalpegel ergeben.

Im Rahmen der Planfeststellung von Bahnstrecken¹ werden als Anforderung zum sekundären Luftschall dagegen in Anlehnung an den primären Schienenverkehrslärm gemäß 16. BImSchV in Verbindung mit der 24. BImSchV die in der oben angegebenen Tabelle 2 genannten Korrektursummanden um 3 dB erhöht und als Immissionsrichtwert zum Vergleich mit dem Mittelungspegel herangezogen.

Für Wohnungen ergeben sich für den Mittelungspegel folgende Immissionsrichtwerte:

- 40 dB(A) tags für Wohnräume und
- 30 dB(A) nachts für Schlafräume.

Für eine gewerbliche Nutzung ohne Schlafräume ergeben sich für den Mittelungspegel folgende Immissionsrichtwerte:

- 40 dB(A) für Behandlungs- und Untersuchungsräume in Arztpraxen, Operationsräume, wissenschaftliche Arbeitsräume, Leseräume in Bibliotheken, Unterrichtsräume,
- 45 dB(A) für Konferenz- und Vortragsräume, Büroräume, allgemeine Laborräume und
- 50 dB(A) für Großraumbüros, Schalterräume, Druckerräume von EDV-Anlagen, soweit dort ständige Arbeitsplätze vorhanden sind.

Die angestrebten Immissionsrichtwerte sollten mit dem Fachplaner Akustik abgestimmt werden.

4.3 Nutzung und Anforderungen für das Bauvorhaben

In dem Untersuchungsgebiet sind im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens unterschiedliche Nutzungen zu betrachten. In dem Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-

Fischbek 67, Stand 02.03.2022, sind Gewerbegebiete, Urbane Gebiete sowie allgemeine Wohngebiete vorgesehen.

Im Rahmen dieses Gutachtens sind die für ein gesundes Wohnen und Arbeiten zur Einhaltung der geltenden erschütterungstechnischen Anforderungen die erforderlichen Randbedingungen zu untersuchen.

In Gewerbegebieten GE gelten die Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 2, wobei für die Nutzung mit Gewerbe sowie sozialen Einrichtungen die Anhaltswerte tags einzuhalten sind.

In Flächen für Gemeinbedarf wird empfohlen, die Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 für Misch- und Kerngebiete tags einzuhalten.

In Urbanen Gebieten MU gelten die Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3, wobei für die Nutzung mit Gewerbe sowie sozialen Einrichtungen die Anhaltswerte tags und für die Nutzung in Wohnungen, Apartments oder Hotels zusätzlich die nachts geltenden Anhaltswerte einzuhalten sind.

In allgemeinen Wohngebieten WA Gebieten gelten die Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 4, wobei die tags und nachts geltenden Anhaltswerte einzuhalten sind.

Für den sekundären Luftschall werden die Immissionsrichtwerte üblicherweise aus der 16. BImSchV in Verbindung mit der 24. BImSchV als Mindestanforderungen bzw. aus der TA-Lärm Abschnitt 6.2 abgeleitet. Auch hier gilt, dass für die Nutzung mit Gewerbe sowie sozialen Einrichtungen die Immissionsrichtwerte tags maßgeblich sind, während in Wohnungen, Apartments oder Hotels zusätzlich die nachts geltenden Immissionsrichtwerte zu berücksichtigen sind.

5 Messungen der Schienenverkehrs-Erschütterungen

Die Prognose der Einwirkung von Erschütterungen und sekundären Luftschall erfolgte im vorliegenden Fall ausgehend von Schwingungsmessungen im Untersuchungsgebiet bei Schienenverkehr.

Für das Untersuchungsgebiet lagen zum Zeitpunkt der Schwingungsmessungen keine vollständigen Angaben zu den Bodeneigenschaften vor. Aus der Baugrunderkarte des Geologischen Landesamtes (Abbildung 3) geht hervor, dass im Westen

des Untersuchungsgebietes Talsande und im Osten Torf mit einer Basis von weniger als 2 m von der Oberkante des Geländes anstehen.

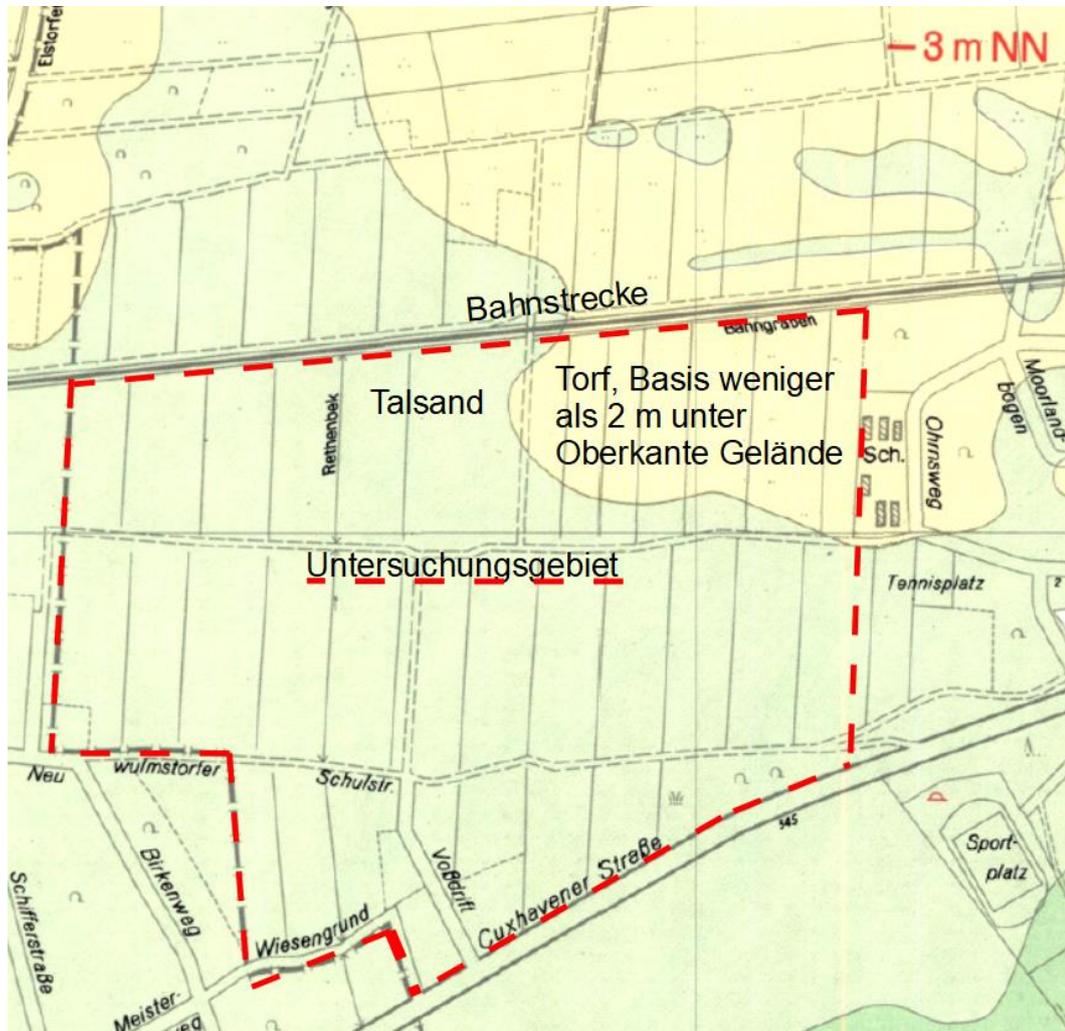


Abbildung 3: Baugrundkarte Hamburg, Ausschnitt Untersuchungsgebiet (Quelle FHH Geologisches Landesamt, Stand 1985)

Die Schwingungsmessungen erfolgen an zwei Tagen mit Messpunkten auf Erdspießen in Gruben unterhalb der Bodendeckschicht. Entlang der Bahnstrecke wurden drei Messpunkte mit einem Abstand von 8 m zur nächsten Gleisachse eingerichtet. Ausgehend von diesen Messpunkten wurde ein Messquerschnitt querab zur Bahnstrecke im Westen und im Osten mit weiteren Messpunkten in 16 m, 32 m und 64 m Abstand zur nächsten Gleisachse eingerichtet.

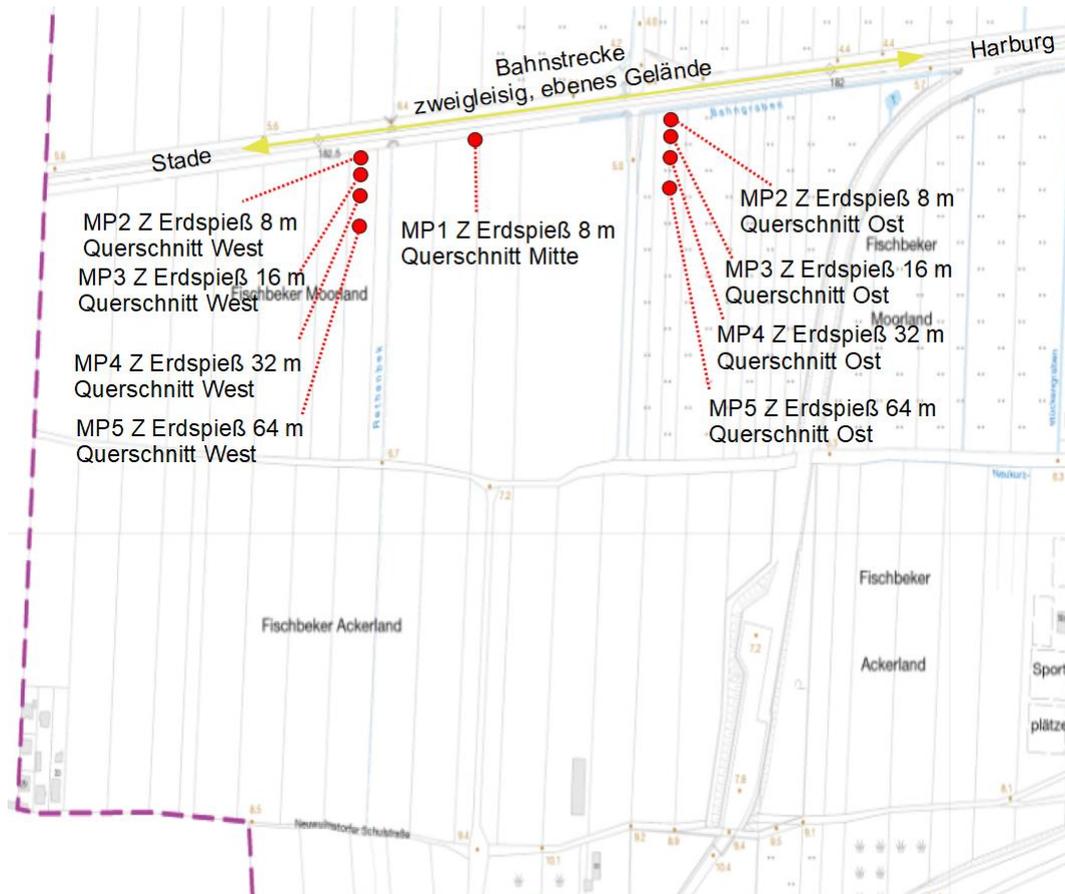


Abbildung 4: Lageplan Messpunkte Schwingungsmessungen

Bezüglich der Baugrundkarte befindet sich Lage der Messpunkte mit dem Profil im Westen sowie dem mittleren Messpunkt im Bereich des Talsande sowie mit dem Profil im Osten bereits in dem mit Torf gekennzeichneten Flächen. Die Baugrundkarte ist als Orientierung zu verstehen und bildet i.d.R. keine tatsächlich existierenden Grenzen ab. Bei den Talsanden ist oberflächennah zunächst von einer geringen Lagerungsdichte auszugehen. Torf stellt eine organische Weichschicht dar, welche i.d.R. nicht tragfähig ist.

Vor Ort konnte etwas weiter östlich von der in der Baugrundkarte eingezeichneten Grenze von dem Talsand zum Torf – also von Westen nach Osten – eine Absenkung im Boden festgestellt werden. Aufgrund des im Bereich der Absenkung Richtung Osten an der Oberfläche anstehenden Wassers konnten dort kleine Messpunkte eingerichtet werden. Ausgehend von dieser Beschreibung könnte sich auch das östliche Profil noch im Bereich der Talsande befinden. Da eine Flachgründung nicht im Torf erfolgt, sondern dort Bodenaustausch oder Pfahlgründungen erforderlich

werden, sind die Schwingungsmessungen in den Talsanden maßgeblich. Die Erdspieße wurden unterhalb der humösen Deckschicht eingerichtet.

In den Schwingungsmessungen traten im Boden auf den Messpunkten in 8 m Abstand von der Gleisachse bei Zugvorbeifahrten sehr breitbandig Erschütterungen mit Frequenzen zwischen knapp 5 Hz bei den Güterzügen und bis knapp 100 Hz bei den Doppelstock-Regionalzügen auf. Mit dem Abstand von der Bahnstrecke verringert sich insbesondere der Anteil von hohen Frequenzen und die tiefen Frequenzen zwischen 5 Hz und etwa 20 Hz dominieren.

6 Prognose der Einwirkung auf Menschen

6.1 Durchführung

Die Prognose erfolgte mit einem spektralen Prognoseverfahren auf Grundlage VDI 3837 „Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen“, VDI 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen“ und der DB Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“.

Ausgehend von den Schwingungsmessungen wurden Prognosen der Immissionen aus Erschütterungen mit einer Parametervariation der Standard-Übertragungsfunktionen Boden-Stockwerksdecke vorgenommen.

Aufgrund der Streuung der, aus Messungen ermittelten bzw. aus Richtlinien bzw. Veröffentlichungen angesetzten mittleren Größen, i.d.R. Terzschnellespektren oder -differenzen, entsprechen die Prognoseergebnisse einer durchschnittlichen Situation mit Mittelwertgrößen (Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$) oder mittleren Maximalwertgrößen (mittlere maximale Bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax,m}$), die in der konkreten Situation nach oben und nach unten abweichen können. Im vorliegenden Fall wurden aus den Langzeit-Referenz-Messungen zuverlässige Abschätzungen für die maximalen Immissionen abgeleitet, so dass die Abweichungen auch vor dem Hintergrund der angesetzten Standard-Übertragungsfunktionen Boden-Stockwerksdecke grundsätzlich als Abschätzung zu hohen Immissionen, d.h. auf der sicheren Seite, bewertet werden.

In der VDI-Richtlinie 2038 Blatt 1 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der

Baudynamik“ werden Angaben zu der für unterschiedliche Randbedingung zu erwartenden Prognoseunsicherheit gemacht.

Für die Schienenverkehrshäufigkeit wurden die Zugzahlen aus der Lärmtechnischen Untersuchung² für den Prognosehorizont 2030 zur Verfügung gestellt und für die Prognose verwendet.

Die Immissionen aus Erschütterungen i.S. von Deckenschwingungen wurden für die mittleren maximalen Einwirkungen, die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} , sowie für die Mittelwerte, die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} , prognostiziert. Für die Beurteilungs-Schwingstärke wurde die o.g. Zugverkehrshäufigkeit angesetzt. In den Anhängen Mess- und Prognoseergebnisse sind die Ergebnisse für die unterschiedlichen Zugverkehrshäufigkeiten tags und nachts angegeben.

Die Prognose wurde unter einer Parametervariation der Deckeneigenfrequenz vorgenommen. Aufgrund der tiefen Anregungsfrequenzen ergeben sich die ungünstigsten Ergebnisse für sehr niedrige Deckeneigenfrequenzen. Aufgrund der ausgeprägten Bodenschichtung mit einer organischen Weichschicht erfolgt eine Ausbreitung der tieffrequenten Erschütterungen in große Abstände.

Die bei den Zugvorbeifahrten festgestellte Fahrgeschwindigkeit lag deutlich unterhalb der planmäßigen Fahrgeschwindigkeit aus den Angaben zur Zugverkehrshäufigkeit:

- S-Bahn: 90 km/h anstelle von 120 km/h,
- Doppelstock-Regionalzüge: 110 km/h anstelle 140 km/h,
- Güterzüge: 90 km/h anstelle von 100 km/h.

Die Prognose wurde mit den aus den Schwingungsmessungen ermittelten Fahrgeschwindigkeiten v_1 sowie für die planmäßigen Fahrgeschwindigkeit aus den Angaben zur Zugverkehrshäufigkeit v_2 vorgenommen. Für die Abhängigkeit der

² Lärmtechnische Untersuchung Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 „Fischbeker Reethen“ Ingenieurbüro Bergann Anhaus GmbH, Stand Aktualisierung November 2021

Schwingungsamplitude als Schnellepegel L_v von der Fahrgeschwindigkeit v wurde die Beziehung^{3, 4, 5}

$$L_{v, v2} = L_{v, v1} + 20 \log (v_2/v_1)$$

verwendet.

Die Prognose mit den ermittelten Fahrgeschwindigkeiten stellt die vor Ort ange-troffene Situation dar und wird im Weiteren zur Bewertung verwendet. Die Prog-nose mit den höheren, planmäßigen Fahrgeschwindigkeiten stellt eine zusätzliche Abschätzung zur sicheren Seite nach oben zu hohen Werten dar. Darüber hinaus wird die Betrachtung im Weiteren auf den Messquerschnitt West konzentriert, weil hier tendenziell für eine Gebäudegründung zutreffendere Verhältnisse vorliegen als in dem Messquerschnitt Osten.

6.2 Geplante Bebauung

In dem Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67, Stand 02.03.2022, sind Gebäude in Gewerbegebieten GE, Urbanen Gebieten MU, allgemeinen Wohnge-bieten WA sowie Gebäude in Flächen für Gemeinbedarf vorgesehen; siehe Abbil-dung 5.

³ „Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs“, Landesumweltamt Nord-rhein-Westfalen, 1995

⁴ „Schwingungsausbreitung an Schienenverkehrswegen“ Ing. Geolog. Inst. Nieder-meyer, LGA Nürnberg, Müller-BBM GmbH, Hrsg. DB, BZA München, 1981

⁵ „Verminderung des Verkehrslärms in Städten und Gemeinden, Teilprogramm Schienenverkehr“ STUVA, Bericht 20, 1986

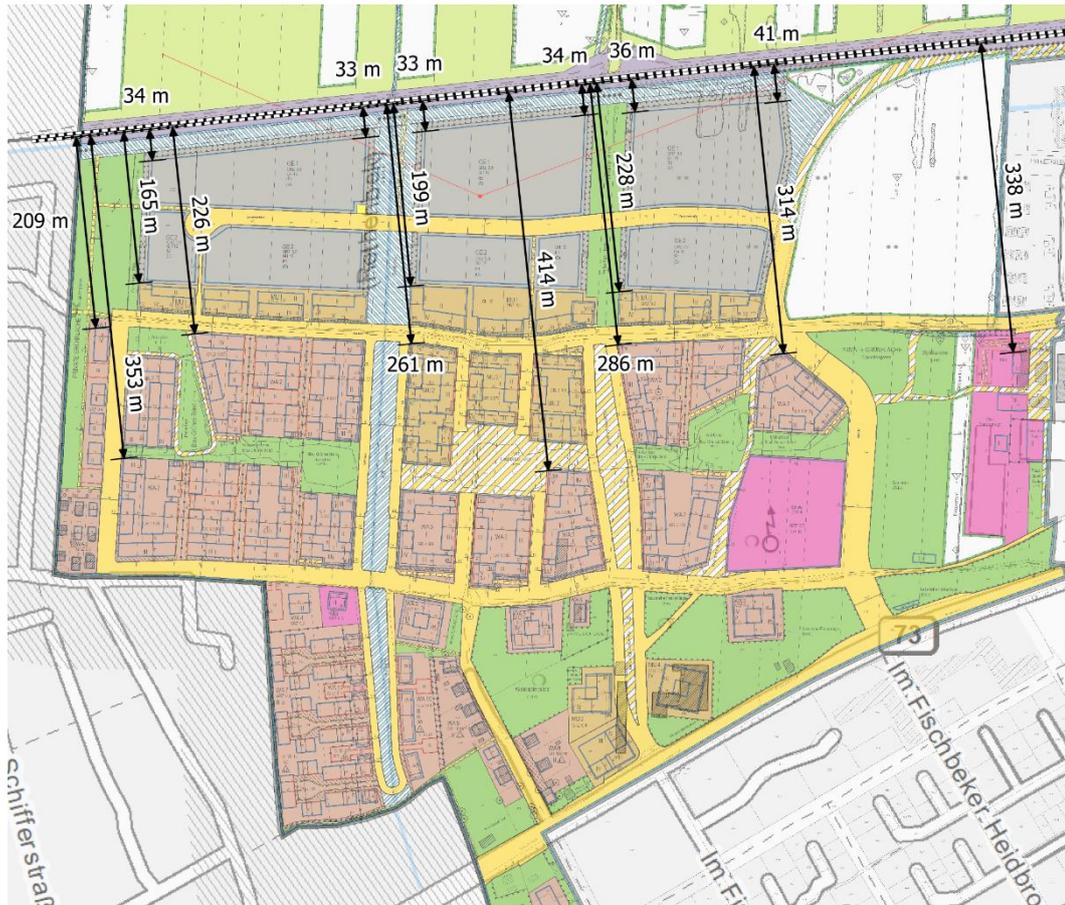


Abbildung 5: Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67 mit Abständen Gebietsausweisungen zur nächstgelegenen Gleisachse, Stand 02.03.2022, grau Gewerbegebiete, ocker Urbane Gebiete, braun allgemeine Wohngebiete, lila Flächen für Gemeinbedarf

Die geringsten Abstände der Gebäude in den vorgesehenen Gebietsausweisungen zur nächstgelegenen Gleisachse sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3: Geringste Abstände Gebäude - Gleisachse

| Gebietsausweisung | geringste Abstände von Gebäuden zur nächstgelegenen Gleisachse |
|---------------------------|--|
| Gewerbegebiet GE | 33 m |
| Urbanes Gebiet MU | 165 m |
| allgemeines Wohngebiet WA | 209 m |
| Flächen für Gemeinbedarf | 338 m |

6.3 Immissionen aus Erschütterung

Die Ausbreitung der Erschütterungen von der Bahnstrecke in den Boden weist im vorliegenden Fall eine geringe Abnahme der Schwingungsamplitude mit dem Abstand auf. Diese geringe Abnahme ist insbesondere bei Bahnstrecken auf einem weichen Boden und niedrigen Frequenzen der Erschütterungen anzutreffen.

Die Ausbreitung von Erschütterungen mit tiefen Frequenzen entspricht im vorliegenden Fall etwa den Angaben in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 1 „Vorermittlung“ Abschnitt „4.2 Ausbreitung“ Gleichung (2) ohne Materialdämpfung mit dem Ausbreitungsparameter $n = 0.3$ für Schienenverkehr zur sicheren Seite. Diese Abnahme der Schwingungsamplitude mit dem Ausbreitungsabstand wurde für die Extrapolation von einem Abstand von 64 m auf die Abstände der Gebäude mit Wohnnutzung in Urbanen Gebieten mit 165 m und in allgemeinen Wohngebieten in 209 m verwendet.

6.3.1 Gewerbegebiete GE

In der geplanten Bebauung in den vorgesehenen Gewerbegebieten mit einem geringsten Abstand von 32 m zur nächstgelegenen Gleisachse sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die geplante Bebauung mit den geringsten Abständen zu nächstgelegenen Gleisachse angegeben.

Unter Berücksichtigung eines Faktor $c_m = 1.5$ gemäß VDI 3837 zur Abschätzung der maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ aus der mittleren maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max,m}}$ handelt sich bei den prognostizierten Deckenschwingungen bereits bei S-Bahn-Vorbeifahrten um gut spürbare Erschütterungen Schwingstärke von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.5$, bei Doppelstockwagen des Regionalverkehrs von bis zu $KB_{F_{max}} = 1.0$ sowie bei Güterzügen von bis zu $KB_{F_{max}} = 1.7$.

Der für die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ (Maximalwertgröße) tags geltende obere Anhaltswert $A_o = 6$ ist so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist.

Die Beurteilungs-Schwingstärke tags beträgt bis zu $KB_{F_{Tr}} = 0.13$, so dass eine Einhaltung des Anhaltswertes $A_r = 0.15$ vorliegt.

Zur Verminderung der Deckenschwingungen lassen sich aus den Prognoseergebnissen im vorliegenden Fall für geringe Abstände von der Bahnstrecke nicht unmittelbar Maßnahmen ableiten. Die Investoren bzw. die Nutzer der Gebäude in den drei Gewerbegebiete mit der Kennzeichnung GE 1 unmittelbar südlich der Bahnstrecke können im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus für die vorgesehene Nutzung und konkreten Gebäudeentwürfen detailliertere Untersuchungen vornehmen lassen, um ggf. individuelle Anforderungen anzustreben.

6.3.2 Urbane Gebiete MU

In der geplanten Bebauung in den vorgesehenen Urbanen Gebieten mit einem geringsten Abstand von 165 m zur nächstgelegenen Gleisachse sind für das Wohnen mit schutzbedürftiger Nutzung nachts die tags und nachts geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die geplante Bebauung mit den geringsten Abständen zu nächstgelegenen Gleisachse angegeben.

Unter Berücksichtigung eines Faktor $c_m = 1.5$ gemäß VDI 3837 zur Abschätzung der maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ aus der mittleren maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max,m}}$ handelt sich bei den prognostizierten Deckenschwingungen um maximale bewertete Schwingstärken bei S-Bahn-Vorbeifahrten von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.10$, bei Doppelstockwagen des Regionalverkehrs von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.17$ sowie bei Güterzügen von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.63$.

Der tags für die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ (Maximalwertgröße) geltende obere Anhaltswert $A_o = 5$ ist so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist.

Der nachts für die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ (Maximalwertgröße) geltende obere Anhaltswert $A_o = 0.3$ wird von den o.g. Prognoseergebnissen überschritten. Diese Überschreitung gilt für ungünstige niedrige Deckeneigenfrequenzen. Eine Einhaltung der Anforderungen ergibt sich für eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenzen mindestens in der 20 Hz-Terz.

Die Beurteilungs-Schwingstärke beträgt bis zu $KB_{F_{Tr}} = 0.033$ tags und $KB_{F_{Tr}} = 0.035$ nachts, so dass eine Einhaltung der Anhaltswerte $A_r = 0.1$ tags und $A_r = 0.07$ vorliegt.

Im Wohnungsbau ist es aufgrund der für den Trittschallschutz - auch unter Berücksichtigung des schwimmenden Estrichs - erforderlichen Mindestdeckendicke in Verbindung mit begrenzten freien Spannweiten mit verhältnismäßigem Aufwand möglich, für Stahlbetondecken Eigenfrequenzen von 20 Hz zu erreichen. Aus der Erfahrung mit modernen Deckenkonstruktionen in Holz- oder Holzhybridbauweise sind dynamisch weiche Eigenschaften mit geringen Eigenfrequenzen, aber keine prinzipiell größeren Überhöhungen in Resonanz festgestellt worden. Für ausreichend hohe Deckeneigenfrequenzen kann es zur Begrenzung der Spannweiten

erforderlich werden, tragende Trennwände anstelle von nicht tragenden, leichten Trennwänden zu verwenden.

Die Einhaltung der Anhaltswerte kann im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus durch die Vermeidung weit gespannter Decken, etwa bei der Anordnung von Küche, Ess- und Wohnzimmer auf einer freien Deckenfläche, gewährleistet werden. Ausreichende hohe Deckeneigenfrequenzen können durch Dynamikberechnungen nachgewiesen werden oder detailliertere erschütterungstechnische Untersuchungen – etwa mit ergänzenden Erschütterungsmessungen – vorgenommen werden.

Die Urbanen Gebiete MU 3 und MU 4 weisen erheblich größere Abstände zur Bahnstrecke auf, so dass sich dort keine Randbedingungen aus den erschütterungstechnischen Untersuchungen ergeben.

6.3.3 Allgemeine Wohngebiete WA

In der geplanten Bebauung in den vorgesehenen allgemeinen Wohngebieten mit einem geringsten Abstand von 209 m zur nächstgelegenen Gleisachse sind für das Wohnen mit schutzbedürftiger Nutzung nachts die tags und nachts geltenden Anhaltswerte einzuhalten. Nachfolgend werden die Ergebnisse für die geplante Bebauung mit den geringsten Abständen zu nächstgelegenen Gleisachse angegeben.

Unter Berücksichtigung eines Faktor $c_m = 1.5$ gemäß VDI 3837 zur Abschätzung der maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ aus der mittleren maximalen bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max,m}}$ handelt sich bei den prognostizierten Deckenschwingungen um maximale bewertete Schwingstärken bei S-Bahn-Vorbeifahrten von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.08$, bei Doppelstockwagen des Regionalverkehrs von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.13$ sowie bei Güterzügen von bis zu $KB_{F_{max}} = 0.51$.

Der tags für die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ (Maximalwertgröße) geltende obere Anhaltswert $A_o = 3$ ist so hoch, dass dieser im vorliegenden Fall nicht für die Beurteilung maßgeblich ist.

Der nachts für die maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ (Maximalwertgröße) geltende obere Anhaltswert $A_o = 0.2$ wird von den o.g. Prognoseergebnissen überschritten. Diese Überschreitung gilt für ungünstige niedrige

Deckeneigenfrequenzen. Eine Einhaltung der Anforderungen ergibt sich für eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenzen mindestens in der 20 Hz-Terz.

Die Beurteilungs-Schwingstärke beträgt bis zu $KB_{FT_r} = 0.025$ tags und $KB_{FT_r} = 0.028$ nachts, so dass eine Einhaltung der Anhaltswerte $A_r = 0.07$ tags und $A_r = 0.05$ vorliegt.

Im Wohnungsbau ist es aufgrund der für den Trittschallschutz - auch unter Berücksichtigung des schwimmenden Estrichs - erforderlichen Mindestdeckendicke in Verbindung mit begrenzten freien Spannweiten mit verhältnismäßigem Aufwand möglich, für Stahlbetondecken Eigenfrequenzen von 20 Hz zu erreichen. Aus der Erfahrung mit modernen Deckenkonstruktionen in Holz- oder Holzhybridbauweise sind dynamisch weiche Eigenschaften mit geringen Eigenfrequenzen, aber keine prinzipiell größeren Überhöhungen in Resonanz festgestellt worden. Für ausreichend hohe Deckeneigenfrequenzen kann es zur Begrenzung der Spannweiten erforderlich werden, tragende Trennwände anstelle von nicht tragenden, leichten Trennwänden zu verwenden.

Die Einhaltung der Anhaltswerte kann im Rahmen der Ausformulierung des Hochbaus durch die Vermeidung weit gespannter Decken, etwa bei der Anordnung von Küche, Ess- und Wohnzimmer auf einer freien Deckenfläche, gewährleistet werden. Ausreichende hohe Deckeneigenfrequenzen können durch Dynamikberechnungen nachgewiesen werden oder detailliertere erschütterungstechnische Untersuchungen – etwa mit ergänzenden Erschütterungsmessungen – vorgenommen werden.

Die allgemeinen Wohngebiete WA 2 südlich der Parkanlage Blau-Grünes Band und WA 3 bis WA 10 weisen erheblich größere Abstände zur Bahnstrecke auf, so dass sich dort keine Randbedingungen aus den erschütterungstechnischen Untersuchungen ergeben.

6.3.4 Flächen für Gemeinbedarf

In der geplanten Bebauung in den vorgesehenen Flächen für Gemeinbedarf mit einem geringsten Abstand von 338 m zur nächstgelegenen Gleisachse sind die tags geltenden Anhaltswerte einzuhalten.

In Flächen für Gemeinbedarf wird die Einhaltung der Anhaltswerte DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Zeile 3 für Misch- und Kerngebiete tags empfohlen.

Diese Anhaltswerte werden bereits in geringeren Abständen ohne bauliche Anforderungen oder Maßnahmen zum Erschütterungsschutz eingehalten.

6.4 Immissionen aus sekundärem Luftschall

Aufgrund der im vorliegenden Fall tiefen Frequenzen der Schienenverkehrserschütterungen ist der prognostizierte sekundäre Luftschall gegenüber den Erschütterungen von ungeordneter Bedeutung.

Es ergibt sich ab einem Abstand von 16 m von dem nächstgelegenen Gleis eine Einhaltung der Immissionsrichtwerte gemäß 16. BImSchV in Verbindung mit der 24. BImSchV und ab 32 m gemäß TA-Lärm.

7 Maßnahmen

Maßnahmen zum Erschütterungsschutz können an der Quelle, dem Übertragungsweg oder beim Empfänger vorgenommen werden.

An der Erschütterungsquelle Bahnstrecke werden seit einigen Jahren so genannte besohlte Schwellen eingesetzt. Bei besohlenen Schwellen wird bereits beim Hersteller eine Matte aus Polyurethan auf die Unterseite der Schwellen geklebt. Die Wirkung besohlter Schwellen ist bei tiefen Frequenzen im Wesentlichen durch eine langfristig bessere Gleislagestabilität und bei höheren Frequenzen i.S. einer elastischen Lagerung gegeben. Bei dem Neueinbau von Schwellen ist der Einsatz der Maßnahme besohlte Schwelle als kostengünstig zu bewerten. Weitere wirksame Maßnahmen an der Bahnstrecke, etwa Stahlbetontröge mit einer Unterschottermatte und Schotteroberbau, sind sehr aufwendig.

Auf dem Übertragungsweg kann die Erschütterungsausbreitung z.B. durch Einbauten im Boden vermindert werden.

Beim Empfänger kann durch eine Verlagerung des Gebäudes in einen größeren Abstand eine Verminderung der Erschütterungseinleitung erreicht werden.

Eine weitere Maßnahme beim Empfänger ist eine elastische Lagerung des Gebäudes auf Polyurethan-Material oder auf Stahlfeder-Dämpfer-Elementen. Die Maßnahme einer elastischen Gebäudelagerung ist sehr aufwendig und aufgrund der

tiefen Anregungsfrequenzen durch den Güterzugverkehr im vorliegenden Fall nicht ohne weiteres zu empfehlen.

Darüber hinaus kann beim Empfänger bei tieffrequenten Erschütterungen, wie im vorliegenden Fall insbesondere durch den Güterzugverkehr, durch eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenz eine resonanznahe Anregung vermieden werden.

Die Wirksamkeit eines Grabens zwischen der Bahnstrecke und der Wohnbebauung ist keine Standardmaßnahme und kann nur in Kenntnis detaillierter Angaben zu den Bodeneigenschaften bewertet bzw. die erforderlichen Dimensionen abgeschätzt werden.

Mit einem Graben wäre es denkbar, die Ausbreitung der Oberflächenwelle in dem weichen, nicht tragfähigen Boden an der Geländeoberkante zu stören und eine Verminderung zu erreichen. Die Erschütterungsausbreitung in dem steiferen, tragfähigen Boden wird durch einen Graben insbesondere bei der Betrachtung größerer Abstände von der Bahnstrecke nur durch große Tiefen maßgeblich beeinflusst werden.

Für einen offenen Schlitz bei einem weichen Boden mit einer Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von 100 m/s und einer dominierenden Anregungsfrequenz von 10 Hz ergibt sich eine erforderliche Schlitztiefe von $t \geq 1.2 \cdot \lambda_R = 1.2 \cdot 100 \text{ m/s} / 10 \text{ Hz} = 12 \text{ m}$, um im Fernfeld eine maßgebliche Verminderung auf unter 40 %⁶ zu erzielen. Zur Verminderung von Erschütterungen mit tieferen Frequenzen würde sich eine geringere Wirksamkeit ergeben oder es wären größere Tiefen erforderlich. Für eine vergleichbare Wirksamkeit im Nahfeld ist eine etwa halb so große Schlitztiefe erforderlich. Im vorliegenden Fall würde es sich allerdings nicht um einen Schlitz, sondern um einen Graben mit einer Böschung handeln und daher von einer geringeren Wirksamkeit auszugehen sein.

8 Zusammenfassung

Die erschütterungstechnischen Untersuchungen mit Schwingungsmessungen im Gelände auf Erdspeissen in Gruben und darauf basierende Prognosen haben sehr weit in das Plangebiet reichende Schienenverkehrs-Erschütterungen bei

⁶ „Woods, R.D.: Screening of Surface Waves in Soils“. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol 94, No. SM4, Seite 951-979

Güterzugverkehr ergeben. Aufgrund der tiefen Anregungsfrequenzen ist der sekundäre Luftschall nicht maßgeblich.

Als Anforderungen sind die Anhaltswerte der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ sowie für den sekundären Luftschall die aus der TA-Lärm Abschnitt 6.2 oder der 16. BImSchV in Verbindung mit der 24. BImSchV abgeleiteten Immissionsrichtwerte maßgeblich. Bei Einhaltung der Anforderungen kann davon ausgegangen werden, dass keine erheblichen Belästigungen vorliegen.

Die Schwingungsmessungen wurden in einer frühen Phase vor einem Bebauungsplan-Entwurf durchgeführt. Die Gewerbegebiete mit geringen Anforderungen wurden unmittelbar südlich der Bahnstrecke angeordnet, während die Urbanen Gebiete und allgemeinen Wohngebiete, mit vor allem in der Nachtzeit höheren Anforderungen, in deutlich größeren Abständen angeordnet wurden. Für diese im Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67, Stand 02.03.2022, geplante Bebauung wurden die gemessenen Erschütterungen in deutlich größere Abstände extrapoliert und für Prognosen von Immissionen verwendet.

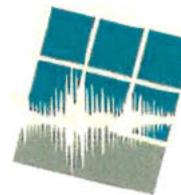
Die Prognosen ergeben für die vorgesehenen Gebietsausweisungen und -nutzungen eine Einhaltung der Anhaltswerte $A_{r, \text{tags}}$ und $A_{r, \text{nachts}}$ (Mittelwertkriterium) sowie des oberen Anhaltswertes $A_{o, \text{tags}}$ (Mittelwertkriterium), während sich eine Einhaltung des nachts bei Wohnnutzung geltenden oberen Anhaltswertes $A_{o, \text{nachts}}$ für ausreichend hohe Deckeneigenfrequenzen in der 20 Hz-Terz ergibt. Ausreichend hohe Deckeneigenfrequenzen können im Wohnungsbau mit moderatem Aufwand und verhältnismäßigen Maßnahmen, wie der Vermeidung weit gespannter Decken und nicht tragenden Wänden, erreicht werden. Alternativ können erschütterungstechnische Untersuchungen mit ergänzenden Schwingungsmessungen in den nach dem Bebauungsplan-Entwurf Neugraben-Fischbek 67, Stand 02.03.2022, für den Wohnbebauung maßgeblichen großen Abständen vorgenommen werden, um zur Einhaltung des oberen Anhaltswertes $A_{o, \text{nachts}}$ ggf. geringere oder keine einzuhaltenen Deckeneigenfrequenzen nachzuweisen.

In den Gewerbegebieten sind geringe erschütterungstechnische Anforderungen einzuhalten, so dass sich zur Einhaltung keine baulichen Anforderungen ergeben. Für die an der Bahnstrecke gelegenen Gewerbegebiete GE 1 können in Abhängigkeit

der konkreten Nutzung und Immissionszielen, etwa für Büros, gesonderte erschütterungstechnische Untersuchungen zur Verringerung der Schienenverkehrs-Erschütterungen vorgenommen werden.

In den nördlich gelegenen Urbanen Gebieten MU 1 und MU 2 und den Wohngebieten WA 1 und WA 2 nördlich der Parkanlage Blau-Grünes Band ergibt sich in den Prognosen mit einer Extrapolation zur sicheren Seite, trotz des großen Abstands von der Bahnstrecke, eine Hochabstimmung der Deckeneigenfrequenzen mindestens in der 20 Hz-Terz. Die südlich gelegenen Urbanen Gebiete und Wohngebiete weisen erheblich größere Abstände zur Bahnstrecke auf, so dass sich keine Randbedingungen aus den erschütterungstechnischen Untersuchungen ergeben.

Die in den Flächen für Gemeinbedarf in sehr großen Abständen zur Bahnstrecke einzuhaltenden geringeren, zur Tageszeit geltenden Anforderungen werden ohne Weiteres eingehalten.



Schwingungstechnik und
Erschütterungen im
Bauwesen

baudyn.de

Messung
Berechnung
Beratung
Gutachten

Mess- und Prognoseergebnisse

Projekt 2022934
Inhalt B-Planverfahren Neugraben-Fischbek 67
Schienenverkehrs-Erschütterungen und sekundärer Luftschall
Dokument 2022-12-15-2022934-N1-1-ME-PE

Erschütterungstechnische Untersuchung der Schienenverkehrs-Erschütterungen
im Hinblick auf die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden gemäß DIN 4150
Teil 2 im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens Neugraben-Fischbek 67 in
Hamburg auf Grundlage von Schwingungsmessungen im Untersuchungsgebiet

Auftraggeber IBA Hamburg GmbH
Am Zollhafen 12
20539 Hamburg

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen

Seitenanzahl 56

Datum 15.12.2022

baudyn GmbH

baudyn GmbH
Baudynamik &
Strukturmonitoring

Alsterdorfer Straße 245
22297 Hamburg
Fon +49 40 54 80 291-00
Fax +49 40 54 80 291-29

www.baudyn.de

Geschäftsführer

Sitz der Gesellschaft
Hamburg HRB 110933

USt-IdNr.: [REDACTED]

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Messobjekt und Messpunkte..... | 5 |
| 1.1 Datenblatt Messobjekt und Erschütterungen..... | 5 |
| 1.2 Lagepläne..... | 6 |
| 1.2.1 Untersuchungsgebiet B-Plan Neugraben-Fischbek 67..... | 6 |
| 1.2.2 Baugrundkarte Hamburg Ausschnitt Untersuchungsgebiet..... | 7 |
| 1.2.3 Lageplan Messpunkte..... | 8 |
| 1.2.4 Entwurf B-Plan NF67 mit Abständen der ausgewiesenen Gebiete zu den Gleisen..... | 9 |
| 1.2.5 Tabelle: Geringste Abstände der Gebäude Gleisachse..... | 10 |
| 1.3 Fotodokumentation..... | 11 |
| 1.3.1 Gebiet Neugraben-Fischbek 67..... | 11 |
| 1.3.2 MP1 Z Erdspieß 8 m Querschnitt Mitte..... | 12 |
| 1.3.3 MP2 Z Erdspieß 8 m Querschnitt West..... | 12 |
| 1.3.4 MP3 Z Erdspieß 16 m Querschnitt West..... | 13 |
| 1.3.5 MP4 Z Erdspieß 32 m Querschnitt West..... | 13 |
| 1.3.6 MP5 Z Erdspieß 64 m Querschnitt West..... | 14 |
| 1.3.7 MP2 Z Erdspieß 8 m Querschnitt Ost..... | 14 |
| 1.3.8 MP3 Z Erdspieß 16 m Querschnitt Ost..... | 15 |
| 1.3.9 MP4 Z Erdspieß 32 m Querschnitt Ost..... | 15 |
| 1.3.10 MP5 Z Erdspieß 64 m Querschnitt Ost..... | 16 |
| 2 Schwingungsmessungen..... | 17 |
| 2.1 Ergebnistabelle: Amplituden und Frequenzen..... | 17 |
| 2.1.1 Querschnitt West..... | 17 |
| 2.1.2 Querschnitt Ost..... | 18 |
| 2.2 Ergebnistabelle: Bewertete Schwingstärke KBFmax..... | 19 |
| 2.2.1 Querschnitt West..... | 19 |
| 2.2.2 Querschnitt Ost..... | 20 |
| 2.3 Messungen im Zeit- und Frequenzbereich..... | 21 |
| 2.3.1 Querschnitt West..... | 21 |
| 2.3.1.1 Schne007-021: Grunderschütterungspegel..... | 21 |
| 2.3.1.2 Schne060: S-Bahn Richtung Osten..... | 22 |
| 2.3.1.3 Schne064: S-Bahn Richtung Westen..... | 23 |
| 2.3.1.4 Schne065-066: Güterzug Richtung Osten..... | 24 |
| 2.3.1.5 Schne057-058: Güterzug Richtung Westen..... | 25 |
| 2.3.1.6 Schne075: Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 26 |
| 2.3.1.7 Schne040: Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 27 |
| 2.3.2 Querschnitt Ost..... | 28 |
| 2.3.2.1 Schne040-056: Grunderschütterungspegel..... | 28 |
| 2.3.2.2 Schne085: S-Bahn Richtung Osten..... | 29 |
| 2.3.2.3 Schne049: S-Bahn Richtung Westen..... | 30 |
| 2.3.2.4 Schne079-080: Güterzug Richtung Osten..... | 31 |
| 2.3.2.5 Schne057: Güterzug Richtung Westen..... | 32 |
| 2.3.2.6 Schne086: Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 33 |
| 2.3.2.7 Schne046: Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 34 |
| 3 Zugverkehrshäufigkeit..... | 35 |
| 3.1 Prognose 2030 mit Zugfahrgeschwindigkeiten gemäß Schwingungsmessungen..... | 35 |
| 3.2 Prognose 2030 mit planmäßigen Zugfahrgeschwindigkeiten..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 4 Erschütterungen: Prognose mit planmäßigen Fahrgeschwindigkeiten..... | 36 |
| 4.1 Querschnitt West: Bewertete Schwingstärke KBF_{max,m} gemittelte Messungen..... | 36 |
| 4.1.1 S-Bahn Richtung Westen..... | 36 |
| 4.1.2 S-Bahn Richtung Osten..... | 36 |
| 4.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 37 |
| 4.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 37 |
| 4.1.5 Güterzug Richtung Westen..... | 38 |
| 4.1.6 Güterzug Richtung Osten..... | 38 |
| 4.2 Querschnitt West: Beurteilungs Schwingstärke KBF_{Tr}..... | 39 |
| 4.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 39 |
| 4.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 39 |
| 4.3 Querschnitt Ost: Bewertete Schwingstärke KBF_{max,m} gemittelte Messungen..... | 40 |
| 4.3.1 S-Bahn Richtung Westen..... | 40 |
| 4.3.2 S-Bahn Richtung Osten..... | 40 |
| 4.3.3 Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 41 |
| 4.3.4 Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 41 |
| 4.3.5 Güterzug Richtung Westen..... | 42 |
| 4.3.6 Güterzug Richtung Osten..... | 42 |
| 4.4 Querschnitt Ost: Beurteilungs Schwingstärke KBF_{Tr}..... | 43 |
| 4.4.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 43 |
| 4.4.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 43 |
| 5 Erschütterungen: Prognose mit planm. Fahrgeschw. Extrapolation größere Abstände...44 | 44 |
| 5.1 Querschnitt West: Bewertete Schwingstärke KBF_{max,m} gemittelte Messungen..... | 44 |
| 5.1.1 S-Bahn Richtung Westen..... | 44 |
| 5.1.2 S-Bahn Richtung Osten..... | 44 |
| 5.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 45 |
| 5.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 45 |
| 5.1.5 Güterzug Richtung Westen..... | 46 |
| 5.1.6 Güterzug Richtung Osten..... | 46 |
| 5.2 Querschnitt West: Beurteilungs Schwingstärke KBF_{Tr}..... | 47 |
| 5.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 47 |
| 5.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 47 |
| 6 Sekundärer Luftschall: Prognose mit planmäßigen Fahrgeschwindigkeiten..... | 48 |
| 6.1 Querschnitt West: LAF_{max,m} gemittelte Messungen..... | 48 |
| 6.1.1 S-Bahn Richtung Westen..... | 48 |
| 6.1.2 S-Bahn Richtung Osten..... | 48 |
| 6.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 49 |
| 6.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 49 |
| 6.1.5 Güterzug Richtung Westen..... | 50 |
| 6.1.6 Güterzug Richtung Osten..... | 50 |
| 6.2 Querschnitt West: Luftschall L_m..... | 51 |
| 6.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert | 51 |
| 6.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 51 |
| 6.3 Querschnitt Ost: LAF_{max,m} gemittelte Messungen..... | 52 |
| 6.3.1 S-Bahn Richtung Westen..... | 52 |
| 6.3.2 S-Bahn Richtung Osten..... | 52 |
| 6.3.3 Doppelstockwagen Richtung Westen..... | 53 |
| 6.3.4 Doppelstockwagen Richtung Osten..... | 53 |
| 6.3.5 Güterzug Richtung Westen..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 6.3.6 Güterzug Richtung Osten..... | 54 |
| 6.4 Querschnitt Ost: Luftschall Lm..... | 55 |
| 6.4.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert | 55 |
| 6.4.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert..... | 55 |
| 7 Anforderungen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ | 56 |
| 7.1 Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“..... | 56 |
| 7.1.1 Tabelle 1: Gebietsabhängige Anforderungen..... | 56 |
| 7.1.2 Anhang D: Erläuterung zur subjektiven Wahrnehmung..... | 56 |

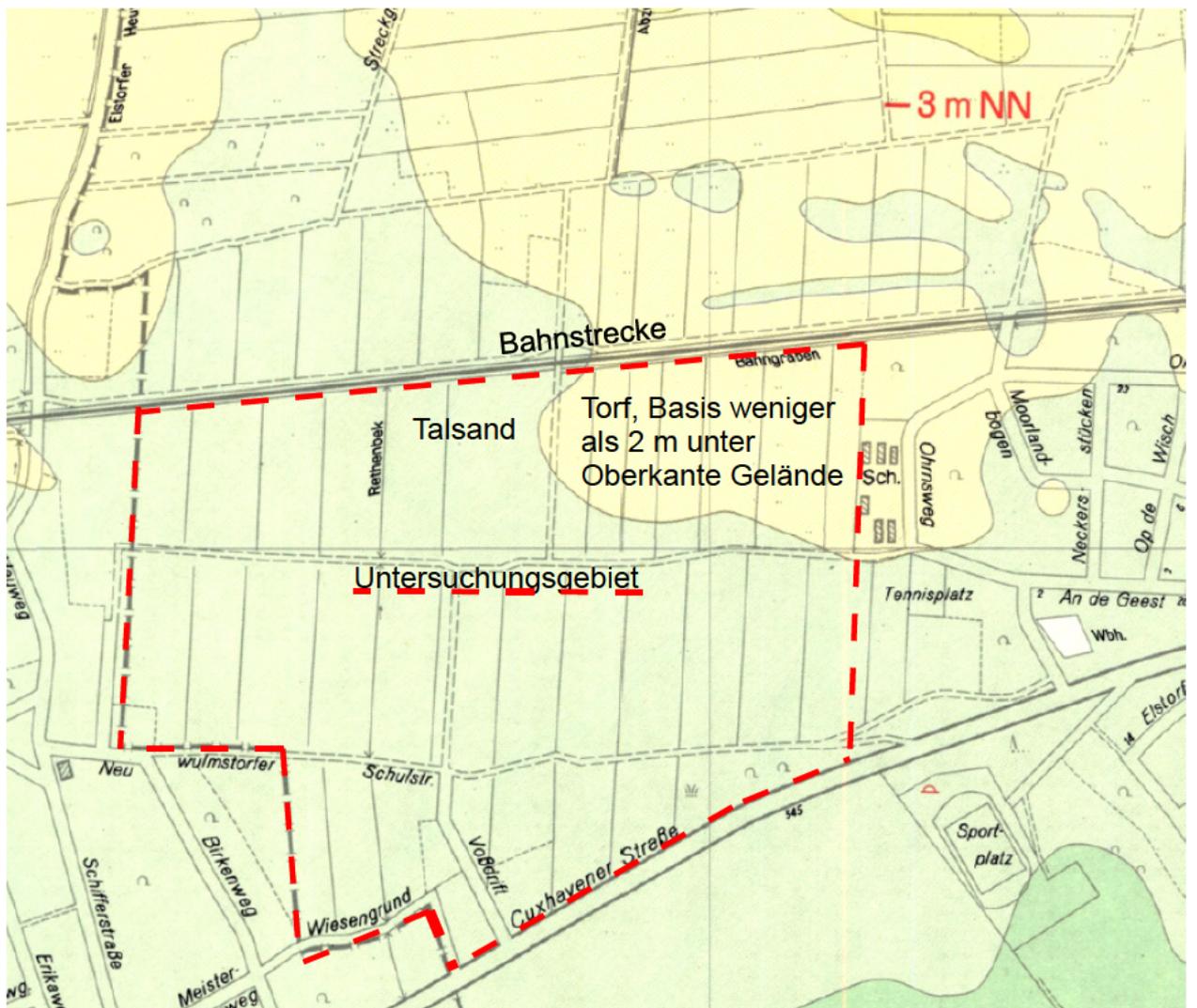
1 Messobjekt und Messpunkte

1.1 Datenblatt Messobjekt und Erschütterungen

| Messobjekt | |
|-----------------------|--|
| Adresse | Neugraben-Fischbek 67 in 21149 Hamburg |
| Geschosse | - |
| Keller | - |
| Nutzung | - |
| Bauart | - |
| Gründung | - |
| Baujahr | - |
| Baulicher Zustand | - |
| Baugrund | - |
| Zuordnung DIN 4150 T3 | - |

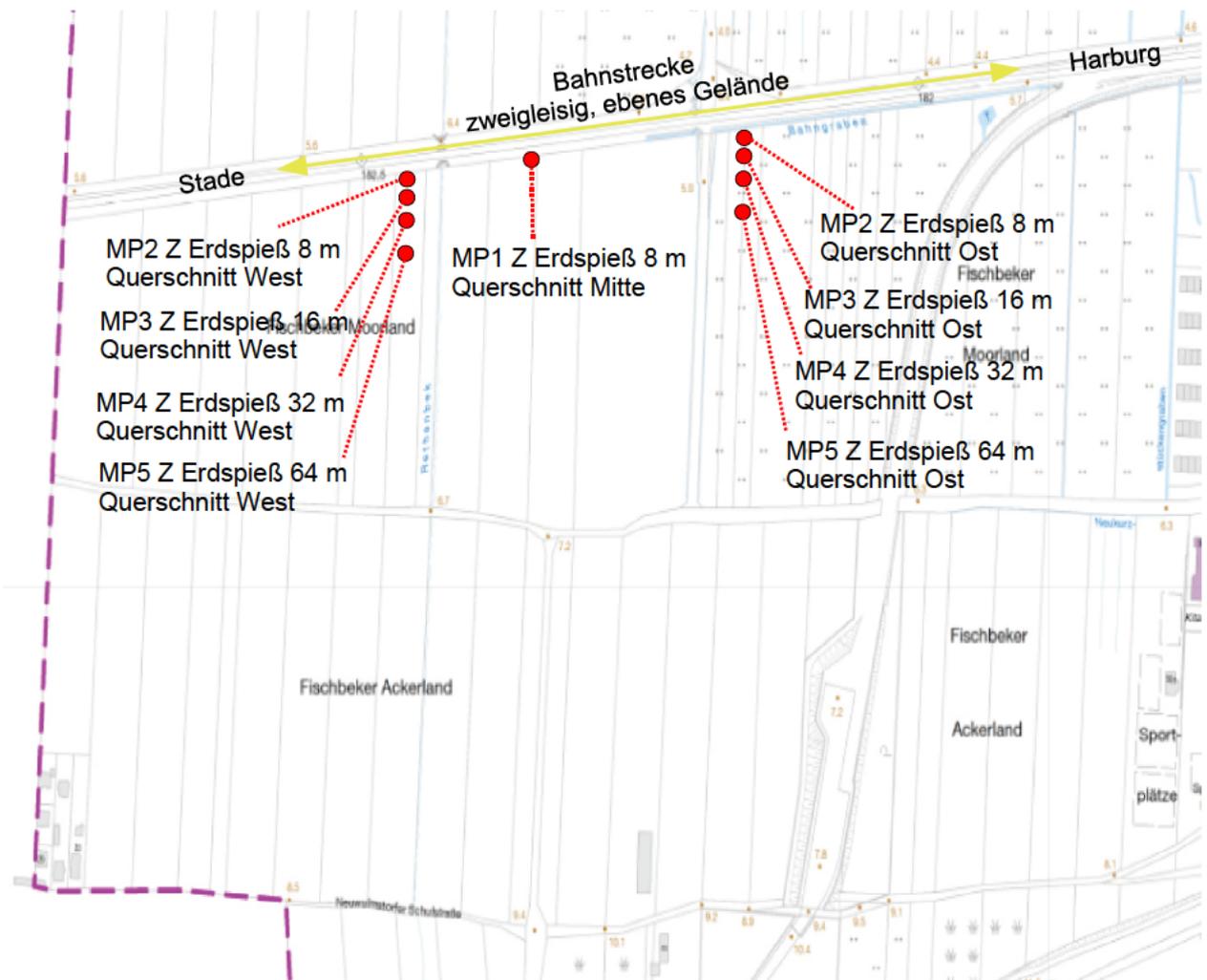
| Erschütterungen | |
|------------------------|---|
| Einwirkung auf | Menschen in Gebäuden |
| Quelle | Schienenverkehr |
| Gerätebezeichnung | Doppelstockwagen (DS), S-Bahn, Güterzüge (GZ) |
| Betriebszustand | - |
| Abstand | - |
| Witterung | - |
| Fremderschütterung | - |
| Subj. Beob. Bearbeiter | - |
| Sekundäreffekte | - |
| Subj. Beob. Dritte | - |

1.2.2 Baugrunderkarte Hamburg Ausschnitt Untersuchungsgebiet

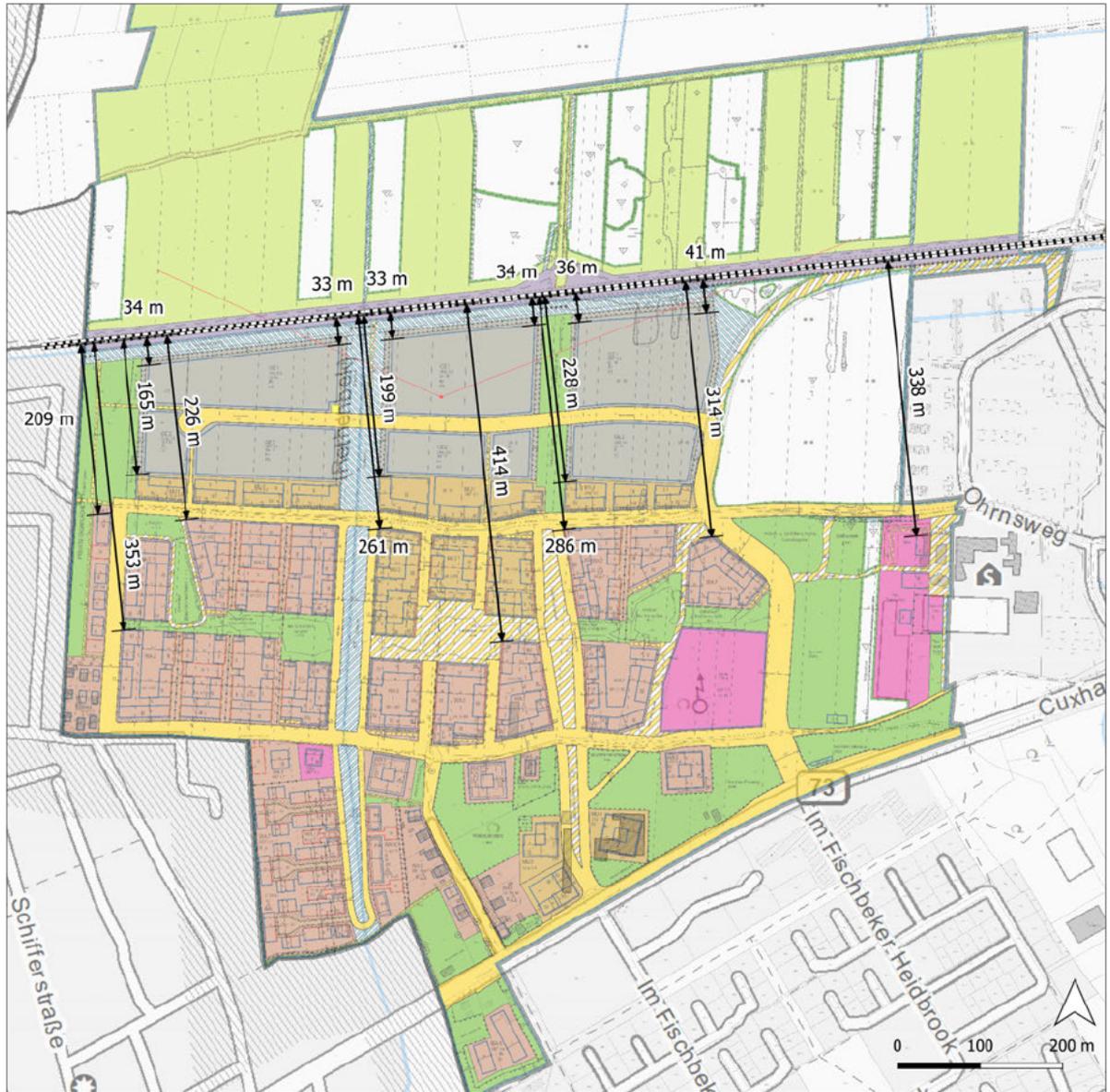


Geologisches Landesamt Hamburg; Stand der Bearbeitung 1985

1.2.3 Lageplan Messpunkte



1.2.4 Entwurf B-Plan NF67 mit Abständen der ausgewiesenen Gebiete zu den Gleisen



| | | |
|--|--|---|
| Projekt Erschütterungstechnische Untersuchungen Bebauungsplan Entwurf Neugraben-Fischbek 67 | | |
| Legende ↔ Abstand (m) | Übersicht | Planinhalt Entwurf des B-Plans NF67 Abstände der ausgewiesenen Gebiete zu den Gleisen |
| | | Planart Lageplan |
| | | Projekt-Nr. 2022934 Plan-Nr. N1-1-LP1 |
| | | Bearbeiter Datum 14.11.2022 |
| | | Maßstab 1 : 7000 KBS ETRS89 / UTM32N |
| | | Quelle Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung |
| Auftraggeber IBA Hamburg GmbH Am Zollhafen 12 20539 Hamburg |  baudyn GmbH Alsterdorfer Straße 245 22297 Hamburg Tel +49 40 54 80 291-00 Fax -29 www.baudyn.de | |

1.2.5 Tabelle: Geringste Abstände der Gebäude Gleisachse

| Gebietsausweisung | geringste Abstände von Gebäuden zur nächstgelegenen Gleisachse |
|--------------------------|---|
| Gewerbegebiet | 33 m |
| Urbanes Gebiet | 165 m |
| Allgemeines Wohngebiet | 209 m |
| Flächen für Gemeinbedarf | 338 m |

1.3 Fotodokumentation

1.3.1 Gebiet Neugraben-Fischbek 67



1.3.2 MP1 Z Erdspeiß 8 m Querschnitt Mitte



1.3.3 MP2 Z Erdspeiß 8 m Querschnitt West



1.3.4 MP3 Z Erdspeiß 16 m Querschnitt West



1.3.5 MP4 Z Erdspeiß 32 m Querschnitt West



1.3.6 MP5 Z Erdspieß 64 m Querschnitt West



1.3.7 MP2 Z Erdspieß 8 m Querschnitt Ost



1.3.8 MP3 Z Erdspeiß 16 m Querschnitt Ost



1.3.9 MP4 Z Erdspeiß 32 m Querschnitt Ost



1.3.10 MP5 Z Erdspeiß 64 m Querschnitt Ost



2 Schwingungsmessungen

2.1 Ergebnistabelle: Amplituden und Frequenzen

2.1.1 Querschnitt West

| Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Querschnitt West | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|
| Messungen von Schienenverkehrsimmissionen | | | | | | | | | | | |
| Gemessene maximale Schwinggeschwindigkeiten und dominierende Frequenzen | | | | | | | | | | | |
| | | MP1 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Mitte | | MP2 Z Erdspeiß 8m Querschnitt West | | MP3 Z Erdspeiß 8m Querschnitt West | | MP4 Z Erdspeiß 16m Querschnitt West | | MP5 Z Erdspeiß 64m Querschnitt West | |
| Nr. | Ereignis | Kanal 1 | | Kanal 2 | | Kanal 3 | | Kanal 4 | | Kanal 5 | |
| | | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz |
| 1 | S-Bahn -> Westen | 0.22 | 12.0 | 0.17 | 8.8 | 0.14 | 9.5 | 0.12 | 8.5 | 0.06 | 7.5 |
| 2 | S-Bahn -> Osten | 0.26 | 8.3 | 0.36 | 10.5 | 0.19 | 11.8 | 0.16 | 12.3 | 0.09 | 8.5 |
| 4 | S-Bahn -> Westen | 0.16 | 9.0 | 0.17 | 8.8 | 0.13 | 8.8 | 0.10 | 8.8 | 0.05 | 7.5 |
| 5 | S-Bahn -> Osten | 0.33 | 8.3 | 0.32 | 25.0 | 0.19 | 12.0 | 0.16 | 12.0 | 0.10 | 8.3 |
| 6 | GZ -> Westen | 0.74 | 44.8 | 0.56 | 6.8 | 0.49 | 8.5 | 0.35 | 11.0 | 0.19 | 4.0 |
| 22 | S-Bahn -> Westen | 0.20 | 9.0 | 0.16 | 8.8 | 0.13 | 8.8 | 0.10 | 8.5 | 0.05 | 7.5 |
| 23 | S-Bahn -> Westen | 0.01 | 8.5 | 0.03 | 8.5 | 0.04 | 8.5 | 0.03 | 8.5 | 0.03 | 7.3 |
| 29 | S-Bahn -> Osten (029-030) | 0.20 | 11.3 | 0.35 | 7.8 | 0.24 | 7.8 | 0.16 | 11.5 | 0.10 | 7.8 |
| 30 | S-Bahn -> Osten (029-030) | 0.23 | 11.0 | 0.04 | 10.8 | 0.05 | 8.8 | 0.05 | 10.8 | 0.05 | 8.5 |
| 38 | DS -> Osten | 0.62 | 44.3 | 0.54 | 8.0 | 0.30 | 8.0 | 0.21 | 12.0 | 0.13 | 11.8 |
| 40 | DS -> Westen | 0.53 | 47.8 | 0.59 | 22.3 | 0.41 | 13.3 | 0.40 | 13.3 | 0.15 | 13.3 |
| 41 | S-Bahn -> Westen | 0.22 | 12.0 | 0.21 | 9.8 | 0.16 | 10.3 | 0.14 | 11.5 | 0.07 | 11.5 |
| 42 | S-Bahn -> Osten | 0.22 | 12.3 | 0.35 | 39.0 | 0.20 | 10.0 | 0.12 | 12.3 | 0.08 | 8.5 |
| 43 | S-Bahn -> Westen | 0.22 | 11.5 | 0.17 | 8.5 | 0.12 | 9.3 | 0.08 | 8.5 | 0.05 | 8.0 |
| 44 | S-Bahn -> Osten | 0.24 | 35.3 | 0.32 | 35.5 | 0.17 | 28.3 | 0.13 | 16.5 | 0.06 | 11.8 |
| 46 | S-Bahn -> Westen | 0.24 | 13.0 | 0.22 | 10.3 | 0.14 | 9.8 | 0.17 | 11.0 | 0.07 | 11.3 |
| 47 | S-Bahn -> Osten | 0.20 | 34.8 | 0.24 | 35.0 | 0.17 | 9.0 | 0.09 | 9.0 | 0.05 | 11.5 |
| 49 | DS -> Osten | 0.74 | 47.0 | 0.95 | 5.8 | 0.32 | 5.8 | 0.26 | 11.8 | 0.16 | 5.8 |
| 50 | DS -> Westen | 0.44 | 46.8 | 0.52 | 21.8 | 0.42 | 13.0 | 0.36 | 13.3 | 0.18 | 8.8 |
| 51 | S-Bahn -> Westen | 0.22 | 11.0 | 0.18 | 8.5 | 0.13 | 8.8 | 0.09 | 8.5 | 0.06 | 8.0 |
| 52 | S-Bahn -> Osten | 0.28 | 14.3 | 0.31 | 11.5 | 0.21 | 11.3 | 0.13 | 11.5 | 0.08 | 11.5 |
| 55 | S-Bahn -> Westen | 0.18 | 10.8 | 0.19 | 8.8 | 0.13 | 9.8 | 0.12 | 9.8 | 0.06 | 9.8 |
| 56 | S-Bahn -> Osten | 0.26 | 21.5 | 0.36 | 25.0 | 0.20 | 12.0 | 0.15 | 12.0 | 0.10 | 8.3 |
| 57 | GZ -> Westen (057-058) | 0.80 | 8.5 | 0.63 | 15.3 | 0.52 | 15.3 | 0.47 | 12.0 | 0.31 | 15.3 |
| 58 | GZ -> Westen (057-058) | 0.06 | 9.0 | 0.09 | 4.8 | 0.12 | 9.0 | 0.11 | 8.5 | 0.11 | 8.8 |
| 59 | S-Bahn -> Westen | 0.19 | 8.0 | 0.28 | 8.3 | 0.14 | 9.3 | 0.11 | 9.3 | 0.05 | 8.0 |
| 60 | S-Bahn -> Osten | 0.29 | 8.3 | 0.55 | 13.0 | 0.27 | 11.8 | 0.21 | 12.0 | 0.09 | 8.5 |
| 62 | DS -> Osten | 0.82 | 10.3 | 1.16 | 8.8 | 0.44 | 14.8 | 0.32 | 10.0 | 0.15 | 10.0 |
| 63 | DS -> Westen | 0.48 | 46.0 | 0.47 | 21.5 | 0.36 | 12.8 | 0.37 | 21.5 | 0.16 | 12.8 |
| 64 | S-Bahn -> Westen | 0.23 | 12.5 | 0.23 | 9.5 | 0.17 | 10.0 | 0.15 | 11.3 | 0.07 | 11.8 |
| 65 | GZ -> Osten (065-066) | 0.97 | 4.5 | 0.98 | 4.5 | 0.78 | 4.5 | 0.54 | 4.5 | 0.40 | 4.5 |
| 66 | GZ -> Osten (065-066) | 0.85 | 8.8 | 1.93 | 4.5 | 0.92 | 4.5 | 0.71 | 4.5 | 0.53 | 4.5 |
| 67 | S-Bahn -> Osten | 0.28 | 19.0 | 0.43 | 19.3 | 0.22 | 10.3 | 0.15 | 9.8 | 0.07 | 8.8 |
| 68 | GZ -> Osten (068-069) | 0.86 | 3.5 | 1.04 | 3.5 | 0.67 | 3.5 | 0.53 | 3.5 | 0.36 | 3.5 |
| 69 | GZ -> Osten (068-069) | 0.54 | 38.5 | 1.07 | 4.3 | 0.54 | 4.3 | 0.35 | 3.5 | 0.33 | 3.5 |
| 70 | S-Bahn -> Westen | 0.14 | 13.8 | 0.18 | 28.0 | 0.14 | 25.3 | 0.10 | 8.3 | 0.05 | 13.5 |
| 71 | S-Bahn -> Osten | 0.21 | 12.3 | 0.35 | 39.0 | 0.21 | 10.0 | 0.13 | 11.3 | 0.07 | 10.0 |
| 73 | S-Bahn -> Westen | 0.18 | 8.5 | 0.15 | 8.5 | 0.12 | 8.5 | 0.09 | 8.5 | 0.04 | 7.8 |
| 74 | S-Bahn -> Osten | 0.23 | 35.8 | 0.32 | 36.0 | 0.20 | 9.3 | 0.11 | 9.0 | 0.07 | 11.8 |
| 75 | DS -> Osten | 1.82 | 45.8 | 1.81 | 8.8 | 0.65 | 8.8 | 0.32 | 12.0 | 0.18 | 8.8 |
| 76 | S-Bahn -> Westen | 0.19 | 15.5 | 0.25 | 8.5 | 0.14 | 25.3 | 0.10 | 8.3 | 0.06 | 9.5 |
| 77 | S-Bahn -> Osten | 0.19 | 12.0 | 0.28 | 37.8 | 0.19 | 9.8 | 0.10 | 11.0 | 0.06 | 9.8 |
| 78 | DS -> Westen | 0.54 | 44.3 | 0.48 | 20.8 | 0.38 | 12.5 | 0.32 | 20.8 | 0.13 | 11.0 |
| v_{max} bei f_{dom} | | 1.82 | 45.8 | 1.93 | 4.5 | 0.92 | 4.5 | 0.71 | 4.5 | 0.53 | 4.5 |
| v_{max} | | | | | | | | | | | |
| energetischer Mittelwert | | 0.51 | | 0.62 | | 0.34 | | 0.26 | | 0.16 | |
| Standardabw. | | 0.33 | | 0.42 | | 0.20 | | 0.15 | | 0.11 | |
| Minimaler Wert | | 0.01 | | 0.03 | | 0.04 | | 0.03 | | 0.03 | |
| Maximaler Wert | | 1.82 | | 1.93 | | 0.92 | | 0.71 | | 0.53 | |

2.1.2 Querschnitt Ost

| Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Querschnitt Ost | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| Messungen von Schienenverkehrsimmissionen | | | | | | | | | | | |
| Gemessene maximale Schwinggeschwindigkeiten und dominierende Frequenzen | | | | | | | | | | | |
| | | MP1 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Mitte | | MP2 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Ost | | MP3 Z Erdspeiß 16m Querschnitt Ost | | MP4 Z Erdspeiß 32m Querschnitt Ost | | MP5 Z Erdspeiß 64m Querschnitt Ost | |
| Nr. | Ereignis | Kanal 1 | | Kanal 2 | | Kanal 3 | | Kanal 4 | | Kanal 5 | |
| | | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz | mm/s | Hz |
| 5 | S-Bahn -> Osten | 0.22 | 12.3 | 0.25 | 9.3 | 0.11 | 16.0 | 0.08 | 9.8 | 0.08 | 11.0 |
| 30 | S-Bahn -> Westen | 0.09 | 8.3 | 0.19 | 11.8 | 0.13 | 11.5 | 0.07 | 10.5 | 0.06 | 12.0 |
| 31 | S-Bahn -> Westen | 0.19 | 8.8 | 0.03 | 3.5 | 0.03 | 3.5 | 0.04 | 3.5 | 0.04 | 3.5 |
| 34 | S-Bahn -> Osten | 0.18 | 36.5 | 0.23 | 9.5 | 0.09 | 9.5 | 0.07 | 18.0 | 0.07 | 11.3 |
| 42 | DS -> Osten | 0.72 | 48.8 | 0.51 | 13.0 | 0.24 | 12.0 | 0.17 | 8.8 | 0.21 | 13.3 |
| 46 | DS -> Westen | 0.79 | 15.0 | 0.72 | 14.8 | 0.26 | 14.8 | 0.19 | 15.0 | 0.20 | 14.8 |
| 47 | S-Bahn -> Westen | 0.15 | 9.3 | 0.12 | 8.5 | 0.09 | 8.5 | 0.08 | 10.8 | 0.07 | 10.5 |
| 48 | S-Bahn -> Osten | 0.22 | 11.8 | 0.22 | 11.0 | 0.11 | 11.5 | 0.09 | 10.5 | 0.07 | 12.3 |
| 49 | S-Bahn -> Westen | 0.20 | 12.5 | 0.23 | 11.8 | 0.17 | 11.0 | 0.12 | 11.0 | 0.10 | 11.8 |
| 50 | S-Bahn -> Osten | 0.24 | 8.0 | 0.21 | 11.3 | 0.13 | 11.3 | 0.08 | 10.8 | 0.07 | 12.3 |
| 52 | S-Bahn -> Westen | 0.12 | 12.8 | 0.21 | 11.8 | 0.13 | 10.0 | 0.07 | 11.0 | 0.06 | 12.0 |
| 53 | S-Bahn -> Osten | 0.23 | 18.5 | 0.23 | 9.3 | 0.13 | 9.3 | 0.08 | 5.5 | 0.08 | 9.8 |
| 54 | DS -> Osten | 0.69 | 39.0 | 0.46 | 11.3 | 0.19 | 7.5 | 0.13 | 11.3 | 0.13 | 11.0 |
| 55 | DS -> Westen | 0.47 | 41.3 | 0.35 | 41.5 | 0.18 | 8.8 | 0.13 | 11.5 | 0.12 | 11.5 |
| 56 | S-Bahn -> Westen | 0.24 | 11.0 | 0.19 | 10.3 | 0.14 | 12.0 | 0.09 | 10.0 | 0.07 | 12.3 |
| 57 | GZ -> Westen | 0.42 | 26.8 | 0.31 | 27.0 | 0.22 | 27.0 | 0.14 | 8.5 | 0.14 | 8.3 |
| 58 | S-Bahn -> Osten (058-059) | 0.24 | 12.8 | 0.02 | 9.0 | 0.02 | 8.8 | 0.02 | 9.0 | 0.03 | 10.5 |
| 59 | S-Bahn -> Osten (058-059) | 0.21 | 19.8 | 0.24 | 10.0 | 0.11 | 10.0 | 0.08 | 10.3 | 0.07 | 11.8 |
| 60 | S-Bahn -> Westen | 0.17 | 10.0 | 0.20 | 12.3 | 0.12 | 11.8 | 0.08 | 10.0 | 0.07 | 12.3 |
| 61 | S-Bahn -> Osten | 0.24 | 13.0 | 0.24 | 10.0 | 0.12 | 10.0 | 0.08 | 10.0 | 0.09 | 11.8 |
| 62 | S-Bahn -> Westen | 0.18 | 11.5 | 0.24 | 11.5 | 0.14 | 10.8 | 0.10 | 10.8 | 0.10 | 11.0 |
| 63 | S-Bahn -> Osten | 0.19 | 7.3 | 0.25 | 10.0 | 0.12 | 10.0 | 0.06 | 10.0 | 0.06 | 11.8 |
| 64 | DS -> Osten | 0.88 | 10.0 | 0.91 | 15.3 | 0.36 | 14.0 | 0.21 | 15.3 | 0.20 | 15.3 |
| 65 | DS -> Westen | 0.61 | 9.8 | 0.44 | 14.8 | 0.21 | 14.8 | 0.14 | 9.8 | 0.18 | 14.8 |
| 66 | S-Bahn -> Westen | 0.22 | 11.5 | 0.19 | 12.8 | 0.13 | 10.0 | 0.09 | 11.3 | 0.09 | 10.3 |
| 67 | S-Bahn -> Osten | 0.24 | 40.5 | 0.25 | 10.8 | 0.11 | 10.5 | 0.09 | 3.5 | 0.07 | 12.3 |
| 69 | GZ -> Osten (069-070) | 0.83 | 36.5 | 0.79 | 33.8 | 0.31 | 9.0 | 0.22 | 4.8 | 0.19 | 4.3 |
| 70 | GZ -> Osten (069-070) | 0.35 | 5.8 | 0.48 | 25.3 | 0.26 | 5.0 | 0.17 | 5.5 | 0.18 | 5.5 |
| 72 | S-Bahn -> Osten | 0.20 | 13.3 | 0.23 | 9.8 | 0.08 | 9.8 | 0.06 | 9.8 | 0.07 | 10.0 |
| 73 | S-Bahn -> Westen | 0.19 | 15.3 | 0.20 | 12.3 | 0.13 | 12.3 | 0.08 | 10.8 | 0.10 | 9.8 |
| 74 | S-Bahn -> Osten | 0.18 | 40.3 | 0.22 | 36.0 | 0.09 | 9.3 | 0.08 | 17.3 | 0.08 | 9.5 |
| 75 | DS -> Osten | 0.64 | 9.5 | 0.57 | 14.3 | 0.30 | 13.0 | 0.19 | 9.5 | 0.14 | 14.5 |
| 76 | DS -> Westen | 0.52 | 40.3 | 0.39 | 20.0 | 0.18 | 11.3 | 0.16 | 11.3 | 0.13 | 11.3 |
| 77 | S-Bahn -> Westen | 0.24 | 13.0 | 0.22 | 15.3 | 0.14 | 13.5 | 0.10 | 11.3 | 0.11 | 12.0 |
| 78 | S-Bahn -> Osten | 0.22 | 8.0 | 0.24 | 11.3 | 0.11 | 11.5 | 0.08 | 3.8 | 0.07 | 3.8 |
| 79 | GZ -> Osten (079-080) | 0.78 | 7.0 | 0.94 | 33.0 | 0.34 | 7.0 | 0.22 | 4.0 | 0.21 | 7.3 |
| 80 | GZ -> Osten (079-080) | 0.49 | 8.0 | 0.57 | 8.3 | 0.38 | 8.3 | 0.21 | 4.5 | 0.24 | 8.3 |
| 81 | S-Bahn -> Westen | 0.14 | 14.3 | 0.14 | 8.0 | 0.10 | 8.0 | 0.06 | 10.3 | 0.05 | 3.5 |
| 82 | S-Bahn -> Osten | 0.20 | 36.0 | 0.23 | 9.5 | 0.11 | 3.8 | 0.09 | 3.8 | 0.08 | 3.8 |
| 84 | S-Bahn -> Westen | 0.21 | 11.5 | 0.26 | 14.5 | 0.16 | 12.8 | 0.10 | 10.5 | 0.12 | 10.5 |
| 85 | S-Bahn -> Osten | 0.26 | 21.8 | 0.26 | 11.8 | 0.12 | 12.8 | 0.08 | 12.5 | 0.07 | 13.5 |
| 86 | DS -> Osten | 1.67 | 9.5 | 1.17 | 14.5 | 0.40 | 13.0 | 0.22 | 9.5 | 0.14 | 14.5 |
| 87 | DS -> Westen | 0.48 | 43.8 | 0.33 | 15.3 | 0.21 | 12.3 | 0.13 | 12.3 | 0.13 | 12.3 |
| v_{max} bei f_{dom} | | 1.67 | 9.5 | 1.17 | 14.5 | 0.40 | 13.0 | 0.22 | 4.0 | 0.24 | 8.3 |
| v_{max} | | | | | | | | | | | |
| energetischer Mittelwert | | 0.47 | | 0.42 | | 0.19 | | 0.12 | | 0.12 | |
| Standardabw. | | 0.30 | | 0.24 | | 0.09 | | 0.05 | | 0.05 | |
| Minimaler Wert | | 0.09 | | 0.02 | | 0.02 | | 0.02 | | 0.03 | |
| Maximaler Wert | | 1.67 | | 1.17 | | 0.40 | | 0.22 | | 0.24 | |

2.2 Ergebnistabelle: Bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}

2.2.1 Querschnitt West

| Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Querschnitt West | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|
| Messungen von Schienenverkehrsimmissionen | | | | | | | | | | | |
| Gemessene KB_{Fmax} Werte und dominierende Frequenzen | | | | | | | | | | | |
| | | MP1 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Mitte | | MP2 Z Erdspeiß 8m Querschnitt West | | MP3 Z Erdspeiß 16m Querschnitt West | | MP4 Z Erdspeiß 32m Querschnitt West | | MP5 Z Erdspeiß 64m Querschnitt West | |
| Nr. | Ereignis | Kanal 1 | | Kanal 2 | | Kanal 3 | | Kanal 4 | | Kanal 5 | |
| | | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz |
| 1 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 12.0 | 0.07 | 8.8 | 0.06 | 9.5 | 0.04 | 8.5 | 0.02 | 7.5 |
| 2 | S-Bahn -> Osten | 0.10 | 8.3 | 0.13 | 10.5 | 0.09 | 11.8 | 0.06 | 12.3 | 0.04 | 8.5 |
| 4 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 9.0 | 0.07 | 8.8 | 0.05 | 8.8 | 0.04 | 8.8 | 0.02 | 7.5 |
| 5 | S-Bahn -> Osten | 0.11 | 8.3 | 0.13 | 25.0 | 0.09 | 12.0 | 0.07 | 12.0 | 0.04 | 8.3 |
| 6 | GZ -> Westen | 0.28 | 44.8 | 0.22 | 6.8 | 0.18 | 8.5 | 0.16 | 11.0 | 0.09 | 4.0 |
| 22 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 9.0 | 0.06 | 8.8 | 0.05 | 8.8 | 0.04 | 8.5 | 0.02 | 7.5 |
| 23 | S-Bahn -> Westen | 0.00 | 8.5 | 0.01 | 8.5 | 0.02 | 8.5 | 0.01 | 8.5 | 0.01 | 7.3 |
| 29 | S-Bahn -> Osten (029-030) | 0.08 | 11.3 | 0.13 | 7.8 | 0.09 | 7.8 | 0.06 | 11.5 | 0.04 | 7.8 |
| 30 | S-Bahn -> Osten (029-030) | 0.09 | 11.0 | 0.02 | 10.8 | 0.02 | 8.8 | 0.02 | 10.8 | 0.02 | 8.5 |
| 38 | DS -> Osten | 0.28 | 44.3 | 0.19 | 8.0 | 0.12 | 8.0 | 0.10 | 12.0 | 0.07 | 11.8 |
| 40 | DS -> Westen | 0.22 | 47.8 | 0.25 | 22.3 | 0.19 | 13.3 | 0.16 | 13.3 | 0.07 | 13.3 |
| 41 | S-Bahn -> Westen | 0.09 | 12.0 | 0.10 | 9.8 | 0.07 | 10.3 | 0.08 | 11.5 | 0.04 | 11.5 |
| 42 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 12.3 | 0.12 | 39.0 | 0.08 | 10.0 | 0.05 | 12.3 | 0.03 | 8.5 |
| 43 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 11.5 | 0.07 | 8.5 | 0.05 | 9.3 | 0.04 | 8.5 | 0.02 | 8.0 |
| 44 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 35.3 | 0.13 | 35.5 | 0.07 | 28.3 | 0.05 | 16.5 | 0.02 | 11.8 |
| 46 | S-Bahn -> Westen | 0.10 | 13.0 | 0.10 | 10.3 | 0.06 | 9.8 | 0.07 | 11.0 | 0.04 | 11.3 |
| 47 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 34.8 | 0.10 | 35.0 | 0.06 | 9.0 | 0.05 | 9.0 | 0.02 | 11.5 |
| 49 | DS -> Osten | 0.31 | 47.0 | 0.39 | 5.8 | 0.12 | 5.8 | 0.11 | 11.8 | 0.07 | 5.8 |
| 50 | DS -> Westen | 0.20 | 46.8 | 0.24 | 21.8 | 0.20 | 13.0 | 0.15 | 13.3 | 0.06 | 8.8 |
| 51 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 11.0 | 0.08 | 8.5 | 0.05 | 8.8 | 0.04 | 8.5 | 0.02 | 8.0 |
| 52 | S-Bahn -> Osten | 0.10 | 14.3 | 0.12 | 11.5 | 0.09 | 11.3 | 0.06 | 11.5 | 0.04 | 11.5 |
| 55 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 10.8 | 0.07 | 8.8 | 0.06 | 9.8 | 0.05 | 9.8 | 0.03 | 9.8 |
| 56 | S-Bahn -> Osten | 0.10 | 21.5 | 0.14 | 25.0 | 0.10 | 12.0 | 0.06 | 12.0 | 0.05 | 8.3 |
| 57 | GZ -> Westen (057-058) | 0.31 | 8.5 | 0.26 | 15.3 | 0.20 | 15.3 | 0.22 | 12.0 | 0.15 | 15.3 |
| 58 | GZ -> Westen (057-058) | 0.02 | 9.0 | 0.04 | 4.8 | 0.06 | 9.0 | 0.06 | 8.5 | 0.05 | 8.8 |
| 59 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 8.0 | 0.08 | 8.3 | 0.05 | 9.3 | 0.05 | 9.3 | 0.02 | 8.0 |
| 60 | S-Bahn -> Osten | 0.12 | 8.3 | 0.17 | 13.0 | 0.13 | 11.8 | 0.10 | 12.0 | 0.04 | 8.5 |
| 62 | DS -> Osten | 0.29 | 10.3 | 0.50 | 8.8 | 0.19 | 14.8 | 0.13 | 10.0 | 0.06 | 10.0 |
| 63 | DS -> Westen | 0.20 | 46.0 | 0.22 | 21.5 | 0.18 | 12.8 | 0.15 | 21.5 | 0.06 | 12.8 |
| 64 | S-Bahn -> Westen | 0.10 | 12.5 | 0.10 | 9.5 | 0.07 | 10.0 | 0.07 | 11.3 | 0.04 | 11.8 |
| 65 | GZ -> Osten (065-066) | 0.42 | 4.5 | 0.37 | 4.5 | 0.29 | 4.5 | 0.20 | 4.5 | 0.17 | 4.5 |
| 66 | GZ -> Osten (065-066) | 0.39 | 8.8 | 0.68 | 4.5 | 0.38 | 4.5 | 0.31 | 4.5 | 0.22 | 4.5 |
| 67 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 19.0 | 0.14 | 19.3 | 0.09 | 10.3 | 0.06 | 9.8 | 0.03 | 8.8 |
| 68 | GZ -> Osten (068-069) | 0.38 | 3.5 | 0.32 | 3.5 | 0.27 | 3.5 | 0.19 | 3.5 | 0.13 | 3.5 |
| 69 | GZ -> Osten (068-069) | 0.25 | 38.5 | 0.35 | 4.3 | 0.24 | 4.3 | 0.14 | 3.5 | 0.10 | 3.5 |
| 70 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 13.8 | 0.08 | 28.0 | 0.05 | 25.3 | 0.04 | 8.3 | 0.02 | 13.5 |
| 71 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 12.3 | 0.15 | 39.0 | 0.08 | 10.0 | 0.05 | 11.3 | 0.03 | 10.0 |
| 73 | S-Bahn -> Westen | 0.07 | 8.5 | 0.07 | 8.5 | 0.05 | 8.5 | 0.04 | 8.5 | 0.02 | 7.8 |
| 74 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 35.8 | 0.12 | 36.0 | 0.07 | 9.3 | 0.04 | 9.0 | 0.03 | 11.8 |
| 75 | DS -> Osten | 0.57 | 45.8 | 0.68 | 8.8 | 0.22 | 8.8 | 0.14 | 12.0 | 0.08 | 8.8 |
| 76 | S-Bahn -> Westen | 0.07 | 15.5 | 0.08 | 8.5 | 0.06 | 25.3 | 0.04 | 8.3 | 0.02 | 9.5 |
| 77 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 12.0 | 0.12 | 37.8 | 0.08 | 9.8 | 0.04 | 11.0 | 0.03 | 9.8 |
| 78 | DS -> Westen | 0.22 | 44.3 | 0.21 | 20.8 | 0.17 | 12.5 | 0.15 | 20.8 | 0.06 | 11.0 |
| Fett: max KB_{Fmax} bei f_{dom} | | 0.575 | 45.8 | 0.681 | 8.8 | 0.382 | 4.5 | 0.310 | 4.5 | 0.218 | 4.5 |
| KB_{Fmax} | | | | | | | | | | | |
| energetischer Mittelwert | | 0.197 | | 0.234 | | 0.139 | | 0.108 | | 0.068 | |
| Standardabw. | | 0.124 | | 0.154 | | 0.081 | | 0.063 | | 0.043 | |
| Minimaler Wert | | 0.005 | | 0.012 | | 0.015 | | 0.012 | | 0.012 | |
| Maximaler Wert | | 0.575 | | 0.681 | | 0.382 | | 0.310 | | 0.218 | |

2.2.2 Querschnitt Ost

| Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Querschnitt Ost | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|---|------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| Messungen von Schienenverkehrsimmissionen | | Gemessene KB_{Fmax} Werte und dominierende Frequenzen | | | | | | | | | |
| | | MP1 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Mitte | | MP2 Z Erdspeiß 8m Querschnitt Ost | | MP3 Z Erdspeiß 16m Querschnitt Ost | | MP4 Z Erdspeiß 32m Querschnitt Ost | | MP5 Z Erdspeiß 64m Querschnitt Ost | |
| Nr. | Ereignis | Kanal 1 | | Kanal 2 | | Kanal 3 | | Kanal 4 | | Kanal 5 | |
| | | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz | KB_{Fmax} | Hz |
| 5 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 12.3 | 0.10 | 9.3 | 0.04 | 16.0 | 0.03 | 9.8 | 0.03 | 11.0 |
| 30 | S-Bahn -> Westen | 0.03 | 8.3 | 0.07 | 11.8 | 0.05 | 11.5 | 0.04 | 10.5 | 0.03 | 12.0 |
| 31 | S-Bahn -> Westen | 0.07 | 8.8 | 0.01 | 3.5 | 0.01 | 3.5 | 0.01 | 3.5 | 0.01 | 3.5 |
| 34 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 36.5 | 0.08 | 9.5 | 0.04 | 9.5 | 0.03 | 18.0 | 0.03 | 11.3 |
| 42 | DS -> Osten | 0.28 | 48.8 | 0.21 | 13.0 | 0.11 | 12.0 | 0.07 | 8.8 | 0.10 | 13.3 |
| 46 | DS -> Westen | 0.28 | 15.0 | 0.24 | 14.8 | 0.11 | 14.8 | 0.08 | 15.0 | 0.09 | 14.8 |
| 47 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 9.3 | 0.06 | 8.5 | 0.04 | 8.5 | 0.03 | 10.8 | 0.03 | 10.5 |
| 48 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 11.8 | 0.08 | 11.0 | 0.05 | 11.5 | 0.04 | 10.5 | 0.03 | 12.3 |
| 49 | S-Bahn -> Westen | 0.09 | 12.5 | 0.09 | 11.8 | 0.08 | 11.0 | 0.05 | 11.0 | 0.05 | 11.8 |
| 50 | S-Bahn -> Osten | 0.10 | 8.0 | 0.09 | 11.3 | 0.05 | 11.3 | 0.03 | 10.8 | 0.04 | 12.3 |
| 52 | S-Bahn -> Westen | 0.05 | 12.8 | 0.08 | 11.8 | 0.05 | 10.0 | 0.03 | 11.0 | 0.03 | 12.0 |
| 53 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 18.5 | 0.09 | 9.3 | 0.04 | 9.3 | 0.03 | 5.5 | 0.03 | 9.8 |
| 54 | DS -> Osten | 0.27 | 39.0 | 0.17 | 11.3 | 0.08 | 7.5 | 0.05 | 11.3 | 0.06 | 11.0 |
| 55 | DS -> Westen | 0.18 | 41.3 | 0.12 | 41.5 | 0.07 | 8.8 | 0.06 | 11.5 | 0.06 | 11.5 |
| 56 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 11.0 | 0.07 | 10.3 | 0.06 | 12.0 | 0.04 | 10.0 | 0.03 | 12.3 |
| 57 | GZ -> Westen | 0.22 | 26.8 | 0.14 | 27.0 | 0.10 | 27.0 | 0.07 | 8.5 | 0.07 | 8.3 |
| 58 | S-Bahn -> Osten (058-059) | 0.10 | 12.8 | 0.01 | 9.0 | 0.01 | 8.8 | 0.01 | 9.0 | 0.01 | 10.5 |
| 59 | S-Bahn -> Osten (058-059) | 0.09 | 19.8 | 0.08 | 10.0 | 0.04 | 10.0 | 0.03 | 10.3 | 0.03 | 11.8 |
| 60 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 10.0 | 0.08 | 12.3 | 0.05 | 11.8 | 0.04 | 10.0 | 0.04 | 12.3 |
| 61 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 13.0 | 0.09 | 10.0 | 0.05 | 10.0 | 0.03 | 10.0 | 0.04 | 11.8 |
| 62 | S-Bahn -> Westen | 0.08 | 11.5 | 0.09 | 11.5 | 0.06 | 10.8 | 0.04 | 10.8 | 0.04 | 11.0 |
| 63 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 7.3 | 0.08 | 10.0 | 0.05 | 10.0 | 0.02 | 10.0 | 0.03 | 11.8 |
| 64 | DS -> Osten | 0.31 | 10.0 | 0.37 | 15.3 | 0.17 | 14.0 | 0.08 | 15.3 | 0.09 | 15.3 |
| 65 | DS -> Westen | 0.26 | 9.8 | 0.18 | 14.8 | 0.09 | 14.8 | 0.07 | 9.8 | 0.09 | 14.8 |
| 66 | S-Bahn -> Westen | 0.09 | 11.5 | 0.07 | 12.8 | 0.05 | 10.0 | 0.04 | 11.3 | 0.04 | 10.3 |
| 67 | S-Bahn -> Osten | 0.10 | 40.5 | 0.09 | 10.8 | 0.05 | 10.5 | 0.03 | 3.5 | 0.03 | 12.3 |
| 69 | GZ -> Osten (069-070) | 0.44 | 36.5 | 0.41 | 33.8 | 0.13 | 9.0 | 0.09 | 4.8 | 0.08 | 4.3 |
| 70 | GZ -> Osten (069-070) | 0.13 | 5.8 | 0.19 | 25.3 | 0.10 | 5.0 | 0.07 | 5.5 | 0.07 | 5.5 |
| 72 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 13.3 | 0.09 | 9.8 | 0.04 | 9.8 | 0.02 | 9.8 | 0.03 | 10.0 |
| 73 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 15.3 | 0.08 | 12.3 | 0.06 | 12.3 | 0.04 | 10.8 | 0.05 | 9.8 |
| 74 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 40.3 | 0.09 | 36.0 | 0.04 | 9.3 | 0.03 | 17.3 | 0.04 | 9.5 |
| 75 | DS -> Osten | 0.26 | 9.5 | 0.23 | 14.3 | 0.11 | 13.0 | 0.08 | 9.5 | 0.07 | 14.5 |
| 76 | DS -> Westen | 0.22 | 40.3 | 0.14 | 20.0 | 0.07 | 11.3 | 0.06 | 11.3 | 0.05 | 11.3 |
| 77 | S-Bahn -> Westen | 0.10 | 13.0 | 0.08 | 15.3 | 0.07 | 13.5 | 0.04 | 11.3 | 0.05 | 12.0 |
| 78 | S-Bahn -> Osten | 0.09 | 8.0 | 0.08 | 11.3 | 0.05 | 11.5 | 0.03 | 3.8 | 0.03 | 3.8 |
| 79 | GZ -> Osten (079-080) | 0.30 | 7.0 | 0.49 | 33.0 | 0.18 | 7.0 | 0.10 | 4.0 | 0.08 | 7.3 |
| 80 | GZ -> Osten (079-080) | 0.18 | 8.0 | 0.26 | 8.3 | 0.19 | 8.3 | 0.09 | 4.5 | 0.11 | 8.3 |
| 81 | S-Bahn -> Westen | 0.06 | 14.3 | 0.05 | 8.0 | 0.04 | 8.0 | 0.03 | 10.3 | 0.02 | 3.5 |
| 82 | S-Bahn -> Osten | 0.08 | 36.0 | 0.09 | 9.5 | 0.04 | 3.8 | 0.03 | 3.8 | 0.04 | 3.8 |
| 84 | S-Bahn -> Westen | 0.07 | 11.5 | 0.10 | 14.5 | 0.07 | 12.8 | 0.05 | 10.5 | 0.05 | 10.5 |
| 85 | S-Bahn -> Osten | 0.11 | 21.8 | 0.09 | 11.8 | 0.06 | 12.8 | 0.03 | 12.5 | 0.04 | 13.5 |
| 86 | DS -> Osten | 0.52 | 9.5 | 0.45 | 14.5 | 0.15 | 13.0 | 0.08 | 9.5 | 0.07 | 14.5 |
| 87 | DS -> Westen | 0.20 | 43.8 | 0.13 | 15.3 | 0.09 | 12.3 | 0.05 | 12.3 | 0.07 | 12.3 |
| Fett: max KB_{Fmax} bei f_{dom} | | 0.520 | 9.5 | 0.485 | 33.0 | 0.185 | 8.3 | 0.096 | 4.0 | 0.109 | 8.3 |
| KB_{Fmax} | | | | | | | | | | | |
| energetischer Mittelwert | | 0.181 | | 0.175 | | 0.082 | | 0.052 | | 0.054 | |
| Standardabw. | | 0.097 | | 0.104 | | 0.042 | | 0.023 | | 0.024 | |
| Minimaler Wert | | 0.033 | | 0.008 | | 0.008 | | 0.007 | | 0.011 | |
| Maximaler Wert | | 0.520 | | 0.485 | | 0.185 | | 0.096 | | 0.109 | |

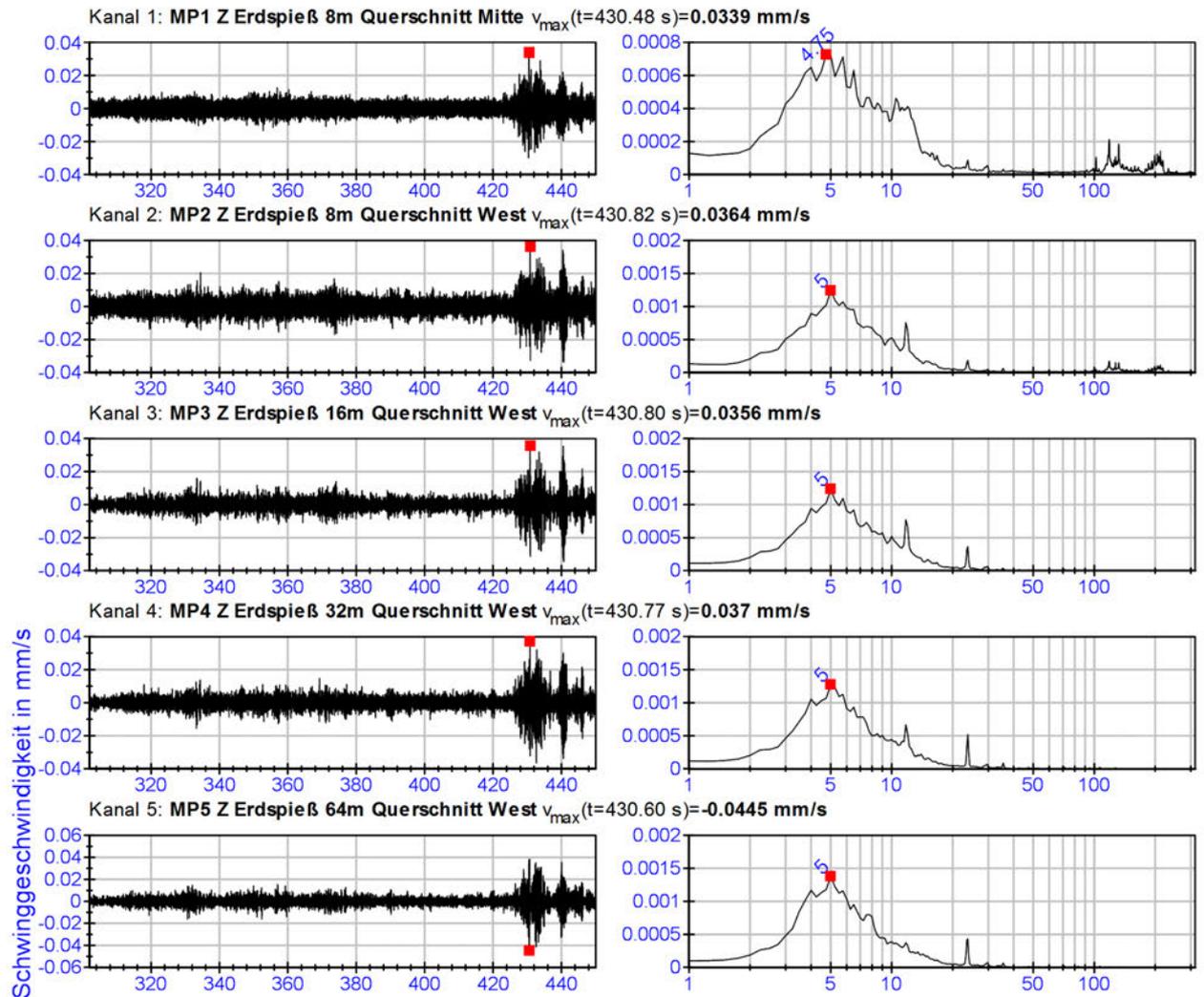
2.3 Messungen im Zeit- und Frequenzbereich

2.3.1 Querschnitt West

2.3.1.1 Schne007-021: Grunderschütterungspegel

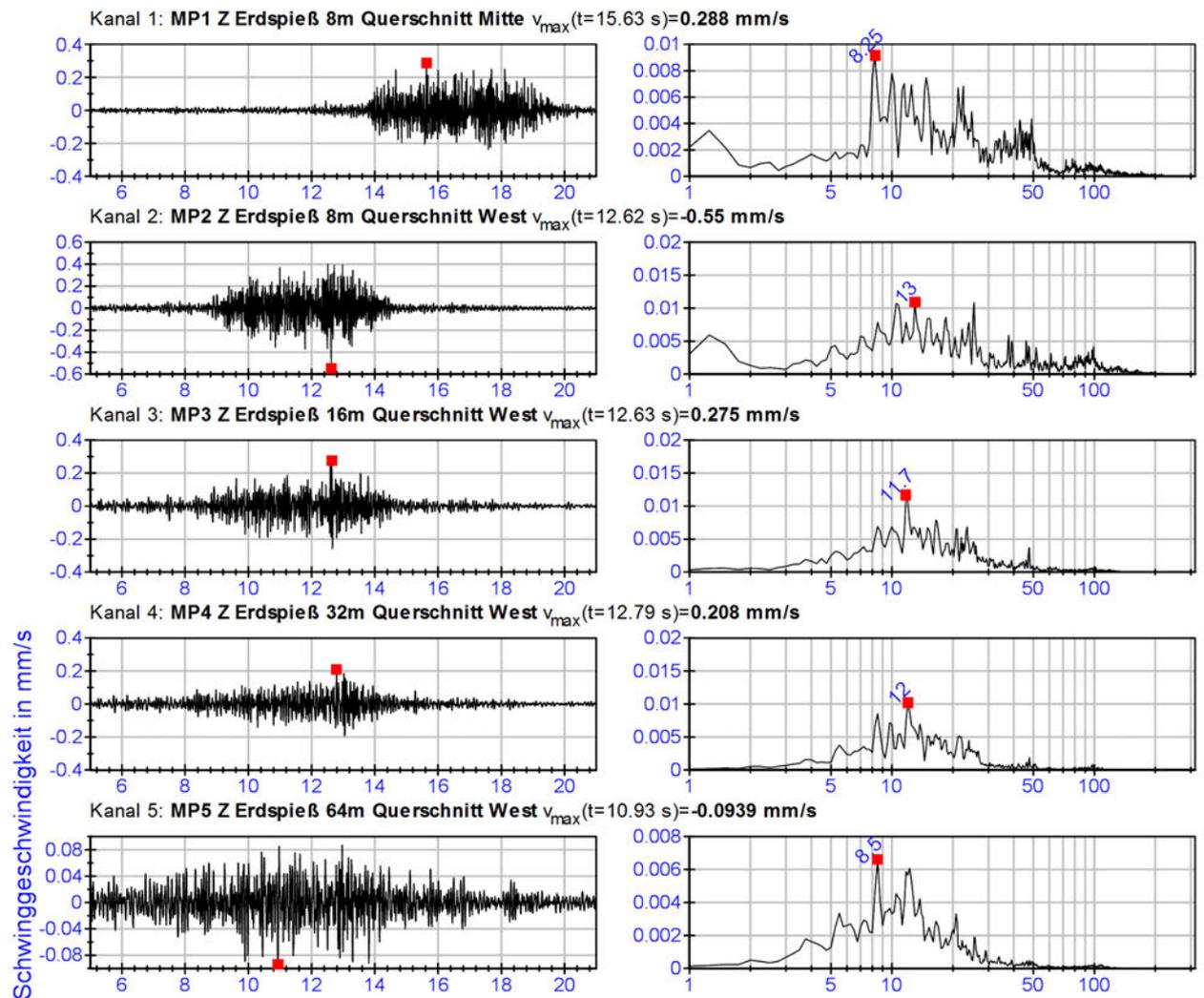
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne007-021 1.3.2016 12:10:57

Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



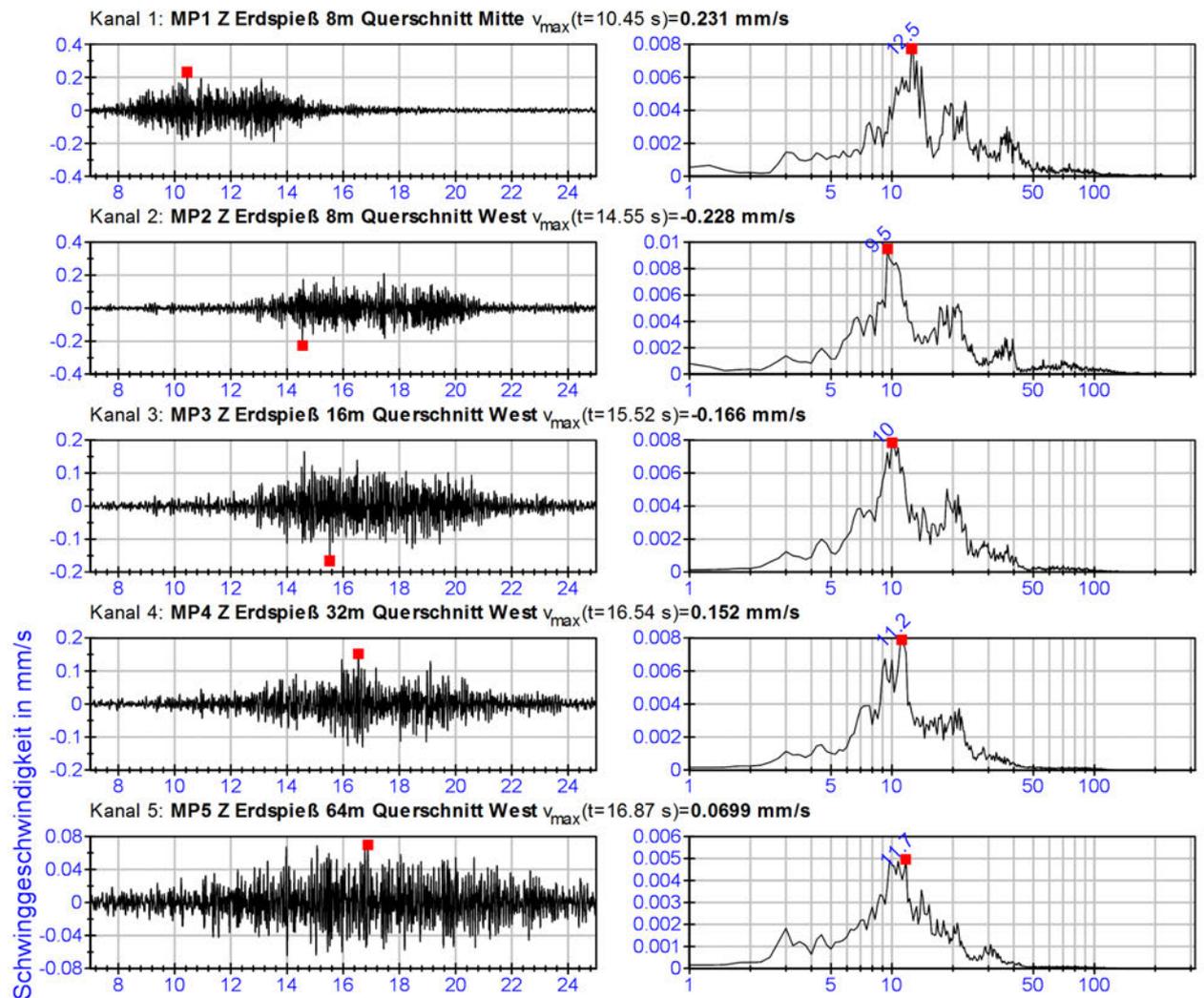
2.3.1.2 Schne060: S-Bahn Richtung Osten

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne060 1.3.2016 14:21:56
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.1.3 Schne064: S-Bahn Richtung Westen

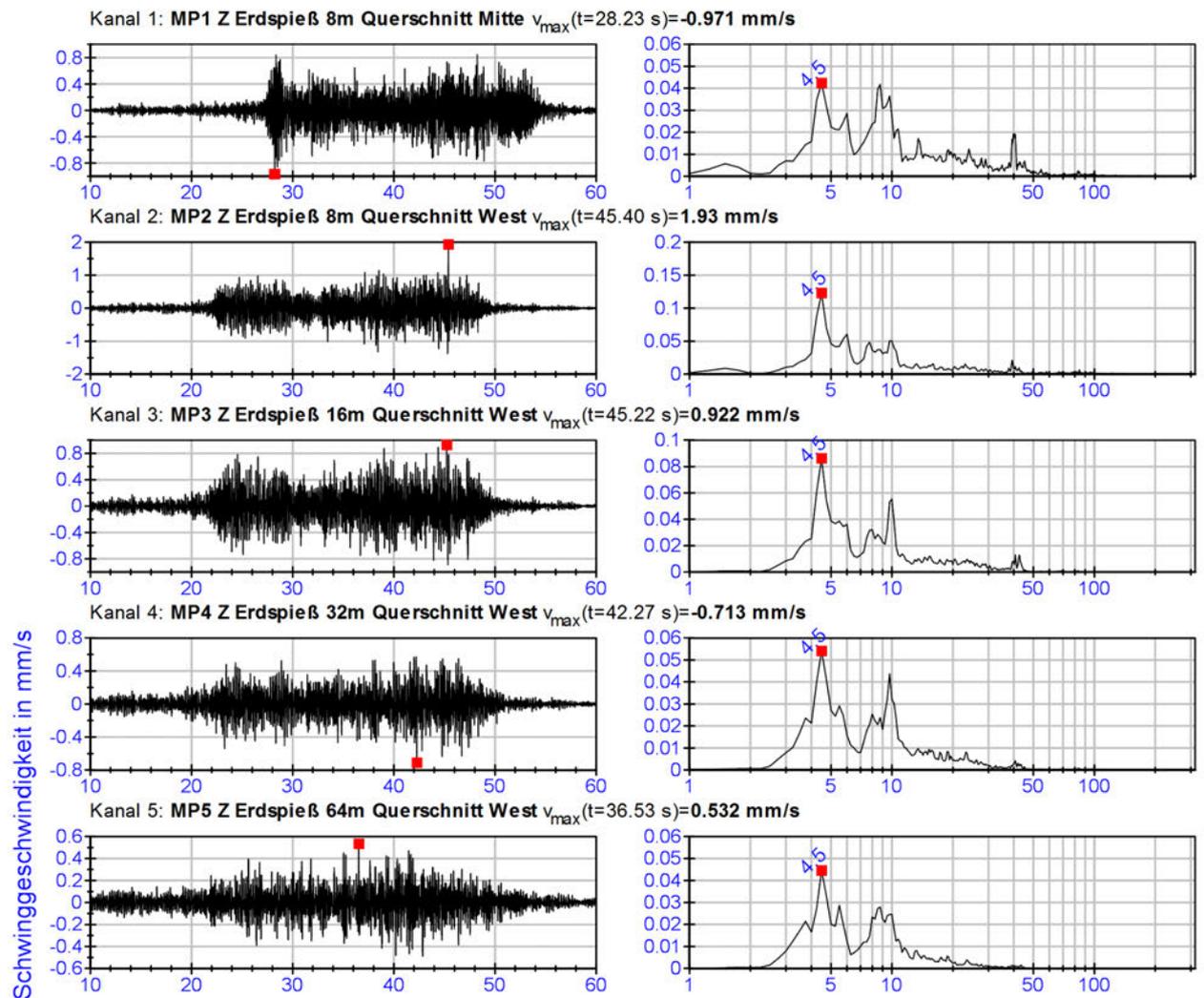
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne064 1.3.2016 14:37:44
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.1.4 Schne065-066: Güterzug Richtung Osten

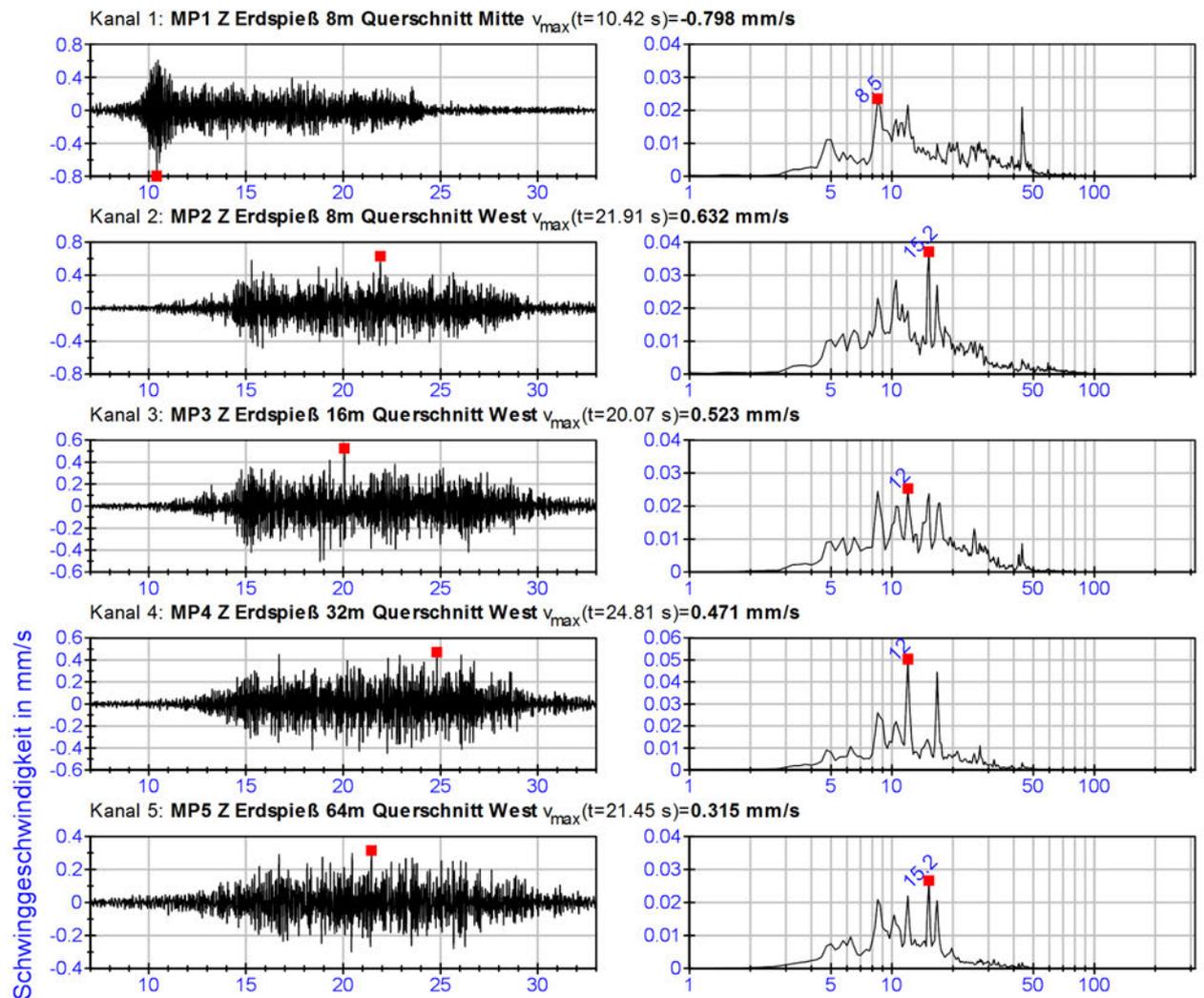
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne065-066 1.3.2016 14:39:04

Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



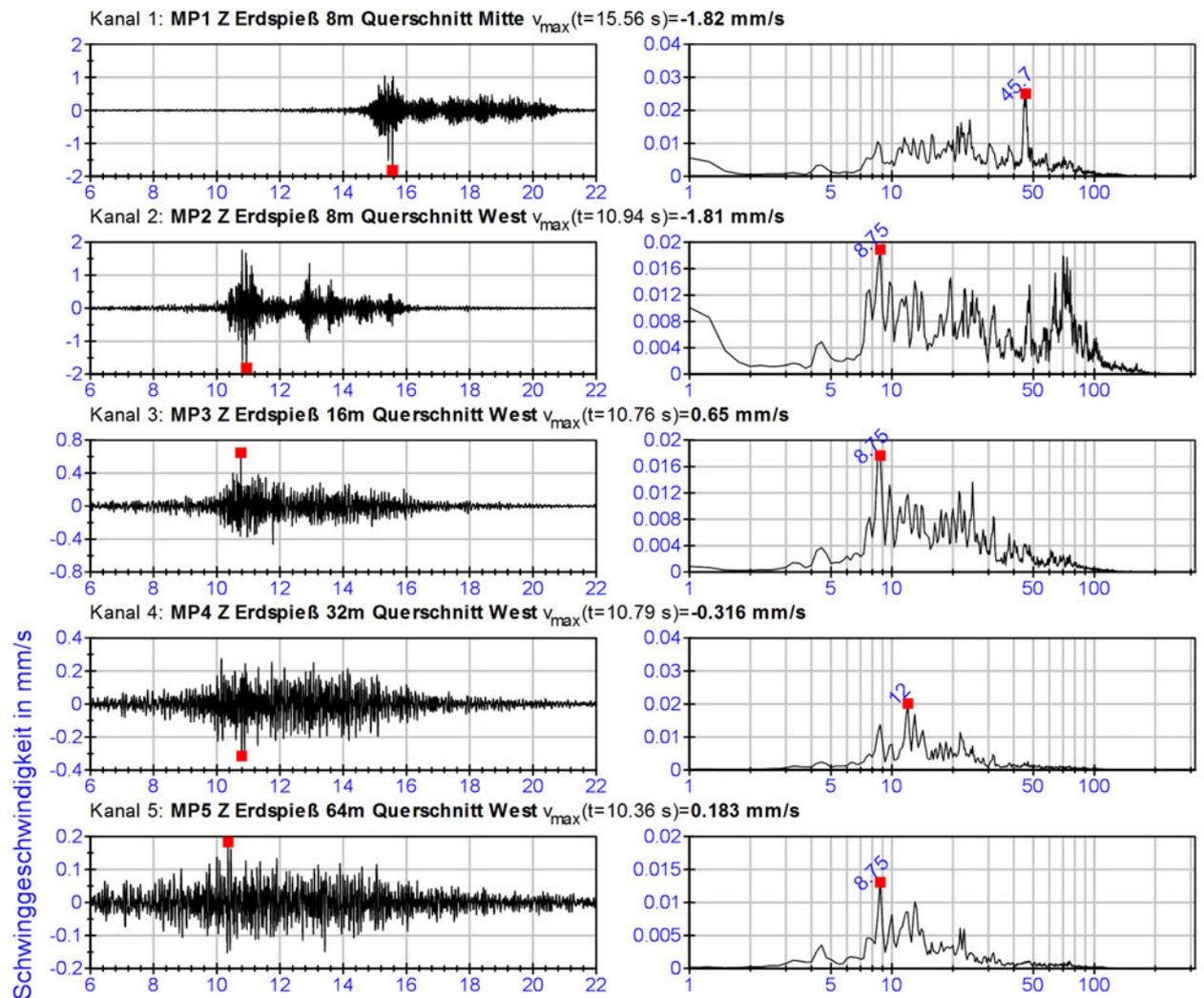
2.3.1.5 Schne057-058: Güterzug Richtung Westen

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne057-058 1.3.2016 14:04:41
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



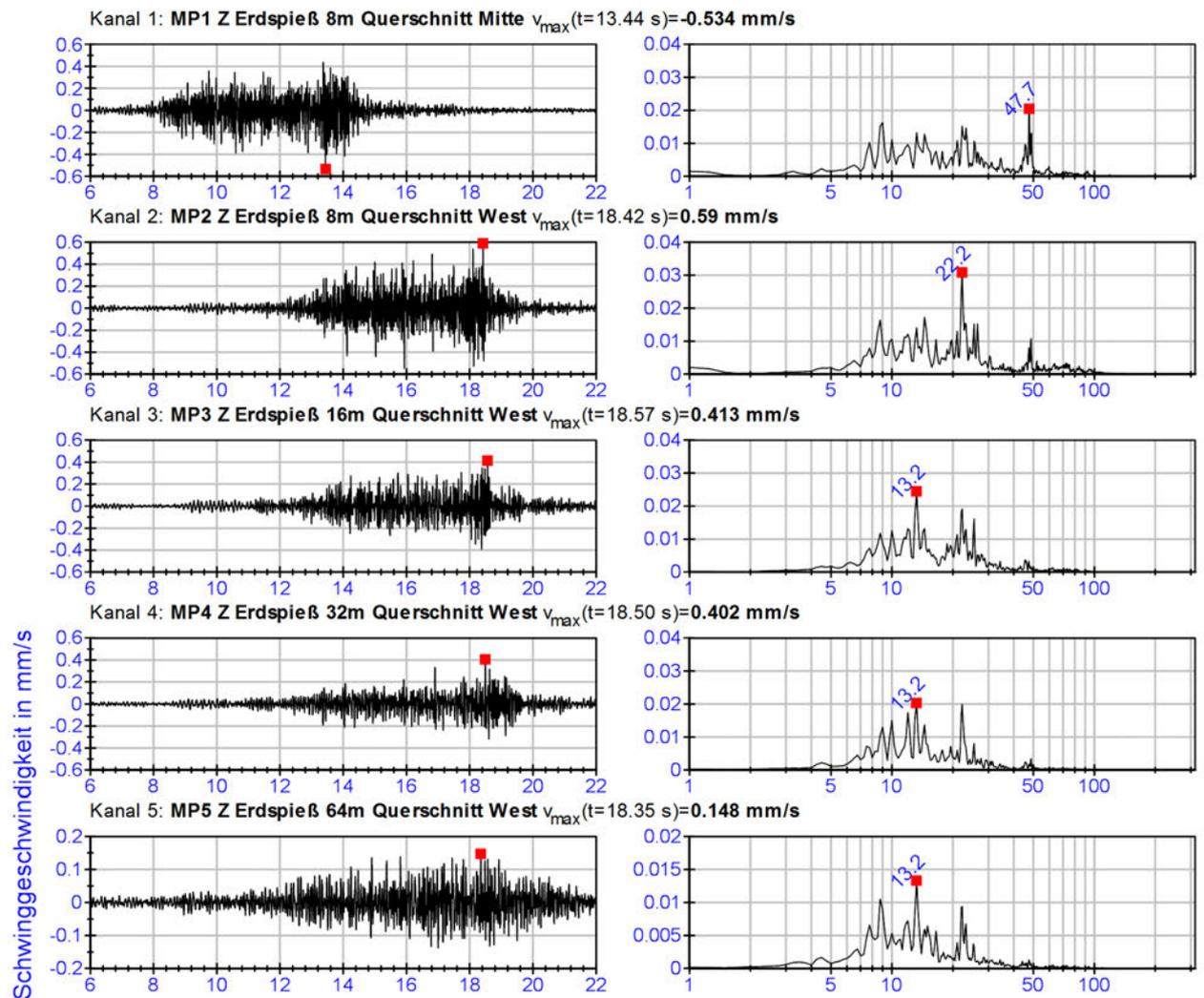
2.3.1.6 Schne075: Doppelstockwagen Richtung Osten

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne075 1.3.2016 15:26:26
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.1.7 Schne040: Doppelstockwagen Richtung Westen

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Messung: Schne040 1.3.2016 12:32:49
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen

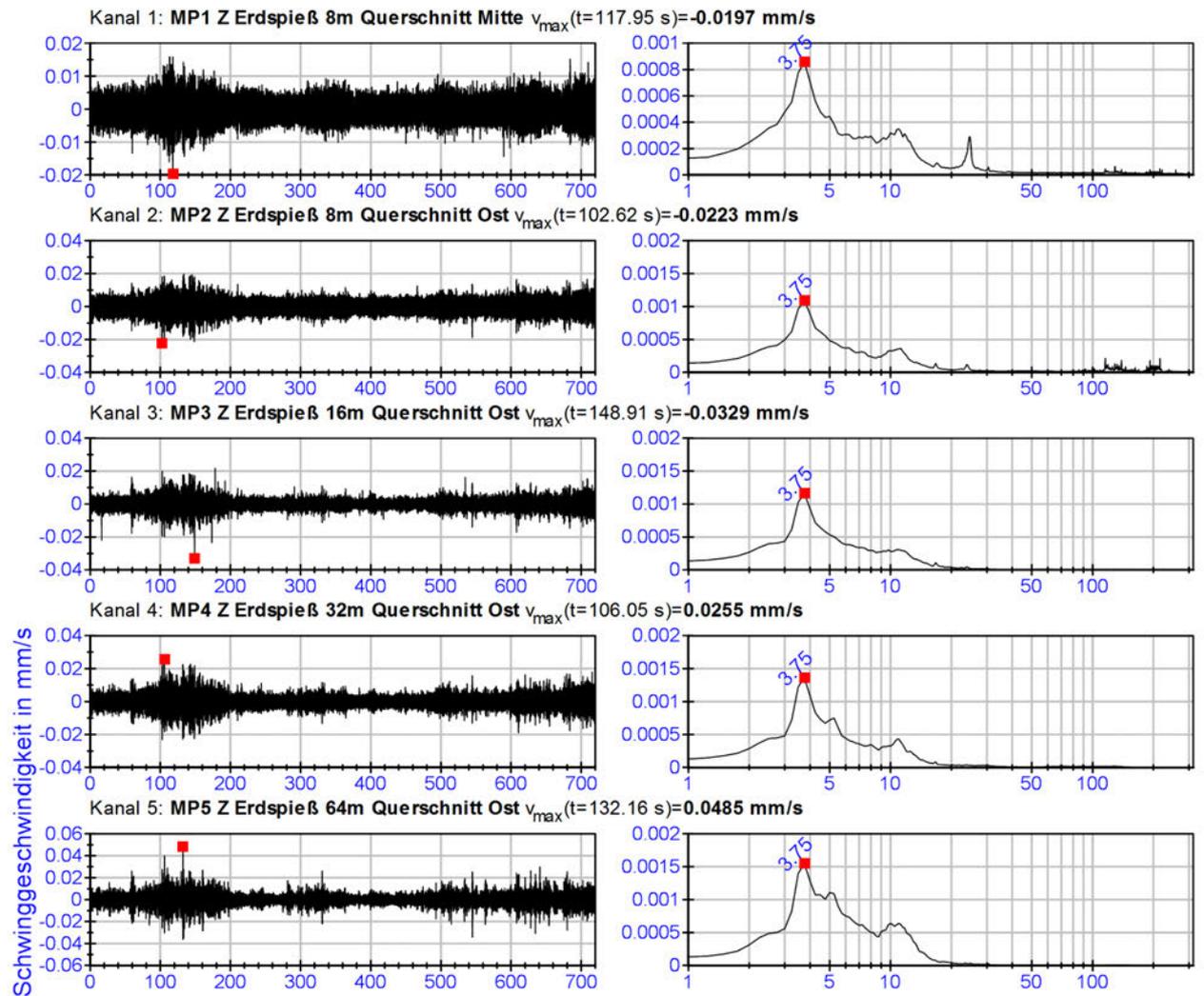


2.3.2 Querschnitt Ost

2.3.2.1 Schne040-056: Grunderschütterungspegel

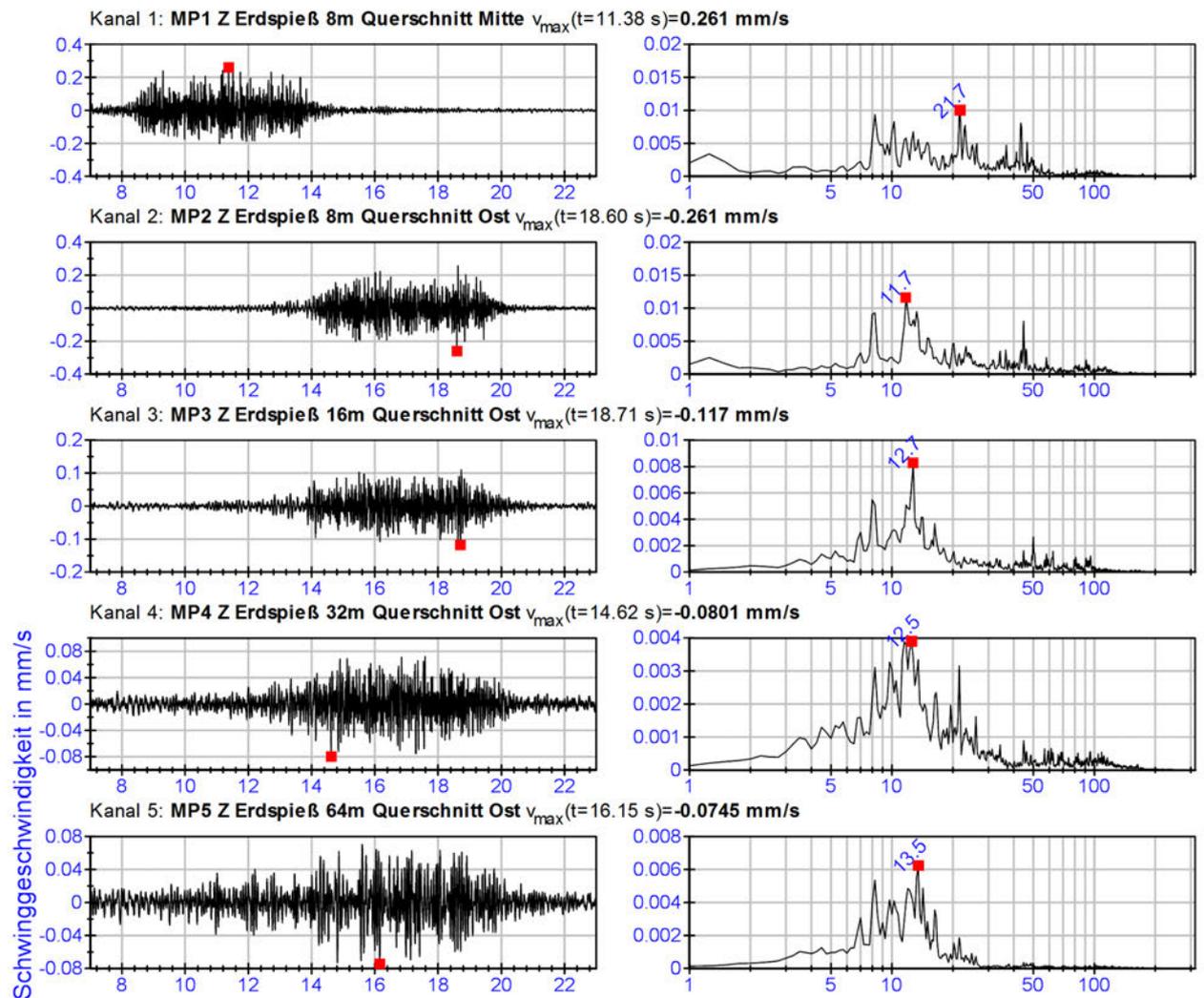
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne006-029 2.3.2016 11:08:44

Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



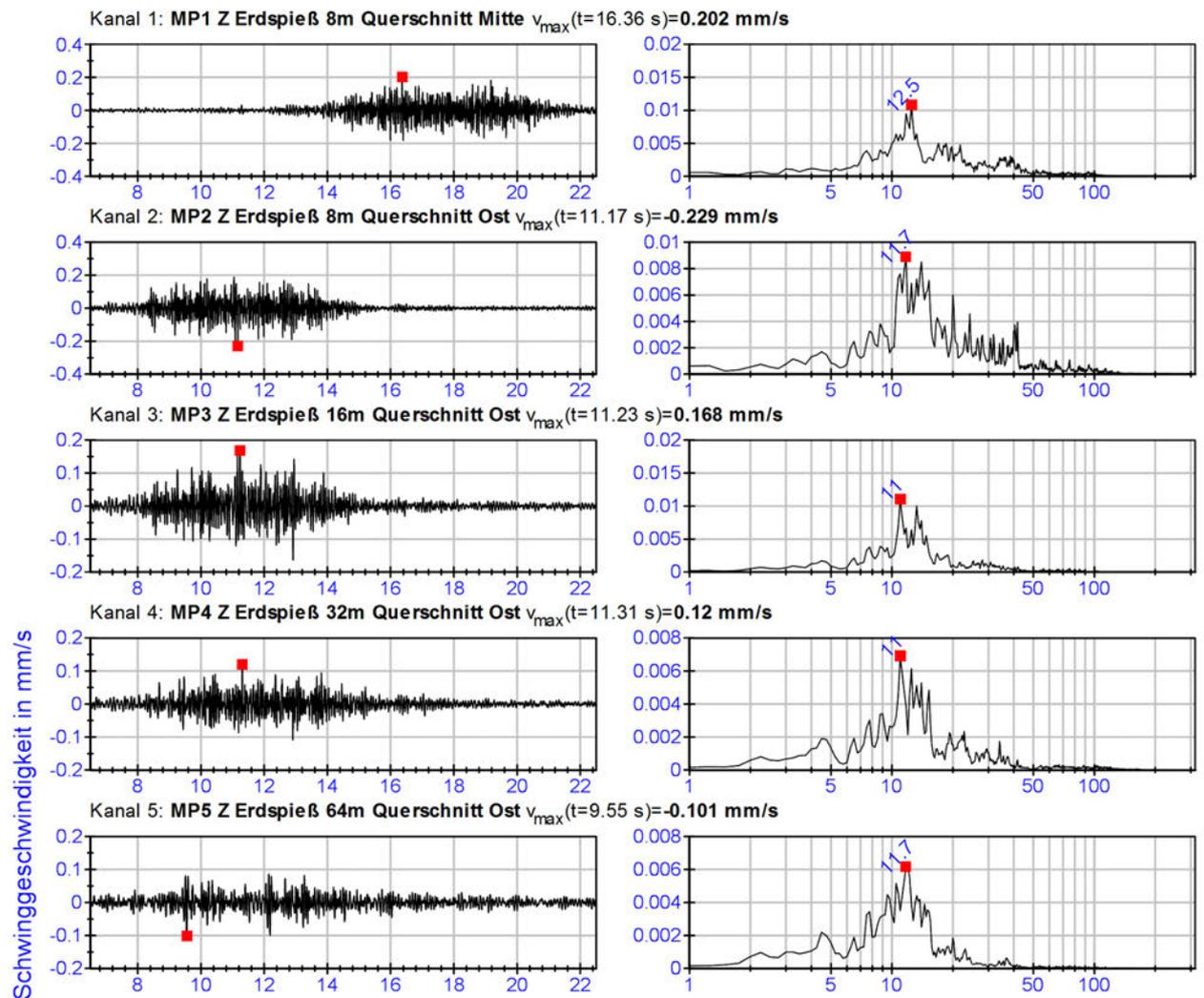
2.3.2.2 Schne085: S-Bahn Richtung Osten

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne085 2.3.2016 15:22:22
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



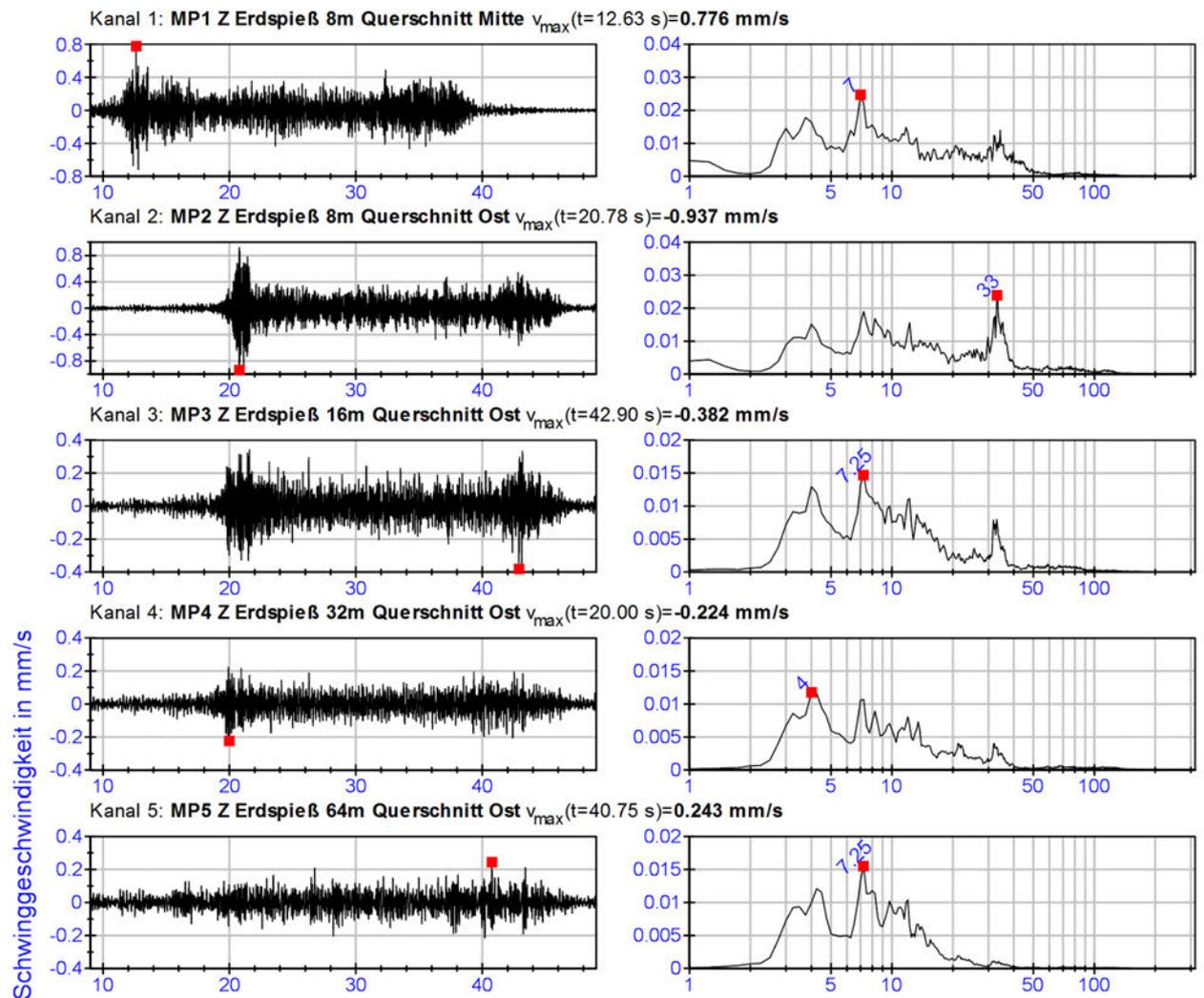
2.3.2.3 Schne049: S-Bahn Richtung Westen

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne049 2.3.2016 11:58:39
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.2.4 Schne079-080: Güterzug Richtung Osten

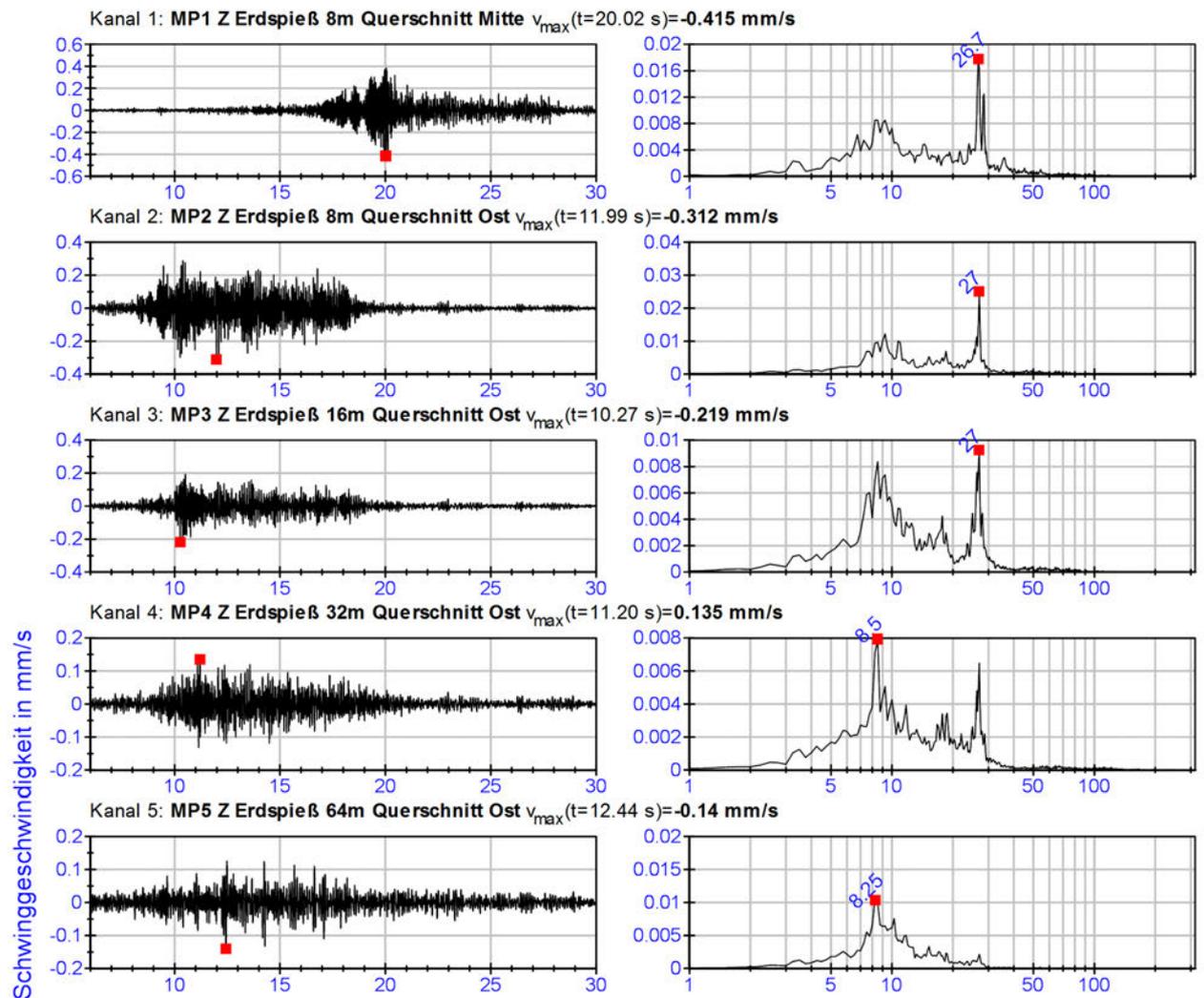
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne079-080 2.3.2016 14:46:25
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.2.5 Schne057: Güterzug Richtung Westen

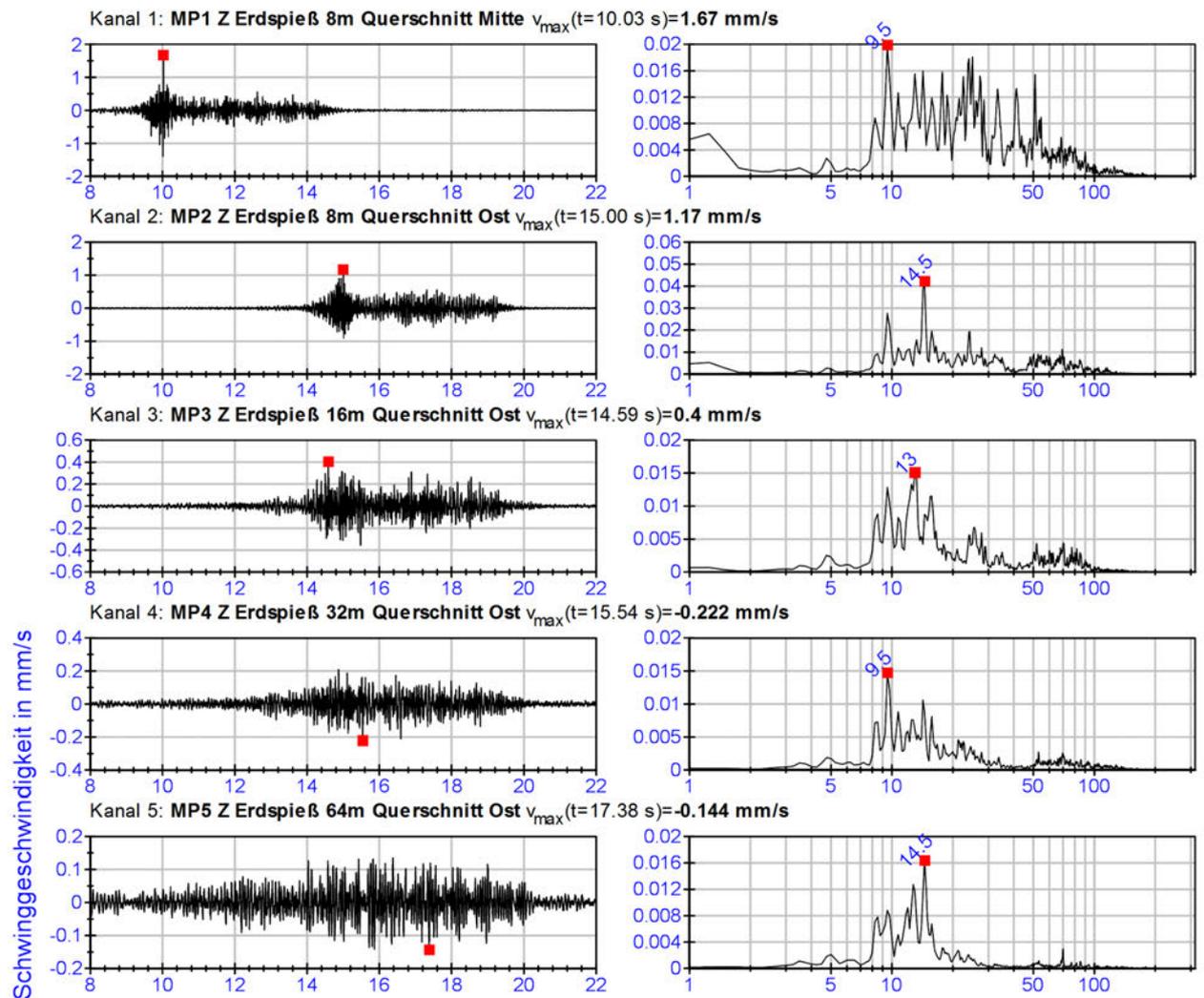
Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne057 2.3.2016 12:41:56

Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



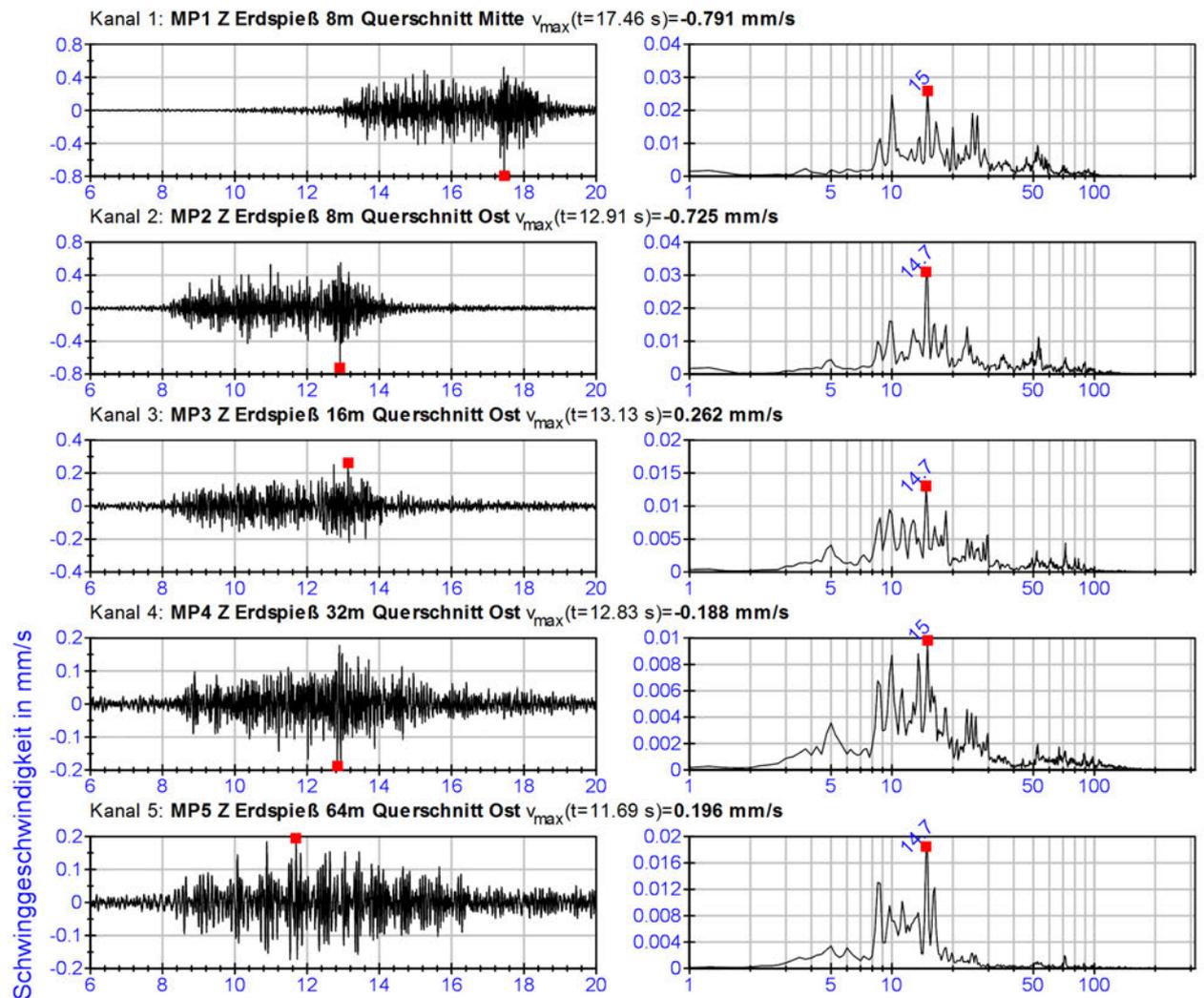
2.3.2.6 Schne086: Doppelstockwagen Richtung Osten

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne086 2.3.2016 15:26:39
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



2.3.2.7 Schne046: Doppelstockwagen Richtung Westen

Projekt: 2015383 BPlan Neugraben Fischbek Tag2 Messung: Schne046 2.3.2016 11:33:48
Messungen von Schienenverkehrsimmissionen



3 Zugverkehrshäufigkeit

3.1 Prognose 2030 mit Zugfahrgeschwindigkeiten gemäß Schwingungsmessungen

| Schienenverkehr | Messung v in km/h | Prognose 2030 Einwirktake Te | |
|---|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| | | Tags 6-22 Uhr Tr = 1920 | Nachts 22-6 Uhr Tr = 960 |
| S-Bahn Richtung Osten | 90 | 62 | 8 |
| S-Bahn Richtung Westen | 90 | 62 | 8 |
| Regionalzüge als Doppelstockwagen Richtung Osten | 110 | 16 | 3 |
| Regionalzüge als Doppelstockwagen Richtung Westen | 110 | 16 | 3 |
| Güterzugverkehr | 90 | 13 | 9 |

Quelle: Lärmtechnische Untersuchung Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 „Fischbeker Reethen“
Ingenieurbüro Bergann Anhaus GmbH, Stand Aktualisierung November 2021

3.2 Prognose 2030 mit planmäßigen Zugfahrgeschwindigkeiten

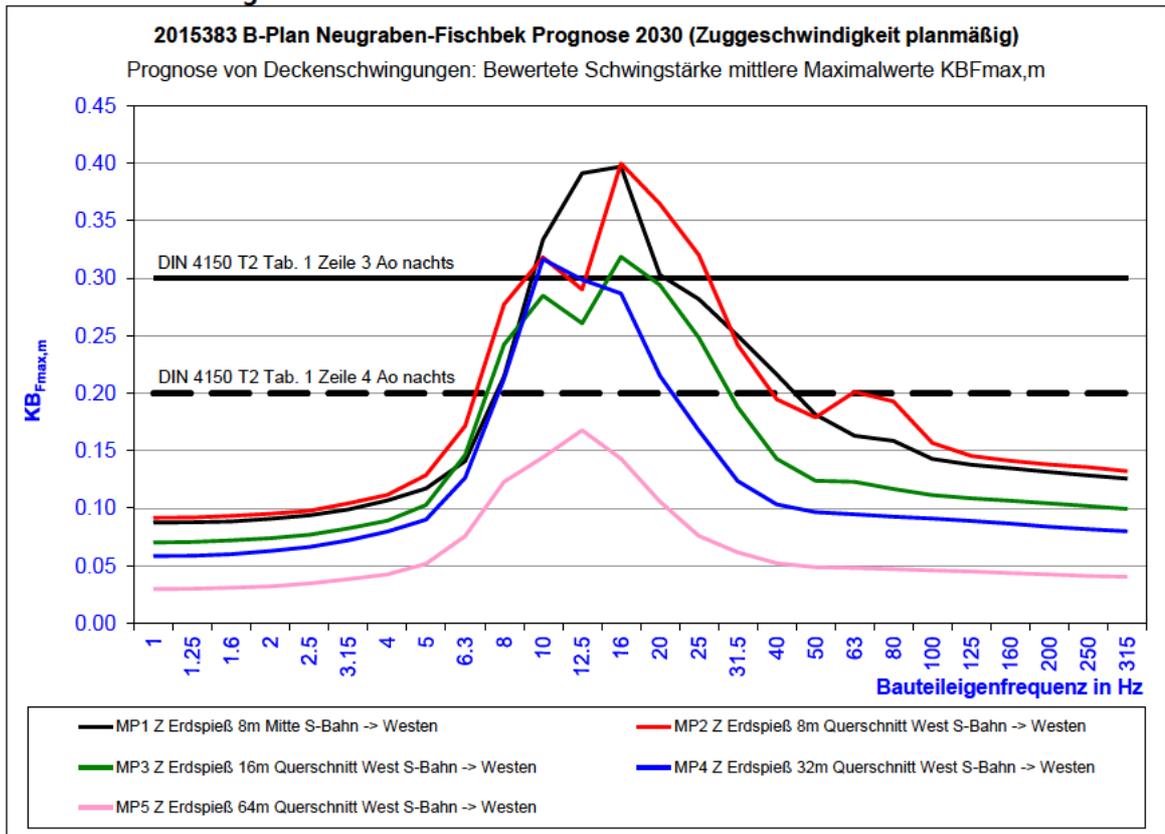
| Schienenverkehr | Planmäßig v in km/h | Prognose 2030 Einwirktake Te | |
|---|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| | | Tags 6-22 Uhr Tr = 1920 | Nachts 22-6 Uhr Tr = 960 |
| S-Bahn Richtung Osten | 120 | 62 | 8 |
| S-Bahn Richtung Westen | 120 | 62 | 8 |
| Regionalzüge als Doppelstockwagen Richtung Osten | 140 | 16 | 3 |
| Regionalzüge als Doppelstockwagen Richtung Westen | 140 | 16 | 3 |
| Güterzugverkehr | 100 | 13 | 9 |

Quelle: Lärmtechnische Untersuchung Bebauungsplan Neugraben-Fischbek 67 „Fischbeker Reethen“
Ingenieurbüro Bergann Anhaus GmbH, Stand Aktualisierung November 2021

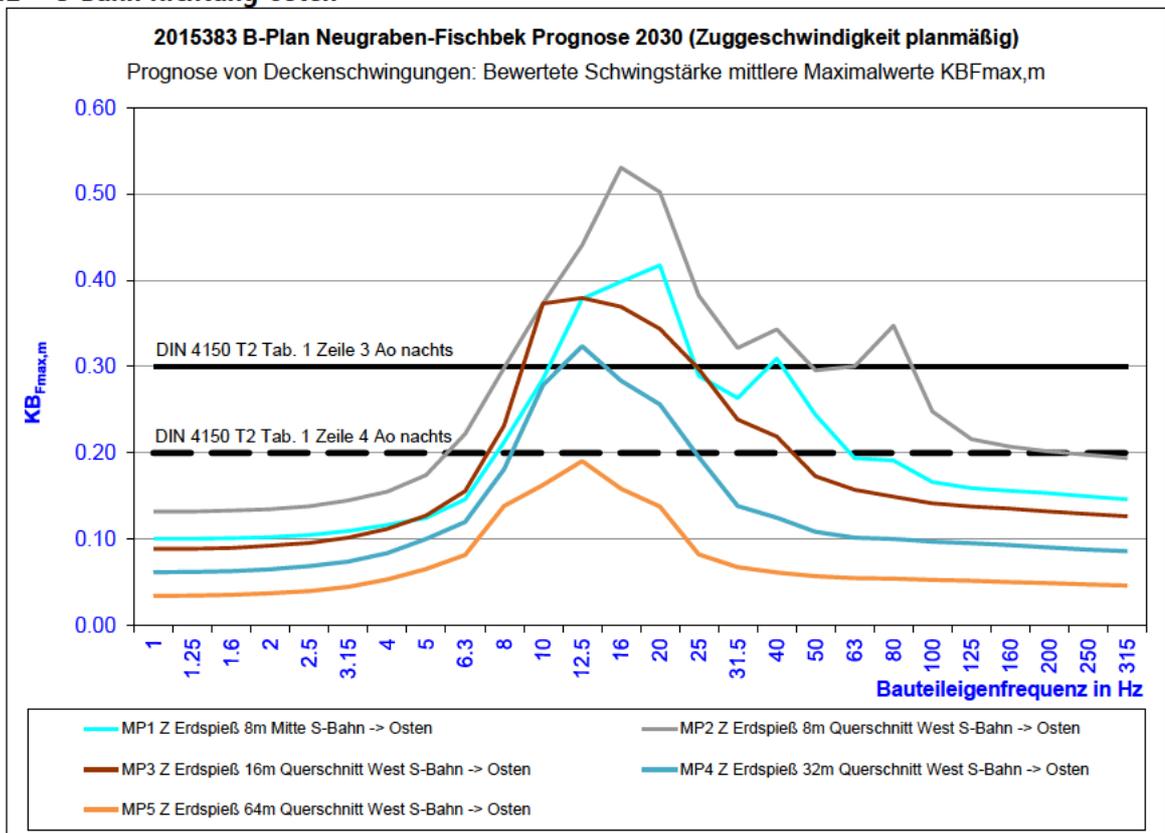
4 Erschütterungen: Prognose mit planmäßigen Fahrgeschwindigkeiten

4.1 Querschnitt West: Bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax,m}$ gemittelte Messungen

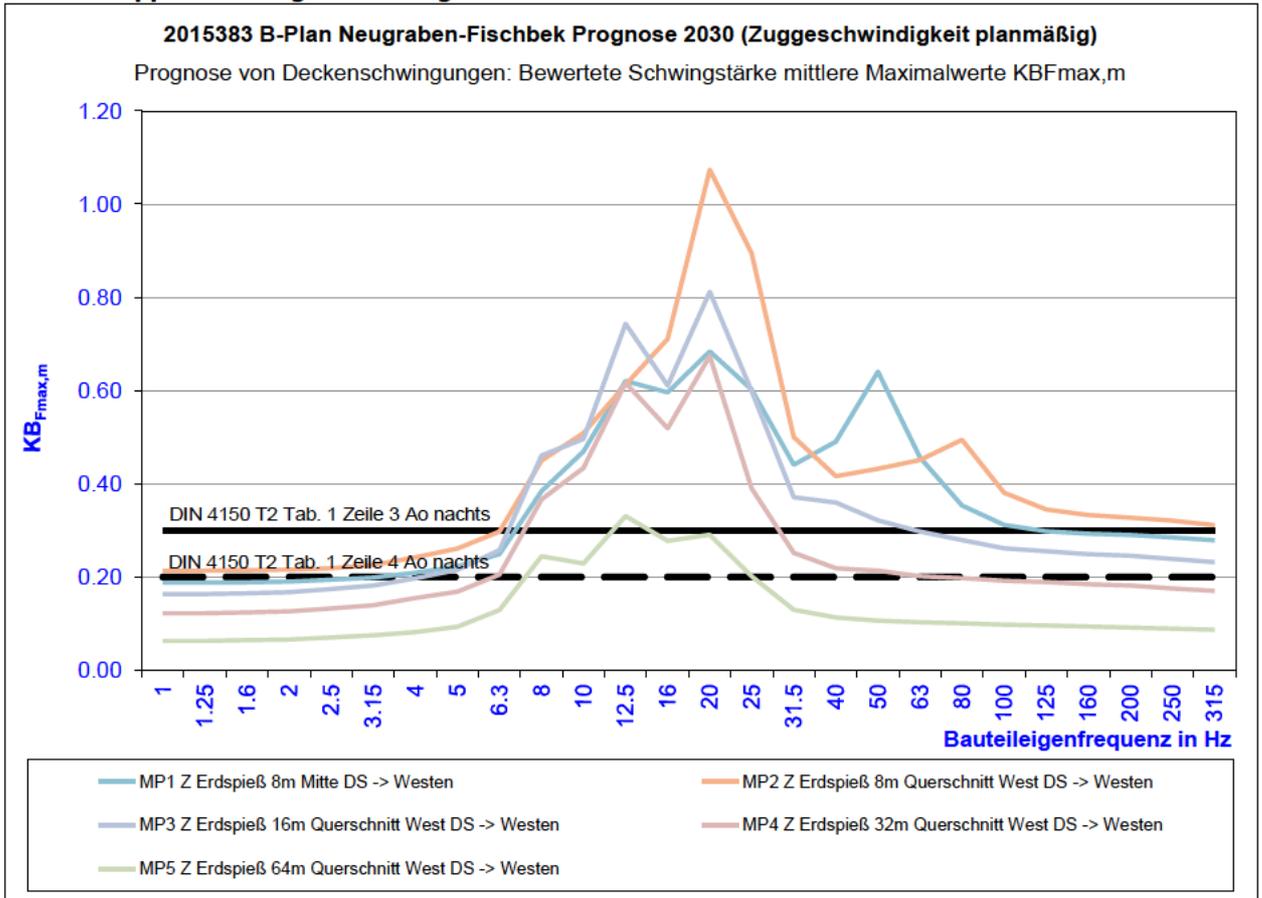
4.1.1 S-Bahn Richtung Westen



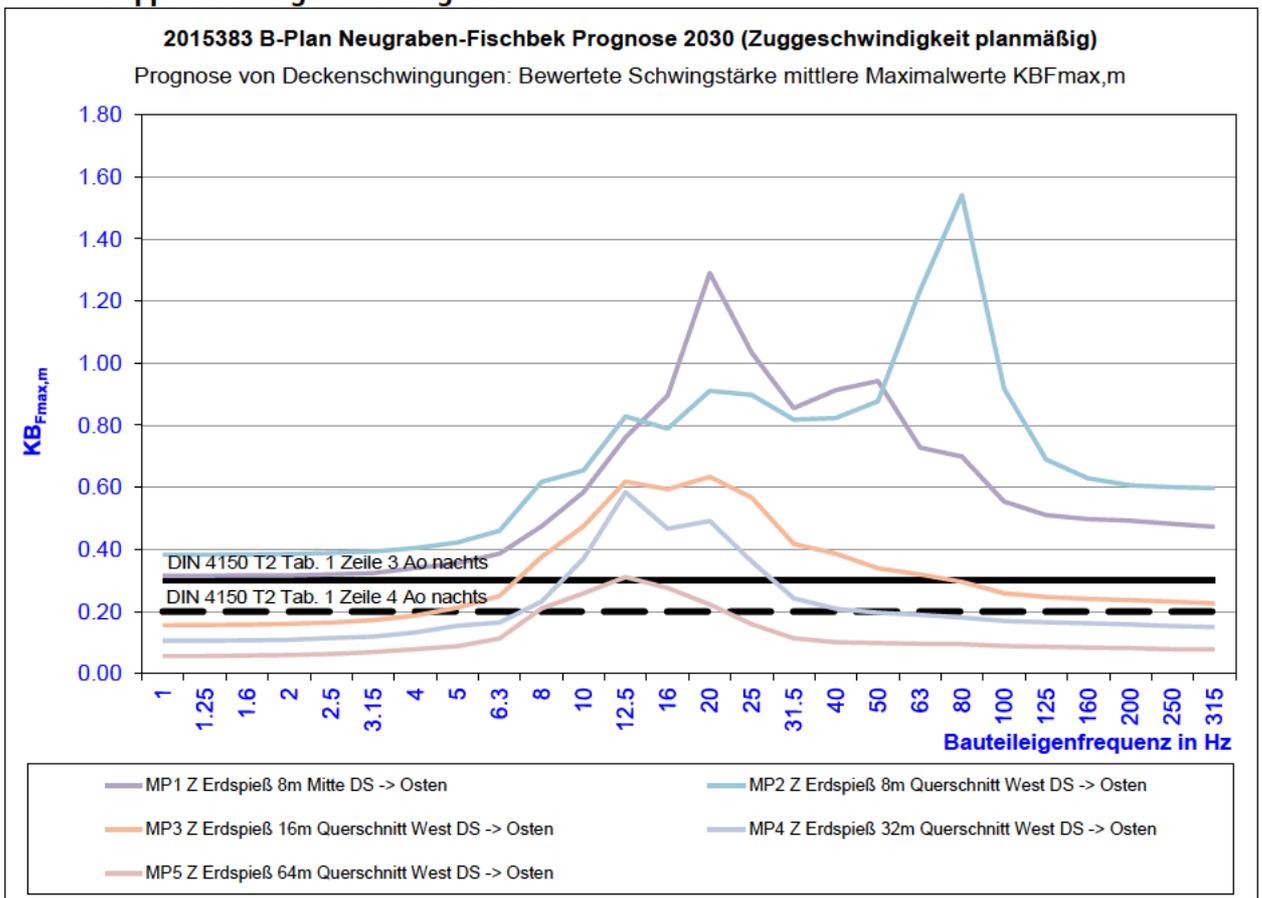
4.1.2 S-Bahn Richtung Osten



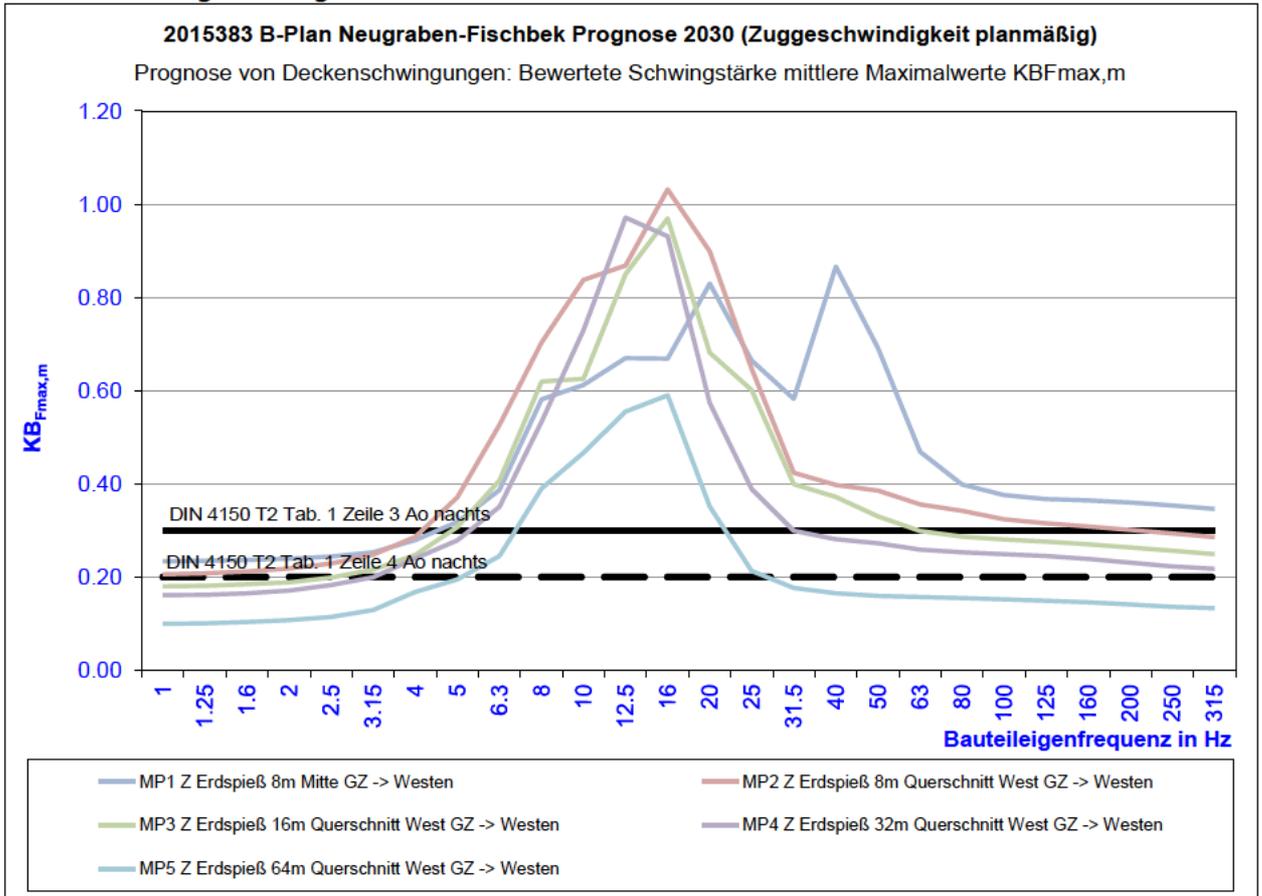
4.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen



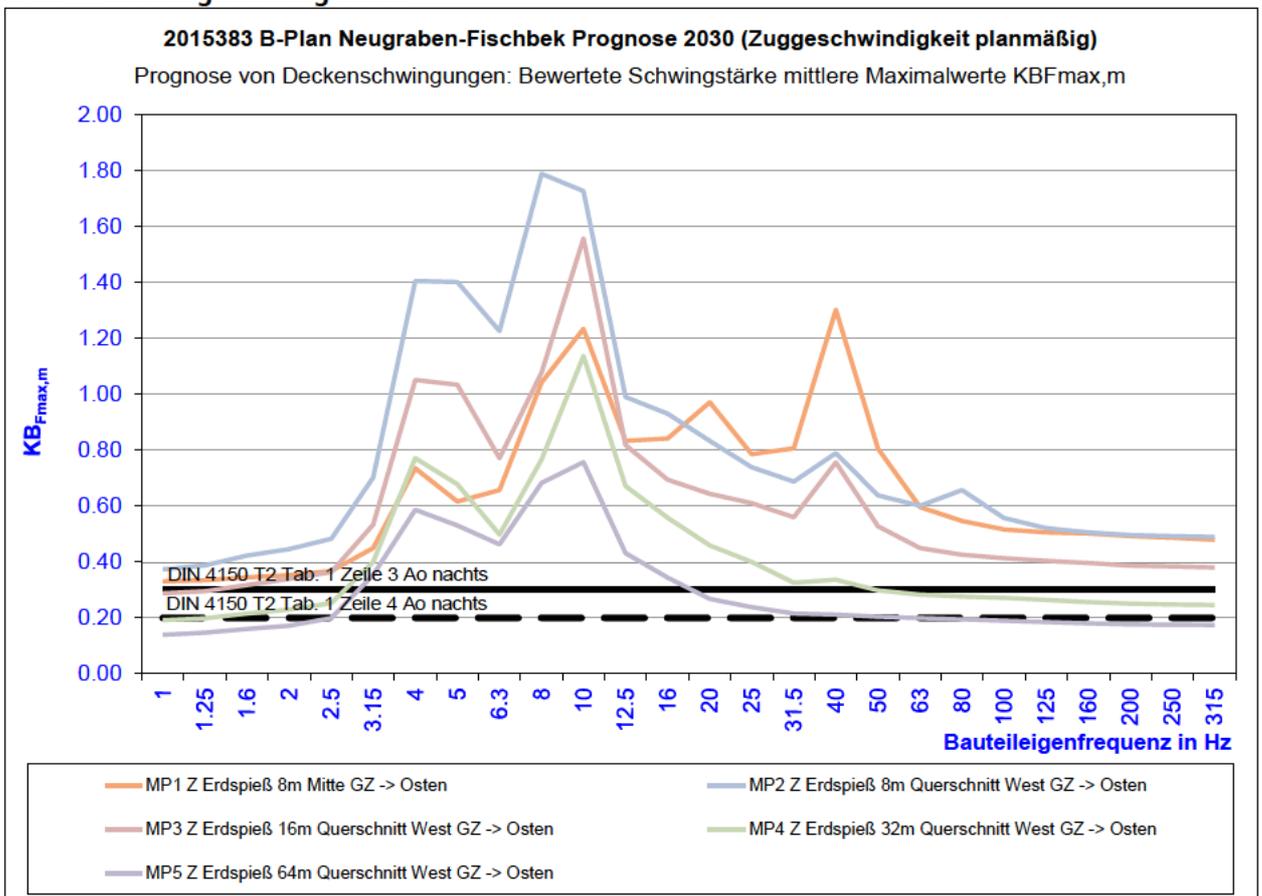
4.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten



4.1.5 Güterzug Richtung Westen

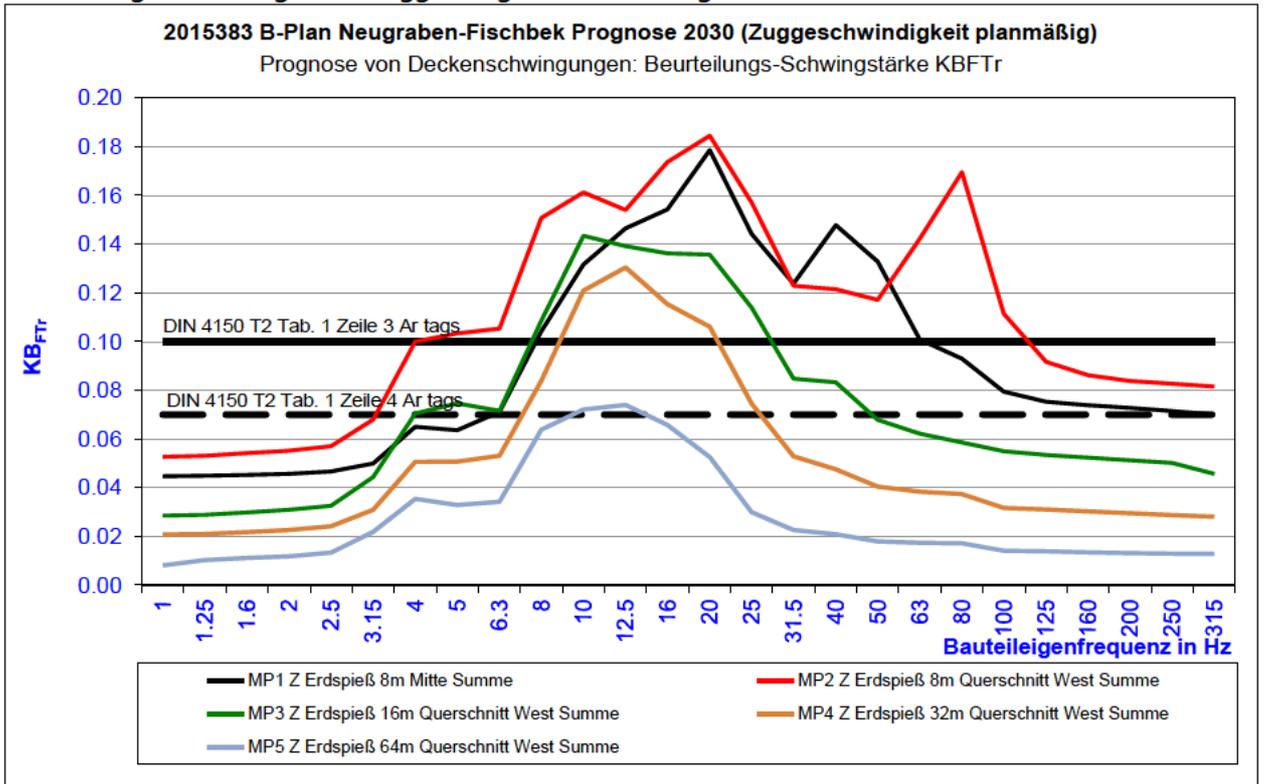


4.1.6 Güterzug Richtung Osten

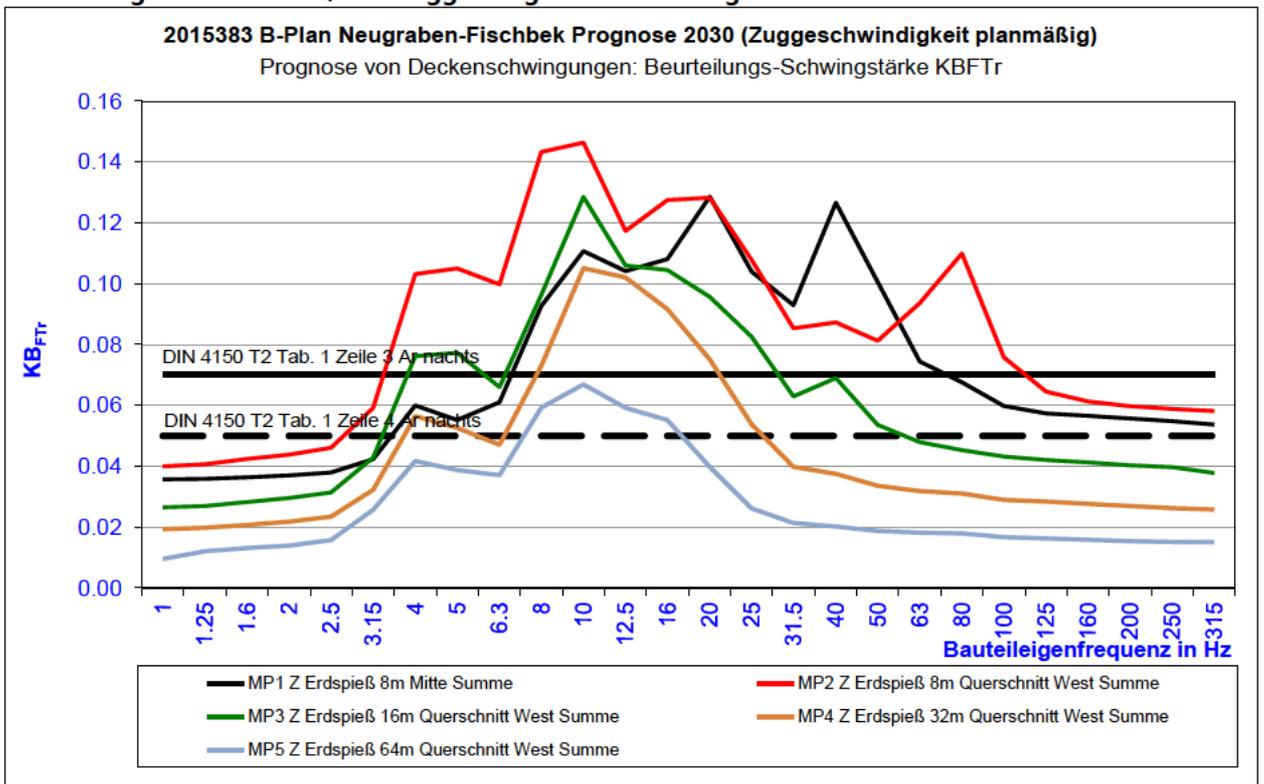


4.2 Querschnitt West: Beurteilung Schwingstärke KB_{FTr}

4.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert

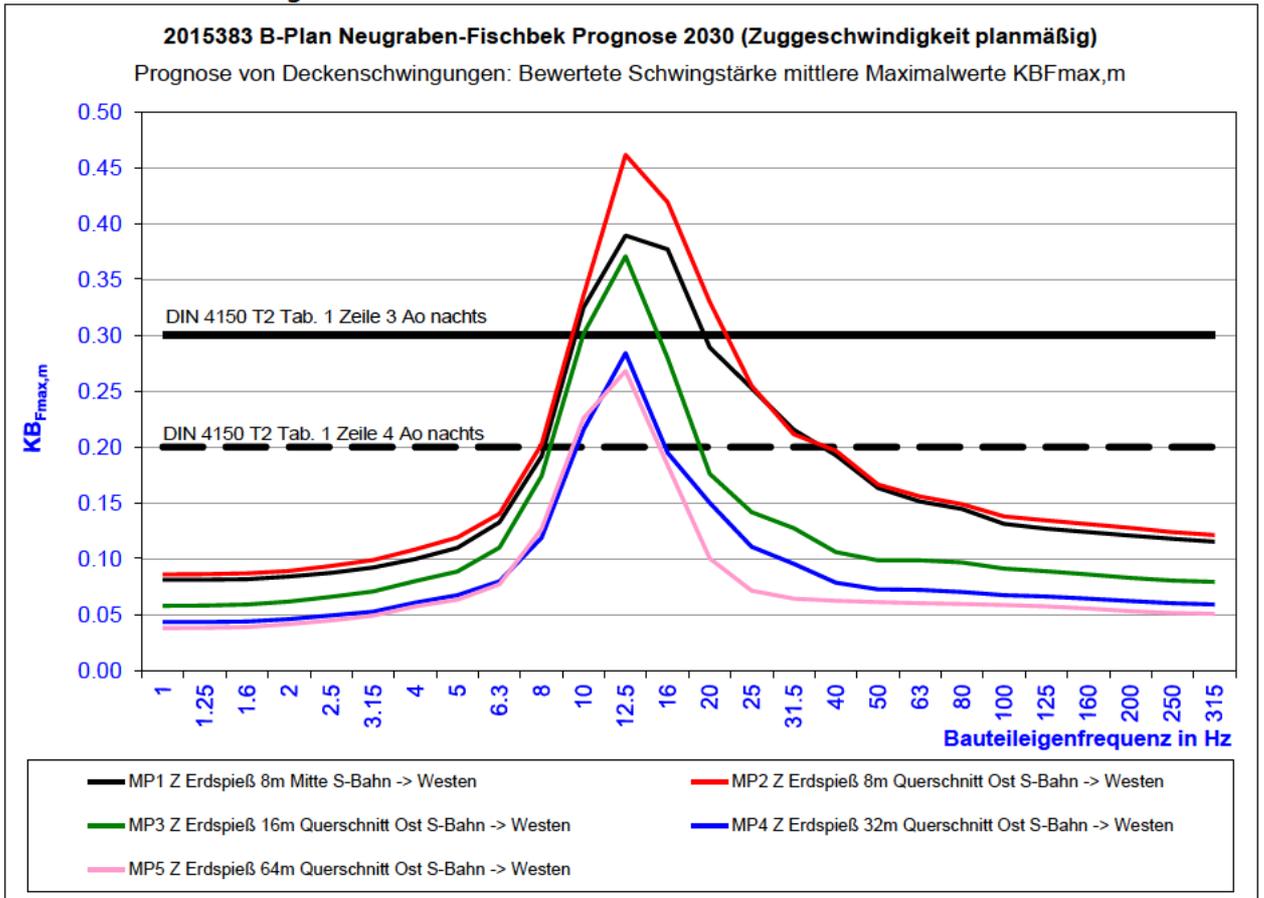


4.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert

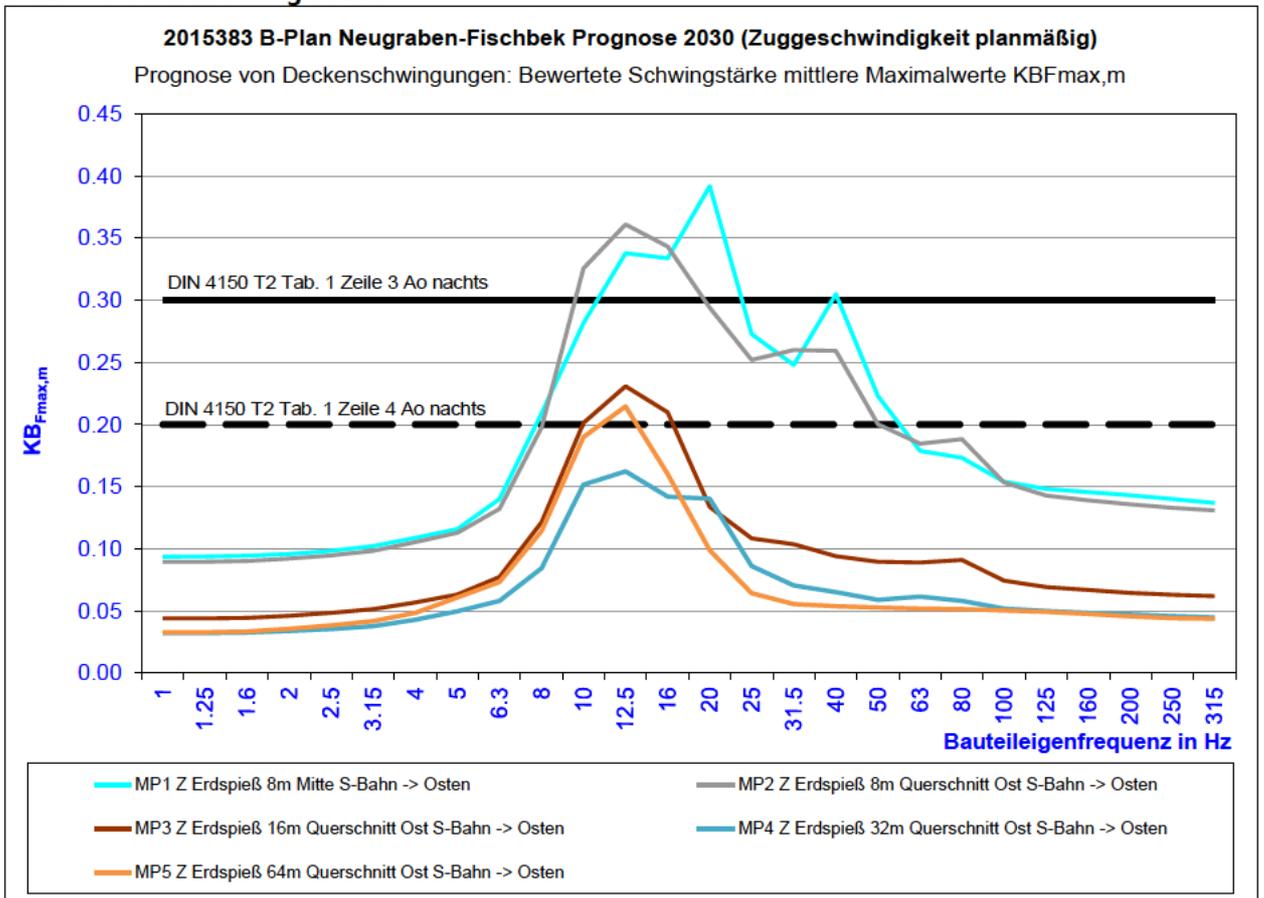


4.3 Querschnitt Ost: Bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax,m}$ gemittelte Messungen

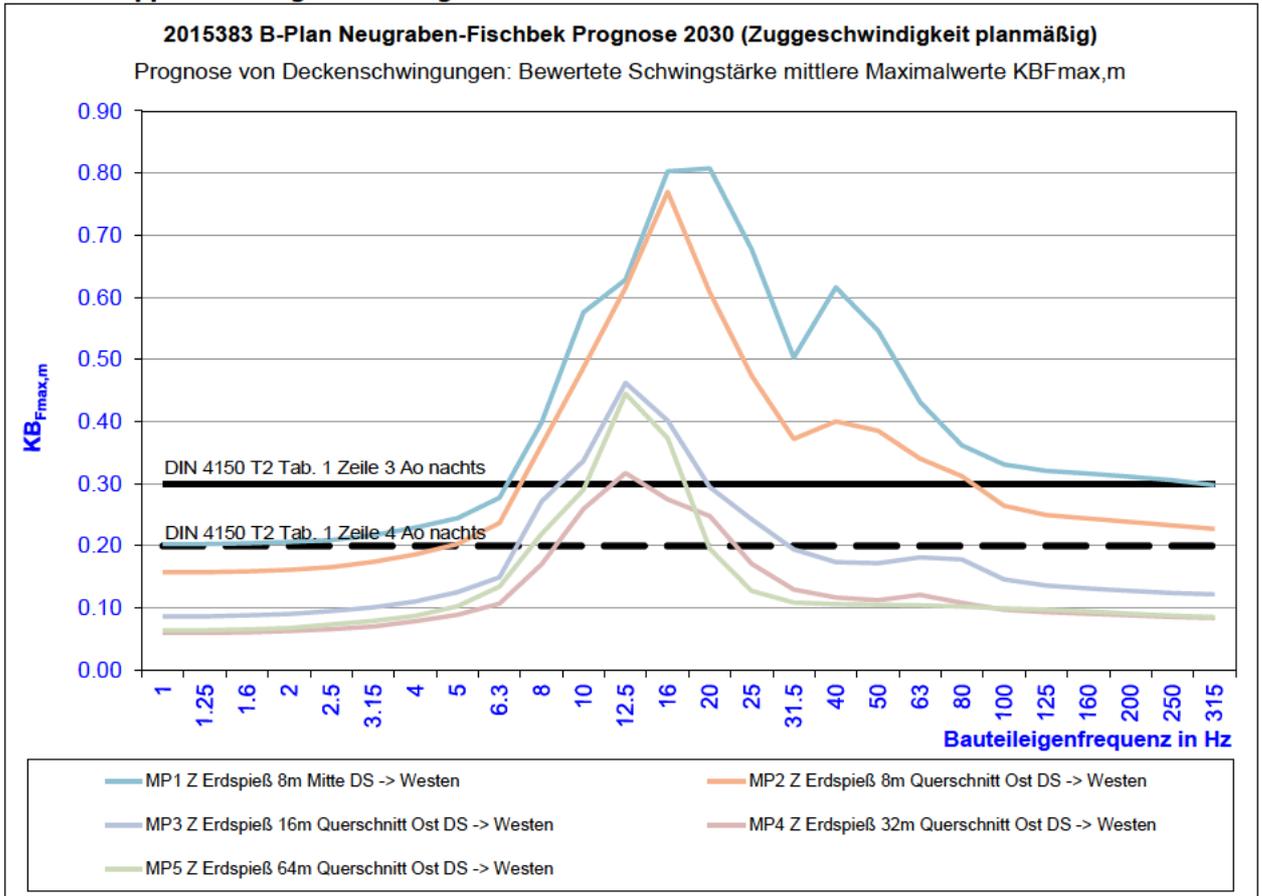
4.3.1 S-Bahn Richtung Westen



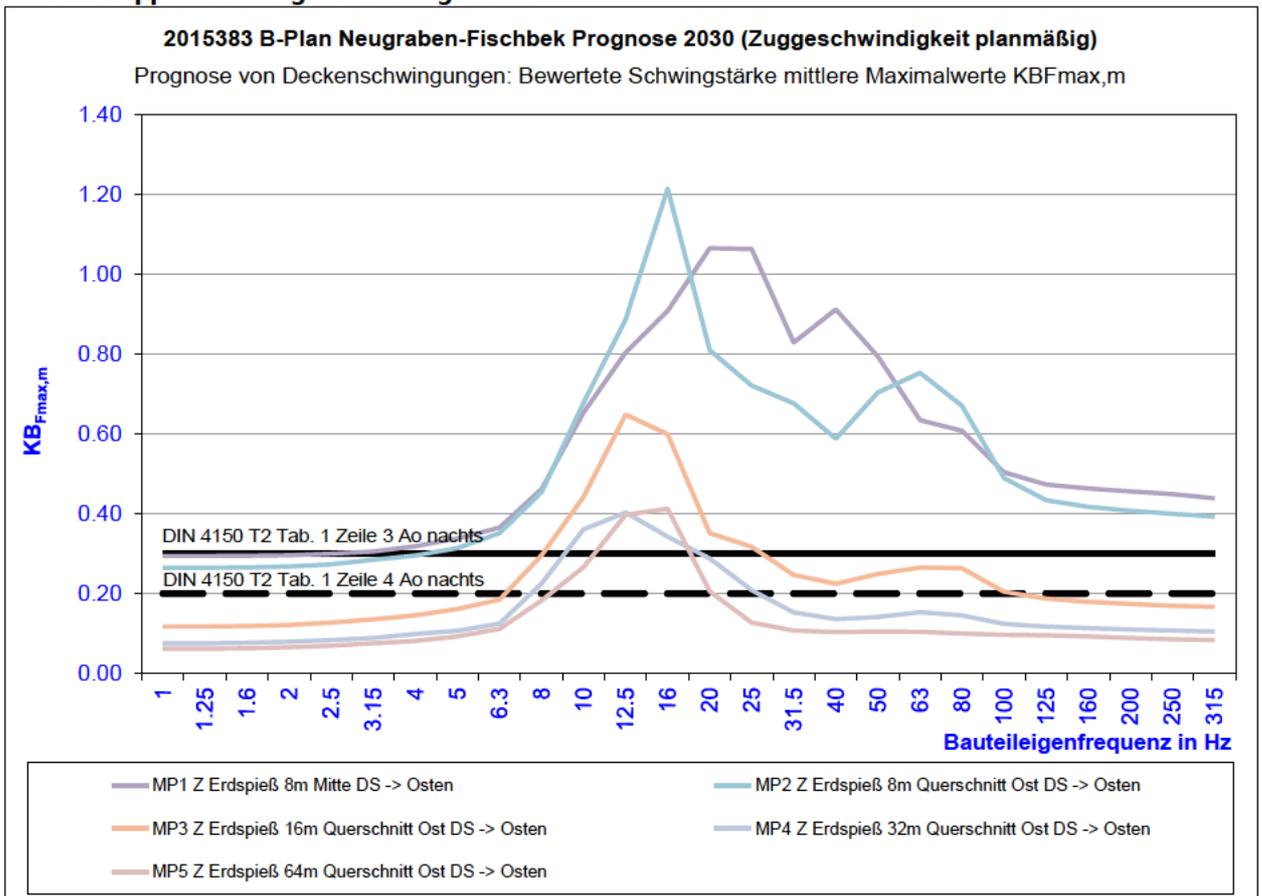
4.3.2 S-Bahn Richtung Osten



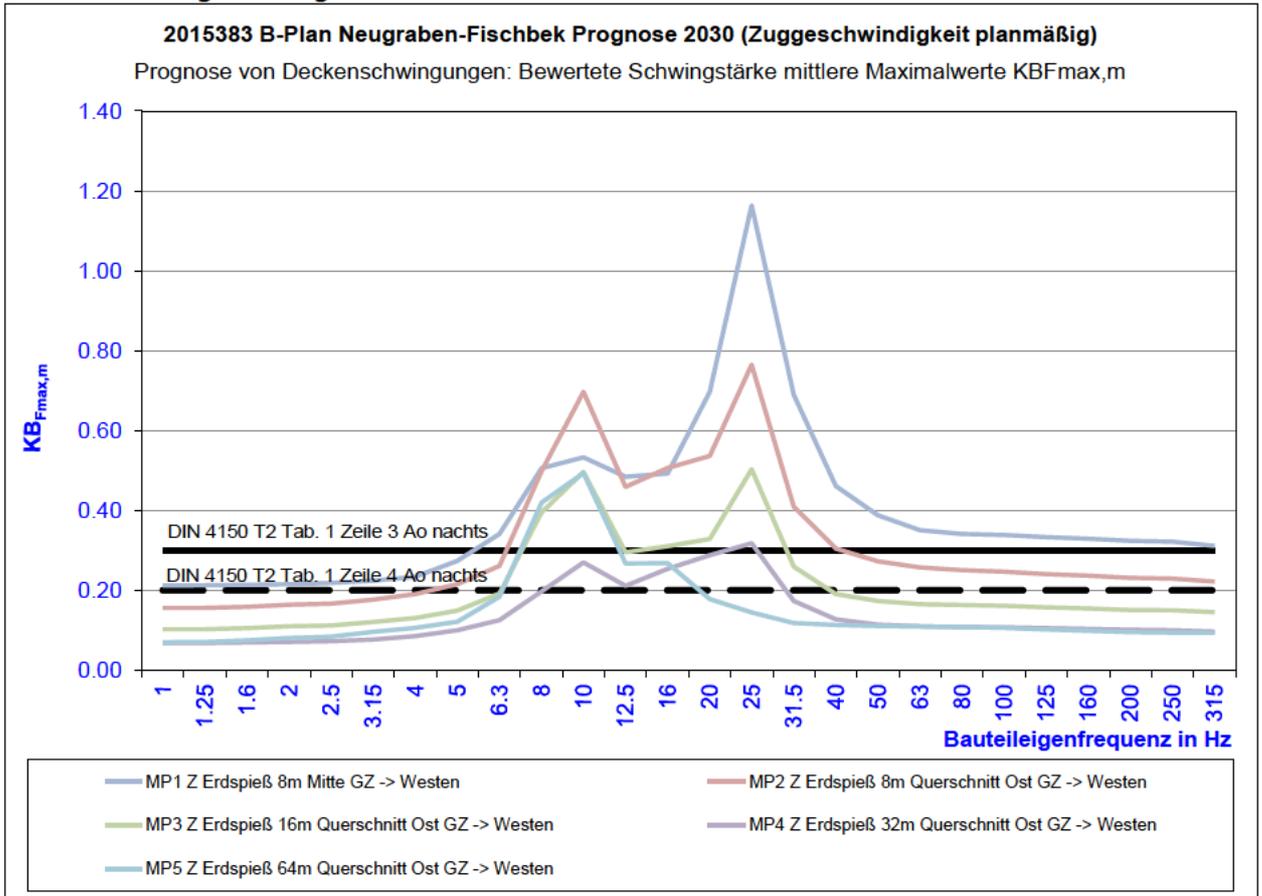
4.3.3 Doppelstockwagen Richtung Westen



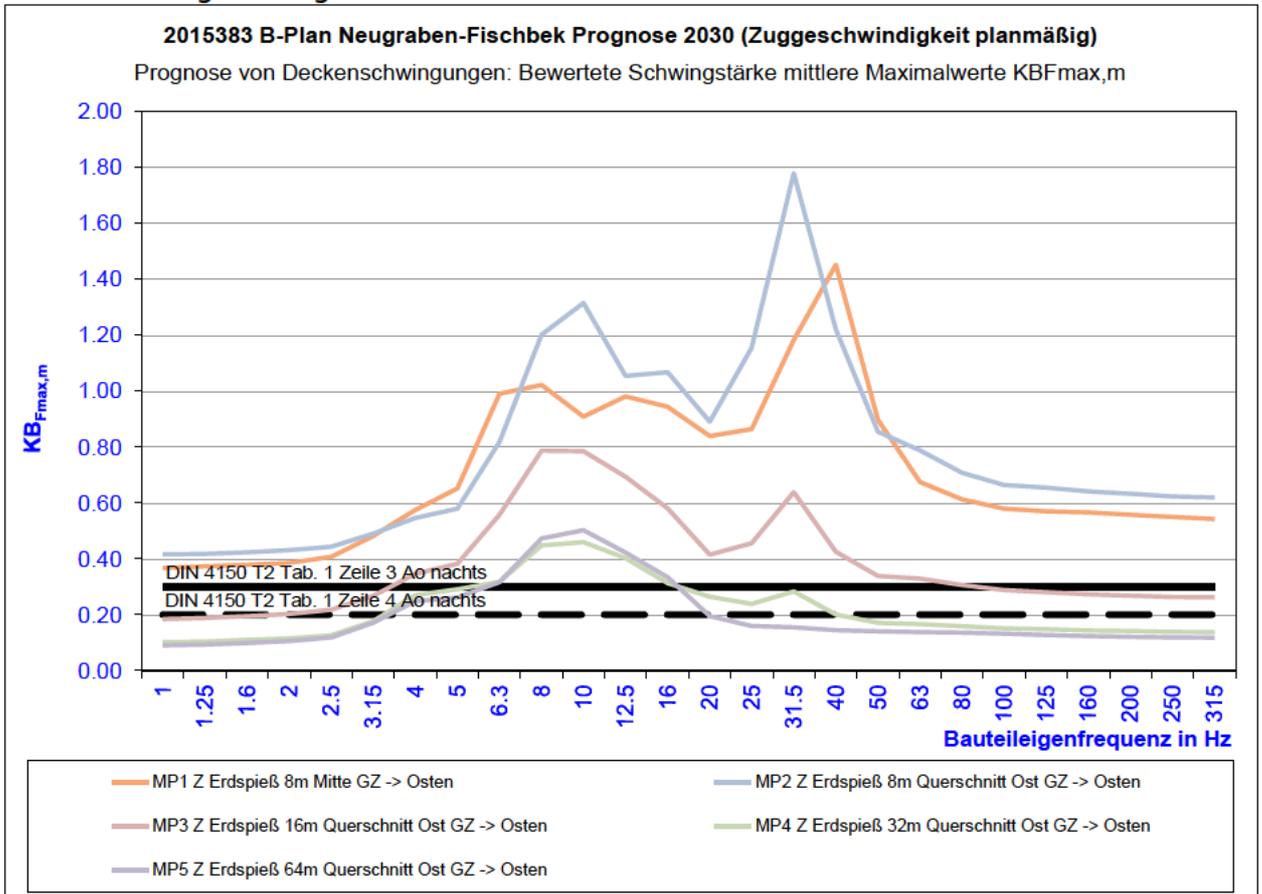
4.3.4 Doppelstockwagen Richtung Osten



4.3.5 Güterzug Richtung Westen

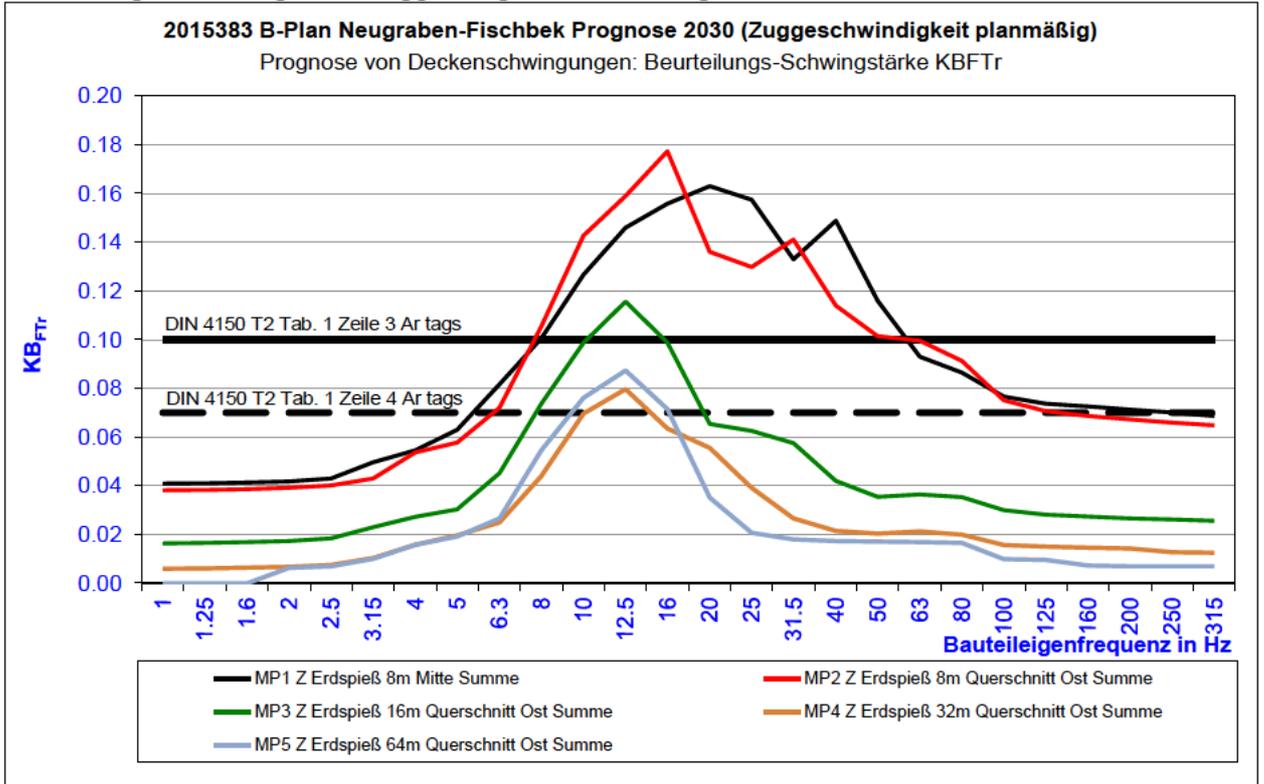


4.3.6 Güterzug Richtung Osten

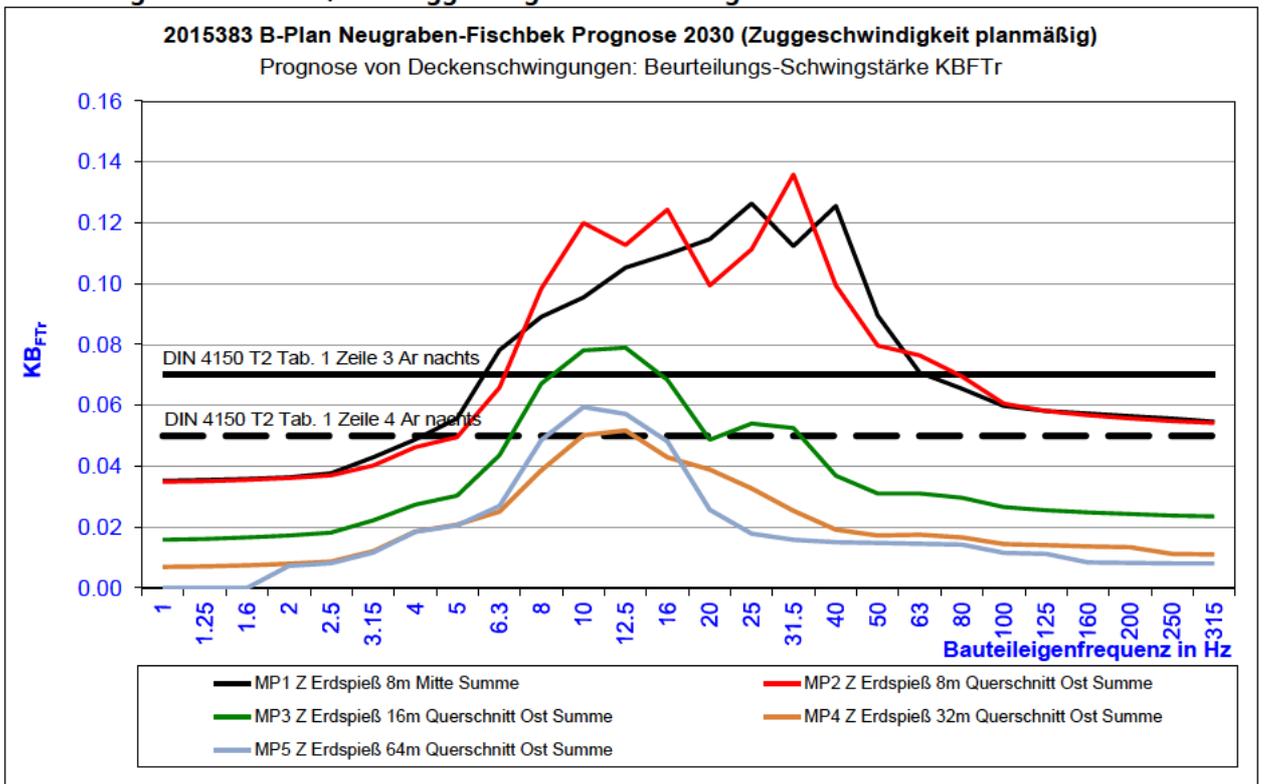


4.4 Querschnitt Ost: Beurteilung Schwingstärke KB_{FTT}

4.4.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



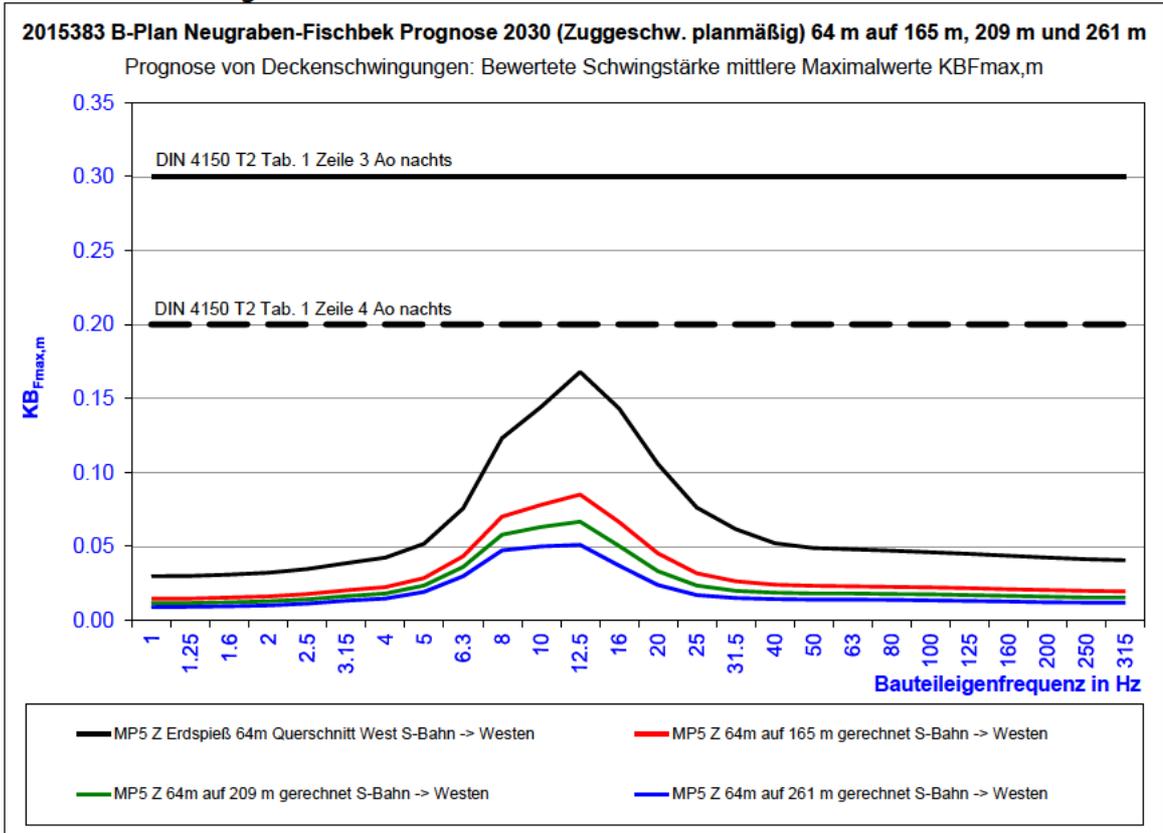
4.4.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



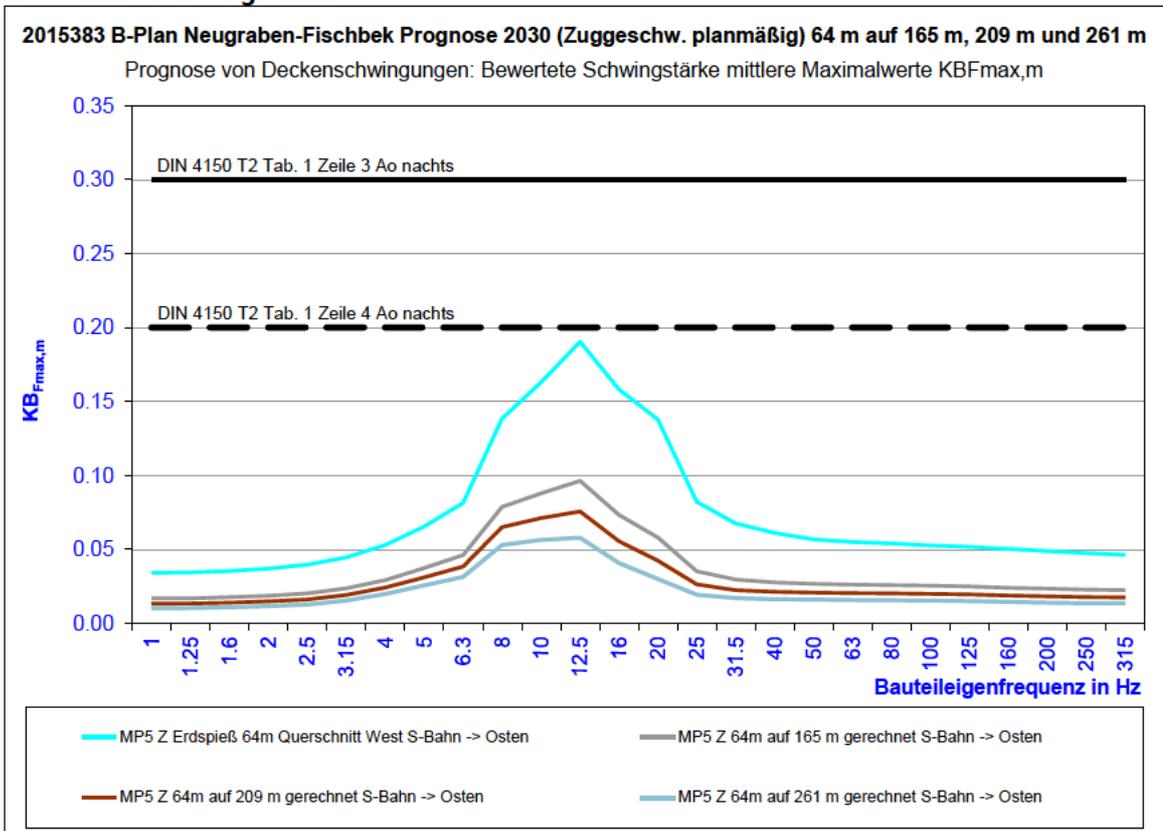
5 Erschütterungen: Prognose mit planm. Fahrgeschw. Extrapolation größere Abstände

5.1 Querschnitt West: Bewertete Schwingstärke $KB_{Fmax,m}$ gemittelte Messungen

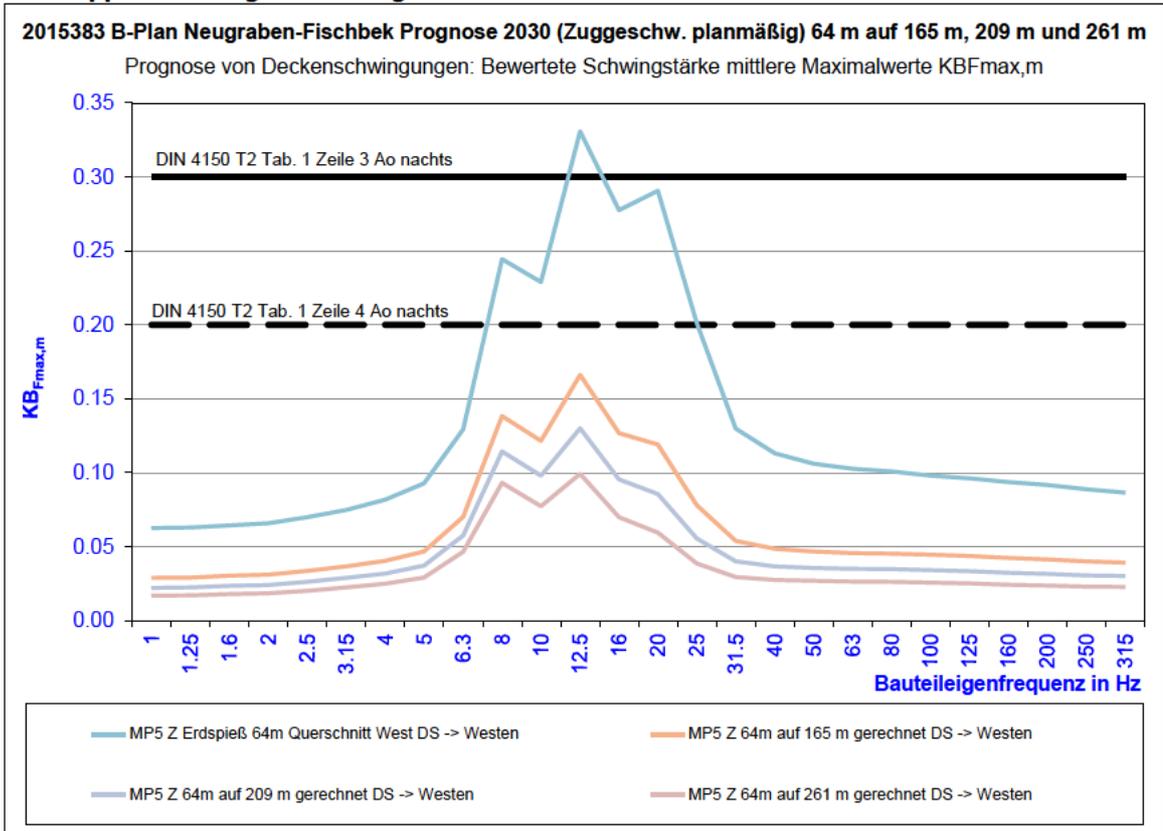
5.1.1 S-Bahn Richtung Westen



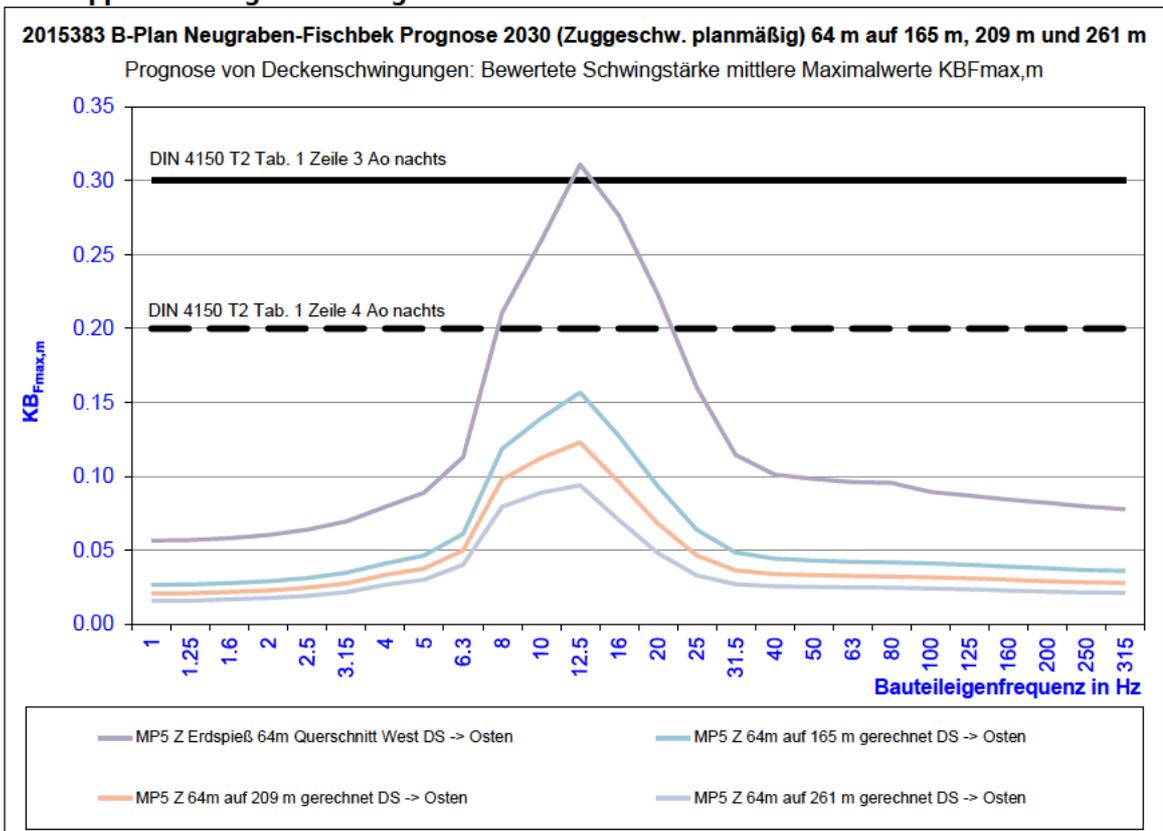
5.1.2 S-Bahn Richtung Osten



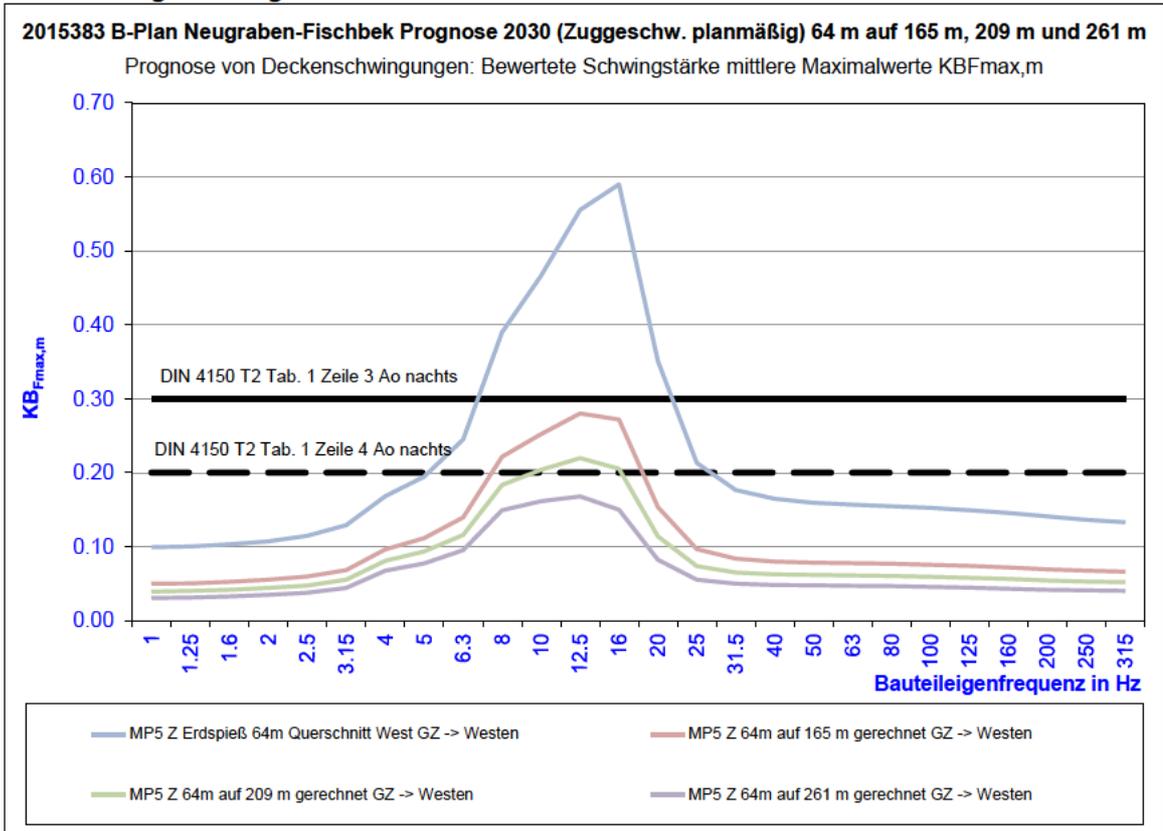
5.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen



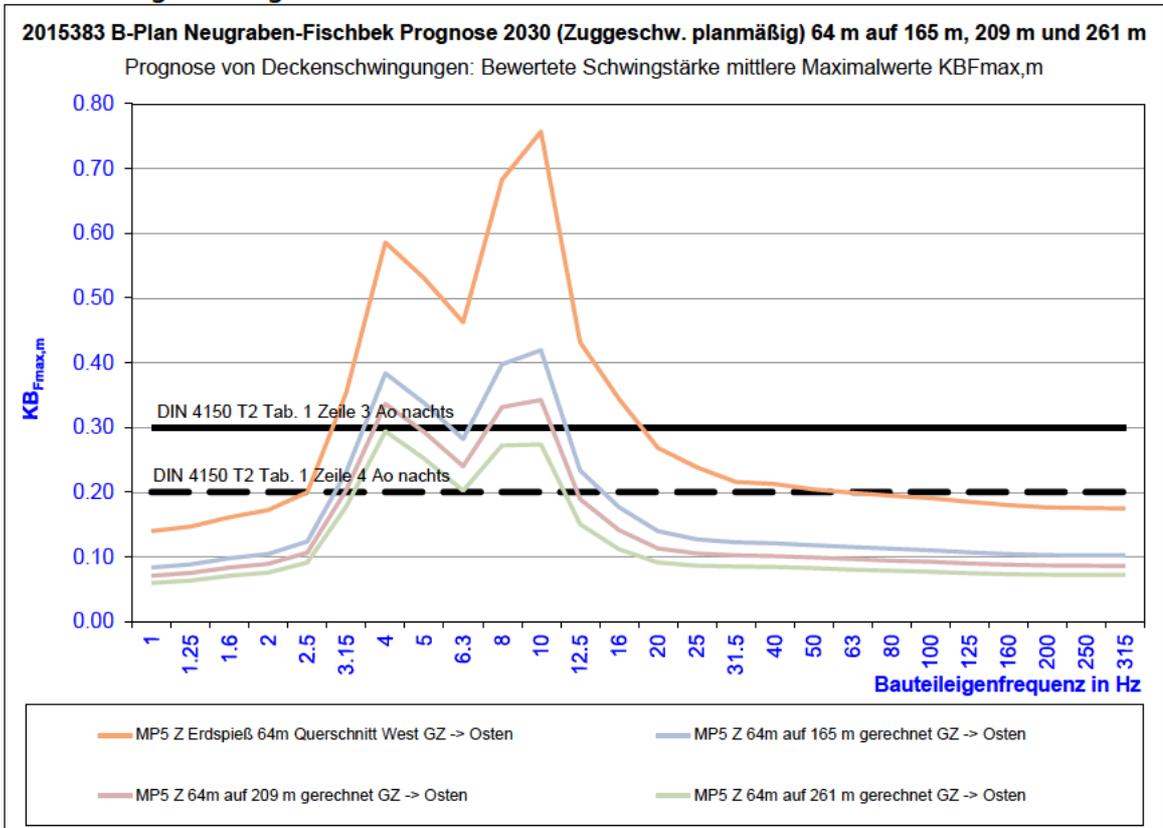
5.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten



5.1.5 Güterzug Richtung Westen

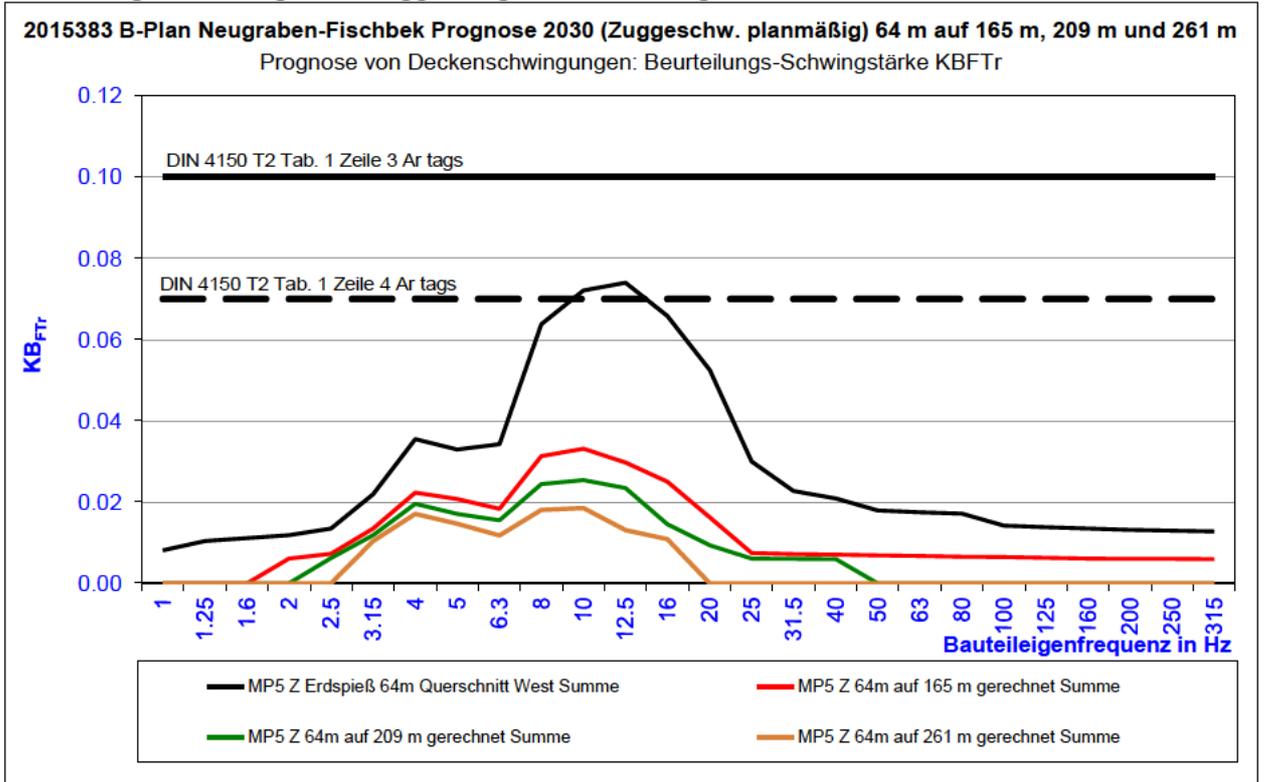


5.1.6 Güterzug Richtung Osten

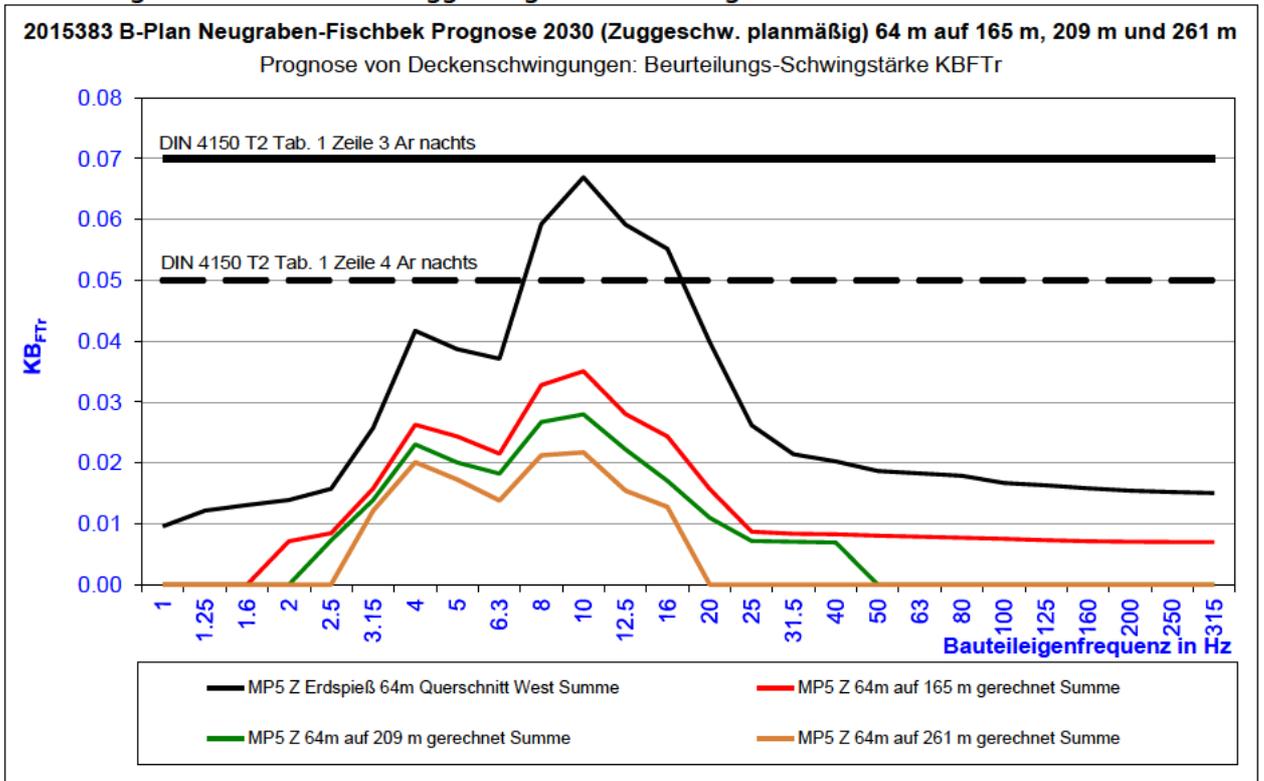


5.2 Querschnitt West: Beurteilung Schwingstärke KB_{FTr}

5.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



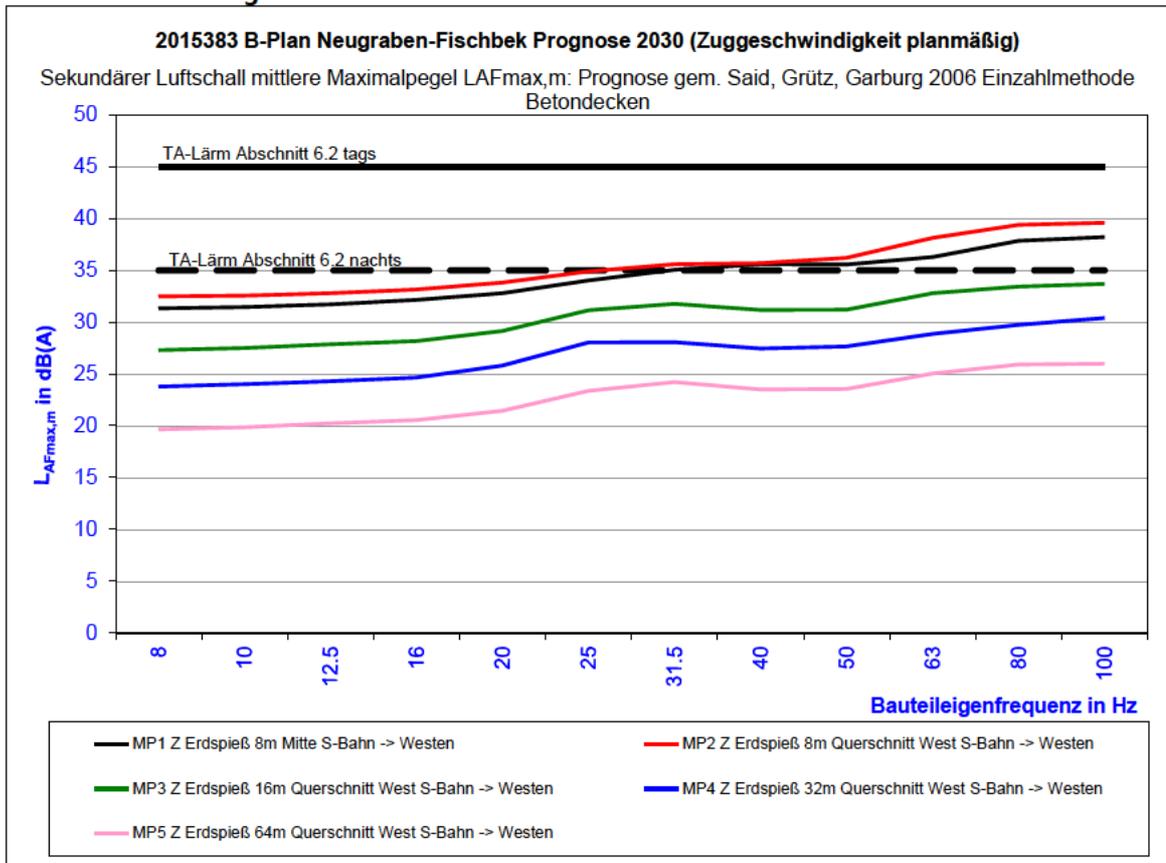
5.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



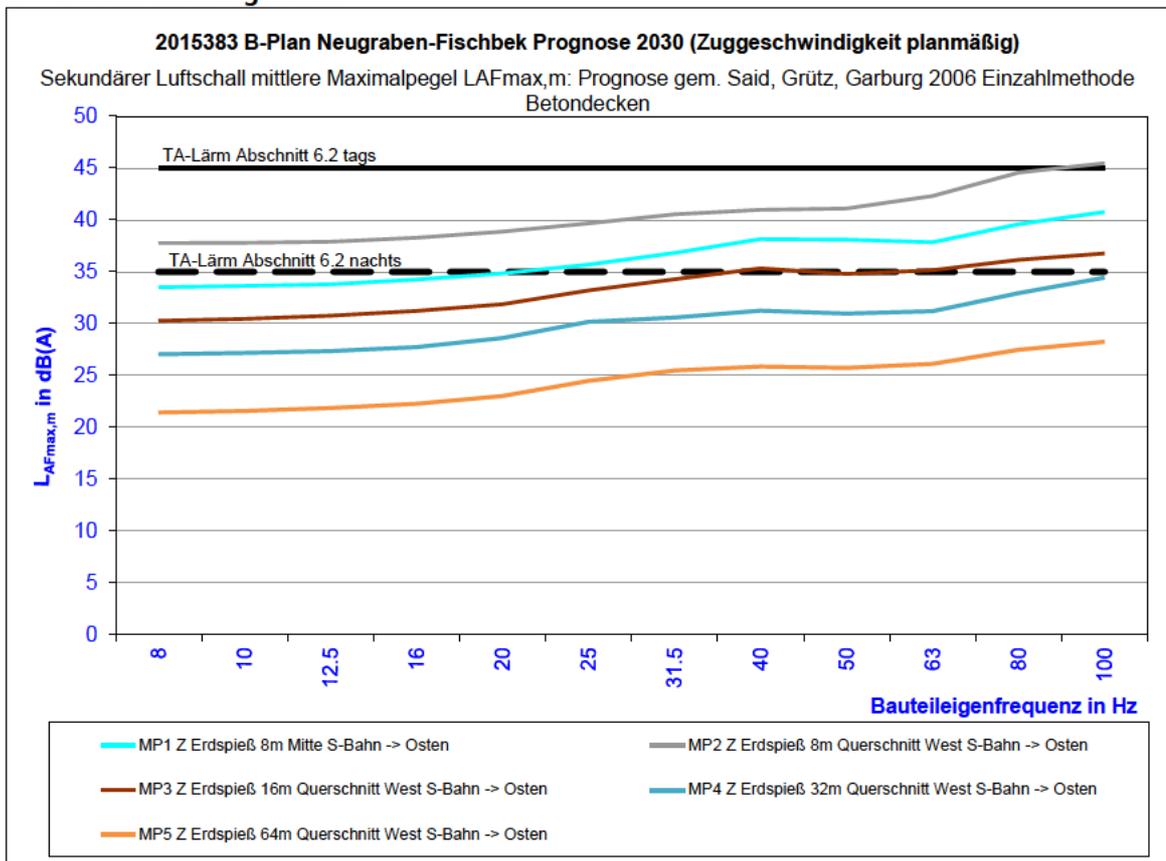
6 Sekundärer Luftschall: Prognose mit planmäßigen Fahrgeschwindigkeiten

6.1 Querschnitt West: $L_{AFmax,m}$ gemittelte Messungen

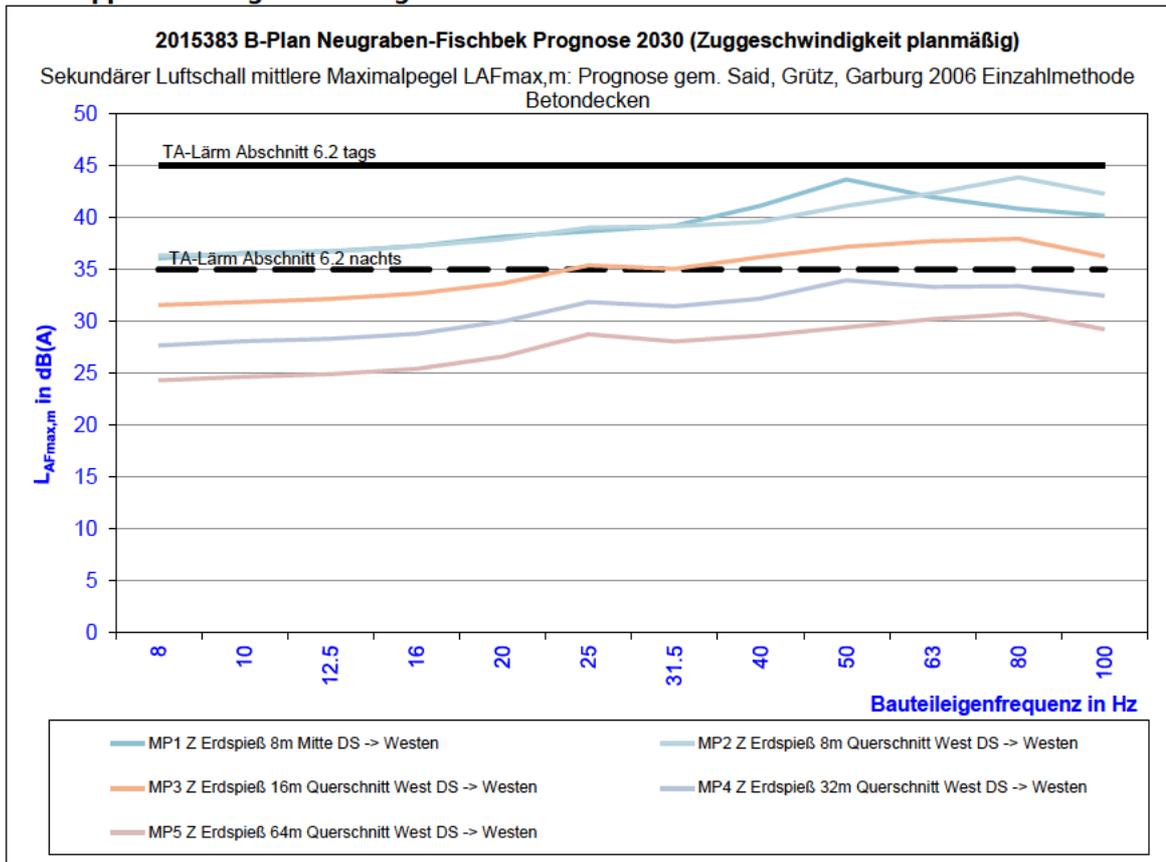
6.1.1 S-Bahn Richtung Westen



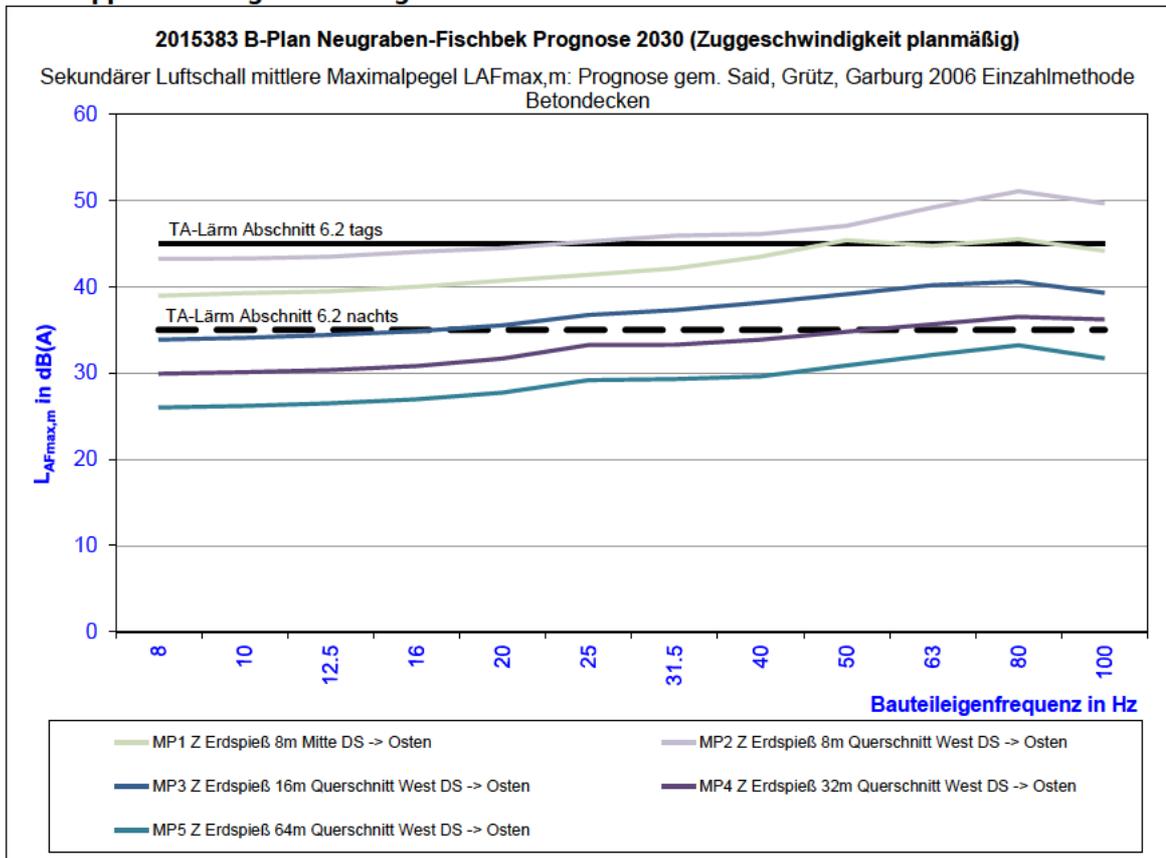
6.1.2 S-Bahn Richtung Osten



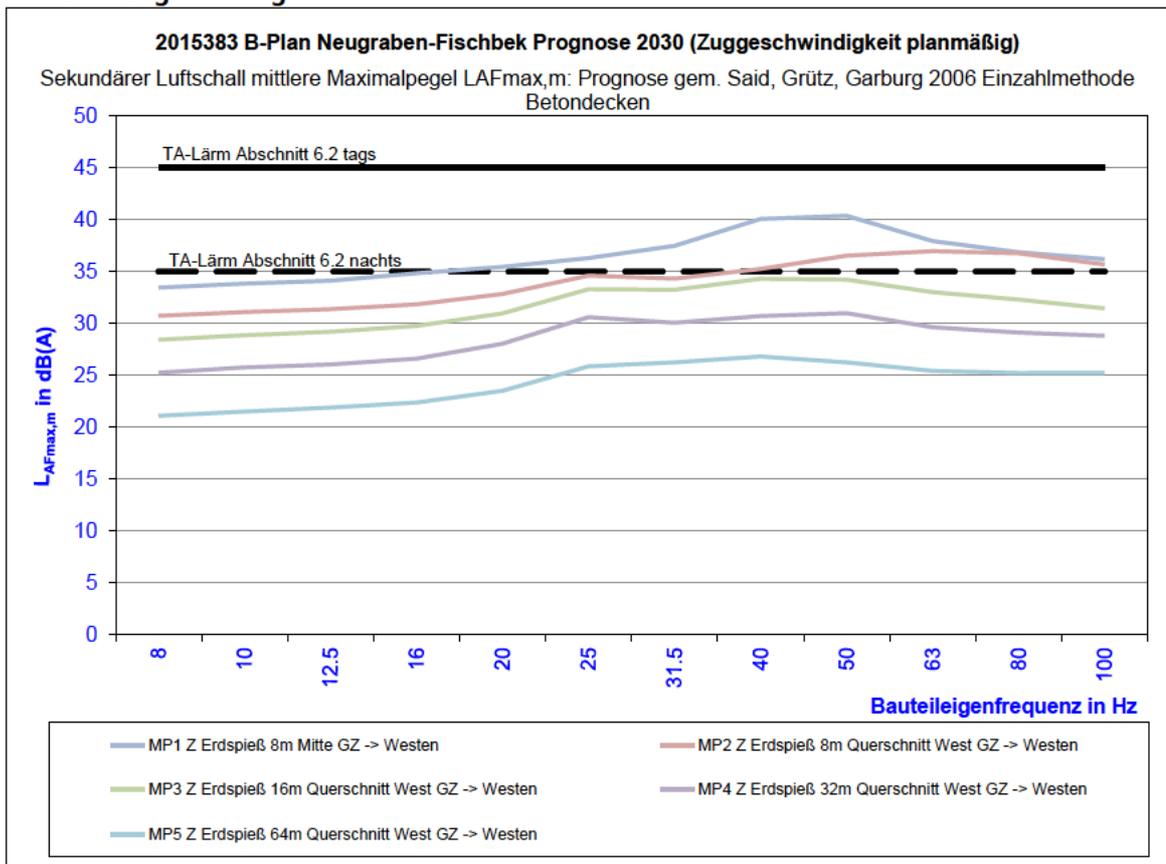
6.1.3 Doppelstockwagen Richtung Westen



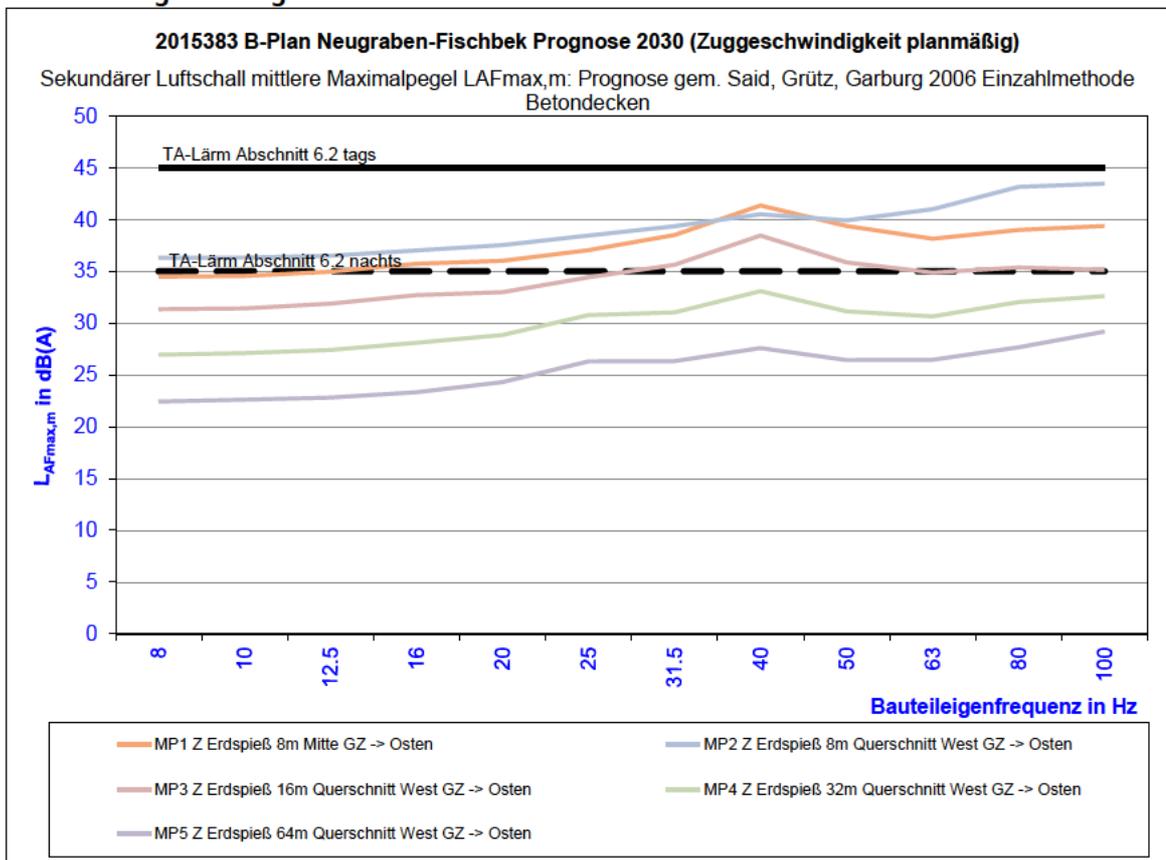
6.1.4 Doppelstockwagen Richtung Osten



6.1.5 Güterzug Richtung Westen

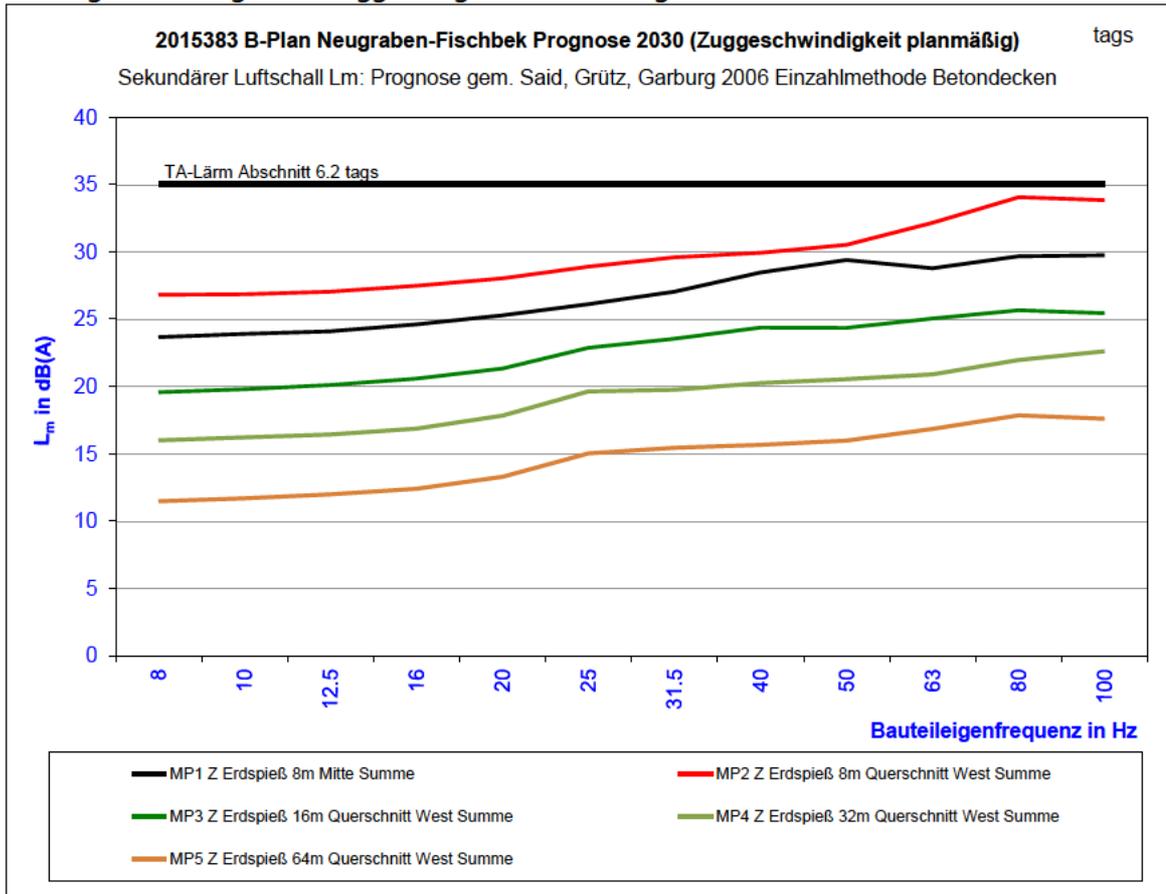


6.1.6 Güterzug Richtung Osten

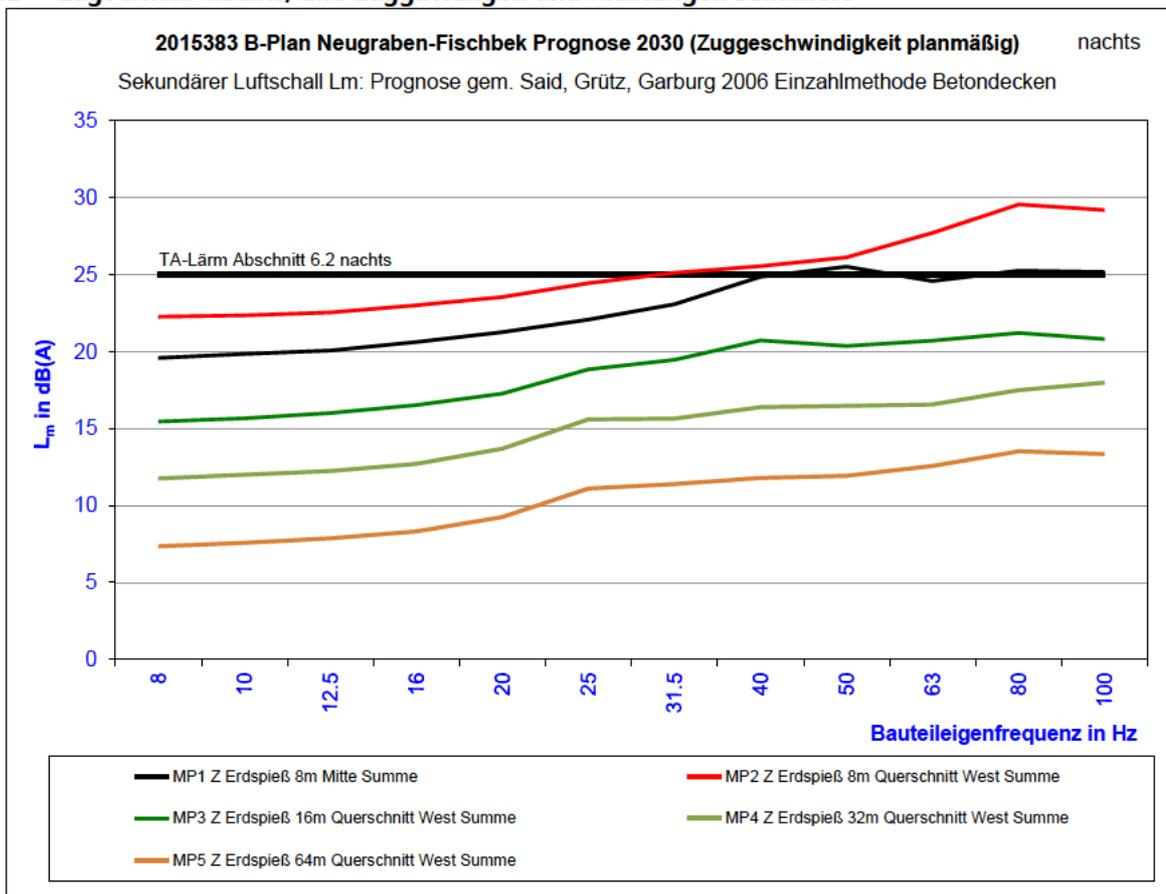


6.2 Querschnitt West: Luftschall L_m

6.2.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert

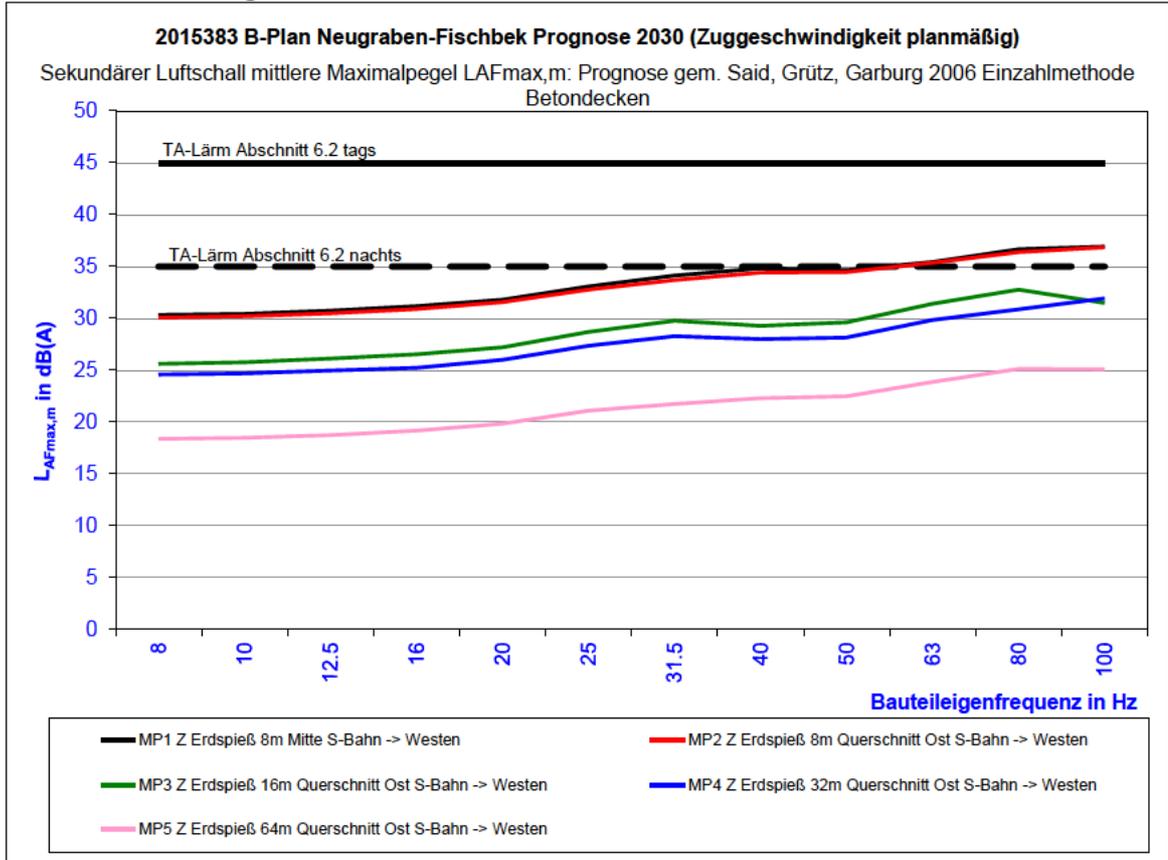


6.2.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert

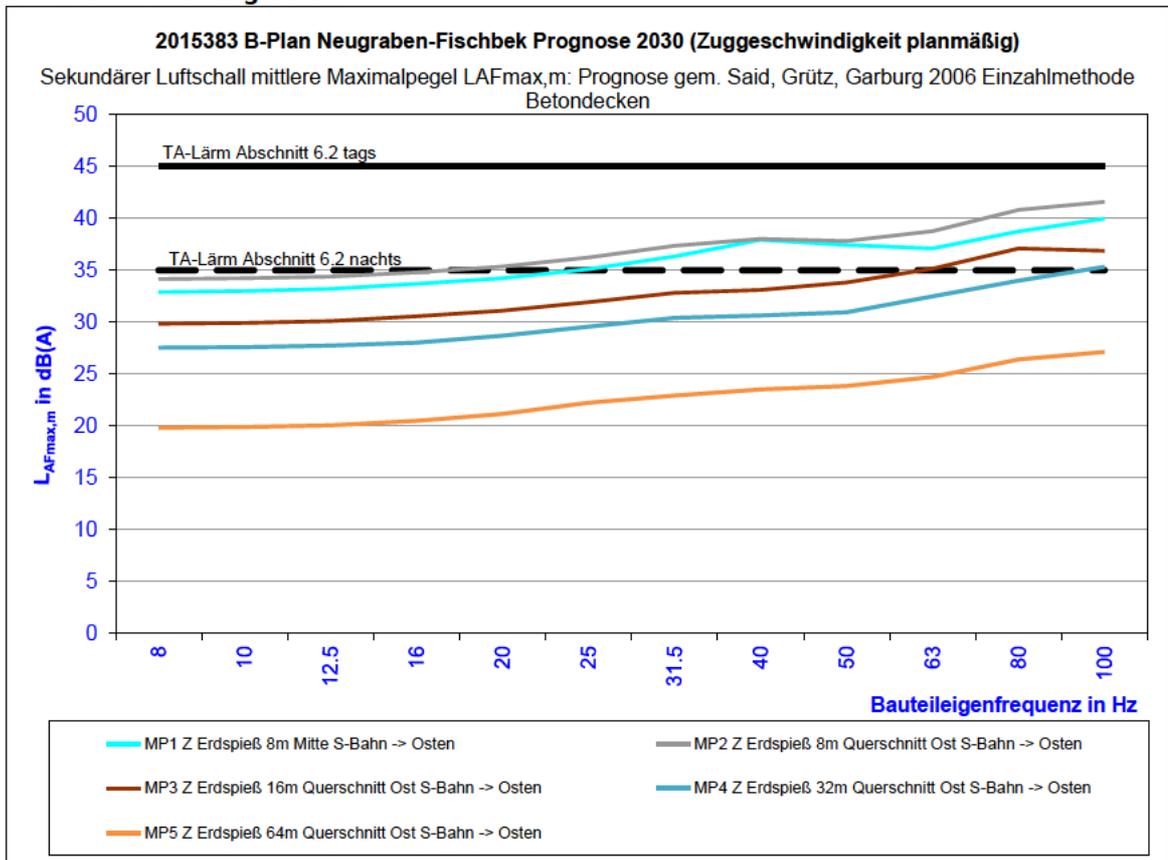


6.3 Querschnitt Ost: $L_{AFmax,m}$ gemittelte Messungen

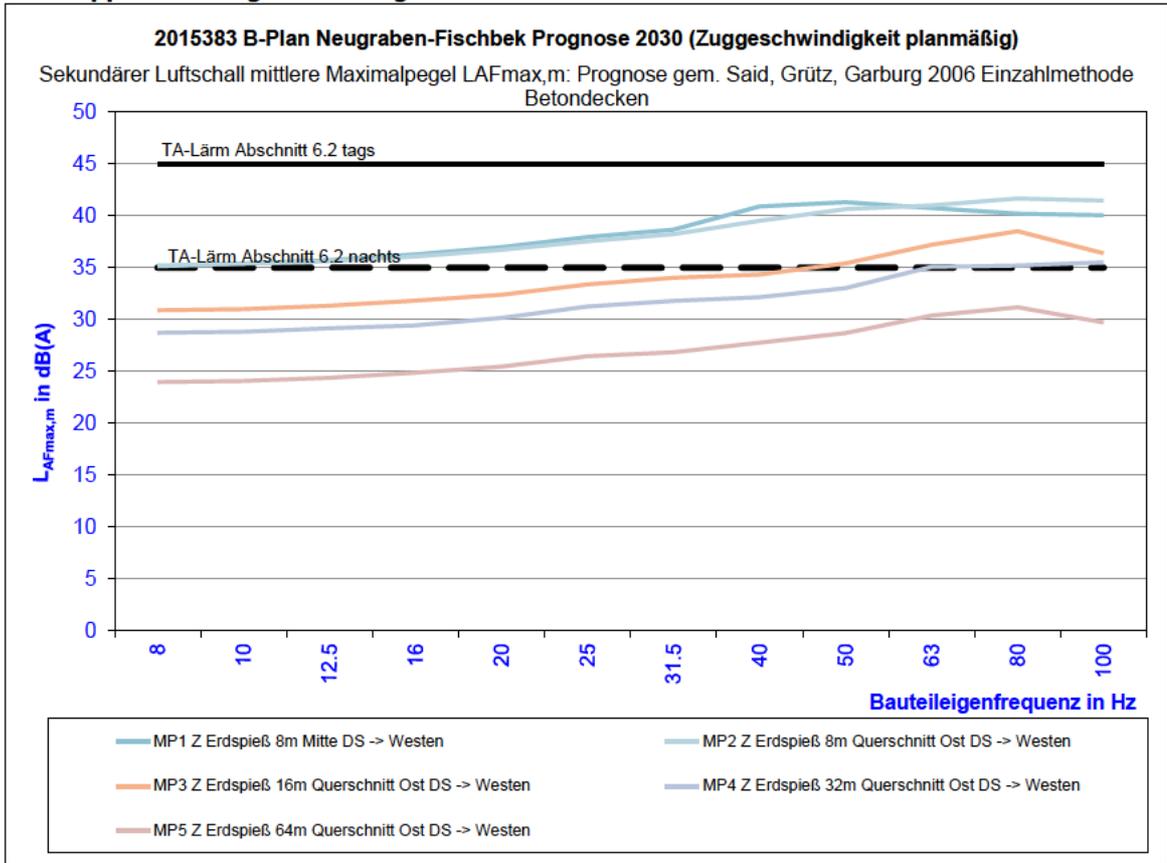
6.3.1 S-Bahn Richtung Westen



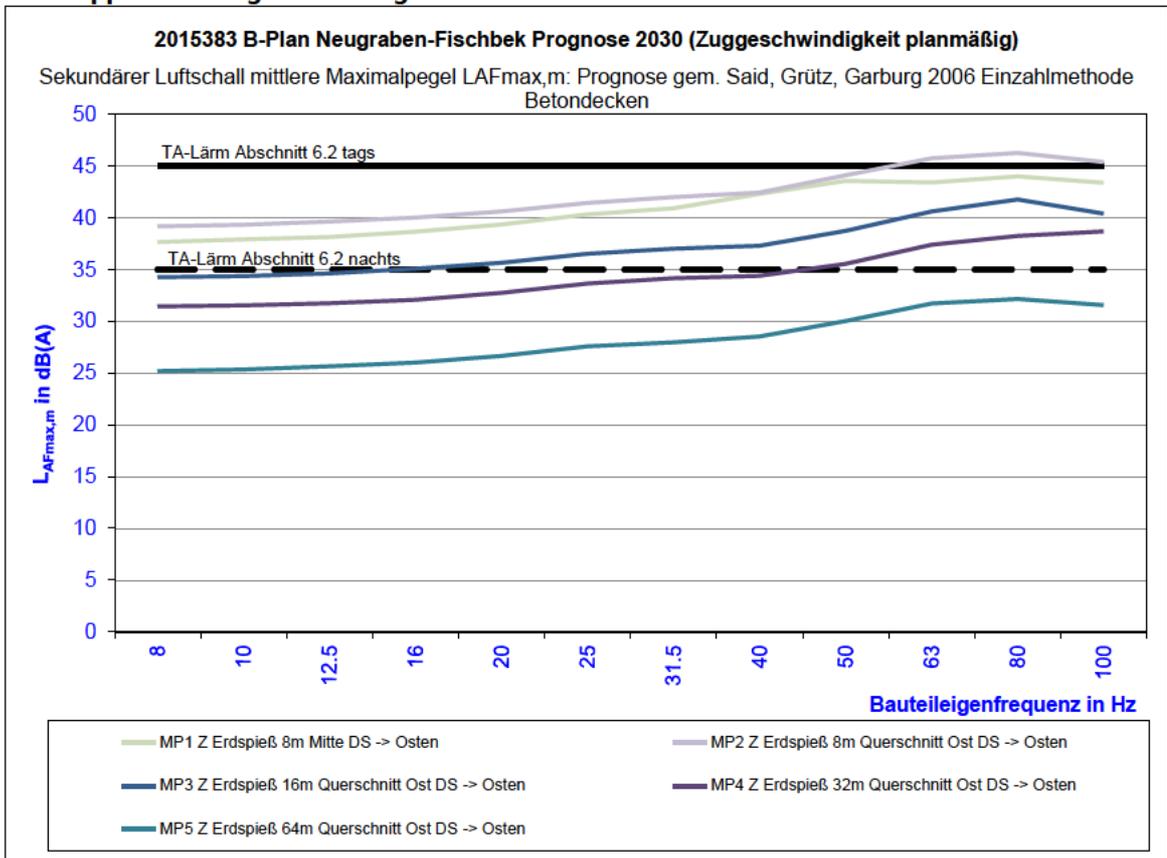
6.3.2 S-Bahn Richtung Osten



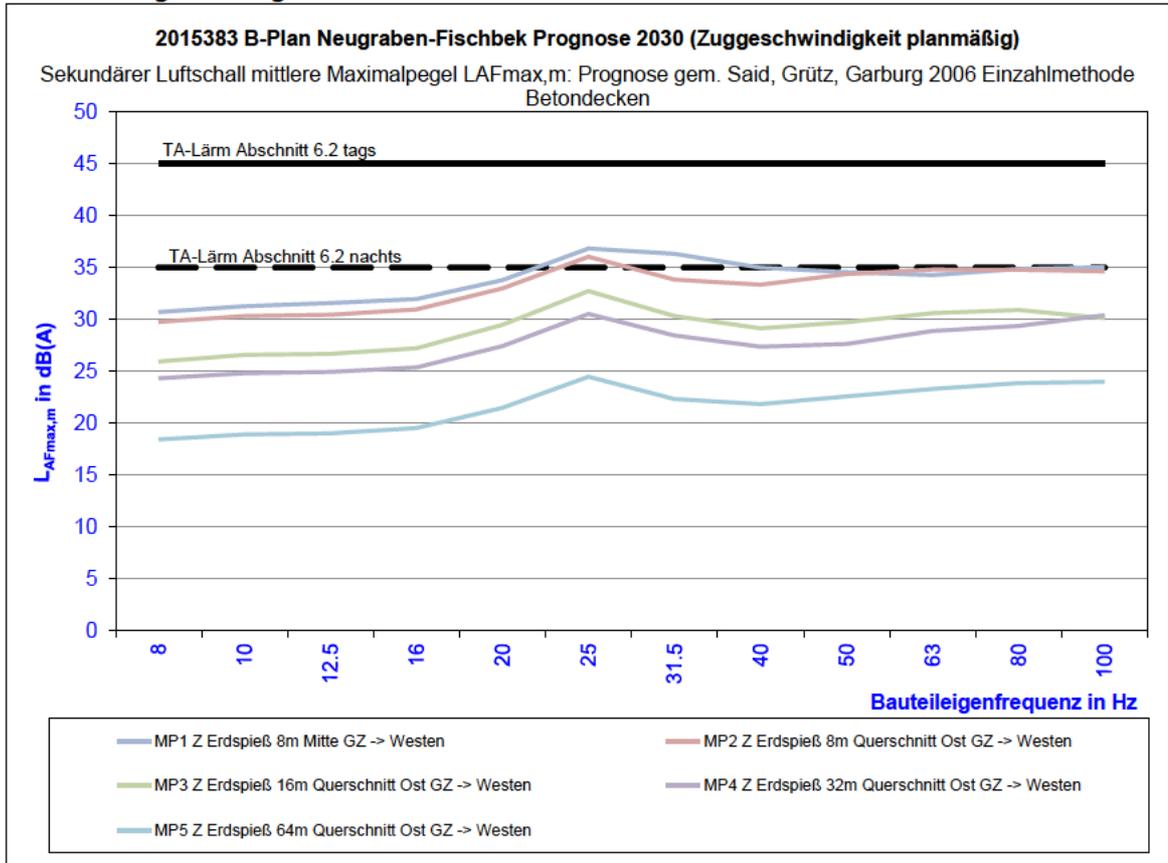
6.3.3 Doppelstockwagen Richtung Westen



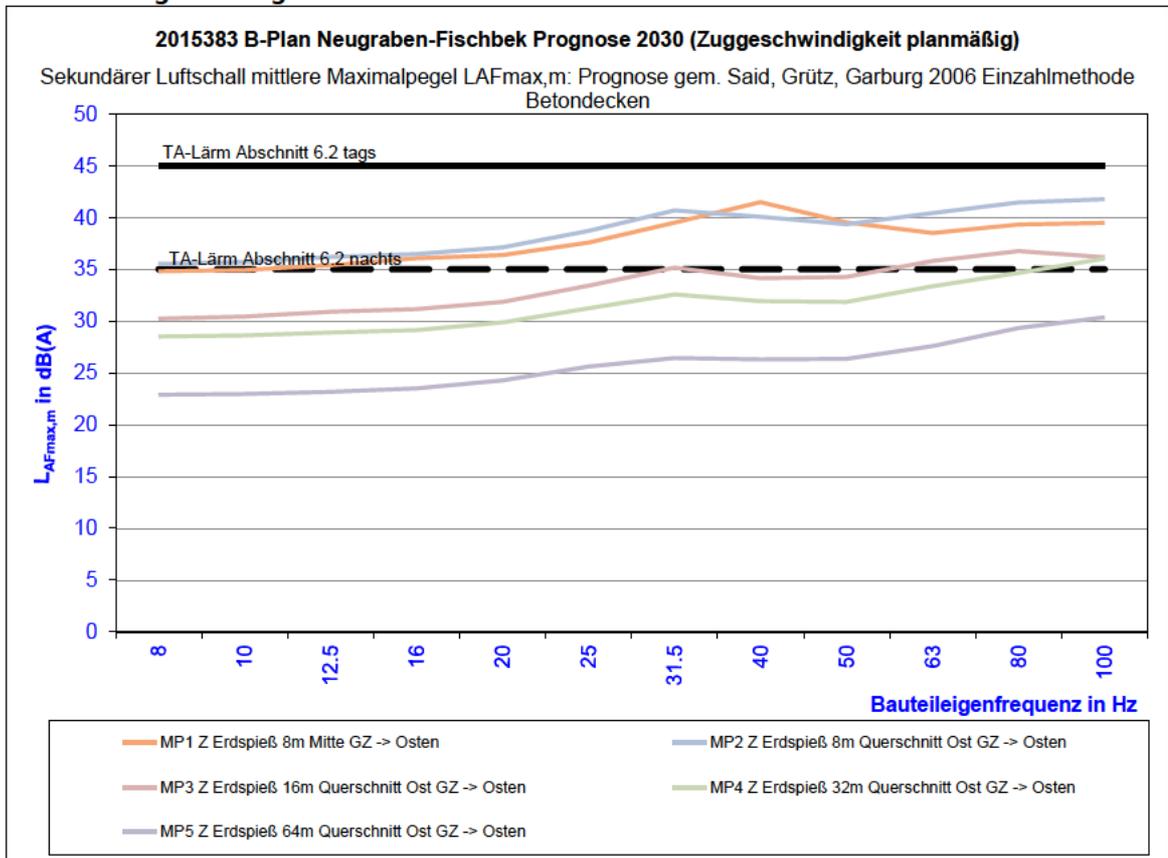
6.3.4 Doppelstockwagen Richtung Osten



6.3.5 Güterzug Richtung Westen

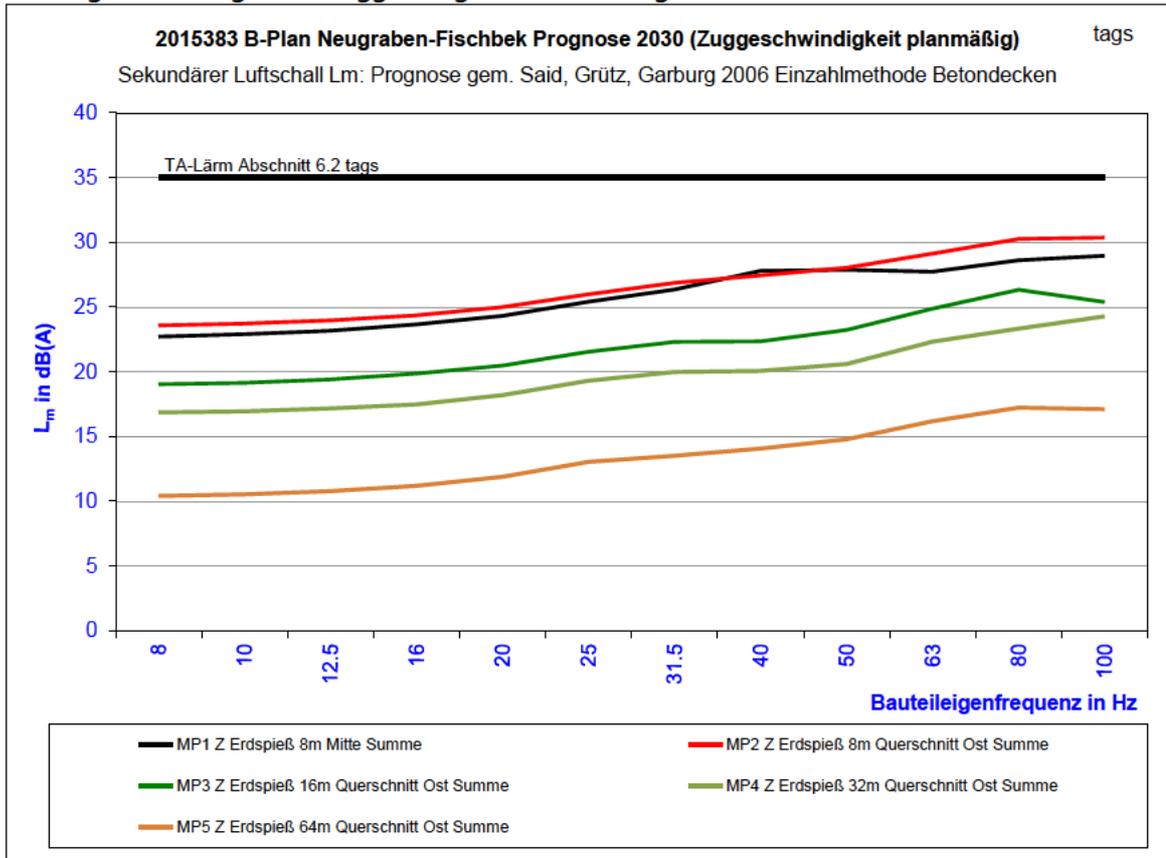


6.3.6 Güterzug Richtung Osten

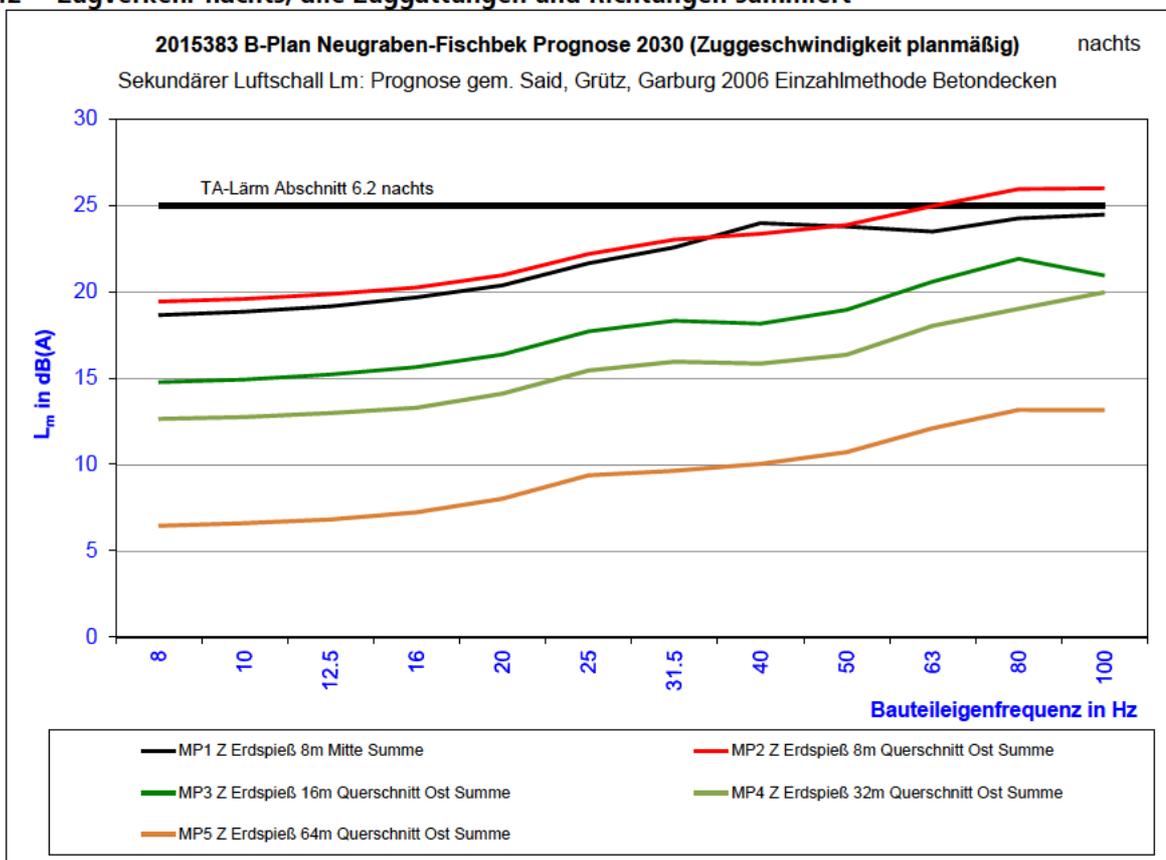


6.4 Querschnitt Ost: Luftschall L_m

6.4.1 Zugverkehr tags, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



6.4.2 Zugverkehr nachts, alle Zuggattungen und Richtungen summiert



7 Anforderungen der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“

7.1 Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“

7.1.1 Tabelle 1: Gebietsabhängige Anforderungen

| DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2, „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1 (Ausgabe Juni 1999) | | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Zeile | Einwirkungsort | Tags | | | Nachts | | |
| | | A _u | A _o | A _r | A _u | A _o | A _r |
| 1 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9) | 0.4 | 6 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.15 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8) | 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 (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5) | 0.2 | 5 | 0.1 | 0.15 | 0.3 | 0.07 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2) | 0.15 | 3 | 0.07 | 0.1 | 0.2 | 0.05 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, 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 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebieteinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt. | | | | | | | |

7.1.2 Anhang D: Erläuterung zur subjektiven Wahrnehmung

Eine Erläuterung der subjektiven Wahrnehmung von Erschütterungen wird im informativen Anhang D der aktuellen Ausgabe der DIN 4150 Teil 2 gegeben:

„Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt 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 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.“