

Mess-Stelle nach §§ 29b BImSchG

Dipl.-Ing. Thomas Hoppe
ö.b.v. Sachverständiger für Schallimmissions-
schutz Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Phys. Michael Krause

Dipl.-Geogr. Waldemar Meyer

Dipl.-Ing. Clemens Zollmann
ö.b.v. Sachverständiger für Lärmschutz
Ingenieurkammer NiedersachsenDipl.-Ing. Manfred Bonk ^{bis 1995}Dr.-Ing. Wolf Maire ^{bis 2006}Rostocker Straße 22
30823 Garbsen
05137/8895-0, -95Bearbeiter: Dipl.-Phys. M. Krause
Durchwahl: 05137/8895-23
m.krause@bonk-maire-hoppmann.de

13.03.2017

- 17145/e -

Erschütterungstechnische Stellungnahme

zur geplanten Aufstellung des

Bebauungsplans Nr. 9 „Hägenhorstweg“

der Gemeinde Echem

Inhaltsverzeichnis	Seite
Anlagenverzeichnis	3
Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke	4
1. Auftraggeber	5
2. Aufgabenstellung	5
3. Grundlagen	6
4. Mess- und Beurteilungsverfahren nach DIN 4150 Teil 2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden)	7
5. Anforderungen Erschütterungen für geplante Bauvorhaben	10
6. Prognose der Erschütterungen	10
7. Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke	12
8. Ergebnisse der Prognoseberechnung, Beurteilung und Hinweise	13
Quellen, Richtlinien, Verordnungen	16

Dieses Gutachten umfasst:

16 Seiten Text

Datei:17145_e_ga_chem_b_plan.doc, Autor: Dipl.-Phys. M. Krause

Anlagenverzeichnis

Anlage E	Ergebnisse der Prognoseberechnung Erschütterung und Beurteilung;
Anlage D	Exemplarische Darstellung Prognoseberechnung Güterzug 100 km/h, Betondecke Eigenfrequenz 10 Hz

Liste der verwendeten Abkürzungen und Ausdrücke

Zeichen	<u>Einheit</u>	<u>Bedeutung</u>
A_o, A_u, A_r	-	Anhaltswerte DIN 4150, Teil 2
KB_{Fmax}		Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist nach DIN 4150, Teil 2 der Maximalwert von $KB_F(t)$ der während der jeweiligen Beurteilungszeit auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist
KB_{Fti}		Die Messzeit wird nach DIN 4150, Teil 2 in Takte von je $T = 30$ sec eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet, im folgenden bezeichnet als KB_{Fti} . Der Index i nummeriert die Takte
KB_{FTr}		Der Wert für die Beurteilungs-Schwingstärke ist nach DIN 4150, Teil 2 ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit
KB_{FTm}		Quadratischer Mittelwert über die Taktmaximalwert KB_{FTi}
$KB_{F(t)}$		Die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ nach DIN 4150, Teil 2 ist der gleitende Effektivwert mit der Zeitbewertung „Fast“ des frequenzbewerteten Erschütterungssignals
L_v	dB	Körperschallschnellepegel
$L_v(f)$	dB	Spektraler Körperschallschnellepegel
MP	-	Messpunkt
N_t	-	Anzahl Zugvorbeifahrten tags
N_n	-	Anzahl Zugvorbeifahrten nachts
v	km/h	Zuggeschwindigkeit
$v(f)$	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle, spektral
v_e	mm/s	Effektivwert der Schwingschnelle
v_o	mm/s	Bezugsschnelle

1. Auftraggeber

INGENIEURGESELLSCHAFT HEIDT + PETERS MBH
SPRENGERSTRASSE 38 C

29223 CELLE

2. Aufgabenstellung

Die Gemeinde Echem beabsichtigt die Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 9 „Hägenhorstweg“ mit dem Ziel Wohnbauflächen auszuweisen. Hierzu soll die geplante Baufläche als Allgemeines Wohngebiet (WA gemäß BauNVOⁱ) ausgewiesen werden. Im Rahmen der städtebaulichen Planung sollen die auf das Plangebiet einwirkenden Schienenverkehrserschütterungen der westlich gelegenen eingleisigen Eisenbahnstrecke 1150 ermittelt und beurteilt werden.

Aufgrund der unmittelbaren Lage der geplanten Baugrundstücke zu der Bahnstrecke 1150 der Deutschen Bahn AG können Beeinträchtigungen in der im Zuge des B-Plans vorgesehen Wohnbebauung durch Erschütterungen und des damit verbundenen sekundären Luftschalls aus dem Bahnbetrieb nicht ausgeschlossen werden.

Bei der geplanten Wohnbebauung wird für die erste Bebauungsreihe von nicht unterkellerten bis zu zweieinhalbgeschossigen Gebäuden in Massivbauweise mit Betondecken (d=18 cm) bzw. Holzbalkendecken ausgegangen. Der mögliche Minimalabstand der Baugrenze zu dem nächstgelegenen Gleis der Strecke 1150 beträgt ca. 16 m. Für die dahinterliegenden Häuser ist von nicht unterkellerten zweigeschossigen Einfamilienhäusern in Massivbauweise mit Betondecken (d=18 cm) bzw. Holzbalkendecken auszugehen.

Im Rahmen der vorliegenden erschütterungstechnischen Stellungnahme soll geprüft werden, ob die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 (Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden) im Bereich von geplanten Bauvorhaben unter Berücksichtigung der Erschütterungen aus dem Eisenbahnbetrieb für die vorgesehen Planung eingehalten werden.

Auf Grundlage der Ergebnisse von Emissionsmessungen im Bereich der Deutschen Bahn AG werden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen in geplanten Bauvorhaben prognostiziert und nach der DIN 4150, Teil 2

„Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkung auf den Menschen im Gebäude“ für Erschütterung beurteilt.

3. Grundlagen

Bei der Bewegung von Schienenfahrzeugen auf den Gleisanlagen werden zeitlich veränderliche Kräfte auf die Fahrweggründung übertragen und in den Boden eingeleitet. Dabei werden im Bereich der Fahrweggründung Schwingungen emittiert, die sich dann im Boden ausbreiten. Die Ausbreitung ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit, Quellengeometrie und der Frequenz der Schwingungen, diese klingen mit zunehmendem Abstand von der Quelle ab.

Die Bodenschwingungen werden auf Gebäude in Fahrwegnähe übertragen (Schwingungsimmissionen) und als Erschütterungen bezeichnet. Zunächst werden die Erschütterungen vom Baugrund auf das Fundament übertragen. Dabei werden sie abgeschwächt. Maßgebend für die Einwirkung von Erschütterungen ist dann der weitere Übergang auf die Geschossdecken, bei dem die Erschütterungen gegenüber dem Fundament und dem Baugrund i.d.R. in einem hohen Maße verstärkt werden. Das Maß, mit dem die Schwingungen in ein Gebäude übertragen werden, ist stark abhängig von dessen Bauweise. Hier sind insbesondere die schwingungstechnischen Eigenschaften der Gebäudedecken in Bezug auf deren Eigenfrequenz und Dämpfung entscheidend. Diese sind in einem hohen Maße von der Bauweise (z.B. Beton oder Holzbalkendecke), der Deckenstärke, den geometrischen Ausmaßen und den Auflagerbedingungen abhängig.

Unter Körperschall versteht man generell mechanische Schwingungen, die sich in einem festen Medium oder an dessen Oberfläche ausbreiten. Erschütterungen fallen in die Kategorie des tieffrequenten Körperschalls, den der Mensch mit seinem ganzen Körper wahrnehmen kann. Der Frequenzbereich der wahrnehmbaren Erschütterungen erstreckt sich von 4 Hz bis etwa 80 Hz.

Als Maß für die Stärke der Schwingungen dient nachfolgend die Schwinggeschwindigkeit (auch als Körperschallschnelle bezeichnet) mit der Einheit [mm/s].

Zur Bewertung von Erschütterungen, insbesondere hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den Menschen, werden diese in sogenannte KB-Schwingstärken ausgedrückt.

Dazu wird das Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeit bandbegrenzt und eine Frequenzbewertung (KB-Filterung) zur Berücksichtigung der frequenzabhängigen menschlichen Wahrnehmungsstärke durchgeführt. Aus der weiteren Berechnung des gleitenden Effektivwertes mit der Zeitbewertung „FAST“ errechnet sich die bewertete Schwingstärke $KB_{F(t)}$; der während einer Messung bestimmte höchste KB-Wert wird als maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} bezeichnet. Dieser Wert ist neben der Beurteilungs-Schwingstärke die maßgebliche Beurteilungsgrundlage.

Bei der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} handelt es sich um einen zeitlichen Mittelwert analog dem Beurteilungspegel zur Bewertung von Schallimmissionen. Während für die Berechnung der Schallemission und -ausbreitung ein verallgemeinertes Rechenmodell vorhanden ist, sind die Gesetzmäßigkeiten bei der Entstehung, Ausbreitung und Wirkung der Erschütterungen so vielgestaltig, dass ein verbindliches Berechnungsmodell nicht existiert. Daher sind Erschütterungsmessungen erforderlich, um bestimmte Zusammenhänge der Ausbreitung im Boden und in den Gebäuden genauer beschreiben zu können. Unter Berücksichtigung der vorgenannten messtechnisch bestimmten Parameter kann dann eine Erschütterungsprognose erstellt werden.

4. Mess- und Beurteilungsverfahren nach DIN 4150 Teil 2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden)

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz können grundsätzlich Immissionen durch Erschütterungen schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen. Gesetzliche Regelungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen gibt es dagegen noch nicht. Das Regelungsdefizit begründet sich in der Verordnungsermächtigung des § 43 Abs. 1 BImSchG in dem Erschütterungen nicht angesprochen sind.

Aufgrund fehlender gesetzlicher Grenzwerte gilt die DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" als Äußerung einschlägigen Sachwissens und als geeignete, wenn auch unverbindliche Grundlage für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen. Dieses Normblatt nennt für Erschütterungsimmissionen Anhaltswerte, bei deren Einhaltung nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist. Die DIN 4150-2 vom Juni 1999 stellt hierzu den aktuellen Kenntnisstand dar.

Nachfolgende **Tabelle 1** enthält Anhaltswerte A der bewerteten Schwingstärke KB_F , zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. Sie beziehen sich wie folgt auf die beiden Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} - die maximale bewertete Schwingstärke,
- KB_{FTr} - die Beurteilungs-Schwingstärke, siehe unten.

Tabelle 1:

Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen aus der DIN 4150 T 2

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 ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO).	0.3	6	0.15	0.2	0.4	0.1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO).	0.2	5	0.1	0.15	0.3	0.07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeines Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO).	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 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die in der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2, enthaltenen Zahlenwerte werden wie bereits erwähnt als „Anhaltswerte“ bezeichnet. Damit wird klargestellt, dass es sich bei diesen Werten um empfohlene Werte und nicht um gesicherte Grenzwerte handelt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte können erhebliche Belästigungen der in den Gebäuden lebenden Menschen im Allgemeinen ausgeschlossen werden.

Die beiden Beurteilungsgrößen sind in der Regel getrennt für die drei Richtungskomponenten x, y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln, wobei die jeweils größte der drei der Beurteilung zugrunde zulegen ist. In Räumen von Wohnungen

wird jedoch im Allgemeinen nur die vertikale Komponente gemessen und ausgewertet, da diese bei Deckenschwingungen i.d.R. die größte ist.

Da unter Zugrundelegung der Messergebnisse allein die Erschütterungen aus den Bahnanlagen in der Beurteilung berücksichtigt werden, sind die Sonderregelungen zur Beurteilung des Schienenverkehrs bei deren Beurteilung zu beachten. Danach erfolgt die Beurteilung ausschließlich anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTr}). Dies gilt insbesondere für neu zu bauende Strecken und bei städtebaulichen Planungen. Die (oberen) Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswert A_o für den Nachtzeitraum dabei nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten anzusehen sind. Für oberirdisch geführte Schienenverkehrswege gilt nachts:

$$A_o = 0.6 \text{ (gebietsunabhängig).}$$

Liegen jedoch nachts einzelne KB_{Fmax} - Werte über $A_o = 0.6$, so sind die Ursachen zu erforschen. Diese hohen KB_{Fmax} - Werte sind bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} mit zu berücksichtigen.

Bei der Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} für den Schienenverkehr werden die Zuschläge für Ruhezeiten nicht angewandt.

Zur Beurteilung der KB-Werte ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u (unterer Anhaltswert) und A_r für neu zu bauende Bahnanlagen und städtebauliche Planungen nach der folgenden Methodik zu vergleichen:

- ist $KB_{Fmax} \leq A_u$, so ist die Anforderung der Norm eingehalten,
- Für häufigere Einwirkungen (und hierzu zählt in der Regel Schienenverkehr), bei denen KB_{Fmax} größer als A_u ist, ist ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} . Ist KB_{FTr} nicht größer als der Anhaltswert A_r nach Tabelle 1 der DIN-Norm 4150, Teil 2, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung von häufig, aber unregelmäßig wiederkehrenden Erschütterungen; es entspricht dem Grundgedanken des Mittelungspegels beim Schall.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass selbst bei Einhaltung des unteren Anhaltswertes A_u die Fühlbarkeit von Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden kann. Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB = 0.1$ und $KB = 0.2$.

5. Anforderungen Erschütterungen für geplante Bauvorhaben

Bei der Einwirkung von Erschütterungen werden hinsichtlich der Einwirkung von Erschütterungen die Anhaltswerte nach Zeile 4 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 für die vorgesehene Gebietsausweisung WA zugrunde gelegt.

Tabelle 2: Anforderungsprofil Erschütterungen.

Anforderungen	DIN 4150, Teil 2
WA	Beurteilung nach Zeile 4 Tabelle 1 (WA): tags: $A_u = 0.15, A_r = 0.07$ nachts: : $A_u = 0.10, A_r = 0.05$

6. Prognose der Erschütterungen

Ziel der Erschütterungsprognose ist die Ermittlung der in der geplanten Wohnbebauung zu erwartenden Erschütterungsimmissionen und des damit verbundenen Sekundären Luftschalls aus dem Eisenbahnverkehr.

Die Werte für die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen werden rechnerisch auf Basis der prognostizierten Immissionsspektren der Schwinggeschwindigkeit ermittelt. Ausgewertet wird der Frequenzbereich von 4 – 250 Hz.

Bei der hier durchgeführten Erschütterungsprognose werden Messergebnisse rechnerisch verarbeitet. Das schwingungstechnische Gesamtsystem von der Erschütterungsquelle bis zum Immissionsort wird dabei in mehrere entkoppelte Teilsysteme unterteilt:

- a. Emissionsquelle (Oberbau/Fahrzeug) mit der Ankopplung an den Erdboden;
- b. Ausbreitung der Erschütterungen im Erdboden bis vor das Gebäude;

- c. Übergang der Erschütterungen vom Erdboden auf das Gebäudefundament;
- d. Übergang der Erschütterungen vom Gebäudefundament auf die Geschossdecke(n).

Für die Ermittlung der zukünftigen Schwingungsimmissionen sind demnach folgende Kenngrößen erforderlich:

1. Die Spektren der Erschütterungsemissionen für die auf der Strecke verkehrenden Züge wurden im Zuge von verschiedenen Erschütterungsmessungen an Bahnstrecken für einen im üblichen Unterhaltungszustand befindlichen Oberbau Betonschwelle im Schotterbett für einen Abstand von 8 m zum Gleis ermittelt. Die bei den Berechnungen zu Grunde gelegt Emissionsspektrum ist in der Anlage D zur exemplarischen Darstellung der Prognoseberechnung dargestellt.
2. Angaben zur frequenzabhängigen Pegelabnahme im Boden, die auf zahlreichen Untersuchungen beruhen. Diese sind der Richtlinie 820.2050 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ der DB Netz AG vom November 2016 entnommen. Aus diesen Angaben wurde für Abstände von 16, 18, 20, 22, 24, 26 und 30 m die frequenzabhängige Abnahmefunktion von 8 m auf die oben genannten Abstände ermittelt.
3. Schwingungsausbreitung im Gebäude:
Statistische Angaben über gebäudespezifische Verstärkungsfaktoren vom freien Gelände auf die zu betrachtende Geschossdecke für Beton- und Holzbalkendecken. Diese sind der Richtlinie 800.2502 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ der DB Netz AG vom November 2016 entnommen. Diese sind jedoch für unterkellerte Gebäude ermittelt worden. Bei nicht unterkellerten Gebäude sind höherer Werte zu erwarten, dies wird bei der Prognoseberechnung durch entsprechende frequenzabhängige Korrekturfaktoren berücksichtigt. Diese wurden aus eigenen Messungen ermittelt.
In dem Diagramm der Anlage D zur exemplarischen Darstellung der Prognoseberechnung ist die Übertragungsfunktion für eine Betondecke mit einer Eigenfrequenz von 10 Hz bei einem Abstand von 16 m unter Berücksichtigung der o.a. Korrektur dargestellt.

Durch Addition der oben beschriebenen Spektren ergibt sich das zukünftig zu erwartende Immissionsspektrum der Erschütterungen. Aus diesem wird durch energetische Addition und KB-Bewertung der Werte für die Terzfrequenzen der KB-Wert ermittelt.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnung sind in der Anlage P für die untersuchten Deckeneigenfrequenzen und Abstände dargestellt. In der Anlage D ist die Berechnung für eine Deckeneigenfrequenz von 10 Hz für Güterzüge mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h als Beispiel dargestellt.

7. Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke

Bei Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} ist neben den gemessenen Mittelwerten für $\langle KB_{Fmax} \rangle$ auch die Anzahl der Ereignisse für den Tag- und Nachtzeitraum mit zu berücksichtigen. Die entsprechenden Ausgangsdaten sind in der Tabelle zur Darstellung der Ergebnisse der Prognoseberechnung aufgeführt. Die Anzahl der Zugvorbeifahrten wurden für den Prognosehorizont 2025 von DB AG übermittelt.

Danach sind folgende Zugzahlen zu berücksichtigen:

Tag: 3 Güterzüge 100 km/h / 32 Nahverkehrszüge (Dieseltreibwagen, 6_A8) 120 km/h

Nacht: 2 Güterzüge v = 100 km/h / 4 Nahverkehrszüge (Dieseltreibwagen, 6_A8) 120 km/h

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} wird für den Schienenverkehr nach folgender Beziehung ermittelt:

$$KB_{FTTr} = \sqrt{\frac{1}{N_r} \cdot \sum_{j=1}^L (M_j \cdot KB_{FTmj}^2)}$$

N_r : Anzahl der 30 – Sekunden – Takte im Beurteilungszeitraum;
tags $N_r = 1920$ Takte
nachts $N_r = 960$ Takte

KB_{FTmj} : Taktmaximal-Effektivwerte der Zugklasse j, entspricht dem für die Zugklasse aus den KB_{Fmax} der einzelnen Vorbeifahrten berechneten quadratischen Mittelwert $\langle KB_{Fmax} \rangle$.

M_j : Anzahl der durch die Zugklasse j während der Beurteilungszeit belegten Takte.

L: Anzahl der unterschiedlichen Zugklassen.

Der quadratische Mittelwert (Effektivwert) $\langle KB_{Fmax} \rangle$ für die jeweilige Zugklasse wird aus den Prognoseberechnungen ermittelt.

8. Ergebnisse der Prognoseberechnung, Beurteilung und Hinweise

Für die geplante Wohnbebauung wurden bei der Prognoseberechnung folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Nicht unterkellerte Gebäude, damit wird bei der Prognose der ungünstigere Fall angenommen da die Werte für nicht unterkellerte Gebäude i.d.R. über denen von unterkellerten Gebäuden liegen;
- Betondecke (18 cm) für Deckeneigenfrequenzen von 10 – 40 Hz;
- Holzbalkendecke für Deckeneigenfrequenzen von 10 – 40 Hz;
- Minimalabstand zum Gleis ca. 16 m.

In den Tabellen der Anlage E sind die Ergebnisse für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTR} in Abhängigkeit von der Entfernung zum nächstgelegenen Gleis und der Deckeneigenfrequenz aufgeführt. Die Werte der Beurteilungsschwingstärke, bei denen die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 für WA bzw. MI nicht eingehalten werden, sind rot unterlegt.

In den nachfolgenden Tabellen ist der für die Beurteilung maßgebende höchste Wert der Beurteilungs-Schwingstärke und die sich daraus ergebende Beurteilung in Abhängigkeit vom Abstand dargestellt. Bereiche für die die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 nicht eingehalten werden, sind grau unterlegt.

Tabelle 3: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2 für Gebäude mit Betondecken

Abstand [m]	Prognose Erschütterung Betondecke Tag 6:00 – 22:00 Uhr		Prognose Erschütterung Betondecke Nacht 22:00 - 6:00 Uhr	
	KB_{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags WA eingehalten ja/nein $A_r = 0.07$	KB_{FTR} Nacht	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 nachts WA eingehalten ja/nein $A_r = 0.05$
16	0.056	ja	0.035	ja
18	0.052	ja	0.030	ja
20	0.045	ja	0.025	ja
22	0.039	ja	0.022	ja
24	0.034	ja	0.019	ja
26	0.030	ja	0.017	ja
30	0.024	ja	0.015	ja

Tabelle 4: Prognose und Beurteilung nach DIN 4150, Teil 2 für Gebäude mit Holzbalkendecken

Abstand [m]	Prognose Erschütterung Holzbalkendecke Tag 6:00 – 22:00 Uhr		Prognose Erschütterung Holzbalkendecke Nacht 22:00 - 6:00 Uhr	
	KB _{FTR} Tag	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 tags WA eingehalten ja/nein $A_r = 0.07$	KB _{FTR} Nacht	Anforderungen DIN 4150 Teil 2 nachts WA eingehalten ja/nein $A_r = 0.05$
16	0.069	ja	0.044	ja
18	0.062	ja	0.040	ja
20	0.057	ja	0.036	ja
22	0.052	ja	0.033	ja
24	0.048	ja	0.031	ja
26	0.045	ja	0.029	ja
30	0.040	ja	0.026	ja

In der Zusammenfassung lassen sich unter Bezug auf die durchgeführten Prognoseberechnungen folgende Aussagen in Hinsicht auf die Einwirkung von Erschütterungen für das geplante Bauvorhaben machen:

- Sowohl für den Tages- als auch den Nachtzeitraum werden die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 für nicht unterkellerte Gebäude mit Beton- und Holzbalkendecken für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen bei einer Gebietseinstufung als WA ab den vorgesehenen Minimalabstand von 16 m sicher eingehalten.
- Die Erschütterungen liegen für die maximale bewertete Schwingstärke bei Betondecken in einem Bereich der spürbar ist, aber störende Einwirkungen im Sinne der DIN 4150 Teil 2 können bei Gebäuden mit Betondecken auch bei dem Minimalabstand von 16 m ausgeschlossen werden.
- Bei Gebäuden mit Holzbalkendecken kann bei Abständen von unter 24 m eine regelmäßige Überschreitung des Anhaltswertes A_0 für die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} im Nachtzeitraum nicht ausgeschlossen werden. Die Anforderungen im Sinne der DIN 4150, Teil 2 werden zwar eingehalten, da aber bei Abständen von unter 24 m bei Gebäuden mit Holzbalkendecken eine regelmäßige Überschreitung des Anhaltswertes A_0 zu erwarten ist sollten Holzbalkendecken erst bei Abständen ab 24 m vorgesehen werden.

- Die vorstehenden Aussagen sind auch für eine unterkellerte Bebauung uneingeschränkt gültig, hier sind geringere Werte zu erwarten.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Punkte sind folgende Hinweise zu beachten:

1. Für Gebäude mit Betondecken sind ab einem Abstand von 16 m vom Gleis keine Maßnahmen zum Schutz vor Erschütterungen erforderlich.
2. Gebäude mit Holzbalkendecken sollten einen Abstand von mindestens 24 m vom Gleis aufweisen. Bei Einhaltung dieses Abstandes sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Bonk-Maire-Hoppmann GbR

(Dipl.-Phys. M. Krause)

Quellen, Richtlinien, Verordnungen

- ◇ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.09.2002, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180), zuletzt geändert am 13.10.2007
 - ◇ DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen,
 - Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung; Juni 2001;
 - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999;
 - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Februar 1999;
 - ◇ DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen
 - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung; Juni 1995
 - Teil 2: Messverfahren; Juni 1995
 - ◇ „Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen“, Bericht Nr. 107, Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein – Westfalen, 1992
 - ◇ DIN 45672 Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen
 - Teil 1: Messverfahren; September 1991
 - Teil 2: Auswerteverfahren; September 1997
 - ◇ Richtlinie 800.2501 – 800.2503 „Erschütterungen und sekundärer Luftschall“ der DB Netz AG vom November 2016)
 - ◇ Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12.06.1990, veröffentlicht im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1990, Teil 1, zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes (BImSchG) vom 18.12.2006 (BGBl. I S. 3180)
 - ◇ VDI-Richtlinie 2719 Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen (8/87)
 - ◇ Erschütterungstechnische Untersuchung Dreigleisigkeit Stelle Lüneburg 2002 bis 2016; Bonk-Maire-Hoppmann GbR (Emissionsspektren)
-

Erschütterungstechnische Untersuchung: Bebauungsplan Nr. 9 „Hägenhorstweg“ der Gemeinde Echem														
Ergebnisse KB_{Ftr} Holzbalkendecke / Betondecke nicht unterkellert Beurteilung WA Tag														
Abstand vom nächstgelgenem Gleis / Eigenfrequenz Decke	Holzbalkendecke							Betondecke						
	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	40 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	40 Hz
23	0.050	0.042	0.034	0.038	0.040	0.040	0.036	0.030	0.030	0.027	0.032	0.034	0.036	0.031
25	0.047	0.039	0.031	0.035	0.035	0.036	0.032	0.028	0.028	0.025	0.029	0.030	0.032	0.027
30	0.040	0.033	0.025	0.027	0.027	0.027	0.024	0.024	0.023	0.020	0.023	0.023	0.024	0.020
DIN 4150, Teil 2 Nacht WA eingehalten ja /nein ? ($A_r = 0.07$):							Nicht eingehalten rot unterlegt							
Ergebnisse KB_{Ftr} Holzbalken- und Betondecke nicht unterkellert Beurteilung WA Nacht														
Abstand vom nächstgelgenem Gleis / Eigenfrequenz Decke	Holzbalkendecke							Betondecke						
	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	40 Hz	10 Hz	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	40 Hz
23	0.032	0.027	0.022	0.023	0.023	0.023	0.021	0.019	0.019	0.017	0.019	0.019	0.020	0.018
25	0.030	0.025	0.020	0.021	0.020	0.020	0.018	0.018	0.017	0.016	0.017	0.017	0.018	0.016
30	0.026	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.014	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.014	0.012
DIN 4150, Teil 2 Nacht WAI eingehalten ja /nein ? ($A_r = 0.05$):							Nicht eingehalten rot unterlegt							

Erschütterungstechnische Untersuchung Bebauungsplans Nr. 9
 „Hägenhorstweg“ der Gemeinde Echem: Berechnung Immissionspektrum
 Güterzug 100 km/h, Betondecke Eigenfrequenz 10 Hz Abstand 23 m

