

Stadt Oldenburg  
Amt für Verkehr und Straßenbau  
Herrn Norbert Meis  
Industriestraße 1  
26105 Oldenburg

Bearbeiter: Dr.-Ing. Carsten Ebert  
Durchwahl: +49 (931) 49708 - 240   Telefax: -150  
E-Mail: ebert@woelfel.de

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen

Datum

Y0346/001-CE/Lr

08.04.2016

**Ausbau der Bahnstrecke Oldenburg – Wilhelmshaven  
Beratungsleistungen zum Erschütterungsschutz und damit verbundenem sekundären Luftschall**

**Stellungnahme zu dem Erschütterungsgutachten „Bereich Oldenburg – Rastede-Neusüdende (PFA1); Strecke 1522 Oldenburg Hbf – Wilhelmshaven Hbf“ der Baudynamik Heiland & Mistler GmbH vom 3. November 2015; Bericht-Nr. 10-10144-04-D1**

Sehr geehrter Herr Meis,

im Zuge des Planfeststellungsverfahrens für den Ausbau der Bahnstrecke Oldenburg-Wilhelmshaven im Planfeststellungsabschnitt 1 (Oldenburg-Rastede) wurde Ihnen ein von der DB Projektbau GmbH in Auftrag gegebenes Erschütterungsgutachten [1] des Ingenieurbüros Baudynamik Heiland & Mistler GmbH (wird im nachfolgenden Text abgekürzt als BHM bezeichnet) übergeben. Dieses Erschütterungsgutachten bewertet die Erschütterungsimmissionen des infolge des Ausbaus zunehmenden Güterzugverkehrs (Planfall für das Jahr 2025) im Vergleich zur heutigen Situation (Vorbelastung).

Nach Vorliegen dieses Erschütterungsgutachtens und weiterer - im Zuge eines Erörterungstermins zum PFA1 aufgekommener Fragen - haben Sie uns gebeten:

- Zu beurteilen, ob die Ermittlung und Durchführung der Erschütterungsmessungen im o.g. Gutachten korrekt vorgenommen wurden.
- Zu beurteilen, ob die vorgeschlagenen Maßnahmen (im Wesentlichen eine Schwellenbesohlung) als hinreichend wirksam angesehen werden können oder ob zusätzliche Maßnahmen (z.B. Unterschottermatten) hinsichtlich eines wirksamen Erschütterungsschutzes gefordert werden müssten.
- Angaben zur Haltbarkeit / Qualität von besohlenen Schwellen zu geben.
- Die Auswirkungen der Zuggeschwindigkeiten darzustellen.
- Die Auswirkungen der vorgesehenen Vernagelung des Bahndamms darzustellen.

- Den Einfluss der im Bereich der Bahnstrecke vorhandenen mächtigen Tonschichten und zeitweise hohen Grundwasserstände darzustellen.

Nachfolgend möchten wir auf die o.g. Punkte eingehen und die Situation aus unserer Sicht darstellen.

## 1 Anmerkungen zum Erschütterungsgutachten von BHM für den PFA1

Die DB Projektbau GmbH hat im Zuge des Planfeststellungsverfahrens zum PFA1 BHM beauftragt, ein Erschütterungsgutachten für den Streckenabschnitt „Bereich Oldenburg – Rastede Neusüdende“ zu erstellen. Für diesen Abschnitt „sollen die Auswirkungen durch den – im Vergleich zum heutigen Zustand – zunehmenden Güterzugverkehr hinsichtlich der Erschütterungssituation untersucht werden. [...] Dazu wurden Erschütterungsmessungen in 77 repräsentativen Gebäuden [...] durchgeführt. [...] Vorzugsweise wurden die Gebäude ausgewählt und messtechnisch beweisgesichert, die den geringsten Abstand zu den Gleisen aufweisen“ (Auszug aus [1]). Im vorliegenden Gutachten sind die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen von Juli/August 2015 dokumentiert. Auf dieser Basis erfolgte eine Bewertung der Immissionssituation für die plangegebene Vorbelastung und für die zukünftige Planfall-Situation (Prognose für das Jahr 2025).

Wichtig ist hierbei insbesondere der Begriff „plangegebene Vorbelastung“. Das bedeutet, dass in dem vorliegenden Erschütterungsgutachten zur Bewertung der aktuellen Immissionssituation ein Zugprogramm zugrunde gelegt worden ist, welches auf der derzeit maximal zulässigen Anzahl von Zugvorbeifahrten basiert. Diese Zugzahlen sind wesentlich höher, als die aktuell tatsächlich fahrenden Züge. Das führt dazu, dass die aktuelle Immissionssituation wesentlich ungünstiger (im Sinne höherer Immissionen) dargestellt wird, als sie sich den betroffenen Anrainern aktuell Tag für Tag bietet. Bei der Festlegung der Erschütterungen der plangegebenen Vorbelastung werden außerdem die Erschütterungen bzgl. der Zugfahrgeschwindigkeit korrigiert. Das heißt, die bei Güterzugvorbeifahrten (mit aktuell durchschnittlich 64...74 km/h; in Abhängigkeit von der Messstelle) gemessenen Erschütterungen werden hochskaliert auf die zu erwartenden Erschütterungen bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h, die wohl der aktuell zulässigen Geschwindigkeit entspricht. Auch das führt zu insgesamt höheren Immissionen für die plangegebene Vorbelastung.

Wir sind in unserer letzten Stellungnahme vom 18. September 2015 [2] detailliert auf das Thema plangegebene Vorbelastung eingegangen. Diese Ausführung gelten analog für die Untersuchungen in diesem PFA. Auf dieser Grundlage empfehlen wir Ihnen:

- Zu überprüfen, ob die im Gutachten dargestellten Zugzahlen zur plangegebenen Vorbelastung tatsächlich dem aktuell zulässigen Zustand entsprechen. Das herangezogene Zugprogramm ist gemäß Angaben der DB Projektbau [3]) dem Planfeststellungsbeschluss des Eisenbahnbundesamtes vom 31.10.2014, Gz: 581pa/009-2014#003 entnommen. Uns liegen hierzu keine Angaben vor.
- Eine juristische Prüfung vorzunehmen, ob der Beurteilungsansatz auf Basis der plangegebenen Vorbelastung bei diesem Projekt gerechtfertigt ist.

Aufgrund der wesentlich unterschiedlichen Zugzahlen ist die tatsächliche Immissionssituation – die die betroffenen Anrainer tagtäglich wahrnehmen – nennenswert unterhalb derjenigen, die sich aus der plangegebenen Vorbelastung ergibt. Nur weil der Planfall 2025 mit der plangegebenen Vorbelastung verglichen wird, ergeben sich vergleichsweise geringe Erschütterungszunahmen durch den Ausbau. Würde der Planfall 2025 mit der tatsächlichen aktuellen Immissionssituation verglichen, ergäben sich deutliche Überschreitungen, die in der Konsequenz auch aufwändige und teure Erschütterungsminderungsmaßnahmen bedingen würden. Die zugrundeliegenden Zugzahlen sind in Tabelle 1 dargestellt. Es stehen täglich 5 Güterzüge (aktuelle Situation) 50 Güterzügen gemäß plangegebener Vorbelastung und 77 Güterzügen (Prognosefall 2025) gegenüber.

Tabelle 1: Zugprogramm zur Bewertung der plangegebenen Vorbelastung

Zeitraum	Aktuelles (2013) Zugprogramm (aus [4])		plangegebene Vorbelastung (aus [1])		Prognosefall (2025) (aus [1])	
	Reisezüge	Güterzüge	Reisezüge	Güterzüge	Reisezüge	Güterzüge
Tag (6-22 Uhr)	36	1	36	26	36	45
Nacht (22-6 Uhr)	6	4	8	24	8	32
<b>Summe</b>	<b>42</b>	<b>5</b>	<b>44</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>77</b>

Im Rahmen der im Gutachten dokumentierten Messkampagne (durchgeführt im Juli / August 2015) sind Erschütterungsmessungen in 77 Gebäuden durchgeführt worden. Die Menge der berücksichtigten Gebäude ist überdurchschnittlich, die Auswahl konzentrierte sich auf der Strecke nahegelegene Gebäude, die örtliche Verteilung (im Grundriss) erfolgte weitgehend gleichmäßig im gesamten Streckenabschnitt, verschiedene Gebäudearten (z.B. Holzbalkendecken; Betondecken) wurden erfasst. Insgesamt sind 1.951 Vorbeifahrten erfasst worden, die Messzeit je Gebäude betrug durchschnittlich 60 h, mindestens jedoch 48 h. Auch die genannten Messzeiten sind überdurchschnittlich. Von daher sind die dokumentierten Messergebnisse als repräsentativ anzusehen.

Trotz des vergleichsweise hohen Messumfanges konnten aufgrund des aktuell sehr geringen Güterzugverkehrs nur wenige Güterzug-Vorbeifahrten in den einzelnen Gebäuden erfasst werden. BHM hat deswegen an drei Referenzquerschnitten langandauernde Erschütterungsmessungen eingerichtet und durchgeführt (in Summe 6 Wochen Messdauer). Hauptaufgabe dieser Langzeitmessungen war es, mittlere Erschütterungsemissionen von Reisezügen (Nord-West-Bahn) und Güterzügen zu bestimmen – jeweils zur statistischen Absicherung mit einer ausreichend hohen Anzahl an Vorbeifahrten. Damit kann man an diesen Referenzquerschnitten die Unterschiede zwischen Güterzug-Verkehr und Reisezug-Verkehr quantifizieren. Im Rahmen der Bewertung der Ist-Situation aus plangegebener Vorbelastung und des Prognosefalls 2025 werden an den einzelnen Gebäuden die direkt ermittelten Immissionen aus Reisezugverkehr (jeweils statistisch abgesichert) herangezogen. Zusätzlich werden die Immissionen aus Güterzugverkehr berücksichtigt. Hierfür werden die Immissionen aus Reisezugverkehr erhöht, um die an den Referenzquerschnitten ermittelten Differenzen zwischen beiden Zuggattungen. Dieses gewählte und umgesetzte Verfahren bewerten wir als grundsätzlich zuverlässig. Im Gutachten sind auch Ergebnisse von Validierungen aufgeführt, die die Eignung nachweisen.

Zutreffend wird im Gutachten dargelegt, dass eine Schädigung von Gebäuden infolge Bahnbetriebs ausgeschlossen werden kann, da die Anhaltswerte von DIN 4150-3 [6] deutlich unterschritten werden. Das trifft auch auf den Prognose-Planfall 2025 zu, da die Beurteilung von Gebäudeschwingungen unabhängig von der Anzahl vorbeifahrender Züge ist.

Maßgebend wird demnach die Beurteilung nach DIN 4150-2 [5], die die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden beurteilt. Rechtlich verbindliche Grenzwerte existieren hierfür nicht, so dass – auch in der Rechtsprechung – regelmäßig die in DIN 4150-2 aufgeführten Anhaltswerte zur Beurteilung herangezogen werden.

Die Dokumentation der Messdurchführung wurde exemplarisch an einzelnen Gebäuden (Babenend 84; An der Südbäke 90) überprüft. Das Messprotokoll enthält alle wesentlichen Angaben und ist sehr gut nachvollziehbar. Tabellarisch werden die  $KB_{Fmax}$ -Werte für alle Vorbeifahrten und alle Messkanäle aufgeführt. Auf die Darstellung einiger exemplarischer Zeitverläufe wurde verzichtet – aufgrund der Menge der Messdaten erscheint das angemessen. Als Ergebnis werden die Terzschnellespektren je Zugart und je Fahrtrichtung für jeden Gebäudemesspunkt aufgeführt. Diese Ergebnisse erscheinen plausibel.

Aus den dargestellten Terzschnellespektren sind zunächst die Taktmaximal-Effektivwerte  $KB_{FTm}$  für jede Zugklasse zu berechnen. Diese  $KB_{FTm}$ -Werte sind im Gutachten leider nicht aufgeführt, so dass die Nach-

vollziehbarkeit an dieser Stelle erschwert ist. Gemäß Anhang A der DIN 4150-2 soll auch die Standardabweichung für die Taktmaximal-Effektivwerte angegeben werden, um die Streuung der Messwerte darzustellen und damit die Prognoseunschärfe abzuschätzen. Diese Angaben sind im Gutachten nicht aufgeführt. Aus den Taktmaximal-Effektivwerten ergeben sich – zusammen mit den Zugzahlen – die für die Beurteilung relevanten Beurteilungsschwingstärken  $KB_{FTI}$ , die in Tabelle 4-5 des Gutachtens aufgeführt sind. Eine exemplarische Kontrollrechnung ergab jedoch plausible Ergebnisse, so dass wir keinen Anlass sehen, die dargestellten Berechnungsergebnisse anzuzweifeln.

Die in Tabelle 4-5 des Gutachtens aufgeführte maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  wird von BHM keiner Bewertung unterzogen. BHM verweist hierbei auf Absatz 6.5.3.5 der DIN 4150-2. Im erwähnten Absatz steht wörtlich: „Für den Schienenverkehr hat der (obere) Anhaltswert  $A_0$  nachts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten. Liegen jedoch nachts einzelne  $KB_{FTI}$ -Werte bei oberirdischen Strecken gebietsunabhängig über  $A_0 = 0,6$ , so ist nach der Ursache der entsprechenden Zugeinheit zu forschen und diese möglichst rasch zu beheben.“

Betrachtet man die im Gutachten dokumentierten  $KB_{Fmax}$ -Werte für die Gebäude MO106 bis MO198 (jeweils nur die Wohngeschosse), so ist festzustellen, dass an 56 von insgesamt 159 Messorten  $A_0$ -Werte oberhalb von 0,6 prognostiziert werden. Die Überschreitungen sind teils deutlich und erreichen an immerhin 21 Messpositionen Werte oberhalb von  $A_0 = 1$ . Der maximale dokumentierte  $KB_{Fmax}$ -Wert ergibt sich für Gebäude MO122 mit  $A_0 = 2,83$  – eine immerhin 4,7-fache Überschreitung von einem Wert 0,6. Aus der Messdokumentation zu MO122 wird deutlich, dass an dem Messpunkt MP3-z (Büro im Dachgeschoss) bei 22 von insgesamt 91 erfassten Vorbeifahrten ein Wert von  $KB_{Fmax} = 0,6$  überschritten wird.

In dem betrachteten Streckenabschnitt liegen damit bei ca. jedem dritten untersuchten Gebäude Überschreitungen von  $KB_{Fmax} = 0,6$  vor. In einzelnen Gebäuden führt ca. jede 4. Zugvorbeifahrt zu Überschreitungen von  $KB_{Fmax} = 0,6$ . Nach unserer Interpretation können in diesen Fällen die Anforderungen der DIN 4150-2 nicht als eingehalten gelten, da weder örtlich noch zeitlich von einzelnen Überschreitungen gesprochen werden kann. Diese sind eher die Regel.

Zum Vergleich: Gemäß Tabelle 1 der DIN 4150-2 sind nachts  $A_0$ -Werte von 0,3 (Zeile 3; Mischgebiete) bzw. von 0,2 (allgemeine Wohngebiete) einzuhalten. Gemäß den Ausführungen der Deutschen Bahn [8] kann ein  $KB_{Fmax} = 0,4$  noch als zumutbar angesehen werden. Weiter wird ausgeführt: „Ein  $KB_{Fmax} = 0,4$  ist nach Untersuchungen zur Lästigkeit von Erschütterungen an Schienenwegen der Immissionswert, ab dem sich mehr als 50 % der betroffenen Anwohner erheblich belästigt fühlen.“ ([8], [11])

Im Gutachten von BHM erfolgte jedoch keine Beurteilung bzw. kein Vergleich zwischen  $KB_{Fmax}$  und  $A_0$ . In Abschnitt 2.5.1 des Gutachtens steht hierzu: „Die Beurteilung erfolgt im Wesentlichen anhand der Anhaltswerte  $A_0$  und  $A_r$ “. Nach unserer Einschätzung ist dieses Vorgehen – trotz der reduzierten Anforderungen gemäß Abschnitt 6.5.3.5 der DIN 4150-2 – kritisch zu hinterfragen und nicht angemessen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass auch bei dieser Beurteilung die bestehende Vorbelastung anzurechnen ist. Die  $KB_{Fmax}$ -Werte stellen jedoch die maximalen Erschütterungswerte der berücksichtigten Zugvorbeifahrten dar. Sie sind demnach unabhängig von der Anzahl der Vorbeifahrten, sofern bei der Messung auch die Züge mit den höchsten Erschütterungen erfasst wurden. Grundsätzlich kann man bei der umfangreichen Messkampagne von BHM davon ausgehen; nichtsdestotrotz werden sich bei mehr als 77 Güterzugvorbeifahrten täglich (Prognosefall in 2025) sicher einzelne Ereignisse ergeben, bei denen die  $A_0$ -Werte noch weiter überschritten werden. Auf jeden Fall führt die Erhöhung der Güterzuggeschwindigkeit (von aktuell 64 ... 74 m/h auf 100 km/h) zu einer Erhöhung der  $KB_{Fmax}$ -Werte von bis zu 56 %, was eine wesentliche Erhöhung (> 25 %) darstellt.

Die Zuordnung der Gebäude hinsichtlich der Gebietsnutzung zur Festlegung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 (Abschnitt 4.6.1 des Gutachtens) wurde von uns nicht überprüft.

Der sekundäre Luftschall wird auf der Grundlage der auf den Gebäudedecken gemessenen bzw. prognostizierten Erschütterungen bestimmt. Hierfür wird eines der in [10] beschriebenen Verfahren (Einzahlmethode; Mehrzahlmethode) genutzt. Welche der beiden Methoden angewendet wurden, geht nicht eindeutig

aus dem Gutachten von BHM hervor. Das ist jedoch nicht ganz so entscheidend, da die Unterschiede zwischen beiden Methoden relativ gering sind (je nach Erschütterungssignal im Bereich von ca. 2 dB(A)).

Da gemäß [7] eine erhebliche Abweichung von Einzelergebnissen von der Regressionsgeraden um bis zu 10 dB(A) zu beobachten ist, „sind diese Verfahren nur dann geeignet, wenn ein ausreichender Abstand von den anzustrebenden Grenzwerten vorliegt. Die unvermeidbaren Streuungen sollten in den Prognosen berücksichtigt werden“. In der VDI 2038-3 [7] ist ein alternatives Verfahren zur Prognose des sekundären Luftschalls aus Erschütterungsmessungen angeboten – die sogenannte statistische Energieanalyse. Dieses Verfahren prognostiziert – je nach Erschütterungssignal – ca. 6 dB(A) höhere sekundäre Luftschallpegel, liegt damit aber regelmäßig auf der sicheren Seite. Auch die in [8] angegebenen Regressionsgeraden prognostizieren höhere Sekundärschallpegel (im Bereich der statistischen Energieanalyse) als die im Gutachten verwendeten Methoden.

Für die Beurteilung der Sekundärschallpegel wird die 24. BImSchV herangezogen. Das ist im Umfeld der Beurteilung von Schienenverkehrsimmissionen üblich und wurde vom Bundesverwaltungsgericht bestätigt [12], auch wenn aus anderen Regelwerken (z.B. in der TA-Lärm) teilweise strengere Grenzwerte ableitbar sind.

BHM führt in ihrem Gutachten in Abschnitt 2.6 an, dass „Verkehrslärm je nach Emissionsart als unterschiedlich belästigend wahrgenommen wird. Dieser Belästigungsunterschied wird in Form eines Schienenbonus in Höhe von 5 dB(A) angesetzt und vom berechneten Beurteilungspegel abgezogen.“ Zu berücksichtigen ist, dass bei der aktuellen Richtlinie zur Berechnung von Schallimmissionen von Schienenwegen (Schall 03) [13] der Schienenbonus nicht mehr angesetzt wird.

Die prognostizierten Sekundärschallpegel sind jedoch durchweg relativ gering. BHM führt selbst aus: „Die höchstzulässigen Mittelungspegel des Sekundärschalls werden an keinem Ort überschritten, selbst wenn der Schienenbonus nicht angesetzt würde“. Selbst unter Berücksichtigung alternativer Prognoseverfahren mit tendenziell höheren Prognosepegeln (statistische Energieanalyse; Regression aus [8]) erscheint es unwahrscheinlich, dass die Sekundärschallpegel häufig überschritten werden.

Als Bewertungsmaßstab für die Festlegung, welchen Eigentümern dem Grund nach Anspruch auf Anspruch auf Erschütterungsschutz haben, wird sich an dem Grundsatzurteil des BVerwG [12] orientiert. Die daraus entnommenen wesentlichen Inhalte bzgl. zumutbarer Erschütterungen und der Berücksichtigung der Vorbelastung sind in den Abschnitten 2.5.2 und 2.5.3 des Gutachtens dargestellt. Nach dem im genannten Urteil aufgeführtem Konzept besteht ein Anspruch nur, wenn im Prognosefall (in 2025) die Anhaltswerte der DIN 4150-2 überschritten sind und gleichzeitig die Immissionen den aktuellen Zustand um mindestens 25 % („wesentliche Erhöhung“) überschreiten.

Ob das zitierte Urteil des BVerwG vollumfänglich auch für den Ausbau der Bahnstrecke Wilhelmshaven-Oldenburg anwendbar ist, sollte juristisch bewertet werden. Aufgrund der immensen Immissionsunterschiede zwischen plangegebener Vorbelastung (hohe Zugzahlen; höhere Güterzuggeschwindigkeit) und dem aktuellen Zustand, den die Betroffenen seit vielen Jahren wahrnehmen, werden sich nach dem Ausbau die Erschütterungsimmissionen wesentlich erhöhen (bezogen auf den aktuellen Zustand). Zu berücksichtigen ist dabei, dass die DIN 4150-2 in Abschnitt 6.5.3.4 c aufführt: „*An bestehenden Schienenwegen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 vielerorts überschritten. Verfahren zur Erschütterungsminderung stehen derzeit nur begrenzt zur Verfügung. Daher müssen den Anwohnern oft Erschütterungsimmissionen zugemutet werden, die oberhalb des Niveaus liegen, ab dem mit zunehmender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten können. Die Grenze der Zumutbarkeit kann nur im Einzelfall festgestellt werden. Hierbei sollten u.a. folgende Beurteilungskriterien berücksichtigt werden: historische Entwicklung der Belastungssituation; Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen; Vermeidbarkeit von Anhaltswertüberschreitungen; Duldungspflichten nach dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme.*“

Auf die zitierte Berücksichtigung der Zumutbarkeit im Einzelfall ist im Gutachten von BHM nirgends eingegangen worden. Weder die historische Entwicklung der Belastungssituation noch die Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen finden Eingang in das Beurteilungskonzept. Aus unserer Sicht ist dies aufgrund der signifikanten Zunahme der Immissionen nicht gerechtfertigt.



Unter Anwendung des im Gutachten gewählten Bewertungskonzeptes (Anspruch nur wenn die Anhaltswerte von DIN 4150-2 überschritten sind und sich gleichzeitig die Immissionen um mindestens 25 % im Vergleich zur plangegebenen Vorbelastung erhöhen) ergeben sich nach BHM 24 Gebäude (aus der Menge der untersuchten Gebäude) deren Eigentümer Anspruch auf Erschütterungsschutz haben. Interessanter Weise wird hierfür generell der Tagzeitraum maßgebend. Nachts werden zwar bei der Mehrheit der Gebäude die Anhaltswerte nach DIN 4150-2 überschritten, aber die Zunahme (im Vergleich zur plangegebenen Vorbelastung) beträgt weniger als 25 %.

## 2 Wirksamkeit der vorgeschlagenen Erschütterungsminderungsmaßnahmen

BHM stellt in Ihrem Gutachten verschiedene technische Lösungen – mit unterschiedlicher Wirksamkeit und unterschiedlichen Kosten – zur Minderung von Erschütterungen vor. In Tabelle 4-7 des Gutachtens sind die Ergebnisse aufgeführt, die sich ergeben, wenn an beiden Gleisen eine Schwellenbesohlung (Elastomerlager zwischen Schotterbett und Schwelle) vorgesehen wird. Zur Beurteilung wird auch hier das bereits weiter oben dargelegte Bewertungskonzept angewendet, dessen Anwendbarkeit (nach unserer Einschätzung) juristisch geprüft werden sollte.

Die von BHM prognostizierten Werte zeigen, dass sich durch die Schwellenbesohlung die  $KB_{F_{max}}$ -Werte um ca. 10...20 % reduzieren. Grundsätzlich sind diese mit dem oberen Anhaltswert der DIN 4150-2 zu vergleichen. In Abschnitt 6.5.3.5 der DIN 4150-2 ist hierfür jedoch die abweichende Bedeutung des oberen Anhaltswertes für Schienenverkehrserschütterungen dargestellt (siehe auch unsere Erläuterungen oben). Mit Schwellenbesohlung wird  $KB_{F_{max}} = 0,6$  „nur noch“ an 45 Messpunkten überschritten (ohne Maßnahme ergeben sich 56 Messpunkte). An 14 Messpunkten erreicht  $KB_{F_{max}}$  auch mit Schwellenbesohlung Werte oberhalb von 1 (vorher 21 Messpunkte). Der maximale  $KB_{F_{max}}$ -Wert ergibt sich für Gebäude MO122, der sich von 2,83 ohne Maßnahme auf 2,31 reduziert – dies ist immerhin noch eine ca. 3,8-fache Überschreitung in Bezug auf einen Wert von 0,6. In Summe ist festzuhalten, dass sich durch die Schwellenbesohlung die  $KB_{F_{max}}$ -Werte reduzieren, aber keinesfalls so signifikant, dass sich eine wesentliche Verbesserung einstellt. BHM bewertet die  $KB_{F_{max}}$ -Werte in ihrem Gutachten nicht, es erfolgt kein Vergleich mit  $A_0$ . Nach unserer Einschätzung sind auch mit Schwellenbesohlung die Überschreitungen noch so häufig (bezogen auf die Anzahl der Gebäude und auf die Anzahl der Vorbeifahrten), dass man nicht von seltener Überschreitung (Abschnitt 6.5.3.5 der DIN 4150-2) sprechen kann. Dementsprechend müsste – nach unserer Interpretation der DIN 4150-2 –  $A_0$  zur Beurteilung herangezogen werden und die Anforderungen wären bei vielen Gebäuden nicht eingehalten.

Unter Berücksichtigung der Schwellenbesohlung erhöhen sich die  $KB_{F_{Tr}}$ -Werte tags um ca. 5...15 %, nachts ergeben sich meist Reduktionen zwischen 0...10 % – jeweils im Vergleich zur plangegebenen Vorbelastung. Mit dem von BHM gewählten und auf Basis des zitierten BVerwG-Urteils basierenden Bewertungskonzeptes ergeben sich danach keine Gebäude, denen ein Schutzanspruch zusteht, da trotz – nach wie vor gegebener – Überschreitung der Anhaltswerte sich die Immissionssituation nicht wesentlich verschlechtert (Zunahme kleiner als 25 %). Auch diese Aussage gilt nur in Bezug zur plangegebenen Vorbelastung und nicht zum aktuellen Zustand vor Ort. Auf Grundlage dieses „Erfolges“ verzichtet BHM weitere, wesentlich teurere – jedoch besser wirksame – Maßnahmen näher zu untersuchen.

Die von BHM angesetzten Pegelminderungen für die Maßnahme „Schwellenbesohlung“ erscheinen realistisch und dürften tendenziell leicht konservativ (auf der sicheren Seite liegend) angesetzt sein. Dennoch ist aus dem Gutachten nicht nachvollziehbar, woher die in Tabelle 2-4 aufgeführten Einfügedämmwerte stammen. Dies sollte abgefragt werden.

Auf die anderen vorgestellten möglichen Minderungsmaßnahmen muss hier nicht weiter eingegangen werden, da diese – neben einer Kostenbetrachtung – im Gutachten von BHM nicht untersucht werden.

Im Rahmen der Ausführung sollte darauf geachtet werden, dass lediglich zugelassene Systeme zum Einsatz kommen, um die Qualität und Haltbarkeit sicherzustellen. Nach unserer Information verwendet die Deutsche Bahn derzeit nur Elastomere von zwei Herstellern, den Firmen Getzner und Datwyler. Hinter-

grund sind u.a. die umfangreichen Tests im Rahmen langer Zulassungsverfahren. Die Elastomere selbst sind jedoch weitgehend langzeitstabil, so dass eine dauerhafte Wirksamkeit gegeben ist.

### 3 Auswirkungen der Zuggeschwindigkeit auf Erschütterungsimmissionen

Gemäß ÖNorm S9012 [9] kann bei einem Oberbau in üblicher Schotterbettausführung davon ausgegangen werden, dass bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 200 km/h die Erhöhung der Erschütterungsintensität proportional zur Quadratwurzel des Verhältnisses der Fahrgeschwindigkeitserhöhung ist.

$$\text{Faktor Erschütterungserhöhung} = \sqrt{\text{Faktor Geschwindigkeitserhöhung}}$$

Im Gutachten von BHM ist lediglich an einer Stelle (Abschnitt 2.4; Seite 17 unten) ganz knapp angegeben, wie man die Auswirkungen unterschiedlicher Geschwindigkeiten in Bezug auf die Erschütterungsimmissionen korrigieren kann. Dort wird ein linearer Zusammenhang dargestellt (der teilweise auch von anderen Planungsbüros verwendet wird), was höhere Erschütterungsimmissionen prognostizieren würde, als gemäß [9] zu erwarten sind. Ob die gemessenen Erschütterungsimmissionen nach der angegebenen Gleichung tatsächlich auf die zu erwartenden Immissionen für die zulässige Streckengeschwindigkeit der plangegebenen Vorbelastung bzw. für den Prognosefall 2025 umgerechnet wurden ist nicht eindeutig nachvollziehbar. Wir gehen jedoch davon aus.

In der nachfolgenden Tabelle sind die sich ergebenden Faktoren dargestellt:

Tabelle 2: Abhängigkeit der Erschütterungsimmissionen von den Zuggeschwindigkeiten

	aktuelle Zuggeschwindigkeiten (07/08 2015)	plangegebene Vorbelastung	Prognosefall in 2025
Personenzug (Nord-West-Bahn)	98 km/h	100 km/h	120 km/h
Güterzug: Messort Melkbrink	64 km/h	100 km/h	100 km/h
Güterzug: Messort Bürgerbusweg	74 km/h		

  

Geschwindigkeitserhöhung auf		
Personenzug (Nord-West-Bahn)		102%
Güterzug: Messort Melkbrink		156%
Güterzug: Messort Bürgerbusweg		135%

  

Erhöhung Erschütterungsimmissionen (nach BHM)		
Personenzug (Nord-West-Bahn)		102%
Güterzug: Messort Melkbrink		156%
Güterzug: Messort Bürgerbusweg		135%

  

Erhöhung Erschütterungsimmissionen (nach ÖNorm S9012)		
Personenzug (Nord-West-Bahn)		101%
Güterzug: Messort Melkbrink		125%
Güterzug: Messort Bürgerbusweg		116%

Das bedeutet, dass die aktuell von den Anrainern wahrzunehmenden Erschütterungsimmissionen von BHM zunächst um bis zu 56 % (Güterzüge im Bereich der Messstelle Melkbrink) erhöht werden, um den Zustand der plangegebenen Vorbelastung abzubilden. Für den Prognose-Planfall (in 2025) – der Grundlage für die Beurteilung in diesem Planfeststellungsverfahren ist – ergeben sich dann keine weiteren Zunahmen durch Güterzugverkehr (da die zulässige Güterzug-Geschwindigkeit unverändert bleibt). Lediglich bei den Personenzügen (Nord-West-Bahn) sind die Immissionen durch die Anhebung der Streckengeschwindigkeit für den Prognose-Planfall zu erhöhen.

#### 4 Auswirkungen der Vernagelung des Bahndamms

Die Vernagelung des Bahndamms wird notwendig, da die Regelböschungsneigung für die anstehenden Böden von 1:2 aufgrund der innerörtlichen Platzverhältnisse nicht realisierbar ist. Die Bodenvernagelung dient der Erhöhung der Standsicherheit des Damms. Die vorgesehenen Bodennägel leiten in Verbindung mit einem oberflächigen Drahtgeflecht aufkommende Kräfte sicher in den Untergrund ein, so dass Grundbrüche vermieden werden.

Üblicherweise werden vom Gleis aus Löcher in den bestehenden Damm gebohrt, in die Gewindestangen (Bewehrungsseisen) eingebracht werden. Der Hohlraum zwischen Gewindestange und Erdreich wird mit Zementmörtel verfüllt; ggf. erfolgt eine zusätzliche Verpressung.

Nähere Angaben zur Anzahl der Bodennägel, zum Abstand, zum Durchmesser der Gewindestangen und zum Durchmesser der Bohrung liegen uns derzeit nicht vor. Üblich sind relativ kleine Bohrdurchmesser von bis zu 120 mm. Die Abstände zwischen den Bodennägeln werden vermutlich mehr als 50 cm betragen. Wir gehen davon aus, dass sich die dynamischen Baugrundeigenschaften nicht wesentlich verändern. Der Einfluss auf die Erschütterungsausbreitung ist deswegen relativ gering. Wesentliche Veränderungen der Erschütterungsimmissionen infolge der Bodenvernagelung erwarten wir nicht.

Etwas konkreter könnte man – bei Bedarf – die Situation betrachten, wenn nähere Angaben zur vorgesehenen Ausführung (Durchmesser; Abstände; Bauverfahren etc.) vorliegen.

#### 5 Einfluss von Tonschichten und Grundwasserständen

Bei der Beurteilung von Erschütterungen sind immer drei wesentliche Komponenten zu betrachten:

- Die Erschütterungsquelle (in diesem Fall der Schienenverkehr auf den Gleisen)
- Der Ausbreitungsweg (in diesem Fall der anstehende Baugrund)
- Der Immissionsort (in diesem Fall die Gebäude mit Ihren dynamischen Eigenschaften)

Die Stärke der auftretenden Erschütterungen hängt maßgeblich von den dynamischen Eigenschaften dieser Komponenten ab. Bei der Minderung von Erschütterungen stehen dementsprechend – unterschiedlich wirksame Maßnahmen – für die genannten Komponenten bereit.

Im Rahmen von Erschütterungsprognosen ist deswegen auch dem Ausbreitungsweg / dem Baugrund Beachtung zu schenken. Im Rahmen der von BHM erfolgten Prognose sind jedoch die Eigenschaften aller drei Komponenten (Schienenverkehr; Baugrund; Gebäude) in den Messergebnissen – und damit auch in den Prognoseergebnissen – berücksichtigt. Die Prognose basiert damit auf den tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort, so dass die Prognosegenauigkeit vergleichsweise hoch ist.

Die Baugrundeigenschaften (insbesondere auch die mächtigen Tonschichten) sind damit im Gutachten vollständig berücksichtigt.

Erschütterungen aus Schienenverkehr breiten sich in Form von sogenannten Oberflächenwellen aus, die mit zunehmender Tiefe im Boden rasch abnehmen (auch als Rayleighwellen bezeichnet). Die Ausbreitung von Wellen dieses Typs wird nur in geringem Maße vom Grundwasser beeinflusst. Im unmittelbaren Nahfeld (Entfernung abhängig von Baugrund und Grundwasserständen) könnte es zu Interferenzen mit reflektierten Kompressionswellen und damit zu einem tendenziell höheren Einfluss kommen. Zur Beurteilung ob dieser Effekt relevant wird, müssten Angaben zum Baugrund und zum Unterschied zwischen maximalen und minimalen Grundwasserstand vorliegen. Wir gehen aktuell davon aus, dass keine wesentlichen Einflüsse auf die von BHM prognostizierten Erschütterungsimmissionen zu erwarten sind.



## 6 Zusammenfassung

Im Zuge des Planfeststellungsverfahrens für den Planfeststellungsabschnitt 1 ist BHM von der DB Projektbau beauftragt worden, ein Gutachten zum Erschütterungsschutz zu erstellen. Diesem Gutachten liegt ein überdurchschnittlich umfangreiches Messprogramm zu Grunde, bei dem im gesamten Streckenabschnitt an insgesamt 77 repräsentativ ausgewählten Gebäuden die Erschütterungsimmissionen messtechnisch erfasst wurden.

Auf Basis dieser Erschütterungsmessungen sind die zu erwartenden Immissionen für Erschütterungen und sekundären Luftschall für die plangegebene Vorbelastung, für den Prognosefall (in 2025) und für den Prognosefall mit Schwellenbesohlung (zur Erschütterungsminderung) prognostiziert worden.

Der Bewertung des Gutachtens von BHM liegt ein Grundsatzurteil des BVerwG [12] zugrunde, bei dem ebenfalls die Immissionen von Erschütterungen und sekundärem Luftschall im Zuge des Ausbaus einer Schienenverkehrsstrecke zu bewerten waren. Wesentlicher Inhalt dieses Urteils und des Bewertungskonzeptes von BHM im Rahmen des gegenständlichen Gutachtens ist, dass ein Anspruch auf Erschütterungsschutz nur dann besteht, wenn zum einen die Anhaltswerte der DIN 4150-2 überschritten werden und sich gleichzeitig die Immissionen um mindestens 25 % gegenüber dem Zustand vor dem Streckenausbau erhöhen („Wahrnehmungsschwelle“). Gleiches gilt sinngemäß für den sekundären Luftschall, der aber im PFA 1 vergleichsweise niedrig ist und deswegen bei den Berechnungen von BHM nicht maßgebend wird.

Ob dieses Bewertungskonzept auch für den Ausbau im PFA 1 in Oldenburg anzuwenden ist, sollte nach unserer Einschätzung juristisch geprüft werden. Grundsätzlich sind Erschütterungen gemäß BImSchG Immissionen, die nach Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen herbeizuführen. Im Gegensatz zu anderen Immissionen existieren jedoch keine gesetzlich vorgeschriebenen, einzuhaltenden Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen. Deswegen ziehen auch Gerichte regelmäßig die DIN 4150-2 – „Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ als Beurteilungsgrundlage heran. DIN 4150-2 hat einen eigenen Abschnitt 6.5.3.4, in dem speziell für den Schienenverkehr geltende Bedingungen aufgeführt sind. Hierin ist insbesondere Absatz c) von großer Bedeutung. Dort heißt es: *„An bestehenden Schienenwegen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 vielerorts überschritten. Verfahren zur Erschütterungsminderung stehen derzeit nur begrenzt zur Verfügung. Daher müssen den Anwohnern oft Erschütterungsimmissionen zugemutet werden, die oberhalb des Niveaus liegen, ab dem mit zunehmender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten können. Die Grenze der Zumutbarkeit kann nur im Einzelfall festgestellt werden. Hierbei sollten u.a. folgende Beurteilungskriterien berücksichtigt werden: historische Entwicklung der Belastungssituation; Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen; Vermeidbarkeit von Anhaltswertüberschreitungen; Duldungspflichten nach dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme.“* Die zitierte Berücksichtigung der Zumutbarkeit im Einzelfall ist im Gutachten von BHM – nach unserer Einschätzung – völlig unzureichend erfolgt. Weder die historische Entwicklung der Belastungssituation noch die Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen finden Eingang in das Beurteilungskonzept.

Das ist insofern bedeutsam, da es einen signifikanten Unterschied der Immissionssituation zwischen dem aktuellen Zustand (dieser wird tagtäglich von den Betroffenen wahrgenommen) und der sogenannten plangegebenen Vorbelastung gibt. Insbesondere die Zugzahlen – als ein wesentliches Prognose-Eingangskriterium – sind bei der plangegebenen Vorbelastung deutlich höher, als bei der aktuellen Nutzung (täglich 50 Güterzüge statt aktuell 5 Güterzüge). Aber auch die Güterzuggeschwindigkeiten sind aktuell mit ca. 64...74 km/h deutlich niedriger, als bei der plangegebenen Vorbelastung mit 100 km/h; allein diese Geschwindigkeitskorrektur führt zu einer Erhöhung der Erschütterungen um bis zu 56 %.

Die plangegebene Vorbelastung wird von BHM als Grundlage für die Beurteilung genutzt. Der Zustand nach dem Ausbau (Planfall 2025) wird nicht mit der aktuellen Verkehrssituation, sondern mit der plangegebenen Vorbelastung verglichen. Würde man die Situation nach dem Ausbau mit der aktuellen Immissionssituation (bei 5 Güterzügen täglich) vergleichen, entstünden an sehr vielen Gebäuden wesentliche Erhöhungen der Erschütterungsimmissionen, die umfangreiche Erschütterungsminderungsmaßnahmen (oder gar eine Streckenverlegung) bedingen würden.

Gemäß DIN 4150-2 ist neben dem Vergleich zwischen Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FT_r}$  und dem Anhaltswert  $A_r$  (Inhalt des Gutachtens von BHM) auch der Vergleich zwischen der maximalen bewerteten Schwingstärke  $KB_{F_{max}}$  und dem oberen Anhaltswert  $A_o$  zu führen. Dies erfolgt im Gutachten von BHM nicht. In DIN 4150-2 existiert ein Abschnitt 6.5.3.5, in dem die abweichende Bedeutung des oberen Anhaltswertes  $A_o$  bei Schienenverkehrserschütterungen dargestellt wird. Dort heißt es: „Für den Schienenverkehr hat der obere Anhaltswertes  $A_o$  nichts nicht die Bedeutung, dass bei dessen seltener Überschreitung die Anforderungen der Norm als nicht eingehalten gelten.“ Dem Gutachten von BHM können zahlreiche (systematische) Überschreitungen des oberen Anhaltswertes bei den untersuchten Gebäuden entnommen werden – sowohl was die Anzahl der Gebäude an der Strecke betrifft, als auch was die Häufigkeit der Überschreitungen je Gebäude bei einzelnen Vorbeifahrten betrifft. Von seltenen Überschreitungen kann – nach unserer Einschätzung – keinesfalls gesprochen werden, so dass diese Anforderungen der DIN 4150-2 nicht erfüllt werden. Die Deutsche Bahn nennt in Ihrem (aktuell noch gültigen) Leitfaden für den Planer [8] einen Wert von  $KB_{F_{max}} = 0,4$  als Zumutbarkeitsschwelle, die deutlich untern den gemessenen und prognostizierten Werten für die Gebäude in Oldenburg liegen. Selbst unter Berücksichtigung der Minderungsmaßnahme „Schwellenbesohlung“ werden noch  $KB_{F_{max}}$ -Werte von bis zu 2,31 erreicht (an 14 Messpunkten ergeben sich Werte oberhalb von 1,0; an 45 Messpunkten Werte oberhalb von 0,6 – jeweils aus der Menge der untersuchten Gebäude). Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die  $KB_{F_{max}}$ -Werte nicht direkt von der Anzahl der Zugvorbeifahrten abhängen, da nur die maximalen Pegel einer ungünstigen Vorbeifahrt Eingang finden. Jedoch führt die Erhöhung der tatsächlich gemessenen Güterzuggeschwindigkeiten von aktuell 64...74 km/h auf die im Planfall vorgesehenen 100 km/h zu einer Erhöhung der Erschütterungsimmissionen von bis zu 56 %, was eine wesentliche Erhöhung (> 25 %) darstellt.

Als Minderungsmaßnahme wird im Gutachten von BHM lediglich die Variante „Schwellenbesohlung“ näher betrachtet. Damit können selbst die im Gutachten dargestellten Beurteilungsanforderungen an einigen Gebäuden lediglich knapp eingehalten werden. Es ergeben sich auch dann noch 63 Messpunkte, an denen die Anforderungen bzgl. Einhaltung des  $A_r$ -Wertes der DIN 4150-2 nicht erfüllt werden. Bei einigen dieser Messpunkte sind die Erschütterungszunahmen (im Vergleich zur plangegebenen Vorbelastung) im Bereich von ca. 15 %, was jedoch unterhalb einer Schwelle von 25 % liegt, die als Wahrnehmbarkeitskriterium verwendet wird.

Auf die übliche Mess- und Prognoseunsicherheit wird im Bericht nicht explizit eingegangen. Allein bei der Bestimmung  $KB_F$ -bewerteter Größen treten erfahrungsgemäß (s. DIN 4150-2) bis zu 15 % messtechnisch bedingte Unsicherheiten auf, die im Rahmen einer Prognose sicher noch zunehmen. Das bedeutet, dass bei einem strengeren Bewertungskonzept wesentlich aufwendigere Erschütterungsminderungsmaßnahmen, ggf. sogar eine Streckenverlegung, in Betracht gezogen werden müssten.

Mit freundlichen Grüßen

ppa.   
Dr.-Ing. Carsten Ebert

i.V.   
Dipl.-Ing. (FH) Martin Lerzer

Wölfel Engineering GmbH + Co. KG

Quellen:

- [1] Bericht-Nr.: 10-10144-04-D1 vom 03.11.2015 der Heiland & Mistler GmbH, Bochum „Erschütterungsgutachten Bereich Oldenburg – Rastede-Neusüdende (PFA 1); Strecke 1522 Oldenburg Hbf – Wilhelmshaven Hbf; Beweissicherung und Bewertung des zukünftigen Erschütterungspegels (Prognose Vorbelastung + Planfall 2025)“
- [2] Wölfel-Schreiben vom 18. September 2015 an die Stadt Oldenburg, Amt für Verkehr und Straßenbau: „Stellungnahme zu Unterlagen der Deutschen Bahn im Rahmen der Planfeststellung des PFA 4“
- [3] Schreiben der Deutschen Bahn vom 26.06.2015; ABS Oldenburg – Wilhelmshaven Ausbaustufe III, PFA 4 Varel – Sande, Ausbaustufe II, Bahnverlegung Sande, [...]; „Ergänzung unsere Erwiderng vom 06.02.2015 - Erschütterungen“
- [4] Wölfel Bericht Y0346/001-1 vom 23. September 2013: „Ausbau der Bahnstrecke Wilhelmshaven-Oldenburg, Erschütterungen infolge Schienenverkehr – Messtechnische Bestandsaufnahme im August / September 2013“
- [5] DIN 4150: „Erschütterungen im Bauwesen“; Teil 2: „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ vom Juni 1999
- [6] DIN 4150: „Erschütterungen im Bauwesen“; Teil 3: „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ vom Februar 1999
- [7] VDI-Richtlinie 2038, Blatt 3 von November 2013: „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen; Sekundärer Luftschall – Grundlagen, Prognose, Messung, Beurteilung und Minderung“
- [8] Deutsche Bahn: Information Körperschall / Erschütterungen: „Körperschall und Erschütterungsschutz – Leitfaden für den Planer“; Ausgabe August 1996 – Berichtet: Februar 1999
- [9] ÖNorm S9012; Entwurf; Ausgabe vom 15. September 2009; Beurteilung der Einwirkungen von Schwingungsimmissionen des landgebundenen Verkehrs auf den Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall
- [10] Said, A.; Grütz, H.-P.; Garburg, R.: Ermittlung des sekundären Luftschalls aus dem Schienenverkehr, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Band 53, Heft Nr. 1, 2006
- [11] Zeichart, K., Sinz, A., Schuemer-Kohrs, A., Schuemer, R.: Erschütterungen durch Eisenbahnverkehr und ihre Wirkungen auf Anwohner. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41 (1994) Heft 2 und 4.
- [12] BVerwG: Ausbau einer Eisenbahnstrecke; Schutz gegen Erschütterungen und sekundären Luftschall; AZ. 7 A 14/09 vom 21. Dez. 2010
- [13] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV), Anlage 2 (zu § 4), Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03); zuletzt geändert am 18.12.2014