



B1.2

Schwingungstechnik und
Erschütterungen im
Bauwesen

baudyn.de

Messung
Berechnung
Beratung
Gutachten

Gutachten

Projekt 2013146
Inhalt Reaktivierung der Nebenbahn Kiel - Schönberger Strand
Erschütterungen aus Baubetrieb
Dokument 2019-02-16-2013146-N4-3-GA

Erschütterungstechnische Untersuchung: Erschütterungen aus den
Maßnahmen zum Baubetrieb zur Reaktivierung der Nebenbahn Kiel
- Schönberger Strand im Schienenpersonennahverkehr
Planfeststellungsabschnitt 2: Stadtgrenze Kiel – Schönberger Strand

Auftraggeber AKN Eisenbahn GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 2
24568 Kaltenkirchen

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen
Das Gutachten umfasst 26 Seiten

Datum 16.02.2019

baudyn GmbH

Dipl.-Ing. Marc Oliver Rosenquist
- Geschäftsführer 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
Dipl.-Ing. M.O. Rosenquist
Dr.-Ing. K. Holtzendorff

Sitz der Gesellschaft
Hamburg HRB 110933

USt-IdNr.: DE266720694

Inhaltsverzeichnis

1 Vorhaben und Veranlassung.....	3
2 Planungsunterlagen.....	4
3 Regelwerke zur Einwirkung von Erschütterungen.....	4
3.1 Menschen in Gebäuden.....	6
3.1.1 Erschütterungen.....	6
3.1.2 Sekundäreffekte und sekundärer Luftschall.....	11
3.2 Bauliche Anlagen.....	12
3.2.1 Kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen.....	16
3.2.2 Einwirkung von Dauererschütterungen.....	17
3.3 Böden im Gründungsbereich von baulichen Anlagen.....	17
3.3.1 DIN 4150 Wirkung von Erschütterungen auf Böden.....	18
3.3.2 Ergänzende aktuelle Forschungsergebnisse.....	18
3.4 Technische Anlagen.....	20
4 Geplante Baumaßnahmen und Bewertung.....	21
4.1 Linienverbesserung.....	21
4.2 Haltepunkte.....	23
5 Zusammenfassende Bewertung.....	25

1 Vorhaben und Veranlassung

Auf der bestehenden Bahnstrecke Kiel - Schönberger Strand ist die Reaktivierung des Regionalbahnverkehrs als öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) geplant. Hierzu ist der Betrieb eines regelmäßigen Personenzugverkehrs mit diesel-hydraulischen Triebwagen zwischen den Bahnhöfen Kiel Hauptbahnhof und Schönberger Strand vorgesehen.

Trägerin des Vorhabens ist die AKN Eisenbahn GmbH (AKN) im Auftrag der NAH.SH - Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH. Im Unterauftrag der AKN Eisenbahn AG wurde die baudyn GmbH mit den erschütterungstechnischen Untersuchungen beauftragt.

Das Vorhaben umfasst eine Ertüchtigung der bestehenden, eingleisigen Bahnstrecke mit der Erneuerung des Fahrwegs sowie der Signaltechnik. Nach der Ertüchtigung der Bahnstrecke sind die Voraussetzungen für zulässige Fahrgeschwindigkeiten zwischen 40 km/h und 80 km/h gegeben. Die Gleislage wird weitgehend in der derzeitigen Lage belassen.

Im Bereich der planfestzustellenden Bereiche handelt es sich um

- Planfeststellungsabschnitt 1: Kiel – Opendorf,
- Planfeststellungsabschnitt 2: Stadtgrenze Kiel – Schönberger Strand.

In diesem Gutachten wird der Planfeststellungsabschnitt 2 betrachtet.

Im Gutachten 2018-06-26-2013146-N3-2-GA wurden die erschütterungstechnische Untersuchung zu den Einwirkungen von Erschütterungen aus dem Betrieb mit Schienenverkehr auf Menschen und auf bauliche Anlagen betrachtet.

In dem hiermit vorgelegten Gutachten werden die aus bei den Baumaßnahmen zur Umsetzung des Vorhabens der Reaktivierung der Nebenbahn Kiel - Schönberger Strand zu erwartenden Einwirkungen von Erschütterungen für die Baumaßnah-

men insgesamt drei Linienverbesserungen sechs Bahnhöfe bzw. Haltepunkte betrachtet.

2 Planungsunterlagen

Von dem Auftraggeber sind folgende Planungsunterlagen zur Verfügung gestellt und für die Durchführung der schwingungstechnischen Untersuchungen verwendet worden:

Unterlage	Verfasser	Datum
Übersichtsplan, Lageplan	AKN Eisenbahn GmbH	12.12.2012 Stand 03/2017
Lagepläne 1:500 Bau-km 7,585 bis 24,058	AKN Eisenbahn GmbH	Stand 02.05.2017
Rasterlärnkarte Prognose ohne Maßnahmen (Nacht) Ortsdurchfahrt Landgraben Bahn-km 9.6 bis 10.4	Vössing Ingenieurgesellschaft mbH	22.02.2018
Rasterlärnkarte Prognose ohne Maßnahmen (Nacht) Ortsdurchfahrt Muxall Bahn-km 10.7 bis 11.5	Vössing Ingenieurgesellschaft mbH	22.02.2018
Rasterlärnkarte Prognose ohne Maßnahmen (Nacht) Ortsdurchfahrt Probsteierhagen Bahn-lm 12.7 bis 14.7	Vössing Ingenieurgesellschaft mbH	22.02.2018
Zusammenfassung der möglichen Bauverfahren	AKN Eisenbahn GmbH	30.05.2018
Übersicht der geplanten baulichen Maßnahmen	AKN Eisenbahn GmbH	30.05.2018

Tabelle 1: Planungsunterlagen

3 Regelwerke zur Einwirkung von Erschütterungen

Die infolge des Baubetriebs während der Herstellung auftretenden Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden sowie auf bauliche und technische Anlagen sind grundsätzlich zu berücksichtigen.

Die Untersuchung zum primären Luftschall durch den Baubetrieb wird in der Schalltechnischen Untersuchung der Vössing Ingenieurgesellschaft mbH dokumentiert.

Auf die grundsätzliche Fragestellung der Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen wird in dem aktuellen Entwurf für die VDI-Richtlinie 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik“ umfassend eingegangen und auf die unterschiedlichen, auch internationalen Richtlinien in Hinblick auf die Einwirkung von Schwingungen auf Menschen, bauliche und technische Anlagen verwiesen. Diese übergeordnete Richtlinie zur Baudynamik ist Ausgangspunkt für die einzelnen in der Erschütterungstechnischen Untersuchung verwiesenen Regelwerke.

Zur Konkretisierung der Ziele im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) die „Erschütterungs-Leitlinie“ beschlossen (Mai 2000) und in Hamburg zur Anwendung empfohlen worden. Die „Erschütterungs-Leitlinie“ umfasst die Vorgehensweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen für genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen einschließlich Baustellen.

Inhaltlich stimmt die „Erschütterungs-Leitlinie“ mit dem aktuellen Stand der Normen DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ und DIN 45669 „Messung von Schwingungsimmissionen“ im Wesentlichen überein.

Schwingungsimmissionen sind demnach hinsichtlich ihrer Einwirkungen auf Menschen und auf bauliche Anlagen bei temporären und regelmäßig wiederkehrenden Emissionen sowie bei Baumaßnahmen zu berücksichtigen.

Die Erschütterungen infolge von Baubetrieb werden vom Emissionsort über den Boden übertragen und über die Gebäudegründung (Fundamente, Sohle, Pfähle) in das Gebäude übertragen. Von der Gebäudegründung verläuft die Übertragung weiter über Stützen und Wände bis auf die Stockwerksdecken, auf denen die Erschütterungen auf die Menschen einwirken.

Bei der Übertragung findet im Boden mit der Ausbreitung in den so genannten Bodenhalbraum eine Verteilung der Energie in den Raum und damit eine Verminderung der Erschütterungsamplitude mit der Entfernung statt.

Bei der Übertragung vom Boden auf das Gebäude erfolgt vereinfachend bei niedrigen Frequenzen im Bereich der Abstimmung des Gebäudes auf dem Baugrund eine Vergrößerung und bei höheren Frequenzen oberhalb der Abstimmung des Gebäudes auf dem Baugrund eine Verminderung der Erschütterungsamplituden. Die entsprechenden Frequenzen ergeben sich im Wesentlichen aus der dynamischen Steifigkeit des Bodens sowie der Masse und Steifigkeit des Gebäudes.

Bei der Übertragung der Erschütterungen im Gebäude von der Gründung über die Stützen und Wände bis auf die Stockwerksdecken kann in Abhängigkeit von den dynamischen Eigenschaften der Bauteile insbesondere bei den Deckeneigenfrequenzen eine deutliche Verstärkung der Schwingungsamplituden um eine Größenordnung (Faktor 10) erfolgen; oberhalb dieser so genannten Resonanzfrequenz bzw. -anregung erfolgt eine Verminderung.

3.1 Menschen in Gebäuden

3.1.1 Erschütterungen

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden erfolgt gemäß der „Erschütterungs-Leitlinie“ bzw. der im Wesentlichen übereinstimmenden DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“.

In der DIN 4150 Teil 2 wird als Beurteilungsgröße in eine maximale Bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ als Maximalwertkriterium und eine Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ als Mittelwertkriterium unterschieden.

Zur Beurteilung, ob die bei Baubetrieb auftretenden Gebäudeerschütterungen für die sich in benachbarten Gebäuden aufhaltenden Menschen eine Belästigung darstellen, sind entsprechend DIN 4150 Teil 2 die prognostizierte maximale Bewerte-

te Schwingstärke KB_{Fmax} heranzuziehen, welche während des Baubetriebs als Taktmaximalwert KB_{FTi} auf den Gebäudedecken auftreten können.

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 Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Tabelle 2: DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Infolge der Erschütterungseinwirkungen sind Belästigungen nur auszuschließen, wenn diese nicht wahrnehmbar sind. Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Norm liegen erhebliche Belästigungen im Allgemeinen nicht vor.

Die Anforderungen der Norm sind eingehalten, wenn die gemessenen, maximalen KB_{Fmax} -Werte kleiner oder gleich dem unteren Anhaltswert A_u der Norm sind. Die Anforderungen der Norm sind nicht eingehalten, sofern der obere Anhaltswert A_o überschritten wird.

Liegen die gemessenen $KB_{F_{max}}$ -Werte zwischen den Anhaltswerten A_u und A_o , so ist zusätzlich eine speziell gemittelte Beurteilungsgröße, die sogenannte Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$, zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen.

Die vorstehend genannten Anhaltswerte sind von der Nutzungsart der Gebäude in der örtlichen Umgebung des zu beurteilenden Bauwerks abhängig. Dabei hängt die Einordnung des Bauwerkes also nicht nur von der gegebenen oder geplanten Nutzung des Gebäudes selbst ab. Die Einordnung von Gebäuden wird gemäß der geltenden DIN 4150 Teil 2 Tabelle 1 vorgenommen.

Die Anforderungen der Norm gelten für Wohnungen und vergleichbar genutzte Räume tags (6-22 Uhr) und nachts (22-6 Uhr). Für eine Büronutzung werden die tags (6-22 Uhr) gültigen Anhaltswerte angesetzt.

Gemäß DIN 4150 Teil 2 ist bei Einhaltung der Anhaltswerte davon auszugehen, dass erhebliche Belästigungen vermieden werden.

Zur Beurteilung von Erschütterungen aus Baubetrieb bis zu einer Dauer von 78 Tagen gelten gemäß DIN 4150 Teil 2 Abschnitt 6.5.4 tags gesonderte Anhaltswerte. Die Anhaltswerte sind abhängig von der Dauer des erschütterungsintensiven Baubetriebs.

Für die Nachtzeit gelten die Anforderungen der o.g. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2.

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 2 „Einwirkung auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 2 (Ausgabe Juni 1999)									
Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D < 26 Tage ¹			26 Tage < D ≤ 78 Tage ¹		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Beurteilungsgrößen	A _u	A _o ^{*)}	A _r	A _u	A _o ^{*)}	A _r	A _u	A _o ^{*)}	A _r
Stufe I	0.8	5	0.4	0.4	5	0.3	0.3	5	0.2
Stufe II	1.2	5	0.8	0.8	5	0.6	0.6	5	0.4
Stufe III	1.6	5	1.2	1.2	5	1.0	0.8	5	0.6

^{*)} Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A_o = 6

Tabelle 3: DIN 4150 Teil 2 Tabelle 2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

In Abhängigkeit von der Höhe der Erschütterungseinwirkung sind drei Stufen – eine untere Stufe I, eine mittlere Stufe II und eine obere Stufe II – festgelegt nach denen der Baubetrieb sich zu richten hat:

Stufe I

Untere Stufe, bei deren Unterschreitung auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.

Stufe II

Mittlere Stufe, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls die folgenden Maßnahmen gemäß DIN 4150 Teil 2 a) bis e) und erforderlichenfalls f) getroffen werden:

„a) umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb;

b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen;

¹ Die Werte werden durch lineare Interpolation bestimmt und sind in der Norm in einem Diagramm angegeben.

- c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigung (z.B. Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle, usw.);
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkung auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkung auf Menschen und Gebäude.“

Bei zunehmender Überschreitung dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass die Anhaltswerte der Stufe II überschritten werden, so sind weniger erschütterungsintensive Verfahren zu prüfen.

Stufe III

Obere Stufe, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesem Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Gemäß DIN 4150 Teil 2 können mit den o.g. Maßnahmen a) bis f) die „psychischen Auswirkungen der Erschütterungseinwirkungen vermindert werden“. Die Vorsorge der Information der Betroffenen erhöht die Akzeptanz der Erschütterungseinwirkungen und wird grundsätzlich im Rahmen der allgemeinen Information gegenüber den Anliegern empfohlen, auch um im Bedarfsfall von den Betroffenen z.B. auf den Betrieb besonders erschütterungsempfindlicher Anlagen hingewiesen zu werden.

3.1.2 Sekundäreffekte und sekundärer Luftschall

Die Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude bei den Baumaßnahmen können für die Wahrnehmung des Menschen zusätzlich Sekundäreffekte wie das Klirren von Gläsern oder sekundären Luftschall hervorrufen.

Sekundärer Luftschall kann durch die Abstrahlung infolge von Erschütterungsübertragung durch schwingende, raumbegrenzende Flächen verursacht werden. Der sekundäre Luftschall ist im Allgemeinen tieffrequent und kann störend wahrnehmbar sein, wenn der primäre Luftschall des Emittenten gering ist.

In der „Erschütterungs-Leitlinie“ wird zur Beurteilung von sekundärem Luftschall verwiesen auf:

- TA-Lärm Abschnitt 6.2: Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden bei Körperschallübertragung,
- DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft.

In der TA-Lärm wird ein auf die Beurteilungszeit bezogener Immissionsrichtwert (Beurteilungspegel) und ein einzuhaltender maximaler Luftschallpegel (Maximalpegel) angegeben. Es handelt sich um TA-Lärm Abschnitt 6.2: Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden bei Körperschallübertragung $L_r=35$ dB(A) tags und $L_r=25$ dB(A) nachts; unter Berücksichtigung von Geräuschspitzen von maximal zusätzlich 10 dB sind Maximalpegel von $L_{Fmax}=45$ dB(A) tags und $L_{Fmax}=35$ dB(A) nachts einzuhalten.

Als Anforderungen für eine Wohnnutzung oder vergleichbare Nutzung kommen die tags und nachts gültigen Immissionsrichtwerte in Betracht. Für eine Büronutzung können die gleichen Anforderungen mit den tags gültigen Immissionsrichtwerten angesetzt werden. Bei Einhaltung der Immissionsrichtwerte ist davon auszugehen, dass erhebliche Belästigungen vermieden werden.

Zur Beurteilung von tieffrequentem Luftschall wird in der TA-Lärm zusätzlich auf die DIN 45680 verwiesen. In der DIN 45680 „Messung und Bewertung tief-

frequenter Geräuschemissionen in der Nachbarschaft“ wird eine differenzierte Betrachtung als in der TA-Lärm vorgenommen, um die besonderen Eigenschaften des tieffrequenten Luftschalls, etwa die Hörsamkeit und Störwirkung bei tiefen Frequenzen sowie das mögliche Auftreten einer Pegelüberhöhung durch Raummoden, zu berücksichtigen.

Im vorliegenden Fall der Baumaßnahmen zur Realisierung der Reaktivierung der Nebenbahn Kiel – Schönberger Strand im Schienenpersonennahverkehr ist davon auszugehen, dass der primäre Luftschall – für den im Allgemeinen die AVV Baulärm gilt – dominiert und der sekundäre Luftschall nicht maßgeblich ist. Es wird daher auf das Baulärmgutachten der Vössing Ingenieurgesellschaft mbH verwiesen.

3.2 Bauliche Anlagen

Die Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen sind im Hinblick auf die Vermeidung von Schäden zu betrachten. Als Richtlinien sind die „Erschütterungs-Leitlinie“ bzw. DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ maßgebend.

Darüber hinaus wird ergänzend auf die Schweizer Norm SN 640 312 a „Erschütterungen, Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke“ zurück gegriffen, welche insbesondere in Hinblick auf die Einwirkungsdauer eine differenzierte Vorgehensweise ermöglicht. Die Schweizer Norm SN 640 312 a ist in Deutschland fachlich akzeptiert. In der VDI 2038 (s.o.) wird auf die SN 640 312 a verwiesen und die Richtwerte der SN 640 312 a liegen in der Größenordnung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3¹.

Im Weiteren wird die Vorgehensweise gemäß der DIN 4150 beschrieben.

Zur Vermeidung von Schäden werden Anforderungen in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ mit Anhalts-

¹ Prof. Wolfgang Haupt, 2008, Einwirkung von Erschütterungen auf Bauwerke, 8. Symposium Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen, EMPA 2008

werten der Schwinggeschwindigkeit für direkte Erschütterungseinwirkungen sowie Hinweise zu Erschütterungseinwirkungen auf Böden angegeben.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen ist die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ (aktuelle Ausgabe Dezember 2016) heranzuziehen. Die Anhaltswerte der „Erschütterungs-Leitlinie“ des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) stimmen mit denen der DIN 4150 Teil 3 grundsätzlich überein.

In Hinblick auf die Einwirkungsdauer wird in der Norm zwischen kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen und Dauererschütterungen unterschieden. Kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen werden so definiert, dass diese keine Häufigkeit aufweisen, welche Materialermüdung hervorruft oder Bauteile in Resonanz angeregt werden könnten. Als Dauererschütterungen werden alle Erschütterungseinwirkungen definiert, die nicht kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen entsprechen.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Norm ist infolge der gemessenen Erschütterungen eine Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten. Eine Verminderung des Gebrauchswertes ist nach Abschnitt 4.5 der DIN 4150 Teil 3 für Gebäudearten Tabelle 1, 4 oder B 1 Zeile 2 und 3 auch dann gegeben, „wenn z.B. Risse im Putz von Wänden auftreten; vorhandene Risse vergrößert werden; Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.“

Gleichwohl können bei Erschütterungseinwirkungen unterhalb der Anhaltswerte dort Risse entstehen, wo ein im Vergleich zu den aufnehmbaren Spannungen erhöhter statischer Spannungszustand vorliegt und geringe dynamische Zusatzspannungen zur Auslösung oder zur Vergrößerung von Rissen ausreichen. Diese Auslösung oder Vergrößerung von Rissen besteht demnach in einer zeitlichen Vorverschiebung ohnehin entstehender Risse.

Infolge von Erschütterungseinwirkungen kann es auch bei Einhaltung der Anhaltswerte der Norm, insbesondere bei spröden Materialien oder zwischen tragenden und nicht tragenden, leichten Bauteilen zu Haarrissen oder dem

Wiederaufreißen von vorhandenen Rissen kommen. In diesen Fällen liegt in dem betreffenden Bereich ein erhöhter statischer Spannungszustand vor, bei dem die Überlagerung i.d.R. geringer zusätzlicher dynamischer Spannungen die vom Material aufnehmbaren Spannungen überschreitet. Die Erschütterungseinwirkungen sind hier – in Abgrenzung zur Ursache von Rissen bei deutlicher Überschreitung der Anhaltswerte der Norm – auslösender Anlass für Risse.

In diesem Zusammenhang wird zur Erläuterung aus der VDI 2038 Blatt 2 aus Abschnitt 4.1 Bauwerke 4.1.1 Grundlagen und Vorgehensweise zitiert:

„Erschütterungen, die geeignet wären, strukturelle Schäden hervorzurufen, sind nicht planmäßig Gegenstand einer Richtlinie zur Gebrauchstauglichkeit. Die Begrenzung oder Vermeidung leichter Gebäudeschäden, sogenannter Schönheitsschäden, gehört jedoch zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit.

Dabei tritt häufig die – für juristische Auseinandersetzungen wichtige – Frage der Ursächlichkeit auf. Werden die Anhaltswerte der einschlägigen Normen und Richtlinien (z. B. DIN 4150-3) unterschritten, so ist nach bisheriger Erfahrung davon auszugehen, dass solche Erschütterungen nicht schadensursächlich sein können. Selbst wenn die Anhaltswerte überschritten werden, muss keine Schadensursächlichkeit vorliegen; es bedarf hierzu jedoch genauerer Untersuchungen. Vielfach werden aber Schäden beklagt, obwohl die einschlägigen Anhaltswerte bei weitem nicht erreicht wurden. Sieht man einmal davon ab, dass es sich dabei auch um Schäden handeln kann, die bereits vorhanden, aber bisher der Aufmerksamkeit entgangen waren, könnten hier die Erschütterungen den Schaden (den Riss) ausgelöst, aber nicht verursacht haben. Ein versteckter Mangel im Bauwerk – z.B. in Form von Zwängungsspannungen, die bereits die Zugfestigkeit des Materials erreicht haben – kann durch den marginalen Beanspruchungszuwachs aus Erschütterungen sichtbar gemacht werden: Der Riss, der später ohnehin aufgetreten wäre, entsteht durch die Erschütterungseinwirkung jetzt früher. Seine Form ist in der Regel nicht typisch für Erschütterungen,

sondern zeigt die eigentliche Ursache. Auch jedes andere Zusatz-Ereignis hätte den Schaden auslösen können.

Natürlich können bei vorhandenen Schäden zusätzliche Erschütterungen auch unterhalb der Anhaltswerte zum Schadensfortschritt beitragen. Aber auch hier liegt die Ursache im Mangel des Bauwerks.“

In der Schweizer Norm SN 640 312 a „Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke“, mit Anhaltswerten in zur DIN 4150 in der Größenordnung vergleichbaren Anhaltswerten, wird hierzu ausgeführt:

„... Die Spannungsbeanspruchung durch Erschütterungen mit Geschwindigkeitswerten, die dem Objekt angepassten Richtwert nicht wesentlich überschreiten ist gering. Risse können dort entstehen, wo bereits Zugspannungen (inkl. Schwind- und Zwängungsspannungen usw.) so gross sind, dass die schwache dynamische Zusatzspannung zur Auslösung oder Vergrößerung von Rissen ausreicht. Risse, die als Folge geringer Erschütterungseinwirkungen entstanden sind, wären mit grosser Wahrscheinlichkeit später (Monate, Jahre) ebenso aufgetreten. Die durch Erschütterungen ausgelöste Rissbildung besteht demnach teilweise in einer zeitlichen Vorverschiebung ohnehin entstehender Risse. ...“

Es ist grundsätzlich vorgesehen, vor Beginn des Baubetriebs eine umfassende Beweissicherung des Zustands der zum Baubetrieb benachbarten baulichen Anlagen durchzuführen, um spätere Auseinandersetzungen mit dem Eigentümer der baulichen Anlagen zu objektivieren.

Im Fall von Abweichungen von der beschriebenen Vorgehensweise der geplanten Baumaßnahmen bzw. der Verursachung von maßgeblichen Erschütterungen sind nach dem Stand der Technik gemäß der u.g. Richtlinien Schwingungsmessungen oder eine automatische Schwingungsüberwachung vorzunehmen, um durch eine Alarmierung erhöhte Schwingungseinwirkungen und eine Schadensverursachung zu vermeiden.

3.2.1 Kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen

In der DIN 4150 Teil 3 Tabelle 1 werden Anhaltswerte zur Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungseinwirkungen in Abhängigkeit von der Gebäudeart und der Frequenz für Fundamentmesspunkte in drei Raumrichtungen, Messpunkte in der obersten Deckenebene für die Horizontalschwingungen des Gebäudes (siehe Tabelle 4), für Deckenschwingungen, massiven Bauteilen und unterirdischen Bauwerken sowie erdverlegten Rohrleitungen angegeben.

-	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i, \max}$ in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken, vertikal, $i = z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^a	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^b
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
^a Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden. ^b Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten.						

Tabelle 4: DIN 4150 Teil 3 Tabelle 1 Anforderungen für kurzzeitige Einwirkungen auf das Gesamtgebäude

3.2.2 Einwirkung von Dauererschütterungen

In der DIN 4150 Teil 3 Tabelle 4 werden Anhaltswerte für Dauererschütterungen für Messpunkte in der obersten Deckenebene für die Horizontalschwingungen, Deckenschwingungen (siehe Tabelle 5) sowie ein Abminderungsfaktor für erdverlegte Rohrleitungen genannt.

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i, \max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10 ^a
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			
^a Unterabschnitt 6.1.2 ist zu beachten.			

Abbildung 1: DIN 4150 Teil 3 Tabelle 4 Anforderungen für Dauererschütterungen des Gesamtgebäudes

3.3 Böden im Gründungsbereich von baulichen Anlagen

Zusätzlich zu Erschütterungseinwirkungen auf die bauliche Anlage selbst sind Erschütterungseinwirkungen auf den Boden im Bereich des Lastabtrags der Gründung von benachbarten baulichen Anlagen zu berücksichtigen.

Beim Schlagen und Rütteln wird durch dynamische Lasten das Korngerüst des Bodens lokal aufgelöst und ermöglicht das Einbringen von Gründungskörpern wie Pfählen und Spundbohlen in den Boden.

Die Veränderung des Bodens erfolgt in einem Einflussbereich um den Gründungskörper und kann zu einer Verdichtung des Bodens benachbarter Gründungen und damit zu Schäden führen. Als Erschütterungseinwirkungen auf Böden

kann eine Verdichtung des Bodens auftreten, welche unmittelbar auf die betreffende Gründung wirkt oder welche zunächst zur Bildung eines Gewölbes bzw. Hohlraums führt, der zu einem späteren Zeitpunkt (bis zu mehreren Tagen) einfällt und erst dann die betreffende Gründung beeinflusst.

Eine Schwingungsüberwachung an baulichen Anlagen kann keine Hinweise für die Einwirkung von Erschütterungen auf Böden liefern. In Einzelfällen können die Messung von Extensometern, Inklinometern und Porenwasserdruck für Hinweise verwendet werden; allerdings sind diese Messtechniken zur Bewertung von Einwirkung von Erschütterungen auf Böden zur Zeit nicht Stand der Technik.

3.3.1 DIN 4150 Wirkung von Erschütterungen auf Böden

In diesem Zusammenhang wird in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 3 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“ im Anhang C auf erschütterungsbedingte Sackungen in nicht bindigen Böden hingewiesen.

Der Einflussbereich erschütterungsbedingter Sackungen in nicht bindigen Böden wird vom Fuß des Einbringguts in einem nach oben offenen Winkel von 30 ° und beim Vorhandensein von Grundwasser mit 45 ° angegeben.

Diese Einwirkungen sind nicht durch Schwingungsmessungen an den betreffenden Gründungen bewertbar.

Erschütterungseinwirkungen auf Böden können in größerer Entfernung von der Erschütterungsquelle und bei Erschütterungsstärken auftreten, die nicht zu Gebäudeschäden infolge direkt an der baulichen Anlage messbarer Erschütterungseinwirkungen führen. Voraussetzung hierfür sind ein locker gelagerter gleichförmiger Sand oder Schluff und dauernde oder sehr häufig wiederkehrende Erschütterungseinwirkung.

3.3.2 Ergänzende aktuelle Forschungsergebnisse

Die Phänomene zur Einwirkung von Erschütterungen auf Böden können derzeit nur von wenigen Forschungsinstituten berechnungstechnisch beschrieben werden.

Konkrete Untersuchungen zur Fragestellung der Einwirkung von Erschütterungen auf Böden und deren Validierung liegen in geringem Umfang vor, so dass für diese Fragestellungen bisher wenige Untersuchungsergebnisse vorliegen und noch nicht verallgemeinert werden können. Gleichwohl sind die Erkenntnisse anzuwenden, um Schäden zu vermeiden.

Aus den aktuellen Forschungsergebnissen lassen sich die Erfahrungen aus der Praxis und die Hinweise der DIN 4150 ergänzen.

Die Untersuchungen von Grabe und Mahutka 2006¹ ergeben für niedrigere Betriebsfrequenzen von Rüttlern größere Winkel und damit einen größeren Einflussbereich als die Angaben in der DIN 4150 Teil 3. Diese Erscheinungen mit der Folge einer Erhöhung der Verdichtung des Bodens und Setzungen treten nicht nur bei geringer Lagerungsdichte, sondern auch bei rolligen Böden mittlerer Lagerungsdichte auf. Darüber hinaus wird der Einflussbereich zusätzlich in Durchmessern D von Pfählen bei Schlagrammen mit bis zu $6 D$ und beim Rütteln mit bis zu $8 D$ angegeben.

Der Einflussbereich beim Einrütteln von Pfählen mit einem Durchmesser D wird in den Untersuchungen von Henke 2008² mit $2 D$ bis $7 D$ angegeben.

Dieses Kriterium wird im Weiteren als Durchmesserkriterium bezeichnet.

In den Untersuchungen von Mahutka 2008³ wird der in der DIN 4150 Teil 3 genannte Winkel zur Ermittlung des Einflussbereiches für hohe Rüttelfrequenzen von 40 Hz als ausreichend bestätigt, während für geringere Frequenzen von 30 Hz und 25 Hz ein größerer Einflussbereich festgestellt wurde und damit ein größerer nach oben geöffneter Winkel als in der Norm zu berücksichtigen ist.

¹ J. Grabe, K.-H. Mahutka, 2006, Zur Abschätzung von Erschütterungen und Sackungen in der Umgebung von Rammarbeiten, VDI Baudynamik Tagung 2006, VDI-Berichte 1941, ISBN 3-18-091941-8

² S. Henke, 2008, Herstellungseinflüsse aus Pfahlrammung im Kaimauerbau, ISBN -13 978-3-936310-19-1

³ K.-P. Mahutka, 2008. Zur Verdichtung von rolligen Böden infolge dynamischer Pfahleinbringung und durch Oberflächenrüttler, ISBN-13 978-3-936310-15-3

Zur zuverlässigen Abschätzung des Einflussbereiches wird in den Untersuchungen für die Festlegung eines größeren, nach oben geöffneten Winkels als in der Norm kein Vorschlag gemacht. Für die weiteren Betrachtungen wird daher eine Erhöhung des Winkels aus der DIN 4150 um 10° auf 40° bzw. auf 55° im Grundwasser vorgenommen und im Weiteren als Winkelkriterium bezeichnet.

3.4 Technische Anlagen

Darüber hinaus sind grundsätzlich Einwirkungen auf technische Anlagen zu berücksichtigen. Zur Berücksichtigung von Erschütterungseinwirkungen auf technische Anlagen liegen keine allgemein gültigen Richtlinien vor.

In der VDI-Richtlinie 2038 „Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik“ wird umfassend auf die grundsätzliche Fragestellung der Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen eingegangen und auf die unterschiedlichen, auch internationalen Richtlinien verwiesen. Es werden u.a. grundsätzliche Hinweise zur Einwirkung von Erschütterungen auf technische Anlagen gegeben.

Ebenso wie bei der Einwirkung auf bauliche Anlagen kann bei technischen Anlagen eine Schwingungsüberwachung erforderlich sein, um eine Beweissicherung der tatsächlich auftretenden Erschütterungen und eine Alarmierung beim Auftreten von erhöhten Schwingungsamplituden vorzunehmen.

Es ist zunächst davon auszugehen, dass im Einflussbereich der Bahnstrecke mit den dort bereits regelmäßig auftretenden Schienenverkehrserschütterungen keine besonders erschütterungsempfindlichen Geräte und Anlagen betrieben werden und daher von keiner Betroffenheit im Untersuchungsgebiet auszugehen ist.

4 Geplante Baumaßnahmen und Bewertung

4.1 Linienverbesserung

Im Rahmen des Vorhabens zur Reaktivierung der Nebenbahn Kiel - Schönberger Strand sind im Planfeststellungsabschnitt 2 abschnittsweise drei Linienverbesserungen geplant:

- I ca. Bau-km 9,7 – 10,0
- II ca. Bau-km 10,5 – 11,3
- III ca. Bau-km 12,4 – 12,7

Zunächst erfolgt ein Rückbau der Gleise mit einem so genannten Zweiwegebagger oder einem gleisfahrbaren Kran. Anschließend wird der Rückbau der alten Schotterbettung und der Einbau der neuen Schotterbettung mit einem Radlader und einem 3-Achser-Lkw vorgenommen.

Die eingebauten Erdbaustoffe sind mit einer leichten Rüttelplatte zu verdichten. Aufgrund des vor Ort im Untergrund anstehenden wassergesättigten Geschiebelehms und Geschiebemergels kann schweres Verdichtungsgerät nicht eingesetzt werden.

Die abschließenden Arbeiten zum Wiedereinbau des Schotters und des Gleisrostes werden mit einem Zweiwegebagger oder einem gleisfahrbaren Kran vorgenommen. Die Schotterstopfarbeiten werden mit einer gleisfahrbaren Stopf-Richt-Maschine durchgeführt.

Die Baumaßnahmen sind planmäßig an den Werktagen Montag bis Freitag und ggf. Samstag in Tagstunden vorgesehen. Für die Linienverbesserung werden möglicherweise auch Arbeiten unter Einbeziehung von Wochenenden und Nachtstunden ausgeführt.

Die Nacht- und Wochenendarbeiten erfordern eine Ausnahmegenehmigung der zuständigen Ordnungsbehörde und können für die Bereiche der Bahnhöfe bzw. Haltepunkte nicht ausgeschlossen werden.

Die drei geplanten, abschnittswisen Linienverbesserungen erfolgen in einem größeren Abstand zur vorhandenen Bebauung.

Bei den zur Linienverbesserung erforderlichen und oben beschriebenen Baumaßnahmen handelt es sich um übliche Baumaßnahmen, welche im Gleisbau, aber auch im Straßenbau zum Neubau oder zur Grundinstandsetzung vorgenommen werden. Bei den Baumaßnahmen zum Verdichten der neu einzubauenden Schotterbettung sowie des Schotters werden bauverfahrensbedingt Schwingungen erzeugt.

Wie oben beschrieben kann zur Verdichtung der zur Schotterbettung eingebauten Erdbaustoffe aufgrund des vor Ort anstehenden wassergesättigten Geschiebelehms und Geschiebemergels lediglich eine leichte Rüttelplatte eingesetzt werden. Die von einer leichten Rüttelplatte erzeugten Erschütterungen weisen eine geringe maßgebliche Reichweite auf. Für die Verdichtungsaufgabe sind im Vergleich zu größerem Gerät ggf. dünnere Lagen einzubauen und zu verdichten sowie ggf. mehrere leichte Rüttelplatten zu betreiben.

In der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ Teil 1 „Vorermittlung“ wird in Abschnitt 5.2.3 angegeben: „Kleine Plattenrüttler – mit einer Fliehkraft bis etwa 25 kN – erzeugen erfahrungsgemäß auch in geringer Entfernung von Gebäuden bei üblicher Verwendung keine Erschütterungen in der Größenordnung der Anhaltswerte der DIN 4150-3:1999-02, Abschnitt 5.“ Diese Angaben stimmen auch mit der von uns bei Schwingungsmessungen bei Betrieb von Rüttelplatten gesammelten Erfahrung; z.B. beim Straßenbau auch in der Nähe von denkmalgeschützten Gebäuden sowie bei Gründungsarbeiten in der Nähe von Rechenzentren überein.

Aus diesen Gründen ist bei dem Einsatz von kleinen Plattenrüttlern mit einer Fliehkraft bis etwa 25 kN von keinen maßgeblichen Erschütterungseinwirkungen

auf die benachbarten baulichen Anlagen auszugehen, so dass die Verursachung neuer Schäden an der Bebauung nicht zu erwarten ist.

In den relativ weit entfernten Wohn- und Gewerbegebäuden sind auch für die Einwirkung auf Menschen keine maßgeblichen Erschütterungseinwirkungen zu erwarten.

Für den Einbau und das Verdichten von Gleisschotter mit einer gleisfahrbaren Stopf-Richt-Maschine ist aufgrund des großen Abstands zwischen den Baumaßnahmen und den Wohn- und Gewerbegebäuden von einer Einhaltung der Anforderungen auf Menschen in Gebäuden sowie bauliche Anlagen auszugehen.

4.2 Haltepunkte

Im Rahmen des Vorhabens zur Reaktivierung der Nebenbahn Kiel - Schönberger Strand sind im Planfeststellungsabschnitt 2 Neu- und Umbauten von Haltepunkten und Bahnhöfen geplant:

- Umbau Bahnhof Schönkirchen,
- Neubau Bahnhof Probsteierhagen,
- Neubau Bedarfshaltepunkt Passade
- Neubau Bahnhof Fiefbergen,
- Umbau Bahnhof Schönerg (Holst.),
- Umbau Bahnhof Schönerger Strand.

Die Baumaßnahmen beginnen mit einem Bodenaustausch mit Ketten- oder Mobilbagger und Lkw-Sattelzug. Bei dem Untergrund handelt es sich weitgehend um Auffüllungen, so dass das Auftreten von Hindernissen nicht auszuschließen ist und für diesen Fall zur Hindernisbeseitigung der Einsatz eines Presslufthammers und ggf. eines kleinen Hydraulik-Meißels als Ansatzgerät an einem Mobilbagger erforderlich werden kann.

Die Verdichtung des eingebauten Bodens ist mit einer leichten Rüttelplatte vorgesehen. Das Herstellen der Fundamente für die Bahnsteigkanten erfolgt mit einem Zweibegebagger. Die Verdichtung des eingebauten Plattenbelages wird mit einer leichten Rüttelplatte mit Gummiunterlage vorgenommen.

An den Haltepunkten und Bahnhöfen ist bedarfsweise das Herstellen des Trägerbohlwandverbau für den Einbau der Winkelstützen durch Vorbohren der Löcher, Einstellen der Träger und Ausbetonieren der Löcher geplant. Bauverfahren mit einem Rammen oder Vibrieren als Einbauverfahren für die Träger scheidet aus, weil der Untergrund mit Geschiebelehm und Geschiebemergel dafür ungeeignet ist.

Die Arbeiten an den Haltepunkten werden planmäßig nur an Werktagen, Montag bis Freitag und ggf. Samstag, während der Tagstunden ausgeführt. In Ausnahmefällen können Nacht- oder Wochenendarbeiten auch für die Bereiche der Bahnhöfe bzw. Haltepunkte nicht ausgeschlossen werden und erfordern eine Ausnahmegenehmigung der zuständigen Behörde. Im Rahmen der Beantragung der Ausnahmegenehmigung sind die konkreten Baumaßnahmen auch im Hinblick auf die Erschütterungsimmissionen zu beschreiben, zu bewerten und ggf. Maßnahmen anzugeben.

Wie bereits für den vorangegangenen Abschnitt festgestellt, ist bei dem Einsatz einer von kleinen Plattenrüttlern mit einer Fliehkraft bis etwa 25 kN von keinen maßgeblichen Erschütterungseinwirkungen auf die benachbarten baulichen Anlagen auszugehen, so dass die Verursachung neuer Schäden an der Bebauung nicht zu erwarten ist. Aufgrund des teilweise geringen Abstands in der Größenordnung von 10 m zwischen den Baumaßnahmen und einzelnen Wohngebäuden können spürbare Erschütterungseinwirkungen nicht ausgeschlossen werden. Bei den werktags am Tage vorgesehenen Baumaßnahmen von einer Einhaltung der Anforderungen gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 2 für Erschütterungen bei Baumaßnahmen Stufe II Spalte 4 bis 6 auszugehen.

Bei der ggf. erforderlichen Beseitigung von Hindernissen mittels handgeführter Presslufthammer sind bei den o.g. Abständen aufgrund der geringen eingebrachten Energie keine maßgeblichen Erschütterungen zu erwarten.

Für den Fall des Einsatzes eines kleinen Hydraulik-Meißels als Ansatzgerät an einem Mobilbagger ist aufgrund des teilweise geringen Abstands in der Größenordnung von 10 m zwischen den Baumaßnahmen und einzelnen Wohngebäuden von spürbaren Erschütterungseinwirkungen auszugehen. Bei den werktags am Tage vorgesehenen Baumaßnahmen dennoch von einer Einhaltung der Anforderungen gemäß DIN 4150 Teil 2 Tabelle 2 für Erschütterungen bei Baumaßnahmen Stufe II Spalte 4 bis 6 auszugehen.

Bei geringen Abständen in der Größenordnung von 10 m und geringer zu der Bebauung wird empfohlen, eine Beweissicherung des Zustands der betreffenden Bebauung und während der betreffenden Arbeiten an repräsentativen Gebäudeneine Erschütterungsmessungen vorzunehmen.

5 Zusammenfassende Bewertung

Im Rahmen der Reaktivierung der Bahnstrecke Kiel - Schönberger Strand im Planfeststellungsabschnitt 2 sind keine erschütterungsintensiven Baumaßnahmen erforderlich.

Die Verdichtungsarbeiten für den Einbau neuer Schotterbettung für die drei Linienverbesserungen sowie des Bodens bzw. der Bahnsteigplatten für die Haltepunkte sind mit Einsatz kleiner Rüttelplatten geplant und verursachen keine maßgeblichen Erschütterungen. Die gleiche Feststellung gilt für die an den Haltepunkten ggf. zur Hindernisbeseitigung erforderlichen Einsatz von handgeführter Presslufthammer.

Insbesondere für den Einbau und das Verdichten von Gleisschotter mit einer gleisfahrbaren Stopf-Richt-Maschine für die Linienverbesserungen sowie der ggf. an den Haltepunkten erforderlichen Hindernisbeseitigung mittels kleinen Hydraulik-Meißel als Ansatzgerät an einem Mobilbagger wird für die jeweils vorhandene

Bebauung mit geringem Abstand in der Größenordnung von ≤ 10 m empfohlen, eine Beweissicherung des Zustands der betreffenden Bebauung und während der betreffenden Arbeiten an repräsentativen Gebäuden Erschütterungsmessungen vorzunehmen.

In Ausnahmefällen können Nacht- oder Wochenendarbeiten auch für die Bereiche der Bahnhöfe bzw. Haltepunkte nicht ausgeschlossen werden und erfordern eine Ausnahmegenehmigung der zuständigen Behörde. Im Rahmen der Beantragung der Ausnahmegenehmigung sind die konkreten Baumaßnahmen auch im Hinblick auf die Erschütterungsimmissionen zu beschreiben, zu bewerten und ggf. Maßnahmen anzugeben.

Sofern aus technischen oder baulichen Gründen von diesem Vorgehen abgewichen werden muss, ist eine aktualisierte Betrachtung der Erschütterungen aus dem Baubetrieb erforderlich, um eine Einhaltung der erschütterungstechnischen Anforderungen zu gewährleisten.