

Prognose zu baubedingten Erschütterungen für den provisorischen Umbau des Autobahnkreuzes Bonn-Nord

Bericht VA 7254-5 vom 10.02.2020

Unterlage 17.5.2

Auftraggeber: Ingenieurgemeinschaft Schüßler-Plan / Sweco A 565 Bonn
Grafenberger Allee 293
40237 Düsseldorf

Bericht-Nr.: VA 7254-5

Datum: 10.02.2020

Ansprechpartner/in: Herr Streuber

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 31 Seiten,
davon 27 Seiten Text und 4 Seiten Anlagen.

VMPA anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109

Leitung:

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram
Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

Anschriften:

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19
40599 Düsseldorf
Tel. +49 211 999 582 60
Fax +49 211 999 582 70
dus@peutz.de

Borussiastraße 112
44149 Dortmund
Tel. +49 231 725 499 10
Fax +49 231 725 499 19
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5
10623 Berlin
Tel. +49 30 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21
90443 Nürnberg
Tel. +49 911 477 576 60
Fax +49 911 477 576 70
nuernberg@peutz.de

Geschäftsführer:

Dr. ir. Martijn Vercammen
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans
AG Düsseldorf
HRB Nr. 22586
Ust-IdNr.: DE 119424700
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

Bankverbindungen:

Stadt-Sparkasse Düsseldorf
Konto-Nr.: 220 241 94
BLZ 300 501 10
DE79300501100022024194
BIC: DUSSEDDXXX

Niederlassungen:

Mook / Nimwegen, NL
Zoetermeer / Den Haag, NL
Groningen, NL
Paris, F
Lyon, F
Leuven, B

www.peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	4
3	Beschreibung der umliegenden Nutzung und des Bauablaufs.....	6
3.1	Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten.....	6
3.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen.....	7
3.2.1	Provisorischer Ausbau AK Bonn-Nord.....	7
4	Beurteilungsgrundlagen.....	10
4.1	Allgemeines.....	10
4.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	12
4.3	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden während Bautätigkeiten.....	14
5	Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen.....	18
6	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	20
7	Bewertung der Bauerschütterungen und Maßnahmen.....	22
8	Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	24
9	Zusammenfassung.....	25

1 Situation und Aufgabenstellung

Im Rahmen des geplanten 6-streifigen Ausbaus der Bundesautobahn A 565 zwischen der AS Bonn-Endenich und dem Autobahnkreuz Bonn-Nord wird die Sperrung der Anschlussstelle AS Bonn-Tannenbusch erforderlich. Aus diesem Grund wird das Autobahnkreuz AK Bonn-Nord um zwei Äste ergänzt. Hierzu ist eine Untersuchung für die damit verbundenen Bauerschütterungen zu erstellen. Diese Untersuchung stellt eine Ergänzung zur Erschütterungsprognose für den 6-streifigen Ausbau der Bundesautobahn A 565 [15] dar.

Im Rahmen der Baumaßnahmen können einzelne Bauverfahren spürbare Erschütterungen an den umliegenden Bebauungen hervorrufen.

Beurteilungsgrundlage für Erschütterungseinwirkungen bildet das BImSchG [1] und der Erschütterungserlass NRW [2], welcher die Inhalte der Normen DIN 4150, Teil 2 (Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden) [4] und DIN 4150, Teil 3 (Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen) [5] wiedergibt. Der Erschütterungserlass NRW benennt hierzu Immissionswerte IW, welche den Anhaltswerten A der DIN 4150, Teil 2 und Teil 3 entsprechen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die in den jeweiligen Bauphasen für den provisorischen Ausbau verwendeten Bauverfahren hinsichtlich ihrer Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen gemäß Fachliteratur [10] berechnet. Anschließend werden Schutzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 [5] (Einwirkung auf bauliche Anlagen) ermittelt.

Zusätzlich werden am Beispiel des Einbringens von Spundbohlen durch Vibrationsrammung als erschütterungsintensive Bautätigkeit Schutzabstände (in Anlehnung an [10] zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 [4] (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden) ermittelt.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz	G	Aktuelle Fassung
[2]	Erschütterungserlass Messung, Beurteilung und Vermin- derung von Erschütterungsimmis- sionen	RdErl	04.10.2018
[3]	DIN 4150, Teil 1	N	Juni 2001
[4]	DIN 4150, Teil 2	N	Juni 1999
[5]	DIN 4150, Teil 3	N	Dezember 2016
[6]	DIN 45 669, Teil 1	N	September 2010 mit Berichtigung Dezember 2012
[7]	DIN 45 669, Teil 2	N	Juni 2005
[8]	DIN 45 669, Teil 3	N	Juni 2006 (zurück- zogen)
[9]	Körperschall und Erschütterungs- schutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beur- teilung und Schutzmaßnahmen	Lit.	1999
[10]	Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten	Lit.	2006
[11]	Taschenbuch der Technischen Akustik	Lit.	2003
[12]	Bebauungspläne der Stadt Bonn	Lit.	Diverse Jahre

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[13]	Plandaten zum Bauablauf und verwendete Bauverfahren	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P April 2019
[14]	ERLÄUTERUNGSBERICHT ZUM VORENTWURF 6-streifiger Ausbau zwischen der AS Bonn-Endenich und dem AK Bonn-Nord	Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH	Lit. 21.06.2019
[15]	Prognose zu baubedingten Erschütterungen für den 6-streifigen Ausbau der A 565 zwischen der Anschlussstelle Bonn-Endenich und dem Autobahnkreuz Bonn-Nord	Bericht VA 7354-2 / Unterlage 17.5.1 vom 03.02.2020 Peutz Consult GmbH	Lit. 03.02.2020

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Berichtigung (z.B. zu Norm)
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Beschreibung der umliegenden Nutzung und des Bauablaufs

3.1 Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten

Das innerhalb dieser Untersuchung zu betrachtende AK Bonn-Nord befindet sich nördlich der AS Bonn-Tannenbusch und verbindet die beiden Autobahnen BAB 565 und BAB 555.

Eine Übersichtslageplan ist in der Anlage 1 dargestellt.

Für den bauzeitlichen Entfall der Ausfahrt AS Bonn-Tannenbusch wird im AK Bonn-Nord ein neuer Ast im südöstlichen Quadranten hergestellt (Bezeichnung: Ast 5). Um diesen Ast 5 realisieren zu können, muss der vorhandene Ast 6 (Verbindung von der A 555, Fahrtrichtung Bonn auf die A 565, Fahrtrichtung Siegburg) verkleinert werden. Um das angrenzende Grundstück nicht anzuschneiden, ist hier eine Stützwand erforderlich. Für den bauzeitlichen Entfall der Einfahrt AS Bonn-Tannenbusch wird im AK Bonn-Nord außerdem ein neuer Ast im nordwestlichen Quadranten hergestellt (Bezeichnung: Ast 2).

Hierzu muss der vorhandene Ast 1 (Verbindung von der A 565, Fahrtrichtung Meckenheim auf die A 555, Fahrtrichtung Köln) weiter nach Norden verschoben werden. Dazu ist ebenfalls die Herstellung einer Stützwand erforderlich. In dem vergrößerten innenliegenden Dreieck wird eine Schleifenrampe (Ast 2) für die Verbindung von Bonn-Zentrum nach Meckenheim realisiert. Um den dann entstehenden unzureichenden Verflechtungsbereich auf der A 565 für die auffahrenden Fahrzeuge vom Potsdamer Platz und die abfahrenden Fahrzeuge von der A 565 in Richtung Potsdamer Platz zu umgehen, wird für den Ast 8 (A 565 aus Richtung Siegburg in Richtung Bonn) eine neue Rampe hergestellt. Dieser Ast 8 wird nordöstlich vor dem neuen Ast 2 (Ersatz für die Einfahrt an der AS Tannenbusch) von der A 565 ausgefädelt und mithilfe von zwei Behelfsbrücken einerseits über den neuen Ast 2, andererseits über die A 555 geführt und in die alte Trasse des Astes 8 eingefädelt.

Zwischen den beiden Behelfsbrücken wird ein Fangedamm errichtet. Zwischen der Rampe Ast 8 und der Rampe Ast 1 (Einfahrt in Richtung Köln) ist eine Stützwand erforderlich. Um den neu hergestellten Ast 2, der den Entfall der Einfahrt AS Bonn-Tannenbusch kompensieren soll, überhaupt vom Potsdamer Platz erreichen zu können, ist eine Parallelfahrbahn zwischen der Ausfahrt in Richtung Siegburg (Ast 3) und der Einfahrt auf die A 555 in Richtung Köln (Ast 1) neu herzustellen.

Sobald die AS Bonn-Tannenbusch wiederhergestellt und nutzbar ist, erfolgt der Rückbau des AK Bonn-Nord.

Nördlich des Lievelingswegs bis zum Autobahnkreuz Bonn-Nord befinden sich Wohnnutzungen entlang des parallel zur BAB 565 führenden Meisenwegs auf der westlichen Seite und entlang des Zeisigwegs auf der östlichen Seite.

Nördlich des Autobahnkreuzes liegt östlich eine Kleingartenanlage und weitere Wohnnutzungen an der Mackestraße. Nordwestlich des Autobahnkreuzes befinden sich Gewerbeeinheiten, unter anderem mit einem Rechenzentrum.

Teilweise existieren für die verschiedenen Nutzungen im Umfeld der Baumaßnahme baurechtliche Festsetzungen in Form von Bebauungsplänen [12]. Für Gebiete ohne baurechtliche Festsetzung wird die Schutzbedürftigkeit nach der tatsächlichen Nutzung berücksichtigt.

3.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahmen

Die geplanten Baumaßnahmen werden in verschiedenen Arbeitsschritten und mithilfe verschiedener Baumaschinen zeitgleich an unterschiedlichen Orten durchgeführt. Nachfolgend eine Beschreibung des geplanten Bauablaufs gemäß des Erläuterungsberichtes zur Baumaßnahme [14]:

3.2.1 Provisorischer Ausbau AK Bonn-Nord

Im Zuge der Sperrung der AS BN-Tannenbusch wird das AK Bonn-Nord um zwei Äste ergänzt. Für den bauzeitlichen Entfall der Ausfahrt AS BN-Tannenbusch wird im AK BN-Nord ein neuer Ast im süd-östlichen Quadranten hergestellt (Bezeichnung: Ast 5). Um diesen Ast 5 realisieren zu können, muss der vorhandene Ast 6 (Verbindung von der A 555, Fahrtrichtung Bonn auf die A 565, Fahrtrichtung Siegburg) verkleinert werden. Die beiden Äste 5 und 6 werden bauzeitlich mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h (Ast 5, Ersatz für die entfallene AS Tannenbusch) bzw. 40 km/h (Ast 6, Verbindung von der A 555, Fahrtrichtung Bonn auf die A 565, Fahrtrichtung Siegburg) versehen. Um das angrenzende Grundstück der Bonnorange AöR nicht anzuschneiden, ist hier eine Stützwand erforderlich.

Für den bauzeitlichen Entfall der Einfahrt AS BN-Tannenbusch wird im AK BN-Nord ein neuer Ast im nord-westlichen Quadranten hergestellt (Bezeichnung: Ast 2). Hierzu muss der vorhandene Ast 1 (Verbindung von der A 565, Fahrtrichtung Meckenheim auf die A 555, Fahrtrichtung Köln) weiter nach Norden verschoben werden. Dazu ist die Herstellung einer Stützwand erforderlich. In dem vergrößerten innenliegenden Dreieck wird eine Schleifenrampe (Ast 2) für die A 565 Bonn Verbindung von Bonn-Zentrum nach Meckenheim realisiert. Die Rampe des Ast 2 ist aufgrund der räumlichen Verhältnisse mit 7 % Steigung und einem Innenradius von 24,5 m sehr eng und steil. Die zulässige Geschwindigkeit wird auf 30 km/h beschränkt. Da diese Rampe auch der Rettungsweg der Feuerwehr am Lievelingsweg ist, wird die Rampe verbreitert, sodass Einsatzfahrzeuge bei Rückstau rechts vorbeifahren können.

Um den dann entstehenden unzureichenden Verflechtungsbereich auf der A 565 für die auf-fahrenden Fahrzeuge vom Potsdamer Platz und die abfahrenden Fahrzeuge von der A 565 in Richtung Potsdamer Platz zu umgehen, wird für den Ast 8 (A 565 aus Richtung Siegburg in Richtung Bonn) eine neue Rampe hergestellt. Dieser Ast 8 wird nord-östlich vor dem neuen Ast 2 (Ersatz für die Einfahrt an der AS Tannenbusch) von der A 565 ausgefädelt und mit-hilfe von zwei Behelfsbrücken einerseits über den neuen Ast 2, andererseits über die A 555 geführt und in die alte Trasse des Astes 8 eingefädelt. Zwischen den beiden Behelfsbrücken wird ein Fangedamm errichtet. Zwischen der Rampe Ast 8 und der Rampe Ast 1 (Einfahrt in Richtung Köln) ist eine Stützwand erforderlich.

Die Verkehrszeichenbrücke auf der A 565 (Kilometer 5,0, Fahrtrichtung Meckenheim) im Be-reich der neuen Verzögerungsspur der verlegten Rampe Ast 8 muss demontiert und für die Bauzeit gelagert werden. Nach der Wiederherstellung des AK Bonn-Nord wird die Verkehrs-zeichenbrücke wieder aufgestellt.

Um den neu hergestellten Ast 2, der den Entfall der Einfahrt AS BN-Tannenbusch kompensieren soll, überhaupt vom Potsdamer Platz erreichen zu können, ist eine Parallelfahrbahn zwischen der Ausfahrt in Richtung Siegburg (Ast 3) und der Einfahrt auf die A 555 in Rich-tung Köln (Ast 1) neu herzustellen. Sämtliche Rampen werden mit Schutzeinrichtungen und dauerhafter Markierung ausgestattet. Die vorhandene Beleuchtung an den Bestandsrampen bleibt bestehen. Eine Beleuchtung der provisorischen Rampen erfolgt nicht.

Sobald die AS Bonn-Tannenbusch wiederhergestellt und nutzbar ist, erfolgt der Rückbau des AK Bonn-Nord. Durch die zu erwartende Verkehrsverlagerung im Zuge der Sperrungen der AS BN-Tannenbusch ist eine Ertüchtigung des Kreisverkehrs Potsdamer Platz erforderlich. Der Kreisverkehr soll bei laufendem Verkehr (mit kurzzeitigen Einschränkungen) zu einem „Turbokreisel“ umgebaut werden. Die Außenkanten des Kreisverkehrs bleiben bestehen. Es erfolgt ein Umbau in Richtung Kreismitte und Umbau des Astes Heinrich-Böll-Ring. Die Fahr-bahndecke wird vollflächig neu hergestellt und die Markierung neu aufgebracht.

Um die Einsätze der Feuerwehr von der Wache Lievelingsweg zu unterstützen, wird eine Lichtsignalregelung die Einsatzfahrt von der Wache durch den Kreisverkehr auf die A 555 beschleunigen. Durch die Auslösung dieser Einsatzanlage soll der Verkehr auf dem Lieve-lingsweg und die Zufahrt sämtlicher Äste zum Kreisverkehr gestoppt werden, sodass der Weg der Feuerwehr frei ist. Nach Durchfahrt der Einsatzfahrzeuge wird die Sperrung wieder aufgehoben.

Durch den Umbau des Kreisverkehrs ist eine frühzeitige Wege- und Spurbeschilderung er-forderlich, da innerhalb des Kreisverkehrs ein Wechsel der Fahrspuren nicht vorgesehen bzw. möglich ist. Der Kreisverkehr soll nach Beendigung der Bautätigkeiten an der A 565 wieder zurückgebaut werden.

Im Rahmen der vorliegenden erschütterungstechnischen Untersuchung werden unterschiedlichen Orten im Bereich des AK Bonn-Nord und des Potsdamer Platzes untersucht.

Der Tageszeitraum im Erschütterungsschutz ist als 16-stündiger Zeitraum von 6:00 bis 22:00 Uhr definiert. Der Nachtzeitraum erstreckt sich von 22 bis 6 Uhr.

Die Arbeiten sollen wegen der Eilbedürftigkeit von 06:00 bis 22:00 Uhr in einem 2-Schicht-Betrieb ausgeführt werden und fallen damit ausschließlich in den Tageszeitraum gemäß der Definition in der DIN 4150 [3][4][5] (vgl. Beurteilungszeiträume in Kapitel 4).

Für die Realisierung des Projekts sind verschiedene Baumaßnahmen notwendig, wie z. B. Rückbauarbeiten, Erdbau- und Verbauarbeiten und Straßenbauarbeiten. Auf der Grundlage von Erfahrungswerten und Literaturwerten werden Baumaschinen je Arbeitsschritt berücksichtigt, die bei dieser Art von Bauprojekten typischerweise zum Einsatz kommen.

Nachfolgend werden die Situationen in Tabelle 3.1 aufgelistet, von denen ein hohes Potenzial für beurteilungsrelevante Erschütterungen ausgeht. Zudem wird dargestellt, welche Arbeiten in den jeweiligen Baumonaten an den unterschiedlichen Streckenabschnitten ausgeführt werden.

Tabelle 3.1: Darstellung der Situationen mit erschütterungsintensiven Tätigkeiten

Situation	Straßenabschnitt	Tätigkeit
1	Ast 6	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 5	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 6	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 5	Verbau Spundbohlen/-wand (Ein vibrieren)
2	Ast 8	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 8	Erdbau / Dammbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
3	Potsdamer Platz	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
4	Ast 4 / Parallelfahrbahn	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
5	Ast 1	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 1	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 2	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 8	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 1	Verbau Spundbohlen/-wand (Ein vibrieren)
	Ast 1/8	Verbau Spundbohlen/-wand (Ein vibrieren)
6	Ast 8	Stahlbau
	Ast 8	Betonbau

Situation	Straßenabschnitt	Tätigkeit
7	Ast 5	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 6	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 5	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 6	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
8	Potsdamer Platz	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Potsdamer Platz	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
9	Ast 1	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 2	Rückbau (Stemmen Motorhammer)
	Ast 1	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
	Ast 2	Straßenbau (dynamische Oberflächenverdichtung)
10	Ast 8	Rückbau (Stemmen Motorhammer)

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmissionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle $v(t)$ in mm/s (das Schnellesignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 [5] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [4] wird zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden als Beurteilungsgröße das frequenz- und zeitbewertete Erschütterungssignal, gemessen in Raummitte der am stärksten betroffenen Geschossdecke, herangezogen. Die Frequenzbewertung erfolgt dabei nach DIN 45669, Teil 1 [6] in Form der so genannten "KB-Bewertung".

Das Ergebnis der Bewertung ist der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals nach folgender Gleichung:

$$KB_{\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} \cdot KB^2(\xi) d\xi}$$

Als Zeitbewertung wird der gleitende Effektivwert mit einer Zeitkonstante von $\tau = 0,125$ s gebildet. Zur Konkretisierung der verwendeten Zeitkonstante wird, entsprechend der Norm, die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ genannt. Die während der Beurteilungszeit erfasste höchste bewertete Schwingstärke wird als Maximalwert KB_{Fmax} bezeichnet.

Die Messzeit wird in Takte von je 30 s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten KB_{FTi} wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} nach nachfolgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}$$

Bei Anwendung dieser Gleichung sind alle Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ zu Null zu setzen, jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein und beeinflussen somit den Effektivwert.

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen auf den Menschen in Gebäuden werden zwei Beurteilungsgrößen herangezogen. Dies sind zum einen die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} .

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten (werktags von 6:00 – 7:00 Uhr und von 19:00 bis 22:00 Uhr sowie sonn- und feiertags von 6:00 bis 22:00 Uhr) wird nach DIN 4150, Teil 2 [4] mit folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

- T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)
- $T_{e,j}$ = Teileinwirkungszeiten
- $KB_{FTm,j}$ = Taktmaximal-Effektivwerte, welche für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

Gemäß dem Erschütterungserlass NRW [2] sind Baustellen in der Regel nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des BImSchG. Die in Tabelle 4 des Erschütterungserlasse NRW [2] dargestellten Immissionswerte (gleichlautend mit den Anhaltswerten der Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 [4]) dienen der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Wohnräume oder vergleichbare schutzbedürftige Räume durch Baumaßnahmen am Tage. Sie berücksichtigen insbesondere die besonderen Aspekte von Baumaßnahmen wie zeitlich begrenzte Einwirkungen und die zum Teil gegebene Notwendigkeit des Einsatzes von Verfahren, welche zur Realisierung der Baumaßnahme Erschütterungen in den Baugrund einleiten müssen und damit zwangsläufig auf die Umgebung einwirken. Daher sind für diesen Fall andere Maßstäbe hinsichtlich der Bewertung der Erheblichkeit und Zumutbarkeit anzulegen als bei Erschütterungseinwirkungen durch stationäre Anlagen, die grundsätzlich zeitlich unbegrenzt auf die Umgebung einwirken [2].

Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten, werden gemäß DIN 4150, Teil 2 bei gewerblichen Anlagen mit dem Faktor 2 gewichtet, um eine erhöhte Störwirkung während dieser Zeiten zu berücksichtigen. Im Falle der besonderen Aspekte von Baumaßnahmen und der Beurteilung nach eigenen Immissionswerten / Anhaltswerten für Baumaßnahmen (Tabelle 4.2 im vorliegenden Bericht) wird der Faktor 2 für Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.

4.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden während der Bauarbeiten sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [5] heranzuziehen. Den Anhaltswert definiert die Norm als Wert, bei dessen Einhaltung aus Erfahrung kein Schaden eintritt. Bei Überschreitung der Anhaltswerte folgen daraus jedoch nicht automatisch Schäden. Als Schaden wird eine bleibende Folge einer Einwirkung definiert, die eine Verminderung des Gebrauchswertes des betroffenen Bauwerks oder Bauteils im Hinblick auf die Nutzung mit sich bringt.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150-3 ist z. B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen.

Bei Gebäuden nach Tabelle 4.1 Zeile 2 und 3 (siehe Seite 18 des vorliegenden Berichtes), ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.:

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse im Gebäude vergrößert werden;
- Trenn- oder Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Werden Gebäude nach Tabelle 4.1 Zeile 1 beurteilt, stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß Tabelle 4.1 Zeile 3 wird die Eigenschaft eines Bauwerkes verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen können.

Als kurzzeitige Erschütterungen gelten Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der

Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen. Als Dauererschütterungen gelten alle Erschütterungen, auf die die Definition kurzzeitige Erschütterungen nicht zutrifft.

Als oberste Deckenebene ist die Deckenebene definiert, die auf tragenden Wänden aufliegt und in der Regel eine aussteifende Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen übernimmt.

Beim Ein- und Ausschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen sind Überschreitungen der Anhaltswerte für Dauererschütterungen zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind. Zur Beurteilung dieser Spitzenwerte können die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen für Decken vertikal und die oberste Deckenebene herangezogen werden.

Tabelle 4.1: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß DIN 4150, Teil 3 [5]

Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke								
Zeile	Gebäudeart	Kurzzeitige Einwirkungen				Dauererschütterungen		
		Fundament			Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikal	Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikale
		< 10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz				
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15	20	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 – 8	8 – 10	8	20*	2,5	10

*) Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1 können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

Im vorliegenden Fall werden alle in Tabelle 3.1 aufgeführten Bautätigkeiten als Dauererschütterungen im Sinne der DIN 4150, Teil 3 behandelt, da diese der Definition für Dauererschütterungen gemäß der Norm entsprechen.

4.3 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden während Bautätigkeiten

Die gemäß Kapitel 4.1 ermittelten Beurteilungsgrößen $KB_{F_{max}}$ und $KB_{F_{Tr}}$ sind mit denen in der DIN 4150, Teil 2 [4] angegebenen Anhaltswerten für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen zu vergleichen.

Im Falle von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen gelten höhere Anhaltswerte als bei einer Beurteilung von gewerblich oder verkehrlich induzierten Erschütterungen gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2. Die für Baumaßnahmen anzuwendenden Anhaltswerte liegen dabei deutlich über den ansonsten anzuwendenden Beurteilungswerten.

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen sind nur die durch den Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen zu bewerten. Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die strengeren Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2.

Mit Ausnahme des oberen Anhaltswertes für Gewerbe- und Industriegebiete wird bei den Anhaltswerten für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen nicht weiter nach Gebietseinstufungen unterschieden. Für besonders schützenswerte Gebäude wie z. B. Krankenhäuser sind die folgenden Anhaltswerte nicht anwendbar.

Es erfolgt jedoch eine dreistufige Differenzierung nach Dauer der Baumaßnahme, Grad der Information der Anwohner über den Verlauf und die Dauer der notwendigen Arbeiten und der durchgeführten Minderungsmaßnahmen.

Bei einer ausreichenden Anwohnerinformation kann von einer höheren Akzeptanz der Baumaßnahme ausgegangen werden. Daher sind in solchen Fällen höhere Erschütterungsimmissionen zulässig (Stufe II) als bei Baumaßnahmen ohne eine Information der Anwohner (Stufe I). Bei Überschreitung der Anhaltswerte der Stufe III liegen unzumutbare Erschütterungseinwirkungen vor. In einem solchen Fall ist die Vereinbarung besonderer Maßnahmen erforderlich, die über die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen hinausgehen.

Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch von der Baustelle ausgehenden Erschütterungen zu mindern [4]:

- 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;
- c) Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (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 Erschütterungswirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen.

Tabelle 4.2: Immissionswerte IW gemäß Erschütterungserlass NRW, Tabelle 4 bzw. Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen [4] zum Tageszeitraum

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	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.

Hierbei sind je nach Dauer der Baumaßnahme und Grad der Anwohnerinformation drei unterschiedliche Anhaltswerte A_u, A_o und A_r angegeben. Für Einwirkzeiträume zwischen 1 bis 6 Tagen sind die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 zu interpolieren.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2 ist die Anzahl von (Werk-)Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungen, welche unter den jeweiligen Anhaltswerten für A_u und A_r gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 liegen, nicht mitzuzählen [4]. Für Baumaßnahmen mit mehr als 78 Tagen an den Erschütterungen auftreten macht die DIN 4150, Teil 2 keine Angaben. Es soll dann nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell beurteilt werden.

Der Erschütterungserlass NRW [2] sieht für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen, welche über den 78. Tag der Einwirkung hinaus gehen die Anwendung der Immissions-

werte der Tabelle 3 des Runderlasses (entspricht Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 [4] und ist nachfolgend als Tabelle 4.3 dargestellt).

Tabelle 4.3: Immissionswerte IW gemäß Erschütterungserlass NRW, Tabelle 3 bzw. Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsort		A _u (IW _u)		A _o (IW _o)		A _r (IW _r)	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Immissionswerte IW gemäß Erschütterungserlass NRW, Tabelle 3 bzw.	Zeile 2 △ GI	0,4	0,3	6	0,6	0,20	0,15
	Zeile 2 △ GE	0,3	0,2	6	0,4	0,15	0,1
	Zeile 3 △ MI/MK/MU	0,2	0,15	5	0,3	0,1	0,07
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	Zeile 4 △ WR/WA	0,15	0,1	3	0,2	0,07	0,05
	Zeile 4 △ Krankenhaus / Kurklinik	0,1	0,1	3	0,15	0,05	0,05

Ist der ermittelte $KB_{F_{max}}$ -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert A_u , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt.

Ist der ermittelte $KB_{F_{max}}$ -Wert größer als der "obere" Anhaltswert A_o , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von $A_o \geq KB_{F_{max}} \geq A_u$ ist die Beurteilungsschwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist $KB_{F_{Tr}}$ kleiner bzw. gleich dem Anhaltswert A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

KB-Werte $\leq 0,1$ gehen gemäß Norm nicht in die Beurteilung mit ein. Ein solcher Wert kann als Maß für die Fühlschwelle herangezogen werden, wobei die Tatsache ob eine Erschütterung gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt.

Im vorliegenden Fall sollten die Anwohner im Umfeld der Baumaßnahmen schriftlich informiert werden. Somit sind die während der Bautätigkeiten auftretenden Erschütterungsimmissionen nach den Spalten 1 bis 9 für die Stufe II gemäß Tabelle 4.1 je nach Dauer der Baumaßnahme zu beurteilen.

Zur Information und Einordnung der Anhaltswerte ist nachfolgend eine grobe Korrelation zwischen KB-Werten und dem subjektiven Empfinden aufgeführt.

Tabelle 4.4: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [9]

Bewertete Schwingstärke KB	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 – 0,4	gerade spürbar
0,4 – 1,6	gut spürbar
1,6 – 6,3	stark spürbar
> 6,3	sehr stark spürbar

5 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Die in dieser Untersuchung berücksichtigten Bauverfahren werden als Dauererschütterungen berücksichtigt.

Für die Erschütterungsimmissionen, die während Dauererschütterungen entstehen, empfiehlt die DIN 4150-3 [5] als Anhaltswert für die maximale, vertikale Schwinggeschwindigkeit an der obersten Deckenebene einen Wert von $v_{v,max,OG} = 10$ mm/s für Wohngebäude.

Im Sinne einer oberen Abschätzung wird für das Fundament eine maximale, vertikale Schwinggeschwindigkeit $v_{v,max,Fundament} = 3$ mm/s berücksichtigt.

Dynamische Oberflächenverdichtung:

Gemäß Literatur [10] kann die maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit $v_{i,max,Fundament}$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max,Fundament} = 10,87 + \frac{\sqrt{G}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{i,max,Fundament}$ = maximale Komponente der Fundamentschwinggeschwindigkeit in mm/s
 G = Betriebsgewicht des Baugeräts in t
 r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Unter der Berücksichtigung einer maximal zulässigen Fundamentschwinggeschwindigkeit von $v_{v,max,Fundament} = 3$ mm/s und einem in Folge einer oberen Abschätzung berücksichtigten Betriebsgewichts von $G = 20$ t, ergibt sich ein gerundeter Mindestschutzabstand $r \leq 17$ m für die dynamische Bodenverdichtung mithilfe von Vibrationswalzen.

Unter der Berücksichtigung einer maximal zulässigen Fundamentschwinggeschwindigkeit von $v_{v,max,Fundament} = 3$ mm/s und einem in Folge einer unteren Abschätzung berücksichtigten Betriebsgewichts von $G = 2$ t (kleine Aufsitztandemwalze) ergibt sich ein gerundeter Mindestschutzabstand $r \leq 5$ m für die dynamische Bodenverdichtung mithilfe von Vibrationswalzen.

Die ermittelten Schutzabstände infolge einer oberen und unteren Abschätzung von dynamischen Oberflächenverdichtungen sind in Anlage 2 dargestellt.

Vibrationsrammung

Gemäß Literatur [10] kann die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max, Fundament}$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max, Fundament} = 18,52 + \frac{\sqrt{W/f}}{r}$$

Darin sind:

- $v_{i,max, Fundament}$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- W = Geräteleistung in kN
- f = Betriebsfrequenz in Hz
- r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Unter der Berücksichtigung einer maximal zulässigen Fundamentalschwinggeschwindigkeit von $v_{v,max,Fundament} = 3$ mm/s und in Folge einer oberen Abschätzung der berücksichtigten Geräteleistung $W = 550,00$ kW ergibt sich bei einer Betriebsfrequenz von 30 Hz ein gerundeter Mindestschutzabstand $r \leq 27$ m für das Einbringen von Spundwänden mithilfe von Vibrationsrammung.

Unter der Berücksichtigung einer maximal zulässigen Fundamentalschwinggeschwindigkeit von $v_{v,max,Fundament} = 3$ mm/s und in Folge einer unteren Abschätzung der berücksichtigten Geräteleistung $W = 150,00$ kW [z.B. leichtere Mäklar (Führungseinrichtung einer Ramme im Tiefbau, die Rohre oder Spundbohlen in den Baugrund einbringt) geführte Vibrationsramme] ergibt sich bei einer Betriebsfrequenz von 30 Hz ein gerundeter Mindestschutzabstand $r \leq 14$ m für das Einbringen von Spundwänden mithilfe von Vibrationsrammung.

Die ermittelten Schutzabstände infolge einer oberen und unteren Abschätzung für das Einbringen von Spundwänden mithilfe von Vibrationsrammen sind in Anlage 3 dargestellt.

6 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden die zulässigen resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} der DIN 4150, Teil 2 [4] ermittelt. Daraus können mithilfe von empirisch ermittelten Gleichungen [10] Mindestschutzabstände berechnet werden.

Gemäß DIN 45 669, Teil 1 kann davon ausgegangen werden, dass das unbewertete Erschütterungssignal, die maximale Schwinggeschwindigkeit in vertikaler Schwingrichtung in der Mitte der Geschossdecke $v_{v,max,Decke}$ in einem Frequenzbereich nahe von 31,5 Hz gleich dem frequenzbewerteten Erschütterungssignal ist [6].

Somit kann in diesem Frequenzbereich aus der unbewerteten Schwinggeschwindigkeit $v_{v,max,Decke}$ das zeitbewertete Erschütterungssignal, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ermittelt werden.

In Abhängigkeit des jeweiligen Bauverfahrens können anschließend mit den Prognoseansätzen der Literatur [10] Schutzabstände in Abhängigkeit des verwendeten Bauverfahrens ermittelt werden. Beispielhaft wird dies für Vibrationsrammungen vorgerechnet, da diese auch hinsichtlich der Beurteilung nach DIN 4150-2 die höchsten Schutzabstände erfordert.

Vibrationsrammung:

Für das Einbringen der Spundwände wird mit einer Dauer von 30 Werktagen gerechnet. Damit verbunden wird gemäß DIN 4150-2 als Anhaltswert A_r gemäß Tabelle 4.2 ein Anhaltswert von $A_r = 0,4$ berücksichtigt, was der in Tabelle 4.2. beschriebenen Stufe II entspricht.

Da A_r mit dem KB_{FTr} verglichen werden soll und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} in einem Frequenzbereich von 31,5 Hz der maximalen Schwinggeschwindigkeit in vertikaler Schwingrichtung in der Mitte der Geschossdecke $v_{v,max,Decke}$ entspricht, kann in folgend dargestellter Beziehung $v_{v,max,Decke}$ gleich A_r gesetzt werden, um einen Mindestschutzradius ermitteln zu können, bei dem der Anhaltswert A_r in Mitte der Decke eingehalten wäre:

$$v_{z,max,Decke} = k_{F-D} * v_{i,max,Fundament}$$

daraus kann abgeleitet werden

$$A_r = k_{F-D} * v_{i,max,Fundament} * \text{Zeitwichtung}$$

Hier ist k_{F-D} ein Übertragungsfaktor von dem Fundament auf die Decke, welcher gemäß Literatur [10] zwischen 1,5 (keine Resonanzeffekte) bis 25 (sehr starke Resonanzeffekte) liegen kann.

Gemäß Literatur [10] kann in Abhängigkeit der Überschreitungswahrscheinlichkeit die maximale Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{v,max,Fundament}$ ermittelt werden. Für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % ergibt sich diese unter folgender Beziehung:

$$v_{i,max,Fundament} = 7,9 + \frac{\sqrt{Wlf}}{r}$$

Unter der Annahme einer hydraulischen Leistung am Vibrator von 150 kW und einer Erregerfrequenz von 30 Hz ergibt sich unter Verbindung der zuvor beschriebenen Gleichungen ein Mindestschutzabstand von ca. $r = 67$ m (keine Resonanzeffekte) bis ca. $r = 1035$ m (für starke Resonanzeffekte) zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2. Hierbei ist jedoch berücksichtigt, dass durchgängig 16 h tags vibriert wird. Unter der Annahme, dass im Tageszeitraum von 6 bis 22 Uhr eine Netto-Einwirkzeit, in dem die Vibrationen vorliegen, von max. 4 h auftreten, reduzieren sich diese Abstände um den Faktor $\frac{1}{4}$ auf ca. 259 m im Resonanzfall und 17 m außerhalb des Resonanzfalls.

Der Resonanzfall stellt den Fall dar in dem die ein Gebäude anregenden Erschütterungen Frequenzen aufweisen, welche den Eigenfrequenzen von Gebäudeteilen entsprechen und diese somit besonders stark zu Schwingungen anregen.

7 Bewertung der Bauerschütterungen und Maßnahmen

Für die untersuchten Bauphasen ergeben sich unter Berücksichtigung der Anhaltswerte der DIN 4150-3 die in den Anlagen 2 bis 4 dargestellten Mindestschutzabstände unter der Voraussetzung, dass Resonanzeffekte ausgeschlossen werden können. Solche Aussagen können naturgemäß keine definitiven Abstände ohne/mit Anhaltswertüberschreitungen sein. Die Struktur der vorhandenen Gebäude spielt eine wesentliche Rolle für die Schwingungsübertragung und damit Höhe der Immissionen. Resonanzeffekte treten sehr selten auf, können aber nicht ausgeschlossen werden. Die angegebenen Abstände können daher nur Anhaltswerte darstellen, die erst bei der tatsächlichen Ausführung messtechnisch überprüft werden können. Daher sollten im Falle von erschütterungsintensive Bautätigkeiten mit vielen möglicherweise betroffenen Gebäude in der Umgebung bemannte Erschütterungsmessungen während probeweiser Arbeiten durchgeführt werden.

Wie die Anlage 2 zeigt, kann es im Falle einer dynamischen Bodenverdichtung zu Erschütterungseinwirkungen kommen, welche oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-3 liegen. Dies hängt vor allem von der Nähe der schutzbedürftigen Bebauung zu den eingesetzten Geräten ab. Nahe der Bebauung sollten leichtere Geräte eingesetzt werden. Hierbei wird empfohlen bis zu einem Abstand von 17 m zum nächstgelegenen Wohngebäude eine Vibrationswalze mit einem Betriebsgewicht bis zu 3,5 t zu verwenden. Im Abstand bis zu 5 m zum nächstgelegenen Wohngebäude sollten Vibrationswalzen mit einem Betriebsgewicht von nur bis zu 2,0 t verwendet werden.

Während des Einvibrierens von Spundwänden oder Trägern für den Verbau können an schutzbedürftigen Nutzungen innerhalb eines Abstandes von 27 m ebenfalls Erschütterungseinwirkungen oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-3 vorliegen, falls die Geräteleistung von $W = 550,00$ kW mit einer Betriebsfrequenz von 30 Hz zum Einsatz kommen würde. Für einen Abstand zwischen 27 m und 14 m sollten daher nur leichtere Vibrationsrahmen mit einer Geräteleistung $W = 150,00$ kW bei einer Betriebsfrequenz von 30 Hz eingesetzt werden. Unterhalb eines Schutzabstandes von 9 m müssten noch geringere Leistungen eingesetzt werden. Die Schutzabstände sind in Anlage 3 dargestellt.

Es empfiehlt sich an den jeweils zur Baustelle nächstgelegenen Gebäuden, bei erschütterungsintensiven Bauarbeiten, eine Beweissicherungsmessung als Dauerüberwachung der Erschütterungen gemäß DIN 4150-3 mit Alarmierungsfunktion der Messgeräte durchzuführen. Je nach Überlagerung von erschütterungsintensiven Bauphasen sollten zeitgleiche Überwachungen an den jeweils nächstgelegenen Immissionsorten angeordnet werden. Empfehlungen für potenzielle Messorte sind in der Anlage 4 dargestellt.

Da die Eingangsparameter bei allen Prognosen Schwankungen unterliegen können, wie z. B. das verwendete Betriebsgewicht G oder die Unwägbarkeiten während der Ausbreitung

im Boden, wird empfohlen, zur Dokumentation ggfs. vorhandener Vorschädigungen und zum Nachweis bei späteren Schadensersatzansprüchen, an ausgewählten Gebäuden (vgl. Anlage 4) eine Beweissicherung durchzuführen.

Wie die Berechnungsergebnisse für die exemplarische Berechnung für die Auswirkung auf Menschen in Gebäuden (vgl. Kapitel 6) weiterhin zeigen, würden mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % die Anhaltswerte der DIN 4150-2 innerhalb eines Korridors von ca. 17 m (vgl. Kapitel 6) überschritten werden, falls Resonanzanregung ausgeschlossen werden könnte und die reine Arbeitszeit für das hier vorgerechnete Einvibrieren von Spundwandträgern nur 4 Stunden je Tag beträgt. Falls in seltenen Fällen Resonanzeffekte auftreten könnten Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 in bis zu 259 m Abstand zur Baustelle auftreten (siehe Kapitel 6). Hierauf kann im Rahmen eines Beschwerdemanagements reagiert werden.

Zur Vermeidung bzw. zur besseren Akzeptanz von Belästigungen durch die eventuell auftretenden Bauerschütterungen sollten die unter Kapitel 4.3 aufgeführten Maßnahmen a-e ergriffen werden.

8 Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Neben der in Kapitel 4.3 dargestellten Information der Anwohner und den in Kapitel 7 genannten Schutzabständen sollten weitere allgemeine Empfehlungen beachtet werden.

Es sollten möglichst erschütterungsarme Bauverfahren vorgesehen werden. Beispielsweise sind Einbauverfahren von Spundbohlen oder Spundwänden durch Rütteln oder Vibrieren günstiger als schlagende Verfahren. Dabei sollten sogenannte Hochfrequenzrüttler mit variablen Drehzahlbereichen $n \geq 2100 \text{ min}^{-1}$ ($f \geq 35 \text{ Hz}$) angefordert und eingesetzt werden.

Bei Einsatz von z. B. Vibrationsrammen ist darauf zu achten, dass die kraftschlüssige (feste) Ankopplung des Bauteils erst nach Erreichen der Rüttelfrequenz erfolgt sowie eine Entkopplung des Bauteils vor Abschalten des Gerätes. Hierdurch wird ein Durchfahren von eventuellen Resonanzfrequenzen in angrenzenden Gebäuden mit deutlich höheren Erschütterungseinwirkungen als durch das Rütteln selbst vermieden.

Die geringsten Erschütterungen werden bei der Einbringung mit dem Hydropressverfahren oder bei vorgebohrten Löchern mit anschließendem Einsatz von Bohlen erwartet.

Zumindest punktuell ist damit zu rechnen, dass zum Beispiel aufgrund von Erkenntnissen aus Probemessungen, aus Erkenntnissen der Beweissicherung oder aus Meldungen über das Beschwerdemanagement an einzelnen Gebäuden nahe der Baustelle eine Erschütterungsüberwachung als Beweissicherung nach DIN 4150 Teil 3 (Einwirkung auf bauliche Anlagen) erfolgt. Aus diesen Messungen lassen sich ebenfalls Rückschlüsse ziehen oder es lässt sich direkt messen, inwieweit von einer Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden) ausgegangen werden kann bzw. diese vorliegt. Sollte sich aus diesen Messungen eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 ergeben, ist hierauf bspw. durch Baustellenorganisation (Vermeidung von fortwährender Tätigkeit vor genau einem Gebäude) oder Wechsel des Bauverfahrens zu reagieren.

Gegebenenfalls können die während der Bauarbeiten auftretenden Erschütterungen mithilfe einer Frequenzregelung der Baugeräte und einer simultanen Messung, die feststellen kann bei welcher Betriebsfrequenz die geringsten Erschütterungsimmissionen (Vermeidung von Resonanzeffekten) hervorgerufen werden, entgegengewirkt werden.

Bei einzelnen technischen Nutzungen im Umfeld ist ein bestimmungsgemäßer Gebrauch evtl. auch schon bei geringeren Erschütterungswerten nicht mehr möglich. Dies sind z.B. Nutzungen durch Mikroskopie oder feinmechanischen Messeinrichtungen sowie Server usw.. Nordwestlich des Autobahnkreuzes befindet sich z.B. ein Rechenzentrum. Inwiefern sich weitere empfindliche Nutzungen im Einwirkungsbereich der Baumaßnahmen befinden, sollte vor Beginn der Baumaßnahmen detailliert untersucht werden.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen des geplanten 6-streifigen Ausbaus der Bundesautobahn A 565 zwischen der AS Bonn-Endenich und dem Autobahnkreuz Bonn-Nord wird die Sperrung der Anschlussstelle AS Bonn-Tannenbusch erforderlich. Aus diesem Grund wird das Autobahnkreuz AK Bonn-Nord um zwei Äste ergänzt. Hierzu war eine erschütterungstechnische Untersuchung für die damit verbundenen Bauerschütterungen zu erstellen.

Im Rahmen der Baumaßnahmen können einzelne Bauverfahren spürbare Erschütterungen an den umliegenden Bebauungen hervorrufen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die in den jeweiligen Bauphasen verwendeten Bauverfahren hinsichtlich ihrer Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen abschätzend berechnet.

Anschließend wurden Schutzabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 (Einwirkung auf bauliche Anlagen) ermittelt.

Zusätzlich wurden am Beispiel des Einbringens von Spundwänden mithilfe der Vibrationsrammung die Schutzabstände (in Anlehnung an Literaturwerte [10] zur Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden) ermittelt.

Im Falle von dynamischer Bodenverdichtung, von Rückbauarbeiten und des Einvibrierens von Spundwandträgern kann es zu Erschütterungseinwirkungen kommen, welche oberhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-3 liegen.

Für diese Bautätigkeiten wurden Schutzabstände auf der Grundlage von bautypischen Geräteleistungen und Betriebsfrequenzen rechnerisch ermittelt. Solche Aussagen können naturgemäß keine definitiven Abstände ohne/mit Anhaltswertüberschreitungen sein. Die Struktur der vorhandenen Gebäude spielt eine wesentliche Rolle für die Schwingungsübertragung und damit Höhe der Immissionen. Die angegebenen Abstände können daher nur Anhaltswerte darstellen, die erst bei der tatsächlichen Ausführung messtechnisch überprüft werden können.

Es sollte eine Vibrationstechnik zum Einbringen von Spundbohlen und Spundpfählen und zur Bodenverdichtung, welche keine Resonanzeffekte an der umliegenden Bebauung hervorruft (z.B. Verwendung einer Fliehkraftkupplung für Walzen) verwendet werden.

Da die Eingangsparameter bei allen Prognosen Schwankungen unterliegen können, wie z.B. das verwendete Betriebsgewicht G oder die Unwägbarkeiten während der Ausbreitung im Boden, wird empfohlen, zur Dokumentation ggf. vorhandener Vorschädigungen und zum

Nachweis bei späteren Schadensersatzansprüchen, an ausgewählten Gebäuden eine Beweissicherung durchzuführen.

Es empfiehlt sich auch an den jeweils zur Baustelle nächstgelegenen Gebäuden, bei erschütterungsintensiven Bauarbeiten, eine Beweissicherungsmessung als Dauerüberwachung der Erschütterungen gemäß DIN 4150-3 mit Alarmierungsfunktion der Messgeräte durchzuführen.

Eine exemplarische Berechnung für die Auswirkung auf Menschen in Gebäuden zeigt weiterhin, dass mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50 % die Anhaltswerte der DIN 4150-2 innerhalb eines Korridors von ca. 17 m überschritten werden, falls Resonanzanregung ausgeschlossen werden können und die reine Arbeitszeit für das hier vorgerechnete Einvibrieren von Spundwandträgern nur 4 Stunden je Tag beträgt.

Zur Vermeidung bzw. zur besseren Akzeptanz von Belästigungen durch die eventuell auftretenden Bauerschütterungen sollten die unter Kapitel 4.3 aufgeführten Maßnahmen a-e ergriffen werden.

Peutz Consult GmbH

ppa. Dipl.-Phys. Axel Hübel
(Messstellenleitung)

i.V. Dipl.-Ing. Oliver Streuber
(Projektleitung/Projektbearbeitung)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Übersichtslageplan mit Darstellung der Lage der Baumaßnahmen für den provisorischen Umbau des Autobahnkreuzes Bonn-Nord

- Anlage 2 Schutzabstände für dynamische Bodenverdichtungsarbeiten

- Anlage 3 Schutzabstände für Vibrationsrammarbeiten

- Anlage 4 Lageplan mit Darstellung von potenziellen Immissionsorten für Erschütterungsmessungen