



Schwingungstechnik und
Erschütterungen im
Bauwesen

baudyn.de

Messung
Berechnung
Beratung
Gutachten

Gutachten

Projekt 2017490
Inhalt Fernwärmesystemanbindung-West:
KWK-Anlage Dradenaustraße - Bahrenfeld
Erschütterungstechnische Untersuchung
Dokument 2020-03-26-2017490-N1-9-GA

Erschütterungstechnische Untersuchung zu Erschütterungen aus
dem Bau und Betrieb der Fernwärmesystemanbindung West
(FWS-West) von der geplanten Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage
Dradenaustraße (KWK) zum Weststrang der Fernwärmeleitung
in Bahrenfeld

Auftraggeber Wärme Hamburg GmbH
Überseering 12
22297 Hamburg

Anmerkung Eine auszugsweise Zitierung ist mit uns abzustimmen
Das Gutachten umfasst 41 Seiten

Datum 26.03.2020

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 Regelwerke zur Einwirkung von Erschütterungen.....	3
2.1 Menschen in Gebäuden.....	5
2.1.1 Erschütterungen.....	5
2.1.2 Sekundäreffekte und sekundärer Luftschall.....	10
2.2 Bauliche Anlagen.....	11
2.2.1 Kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen.....	14
2.2.2 Einwirkung von Dauererschütterungen.....	15
2.3 Böden im Gründungsbereich von baulichen Anlagen.....	16
2.3.1 DIN 4150 Wirkung von Erschütterungen auf Böden.....	17
2.3.2 Ergänzende aktuelle Forschungsergebnisse.....	17
2.4 Technische Anlagen.....	19
3 Planungsunterlagen und Anlagen.....	19
4 Geplanter Baubetrieb und erschütterungstechnische Bewertung.....	21
4.1 Baumaßnahme Fernwärmesystemanbindung.....	21
4.2 Erschütterungstechnische Untersuchungen.....	22
4.3 Bauweise der Fernwärmetransportleitung und Baumaßnahmen.....	22
4.3.1 Erdverlegte Leitungen einschließlich Dehnerbauwerke.....	23
4.3.2 Rohrvortrieb.....	25
4.3.3 Unterquerung der Elbe.....	25
4.3.4 Weitere Hinweise.....	27
5 Betroffenheitsanalyse und Erschütterungsschutz.....	28
5.1 Südlich der Elbe: Geplante KWK-Anlage Dradenaustraße bis Startschacht Jachtweg.....	28
5.2 Nördlich der Elbe: Zielschacht bis Weststrang Bahrenfeld.....	31
5.2.1 Zielschacht.....	31
5.2.2 Elbchaussee bis Bahrenfeld	33
6 Zusammenfassende Bewertung.....	39

1 Vorhaben und Veranlassung

Im Vorhaben der Fernwärmesystemanbindung - West (FWS-West) von der geplanten Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage Dradenaustraße (KWK) zum bestehenden Weststrang der Fernwärmeleitung in Bahrenfeld hat die Vorhabenträgerin die baudyn GmbH mit einer Erschütterungstechnischen Untersuchung beauftragt.

Die Aufgabe der Erschütterungstechnischen Untersuchung ist es, die bei dem Bau und Betrieb der Fernwärmesystemanbindung auftretenden Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen, bauliche Anlagen und technische Anlagen zu betrachten.

Die Vorhabenträgerin beabsichtigt für das Vorhaben der Fernwärmesystemanbindung eine Planfeststellung zu beantragen. Die Erschütterungstechnische Untersuchung soll als Anlage der planfestzustellenden Unterlagen bei der Planfeststellungsbehörde, der Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg, eingereicht werden.

2 Regelwerke zur Einwirkung von Erschütterungen

Die infolge des Baus und Betriebs der Fernwärmesystemanbindung - West auftretenden Erschütterungen sind grundsätzlich im Hinblick auf die Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden sowie auf bauliche und technische Anlagen zu berücksichtigen.

Im vorliegenden Fall der Fernwärmesystemanbindung - West sind die Erschütterungen aus dem Baubetrieb in Abhängigkeit von den Abständen vom Baubetrieb zu den benachbarten baulichen Anlagen sowie den erschütterungstechnischen Eigenschaften des Baubetriebs zu untersuchen. Aus der Erfahrung ist davon auszugehen, dass aus dem Betrieb der Fernwärmesystemanbindung keine maßgeblichen Erschütterungen verursacht werden.

Auf die grundsätzliche Fragestellung der Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen wird in dem aktuellen Entwurf für die VDI-Richt-

linie 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 werden vom Emissionsort über den Boden übertragen und über die Gebäudegründung (Fundamente, Sohle, Pfähle) in das betreffende 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.

2.1 Menschen in Gebäuden

2.1.1 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_{Fmax} als Maximalwertkriterium und eine Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTi} 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 Bewertete 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 1: 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_{Fmax} -Werte zwischen den Anhaltswerten A_u und A_o , so ist zusätzlich eine speziell gemittelte Beurteilungsgröße, die sogenannte Beurtei-

lungs-Schwingstärke KB_{Fr} , 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 Anforderungen 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	$D \leq 1$ Tag			6 Tage < D < 26 Tage ¹			26 Tage < D \leq 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 2: 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.

2.1.2 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 tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“ wird eine differenziertere 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 des Baus der Fernwärmesystemanbindung - West ist davon auszugehen, dass der primäre Luftschall dominiert und der sekundäre Luftschall nicht maßgeblich ist. Für den Betrieb der Fernwärmesystemanbindung ist davon auszugehen, dass keine maßgeblichen Erschütterungen und daher kein maßgeblicher sekundärer Luftschall verursacht wird.

2.2 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 über ein.

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. ...“

2.2.1 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 <u>und</u> 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 3: DIN 4150 Teil 3 Tabelle 1 Anforderungen für kurzzeitige Einwirkungen auf das Gesamtgebäude

2.2.2 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 <u>und</u> 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.			

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

2.3 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.

2.3.1 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.

2.3.2 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 Durchmesser 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.

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

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

Erhöhung des Winkels aus der DIN 4150 um 10° auf 40° bzw. auf 55° im Grundwasser vorgenommen und im Weiteren als Winkelkriterium bezeichnet.

2.4 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 dem aktuellen Entwurf für die 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 Leistungstrasse keine besonders erschütterungsempfindlichen Geräte und Anlagen betrieben werden und daher von keiner Betroffenheit im Untersuchungsgebiet auszugehen ist.

3 Planungsunterlagen und Anlagen

Von der Auftraggeberin sind folgende Planungsunterlagen zur Verfügung gestellt und für die Durchführung der erschütterungstechnischen Untersuchung verwendet worden:

Unterlage	Verfasser	Datum
LoD1-Baukörper, Shapefile und DK5, Hamburg, Grundkarte	Freie u. Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung	18.09.2017 (Download)
FWS Kickoff (ppt), Projektbeschreibung	Vattenfall Wärme Hamburg GmbH	12.03.2019
Scopingunterlage FWS-West, Scoping (ppt)	Vattenfall Wärme Hamburg GmbH	24.06.2019
Untersuchungsrahmen FWS-West	BUE, Amt für Immissionsschutz	25.07.2019
Bauablaufplan Trasse Nord	WTM Engineers GmbH	08.10.2018
Bauablaufplan Trasse Süd	WTM Engineers GmbH	08.10.2018
FWS-West Zielschacht Hindenburgpark BE-Fl., Lageplan (Entw.)	WTM Engineers GmbH	03.07.2019
FWS-West Startschacht Elbquerung BE-Flächen, Lageplan	Babendererde Engineers, WTM Engineers GmbH	24.05.2018, 10.07.2019
FWS-West Abschnittsnamen (xlsx)	Vattenfall Wärme Hamburg GmbH	03.06.2019
FWS-West: Startpunkt am Werkzaun zur KWK-Anlage	Vattenfall Wärme Hamburg GmbH	03.06.2019
Übersicht FWS-West	WTM Engineers GmbH	07.06.2019
Übersicht FWS-West Nord – Einteilung der Abschnitte	WTM Engineers GmbH	07.06.2019
Übersicht FWS-West Süd – Einteilung der Abschnitte	WTM Engineers GmbH	07.06.2019
Beispiel Schnitt Süd (Vorabzug)	ARGUS Stadt u. Verk. - Partnersch. mbB	26.06.2019
FWS-West: Trasse Stationierung Hauptabschnitte (dwg)	WTM Engineers GmbH	03.07.2019
FWS-West: Trasse BE	WTM Engineers GmbH	02.03.2020
FWS-West: Trasse BE-Fläche EPB	WTM Engineers GmbH	27.02.2020
FWS-West: Variante Zielschacht Kreuzungsber. Elbch. / Parkstr., Lageplan	WTM Engineers GmbH	07.06.2019
FWS-West: Variante Zielschacht Kreuzungsber. Elbch. / Halbmondsweg, Lageplan	WTM Engineers GmbH	07.06.2019

Tabelle 5: Planungsunterlagen

Von der baudyn GmbH sind folgende Anlagen zur Darstellung der erschütterungstechnischen Untersuchung erstellt worden und Bestandteil des Gutachtens:

Unterlage	Verfasser	Datum
Übersichtskarte Nord: Trassenvarianten und betroffene Bauwerke und Anlagen	baudyn GmbH	26.03.2020
Übersichtskarte Süd: Trassenverlauf und betroffene Bauwerke und Anlagen	baudyn GmbH	26.03.2020
Tabellarische Aufstellung Nord: Betroffenheit baulicher Anlagen nach Varianten und Abständen zur Baugrube	baudyn GmbH	26.03.2020
Tabellarische Aufstellung Süd: Betroffenheit baulicher Anlagen nach Abständen zur Baugrube	baudyn GmbH	26.03.2020

Tabelle 6: Anlagen zur erschütterungstechnischen Untersuchung

4 Geplanter Baubetrieb und erschütterungstechnische Bewertung

4.1 Baumaßnahme Fernwärmesystemanbindung

Die Fernwärmesystemanbindung verläuft von der geplanten KWK-Anlage Dradenaustraße zum bestehenden Weststrang in Bahrenfeld zunächst im Hafengebiet und nördlich der Elbe weitgehend in bewohntem Gebiet.

Die Planung der Fernwärmesystemanbindung ist von der Vorhabenträgerin u.a. in Lageplänen und Querschnitten, in denen die Art der Fernwärmesystemanbindung sowie deren Lage dargestellt sind, dokumentiert. Als weitere planungstechnische Grundlage liegt ein Baugrundgutachten vor. Die Baumaßnahmen sind bereichsweise in Bauablaufplänen in Hinblick auf die zeitliche Durchführung und die durchzuführenden Arbeiten dargestellt. Hierzu wird auf die oben genannten Planungsunterlagen verwiesen.

Die Baumaßnahmen sind grundsätzlich tagsüber vorgesehen, so dass im Hinblick auf die Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden die Anhaltswerte für den Tageszeitraum 06:00 Uhr und 22:00 Uhr gelten.

4.2 Erschütterungstechnische Untersuchungen

In der Erschütterungstechnischen Untersuchung werden die bei den geplanten Baumaßnahmen zu erwartenden Erschütterungsemissionen durch den Baubetrieb und die Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen, bauliche Anlagen und technische Anlagen betrachtet.

Die geplanten Baumaßnahmen werden unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten auf Grundlage von messtechnischer Empirie bewertet. Zur Bewertung werden der für die Baumaßnahmen erforderliche Baubetrieb in Form von Verfahren und ggf. die Größenordnung der Baumaschinen, der Baugrund und Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort, Randbedingungen und Erschütterungsempfindlichkeit am Immissionsort herangezogen sowie ggf. auf die Einwirkungsdauer Bezug genommen.

Die geplante Fernwärmesystemanbindung wurde entlang der kompletten Strecke betrachtet und die benachbarten baulichen Anlagen in einer Tabelle aufgeführt. Im Text der erschütterungstechnischen Untersuchung wird auf die dort befindlichen Immissionsorte und die geplanten Baumaßnahmen eingegangen, soweit es sich um Baumaßnahmen mit maßgeblichen Erschütterungsemissionen handelt.

Im Gegensatz zur Untersuchung von Baulärm ist es bei Erschütterungen aus Baumaßnahmen nicht üblich, eine quantitative Prognose, sondern eine Abschätzung der Einwirkungen und eine Einordnung der Anforderungen vorzunehmen.

Unabhängig von den Erschütterungseinwirkungen sind alle anderen, insbesondere baugrundtechnischen Randbedingungen nach dem Stand der Technik zu beachten, um Schäden zu vermeiden.

4.3 Bauweise der Fernwärmetransportleitung und Baumaßnahmen

Es ist geplant, die Fernwärmesystemanbindung in unterschiedlichen Verlegesarten herzustellen. Die Herstellung wird in Abhängigkeit von der Art mit unterschiedlichen Baumaßnahmen vorgenommen. Nachfolgend werden die verschiedenen Ar-

ten zur Herstellung der Fernwärmesystemanbindung in Hinblick auf die zu erwartenden Erschütterungsemissionen dargestellt.

Die möglichen Erschütterungseinwirkungen auf vorhandene Rohrleitungen und Leitungen konnten aufgrund der hohen Anzahl und begrenzten Informationen zur Beschaffenheit nicht im Einzelnen betrachtet werden. Rohrleitungen und Leitungen weisen im Vergleich zu Bauwerken i.d.R. eine deutlich geringere Erschütterungsempfindlichkeit auf (siehe 2.2). Die Erschütterungseinwirkungen sind beim Vorliegen einer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit und hohen Erschütterungseinwirkungen im Einzelfall zu betrachten.

4.3.1 Erdverlegte Leitungen einschließlich Dehnerbauwerke

Es ist geplant, die Fernwärmesystemanbindung weitgehend in offener Bauweise erdverlegt zu bauen und im Wesentlichen unterhalb von bestehenden Verkehrsflächen zu errichten. Dehnerbauwerke werden in gleicher Weise wie die erdverlegten Leitungen in offener Bauweise hergestellt und weisen eine größere bzw. tiefere Baugrube auf.

In einem ersten Schritt sind die vorhandenen Verkehrsflächen zurückzubauen. Der Rückbau erfolgt weitgehend mit einer Asphaltfräse. In engen Straßenbereichen, in Bereichen mit Beton oder Kopfsteinpflaster erfolgt bereichsweise das Aufbrechen bzw. Aufstemmen mit einem über Hydraulik betriebenen Stemm-Meißel an einem Bagger. In Abhängigkeit von der Meißel-Größe bzw. der Stoßenergie und dem Materialwiderstand können im Nahbereich von baulichen Anlagen maßgebliche Erschütterungseinwirkungen hervorgerufen werden, diese Arbeiten sind daher bzgl. der Erschütterungen auf das erforderliche Mindestmaß zu begrenzen. Diese Feststellung gilt insbesondere beim Rückbau von Stahlbetonbauteilen. Grundsätzlich handelt es sich bei dem Rückbau von Verkehrsflächen um eine auch im innerstädtischen Bereich übliche Baumaßnahme im Rohrleitungs- und Straßenbau durch die i.d.R. keine maßgeblichen Erschütterungen hervorgerufen werden.

Im zweiten Schritt sind die Träger für den Baugrubenverbau einzubringen. Dieser Einbringvorgang ist für das gesamte Vorhaben der Fernwärmesystemanbindung

ohne den erschütterungsintensiven Einsatz von Schlagrammen oder Unwuchtvi-bratoren ausschließlich erschütterungsarm durch Vorbohren und Einstellen der Verbauträger vorgesehen. Im dritten Schritt folgt das Ausheben und Verbauen der Baugrube.

Im vierten Schritt werden eine Bettungsschicht hergestellt, die Rohre verlegt und verschweißt. Im fünften Schritt erfolgt eine teilweise Verfüllung und eine thermi-sche Vorspannung der Rohre.

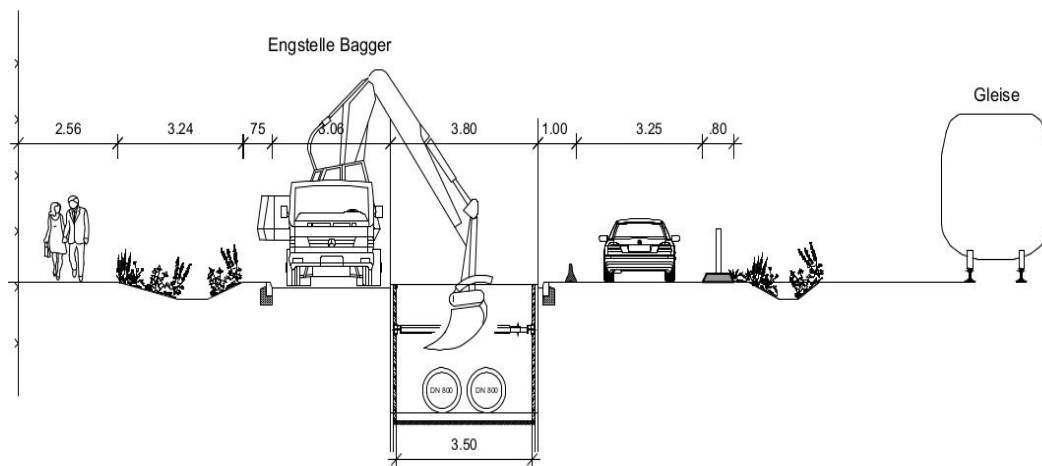


Abbildung 1: Beispiel Schnitt Süd - Erdverlegte Leitung, Rohrverlegung

Im sechsten Schritt erfolgt lagenweise eine vollständige Verfüllung der Baugrube und die Verbauträger werden gezogen. Als siebter und letzter Schritt ist die Ver-kehrsfläche wieder herzustellen.

Bei diesen Baumaßnahmen werden Rüttelplatten oder Stampfer verwendet, um das Material zur Herstellung einer Verfüllung oder einer Bettungsschicht zu ver-dichten. In der abgesteiften Baugrube und neben den Rohrleitungen ist aufgrund der Platzverhältnisse lediglich der Einsatz von kleineren Rüttelplatten und ggf. zwischen den Rohren von Stampfern möglich. Bei dem Betrieb von kleineren Rüttelplatten und Stampfern werden geringe Erschütterungsemissionen verur-sacht, so dass infolge dessen keine Schadensverursachung an benachbarten Ge-bäuden und aufgrund der begrenzten Einwirkungsdauer der räumlich fortschrei-tenden Baumaßnahme keine erhebliche Belästigungen für Menschen in Gebäuden zu erwarten sind.

Im Gegensatz dazu ist der Einsatz von Rüttelwalzen im innerstädtischen Bereich aufgrund der durch hohe Erschütterungsemissionen möglichen Folgen nicht üblich und sollte in dem Vorhaben vollständig vermieden werden.

Für die Fernwärmesystemanbindung sind erdverlegte Rohrleitungen südlich der Elbe von der geplanten KWK-Anlage Dradenaustraße bis zum Startschacht am Jachtweg geplant. Nördlich der Elbe sind bis auf die Unterquerung der S-Bahnbrücke Othmarschen mittels Rohrvortrieb ebenfalls ausschließlich erdverlegte Rohrleitungen vorgesehen.

4.3.2 Rohrvortrieb

Dort, wo eine offene Bauweise nicht möglich ist, ist der Bau der Fernwärmesystemanbindung mittels Rohrvortrieb vorgesehen, z.B. Querung von Gleisanlagen.

Der Rohrvortrieb ist ein Verfahren, bei dem ein Rohrstrang ausgehend von einem Startschacht mittels einem Vortriebsrohr, das im vorliegenden Fall als Mantelrohr verwendet wird, mittels eines hydraulischen Pressenrahmens durch den Boden bis zum Zielschacht gepresst wird.

Im Zielschacht erfolgt der Anschluss an den anschließenden Bauabschnitt.

Der Rohrvortrieb erfolgt mit Hydraulikpressen als ein langsamer Vorgang ohne die Verursachung maßgeblicher Erschütterungen.

Nördlich der Elbe ist der Rohrvortrieb zur Unterquerung der oberirdischen S-Bahnstrecke aufgrund der räumlich beengten Situation der Straße und der Gründung der S-Bahnbrücke in einer Tiefenlage von ca. 6,50 m unter der Geländeoberkante geplant.

4.3.3 Unterquerung der Elbe

Es ist geplant, die Fernwärmesystemanbindung unter der Elbe in einem Tunnel zu verlegen. Aufgrund der Bodeneigenschaften in der zur Unterquerung der Elbe erforderlichen Tiefe wird anstelle eines Rohrvortriebs ein Schildvortrieb einzusetzen sein.

Ausgehend von einem Startschacht wird eine Schildvortriebsmaschine in einer gewissen Tiefe im Boden eingesetzt. Der Tunnel wird im Schutze eines Schildes durch verschiedene Fräsmeißel gebohrt. Die Tunnelwand wird durch Stahlbetonsegmente, sogenannte Stahlbeton-Tübbinge, ausgebaut. Das Schild wird über den Zielschacht gehoben und die zylindrische Schildvortriebsmaschine in der Regel im Tunnel zurück zum Startschacht gezogen und dort ausgehoben.

Es sind keine Schäden an den zu unterfahrenden baulichen Anlagen aus Erschütterungseinwirkungen infolge des Tunnelbaus im Schildvortrieb zu erwarten.

Aus den Erfahrungen der Vergangenheit mit dem Tunnelbau in Hamburg für die U-Bahnlinie U4 sowie der Flughafen-S-Bahn sind aus dem 24-Stunden-Betrieb des Schildvortriebsverfahren auch keine erheblich belästigenden Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in den zu unterfahrenen Gebäuden zu erwarten. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den unterfahrenen Gebäuden wahrnehmbare Erschütterungen oder sekundärer Luftschall auftreten können.

Im Vergleich zu der unter 4.3.2 beschriebenen Unterquerung der S-Bahn ist für die Unterquerung der Elbe eine deutlich größere Tiefe des Tunnels erforderlich. Die Zugangsschächte sind als besondere Bauwerke mit Start- und Zielschacht bezeichnet und nachfolgend beschrieben.

Die Bauweise des Start- und Zielschachtes ist in Senkkastenbauweise und Schlitzwandbauweise zu unterscheiden.

Für die Senkkastenbauweise wird zunächst eine Baugrube ausgehoben und darin die Sohle des Senkkastens einschließlich der seitlichen Schneiden hergestellt. Die Baugrubenwände werden dabei häufig mittels Spundbohlen gesichert, welche meist mit Rüttlern erschütterungsintensiv eingebracht werden. Anschließend erfolgt die erschütterungsarme Herstellung bzw. das Absenken des Start- bzw. Zielschachtes.

Im vorliegenden Fall wird die Herstellung in der Schlitzwandbauweise vorgesehen. Für die Schlitzbauweise sind keine erschütterungsintensiven Baumaßnahmen erforderlich. Zur Errichtung der Schlitzwand wird im Boden zunächst mit einem

Schlitzwandgreifer oder einer Schlitzwandfräse ein Schlitz ausgehoben. Zur Stabilisierung des Schlitzes wird eine stützende Flüssigkeit (i.d.R. Betonit-Suspension) in den Schlitz eingefüllt.

Der Tunnel für die Fernwärmesystemanbindung verläuft am Jachtweg sowie unterhalb der Elbe in unbebauten Gebiet sowie nördlich der Elbe für die Vorzugsvariante unterhalb des Hans-Leip-Ufers bis in den südöstlichen Rand des Hindenburgparks.

Der Startschacht ist südlich der Elbe am Jachtweg zwischen der Hochwasserschutzwand und der Straße Tankweg geplant. Der Zielschacht ist nördlich der Elbe für die Vorzugsvariante im Hindenburgpark sowie für die Variante Halbmondsweg im Schröders Elbpark vorgesehen.

4.3.4 Weitere Hinweise

Neben dem o.g. Verzicht auf den Einsatz von Rüttelwalzen werden weitere Hinweise gegeben.

Das Ziehen des Baugrubenverbaus, z.B. der Verbauträger, sollte erschütterungsarm ohne Unwuchtvibrator bzw. Rüttler erfolgen, um eine Schadensverursachung an benachbarten Gebäuden zu vermeiden.

Sollte ein Rückbau bzw. die Beseitigung von Hindernissen im geringen Abstand und damit im Einflussbereich von baulichen Anlagen oder von Wohngebäuden erforderlich werden, können aufgrund des geringen Abstands keine erschütterungsintensiven Baumaßnahmen mit Stößen (z.B. Stemmen) oder Vibrationen (z.B. Abrissfräse) zum Einsatz kommen, sondern es sind erschütterungsarme Schneid- oder Sägeverfahren einzusetzen.

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 o.g. Richtlinien Erschütterungsmessungen oder eine automatische Erschütterungsüberwachung vorzunehmen, um durch eine

Alarmierung erhöhte Erschütterungseinwirkungen und eine Schadensverursachung zu vermeiden.

5 Betroffenheitsanalyse und Erschütterungsschutz

Die Betroffenheitsanalyse wurde für die Fernwärmesystemanbindung vor dem Hintergrund erstellt, dass für die Baumaßnahmen keine erschütterungsintensiven Baumaßnahmen vorgesehen sind.

In der Software QGIS für Geoinformationssysteme (GIS) wurde ein Modell mit den Leitungstrassen und den Flächen mit baulichen Anlagen, also Gebäuden und andere baulichen Anlagen wie Hochwasserschutzanlagen oder Brückenwiderlager, aufgebaut. Verkehrsflächen, wie Straßen und Wege wurden dabei nicht berücksichtigt. In dem Modell wurden die Abstände zwischen der geplanten Leitungstrasse und den baulichen Anlagen von bis zu 50 m ermittelt. Die Abstände wurden in Klassen von 10 m statistisch ausgewertet und in Karten farblich in den Flächen der baulichen Anlagen gekennzeichnet.

Die statistische Auswertung und die Karten wurden getrennt für den Bereich südlich und nördlich der Elbe vorgenommen.

5.1 Südlich der Elbe: Geplante KWK-Anlage Dradenastraße bis Startschacht Jachtweg

In der Tabelle 7 ist die statistische Auswertung für den Bereich südlich der Elbe angegeben. Die Zahlen in der ersten Spalte sind die Bezeichnungen, unter denen die betreffenden Objekte in der Karte zu finden sind.

Nachfolgend wird auf die Objekte in einem geringen Abstand zu den geplanten Baumaßnahmen eingegangen.

Es befinden sich acht Gebäude unterhalb von 10 m Abstand zu den geplanten Baumaßnahmen, wobei es sich dabei u.a. um die dort genannten Gebäude handelt.

Es handelt sich um Industrie- oder Gewerbegebäude (siehe Abb. 2 [10, 11, 13] bzw. ein Gebäude der Elb-Segler Vereinigung e.V. (siehe Abb. 2 [12])).

Südlich der Elbe befinden sich im Einflussbereich der geplanten Baumaßnahmen keine denkmalgeschützten Gebäude.

Als weitere bauliche Anlagen sind drei Objekte, zwei Eisenbahnstrecken und ein Brückenwiderlager in einem Abstand von weniger als 10 m zu den geplanten Baumaßnahmen vorhanden.

Fernwärmesystemanbindung West - Bereich südlich der Elbe

Betroffenheit von Gebäuden, weiteren baulichen Anlagen und denkmalgeschützten Objekten

Entfernung [Nr]/ Verlauf	Trasse Süd	
	geplante KWK-Anlage Dradenaustraße - Tankweg	
Abstände der Gebäude zur Baugrube der geplanten Trasse		
unter 10 m	8	
[13]	Tankweg 1 (ajax Loktechnik GmbH & Co. KG)	
[12]	Antwerpenstraße 15 (Elb-Segler Vereinigung e.V.)	
[11]	Antwerpenstraße 3 (SWOP Seaworthy Packing GmbH)	
[10]	Dradenaustraße 33 (ArcelorMittal Hamburg GmbH)	
10 m bis unter 20 m	14	
20 m bis unter 30 m	9	
30 m bis unter 40 m	7	
40 m bis 50 m	10	
weitere bauliche Anlagen		
unter 10 m	3	
[2]	Dradenaustraße, Brückenwiderlager	
[6]	Antwerpenstraße, Querung Eisenbahngleise	
[7]	Antwerpenstraße, Querung Eisenbahngleise	
10 m bis unter 20 m	1	
[9]	Spundwand/Hochwasserschutzwand am Brügger Ufer	
20 m bis unter 30 m	4	
[1]	Hochspannungsmast	
[3]	Hochspannungsmast	
[4]	Hochspannungsmast	
[5]	Hochspannungsmast	
30 m bis unter 40 m	1	
[8]	Spundwand/Hochwasserschutzwand zum Petroleumhafen	
[14]	Tanklager, technische Anlagen und Rohrleitungen (Oiltanking Tanklager Waltershof GmbH & Co. KG)	

Entfernung [Nr]/ Verlauf	Elbquerung	
	Startschacht Tankweg - Zielschacht Hindenburgpark	
weitere bauliche Anlagen		
unter 10 m	1	
[15]	Rohrleitungsbrücke/Anleger Köhlfleethafen	

Tabelle 7: Betroffenheitsanalyse südlich der Elbe, geplante KWK-Anlage Dradenastraße bis Startschacht Jachtweg

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt der Karte zur Betroffenheitsanalyse südlich der Elbe. Die vollständige Karte ist eine Anlage zu diesem Gutachten.

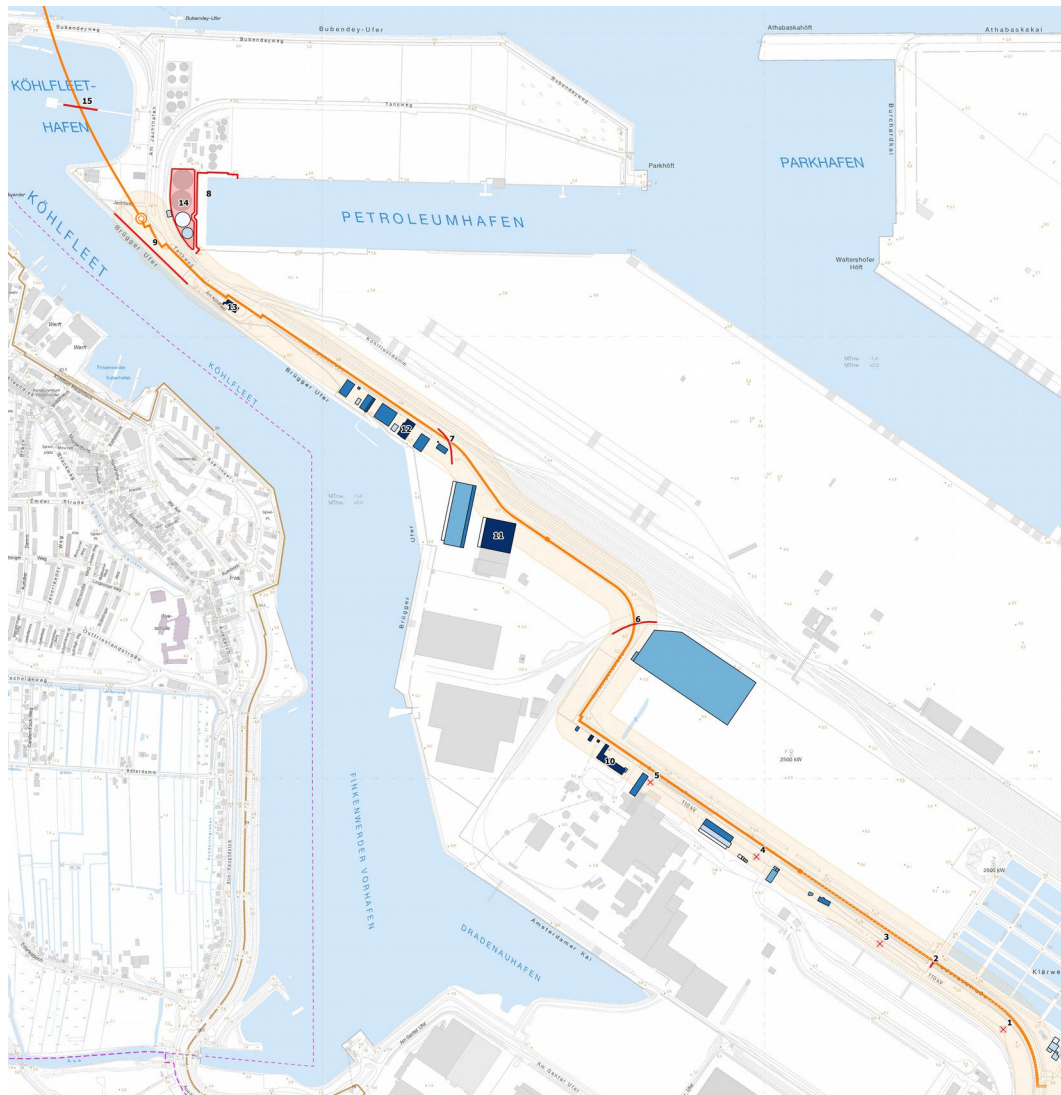


Abbildung 2: Ausschnitt Karte Betroffenheitsanalyse südlich der Elbe, geplante KWK-Anlage Dradenastraße bis Startschacht Jachtweg

Aufgrund der südlich der Elbe in einem geringen Abstand von weniger als 10 m zur Baumaßnahme vorhandenen baulichen Anlagen ist auch hier im Hafengebiet

der seitens des Vorhabenträgerin vorgesehene grundsätzlich erschütterungsarme Baubetrieb erforderlich.

Bei diesem Baubetrieb ist aufgrund der begrenzten Einwirkungsdauer und der räumlich fortschreitenden Baumaßnahme eine Einhaltung der tagsüber zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr gemäß DIN 4150 Teil 2 geltenden Anhaltswerte und daher keine erheblichen Belästigungen für Menschen in Gebäuden zu erwarten.

Vor dem Hintergrund des oben beschriebenen grundsätzlich erschütterungsarmen Baubetriebs mit Bauverfahren, die nicht auf der Erzeugung von Stößen und Schwingungen beruhen, ist eine Einhaltung der Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 zu erwarten und es sind keine neue Schäden aus Erschütterungseinwirkungen an baulichen Anlagen zu erwarten.

Im Hinblick auf die in einem Abstand von > 38 m angrenzenden Tanklager, besonderen Anlagen, ggf. auch technischen Anlagen und Rohrleitungen der Oiltanking Tanklager Waltershof GmbH & Co. KG (siehe Abb. 2 [14]), wird eine messtechnische Überwachung der Erschütterungen im Bereich der Tanklager am Tankweg empfohlen. Das gleiche trifft für die Rohrleitungsbrücke am Anleger Köhlfleethafen zu. Dort werden die Gründungspfähle in einem sehr geringen Abstand von 1 m von dem Schildvortrieb unterfahren und eine messtechnische Überwachung der Erschütterungen an der Rohrbrücke empfohlen.

5.2 Nördlich der Elbe: Zielschacht bis Weststrang Bahrenfeld

5.2.1 Zielschacht

Nördlich der Elbe endet der im Schildvortrieb aufgefahrene Tunnel in einem Zielschacht. Die Lage des Zielschachts wurde in Varianten untersucht. Im Ergebnis haben sich folgende Varianten als technisch möglich heraus gestellt:

- Vorzugsvariante Zielschacht Hindenburgpark,
- Variante Zielschacht Kreuzungsbereich Elbchaussee / Parkstraße,

- Variante Zielschacht Kreuzungsbereich Elbchaussee / Halbmondsweg,
- Variante Zielschacht Schröders Elbpark.

In der Vorzugsvariante für den Zielschacht im Hindenburgpark werden im Schildvortrieb keine Wohngebäude unterfahren und das nächstgelegene Wohngebäude Elbchaussee 257 weist einen Abstand von etwa 55 m zum Zielschacht auf. In diesem Abstand sind bei der in Abschnitt 4.3.3 beschriebenen Herstellung keine maßgeblichen Erschütterungseinwirkungen zu erwarten.

In der Variante für den Zielschacht im Kreuzungsbereich Elbchaussee / Parkstraße verlief der Tunnel im Schildvortrieb unterhalb des Wohngebäudes Elbchaussee 251. Wie im Abschnitt 4.3.3 beschrieben, sind in den Wohngebäuden keine erheblichen Belästigungen und keine Schäden an den zu unterfahrenden baulichen Anlagen aus Erschütterungseinwirkungen infolge des Tunnelbaus im Schildvortrieb zu erwarten. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den unterfahrenen Gebäuden wahrnehmbare Erschütterungen oder sekundärer Luftschall auftreten können. In dieser Variante ist das nächstgelegene Wohngebäude Elbchaussee 266 a in etwa 20 m und das denkmalgeschütztes Wohngebäude Elbchaussee 264 etwa 37 m vom Zielschacht entfernt. Die Variante Zielschacht im Kreuzungsbereich Elbchaussee / Parkstraße stellt sich aus erschütterungstechnischer Sicht ungünstiger dar, als die Vorzugsvariante, da deutliche geringere Abstände zu Wohngebäuden allgemein, insbesondere zu einem denkmalgeschützten Wohngebäuden, vorliegen und zusätzlich eine Unterfahrung von Wohngebäuden durch den Schildvortrieb erforderlich wäre.

In der Variante für den Zielschacht im Kreuzungsbereich Elbchaussee / Halbmondsweg verlief der Tunnel im Schildvortrieb unterhalb der Wohngebäude Elbchaussee 217 (denkmalgeschützt) und 219. Wie im Abschnitt 4.3.3 beschrieben, sind in den Wohngebäuden keine erheblichen Belästigungen und keine Schäden an den zu unterfahrenden baulichen Anlagen aus Erschütterungseinwirkungen infolge des Tunnelbaus im Schildvortrieb zu erwarten. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den unterfahrenen Gebäuden wahrnehmbare Erschütterungen oder sekundärer Luftschall auftreten können. In dieser Variante ist das

nächstgelegene Wohngebäude Elbchaussee 228, es handelt sich um das ehemalige Stall- und Wirtschaftsgebäude Throton, denkmalgeschützt und befindet sich knapp 3 m von dem Zielschacht entfernt. Dieser Abstand ist sehr gering und im Hinblick auf das Baudenkmal als sehr ungünstig zu bewerten. Die Variante Zielschacht im Kreuzungsbereich Elbchaussee / Halbmondsweg stellt sich aus erschütterungstechnischer Sicht erheblich ungünstiger dar, als die Vorzugsvariante, da zu einem denkmalgeschützten Wohngebäude ein sehr geringer Abstand vorliegt und zusätzlich eine Unterfahrung von Wohngebäuden durch den Schildvortrieb erforderlich wäre.

In der Variante für den Zielschacht im Schröders Elbpark verliefte der Tunnel im Schildvortrieb am Nordufer der Elbe etwas östlich des Gebäudes Övelgönner Hohlweg 12 mit einer Gastronomienutzung und unterhalb des Schröders Elbpark. Wie im Abschnitt 4.3.3 beschrieben, sind in den Wohngebäuden keine erheblichen Belästigungen und keine Schäden an den zu unterfahrenden baulichen Anlagen aus Erschütterungseinwirkungen infolge des Tunnelbaus im Schildvortrieb zu erwarten. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den unterfahrenen Gebäuden wahrnehmbare Erschütterungen oder sekundärer Luftschall auftreten können. Es ist davon auszugehen, dass im Hinblick auf die Gastronomienutzung keine einschränkenden Belästigungen zu erwarten wären. In dieser Variante befinden sich die nächstgelegenen Wohngebäude Elbchaussee 218 a und 218 in etwa 60 m Abstand zum Zielschacht. Die Variante Zielschacht im Schröders Elbpark stellt sich aus erschütterungstechnischer Sicht vergleichbar zur Vorzugsvariante dar.

5.2.2 Elbchaussee bis Bahrenfeld

In der Tabelle 8 ist die statistische Auswertung für den Bereich nördlich der Elbe angegeben. Nördlich der Elbe sind die Untersuchungen in folgende alternative Trassen zu unterscheiden:

- Vorzugsvariante Parkstraße:
Zielschacht Hindenburgpark bis Zum Hünengrab / Notkestraße,

- Untervariante Seestraße:
Zielschacht Hindenburgpark bis Seestraße / Osdorfer Landstraße,
- Variante Halbmondsweg:
Zielschacht Schröders Elbpark bis Ebertallee / Luruper Chaussee.

Die Leitungstrasse für die Vorzugsvariante, die Untervariante Seestraße sowie die Variante Halbmondsweg ist in dieser erschütterungstechnischen Untersuchung mit einer Breite von 3.5 m mittig im Straßenbereich angeordnet worden und entspricht nicht endgültigen Planung. Aus diesem Grund können sich im Einzelfall Abweichungen ergeben, es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Aussagen nicht grundsätzlichen verändern werden.

Zwischen dem nördlichen Elbufer und dem Weststrang in Bahrenfeld befindet sich eine Wohnbebauung mit Villen auf großen Grundstücken und Richtung Norden zunehmend etwas dichtere Bebauung, teilweise mit Mehrfamilien und Reihenhäusern.

Die Fernwärmesystemanbindung ist erdverlegt in offener Bauweise im vorhandenen Straßenbereich vorgesehen. Aufgrund der schmalen Straßen ergeben sich von der Baumaßnahme (Baugrubenwand) zu einer großen Anzahl von Gebäuden geringe Abstände von unter 10 m:

- Vorzugsvariante Parkstraße: 64 Gebäude,
- Untervariante Seestraße: 66 Gebäude,
- Variante Halbmondsweg: 64 Gebäude.

Die Vorzugsvariante und die Varianten unterscheiden sich damit nicht wesentlich von einander.

Bis in 30 m von der Leitungstrasse ergeben sich:

- Vorzugsvariante Parkstraße: 337 Gebäude,
- Untervariante Seestraße: 331 Gebäude,

- Variante Halbmondsweg: 376 Gebäude.

Davon handelt es sich um folgende Anzahl von denkmalgeschützten Bauwerken und Denkmälern unterhalb von 30 m Abstand zur Leitungstrasse:

- Vorzugsvariante Parkstraße: 23 denkmalgeschützte Bauwerke und Denkmäler,
- Untervariante Seestraße: 28 denkmalgeschützte Bauwerke und Denkmäler,
- Variante Halbmondsweg: 26 denkmalgeschützte Bauwerke und Denkmäler.

Fernwärmesystemanbindung West - Bereich nördlich der Elbe

Betroffenheit von Gebäuden, weiteren baulichen Anlagen und denkmalgeschützten Objekten

Zielschacht Anschluss an vorhandene Fernwärmeleitung	Vorzugsvariante Parkstraße Hindenburgpark Zum Hünengrab / Notkestraße	Untervariante Seestraße Hindenburgpark Seestraße / Osdorfer Landstraße	Variante Halbmondsweg Schröders Elbpark Ebertallee / Luruper Chaussee
Abstände der Gebäude zu den geplanten Baugruben der Trassenvarianten			
unter 10 m	64	66	64
10 m bis unter 20 m	177	179	139
20 m bis unter 30 m	96	86	173
30 m bis unter 40 m	76	92	66
40 m bis 50 m	86	102	52
davon denkmalgeschützte Bauwerke			
unter 10 m	2	2	1
10 m bis unter 20 m	12	18	15
20 m bis unter 30 m	6	5	8
30 m bis unter 40 m	6	5	4
40 m bis 50 m	2	1	5
weitere bauliche Anlagen (hier Brückenwiderlager)			
unter 10 m	2	2	2
Denkmäler			
unter 10 m	2	1	
10 m bis unter 20 m		1	
20 m bis unter 30 m			
30 m bis unter 40 m			
40 m bis 50 m			
Gartendenkmäler			
unter 10 m	1	1	2
10 m bis unter 20 m			
20 m bis unter 30 m			
30 m bis unter 40 m			
40 m bis 50 m			1

Tabelle 8: Betroffenheitsanalyse nördlich der Elbe

Die nachfolgenden Abbildungen 3 und 4 zeigen Ausschnitte der Karte zur Betroffenheitsanalyse nördlich der Elbe. Die vollständige Karte ist eine Anlage zu diesem Gutachten.

Fernwärmesystemanbindung-West: KWK-Anlage Dradenastraße - Bahrenfeld
Erschütterungstechnische Untersuchung

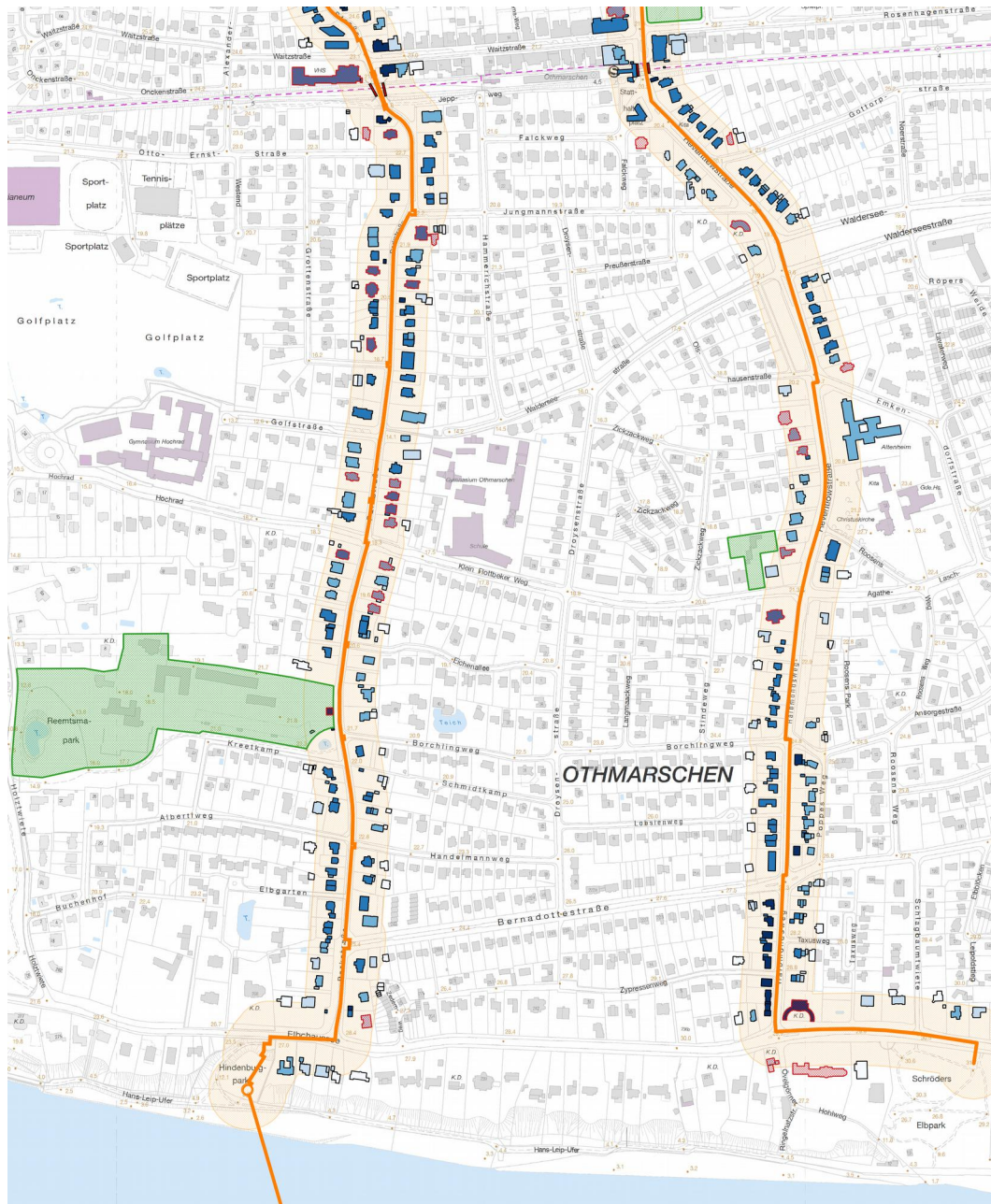


Abbildung 3: Ausschnitt Karte Betroffenheitsanalyse nördlich der Elbe, Ziel-
schacht bis S-Bahnstrecke



Abbildung 4: Ausschnitt Karte Betroffenheitsanalyse nördlich der Elbe, S-Bahnstrecke bis Weststrang Bahrenfeld

Diese Aufstellungen zeigen, dass zwischen der Vorzugsvariante und den Varianten keine wesentlichen, abwägungsrelevanten Unterschiede ableitbar sind.

Aufgrund der nördlich der Elbe in einem geringen Abstand von weniger als 10 m zur Baumaßnahme vorhandenen hohen Anzahl von Wohngebäuden ist der seitens des Vorhabenträgerin vorgesehene grundsätzlich erschütterungsarme Baubetrieb erforderlich.

Bei diesem Baubetrieb ist aufgrund der begrenzten Einwirkungsdauer und der räumlich fortschreitenden Baumaßnahme eine Einhaltung der tagsüber zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr gemäß DIN 4150 Teil 2 geltenden Anhaltswerte und daher keine erheblichen Belästigungen für Menschen in Gebäuden zu erwarten.

Vor dem Hintergrund des oben beschriebenen grundsätzlich erschütterungsarmen Baubetriebs mit Bauverfahren, die nicht auf der Erzeugung von Stößen und Schwingungen beruhen ist eine Einhaltung der Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 und es sind daher keine neue Schäden aus Erschütterungseinwirkungen an baulichen Anlagen zu erwarten.

Vorsorglich wird für die denkmalgeschützten Gebäude und Denkmäler bis zu einem Abstand von 30 m eine Beweissicherung des Zustands sowie eine baubegleitende messtechnische Überwachung der Erschütterungen empfohlen.

Im Bereich der Unterquerung der S-Bahnstrecke mit den neben der Straße befindlichen Brückenwiderlagern ist aufgrund der beengten räumlichen Verhältnisse ein Rohrvortrieb vorgesehen, so dass hier keine maßgeblichen Erschütterungseinwirkungen zu erwarten sind.

Im Hinblick auf besondere technische Anlagen ist das Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY Stiftung bürgerlichen Rechts (DESY) zu betrachten. Das DESY befindet sich mit dem Kerngelände nördlich der Notkestraße. Auf dem DESY-Gelände wird Versuchsbetrieb mit äußerst hoher Erschütterungsempfindlichkeit betrieben, so dass auf dem Gelände an mehreren festen und mobilen Standorten durch DESY eine permanente Aufzeichnung der auftretenden Erschütterungen erfolgt.

Der unserer Kenntnis nach außer Betrieb befindliche Tunnel des HERA-Beschleunigerrings tangiert die Notkestraße an der Kreuzung Ebertallee und wird

dort von der geplanten Leitungstrasse der Variante Halbmondsweg überlagert. Der HERA-Tunnel befindet sich mehr als 20 m unterhalb der Geländeoberkante und damit deutlich tiefer als die Leitungstrasse der Fernwärmesystemanbindung.

Der Bau und der Betrieb der Fernwärmesystemanbindung ist vergleichbar mit dem üblichen Straßen- und Leitungsbau. Am Endpunkt der Variante Halbmondsweg an der Kreuzung Notkestraße / Ebertallee wird bereits der Weststrang, der aus dem Heizkraftwerk Wedel kommt, betrieben und führt zu keinen bekannten Störungen des Betriebs bei DESY. Es ist daher davon auszugehen, dass aus dem Betrieb der Fernwärmesystemanbindung keine Störungen des Betriebs bei DESY zu erwarten sind.

Im Hinblick auf den Baubetrieb wird aufgrund der äußerst hohen Erschütterungsempfindlichkeit des Versuchsbetriebs bei DESY unabhängig von der umzusetzenden Trasse empfohlen, so vorzugehen, wie es bei ähnlichen Baumaßnahmen, wie dem Straßen- oder Leitungsbau, gegenüber DESY üblich ist und vorsorglich eine Abstimmung mit einer ausreichend frühzeitigen Ankündigung der Baumaßnahmen mit einer Beschreibung der Art und Dauer zu suchen.

6 Zusammenfassende Bewertung

In der erschütterungstechnischen Untersuchung für den Bau und Betrieb der Fernwärmesystemanbindung - West (FWS-West) von der geplanten KWK-Anlage Dradenaustraße zum bestehenden Weststrang der Fernwärmeleitung in Bahrenfeld wurden die Anforderungen zur Bewertung von Erschütterungsimmissionen, eine Betroffenheitsanalyse sowie eine Bewertung und Maßnahmen zum Erschütterungsschutz angegeben.

Die Vorhabenträgerin hat zur Herstellung der Fernwärmesystemanbindung grundsätzlich Baubetrieb nur während der Tageszeit und den Einsatz erschütterungsarme Bauverfahren vorgesehen. Vor diesem Hintergrund ist auch bei einer großen Anzahl von Gebäuden, insbesondere Wohngebäuden in einem geringen Abstand von der Leitungstrasse von einer Einhaltung der Anforderungen zur Vermeidung

von erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden sowie zur Vermeidung von neuen Schäden an Gebäuden auszugehen.

Nördlich der Elbe waren die Vorzugsvariante, eine Untervariante und eine Varianten zu betrachten. In der Betroffenheitsanalyse haben sich zwischen den Varianten bzgl. der Erschütterungen aus dem Baubetrieb aufgrund einer abstandbezogenen ähnlichen Anzahl von Gebäuden keine abwägungsrelevanten Unterschiede ergeben.

Zur Unterquerung der Elbe ist ein im Schildvortrieb aufzufahrender Tunnel geplant, der am nördlichen Elbufer in einem Zielschacht endet. Für die Lage des Zielschachtes waren die Vorzugsvariante Hindenburgpark sowie die Varianten Kreuzungsbereich Elbchaussee / Parkstraße, Kreuzungsbereich Elbchaussee / Halbmondsweg und Schröders Elbpark zu betrachten. Aufgrund der Unterfahrung von Wohngebäuden durch den Schildvortrieb sowie dem Abstand des Zielschachtes insbesondere zu denkmalgeschützten Wohngebäuden wurde die Variante Kreuzungsbereich Elbchaussee / Parkstraße als ungünstiger und die Variante Kreuzungsbereich Elbchaussee / Halbmondsweg als erheblich ungünstiger bewertet, als die Vorzugsvariante. Die Variante Schröders Elbpark wurde aus erschütterungstechnischer Sicht als vergleichbar zur Vorzugsvariante bewertet.

Vorsorglich wird für die denkmalgeschützten Gebäude und Denkmäler, die sich ausschließlich nördlich der Elbe befinden, bis zu einem Abstand von 30 m eine Beweissicherung des Zustands sowie eine baubegleitende messtechnische Überwachung der Erschütterungen empfohlen. Diese Empfehlung wird südlich der Elbe auf die Tanklager am Tankweg und die Rohrbrücke am Anleger Köhlfleethafen ausgeweitet. Obwohl es sich um übliche Baumaßnahmen wie im Straßen- und Leitungsbau handelt wird, sollte die Variante Halbmondsweg realisiert werden, bezüglich der der äußerst hohen Erschütterungsempfindlichkeit des Versuchsbetriebs bei DESY vorsorglich eine Abstimmung zum Baubetrieb empfohlen.

Aus dem Betrieb der Fernwärmesystemanbindung - West sind der Vorhabenträgerin aus dem bisherigen Betrieb keine störenden Erschütterungseinwirkungen und

kein sekundärer Luftschall bekannt und auch für dieses Vorhaben als unerheblich zu bewerten.