

Baulärm- und Erschütterungsprognose sowie Aussagen zur Staubentwicklung zu den Bautätigkeiten beim Bauvorhaben Surfpark Kre- feld

Bericht F 8952-2 vom 02.06.2021 / Druckdatum: 15.10.2021

Auftraggeber: Elakari Estate GmbH
Rheinpromenade 11
40789 Monheim

Bericht-Nr.: F 8952-2

Datum: 02.06.2021 / Druckdatum: 15.10.2021

Ansprechpartner/in: Herr Stettinger

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 71 Seiten,
davon 42 Seiten Text und 29 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

Pestalozzistraße 3
10625 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

peutz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	4
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Beschreibung der umliegenden Nutzung und des Bauablaufs.....	8
3.1	Gebietsnutzungen im Umfeld.....	8
3.2	Beschreibungen der geplanten Baumaßnahmen.....	8
4	Beurteilungsgrundlagen.....	10
4.1	Baulärm.....	10
4.1.1	AVV Baulärm.....	10
4.1.2	Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG).....	11
4.1.3	Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen.....	11
4.2	Erschütterungen.....	12
4.2.1	Allgemeines.....	12
4.2.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	14
4.2.3	Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	16
4.3	Staubimmissionen.....	19
4.3.1	Immissionswerte / Grenzwerte.....	19
4.3.2	Irrelevanzschwellen.....	20
5	Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm.....	21
5.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	21
5.2	Emissionen der Baumaschinen und Geräte.....	22
5.2.1	Bauphasen.....	22
5.3	Ergebnisse der Immissionsberechnung.....	23
5.4	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	25
6	Erschütterungstechnische Betrachtungen.....	28
6.1	Vorbemerkungen.....	28
6.2	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen.....	28
6.3	Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	31
6.4	Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	34
7	Betrachtungen zu Staubimmissionen.....	37
7.1	Vorbemerkungen.....	37
7.2	Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen.....	37
8	Zusammenfassung.....	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Darstellung der verwendeten Baumaschinen je Arbeitsschritt.....	9
Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm.....	10
Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm.....	10
Tabelle 4.3: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen zum Tageszeitraum.....	15
Tabelle 4.4: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1.....	15
Tabelle 4.5: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [24].	16
Tabelle 4.6: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [9] für kurzzeitige und Dauererschütterungen.....	18
Tabelle 4.7: Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen.....	19
Tabelle 4.8: Immissionswerte der TA Luft.....	19
Tabelle 4.9: Grenzwerte der 39. BImSchV.....	19
Tabelle 4.10: Irrelevanzschwellen der TA Luft.....	20
Tabelle 5.1: Berücksichtigte Schalleistungspegel für die Baumaßnahme Erdarbeiten.....	22
Tabelle 5.2: Berücksichtigte Schalleistungspegel für die Baumaßnahme Dynamische Verdichtung.....	23
Tabelle 6.1: Anhaltswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2.....	32
Tabelle 6.2: Erschütterungsimmissionen für die nächst gelegenen Gebäude.....	34

1 Situation und Aufgabenstellung

In Krefeld soll im Rahmen des Bauvorhabens Surfpark Krefeld in der Umgebung des Elfrather Sees eine Freizeitanlage errichtet werden.

Die Lage der umliegenden Bebauung kann dem Übersichtslageplan in Anlage 1 entnommen werden.

Im Rahmen des Verfahrens ist eine Prognose und Beurteilung der mit den Baumaßnahmen verbundenen Baulärmimmissionen vorzunehmen. Die Schallimmissionen sind anhand geeigneter Emissionsansätze für die Umgebung der Baustelle zu ermitteln und anschließend gemäß der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) zu bewerten. Für Bereiche mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm sind mögliche Minderungsmaßnahmen aufzuzeigen.

Bezüglich der potenziellen Erschütterungsimmissionen werden auf Grundlage der eingesetzten Bauverfahren die Immissionen in den umliegenden Gebäuden prognostiziert und anhand der Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 und Teil 3 beurteilt.

Zu Staubimmissionen werden geeignete Minderungsmaßnahmen dargestellt.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G Aktuelle Fassung
[2]	24. BImSchV 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung	Geändert am 23.09.1997 und Begründung in Bundesratsdrucksache 363/96 vom 02.07.1996	V 04.02.1997
[3]	32. BImSchV 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung	Bundesgesetzblatt B1232, vom 29.08.2002 (BGBl. I S. 3478) zuletzt geändert am 08.11.2011 (BGBl. I S. 2178)	V 29.08.2002 zuletzt geändert am 08.11.2011
[4]	AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, Geräuschimmissionen	Beilage zum BAnz Nr. 160 vom 1. September 1970	VV 19.08.1970
[5]	39. BImSchV 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen	Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 40 vom 05.08.2010, Seite 1065 ff	V 02.08.2010
[6]	TA Luft Erste AVwV zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Gemeinsames Ministerialblatt, S. 511	VV 24.07.2002
[7]	DIN 4150, Teil 1	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N Juni 2001
[8]	DIN 4150, Teil 2	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N Juni 1999
[9]	DIN 4150, Teil 3	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N 2016

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[10] DIN ISO 9613, Teil 2	Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Allgemeines Berechnungsverfahren; <i>Verweis in der TA Lärm auf den Entwurf September 1997</i>	N	Ausgabe Oktober 1999 (Entwurf Sept. 1997)
[11] ZTV-Lsw 06 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf	RIL	2006
[12] VDI 2719	Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen	RIL	August 1987
[13] VDI 3765 (Entwurf)	Kennzeichnende Geräuschemission typischer Arbeitsabläufe auf Baustellen	RIL	Dezember 2001
[14] Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten	Institut für Bauvorschung e.V. Hannover	Lit.	2006
[15] Empfehlungen zur Bestimmung der meteorologischen Dämpfung C_{met} gemäß DIN 9613-2	LANUV NRW Hinweise zur C_{met} Bildung	Lit.	26.09.2012
[16] BauNVO Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke	In der Fassung der Bekanntmachung vom .21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)	V	21.11.2017
[17] Technischer Bericht zur Untersuchung der Lkw-Ladegeräusche auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Schriftenreihe Umwelt und Geologie Lärmschutz in Hessen, Heft 192	Lit.	1995
[18] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen durch Lastkraftwagen auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern, Speditionen und Verbrauchermärkten sowie weiterer typischer Geräusche insbesondere von Verbrauchermärkten	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Schriftenreihe Umwelt und Geologie Lärmschutz in Hessen, Heft 3	Lit.	2005
[19] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 247	Lit.	1998
[20] Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 2	Lit.	2004

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[21]	Standardleistungsbuch für das Bauwesen, Regional-Leistungsbereich 898, Schutz gegen Baulärm und Erschütterungen	Umweltbundesamt Berlin, Lit.	Ausgabe April 1996
[22]	DIN 45 669, Teil 1	Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N 2020
[23]	DIN 45 669, Teil 2	Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren	N Juni 2005
[24]	Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit. 2003
[25]	Lagepläne zum Bauantragsverfahren	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P April 2021

Kategorien:

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

3 Beschreibung der umliegenden Nutzung und des Bauablaufs

3.1 Gebietsnutzungen im Umfeld

Das Bauvorhaben befindet sich an der Parkstraße am Elfrather See in Krefeld.

Das Bauvorhaben ist im Übersichtslageplan in Anlage 1 dargestellt.

Es liegen für den Einflussbereich der Baustelle keine Bebauungspläne vor, für die Gebäude wird die Schutzwürdigkeit anhand der tatsächlichen Nutzung festgelegt. Für die Immissionsorte 02 bis 04 nördlich des Bauvorhabens wird die Schutzwürdigkeit gemäß eines allgemeinen Wohngebietes (WA) berücksichtigt mit Immissionsrichtwerten von 55 dB(A) tags. Für den Immissionsort 05 nordöstlich wird die Schutzwürdigkeit gemäß eines Wohngebietes im Außenbereich (AU) berücksichtigt, die Immissionsrichtwerte eines Wohngebiets im Außenbereich entsprechen denen eines Mischgebietes von 60 dB(A) tags. Für den Immissionsort 01 westlich zum Bauvorhaben ergibt sich die Schutzwürdigkeit eines Dorf- oder Mischgebiets (MI) mit Immissionsrichtwerten von 60 dB(A) tags. Südlich des Bauvorhabens liegt der Immissionsort 07, hierbei handelt es sich um eine Gaststätte mit entsprechender Schutzwürdigkeit eines Gewerbegebiets mit Immissionsrichtwerten von 65 dB(A) tags. Östlich des Plangebiets befindet sich der Immissionsort 06 in einer Kleingartensiedlung. Die Immissionsrichtwerte für Kleingartensiedlungen entsprechen denen eines Mischgebietes mit Immissionsrichtwerten von 60 dB(A) tags. In weiterer Entfernung östlich der Kleingartensiedlung befindet sich ein reines Wohngebiet (WR) im Bereich der Straßen „Heideweg“ und „Auf der Heide“ dort ist, wie diese Untersuchung im weiteren Verlauf zeigen wird, aufgrund der Entfernung nicht mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm [4] zu rechnen.

3.2 Beschreibungen der geplanten Baumaßnahmen

Die betrachteten Baumaßnahmen beinhalten Erdarbeiten im Baustellenbereich, Recycling von Bauschutt bzw. Aufbereitung von Bodenmaterial und das dynamische Verdichten des Bodens im Bereich der späteren Wasserflächen mittels Fallgewicht. Die Arbeiten an dem Gelände werden in 7 Abschnitte für die Erdarbeiten und 4 Abschnitte für die Verdichtung unterteilt und wie in den Anlagen 2.1 bis 2.12 dargestellt berechnet. Die Unterteilung geschieht, damit entsprechende Abstände zu den Gebäuden berücksichtigt werden können und realitätsnahe Immissionen berechnet werden können.

Für jeden Arbeitsschritt werden auf der Grundlage von Literaturdaten und Erfahrungswerten standardisierte Bauverfahren mit den jeweiligen Arbeitsmaschinen angesetzt. Diese werden in der nachfolgenden Tabelle 3.1 dargestellt:

Tabelle 3.1: Darstellung der verwendeten Baumaschinen je Arbeitsschritt

Arbeitsschritt	verwendete Baumaschinen
Erdarbeiten	<ul style="list-style-type: none">• Allgemeiner Baustellenlärm• Planierdrape• Muldenkipper• Radbagger
Aufbereiten von Bauschutt	<ul style="list-style-type: none">• Allgemeiner Baustellenlärm• Mobile Bauschuttrecyclinganlage
Dynamische Verdichtung	<ul style="list-style-type: none">• Allgemeiner Baustellenlärm• Seilbagger mit Fallgewicht

Die Arbeiten sind während aller Bauphasen wochentags im Tageszeitraum zwischen 07:00 und 20:00 Uhr geplant.

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 Baulärm

4.1.1 AVV Baulärm

Die Beurteilung von Schallimmissionen aus dem Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen erfolgt auf Grundlage der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – (AVV Baulärm [4]). Diese gilt für den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen, soweit die Baumaschinen gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden. Die gebietsabhängigen Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm für Immissionsorte 0,5 m vor einem Fenster zu einer schutzbedürftigen Nutzung sind in der nachfolgenden Tabelle 4.1 aufgeführt. Für die Festlegung der Gebietseinstufungen ist von Festsetzungen in Bebauungsplänen oder sollten keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, der tatsächlichen Nutzung auszugehen.

Tabelle 4.1: Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm

Gebietseinstufung	Gebietskategorien der BauNVO	Tag 07:00 – 20:00 Uhr	Nacht 20:00 – 07:00 Uhr
Gebiete mit ausschließlich gewerblichen / industriellen Anlagen oder Inhaberwohnungen	GI	70	70
Gebiete mit vorwiegend gewerblichen Anlagen	GE	65	50
Gebiete mit weder vorwiegend gewerblichen Anlagen noch vorwiegend Wohnungen	MI / MD / MK	60	45
Gebiete mit vorwiegend Wohnungen	WA	55	40
Gebiete mit ausschließlich Wohnungen	WR	50	35
Kurzegebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	SOK	45	35

Der Beurteilungspegel, der mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen ist, wird aus dem Wirkpegel (5s-Takt-Maximalpegel L_{AFTm}) am Immissionsort unter Berücksichtigung der durchschnittlichen täglichen Betriebsdauer der Baumaschinen ermittelt. Hierzu sind die in der folgenden Tabelle 4.2 angegebenen Zeitkorrekturen zu berücksichtigen.

Tabelle 4.2: Zeitkorrekturen gemäß der AVV Baulärm

Durchschnittliche Betriebsdauer in der Zeit von		Zeitkorrektur [dB]
Tageszeit 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr	Nachtzeit 20:00 bis 07:00 Uhr	
bis 2 ½ h	bis 2 h	10
Über 2 ½ h bis 8 h	über 2 h bis 6 h	5
über 8 h	über 6 h	0

Zur Prüfung, ob der Immissionsrichtwert eingehalten wird, ist der Beurteilungspegel mit dem Immissionsrichtwert zu vergleichen. Maßgeblich ist die Einhaltung der o.g. Immissionsrichtwerte in einer Entfernung von 0,5 m vor dem geöffneten Fenster. Der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit ist ferner überschritten, wenn ein einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) den Immissionsrichtwert in der Nacht um mehr als 20 dB(A) überschreiten. Die AVV Baulärm macht keine Aussagen zu Geräuschen innerhalb von Räumen.

Aufgrund des Alters der AVV Baulärm (1970), ist bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen, auch stets die aktuelle Rechtsprechung und die sich daraus ergebenden Aspekte bei der Beurteilung von Baulärmimmissionen zu berücksichtigen.

4.1.2 Landes-Immissionsschutzgesetz (LImSchG)

Die jeweiligen Landesimmissionsschutzgesetze regeln meist ergänzend oder zusätzlich Lärmeinwirkungen über das Bundesimmissionsschutzgesetz, in der die AVV Baulärm eingebettet ist. In der Regel wird in den Landesimmissionsschutzgesetzen auf den Einsatz von Geräten, welche im Anhang der 32. BImSchV aufgelistet sind bezogen und dabei allgemein oder speziell der durch den Einsatz dieser Geräte entstehenden Lärm im Nachtzeitraum, in den Ruhezeiten oder an Sonn- und Feiertagen thematisiert. Es wird jedoch hier meist der vermeidbare Lärm oder auch Ausnahmen thematisiert, die für Baumaßnahmen zulässig sind, die dem öffentlichen Wohl dienen. Der Erhalt der Infrastruktur sollte dem öffentlichen Wohl dienen und auch unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten vermeidbarer Lärm (Baulärm) ist zu vermeiden. Gegebenenfalls sind durch die Genehmigungsbehörden entsprechende Auflagen im Sinne des jeweiligen Landes-Immissionsschutzgesetzes zu treffen.

4.1.3 Maßnahmen zur Minderung von Baustellengeräuschen

Maßnahmen zur Minderung der Baustellengeräusche sollen gemäß aktueller Rechtsprechung bereits bei der Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm geprüft werden.

Dazu kommen in Betracht:

- Maßnahmen bei der Baustelleneinrichtung bzw. an den Baumaschinen
- Verwendung geräuscharmer Baumaschinen oder –verfahren
- Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Maschinen

Von Maßnahmen kann abgesehen werden, wenn durch den Betrieb von Baumaschinen aufgrund von Fremdgeräuschen keine zusätzlichen Gefahren oder Belästigungen ausgehen.

Die Stilllegung von Baumaschinen kommt nur als äußerstes Mittel in Betracht, um die Allgemeinheit vor Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen durch Baulärm zu schützen. Stilllegungen sollen angeordnet werden, wenn

- weniger einschneidende Maßnahmen nicht ausreichen, um eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte zu verhindern oder
- die Stilllegung im Einzelfall zum Schutz der Allgemeinheit, jedoch unter Berücksichtigung des Bauvorhabens, dringend erforderlich ist.

Von der Stilllegung kann trotz Überschreitung der Immissionsrichtwerte abgesehen werden, wenn die Bauarbeiten zur Verhütung oder Beseitigung eines Notstandes oder zur Abwehr sonstiger Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung oder im öffentlichen Interesse dringend erforderlich sind und die Bauarbeiten ohne die Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht oder nicht rechtzeitig durchgeführt werden können.

Bedeutung des öffentlichen Interesses bei der Beurteilung des Vorhabens gemäß AVV Baulärm

Im Falle von Überschreitungen der Immissionsrichtwerte ist von der überwachenden Behörde zu prüfen, inwieweit Maßnahmen im konkreten Einzelfall *angeordnet* werden. In der Anlage 5 zu Ziffer 4.1 AVV Baulärm sind verschiedene Maßnahmen dargestellt. Bei der freiwilligen Minderung bzw. der Anordnung durch die Überwachungsbehörde ist jedoch das öffentliche Interesse zu berücksichtigen.

4.2 Erschütterungen

4.2.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmisionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle $v(t)$ in mm/s (das Schnellesignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 [9] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [8] 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 [22] in Form der so genannten "KB-Bewertung".

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

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

Als Zeitbewertung wird der gleitende Effektivwert mit einer Zeitkonstanten 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 30s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten $KB_F(t)$ wird der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} nach nachfolgender Gleichung berechnet:

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

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 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 wird nach DIN 4150, Teil 2 [8] 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 die für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

4.2.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen $KB_{F_{max}}$ und $KB_{F_{Tr}}$ werden mit denen in der DIN 4150, Teil 2, angegebenen Anhaltswerten für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen verglichen.

Im Falle von Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen im Tageszeitraum (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 durchgeführter Minderungsmaßnahmen.

Bei einer guten 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 baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

- 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 Belästi-

- gungen (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 4.3: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 2, für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen 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
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 [8]. Für Baumaßnahmen mit mehr als 78 Tagen erschütterungsrelevanter Bautätigkeiten in Sinne der DIN 4150, Teil 2 und im Nachtzeitraum werden die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 2 nach Tabelle 1 herangezogen.

Tabelle 4.4: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1

Einwirkungsgrad		A _u		A _o		A _r	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1	Zeile 2 Δ GE	0,3	0,2	6	0,6*	0,15	0,1
	Zeile 3 Δ MI/MK	0,2	0,15	5	0,6*	0,1	0,07

Einwirkungsgrad		A _u		A _o		A _r	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	Zeile 4 △ WR/WA	0,15	0,1	3	0,6*	0,07	0,05

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert A_u , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt. Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert größer als der "obere" Anhaltswert A_o , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für Werte von $A_o \geq KB_{Fmax} \geq A_u$ ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist KB_{FTr} 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 Fall der hier zu untersuchenden Baumaßnahme ist geplant, die Anwohner schriftlich zu informieren. Somit sind die während der Bautätigkeiten auftretenden Erschütterungsimmissionen nach den Spalten 1 bis 9 für die Stufe II gemäß Tabelle 4.3 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 4.5: Zusammenhang bewertete Schwingstärke und subjektive Wahrnehmung [24]

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

4.2.3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden während der Bauarbeiten sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [9] 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 bleibenden

de Folge einer Einwirkung definiert, die eine Verminderung des Gebrauchswerts 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 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [9], jeweils Zeilen 2 und 3, 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 den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [9], jeweils Zeile 1 beurteilt, stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [9], jeweils 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.

In der nachfolgenden Tabelle 4.6 sind die in der Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [9] angegebenen Anhaltswerte zusammengefasst dargestellt. Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [9], jeweils Zeile 1 können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 4.6: Zusammengefasste Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [9] für kurzzeitige und Dauererschütterungen

Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen und Dauererschütterungen auf Gebäude								
Zeile / Spalte	Gebäudeart	Kurzzeitige Erschütterungen			Dauererschütterungen			
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken vertikal, $i = z$	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	
	1	2	3	4	5	6	7	8
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 ^b	2,5	10 ^b
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 und 7 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden								

^{a)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

^{b)} Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

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.

Beurteilung von massiven Bauteilen und unterirdischen Bauwerken

Für Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise (z. B. Stahlbetonbauteile für Widerlager, Blockfundamente) gilt als Anhaltswert 80 mm/s, sofern keine Gefahren aus bodenmechanischen Vorgängen (Setzungen) entstehen können. Für die Beurteilung von Auskleidungen von Tunneln, Stollen und Kavernen im Festgestein sind die Anhaltswerte in Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 3 oder in Tabelle 6.2 dieses Berichtes angegeben. Voraussetzung für die Anwendung dieser Anhaltswerte ist ein Zustand der Auskleidung entsprechend dem Stand der Technik, andernfalls sind die Anhaltswerte abzumindern.

Tabelle 4.7: Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen

Zeile	Baustoffe der Auskleidung	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ [mm/s] rechtwinklig zur Auskleidungsfläche
1	Stahl- und Spritzbeton, Tübbing	80
2	Beton, Naturstein Mauerwerk	60
3	Mauerwerk	40

ANMERKUNG: Die genannten Anhaltswerte wurden bei Sprengungen im Nahbereich ermittelt und gelten für die Auskleidung unterirdischer Bauwerke. Sie gelten jedoch nicht für deren Einbauten.

4.3 Staubimmissionen

4.3.1 Immissionswerte / Grenzwerte

Bezüglich Staubimmissionen sieht die erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) [6] zwei Immissionswerte vor:

Tabelle 4.8: Immissionswerte der TA Luft

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungen im Jahr
Schwebstaub (PM10)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahr	-
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Stunden	35
Staubniederschlag (nicht gefährdender Staub)	350 $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	Jahr	-

Weitere Grenzwerte für Staubimmissionen ergeben sich aus der neununddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [5]:

Tabelle 4.9: Grenzwerte der 39. BImSchV

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungen im Jahr
Partikel (PM10)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahr	-
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 Stunden	35
Partikel (PM2,5)	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahr	-

Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei dem Immissionswert für Schwebstaub (PM10) und dem Grenzwert der 39. BImSchV für Partikel (PM10) um denselben Stoff handelt und es sich

bei den zugehörigen zulässigen Immissionen gemäß der 39. BImSchV um Grenzwerte handelt, welche nicht überschritten werden dürfen.

Für mit Schadstoffen belastete Staubimmissionen gelten gesonderte Vorschriften. Im Rahmen der hier durchzuführenden Baumaßnahmen sollte daher ggfs. geprüft werden, ob in Bereichen mit Erdarbeiten Bodenaltlasten vorliegen könnten.

4.3.2 Irrelevanzschwellen

Neben einzuhaltenden Immissionswerten gibt die TA Luft auch Irrelevanzschwellen an (3% des jeweiligen Immissionswertes), bei deren Unterschreitung keine Maßnahmen erforderlich sind bzw. eine Genehmigung auch bei Überschreiten von Immissionswerten nicht verweigert werden darf:

Tabelle 4.10: Irrelevanzschwellen der TA Luft

Stoff / Stoffgruppe	Konzentration	Mittelungszeitraum
Schwebstaub (PM10)	1,2 µg/m ³	Jahr
Staubniederschlag (nicht gefährdender Staub)	10,5 mg/(m ² *d)	Jahr

5 Schalltechnische Berechnungen zum Baulärm

5.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die AVV Baulärm [4] bezieht sich auf Messungen an bestehenden Baustellen, eine rechnerische Prognose für geplante Baustellen ist in der Verwaltungsvorschrift nicht vorgesehen.

Für die geforderten Baulärmprognosen wurden Immissionsberechnungen in Anlehnung an die AVV Baulärm mit Ausbreitungsrechnungen nach DIN ISO 9613-2 [10] durchgeführt.

Solche Prognoseberechnungen zur Thematik Baulärm im Vorfeld können aufgrund der nicht kalkulierbaren Besonderheiten von Baulärm (Art, z.B. Impulshaltigkeit sowie genaue örtliche und zeitliche Zuordnung der Geräusche, nicht jeder Tag gleich laut) naturgemäß keine absolut exakten Ergebnisse, sondern nur Näherungen der zu erwartenden Geräuschbelastungen liefern.

Die vorliegende Untersuchung dient zur Berechnung der möglichen Baulärmimmissionen über pauschalisierte Ansätze mit Betrachtung von typischen Arbeitsschritten und -vorgängen.

Bei der Durchführung der schalltechnischen Berechnungen werden zunächst die Emissionen der einzelnen Bauphasen in Form von Schalleistungspegeln ermittelt. Hierzu werden die Emissionen jeweils für die in Tabelle 3.1 aufgeführten Bauphasen ermittelt. Die Emissionen werden so gewählt, dass bei der realen Bauausführung vor Ort überwiegend eher geringere Beurteilungspegel und eher selten und nur kurzfristig höhere Beurteilungspegel als prognostiziert zu erwarten sind.

Da es sich bei den geplanten Maßnahmen nicht um ortsfeste Arbeitsstätten handelt oder Arbeiten auch gleichzeitig an unterschiedlichen Orten stattfinden können, werden die Emissionen der Bauarbeiten als Ersatzlinien- und Ersatzflächenschallquellen in dem verwendeten Berechnungsprogramm SoundPLAN 8.2 berücksichtigt.

Dabei wird der Schalleistungspegel L_{WA} berücksichtigt, der über die Fläche der Baustelle energetisch gemittelt darstellt, welche Beurteilungspegel L_r an den umliegenden Immissionsorten im Beurteilungszeitraum zu erwarten sind.

In den Berechnungen werden bestehende Gebäude im Umfeld als schallabschirmende und schallreflektierende Baukörper berücksichtigt. Die heranzuziehenden Schalleistungspegel werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

5.2 Emissionen der Baumaschinen und Geräte

Für die einzelnen zur Umsetzung der Baumaßnahmen erforderlichen Bauphasen werden nachfolgend die verwendeten Emissionsansätze beschrieben.

5.2.1 Bauphasen

Die Schalleistungspegel werden auf der Grundlage von Messreihen, aus allgemein anerkannten technischen Berichten [19][20] und eigenen internen Messungen.

Geplant sind Bauarbeiten im Tageszeitraum. Im Nachtzeitraum sind keine Bautätigkeiten vorgesehen. Gemäß der AVV Baulärm wird der Tageszeitraum von 7:00 Uhr bis 20 Uhr betrachtet. Wie in Tabelle 4.2 dargestellt, wird für die Baumaßnahmen im Tageszeitraum von bis zu 2,5 Stunden ein Zeitkorrekturwert von 10 dB und von bis zu 8 Stunden ein Korrekturwert von 5 dB vergeben.

In allen berücksichtigten Situationen werden allgemein während des Baubetriebs auftretende Geräusche wie z.B. Rufen, Hämmern und Sägen in Form eines Schalleistungspegels $L_{WA} = 100 \text{ dB(A)}$ für allgemeinen Baustellenlärm berücksichtigt

Eine Auflistung der eingesetzten Maschinen entsprechend den Annahmen sowie die berücksichtigten Schalleistungspegel der eingesetzten Maschinen, sowie die Summe der Schalleistungspegel, sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt.

Bauphasen 1 bis 7 und 12 Erdarbeiten

Das Gelände des Bauvorhabens ist weitläufig und wurde für die Berechnungen der Schallausbreitung in 7 Abschnitte unterteilt, wie in den Anlagen 2.1 bis 2.7 und 2.12 dargestellt. Jeder Abschnitt bildet somit eine Bauphase.

Tabelle 5.1: Berücksichtigte Schalleistungspegel für die Baumaßnahme Erdarbeiten

Baugerät	L_{WA} in dB(A)	Zeitkorrektur gemäß AVV Baulärm in dB	$L_{WA,r}$ in dB(A)
allgemeiner Baustellenlärm	100	-	100
Planierraupe	110	-	110
Muldenkipper	109	-	109
Radbagger	106	-	106
Summe:	-	-	114

Es wird bei der Berechnung im Modell berücksichtigt, dass Zentral des Baugeländes eine Mobile Bauschuttrecyclinganlage während der Erdarbeiten verwendet wird, mit dem Schallleistungspegel von $L_{WA} = 110 \text{ dB(A)}$ für die Einsatzzeit von 8 Stunden.

Bauphasen 7 bis 11 Dynamische Verdichtung

Für die Verdichtung im Bereich des Surfbeckens und des Nördlich davon befindlichen Gebäudes wurden 4 Abschnitte definiert und in der Anlage 2.8 bis 2.11 dargestellt. Die Verdichtungsarbeiten in den Abschnitten bilden die vier Bauphasen 8 bis 11. Die Emissionen der dynamischen Verdichtung wurden im Rahmen eigener Messungen beim Einsatz des Verfahrens bei einem vergleichbaren Projekt ermittelt.

Tabelle 5.2: Berücksichtigte Schallleistungspegel für die Baumaßnahme Dynamische Verdichtung

Baugerät	L_{WA} in dB(A)	Zeitkorrektur gemäß AVV Baulärm in dB	$L_{WA,r}$ in dB(A)
allgemeiner Baustellenlärm	100	-	100
Seilbagger mit Fallgewicht	123	5	118
Summe:	-	-	118

5.3 Ergebnisse der Immissionsberechnung

Die Ergebnisse der Baulärmimmissionsberechnungen für die 12 betrachteten Bauphasen sind in Anlage 3 für die in Anlage 2 dargestellten Immissionsorte im Umfeld der Baumaßnahme dargestellt.

Dabei wird der Schallleistungspegel L_{WA} berücksichtigt, der über die in Anlage 2 dargestellte Fläche der Baustelle/Bauphase energetisch gemittelt vorliegt. Die berechneten Immissionen stellen die dadurch sich ergebenden Immissionen als Beurteilungspegel im entsprechenden Beurteilungszeitraum dar.

Bauphase 1: Erdarbeiten Abschnitt 1

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.1 zeigen, ergibt sich während der Erdarbeiten im Abschnitt 1 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 1 dB an den nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen (Immissionsorte 03 und 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 56 dB(A) vor.

Bauphase 2: Erdarbeiten Abschnitt 2

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.2 zeigen, ergibt sich während der Erdarbeiten im Abschnitt 2 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 4 dB an den nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen (Immissionsorte 03 und 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 59 dB(A) vor.

Bauphase 3: Erdarbeiten Abschnitt 3

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.3 zeigen, ergibt sich während der Erdarbeiten im Abschnitt 2 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 1 dB an der nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzung (Immissionsorte 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 56 dB(A) vor.

Bauphase 4 bis 7: Erdarbeiten Abschnitt 4 bis 7

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.4 bis 3.7 zeigen, ergibt sich während der Erdarbeiten im Abschnitt 4 bis 7 innerhalb des Beurteilungszeitraums keine Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm.

Bauphase 8: Dynamische Verdichtung Abschnitt 1

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.8 zeigen, ergibt sich während der Dynamischen Verdichtung im Abschnitt 1 innerhalb des Beurteilungszeitraums keine Überschreitung der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm.

Bauphase 9: Dynamische Verdichtung Abschnitt 2

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.9 zeigen, ergibt sich während der Dynamischen Verdichtung im Abschnitt 2 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 1 dB an der nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzung (Immissionsort 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 56 dB(A) vor.

Bauphase 10: Dynamische Verdichtung Abschnitt 3

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.12 zeigen, ergibt sich während der Dynamischen Verdichtung im Abschnitt 3 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 1 dB an den nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzung (Immissionsort 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 56 dB(A) vor.

Bauphase 11: Dynamische Verdichtung Abschnitt 4

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.12 zeigen, ergibt sich während der Dynamischen Verdichtung im Abschnitt 4 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 5 dB an den nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzungen (Immissionsorte 03 bis 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 60 dB(A) vor.

Bauphase 12: Erdarbeiten im Bereich der Wendeanlage / P4

Wie die Ergebnisse in Anlage 3.12 zeigen, ergibt sich während der Erdarbeiten im Bereich der Wendeanlage / P4 innerhalb des Beurteilungszeitraums eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte von bis zu 1 dB an den nächsten umliegenden schutzbedürftigen Nutzung (Immissionsort 04). Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 56 dB(A) vor.

Zusammenfassung:

Die Ergebnisse zeigen, dass während der Bauarbeiten während Bauphase 1 bis 3 und 9 bis 12 mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte gemäß AVV Baulärm zu rechnen ist.

Mit Ausnahme von Bauphase 8 und 10 werden am Immissionsort 06 die Immissionsrichtwerte eines reinen Wohngebietes eingehalten. Während der Bauphasen 8 und 10 liegen die Beurteilungspegel nur 1 dB über dem Immissionsrichtwert eines reinen Wohngebietes von 50 dB(A) am Tag, es ist also nicht damit zu rechnen das Überschreitungen an schützenswerten Räumen im östlichen Wohngebiet zu rechnen ist.

Die Immissionsrichtwerte für ein reines Wohngebiet werden an den östlich gelegenen Gebäude entlang der Straße Auf der Heide und Heideweg auch eingehalten. Dies lässt sich daraus ableiten, dass an der östlich gelegenen Kleingartensiedlung maximale Beurteilungspegel von 51 dB(A) ermittelt wurden.

5.4 Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Grundsätzlich kommen verschiedene Möglichkeiten zur Minderung der schalltechnischen Auswirkungen infrage, die im Folgenden aufgeführt sind und deren Wirkungen aus internen Berechnungen oder praktischen Beispielen abgeschätzt wurden.

Es können nicht immer und überall alle genannten Maßnahmen zielführend eingesetzt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Gesamtwirkung mehrerer Maßnahmen nicht

zwangsläufig durch Addition der genannten Wirkungen der Einzelmaßnahmen abgeschätzt werden kann.

- **Information der Anwohner / Nachbarn**

Die Empfindung von Lärm hat nicht nur eine physikalische Komponente, sondern hängt auch von der subjektiven Einstellung der Anwohner zur Geräuschquelle / zum Verursacher ab.

Daher führt eine Information der Anwohner zwar nicht zu einer Minderung der physikalischen Geräuschbelastung, aber im Allgemeinen zu einer Erhöhung der Akzeptanz und damit auch zu einer Minderung der subjektiven Belästigung.

- **Aktive Lärmschutzmaßnahmen**

Als aktive Lärmschutzmaßnahmen werden lärmindernde Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg zwischen Lärmquelle und Empfänger bezeichnet. Grundsätzlich kommen als aktive Lärmschutzmaßnahmen infrage:

- Schallschürzen
- Kapselungen von Baumaschinen
- Schallschirme und Wände
- Schallschutzzelte
- Einhausungen

In dem Bereich der Gebäude mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm [4] sind Schallschutzwände oder Schallschutzwälle zu errichten. Diese Schallschutzmaßnahme ist allerdings nur für den Fall effektiv, dass eine Abschirmung (Wand oder Wall) nahe an der Quelle oder dem Empfänger positioniert werden kann. Da es sich in diesem Fall um bewegliche Geräuschquellen handelt, könnte nur eine Abschirmung nahe des Empfängers entlang der Asberger Straße erfolgen.

- **Maßnahmen bei Einrichtung und Betrieb der Baustelle**

Als weitere Maßnahmen sind im Folgenden einige allgemeine Empfehlungen zur Minderung von Baustellengeräuschen aufgelistet. Hierzu sei auch auf das Standardleistungsbuch für das Bauwesen [21] verwiesen.

- Vermeidung lärmintensiver Tätigkeiten zu Tageszeiten mit höheren Empfindlichkeiten (z.B. Mittagszeit, abends)
- Zeitliche Zusammenlegung lärmintensiver Tätigkeiten zur Minimierung der Zeitdauer der Belästigungen
- Einsatz von lärmarmen Maschinen gemäß EG Richtlinien / Umweltzeichen

- Abschalten von Maschinen in Arbeitspausen, Vermeidung des Leerlaufs von Maschinen
- Regelmäßige Wartung und Instandsetzung von Maschinen
- Anordnung von Warteplätzen für Transportfahrzeuge außerhalb lärmempfindlicher Bereiche
- Einsatz von lauten Maschinen (z.B. Kreissägen, Kompressoren) innerhalb einer Abschirmung, Anlageneinhausung o.ä.

Eine genaue Quantifizierung der einzelnen oder aller genannten Maßnahmen zu Einrichtung und Betrieb der Baustellen ist bei der Vielzahl der genannten Maßnahmen nur schwer möglich. Im Allgemeinen sind bei konsequenter Beachtung der genannten Maßnahmen bei realen Baustellensituationen je nach räumlicher Situation Minderungen im Bereich zwischen etwa 2 dB und 10 dB zu erreichen.

Zur Minderung von allgemeinen Baustellengeräuschen sollte eine Sensibilisierung des Baustellenpersonals für das Thema Lärm erfolgen. Dies kann verhaltensbedingte Geräuschpegel, die durch beispielsweise unnötig festes Hammerschlagen oder das Werfen von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken. Da die Auswirkungen dieser Maßnahmen allerdings nicht hinreichend genau prognostiziert werden können, wird diese Maßnahme nicht rechnerisch in Ansatz gebracht. Ggf. lassen sich zusätzlich die Betriebszeiten reduzieren bzw. mit den Anwohnern Vereinbarungen bzgl. Ruhezeiten und Arbeitszeiten treffen, die für beide Seiten zu einem akzeptablen Rahmen für die Bautätigkeit führen können. So könnten bspw. besonders schallintensive Tätigkeiten, wie das Rammen oder stemmen, auf den Zeitraum nach 9 Uhr morgens beschränkt werden.

6 Erschütterungstechnische Betrachtungen

6.1 Vorbemerkungen

Allgemeine Erschütterungsprognosen zu Bautätigkeiten sind gröbere Prognosen, welche entweder auf Vergleichsmessungen oder auf baubegleitende Messungen aus Literaturstudien oder eigenen Messungen basieren.

Wesentlich für die Erschütterung sind immer die individuellen Schwingungsübertragungseigenschaften der Gebäudestruktur des Empfangsgebäudes selbst und die Bodeneigenschaften im Ausbreitungsweg. Ohne Messungen oder genaue Kenntnisse über die Empfangsgebäude oder den Boden, ergibt sich zwangsläufig eine höhere Prognoseunsicherheit.

Von den Bautätigkeiten verursachte Erschütterungen werden im Erdboden in Richtung Gebäude weitergeleitet und auf dem Ausbreitungsweg gedämpft. Über das Fundament gehen die Schwingungen in die Gebäude ein und breiten sich im Gebäude aus. Je nach Schwingungsverhalten des Gebäudes (Konstruktion, Bauweise, Materialität, ...) können auch relevante verstärkende Effekte (Resonanzen) im Gebäude auftreten, welche die eingeleiteten Schwingungen in bestimmten Frequenzbereichen zusätzlich verstärken können. Im ungünstigsten Fall liegen diese Resonanzen der Gebäude im gleichen Frequenzbereich wie die hauptsächlich anregenden Schwingungen der Baumaschinen. Resonanzen können jedoch nur bei Dauererschütterungen und nicht bei kurzzeitigen Erschütterungen auftreten.

Der Tageszeitraum im Erschütterungsschutz wird als 16-stündiger Zeitraum von 6:00 bis 22:00 Uhr definiert. Dementsprechend ist der Nachtzeitraum von 22:00 bis 6:00 Uhr definiert. Dies unterscheidet sich von der Definition des Tages- und Nachtzeitraum zum Baulärm.

6.2 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Im vorliegenden Fall besteht keine bauliche Verbindung zwischen der Baumaßnahme und den umliegenden Nachbargebäuden. Die nächstgelegene Gebäude befinden sich in relativ großer Entfernung zu den erschütterungsintensiven Bautätigkeiten der dynamischen Bodenverdichtung. Die Parkstraße 4 befindet sich ca. 130 m südlich, die Gebäude der Kleingartensiedlung östlich ca. 335 m, die Gebäude der Asberger Straße 13 ca. 230 m nordöstlich und die Gebäude der Asberger Straße 2b ca. 158 m nördlich der Bereiche in der die dynamische Bodenverdichtung durchgeführt wird.

Die Arbeiten, die relevante Erschütterungen auslösen, sind bei diesem Bauvorhaben die Verdichtungsarbeiten des Baugrunds. Für die mobile Recyclinganlage ist, durch die Zentrale Lage und damit verbunden die große Entfernung zu den umliegenden Bebauungen nicht mit relevanten Erschütterungen zu rechnen.

Dynamische Bodenverdichtung

Die Verdichtungsarbeiten des Baugrunds im Bereich der späteren Wasserfläche werden mit einem Fallgewicht durchgeführt. Dabei wird ein Fallgewicht mit einer Masse von bis zu 25.000 kg an einem Seilbagger bis zu 25 m über den Baugrund angehoben und fallen gelassen. Durch diese mechanische Einwirkung verdichtet sich der Untergrund. Dieser Vorgang kann sich, im 1-Minuten-Takt wiederholen.

Für die Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Wohngebäude empfiehlt die DIN 4150-3 [9] in Tabelle 1 als Anhaltswerte für die maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit in der obersten Deckenebene von 15 mm/s in horizontaler Richtung und 20 mm/s in vertikaler Richtung.

Da keine Berechnungsgrundlage in der Literatur für Verdichtungsarbeiten mithilfe eines Fallgewichts bekannt sind, wird hilfsweise, die Berechnung für eine Schlagrammung mittel Freifall herangezogen. Die Lage der Verdichtungsarbeiten kann der Anlage 2.8 bis 2.12 entnommen werden. Gemäß Literatur [14] kann die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$ für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25% folgendermaßen (sichere Abschätzung) abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 11,07 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- E = Schlagenergie in kNm
- r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Für die Wände und Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [14] berechnen lässt:

horizontal:

$$v_{x/y,max}^{F-OG} = v_{i,max}^F \cdot k_{x/y}^{F-OG}$$

vertikal:

$$v_{z,max}^{F-OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

$v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s

$v_{x/y,max}^{F-OG}$ = maximale horizontale Komponente der Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

$k_{x/y}^{F-OG}$ = horizontaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, abhängig vom Untergrund 0,5 (sehr weicher Untergrund) bis 2,0 (sehr harter Untergrund)

$v_{z,max}^{F-OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

k_x^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfall $< 1,5$, im Resonanzfall abhängig der Gebäudedämpfung zwischen 10 und 25

Für die Energie, welche das Fallgewicht erzeugt wird nachfolgende Formel angesetzt.

$$E = m \cdot g \cdot h$$

Darin sind:

m = Masse des Gewichts in kg

g = Erdbeschleunigung; 9,81 m/s²

h = Fallhöhe in m

Als konservativer Ansatz soll für den ungünstigen Fall ein Gewicht von 25.000 kg und eine Fallhöhe von 25 m angenommen werden. Für die angenommen Eingangswerte ergibt sich eine Fall- bzw. Schlagenergie von 6.131,25 kNm.

Unter der Berücksichtigung einer maximal möglichen Fallenergie von $E = 6.131,25 \text{ kNm}$ und unter der Berücksichtigung mittelharter Bodenverhältnisse ($k_{x/y}^{F-OG} = 1,5$) würde sich auf etwa 32 m Entfernung eine horizontale Schwinggeschwindigkeit von Decken und Wänden $v_{x/y,max}^{OG} = 14,4 \text{ mm/s}$ ergeben. Die in Kapitel 4.2.3 dargestellte zu berücksichtigenden Anhaltswerte von Decken und Wänden von 15 mm/s horizontal und 20 mm/s vertikal würden somit ab einem Abstand von Quelle zum Empfänger ab 32 m eingehalten. Bei einer konservativ angenommenen Annahme, dass die maximale Schwingungsenergie bei ca. 10 Hz liegt, würde der Anhaltswert am Fundament von 5 mm/s ab einem Abstand von 53 m eingehalten werden.

Somit ist der berücksichtigte Abstand von 53 m als Minimalabstand zu betrachten, in dem die dynamische Bodenverdichtung mit dem betrachteten Gerät noch möglich ist, ohne zu relevanten Schäden im Sinne der DIN 4150-3 zu führen.

Abgesehen von den Prognoseergebnissen wird an den nächst gelegenen Gebäuden trotzdem eine bautechnische Beweissicherung vor Beginn Verdichtungsarbeiten genauso wie eine Dauerüberwachung der Erschütterungsimmissionen während der Bautätigkeiten in einzelnen Gebäuden empfohlen. Dies ist auch dadurch begründet, dass die Anhaltswerte der DIN 4150, Teil 3 vor Schäden schützen soll, welche die Gebrauchstauglichkeit der Gebäude beeinflusst. Kleinere Schäden wie Putzrisse oder Fliesenrisse können auch unterhalb der Anhaltswerte auftreten.

6.3 Ermittlung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die zulässigen resultierenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} der DIN 4150, Teil 2 [8] ermittelt.

Die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist. Diese maximal bewertete Schwingstärke wird nach DIN 4150, Teil 2 [8] mit folgender Gleichungen berechnet:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

$$KB_{Fmax} = KB \cdot c_F$$

f	=	Frequenz in Hz
f ₀	=	5,6 Hz (Grenzwert des Hochpasses)
v _{max}	=	maximale Schwingschnelle, in mm/s
c _F	=	die Konstante nach Tabelle 3 DIN 4150, Teil 2 bzw. Tabelle 6.1 diese Berichtes
KB	=	Schwingstärke, dimensionslos

Tabelle 6.1: Anhaltswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen, Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 2

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	c_F ²⁾
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z. B. Sägewerke in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt – mehr als etwa 20 % Verzerrung (z. B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	a) mit Resonanzbeteiligung (z. B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnfußböden);	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung (z. B. auf nicht unterkellerten Wohnfußböden)	0,7
4	a) mit Resonanzbeteiligung	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung	0,6
<p>1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnungen erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.</p> <p>2) Die Werte für c_F sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können auftreten.</p>		

Für die Erschütterungsprognose ist die Frequenz der Erschütterung, die durch den Fall des Gewichtes erzeugt wird, unbekannt bzw. in der Theorie handelt es sich bei einem idealen Impuls um eine breitbandiges Signal und KB entspricht für den ungünstigen Fall v_{max} . Da der Fall des Gewichtes ein kurzzeitiges Einzelereignis ohne möglichen Resonanzfall ist, kann nach der Tabelle 3 aus der DIN 4150, Teil 2 ein Wert für c_F von 0,6 angenommen werden.

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT_r} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit. Diese Beurteilungs-Schwingstärke für Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten wird nach DIN 4150, Teil 2 [8] mit folgender Gleichung berechnet:

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

T_r = Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)

$T_{e,j}$ = Teileinwirkungszeiten

$KB_{FTm,j}$ = Taktmaximal-Effektivwerte die für die Teileinwirkungszeiten $T_{e,j}$ repräsentativ sind

Die Arbeitszeit der Verdichtung beträgt 8 Stunden am Tag, mit einem Fall des Gewichtes in einer Minute. Der Takt für die Erschütterung eines Falls, beträgt wie in der DIN 4150, Teil 2 [8] festgelegt 30 Sekunden und damit entspricht die Teileinwirkzeit der dynamischen Bodenverdichtung $T_{e,j} = 4$ Stunden.

Der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} wird nach folgender Gleichung berechnet:

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

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 dynamische Verdichtung entspricht der KB_{FTi} dem KB_{fmax} und weil die Ereignisse immer der gleichen Schlagenergie und Einwirkungsdauer entsprechen, entspricht KB_{FTm} dem KB_{Fmax} .

Verdichtungsarbeiten

Für die Durchführung von Verdichtungsarbeiten, in denen das Fallgewicht eingesetzt werden soll, wird eine Dauer von maximal 76 Tagen angesetzt.

Da die Anwohner gemäß Auftraggeber vorher über die Bauarbeiten informiert werden (Stufe II), können gemäß DIN 4150-2 die Anhaltswerte gemäß Tabelle 4.3 von $A_u = 0,6$, $A_o = 5$ und $A_r = 0,4$ berücksichtigt werden.

Gemäß Literatur [14] kann die maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{i,max}^F$, für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25% folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$v_{i,max}^F = 11,07 \cdot \frac{\sqrt{E}}{r^{1,3}}$$

Darin sind:

- $v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s
- E = Schlagenergie in kNm
- r = Abstand zwischen Erschütterungsquelle und Fundament in m

Die Ergebnisse für die Berechnungen der maximalen Schwingschnelle an den Fundamenten der betrachteten Gebäude werden in den Anlagen 4.1 bis 4.4 dargestellt.

Für die Geschossdecken in den oberen Geschossen muss eine Weiterleitung im Gebäude mit berücksichtigt werden, welche sich mit nachfolgenden Formel aus der Literatur [14] berechnen lässt:

vertikal:

$$v_{z,max}^{F-OG} = v_{i,max}^F \cdot k_z^{F-OG}$$

Darin sind:

$v_{i,max}^F$ = maximale Komponente der Fundamentalschwinggeschwindigkeit in mm/s

$v_{z,max}^{F-OG}$ = maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit im Obergeschoss in mm/s

k_z^{F-OG} = vertikaler Übertragungsfaktor vom Fundament in das Obergeschoss, außerhalb des Resonanzfall $< 1,5$

Die Berechnungsergebnisse unter Verwendung der individuell ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeiten und der sich daraus ergebenden Schwingstärken in den Obergeschossen der betrachteten Gebäude und der Berücksichtigung der aufgeführten Formeln und Annahmen werden in der folgenden Tabelle 6.2 dargestellt.

Tabelle 6.2: Erschütterungsimmissionen für die nächst gelegenen Gebäude

Adresse	Entfernung in m	KB_{Fmax}	KB_{FTr}	A_u	A_o	A_r
Parkstraße 4	130	1,39	0,35	0,6	5	0,4
Asberger Straße 2b	158	1,08	0,27	0,6	5	0,4
Asberger Straße 13	230	0,66	0,17	0,6	5	0,4
Kleingartensiedlung	335	0,41	0,10	0,6	5	0,4

Die Ergebnisse zeigen, dass an den Gebäuden Parkstraße 4 und Asberger Straße 2b und 13 der KB_{Fmax} oberhalb des Anhaltswertes A_u liegt der KB_{FTr} allerdings unterhalb des Anhaltswertes A_r liegt. Für die Gebäude der Kleingartensiedlung östlich des Bauvorhabens, unterschreitet der KB_{Fmax} den Anhaltswert A_u , somit sind die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 auch ohne eine Prüfung ob der Anhaltswert A_r eingehalten ist eingehalten.

6.4 Allgemeine Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Aufgrund dessen, dass die in dieser Erschütterungsuntersuchung angegebenen Maschinendaten auf Literaturangaben basieren, kann es während der Baumaßnahme dazu kommen, dass leichtere und weniger leistungsfähige sowie auch schwerere und leistungsstärkere Maschinen eingesetzt werden.

Aus diesem Grund sind konkrete Aussagen zu den erwartenden Erschütterungsimmissionen ohne Messungen kaum möglich, da die Bauweise der Gebäude die Höhe der Erschütterungsimmissionen maßgeblich bestimmt. Daher ist die Situation an jedem Gebäude anders. Vor diesem Hintergrund und aus rechtlichen Gründen, wird zu einer bautechnischen Beweissicherung vor Beginn der Baumaßnahmen geraten. Zudem wird eine Dauerüberwachung der Erschütterungsimmissionen, in einzelnen Gebäuden, während den Bautätigkeiten empfohlen.

Grundsätzlich ist es konstruktiv, Anwohner von schützenswerten Nutzungen in der Umgebung vor Beginn der Baumaßnahmen schriftlich über den Sinn und Zweck, den Bauablauf und die Dauer der Baumaßnahme zu informieren (Informationsschreiben).

Im Falle der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen der Baumaßnahmen (außer Sprengungen) können durch den Grad der Information der Anlieger höhere Anhaltswerte angesetzt werden. Es dürfen daher bei guter Informationslage mehr Erschütterungsimmissionen vorliegen als ohne Information der Anwohner.

Eine rechtzeitige Information der Anwohner wäre auch aus erschütterungstechnischer Sichtweise eine Möglichkeit, die Akzeptanz der Anwohner für die geplante Baumaßnahme zu erhöhen. Daher wird die Benennung einer Ansprechstelle empfohlen. Der notwendige Grad der Information, sowie die Beurteilung ist nachfolgend dargestellt.

Gemäß Punkt 6.5.4.3 der DIN 4150, Teil 2 sind folgende Maßnahmen geeignet erhebliche Belästigungen (psychische Auswirkungen) durch baustelleninduzierte Erschütterungen zu mindern:

- 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.

Beim Einsatz von erschütterungsintensiven Maschinen (Hydraulikhammer) ist zumindest zeitweise eine Erschütterungsüberwachung als Beweissicherung nach DIN 4150-3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, sinnvoll. Aus einer solchen Messung lassen sich ebenfalls Rückschlüsse ziehen oder es lässt sich direkt messen, inwieweit von einer Einhaltung der Anhaltswerte der DIN 4150-2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, ausgegangen werden kann beziehungsweise, ob diese vorliegt. Sollte sich aus diesen Messungen eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 ergeben, ist hierauf beispielsweise durch Baustellenorganisation (Vermeidung von fortwährender Tätigkeit vor genau einem Gebäude) oder Wechsel des Bauverfahrens zu reagieren.

7 Betrachtungen zu Staubimmissionen

7.1 Vorbemerkungen

Eine Prognose von Staubimmissionen durch Baustellen mittels Simulationsberechnungen ist aufgrund von nicht vorhandenen Emissionsansätzen zurzeit nicht möglich. Die VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 von Januar 2010 liefert Emissionsansätze nur für die Lagerung, den Umschlag und Transport von Schüttgütern.

Für staubende Tätigkeiten auf Baustellen wie z.B. Schleifen, Fräsen, Bohren, Stemmen, Sägen, Strahlen, Behauen, Abbauen, Brechen, Schütten, Abwerfen, Trennen, Greifen, und Wischen liegen keine Emissionsansätze vor, was unter anderem in der großen Bandbreite von Geräten und Arbeitsmethoden begründet ist.

Emissionsfaktoren zu den Feinstaubanteilen (PM10 und PM2,5) an den Baustäuben liegen aktuell ebenfalls nicht vor. Bautätigkeiten sind somit gemäß dem aktuellen Stand der Technik unter Vermeidung von Immissionen, inklusive Stäuben zu betreiben. Hinweise hierzu gibt das folgende Kapitel.

Ergeben sich trotz Minderungsmaßnahmen Beschwerden, so sind weitere Minderungsmaßnahmen anzuwenden. Gegebenenfalls ist auch das Bauverfahren zu ändern.

7.2 Minderungsmaßnahmen und Empfehlungen

Zum Stand der Technik zur Reduzierung von Staubemissionen auf Baustellen zählen folgende beispielhaft aufgeführte Maßnahmen:

Anforderungen an mechanische Arbeitsprozesse:

- Staubbindung durch Feuchthalten des Materials z. B. mittels gesteuerter Wasserbedüsung.
- Bauschutttransport und Umschlagverfahren mit geringen Abwurfhöhen, kleinen Austrittsgeschwindigkeiten und geschlossenen oder abgedeckten Auffangbehältern (auch bei Fahrzeugen). Sind größere Höhen nicht vermeidbar, sind Fallrohre, abgedeckte Schuttrutschen usw. einzusetzen.
- Kein Abwerfen von Abrissgut aus Entkernungs- und Innenausbaumaßnahmen aus großer Höhe (Balken, Türen, Leichtbauelemente usw.)
- Abbruch-/Rückbauobjekte möglichst großstückig mit geeigneter Staubbindung (z. B. Sprühnebel) zerlegen.
- Zerkleinern auf externen, gering belasteten Lagerplätzen vornehmen.
- Einplanung von Gerüsten bei Entkernung

Anforderungen an Geräte und Maschinen:

- Es sind möglichst emissionsarme und gering Staub freisetzende Arbeitsgeräte zu verwenden – nach dem Stand der Technik.
- Staubbindung durch Benetzung oder Wasserführung
- Maschinen und Geräte mit Dieselmotoren am Einsatzort sind im Plangebiet, sofern möglich, mit Partikelfilter-Systemen auszustatten.
- Bei staubintensiven Arbeiten mit Maschinen und Geräten zur mechanischen Bearbeitung von Baustoffen (wie z.B. Trennscheiben, Schleifmaschinen), sind Staub mindernde Maßnahmen (wie z.B. Benetzen; Erfassen, Absaugen, Staubabscheiden) zu treffen.
- Die Laufzeiten der Maschinen sind zu optimieren, Leerlauf ist zu vermeiden.

Anforderungen an Bauausführung und organisatorische Maßnahmen:

- Anliefermodus / Anlieferorganisation (z. B. lokale Pools auf Großbaustellen).
- Anlieferfahrzeuge (lärm- / schadstoffarme Fahrzeuge).
- Abstellen von Fahrzeugen und Behältern in angemessener Entfernung zu Wohnbebauung.
- Durch Abdeckung, Befeuchtung und begrenzte Liegezeiten soll im Freien gelagertes Material vor Abwehungen geschützt werden.
- Ausstattung der Baustraßen mit einem tragfähigen Asphaltbelag. Wenn dies nicht möglich ist, sind auf unbefestigten Pisten die Stäube zu binden. (z. B. durch Wasserberieselungsanlage).

8 Zusammenfassung

In Krefeld sollen im Rahmen des Bauvorhabens Surfpark Krefeld Erdarbeiten und Verdichtungsarbeiten des Baugrunds durchgeführt werden.

Die Berechnungen zum Baulärm dienen zur Prognose der möglichen Baulärmimmissionen und erfolgten auf der Grundlage von pauschalisierten Ansätzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass während der Bauarbeiten während Bauphase 1 bis 3 und 9 bis 12 mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte gemäß AVV Baulärm in unterschiedlichem Umfang zu rechnen ist. Gemäß den Berechnungen ergeben sich während der Bauarbeiten Überschreitungen des Immissionsrichtwertes der AVV Baulärm von bis zu 5 dB in der Bauphase 11. Es liegen somit Beurteilungspegel an der meist betroffenen Nutzung von bis zu 60 dB(A) vor.

In dem Bereich in dem mit Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm [4] zu rechnen ist (Asberger Straße) ist die Umsetzung von Schallschutzwänden oder Schallschutzwällen zu prüfen. Schallabschirmungen in Form von Wänden oder Wällen sind jedoch nur effektiv, wenn diese nahe an der Geräuschquelle oder nahe an dem betroffenen Gebäuden positioniert werden können.

Zur Minderung von allgemeinen Baustellengeräuschen sollte eine Sensibilisierung des Baustellenpersonals für das Thema Lärm erfolgen. Dies kann verhaltensbedingte Geräuschpegel, die durch beispielsweise unnötig festes Hammerschlagen oder das Werfen von Materialien resultieren, minimieren. Ebenfalls kann die Nutzung von Sprechfunk den Lärmpegel einer Baustelle senken. Da die Auswirkungen dieser Maßnahmen allerdings nicht hinreichend genau prognostiziert werden können, wird diese Maßnahme nicht rechnerisch in Ansatz gebracht.

Es sollte unbedingt vor Baubeginn eine ausführliche Anwohnerinformation mit Benennung eines Ansprechpartners erfolgen.

Erschütterungen

Im Rahmen einer Betrachtung von möglichen Erschütterungsimmissionen durch das Bauvorhaben wurden Tätigkeiten zur dynamischen Bodenverdichtung als relevante Erschütterungsquelle identifiziert.

Unter der Annahme, dass zur dynamischen Bodenverdichtungen ein Fallgewicht mit einer Masse von 25 t und eine Fallhöhe von 25 m verwendet werden, würden mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % die Anhaltswerte der DIN 4150-3 bereits in einem Abstand vom 53 m nicht überschritten werden. Die nächstgelegenen Gebäude befinden sich in

einem Abstand von 130 m zur Erschütterungsquelle. Auch die Anforderungen der DIN 4150-2 werden unter den getroffenen Annahmen eingehalten.

Zur Vermeidung bzw. zur besseren Akzeptanz von Belästigungen durch eventuell auftretende Bauerschütterungen können die im Kapitel 6.4 aufgeführten Maßnahmen ergriffen werden.

Da die Eingangsparameter bei allen Prognosen Schwankungen unterliegen können, wie z.B. die Geräteleistung oder die Unwägbarkeiten während der Ausbreitung im Boden, wird empfohlen, zur Dokumentation vorhandener Vorschädigungen und zum Beweis gegen spätere Schadensersatzansprüche, an den nächstgelegenen Gebäuden eine Beweissicherung durchzuführen.

Staub

Eine Prognose von Staubimmissionen durch Baustellen mittels Simulationsberechnungen ist aufgrund von nicht vorhandenen Emissionsansätzen zurzeit nicht möglich. Die VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 von Januar 2010 liefert Emissionsansätze nur für die Lagerung, den Umschlag und Transport von Schüttgütern.

Für staubende Tätigkeiten auf Baustellen wie z.B. Schleifen, Fräsen, Bohren, Stemmen, Sägen, Strahlen, Behauen, Abbauen, Brechen, Schütten, Abwerfen, Trennen, Greifen, und Wischen liegen keine Emissionsansätze vor, was unter anderem in der großen Bandbreite von Geräten und Arbeitsmethoden begründet ist.

Emissionsfaktoren zu den Feinstaubanteilen (PM10 und PM2,5) an den Baustäuben liegen aktuell ebenfalls nicht vor.

Bautätigkeiten sind somit gemäß dem aktuellen Stand der Technik unter Vermeidung von Immissionen, inklusive Stäuben zu betreiben. Zur Vermeidung und Reduzierung unnötiger Staubimmissionen sind die unter Kapitel 7.2 aufgeführten Empfehlungen zu beachten. Hervorzuheben ist hier insbesondere intensive Staubbinding durch intensive Bewässerungsmaßnahmen und Verwendung von Schuttrutschen bei der Entkernung bei Verzicht auf das Fallenlassen von Materialteilen aus größeren Höhen.

Peutz Consult GmbH

ppa. Dipl.-Ing. Mark Bless
(Fachliche Verantwortung)

i.A. B. Eng. Andreas Stettinger
(Projektmitarbeit)

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Übersichtslageplan

Anlage 2 Lageplan der jeweiligen Baumaßnahme

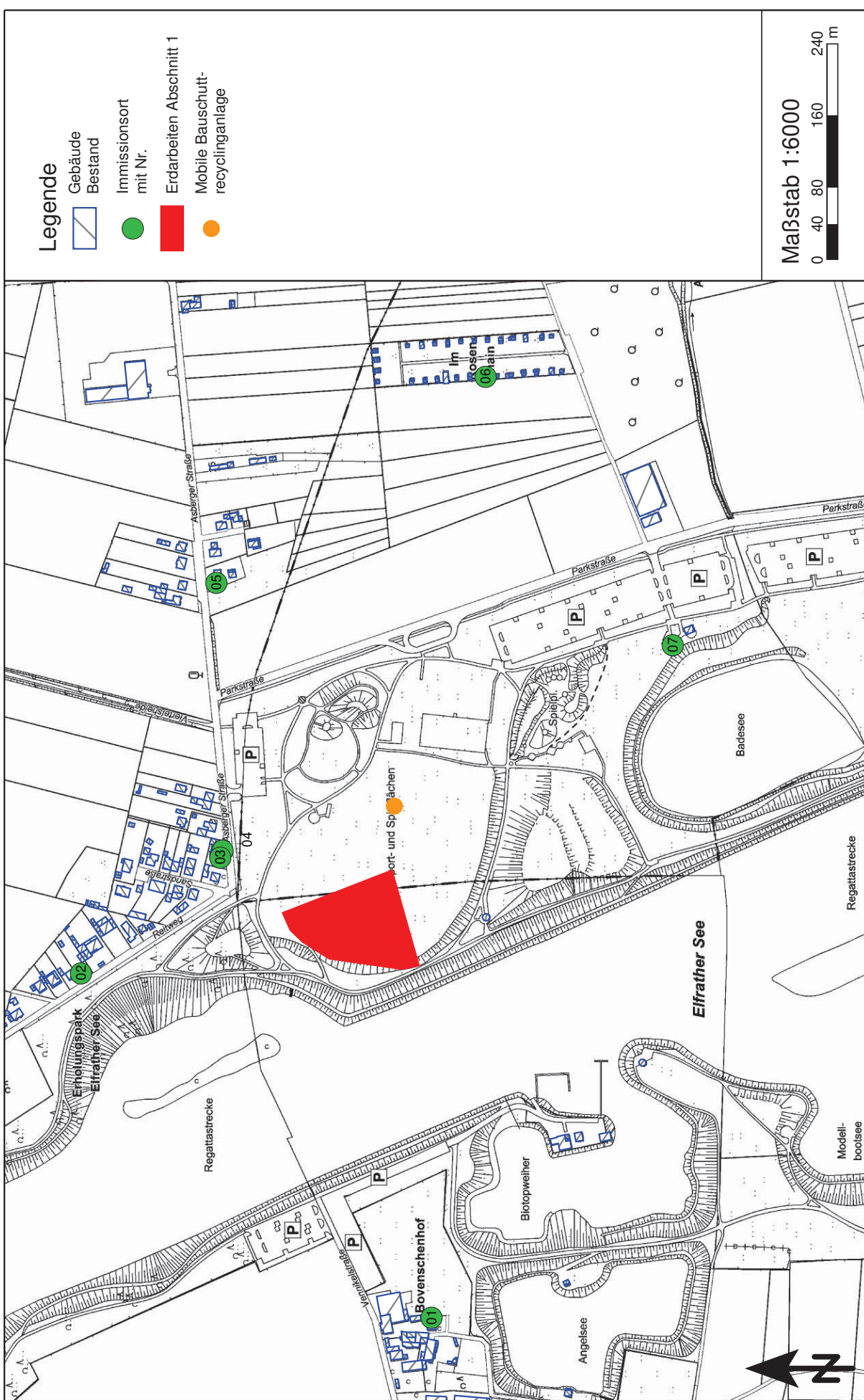
Anlage 3 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

Anlage 4 Ergebnisse der Immissionsberechnungen Erschütterungen

Übersichtslageplan, Bauvorhaben Sport- und Freizeitanlage im Bereich des Eifrather Sees in Krefeld



Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 1 Erdarbeiten Abschnitt 1



Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 2 Erdarbeiten Abschnitt 2



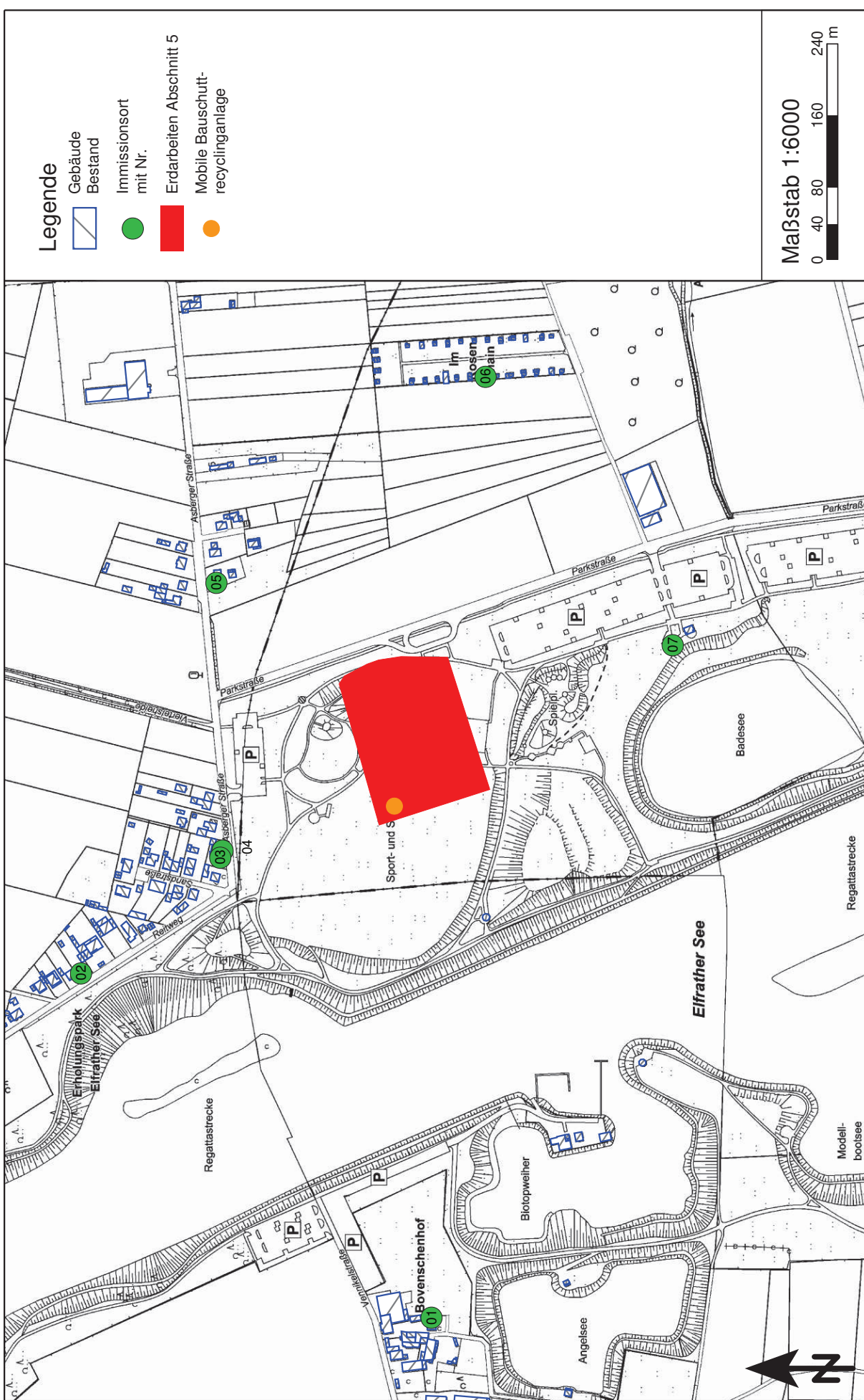
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 3 Erdarbeiten Abschnitt 3



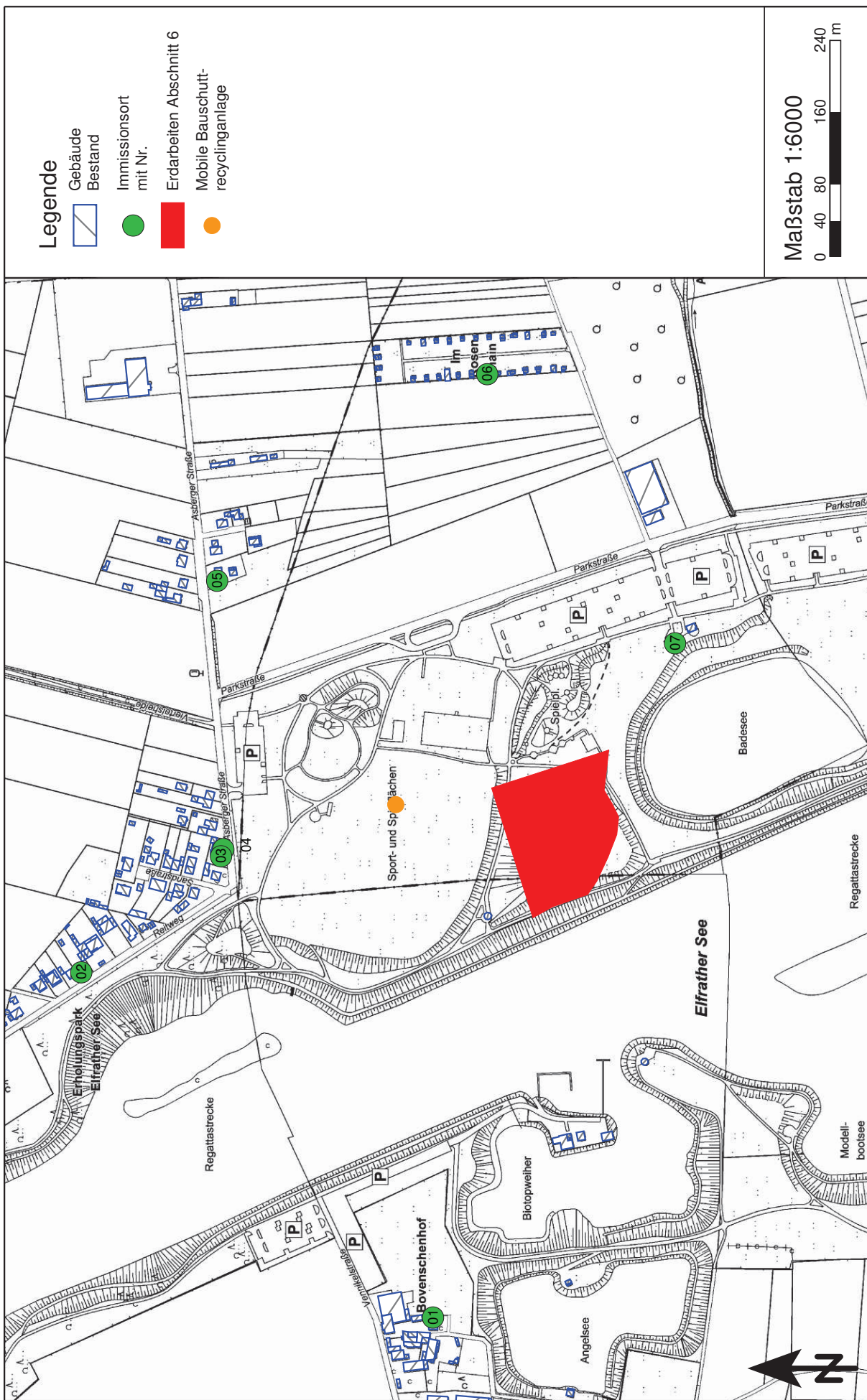
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 4 Erdarbeiten Abschnitt 4



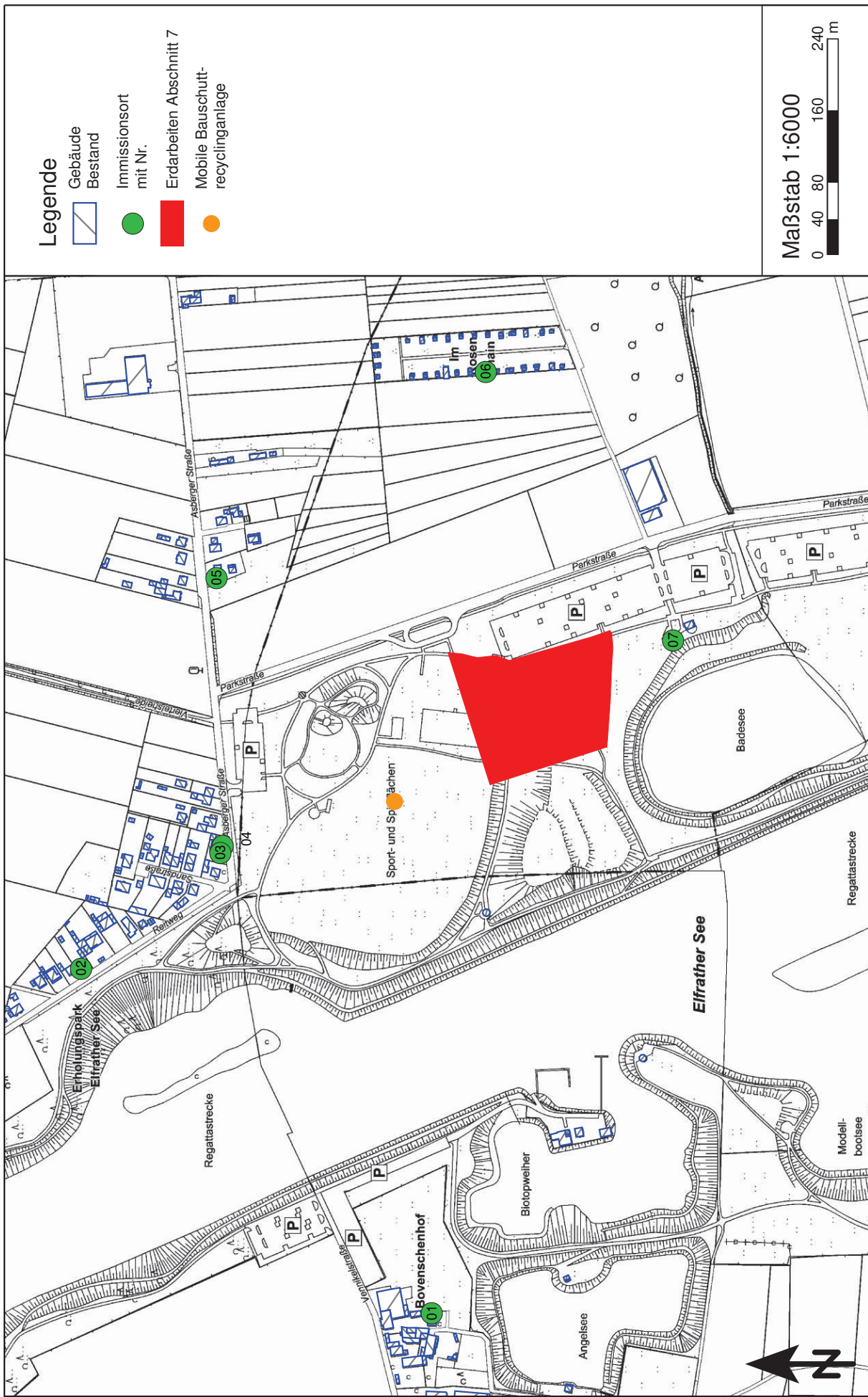
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 5 Erdarbeiten Abschnitt 5



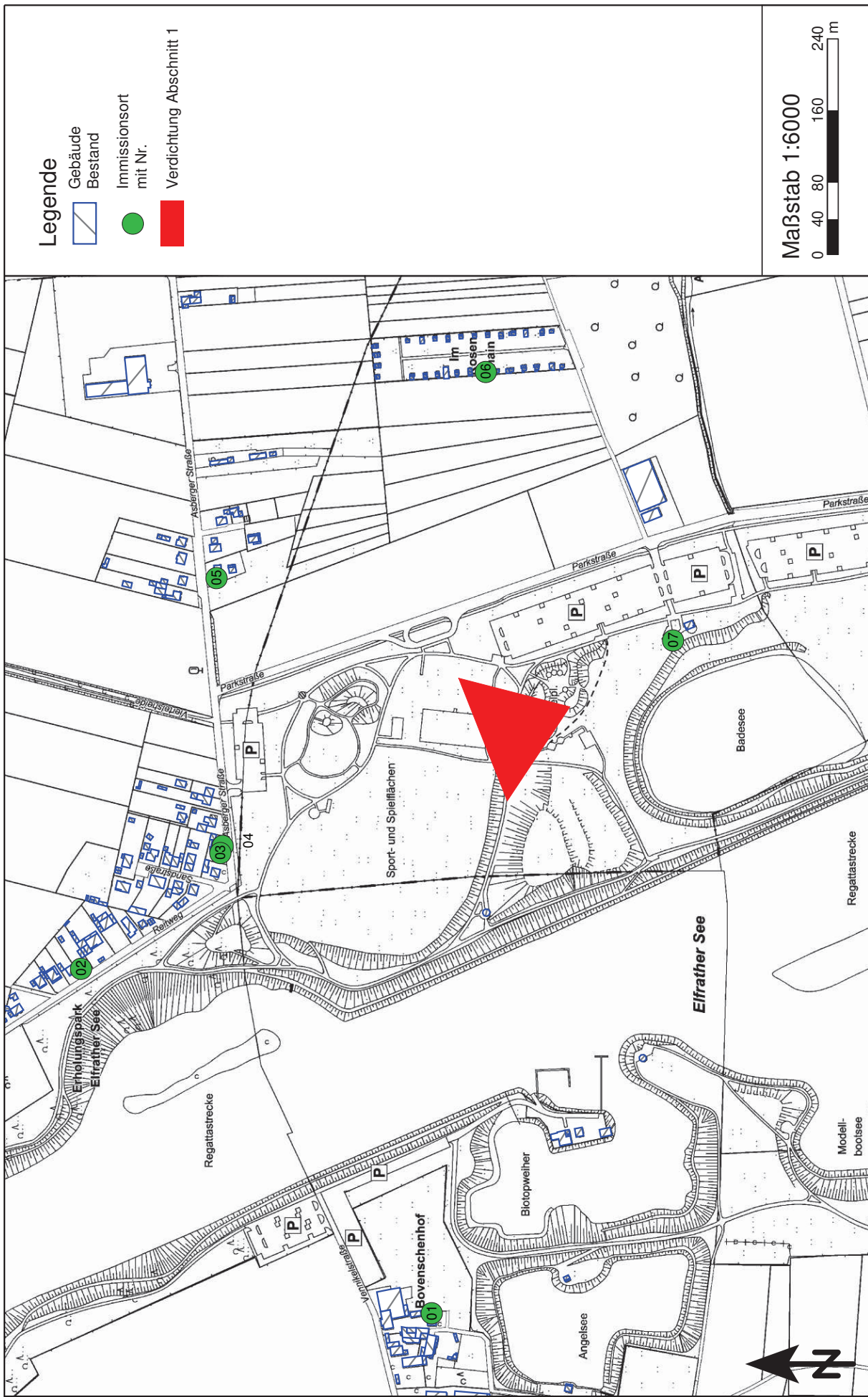
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 6 Erdarbeiten Abschnitt 6



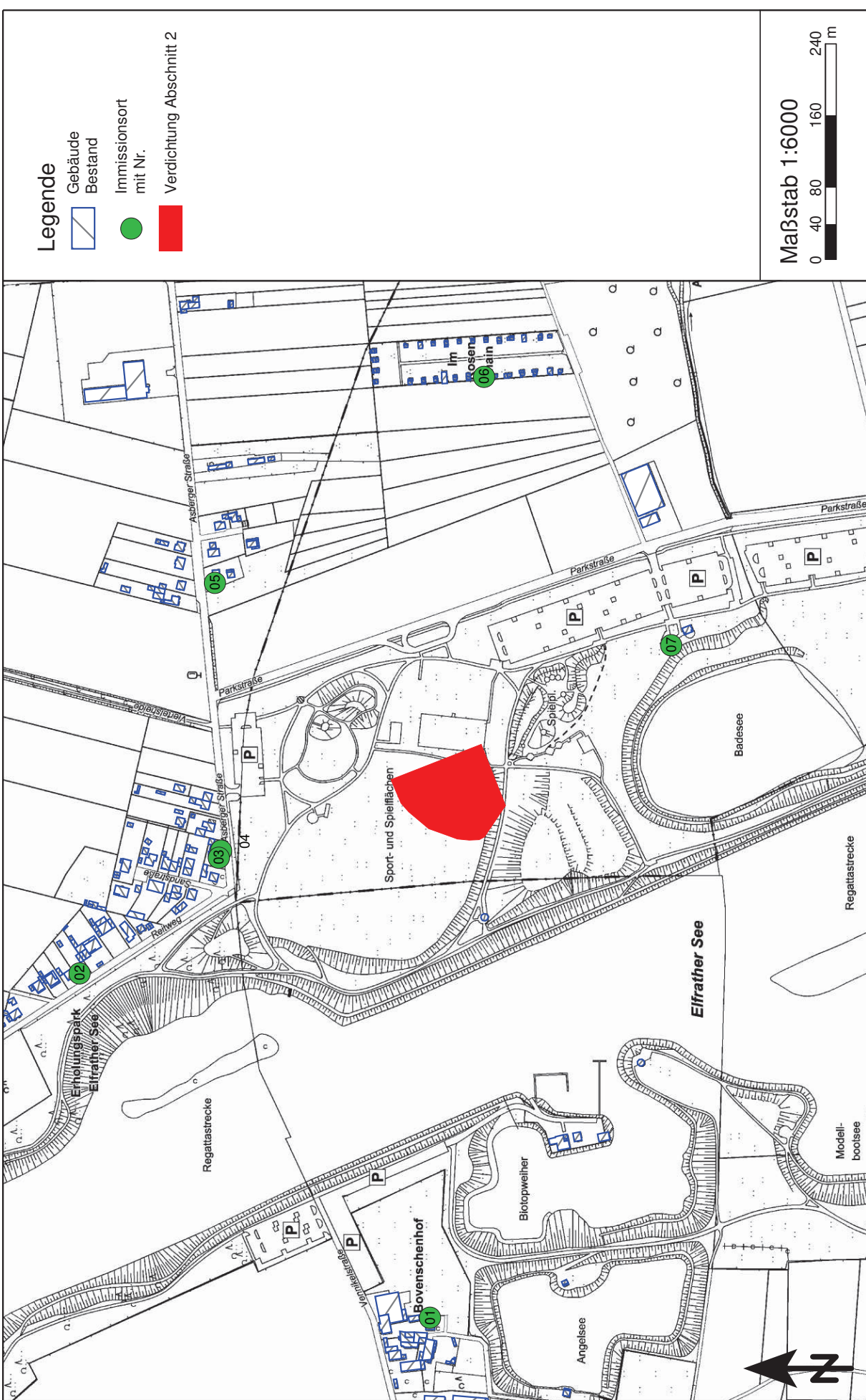
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 7 Erdarbeiten Abschnitt 7






Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 8 Verdichtung Abschnitt 1



Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 9 Verdichtung Abschnitt 2



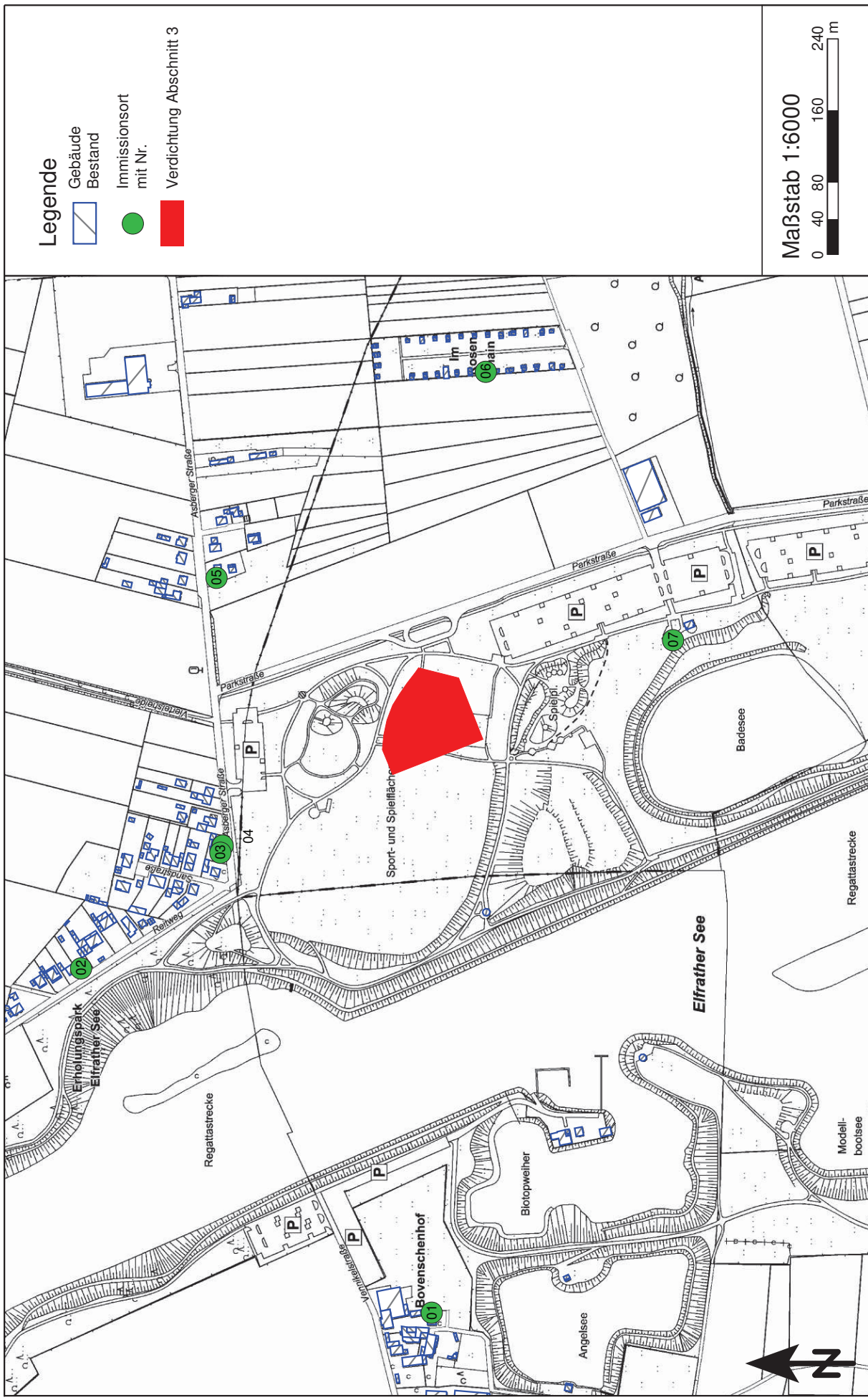
Legende

-  Gebäude Bestand
-  Immissionsort mit Nr.
-  Verdichtung Abschnitt 2

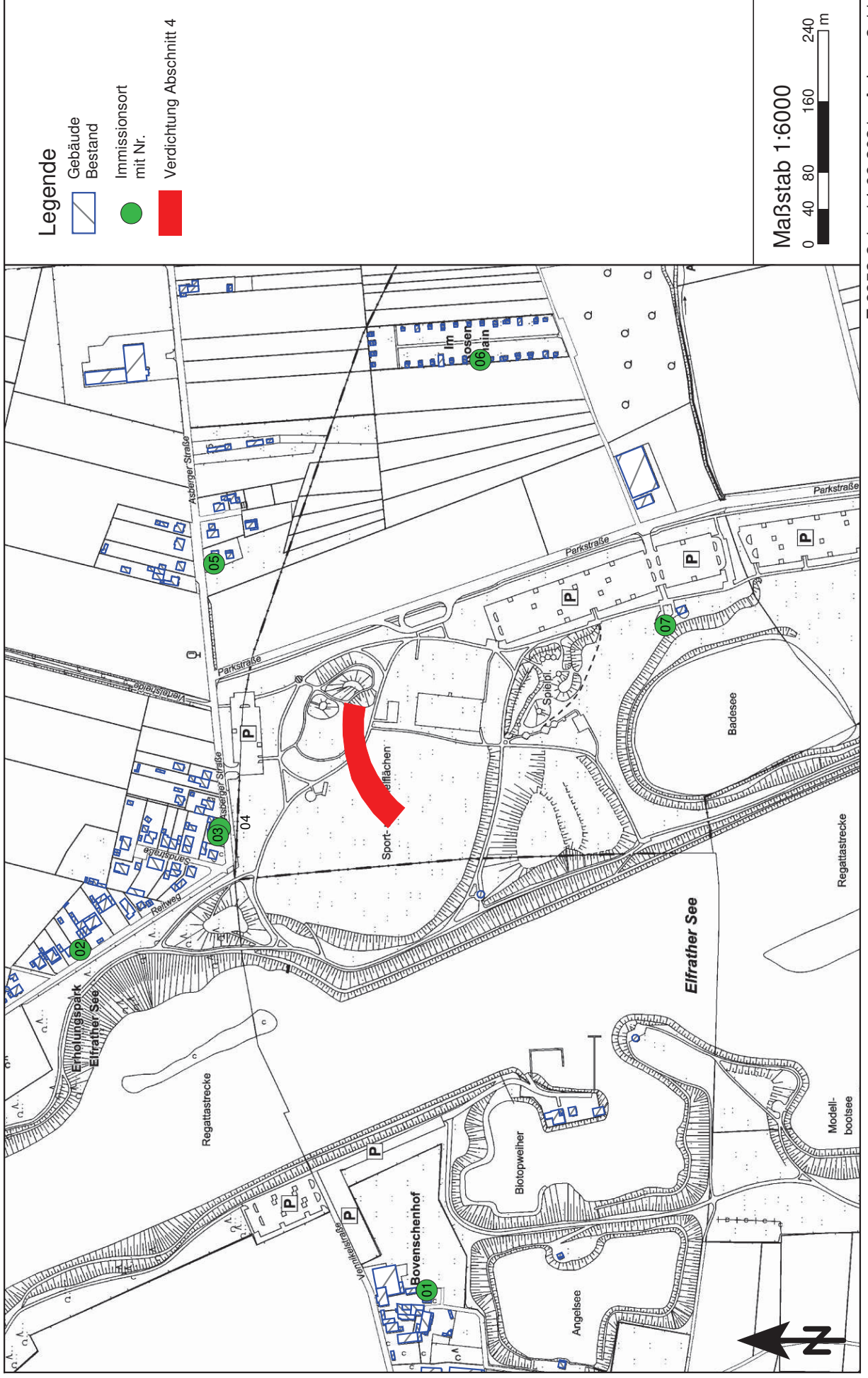
Maßstab 1:6000



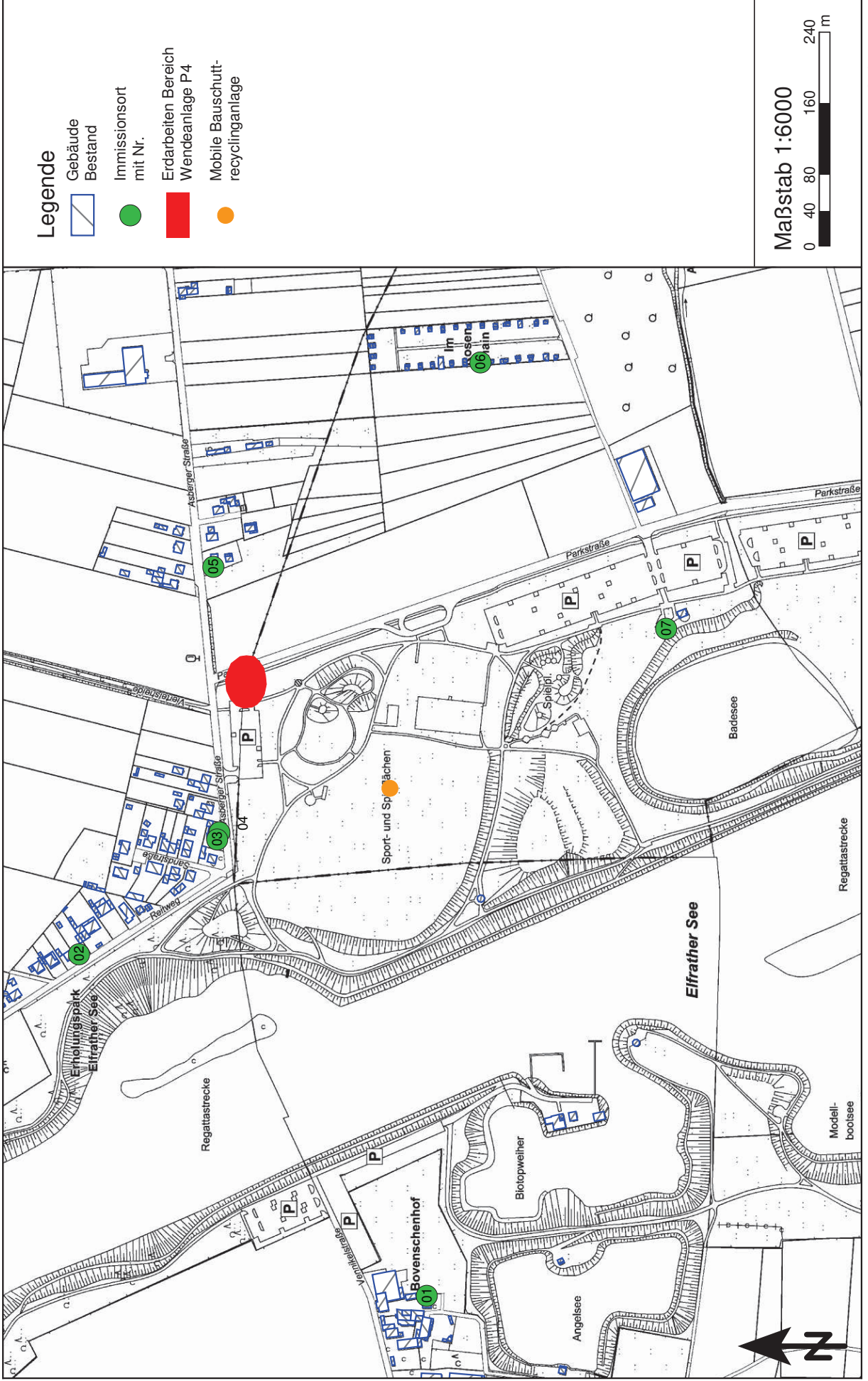
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 10 Verdichtung Abschnitt 3



Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 11 Verdichtung Abschnitt 4



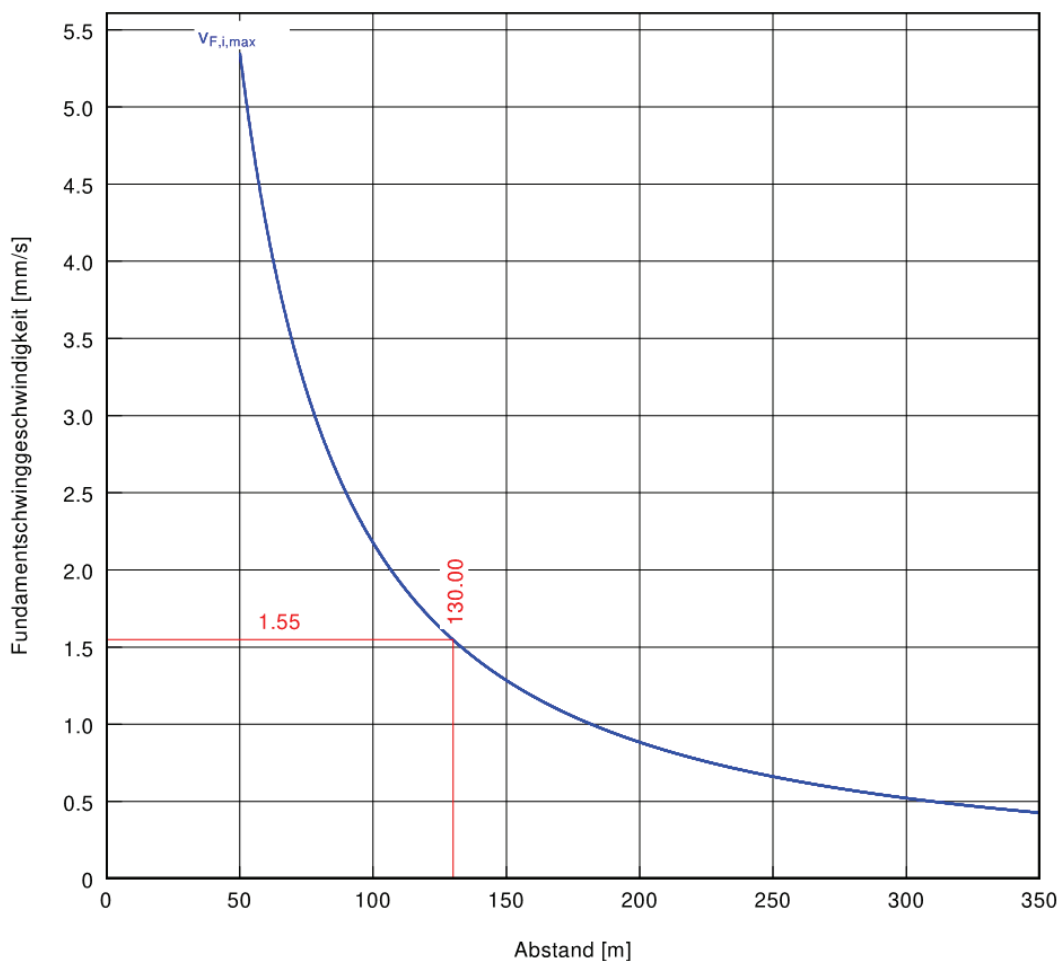
Lageplan des Berechnungsmodells, Bauphase 12 Erdarbeiten Bereich Wendeanlage P4



Schlagramme (Freifallbär)
Wohngebäude
Boden: Kiese, Sande
Boden ist weich bzw. locker
Abstand zum Gebäude r [m]: 130.00

Energie pro Rammschlag [kN·m] = 6131.25
Schwingfrequenz [Hz]: 10.00

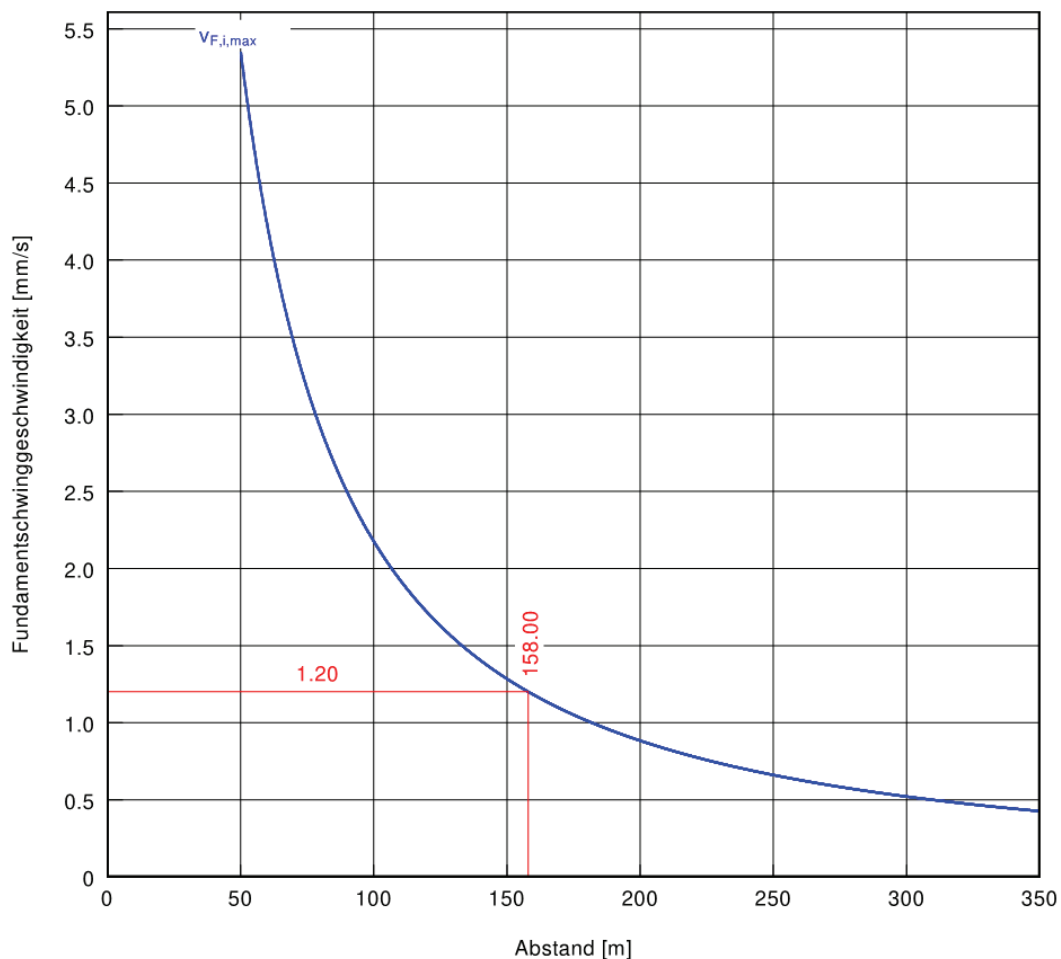
Ergebnisse
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 896.93
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{\text{F,i,max}}$ [mm/s] = 1.55
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 2.00
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 3.10
Zulässiger Wert [mm/s] = 15.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 2.32
Zulässiger Wert [mm/s] = 20.00



Schlagramme (Freifallbär)
Wohngebäude
Boden: Kiese, Sande
Boden ist weich bzw. locker
Abstand zum Gebäude r [m]: 158.00

Energie pro Rammschlag [kN·m] = 6131.30
Schwingfrequenz [Hz]: 10.00

Ergebnisse
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 737.98
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{\text{F,i,max}}$ [mm/s] = 1.20
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 2.00
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 2.40
Zulässiger Wert [mm/s] = 15.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 1.80
Zulässiger Wert [mm/s] = 20.00



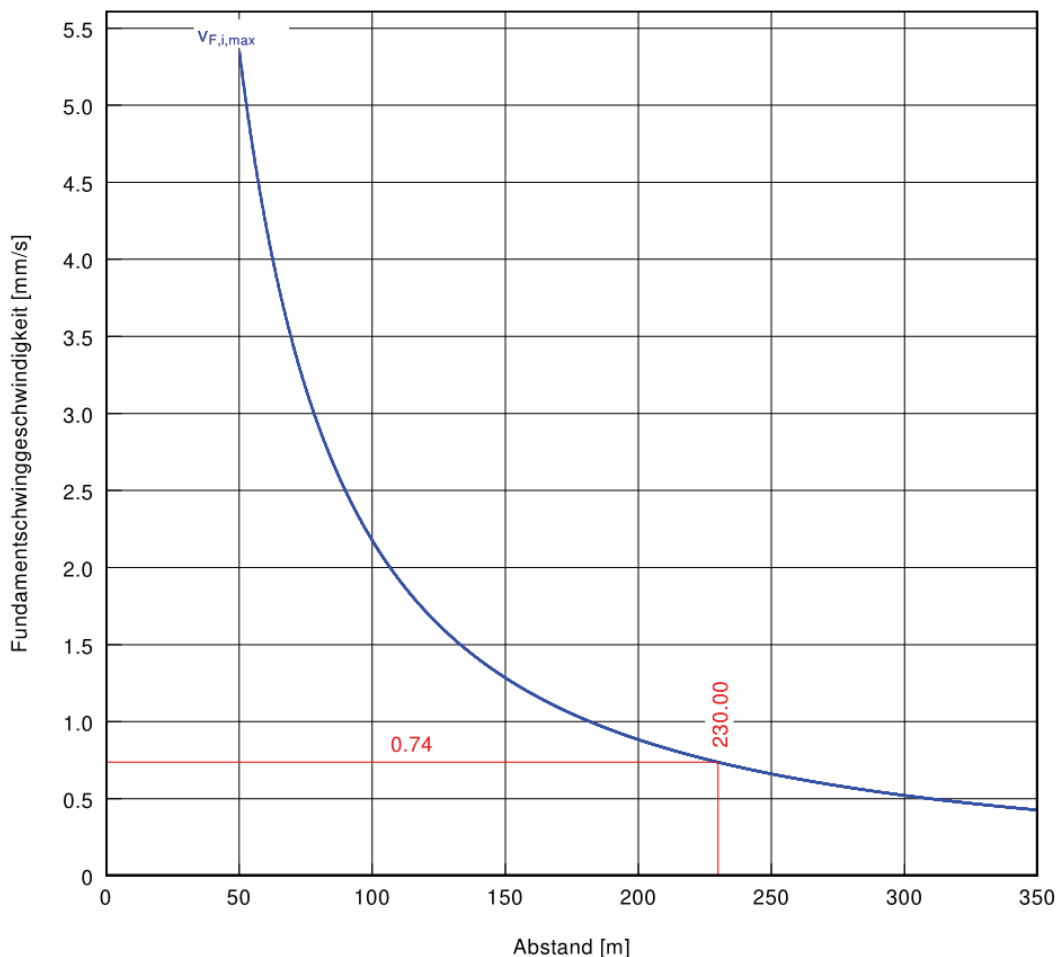
Ergebnisse Immissionsberechnung Erschütterung
für die Adresse Asberger Straße 13



Schlagramme (Freifallbär)
Wohngebäude
Boden: Kiese, Sande
Boden ist weich bzw. locker
Abstand zum Gebäude r [m]: 230.00

Energie pro Rammschlag [kN·m] = 6131.30
Schwingfrequenz [Hz]: 10.00

Ergebnisse
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 506.96
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{\text{F,i,max}}$ [mm/s] = 0.74
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 2.00
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 1.47
Zulässiger Wert [mm/s] = 15.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 1.11
Zulässiger Wert [mm/s] = 20.00



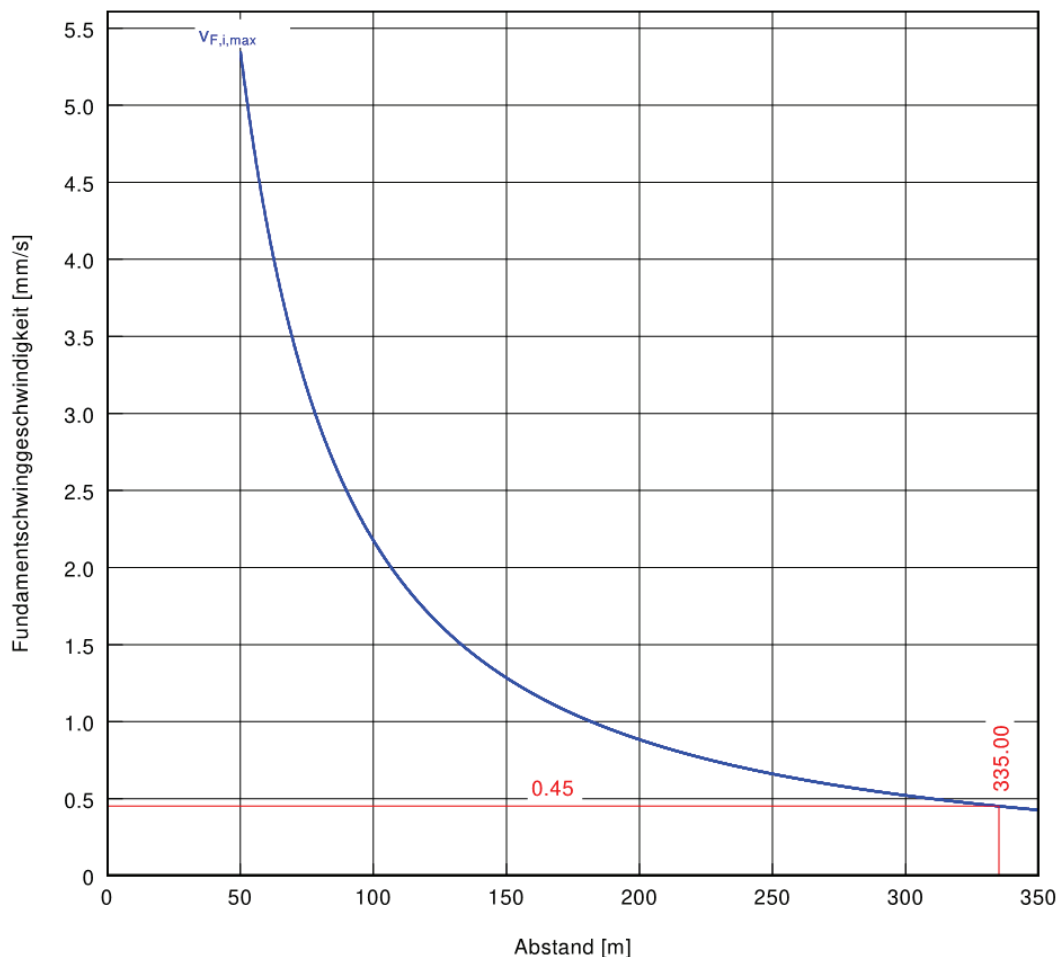
Ergebnisse Immissionsberechnung Erschütterung für die Gebäude der Kleingartensiedlung



Schlagramme (Freifallbär)
Wohngebäude
Boden: Kiese, Sande
Boden ist weich bzw. locker
Abstand zum Gebäude r [m]: 335.00

Energie pro Rammschlag [kJ·m] = 6131.30
Schwingfrequenz [Hz]: 10.00

Ergebnisse
Resultierende Bodenschwingbeschleunigung $a_{\text{Boden,R}}$ [mm/s²] = 348.06
Max zulässige Bodenschwingbeschleunigung [mm/s²] = $g/3 = 3300.00$
Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{F,i,max}$ [mm/s] = 0.45
Zulässiger Wert [mm/s] = 5.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) horizontal [-] = 2.00
Horizontale Schwinggeschwindigkeit (Decken, Wände) [mm/s] = 0.90
Zulässiger Wert [mm/s] = 15.00
Übertragungsfaktor (Bauteil) vertikal [-] = 1.50
Vertikale Schwinggeschwindigkeit (Deckenmitte) [mm/s] = 0.68
Zulässiger Wert [mm/s] = 20.00



Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 1 Erdarbeiten Abschnitt 1



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	44	-
		O	1.OG	MI	60	45	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	48	-
		SW	1.OG	WA	55	48	-
		SW	2.OG	WA	55	49	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	53	-
		W	1.OG	WA	55	56	1
		W	2.OG	WA	55	56	1
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	52	-
		S	1.OG	WA	55	56	1
		S	2.OG	WA	55	56	1
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	45	-
		W	1.OG	AU	60	47	-
		W	2.OG	AU	60	49	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	40	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	31	-
		SW	1.OG	GE	65	38	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 2 Erdarbeiten Abschnitt 2



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	42	-
		O	1.OG	MI	60	43	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	49	-
		SW	1.OG	WA	55	49	-
		SW	2.OG	WA	55	49	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	56	1
		W	1.OG	WA	55	59	4
		W	2.OG	WA	55	59	4
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	56	1
		S	1.OG	WA	55	58	3
		S	2.OG	WA	55	59	4
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	48	-
		W	1.OG	AU	60	49	-
		W	2.OG	AU	60	50	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	40	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	32	-
		SW	1.OG	GE	65	38	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 3 Erdarbeiten Abschnitt 3



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	39	-
		O	1.OG	MI	60	41	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	44	-
		SW	1.OG	WA	55	44	-
		SW	2.OG	WA	55	45	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	47	-
		W	1.OG	WA	55	51	-
		W	2.OG	WA	55	51	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	54	-
		S	1.OG	WA	55	55	-
		S	2.OG	WA	55	56	1
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	52	-
		W	1.OG	AU	60	52	-
		W	2.OG	AU	60	53	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	39	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	32	-
		SW	1.OG	GE	65	38	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 4 Erdarbeiten Abschnitt 4



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	43	-
		O	1.OG	MI	60	44	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	46	-
		SW	1.OG	WA	55	46	-
		SW	2.OG	WA	55	47	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	50	-
		W	1.OG	WA	55	53	-
		W	2.OG	WA	55	54	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	50	-
		S	1.OG	WA	55	52	-
		S	2.OG	WA	55	53	-
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	46	-
		W	1.OG	AU	60	47	-
		W	2.OG	AU	60	49	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	42	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	33	-
		SW	1.OG	GE	65	39	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 5 Erdarbeiten Abschnitt 5



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	39	-
		O	1.OG	MI	60	41	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	45	-
		SW	1.OG	WA	55	45	-
		SW	2.OG	WA	55	46	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	46	-
		W	1.OG	WA	55	51	-
		W	2.OG	WA	55	51	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	50	-
		S	1.OG	WA	55	52	-
		S	2.OG	WA	55	53	-
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	50	-
		W	1.OG	AU	60	51	-
		W	2.OG	AU	60	52	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	43	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	34	-
		SW	1.OG	GE	65	39	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 6 Erdarbeiten Abschnitt 6



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	42	-
		O	1.OG	MI	60	43	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	45	-
		SW	1.OG	WA	55	45	-
		SW	2.OG	WA	55	45	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	47	-
		W	1.OG	WA	55	51	-
		W	2.OG	WA	55	51	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	48	-
		S	1.OG	WA	55	51	-
		S	2.OG	WA	55	51	-
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	46	-
		W	1.OG	AU	60	47	-
		W	2.OG	AU	60	48	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	43	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	46	-
		SW	1.OG	GE	65	48	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 7 Erdarbeiten Abschnitt 7



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	39	-
		O	1.OG	MI	60	41	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	45	-
		SW	1.OG	WA	55	44	-
		SW	2.OG	WA	55	45	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	45	-
		W	1.OG	WA	55	50	-
		W	2.OG	WA	55	50	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	48	-
		S	1.OG	WA	55	51	-
		S	2.OG	WA	55	51	-
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	47	-
		W	1.OG	AU	60	48	-
		W	2.OG	AU	60	49	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	45	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	40	-
		SW	1.OG	GE	65	46	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 8 Dynamische Verdichtung Abschnitt 1



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	46	-
		O	1.OG	MI	60	46	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	48	-
		SW	1.OG	WA	55	48	-
		SW	2.OG	WA	55	48	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	42	-
		W	1.OG	WA	55	48	-
		W	2.OG	WA	55	49	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	52	-
		S	1.OG	WA	55	53	-
		S	2.OG	WA	55	53	-
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	52	-
		W	1.OG	AU	60	53	-
		W	2.OG	AU	60	53	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	51	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	43	-
		SW	1.OG	GE	65	49	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 9 Dynamische Verdichtung Abschnitt 2



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG 1.OG	MI	60	47	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	50	-
		SW	1.OG	WA	55	50	-
		SW	2.OG	WA	55	50	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	52	-
		W	1.OG	WA	55	54	-
		W	2.OG	WA	55	54	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	55	-
		S	1.OG	WA	55	55	-
		S	2.OG	WA	55	56	1
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	54	-
		W	1.OG	AU	60	54	-
		W	2.OG	AU	60	54	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	49	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	40	-
		SW	1.OG	GE	65	46	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 10 Dynamische Verdichtung Abschnitt 3



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	46	-
		O	1.OG	MI	60	46	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	48	-
		SW	1.OG	WA	55	49	-
		SW	2.OG	WA	55	49	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	45	-
		W	1.OG	WA	55	48	-
		W	2.OG	WA	55	49	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	55	-
		S	1.OG	WA	55	55	-
		S	2.OG	WA	55	56	1
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	56	-
		W	1.OG	AU	60	56	-
		W	2.OG	AU	60	56	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	51	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	37	-
		SW	1.OG	GE	65	43	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 11 Dynamische Verdichtung Abschnitt 4



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	47	-
		O	1.OG	MI	60	47	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	50	-
		SW	1.OG	WA	55	51	-
		SW	2.OG	WA	55	51	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	54	-
		W	1.OG	WA	55	56	1
		W	2.OG	WA	55	57	2
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	59	4
		S	1.OG	WA	55	59	4
		S	2.OG	WA	55	60	5
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	56	-
		W	1.OG	AU	60	56	-
		W	2.OG	AU	60	56	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	46	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	35	-
		SW	1.OG	GE	65	42	-

Ergebnisse der Immissionsberechnung - Bauphase 12 Erdarbeiten Bereich Wendeanlage P4



Immissionsort Nr.	Immissionspunkt			Gebiets- einstufung	Immissions- Richtwert Tag dB(A)	Beurteilungspegel Tag dB(A)	Überschreitung des Immissions- richtwerts Tag dB(A)
	Name	Fassaden- orientierung	Geschoss				
1	2	3	4	5	6	7	8
01	Vennikelstraße 139	O	EG	MI	60	39	-
		O	1.OG	MI	60	40	-
02	Reitweg 56	SW	EG	WA	55	43	-
		SW	1.OG	WA	55	43	-
		SW	2.OG	WA	55	44	-
03	Asberger Straße 2b	W	EG	WA	55	46	-
		W	1.OG	WA	55	50	-
		W	2.OG	WA	55	51	-
04	Asberger Straße 2b	S	EG	WA	55	55	-
		S	1.OG	WA	55	55	-
		S	2.OG	WA	55	56	1
05	Asberger Straße 13	W	EG	AU	60	57	-
		W	1.OG	AU	60	58	-
		W	2.OG	AU	60	58	-
06	Kleingartengebiet	S	EG	EG	60	40	-
07	Parkstraße 4	SW	EG	GE	65	30	-
		SW	1.OG	GE	65	36	-