

Müller-BBM Industry Solutions GmbH  
Niederlassung Gelsenkirchen  
Fritz-Schupp-Straße 4  
45899 Gelsenkirchen

Telefon +49(209)98308 0  
Telefax +49(209)98308 11

[www.mbbm-ind.com](http://www.mbbm-ind.com)

Dr.-Ing. Dieter Schwarzkopf  
Telefon +49(209)98308 20  
[dieter.schwarzkopf@mbbm-ind.com](mailto:dieter.schwarzkopf@mbbm-ind.com)

20. Februar 2024  
M178959/01 Version 2 SWF/BLEC

## **Neubau eines EAF am Standort Völklingen**

### **Erschütterungsprognose für die Bauphase**

**Bericht Nr. M178959/01**

**Auftraggeber:**

**Greensteel Projekt GmbH  
Werkstraße 1  
66763 Dillingen Saar**

**Bearbeitet von:**

**Dr.-Ing. Dieter Schwarzkopf**

**Berichtsumfang:**

**Insgesamt 18 Seiten, davon  
16 Seiten Textteil und  
2 Seiten Anhang**

Müller-BBM Industry Solutions GmbH  
Niederlassung Gelsenkirchen  
HRB München 86143  
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:  
Joachim Bittner, Walter Grotz,  
Dr. Carl-Christian Hantschk,  
Dr. Alexander Ropertz

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Situation und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zitierte Unterlagen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Immissionsorte</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen</b>	<b>5</b>
4.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	5
4.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	8
<b>5</b>	<b>Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb</b>	<b>11</b>
5.1	Beschreibung der vorgesehenen Bauarbeiten	11
5.2	Erschütterungen durch Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten	11
<b>6</b>	<b>Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen am Beispiel von Vibrationswalzen</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Erschütterungstechnische Überwachung während der Bauzeit</b>	<b>16</b>

**Anhang Lageplan**

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die Greensteel Projekt GmbH plant auf dem Werksgelände der Saarstahl AG am Standort Völklingen die Errichtung eines neuen Elektrolichtbogenofens, (Electric-Arc-Furnace, EAF).

Die Betreiberin hat das Vorhaben entsprechend § 16 BImSchG beantragt. Seitens der genehmigenden Behörde wird nun in [4] gefordert, die während der Bauphase auf Menschen und Gebäude einwirkenden Erschütterungseinwirkungen zu prognostizieren und gemäß DIN 4150-2 [2] und DIN 4150-3 [3] zu beurteilen.

## 2 Zitierte Unterlagen

- [1] DIN 4150-1: Erschütterungen im Bauwesen. Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen. Dezember 2022
- [2] DIN 4150-2: Erschütterungen im Bauwesen. Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. Juni 1999s
- [3] DIN 4150-3: Erschütterungen im Bauwesen. Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Dezember 2016
- [4] Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz: „Vorhaben der GreenSteel Projekt GmbH, Werkstr. 1, 66763 Dillingen - Genehmigungsantrag nach § 4 BImSchG zur Errichtung und zum Betrieb eines Elektrolichtbogenofens inklusive Nebenanlagen auf dem Gelände der Saarstahl AG am Standort Völklingen - Vollständigkeitsprüfung der Antragsunterlagen“; Zeichen: 6107-0010#0002; Schreiben vom 08.01.2024
- [5] 2023 basemep.de/BKG; Datenquelle © GeoBasis-DE

### 3 Immissionsorte

Die dem geplanten Baufeld nächstgelegenen Wohnhäuser befinden sich im Südwesten an der Hallerstraße in Völklingen. Der kürzeste Abstand vom Baufeld zu den Wohnhäusern beträgt 200 m.

Die Immissionsorte an der Hallerstraße liegen gemäß Flächennutzungsplan des Regionalverbandes Saarbrücken in einer Wohnbaufläche. Ein Bebauungsplan besteht nicht. Die tatsächliche Nutzung im betreffenden Bereich entspricht jedoch einem Mischgebiet. Im Sinne des Immissionsschutzes, auf der sicheren Seite liegend, werden für diese Immissionsorte die Anhaltswerte der DIN 4150 für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind, berücksichtigt.

In Abbildung A1 im Anhang ist ein Lageplan mit dem geplanten Baufeld und den nächstgelegenen Wohngebäuden an der Hallerstraße dargestellt.

## 4 Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen

### 4.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Beurteilung von Erschütterungen, die auf Menschen in Gebäuden einwirken, erfolgt nach DIN 4150, Teil 2 [2].

Zur Bewertung der Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen wird die bewertete Schwingstärke  $KB_F(t)$  herangezogen. Die bewertete Schwingstärke  $KB_F(t)$  berücksichtigt die unterschiedliche Empfindsamkeit des Menschen gegenüber Erschütterungen bei unterschiedlichen Frequenzen.

Die Beurteilung erfolgt anhand von zwei Beurteilungsgrößen:

- $KB_{Fmax}$  die maximale bewertete Schwingstärke
- $KB_{FTr}$  die Beurteilungsschwingstärke

Die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_F(t)$ , der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt.

Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  berücksichtigt die Häufigkeit und Dauer der Erschütterungsereignisse. Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  wird mithilfe eines Taktmaximalwertverfahrens (Taktzeit = 30 s) ermittelt.

Die Beurteilungsschwingstärke  $KB_{FTr}$  ergibt sich dabei nach folgender Gleichung:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (1)$$

mit

$T_r$  = Beurteilungszeit  
(tags 16 h (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr), nachts 8 h (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr))

$T_e$  = Einwirkzeit

$KB_{FTm}$  = Taktmaximal-Effektivwert, wobei der Taktmaximal-Effektivwert die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte ( $KB_{Fmax}$ -Werte) der Einzelereignisse ist. Zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während Ruhezeiten (werktags 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr und 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr; sonn- und feiertags 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) werden die  $KB_{FTm}$ -Werte bei der Ermittlung von  $KB_{FTr}$  mit der Faktor 2 gewichtet.

Die Beurteilung erfolgt nach nachstehend beschriebener Vorgehensweise.

Es ist die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  zu ermitteln und mit den Anhaltswerten  $A_u$  und  $A_o$  nach Tabelle 1 zu vergleichen:

- Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert  $A_u$ , dann ist die Anforderung dieser Norm eingehalten.
- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als der (obere) Anhaltswert  $A_o$ , dann ist die Anforderung nicht eingehalten.

- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als  $A_u$ , aber kleiner, höchstens gleich  $A_o$ , gilt die Anforderung dieser Norm dann als eingehalten, wenn die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  nicht größer als  $A_r$  nach Tabelle 1 ist.

Die in der DIN 4150, Teil 2 [2] angegebenen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen können der Tabelle entnommen werden.

Tabelle 1. Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 1 für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen.

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	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 (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, Allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. Krankenhäuser, 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 i. d. R. 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 Erschütterungseinwirkung vorgenommen worden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Anhaltswerte indikativen Charakter haben und eine Beurteilung jeweils im Einzelfall – auch unter Berücksichtigung der Messunsicherheit – zu erfolgen hat.

In den Erläuterungen zur Norm werden Zusammenhänge zwischen bewerteten Schwingstärken und subjektiver Wahrnehmung angegeben:

*„Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt die Größe  $KB_{Fmax}$ . Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen  $KB = 0,1$  und  $KB = 0,2$ . In der Umgebungssituation „Wohnung“ werden auch bereits gerade spürbare Erschütterungen als störend empfunden.*

*Erschütterungseinwirkungen um  $KB = 0,3$  werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und entsprechend stark störend wahrgenommen.“*

Die Beurteilung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen erfolgt nach DIN 4150, Teil 2 [2] anhand eines dreistufigen Beurteilungsschemas, das auch bereits als Handlungsgrundlage im Vorfeld der Planung dient.

Das Beurteilungsschema weist Anhaltswerte tagsüber für verschiedene Zeitdauern der Einwirkungen ( $\leq 1$  Tag, 6 Tage bis 26 Tage, 26 Tage bis 78 Tage) aus. Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die Anhaltswerte nach Tabelle 1.

Für länger als 78 Tage einwirkende Erschütterungen macht die Norm keine Angaben. Es sollte dann nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell beurteilt werden. I. d. R. erfolgt dann die Beurteilung anhand der Anhaltswerte nach Tabelle 1.

Tabelle 2. Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 2 für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen.

Dauer	$D \leq 1$ Tag			6 Tag < $D \leq 26$ Tage			26 Tage < $D \leq 78$ Tage		
	$A_u$	$A_0^{\text{*)}$	$A_r$	$A_u$	$A_0^{\text{*)}$	$A_r$	$A_u$	$A_0^{\text{*)}$	$A_r$
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

<sup>\*)</sup> Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt  $A_0 = 6$ .

Die in Tabelle 2 genannten Stufen klassieren die Einwirkungen folgendermaßen:

- Stufe I

Bei Unterschreitung ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

- Stufe II

Bei Unterschreitung ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls die nachfolgend genannten Maßnahmen a) bis e) und erforderlichenfalls auch Maßnahme f) ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten.

Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Anhaltswerte der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.

- Stufe III

Zumutbarkeitsschwelle, bei deren Überschreitung die Fortführung von Bauarbeiten nur unter Berücksichtigung und Vereinbarung besonderer Maßnahmen möglich ist.

Die Norm nennt folgende Maßnahmen bzw. Handlungsanleitungen zur Minderung erheblicher Belästigungen:

- 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 Erschütterungseinwirkungen auf 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.

## 4.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Als Grundlage für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke wird die DIN 4150-3 [3] herangezogen. Die für kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen geltenden Anhaltswerte sind in Tabelle 3 aufgeführt. Als kurzzeitig sind Erschütterungen definiert, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen.



Tabelle 3. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen nach DIN 4150-3, Tabelle 1.

Zeile	Einwirkungsdauer	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s			
		Fundament			Deckenebene des obersten Vollgeschosses alle Frequenzen
		Frequenzen			
< 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz <sup>1)</sup>			
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15
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

<sup>1)</sup> Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

Für stationäre Erschütterungseinwirkungen werden die in nachfolgender Tabelle 4 beschriebenen Anhaltswerte genannt. Die Angaben beziehen sich dabei auf horizontale Einwirkungen in der obersten Deckenebene von Gebäuden.

Tabelle 4. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3, Tabelle 4.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ in mm/s
		Oberste Deckenebene horizontal alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5

Wenn Bauwerke in Oberschwingungen angeregt werden, können die Höchstwerte auch in anderen Deckenebenen oder in der Fundamentebene auftreten. Für ihre Beurteilung sind ebenfalls die Werte der Tabelle 4 heranzuziehen.

Bei stationären Erschütterungseinwirkungen auf Geschossdecken können vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis zu 10 mm/s, bei kurzzeitigen Einwirkungen Schwinggeschwindigkeiten bis 20 mm/s zugelassen werden.

Bei Einhaltung der o. g. Anhaltswerte sind Bauschäden im Sinne der Norm nicht zu erwarten. Bauschäden im Sinne der DIN 4150-3 [3] sind:

- die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen,
- die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken,
- das Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden,
- das Auftreten von Rissen in Putz von Wänden und
- die Vergrößerung bereits vorhandener Risse in Gebäuden.

Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden zwingend auftreten.

## 5 Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb

### 5.1 Beschreibung der vorgesehenen Bauarbeiten

Bislang liegen uns keine genauen Angaben zu den Abläufen bzw. den eingesetzten Baumaschinen vor, da das endgültige Baukonzept erst von den durchführenden Bau-firmen festgelegt wird, die zurzeit noch nicht beauftragt sind.

Es ist aber zu erwarten, dass Bodenverdichtungen mit Vibrationswalzen oder der Einsatz von Rammern bzw. Vibrationsrüttlern erforderlich werden. Der Einsatz dieser Geräte führt erfahrungsgemäß zu den größten Erschütterungsimmissionen. Im Sinne einer konservativen Betrachtung werden im Folgenden die zu erwartenden Er-schütterungsimmissionen beim Einsatz von Vibrationswalzen oder Vibrationsrüttlern bestimmt.

### 5.2 Erschütterungen durch Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten

Durch Bauverfahren mit großen oszillierenden Kräften wie Verdichtungsarbeiten (insbesondere Vibrationswalzen) oder das Rammen bzw. das Einrütteln von Spundwänden und Pfählen etc. sind generell hohe Erschütterungseinwirkungen zu erwarten. Die Höhe der Erschütterungen an den einzelnen Orten ist dabei neben den Abstandsverhältnissen zwischen Baustelle und Gebäuden abhängig von den Wechselwirkungen zwischen den Erschütterungsanregungen aus dem Baubetrieb und den Reaktionen der betroffenen Gebäude. Stimmen die Frequenzen aus den Erschütterungsanregungen mit den Eigenfrequenzen von Gebäudeteilen (zumeist Geschossdecken) überein, kann es zu Resonanzeffekten in den betroffenen Gebäuden kommen.

Dabei können zum Teil sehr hohe Erschütterungen in den Gebäuden verursacht werden. In ungünstigen Fällen – bei sehr geringen Abständen zwischen Erschütterungs-quellen und betroffenen Bauwerken – können dabei Werte erreicht werden, die die Stufe III des Bewertungsschemas nach DIN 4150-2 [2] überschreiten. Die Gefahr von Gebäudeschäden kann dann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Zur Bestimmung der Erschütterungsimmissionen sind nach DIN 4150-1 [1] folgende Parameter von Bedeutung:

- Höhe der Anregung (Quellstärke)
- Struktur des Immissionsortes (Deckeneigenfrequenzen)
- Eigenschaften des Untergrundes im Ausbreitungsbereich
- Eigenschaften des Baugrundes im Übertragungsbereich

Die Höhe der Anregung wird aufgrund der Angaben aus [1] und unserer Erfahrungen aus einer Vielzahl entsprechender Messungen hergeleitet.

Ausgang der vorliegenden Prognose ist ein an der freien Oberfläche ermittelter Be-zugswert im Abstand von 10 m von der Rüttelstelle. Aus Erfahrungswerten und den Beispielen im Anhang A in [1] kann bei Vibrationswalzen oder Vibrationsrüttlern ein Bezugswert von 10 mm/s bis 15 mm/s abgeleitet werden.

Basierend auf der Gleichung 2 in der DIN 4150-1 [1] wurde für die Erschütterungsausbreitung die folgende Ausgleichkurve abgeleitet:

$$v = v_1 \cdot \left( \frac{R}{R_1} \right)^{-0,5} \cdot e^{-\alpha \cdot \left( \frac{R}{R_1} \right)} \quad (2)$$

mit

$v$  Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung  $R$  in mm/s

$v_1$  Amplitude der Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung  $R_1$  in mm/s

$R_1$  Bezugabstand in m

$R$  Entfernung von der Quelle in m

$\alpha$  Abklingkoeffizient in  $m^{-1}$

Der Abklingkoeffizient  $\alpha$  ist frequenzabhängig. Bei der vorliegenden Betrachtung mit Summenwerten wurde für  $\alpha$  ein Wert von ca. 0,019 bestimmt. Die Bestimmung wurde nach den Vorgaben in [1] durchgeführt, wobei für die Ausbreitungsgeschwindigkeit ein Wert von 200 m/s und für den Dämpfungsgrad ein Wert von 0,015 angesetzt wurde.

Für die Eigenschaften im Übertragungsbereich aus dem Freifeld in die Fundamente von Gebäuden wurde nach [1] ein mittlerer Übertragungswert von 0,5 angesetzt. Die so abgeschätzten Fundamentalschwingungen sind aus der Tabelle 5 ersichtlich.

Unter Zugrundelegung der Gleichung (2) werden für verschiedene Abstände zu den Rüttelorten die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen prognostiziert. Diese können ebenfalls der Tabelle 5 entnommen werden.

Bei der Übertragung von Schwingungen vom Fundamentbereich zu den Geschossdecken kann es durch Anregung von Eigenfrequenzen der Deckenbauteile zu erheblichen Erhöhungen der Schwingungswerte kommen.

Bei den üblicherweise eingesetzten Vibrationswalzen oder Vibrationsrüttlern liegen die Rüttelfrequenzen zwischen 30 Hz und 40 Hz. Die Emissionen aus Rüttelarbeiten bewegen sich stets in einem sehr schmalen Frequenzband; daher müssen Deckeneigenfrequenzen nicht generell angeregt werden. Besitzen die Rüttelfrequenzen einen ausreichenden Abstand zu den Eigenfrequenzen der Decken, sind für die Decken Werte wie im Fundamentbereich (Verstärkungsfaktor 1, siehe Tabelle 5) zu erwarten. Liegen die beiden Frequenzen dichter beieinander, so beobachtet man Verstärkungsfaktoren bis zu Faktor 3. Stimmen Erregerfrequenz und Eigenfrequenz der Deckenbauteile überein, kann es zu Überhöhungen der Schwingungswerte bis zum Faktor 6 bis 10 kommen. Auch diese Werte sind in der Tabelle 5 vorsorglich ausgewiesen.

Sollte es aufgrund von Resonanzeffekten zu einer deutlichen Überhöhung der Schwingungswerte kommen (Verstärkungsfaktoren 6 bis 10), werden Veränderungen an der Erschütterungsquelle erforderlich. Üblicherweise können durch Drehzahlveränderungen die Anregungsfrequenzen in gewissen Bereichen beeinflusst werden.

In der Tabelle 5 sind mit den o. g. Überhöhungsfaktoren die Schwinggeschwindigkeiten auf Deckenbauteilen für die verschiedenen Abstandsbereiche bei Einsatz von Vibrationswalzen oder Vibrationsrüttlern angegeben. Alle Werte beziehen sich auf Spitzenwerte der Schwinggeschwindigkeit in mm/s.

Bei der Beurteilung der Einwirkung auf Menschen ist nicht von den Spitzenwerten der Schwinggeschwindigkeiten auszugehen, sondern von sog.  $KB_{Fmax}$ -Werten. Der  $KB_{Fmax}$ -Wert gibt dabei den Zahlenwert des Effektivwertes des KB-bewerteten Signals  $v_{KB}(t)$  an. Die Effektivwertbildung erfolgt mit der Zeitkonstante 0,125 s („FAST“). Die DIN 4150-2 [2] gibt unter Punkt 7 ein Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungsgröße  $KB_{Fmax}$  aus direkten Erschütterungsregistrierungen an. Demnach kann der  $KB_{Fmax}$ -Wert aus einem Spitzenwert der Schwinggeschwindigkeit nach folgender Formel ermittelt werden:

$$KB_{Fmax} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}} \cdot c_F \quad (3)$$

Dabei bedeuten

$v_{max}$  = Maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s

$f$  = Bestimmende Frequenz

$f_0$  = Bezugsfrequenz = 5,6 Hz

$c_F = 0,9$  Korrekturwert für harmonische Schwingungen mit wesentlicher Resonanzbeteiligung gemäß Tabelle 3 der DIN 4150-2 [2]

Bei Frequenzen  $\geq 20$  Hz, wie sie bei Vibrationsrammen normalerweise vorliegen (übliche Frequenzen 30 Hz bis 40 Hz), kann der Ausdruck

$$\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2} = 1 \quad (4)$$

gesetzt werden. Bei Erschütterungen durch Verkehr, Schlagrammen etc. werden auch tiefere Frequenzen angeregt; die ermittelten KB-Werte können dann etwas niedriger liegen. Die Beurteilung dieser Einwirkungen nach o. g. Verfahren liegt damit im Sinne des Immissionsschutzes auf der „sicheren Seite“.

Die so ermittelten KB-Werte sind für die Decken mit ihren jeweiligen Verstärkungsfaktoren ebenfalls der Tabelle 5 zu entnehmen. Die Angaben für die Decken gelten für die Mitte des Deckenfeldes, da an diesem Punkt die höchsten Erschütterungsimmissionen auftreten.

Für die Bodenverdichtung mit Vibrationswalzen oder den Betrieb von Vibrationsrüttlern oder das Einbringen von Ramppfählen mit Schlagrammen werden die in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführten Erschütterungsimmissionen erwartet.

Tabelle 5. Abschätzung der Erschütterungsimmissionen bei Bodenverdichtungen mit Vibrationswalzen bzw. beim Vibrations- oder Schlagrammen.

EAF Völklingen										
Abschätzung der Erschütterungsimmissionen beim Vibrationsrütteln / Vibrationsrammen										
Abstand vom Rüttelort	Erschütterungsausbreitung im Freifeld	Fundamentalschwingungen	Deckenschwingungen				Deckenschwingungen, KB-Werte			
		Minderungsfaktor 0,5	Verstärkungsfaktoren				Verstärkungsfaktoren			
m	min - max mm/s	mm/s	1	3	6	10	1	3	6	10
			mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	KBfmax	KBfmax	KBfmax	KBfmax
10	10,00 - 15,00	7,50	7,50	22,50	45,00	75,00	4,77	14,32	28,64	47,73
15	7,43 - 11,15	5,57	5,57	16,72	33,44	55,73	3,55	10,64	21,28	35,47
20	5,86 - 8,78	4,39	4,39	13,18	26,35	43,92	2,80	8,39	16,77	27,95
25	4,77 - 7,15	3,58	3,58	10,73	21,45	35,75	2,28	6,83	13,65	22,75
30	3,96 - 5,94	2,97	2,97	8,91	17,82	29,70	1,89	5,67	11,34	18,90
35	3,34 - 5,00	2,50	2,50	7,51	15,01	25,02	1,59	4,78	9,56	15,93
40	2,84 - 4,26	2,13	2,13	6,39	12,78	21,30	1,36	4,07	8,13	13,56
50	2,10 - 3,16	1,58	1,58	4,73	9,47	15,78	1,00	3,01	6,03	10,04
60	1,59 - 2,39	1,19	1,19	3,58	7,16	11,93	0,76	2,28	4,56	7,59
70	1,22 - 1,83	0,91	0,91	2,74	5,49	9,15	0,58	1,75	3,49	5,82
100	0,58 - 0,87	0,43	0,43	1,30	2,61	4,35	0,28	0,83	1,66	2,77
150	0,18 - 0,28	0,14	0,14	0,42	0,83	1,38	0,09	0,26	0,53	0,88
<b>200</b>	<b>0,06 - 0,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,14</b>	<b>0,28</b>	<b>0,47</b>	<b>0,03</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,30</b>
250	0,02 - 0,03	0,02	0,02	0,05	0,10	0,16	0,01	0,03	0,06	0,10
300	0,01 - 0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,00	0,01	0,02	0,04
400	0,00 - 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
500	0,00 - 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
600	0,00 - 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

In der markierten Zeile sind die Ergebnisse für einen Abstand zwischen Baufeld und Immissionsort von 200 m dargestellt. Die dort eingerahmten Werte werden für die folgende Bewertung herangezogen, da sie für die nächstgelegenen Immissionsorte gelten (vgl. Abschnitt 3).

## 6 Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen am Beispiel von Vibrationswalzen

Zur Bewertung der erschütterungsrelevanten Tätigkeiten wurden in einem konservativen Ansatz Vibrationsarbeiten auf der Baustelle zugrunde gelegt. Für die nachfolgende Beurteilung wurde der konservative Ansatz gewählt, dass die Schwinggeschwindigkeit in einem Abstand von 10 m von der Quelle 15 mm/s beträgt.

Der Betrieb der Baustelle, insbesondere der Einsatz erschütterungsintensiver Baumaschinen findet ausschließlich zur Tagzeit (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) statt.

Die zur Baustelle nächstgelegenen Immissionsorte weisen zu möglichen Einsatzorten von Vibrationswalzen einen Abstand von ca. 200 m auf. Alle anderen Immissionsorte liegen noch weiter vom Baufeld entfernt. Aufgrund dieser Abstände zu den nächsten Wohnbebauungen können Belästigungen von Anwohnern infolge von Erschütterungen im Sinne der DIN 4150-2 [2] mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Nach diesen Ergebnissen werden auch keine schädlichen Erschütterungseinwirkungen an den Gebäuden im Sinne der DIN 4150-3 [3] auftreten.

Wie die Ergebnisse aus Tabelle 5 zeigen, werden die zulässigen *KB*-Werte von 0,15 (unterer Anhaltswert  $A_u$  für die Tagzeit aus Tabelle 1 für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, Allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)) selbst bei einem konservativen Verstärkungsfaktor von 10 ab einem Abstand von 250 m eingehalten.

In einem Abstand von 200 m vom Baufeld ist mit großer Wahrscheinlichkeit auch zu erwarten, dass die zulässigen *KB*-Werte von 0,15 in der Tagzeit i. d. R. eingehalten werden. Lediglich in ungünstigen Fällen können vereinzelt Resonanzeffekte auftreten, die zu *KB*-Werten führen, die geringfügig über dem unteren Anhaltswert der DIN 4150-2 liegen. Der obere Anhaltswert wird aber auch dann sicher unterschritten. Sollte es zu Resonanzeffekten kommen, muss die Erregerfrequenz an der Baumaschine verändert werden, um die Erregerfrequenz aus dem Bereich der Eigenfrequenz des Bauwerkes/Bauteils zu bringen.

Schädliche Erschütterungseinwirkungen an den Gebäuden im Sinne der DIN 4150-3 [3] sind, selbst wenn Resonanzeffekte auftreten, rechnerisch ausgeschlossen.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Erfahrungen aus Erschütterungsmessungen, die während diverser erschütterungsintensiver Arbeiten auf Baustellen durch Müller-BBM durchgeführt wurden.

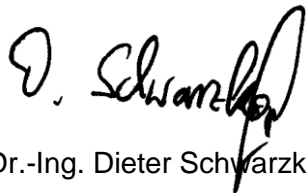
## 7 Erschütterungstechnische Überwachung während der Bauzeit

Wie die Prognose zeigt, sind aus dem Baustellenbetrieb keine schädlichen Erschütterungsimmissionen zu erwarten.

Die Anhaltswerte der DIN 4150-3 [3] werden sehr deutlich unterschritten, so dass schädliche Erschütterungseinwirkungen an den Gebäuden rechnerisch ausgeschlossen sind.

Die unteren Anhaltswerte der DIN 4150-2 [2] werden aller Voraussicht nach ebenfalls unterschritten, so dass Belästigungen von Anwohnern infolge von Erschütterungen im Sinne der DIN 4150-2 [2] nicht zu erwarten sind.

Aufgrund der Prognoseergebnisse wird eine dauerhafte Überwachung der Erschütterungsimmissionen während der Bauzeit für nicht erforderlich gehalten. Sollte es trotzdem zu Beschwerden der Anwohner über die auftretenden Erschütterungsimmissionen geben, wird empfohlen unverzüglich Erschütterungsmessungen in dem betroffenen Gebäude durchzuführen und die auftretenden Erschütterungen zu beurteilen.



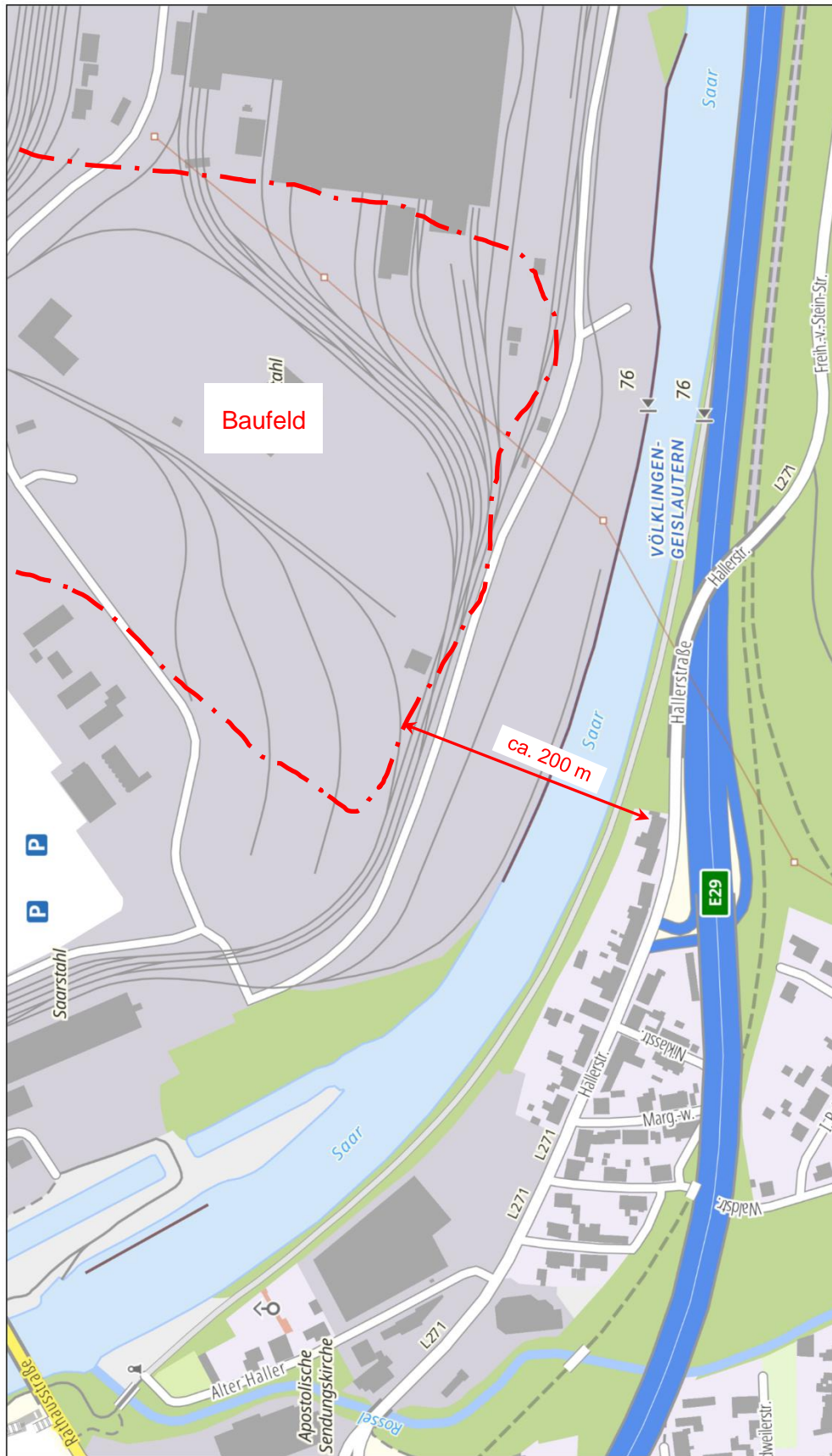
Dr.-Ing. Dieter Schwarzkopf



**Anhang**

**Lageplan**

S:\M\PROJ\178M178959\M178959\_01\_BER\_2D.DOCX:20. 02. 2024



© 2023 basemap.de / BKG | Datenquellen: © GeoBasis-DE | Außerhalb Deutschlands: TopPlusOpen

Maßstab 1:3748

Abbildung A1 Lageplan (Karte entnommen aus [5]).

S:\M\PROJ\178M178959M178959\_01\_BER\_2D.DOCX:20. 02. 2024