

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

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

08. April 2024
M175115/08 Version 2 SWF/SFF

Erschütterungstechnischer Fachbeitrag

zu den Bauleitplanungen „Sondergebiet CO₂-arme Stahlproduktion“ der Städte Dillingen und Saarlouis

Bericht Nr. M175115/08

Auftraggeber:

**AG der Dillinger Hüttenwerke
Postfach 15 80
66748 Dillingen**

Bearbeitet von:

Dr.-Ing. Dieter Schwarzkopf

Berichtsumfang:

Insgesamt 20 Seiten

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

1	Situation und Aufgabenstellung	3
1.1	Allgemeines	3
1.2	Berücksichtigung der Planungs- und Umweltbelange des BauGB für das jeweilige Gemeindegebiet und im übergreifenden Zusammenhang	3
1.3	Aufgabenstellung	5
2	Zitierte Unterlagen	6
3	Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen	7
3.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	7
3.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	10
4	Lage des Plangebiets und Immissionsorte	13
5	Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb	14
5.1	Beschreibung möglicher Bauarbeiten	14
5.2	Erschütterungen durch Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten	14
5.3	Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen am Beispiel von Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten	18
6	Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Betrieb von Industrieanlagen	19
6.1	Beschreibung möglicher Erschütterungsquellen	19
6.2	Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Betrieb von Industrieanlagen	19
7	Fazit	20

1 Situation und Aufgabenstellung

1.1 Allgemeines

Die GreenSteel EAF Dillingen GmbH sowie die GreenSteel DRI Dillingen GmbH beabsichtigen, im östlichen Bereich des Werksgeländes der Aktiengesellschaft der Dillinger Hüttenwerke eine Direktreduktionsanlage (DRI-Anlage) und einen Elektrolichtbogenofen (EAF) zu errichten und zu betreiben.

Die hierfür vorgesehene Fläche ist derzeit unbeplant. Zur Ermöglichung des Transformationsprozesses der Dillinger Hütte hin zu „grünem Stahl“ sollen zwei Bebauungspläne „Sondergebiet CO₂-arme Stahlproduktion“ aufgestellt werden.

Die Plangebiete befinden sich auf dem (gemeindegebietsübergreifenden) Betriebsgelände der AG der Dillinger Hüttenwerke in Verlängerung der bestehenden Hallen des LD-Stahlwerks nach Osten.

1.2 Berücksichtigung der Planungs- und Umweltbelange des BauGB für das jeweilige Gemeindegebiet und im übergreifenden Zusammenhang

§ 1 Abs. 6 BauGB benennt die bei der Aufstellung der Bauleitpläne zu berücksichtigenden Belange. Deren Ermittlung und Begutachtung erfolgt im Rahmen von getrennten Bauleitplanverfahren der Stadt Dillingen und der Kreisstadt Saarlouis. Anlass der Bauleitplanungen ist die übergreifende städtebauliche Zielsetzung, die jeweiligen planerischen Voraussetzungen für eine Transformation der saarländischen Stahlindustrie am „Verbundstandort Dillingen/Saarlouis“ hingehend zu einer kohlenstoffdioxidarmen Produktionsweise zu schaffen und hierdurch einen Beitrag zur Verwirklichung der auch landesplanerischen Leitvorstellung eines umfassenden Klimaschutzes zu leisten. Landesplanerische Leitvorstellung im Sinne des saarländischen Klimaschutzgesetzes ist es, bis zum Jahr 2030 den Ausstoß der Treibhausgase um 55 Prozent zu mindern und bis zum Jahr 2045 Klima-Neutralität zu erreichen. Die Minderungsbeiträge aus dem europäischen System für den Handel mit Treibhausgas-Emissionszertifikaten finden dabei entsprechende Berücksichtigung.

Die Bauleitplanung berücksichtigt in diesem Zusammenhang auch die Belange der Wirtschaft und der Erhaltung, Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen im Saarland. Hierzu sollen Flächen, die unmittelbar an das bestehende Hüttenwerk in Dillingen angrenzen, als Sondergebiete für die CO₂-arme Stahlproduktion ausgewiesen werden. Hierbei wird dem Prinzip gefolgt, einen Ausschnitt aus der Gesamtheit industrieller Nutzungen in Form einer „CO₂-armen Stahlproduktion“ festzusetzen.

Insbesondere durch Festsetzungen zum zulässigen Maß der Nutzung und mit weiteren Festsetzungen wird planerisch u. a. gesteuert, an welcher Stelle des Projektgebiets eine Direktreduktionsanlage, die je nach Anlagentechnik eine Höhe von bis zu 160 m aufweisen kann, errichtet werden darf. Im Weiteren werden maximale Bauhöhen in einem geschichteten Höhenkonzept von bis zu 100 m als zulässig geplant. Dies dient der städtebaulichen Ordnung und Umweltgesichtspunkten.

Zur Deckung des Platzbedarfs neuer Anlagen für die CO₂-arme Stahlproduktion soll planerisch vor allem eine bislang nichtversiegelte Außenbereichsfläche in Anspruch genommen werden. Die vorgesehene Festsetzung von Grundflächenzahlen ermöglicht es, für eine CO₂-arme Stahlproduktion erforderliche Anlagen auf den durch den Vorhabenbereich umfassten Flächen errichten zu können.

Die äußere (öffentliche) verkehrliche Erschließung des Projektgebiets soll über die Bundesstraße B269 und die Zufahrtstraße „Beim Umspannwerk“ – im Gemeindegebiet Saarwellingen – erreicht werden. Hierzu bedarf es sowohl der Abstimmung beider plangebenden Städte mit der Gemeinde Saarwellingen als auch einer bilateralen Vereinbarung zwischen Dillingen und Saarlouis, da die äußere Erschließung des Plangebiets Dillingen nur über das Gemeindegebiet der Kreisstadt Saarlouis möglich ist. Die entsprechenden Abstimmungen sind eingeleitet worden. Zudem besteht ein Industriegleisanschluss an das Gleissystem der Deutschen Bahn AG. Die (betriebliche) innere Erschließung des Projektgebiets soll über Werksstraßen und -gleisanlagen erfolgen.

Die technische Erschließung des Projektgebiets mit elektrischer Energie und mit Erdgas soll über neu zu errichtende (betriebliche) Versorgungsanlagen und deren Anbindung an im Umfeld des Projektgebiets vorhandene bzw. neu zu schaffende Übertragungsnetze gewährleistet werden. Dazu zählt insbesondere das gesondert zu genehmigende, in seinen voraussichtlichen Umweltauswirkungen aber bereits in den hiesigen Bauleitplanverfahren mitberücksichtigte, Projekt der Amprion GmbH für ein neues Umspannwerk „Prims“ östlich des Hüttengeländes. Die Versorgung des Projektgebiets mit Wasser für die Zwecke des Betriebs und der Kühlung von Produktionsanlagen soll über eine neu zu errichtende Wasserentnahme aus der Saar erfolgen. Niederschlags- und gereinigte Abwässer sollen, soweit möglich, über bestehende Entwässerungssysteme, im Übrigen über eine neue Einleitstelle in die Prims, eingeleitet werden.

Die in diesem Zusammenhang erstellten Fachgutachten, Planungen und Begutachtungen betrachten in ihren Bestandsaufnahmen, Analysen und Konzepten jeweils das gesamte Projektgebiet, also die in Rede stehenden Geltungsbereiche der beiden Bauleitpläne der Stadt Dillingen und der Kreisstadt Saarlouis in einem Umfang von insgesamt rund 46 ha. Mit Blick auf berücksichtigungsbedürftige erhebliche Umweltauswirkungen werden zudem alle relevanten Einwirkungsräume und Bestandsflächen im Umfeld beider Bebauungsplangebiete erfasst. Etwaige Vorbelastungen der Schutzgüter werden, soweit maßgeblich, ebenfalls berücksichtigt. Für alle Untersuchungen ist jeweils ein „Größter Anzunehmender Planfall“ (GAP) nach Maßgabe realistischer, konservativ abdeckender Worst-Case-Nutzungsszenarien definiert worden.

Gemäß § 9 BauGB werden zu treffende Festsetzungen jeweils für das zugrunde liegende kommunale Plangebiet getrennt – gleichwohl in enger inhaltlicher Abstimmung – in den Bebauungsplänen für die Stadt Dillingen und die Kreisstadt Saarlouis getroffen. Die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der umweltrelevanten einzelnen Schutzgüter sowie deren Wechselwirkungen untereinander sind gem. §§ 1 Abs. 6 Nr. 7, 1a, 2 Abs. 4 und 2a BauGB inkl. zugehöriger Anlage im Umweltbericht transparent und in ihrer Gesamtheit dargestellt. Diese Vorschriften bestimmen umfassend die Belange des Umweltschutzes als Gegenstand der Umweltprüfung, in welcher die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen ermittelt und in einem Umweltbericht beschrieben und bewertet werden.

1.3 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Bauleitplanverfahren soll ein erschütterungstechnischer Fachbeitrag erarbeitet werden. Ziel ist es, die bei Vollzug der Bebauungspläne maximal auftretenden Erschütterungsimmissionen prognostisch abzuschätzen und diese zu bewerten. Dabei sind sowohl die Bauphase (Baustellenbetrieb) als auch der spätere Betrieb der neu zu errichtenden Anlagen zu berücksichtigen.

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 1999
- [3] DIN 4150-3: Erschütterungen im Bauwesen. Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Dezember 2016

3 Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen

3.1 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, nachts 8 h)

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 (≤ 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. In der Regel 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	$A_0^{*)}$	A_r	A_u	$A_0^{*)}$	A_r	A_u	$A_0^{*)}$	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 $A_0 = 6$.

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.

3.2 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 ^{*)}			
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

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 ¹⁾			
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

¹⁾ 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.

4 Lage des Plangebiets und Immissionsorte

Der Geltungsbereich der beiden Bebauungspläne ist in Abbildung 1 dargestellt.

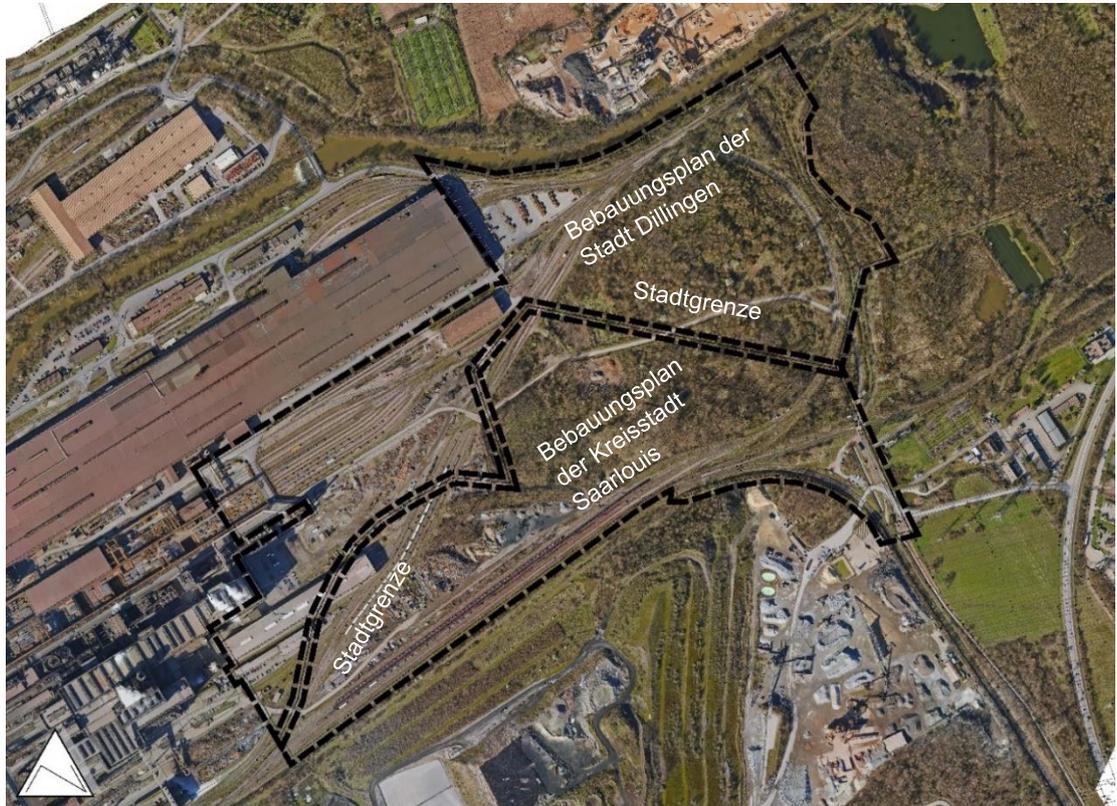


Abbildung 1. Geltungsbereiche der Bebauungspläne jeweils „Sondergebiet CO₂-arme Stahlproduktion“ der Stadt Dillingen und der Kreisstadt Saarlouis mit Darstellung der Stadtgrenze, Quelle Luftbild: Dillinger Hütte, bearbeitet von FIRU mbH.

Die nächstgelegene Wohnbebauung zu den geplanten Bebauungsplänen liegt in einem Abstand von ca. 250 m in nördlicher Richtung im Dillinger Ortsteil Diefflen. Sie hat den Gebietscharakter eines teils allgemeinen (WA), teils reinen Wohngebiets (WR).

Für die Bewertung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden ist somit Zeile 4 der Tabelle 1 (Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, Allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)) maßgeblich.

Für die Bewertung der Erschütterungseinwirkung auf Bauwerke ist jeweils Zeile 2 der Tabelle 3 bzw. Tabelle 4 (Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten) maßgeblich.

Näher gelegene Immissionsorte oder Immissionsorte mit höherem Schutzanspruch sind im Umfeld der geplanten Bebauungspläne nicht vorhanden.

5 Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Baubetrieb

5.1 Beschreibung möglicher Bauarbeiten

Bei den geplanten Bebauungsplänen handelt es sich um Angebotsbebauungspläne. Daher ist im Rahmen der Bauleitplanung noch weitgehend offen, wo auf dem Plangebiet zukünftig welche Bauarbeiten durchgeführt werden. Angaben zu Bauabläufen bzw. einzusetzenden Baumaschinen liegen naturgemäß noch nicht vor.

Es ist aber nicht auszuschließen, dass im Plangebiet z. B. Rammarbeiten zum Setzen von Spundwänden erforderlich werden können. Spundwände werden üblicherweise mit Vibrationsrammen oder Vibrationsrüttlern eingebracht. Der Einsatz dieser Geräte führt erfahrungsgemäß mit zu den größten Erschütterungsimmissionen infolge eines Baustellenbetriebs. Im Sinne einer konservativen Betrachtung werden im Folgenden somit die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen beim Einsatz von Vibrationsrammen oder Vibrationsrüttlern bestimmt.

5.2 Erschütterungen durch Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten

Durch Bauverfahren mit großen oszillierenden Kräften wie dem Rammen, dem Einrütteln von Spundwänden und Pfählen oder Verdichtungsarbeiten (insbesondere Rüttelwalzen) 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 Erschütterungsquellen 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 von vorneherein 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 der DIN 4150-1 [1] und unserer Erfahrungen aus einer Vielzahl entsprechender Messungen hergeleitet.

Ausgang der vorliegenden Betrachtung ist ein an der freien Oberfläche ermittelter Bezugswert im Abstand von 10 m von der Rüttelstelle. Aus Erfahrungswerten und den Beispielen im Anhang A in [1] kann bei Vibrationsrammen 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:

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

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 Bezugsabstand in m

R Entfernung von der Quelle in m

α Abklingkoeffizient in m^{-1}

Der Abklingkoeffizient α ist frequenzabhängig. Bei der vorliegenden Betrachtung mit Summenwerten wurde für α 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 wurden.

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 Geschosdecken kann es durch Anregung von Eigenfrequenzen der Deckenbauteile zu erheblichen Erhöhungen der Schwingungswerte kommen.

Bei den üblicherweise eingesetzten Vibrationsrammen liegen die Rüttelfrequenzen zwischen 30 Hz und 40 Hz. Die Emissionen aus Rüttelarbeiten bewegen sich stets in einem sehr schmalen Frequenzband; daher müssen Decken-Eigenfrequenzen nicht zwingend 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.

In der Tabelle 5 sind mit den o. g. Überhöhungsfaktoren die Schwinggeschwindigkeiten auf Deckenbauteilen für die verschiedenen Abstandsbereiche bei Einsatz von Vibrationsrammen 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 ≥ 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 Erschütterungsimmisionen auftreten.

Für das Einbringen von Spundwänden mittels Vibrationsramme werden die in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführten Erschütterungsimmisionen erwartet.

Tabelle 5. Abschätzung der Erschütterungsimmissionen beim Vibrationsrammen.

Bebauungsplanverfahren „Sondergebiet CO2-arme Stahlproduktion“										
Abschätzung der Erschütterungsimmissionen beim Vibrationsrammen										
Abstand vom Rüttelort	Erschütterungsausbreitung im Freifeld	Fundamentalschwingungen	Deckenschwingungen				Deckenschwingungen, KB-Werte			
m	min - max mm/s	Minderungsfaktor	Verstärkungsfaktoren				Verstärkungsfaktoren			
		0,5	1	3	6	10	1	3	6	10
		mm/s	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
200	0,06 - 0,09	0,05	0,05	0,14	0,28	0,47	0,03	0,09	0,18	0,30
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 Ramm- bzw. Rüttelstelle und Immissionsort von 250 m dargestellt. Die dort eingerahmten Werte werden für die folgende Bewertung herangezogen, da diese Entfernung dem kürzesten Abstand zwischen einer möglichen Erschütterungsquelle (am Rand des Plangebietes) und dem nächsten Wohnhaus entspricht. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei dem angegebenen Abstand um den Worst Case handelt. Aufgrund der Festsetzungen im Bebauungsplan (Dillingen, Grünflächen) ist nicht davon auszugehen, dass unmittelbar am Rand des Plangebietes Ramm- bzw. Rüttelarbeiten vorgenommen werden.

5.3 Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen am Beispiel von Ramm- bzw. Rüttel- und Verdichtungsarbeiten

Zur Bewertung der erschütterungsrelevanten Tätigkeiten wurden in einem konservativen Ansatz Vibrationsarbeiten auf einer 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.

Die zur Baustelle nächstgelegenen Immissionsorte weisen zu möglichen Einsatzorten von Vibrationsrammen einen Abstand von mindestens 250 m auf. Alle anderen Immissionsorte liegen noch weiter vom Plangebiet 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 0,10 nachts und 0,15 tags (unterer Anhaltswert A_u 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.

Schädliche Erschütterungseinwirkungen an den Gebäuden i. S. d. DIN 4150-3 [3] sind, selbst wenn Resonanzeffekte auftreten, rechnerisch ausgeschlossen.

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

6 Abschätzung der Erschütterungsimmissionen aus dem Betrieb von Industrieanlagen

6.1 Beschreibung möglicher Erschütterungsquellen

Auf dem Plangebiet der Bebauungspläne sollen Anlagen zur CO₂-armen Stahlproduktion errichtet werden. Genaue Angaben zu den dort eingesetzten Maschinen und Aggregaten gibt es noch nicht. An erschütterungsverursachenden Maschinen sind z. B. folgende Typen vorstellbar:

- Ventilatoren
- Pumpen
- Turbinen
- Generatoren
- Vibro-Rinnen
- Siebmaschinen

Für die erstgenannten rotierenden Maschinen ist davon auszugehen, dass sie – schon zum Schutz der Maschine – keine großen Unwuchten aufweisen. Dementsprechend sind die in den Boden eingeleiteten dynamischen Lasten relativ gering und es ist lediglich im Nahbereich der Maschine mit spürbaren Erschütterungen zu rechnen. Außerhalb des Werksgeländes werden keine Erschütterungsimmissionen verursacht.

Bei Vibro-Rinnen oder Siebmaschinen können, je nach zu förderndem oder abzusiebendem Material, größere dynamische Kräfte auftreten, die dann auch in den Boden eingeleitet werden und grundsätzlich zu Erschütterungsimmissionen führen.

Aufgrund der Anregung und der Ankoppelung der Maschinen an den Boden sind die Erschütterungsemissionen deutlich geringer als bei den Vibrationsrammen, die für den Baustellenbetrieb in Abschnitt 5 betrachtet wurden. Demzufolge werden auch die Erschütterungsimmissionen bei Betrieb von Anlagen im Plangebiet nicht höher ausfallen als im Baustellenbetrieb bei Einsatz von Vibrationsrammen.

6.2 Bewertung der zu erwartenden Erschütterungen aus dem Betrieb von Industrieanlagen

Die Erschütterungsemissionen bei typischen Erschütterungen aus Industrieanlagen werden deutlich geringer sein als die maximal zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baustellenbetrieb. Die *KB*-Werte infolge des Betriebs von Industrieanlagen werden deutlich unter dem unteren Anhaltswert der DIN 4150, Teil 2 [2] liegen und voraussichtlich nicht spürbar sein.

7 Fazit

Sowohl in der Bauphase als auch beim Betrieb typischer Industrieanlagen zur Stahlerzeugung sind an den Immissionsorten maximal Erschütterungsimmissionen zu erwarten, die weit unter den Anhaltswerten der DIN 4150, Teil 3 [3] liegen. Bauschäden im Sinne der Norm sind somit keinesfalls zu erwarten.

Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungen, die auf Menschen in Gebäuden einwirken, ist festzustellen, dass im Baustellenbetrieb – selbst unter ungünstigsten Randbedingungen (Rammarbeiten am Rand des Plangebiets in kürzestem Abstand zu Wohngebäuden, auftretende Resonanzeffekte, etc.) – Belästigungen von Anwohnern infolge von Erschütterungen i. S. d. DIN 4150-2 [2] mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden können. Die zu erwartenden *KB*-Werte liegen unter dem unteren Anhaltswert A_u der DIN 4150, Teil 2 [2]. Die Anforderungen der Norm werden somit eingehalten.

Bei industrieller Nutzung im Plangebiet werden die Erschütterungsimmissionen noch unter denen liegen, die im Baustellenbetrieb maximal auftreten können. Diese sind voraussichtlich nicht spürbar.

Nach gegenwärtiger fachgutachterlicher Einschätzung stehen potenzielle Erschütterungsimmissionen aus dem Plangebiet dem Verfahrensvollzug der Bauleitplanungen nicht entgegen.



Dr.-Ing. Dieter Schwarzkopf