



Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro

Vom Landesoberbergamt NRW öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für übertägige und untertägige Sprengtechnik und Erschütterungsbeurteilung

Dipl.-Ing. Josef Hellmann · Örlingweg 29 · D-44309 Dortmund

Stadt Paderborn
Stadtplanungsamt
Frau Kohrs
33095 Paderborn

Örlingweg 29
D-44309 Dortmund
Telefon: 02 31/2 00 87 42
Handy: 0171/2 28 11 77
Telefax: 0231/2 00 87 43

Hellmann@Sprenggutachter.de
www.Sprenggutachter.de

- Messung und Beurteilung von Schwingungen durch Baumaschinen und Sprengungen
- Schallpegelmessungen
- Gutachten und Beratung, Erschütterungsprognosen
- Sprengausbildung

Digitales Exemplar

Dortmund, den 21.11.2014

Meine Projekt-Nr.: 14 – S – 21.11. Stadt Paderborn / HeidelbergCement

Erschütterungsauswertung und –prognose

zur Auswirkung der Sprengarbeiten im Steinbruch Ilse der HeidelbergCement AG,
auf das geplante Gewerbegebiet W 181 „Barkhauser Straße“ in Paderborn.

Auftraggeber:

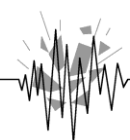
Stadt Paderborn
Stadtplanungsamt
Pontanusstraße 55
33102 Paderborn

Steinbruch:

Steinbruch „Ilse“
HeidelbergCement AG, Werk Paderborn
Am Atlaswerk 16
33106 Paderborn

Inhaltsverzeichnis

Pkt.	Titel	Seite
	Deckblatt	
	Inhaltsverzeichnis.....	2
1.0	Aufgabenstellung.....	3
2.0	Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung.....	4
3.0	Abbaubeschreibung.....	5
4.0	Sprengarbeiten.....	6
4.1	Sprengtechnische Daten.....	7
5.0	Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich.....	7
5.1	Normalfall einer Gewinnungssprengung.....	8
5.2	Unterbindung von gefährlich weitem Steinflug.....	10
6.0	Erschütterungsimmissionsschutz.....	12
6.1	DIN 4150 Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen".....	12
6.2	DIN 4150 Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden"	12
6.2.1	Quellenspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN Teil 2.....	14
6.3	DIN 4150 Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen"	15
6.4	Erschütterungs-Leitlinie des LAI.....	16
7.0	Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke.....	17
7.1	Gewerblich genutzte Bauwerke	17
7.2	Erdverlegte Leitungen	18
8.0	Erschütterungsmessungen	18
9.0	Grundlagen der Erschütterungsprognose.....	21
10.0	Erschütterungsprognose.....	23
10.1	Nicht unterkellerte eingeschossige gewerbliche Gebäude	24
10.2	Mehrgeschossige gewerbliche Gebäude und Betriebsleiterwohnungen	29
11.0	Beurteilung.....	33
11.1	Nicht unterkellerte eingeschossige gewerbliche Gebäude	33
11.2	Mehrgeschossige gewerbliche Gebäude und Betriebsleiterwohnungen	34
12.0	Schlussbemerkung.....	37
	Anlagen.....	38 - 39



1.0 Aufgabenstellung

Auswertung von Erschütterungsmessungen und Erstellung einer Erschütterungsprognose für das geplante Gewerbegebiet W 181 „Barkhauser Straße“ beim zukünftigen Gesteinsabbau im Steinbruch „Ilse“ der HeidelbergCement AG, Werk Paderborn.

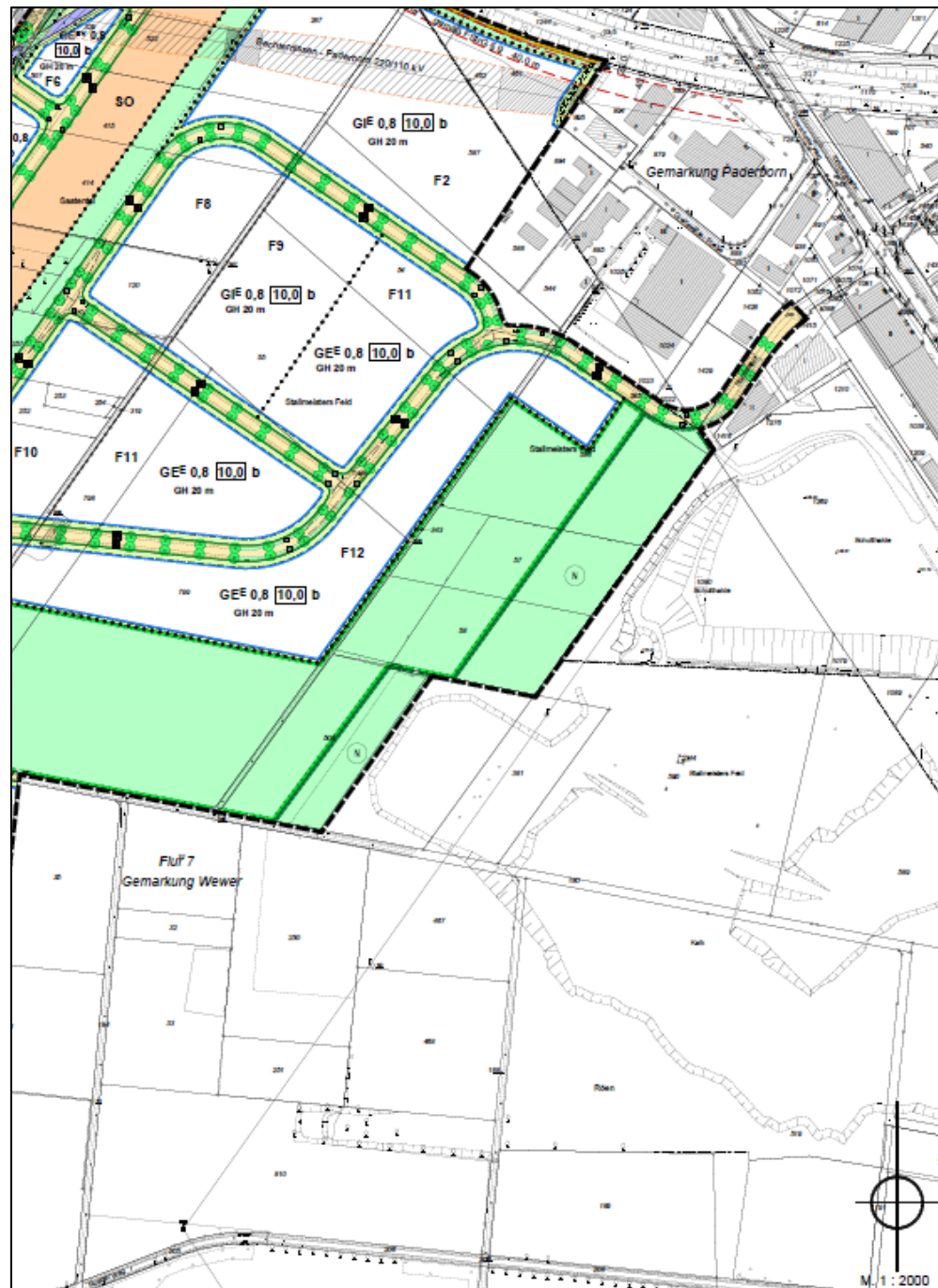


Abb. 1 Steinbruch „Ilse“ mit angrenzendem Gewerbegebiet W 181

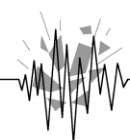


Mit dem hier erstellten Gutachten soll untersucht werden, in welcher Höhe Erschütterungsauswirkungen von Gewinnungssprengungen im Steinbruch „Ilse“ auf eine zukünftige gewerbliche Bebauung im geplanten Gewerbegebiet W 181 einwirken werden. Weiterhin sind Vorgaben zu nennen, mit denen der Schutz der Bevölkerung, der angrenzenden Bebauung und anderer zu schützender Anlagen und Objekte vor ungewolltem Steinflug oder Beschädigungen gewährleistet wird.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind 12 Erschütterungsmessungen die in den Jahren 1995 bis 2007 von verschiedenen Institutionen bei repräsentativen Gewinnungssprengungen im Steinbruch „Ilse“ und im Nachbarsteinbruch „Atlas“ der HeidelbergCement AG gemessen wurden sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel.

2.0 Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung

- BG-Regel BGR/GUV-R 241 „Sprengarbeiten“
- Gutachten und Erschütterungsprognose vom 16.03.1995 für die Durchführung von Sprengarbeiten im Steinbruch „Ilse“, erstellt von Herrn Dipl.-Ing. Winfried Ex
- Gutachten und Erschütterungsprognose vom 14.11.2004 für die Durchführung von Sprengarbeiten im Steinbruch „Atlas“, erstellt vom Spreng- u. Erschütterungssachverständigenbüro Dipl.-Ing. D. Frölich und J. Hellmann GbR
- Erschütterungsmessbericht vom 27.06.2006 über eine Gewinnungssprengung im Steinbruch „Atlas“ erstellt vom Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro Dipl.-Ing. Josef Hellmann
- Erschütterungsmessbericht vom 27.02.2008 über eine Gewinnungssprengung im Steinbruch „Ilse“ erstellt vom Forschungsinstitut der Zementindustrie GmbH



- Lageplan des geplanten Gewerbegebietes W 181 der Stadt Paderborn
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2 und 3
- Erschütterungs-Leitlinie des LAI (Länderausschuss für Immissionschutz) vom 10. Mai 2000

3.0 Abbaubeschreibung

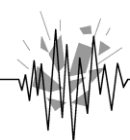
Die HeidelbergCement AG, Werk Paderborn betreibt in Paderborn ein Zementwerk, zu dessen Rohstoffversorgung die Steinbrüche „Atlas“ und „Ilse“ in der in der Nachbarschaft des Werkes betrieben werden.

Der Abbau des Kalksteins erfolgt durch Bohr- und Sprengarbeit als Trockenabbau auf mehreren Sohlen mit Wandhöhen bis ca. 18 m. Die Wandneigung beträgt in der Regel ca. 80°.

Die für das Sprengverfahren erforderlichen Sprengbohrlöcher werden mit Großbohrlochmaschinen mit einem Bohrlochdurchmesser von zurzeit 90 -95 mm von oben nach unten abgebohrt. Der technischen Entwicklung folgend können zukünftig auch andere Bohrlochdurchmesser gebohrt werden. Die geplante Bohrlochneigung beträgt ca. 80° bei einer Wandneigung von ebenfalls ca. 80°. Die Bohrgeräte sind mit einer Entstaubungseinrichtung ausgerüstet.

Derzeitige bohrtechnische Daten:

Bohrantrieb:	drehschlagend
Bohrloch-Ø:	90 - 95 mm
Vorgabe:	ca. 4,0 m
Seitenabstand:	ca. 3,0 m
Bohrlochneigung:	ca. 80°
Wandneigung:	ca. 80°
Wandhöhe:	ca. 18 - 20,0 m
Unterbohrung:	max. 1,0 m
Bohrlochreihen:	ein- oder mehrreihig



Falls die örtlichen Gegebenheiten es erforderlich machen, werden auch andere Wandhöhen, Bohrlochtiefen und -neigungen gebohrt. Sohlbohrlöcher und sonstige Hilfsbohrlöcher werden nur bei Bedarf eingesetzt.

Bei Großbohrlochsprengungen muss vor Aufnahme der Bohrarbeiten die Bruchwand in Bezug auf Höhe, Neigung und eventuelle Wandausbrüche vermessen werden. Anhand dieser Messung werden die Bohrlochansatzpunkte, die Bohrlochneigung, der Bohrlochdurchmesser und das Bohrraster (Vorgaben und Seitenabstand) unter Berücksichtigung der topographischen, geologischen und örtlichen Verhältnisse festgelegt. Des Weiteren sind eine maßstäbliche Zeichnung und eine Lademengenberechnung anzufertigen.

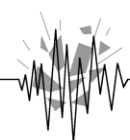
Für die vorgesehenen Sprengungen werden im Normalfall die Sprenglöcher entsprechend der Wandvermessung von oben nach unten abgebohrt. Die richtige Anordnung der Bohrlöcher hat entscheidenden Einfluss auf das Sprengergebnis und die Sicherheit der Sprengung sowie auf die von der Sprengung ausgehenden Emissionen.

Die Bohrarbeiten werden in einem Bohrprotokoll dokumentiert. Dort müssen auch Besonderheiten wie Klüfte, Hohlräume u.a. festgehalten werden, die bei der Planung der Sprengstofflademenge mit berücksichtigt werden.

4.0 Sprengarbeiten

Als Sprengstoffe können gelatinöse Sprengstoffe, Emulsionssprengstoffe oder pulverförmige Sprengstoffe (z.B. ANC-Sprengstoffe) zum Einsatz kommen. Als Zündverstärker können Nitropenta-Sprengschnüre oder Booster verwendet werden. Die in den bisherigen Abbaubereichen angewendete Sprengtechnik entspricht dem Stand der heutigen Zünd- und Sprengtechnik.

Als Zündmittel können elektrische, elektronische oder nichtelektrische Zündsysteme Anwendung finden. Das hier übliche Verfahren ist die nichtelektrische Zündung.



4.1 Sprengtechnische Daten

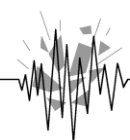
Derzeit übliche sprengtechnische Daten bei einem Bohrlochdurchmesser von 90 mm und einer Wandhöhe von 19 m

spez. Sprengstoffeinsatz:	ca. 0,330 kg/fm ³
Bohrlochlänge	ca. 20 m
Ladesäulenlänge:	ca. 17,0 m
Endbesatzlänge:	ca. 3,0 m
Sprengstoffmenge/Zeitstufe:	ca. 100 kg
Zündung:	redundant, i. A. aus dem Ladungstiefsten
Eingesetzte Sprengschnur:	20 g/m - 40 g/m (nur bei Bedarf, abhängig von der Geologie und dem eingesetzten Sprengstoff)

5.0 Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich

Der abzusperrende Sprengbereich beträgt gemäß der BG-Regel BGR/GUV-R 241 „Sprengarbeiten“ im Allgemeinen 300 m und kann vom Sprengberechtigten im Einvernehmen mit dem Unternehmer verkleinert werden, wenn es die Sicherheit erlaubt und eine Gefährdung in der Umgebung ausgeschlossen ist. Der Sprengbereich muss vergrößert werden, wenn es die Sprenganlage erfordert und eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Absperrung und Räumung des erforderlichen Sprengbereiches erfolgt außerhalb und innerhalb der eigenen Betriebsanlagen durch Betriebsangehörige des Steinbruchs bzw. des Sprengunternehmers. Personen, die sich im Sprengbereich aufhalten müssen, dürfen sich nur in den dafür vorgesehenen und geeigneten Schutzräumen aufhalten. Dies gilt auch für eventuell im Sprengbereich tätige Fremdunternehmer. Die Absperrposten müssen sich mit Sprechfunk oder Mobiltelefon mit dem Sprengberechtigten verständigen können.



Das geplante Gewerbegebiet W 181 „Barkhauser Straße“ liegt westlich des Steinbruchs „Ilse“ und soll durch eine Grünfläche von der Abgrabung getrennt werden. Die kleinste Entfernung der Gewerbefläche zur Abbaufäche der obersten Steinbruchsohle beträgt im Süden der Fläche ca. 180 m und weiter nördlich ca. 220 m bzw. 250 m.

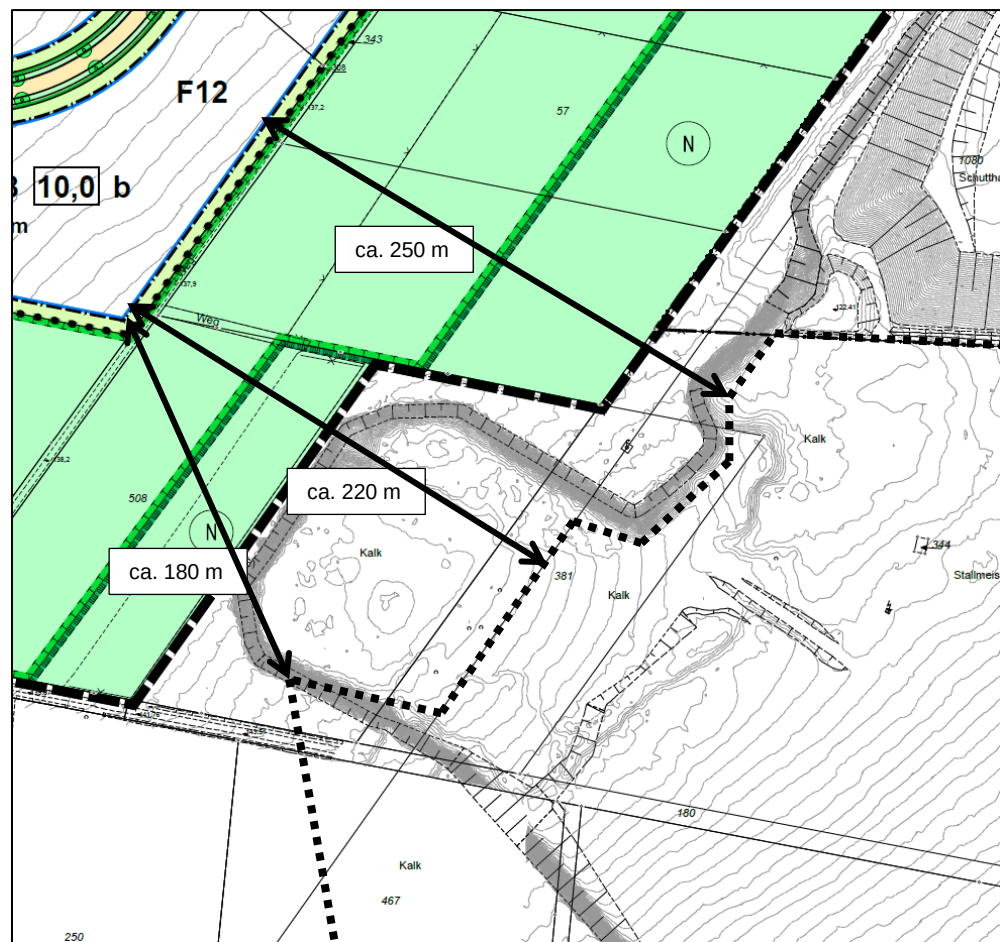
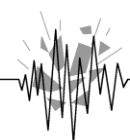


Abb. 2 Abstände der Gewerbefläche zur Abbaufäche

Beim zukünftigen Abbau des Kalksteins auf der unteren Sohle wird der oben genannte Sprengbereich von 300 m um die Sprengstelle mit Fortschritt des Abbaus in Richtung Westen unterschritten und muss dann je nach Lage der Sprenganlage verkleinert werden, ohne dass eine Gefährdung der Nachbarschaft entsteht.

5.1 Normalfall einer Gewinnungssprengung

Bei der Umsetzung des Sprengstoffes entstehen innerhalb weniger Millisekunden aus 1 kg Sprengstoff ca. 800 - 1000 l Gasvolumen. Diese Volu-



menvergrößerung wird benutzt, um die Vorgabe "w" zu werfen, bzw. das anstehende Gestein zu zerkleinern. Dabei treten Gasdrücke von bis zu 10.000 bar auf, die zum einen in Richtung auf die Vorgabe, zum anderen aber auch auf das rückseitige Gestein einwirken.

Wenn die allgemeinen Sprengparameter eingehalten werden und die abbautechnischen Voraussetzungen normal sind, liegt nach dem Lösen und Werfen des Gebirges das Haufwerk ca. um 70 - 100 % länger an, als es die Wandhöhe vorgibt. Bei einer Wandhöhe von z.B. ca. 19 m liegt demnach das Haufwerk in Wurfrichtung auf einer Länge von ca. 30 m – 40 m an. Hinzu kommen noch einzelne Steine, die weiter rollen oder streuen können.

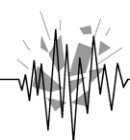
Bei herkömmlichen Gewinnungssprengungen werden die Bruchwände durch Kopflöcher von oben nach unten in einem vorgegebenen Bohrraster abgebohrt.

Die Vorgabe ("w" zur freien Wandseite), sowie der Bohrlochabstand ("a_B") untereinander kennzeichnen dieses Raster. Als weitere Faktoren bei der Planung einer Gewinnungssprengung können der Gesteinsaufbau, der spezifische Sprengstoffaufwand, der Bohrlochdurchmesser und die Bohrlochneigung, die Art des eingesetzten Sprengstoffes, die Sprengstoffdichte, der Bohrlochfüllungsgrad und der Endbesatz angeführt werden.

Dem Auftreten von außergewöhnlichem, gefährlich weitem Steinflug ist in aller Regel eine punktuelle Überladung von Sprenganlagen oder Bohrlochern vorausgegangen. Dies bedeutet, dass die eingesetzte Sprengstoffmenge insgesamt oder punktuell wesentlich höher gelegen haben muss, als es der normale Gewinnungsbetrieb vorsieht. Der spezifische Sprengstoffeinsatz wird allgemein mit "q" = 0,25 - 0,80 kg/fm³ angegeben.

Im Steinbruch „Ilse“ wird das Gestein durch Gewinnungssprengungen mit einem spezifischen Sprengstoffeinsatz von in der Regel "q" = ca. 0,330 kg/fm³ abgebaut.

Bei diesem spezifischen Sprengstoffeinsatz ist bei Beachtung und Einhaltung der sprengtechnischen Regeln und einschlägigen Unfallverhütungs-



vorschriften Steinflug über den normalen Sprengbereich von 300 m hinaus auszuschließen. Bei Annäherung der Sprengstellen an die Bebauung des geplanten Gewerbegebietes muss - je nach Lage der Sprengstelle - der Sprengbereich verkleinert werden. Hierbei muss durch zusätzliche Maßnahmen sichergestellt sein, dass eine Gefährdung der Umgebung durch Sprengstücke ausgeschlossen ist.

5.2 Unterbindung von gefährlichem Steinflug

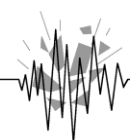
Unkontrollierter Steinflug tritt erfahrungsgemäß erst ein, wenn der in diesem Betrieb übliche spezifische Sprengstoffeinsatz "q" wesentlich überschritten wird. Damit keine derartige punktuelle Überladung auftreten kann, muss eine fehlerhafte Bohr- und Sprenganordnung ausgeschlossen sein.

Als mögliche Ursachen für derartige Überladungen kommen die folgenden Fehler in Frage:

- Vermessungsfehler und damit zu geringe Wandvorgaben
- Falsche Bemessung der Lademengen
- Nicht berücksichtigte Ausbrüche in der Bruchwand
- Richtungsabweichungen bei der Bohrarbeit
- In Kluft Räume verlaufener Sprengstoff bei der Verwendung loser Sprengstoffe
- Zu kurzer Endbesatz in den Sprengbohrlöchern
- Nacharbeiten der Sohle durch Sprengarbeiten

Außer bei zwei Fehlerursachen, und zwar beim Einbringen von zu kurzem Endbesatz und beim sprengtechnischen Nacharbeiten der Sohle erfolgt ein unzulässig weiter Steinflug jedoch immer noch in die geplante Wurfrichtung, also in den Steinbruch hinein und nicht in die rückwärtige Richtung der Sprenganlage.

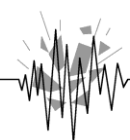
Bei einer Verkleinerung des Sprengbereichs in Richtung auf die geplante Nachbarbebauung auf Abstände unter 300 m sind folgende Punkte zu beachten:



- Die Wurfrichtung des Haufwerks muss bei den Sprengungen von der Bebauung weg in den Steinbruch hinein gerichtet sein.
- Beim Herstellen der Sprengbohrlöcher sind vom Bohrmaschinisten sämtliche auftretenden Störungen (Vorhandensein von Klüftungen, Bohrlochabweichungen, geologische Störungen, Festgehen des Bohrwerkzeuges und ähnliche Vorfälle) unter Angabe der Bohrlochnummer in einem Bohrprotokoll zu dokumentieren. Das Bohrprotokoll ist vom Sprengberechtigten vor Aufnahme der Ladearbeit einzusehen.
- Für Bohrl Lochdurchmesser bis zu 100 mm ist eine Endbesatzlänge von mind. 4,0 m in den Sprengbohrlöchern einzuhalten.
- Als Besatz wird feinkörniger Split oder Sand verwendet. Der Besatz ist hohlraumfrei einzubringen und mit dem Ladestock zu verdichten.
- Im Bereich von unter 300 m sollte neben der vorgegebenen Endbesatzlänge von 4,0 m auch besonders darauf geachtet werden, dass eine der Ladung beigeladene Sprengschnur ausreichend tief in den Besatz zurückgeschoben wird.
- Falls Abstände unter 150 m erforderlich werden, ist vor dem Einbringen des Endbesatzes vom Sprengberechtigten die verbleibende Höhe zwischen Ladung und Bohrlochmund - die tatsächliche Endbesatzlänge - zu messen und im Sprengprotokoll für jedes Loch einzeln zu dokumentieren.
- Falls Knäppersprengungen erforderlich sind, müssen die Knäpper so weit in das Steinbruchinnere verbracht werden, dass der Sprengbereich mindestens 300 m beträgt.

Die Beseitigung von Unebenheiten auf der Sohle (Zehen) durch Sprengarbeit erfordert eine sehr genaue Ermittlung der Vorgaben und eine exakte Lademengenberechnung für jedes einzelne Sprengbohrloch. Fehler hierbei können zu gefährlichem Steinflug in alle Richtungen führen. Gleiches gilt für Knäppersprengungen. Knäpper werden im Steinbruch „Ilse“ jedoch nicht gesprengt sondern mechanisch zerkleinert.

Zur sicheren Unterbindung der Steinfluggefahr bei Zehensprengungen sollte das Sprengen solcher Unebenheiten bei Abständen unter 300 m möglichst unterbleiben oder im Zusammenhang mit einer Gewinnungssprengung erfolgen. Hierbei kann durch die Wahl einer ausreichend hohen



Zündzeitstufe in den der Bruchwand vorgelagerten Zehenlöchern sichergestellt werden, dass das Haufwerk der gleichzeitig gezündeten Wandsprengung die zu lösenden Zehen bereits abdeckt und gefährlicher Steinflug aus diesem Bereich dadurch sicher unterbunden wird.

6.0 Erschütterungsimmissionsschutz

Beurteilungsgrundlage für die auftretenden Erschütterungen, verursacht durch die Sprengungen im Steinbruch „Ilse“ ist die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, die aus den Teilen 1 bis 3 besteht.

Weitere Informationen finden sich in der Erschütterungs-Leitlinie des LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) vom 10. Mai 2000.

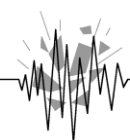
6.1 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen" vom Juni 2001

Der Teil 1 dieser DIN, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen" vom Juni 2001, gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt werden können.

Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150-2 und DIN 4150-3 in der jeweils gültigen Fassung erfolgen.

6.2 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" vom Juni 1999

Der Teil 2 der DIN enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 - 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken.



Entweder ist die Beurteilungsgröße KB_{Fmax} direkt vom Messgerät ermittelt worden, oder wenn dies nicht der Fall ist, ist unter bestimmten Bedingungen (Frequenzbereich des verwendeten Aufnehmer-Registriersystems von unter 2 Hz bis über 80 Hz) näherungsweise die Bestimmung der Beurteilungsgröße KB_{Fmax} auch aus der Registrierung des Signals (v_t) möglich.

Ermittlung des KB-Wertes:

Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, ist der Maximalwert des v_t -Signals der Aufzeichnung und ein zugehöriger Schätzwert der Frequenz zu bestimmen. Daraus ist zunächst das KB-bewertete Signal nach der Zahlengleichung (6) und nach der Gleichung (7) mit c_F nach Tabelle 3 der DIN der Schätzwert des gleitenden Effektivwertes wie folgt zu berechnen:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{v_{max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}} \quad (\text{Gleichung 6 in der DIN})$$

$$KB_{Fmax} = KB \times c_F \quad (\text{Gleichung 7 in der DIN})$$

Hierin sind:

v_{max} = max. gemessene Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

KB = hat die Einheit 1

f_0 = 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses)

f = Frequenz in Hz

c_F = Konstante nach Tabelle 3 (s. u.)

Es werden in der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 (siehe Anlage 1) Anhaltswerte (A) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gemacht, die mit den ermittelten KB_{Fmax} -Werten verglichen werden müssen. Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen (z.B. Sprengerschütterungen sind kurzzeitige Einwirkungen) ist die Anforderung der Norm eingehalten, wenn KB_{Fmax} kleiner als der obere Anhaltswert (A_0) ist.

In der gleichen Norm werden in der Tabelle 3 Erfahrungswerte für die Konstanten c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen aufgeführt.

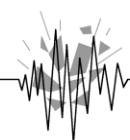


Tabelle 3, Zeile 4,

Einzelereignisse kurzer Dauer:

a) mit Resonanzbeteiligung $c_F = 0,8$

b) ohne Resonanzbeteiligung $c_F = 0,6$

6.2.1 Quellspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN Teil 2

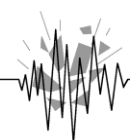
Die Norm DIN - 4150 - vom Juni 1999, "Erschütterungen im Bauwesen", Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden", sagt unter Pkt. 6.5 "Quellspezifische Regelungen" und Pkt. 6.5.1 "Selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen" folgendes aus:

"Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag, z.B. Sprengerschütterungen, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (oberen) Anhaltswert A_0 nach Tabelle 1 ist. Die Ermittlung von KB_{FTr} und der Vergleich mit A_r entfällt."

Dies gilt grundsätzlich auch für Erschütterungen, die von Gewinnungssprengungen verursacht werden, mit folgenden zusätzlichen Regelungen:

- Folgen mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander, gelten diese im Sinne der Norm als ein Ereignis. Es dürfen in diesem Fall aber nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche stattfinden.
- Wenn die Sprengungen an Werktagen mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten 7-13 Uhr oder 15-19 Uhr erfolgen, gelten in Gebieten nach Tabelle 1, Zeilen 3 und 4 auch die A_0 -Werte nach Zeile 1, wenn nur 1 Ereignis pro Tag stattfindet.

Anmerkung: Die Vorwarnung erfolgt in der Regel durch akustische Signalgebung oder außerhalb des Absperrbereiches auch durch andere Maßnahmen.



Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, sind folgende Werte zugelassen:

$$A_0 = 6$$

In Ausnahmefällen, wenige Male im Jahr, dürfen die KB_{Fmax} -Werte bis zu 8 betragen.

Sprengungen können als unmittelbar aufeinander folgend betrachtet werden, wenn sie innerhalb eines Absperrvorganges abgetan werden. In einem Zeitraum von 5 min bis maximal 10 min gezündete Sprengungen sind somit als ein Ereignis zu betrachten.

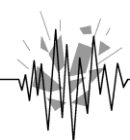
6.3 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" vom Februar 1999

Die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3 "Einwirkungen auf bauliche Anlagen", sagt unter anderem Folgendes zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen (z.B. Sprengerschütterungen) aus:

"Aus zahlreichen Messungen der Schwinggeschwindigkeit an Gebäudefundamenten wurden Erfahrungswerte gewonnen, die einen Anhalt für die Beurteilung kurzzeitiger Bauwerkerschütterungen geben. Für die Beurteilung wird der größte Wert der drei Einzelkomponenten der Schwinggeschwindigkeiten herangezogen."

In der Tabelle 1 der DIN (Anlage 2) sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke am Fundament und in der obersten Deckenebene angegeben. In der Tabelle 2 der DIN (Anlage 3) sind Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen angegeben.

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 und 2 eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach bisheriger Erfahrung nicht auf.



Werden die Anhaltswerte der DIN überschritten, heißt das nicht automatisch, dass Schäden auftreten müssen. Es müssen dann weitere Untersuchungen (z.B. Schadensbegutachtung durch einen Bausachverständigen) erfolgen.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken ist auch dann gegeben, wenn leichte Schäden auftreten.

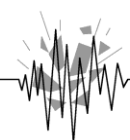
Leichte Schäden im Sinne der Norm, die auch als Schönheits- oder architektonische Schäden bezeichnet werden, sind z.B.:

- Auftreten von Rissen im Putz von Wänden u. Decken
- Vergrößern von bereits vorhandenen Rissen im Gebäude
- Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden bzw. Decken.

6.4 Erschütterungs-Leitlinie des LAI

Die Hinweise in dieser Veröffentlichung dienen dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen. Sie enthalten Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen aus dem BImSchG sowie ergänzende Hinweise auf landesrechtliche Regelungen. Enthalten sind Beurteilungsmaßstäbe für die Grenzen der Schädlichkeit von Erschütterungsimmissionen, die auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden bei üblicher Nutzung einwirken. Werden diese Beurteilungsmaßstäbe eingehalten, ist immer auch der Gefahrenschutz, insbesondere der Gesundheitsschutz von Menschen, sichergestellt.

Zur Messung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen sind die Normen DIN 4150 Teil 2 und 3, Erschütterungen im Bauwesen sowie die DIN 45669 Teil 1 und 2, Messung von Schwingungsimmissionen heranzuziehen.



7.0 Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke

7.1 Gewerblich genutzte Bauwerke

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Gewerbliche Anlagen sind in die Zeile 2 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ mit einem oberen Anhaltswert $A_o = 6$ einzuordnen. Die Zeile 2 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO).

Für die Ermittlung der KB_{Fmax} -Werte wird eine c_F -Konstante von 0,8 zu Grunde gelegt, für Einzelereignisse kurzer Dauer, Schwingungen mit Resonanzbeteiligung. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 6.2 in diesem Gutachten.

Für selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen lässt die DIN 4150, Teil 2, aufgrund von Punkt 6.5.1 der DIN, Quellenspezifische Regelungen, einen oberen Anhaltswert von

$$A_o \leq 6$$

zu. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 6.2.1 in diesem Gutachten.

Einwirkungen auf Bauwerke

Die Gebäude selbst sind gemäß der Zeile 1 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ als gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten einzuordnen. Hier sind folgende Werte zugelassen:

Am Fundament bei Frequenzen:

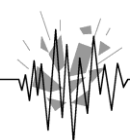
$$< 10 \text{ Hz } v_i = 20 \text{ mm/s}$$

$$10 - 50 \text{ Hz } v_i = 20-40 \text{ mm/s}$$

$$50 - 100 \text{ Hz } v_i = 40-50 \text{ mm/s}$$

in der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

$$\text{bei allen Frequenzen } v_i = 40 \text{ mm/s}$$



in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 20 \text{ mm/s}$

7.2 Erdverlegte Leitungen

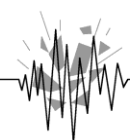
Die zur Versorgung und Entsorgung der geplanten Bebauung zu verlegenden Leitungen, wie Gas- Wasser- und Abwasserleitungen sind gemäß Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 3, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen“ einzuordnen.

In der Tabelle 3 der DIN für Rohrleitungen sind für die verschiedenen Leitungsarten folgende maximale Anhaltswerte zugelassen:

Zeile 1:	$v_i = 100 \text{ mm/s}$ (Stahl geschweißt)
Zeile 2:	$v_i = 80 \text{ mm/s}$ (Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Metall mit oder ohne Flansche)
Zeile 3:	$v_i = 50 \text{ mm/s}$ (Mauerwerk, Kunststoff)

8.0 Erschütterungsmessungen

Als Datengrundlagen zur Ermittlung einer geeigneten Prognoseformel zur Erschütterungsausbreitung bei den Sprengarbeiten im Steinbruch „Ilse“ wurden die Messergebnisse von Erschütterungsmessungen verwendet, die in den vergangenen Jahren im Rahmen von Gutachten oder Überwachungsmessungen in der Nachbarschaft der Steinbrüche „Ilse“ und „Atlas“ in Paderborn durchgeführt wurden.



Die folgenden Unterlagen wurden verwendet:

- Gutachten und Erschütterungsprognose vom 16.03.1995 für die Durchführung von Sprengarbeiten im Steinbruch „Ilse“, erstellt von Herrn Dipl.-Ing. Winfried Ex
- Gutachten und Erschütterungsprognose vom 14.11.2004 für die Durchführung von Sprengarbeiten im Steinbruch „Atlas“, erstellt vom Spreng- u. Erschütterungssachverständigenbüro Dipl.-Ing. D. Frölich und J. Hellmann GbR
- Erschütterungsmessbericht vom 27.06.2006 über eine Gewinnungssprengung im Steinbruch „Atlas“ erstellt vom Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro Dipl.-Ing. Josef Hellmann
- Erschütterungsmessbericht vom 27.02.2008 über eine Gewinnungssprengung im Steinbruch „Ilse“ erstellt vom Forschungsinstitut der Zementindustrie GmbH

Aus diesen Unterlagen konnten 12 Erschütterungsmessungen entnommen werden, die an 9 Messorten stattgefunden haben. Bei einer Messung wurde die Messtriggerschwelle nicht erreicht, so dass für eine Auswertung 11 Messungen zur Verfügung stehen.

Messung am 13.02.1995 Steinbruch „Ilse“

Dipl.-Ing. Wilfried Ex

Messort	Entfernung zur Sprengstelle (m)	max Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
Hallenfundament Frankfurter Weg 60	ca. 540 m	55 kg	0,5 mm/s 7,5 Hz
Einfahrt Bauschuttdeponie	ca. 500 m	55 kg	0,9 mm/s 12 Hz
Freifeldmesstelle	ca. 80 m	55 kg	16,4 mm/s 34 Hz
Betonsockel der 220-KV-Leitung	ca. 720 m	55 kg	0,2 mm/s - Hz
Hausfundament Steinbruchweg 13	ca. 1.100 m	55 kg	< 0,5 mm/s - Hz

Tab. 1 Ergebnisse der Messungen vom 13.02.95



Messungen am 02.10.2004 und 07.10.2004 Steinbruch „Atlas“

Dipl.-Ing. Dieter Frölich und J. Hellmann GbR

Messort	Entfernung zur Sprengstelle (m)	max Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
Haus Halberstädter Str. 23	566	115	1,75 mm/s < 10 Hz
Fa. Claas Halberstädter Str.	410	115	0,50 mm/s 13 Hz
Haus Halberstädter Str. 23	498	75	1,47 mm/s < 10 Hz
Fa. Claas Halberstädter Str.	236	75	1,75 mm/s 26 Hzt
Haus Heinr.-Lücking-Str. 9	408	90	0,26 mm/s < 10 Hz

Tab. 2 Ergebnisse der Messungen vom 02.10.2004 und 07.10.2004

Messung am 22.06.2006 Steinbruch „Atlas“

Dipl.-Ing. Josef Hellmann

Messort	Entfernung zur Sprengstelle (m)	max Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
Haus Heinr.-Lücking-Str. 9	650	105	0,59 mm/s 10 Hz

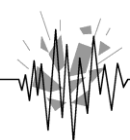
Tab. 3 Ergebnisse der Messung vom 22.06.2006

Messung am 05.12.2007 Steinbruch „Ilse“

Forschungsinstitut der Zementindustrie

Messort	Entfernung zur Sprengstelle (m)	max Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
Fa. Polymehr Navarrastraße 23	550	100	0,52 mm/s 9 Hz

Tab. 4 Ergebnisse der Messung vom 05.12.2007



9.0 Grundlagen der Erschütterungsprognose

Anhand der Ergebnisse der oben dargestellten Erschütterungsmessungen und auf der Basis einer geeigneten und gebräuchlichen Prognoseformel wird im Folgenden eine Erschütterungsprognose über die zu erwartenden Erschütterungen an der angrenzenden Bebauung und den anderen schützenswerten Anlagen erstellt.

Aus einer Prognoseberechnung mit der Abstands-Mengen-Beziehung nach der BGR-Formel (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), die aufgrund von mehreren Tausend Messungen aufgestellt wurde, lassen sich die zu erwartenden Sprengerschütterungen an den Fundamenten der Wohnbebauung und den anderen schützenswerten Objekten ausreichend genau ermitteln.

Diese Prognoseformel wird auch in der DIN 4150 Teil 1 vom Juni 2001 für die Prognose von Sprengerschütterungen genannt.

BGR-Formel

$$v_i = k \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right)^b \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-m}$$

Hierin sind:

v_i : max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

L : Sprengstofflademenge/Zündzeitstufe

L_0 : 1 kg (Bezugsgröße)

R : Abstand schützenswertes Objekt vom Sprengort

R_0 : 1 m (Bezugsgröße)

k : Vorfaktor

b : Koeffizient der Lademenge

m : Koeffizient der Entfernung

Die empirisch ermittelten Parameter k , b und m werden im Freifeld wie folgt angegeben:

kristalline Hartgesteine

$k = 206$

$b = 0,8$

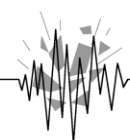
$m = 1,3$

Sedimentgesteine

$k = 969$

$b = 0,59$

$m = 1,52$



Die Ausbreitung der Sprengerschütterungen in der Umgebung des Steinbruchs „Ilse“ erfolgt durch Sedimentgestein.

Für den Übergang von Sprengerschütterungen im Freifeld auf ein Bauwerk wird üblicherweise ein Übertragungsfaktor Freifeld-Bauwerksfundament von 0,5 berücksichtigt (siehe Literatur: Nobel Hefte 2/79, Böttcher, Lüdeling, Wüstenhage, Übertragungsfaktoren Freifeld zu Bauwerksfundamenten: $\ddot{u} = 0,2 - 0,9$ und Ratgeber Erschütterungen Dr. P. Lichte, Sprengerschütterungen Erschütterungsprognosen frequenzabhängig $V_F = \text{ca. } 0,5$)

Die Streuung der bei den Sprengungen entstehenden tatsächlichen Erschütterungen um die rechnerisch gemäß der Ausgleichsfunktion ermittelten Erschütterungswerte wird hier mit einem Faktor

$$s = 4,0$$

berücksichtigt.

Für die folgenden Rechnungen wurde somit der Streufaktor $s = 4$ gesetzt und für den Übergang vom Freifeld auf ein Gebäudfundament ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von 0,5 berücksichtigt.

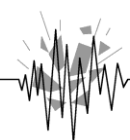
In der folgenden Abbildung 1 sind die oben beschriebenen Messungen als Punkte aufgetragen.

Die gestrichelte Linie stellt die Ausbreitungsfunktion gemäß der modifizierten BGR-Formel dar, nach der im Folgenden die Erschütterungen prognostiziert werden. Alle gemessenen Erschütterungswerte liegen unterhalb der Prognosefunktion. Somit ist sichergestellt, dass bei Verwendung dieser Prognoseformel die zu erwartenden Fundamenterschütterungen nicht zu gering prognostiziert werden.

Im Weiteren wird daher mit der folgenden Prognoseformel gerechnet:

$$v_i = s * \ddot{u} * k * L^b * R^{-m}$$

$$v_i = 4,0 * 0,5 * 969 * L^{0,59} * R^{-1,52}$$



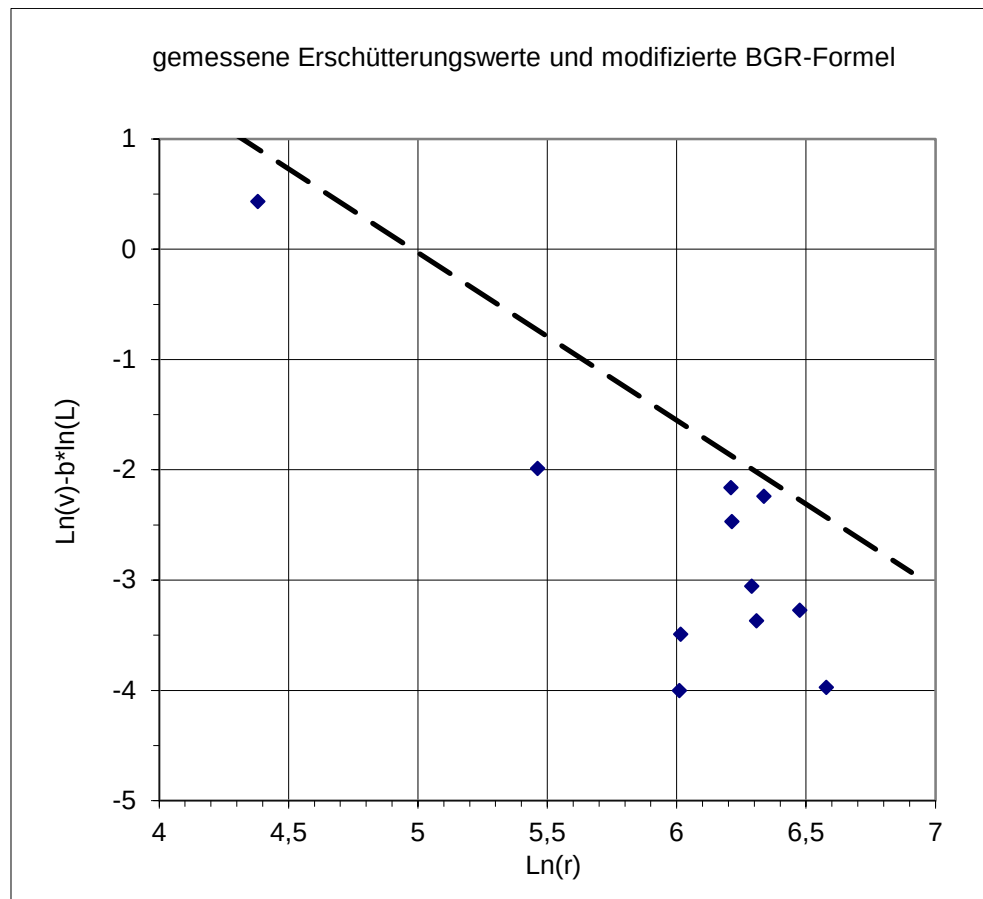


Abb. 1 gewählte Ausbreitungsfunktion (gestrichelte Linie) und gemessene Erschütterungen (Punkte)

10.0 Erschütterungsprognose

Um die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden beurteilen zu können, sind die Erschütterungen der Gebäude im obersten Vollgeschoss an der Außenwand und auf der obersten Deckenebene zu ermitteln. Erfahrungsgemäß werden die an den Gebäudefundamenten auftretenden Erschütterungen aufgrund der dynamischen Eigenschaften der Gebäude nach oben hin überhöht.

Diese Überhöhungen betragen erfahrungsgemäß in horizontaler Richtung (Fundament – Außenwand im OG) das 2 - 3fache des Fundamentwertes und in vertikaler Richtung (Fundament – Deckenmitte im OG) das 3 - 5fache des Fundamentwertes.



In den folgenden Prognosen werden verschiedene Annahmen getroffen:

- Zum Einen werden nicht unterkellerte eingeschossige gewerbliche Gebäude zu Grunde gelegt, bei denen demzufolge auch keine Überhöhung zu einem oberen Geschoss auftritt (Tabellen 1 bis 3).
- Zum Anderen werden mehrgeschossige gut ausgesteifte Bauten betrachtet, bei denen die Überhöhung vom Fundament auf die oberste Geschossdecke maximal den Faktor 4 erreicht (Tabellen 4 bis 6).

Da der KB_{Fmax} -Wert - wenn auch nur in geringem Maße - frequenzabhängig ist, wurde er jeweils für eine Frequenz von 20 Hz und bei einem c_F -Wert von 0,8 bestimmt.

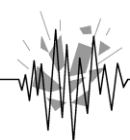
Als zulässiger Fundamentanhaltswert für die gewerblich genutzten Gebäude wurde gemäß der DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1 Zeile 1 in der Prognose ein Wert für die ungünstigsten Frequenzen (unter 10 Hz) mit $v_{max} = 20,0$ mm/s angenommen.

Für eventuell vorgesehene Betriebsleiterwohnungen und für hochwertige Büroräume wurde gemäß der DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1 Zeile 2 in der Prognose ein Wert für die ungünstigsten Frequenzen (unter 10 Hz) mit $v_{max} = 5,0$ mm/s angenommen.

Für Menschen in Gebäuden wird der in Gewerbegebieten zulässige KB_{Fmax} -Wert mit $A_0 = 6$ zu Grunde gelegt.

10.1 Nicht unterkellerte eingeschossige gewerbliche Gebäude

In den folgenden Tabellen 1 bis 4 wurden für eine Lademenge von 50 kg, 75 kg, 104 kg und 120 kg je Zündzeitstufe die maximal zu erwartenden Fundamenterschütterungen und KB_{Fmax} -Werte für Entfernungen zwischen 100 m und 400 m prognostiziert. Die Höhe der zulässigen Erschütterungen wird begrenzt durch den KB_{Fmax} -Wert mit $A_0 = 6$. Die Zeilen mit Erschütterungen, die den zulässigen KB_{Fmax} -Wert überschreiten, sind grau unterlegt.



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$KB_{F\max}$ zul.: $A_0 = 6$
100	50	17,77	9,68
110	50	15,38	8,38
120	50	13,47	7,34
130	50	11,93	6,50
140	50	10,66	5,81
150	50	9,60	5,23
160	50	8,70	4,74
170	50	7,93	4,32
180	50	7,27	3,96
190	50	6,70	3,65
200	50	6,20	3,38
210	50	5,75	3,13
220	50	5,36	2,92
230	50	5,01	2,73
240	50	4,70	2,56
250	50	4,41	2,40
260	50	4,16	2,27
270	50	3,93	2,14
280	50	3,72	2,02
290	50	3,52	1,92
300	50	3,35	1,82
310	50	3,18	1,73
320	50	3,03	1,65
330	50	2,89	1,58
340	50	2,77	1,51
350	50	2,65	1,44
360	50	2,54	1,38
370	50	2,43	1,33
380	50	2,34	1,27
390	50	2,25	1,22
400	50	2,16	1,18

Tab. 1 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 50 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$KB_{F\max}$ zul.: $A_0 = 6$
100	75	22,58	12,30
110	75	19,53	10,64
120	75	17,11	9,32
130	75	15,15	8,25
140	75	13,54	7,37
150	75	12,19	6,64
160	75	11,05	6,02
170	75	10,08	5,49
180	75	9,24	5,03
190	75	8,51	4,64
200	75	7,87	4,29
210	75	7,31	3,98
220	75	6,81	3,71
230	75	6,37	3,47
240	75	5,97	3,25
250	75	5,61	3,05
260	75	5,28	2,88
270	75	4,99	2,72
280	75	4,72	2,57
290	75	4,48	2,44
300	75	4,25	2,32
310	75	4,04	2,20
320	75	3,85	2,10
330	75	3,68	2,00
340	75	3,51	1,91
350	75	3,36	1,83
360	75	3,22	1,75
370	75	3,09	1,68
380	75	2,97	1,62
390	75	2,85	1,55
400	75	2,74	1,50

Tab. 2 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 75 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$KB_{F\max}$ zul.: $A_0 = 6$
100	104	27,38	14,91
110	104	23,69	12,90
120	104	20,75	11,30
130	104	18,37	10,01
140	104	16,42	8,94
150	104	14,78	8,05
160	104	13,40	7,30
170	104	12,22	6,66
180	104	11,20	6,10
190	104	10,32	5,62
200	104	9,55	5,20
210	104	8,86	4,83
220	104	8,26	4,50
230	104	7,72	4,20
240	104	7,24	3,94
250	104	6,80	3,70
260	104	6,41	3,49
270	104	6,05	3,30
280	104	5,72	3,12
290	104	5,43	2,96
300	104	5,15	2,81
310	104	4,90	2,67
320	104	4,67	2,55
330	104	4,46	2,43
340	104	4,26	2,32
350	104	4,08	2,22
360	104	3,91	2,13
370	104	3,75	2,04
380	104	3,60	1,96
390	104	3,46	1,88
400	104	3,33	1,81

Tab. 3 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 104 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$KB_{F\max}$ zul.: $A_0 = 6$
100	120	29,79	16,23
110	120	25,77	14,04
120	120	22,58	12,30
130	120	19,99	10,89
140	120	17,86	9,73
150	120	16,08	8,76
160	120	14,58	7,94
170	120	13,30	7,24
180	120	12,19	6,64
190	120	11,23	6,12
200	120	10,39	5,66
210	120	9,64	5,25
220	120	8,99	4,90
230	120	8,40	4,58
240	120	7,87	4,29
250	120	7,40	4,03
260	120	6,97	3,80
270	120	6,58	3,59
280	120	6,23	3,39
290	120	5,91	3,22
300	120	5,61	3,06
310	120	5,34	2,91
320	120	5,08	2,77
330	120	4,85	2,64
340	120	4,64	2,53
350	120	4,44	2,42
360	120	4,25	2,32
370	120	4,08	2,22
380	120	3,92	2,13
390	120	3,76	2,05
400	120	3,62	1,97

Tab. 4 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 120 kg je Zündzeitstufe

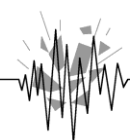


10.2 Mehrgeschossige gewerbliche Gebäude und Betriebsleiterwohnungen

In den folgenden Tabellen sind für mehrgeschossige Gebäude und Betriebsleiterwohnungen zusätzlich zu den Fundamenterschütterungen auch die Erschütterungen im obersten Geschoss mit einer Überhöhung um den Faktor 4 vom Fundament nach oben dargestellt.

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG (mm/s)	$KB_{F\max}$ im OG zul.: $A_0 = 6$
150	50	9,60	38,38	20,91
160	50	8,70	34,80	18,96
170	50	7,93	31,73	17,29
180	50	7,27	29,09	15,85
190	50	6,70	26,80	14,60
200	50	6,20	24,79	13,50
210	50	5,75	23,02	12,54
220	50	5,36	21,44	11,68
230	50	5,01	20,04	10,92
240	50	4,70	18,79	10,23
250	50	4,41	17,66	9,62
260	50	4,16	16,64	9,06
270	50	3,93	15,71	8,56
280	50	3,72	14,86	8,10
290	50	3,52	14,09	7,68
300	50	3,35	13,38	7,29
310	50	3,18	12,73	6,94
320	50	3,03	12,13	6,61
330	50	2,89	11,58	6,31
340	50	2,77	11,07	6,03
350	50	2,65	10,59	5,77
360	50	2,54	10,14	5,53
370	50	2,43	9,73	5,30
380	50	2,34	9,34	5,09
390	50	2,25	8,98	4,89
400	50	2,16	8,64	4,71

Tab. 5 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 50 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG (mm/s)	$KB_{F\max}$ im OG zul.: $A_0 = 6$
150	75	12,19	48,76	26,56
160	75	11,05	44,20	24,08
170	75	10,08	40,31	21,96
180	75	9,24	36,96	20,13
190	75	8,51	34,04	18,54
200	75	7,87	31,49	17,15
210	75	7,31	29,24	15,93
220	75	6,81	27,24	14,84
230	75	6,37	25,46	13,87
240	75	5,97	23,87	13,00
250	75	5,61	22,43	12,22
260	75	5,28	21,13	11,51
270	75	4,99	19,95	10,87
280	75	4,72	18,88	10,28
290	75	4,48	17,90	9,75
300	75	4,25	17,00	9,26
310	75	4,04	16,17	8,81
320	75	3,85	15,41	8,40
330	75	3,68	14,71	8,01
340	75	3,51	14,06	7,66
350	75	3,36	13,45	7,33
360	75	3,22	12,89	7,02
370	75	3,09	12,36	6,73
380	75	2,97	11,87	6,47
390	75	2,85	11,41	6,22
400	75	2,74	10,98	5,98
410	75	2,64	10,57	5,76
420	75	2,55	10,19	5,55
430	75	2,46	9,84	5,36
440	75	2,37	9,50	5,17
450	75	2,29	9,18	5,00

Tab. 6 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 75 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG (mm/s)	$KB_{F\max}$ im OG zul.: $A_0 = 6$
150	104	14,78	59,13	32,21
160	104	13,40	53,60	29,20
170	104	12,22	48,89	26,63
180	104	11,20	44,82	24,41
190	104	10,32	41,28	22,49
200	104	9,55	38,19	20,80
210	104	8,86	35,46	19,31
220	104	8,26	33,04	18,00
230	104	7,72	30,88	16,82
240	104	7,24	28,94	15,77
250	104	6,80	27,20	14,82
260	104	6,41	25,63	13,96
270	104	6,05	24,20	13,18
280	104	5,72	22,90	12,47
290	104	5,43	21,71	11,82
300	104	5,15	20,62	11,23
310	104	4,90	19,62	10,69
320	104	4,67	18,69	10,18
330	104	4,46	17,84	9,72
340	104	4,26	17,05	9,29
350	104	4,08	16,31	8,89
360	104	3,91	15,63	8,51
370	104	3,75	14,99	8,17
380	104	3,60	14,39	7,84
390	104	3,46	13,84	7,54
400	104	3,33	13,31	7,25
410	104	3,21	12,82	6,99
420	104	3,09	12,36	6,73
430	104	2,98	11,93	6,50
440	104	2,88	11,52	6,27
450	104	2,78	11,13	6,06
460	104	2,69	10,77	5,86

Tab. 7 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbe-
bebauung bei einer Lademenge von 104 kg je Zündzeitstufe



Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG (mm/s)	$KB_{F\max}$ im OG zul.: $A_0 = 6$
200	120	10,39	41,55	22,63
210	120	9,64	38,58	21,02
220	120	8,99	35,95	19,58
230	120	8,40	33,60	18,30
240	120	7,87	31,49	17,15
250	120	7,40	29,60	16,12
260	120	6,97	27,89	15,19
270	120	6,58	26,33	14,34
280	120	6,23	24,91	13,57
290	120	5,91	23,62	12,87
300	120	5,61	22,43	12,22
310	120	5,34	21,34	11,63
320	120	5,08	20,34	11,08
330	120	4,85	19,41	10,57
340	120	4,64	18,55	10,10
350	120	4,44	17,75	9,67
360	120	4,25	17,00	9,26
370	120	4,08	16,31	8,88
380	120	3,92	15,66	8,53
390	120	3,76	15,06	8,20
400	120	3,62	14,49	7,89
410	120	3,49	13,95	7,60
420	120	3,36	13,45	7,33
430	120	3,24	12,98	7,07
440	120	3,13	12,53	6,83
450	120	3,03	12,11	6,60
460	120	2,93	11,71	6,38
470	120	2,83	11,34	6,18
480	120	2,75	10,98	5,98
490	120	2,66	10,64	5,80
500	120	2,58	10,32	5,62

Tab. 8 Erschütterungs-Abstandstabelle für die nächstgelegene Gewerbebauung bei einer Lademenge von 120 kg je Zündzeitstufe



11.0 Beurteilung

Die hier prognostizierten Erschütterungswerte werden wahrscheinlich in der Praxis deutlich unterschritten werden. Für diese Prognose wurde von ungünstigen Annahmen ausgegangen. Dieses betrifft den c_F - Wert, die Frequenzen und den Sicherheitsfaktor in der Prognoseformel nach BGR. Durch die Multiplikation dieser ungünstig angenommenen Faktoren ergeben sich in der Prognose Erschütterungswerte, die einen sehr ungünstigen Fall darstellen.

Begrenzendes Kriterium für die hier zulässigen Erschütterungen sind nicht die Gebäudeanhaltswerte, sondern die in Gewerbegebieten zulässigen Erschütterungswerte für Menschen in Gebäuden mit einem KB_{Fmax} -Wert von $A_0 = 6$.

11.1 Nicht unterkellerte eingeschossige gewerbliche Gebäude

Lademenge 50 kg je Zündzeitstufe

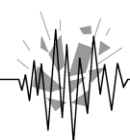
Bei einer Lademenge von 50 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert ab einer Entfernung von 140 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 140 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 10,66 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 53 % erreicht und damit eingehalten.

Lademenge 75 kg je Zündzeitstufe

Bei einer Lademenge von 75 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert ab einer Entfernung von 160 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 160 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 11,05 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 55 % erreicht und damit eingehalten.



Lademenge 104 kg je Zündzeitstufe

Bei einer Lademenge von 104 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert ab einer Entfernung von 190 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 190 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 10,32 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 52 % erreicht und damit eingehalten.

Lademenge 120 kg je Zündzeitstufe

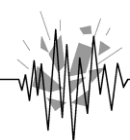
Bei einer Lademenge von 120 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert ab einer Entfernung von 200 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 200 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 10,39 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 52 % erreicht und damit eingehalten.

11.2 Mehrgeschossige gewerbliche Gebäude und Betriebsleiterwohnungen**Lademenge 50 kg je Zündzeitstufe**

Bei einer Lademenge von 50 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert für das oberste Geschoss ab einer Entfernung von 340 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 340 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 2,77 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 14 % erreicht und damit eingehalten. Der für Wohngebäude zulässige Anhaltswert von $v_i = 5,0$ mm/s wird zu ca. 55 % erreicht und damit ebenfalls eingehalten.



In den Obergeschossen beträgt der für gewerbliche Gebäude und für Wohngebäude zulässige Anhaltswert in vertikaler Richtung für beide Gebäudearten $v_i = 20,0$ mm/s und wird zu ca. 55 % erreicht und damit eingehalten.

Lademenge 75 kg je Zündzeitstufe

Bei einer Lademenge von 75 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert für das oberste Geschoss ab einer Entfernung von 400 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 400 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 2,74 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 14 % erreicht und damit eingehalten. Der für Wohngebäude zulässige Anhaltswert von $v_i = 5,0$ mm/s wird zu ca. 55 % erreicht und damit ebenfalls eingehalten.

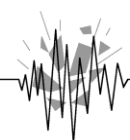
In den Obergeschossen beträgt der für gewerbliche Gebäude und für Wohngebäude zulässige Anhaltswert in vertikaler Richtung für beide Gebäudearten $v_i = 20,0$ mm/s und wird zu ca. 55 % erreicht und damit eingehalten.

Lademenge 104 kg je Zündzeitstufe

Bei einer Lademenge von 104 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert für das oberste Geschoss ab einer Entfernung von 460 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 460 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 2,69 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 13 % erreicht und damit eingehalten. Der für Wohngebäude zulässige Anhaltswert von $v_i = 5,0$ mm/s wird zu ca. 54 % erreicht und damit ebenfalls eingehalten.

In den Obergeschossen beträgt der für gewerbliche Gebäude und für Wohngebäude zulässige Anhaltswert in vertikaler Richtung für beide



Gebäudearten $v_i = 20,0$ mm/s und wird zu ca. 54 % erreicht und damit eingehalten.

Lademenge 120kg je Zündzeitstufe

Bei einer Lademenge von 120 kg je Zündzeitstufe liegt der prognostizierte KB_{Fmax} -Wert für das oberste Geschoss ab einer Entfernung von 480 m unter dem zulässigen Wert von $A_0 = 6$.

Bei einer für 480 m Entfernung prognostizierten Fundamenterschütterung von 2,75 mm/s beträgt der für gewerbliche Gebäude zulässige Anhaltswert $v_i = 20,0$ mm/s. Der zulässige Anhaltswert der Tabelle 1, Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 wird zu ca. 14 % erreicht und damit eingehalten. Der für Wohngebäude zulässige Anhaltswert von $v_i = 5,0$ mm/s wird zu ca. 55 % erreicht und damit ebenfalls eingehalten.

In den Obergeschossen beträgt der für gewerbliche Gebäude und für Wohngebäude zulässige Anhaltswert in vertikaler Richtung für beide Gebäudearten $v_i = 20,0$ mm/s und wird zu ca. 55 % erreicht und damit eingehalten.



12.0 Schlussbemerkung

Erfahrungen aus vielen Dauermessungen in der Nachbarschaft von Steinbruchbetreiben zeigen, dass die Schwelle, ab der Anwohner sich über Erschütterungen beschweren, oftmals deutlich niedriger liegt, als die gesetzlich zulässigen Anhaltswerte. Insbesondere, wenn Betriebsleiterwohnungen in dem hier geplanten Gewerbegebiet erlaubt werden, sollten die Bauherren auf die zu erwartenden Erschütterungen hingewiesen werden.

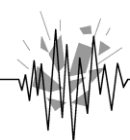
In dieser Stellungnahme werden nur die für Gebäude und für Menschen in Gebäuden zulässigen Anhaltswerte betrachtet. Sollten in den Gebäuden erschütterungsempfindliche Geräte oder Maschinen installiert werden, muss anhand der speziellen Spezifikationen dieser Einrichtungen geprüft werden, ob ein Betrieb in der Nachbarschaft des Steinbruchs „Ilse“ möglich ist.



Dortmund, den 21.11.2014

Josef Hellmann

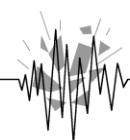
Anlagen



Anlage 1

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Tabelle 1, „Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsemissionen 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 gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							



Anlage 2

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Tabelle 1, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke“

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal
		1 bis 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz *)	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15 **)
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	3	3 bis 8	8 bis 10	8
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.					
**) Deckenmitte vertikal: 20 mm/s					

Anlage 3

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Tabelle 2, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen“

Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit und ohne Flanschen	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50

