



## 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

**Portlandzementwerk Wittekind  
Hugo Miebach Söhne KG  
Herrn Dipl. Ing. Roland Voßen  
Hüchtchenweg 1  
59597 Erwitte**

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 11.09.2017

Meine Projekt-Nr.: 17 - S – 11.09. Änderung u. Arrondierung Wittekind

### **Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten**

**im Rahmen des Genehmigungsantrages für die geplante Änderung und Arrondierung des Abbaubereiches östlich der Berger Straße der Firma Portlandzementwerk Wittekind Hugo Miebach Söhne KG auf verschiedenen Grundstücken im Bereich der Gemarkungen Erwitte und Anröchte.**

#### **Firma:**

Portlandzementwerk Wittekind  
Hugo Miebach Söhne KG  
Hüchtchenweg 1  
59597 Erwitte

#### **Steinbruch:**

Steinbruch östlich der Berger Straße

Inhaltsverzeichnis

=====

<b>Pkt.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
	Inhaltsverzeichnis.....	2
1.0	Vorbemerkungen.....	4
2.0	Aufgabenstellung.....	6
3.0	Aufbau des Gutachtens.....	6
4.0	Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung.....	7
5.0	Beschreibung der geplanten Vertiefung und Erweiterung.....	8
5.1	Abgrabungsabstände.....	10
6.0	Abbaubeschreibung.....	11
6.1	Abtragung von Oberboden und Abraum.....	12
6.2	Abbau des Kalksteins.....	12
6.3	Bohrarbeiten.....	13
6.4	Sprengarbeiten.....	15
6.4.1	Derzeitige sprengtechnische Daten.....	16
6.4.2	Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen.....	17
6.5	Zündanlage.....	18
6.5.1	Elektrische Zündung.....	19
6.5.2	Elektronische Zündung.....	19
6.5.3	Nichtelektrische Zündung.....	19
6.6	Nachzerkleinerung.....	20
6.7	Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes.....	20
7.0	Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich.....	21
7.1	Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug.....	22
7.2	Erforderliche Maßnahmen zum Schutz gegen Steinflug.....	24
8.0	Geräuschbelästigung durch Explosionsknall.....	26
9.0	Erschütterungsimmissionsschutz.....	27
9.1	DIN 4150 Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen".....	27



<b>Pkt.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
9.2	DIN 4150 Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" .....	27
9.2.1	Quellenspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN Teil 2.....	29
9.3	DIN 4150 Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" .....	30
9.4	Auflagen des Rd.Erl. -VB2-8829-(V Nr. 4/00)- v. 31.07.2000.....	31
10.0	Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke.....	32
10.1	Gewerblich genutzte Bauwerke .....	32
10.2	Erdverlegte Leitungen .....	33
10.3	Wohngebäude.....	34
11.0	Erschütterungsmessungen .....	36
11.1	Aufgabenstellung der Messungen vom 28.05.2009.....	36
11.2	Ergebnisse der Messungen.....	36
11.3	Sprengtechnische Daten der Sprengung vom 28.05.2009.....	37
11.4	Beschreibung der Messstellen.....	39
11.5	Messtechnische Angaben zu den eingesetzten Messgeräten.....	41
11.6	Erschütterungsmessergebnisse.....	41
12.0	Grundlagen der Erschütterungsprognose.....	42
13.0	Erschütterungsprognose.....	44
14.0	Beurteilung.....	48
15.0	Zusammenfassung.....	54
16.0	Schlussbemerkung.....	55
	Anlagen.....	56 - 59



## 1.0 Vorbemerkungen

Die Firma Portlandzementwerk Wittekind Hugo Miebach Söhne KG in Erwitte, in der Folge Portlandzementwerk Wittekind genannt, beantragt für das bereits genehmigte Abgrabungsvorhaben östlich der Berger Straße eine Genehmigung zur Änderung und Arrondierung der Abbaubereiche für die Abgrabung von Kalkstein.

Dieser Antrag bezieht sich zum einen auf die bereits als Trockenabgrabung genehmigte Steinbruchfläche von ca. 50 ha Größe, für die zur Optimierung der Lagerstättennutzung eine Tieferlegung der Abbausohle vorgesehen ist. Zum anderen soll der der bisherige Abbaubereich durch eine Erweiterungsfläche von ca. 19,5 ha arrondiert und erweitert werden.

Die genaue Lage der Abgrabungsflächen kann der Flurkarte des Abbauantrages entnommen werden.

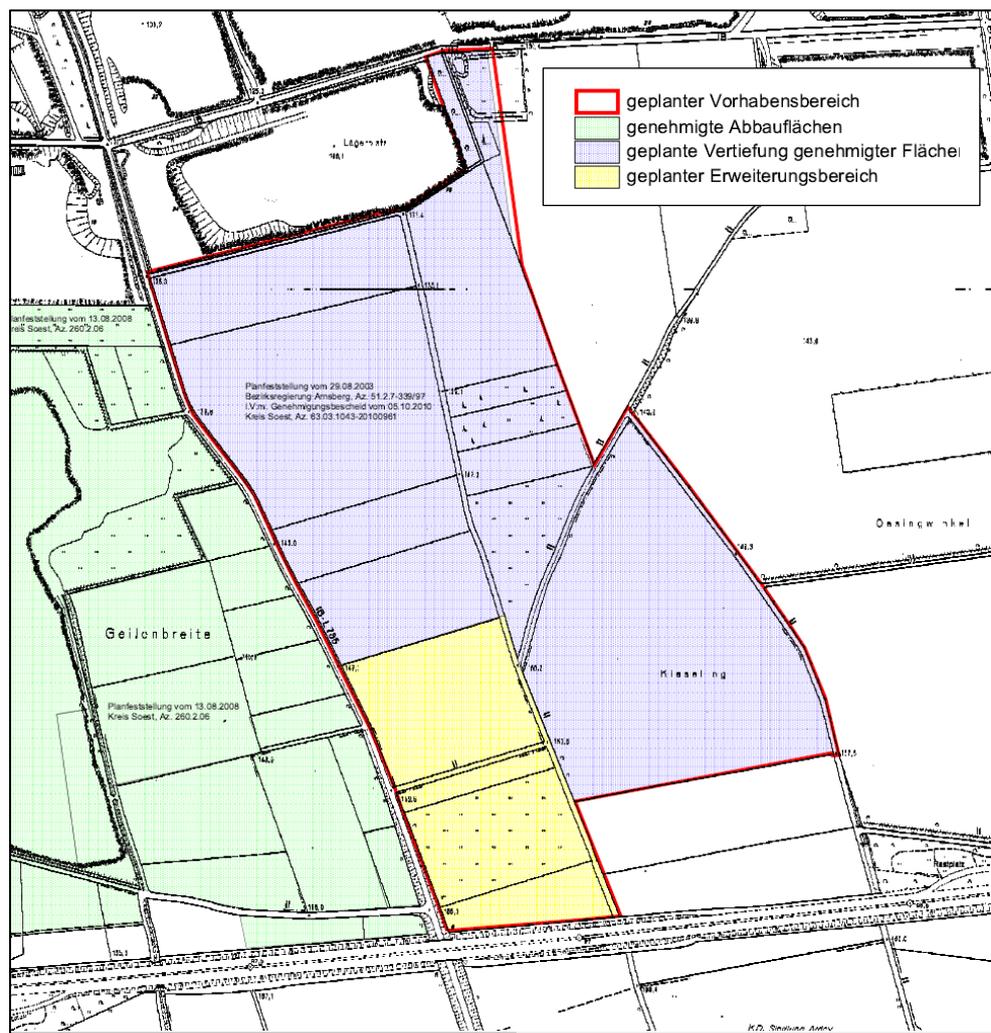


Abb. 1 Lage der Vertiefungs- und Erweiterungsflächen





Abb. 2 Lage der Abgrabungsfläche, Blick von Nordwesten



Abb. 3 Lage der Abgrabungsfläche, Blick von Südwesten



## **2.0 Aufgabenstellung**

Erstellung eines spreng- und erschütterungstechnischen Gutachtens mit integrierter Erschütterungsprognose für die geplante Vertiefung und Erweiterung der Abgrabungsflächen.

Mit dem hier erstellten spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten soll sichergestellt werden, dass bei den vorzunehmenden Sprengungen in der geplanten Vertiefung und Erweiterung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte in der gesamten Nachbarbebauung des Steinbruchs eingehalten werden.

In weitem Umkreis um die geplante Vertiefung und Erweiterung befindet sich keine Bebauung. Lediglich die Bundesautobahn BAB 44 verläuft südlich der Flächen mit einem geringsten Abstand zur nächstgelegenen Sprengstelle von ca. 100 m.

Als Grundlage für die Erschütterungsprognose wird daher eine Erschütterungsmessung verwendet, die am 28.05.2009 bei Gewinnungssprengungen im benachbarten Steinbruch des Portlandzementwerks Wittekind im Nahbereich zur Autobahn an den Brückenanlagen der BAB 44 gemacht wurde, sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel für Sedimentgesteine. Der hier geplante Abbau findet in denselben geologischen Formationen wie bisher statt. Auch für die Sprengtechnik sind keine wesentlichen Veränderungen vorgesehen. Somit sind die Messungen aus 2009 als Datengrundlage gut geeignet.

## **3.0 Aufbau des Gutachtens**

Die Lage der geplanten Erweiterungsfläche wird beschrieben und die Vorgehensweise zum Abbau des Gesteins sowie das vorgesehene Sprengverfahren werden erläutert.

Anhand der Messergebnisse aus dem Jahr 2009 von Erschütterungsmessungen bei Sprengarbeiten im bestehenden Steinbruch wird eine Erschüt-



terungsprognose erstellt und es werden Sprengstofflademengen festgelegt, die sicherstellen, dass an der angrenzenden Bebauung keine unzulässig hohen Sprengerschütterungen auftreten. Nach Auskunft des Unternehmens sind die Sprengstofflademengen je Zündzeitstufe seit den Messungen aus dem Jahr 2009 nicht größer geworden.

Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen wird sichergestellt, dass bei Einhaltung aller sicherheits- und umweltrelevanten Auflagen der Schutz der Anwohner, der Bebauung und anderer Anlagen vor Steinflug und vor unzulässigen Erschütterungen gegeben ist.

#### **4.0 Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung**

- Scopingvorlage aus April 2013 zum Genehmigungsverfahren für die geplante Änderung und Arrondierung der Abbaubereiche der Firma Portlandzementwerk Wittekind in den Gemarkungen Erwitte und Berge.
- Lageplan der Abgrabungen mit der vorgesehenen Vertiefungs- und Erweiterungsfläche
- Standsicherheitsuntersuchungen der Böschungen des Ingenieurbüros Borchert + Lange, Untersuchungsbericht vom 20.03.2006
- Erschütterungsmessergebnisse an 2 Messstellen an Brückenbauwerken der BAB 44 und dazu gehörige sprengtechnische Daten einer Gewinnungssprengung im bestehenden Steinbruch aus dem Jahr 2009
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2 und 3
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht „Sprengarbeiten“ des Bundesministerium für Arbeit und Soziales (SprengTR 310 – Sprengarbeiten) vom 05. Oktober 2016



## 5.0 Beschreibung der geplanten Vertiefung und Erweiterung

Die Vertiefung der bereits genehmigten Abgrabungsflächen betrifft die Flurstücke 14, 15, 20, 22, 39, 55, 60 und 117 der Flur 12 und die Flurstücke 11-16 der Flur 13 der Gemarkung Erwitte sowie das Flurstück 18 Flur 1 der Gemarkung Berge.

Die zur Arrondierung der Flächen geplante Erweiterung betrifft die Flurstücke 19 und 106 der Flur 13, Gemarkung Erwitte sowie die Flurstücke 19, 75, 77, 89 und 106 der Flur 1 der Gemarkung Berge.

Die Abbauflächen liegen östlich der L 735 (Berger Straße) und grenzen an die bisherigen Abbauflächen der Firma Portlandzementwerk Wittekind, die sich westlich der Berger Straße befinden, an. Zum Transport des Gesteins ist vorgesehen, die beiden Steinbruchareale mit einem bereits errichteten Tunnel unter der Berger Straße zu verbinden. Es ist vorgesehen, den Abbau auf drei Sohlen auszuführen und in vier Abbaubereiche zu unterteilen. Der erste Abbaubereich grenzt an die Berger Straße und an einen nördlich gelegenen, bereits abgebauten Lagerstättenteil.

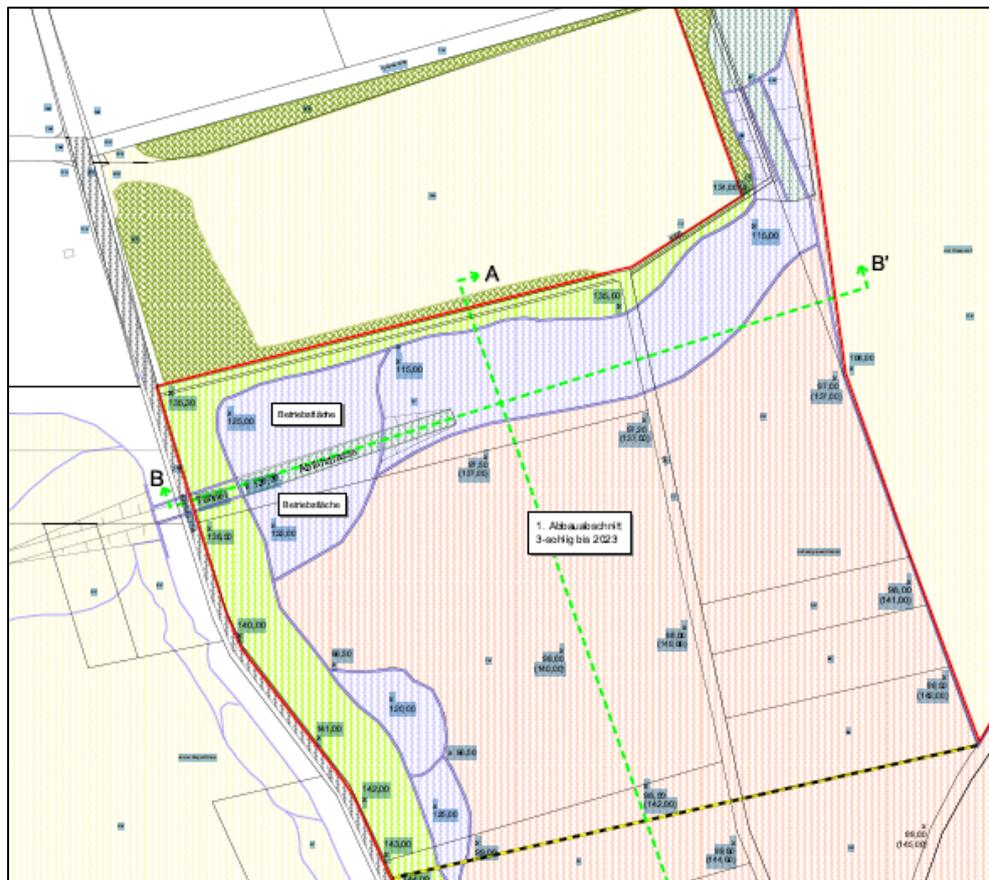


Abb. 4 1. Abbaubereich bis 2023



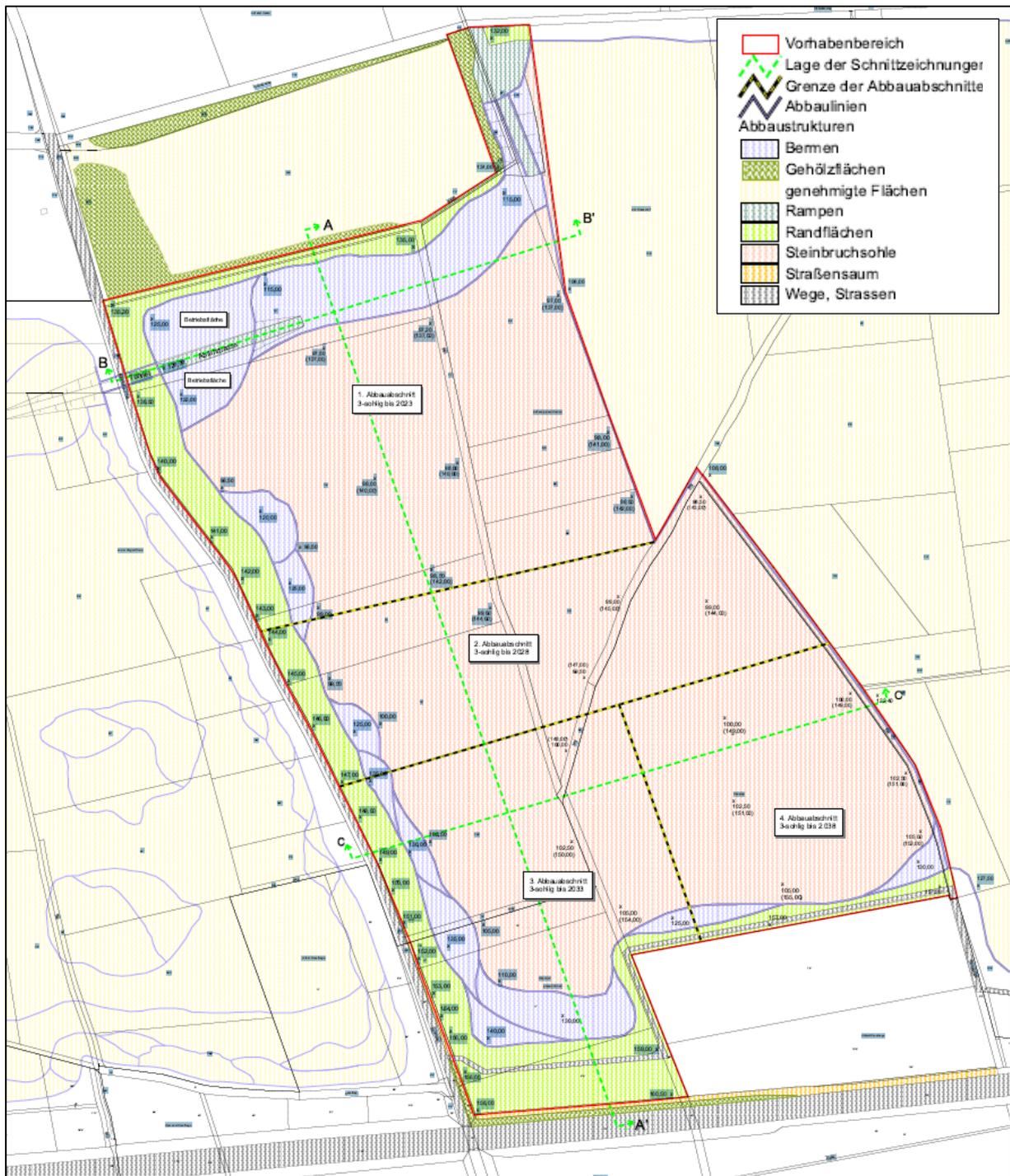


Abb. 5 Abbauplan

Die weiteren Abbaubereiche schließen sich nach Süden an. Der generelle Abbau in den Abbauberschnitten soll von Norden nach Süden erfolgen, wobei der Abbau an einzelnen Wänden auch in anderer Richtung und zeitlicher Abfolge erfolgen kann.



Die tiefste Abbausohle des Trockenabbaus liegt in Abhängigkeit vom Grundwasserpegel in einer Höhe zwischen 97,0 m ü. N.N im Norden und 105 m ü. N.N. im Süden der geplanten Abgrabungsfläche.

## 5.1 Abgrabungsabstände

Es ist geplant, in den Erweiterungsflächen einen Abstand von mindestens 10 m zwischen der obersten Abbaukante und benachbarten Wirtschaftswegen bzw. einen Abstand von mindestens 10 m zwischen der Abbaukante und angrenzendem Wald einzuhalten.

Soweit die Tieferlegungs- und Erweiterungsflächen an die Autobahn BAB 44 oder an die Landstraße L 735 (Berger Straße) angrenzen, soll der Abbau unter Einhaltung aller sicherheits- und umweltrelevanten Auflagen zum Schutz vor Steinflug und vor unzulässigen Erschütterungen so weit an die Verkehrswege herangeführt werden, wie es gemäß den Standsicherheitsuntersuchungen der Böschungen durch das Ingenieurbüro Borchert + Lange möglich ist.

Nachfolgend werden die nächstgelegenen schutzwürdigen Objekte, Gebäude und sonstigen Anlagen (betriebseigene Anlagen und Gebäude ausgenommen) mit den geringsten horizontalen Entfernungen zu den möglichen Sprengstellen in der geplanten Vertiefungs- und Erweiterungsfläche aufgeführt:

Objekt u. Adresse	Objektbezeichnung	geringste Entfernung zu den Sprengstellen (m)	Lage zum geplanten Neuaufschluss
AMH Asphaltmischwerk Berger Straße 50	Nr. 1	ca. 820	nördlich
Landwirtschaftliche Anwesen Hellweg 101 u. 103	Nr. 2	ca. 2.400	nordöstlich
Ortschaft Eikeloh	Nr. 3	ca. 3.400	nordöstlich
Ortschaft Westereiden	Nr. 4	ca. 2.500	südöstlich
Bundesautobahn A 44 Rastplatz Berge, Parkstreifen	Nr. 5	ca. 270	südöstlich



Objekt u. Adresse	Objektbezeichnung	geringste Entfernung zu den Sprengstellen (m)	Lage zum geplanten Neuaufschluss
Ortschaft Berge	Nr. 6	ca. 1.500	südlich
Bundesautobahn A 44	Nr. 7	ca. 100	südlich
Grabenunterführungen unter der Bundesautobahn A 44	Nr. 8	ca. 100	südlich
Betriebsgebäude Schotterwerk Westereiden	Nr. 9	ca. 950	südlich
Kompostierungsanlage Angstfeldweg, Anröchte	Nr. 10	ca. 1.500	südwestlich
Scheune	Nr. 11	ca. 1.400	südwestlich
Landwirtschaftliches Anwesen „Söbberinghof“	Nr. 12	ca. 1.750	westlich
Seibel & Söhne Betriebsanlagen	Nr. 13	ca. 550	nordwestlich
Ortschaft Erwitte	Nr. 14	ca. 1.600	nordwestlich

Tab. 1: Geringste Entfernungen zwischen der geplanten Vertiefung und Erweiterung und den zu betrachtenden Gebäuden und sonstigen Anlagen

## 6.0 Abbaubeschreibung

Der abzubauenende sedimentäre Kalkstein besteht aus Kalk-, Mergel- und Schluffsteinen der Kreidestufen Turon und Coniac und steht mit deutlich flach gelagerter Schichtenbildung an.

Die erforderlichen Verfahrensschritte zur Gewinnung des Kalksteins gliedern sich wie folgt auf:

- Vorbereitende Arbeiten wie z. B. Abraum abtragen und verkippen
- Bohren der Sprengbohrlöcher
- Sprengen
- Laden und Transportieren
- Brechen und Klassieren des gewonnenen Materials



Von den bei den einzelnen Verfahrensschritten entstehenden Emissionen werden in diesem Gutachten die Emissionen durch Sprengerschütterungen und die möglichen Gefahren durch ungewollten weiten Steinflug behandelt.

### **6.1. Abtragung von Oberboden und Abraum**

Der oberste Teil in den vorgesehenen Erweiterungsbereichen wird als Abraum- und Säuberungsschnitt geführt, dessen Abtragungshöhe sich nach der Mächtigkeit des anstehenden Abraums und des Oberbodens richtet.

Der über dem zu gewinnenden Kalkstein anstehende Oberboden und das nicht verwertbare Material (Abraum) sind unterschiedlich mächtig und werden entweder als Schutzwall aufgeschoben oder abgetragen und im Rahmen der Renaturierung wiederverwertet.

### **6.2. Abbau des Kalksteins**

Nach der Beseitigung des Abraums wird die erste Abbausohle im Rahmen des betrieblichen Abbaufortschritts angelegt. Der Abbau erfolgt durch Bohr- und Sprengarbeit. Die Abbauhöhe auf der oberen Sohle richtet sich nach dem geringen Einfallen des Kalkgesteins und der Geländehöhe und beträgt max. 30 m.

Die Abbauhöhe auf den weiteren Sohlen ist abhängig von der insgesamt zulässigen Abtragungshöhe und dem Grundwasserstand und beträgt maximal ca. 20 m.

Im Nahbereich zur Autobahn BAB 44, bei Abständen von weniger als 200 m, dürfen gemäß der derzeitigen Genehmigung die Wandhöhen maximal 14 m betragen. Bei Beibehaltung dieser Bestimmung sind daher in diesem Bereich entsprechende Zwischensohlen erforderlich.

Eine ähnliche Bestimmung gilt auch für die Landstraße L 735. Bei Abständen von weniger als 100 m dürfen gemäß der derzeitigen Genehmigung die Wandhöhen maximal 16 m betragen. Bei Beibehaltung



dieser Bestimmung sind daher auch in diesem Bereich entsprechende Zwischensohlen erforderlich.

Das abzubauen Kalksteinmaterial wird im Großbohrloch-Sprengverfahren gewonnen bei einem notwendigen spezifischen Sprengstoffeinsatz von 300 - 350 g/fm<sup>3</sup> auf den oberen Sohlen und 400 – 600 g/fm<sup>3</sup> auf der Tiefsohle.

### 6.3 Bohrarbeiten

Die für das Sprengverfahren erforderlichen Sprengbohrlöcher werden mit Großbohrlochmaschinen, drehend oder drehschlagend, mit einem Bohrl Lochdurchmesser von zurzeit 76 mm - 105 mm von oben nach unten abgebohrt. Die geplante Bohrl Lochneigung beträgt auf der oberen Sohle 80° bei einer Wandneigung von ebenfalls ca. 80° und auf der Tiefsohle ca. 90° bei einer Wandneigung von ebenfalls ca. 90°. Die Bohrgeräte sind mit einer Entstaubungseinrichtung ausgerüstet.

#### **Bohrtechnische Daten der oberen Sohlen:**

Bohrantrieb:	drehend
Bohrloch-Ø:	95 mm
Vorgabe:	zurzeit bis ca. 4,5 m
Seitenabstand:	zurzeit bis ca. 3,5 m
Bohrlochneigung:	ca. 80°
Wandneigung:	ca. 80°
Wandhöhe:	max. 30,0 m
Bohrlochtiefe:	max. 30,0 m
Unterbohrung:	ca. 0,0 - 0,5 m
Bohrlochreihen	einreihig bzw. zweireihig

#### **Bohrtechnische Daten der Tiefsohle:**

Bohrantrieb:	Außenhammer und Tieflochhammer, drehschlagend
Bohrloch-Ø:	76 mm – 105 mm
Vorgabe:	zurzeit ca. 4,0 m - 5,0 m (mögl. bis 7,0 m bei größerem Bohrloch-Ø)



Seitenabstand:	zurzeit ca. 3,0 m – 4,0 m (mögl. bis 5,0 m bei größerem Bohrloch-Ø)
Bohrlochneigung:	ca. 90°
Wandneigung:	ca. 90°
Wandhöhe:	bis 20,0 m
Bohrlochtiefe:	bis 20,0 m
Unterbohrung:	keine
Bohrlochreihen:	ein- bis mehrreihig

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

Es kann für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden, dass auch größere Bohrlochdurchmesser bis zu einem Durchmesser von 140 mm verwendet werden. Daraus ergeben sich dann auch größere Vorgaben und Seitenabstände. Die größeren Bohrlochdurchmesser bieten eine größere Bohrrichtungsgenauigkeit, da bei größeren Bohrlochdurchmessern die Bohrmaschine auch mit einem stärkeren Bohrgestänge ausgerüstet wird.

Der spezifische Sprengstoffeinsatz und der maximale Sprengstoffeinsatz/Zündzeitstufe können davon aber unberührt bleiben. Dies ist möglich durch eine dann gegebenenfalls erforderliche Unterteilung der Gesamtsprengstoffladesäule eines Bohrloches in mehrere Einzelladesäulen mit jeweils einer eigenen Zündzeit. Daher werden sich die von den Gewinnungssprengungen ausgehenden Sprengemissionen durch den Einsatz von geteilten Ladesäulen auch bei größeren Bohrlochdurchmessern und größeren Sprenganlagen nicht maßgeblich ändern.

Dieses Verfahren kann aber auch bei den derzeitigen Bohrlochdurchmessern zur weiteren Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe angewendet werden, um unzulässig hohe Erschütterungen, z. B. im Nahbereich zu Autobahnbauwerken, zu vermeiden.

Bei Großbohrlochsprengungen muss vor Aufnahme der Bohrarbeiten die Bruchwand in Bezug auf Höhe, Neigung und eventuelle Wandausbrüche vermessen werden. Anhand dieser Messung werden die Bohrlochansatz-



punkte, 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. Nach dem Bohren werden die Löcher auf Richtung und Tiefe kontrolliert und die Ergebnisse protokolliert.

## 6.4 Sprengarbeiten

Es werden nur zugelassene Sprengstoffe und Zündmittel eingesetzt. Die in den bisherigen Abbaubereichen angewendete Sprengtechnik entspricht dem Stand der heutigen Zünd- und Sprengtechnik.

Als Sprengstoffe können gelatinöse Sprengstoffe, Emulsionssprengstoffe oder pulverförmige Sprengstoffe (z.B. ANC-Sprengstoffe) zum Einsatz kommen. Als Zündverstärker können erforderlichenfalls Nitropenta-Sprengschnüre oder Booster verwendet werden.

Als Zündmittel können elektrische, elektronische oder nichtelektrische Zündsysteme Anwendung finden.

Bei Großbohrlochsprengungen hat der verantwortliche Sprengberechtigte vor dem Einbringen des Sprengstoffes die Bohrlöcher auf Ansatzpunkt und Richtung zu prüfen. Abweichungen von der beabsichtigten Richtung sind messtechnisch zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Berechnung der



Lademenge ist gegebenenfalls entsprechend den Abweichungen zu berichtigen.

Die in der SprengTR 310 – Sprengarbeiten im Anhang T-2 genannten zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Großbohrlochsprengungen sind einzuhalten.

#### 6.4.1. Derzeitige sprengtechnische Daten

##### **Sprengtechnischen Daten der oberen Sohlen:**

spez. Sprengstoffeinsatz:	300 – 350 g/fm <sup>3</sup>
Bohrlöcher/Zeitstufe:	1 Bohrloch
Ladesäulenlänge:	max. 27,0 m
Endbesatzlänge:	bei ca. 95 mm – 110 mm Bohrloch-Ø: bei Abstand zur BAB 44 > 300 m: ca. 3,0 m bei Abstand zur BAB 44 < 300 m: ca. 4,5 m bei Abstand zur BAB 44 < 150 m: ca. 5,0 m
Sprengstoffmenge/Zeitstufe:	zurzeit max. 150 kg
Anzahl der Bohrlöcher:	abhängig vom Zündsystem: Bei elektrischer Zündung werden i. A. bis zu 20 Sprengbohrlöcher geladen. Bei elektronischer oder nichtelektrischer Zündung sind auch größere Sprenganlagen möglich.
Zündung:	redundant, aus dem Bohrlochtiefsten
Eingesetzte Sprengschnur:	20 g/m - 40 g/m (abh. vom eingesetzten Sprengstoff)

##### **Sprengtechnischen Daten der Tiefsohle:**

spez. Sprengstoffeinsatz:	400 – 600 g/fm <sup>3</sup>
Bohrlöcher/Zeitstufe:	1 Bohrloch
Ladesäulenlänge:	max. 17,0 m
Endbesatzlänge:	bei ca. 76 – 110 mm Bohrloch-Ø: bei Abstand zur BAB 44 > 300 m: ca. 3,0 m



bei Abstand zur BAB 44 < 300 m: ca. 4,5 m

bei Abstand zur BAB 44 < 150 m: ca. 5,0 m

Sprengstoffmenge/Zeitstufe: zurzeit max. 150 kg

Anzahl der Bohrlöcher: abhängig vom Zündsystem:

Bei elektrischer Zündung werden i. A. bis zu 20 Sprengbohrlöcher geladen.

Bei elektronischer oder nichtelektrischer Zündung sind auch größere Sprenganlagen möglich.

Zündung: redundant, aus dem Bohrlochtiefsten

Eingesetzte Sprengschnur: 20 g/m - 40 g/m

(abh. vom eingesetzten Sprengstoff)

#### 6.4.2 Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen

In das Bohrlochtiefste wird entweder ein Booster oder kapselempfindlicher, z.B. gelatinöser Gesteinssprengstoff mit einem Zünder eingebracht, wobei der Zünder in die Schlagpatrone eingeführt wird.

Im Allgemeinen wird nach dem Einbringen von patroniertem gelatinösem Sprengstoff oder kapselempfindlichem Emulsionssprengstoff (Fußladung) als Hauptladung loser ANC-Sprengstoff eingebracht. Falls erforderlich, werden auch patronierte pulverförmige Sprengstoffe eingesetzt. Dies kann bei nassen Bohrlöchern oder im oberen Bohrlochbereich zur Vermeidung von Streuflug notwendig sein. Bei losen Sprengstoffen ist das Ansteigen der Ladesäule zu überwachen, um ein eventuelles Verlaufen von Sprengstoff in Klüfte rechtzeitig zu erkennen.

Falls Emulsionssprengstoff verwendet wird, kann er in patronierter Form oder als gepumpter, loser Emulsionssprengstoff eingebracht werden. Der Patronendurchmesser des Sprengstoffs ist dem Bohrlochdurchmesser angepasst. Falls erforderlich, ist eine Sprengschnur entsprechend den Anforderungen des Sprengstoffs beizuladen. Sprengschnüre sind erforderlich, wenn die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher gewährleistet ist, z. B. durch das Nachfallen von Gestein beim patronierten Laden oder wenn die Gefahr besteht, dass Patronen durch Klüfte stecken bleiben.



Der Endbesatz besteht aus Bohrmehl oder feinen Splitten und hat im Normalfall, abhängig vom Bohrlochdurchmesser, eine Länge von ca. 3,0 m – 4,0 m.

Muss aus ladetechnischen Gründen die Ladezone mit Zwischenbesatz gestreckt werden, wird nach jedem Einbringen von Zwischenbesatz eine weitere Patrone eines kapselempfindlichen Sprengstoffs eingebracht.

Vor dem Einbringen von Zwischen- oder Endbesatz müssen elektrische Zünder auf Widerstand und gegen Isolationsfehler mit einem zugelassenen Ohmmeter geprüft werden.

Über die Sprengarbeit wird bei Großbohrlochsprengungen ein Bericht geführt, in dem die Gesamtlademege, die Art der Zündung, die Anzahl der Zünder, die Zündrichtung und Besonderheiten beim Ladevorgang aufgeführt werden.

## 6.5 Zündanlage

Das Standardverfahren in den Abbaugebieten der Firma Portlandzementwerk Wittekind ist die nichtelektrische Zündung. Je nach Bedarf und geologischen Verhältnissen wird die Zündanlage mit oder ohne Sprengschnur ausgeführt. Wenn mit Sprengschnur gearbeitet wird, muss die aus dem Bohrloch aufsteigende Schnur zur Reduzierung des Detonationsknalls ausreichend abgedeckt werden.

Die Zündung erfolgt in der Regel aus dem Bohrlochtiefsten, gegebenenfalls kann auch vom Bohrlochmund gezündet werden.

Falls aus erschütterungstechnischen oder sonstigen Gründen eine Verringerung der Sprengstofflademege je Zündzeitstufe erforderlich ist, kann mit mehreren, durch Zwischenbesatz voneinander getrennten Ladezonen in den Bohrlöchern gearbeitet werden, wodurch die Möglichkeit besteht, die verschiedenen Ladezonen mit unterschiedlichen Zündzeiten zu versehen.



### 6.5.1 Elektrische Zündung

Falls elektrisch gezündet wird, wird die Zündanlage als Reihenschaltung ausgeführt. Es werden derzeit U-Momentzündler und/oder U-Kurzzeitzündler mit Verzögerungsintervallen von 25 ms verwendet.

Die Zündanlage muss auf Widerstand sowie gegen Isolationsfehler geprüft werden und mit dem vorher errechneten Widerstandswert übereinstimmen.

### 6.5.2 Elektronische Zündung

Durch den Einsatz des elektronischen Zündverfahrens können z.B. größere Sprenganlagen bei Beibehaltung der ursprünglichen Lademenge je Zündzeit hergestellt werden. Es steht hierbei eine erheblich größere Anzahl von Zündzeitstufen zur Verfügung als bei der herkömmlichen elektrischen Zündung. Die Größe der Zündanlagen kann somit den betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten sehr gut angepasst werden. Ein weiterer Vorteil ist die exakte Einhaltung der Zündzeiten, die bei diesem Zündsystem nicht mehr pyrotechnisch, sondern elektronisch geregelt wird.

Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung des Herstellers eine besondere Fachkunde dafür erworben haben. Dieses Zündsystem ist das derzeit genaueste Zündsystem, das zur Verfügung steht.

### 6.5.3 Nichtelektrische Zündung

Bei diesem Zündsystem kann eine große Zahl von Zündern über einen auf seiner Innenseite mit einer Sprengstoffbeschichtung bestäubten Anzündschlauch miteinander verbunden werden. Ein an der Oberfläche am Bohrlochmund angebrachter Zündverzögerer ist dazu bestimmt, die Zündverzögerung außerhalb der Bohrlöcher vorseilen zu lassen, bevor die erste Bohrlochladung detoniert. Es stehen verschiedene Zündzeitintervalle zur Verfügung. Im Allgemeinen wird das System durch einen elektrischen Zünder ausgelöst.



Neben der möglichen großen Anzahl verschiedener Zündzeiten zeichnet sich dieses System durch seine einfache Handhabung aus. Die Planung der Zündanlage setzt jedoch genaue Kenntnisse des Systems voraus. So ist sorgsam darauf zu achten, dass die möglichen Toleranzen der pyrotechnischen Verzögerungselemente in den Zündern ausreichend berücksichtigt werden und die tatsächlichen Zündzeiten der Zünder nicht zu eng beieinander liegen. Gelegentlich auftretende unzulässig hohe Erschütterungen können ihre Ursache in einem unglücklichen Überschneiden der tatsächlichen Zündzeiten haben, wenn die möglichen Toleranzen nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung eine besondere Fachkunde für den Umgang mit diesem System erworben haben.

## 6.6 Nachzerkleinerung

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 sind nicht auszuschließen und können zu gefährlichem Steinflug führen. Gleiches gilt für Knäppersprengungen.

Ein Nacharbeiten von Zehen und das Zerkleinern von Knäppern sollten grundsätzlich nicht durch Sprengen erfolgen, wenn der abgesperrte Sprengbereich einen Radius unter 400 m hat.

## 6.7. Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes

Das sprengtechnisch gelöste Material wird mit Radladern und Baggern auf Lastkraftwagen geladen und über je nach Abbausituation angelegte Fahr rampsen und Fahrwege zu der vorhandenen Bandanlage in Steinbruch I oder zu den weiterverarbeitenden Betriebsanlagen transportiert.



## **7.0 Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich**

Der abzusperrende Sprengbereich beträgt gemäß der SprengTR 310 – Sprengarbeiten im Allgemeinen 300 m und kann vom Sprengberechtigten im Einvernehmen mit dem Erlaubnisinhaber 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 geplanten Tieferlegungs- und Erweiterungsflächen grenzen entweder an die L 735, Berger Straße, oder an die Bundesautobahn BAB 44 an. Bei Annäherung an die BAB 44 ist daher eine Verkleinerung des Sprengbereichs erforderlich. Bei Annäherung an die Berger Straße ist sowohl eine Verkleinerung des Sprengbereichs als auch in einigen Fällen eine kurzzeitige Sperrung der Landstraße erforderlich.

Die Absperrung und Räumung des erforderlichen Sprengbereichs erfolgt außerhalb und innerhalb der eigenen Betriebsanlagen durch Betriebsangehörige des Portlandzementwerks Wittekind. 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.

Wenn die Landstraße L 735 im festgelegten Sprengbereich einer Sprengung liegt, muss sie kurzzeitig gesperrt werden. Hierzu ist eine Anordnung der zuständigen Behörde erforderlich. Die Sperrzeit wird sich jeweils auf wenige Minuten beschränken. Die Absperrposten sind durch Warnwesten und rote Fahnen deutlich kenntlich zu machen und müssen sich mit Sprechfunk oder Handy mit dem verantwortlichen Sprengberechtigten verständigen können.



## 7.1 Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug

Bei der Umsetzung des Sprengstoffs entstehen innerhalb weniger Millisekunden aus 1 kg Sprengstoff ca. 800 - 1000 l Gasvolumen. Diese Volumenvergrößerung 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 um ca. 70 - 100 % länger an, als es die Wandhöhe vorgibt. Bei einer Wandhöhe von z.B. ca. 30 m liegt demnach das Haufwerk in Wurfriechtung auf einer Länge von ca. 50 m – 60 m an. Hinzu kommen noch einzelne Steine, die bis zu 25 m 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<sub>B</sub>") 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 Sprengstoffs, 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/fm<sup>3</sup> angegeben.

In den Abbaugelieten der Firma Portlandzementwerk Wittekind wird das Gestein auf den oberen Sohlen durch Gewinnungssprengungen mit einem spezifischen Sprengstoffeinsatz von in der Regel "q" = ca. 0,300 kg/fm<sup>3</sup> bis



0,350 kg/fm<sup>3</sup> und auf den unteren Sohlen mit einem spezifischen Sprengstoffeinsatz von in der Regel "q" = ca. 0,400 kg/fm<sup>3</sup> bis 0,600 kg/fm<sup>3</sup> abgebaut.

Bei diesem spezifischen Sprengstoffeinsatz ist bei Beachtung und Einhaltung der sprengtechnischen Regeln und einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften Steinflug über den abgesperrten Sprengbereich hinaus auszuschließen. Wenn der Sprengbereich verkleinert werden soll, muss durch zusätzliche Maßnahmen sichergestellt sein, dass eine Gefährdung durch Sprengstücke ausgeschlossen ist.

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. Bei der hier vorgesehenen Abbauplanung, bei der die Wurfrichtung des Haufwerks stets in den Steinbruch hinein gerichtet ist, ergibt sich, dass selbst bei Fehlern des Sprengberechtigten bei der Ausführung der Sprengarbeit die Wurfrichtung der Steine immer noch weg von der Nachbarbebauung und in den Steinbruch hinein weist. Ausnahmen hierbei sind lediglich zu kurzer Endbesatz oder Fehler bei eventuellen Zehensprengungen.

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 in den Abbaugebieten der Firma Portlandzementwerk Wittekind mechanisch zerkleinert.

Zur sicheren Unterbindung der Steinfluggefahr bei Zehensprengungen sollte das Sprengen solcher Unebenheiten 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.



## 7.2 Erforderliche Maßnahmen zum Schutz gegen Steinflug

Aus dem oben Ausgeführten ergibt sich, dass gefährlich weiter Steinflug grundsätzlich durch sorgfältiges Arbeiten bei der Ausführung der Sprengarbeit ausgeschlossen werden kann. Weiterhin ergibt sich, dass selbst bei Fehlern des Sprengberechtigten bei der Ausführung der Sprengarbeit die Wurfrichtung der Steine immer noch mit der vorgesehenen Löserichtung des Gebirges identisch ist. Ausnahmen hierbei sind zu kurzer Endbesatz sowie Fehler bei Zehen- und Knäppersprengungen.

Unter den Voraussetzungen

- einer Abbauführung mit Wurfrichtung weg von den Verkehrswegen BAB 44 bzw. L 735,
- einer bewusst überdimensionierten Endbesatzlänge im Nahbereich zu diesen Verkehrswegen
- und bei einem Verbot von frei liegenden Zehen- und Knäppersprengungen im Nahbereich zu diesen Verkehrswegen,

kann daher die Gefahr von Steinflug außerhalb der geplanten Wurfrichtung sicher ausgeschlossen werden. Somit besteht keine Gefahr durch Steinflug in Richtung auf die BAB 44 bzw. L 735, auch wenn der abgesperrte Sprengbereich zu diesen Verkehrswegen hin erheblich verkleinert wird.

Hierzu müssen im Nahbereich zur BAB 44 bzw. zur L 735 folgende Endbesatzlängen, die für Bohrlochdurchmesser bis zu 110 mm ausreichend sind, eingehalten werden.

Vorgabe	Entfernung zur BAB 44 bzw. L 735	Endbesatzlänge
4,0 m - 5,0 m	> 300 m	3,5 m- 4,0 m
4,0 m	< 300 m bis 150 m	ca. 4,5 m
4,0 m	< 150 m	ca. 5 m

Insbesondere auf der oberen Abbausohle ist in dieser Lagerstätte eine hohe Ausladung der Sprengbohrlöcher nicht zwingend notwendig. Beim Wegsprengen des Wandfußes und des mittleren Wandbereiches löst sich hier das Gestein auch aus dem obersten Wandbereich, in dem die Sprengbohrlöcher nicht ausgeladenen sind.



Auf der Tiefsohle ist das Gestein härter und bankiger. Hier muss gewährleistet sein, dass im oberen Bereich der Wand keine Überhänge durch einen zu hohen Endbesatzbereich entstehen. Dies kann erforderlichenfalls vermieden werden, indem in die Endbesatzzone eine zusätzliche Sprengstoffpatrone, maximal bis zu 2,5 kg Sprengstoff, eingebracht wird. Diese Handhabung liegt im Verantwortungsbereich des Sprengberechtigten, der sie für jeden Einzelfall prüfen muss.

Im Nahbereich zur BAB 44 oder zur L 735, bei weniger als 200 m Abstand, darf diese Möglichkeit aber nicht zur Anwendung kommen.

Für den Fall, dass auf der Tiefsohle aufgrund des hohen Endbesatzes und der Bankigkeit des Gesteins zu große Gesteinsblöcke anfallen, kann alternativ bei Annäherung an die Verkehrswege der Endbesatz auf der Tiefsohle kürzer gewählt werden, wenn die Vorgabe der Sprengbohrlöcher entsprechend verringert wird. Es muss dabei sichergestellt sein, dass die Endbesatzlänge in den Sprengbohrlöchern stets größer ist als die Vorgabe in der geplanten Wurfriechung.

Bei einer reduzierten Vorgabe von max. 2,5 m und einem Bohrl Lochdurchmesser von max. 76 mm - 89 mm sind folgende Endbesatzlängen ausreichend:

Vorgabe	Entfernung zur BAB 44 bzw. L 735	Endbesatz
2,5 m	< 300 m – 150 m	3 m
2,5 m	< 150 m	3,5 m

Gemäß den Vorgaben des Standsicherheitsgutachtens muss gewährleistet sein, dass auch nach Auftreten eines Böschungsbruches mit einer Neigung von 45° im Bereich der BAB 44 noch ein Sicherheitsabstand von mindestens 60 m zu Autobahn verbleibt. Im Bereich der L 735 muss ein Mindestabstand von 20 m sichergestellt sein. Ein Böschungsbruch ist dort nicht zu erwarten.



## **8.0 Geräuschbelästigung durch Explosionsknall**

Bei einer Gewinnungssprengung erzeugt der detonierende Sprengstoff einen unterschiedlich starken Luftschall. Die Zeitdauer erstreckt sich je nach Sprenganlage etwa bis zu 1 s.

Außerhalb des abgesperrten Sprengbereichs ist der Luftschall nicht größer als die Immissionen anderer Lärmquellen, z.B. Flugzeuge oder Verkehrslärm an stark befahrenen Verkehrswegen.

Um die auftretenden Lärmimmissionen beim Sprengen auf ein mögliches Mindestmaß zu reduzieren, ist bei der Verwendung von Sprengschnur das aus dem Bohrloch herausragende Sprengschnurende nach dem Anbringen eines redundanten Zünders ausreichend tief in den Endbesatz einzubringen bzw. ausreichend mit feinem Besatzmaterial abzudecken.



## **9.0 Erschütterungsimmissionsschutz**

Beurteilungsgrundlage für die auftretenden Erschütterungen, verursacht durch die Sprengungen in den Erweiterungen 1 und 2 der Abbaugebiete der Firma Portlandzementwerk Wittekind sind die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, die aus den Teilen 1 bis 3 besteht und die Auflagen des Gemeinsamen Runderlasses des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz – V B 2 – 8829 - (V Nr. 4/00) -, des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr – IV A 6 - 46 – 63 -, u. d. Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport – II A 4 – 850.1 – v. 31.07.2000 "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude" und Änderung vom 04.11.2003 (MBI. NRW. 2004 S. 97).

### **9.1 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.

### **9.2 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  $KB_{F_{max}}$  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  $KB_{F_{max}}$  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:

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

$$KB_{F_{max}} = KB \times c_F \quad (7)$$

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  $KB_{F_{max}}$ -Werten verglichen werden müssen. Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen (z.B. Sprengerschütterungen sind kurzzeitige Einwirkungen) ist die Anforderung der Norm eingehalten, wenn  $KB_{F_{max}}$  kleiner als der obere Anhaltswert ( $A_o$ ) 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  $c_F = 0,6$



### 9.2.1 Quellenspezifische 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 "Quellenspezifische 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  $A_o$  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  $A_o$ -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:

$$A_o = 6$$

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.



### 9.3 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" vom Dezember 2016

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 Bauwerkserschütterungen 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, dazu zählen auch leichte 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.



**9.4 Auflagen des Gem. Runderlasses des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) - V B 2 – 8829 - (V Nr. 4/00- v. 31.07.2000 (MBI. NW S. 945; SMBl. NRW 7129) "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude"**

Der Erlass enthält Maßstäbe zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und auf Gebäude.

Die Anforderungen des BImSchG und des LImSchG zur Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen und zur Vorsorge werden darin konkretisiert.

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.



## 10.0 Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke

### 10.1 Gewerblich genutzte Bauwerke

Objekt Nr. 1, AMH Asphaltmischwerk

Objekt Nr. 2, Ställe und Scheunen der landw. Anwesen Hellweg 101 u. 103

Objekt Nr. 8, Grabenunterführungen unter der Bundesautobahn A 44

Objekt Nr. 9, Betriebsgebäude Schotterwerk Westereiden

Objekt Nr. 10, Kompostierungsanlage Anröchte

Objekt Nr. 11, Scheune

Objekt Nr. 12, Ställe und Scheunen am landw. Anwesen „Söbberinghof“

Objekt Nr. 13, Betriebsanlagen Seibel & Söhne

Die oben genannten Bauten und sonstige gewerbliche Bauwerke sind in die Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3, als gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten einzuordnen.

Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

< 10 Hz  $v_i = 20$  mm/s

10 - 50 Hz  $v_i = 20-40$  mm/s

50 -100 Hz  $v_i = 40-50$  mm/s

in der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 40$  mm/s

in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 20$  mm/s

Für Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise (z. B. Stahlbetonbauteile für Widerlager, Blockfundamente) gilt als Anhaltswert 80 mm/s, sofern keine Gefahren aus bodenmechanischen Vorgängen entstehen können.



Objekt Nr. 5, Rastplatz Berge an der BAB 44Objekt Nr. 7, Bundesautobahn A 44

Die Bundesautobahn A 44 mit dem Rastplatz Berge sowie alle anderen Straßen und Wege in der Umgebung der geplanten Erweiterungen sind aufgrund Ihrer Bauart nicht erschütterungsempfindlich und werden daher in der DIN 4150 nicht behandelt.

## 10.2 Erdverlegte Leitungen

Die zur Versorgung und Entsorgung der umgebenden Bebauung vorhandenen erdverlegten 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 sind für Rohrleitungen für die verschiedenen Leitungsorten 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)



### 10.3 Wohngebäude

Objekt Nr. 2, Wohnbebauung der landw. Anwesen Hellweg 101 u. 103

Objekt Nr. 3, Wohnbebauung in der Ortschaft Eikeloh

Objekt Nr. 4, Wohnbebauung in der Ortschaft Westereiden

Objekt Nr. 6, Wohnbebauung in der Ortschaft Berge

Objekt Nr. 12, Wohnbebauung am landw. Anwesen „Söbberinghof“

Objekt Nr. 14, Wohnbebauung in der Ortschaft Erwitte

#### **DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“**

Die oben genannten Immissionsorte sowie sonstige Wohngebäude in den Außenbereichen und den umliegenden Ortschaften sind in die Zeilen 3 und 4 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ einzuordnen

Die Zeile 3 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen, noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO) und hat einen oberen Anhaltswert von  $A_o = 5$ .

Die Zeile 4 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2) und hat einen oberen Anhaltswert von  $A_o = 3$ .

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

$$A_o \leq 6$$

zu. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 9.2.1 in diesem Gutachten.

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 9.2 in diesem Gutachten.



**DIN 4150, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen"**

Die Gebäude selbst sind gemäß der Zeile 2 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" als Wohngebäude einzuordnen.

Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

$$< 10 \text{ Hz } v_i = 5 \text{ mm/s}$$

$$10 - 50 \text{ Hz } v_i = 5-15 \text{ mm/s}$$

$$50-100 \text{ Hz } v_i = 15-20 \text{ mm/s}$$

in der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

$$\text{bei allen Frequenzen } v_i = 15 \text{ mm/s}$$

in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

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



## 11.0 Erschütterungsmessungen

Grundlage der Erschütterungsprognose sind die Auswertungen von Erschütterungsmessungen, die für die Erstellung des Messberichtes Projekt-Nr. 09 - S 15.06., Wittekind bei einer Gewinnungssprengung erstellt wurden sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel.

Die wichtigsten Daten aus dem Messbericht Projekt-Nr. 09 - S 15.06., Wittekind werden im Folgenden in den Punkten 11.1 bis 11.6 zitiert:

### 11.1 Aufgabenstellung der Messungen vom 28.05.2009

*Feststellung und Beurteilung der auftretenden Sprengerschütterungen an einer Brückenanlage der Bundesautobahn 44 und einer Grabenunterführung bei einer Gewinnungssprengung nahe der Autobahn im Steinbruch des Portlandzementwerks Wittekind in Erwitte.*

*Die Gewinnungssprengung vom 28.05.2009 kann als repräsentativ für die hier durchgeführten und erschütterungsrelevanten Gewinnungssprengungen angesehen werden.*

### 11.2 Ergebnisse der Messungen

*Bei der Sprengung am 28.05.2009 im Steinbruch der Firma Wittekind in Erwitte wurden die Anhaltswerte der DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3 "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" an den erfassten Messpunkten eingehalten und unterschritten.*

*Nach den bisherigen Erfahrungen der DIN treten bei Erschütterungen dieser Größenordnung keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes an den erfassten Anlagen auf.*



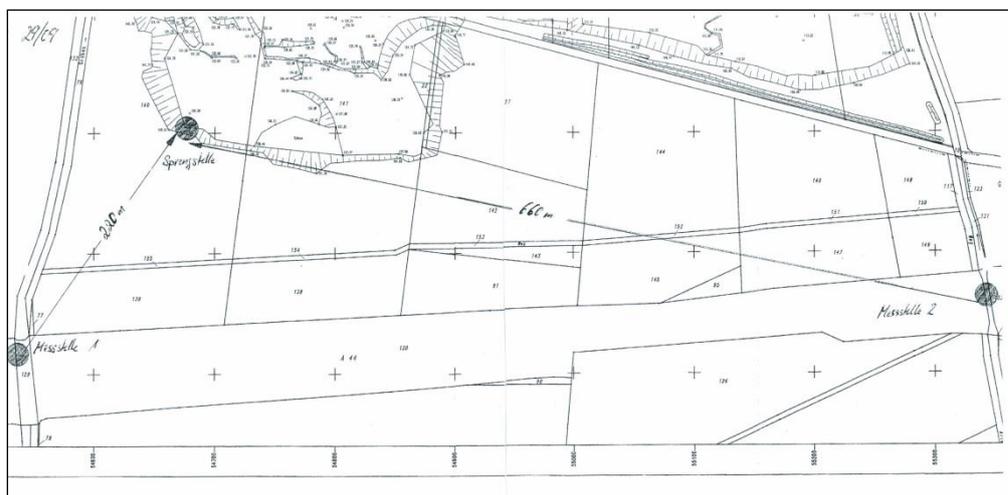


Abb. 6 Lage der Spreng- und Messstellen am 28.05.2009

### 11.3 Sprengtechnische Daten der Sprengung vom 28.05.2009

*Bohrparameter:*

Gestein:	Kalkstein
Wandhöhe:	ca. 14,8 m
Bohrlochtiefe der Kopflöcher:	ca. 15,0 m
Vorgabe:	ca. 4,5 m
Seitenabstand:	ca. 3,5 m
Wandneigung:	ca. 80°
Bohrlochneigung:	ca. 80°
Unterbohrung:	keine
Bohrlochdurchmesser:	95 mm
Anzahl der Bohrlochreihen:	2

*Sprengparameter:*

Anzahl der Bohrlöcher:	23
Masse gesamt:	ca. 5.360 fm <sup>3</sup>
Endbesatz:	ca. 4,5 m
Art des Sprengstoffes:	Poladyn, Walonit, Schmidtex
Art der Sprengschnur:	20 g/m
Spez. Sprengstoffeinsatz:	ca. 0,308 kg/ m <sup>3</sup>
Zünder:	nichtelektrisch
Art der Zündung:	redundant
Zeitstufenabstand:	in den Reihen 25 ms zwischen den Reihen 67 ms
Anzahl der Zünder:	46
Höchstlademenge/Zündzeitstufe:	72 kg
Gesamtlademenge:	1.625 kg





Abb. 7 *Bruchwand vor der Sprengung*



Abb. 8 *Bruchwand nach der Sprengung*



## 11.4 Beschreibung der Messstellen

### **Messstelle 1, Autobahnbrücke südwestlich des Steinbruchs**

Messpunkt 1-3, Messgerät SM-3C Nr. 1129

*Nördliches Widerlager der Autobahnbrücke*

*Stahlbetonbrücke eines landwirtschaftlichen Nutzweges, bestehend aus der Fahrbahnplatte, zwei Widerlagern rechts und links der Autobahn und einer Mittelstütze zwischen den Fahrbahnen. Entfernung zur Sprengstelle ca. 220 m.*



Abb. 9 *MP 1-3, nördliches Widerlager der Autobahnbrücke*

Messpunkt 4-6, Messgerät SM-3C Nr. 799

*Fahrbahnplatte der Autobahnbrücke*

*Fahrbahnplatte aus Stahlbeton, der Messsensor war mittig zwischen der Mittelstütze und dem nördlichen Widerlager aufgestellt.*





Abb. 10 MP 4-6, Fahrbahnplatte der Autobahnbrücke

### **Messstelle 2 Grabenunterführung unter der BAB 44**

Messpunkt 7-9, Messgerät SM-3C Nr. 975

Rechteckige Grabenunterführung aus Stahlbeton auf einem Betonfundament zwischen der Lippstätter Straße und der Berger Straße südöstlich der Sprengstelle. Entfernung zur Sprengstelle ca. 660 m.



Abb. 11 MP 7-9, Grabenunterführung



## 11.5 Messtechnische Angaben zu den eingesetzten Messgeräten

Schwingungsmesser ZEB/SM-3C Nr.: 799, 975 und 1129

nach DIN 45669, Klasse 1 – A 3 HV 1 – 315, mit einer Ausrüstung zum Messen von Erschütterungen im Bauwesen gemäß DIN 4150 als 3 – Komponentenstation, Frequenzen 1 bis 315 Hz unbewertet.

Messbereich: 0 – 100 mm/s

Triggerschwelle: 0,30 mm/s

## 11.6 Erschütterungsmessergebnisse

Messpunkt	Achse	$v_{max}$ in mm/s	Frequenz in Hz	zulässig $v_{max}$ in mm/s	% erreicht
MP 1-3 Brücke Widerlager	X	7,27	27	28,5	26,9
	Y	3,85	38	34,0	11,3
	Z	4,29	27	28,5	15,1
MP 4-6 Brücke Fahrbahn	X	1,38	14	40,0	3,5
	Y	4,57	50	40,0	11,4
	Z	7,59	48	20,0	37,9
MP 7-9 Graben- unterführung	X	0,45	15	22,5	2,0
	Y	0,39	15	22,5	1,7
	Z	0,28	18	24,0	1,2

Tab. 2 Messergebnisse



## 12.0 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 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 für Sedimentgesteine wie folgt angegeben:

$$k = 969$$

$$b = 0,59$$

$$m = 1,52$$



Da im vorliegenden Fall geeignete Messwerte aus der Sprengung am 28.05.2009 vorliegen, konnten die Parameter  $k$  und  $m$  über eine Regressionsrechnung speziell an die örtlichen Verhältnisse im Bereich des Steinbruchs der Firma Portlandzementwerk Wittekind angepasst werden. Für die Parameter  $k$  und  $m$  ergibt sich dabei:

$$k = 138.552$$

$$m = 2,367$$

Da die bei den Sprengungen entstehenden tatsächlichen Erschütterungen um die rechnerisch gemäß der Ausgleichsfunktion ermittelten Erschütterungswerte streuen werden, ist es erforderlich, eine ausreichende Unterschreitungswahrscheinlichkeit zu bestimmen. Der hierzu ermittelte Sicherheitsfaktor  $s$  wird in diesem Fall mit

$$s = 1,5$$

festgelegt.

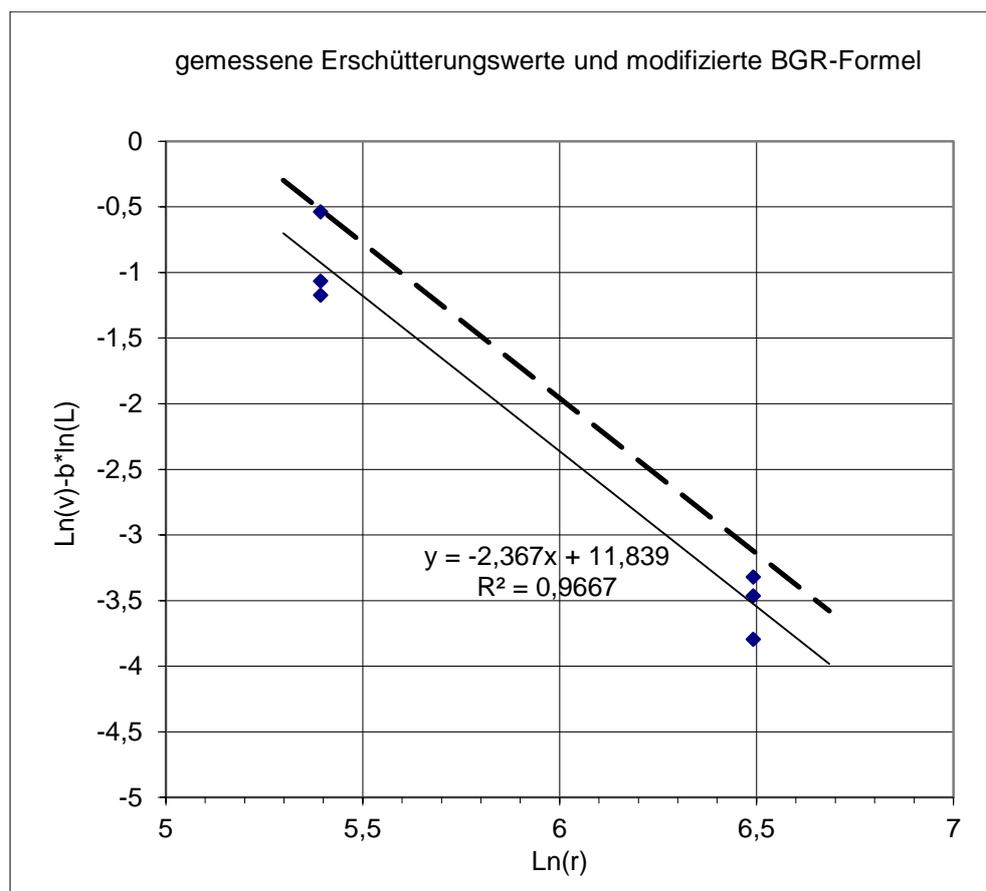


Abb. 12: Gemessene Erschütterungen (Punkte) und gewählte Ausbreitungsfunktion (gestrichelte Linie)



Im Weiteren wird daher mit der folgenden Prognoseformel gerechnet:

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

$$v_i = 1,5 * 138552 * L^{0,59} * R^{-2,367}$$

### 13.0 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.

Um unzulässige Erschütterungswerte an den zu beurteilenden Wohngebäuden sicher ausschließen zu können, werden für die folgende Prognose Überhöhungsfaktoren von

$$\begin{aligned} \ddot{U}_F &= 3 && \text{in horizontaler Richtung und} \\ \ddot{U}_F &= 5 && \text{in vertikaler Richtung} \end{aligned}$$

angenommen.

Da der  $KB_{F_{\max}}$ -Wert - wenn auch nur in geringem Maße - frequenzabhängig ist, wurde er jeweils für eine Frequenz von 10 Hz und bei einem  $c_F$ -Wert von 0,8 bestimmt.

Als zulässiger Fundamentanhaltswert für die Wohngebäude wurde in der Prognose ein Wert für die ungünstigsten Frequenzen (unter 10 Hz) mit  $v_{\max} = 5 \text{ mm/s}$  angesetzt. Für das Obergeschoss wurde die Prognose für die Vertikalschwingung in der Deckenmitte durchgeführt.



### Gewerblich genutzte Bauten

Für die gewerblich genutzten Bauten werden in der folgenden Tabelle für Entfernungen von 100 m bis 1.000 m und bis zu einer maximalen Lademenge von 150 kg je Zündzeitstufe die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert. Die grau hinterlegten Zellen stellen unzulässige Werte dar, die jedoch hier aufgrund der Entfernungen nicht zum tragen kommen.

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG Aussenwand (mm/s)	$v_{\max}$ im OG Deckenmitte (mm/s)	$KB_{F_{\max}}$ im OG zul. $A_o = 6^*$
100	150	73,72	221,17	368,61	181,93
110	150	58,83	176,50	294,17	145,19
120	150	47,88	143,65	239,41	118,16
130	150	39,62	118,85	198,09	97,77
140	150	33,24	99,73	166,22	82,04
150	150	28,24	84,71	141,18	69,68
160	150	24,24	72,71	121,18	59,81
180	150	18,34	55,02	91,69	45,26
200	150	14,29	42,87	71,45	35,27
220	150	11,40	34,21	57,02	28,14
240	150	9,28	27,85	46,41	22,91
260	150	7,68	23,04	38,40	18,95
280	150	6,44	19,33	32,22	15,90
300	150	5,47	16,42	27,37	13,51
350	150	3,80	11,40	19,00	9,38
400	150	2,77	8,31	13,85	6,84
450	150	2,10	6,29	10,48	5,17
500	150	1,63	4,90	8,17	4,03
550	150	1,30	3,91	6,52	3,22
600	150	1,06	3,18	5,30	2,62
650	150	0,88	2,63	4,39	2,17
700	150	0,74	2,21	3,68	1,82
750	150	0,63	1,88	3,13	1,54
800	150	0,54	1,61	2,69	1,33
850	150	0,47	1,40	2,33	1,15
900	150	0,41	1,22	2,03	1,00
950	150	0,36	1,07	1,79	0,88
1000	150	0,32	0,95	1,58	0,78

Tab. 3 Lademengen-Abstandstabelle für gewerblich genutzte Bauten



### Wohngebäude

In der Nähe der geplanten Vertiefung und Erweiterung befindet sich keine Wohnbebauung. Für die Wohnbebauung in der weiteren Umgebung werden in der folgenden Tabelle für Entfernungen von 1.000 m bis 3.500 m und bis zu einer maximalen Lademenge von 150 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert:

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{max}$ im OG Aussenwand (mm/s)	$v_{max}$ im OG Deckenmitte (mm/s)	$KB_{Fmax}$ im OG zul. $A_0 = 6^*$
1000	150	0,32	0,95	1,58	0,78
1100	150	0,25	0,76	1,26	0,62
1200	150	0,21	0,62	1,03	0,51
1300	150	0,17	0,51	0,85	0,42
1400	150	0,14	0,43	0,71	0,35
1500	150	0,12	0,36	0,61	0,30
1600	150	0,10	0,31	0,52	0,26
1700	150	0,09	0,27	0,45	0,22
1800	150	0,08	0,24	0,39	0,19
1900	150	0,07	0,21	0,35	0,17
2000	150	0,06	0,18	0,31	0,15
2100	150	0,05	0,16	0,27	0,13
2200	150	0,05	0,15	0,24	0,12
2300	150	0,04	0,13	0,22	0,11
2400	150	0,04	0,12	0,20	0,10
2500	150	0,04	0,11	0,18	0,09
2600	150	0,03	0,10	0,16	0,08
2700	150	0,03	0,09	0,15	0,07
2800	150	0,03	0,08	0,14	0,07
2900	150	0,03	0,08	0,13	0,06
3000	150	0,02	0,07	0,12	0,06
3100	150	0,02	0,07	0,11	0,05
3200	150	0,02	0,06	0,10	0,05
3300	150	0,02	0,06	0,09	0,05
3400	150	0,02	0,05	0,09	0,04
3500	150	0,02	0,05	0,08	0,04

\* zulässig gemäß DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen

Tab. 4 Lademengen-Abstandstabelle für Wohngebäude



In der folgenden Tabelle 5 sind die prognostizierten Erschütterungswerte für die in Tabelle 1 aufgelistete Bebauung in der Umgebung der geplanten Vertiefung und Erweiterung dargestellt. Dabei wurden bis zu einer Obergrenze von 150 kg die jeweils größtmöglichen Sprengstofflademengen je Zündzeit bei der geringsten Entfernung zu Grunde gelegt.

Objekt	Lademe- menge (kg)	Entf. (m)	Fundament		Obergeschoss*		Obergeschoss	
			V <sub>max</sub>		V <sub>max</sub>		KB <sub>Fmax</sub>	
			zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul.	Progn.
<b>Nr. 1</b> AMH Asphaltmischwerk Berger Straße 50	150	820	20,0	0,51	-	-	6,0	EG 0,25
<b>Nr. 2</b> Landw. Anwesen am Hellweg	150	2.400	5,0	0,04	20,00	0,20	6,0	0,10
<b>Nr. 3</b> Ortschaft Eikeloh	150	3.400	5,0	0,02	20,0	0,09	6,0	0,04
<b>Nr. 4</b> Ortschaft Westereiden	150	2.500	5,0	0,04	20,0	0,18	6,0	0,09
<b>Nr. 5</b> Bundesautobahn A 44 Rastplatz Berge, Parkpl.	150	270	-	7,02	-	-	-	-
<b>Nr. 6</b> Ortschaft Berge	150	1.500	5,0	0,12	20,0	0,61	6,0	0,30
<b>Nr. 7</b> Bundesautobahn A 44	50	100	-	38,56	-	-	-	-
<b>Nr. 8</b> Grabenunterführungen Bundesautobahn A 44	50	100	80,0	38,56	-	-	-	-
<b>Nr. 9</b> Betriebsgebäude Schot- terwerk Westereiden	150	950	20,0	0,36	20,0	1,79	6,00	0,88
<b>Nr. 10</b> Kompostierungsanlage Angstfeldweg, Anröchte	150	1.500	20,0	0,12	-	-	6,0	EG 0,06
<b>Nr. 11</b> Scheune	150	1.400	20,0	0,14	-	-	-	-
<b>Nr. 12</b> Söbberinghof Wohnhaus	150	1.750	5,0	0,08	20,0	0,42	6,0	0,21
<b>Nr. 13</b> Seibel & Söhne Betriebsanlagen	150	550	20,0	1,30	20	6,25	6,0	3,22
<b>Nr. 14</b> Ortschaft Erwitte	150	1.600	5,0	0,10	20	0,52	6,0	0,26

\* Deckenmitte

Tab. 5: Erschütterungsprognose für die nächstgelegene Bebauung aus Tab. 1



## 14.0 Beurteilung

### **DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“**

#### Wohnbebauung

Die Wohnbebauung mit der geringsten Entfernung zu der geplanten Vertiefung und Erweiterung befindet sich in der südlich gelegenen Ortschaft Berge mit einem Abstand von ca. 1.500 m.

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg wird der Anhaltswert  $A_o = 6$  der DIN 4150 Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1, quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen, an diesen nächstgelegenen Wohnhäusern mit einem prognostizierten Wert von  $KB_{Fmax} = 0,30$  weit unterschritten. Auch ohne Bezug auf die quellenspezifischen Regelungen wird der für reine Wohngebiete geltende Anhaltswert  $A_o = 3$  mit hoher Sicherheit eingehalten.

Er wird damit auch an allen anderen weiter entfernt gelegenen benachbarten Wohnhäusern eingehalten. Eine wesentliche Belästigung der Anwohner, verursacht durch die auftretenden Sprengerschütterungen bei Sprengungen in der geplanten Vertiefung und Erweiterung ist laut DIN 4150 Teil 2 nicht gegeben.

#### Gewerblich genutzte Bebauung

Die nächstgelegenen gewerblich genutzten Gebäude, in denen sich Menschen aufhalten, sind die Betriebsgebäude des Zementwerks Seibel & Söhne mit der geringsten Entfernung von ca. 550 m zu der geplanten Vertiefung und Erweiterung.

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg wird der Anhaltswert  $A_o = 6$  der DIN 4150 Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Tabelle 1, Zeile 1 in den Obergeschossen dieser Gebäude mit einem prognostizierten Wert von  $KB_{Fmax} = 3,22$  sicher eingehalten.



### **DIN 4150, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“**

#### Wohnbebauung

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Fundamente der nächstgelegenen Wohnhäuser bei Frequenzen unter 10 Hz  $v_i = 5,0$  mm/s.

Bei einer hier vorgegebenen maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg ergeben sich für die nächstgelegene Wohnbebauung in der Ortschaft Berge maximale Fundamenterschütterungen von ca. 0,12 mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von  $v_i = 5,0$  mm/s wird zu ca. 2,4 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung bei allen Frequenzen  $v_i = 15,0$  mm/s und wird bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 0,36$  mm/s zu ca. 2,4 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen  $v_i = 20,0$  mm/s und wird bei einem prognostizierten Erschütterungswert von  $v_i = 0,61$  mm/s zu ca. 3,1 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Wenn die zulässigen Anhaltswerte an den nächstgelegenen Wohnhäusern unterschritten werden, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass auch in allen anderen benachbarten Wohnhäusern die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150 eingehalten werden.

#### Gewerblich genutzte Bebauung

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Fundamente der nächstgelegenen gewerblich genutzten Gebäude bei Frequenzen unter 10 Hz  $v_i = 20,0$  mm/s.

Bei einer hier vorgegebenen maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg ergeben sich für die nächstgelegene gewerbliche Bebauung des



Zementwerkes Seibel & Söhne maximale Fundamenterschütterungen von ca. 1,30 mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von  $v_i = 20,0$  mm/s wird zu ca. 6,5 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung bei allen Frequenzen  $v_i = 40,0$  mm/s und wird bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 3,91$  mm/s zu ca. 9,8 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen  $v_i = 20,0$  mm/s und wird bei einem prognostizierten Erschütterungswert von  $v_i = 6,25$  mm/s zu ca. 31,3 % erreicht und damit sicher eingehalten.

#### Anlagen der Bundesautobahn A 44

Der Gesteinsabbau in der geplante Vertiefung und Erweiterung reicht bis ca. 100 m an die Trasse der Bundesautobahn A 44 heran. Hier werden im ungünstigen Fall Erschütterungen bis  $v_i = 38,6$  mm/s prognostiziert. Erschütterungen dieser Größenordnung sind für Menschen, die auf dem Boden stehen, sehr stark spürbar. In einem Kraftfahrzeug werden diese Erschütterungen durch die Federung des Fahrzeugs deutlich geringer wahrgenommen. Darüber hinaus gehen diese Erschütterungsereignisse in den ständig auftretenden Erschütterungen unter, denen wir im Kraftfahrzeug aufgrund der Fahrbahnunebenheiten ausgesetzt sind und die wir bewusst gar nicht wahrnehmen, weil sie für unser Empfinden zur Autofahrt dazugehören.

Schäden an der Fahrbahn oder den Signalleitungen entlang der Autobahn sind bei diesen Erschütterungen nicht zu erwarten.

Südöstlich der geplanten Vertiefung und Erweiterung befindet sich der Rastplatz Berge. Beim Gesteinsabbau im 4. Abbauabschnitt, der für die Jahre 2033 bis 2038 geplant ist, beträgt der kleinste Abstand zwischen dem Parkstreifen auf dem Rastplatz und der nächstgelegenen Sprengstelle ca. 270 m. Die hierfür prognostizierten Erschütterungen von  $v_i = 7,02$  mm/s



sind für den Menschen spürbar, sie werden aber vor den Hintergrund der Beeinträchtigungen durch den Autobahnverkehr nicht als außergewöhnlich wahrgenommen werden. Das zeigen auch die Erfahrungen am Rastplatz an der Gegenfahrbahn, der sich auf der Gegenseite in etwa in Höhe des derzeitigen Abbaus befindet.

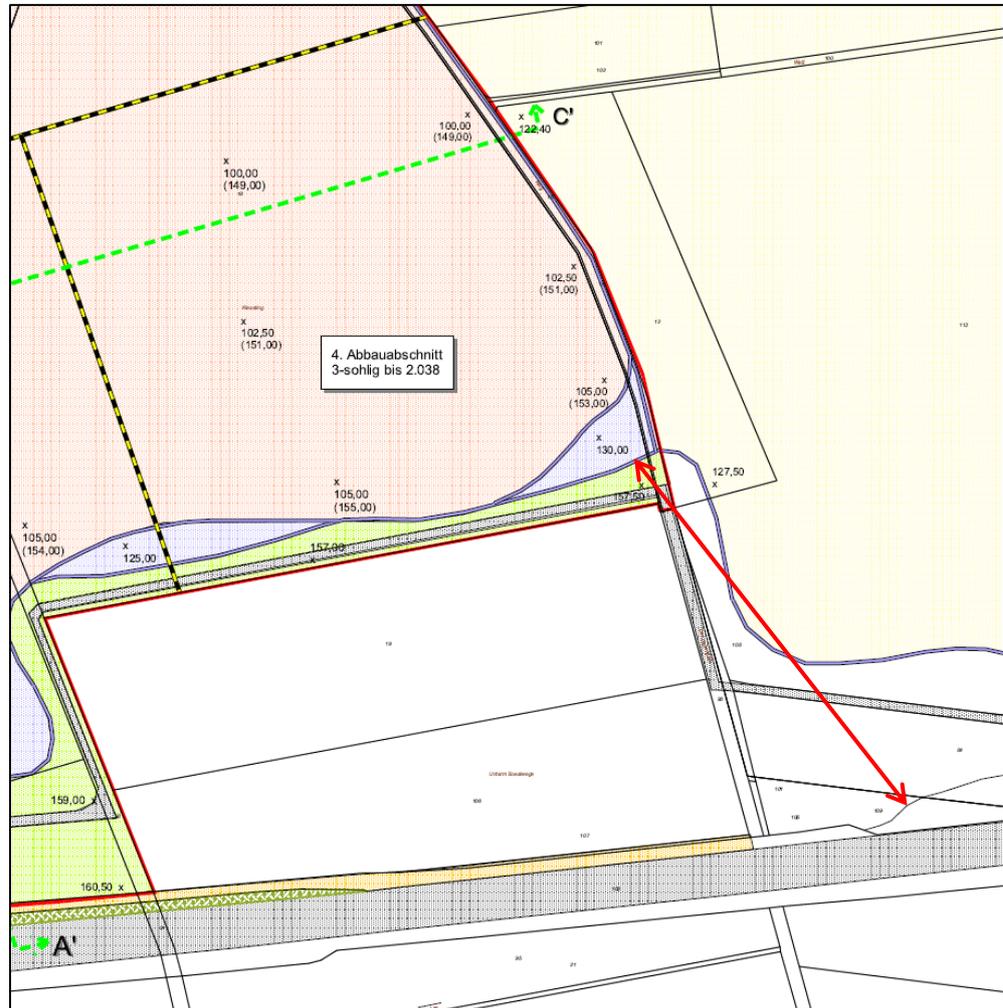


Abb. 13: Lage des Parkstreifens am Rastplatz Berge zur nächstgelegenen Sprengstelle

Hinter dem Parkstreifen des Rastplatzes Berge verläuft auf dem Rastplatzgelände ein gepflasterter Weg, an dem sich einige Tische und Bänke befinden. Der geringste Abstand zu diesem Weg beträgt ca. 190 m. Etwa bei Annäherung des Abbaus bis auf 250 m sollte hier durch einen Vor-Ort-Termin bei einer Gewinnungssprengung überprüft werden, wie die Sprengerschütterungen dort wahrgenommen werden. Dabei kann anhand des subjektiven Empfindens geprüft werden, ob zu den Sprengungen ein Mitarbeiter des Betriebs den Rastplatz aufsucht und die Menschen, die even-



tuell gerade dort an einem Tisch sitzen, über das zu erwartende Sprengereignis informieren sollte.

Gefahr durch Steinflug für den Rastplatz oder die Autobahn besteht nicht, wenn die unter Pkt. 7.2 in dieser Stellungnahme aufgeführten Maßnahmen beachtet werden.



Abb. 14: Rastplatz Berge

Die hier prognostizierten Erschütterungswerte werden mit großer Wahrscheinlichkeit in der Praxis deutlich unterschritten. Für diese Prognose wurde stets von den ungünstigsten Annahmen ausgegangen. Dieses betrifft den  $c_F$  - Wert, die Überhöhungsfaktoren in den Gebäuden und den Sicherheitsfaktor in der Prognoseformel nach BGR. Durch die Multiplikation dieser ungünstig angenommenen Faktoren ergeben sich in der Prognose Erschütterungswerte, die den ungünstigsten Fall darstellen und die in der Praxis - wenn überhaupt - nur in den seltensten Fällen erreicht werden. Des Weiteren ergeben sich bei den Sprengarbeiten für viele Prognoseorte Abschattungen durch bereits bestehende Abgrabungen, die die Erschütterungsausbreitung im Boden erheblich reduzieren.



Obwohl für die Prognose pessimale Ansätze gewählt wurden, liegen dennoch die für Gebäude prognostizierten Werte alle nicht nur unterhalb der Anhaltswerte für Wohngebäude, sondern auch noch weit unterhalb der zulässigen Anhaltswerte der Zeile 3 der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte, z.B. denkmalgeschützte, Anlagen.

Sollte daher später beim Abbau durch Messung der tatsächlich auftretenden Erschütterungen belegt werden, dass die Erschütterungen dauerhaft niedriger sind als hier prognostiziert, bestehen aus gutachtlicher Sicht keine Bedenken, die Sprengstofflademengen je Zündzeitstufe entsprechend zu vergrößern.

Die größten Sprengerschütterungen sind an der Berger Straße und an der Bundesautobahn A 44 zu erwarten. Straßenbauwerke sind aufgrund ihrer Bauweise jedoch sehr unempfindlich gegenüber Erschütterungen. Zu betrachten sind hier die Brückenbauwerke und Grabenunterführungen.

## 15.0 Zusammenfassung

Die Firma Portlandzementwerk Wittekind in Erwitte beantragt für das bereits genehmigte Abgrabungsvorhaben östlich der Berger Straße eine Genehmigung zur Änderung und Arrondierung der Abbaubereiche für die Abgrabung von Kalkstein.

In dieser Stellungnahme wird die geplante Sprengarbeit beschrieben und es werden eine Erschütterungsprognose und Lademengen-Abstandstabellen erstellt, um sicherzustellen, dass bei den vorzunehmenden Sprengungen in der geplanten Vertiefung und Erweiterung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte an und in der gesamten Nachbarbebauung des Steinbruchs eingehalten werden. Des Weiteren werden Vorgaben gemacht, um Steinflug über den Absperrbereich hinaus auszuschließen.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind Erschütterungsmessungen an Einrichtungen der Bundesautobahn A44, die im Jahr 2009 bei einer Gewinnungssprengung durchgeführt wurden sowie eine von der



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel.

Bei den hier prognostizierten Sprengerschütterungen können gemäß den Anhaltswerten der DIN 4150 keine Schäden an der benachbarten Bebauung verursacht werden. Dies gilt auch für alle weiteren Gebäude und Anlagen im weiteren Einwirkungsbereich der geplanten Erweiterung, soweit sie mir genannt wurden oder bekannt sind.

Werden die oben genannten Auflagen eingehalten, ist eine wesentliche Belästigung in Sinne der DIN 4150 für die Anwohner im Einwirkungsbereich der geplanten Erweiterungen des Steinbruchs der Firma Portlandzementwerk Wittekind in Erwitte mit hoher Sicherheit auszuschließen.

## 16.0 Schlussbemerkung

Dieses spreng- und erschütterungstechnische Gutachten habe ich in meiner Eigenschaft als unabhängiger öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach bestem Wissen und Gewissen und nach dem mir bekannten Stand der Dinge und der Technik erstellt.

Abhängigkeiten zu den an der Planung und Durchführung beteiligten Personen, Dienststellen und Firmen, sowie den Eigentümern und Nutzern der angrenzenden Gebäude und Anlagen, bestehen nicht.



Dortmund, den 11.09.2017

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 $v_{i \max}$ in mm/s				
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal	Decken, vertikal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz <sup>a</sup>	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <b>und</b> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 <sup>b</sup>
ANMERKUNG Bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
<sup>a</sup> Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
<sup>b</sup> Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten						

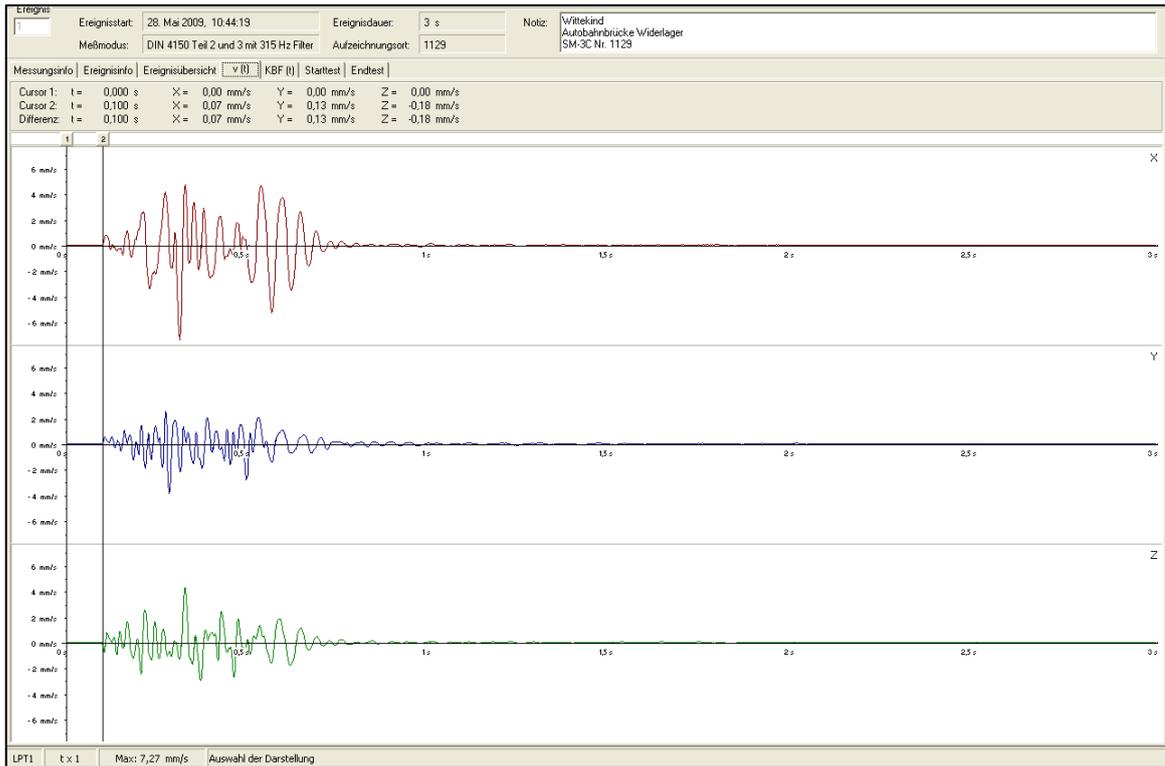
### Anlage 3

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

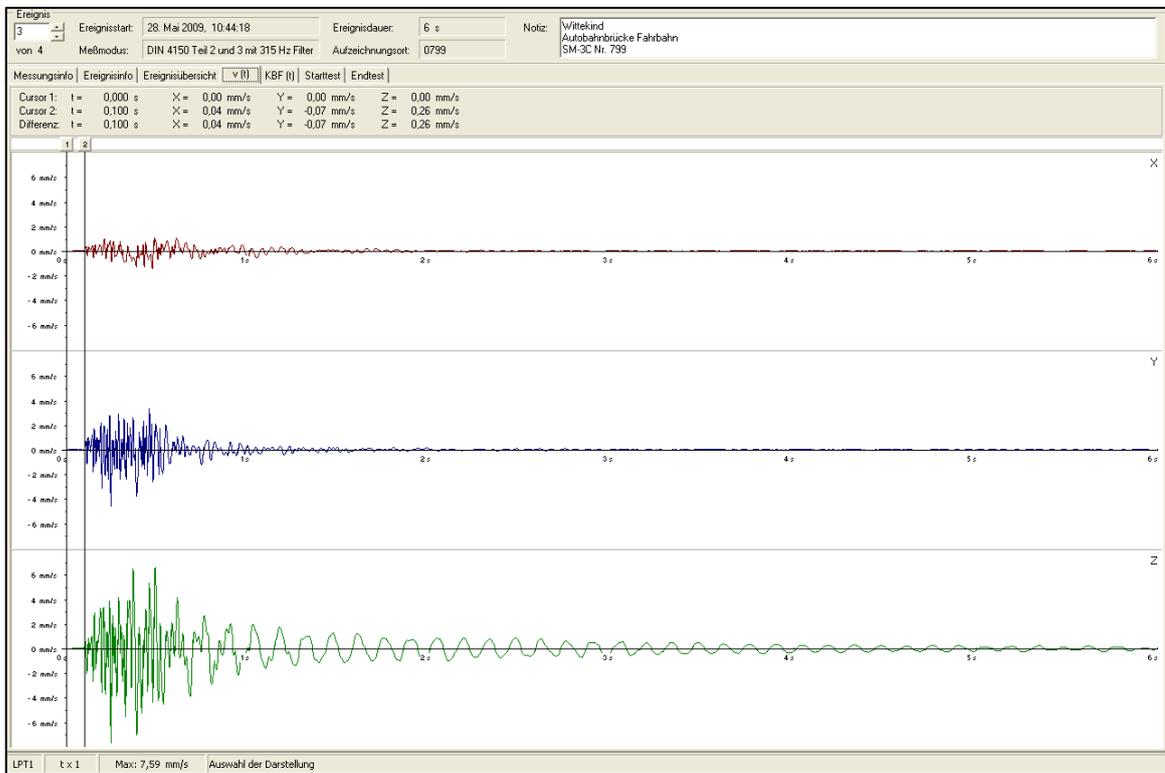


### Anlage 4.1



MP 1-3, Brückenwiderlager, Messungen vom 28.05.2009

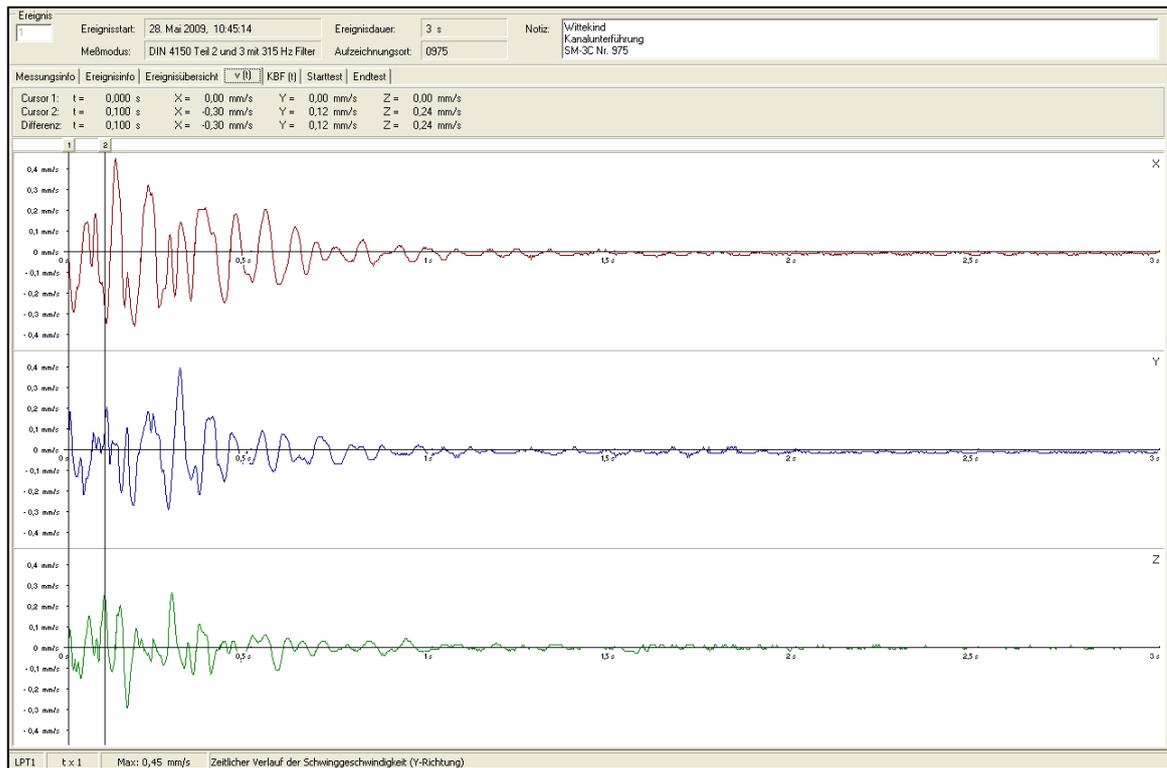
### Anlage 4.2



MP 4-6, Fahrbahnplatte der Brücke, Messungen vom 28.05.2009



Anlage 4.3



MP 7-9, Grabenunterführung, Messungen vom 28.05.2009

