

3. Ergänzung erschütterungstechnische Gutachten

Gemäß Vereinbarung infolge des Erörterungstermins am 11.10. und 12.10.2022 wurden ergänzende Untersuchungen zum erschütterungstechnischen Gutachten (Lichte) vereinbart. Gegenstand der Ergänzungen sind insbesondere weitere Aussagen zu den Einwirkungsorten Hochwasserrückhaltebecken Iberg, Kalkhütte sowie zur Ortslage Rottleberode.

Bereits zum Erörterungstermin wurden seitens des Antragstellers freiwillige und umfassendere Erschütterungsuntersuchungen im Zuge eines zu entwickelnden Monitorings zugesagt. Für die Einwirkungsorte Ortslage Stempeda, Ortslage Rottleberode und die Kalkhütte ist die dauerhafte Beobachtung durch Schwingungsmessungen in einem zeitlich wechselnden Modell vorgesehen. Seit September 2023 werden dazu bereits die Einwirkungsorte Kalkhütte und Stempeda, Am Weißen Stieg 6 (in Abstimmung mit dem zu diesem Zeitpunkt amtierendem Ortsteilbürgermeister), mittels Schwingungsmessgerät mindestens quartalsweise dauerhaft beobachtet. In die systematische Erfassung wird an geeigneter Stelle in Absprache mit dem Gutachter als nächstes auch die Ortslage Rottleberode in gleicher Weise eingebunden. Für den Einwirkungsort Hochwasserrückhaltebecken Iberg wird dem Vorschlag des Gutachters folgend 1x jährlich eine Kontrollmessung vom jeweils dem Iberg nächstgelegenen Abbaustand erfolgen.

Im Falle der Annäherung der Gewinnungsflächen an die Kalkhütte wird dargestellt, dass – über das regelmäßige Monitoring hinaus - engmaschig Schwingungsmessungen ab einer Entfernung von 650m bis 500m erfolgen sollen. Dies wird gemäß Übersicht zur Tagebauentwicklung im beginnenden Zeitraum 2041 – 2070 erreicht. Ergebnisabhängig sind dann nach Lichte organisatorische und technische einzuleiten.

Im Folgenden werden die Ergänzungen zu den „Erschütterungstechnischen Untersuchungen“ (Lichte) zu den Einwirkungsorten Hochwasserrückhaltebecken Iberg, zum Hotel und Restaurant Kalkhütte und der Ortslage Rottleberode einzelnen dargestellt.

Anlage 2: Erschütterungstechnische Untersuchung „Hochwasserrückhaltebecken Iberg“



Öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erschütterungen
im Bauwesen und in der Sprengtechnik
Dr.-Ing. Ulf Lichte, IHK München

Sachverständigen- und Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Ulf Lichte
Heimteichstraße 6
04179 Leipzig

Telefon: 0341 / 4413523
Telefax: 0341 / 4511606
Email: info@Lichte.de
Internet: www.Lichte.de

Erschütterungstechnische Untersuchung

Des Hochwasserrückhaltebeckens Iberg über die
Sprengerschütterungen im
Tagebau Rottleberode

Objekt:

Rottleberode

Auftraggeber:

Knauf Deutsche Gipswerke KG

**Erschütterungsprognose
auf Basis von Unterlagen, Messdaten und Erfahrungen**

Vorhaben: Bergrechtliche Planfeststellung für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydritabbau im Tagebau Rottleberode

Objekt: Rottleberode

Auftrags/Kunden-Nr.: D511 / K519

Auftraggeber: Knauf Deutsche Gipswerke KG
Werk Rottleberode
Knaufstraße 1
06536 Südharz

Bericht Nr. D511_GA_003

Ortsbesichtigung: 10.06.2016

Schwingungsmessungen: 10.06.2016 und 17.11.2016

Ort und Datum: Leipzig, den 22. September 2023



.....
Dr.-Ing. Ulf Lichte

Revisionen

Nr.	Datum	Dokument-Nr.	Bemerkung
1	16.01.2017	D511_GA_001	Erschütterungstechnisches Gutachten
2	22.09.2023	D511_GA_003	Erschütterungsprognose Ergänzungen und Anpassungen nach Erörterungstermin betreffend HWRB Iberg



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	4
2	Unterlagen	4
2.1	Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen	4
2.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften	4
2.3	Literatur	4
3	Situation	5
4	Vorgehensweise	6
5	Beurteilungsgrundlagen	7
5.1	Hochwasserrückhaltebecken Iberg (HWRB Iberg)	7
6	Grundlagen Erschütterungsprognose	8
6.1	Allgemeines	8
7	Gemessene Erschütterungseinwirkungen	10
7.1	Allgemeines	10
7.2	Messobjekte und Messpunkte	10
7.3	Messgerätetechnik und Messregime	12
7.4	Erschütterungsquellen	12
8	Erschütterungsprognose	15
9	Begutachtung	16

Anlagen

Anlage 1	Lageplan mit Messpunkten
Anlage 2	Abbaubereiche

Verzeichnis der Abkürzungen

A_u	unterer Anhaltswert (Werte darunter sind unerheblich), gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_o	oberer Anhaltswert (Werte darüber bedeuten eine erhebliche Belästigung) gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_r	intensitäts- und zeitbewerteter Anhaltswert gegenüberzustellen mit KB_{FTr}
F	
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingschnelle, muss kleiner sein als A_o
KB_{Fr}	Beurteilungsschwingstärke, muss kleiner sein als A_r
L_{Zst}	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe in kg
R	Entfernung in m
v_x, v_y, v_z	Schwinggeschwindigkeit in mm/s in den drei Richtungskomponenten x,y und z
v_{max}	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s bei einer Erschütterung



1 Aufgabe

Erarbeitung einer Erschütterungsprognose für eine bergrechtliche Planfeststellung gemäß §52 Abs a BBergG mit integriertem Antrag im Sinne §10 BImSchG für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode. Ergänzung der offenen Punkte aus dem Anhörungsverfahren zum Planfeststellungsverfahren.

2 Unterlagen

2.1 Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Bestellung Nr. 4500124423-006 vom 17.11.2015
U(2)	Lageplan Tagebau und Umgebung
U(3)	Messberichte Erschütterungsmessungen 06.09.2004 Messbericht. Fa. Orica 11.02.2005 Messbericht Fa. GGD 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 20.02.2009 Mesbericht Fa. Orica
U(4)	Sonderbetriebsplan Sprengwesen,
U(5)	Ladungsberechnungen Sprengwesen, 01.03.2016-10.06.2016
U(6)	Scoping-Termin Festlegung Immissionsorte Erschütterungen

2.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

[BImSchG]	BImSchG:2013-05-17 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
[DIN 4150-1]	DIN 4150-1:2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
[DIN 4150-2]	DIN 4150-2:1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
[DIN 4150-3]	DIN4150-3:2016-12 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
[DIN 45669-1]	DIN 45669-1:2010-09 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser-Anforderungen und Prüfungen
[DIN 45669-2]	DIN 45669-2:2005-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren
[DGUV 113-016]	DGUV Regel 113-016 Sprengarbeiten. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Stand März 2012

2.3 Literatur

[Lichte 1990]	Berechnungsanleitung Sprengerschütterungen. Lichte, Schmidt, Kohlemann. Fa. Geophysik GGD, Stand 1990
---------------	---



3 Situation

Die Firma Knauf betreibt südwestlich von Rottleberode einen Tagebau, in dem Gips und Anhydrit mittels Bohrens und Sprengen abgebaut werden. Der Tagebau erstreckt sich mit einer Breite von rund 300 m in Ost-West-Richtung über eine Länge von rund 1500 m entlang der thüringisch-sachsen-anhaltinischen Landesgrenze. Der Grundriss in Anlage 1 gibt die örtlichen Gegebenheiten und die Einbettung in die Umgebung wieder.

Das Nutzgestein befindet sich unter einer Abraumüberdeckung aus mehr- oder minder-mächtigen tonig- sandigen Gesteinen des Buntsandsteins oder des grauen Salztons. Zum Teil fehlt diese Überdeckung infolge natürlicher Abtragung ganz.

Die Gewinnung erfolgt in Abhängigkeit von der jeweils geforderten Qualität des Gesteins in unterschiedlichen Bereichen des Bergwerksgebietes. Anlage 2 zeigt einen Überblick über diese Bereiche.

Die Ausführung der Sprengarbeiten erfolgt durch auftragsgebereignetes Personal. Es werden vertikale ein- oder mehrreihige Flächen- und Großbohrlochsprengungen zur Gesteinsgewinnung und Lockerung des Abraums durchgeführt. In Ausnahmefällen erfolgen auch horizontale Sprengungen, als Heber im Sohlenbereich bzw. zur Beseitigung von Karstkuppen und zur Herstellung von Standflächen für die Bohrtechnik. In Tabelle 1 sind die sprengtechnischen Rahmenparameter zusammengestellt.

Im Umfeld des Steinbruchs befinden sich verschiedene schutzbedürftige Bauwerke und Naturobjekte. Diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst und im Lageplan in Anlage 1 eingetragen.

Tabelle 1 Sprengtechnische Rahmenparameter

Vorgabe	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrloch Reihenabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochneigungen	65,0°	bis	80,0°
Bohrlochdurchmesser	40,0 mm	bis	120,0 mm
Länge Endbesatz	2,5 m	bis	4,0 m
Wandhöhe	5,0 m	bis	29,0 m
Spez. Sprengstoffverbrauch	100 g/t	bis	400 g/t
Zündung	elektrisch einfach oder redundant nichtelektrisch elektronisch		



Tabelle 2 Zu schützende Objekte/Bebauungsbereiche

	Mindestabstand	Bemerkung
Hochwasserrückhaltebecken Iberg	1100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Ortsluger Stempeda	880 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Ortsluger Rottleberode	1000 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Schloßstraße 2	380 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 24/71	220 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 73	280 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Schloßteich 5	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Tagebaubüro Firma Knauf	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Heimkehle, Gebäude	970 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Besucherhöhle „Heimkehle“	1400 m	Sonderbetrachtung
Ortsluger Rodeberg	1250 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Hotel und Restaurant Kalkhütte	100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2

Mit perspektivischer Abbauentwicklung vergrößern sich die Distanzen zu den südöstlich gelegenen Immissionsorten. In Richtung Nordwesten nähern sich die Sprengarbeiten den Immissionsorten Hochwasserrückhaltebecken Iberg, Ortsluger Stempeda, Kartoffelstollen und Hang zum Krebsbach an. In Richtung West erfolgt ein Heranrücken an das Hotel und Restaurant Kalkhütte.

Bei den bisherigen Sprengarbeiten waren bei den angeführten schutzbedürftigen Immissionsorten keine erschütterungsbedingten Schäden infolge tagebaulicher Sprengerschütterungen feststellbar. Das gilt uneingeschränkt auch für die bezüglich ihrer Standsicherheit besonders sensible Gipskarsthöhle Heimkehle. Das belegen Gutachten aus den Jahren 1992 bis 2009, die bei der folgenden Prognose berücksichtigt werden.

4 Vorgehensweise

In einem ersten Arbeitsschritt werden die Beurteilungsgrundlagen zusammenfassend dargestellt. Das betrifft die Grundlagen

- der Beurteilung der Sprengerschütterungen
- der Prognose der Sprengerschütterungen
- der Datenbasis aus den vorhandenen Sprengerschütterungs-Messergebnissen
- Beschreibung der für die Erschütterungsprognose verwendeten sprengtechnischen Parameter

Auf dieser Basis werden für die zu schützenden Objekte die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen für die Tagebauerweiterung rechnerisch vorermittelt.



5 Beurteilungsgrundlagen

5.1 Hochwasserrückhaltebecken Iberg (HWRB Iberg)

Für Böschungen und Dämme gibt es keine in Regelwerken festgelegte Anhaltswerte für zulässige Erschütterungseinwirkungen. Diese sind gegenüber Sprengerschütterungseinwirkungen vergleichsweise unempfindlich. In [Lichte 1990] ist eine Zusammenstellung von Anhaltswerten angegeben. Danach können für Böschungen Schwinggeschwindigkeiten in der Größenordnung 30 .. 60 mm/s als zulässige angesehen werden. Diese Anhaltswerte gelten für große Entfernungen von mehr als 100 .. 200 m. Bei Sprengungen im Nahbereich können auch höhere Anhaltswerte angenommen werden. Ferner hat die Sprengpraxis gezeigt, dass standsichere Böschungen bei Einwirkung von Sprengerschütterungen im Allgemeinen nicht zu Rutschungen neigen. Die wirklichen Grenzwerte können daher höher liegen als die vorgenannten. Dieser Ansatz wird vom Betreiber als zu wenig sicher eingeschätzt.

Der Zuverlässigkeitsnachweis von Stauanlagen (ZVN) beinhaltet eine Standsicherheitsuntersuchung, welcher unter anderem die Standsicherheit bei Erdbebeneinwirkungen auf Basis von Antwortspektren prüft. Die Beurteilungsgrößen sind hier als Schwingbeschleunigung (mm/s^2) formuliert. Vorgaben aus Antwortspektren können nicht Schwingbeschleunigungen des Bodens gegenübergestellt werden. Ein Antwortspektrum ist erst das Berechnungsergebnis aus einer konkreten Anregung, die ihrerseits eine maximale Schwingbeschleunigung hat.

Es wird daher folgender konservativer Ansatz gewählt: Bodenverschiebungen und Verdichtungserscheinungen treten bei locker gelagerten Böden ab Bodenbeschleunigungen von rund $1/3$ der Erdbeschleunigung auf, das sind $0,333 \cdot 9810 \text{ mm/s}^2 = 3270 \text{ mm/s}^2$.

Für die Talsperre Iberg wird als Anhaltswert 5 % dieses vorgenannten Wertes angenommen, was einen Anhaltswert $0,05 \cdot 3270 = 164 \text{ mm/s}^2$ ergibt. Bei einer Sprengerschütterung mit 10 Hz maßgebender Frequenz entspricht dies einer Schwinggeschwindigkeit von 2,6 mm/s. Das ist weniger als für besonders erschütterungsempfindlich und erhaltenswerte Gebäude anzusetzen ist gemäß DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3.

Für das Hochwasserrückhaltebecken Iberg wird konservativ der untere Anhaltswert 2,6 mm/s festgelegt bzw. 165 mm/s^2 . Dieser Wert wird vom Gutachter als deutlich zu gering angesehen, wird jedoch der Beurteilung zu Grunde gelegt.

Zusätzlich ist die Einhaltung der Vorgaben des Zuverlässigkeitsnachweises von Stauanlagen zu gewährleisten.



6 Grundlagen Erschütterungsprognose

6.1 Allgemeines

Unvermeidbare Nebenwirkung von Gewinnungssprengungen sind die Sprengerschütterungen. Die Größe der Sprengschütterungen kann in gewissen Grenzen durch Veränderung von Sprengparametern und Abbaurichtung beeinflusst und begrenzt werden.

Die Emissionsstärke und der Einwirkungsbereich werden vor allem durch die Größe der Lademenge und die Art der Sprengung bestimmt. Auf die Ausbreitung und den Frequenzinhalt der Erschütterungen haben die örtlichen geologischen Verhältnisse starken Einfluss.

Beurteilungsgröße ist in den meisten Fällen die Schwinggeschwindigkeit. Für die Prognose der Schwinggeschwindigkeit in der Umgebung der Sprengstellen wird in der DIN eine Exponentialfunktion mit den Größen Lademenge und Entfernung als Variablen empfohlen und gefordert, dass die konkret verwendeten Ausbreitungsformeln durch vergleichbare Fälle zu belegen sind und die Streubreite der Ergebnisse angemessen zu berücksichtigen ist.

Die zu begutachtenden Sprengungen sind Gewinnungssprengungen im Festgestein. Für derartige Verhältnisse hat sich die durch umfangreiche Messungen belegte Ausbreitungsformel (1) bewährt.

Die entsprechenden sprengtechnischen, geologischen und gründungstechnischen Bedingungen im vorgesehenen Abbaugelände werden durch den Erschütterungsfaktor $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$ in der Gleichung (2) zur Bestimmung der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeiten berücksichtigt. Dieser Erschütterungsfaktor k kann aus [Lichte 1990] entnommen oder aus vorhandenen Messergebnissen gemäß Formel (3) bestimmt werden. Grundlage hierzu bildet die Auswertung der vorliegenden Messdaten.

Die maximale zu erwartende Schwinggeschwindigkeit ergibt sich aus der Multiplikation der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeit mit einem entsprechenden Sicherheitsfaktor (Gleichung (4)). Der Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit ergibt sich unter Verwendung eines Sicherheitsfaktors, der die Streuung berücksichtigt, nach Formel (5).



$$v_T = 16 \cdot \frac{\sqrt{0,01 \cdot L}}{(0,01 \cdot R)^{1,4786 - 0,1314 \lg(0,01R)}} \quad (1)$$

$$v_{\text{mittel}} = k \cdot v_T \quad (2)$$

$$k = \frac{v_{\text{gemessen}}}{v_T} \quad (3)$$

$$v_{\text{max}} = v_{\text{mittel}} \cdot s_v \quad (4)$$

$$v_{\text{min}} = v_{\text{mittel}} / s_v < v_{\text{erw}} < v_{\text{mittel}} \cdot s_v = v_{\text{max}} \quad (5)$$

v_T	theoretische erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
$v_{\text{max, min}}$	maximale, minimale erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{erw}	Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit
L	Lademenge je Zeitstufe in kg
R	Abstand zur Sprengstelle in m
v_{mittel}	mittlere Schwinggeschwindigkeit in mm/s
k_i	Faktoren zur Berücksichtigung besonderer Verhältnisse aus [Lichte 1990]
s_v	Sicherheitsfaktor, aus [Lichte 1990]

Für die Berechnungen werden nach Formel (3) die Erschütterungsfaktoren k aus den vom Auftraggeber übergebenen Messergebnissen errechnet und entsprechend gemittelt. Der Lademengeneinsatz wird ebenfalls aus diesen Daten entnommen.



7 Gemessene Erschütterungseinwirkungen

7.1 Allgemeines

In den zurückliegenden Jahren wurden vereinzelte begleitende Schwingungsmessungen durchgeführt. Diese sind in den Messberichten U(3) dokumentiert. Um diese Datenbasis zu vergrößern und die Aussagekraft zu verbessern, wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Sie umfassten eine Sprengung am 14.06.2016 mit 6 Messpunkten und eine Dauerüberwachung vom 14.06. bis 07.07.2016 mit je 2 Messpunkten. Die Ergebnisse werden nachfolgend dokumentiert und bewertet.

7.2 Messobjekte und Messpunkte

Für die Begutachtung der im Scoping konkret benannten Objekte U(6) wurden erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Messorte und Messgeräte sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Messungen, die in Gebäuden durchgeführt wurden, erfolgten gemäß DIN 4150-3 in deren Fundamentbereich. An allen anderen Objekten wurden für die Beurteilung geeignete Punkte gewählt.

Im Lageplan in den Abbildungen 1a und 1b sind die Messpunkte eingetragen und in Tabelle 1 näher beschrieben.

Tabelle 3 Messorte und Messgeräte

Messpunkt und Komp.	Messort	Standort, Untergrund	Messgerät	Sensor
Sprengungen vom 14.06. bis 07.07.2016				
E1 xyz	Urbach, Am Rodeberg (Fam. Grafenreuth)	Keller, Fußboden	Sigicom 608	V12 3930-32
E3 xyz	Stempeda, Am weißen Stieg 10 (Fam. Schwiegertshausen)	Keller, Fußboden	Sigicom 812	V12 3950-52
Sprengung am 14.06.2016				
E2 xyz	Karsthöhle Heimkehle	nähe „Natureingang“, Fußboden	ZEB-SM 3E	SN 490
E4 xyz	Kartoffelstollen	Portal, Schwelle	ZEB-SM 3E	SN 603
E5 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 8190-92
E6 xyz	Hochwasserrückhaltebecken Iberg	Dammfuß	Sigicom 905	V12 16910-12
E7 xyz	Wald	Gelände	Sigicom 1019	V12 9370-72
E8 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 16910-12

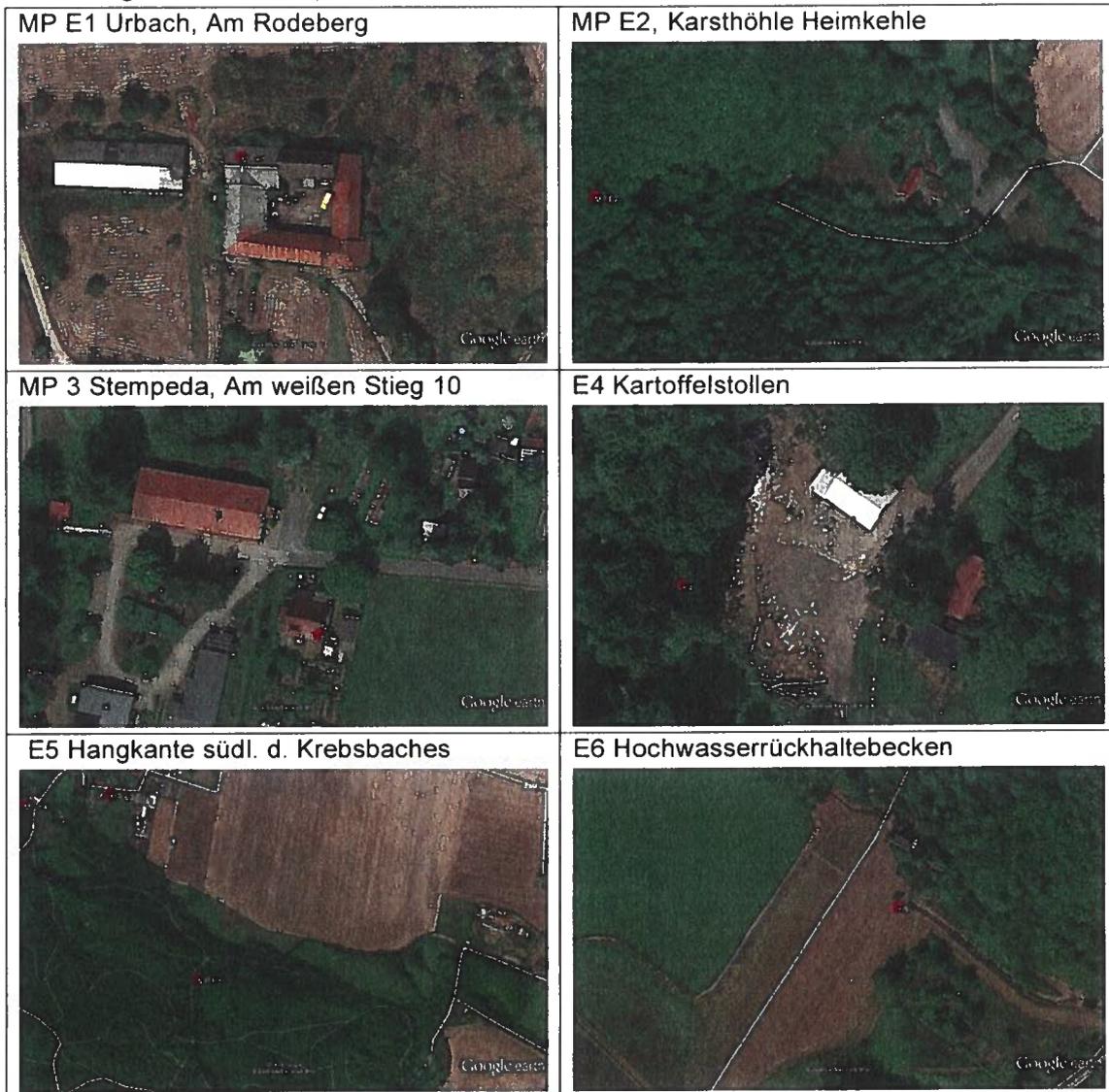
x-Komponente: horizontal in Richtung zur Sprengstelle, siehe Lageplan in Anlage 1
 y-Komponente: horizontal, senkrecht zu x
 z-Komponente: vertikal
 Ankopplung: 3-Punkt-Rundfuß



Abbildung 1a Messpunkte, Übersicht Messpunkte



Abbildung 1b Messpunkte, Detail



7.3 Messgerätetechnik und Messregime

Zur Dauerüberwachung der Erschütterungseinwirkungen wurden Schwingungsmessgerät vom Typ Sigicom INFRA Master und ZEB SM 3E eingesetzt. Die Geräte entsprechen den Vorgaben der DIN 45669 und sind mit triaxialen Schwinggeschwindigkeitsaufnehmern ausgestattet und arbeitet autark.

7.4 Erschütterungsquellen

Die Schwingungsmessungen wurden während mehrerer Gewinnungssprengungen durchgeführt [U(3)]. Zusätzlich zu früheren Messungen wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Messungen an mehreren Messpunkten durchgeführt. Alle vorliegenden Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Aus den Messungen am 14.06.2016 und 17.11.2016 wurde eine Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen ausgewertet. Diese ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Sie zeigt eine vergleichsweise starke Abnahme der Erschütterungen mit der Entfernung, da die Gewinnungssprengungen deutlich oberhalb des umliegenden Geländeniveaus durchgeführt werden. Im Vergleich zu einem zu erwartenden Exponenten von $-1,0$ liegt er im vorliegenden Fall bei $-3,1$.

Die überwachten Sprengungen können durch Vergleich mit den Sprengprotokollen aus der Vergangenheit als durchschnittlich und repräsentativ angenommen werden. Hierzu wurden in Tabelle 6 Parametern der Sprengungen vom Februar bis Juli 2016 zusammengestellt. Die maximale Lademenge je Zündzeitstufe lag in dem genannten Zeitraum bei maximal 314 kg/Zzst und im Mittel aller Fälle bei 138 kg/Zzst. Bei den überwachten Sprengungen lagen sie bei 74 .. 218 kg/Zzst.

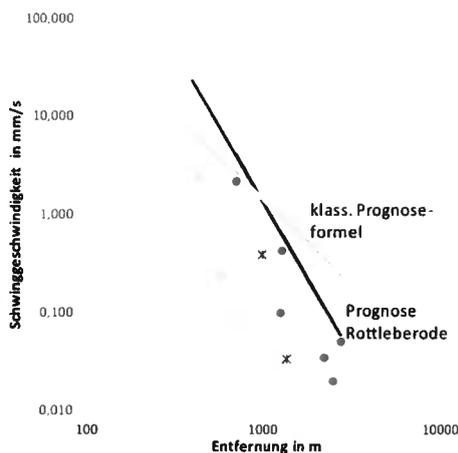


Abbildung 2
Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen



Tabelle 5 Zusammenstellung Schwingungsmessergebnisse

Spreng- stelle Sprengung Nr	Datum	Lade- menge	Lade- menge	Lade- menge	Mess- punkt	Schwinggeschwindigkeit			Frequenz			Entfernung
		gesamt kg	pro t Kg	Zst kg		vx mm/s	vy mm/s	vz mm/s	Fx Hz	Fy Hz	Fz Hz	R M
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	A (E2)	< 0,5	0,50					2000
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	B (E2)	0,06	0,06	0,04	5	5	13	2000
	09.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	10.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	15.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	21.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
K300/25/07	13.12.2007	1647	0,235	244	C (E3)	0,60	0,90	0,90	6	6	7	900
T290	06.11.2008	1202		134	D (E1)		0,05	<0,05				1500
T290	17.02.2009	724	0,195	145	D (E1)		0,05	<0,05				1500
A300	14.06.2016	1025	217	143	E1	0,035	0,033	0,023				2215
A300	14.06.2016	1025	217	143	E2	<0,1	<0,1	<0,1				2465
A300	14.06.2016	1025	217	143	E3	0,18	0,19	0,43	6,3	5,7	8,3	1290
A300	14.06.2016	1025	217	143	E4	0,100	0,100	0,100	1	3	1	1270
A300	14.06.2016	1025	217	143	E5	2,150	1,940	0,530	6,7	6,7	10,7	700
A300	14.06.2016	1025	217	143	E6	0,034	0,043	0,050				2730
BK250	15.06.2016	25	23		E1	0,000	0,019	0,024				1800
BK250	15.06.2016	25	23		E3	-	-	-				2500
T272	21.06.2016	2400	231	218	E1	0,097	0,103	0,057				1600
T272	21.06.2016	2400	231	218	E3	0,099	0,060	0,085				2450
A300	04.07.2016	725	200	74	E1							1750
A300	04.07.2016	725	200	74	E3	0,064	0,047	0,050				1900
A300	05.07.2016	1325	190	27	E1	0,054	0,048	0,035				1750
A300	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,176	0,150	0,385				1900
	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,209	0,197	0,435				1900
T290	06.07.2016	450	170	104	E1	0,035	0,040	0,025				1400
T290	06.07.2016	450	170	104	E3	0,029	0,027	0,038				2200
A300	17.11.2016				E4	0,03	0,02	0,03				
A300	17.11.2016				E7	9,19	6,69	2,34	18,3	18,7	18,3	265
A300	17.11.2016				E8	0,24	0,18	0,07				430
A300	17.11.2016				E4	0,04	0,03	0,03				580
A300	17.11.2016				E7	n.v.	n.v.	n.v.				1362
A300	17.11.2016				E8	0,39	0,27	0,15				996



Tabelle 6 Sprengtechnische Daten

Gewinnungsort	Abschlag	Datum	Abschlagsm.	Ges. Ladem. t	L Bohrl. kg	Zeitstufen	L/Zst kg
T290	6/16	06.07.2016	3191	450	13	6	104
A300	8/16	05.07.2016	6430	1325	58	11	
A300	3/16	04.07.2016	3580	725	38	12	74
T272	12/16	21.06.2016	10363	2400	110	14	218
BK250	1/16	15.06.2016	500	25	2	7	
A300	7/16	14.06.2016	4950	1025	72	11	143
BK250	3_16	10.06.2016	6458	701	58	8	117
T272	11_16	08.06.2016	7537	1742	109	12	218
T272	13_16	07.06.2016	4880	1093	64	12	129
BK285	7_16	01.06.2016	16006	1572	98	11	197
T272	10_16	30.05.2016	11776	2652	106	16	212
T272	6_16		4710	774	39	8	155
T272	9_16	11.05.2016	8008	1851	109	12	218
BK250	2_16	12.05.2016	6552	696	50	9	149
T272	5_16	10.05.2016	6430	946	45	13	90
A300 2.S	2_16	10.05.2016	5415	744	37	7	112
T272	8_16	09.05.2016	12070	2467	99	20	197
PK265 Nr2	8_16	06.05.2016	3912	585	12	8	73
BK285	8_16	02.05.2016	15090	1620	90	8	270
A300 2.S	8_16	29.04.2016	5511	1184	66	12	132
PK265	1_16	26.04.2016	2025	180	6	7	32
T272	7_16	25.04.2016	7537	1742	109	10	218
T290	5_16	19.04.2016	4051	630	21	12	63
T275	4_16	18.04.2016	6359	1289	72	7	0
BK285	5_16	15.04.2016	16006	1604	100	9	200
T272	3_16	12.04.2016	404,8	158	7	4	43
T272	3_16	11.04.2016	9421	1836	73	15	147
T272	5_16	11.04.2016	2826	653	109	6	109
BK285	4_16	07.04.2016	15163	1461	91	8	274
A300	5_16	04.04.2016	5087	1065	59	10	177
T290	4_16	01.04.2016	4769	835	31	13	93
T272-2	2_16	31.03.2016	1408	281	35	6	70
A300 2.S	1_16		4404	877	40	15	80
T272	4_16	17.03.2016	11211	2277	81	17	163
T272	1_16	16.03.2016	6913	1222	44	10	131
BK285	3_16	14.03.2016	11004	1081	98	6	197
A300	4_16	09.03.2016	5688	1208	58	14	115
T272	2_16	04.03.2016	1190	160	11	3	53
BK265	1_16	04.03.2016	1546	207	69	3	69
BK250	1_16	04.03.2016	2449	465	36	7	72
BK285	2_16	03.03.2016	9318	1113	80	7	239
T290	1_16	01.03.2016	3603	699	39	11	78
T272	3_16	29.02.2016	6234	1415	109	8	218
BK285	1_16	05.02.2016	8486	1076	90	7	269
T272	17_15	08.10.2015	11187	2364	95	13	284
T272	15_15		7372	1423	75	20	300
T272	12_15	17.08.2015	8950	2093	105	12	314
			Max	2652			314
			Median	1081			138



8 Erschütterungsprognose

Die Erschütterungsmessungen zeigen, dass der signifikante Höhenunterschied zwischen Abbau und der zu schützenden Bebauung in der Umgebung günstig hinsichtlich der Erschütterungsausbreitung ist. So zeigt sich in Abbildung 2 eine überproportionale Abnahme der Erschütterungen.

Es erfolgte für eine Lademenge von 350 kg/Zzst und einem Sicherheitsfaktor 1,8 zur Berücksichtigung der Streubreite der Erschütterungswirkung eine Prognoserechnung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Die Ergebnisse geben den Erwartungswert und den Maximalwert der Sprengerschütterungen wieder. **Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Sprengungen nur selten in den benannten Minimalentfernungen und mit dem o.g. Lademengensatz durchgeführt werden. Daher ist die Regelsituation weit aus erschütterungsärmer. Es handelt sich daher um eine Worst-Case-Betrachtung für Sprengstellen mit minimalem Abstand und ungünstigster Erschütterungswirkung.**

Eine Aussage zur Entwicklung der Sprengerschütterungen bei tieferen Sohlen kann nur tendenziell erfolgen. Einerseits nehmen die Erschütterungen in den umgebenden Ortschaften wegen der Angleichung der Höhenlage auf deren Niveau dort zu, gleichsam vergrößern sich die Entfernungen der Tagebauwände. Es wird eine Vergrößerung der Erschütterungen um den Faktor 1,0 bis 1,3 erwartet. Dies liegt innerhalb des Genauigkeitsbereiches der Prognose und ist im Erfordernisfall zu präzisieren. Hierzu muss aber der Abbau auf tieferen Sohlen bereits erfolgen und eine diesbezügliche systematische Untersuchung möglich sein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen in der Bebauung der umliegenden Ortschaften auch beim Abbau tieferer Sohlen im zulässigen Rahmen bleiben.

Tabelle 7 Ergebnisse der Erschütterungsprognose

Einwirkungsort	Mindestabstand Bewilligungsfeld Ist *)	Mindestabstand mit Erweiterung	maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s	Flächeninanspruchnahme maßgebend
Talsperre Iberg	1150 m	1650 m	0,1..0,3	
Ortslage Stempeda	1000 m	880 m	1,0..1,8	•
Ortslage Rottleberode	600 m	1000 m	0,7..1,2	
Schloßstraße 2	380 m	930 m	0,8..1,5	•
Flurstück 24/71	220 m	790 m	1,4.. 2,5	•
Flurstück 73	280 m	565 m	3,9..7,1	•
Schloßteich 5	500 m	770 m	1,5..2,7	•
Tagebaubüro Firma Knauf	<500 m	500 m	5,7..10,3	
Besucherhöhle „Heimkehle“	970 m	2560 m	<0,1	
Ortslage Rodeberg	1250 m	2100 m	<0,1	
Kalkhütte (Hotel)	80 m	300 m	28..50	
Hangkante zum Krebsbach	530 m	450 m	8,0..14,3	•
Kartoffelstollen	625 m	650 m	2,5..4,6	

*) Der Abstand des sprengtechnisch abbaurelevanten Bereiches ist größer, siehe Lageplan.



9 Begutachtung

Für die bergrechtliche Planfeststellung einer Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode wurde eine Erschütterungsprognose durchgeführt. Dabei konnte auf historische Messergebnisse begleitender Schwingungsmessungen und die Ergebnisse einer aktuellen Messkampagne zurückgegriffen werden.

Das Einwirkungslevel auf die Umgebung kann als klein charakterisiert werden. Für die einzelnen Bereiche leiten sich folgende Bewertungen ab:

Hochwasserrückhaltebecken Iberg

Der Abstand des Hochwasserrückhaltebeckens Iberg zum Erweiterungsbereich beträgt im Minimum 1100 m. Die Erschütterungsprognose ergibt zu erwartende Sprengerschütterungen bis zu einer Größenordnung von rund 0,3 mm/s. Dies liegt erheblich unter Anhaltswert 2,6 mm/s und kleiner als der Anhaltswert der DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche Wohngebäude. In derartig großen Abständen werden die Erschütterungen niederfrequent und sicherlich unter 10 Hz sein. Bei einer Anregung von 0,3 mm/s und 10 Hz beträgt die Bodenbeschleunigung 19 mm/s², das ist das 0,02-fache der Erdbeschleunigung.

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme hat für die Talsperre Iberg hinsichtlich der Sprengerschütterungen keine Bedeutung. Es wird empfohlen, regelmäßig, z.B. 1x jährlich eine Schwingungsmessung als Kontrollmessung an der Talsperre durchzuführen, vorzugsweise bei einer Sprengung in größter Annäherung beim jeweiligen Abbaustand.

Schlussfolgerungen

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen realisierbar. Sie bedeutet für die meisten Einwirkungsorte im Umfeld des Tagebaus keine Veränderung oder Erhöhung der Erschütterungswirkung. Bezüglich der umliegenden Ortschaften, der Talsperre Iberg und die für Besucher zugängliche Höhle „Heimkehle“ bleiben die Erschütterungen innerhalb der zulässigen Anhaltswerte.

Zur Sicherstellung der Einhaltung der Immissionswerte trägt das vom Tagebaubetreiber begonnene Erschütterungsmonitoring an regelmäßig wechselnd überwachten Immissionsorten, basierend auf einem sachverständig festgelegten Messprogramm bei.

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der Erschütterungswirkung auf die zu schützenden Objekte realisierbar.



Anlage 3: Erschütterungstechnische Untersuchung „Hotel und Restaurant Kalkhütte“



Öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erschütterungen
im Bauwesen und in der Sprengtechnik
Dr.-Ing. Ulf Lichte, IHK München

Sachverständigen- und Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Ulf Lichte
Heimteichstraße 6
04179 Leipzig

Telefon: 0341 / 4413523
Telefax: 0341 / 4511606
Email: info@Lichte.de
Internet: www.Lichte.de

Erschütterungstechnische Untersuchung

Des Hotels und Restaurants Kalkhütte über die
Sprengerschütterungen im
Tagebau Rottleberode

Objekt:

Rottleberode

Auftraggeber:

Knauf Deutsche Gipswerke KG

**Erschütterungsprognose
auf Basis von Unterlagen, Messdaten und Erfahrungen**

Vorhaben: Bergrechtliche Planfeststellung für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydritabbau im Tagebau Rottleberode

Objekt: Rottleberode

Auftrags/Kunden-Nr.: D551 / K519

Auftraggeber: Knauf Deutsche Gipswerke KG
Werk Rottleberode
Knaufstraße 1
06536 Südharz

Bericht Nr. D511_GA_004

Ortsbesichtigung: 10.06.2016

Schwingungsmessungen: 10.06.2016 und 17.11.2016

Ort und Datum: Leipzig, den 22. September 2023



.....
Dr.-Ing. Ulf Lichte

Revisionen

Nr.	Datum	Dokument-Nr	Bemerkung
1	16.01.2017	D511_GA_001	Erschütterungstechnisches Gutachten
2	22.09.2023	D511_GA_004	Erschütterungsprognose Ergänzungen und Anpassungen nach Erörterungstermin betreffend der Kalkhütte



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	4
2	Unterlagen	4
2.1	Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen	4
2.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften	4
2.3	Literatur	4
3	Situation	5
4	Vorgehensweise	6
5	Beurteilungsgrundlagen	7
5.1	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden	7
5.2	Einwirkungen auf Gebäude	9
6	Grundlagen Erschütterungsprognose	11
6.1	Allgemeines	11
6.2	Vorausberechnung der KB-Werte	12
7	Gemessene Erschütterungseinwirkungen	13
7.1	Allgemeines	13
7.2	Messobjekte und Messpunkte	13
7.3	Messgerätetechnik und Messregime	15
7.4	Erschütterungsquellen	15
8	Erschütterungsprognose	18
9	Begutachtung	19

Anlagen

- Anlage 1 Lageplan mit Messpunkten
Anlage 2 Abbaubereiche

Verzeichnis der Abkürzungen

A_u	unterer Anhaltswert (Werte darunter sind unerheblich), gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_o	oberer Anhaltswert (Werte darüber bedeuten eine erhebliche Belästigung) gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_r	intensitäts- und zeitbewerteter Anhaltswert gegenüberzustellen mit KB_{Fr}
F	
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingschnelle, muss kleiner sein als A_o
KB_{Fr}	Beurteilungsschwingstärke, muss kleiner sein als A_r
LZ_{zst}	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe in kg
R	Entfernung in m
v_x, v_y, v_z	Schwinggeschwindigkeit in mm/s in den drei Richtungskomponenten x,y und z
v_{max}	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s bei einer Erschütterung



1 Aufgabe

Erarbeitung einer Erschütterungsprognose für eine bergrechtliche Planfeststellung gemäß §52 Abs a BBergG mit integriertem Antrag im Sinne §10 BImSchG für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode. Ergänzung der offenen Punkte aus dem Anhörungsverfahren zum Planfeststellungsverfahren.

2 Unterlagen

2.1 Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Bestellung Nr. 4500124423-006 vom 17.11.2015
U(2)	Lageplan Tagebau und Umgebung
U(3)	Messberichte Erschütterungsmessungen 06.09.2004 Messbericht. Fa. Orica 11.02.2005 Messbericht Fa. GGD 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 20.02.2009 Mesbericht Fa. Orica
U(4)	Sonderbetriebsplan Sprengwesen,
U(5)	Ladungsberechnungen Sprengwesen, 01.03.2016-10.06.2016
U(6)	Scoping-Termin Festlegung Immissionsorte Erschütterungen

2.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

[BImSchG]	BImSchG:2013-05-17 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
[DIN 4150-1]	DIN 4150-1:2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
[DIN 4150-2]	DIN 4150-2:1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
[DIN 4150-3]	DIN4150-3:2016-12 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
[DIN 45669-1]	DIN 45669-1:2010-09 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser-Anforderungen und Prüfungen
[DIN 45669-2]	DIN 45669-2:2005-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren
[DGUV 113-016]	DGUV Regel 113-016 Sprengarbeiten. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Stand März 2012

2.3 Literatur

[Lichte 1990]	Berechnungsanleitung Sprengerschütterungen. Lichte, Schmidt, Kohlemann. Fa. Geophysik GGD, Stand 1990
---------------	---



3 Situation

Die Firma Knauf betreibt südwestlich von Rottleberode einen Tagebau, in dem Gips und Anhydrit mittels Bohrens und Sprengen abgebaut werden. Der Tagebau erstreckt sich mit einer Breite von rund 300 m in Ost-West-Richtung über eine Länge von rund 1500 m entlang der thüringisch-sachsen-anhaltinischen Landesgrenze. Der Grundriss in Anlage 1 gibt die örtlichen Gegebenheiten und die Einbettung in die Umgebung wieder.

Das Nutzgestein befindet sich unter einer Abraumüberdeckung aus mehr- oder minder-mächtigen tonig-sandigen Gesteinen des Buntsandsteins oder des grauen Salztons. Zum Teil fehlt diese Überdeckung infolge natürlicher Abtragung ganz.

Die Gewinnung erfolgt in Abhängigkeit von der jeweils geforderten Qualität des Gesteins in unterschiedlichen Bereichen des Bergwerksgebietes. Anlage 2 zeigt einen Überblick über diese Bereiche.

Die Ausführung der Sprengarbeiten erfolgt durch auftragsgebereignetes Personal. Es werden vertikale ein- oder mehrreihige Flächen- und Großbohrlochsprengungen zur Gesteinsgewinnung und Lockerung des Abraums durchgeführt. In Ausnahmefällen erfolgen auch horizontale Sprengungen, als Heber im Sohlenbereich bzw. zur Beseitigung von Karstkuppen und zur Herstellung von Standflächen für die Bohrtechnik. In Tabelle 1 sind die sprengtechnischen Rahmenparameter zusammengestellt.

Im Umfeld des Steinbruchs befinden sich verschiedene schutzbedürftige Bauwerke und Naturobjekte. Diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst und im Lageplan in Anlage 1 eingetragen.

Tabelle 1 Sprengtechnische Rahmenparameter

Vorgabe	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrloch Reihenabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochneigungen	65,0°	bis	80,0°
Bohrlochdurchmesser	40,0 mm	bis	120,0 mm
Länge Endbesatz	2,5 m	bis	4,0 m
Wandhöhe	5,0 m	bis	29,0 m
Spez. Sprengstoffverbrauch	100 g/t	bis	400 g/t
Zündung	elektrisch einfach oder redundant nichtelektrisch elektronisch		



Tabelle 2 Zu schützende Objekte/Bebauungsbereiche

	Mindestabstand	Bemerkung
Hochwasserrückhaltebecken Iberg	1100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Ortslage Stempeda	880 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Ortslage Rottleberode	1000 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Schloßstraße 2	380 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 24/71	220 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 73	280 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Schloßteich 5	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Tagebaubüro Firma Knaut	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Heimkehle, Gebäude	970 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Besucherhöhle „Heimkehle“	1400 m	Sonderbetrachtung
Ortslage Rodeberg	1250 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Hotel und Restaurant Kalkhütte	100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2

Mit perspektivischer Abbauentwicklung vergrößern sich die Distanzen zu den südöstlich gelegenen Immissionsorten. In Richtung Nordwesten nähern sich die Sprengarbeiten den Immissionsorten Hochwasserrückhaltebecken Iberg, Ortslage Stempeda, Kartoffelstollen und Hang zum Krebsbach an. In Richtung West erfolgt ein Heranrücken an das Hotel und Restaurant Kalkhütte.

Bei den bisherigen Sprengarbeiten waren bei den angeführten schutzbedürftigen Immissionsorten keine erschütterungsbedingten Schäden infolge tagebaulicher Sprengerschütterungen feststellbar. Das gilt uneingeschränkt auch für die bezüglich ihrer Standsicherheit besonders sensible Gipskarsthöhle Heimkehle. Das belegen Gutachten aus den Jahren 1992 bis 2009, die bei der folgenden Prognose berücksichtigt werden.

4 Vorgehensweise

In einem ersten Arbeitsschritt werden die Beurteilungsgrundlagen zusammenfassend dargestellt. Das betrifft die Grundlagen

- der Beurteilung der Sprengerschütterungen
- der Prognose der Sprengerschütterungen
- der Datenbasis aus den vorhandenen Sprengerschütterungs-Messergebnissen
- Beschreibung der für die Erschütterungsprognose verwendeten sprengtechnischen Parameter

Auf dieser Basis werden für die zu schützenden Objekte die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen für die Tagebauerweiterung rechnerisch vorermittelt.



5 Beurteilungsgrundlagen

5.1 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Allgemeines

In der DIN 4150-2 werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, „bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden“. Der Bewertung dienen die Anhaltswerte A_u , A_o und A_r . In Tabelle 3 sind diese Anhaltswerte zusammengestellt.

A_u	unterer Anhaltswert
A_o	oberer Anhaltswert
A_r	zeitbewerteter Anhaltswert

Dabei gilt die Norm grundsätzlich

als eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \leq A_u$ oder $KB_{Fmax} \leq A_o$ und $KB_{FTr} \leq A_r$
als nicht eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \geq A_o$

Besonderheit bei Gewinnungssprengungen

Für selten auftretende und nur kurzzeitig einwirkende Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag (z.B. Sprengungen) ist die Norm eingehalten, wenn für das entsprechende Gebiet der Zeilen 1 bis 5 der Tabelle 3 die Bedingung $KB_{Fmax} < A_o$ eingehalten wird.

Wenn die Sprengungen werktags in den Zeiten von 7:00 Uhr bis 13:00 Uhr und von 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen erfolgen, gelten in Gebieten der Zeilen 3 und 4 auch die A_o -Werte der Zeile 1, wenn nur 1 Ereignis pro Tag stattfindet.

In Ausnahmefällen, wenige Male pro Jahr, darf $KB_{Fmax} = 8$ sein.

Für die Beurteilung ergeben sich in Verbindung mit Abschnitt 6.2 die in Tabelle 4 zusammengestellten Fundamentanhaltswerte.



Tabelle 3 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _U	A _R	A _O	A _U	A _R	A _O
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete §9 BauNVO)	0,4	0,2	6	0,3	0,15	0,6
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete §8 BauNVO)	0,3	0,15	6	0,2	0,1	0,4
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete §7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete §5 BauNVO)	0,2	0,1	5	0,15	0,07	0,3
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeines Wohngebiet §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO)	0,15	0,07	3	0,1	0,05	0,2
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	0,05	3	0,1	0,05	0,15

Tabelle 4 Umrechnung des Anhaltswertes A₀ auf die maximale Deckenschwinggeschwindigkeit v_{max} mit und ohne Ansatz einer Verdopplung der Fundamentanhaltswerte

Anhaltswert	Anhaltswert Fundament-Schwinggeschwindigkeit in mm/s		Bemerkung
	keine Vergrößerung bezüglich Fundament	Verdopplung vom Fundament zur Decke	
A ₀ siehe Tabelle 3 auf Seite 8			
8	20,0	10,0	einzuhalten, vereinzelte Ausreißereignisse
6	15,0	7,5	einzuhalten bei max einer Sprengung täglich, Zeitraum 7-13 und 15-19 Uhr sowie Vorinformation
5	12,5	6,2	einzuhalten im Falle eines Gebietes nach BauNVO §§5, 6, 7
3	7,5	3,7	einzuhalten im Falle eines Gebietes nach BauNVO §§2, 3, 4



5.2 Einwirkungen auf Gebäude

Für die Einwirkung der Erschütterungen auf Gebäude sind in der DIN 4150-3 Anhaltswerte angegeben, bei deren Einhaltung es nach den vorliegenden Erfahrungen nicht zu Schäden kommt, die den Gebrauchswert der Gebäude herabsetzen. Dabei wird unterschieden zwischen:

- kurzzeitigen Erschütterungen, das sind solche, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen
- Dauererschütterungen, das sind alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Sprengerschütterungen sind kurzzeitige Erschütterungen. Die entsprechenden Anhaltswerte sind in Tabelle 5 zusammengestellt. In der DIN heißt es zur Anwendung dieser Anhaltswerte wörtlich:

„Werden die Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind.“

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der Norm ist z.B.

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen;
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken.

Bei Wohngebäuden (Tabelle 5 Zeile 2) ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden;
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden in dieser Norm auch als leichte Schäden bezeichnet.



Tabelle 5 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen nach DIN 4150-3

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament alle Richtungen $i=x,y,z$			Oberste Deckenebene horizontal $i=x,y$	Decken, vertikal $i=z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^{*)}	alle Frequenzen	alle Frequenzen
	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 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 Erschütterungs-empfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^{**)}
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden						
^{*)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden ^{**)} DIN 4150-3 Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten: Es kann zur Verminderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden						



6 Grundlagen Erschütterungsprognose

6.1 Allgemeines

Unvermeidbare Nebenwirkung von Gewinnungssprengungen sind die Sprengerschütterungen. Die Größe der Sprengschütterungen kann in gewissen Grenzen durch Veränderung von Sprengparametern und Abbaurichtung beeinflusst und begrenzt werden.

Die Emissionsstärke und der Einwirkungsbereich werden vor allem durch die Größe der Lademenge und die Art der Sprengung bestimmt. Auf die Ausbreitung und den Frequenzinhalt der Erschütterungen haben die örtlichen geologischen Verhältnisse starken Einfluss.

Beurteilungsgröße ist in den meisten Fällen die Schwinggeschwindigkeit. Für die Prognose der Schwinggeschwindigkeit in der Umgebung der Sprengstellen wird in der DIN eine Exponentialfunktion mit den Größen Lademenge und Entfernung als Variablen empfohlen und gefordert, dass die konkret verwendeten Ausbreitungsformeln durch vergleichbare Fälle zu belegen sind und die Streubreite der Ergebnisse angemessen zu berücksichtigen ist.

Die zu begutachtenden Sprengungen sind Gewinnungssprengungen im Festgestein. Für derartige Verhältnisse hat sich die durch umfangreiche Messungen belegte Ausbreitungsformel (1) bewährt.

Die entsprechenden sprengtechnischen, geologischen und gründungstechnischen Bedingungen im vorgesehenen Abbaugelände werden durch den Erschütterungsfaktor $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_i$ in der Gleichung (2) zur Bestimmung der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeiten berücksichtigt. Dieser Erschütterungsfaktor k kann aus [Lichte 1990] entnommen oder aus vorhandenen Messergebnissen gemäß Formel (3) bestimmt werden. Grundlage hierzu bildet die Auswertung der vorliegenden Messdaten.

Die maximale zu erwartende Schwinggeschwindigkeit ergibt sich aus der Multiplikation der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeit mit einem entsprechenden Sicherheitsfaktor (Gleichung (4)). Der Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit ergibt sich unter Verwendung eines Sicherheitsfaktors, der die Streuung berücksichtigt, nach Formel (5).

$$v_T = 16 \cdot \frac{\sqrt{0,01 \cdot L}}{(0,01 \cdot R)^{1,4786 \cdot 0,1314 \lg(0,01R)}} \quad (1)$$

$$v_{\text{mittel}} = k \cdot v_T \quad (2)$$

$$k = \frac{v_{\text{gemessen}}}{v_T} \quad (3)$$

$$v_{\text{max}} = v_{\text{mittel}} \cdot S_v \quad (4)$$

$$v_{\text{min}} = v_{\text{mittel}} / S_v < v_{\text{erw}} < v_{\text{mittel}} \cdot S_v = v_{\text{max}} \quad (5)$$



v_T	theoretische erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
$v_{\max, \min}$	maximale, minimale erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{erw}	Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit
L	Lademenge je Zeitstufe in kg
R	Abstand zur Sprengstelle in m
v_{mittel}	mittlere Schwinggeschwindigkeit in mm/s
k_i	Faktoren zur Berücksichtigung besonderer Verhältnisse aus [Lichte 1990]
s_v	Sicherheitsfaktor, aus [Lichte 1990]

Für die Berechnungen werden nach Formel (3) die Erschütterungsfaktoren k aus den vom Auftraggeber übergebenen Messergebnissen errechnet und entsprechend gemittelt. Der Lademengeneinsatz wird ebenfalls aus diesen Daten entnommen.

6.2 Vorausberechnung der KB-Werte

Die Beurteilung der Wirkung der Erschütterungen auf die Menschen in den Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2 durch den Wert $KB_{F_{\max}}$. Er kann aus der Schwinggeschwindigkeit näherungsweise nach Formel (1) ermittelt werden.

$$KB_{F_{\max}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_F \quad (1)$$

$c_{F=}$	0,6 nach DIN 4150-2, ohne Resonanzerscheinungen
$c_{F=}$	0,8 nach DIN 4150-2, mit Resonanzerscheinungen
$f =$	Vorzugsfrequenz in Hz

Dabei muss von der Schwinggeschwindigkeit auf den Decken der Wohnräume ausgegangen werden. Um diese zu erhalten, wird die Vergrößerung der Erschütterungen vom Gebäudefundament zur Decke berücksichtigt. Dabei kann allgemein bei Sprengerschütterungen mit einer Verdopplung der Fundamentalschwinggeschwindigkeiten gerechnet werden.



7 Gemessene Erschütterungseinwirkungen

7.1 Allgemeines

In den zurückliegenden Jahren wurden vereinzelte begleitende Schwingungsmessungen durchgeführt. Diese sind in den Messberichten U(3) dokumentiert. Um diese Datenbasis zu vergrößern und die Aussagekraft zu verbessern, wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Sie umfassten eine Sprengung am 14.06.2016 mit 6 Messpunkten und eine Dauerüberwachung vom 14.06. bis 07.07.2016 mit je 2 Messpunkten. Die Ergebnisse werden nachfolgend dokumentiert und bewertet.

7.2 Messobjekte und Messpunkte

Für die Begutachtung der im Scoping konkret benannten Objekte U(6) wurden erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Messorte und Messgeräte sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Messungen, die in Gebäuden durchgeführt wurden, erfolgten gemäß DIN 4150-3 in deren Fundamentbereich. An allen anderen Objekten wurden für die Beurteilung geeignete Punkte gewählt.

Im Lageplan in den Abbildungen 1a und 1b sind die Messpunkte eingetragen und in Tabelle 1 näher beschrieben.

Tabelle 6 Messorte und Messgeräte

Messpunkt und Komp.	Messort	Standort, Untergrund	Messgerät	Sensor
Sprengungen vom 14.06. bis 07.07.2016				
E1 xyz	Urbach, Am Rodeberg (Fam. Grafenreuth)	Keller, Fußboden	Sigicom 608	V12 3930-32
E3 xyz	Stempeda, Am weißen Stieg 10 (Fam. Schwiegertshausen)	Keller, Fußboden	Sigicom 812	V12 3950-52
Sprengung am 14.06.2016				
E2 xyz	Karsthöhle Heimkehle	nähe „Natureingang“, Fußboden	ZEB-SM 3E	SN 490
E4 xyz	Kartoffelstollen	Portal, Schwelle	ZEB-SM 3E	SN 603
E5 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 8190-92
E6 xyz	Hochwasserrückhaltebecken Iberg	Dammfuß	Sigicom 905	V12 16910-12
E7 xyz	Wald	Gelände	Sigicom 1019	V12 9370-72
E8 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 16910-12

x-Komponente: horizontal in Richtung zur Sprengstelle, siehe Lageplan in Anlage 1

y-Komponente: horizontal, senkrecht zu x

z-Komponente: vertikal

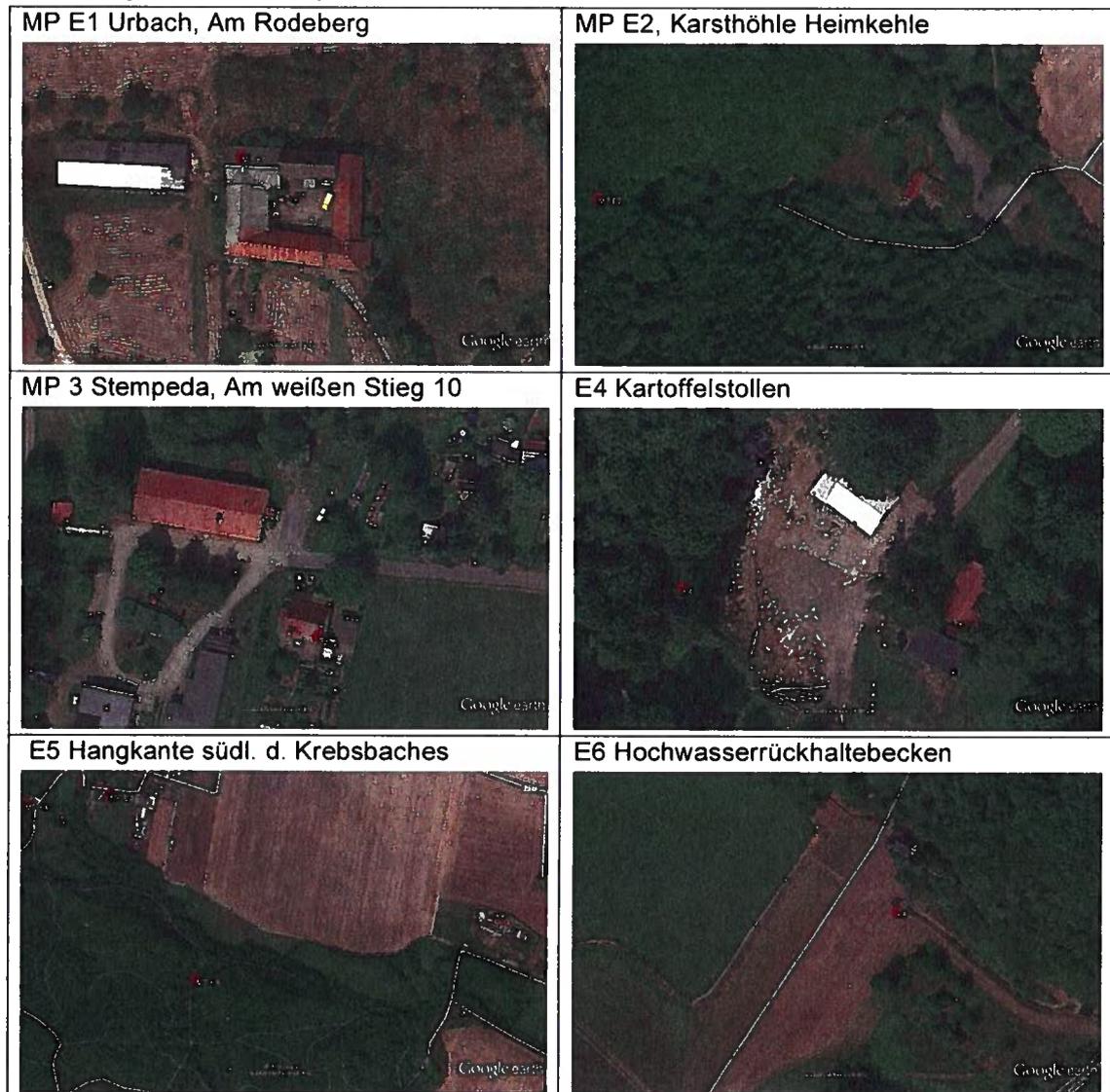
Ankopplung: 3-Punkt-Rundfuß



Abbildung 1a Messpunkte, Übersicht Messpunkte



Abbildung 1b Messpunkte, Detail



7.3 Messgerätetechnik und Messregime

Zur Dauerüberwachung der Erschütterungseinwirkungen wurden Schwingungsmessgerät vom Typ Sigicom INFRA Master und ZEB SM 3E eingesetzt. Die Geräte entsprechen den Vorgaben der DIN 45669 und sind mit triaxialen Schwinggeschwindigkeitsaufnehmern ausgestattet und arbeitet autark.

7.4 Erschütterungsquellen

Die Schwingungsmessungen wurden während mehrerer Gewinnungssprengungen durchgeführt [U(3)]. Zusätzlich zu früheren Messungen wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Messungen an mehreren Messpunkten durchgeführt. Alle vorliegenden Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Aus den Messungen am 14.06.2016 und 17.11.2016 wurde eine Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen ausgewertet. Diese ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Sie zeigt eine vergleichsweise starke Abnahme der Erschütterungen mit der Entfernung, da die Gewinnungssprengungen deutlich oberhalb des umliegenden Geländeniveaus durchgeführt werden. Im Vergleich zu einem zu erwartenden Exponenten von $-1,0$ liegt er im vorliegenden Fall bei $-3,1$.

Die überwachten Sprengungen können durch Vergleich mit den Sprengprotokollen aus der Vergangenheit als durchschnittlich und repräsentativ angenommen werden. Hierzu wurden in Tabelle 9 Parametern der Sprengungen vom Februar bis Juli 2016 zusammengestellt. Die maximale Lademenge je Zündzeitstufe lag in dem genannten Zeitraum bei maximal 314 kg/Zzst und im Mittel aller Fälle bei 138 kg/Zzst. Bei den überwachten Sprengungen lagen sie bei 74 .. 218 kg/Zzst.

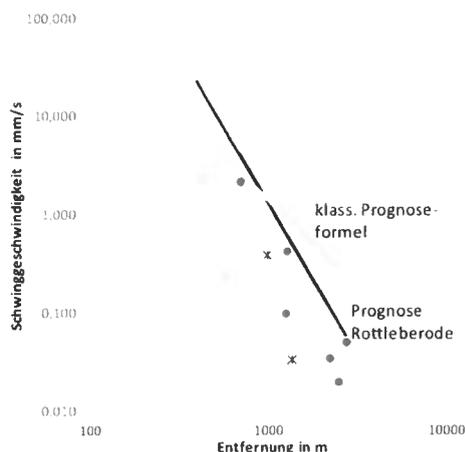


Abbildung 2
Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen



Tabelle 8 Zusammenstellung Schwingungsmessergebnisse

Spreng- stelle Nr	Datum	Lade- menge gesamt kg	Lade- menge pro t Kg	Lade- menge Zst kg	Mess- punkt	Schwinggeschwindigkeit			Frequenz			Entfernung R M
						vx mm/s	vy mm/s	vz mm/s	Fx Hz	Fy Hz	Fz Hz	
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	A (E2)	< 0,5	0,50					2000
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	B (E2)	0,06	0,06	0,04	5	5	13	2000
	09.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	10.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	15.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	21.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
K300/25/07	13.12.2007	1647	0,235	244	C (E3)	0,60	0,90	0,90	6	6	7	900
T290	06.11.2008	1202		134	D (E1)		0,05	<0,05				1500
T290	17.02.2009	724	0,195	145	D (E1)		0,05	<0,05				1500
A300	14.06.2016	1025	217	143	E1	0,035	0,033	0,023				2215
A300	14.06.2016	1025	217	143	E2	<0,1	<0,1	<0,1				2465
A300	14.06.2016	1025	217	143	E3	0,18	0,19	0,43	6,3	5,7	8,3	1290
A300	14.06.2016	1025	217	143	E4	0,100	0,100	0,100	1	3	1	1270
A300	14.06.2016	1025	217	143	E5	2,150	1,940	0,530	6,7	6,7	10,7	700
A300	14.06.2016	1025	217	143	E6	0,034	0,043	0,050				2730
BK250	15.06.2016	25	23		E1	0,000	0,019	0,024				1800
BK250	15.06.2016	25	23		E3	-	-	-				2500
T272	21.06.2016	2400	231	218	E1	0,097	0,103	0,057				1600
T272	21.06.2016	2400	231	218	E3	0,099	0,060	0,085				2450
A300	04.07.2016	725	200	74	E1							1750
A300	04.07.2016	725	200	74	E3	0,064	0,047	0,050				1900
A300	05.07.2016	1325	190	27	E1	0,054	0,048	0,035				1750
A300	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,176	0,150	0,385				1900
	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,209	0,197	0,435				1900
T290	06.07.2016	450	170	104	E1	0,035	0,040	0,025				1400
T290	06.07.2016	450	170	104	E3	0,029	0,027	0,038				2200
A300	17.11.2016				E4	0,03	0,02	0,03				
A300	17.11.2016				E7	9,19	6,69	2,34	18,3	18,7	18,3	265
A300	17.11.2016				E8	0,24	0,18	0,07				430
A300	17.11.2016				E4	0,04	0,03	0,03				580
A300	17.11.2016				E7	n.v.	n.v.	n.v.				1362
A300	17.11.2016				E8	0,39	0,27	0,15				996



Tabelle 9 Sprengtechnische Daten

Gewinnungsort	Abschlag	Datum	Abschlagsm.	Ges. Ladem. t	L Bohrl. kg	Zeitstufen	L/Zzst kg
T290	6/16	06.07.2016	3191	450	13	6	104
A300	8/16	05.07.2016	6430	1325	58	11	
A300	3/16	04.07.2016	3580	725	38	12	74
T272	12/16	21.06.2016	10363	2400	110	14	218
BK250	1/16	15.06.2016	500	25	2	7	
A300	7/16	14.06.2016	4950	1025	72	11	143
BK250	3_16	10.06.2016	6458	701	58	8	117
T272	11_16	08.06.2016	7537	1742	109	12	218
T272	13_16	07.06.2016	4880	1093	64	12	129
BK285	7_16	01.06.2016	16006	1572	98	11	197
T272	10_16	30.05.2016	11776	2652	106	16	212
T272	6_16		4710	774	39	8	155
T272	9_16	11.05.2016	8008	1851	109	12	218
BK250	2_16	12.05.2016	6552	696	50	9	149
T272	5_16	10.05.2016	6430	946	45	13	90
A300 2.S	2_16	10.05.2016	5415	744	37	7	112
T272	8_16	09.05.2016	12070	2467	99	20	197
PK265 Nr2	8_16	06.05.2016	3912	585	12	8	73
BK285	8_16	02.05.2016	15090	1620	90	8	270
A300 2.S	8_16	29.04.2016	5511	1184	66	12	132
PK265	1_16	26.04.2016	2025	180	6	7	32
T272	7_16	25.04.2016	7537	1742	109	10	218
T290	5_16	19.04.2016	4051	630	21	12	63
T275	4_16	18.04.2016	6359	1289	72	7	0
BK285	5_16	15.04.2016	16006	1604	100	9	200
T272	3_16	12.04.2016	404,8	158	7	4	43
T272	3_16	11.04.2016	9421	1836	73	15	147
T272	5_16	11.04.2016	2826	653	109	6	109
BK285	4_16	07.04.2016	15163	1461	91	8	274
A300	5_16	04.04.2016	5087	1065	59	10	177
T290	4_16	01.04.2016	4769	835	31	13	93
T272-2	2_16	31.03.2016	1408	281	35	6	70
A300 2.S	1_16		4404	877	40	15	80
T272	4_16	17.03.2016	11211	2277	81	17	163
T272	1_16	16.03.2016	6913	1222	44	10	131
BK285	3_16	14.03.2016	11004	1081	98	6	197
A300	4_16	09.03.2016	5688	1208	58	14	115
T272	2_16	04.03.2016	1190	160	11	3	53
BK265	1_16	04.03.2016	1546	207	69	3	69
BK250	1_16	04.03.2016	2449	465	36	7	72
BK285	2_16	03.03.2016	9318	1113	80	7	239
T290	1_16	01.03.2016	3603	699	39	11	78
T272	3_16	29.02.2016	6234	1415	109	8	218
BK285	1_16	05.02.2016	8486	1076	90	7	269
T272	17_15	08.10.2015	11187	2364	95	13	284
T272	15_15		7372	1423	75	20	300
T272	12_15	17.08.2015	8950	2093	105	12	314
			Max	2652			314
			Median	1081			138



8 Erschütterungsprognose

Die Erschütterungsmessungen zeigen, dass der signifikante Höhenunterschied zwischen Abbau und der zu schützenden Bebauung in der Umgebung günstig hinsichtlich der Erschütterungsausbreitung ist. So zeigt sich in Abbildung 2 eine überproportionale Abnahme der Erschütterungen.

Es erfolgte für eine Lademenge von 350 kg/Zzst und einem Sicherheitsfaktor 1,8 zur Berücksichtigung der Streubreite der Erschütterungswirkung eine Prognoserechnung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Die Ergebnisse geben den Erwartungswert und den Maximalwert der Sprengerschütterungen wieder. **Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Sprengungen nur selten in den benannten Minimalentfernungen und mit dem o.g. Lademengenansatz durchgeführt werden. Daher ist die Regelsituation weit aus erschütterungsärmer. Es handelt sich daher um eine Worst-Case-Betrachtung für Sprengstellen mit minimalem Abstand und ungünstigster Erschütterungswirkung.**

Eine Aussage zur Entwicklung der Sprengerschütterungen bei tieferen Sohlen kann nur tendenziell erfolgen. Einerseits nehmen die Erschütterungen in den umgebenden Ortschaften wegen der Angleichung der Höhenlage auf deren Niveau dort zu, gleichsam vergrößern sich die Entfernungen der Tagebauwände. Es wird eine Vergrößerung der Erschütterungen um den Faktor 1,0 bis 1,3 erwartet. Dies liegt innerhalb des Genauigkeitsbereiches der Prognose und ist im Erfordernisfall zu präzisieren. Hierzu muss aber der Abbau auf tieferen Sohlen bereits erfolgen und eine diesbezügliche systematische Untersuchung möglich sein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen in der Bebauung der umliegenden Ortschaften auch beim Abbau tieferer Sohlen im zulässigen Rahmen bleiben.

Tabelle 10 Ergebnisse der Erschütterungsprognose

Einwirkungsort	Mindestabstand Bewilligungsfeld Ist *)	Mindestabstand mit Erweiterung	maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s	Flächenanspruchnahme maßgebend
Talsperre Iberg	1150 m	1650 m	0,1..0,3	
Ortslage Stempeda	1000 m	880 m	1,0..1,8	•
Ortslage Rottleberode	600 m	1000 m	0,7..1,2	
Schloßstraße 2	380 m	930 m	0,8..1,5	•
Flurstück 24/71	220 m	790 m	1,4..2,5	•
Flurstück 73	280 m	565 m	3,9..7,1	•
Schloßteich 5	500 m	770 m	1,5..2,7	•
Tagebaubüro Firma Knauf	<500 m	500 m	5,7..10,3	
Besucherhöhle „Heimkehle“	970 m	2560 m	<0,1	
Ortslage Rodeberg	1250 m	2100 m	<0,1	
Kalkhütte (Hotel)	80 m	300 m	28..50	
Hangkante zum Krebsbach	530 m	450 m	8,0..14,3	•
Kartoffelstollen	625 m	650 m	2,5..4,6	

*) Der Abstand des sprengtechnisch abbaurelevanten Bereiches ist größer, siehe Lageplan.



9 Begutachtung

Für die bergrechtliche Planfeststellung einer Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode wurde eine Erschütterungsprognose durchgeführt. Dabei konnte auf historische Messergebnisse begleitender Schwingungsmessungen und die Ergebnisse einer aktuellen Messkampagne zurückgegriffen werden.

Das Einwirkungsniveau auf die Umgebung kann als klein charakterisiert werden. Für die einzelnen Bereiche leiten sich folgende Bewertungen ab:

Hotel und Restaurant Kalkhütte

Das Bewilligungsfeld des Tagebaus reicht bis auf 80 m an das Hotel und Restaurant Kalkhütte heran. Die Sprengarbeiten werden bis auf 100 m Abstand an die Bebauung herangeführt werden.

Für die Beurteilung der Immissionssituation auf die Kalkhütte wird auf die Ergebnisse der Messungen im Annäherungsbereich an die Gemeinde Rottleberode zurückgegriffen. Die Erschütterungsprognose zeigt, dass die Sprengungen bei der Annäherung an die Kalkhütte kleiner dimensioniert werden müssen und die Lademengen zu reduzieren sind. Ab 650 m bis 500 m Annäherung sind systematisch begleitende Schwingungsmessungen durchzuführen und einen stufenweise Herabsenkung der Lademengen vorzunehmen. Entsprechend des Sprengregimes ist zu erwarten, dass die Lademengen bei einer Annäherung bis auf 300 m prognostisch auf rund 80 kg/Zündzeitstufe abzusenken sein werden, damit die Anhaltswerte der DIN 4150-2 und DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3 in der Kalkhütte eingehalten bleiben. Eine genaue Festlegung oder Beschränkung zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist jedoch nicht sinnvoll. Letztlich ist der Nachweis auf Einhaltung der Anhaltswerte vorgenannter Normen ausschlaggebend.

Für die weitere Annäherung unter 300 bis auf 100 m werden folgende Maßnahmen notwendig:

- Durchführung einer vorsorglichen Beweissicherung.
- Verringerung der Wandhöhen wegen der Notwendigkeit einer weiteren Reduzierung des Lademengen.
- Anpassung des Sprengregimes mit Reduzierung der Lademengen, es werden prognostisch 10 kg/Zündzeitstufe erwartet.
- kontinuierliche Erfassung und Auswertung der Ergebnisse begleitender Schwingungsmessungen

Vor der Kalkhütte befindet sich die Zufahrtstraße und die Parkplätze. Selbst nicht erschütterungsrelevant tangieren jedoch zeitlich früher den Sprengbereich, der allgemein 300 m beträgt. Es ist notwendig, den Sprengbereich und die Absicherungsmaßnahmen zu prüfen und anzupassen. Dies ist vor Erreichen dieses Abstandes festzulegen, zu dokumentieren und verbindlich umzusetzen.



Schlussfolgerungen

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen realisierbar. Sie bedeutet für die meisten Einwirkungsorte im Umfeld des Tagebaus keine Veränderung oder Erhöhung der Erschütterungswirkung.

Bezüglich der Annäherung der Gewinnungssprengungen an die westlich gelegene Kalkhütte sind ab einer Annäherung 600 m systematisch Schwingungsmessungen durchzuführen, um eine Absenkung der Lademengen zu planen, die die Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150 bei einer Annäherung auf 100 m sicherstellt.

Zur Sicherstellung der Einhaltung der Immissionswerte trägt das vom Tagebaubetreiber begonnene Erschütterungsmonitoring an regelmäßig wechselnd überwachten Immissionsorten, basierend auf einem sachverständig festgelegten Messprogramm bei.

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der Erschütterungswirkung auf die zu schützenden Objekte realisierbar.

Anlage 4: Erschütterungstechnische Untersuchung „Ortslage Rottleberode“



Öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erschütterungen
im Bauwesen und in der Sprengtechnik
Dr.-Ing. Ulf Lichte, IHK München

Sachverständigen- und Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Ulf Lichte
Heimteichstraße 6
04179 Leipzig

Telefon: 0341 / 4413523
Telefax: 0341 / 4511606
Email: info@Lichte.de
Internet: www.Lichte.de

Erschütterungstechnische Untersuchung

Der Ortslage Rottleberode über die
Sprengerschütterungen im
Tagebau Rottleberode

Objekt:

Rottleberode

Auftraggeber:

Knauf Deutsche Gipswerke KG

**Erschütterungsprognose
auf Basis von Unterlagen, Messdaten und Erfahrungen**

Vorhaben: Bergrechtliche Planfeststellung für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydritabbau im Tagebau Rottleberode

Objekt: Rottleberode

Auftrags/Kunden-Nr.: D551 / K519

Auftraggeber: Knauf Deutsche Gipswerke KG
Werk Rottleberode
Knaufstraße 1
06536 Südharz

Bericht Nr. D511_GA_005

Ortsbesichtigung: 10.06.2016

Schwingungsmessungen: 10.06.2016 und 17.11.2016

Ort und Datum: Leipzig, den 22. September 2023

Ulf Lichte



Dr.-Ing. Ulf Lichte
Bestellungsgebiet:
Erschütterungen im Bauwesen
und in der Sprengtechnik

.....
Dr.-Ing. Ulf Lichte

Revisionen

Nr.	Datum	Dokument-Nr	Bemerkung
1	16.01.2017	D511_GA_001	Erschütterungstechnisches Gutachten
2	22.09.2023	D511_GA_005	Erschütterungsprognose Ergänzungen und Anpassungen nach Erörterungstermin betreffend der Ortslage Rottleberode



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	4
2	Unterlagen	4
2.1	Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen	4
2.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften	4
2.3	Literatur	4
3	Situation	5
4	Vorgehensweise	6
5	Beurteilungsgrundlagen	7
5.1	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden	7
5.2	Einwirkungen auf Gebäude	9
6	Grundlagen Erschütterungsprognose	11
6.1	Allgemeines	11
6.2	Vorausberechnung der KB-Werte	12
7	Gemessene Erschütterungseinwirkungen	13
7.1	Allgemeines	13
7.2	Messobjekte und Messpunkte	13
7.3	Messgerätetechnik und Messregime	15
7.4	Erschütterungsquellen	15
8	Erschütterungsprognose	18
9	Begutachtung	19

Anlagen

Anlage 1	Lageplan mit Messpunkten
Anlage 2	Abbaubereiche

Verzeichnis der Abkürzungen

A_u	unterer Anhaltswert (Werte darunter sind unerheblich), gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_o	oberer Anhaltswert (Werte darüber bedeuten eine erhebliche Belästigung) gegenüberzustellen mit KB_{Fmax}
A_r	intensitäts- und zeitbewerteter Anhaltswert gegenüberzustellen mit KB_{Fr}
F	
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingschnelle, muss kleiner sein als A_o
KB_{Fr}	Beurteilungsschwingstärke, muss kleiner sein als A_r
L_{Zzst}	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe in kg
R	Entfernung in m
v_x, v_y, v_z	Schwinggeschwindigkeit in mm/s in den drei Richtungskomponenten x,y und z
v_{max}	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s bei einer Erschütterung



1 Aufgabe

Erarbeitung einer Erschütterungsprognose für eine bergrechtliche Planfeststellung gemäß §52 Abs a BBergG mit integriertem Antrag im Sinne §10 BImSchG für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode. Ergänzung der offenen Punkte aus dem Anhörungsverfahren zum Planfeststellungsverfahren.

2 Unterlagen

2.1 Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Bestellung Nr. 4500124423-006 vom 17.11.2015
U(2)	Lageplan Tagebau und Umgebung
U(3)	Messberichte Erschütterungsmessungen 06.09.2004 Messbericht. Fa. Orica 11.02.2005 Messbericht Fa. GGD 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 10.12.2007 Messbericht Fa. Orica 20.02.2009 Mesbericht Fa. Orica
U(4)	Sonderbetriebsplan Sprengwesen,
U(5)	Ladungsberechnungen Sprengwesen, 01.03.2016-10.06.2016
U(6)	Scoping-Termin Festlegung Immissionsorte Erschütterungen

2.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

[BImSchG]	BImSchG:2013-05-17 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
[DIN 4150-1]	DIN 4150-1:2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
[DIN 4150-2]	DIN 4150-2:1999-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
[DIN 4150-3]	DIN4150-3:2016-12 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
[DIN 45669-1]	DIN 45669-1:2010-09 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 1: Schwingungsmesser-Anforderungen und Prüfungen
[DIN 45669-2]	DIN 45669-2:2005-06 Messung von Schwingungsimmissionen – Teil 2: Messverfahren
[DGUV 113-016]	DGUV Regel 113-016 Sprengarbeiten. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Stand März 2012

2.3 Literatur

[Lichte 1990]	Berechnungsanleitung Sprengerschütterungen. Lichte, Schmidt, Kohlemann. Fa. Geophysik GGD, Stand 1990
---------------	---



3 Situation

Die Firma Knauf betreibt südwestlich von Rottleberode einen Tagebau, in dem Gips und Anhydrit mittels Bohrens und Sprengen abgebaut werden. Der Tagebau erstreckt sich mit einer Breite von rund 300 m in Ost-West-Richtung über eine Länge von rund 1500 m entlang der thüringisch-sachsen-anhaltinischen Landesgrenze. Der Grundriss in Anlage 1 gibt die örtlichen Gegebenheiten und die Einbettung in die Umgebung wieder.

Das Nutzgestein befindet sich unter einer Abraumüberdeckung aus mehr- oder minder-mächtigen tonig-sandigen Gesteinen des Buntsandsteins oder des grauen Salztons. Zum Teil fehlt diese Überdeckung infolge natürlicher Abtragung ganz.

Die Gewinnung erfolgt in Abhängigkeit von der jeweils geforderten Qualität des Gesteins in unterschiedlichen Bereichen des Bergwerksgebietes. Anlage 2 zeigt einen Überblick über diese Bereiche.

Die Ausführung der Sprengarbeiten erfolgt durch auftragsgebereigenes Personal. Es werden vertikale ein- oder mehrreihige Flächen- und Großbohrlochsprengungen zur Gesteinsgewinnung und Lockerung des Abraums durchgeführt. In Ausnahmefällen erfolgen auch horizontale Sprengungen, als Heber im Sohlenbereich bzw. zur Beseitigung von Karstkuppen und zur Herstellung von Standflächen für die Bohrtechnik. In Tabelle 1 sind die sprengtechnischen Rahmenparameter zusammengestellt.

Im Umfeld des Steinbruchs befinden sich verschiedene schutzbedürftige Bauwerke und Naturobjekte. Diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst und im Lageplan in Anlage 1 eingetragen.

Tabelle 1 Sprengtechnische Rahmenparameter

Vorgabe	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrloch Reihenabstände	2,5 m	bis	5,0 m
Bohrlochneigungen	65,0°	bis	80,0°
Bohrlochdurchmesser	40,0 mm	bis	120,0 mm
Länge Endbesatz	2,5 m	bis	4,0 m
Wandhöhe	5,0 m	bis	29,0 m
Spez. Sprengstoffverbrauch	100 g/t	bis	400 g/t
Zündung	elektrisch einfach oder redundant nichtelektrisch elektronisch		



Tabelle 2 Zu schützende Objekte/Bebauungsbereiche

	Mindestabstand	Bemerkung
Hochwasserrückhaltebecken Iberg	1100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Ortslage Stempeda	880 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Ortslage Rottleberode	1000 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 3
Schloßstraße 2	380 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 24/71	220 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Flurstück 73	280 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Schloßteich 5	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Tagebaubüro Firma Knaf	500 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1
Heimkehle, Gebäude	970 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Besucherhöhle „Heimkehle“	1400 m	Sonderbetrachtung
Ortslage Rodeberg	1250 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2
Hotel und Restaurant Kalkhütte	100 m	DIN 4150-2 Tabelle 1 Zeile 4, DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2

Mit perspektivischer Abbauentwicklung vergrößern sich die Distanzen zu den südöstlich gelegenen Immissionsorten. In Richtung Nordwesten nähern sich die Sprengarbeiten den Immissionsorten Hochwasserrückhaltebecken Iberg, Ortslage Stempeda, Kartoffelstollen und Hang zum Krebsbach an. In Richtung West erfolgt ein Heranrücken an das Hotel und Restaurant Kalkhütte.

Bei den bisherigen Sprengarbeiten waren bei den angeführten schutzbedürftigen Immissionsorten keine erschütterungsbedingten Schäden infolge tagebaulicher Sprengerschütterungen feststellbar. Das gilt uneingeschränkt auch für die bezüglich ihrer Standsicherheit besonders sensible Gipskarsthöhle Heimkehle. Das belegen Gutachten aus den Jahren 1992 bis 2009, die bei der folgenden Prognose berücksichtigt werden.

4 Vorgehensweise

In einem ersten Arbeitsschritt werden die Beurteilungsgrundlagen zusammenfassend dargestellt. Das betrifft die Grundlagen

- der Beurteilung der Sprengerschütterungen
- der Prognose der Sprengerschütterungen
- der Datenbasis aus den vorhandenen Sprengerschütterungs-Messergebnissen
- Beschreibung der für die Erschütterungsprognose verwendeten sprengtechnischen Parameter

Auf dieser Basis werden für die zu schützenden Objekte die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen für die Tagebauerweiterung rechnerisch vorermittelt.



5 Beurteilungsgrundlagen

5.1 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Allgemeines

In der DIN 4150-2 werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, „bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden“. Der Bewertung dienen die Anhaltswerte A_u , A_o und A_r . In Tabelle 3 sind diese Anhaltswerte zusammengestellt.

A_u	unterer Anhaltswert
A_o	oberer Anhaltswert
A_r	zeitbewerteter Anhaltswert

Dabei gilt die Norm grundsätzlich

als eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \leq A_u$ oder $KB_{Fmax} \leq A_o$ und $KB_{FTr} \leq A_r$
als nicht eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \geq A_o$

Besonderheit bei Gewinnungssprengungen

Für selten auftretende und nur kurzzeitig einwirkende Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag (z.B. Sprengungen) ist die Norm eingehalten, wenn für das entsprechende Gebiet der Zeilen 1 bis 5 der Tabelle 3 die Bedingung $KB_{Fmax} < A_o$ eingehalten wird.

Wenn die Sprengungen werktags in den Zeiten von 7:00 Uhr bis 13:00 Uhr und von 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen erfolgen, gelten in Gebieten der Zeilen 3 und 4 auch die A_o -Werte der Zeile 1, wenn nur 1 Ereignis pro Tag stattfindet.

In Ausnahmefällen, wenige Male pro Jahr, darf $KB_{Fmax} = 8$ sein.

Für die Beurteilung ergeben sich in Verbindung mit Abschnitt 6.2 die in Tabelle 4 zusammengestellten Fundamentanhaltswerte.



Tabelle 3 Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen nach DIN 4150-2

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A _U	A _R	A _O	A _U	A _R	A _O
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete §9 BauNVO)	0,4	0,2	6	0,3	0,15	0,6
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete §8 BauNVO)	0,3	0,15	6	0,2	0,1	0,4
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete §7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete §5 BauNVO)	0,2	0,1	5	0,15	0,07	0,3
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeines Wohngebiet §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO)	0,15	0,07	3	0,1	0,05	0,2
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	0,05	3	0,1	0,05	0,15

Tabelle 4 Umrechnung des Anhaltswertes A₀ auf die maximale Deckenschwinggeschwindigkeit v_{max} mit und ohne Ansatz einer Verdopplung der Fundamentanhaltswerte

Anhaltswert	Anhaltswert Fundament-Schwinggeschwindigkeit in mm/s		Bemerkung
A ₀ siehe Tabelle 3 auf Seite 8	keine Vergrößerung bezüglich Fundament	Verdopplung vom Fundament zur Decke	

8	20,0	10,0	einzuhalten, vereinzelte Ausreißereignisse
6	15,0	7,5	einzuhalten bei max einer Sprengung täglich, Zeitraum 7-13 und 15-19 Uhr sowie Vorinformation
5	12,5	6,2	einzuhalten im Falle eines Gebietes nach BauNVO §§5, 6, 7
3	7,5	3,7	einzuhalten im Falle eines Gebietes nach BauNVO §§2, 3, 4



5.2 Einwirkungen auf Gebäude

Für die Einwirkung der Erschütterungen auf Gebäude sind in der DIN 4150-3 Anhaltswerte angegeben, bei deren Einhaltung es nach den vorliegenden Erfahrungen nicht zu Schäden kommt, die den Gebrauchswert der Gebäude herabsetzen. Dabei wird unterschieden zwischen:

- kurzzeitigen Erschütterungen, das sind solche, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen
- Dauererschütterungen, das sind alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Sprengerschütterungen sind kurzzeitige Erschütterungen. Die entsprechenden Anhaltswerte sind in Tabelle 5 zusammengestellt. In der DIN heißt es zur Anwendung dieser Anhaltswerte wörtlich:

„Werden die Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind.“

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der Norm ist z.B.

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen;
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken.

Bei Wohngebäuden (Tabelle 5 Zeile 2) ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B.

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden;
- Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden in dieser Norm auch als leichte Schäden bezeichnet.



Tabelle 5 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen nach DIN 4150-3

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament alle Richtungen $i=x,y,z$			Oberste Deckenebene horizontal $i=x,y$	Decken, vertikal $i=z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^{*)}	alle Frequenzen	alle Frequenzen
	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 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 Erschütterungs-empfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^{**)}
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden						
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden						
**) DIN 4150-3 Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten: Es kann zur Verminderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden						



6 Grundlagen Erschütterungsprognose

6.1 Allgemeines

Unvermeidbare Nebenwirkung von Gewinnungssprengungen sind die Sprengerschütterungen. Die Größe der Sprengschütterungen kann in gewissen Grenzen durch Veränderung von Sprengparametern und Abbaurichtung beeinflusst und begrenzt werden.

Die Emissionsstärke und der Einwirkungsbereich werden vor allem durch die Größe der Lademenge und die Art der Sprengung bestimmt. Auf die Ausbreitung und den Frequenzinhalt der Erschütterungen haben die örtlichen geologischen Verhältnisse starken Einfluss.

Beurteilungsgröße ist in den meisten Fällen die Schwinggeschwindigkeit. Für die Prognose der Schwinggeschwindigkeit in der Umgebung der Sprengstellen wird in der DIN eine Exponentialfunktion mit den Größen Lademenge und Entfernung als Variablen empfohlen und gefordert, dass die konkret verwendeten Ausbreitungsformeln durch vergleichbare Fälle zu belegen sind und die Streubreite der Ergebnisse angemessen zu berücksichtigen ist.

Die zu begutachtenden Sprengungen sind Gewinnungssprengungen im Festgestein. Für derartige Verhältnisse hat sich die durch umfangreiche Messungen belegte Ausbreitungsformel (1) bewährt.

Die entsprechenden sprengtechnischen, geologischen und gründungstechnischen Bedingungen im vorgesehenen Abbaubereich werden durch den Erschütterungsfaktor $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_i$ in der Gleichung (2) zur Bestimmung der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeiten berücksichtigt. Dieser Erschütterungsfaktor k kann aus [Lichte 1990] entnommen oder aus vorhandenen Messergebnissen gemäß Formel (3) bestimmt werden. Grundlage hierzu bildet die Auswertung der vorliegenden Messdaten.

Die maximale zu erwartende Schwinggeschwindigkeit ergibt sich aus der Multiplikation der zu erwartenden mittleren Schwinggeschwindigkeit mit einem entsprechenden Sicherheitsfaktor (Gleichung (4)). Der Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit ergibt sich unter Verwendung eines Sicherheitsfaktors, der die Streuung berücksichtigt, nach Formel (5).

$$v_T = 16 \cdot \frac{\sqrt{0,01 \cdot L}}{(0,01 \cdot R)^{1,4786 - 0,1314 \lg(0,01R)}} \quad (1)$$

$$v_{\text{mittel}} = k \cdot v_T \quad (2)$$

$$k = \frac{v_{\text{gemessen}}}{v_T} \quad (3)$$

$$v_{\text{max}} = v_{\text{mittel}} \cdot S_v \quad (4)$$

$$v_{\text{min}} = v_{\text{mittel}} / S_v < v_{\text{erw}} < v_{\text{mittel}} \cdot S_v = v_{\text{max}} \quad (5)$$



v_T	theoretische erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
$v_{\max, \min}$	maximale, minimale erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{erw}	Erwartungsbereich der Schwinggeschwindigkeit
L	Lademenge je Zeitstufe in kg
R	Abstand zur Sprengstelle in m
v_{mittel}	mittlere Schwinggeschwindigkeit in mm/s
k_i	Faktoren zur Berücksichtigung besonderer Verhältnisse aus [Lichte 1990]
s_v	Sicherheitsfaktor, aus [Lichte 1990]

Für die Berechnungen werden nach Formel (3) die Erschütterungsfaktoren k aus den vom Auftraggeber übergebenen Messergebnissen errechnet und entsprechend gemittelt. Der Lademengeneinsatz wird ebenfalls aus diesen Daten entnommen.

6.2 Vorausberechnung der KB-Werte

Die Beurteilung der Wirkung der Erschütterungen auf die Menschen in den Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2 durch den Wert $KB_{F_{\max}}$. Er kann aus der Schwinggeschwindigkeit näherungsweise nach Formel (1) ermittelt werden.

$$KB_{F_{\max}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_F \quad (1)$$

$c_F =$	0,6 nach DIN 4150-2, ohne Resonanzerscheinungen
$c_F =$	0,8 nach DIN 4150-2, mit Resonanzerscheinungen
$f =$	Vorzugsfrequenz in Hz

Dabei muss von der Schwinggeschwindigkeit auf den Decken der Wohnräume ausgegangen werden. Um diese zu erhalten, wird die Vergrößerung der Erschütterungen vom Gebäudefundament zur Decke berücksichtigt. Dabei kann allgemein bei Sprengerschütterungen mit einer Verdopplung der Fundamentalschwinggeschwindigkeiten gerechnet werden.



7 Gemessene Erschütterungseinwirkungen

7.1 Allgemeines

In den zurückliegenden Jahren wurden vereinzelte begleitende Schwingungsmessungen durchgeführt. Diese sind in den Messberichten U(3) dokumentiert. Um diese Datenbasis zu vergrößern und die Aussagekraft zu verbessern, wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Sie umfassten eine Sprengung am 14.06.2016 mit 6 Messpunkten und eine Dauerüberwachung vom 14.06. bis 07.07.2016 mit je 2 Messpunkten. Die Ergebnisse werden nachfolgend dokumentiert und bewertet.

7.2 Messobjekte und Messpunkte

Für die Begutachtung der im Scoping konkret benannten Objekte U(6) wurden erneute Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Messorte und Messgeräte sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Messungen, die in Gebäuden durchgeführt wurden, erfolgten gemäß DIN 4150-3 in deren Fundamentbereich. An allen anderen Objekten wurden für die Beurteilung geeignete Punkte gewählt.

Im Lageplan in den Abbildungen 1a und 1b sind die Messpunkte eingetragen und in Tabelle 1 näher beschrieben.

Tabelle 6 Messorte und Messgeräte

Messpunkt und Komp.	Messort	Standort, Untergrund	Messgerät	Sensor
Sprengungen vom 14.06. bis 07.07.2016				
E1 xyz	Urbach, Am Rodeberg (Fam. Grafenreuth)	Keller, Fußboden	Sigicom 608	V12 3930-32
E3 xyz	Stempeda, Am weißen Stieg 10 (Fam. Schwiagertshausen)	Keller, Fußboden	Sigicom 812	V12 3950-52
Sprengung am 14.06.2016				
E2 xyz	Karsthöhle Heimkehle	nähe „Natureingang“, Fußboden	ZEB-SM 3E	SN 490
E4 xyz	Kartoffelstollen	Portal, Schwelle	ZEB-SM 3E	SN 603
E5 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 8190-92
E6 xyz	Hochwasserrückhaltebecken Iberg	Dammfuß	Sigicom 905	V12 16910-12
E7 xyz	Wald	Gelände	Sigicom 1019	V12 9370-72
E8 xyz	Hangkante südl. des Krebsbaches	Gelände	Sigicom 902	V12 16910-12

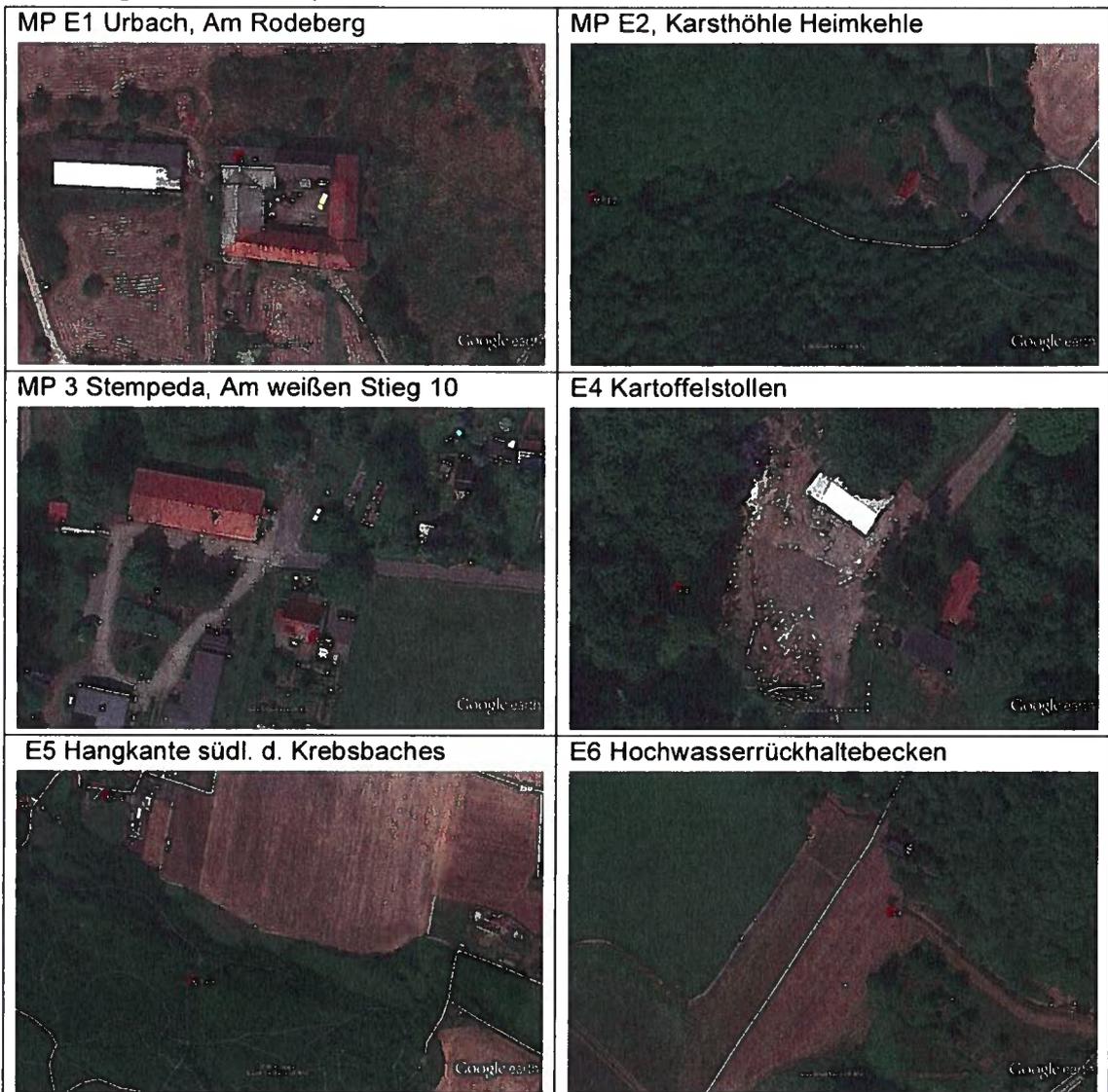
x-Komponente: horizontal in Richtung zur Sprengstelle, siehe Lageplan in Anlage 1
 y-Komponente: horizontal, senkrecht zu x
 z-Komponente: vertikal
 Ankopplung: 3-Punkt-Rundfuß



Abbildung 1a Messpunkte, Übersicht Messpunkte



Abbildung 1b Messpunkte, Detail



7.3 Messgerätetechnik und Messregime

Zur Dauerüberwachung der Erschütterungseinwirkungen wurden Schwingungsmessgerät vom Typ Sigicom INFRA Master und ZEB SM 3E eingesetzt. Die Geräte entsprechen den Vorgaben der DIN 45669 und sind mit triaxialen Schwinggeschwindigkeitsaufnehmern ausgestattet und arbeitet autark.

7.4 Erschütterungsquellen

Die Schwingungsmessungen wurden während mehrerer Gewinnungssprengungen durchgeführt [U(3)]. Zusätzlich zu früheren Messungen wurden im Zuge der gegenständlichen Begutachtung erneute Messungen an mehreren Messpunkten durchgeführt. Alle vorliegenden Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Aus den Messungen am 14.06.2016 und 17.11.2016 wurde eine Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen ausgewertet. Diese ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Sie zeigt eine vergleichsweise starke Abnahme der Erschütterungen mit der Entfernung, da die Gewinnungssprengungen deutlich oberhalb des umliegenden Geländeniveaus durchgeführt werden. Im Vergleich zu einem zu erwartenden Exponenten von -1,0 liegt er im vorliegenden Fall bei -3,1.

Die überwachten Sprengungen können durch Vergleich mit den Sprengprotokollen aus der Vergangenheit als durchschnittlich und repräsentativ angenommen werden. Hierzu wurden in Tabelle 9 Parametern der Sprengungen vom Februar bis Juli 2016 zusammengestellt. Die maximale Lademenge je Zündzeitstufe lag in dem genannten Zeitraum bei maximal 314 kg/Zzst und im Mittel aller Fälle bei 138 kg/Zzst. Bei den überwachten Sprengungen lagen sie bei 74 .. 218 kg/Zzst.

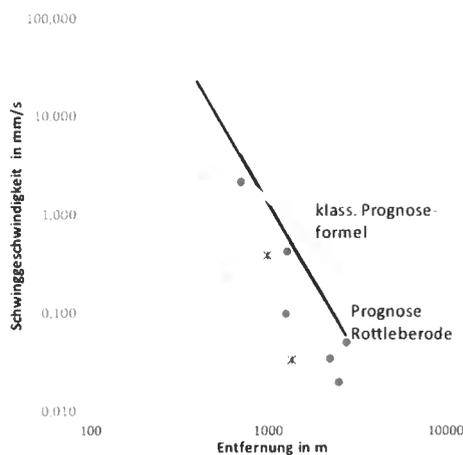


Abbildung 2
Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen



Tabelle 8 Zusammenstellung Schwingungsmessergebnisse

Spreng- stelle Nr	Datum	Lade- menge	Lade- menge	Lade- menge	Mess- punkt	Schwinggeschwindigkeit			Frequenz			Entfernung
		gesamt kg	pro t Kg	Zst kg		vx mm/s	vy mm/s	vz mm/s	Fx Hz	Fy Hz	Fz Hz	R M
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	A (E2)	< 0,5	0,50					2000
K294/13/04	02.09.2004		0,166	285	B (E2)	0,06	0,06	0,04	5	5	13	2000
	09.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	10.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	15.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
	21.09.2004				B (E2)	<0,05	0,05					2000
K300/25/07	13.12.2007	1647	0,235	244	C (E3)	0,60	0,90	0,90	6	6	7	900
T290	06.11.2008	1202		134	D (E1)		0,05	<0,05				1500
T290	17.02.2009	724	0,195	145	D (E1)		0,05	<0,05				1500
A300	14.06.2016	1025	217	143	E1	0,035	0,033	0,023				2215
A300	14.06.2016	1025	217	143	E2	<0,1	<0,1	<0,1				2465
A300	14.06.2016	1025	217	143	E3	0,18	0,19	0,43	6,3	5,7	8,3	1290
A300	14.06.2016	1025	217	143	E4	0,100	0,100	0,100	1	3	1	1270
A300	14.06.2016	1025	217	143	E5	2,150	1,940	0,530	6,7	6,7	10,7	700
A300	14.06.2016	1025	217	143	E6	0,034	0,043	0,050				2730
BK250	15.06.2016	25	23		E1	0,000	0,019	0,024				1800
BK250	15.06.2016	25	23		E3	-	-	-				2500
T272	21.06.2016	2400	231	218	E1	0,097	0,103	0,057				1600
T272	21.06.2016	2400	231	218	E3	0,099	0,060	0,085				2450
A300	04.07.2016	725	200	74	E1							1750
A300	04.07.2016	725	200	74	E3	0,064	0,047	0,050				1900
A300	05.07.2016	1325	190	27	E1	0,054	0,048	0,035				1750
A300	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,176	0,150	0,385				1900
	05.07.2016	1325	190	174	E3	0,209	0,197	0,435				1900
T290	06.07.2016	450	170	104	E1	0,035	0,040	0,025				1400
T290	06.07.2016	450	170	104	E3	0,029	0,027	0,038				2200
A300	17.11.2016				E4	0,03	0,02	0,03				
A300	17.11.2016				E7	9,19	6,69	2,34	18,3	18,7	18,3	265
A300	17.11.2016				E8	0,24	0,18	0,07				430
A300	17.11.2016				E4	0,04	0,03	0,03				580
A300	17.11.2016				E7	n.v.	n.v.	n.v.				1362
A300	17.11.2016				E8	0,39	0,27	0,15				996



Tabelle 9 Sprengtechnische Daten

Gewinnungsort	Abschlag	Datum	Abschlagsm.	Ges. Ladem. t	L Bohrl. kg	Zeitstufen	L/Zzst kg
T290	6/16	06.07.2016	3191	450	13	6	104
A300	8/16	05.07.2016	6430	1325	58	11	
A300	3/16	04.07.2016	3580	725	38	12	74
T272	12/16	21.06.2016	10363	2400	110	14	218
BK250	1/16	15.06.2016	500	25	2	7	
A300	7/16	14.06.2016	4950	1025	72	11	143
BK250	3_16	10.06.2016	6458	701	58	8	117
T272	11_16	08.06.2016	7537	1742	109	12	218
T272	13_16	07.06.2016	4880	1093	64	12	129
BK285	7_16	01.06.2016	16006	1572	98	11	197
T272	10_16	30.05.2016	11776	2652	106	16	212
T272	6_16		4710	774	39	8	155
T272	9_16	11.05.2016	8008	1851	109	12	218
BK250	2_16	12.05.2016	6552	696	50	9	149
T272	5_16	10.05.2016	6430	946	45	13	90
A300 2.S	2_16	10.05.2016	5415	744	37	7	112
T272	8_16	09.05.2016	12070	2467	99	20	197
PK265 Nr2	8_16	06.05.2016	3912	585	12	8	73
BK285	8_16	02.05.2016	15090	1620	90	8	270
A300 2.S	8_16	29.04.2016	5511	1184	66	12	132
PK265	1_16	26.04.2016	2025	180	6	7	32
T272	7_16	25.04.2016	7537	1742	109	10	218
T290	5_16	19.04.2016	4051	630	21	12	63
T275	4_16	18.04.2016	6359	1289	72	7	0
BK285	5_16	15.04.2016	16006	1604	100	9	200
T272	3_16	12.04.2016	404,8	158	7	4	43
T272	3_16	11.04.2016	9421	1836	73	15	147
T272	5_16	11.04.2016	2826	653	109	6	109
BK285	4_16	07.04.2016	15163	1461	91	8	274
A300	5_16	04.04.2016	5087	1065	59	10	177
T290	4_16	01.04.2016	4769	835	31	13	93
T272-2	2_16	31.03.2016	1408	281	35	6	70
A300 2.S	1_16		4404	877	40	15	80
T272	4_16	17.03.2016	11211	2277	81	17	163
T272	1_16	16.03.2016	6913	1222	44	10	131
BK285	3_16	14.03.2016	11004	1081	98	6	197
A300	4_16	09.03.2016	5688	1208	58	14	115
T272	2_16	04.03.2016	1190	160	11	3	53
BK265	1_16	04.03.2016	1546	207	69	3	69
BK250	1_16	04.03.2016	2449	465	36	7	72
BK285	2_16	03.03.2016	9318	1113	80	7	239
T290	1_16	01.03.2016	3603	699	39	11	78
T272	3_16	29.02.2016	6234	1415	109	8	218
BK285	1_16	05.02.2016	8486	1076	90	7	269
T272	17_15	08.10.2015	11187	2364	95	13	284
T272	15_15		7372	1423	75	20	300
T272	12_15	17.08.2015	8950	2093	105	12	314
			Max	2652			314
			Median	1081			138



8 Erschütterungsprognose

Die Erschütterungsmessungen zeigen, dass der signifikante Höhenunterschied zwischen Abbau und der zu schützenden Bebauung in der Umgebung günstig hinsichtlich der Erschütterungsausbreitung ist. So zeigt sich in Abbildung 2 eine überproportionale Abnahme der Erschütterungen.

Es erfolgte für eine Lademenge von 350 kg/Zzst und einem Sicherheitsfaktor 1,8 zur Berücksichtigung der Streubreite der Erschütterungswirkung eine Prognoserechnung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Die Ergebnisse geben den Erwartungswert und den Maximalwert der Sprengerschütterungen wieder. **Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Sprengungen nur selten in den benannten Minimalentfernungen und mit dem o.g. Lademengenansatz durchgeführt werden. Daher ist die Regelsituation weit aus erschütterungsärmer. Es handelt sich daher um eine Worst-Case-Betrachtung für Sprengstellen mit minimalem Abstand und ungünstigster Erschütterungswirkung.**

Eine Aussage zur Entwicklung der Sprengerschütterungen bei tieferen Sohlen kann nur tendenziell erfolgen. Einerseits nehmen die Erschütterungen in den umgebenden Ortschaften wegen der Angleichung der Höhenlage auf deren Niveau dort zu, gleichsam vergrößern sich die Entfernungen der Tagebauwände. Es wird eine Vergrößerung der Erschütterungen um den Faktor 1,0 bis 1,3 erwartet. Dies liegt innerhalb des Genauigkeitsbereiches der Prognose und ist im Erfordernisfall zu präzisieren. Hierzu muss aber der Abbau auf tieferen Sohlen bereits erfolgen und eine diesbezügliche systematische Untersuchung möglich sein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen in der Bebauung der umliegenden Ortschaften auch beim Abbau tieferer Sohlen im zulässigen Rahmen bleiben.

Tabelle 10 Ergebnisse der Erschütterungsprognose

Einwirkungsort	Mindestabstand Bewilligungsfeld Ist *)	Mindestabstand mit Erweiterung	maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s	Flächeninanspruchnahme maßgebend
Talsperre Iberg	1150 m	1650 m	0,1..0,3	
Ortslage Stempeda	1000 m	880 m	1,0..1,8	•
Ortslage Rottleberode	600 m	1000 m	0,7..1,2	
Schloßstraße 2	380 m	930 m	0,8..1,5	•
Flurstück 24/71	220 m	790 m	1,4..2,5	•
Flurstück 73	280 m	565 m	3,9..7,1	•
Schloßteich 5	500 m	770 m	1,5..2,7	•
Tagebaubüro Firma Knauf	<500 m	500 m	5,7..10,3	
Besucherköhle „Heimkehle“	970 m	2560 m	<0,1	
Ortslage Rodeberg	1250 m	2100 m	<0,1	
Kalkhütte (Hotel)	80 m	300 m	28..50	
Hangkante zum Krebsbach	530 m	450 m	8,0..14,3	•
Kartoffelstollen	625 m	650 m	2,5..4,6	

*) Der Abstand des sprengtechnisch abbaurelevanten Bereiches ist größer, siehe Lageplan.



9 Begutachtung

Für die bergrechtliche Planfeststellung einer Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode wurde eine Erschütterungsprognose durchgeführt. Dabei konnte auf historische Messergebnisse begleitender Schwingungsmessungen und die Ergebnisse einer aktuellen Messkampagne zurückgegriffen werden.

Das Einwirkungslevel auf die Umgebung kann als klein charakterisiert werden. Für die einzelnen Bereiche leiten sich folgende Bewertungen ab:

Ortslage Rottleberode

Die Ortslage Rottleberode weist einen Mindestabstand zum Abbau von rund 600 m auf. Der Bereich der Flächeninanspruchnahme ist mit 1000 m weiter entfernt und somit nicht maßgebend. Die zu erwartenden Sprengerschütterungen erreichen gemäß Erschütterungsprognose maximal 1,2 mm/s. Die maßgebenden Frequenzen liegen unter 10 Hz.

Es gelten die gleichen Feststellungen und Aussagen, wie sie für die Ortslage Stempeda getroffen wurden.

Für die näher gelegenen Bereiche Schlossstraße 2, Flurstück 24/71, Flurstück 73 und Schlossteich wurden eigene Prognosewerte ermittelt. Alle Objekte sind an dem gegenwärtigen Abbau und Bewilligungsfeld näher gelegen als an dem Bereich der Flächeninanspruchnahme.

Für den Abbau der Flächeninanspruchnahme ist das Flurstück 73 mit einem Mindestabstand von 565 m nächstgelegen zum Abbau. Rechnerisch werden Fundamenterschütterungen in der Größenordnung 3,9 mm/s bis 7,1 mm/s erwartet. Der Anhaltswert nach DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2 wird damit rechnerisch erreicht oder überschritten. Die Flächeninanspruchnahme führt wegen gleichbleibender oder sich vergrößernder Entfernungen zu keiner Veränderung oder Verschärfung der Immissionssituation.

Es wird empfohlen, bei mindestens drei Sprengungen im Erweiterungsbereich Schwingungsmessungen als Kontrollmessungen durchzuführen. Im Ergebnis dieser Messungen ist zu entscheiden, ob und in welchem Intervall weitere Kontrollmessungen notwendig sind.

Für die anderen benannten Objekte werden maximale Erschütterungen bis 2,7 mm/s prognostiziert (Schloßteich 5). Das ist unterhalb der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2 für normale Wohngebäude.



Schlussfolgerungen

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen realisierbar. Sie bedeutet für die meisten Einwirkungsorte im Umfeld des Tagebaus keine Veränderung oder Erhöhung der Erschütterungswirkung. Bezüglich der umliegenden Ortschaften, der Talsperre Iberg und die für Besucher zugängliche Höhle „Heimkehle“ bleiben die Erschütterungen innerhalb der zulässigen Anhaltswerte.

Zur Sicherstellung der Einhaltung der Immissionswerte trägt das vom Tagebaubetreiber begonnene Erschütterungsmonitoring an regelmäßig wechselnd überwachten Immissionssorten, basierend auf einem sachverständig festgelegten Messprogramm bei.

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist hinsichtlich der Erschütterungswirkung auf die zu schützenden Objekte realisierbar.

