



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

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

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

Erschütterungstechnische Untersuchung 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

Ortsbesichtigung: 10.06.2016

Schwingungsmessungen: 10.06.2016 und 17.11.2016

Ort und Datum: Leipzig, den 15. März 2017



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



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	3
2	Unterlagen	3
2.1	Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen	3
2.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften	3
2.3	Literatur	3
3	Situation	4
4	Vorgehensweise	5
5	Beurteilungsgrundlagen	6
5.1	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden	6
5.2	Einwirkungen auf Gebäude	8
5.3	Talsperre Iberg	9
5.4	Heimkehle, Kartoffelstollen	10
5.5	Felshang am Krebsbach	10
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 der maximalen Schwingstärke
A_o	oberer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke
A_r	intensitäts- und zeitbewerteter Anhaltswert gegenüberzustellen mit KB_{Fr}
c_F	Konstante nach DIN 4150-2 Tabelle 3
f	Vorzugsfrequenz in Hz
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingschnelle
KB_{Fr}	Beurteilungsschwingstärke
k_i	Faktoren zur Berücksichtigung besonderer Verhältnisse
L_{Zzst}	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe in kg
s_v	Sicherheitsfaktor
R	Abstand zur Sprengstelle in m
v_x, v_y, v_z	Schwinggeschwindigkeit in mm/s in den drei Richtungskomponenten x,y und z
v_{erw}	Erwartungswert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{mittel}	mittlere Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{max}	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s bei einer Erschütterung
v_T	Theoretische Schwinggeschwindigkeit in mm/s



1 Aufgabe

Erarbeitung einer Erschütterungsprognose für eine bergrechtliche Planfeststellung gemäß §52 Abs 2a BBergG mit integriertem Antrag im Sinne §10 BImSchG für eine geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme für den Gips-/Anhydrittagebau Rottleberode.

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 Bohren 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
Talsperre 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
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

Mit perspektivischer Abbauentwicklung vergrößern sich die Distanzen zu den südöstlich gelegenen Immissionsorten. In Richtung Nordwesten nähern sich die Sprengarbeiten den Immissionsorten Talsperre Iberg, Ortslage Stempeda, Kartoffelstollen, Hang zum Krebsbach an.

Bei den bisherigen Sprengarbeiten war 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 der maximalen Schwingstärke
A_o	oberer Anhaltswert der maximalen Schwingstärke
A_r	zeitbewerteter Anhaltswert der Schwingstärke

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 $KB_{Fmax} \geq A_o$

mit	KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke
	KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke

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 7	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.

Sprengherschütterungen 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 Erschütterungsempfindlichkeit 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						

5.3 Talsperre Iberg

Für Böschungen und Dämme gibt es keine in Regelwerken festgelegte Anhaltswerte für zulässige Erschütterungseinwirkungen. Diese sind gegenüber Erschütterungseinwirkungen 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.

Für die Talsperre Iberg wird konservativ der untere Anhaltswert 30 mm/s festgelegt.

5.4 Heimkehle, Kartoffelstollen

Die für Besucher freigegebene Gipskarsthöhle Heimkehle wird hinsichtlich der Erschütterungseinwirkungen als besonders erschütterungsempfindlich eingestuft. Die Festlegung eines Anhaltswertes auf Basis von genauen Untersuchungen ist nicht möglich. Deswegen wird konservativ ein nomineller Anhaltswert von 3 mm/s festgelegt. Bei einer genaueren fallspezifischen Untersuchung können sich durchaus höhere Anhaltswerte ergeben.

Für den Kartoffelstollen bei Stempeda, der 1944 als Untertageverlagerung Baustelle B4 mit drei Fahrstollen A, B und C und drei Kammern errichtet wurde, liegen keine weiteren Informationen vor. Die Gebirgs-Überlagerung beträgt rund 40 m. Die Lage des Kartoffelstollens ist im Lageplan in Anlage 1 eingezeichnet.

Es wird analog zur Heimkehle ein nomineller Anhaltswert von 3 mm/s gewählt. Darin bleiben gewisse Unsicherheiten, die auch bei einem halb so groß gewählten Anhaltswert nicht ausgeräumt werden könnten. Bei einer genaueren fallspezifischen Untersuchung können sich durchaus höhere Anhaltswerte ergeben.

5.5 Felshang am Krebsbach

Analog zur Heimkehle kann für den am Krebsbach befindlichen Steilhang kein Anhaltswert auf Basis genauerer geotechnischer Untersuchungen angegeben werden. Rutschungen oder Instabilitäten bedürfen der Überwindung der Haftreibung. Für Böden wird hierfür ab einer Größenordnung von $0,3 g = 3,3 \text{ m/s}^2$ ausgegangen. Bei Sprengerschütterungen mit einer hoch abgeschätzten Vorzugsfrequenz 40 Hz würde dies bei rund 13 mm/s erreicht. Bei Sprengungen mit 10 Hz Vorzugsfrequenz betrüge der Anhaltswert 52 mm/s.

Für den Felshang wird daher ein Anhaltswert von 10 mm/s angesetzt.



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).

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



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

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

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

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

v_{T}	theoretische erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
$v_{\text{max, min}}$	maximale, minimale erwartete Schwinggeschwindigkeit in mm/s
s_v	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_{Fmax} . Er kann aus der Schwinggeschwindigkeit näherungsweise nach Formel (1) ermittelt werden.

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

$c_F =$	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

MP E1 Urbach, Am Rodeberg



MP E2, Karsthöhle Heimkehle



MP 3 Stempeda, Am weißen Stieg 10



E4 Kartoffelstollen



E5 Hangkante südl. d. Krebsbaches



E6 Hochwasserrückhaltebecken



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 8 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.

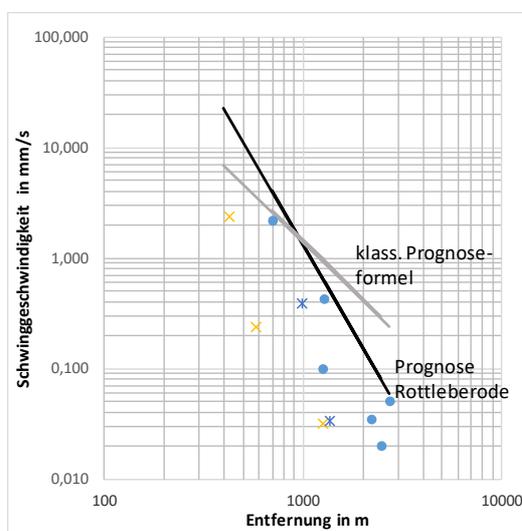


Abbildung 2
Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen



Tabelle 7 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	1265
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 8 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 9 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 weitaus 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 9 Ergebnisse der Erschütterungsprognose

Einwirkungsort	Mindestabstand Bewilligungsfeld (st *)	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	
Tagebaubüro Firma Knaut	<500 m	500 m	5,7..10,3	
Besucherhöhle „Heimkehle“	970 m	2560 m	<0,1	
Ortslage Rodeberg	1250 m	2100 m	<0,1	
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:

Talsperre Iberg

Der Abstand der Talsperre Iberg zum Erweiterungsbereich beträgt im Minimum 1100 m. Der Bereich der Flächeninanspruchnahme ist mit 1650 m weiter entfernt und somit nicht maßgebend. Die Erschütterungsprognose ergibt zu erwartende Sprengerschütterungen für die Flächeninanspruchnahme bis zu einer Größenordnung von rund 0,3 mm/s. Dies liegt erheblich unter dem weiter oben festgelegten Anhaltswert 30 mm/s. Es wird damit sogar der Anhaltswert 3 mm/s für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude eingehalten.

Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme hat für die Talsperre Iberg hinsichtlich der Sprengerschütterungen keine Bedeutung.

Ortslage Stempeda

Die Ortslage Stempeda weist einen Mindestabstand zum Abbau von rund 880 m auf. Die zu erwartenden Sprengerschütterungen erreichen gemäß Erschütterungsprognose maximal 1,8 mm/s. Die maßgebenden Frequenzen liegen unter 10 Hz.

Die Gebäude der Ortslage weisen einen unterschiedlichen Erhaltungszustand auf. Wird für die vorhandenen besonders erschütterungsempfindlichen und erhaltenswerten Gebäude der Fundamentanhaltswert 3,0 mm/s angesetzt, so wird dieser auch in der im Prognosehorizont angesetzte ungünstige Fall sicher eingehalten.

Auch hinsichtlich der Einwirkung auf die Bewohner in den Gebäuden liegen die zu erwartenden Erschütterungen unter dem in Tabelle 4 ermittelten Anhaltswert 3,7 mm/s.



Die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme ist verträglich mit den einzuhaltenden Anhaltswerten nach DIN 4150-2 und DIN 4150-3 in der Ortslage Stempeda.

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 Sprengerschüttungen 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.

Ortslage Rodeberg

Die Ortslage Rodeberg weist einen Mindestabstand zum Abbau von rund 1250 m auf. Der Bereich der Flächeninanspruchnahme ist mit 2100 m weiter entfernt und somit nicht maßgebend. Die zu erwartenden Sprengerschüttungen erreichen für den Bereich der Flächeninanspruchnahme gemäß Erschütterungsprognose Werte unter 0,1 mm/s. Die maßgebenden Frequenzen liegen unter 10 Hz.

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

Besucherhöhle „Heimkehle“

Die für Besucher zugängliche Höhle „Heimkehle“ weist einen Mindestabstand zum Abbau von rund 1400 m auf. Der Bereich der Flächeninanspruchnahme ist mit 2560 m weiter entfernt und somit nicht maßgebend. Die zu erwartenden Sprengerschüttungen erreichen im Bereich der Flächenerweiterung gemäß Erschütterungsprognose unter 0,1 mm/s.

Im Abschnitt 5.4 wurde ein nomineller Anhaltswert für Erschütterungseinwirkungen von 3 mm/s festgelegt. Dieser wird gemäß der Erschütterungsprognose mit großer Sicherheit eingehalten.



Es wird die bereits realisierte Praxis beibehalten, dass die Sprengungen nur dann durchgeführt werden, wenn sich keine Personen in der Heimkehle befinden.

„Kartoffelstollen“ (Untertageverlagerung Baustelle B4)

Der sog. Kartoffelstollen ist hinsichtlich seiner Lage bezüglich der geplanten Änderung des Abbaus rund 625 m vom Bewilligungsfeld entfernt¹. Der Abstand zur Flächeninanspruchnahme ist mit 650 m in seinem Minimum etwa gleich.

Die zu erwartenden Erschütterungen im Stollen betragen gemäß der rechnerischen Prognose 2,5 .. 4,6 mm/s. Ab 750 m Abstand liegen die prognostizierten Werte unter 3,0 mm/s.

Im Abschnitt 5.4 wurde ein nomineller Anhaltswert für Erschütterungseinwirkungen von 3 mm/s festgelegt. Dieser wird gemäß der konservativen Erschütterungsprognose möglicherweise erreicht oder moderat überschritten. Daraus kann geschlossen werden, dass die geplante Änderung der Flächeninanspruchnahme möglich ist.

Die vorhandene Datenbasis sollte zur Präzisierung der Aussagen durch weitere gezielte Schwingungsmessungen bei Sprengungen unter 750 m Abstand erweitert werden.

Felshang am Krebsbach

Dem Felshang oberhalb des Krebsbaches nähert sich der geplante Abbau bis auf rund 450 m. Die zu erwartenden Sprengerschütterungen erreichen gemäß Erschütterungsprognose 8 bis 14 mm/s. Die maßgebenden Frequenzen liegen nach den bis jetzt vorhandenen Erkenntnissen im Bereich 10..20 Hz.

Im Abschnitt 5.5 wurde ein nomineller Anhaltswert auf 10 mm/s festgelegt. Dies bedeutet, dass die Erschütterungen rechnerisch eine relevante Größenordnung erreichen werden. Danach sollte in dem Erweiterungsbereich entlang des Krebsbaches bei Abständen unter 650 m der Lademengeneinsatz auf 140 kg/Zzst begrenzt bleiben. Auch wenn die örtliche Situation als unkritisch eingeschätzt wird, wird nach dem Vorsorgeprinzip empfohlen, weitere

¹ Die Entfernungsverhältnisse ist nur geschätzt und könnte noch präzisiert werden.



Schwingungsmessungen an der Hangkante bei Sprengungen unterhalb eines Abstandes von 650 m im Bereich der Flächenerweiterung durchzuführen, um die Datenlage weiter zu präzisieren.

Tagebaubüro Firma Knauf

Das Tagebaubüro hat einen Mindestabstand von mehr als 500 m zu den Sprengstellen. Die prognostizierten Erschütterungen erreichen eine Größenordnung von 10 mm/s. Die Vorzugsfrequenzen liegen im Regelfall unter 10 Hz.

Das Gebäude ist als Bürogebäude eigentlich als Büro- und Wohngebäude nach Zeile 2 der Tabelle 1 DIN 4150-3 zu beurteilen. Für derartige Gebäude gilt der Fundamentanhaltswert 5 mm/s bei Frequenzen unter 10 Hz. Wird es im Sinne eines Gewerbebaus betrachtet, so betrüge der Anhaltswert 20 mm/s. Leichte, erschütterungsbedingte Schäden sind nicht vollständig auszuschließen, treten gleichwohl nicht zwangsläufig auf.

Bezüglich der Erweiterung des Abbaus im westlichen Bereich des Tagebaus sind keine über das bisherige Maß auftretenden Erschütterungen zu erwarten.

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.

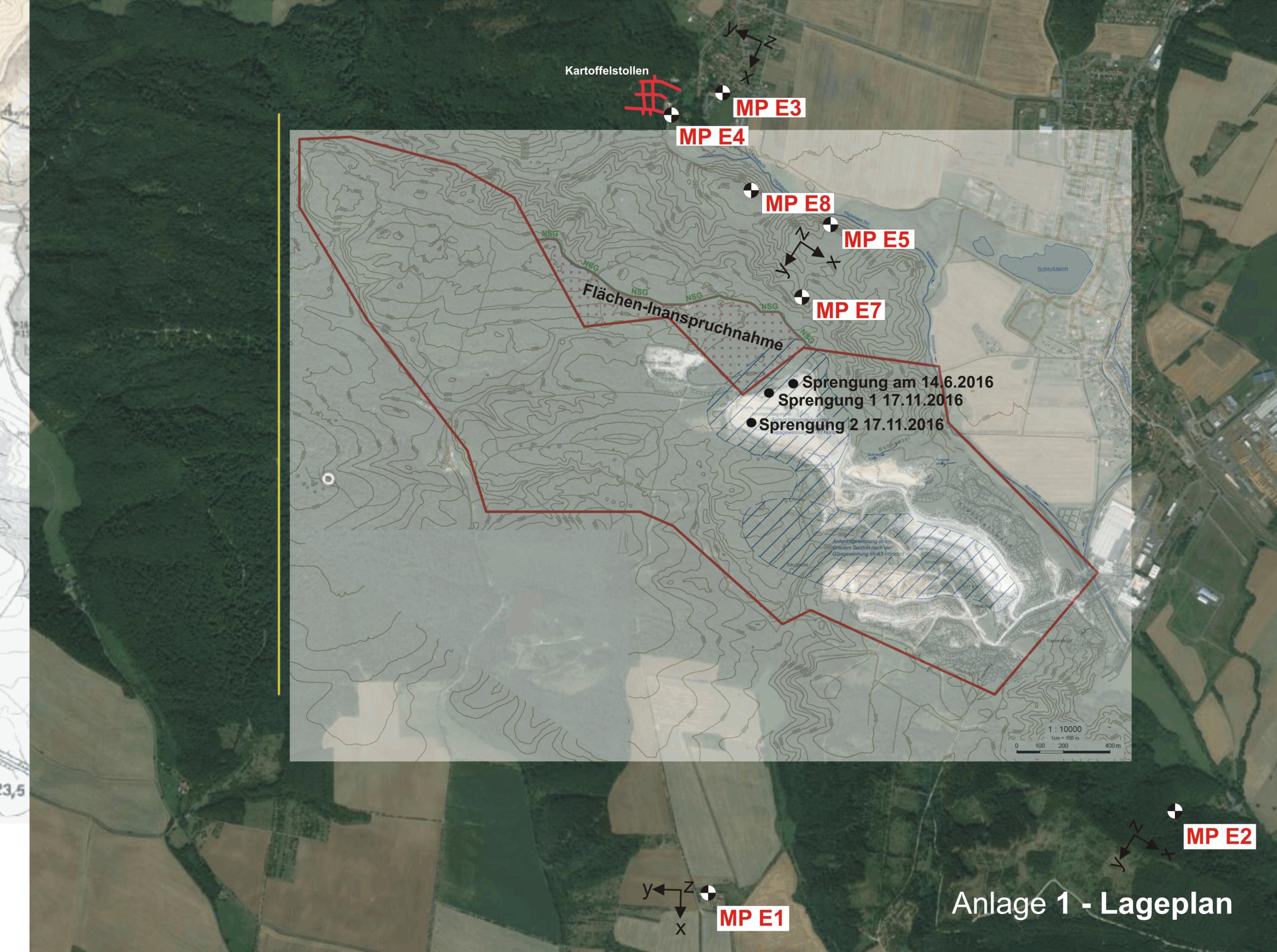
Bezüglich der Hangkante zum Krebsbach ist die Einwirkungssituation indifferent. Die Erschütterungseinwirkungen bleiben unter dem in diesem Gutachten nominell festgelegten Anhaltswert. Die Prognoserechnung und die drei bislang durchgeführten Schwingungsmessungen zeigen aber auch, dass die Sprengerschütterungen bei sicherheitsorientierter Betrachtung in ungünstigen Situationen eine Größenordnung erreichen *können*, die über dem Anhaltswertniveau liegen. Daher ist bei der Annäherung des Abbaus vorsorglich eine weitere Präzisierung zu empfehlen.

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





Talsperre Iberg **MP E6**



Kartoffelstollen



MP E3

MP E4

MP E8

MP E5

MP E7

Flächen-Inanspruchnahme

- Sprengung am 14.6.2016
- Sprengung 1 17.11.2016
- Sprengung 2 17.11.2016

1 : 10000
1cm = 100 m
0 100 200 400 m

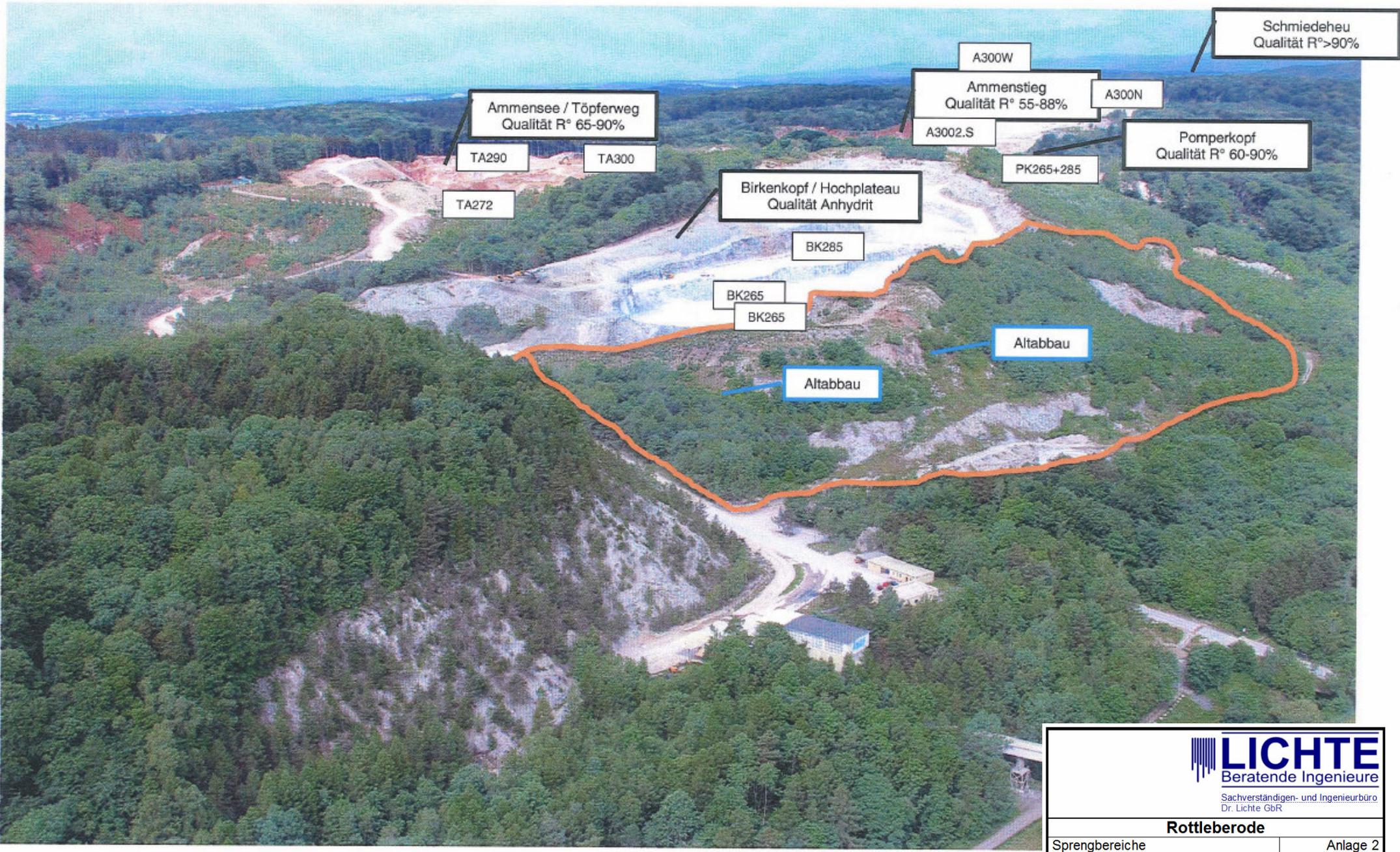
MP E2



MP E1

Anlage 1 - Lageplan

Knauf Rottleberode - Tagebaubereiche nach Qualität / Stand 2015



ICHTE
 Beratende Ingenieure
 Sachverständigen- und Ingenieurbüro
 Dr. Lichte GbR

Rottleberode	
Sprengbereiche	Anlage 2