



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](mailto:info@Lichte.de)  
Internet: [www.Lichte.de](http://www.Lichte.de)

# Gutachten

## **Sprengtechnisches- und Erschütterungs- technisches Gutachten für den Gipstagebau in der Lagerstätte Oberndorf**

Objekt:

Oberndorf

Auftraggeber:

K-UTEC AG Salt Technologies

### Gutachten auf der Grundlage von Unterlagen und Erfahrungen

Bauvorhaben: Neuaufschluss Gipstagebau Oberndorf

Objekt: Oberndorf

Auftrags/Kunden-Nr: E748 / KG93

Bericht Nr E748\_GA\_001

Auftraggeber: K-UTEC AG Salt Technologies  
Am Petersenschacht 7  
99706 Sondershausen

Ortsbesichtigung: 04.10.2020

Ort und Datum: Leipzig, den 13. September 2021

  
  
Dr.-Ing. Ulf Lichte

### Revisionen

Rev	Datum	Dokument-Nr	Bemerkung
0.1	26.04.2021	E748_GA_000.1	Gutachten Arbeitsexemplar
0.2	11.09.2021	E748_GA_000.2	Einarbeitung Änderungen
1	13.09.2021	E748_GA_001	Aktualisierung Abbildungen Abbauabschnitte, Auslieferung



## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	5
2	Situation und Veranlassung	5
3	Vorgehensweise	7
4	Nebenwirkungen Erschütterungen und Lärm	7
4.1	Allgemeines	7
4.2	Zu schützende Objekte	7
5	Sprengtechnik	10
5.1	Bohrtechnik	10
5.2	Sprengtechnik	10
6	Nebenwirkungen	14
6.1	Sprengerschütterungen	14
6.1.1	Allgemeines	14
6.1.2	Beurteilungsgrundlagen Einwirkungen auf Gebäude und Anlagen	14
6.2	Sprenglärm	20
6.3	Sprengbereich, Absperrung und Steinflug	20
7	Sprengmittellagerung	25
8	Schlussfolgerungen	27

## Literaturquellen

### Verträge, Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Angebot vom 11.12.2018
U(2)	2020-08-20-Bearbeitungsstand-Tagebau+Tiefbau
U(3)	Abbaufächen+Zuwegung-Tagebau-Oberndorf-DIN-A3
U(4)	Etex - Scoping Tgb Oberndorf Niederschrift Entwurf
U(5)	KU262-GV-TP-100-03-xx-DIN A3
U(6)	Oberndorf_Entwurf_Abbauplanung_Anlagenteil_13.05.2020
U(7)	Oberndorf_Entwurf_Abbauplanung_Textteil_13.05.2020
U(8)	Projektbesprechung Gipstagebau Oberndorf-Stand Voruntersuchung
U(9)	Oberndorf_Stand 13.04.2021_Anlagen 5-4bis7-3 (1) + Oberndorf_Stand_16042021_Anlage 5-4 bis 8-3.pdf
U(10)	Oberndorf_Stand_16042021_Text bis Anlage 5-3.pdf

Normen, Richtlinien, Vorschriften

[BlmSchG]	BlmSchG:2017-07-18 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

Literatur

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

## 1 Aufgabe

Erstellen eines sprengtechnischen und erschütterungstechnischen Gutachtens für den Neuaufschluss des Gipstagebaus in der Lagerstätte Oberndorf unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten.

## 2 Situation und Veranlassung

Nordöstlich von Bad Windsheim und nordwestlich der Gemeinde Oberndorf soll ein Gipstagebau neu aufgeschlossen werden. Die Gipsmächtigkeit beträgt zwischen 1,5 m und 9,6 m bei einer Überlagerung zwischen 1 bis 12 m. Gemäß der Vorerkundung kann eine Rohstoffmenge von bis zu 12,7 Mio t auf einer Abbaufäche von 1,1 km<sup>2</sup> gewonnen werden.

Die örtlichen Gegebenheiten sind in Abbildung 1 in der Übersicht wiedergegeben. Das Abbaugebiet ist in einen westlichen und einen östlichen Abbaubereich geteilt. Die Teilung ist bedingt durch eine Hochspannungs-Freileitung. Südlich des Tagebaus nähert sich der Tagebau an die Bahnstrecke 5914 Neustadt (Aisch) – Bad Windsheim auf 250 m bis 40 m an. Die nächstgelegene Bebauung ist in rund 730 m Entfernung die südöstlich gelegene Ortslage Oberndorf (Gebäude Sportplatz) und das östlich gelegenen Gebäude Eichmühle in Ipsheim. Westsüdwestlich liegt in mehr als 900 m Entfernung Kilsheim und Bad Windsheim.

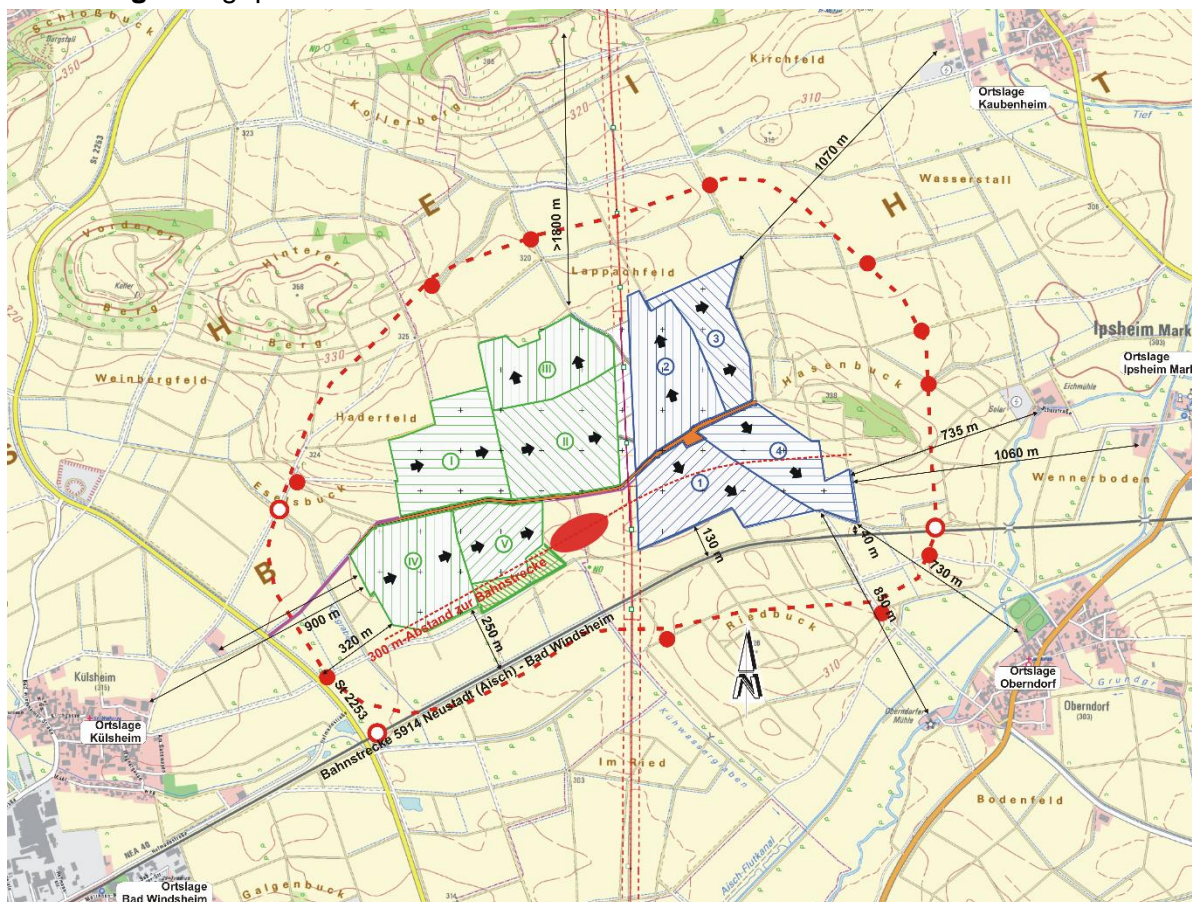
Der Tagebau wird eine Erstreckung von 1900 m in Ost-West-Richtung erreichen, in Nord-Süd-Richtung werden es 1380 m sein, wobei am Ende der verbleibende Resthohlraum wegen Wiederverfüllung der Kippen wesentlich kleiner sein wird.

In Abbildung 2 sind die erkundeten Gipsmächtigkeiten, die geplanten Abbaubereiche und die sich daraus ergebenden Abbaurichtungen wiedergegeben [U(10)]. In diesem Lageplan ist zugleich der 300 m-Abstand zur Bahnstrecke 5914 eingetragen, welche den Sicherheitsabstand bei Sprengarbeiten gegenüber Streuflug markiert.

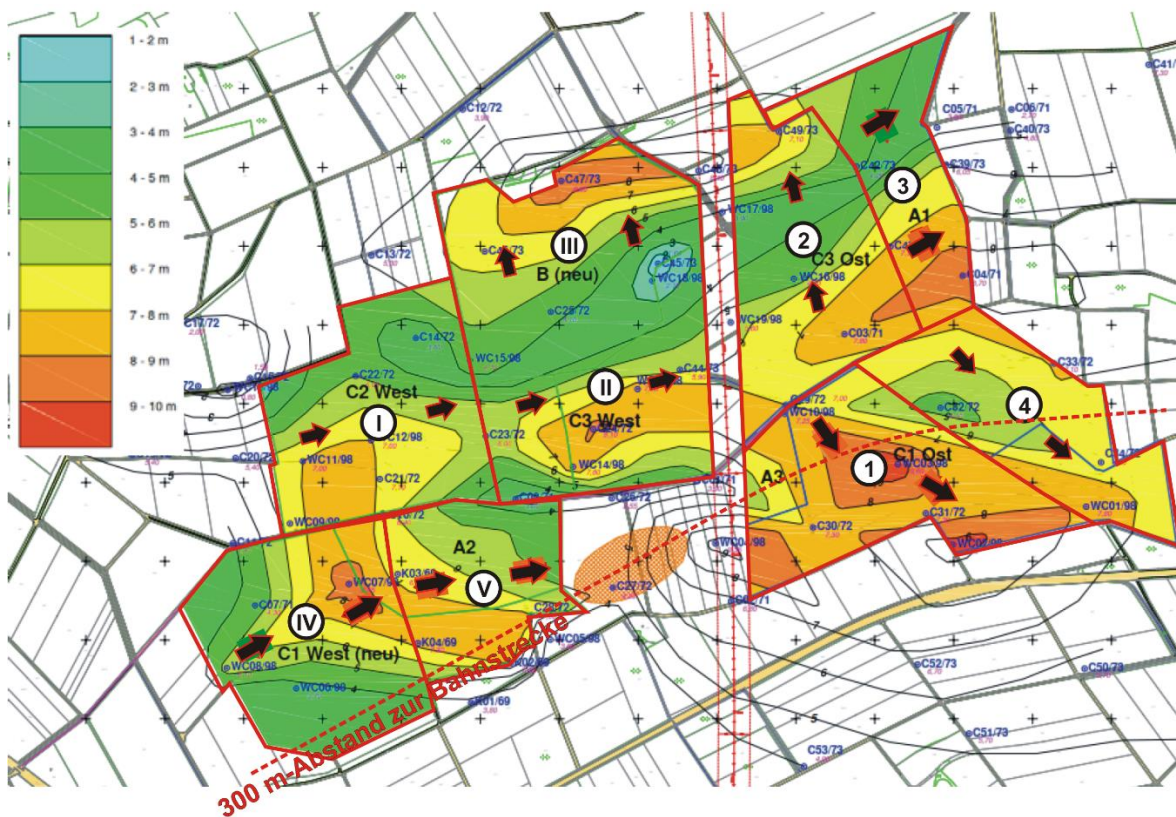
Die Gewinnungsarbeiten zum Lösen des anstehenden Gipssteins erfolgen mittels Sprengarbeiten. Es soll das in den firmeneigenen Tagebauen bewährte betriebliche Sprengverfahren angewendet werden. Im Jahresmittel wird etwa einmal wöchentlich gesprengt. Die erforderlichen Sprengstoffe und Zündmittel werden dann jeweils von einer vom Antragsteller beauftragten Fachfirma angeliefert.



### Abbildung 1 Lageplan



### Abbildung 2 Gips-Mächtigkeiten sowie Abbaubereiche und geplante Abbaurichtungen



Im Abbaubereich 1 im östlichen Abbaubereich wird in der Aufschlussphase zunächst der Oberboden und die überdeckenden Schichten abgetragen. Der Abbau des anstehenden Gipssteins erfolgt im Trockenschnittverfahren über die gesamte Lagerstättenmächtigkeit, welche hier zwischen 7 und 9 m liegt. Nach der Gewinnung des Gipssteins wird in der westlichen Ecke der Abbaufäche ein Untertage-Erkundungsstollen aufgeföhren, der rund 145 m in südwestliche Richtung mit einem Gefälle von 5 % geführt wird. Er dient der Verifizierung der geologischen Bedingungen. Im späteren Verlauf soll er bei Notwendigkeit zu einem temporären Lager für Sprengmittel und Zündstoffe ausgebaut werden.

Der geplante Abbau weitere ist gemäß [U(10)] in Abbildung 3 wiedergegeben.

### **3 Vorgehensweise**

Das Gutachten umfasst folgende Bearbeitungsschwerpunkte:

- Ermittlung der zu schützenden Objekte im Umfeld des Tagebaus
- Begutachtung der Nebenwirkungen Erschütterungen zum Zwecke der Ermittlung der einsetzbaren Lademengen bei den Sprengarbeiten
- Begutachtung der Nebenwirkung Lärm bei den Sprengarbeiten zum Zwecke der Vorgabe hinsichtlich der einzusetzenden Technologien
- Begutachtung der Nebenwirkung Streuflug
- Randbedingungen für die temporäre Lagerung für Sprengstoffen
- Erarbeitung der Rahmenbedingungen für die Sprengtechnik

### **4 Nebenwirkungen Erschütterungen und Lärm**

#### **4.1 Allgemeines**

Unvermeidbare Nebenwirkung von Sprengarbeiten sind Erschütterungen und Lärm.

#### **4.2 Zu schützende Objekte**

Der Tagebau ist vergleichsweise weit von örtlicher Bebauung entfernt. Die Mindestabstände betragen mehr als 730 m. Unmittelbar betroffen ist eine Starkstromfreileitung, die den Tagebau in den West und Ostbereich aufteilt. Der beidseitige Schutzstreifen beträgt 30 m.

Südlich entlang des Tagebaus verläuft eine Bahnstrecke. Der Tagebau wird sich nach der Planung im Abbaubereich 4 bis auf 40 m an diese Bahnstrecke annähern. In den westlichen Abbaubereichen beträgt die Annäherung 250 m. In der Tabelle 2 ist herausgearbeitet, welche Abstände bezüglich der verschiedenen Abbaubereiche bestehen.

**Tabelle 1** Zu schützende Objekte im Umfeld

Immissions-orte	Zu schützende Ortslage, Anlage	Mindestentfernung
IO1	Külsheim	900 m
IO2	Oberndorf	730 m
IO3	Markt Ipsheim	735 m
IO4	Kaubenheim	1070 m
IO5	Freileitung	30 m
IO6	Bahnstrecke 5914	40 m Abbaubereich 4 130 m Abbaubereich 1 250 m Abbaubereiche IV+V

**Tabelle 2** Mindestabstände zu den verschiedenen Abbaubereichen

Abbaubereich	1 Ost	2 Ost	3 Ost	4 Ost	I West	II West	III West	V West	IV West
IO1 Külsheim	1920 m	2010 m	2410 m	2250 m	1160 m	1560 m	1680 m	1280 m	<b>920 m</b>
IO2 Oberndorf	<b>850 m</b>	1340 m	1340 m	<b>730 m</b>	1750 m	1410 m	1750 m	1510 m	1750 m
IO3 Ipsheim	<b>920 m</b>	1160 m	1050 m	<b>730 m</b>	1970 m	1570 m	1570 m	1880 m	2200 m
IO4 Kaubenheim	1690 m	1370 m	1060 m	1480 m	2100 m	1680 m	1630 m	2500 m	2230 m
IO5 Freileitung	<b>30 m</b>	<b>30 m</b>	<b>190 m</b>	<b>240 m</b>	<b>440 m</b>	<b>30 m</b>	<b>30 m</b>	<b>320 m</b>	<b>660 m</b>
IO6 Bahnstrecke	<b>70 m</b>	<b>410 m</b>	<b>500 m</b>	<b>40 m</b>	<b>520 m</b>	<b>380 m</b>	<b>790 m</b>	<b>240 m</b>	<b>240 m</b>

Bei der Auslegung der Sprengungen werden vorrangig die Bahnleitung und die Stromleitung sowie die Ortslagen Oberndorf und Markt Ipsheim maßgebend. Die Abstände zur Starkstromleitung sind bei den Abschnitten 1-4 und II+III unter 300 m. Bezüglich der Bahnstrecke reichen die Abschnitte 1 und 4 sowie IV näher als 300 m an diese heran. Die Ortschaften sind nur in den Abbaubereichen 1, 4 und IV weniger als 1000 m vom Steinbruch entfernt. Die vorgenannten Abstände sind für die eventuelle Begrenzung der Lademengen zum Schutz gegen erhöhten Sprengerschütterungen als auch zum Schutz gegenüber Streuflug relevant.



**Abbildung 3** Abfolge des Lagerstättenabbaus



## 5 Sprengtechnik

### 5.1 Bohrtechnik

Anordnung und Herstellung der Laderäume sind entscheidend für das Ergebnis einer Sprengung und deren Sicherheit. Die konkret eingesetzte Bohrtechnik im Tagebau kann noch nicht festgelegt werden. Die Geräte müssen dem Stand der Technik entsprechen und für richtungsgenaueres Bohren geeignet sein.

Für das Bohren wird die Anfertigung von Bohrprotokollen empfohlen mit folgenden Mindestangaben:

- Ort und Skizze der Bohranlage (möglichst mit Koordinaten)
- Bohrlochabstände
- Vorgaben
- Bohrlochnummerierung
- Bohrlochtiefen
- Bohrlochneigungswinkel
- Bohrlochdurchmesser
- Zustand der Bohrlöcher (Besonderheiten wie Klüfte, Hohlräume, trocken, wasserführend)

Letztgenannter Punkt ist wichtig, um die örtlichen Lade- und Sprengarbeiten der örtlichen Situation erforderlichenfalls anpassen zu können.

Die Bohrlochdurchmesser werden im Bereich 76 mm bis 115 mm gewählt. Im Weiteren wird von einem Bohrlochdurchmesser 89 mm ausgegangen. Grundsätzlich können alle für Gewinnung- und Großbohrlochsprengungen sinnvollen und technisch realisierbaren Bohrlochdurchmessern eingesetzt werden.

### 5.2 Sprengtechnik

Die Sprengtechnik sollte immer dem neuesten Stand der Technik entsprechen. Die Technische Regel zum Sprengstoffrecht (SprengTR 310 – Sprengarbeiten) vom gegenwärtig aktuellen Stand 05.10.2016 müssen immer angewendet werden. Überdies versteht sich die Einhaltung der jeweils gültigen Regeln oder Vorschriften von selbst. Über den Betriebszeitraum können sich die Unfallverhütungsvorschriften bzw. Technische Regeln ändern, was im Regelfall zur Angleichung an den fortgeschrittenen Stand der Technik erfolgt. Zur Vermeidung von späteren Änderungsverfahren sollte dies bei der Genehmigungserteilung soweit möglich berücksichtigt werden.

Es werden ausschließlich mit einer EG-Baumusterprüfbescheinigung (CE-Zeichen) versehenen und darüber hinaus in Deutschland zu Verwendung BAM-zugelassenen Sprengstoffe und Zündmittel (mit erteilter Identifikationsnummer) bei den Sprengarbeiten zum Einsatz kommen. Dies betrifft hier sowohl patronierte als auch lose Sprengstoffe sowie alle marktüblichen Zündverfahren (elektrische-, nichtelektrische- und elektronische Zündverfahren).

Die Zündung der Sprengstoffladungen wird überwiegend mit einer über die gesamte Ladesäule verteilten 20 g/m- oder 40 g/m Sprengschnur erfolgen, damit die Ladesäule sicher zünden zu können.

Es werden die in Tabelle 2 aufgeführten Randbedingungen für die Sprengplanung gesetzt. Für Wandhöhen 3 m und 9 m sind in Tabelle 3 beispielhaft Sprengplanungen zusammengestellt. Das Bohrlochraster wurde beispielhaft gewählt und ist im laufenden Betrieb zu optimieren. Der spezifische Sprengstoffbedarf liegt erfahrungsgemäß zwischen 0,20 und 0,45 kg/m<sup>3</sup> und variiert in Abhängigkeit der Vorortbedingungen. Der spezifische Sprengstoffbedarf ist Erfahrungssache. Im Fall des Beginns von Sprengarbeiten bzw. bei Erstsprengungen muss dieser Wert durch kleinere Versuchssprengungen unter Anwendung praxisbezogener Durchschnittswerte ermittelt werden.

Ein wichtiger Parameter hinsichtlich des Gelingens einer Sprengung ist der Besatz oder das sogenannte Verdämmen eines Laderaumes. Durch das Einbringen von Besatz im Endbereich eines Bohrloches wird angestrebt, dass der Laderaum während der Umsetzung der Sprengstoffe verschlossen bleibt. Für die Länge des Endbesatzes gibt es keine verbindlichen Vorschriften.

**Tabelle 3** Randbedingungen Sprengparameter

Wandhöhen	$h_w$ = ca. 3 m – 10 m
Vorgabe	$W$ = 2,0 – 5,0 m
BL-Abstand	$a_{BL}$ = 2,0 – 5,0 m
Reihenabstand	$a_R$ = 1,5 – 5,0 m
BL-Neigung	$\beta$ = 70 ° – 90 °
BL-Durchmesser	$d_B$ = 76 – 115 mm
BL-Länge	$l_B$ = $hW / \sin \beta$ + Unterbohrung (0,5 - 1 m)
Reihenzahl	$n_R$ = 1 – 3 m

**Tabelle 4a** Beispiel Lademengenberechnung 3 m- Wandhöhe

Wandhöhe:	3 m		3 m	
	Patronen + ANFO		patronierter Sprengstoff	
Sprengstoffdichte	0,82 g/cm³		1,15 g/cm³	
Bohrlochdurchmesser	76 mm		76 mm	
BL-Neigung	87°	80°	87°	80°
Unterbohrung	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Bohrlochlänge	3,5 m	3,6 m	3,5 m	3,6 m
Bohrlochfüllungsgrad ANFO	100%	100%		
Lademetergewicht ANFO	3,7 kg/m	3,7 kg/m		
Bohrlochfüllungsgrad Patronen			80%	80%
Lademetergewicht Patronen			3,3 kg/m	3,3 kg/m
<b>Obere Ladesäule</b>	<b>Patronen</b>	<b>und ANFO</b>	<b>Patronen</b>	
Endbesatzhöhe	2,0 m	2,0 m	2,0 m	2,0 m
Bereich mit Besatz "gestreckt"	0,0 m	0,0 m	0,0 m	0,0 m
Ladesäule	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Verstärkungsladung	1,5 kg	1,5 kg	0 kg	0 kg
Hauptsprengstoff	4,1 kg	4,1 kg	5,0 kg	5,0 kg
Sprengstoffmenge gesamt	5,6 kg	5,6 kg	5,0 kg	5,0 kg
Lademenge pro BL	5,6 kg	5,6 kg	5,0 kg	5,0 kg
Lademenge pro Zündzeitstufe	5,6 kg	5,6 kg	<b>5,0 kg</b>	<b>5,0 kg</b>
<b>Sprengtechnische Rasterkalkulation</b>				
Vorgabe (z.B.)	2,4 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m
Seitenabstand (z.B.)	2,4 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m
Ausbruchsfläche	5,8 m²	5,8 m²	5,8 m²	5,8 m²
spez. Sprengstoffbedarf (kg(m³))	0,28 kg	0,27 kg	0,25 kg	0,24 kg

**Tabelle 4b** Beispiel Lademengenberechnung 9 m- Wandhöhe

Wandhöhe:	9 m		9 m	
	Patronen + ANFO		patronierter Sprengstoff	
Sprengstoffdichte	0,82 g/cm³		1,15 g/cm³	
Bohrlochdurchmesser	89 mm		89 mm	
BL-Neigung	87°	80°	87°	80°
Unterbohrung	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Bohrlochlänge	9,5 m	9,6 m	9,5 m	9,6 m
Bohrlochfüllungsgrad ANFO	100%	100%		
Lademetergewicht ANFO	5,1 kg/m	5,1 kg/m		
Bohrlochfüllungsgrad Patronen			80%	80%
Lademetergewicht Patronen			4,6 kg/m	4,6 kg/m
<b>Obere Ladesäule</b>	<b>Patronen</b>	<b>und ANFO</b>	<b>Patronen</b>	
Endbesatzhöhe	3,0 m	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Bereich mit Besatz "gestreckt"	0,0 m	0,0 m	0,0 m	0,0 m
Ladesäule	6,5 m	6,5 m	6,5 m	6,6 m
Verstärkungsladung	1,5 kg	1,5 kg	0 kg	0 kg
Hauptsprengstoff	31,7 kg	31,7 kg	29,8 kg	30,4 kg
Sprengstoffmenge gesamt	33,2 kg	33,2 kg	29,8 kg	30,4 kg
Lademenge pro BL	33,2 kg	33,2 kg	29,8 kg	30,4 kg
Lademenge pro Zündzeitstufe	33,2 kg	33,2 kg	<b>29,8 kg</b>	<b>30,4 kg</b>
<b>Sprengtechnische Rasterkalkulation</b>				
Vorgabe (z.B.)	3,5 m	3,5 m	3,5 m	3,5 m
Seitenabstand (z.B.)	3,5 m	3,5 m	3,5 m	3,5 m
Ausbruchsfläche	12,3 m²	12,3 m²	12,3 m²	12,3 m²
spez. Sprengstoffbedarf (kg(m³))	0,29 kg	0,28 kg	0,26 kg	0,26 kg



### 5.3 Zündverfahren

Es können gemäß der gültigen SprengTR 310 alle in Deutschland von der BAM zur Verwendung zugelassenen Zündverfahren und – systeme eingesetzt werden. Für den gegenständlichen Gipstagebau wird wegen der Nähe zu der Starkstromleitung in einem Abstand von mindestens 100 m seitlich zu Stromleitung der Einsatz des elektrischen Zündverfahrens ausgeschlossen. Die Bahnlinie ist nichtelektrifiziert. Daher muss diesbezüglich zur Bahn kein Mindestabstand eingehalten werden. Sollte dies sich ändern, gilt auch hier der Mindestabstand 100 m.

#### *Elektrisches Zündverfahren*

Das elektrische Zündverfahren besteht aus der Kombination eines Moment- und 20 Kurzzeitzündern (herstellerspezifische Anzahl) mit 25 ms sowie teilweise weiteren Zündern mit 50 ms Zündintervall. Damit sind insgesamt rund 10 und 15 Ladungen redundant und rund 21 bis 30 Ladungen mit nur einem Zünder je Bohrlochladung sicher überschneidungsfrei zündbar.

#### *Nichtelektrisches Zündverfahren*

Dieses Zündverfahren erlaubt theoretisch eine unbegrenzte Anzahl von Sprengladungen überschneidungsfrei in einer Sprenganlage zur Zündung zu bringen. Die Teilladungs-, Bohrloch- bzw. Reihenverzögerungen werden durch Verzögerungszünder in der Nähe des Bohrlochmundes hergestellt, nachdem in jeder Bohrlochladung die gleiche Zündzeitstufe eingesetzt wird. Herstellerabhängig stehen Verzögerungszünder mit z.B. 0, 9, 17, 25, 33, 42, 67, 109, 176 und gegebenenfalls z.B. 280 ms zur Verfügung. Beliebige Kombinationen von Verzögerungszeiten tragen zu einer hohen Flexibilität bei der Herstellung von Zündanlagen bei.

#### *Elektronisches Zündverfahren*

Die elektronischen Zündverfahren basieren auf einem Einheitszünder. Mit diesen sind beliebige Verzögerungsintervalle in 1 ms-Schritten einstellbar und in einem Zündsystem mit mehr als 1000 Zündern in einem Zündkreis sicher zündbar. Mit deren Verwendung kann die Überschneidungsfreiheit von Sprengladungen sicher gewährleistet werden und auch große Sprenganlagen könnten mit nur einer Ladung je Zündzeitstufe durchgeführt werden.



## **6 Nebenwirkungen**

### **6.1 Sprengerschütterungen**

#### **6.1.1 Allgemeines**

Gewinnungssprengungen verursachen unvermeidbar Erschütterungen. Diese können ab einer gewissen Intensität zu Schäden an Gebäuden oder Anlagen und/oder zu einer Belästigung von Menschen in Gebäuden führen. Damit dies ausgeschlossen wird, müssen die Sprengungen so ausgelegt werden, dass die Erschütterungswirkung innerhalb zulässiger Grenzen bleibt. Von der zu erwartenden Intensität abhängig kann eine messtechnische Überwachung sinnvoll oder geboten sein.

#### **6.1.2 Beurteilungsgrundlagen Einwirkungen auf Gebäude und Anlagen**

##### **Allgemeines**

In der [DIN 4150-3] sind Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen hervorgerufenen Einwirkungen auf bauliche Anlagen, welche für vorwiegend ruhende Beanspruchungen bemessen sind, festgelegt. Als Erschütterungen werden mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell belastigender Wirkung für den Menschen oder schädigender Wirkung für bauliche Anlagen verstanden. Schäden sind dabei bleibende Folgen einer Einwirkung, die eine Verminderung des Gebrauchswertes eines Bauwerkes oder Bauteils im Hinblick auf seine Nutzung darstellen.

Da es im Bauwesen eine Vielzahl von Schadensursachen gibt, von denen Erschütterungen nur eine ist, ist es notwendig, abzugrenzen, bis zu welcher Größe Erschütterungen keine maßgebende Ursache darstellen. In der DIN 4150-3 sind Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeit angegeben bei deren Einhaltung ein Schaden nicht eintritt. Werden die Anhaltswerte eingehalten, so bedeutet dies nicht, dass keine Schäden auftreten. Nur sind dann andere Ursachen als die Erschütterungen maßgebend; es sind dann keine erschütterungsbedingten Schäden. Werden die Anhaltswerte überschritten, so kann auch daraus nicht zwangsläufig gefolgert werden, dass erschütterungsbedingte Schäden auftreten. In diesem Fall der Schadensmutmaßung sind genauere Untersuchungen anzustellen.

Bei Erschütterungseinwirkungen wird unterschieden zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Kurzzeitige Erschütterungen sind solche, deren Häufigkeit des Auftretens (a) nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen, und (b) deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet sind, in der Struktur wesentliche resonanzbedingte Vergrößerungen der Schwingungen hervorzurufen. Dauererschütterungen sind alle diejenigen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Für die Beurteilung des Gesamtbauwerkes sind die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene maßgebend. Dies sind in der Regel die maximalen Schwingungsantworten auf die Anregung im Fundamentbereich. Die oberste Geschossdecke ist die, welche auf tragenden Wänden aufliegt und die in der Regel eine aussteifende

Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen aufnimmt. Wird ein Bauwerk bei Dauererschütterungen in einer Oberschwingung angeregt, so sind bei Messungen diese in mehreren Geschossen gleichzeitig zu erfassen, um die größten Amplituden zuverlässig zu erhalten. Bei Gebäuden mit maximal drei Vollgeschossen oberhalb der Geländeoberkante genügt in der Regel die Betrachtung der obersten Deckenebene.

Bei der Beurteilung von Gebäuden werden drei Gebäudearten unterschieden:

1. („Zeile 1“) Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten.
2. („Zeile 2“) Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten. Dazu gehören auch gewerblich genutzte Bürogebäude.
3. („Zeile 3“) Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht den vorgenannten entsprechen und besonders erhaltenswert sind. Unter besonders erschütterungsempfindlich wird dabei die Eigenschaft eines Bauwerks verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes durch Erschütterungen im Sinne der [DIN 4150-3] ist die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und Bauteilen. Bei Gebäuden nach den vorgenannten „Zeilen 2 und 3“ ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z.B. Risse im Putz auftreten, vorhandene Risse sich vergrößern, Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen. Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

### **Kurzzeitige Erschütterungen – Einwirkungen auf Gebäude**

Für kurzzeitige Erschütterungen sind die Anhaltswerte am maßgebenden Ort in der obersten Deckenebene in Tabelle 5 Spalte 5 angegeben. Alternativ zur obersten Deckenebene kann für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen auch die Erschütterung am Gebäudefundament herangezogen werden. Um die Übertragung dieser Ersatzpunkte auf die oberste Deckenebene hin zu berücksichtigen, sind die Fundamentanhaltswerte in den Spalten 2 bis 4 frequenzabhängig angegeben. Für Decken sind die Anhaltswerte nach Spalte 6 anzuwenden.

Die Gebäude im Umfeld sind vorwiegend nach DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 2 zu beurteilen. Für die Begutachtung wird jedoch von einer Beurteilung nach Zeile für besonders erschütterungsempfindliche und erhaltenswerte Gebäude nach Zeile 3 ausgegangen, um eventuell derartige Gebäude mit abzudecken. Im Vorgriff auf die Erschütterungsprognose ist dies jedoch nicht erheblich, da die praktisch notwendigen Lademengen signifikant kleinere Erschütterungen bewirken werden.

**Tabelle 5** Anhaltswerte zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament			Oberste Deckenebene	Decken,
		alle Richtungen $i=x,y,z$			horizontal $i=x,y$	vertikal $i=z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz <sup>*)</sup>	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 <sup>**)</sup>
Anmerkung: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden						
<sup>*)</sup> Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden <sup>**)</sup> 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						

### **Kurzzeitige Erschütterungen – Einwirkungen auf Freileitungen**

Für Freileitungen werden in der DIN 4150-3 keine pauschal zu verwendenden Anhaltswerte angegeben. Diese Bauwerke können als relativ unempfindlich gegenüber Sprengerschütterungen eingeschätzt werden, da sie durch Windbelastung, dynamische Belastungen durch die Leitungen im Betriebszustand, Sonderbelastungen im Montagezustand und Versagen einzelner Leiter ebenfalls z.T. erheblichen Erschütterungen ausgesetzt sind.

Formell können die Masten mindestens in die Gruppe „gewerblich genutzte Bauten“ der DIN 4150-3 Tabelle 1 Zeile 1 eingruppiert werden. Erfahrungen haben gezeigt, dass auch die dreifachen Werte dieser Tabelle unschädlich sind. Danach sind Fundamentalschwinggeschwindigkeiten bis 60 mm/s vertretbar sind, sofern keine zusätzliche Lasten wie z.B. Eislasten auf die Masten wirken.

### **Kurzzeitige Erschütterungen – Bahnstrecke**

Die Bahnstrecke ist gegenüber Erschütterungen unempfindlich. Sofern bodenmechanische Vorgänge und Verschiebungen ausgeschlossen werden, können Erschütterungseinwirkungen von 200 mm/s zugelassen werden.

### **Erschütterungsprognose**

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.

Gemäß der Vorermittlung der sprengtechnisch notwendigen Lademengen im Abschnitt Sprengtechnik werden bei den Gewinnungssprengungen Lademengen von bis zu 35 kg/BL bzw. 35 kg/Zündzeitstufe benötigt. Um eine zu große Einschränkung der Lademengen im vornhinein zu vermeiden, wird die Erschütterungsprognose sowohl mit 35 kg/Zündzeitstufe und mit 100 kg/Zündzeitstufe gerechnet.

In Tabelle 6a sind für 35 kg für verschiedene Entfernungen die zu erwartenden Erschütterungen wiedergegeben. Die Prognose nach dem Prognoseverfahren (4) in den letzten beiden Spalten mit Angabe des Erwartungswertes und den Erschütterungen bei ungünstigen Situationen zeigt, dass Sprengungen bis auf die unmittelbare Annäherung an die Freileitungsmasten mit einem Anhaltswert von 60 mm/s realisierbar sind.

Welche Lademengen in welchem Abstand zu den Fundamenten der Freileitungsmasten einsetzbar wären, ist in Tabelle 6b wiedergegeben. Es zeigt sich, dass bereits im Abstand von 60 m zur Freileitung rechnerisch größere Sprengungen mit mehr als 35 kg/Zündzeitstufe möglich sind. Selbst bei Kappung der Lademenge bei 100 kg werden in den umliegenden Ortslagen in mehr als 700 m Entfernungen keine Erschütterungen größer als 1,6 mm/s auftreten, also rund 50 % des Anhaltswertes für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude.

Auch die Einwirkungen auf die Menschen in den umliegenden Ortslagen ist höchstens leicht spürbar und sehr deutlich unterhalb der Anhaltswerte der DIN 4150-2. Bei den ersten Sprengarbeiten sollten die Prognoseansätze durch Schwingungsmessungen verifiziert werden.

Die Sprengerschütterungen sind bei den technisch notwendigen Sprengarbeiten verträglich mit den örtlichen Randbedingungen. Bei der Annäherung der Sprengarbeiten unter 70 m sind die Lademengenvorgaben nach Tabelle 6b zu beachten. Es sind stichprobenartig Schwingungsmessungen zur Kontrolle und Verifizierung durchzuführen.



**Tabelle 6a** Erschütterungsprognose für den Einsatz einer maximalen Lademenge von 35 kg/Zündzeitstufe

(1) BGR-Sediment $V_i=(K1)*L^{0,6}*R^{-1,5}$		1	2	3		
(2) nach Koch $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$	K	980	68,0	120		
(3) nach Koch $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$	exp	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
(4) Lichte Festgest	n	-1,5	-1,0	-1,0	-1,34	-1,34
	sv				1	1,8
	$k1*k2*k3$				1	1,2
Lademenge	35 kg	Abstand	(1)	(2)	(3)	(4)
		10 m	261,6 mm/s	40,2 mm/s	71,0 mm/s	210,5 mm/s
		20 m	92,5 mm/s	20,1 mm/s	35,5 mm/s	88,2 mm/s
		30 m	50,3 mm/s	13,4 mm/s	23,7 mm/s	51,7 mm/s
		40 m	32,7 mm/s	10,1 mm/s	17,7 mm/s	35,0 mm/s
		50 m	23,4 mm/s	8,0 mm/s	14,2 mm/s	25,7 mm/s
		60 m	17,8 mm/s	6,7 mm/s	11,8 mm/s	19,8 mm/s
		70 m	14,1 mm/s	5,7 mm/s	10,1 mm/s	15,9 mm/s
		80 m	11,6 mm/s	5,0 mm/s	8,9 mm/s	13,1 mm/s
		90 m	9,7 mm/s	4,5 mm/s	7,9 mm/s	11,1 mm/s
		100 m	8,3 mm/s	4,0 mm/s	7,1 mm/s	9,5 mm/s
		150 m	4,5 mm/s	2,7 mm/s	4,7 mm/s	5,1 mm/s
		200 m	2,9 mm/s	2,0 mm/s	3,5 mm/s	3,3 mm/s
		300 m	1,6 mm/s	1,3 mm/s	2,4 mm/s	1,7 mm/s
		400 m	1,0 mm/s	1,0 mm/s	1,8 mm/s	1,1 mm/s
		500 m	0,7 mm/s	0,8 mm/s	1,4 mm/s	0,8 mm/s
		600 m	0,6 mm/s	0,7 mm/s	1,2 mm/s	0,6 mm/s
		700 m	0,4 mm/s	0,6 mm/s	1,0 mm/s	0,4 mm/s
		800 m	0,4 mm/s	0,5 mm/s	0,9 mm/s	0,3 mm/s
		900 m	0,3 mm/s	0,4 mm/s	0,8 mm/s	0,3 mm/s
		1000 m	0,3 mm/s	0,4 mm/s	0,7 mm/s	0,2 mm/s

**Tabelle 6b** Erschütterungsprognose hinsichtlich einsetzbarer Lademengen in Bezug auf die Absicherung der Freileitungsmasten

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle						
(1) BGR-Sediment $V_i=(K1)*L^{0,6}*R^{-1,5}$		1	2	3		
(2) nach Koch $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$	K	980	68,0	120		
(3) nach Koch $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$	exp	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
(4) Lichte Festgest	n	-1,5	-1,0	-1,0	-1,34	-1,34
	sv				1	1,8
	$k1*k2*k3$				1	1,2
Lademenge	Abstand	(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
	10 m					
	20 m					
10 kg	30 m	23,7 mm/s	7,2 mm/s	12,6 mm/s	27,6 mm/s	59,7 mm/s
22 kg	40 m	24,8 mm/s	8,0 mm/s	14,1 mm/s	27,7 mm/s	59,9 mm/s
37 kg	50 m	24,2 mm/s	8,3 mm/s	14,6 mm/s	26,4 mm/s	57,0 mm/s
68 kg	60 m	26,5 mm/s	9,3 mm/s	16,5 mm/s	27,7 mm/s	59,8 mm/s
100 kg	70 m	26,5 mm/s	9,7 mm/s	17,1 mm/s	26,9 mm/s	58,1 mm/s
100 kg	80 m	21,7 mm/s	8,5 mm/s	15,0 mm/s	22,2 mm/s	47,9 mm/s
100 kg	90 m	18,2 mm/s	7,6 mm/s	13,3 mm/s	18,7 mm/s	40,4 mm/s
100 kg	100 m	15,5 mm/s	6,8 mm/s	12,0 mm/s	16,0 mm/s	34,6 mm/s
100 kg	150 m	8,5 mm/s	4,5 mm/s	8,0 mm/s	8,7 mm/s	18,8 mm/s
100 kg	200 m	5,5 mm/s	3,4 mm/s	6,0 mm/s	5,6 mm/s	12,1 mm/s
100 kg	300 m	3,0 mm/s	2,3 mm/s	4,0 mm/s	2,9 mm/s	6,4 mm/s
100 kg	400 m	1,9 mm/s	1,7 mm/s	3,0 mm/s	1,8 mm/s	4,0 mm/s
100 kg	500 m	1,4 mm/s	1,4 mm/s	2,4 mm/s	1,3 mm/s	2,8 mm/s
100 kg	600 m	1,1 mm/s	1,1 mm/s	2,0 mm/s	0,9 mm/s	2,0 mm/s
100 kg	700 m	0,8 mm/s	1,0 mm/s	1,7 mm/s	0,7 mm/s	1,6 mm/s
100 kg	800 m	0,7 mm/s	0,9 mm/s	1,5 mm/s	0,6 mm/s	1,2 mm/s
100 kg	900 m	0,6 mm/s	0,8 mm/s	1,3 mm/s	0,5 mm/s	1,0 mm/s
100 kg	1000 m	0,5 mm/s	0,7 mm/s	1,2 mm/s	0,4 mm/s	0,8 mm/s

## 6.2 Sprenglärm

Zur Vorbereitung der Sprengungen müssen die Laderäume durch Bohrgeräte hergestellt werden. Diese Bohrarbeiten sind Gegenstand der Geräuschimmissionsprognose. Die Sprengungen selbst emittieren einen einmaligen Geräuschimpuls. Damit eine Schalldruckwelle ausgeschlossen wird, ist bei der Sprenganlage auszuschließen, dass freiliegende Sprengschnur detoniert.

## 6.3 Sprengbereich, Absperrung und Steinflug

Nach Maßgabe der Gesetze und Verordnungen ist es erforderlich, während einer Sprengung sicherzustellen, dass keine Personen oder Sachgüter durch Streuflug gefährdet werden. Gemäß SprengTR 310 umfasst der Sprengbereich einen Umkreis von 300 m um die Sprengstelle.

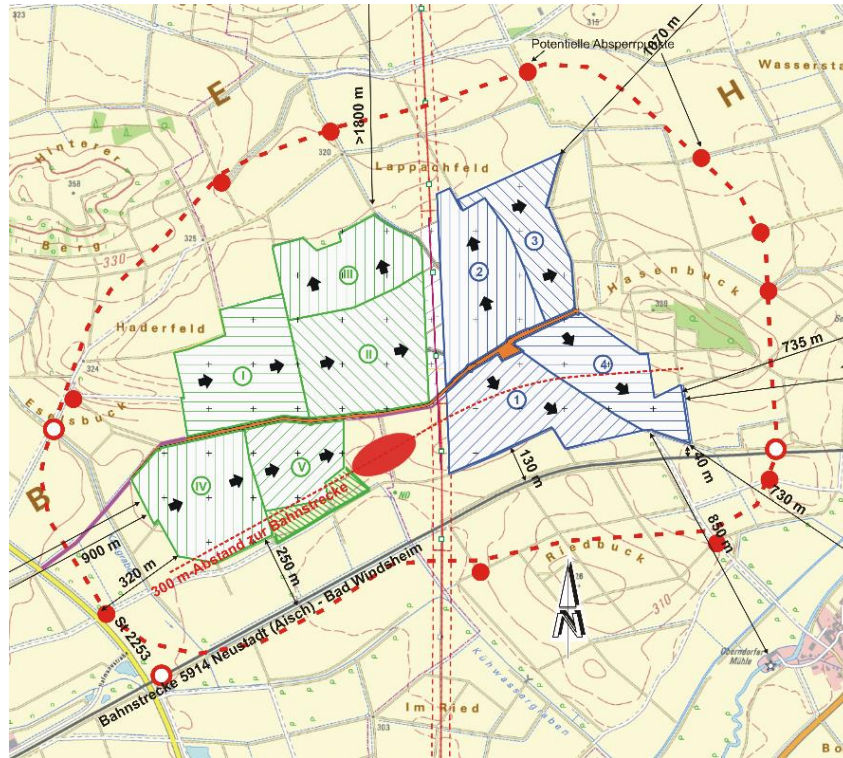
Wenn nicht sichergestellt ist, dass ein Steinflug außerhalb der 300 m auszuschließen ist, hat der Unternehmer auf Veranlassung des Sprengberechtigten den Sprengbereich entsprechend zu vergrößern. Grundgedanke ist dabei, dass „die Gefahr für Leib und Leben durch Steinflug zu den erheblichen Nachteilen“ zu minimieren ist und der Sprengbereich möglichst groß gewählt werden sollte. Gemäß SprengTR Punkt 3.2 müssen alle möglichen Gefährdungen durch den Sprengberechtigten ermittelt werden. Die Schriftform wird empfohlen. Seitens des Betreibers ist ein Konzept zu erarbeiten, wie sichergestellt wird, dass während einer Sprengung sich keine Personen innerhalb des 300 m-Radius um die jeweilige Sprengstelle befinden. Es ist ein betrieblicher Absperrplan zu erstellen, der für bestimmte Abbaubereiche genau ausweist, wo welche Absperrmaßnahmen getroffen werden. Die Absperrposten müssen betrieblich nachweislich (gegen Unterschrift) unterwiesen werden und untereinander sowie zum verantwortlichen Sprengberechtigten Kontakt haben.

In Abbildung 4 ist der Maximalumfang der Sprengbereiche wiedergegeben, unter Einbeziehung aller Abbaubereiche der 300 m. Für jeden der neun Abbaubereiche ist eine konkrete individuelle Festlegung über den Sprengbereich schriftlich festzulegen. Eine Besonderheit betrifft die Abbaubereiche 1 und 4 sowie VI und V. **Die Bahnstrecke liegt innerhalb des 300 m -Radius. In Abbildung 4 ist die entsprechende Grenzlinie eingetragen.**

**Daraus ergibt sich diesbezüglich in jedem Fall ein besonderer Handlungsbedarf.** Entweder werden in dem Bereich unter 300 m keine Sprengungen durchgeführt. Andernfalls ist mit der Deutschen Bahn eine Regelung zu treffen, wie mittels Streckenposten sichergestellt wird, dass der betreffende Streckenabschnitt frei ist und während der Sprengung frei bleibt, d.h. für die Zeit zwischen dem ersten Sprengsignal und dem abschließenden dritten Sprengsignal. Die notwendigen Zeiträume für die Durchführung der Sprengungen sind vorhanden. Bei stündlich verkehrenden Zügen ist in beiden Richtungen ein Zeitfenster von rechnerisch 30 Minuten vorhanden. An Verkehrswegen befinden sich Schrankenanlagen, die klar signalisieren, dass die Strecke frei ist. Im gegebenen Fall kann ein denkbares, mit der Bahn schriftlich zu vereinbarendes Prozedere sein:

- Schriftliche Benachrichtigung der Bahn über den nächsten Sprengtermin (Datum, Zeitraum innerhalb eines Zeitraums von 2 Stunden).
- Rückinformation, ob außerplanmäßige Zugfahrten auf der Strecke
- Information der Bahn über zwei aufeinanderfolgende Zeitfenster für eine Sprengung
- Positionierung zweier Streckenposten mit der Aufgabe als Bahn-Streckenposten und Sicherungsposten
- Entsprechend Fahrplan: Abwarten Vorbeifahrt eines Zuges Richtung Markt Bad Windsheim (nicht Richtung Markt Ipsheim!). Damit ist sichergestellt, dass auf der eingleisigen Strecke der Streckenblock frei ist und eine gewisse Zeit bleibt.
- Einleitung (1. Sprengsignal) und Durchführung der Sprengung (2. Sprengsignal) nach Freigabe durch den Streckenposten.
- Abschluss der Sprengung (3. Sprengsignal)
- Verhinderung des Havariefalls: Während des gesamten Vorgangs hat der Streckenposten eine aktive Aufgabe. Im Falle eines trotzdem notwendigen Warnsignals bei gleichzeitig gegebenem 2. Sprengsignal hat der Sprengberechtigte die Sprengung sofort und unverzüglich abubrechen. Dieser Fall ist unwahrscheinlich, aber grundsätzlich möglich und muss in einem genauen Prozedere geregelt sein. Einschließlich schriftlich quittierter Belehrung der verantwortlichen Personen.

**Abbildung 4** Potentieller maximaler Sprengbereich bei Berücksichtigung aller Abbaubereiche; die Festlegung ist jeweils individuell für den jeweiligen Abbaubereich festzulegen.



### Maßnahmen zur Verminderung von Streuflug

Auftretender Steinflug ist in aller Regel das Ergebnis von örtlichen oder punktuellen Überladungen. In diesem Fall ist die Sprengladung und ihr Energieinhalt wesentlich größer als die zur Erzielung des gewünschten Sprengzweckes notwendige lokale Ladung.

Um ungewollten Steinflug auszuschließen, muss sichergestellt werden:

- dass der spezifische Sprengstoffaufwand nicht nur im Mittel, sondern auch örtlich eingehalten wird.
- die Gebirgsfestigkeit auch örtlich der planmäßig eingesetzten spezifischen Sprengstoffmenge entspricht.

Dabei ist zwischen dem Steinflug in Wurfrichtung der Sprengung und dem Spritzflug aus dem Bohrlochmund der Kopfbohrlöcher zu unterscheiden.

Steinflug in Wurfrichtung tritt durch lokale Überladung auf, z.B.

- wenn es Wandausbrüche gibt und die Ladesäule nicht entsprechend verändert wird,
- wenn Bohrlöcher verlaufen und damit insbesondere im Fußbereich oberflächennah liegen oder mehrere Bohrlöcher sich einander nähern.

Spritzflug tritt auf, wenn

- die Endbesatzlänge zu gering ist.
- aus abbautechnischen Gründen im Endbesatz Sprengstoff eingebracht wird und die Randbedingungen nicht beachtet werden.
- der Bereich des Bohrlochmundes stark aufgelockert ist. Eine oberflächennahe Auflockerung kann in der obersten Sohle durch die Verwitterungsschicht und in den tieferen Sohlen durch das Unterbohren der vorhergehenden Sohle gegeben sein.

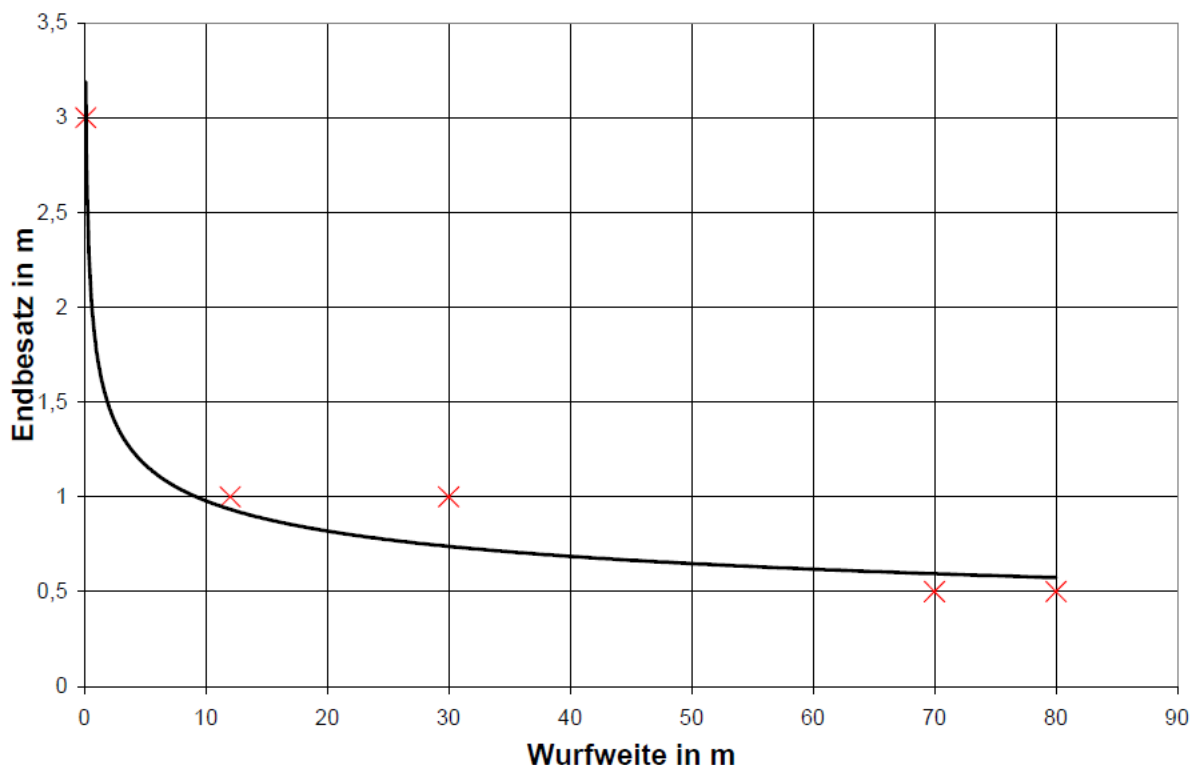
Versuche zur Beobachtung von Steinflug in einem Tagebau führten zu folgenden Aussagen:

- Bei unterschiedlichen Endbesatzgrößen ergaben sich die in Abbildung 6 dargestellten Wurfweiten der Steine
- bei Einhaltung eines Endbesatzes gleich der Vorgabe ist im Normalfall nicht mit Spritzflug zu rechnen;
- ein verringerter Endbesatz auf ca. 50 % des erforderlichen Maßes führt zu einem noch vertretbaren Spritzflug;
- ein ausreichender Abwurf in Sprengrichtung sichert das Ausbleiben von Spritzflug;
- bei einem „Sitzen bleiben“ der Sprengung oder von Teilen derselben wird die Spritzflugneigung vergrößert;
- ein größerer Endbesatz als oben genannt ist erforderlich, wenn die Oberfläche des Sprengfeldes stark aufgelockert ist.



Für den Steinflug in Wurfrichtung der Sprengung liegen derartige Versuchsergebnisse nicht vor, da die zum übermäßigen Steinflug führenden Parameter nicht beliebig verändert werden können. Die Auswertung von Steinflug-Ereignissen einerseits und die Überwachung von Sprengungen andererseits zeigen aber, dass bei sachgerechter Ausführung der Sprengung kein übermäßiger Steinflug auftritt. Hierzu liegen beim Bearbeiter z.B. aus einem Steinbruch mit Wandhöhen von ca. 15 m von >400 Sprengungen aus mehr als 10 Jahren Videoaufzeichnungen vor.

**Abbildung 5** Spritzflug, Wurfweiten bei unterschiedlicher Endbesatzlänge



Grundsätzlich gibt es keinen übermäßigen Steinflug beim Sprengen. Jeder übermäßige Steinflugvorfall muss als Sonderfall angesehen werden. Bei Ereignissen mit deutlichem Steinflug sind häufig die in weiter oben genannten Fehlerursachen maßgebend. Infolge dieser Erkenntnisse sind zur Vermeidung von schädlichem Steinflug strenge Vorgaben für die Bohr- und Ladearbeiten zu bestimmen und zusätzliche Kontrollen durchzuführen.

Der Endbesatz muss aus steinfreiem Material, z-B- Bohrklein, Brech- oder Natursand bzw. feinem Split bestehen und mit einem Ladestock verdichtet werden.

#### Besonderheit Freileitungsmasten

Die Freileitungsmasten sind unmittelbar durch Streuflug betroffen. Die Abbaurichtung ist so zu wählen, dass die Auswurfrichtung nicht in Richtung Strommast gewählt wird und ausschließlich der rückwärtige Spritzflug theoretisch die Masten treffen könnten.

## 7 Sprenghmittellagerung

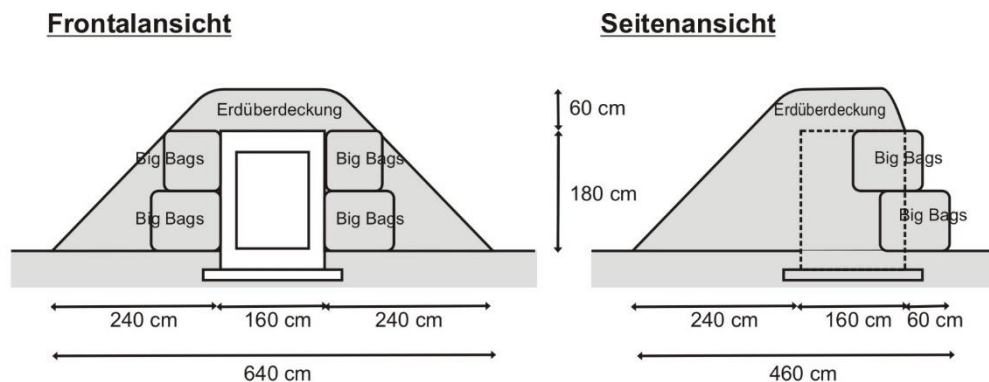
Im Regelfall wird der Sprengstoff für eine Sprengung am Tag der Sprengung durch den Sprengstofflieferanten angeliefert und bis zur Verwendung gelagert. Dennoch wird für den Tagebau grundsätzlich auch eine Sprengstofflagerung vor Ort nicht ausgeschlossen.

Ein Sprenghmittellager muss gemäß §17 Abs. (1) SprengG mit genehmigt werden. Für den Tagebau kommt in einem ersten Schritt nur ein übertägiges Lager in Frage. Nach Abschluss der Auffahrung des Abbaubereiches 1 kann auch der Erkundungsstollen bei entsprechendem Ausbau in Frage kommen.

Ein für die Genehmigung notwendiges Gutachten ist separat anzufertigen, welches die Vorgaben für die Errichtung und den Betrieb ein Lager auf der Basis 2. SprengV umfasst.

Es wird empfohlen, eine Lagerung von maximal 1000 kg Nettoexplosivstoffmenge (NEM) der Lagergruppe 1.1 D und Zünder von 2 kg NEM der Lagergruppe 1.4 vorzusehen. Es werden ausschließlich BAM-zugelassene explosionsgefährliche Stoffe gelagert. Für die übertägige Lagerung wird in ein erdüberschüttetes Schranklager empfohlen. Die konkrete Ausgestaltung ist Gegenstand der entsprechenden Begutachtung für das Lagergutachten. Abbildung 6 zeigt beispielhaft ein solchen Schranklager.

**Abbildung 6** Beispiel eines einfachen Sprenghmittellagers, Darstellung ohne Absperrungsanlage um den Lagerschrank

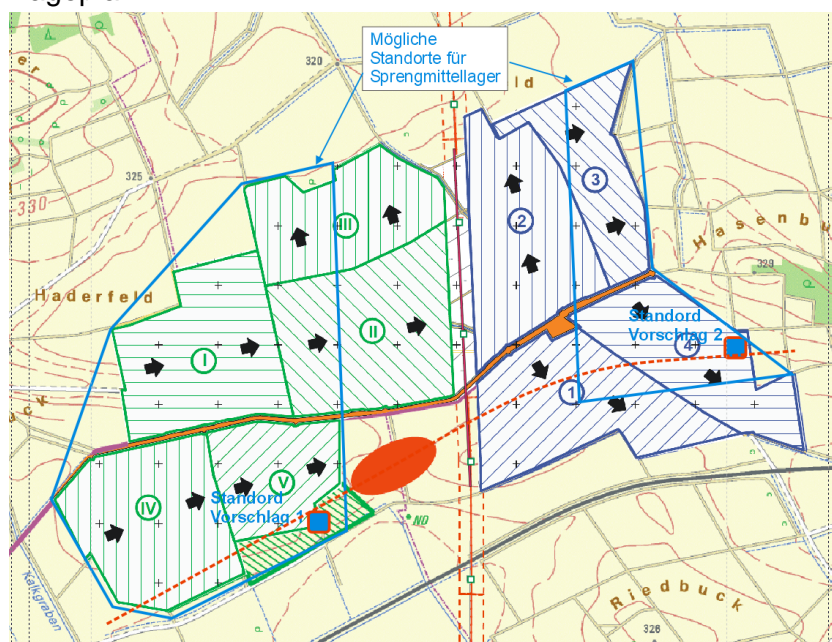


Für ein übertägiges Sprengmittellager sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Es müssen Schutz- und Sicherheitsabstände berücksichtigt werden, welche von der Menge der einzulagernden Explosivstoffe und deren Lagergruppe abhängen. Für die Standortwahl für ein Lager mit 1000 kg NEM werden folgende Mindestabstände benannt:

- Ein Abstand von mindestens 220 m zur nächsten Wohnbebauung, was gegeben ist.
- Der erforderliche Schutzabstand zu Verkehrswegen beträgt 176 m. Dies ist bei Standortfindung bezüglich der Bahntrasse zu berücksichtigen.
- Gegenüber Betriebseinrichtungen des Tagebaus muss ein Mindestabstand von 40 m eingehalten werden. Es wird vorgeschlagen, das Lager wegen der vergleichsweise großen Fläche des Tagebaus ebenfalls mindestens 220 m entfernt von regelmäßig genutzten Betriebsflächen aufzustellen.
- Der Abstand zu elektrischen Leitungen und Leitungen elektrischer Bahnen sollte mit 300 m eingehalten werden.
- Um den Lagerstandort gilt ein absoluter Brandschutzbereich von 25 m.
- Von Funksendemasten sollte, ein Mindestabstand von 300 m eingehalten werden, sofern kein genauerer Nachweis erbracht wird. Im Regelfall kann dieser Abstand verkleinert werden, wenn die konkreten Sendeleistungen bekannt sind.

Der Lagerbereich als solcher wird eingezäunt werden. Es sind spezielle zugelassene Schranklager zu verwenden, die in ihrer lokalen Fixierung und der verwendeten Schließanlage als Diebstahlsicher eingestuft sind. Es muss diesbezüglich auch eine Abstimmung über die Diebstahlschutzmaßnahmen mit der zuständigen Polizeibehörde und der Genehmigungsbehörde erfolgen. Mögliche Standorte für die Lager sind in Abbildung 7 eingetragen einschließlich zweier konkreter Lagerstandorte.

**Abbildung 7** Lageplan



## 8 Schlussfolgerungen

Begutachtet wurde der geplante Aufschluss des Gipstagebau am Standort Oberndorf unter dem Aspekt der Gewinnungssprengungen und der damit verbundenen Nebenwirkungen. Die wesentlichen zu beachtenden Schutzobjekte sind die Bahnstrecke 5914 Neustadt (Aisch) – Bad Windsheim und eine Starkstrom-Freileitung, welche den Tagebau in einen östlichen und einen westlichen Bereich aufteilt. Die umliegenden Gemeinden Oberndorf und Markt Ipsheim sind ebenfalls zu beachten, sie werden des Abstands wegen jedoch nur mittelbar vom Tagebau betroffen sein.

Der Aufschluss beginnt im östlichen Tagebaubereich im Abschnitt 1 einschließlich der Auf-fahrung eines Erkundungsstollens. Danach wird der östlich der Freileitung gelegene Bereich in den Abschnitten 1 bis 4 abgebaut. Anschließend die westlichen Tagebaubereiche römisch I bis V.

Der Abbau mittels Bohren und Sprengen ist im gesamten Tagebaubereich möglich. Voraussetzung ist zu jedem Zeitpunkt die Anwendung des Standes der Technik bei der Bohr-technologie und der Sprengung sowie die Einhaltung der jeweils gültigen Unfallverhütungs-vorschriften. Es sollten die jeweils aktuellen Fassungen der entsprechenden Regelwerke gelten.

Der technisch notwendige Sprengmitteleinsatz für die Gewinnungssprengungen liegt mit 35 kg/Bohrloch bis auf kleinräumige Ausnahmen in Annäherung an die Freileitungsmasten unter dem rechnerisch möglichen Sprengmitteleinsatz, der hinsichtlich der Erschütterungs-wirkung möglich wäre. Für die Genehmigung wird daher eine maximale Lademenge von 100 kg/Zündzeitstufe unter Berücksichtigung der Tabelle 6b empfohlen. In den Ortslagen werden die Sprengerschütterungen im ungünstigen Fall leicht spürbar sein. Die Sprenger-schütterungen werden sehr deutlich unter den Anhaltswerten nach DIN 4150-3 für beson-ders erschütterungsempfindliche und erhaltenswerte Gebäude liegen. Gleichwohl wird empfohlen, bei den ersten Sprengarbeiten mit Lademengen > 30 kg/Zündzeitstufe stich-probenartig Schwingungsmessungen durchzuführen, um die Annahme der Prognose zu verifizieren. Gleichmaßen sind die Erschütterungseinwirkungen auf die Freileitungsmas-ten schwingungsmesstechnisch zu verifizieren. Dies wird ab einer Annäherung unter 70 m empfohlen.

Die Lärmwirkung der Gewinnungssprengung auf die benachbarten Ortslagen ist auf den Augenblick der Sprengung reduziert, die Sprenganlage ist so zu realisieren, dass keine freiliegende Sprengschnur gezündet wird.

Bei den Gewinnungssprengungen sind besondere Maßnahmen hinsichtlich des Schutzes gegen Streuflug und Spritzflug zu ergreifen. Einerseits ist die Sprenganlage vor einer Über-ladung der Sprengbohrlöcher sowie auch mit einem ausreichenden Endbesatz zu verse-hen. Andererseits ist es ein Vorteil des Tagebaus, dass er vergleichsweise große Abstände zu bebauten Bereichen aufweist. Der Sprengbereich um die jeweilige Sprengung beträgt 300 m. Die geplante Annäherung an die Bahnstrecke auf bis zu 40 m erfordert eine eigene,

gesonderte Absprache mit dem Betreiber der Bahnstrecke. Im Gutachten wird ein mögliches Prozedere für den Zeitraum der Sprengung vorgeschlagen. Ferner ist die Abbaurichtung so zu wählen, dass der Auswurf niemals in Richtung Freileitungsmast weist und somit nur das theoretische Risiko des Spritzfluges in Richtung Freileitungsmast besteht. Grundsätzlich ist vorgesehen, ein Sprengmittellager auf dem Tagebaugelände für die Aufbewahrung der Spreng- und Zündmittel zu errichten. Es wird empfohlen, eine Lagerung von maximal 1000 kg Nettoexplosivstoffmenge (NEM) der Lagergruppe 1.1 D und Zünder von 2 kg NEM der Lagergruppe 1.4 vorzusehen. Die Errichtung und der Betrieb des Explosivstofflagers bedarf einer gesonderten, umfassenderen Begutachtung und Lagergenehmigung. Diese soll jedoch erst während des laufenden Tagebaubetriebs entsprechend der Notwendigkeit aktiv angestrebt werden. Im Gutachten sind die grundsätzlichen Anforderungen, der möglichen Schutz- und Sicherheitsabstände sowie Standorte für ein solches Lager angegeben.

Der nordwestlich der Gemeinde Oberndorf vorgesehene Gipstagebau kann unter den gegebenen Randbedingungen sprengtechnisch aufgefahren werden.