



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

Gutachten

Erweiterung Steinbruch

Objekt:

Förderstedt 39443

Auftraggeber:

Ciech Soda Deutschland GmbH & Co. KG

**Gutachten auf der Grundlage von Unterlagen,
Messergebnissen und Erfahrungen**

Vorhaben: Erweiterung Kalksteintagebau Förderstedt

Objekt: Förderstedt 39443

Auftrags/Kunden-Nr: F967 / K883

Bericht Nr F967_GA_001

Auftraggeber: Ciech Soda Deutschland GmbH & Co. KG
An der Löderburger Bahn 4a
39418 Staßfurt

Ort und Datum: Leipzig, den 23. Juni 2022


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



Revisionen

Rev	Datum	Dokument-Nr	Bemerkung
0	23.06.2022	F967_GA_001	Erschütterungsprognose



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabe	4
2	Veranlassung und Situation	4
3	Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen	6
4	Erschütterungseinwirkungen	9
4.1	Beurteilung für den geplanten Abbau	11
5	Steinstreufzug	12
5.1	Allgemeines	12
6	Schlussfolgerungen	15

Unterlagen

Verträge , Gutachten, Schriftverkehr, Akten, Zeichnungsunterlagen

U(1)	Angebot vom 22.06.2021
U(2)	2012-07-30_Erschütt.prognose Förderstedt_GA IB LICHTE_end
U(3)	Anlage_1_Übersichtsplan_Erweiterungsflächen
U(4)	Anlage_2_Übersichtsplan_Untersuchungsräume
U(5)	Erweiterungsflächen 1zu5.000l Tischvorlage_Scoping RBP_KT Fördertedt

Normen, Richtlinien, Vorschriften

[DIN 4150-1]	DIN 4150-1:2001-06 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
[DIN 4150-3]	DIN4150-3:1999-02 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
[SprengTR 310]	SprengTR 310:2016-10 Technische Regel zum Sprengstoffrecht Sprengarbeiten (SprengTR 310 – Sprengarbeiten)



1 Aufgabe

Erstellen eines erschütterungstechnischen Gutachtens für die Erweiterung des Tagebaus Förderstedt in den Erweiterungsfeldern Süd, Nord und Nordwest im Hinblick auf die zu schützenden Objekte und die unvermeidbaren Nebenwirkungen bei Sprengarbeiten.

2 Veranlassung und Situation

Die Ciech Soda Deutschland GmbH & Co. KG baut im Tagebau Förderstedt Kalkstein ab. Zur Erhöhung der abbaubaren Vorratsmengen ist eine Erweiterung des Tagebaus geplant. Der Abbau in diesen Erweiterungen erfolgt teils maschinell, teils mittels Bohren und Sprengen. Da von Sprengarbeiten unvermeidbar Erschütterungen ausgehen ist eine entsprechende Begutachtung im Hinblick auf die Erweiterungsfelder erforderlich. Grundlage für die Arbeiten bildet ein Sonderbetriebsplan Sprengwesen.

Die örtlichen Gegebenheiten sind in Abbildung 1 wiedergegeben. Es sind die folgenden Abbaubereiche vorgesehen: die Erweiterungsfelder Süd, Nord und Nordwest sowie den Aufschluss der 4. Abbausohle. Vor dem Erweiterungsfeld Nord. Die beantragten Erweiterungen gemäß U(5) sind:

- Abbau im Bewilligungsfeld Förderstedt II-B-g-235/92 auf drei Abbausohlen mit +56 m NHN, +35 m NHN und +15 m NHN (Erweiterungsfeld Nordwest), Flächeninanspruchnahme von 17 ha, Gewinnung von ca. 14.900 kt Kalkstein
- kurz- und mittelfristige Schaffung von Raum für die Verkipfung von Kalksteinunterkorn im Erweiterungsfeld Nordwest,
- Verbreiterung des Tagebaus im Norden (Erweiterungsfeld Nord) und im Süden (Erweiterungsfeld Süd) entsprechend den Lagerungsverhältnissen des Rohstoffkörpers im Bewilligungsfeld Förderstedt-Marbe II-B-g-318/95, Flächeninanspruchnahme von 24,5 ha, Gewinnung von ca. 21.910 kt Kalkstein
- Abbau einer 4. Tagebausohle bis ± 0 m NHN zur besseren Ausnutzung der Lagerstättenvorräte im BWE III-A-g-284/90/182 sowie im Bewilligungsfeld Förderstedt-Marbe II-B-g-318/95 auf einer Fläche von insgesamt 36,1 ha, Gewinnung von ca. 14.650 kt Kalkstein

In Tabelle 1 sind die für die Begutachtung hinsichtlich der Erschütterungswirkung relevanten zu schützenden Objekte aufgeführt.

Der Abbau wird so gestaltet werden, dass keine Beeinträchtigungen aus der Erschütterungswirkung der Sprengarbeiten zu erwarten sind und dass ausreichende Maßnahmen zum Schutz vor Streuflug getroffen werden.

Abbildung 1 Lageplan

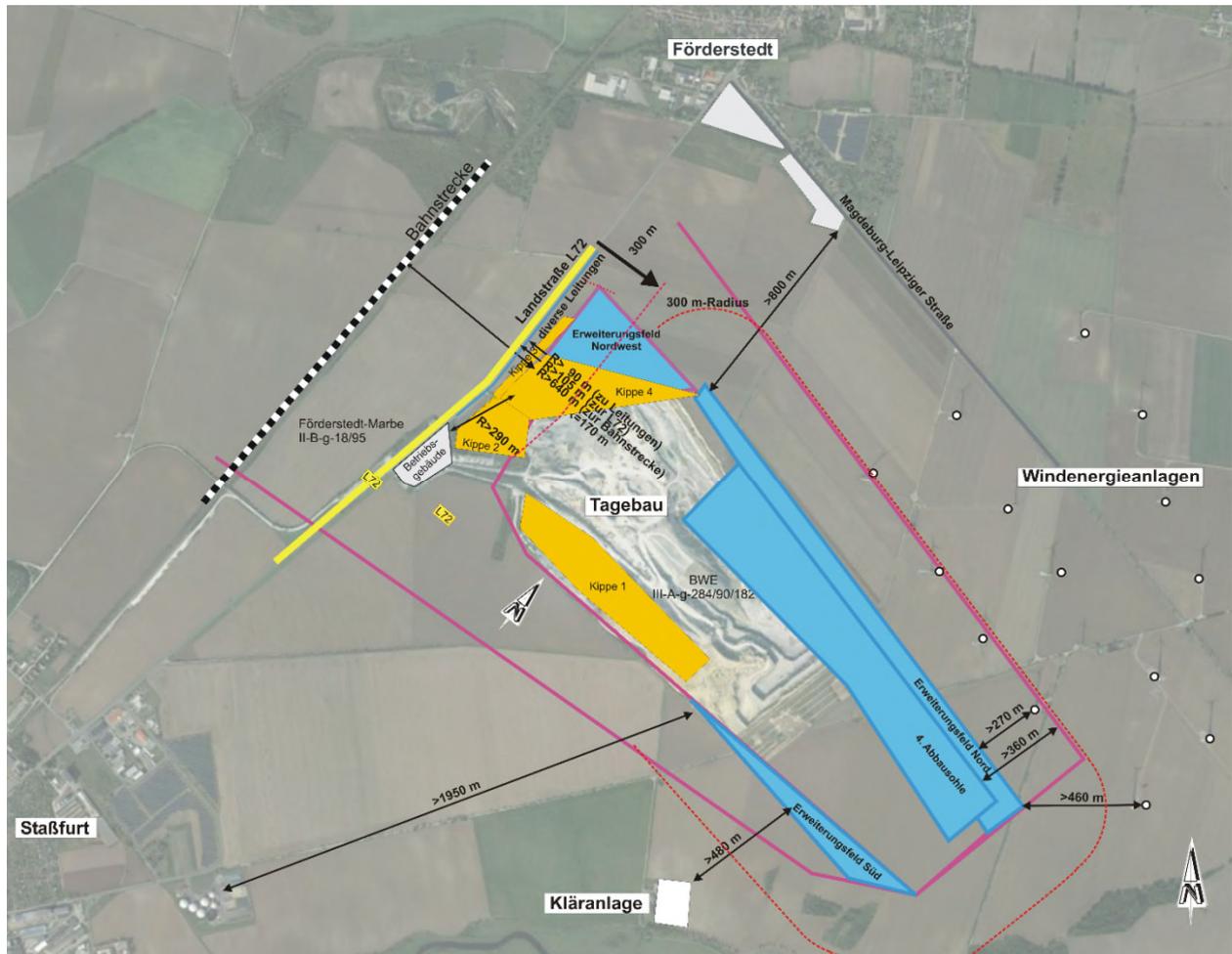


Tabelle 1 Objekte in der Nachbarschaft des erweiterten Abbaus

Objekt	Nr.	R _{min}	R _{min}	R _{min}	R _{min}	Anhaltswert	Richtung
		in m	in m	in m	in m		
			Feld Süd	Feld Nord	Feld Nordwest	4. Sohle	
FGL 4400 DN 600/84 St (innogy)	1	-	390	390	470	15 mm/s	NW
FGL 102.05 DN 300/63 (ONTRAS)	2	-	380	380	460	15 mm/s	NW
FGL 213.02.01 DN 200/63 (ONTRAS)	3	-	360	360	440	15 mm/s	NW
Marbewasserringleitung (Sodawerk Staßfurt)	4	-	>600	130	>1000	50 mm/s	W
Gasleitung H 18 DN 200 ST (1993) (EMS)	5	-	>600	108	>1000	50 mm/s	W
E-Leitung 15 kV	6	-	>600	100	>1000	200 mm/s	W
FGL 67 DN500 (lt. Plan G(H32) DN800) + Begleitkabel (EMS)	7	-	>600	90	>1000	10 mm/s	W
Landstraße L72	8	-	665	105		200 mm/s	W
Bahnstrecke	9	-	>1000	640		200 mm/s	W
Windenergieanlagen	11	-	270	-	360	20 mm/s	NO
Ortslage Förderstedt, Gebäude entlang der Magdeburg-Leipziger Straße	12	-	800	750	990	5 mm/s	N
Kläranlage Staßfurt	13	480	>1000	-	945	20 mm/s	S
Ortslage Staßfurt	14	1950	-	-	-	5 mm/s	SW



3 Beurteilungsgrundlagen Erschütterungen

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 potenziell belästigender 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 wie z.B. Sprengerschütterungen sind die Anhaltswerte am maßgebenden Ort in der obersten Deckenebene in Tabelle 2 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.

In der Tabelle 1 auf Seite 5 sind für die zu schützenden Objekte im Umfeld des Steinbruchs die Fundamentanhaltswerte für die Anregungsfrequenz $f \leq 10$ Hz zusammengestellt. Die DIN 4150-3 gilt für vorwiegend ruhend beanspruchte Bauwerke. Windenergieanlagen gehören nicht dazu. Es können jedoch mindestens die nach Zeile 1 der Tabelle 2 angegebenen Anhaltswerte verwendet werden.

Kurzzeitige Erschütterungen – Einwirkungen Rohrleitungen

Für Rohrleitungen werden in DIN 4150-3 die in Tabelle 3 angeführten Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen angegeben. Sie sollen sicherstellen, dass an den Leitungen keine Schäden auftreten. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Leitungen nach dem heutigen Stand der Technik hergestellt und verlegt wurden.

Zur Beurteilung von Dauererschütterungen dürfen ohne weiteren Nachweis die auf 50 % abgeminderten Anhaltswerte der Tabelle 3 herangezogen werden.

Verschiedene Leitungsbetreiber legen eigene Anhaltswerte für ihre Leitungen fest, welche aufgrund Leitungsart, Material und Baujahr festgelegt werden. Diese Festlegungen sind bereits in der Tabelle 1 eingearbeitet.

Tabelle 2 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 ^{*)}	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						

Tabelle 3 DIN 4150-3 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen

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

4 Erschütterungseinwirkungen

Es ist zu begutachten, welche Randbedingung zu beachten sind, damit erschütterungsbedingte Schäden an den in Tabelle 1 aufgeführten zu schützenden Objekte nicht auftreten werden. In diesem Hinblick ergeben sich die Windenergieanlagen als die relevanten Bauwerke. Erschütterungen sind eine unvermeidbare Nebenwirkung von Gewinnungssprengungen. Ihre Größe ist von verschiedenen Parametern wie Abstand von der Sprengstelle und Lademengeneinsatz abhängig.

Für die Begutachtung wurden Messergebnisse von Schwingungsmessungen von Gewinnungssprengungen in den Jahren 2016 und 2020 herangezogen, um Aussagen der Erschütterungseinwirkungen im relevanten Entfernungsbereich zu erzielen. Im Lageplan in Abbildung 2 sind die Messpunkte und die Sprengstellen eingetragen. In Tabelle 4 sind die wesentlichen Angaben zusammengestellt. Die Abstände zu den Messpunkten sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Bei den Messungen wurden Messgeräte vom Typ Sigicom INFRA Master mit Aufnehmern vom Typ V12 sowie Messgeräte vom Typ Syscom MR3000 eingesetzt. Sie wurden an definierten Freifeldpunkten sowie bei der letzaufgeführten Sprengung in der Ortslage Förderstedt, dem Klärwerk Staßfurt und einer Windenergieanlage aufgestellt. Damit wurde ein sehr weiter Entfernungsbereich von 90 m bis fast 2 km abgedeckt. Die Schwinggeschwindigkeiten haben im Maximum 43,4 mm/s erreicht bei einem Minimalabstand von 90 m zwischen Sprengstelle und Messpunkt (2. Sprengung, MP B). Die Vorzugsfrequenzen lagen in der Größenordnung 3 .. 40 Hz und am Häufigsten um 12 Hz. Die Messergebnisse sind im Einzelnen in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 4 Sprengungen

Sprengung	Datum	Sohle	Löcher	Lademenge/ZZst in kg
1	11.10.2016 08:56	2 SE	12	225
2	13.10.2016 10:14	1 S	15	225
3	19.10.2016 09:24	1 S	16	220
4	21.10.2016 09:26	3 NE	26	100
5	24.09.2021 08:00	1 S	12	220

Tabelle 5 Abstände zu den Messpunkten

Sprengung	MP A	MP B	MP C	MP A'	MP B'	MP C'	MP D'
1	90 m	-	180 m				
2	-	90 m	200 m				
3	140 m	90 m	190 m				
4	240 m	420 m	290 m				
5				1680 m	1930 m	850 m	840 m

Abbildung 2 Lageplan Sprengstellen und Messpunkte

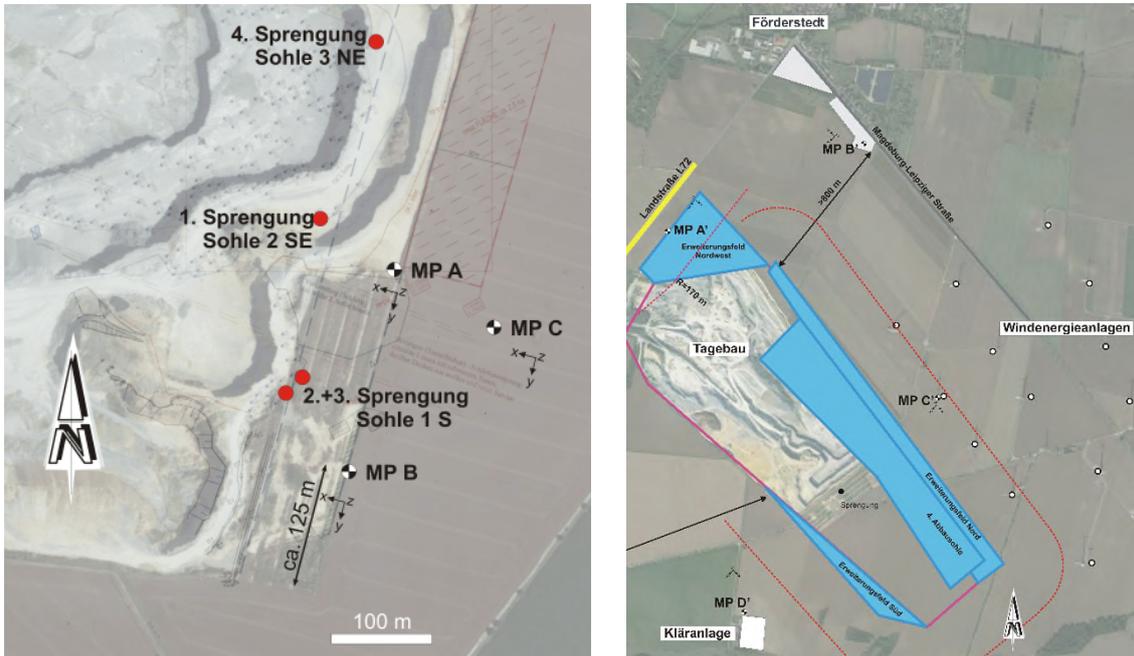


Tabelle 6 Messergebnisse

Sprengung	Datum	Sohle	Löcher	Lademenge / ZZst in kg	MP	vx	vy	vz	Fx	Fy	Fz
1	11.10.2016 08:56	2 SE	12	225	A	18,1	28,6	19,2	11,7	12,7	36,0
1	11.10.2016 08:56	2 SE	12	225	C	6,2	5,8	6,1	39,7	38,3	10,7
2	13.10.2016 10:14	1 S	15	225	B	43,4	31,0	26,8	10,3	12,3	9,0
2	13.10.2016 10:14	1 S	15	225	C	11,1	7,9	9,7	9,0	7,0	6,3
3	19.10.2016 09:24	1 S	16	220	A	29,6	11,5	13,8	13,3	13,3	28,0
3	19.10.2016 09:24	1 S	16	220	B	18,8	14,4	17,4	9,0	12,0	27,0
3	19.10.2016 09:24	1 S	16	220	C	12,9	8,8	7,8	8,7	12,0	18,7
4	21.10.2016 09:26	3 NE	26	100	A	16,1	8,8	4,1	16,0	13,0	12,7
4	21.10.2016 09:26	3 NE	26	100	B	2,8	1,9	1,1	*)	-	-
4	21.10.2016 09:26	3 NE	26	100	C	7,8	7,8	4,2	40,3	39,0	41,0
5	24.09.2021 08:00	1 S	12	210	A'	0,26	0,12	0,13	-	-	-
5	24.09.2021 08:00	1 S	12	210	B'	0,17	0,18	0,21	-	-	-
5	24.09.2021 08:00	1 S	12	210	C'	0,91	0,87	0,47	8,2	10,2	6,6
5	24.09.2021 08:00	1 S	12	210	D'	1,09	1,22	0,46	2,7	6,2	6,2

*) Triggerschwelle nicht überschritten, daher nur Messwerte der Schwinggeschwindigkeit

4.1 Beurteilung für den geplanten Abbau

Aus den Sprengungen wurde die Entfernungsabhängigkeit der Freifelderschütterungen herausgearbeitet. Diese ist in Abbildung 3 dargestellt. In dem linken Diagramm ist zusätzlich der angenommene Prognosehorizont für eine maximale Lademenge von 220 kg/Zündzeitstufe als Linie eingezeichnet. Das linke Diagramm zeigt die reine Entfernungsabhängigkeit (Entfernung – max. Schwinggeschwindigkeit) und das rechte Diagramm die Berücksichtigung der bei den Versuchen eingesetzten Lademengen („reduzierte Entfernung“ – max. Schwinggeschwindigkeit).

Abbildung 3 Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen

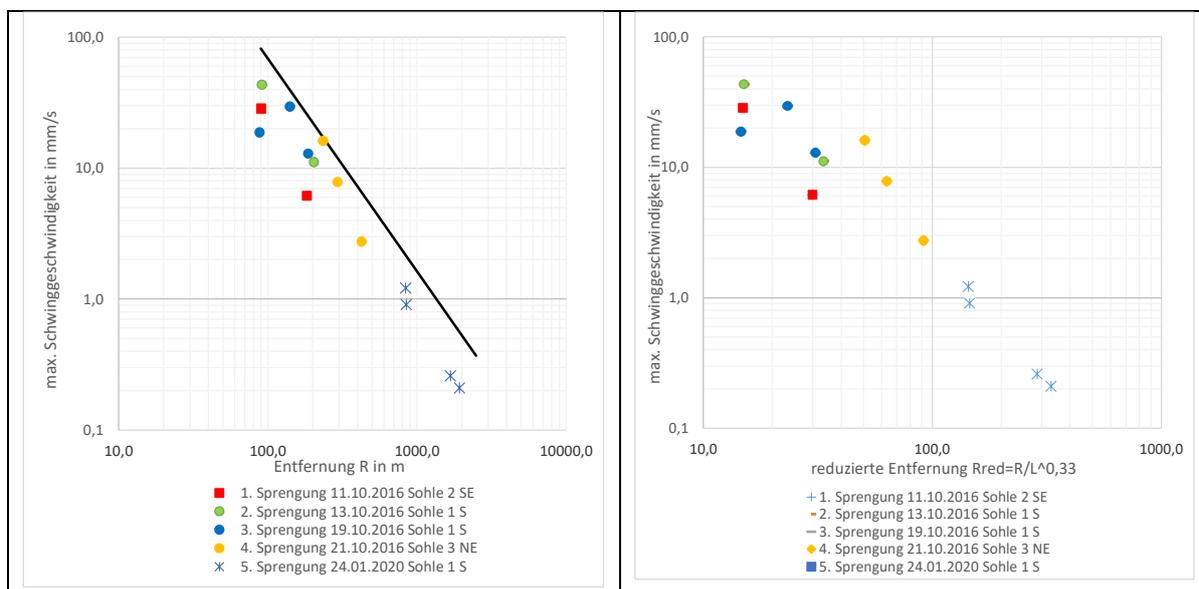


Tabelle 7 Entfernungsabhängigkeit der Sprengerschütterungen

Entfernung	Sohle I	tiefere Sohlen
250	11,7 ... 18,7	7,5 ... 12
300	8,7 ... 14,0	6,3 ... 10
400	5,5 ... 8,8	4,0 ... 6,4
500	3,8 ... 6,1	2,0 ... 4,4
750	1,9 ... 3,1	1,4 ... 2,2
1000	1,2 ... 1,9	0,8 ... 1,4

Aus der Tabelle 7 geht hervor, dass bei einem Abstand von 250 m die Sprengerschütterungen unter 20 mm/s bleiben, sowohl bei Sprengungen in der Sohle I als auch bei einer Erweiterung der 4. Sohle. Ab 560 m Entfernung treten nur noch Schwinggeschwindigkeiten unter 5 mm/s auf, im Durchschnitt ist dies schon ab 280 m der Fall.



5 Steinstreufzug

5.1 Allgemeines

Nach Maßgabe der Gesetze und Verordnungen ist es erforderlich, während einer Sprengung sicherzustellen, dass sich keine Personen innerhalb des Sprengbereiches aufhalten, sofern sie nicht entsprechende Sicherheitsräume aufgesucht haben. Nach der [SprengTR 310] gilt als Sprengbereich derjenige Bereich, in dem mit Sprengstücken gerechnet werden muss. Er ist jeweils nach den Regeln der Sicherheitstechnik zu wählen und vom Sprengberechtigten festzulegen. Auf Grund ihrer Erfahrungen führten die Fachleute einen Umkreis von 300 m von der Sprengstelle als Sprengbereich ein.

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. Es besteht auch die Möglichkeit, den Sprengbereich im Einvernehmen zwischen Unternehmer und Sprengberechtigtem zu verkleinern; wenn dies die Randbedingungen zulassen.

Letzteres kann erforderlich werden, wenn sich z.B. Verkehrswege innerhalb der 300 m Zone befinden. Es ist dazu sicher zu stellen, dass auch bei verkleinertem Radius Personen außerhalb des dann festgelegten Sprengbereiches nicht gefährdet werden.

Sprengberechtigter und Unternehmer tragen die Verantwortung für die Festlegung und Absicherung des verkleinerten Sprengbereiches.

Im zu beurteilenden Steinbruch sind im gegenwärtigen Zustand die Entfernung zu der L72 kleiner als 300 m. Für die weiteren Bereiche ist der Sprengbereich außerhalb zu schützender Immissionsorte. Eine geringfügige Ausnahme bilden hierbei die Windenergieanlagen.

Grundlagen

Bei Gewinnungssprengungen in Steinbrüchen und Tagebauen wird eine „Massenverlagerung“ des Gesteins bewirkt. Die angestrebte sogenannte Abwurfweite ist betriebsspezifisch von der jeweiligen Wandhöhe, der eingesetzten Technik und der Lage der Wand gegenüber stationären Anlagen abhängig. Sie wird u.a. durch das planmäßige Bohrraster und die sich daraus ergebende spezifische Sprengstoffmenge realisiert. Dabei führt der Gasdruck zur gewünschten Massenbewegung.

Bei Steinstreufzug wird unterschieden zwischen dem Steinflug in Wurfriechtung der Sprengung sowie dem Spritzflug aus dem Bohrlochmund der Kopfbohrlöcher.

Steinflug in Wurfrichtung tritt auf,

- 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.

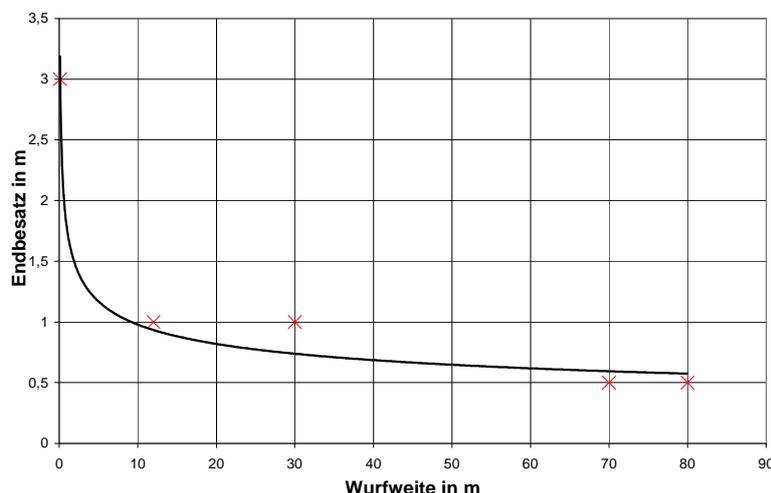
Um ungewollten Steinflug auszuschließen, muss sichergestellt werden:

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

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.

Abbildung 4 Wurfweiten bei unterschiedlichem Endbesatz



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

- Bei unterschiedlichen Endbesatzgrößen ergaben sich die in Abbildung 4 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.
- Wenn die Oberfläche des Sprengfeldes stark aufgelockert ist, ist ein größerer Endbesatz als oben genannt erforderlich.

Aus der Sicht dieser Versuche wurde trotz der optimistischen Versuchsergebnisse in dem betreffenden Steinbruch vorgeschlagen den Sprengbereich entgegengesetzt zur Wurfrichtung der Großbohrlochsprengungen nur bis auf 150 m zu verringern.

Erfolgt die Sprengung auf einer tieferen Sohle als der obersten Sohle 1, so verringert sich die Wurfweite kaum. Würde auf einer 20 m tief gelegenen Sohle mit 80° geneigten Bohrlöchern gesprengt, so ergäbe sich eine rechnerischen Wurfweite von 146 m gegenüber einer rechnerischen Wurfweite von 150 m bei einer ebenerdigen Sprengung.

Folglich ist bei Sprengungen auf tieferen Sohlen der notwendige Schutzabstand der gleiche.

6 Schlussfolgerungen

Die Ciech Soda Deutschland GmbH & Co. KG baut im Tagebau Förderstedt Kalkstein ab. Zur Erhöhung der abbaubaren Vorratsmengen ist eine Erweiterung des Tagebaus geplant. Der Abbau in diesen Erweiterungen erfolgt teils maschinell, teils mittels Bohren und Sprengen. Da von Sprengarbeiten unvermeidbar Erschütterungen ausgehen ist eine entsprechende Begutachtung im Hinblick auf die Erweiterungsfelder erforderlich.

Auf Basis von Messergebnissen mehrerer Sprengungen wurde eine Erschütterungsprognose für die konkreten örtlichen Gegebenheiten durchgeführt. Die Datenbasis deckt einen sehr weiten Entfernungsbereich zwischen 90 m und fast 2 km ab. Die Prognose zeigt, dass bei Einsatz von 220 kg/Zündzeitstufe an den zu schützenden Anlagen, Gebäuden und Leitungen keine unzulässigen Erschütterungen auftreten. Aus der Prognose geht auch hervor, dass bei diesem Lademengenansatz in einem Abstand von 250 m die Sprengerschütterungen unter 20 mm/s bleiben, sowohl bei Sprengungen in der Sohle I als auch bei Sprengungen auf tieferen Sohlen, also auf einer Erweiterung der 4. Sohle. Ab 560 m Entfernung treten nur noch Schwinggeschwindigkeiten unter 5 mm/s auf, im Durchschnitt ist dies schon ab 280 m der Fall. Damit treten an den nächstgelegenen Windenergieanlagen Sprengerschütterungen mit großem Sicherheitsabstand unter dem Anhaltswert 20 mm/s auf. Die Ortslage Förderstedt und Staßfurt einschließlich der zum Steinbruch am nächsten gelegenen Kläranlage werden mit Erschütterungen deutlich unter dem Anhaltswertniveau nach Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude beansprucht.

Hinsichtlich Streuflug bestehen in den Erweiterungsbereichen Süd, Nord und der Vertiefung der 4. Sohle keine Notwendigkeiten, den Sprengbereich auf unter 300 m zu verringern. Im Lageplan in Abbildung 1 sind die 300 m-Abstände rot-gestrichelt wiedergegeben. Lediglich im Bereich Nord besteht für die Windenergieanlagen durch Spritzflug eine theoretische Gefahr, weshalb die Endbesatzlänge mindestens der das Maß der Vorgabe betragen sollte, mindestens aber 3 m. Der Spritzflug der Großbohrlochsprengungen tritt dann gemäß den Erfahrungen nicht auf.

Die geplanten Erweiterungen in den Erweiterungsfeldern Süd, Nord und dem Abschluss der 4. Sohle können analog dem bisherigen Abbau vorangetrieben werden. Die Anforderungen hinsichtlich des Erschütterungsschutzes und des Themas Streuflug werden eingehalten. Eine Erhöhung der Lademengen ist prinzipiell möglich, sollte jedoch auf die konkrete Situation gegengeprüft werden. Für das Erweiterungsfeld Nordwest wäre ein sprengtechnischer Abbau nur mit erhöhten Anforderungen möglich, d.h. verringertem Lademengeneinsatz und erhöhten Anforderungen gegenüber Streuflug.