

Antrag auf Planfeststellung

Hartsalzwerk Siegfried-Giesen

Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan

Unterlage I - Bearbeitungsgrundlagen

I-20 Prognose von Sprengerschütterungen

Erstellung der Unterlage:



(Robert Pause)
Markscheider



K+S KALI GmbH
Projektgruppe
Siegfried-Giesen
Kardinal-Bertram-Straße 1
31134 Hildesheim

Aufgestellt:
Hildesheim, den 17.12.2014

Antragsteller / Vorhabensträger

K+S Aktiengesellschaft
Bertha-von-Suttner-Straße 7
34131 Kassel/Deutschland

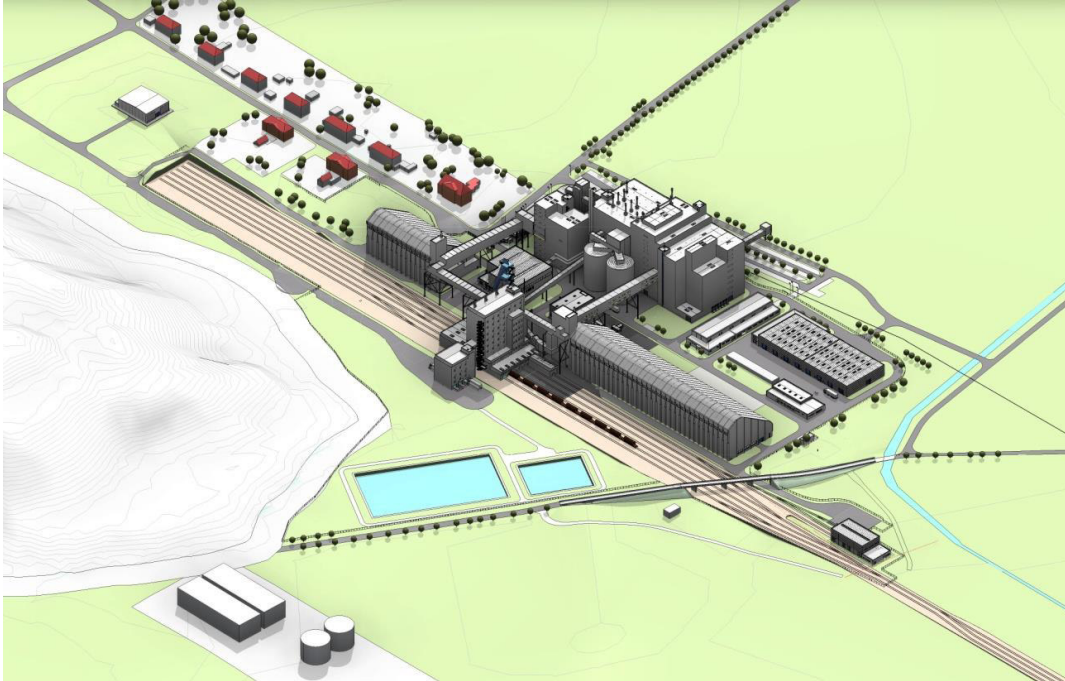


vertreten durch:

K+S KALI GmbH
Projektgruppe Siegfried-Giesen
Kardinal-Bertram-Straße 1
31134 Hildesheim

Hartsalzwerk Siegfried-Giesen

Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan



Unterlage I - Bearbeitungsgrundlagen

I-20 Prognose von Sprengerschütterungen

Antragsteller/
Vorhabensträger:

K+S Aktiengesellschaft
Bertha-von-Suttner-Straße 7
34131 Kassel/Deutschland



vertreten durch:

K+S KALI GmbH
Projektgruppe Siegfried-Giesen
Kardinal-Bertram-Straße 1
31134 Hildesheim

Erstellung der Unterlage:



K+S KALI GmbH
Projektgruppe Siegfried-
Giesen
Kardinal-Bertram-Straße 1
31134 Hildesheim

Datum:

Hildesheim, März 2014



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
1 Einleitung.....	1
2 Normative Grundlagen.....	2
3 Prognose von Messwerten	3
4 Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen	7
5 Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	8
6 Zusammenfassung.....	11
7 Literaturverzeichnis	12



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Leitsprengbild.....	5
Abb. 2	Zu erwartende Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Spreng- und Einwirkungsort.....	6
Abb. 3	Zulässige Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Frequenz	7
Abb. 4	Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen	8
Abb. 5	Abhängigkeit der maximal bewerteten Schwingstärke von der Schwinggeschwindigkeit für Frequenzen von 10- 80 Hz	10
Abb. 6	Abhängigkeit der maximal bewerteten Schwingstärke von der Schwinggeschwindigkeit für eine Frequenz von 80 Hz.....	10



1 Einleitung

Die untertägige Gewinnung von Kali- und Magnesiumsalzen und die Auffahrung von Infrastrukturgrubenbauen im Bergwerk Siegfried-Giesen erfolgt vorzugsweise durch Anwendung der Sprengtechnik.

Bei Sprengungen entstehen Schwingungen, die sich durch das Salzgebirge bis an die Tagesoberfläche fortpflanzen können. Dort werden die Schwingungen auf Gebäude übertragen und von den Menschen, die sich dort aufhalten, akustisch wahrgenommen oder sogar gespürt.

Mit einer Prognose soll nun geprüft werden, ob sich die durch untertägige Sprengungen im Bergwerk Siegfried-Giesen hervorgerufenen Sprengerschütterungen auf überirdische Gebäude und die dort lebenden Menschen auswirken.

2 Normative Grundlagen

Das Thema Sprengerschütterungen wird umfassend in der DIN 4150 beleuchtet. Diese Norm ist in drei Teile untergliedert:

- DIN 4150 Teil 1: „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Juni 2001
Diese Norm beschreibt Verfahren, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorermittelt werden können. Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150 Teil 2 und DIN 4150 Teil 3 erfolgen.
- DIN 4150 Teil 2: „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999
Hier werden Anhaltswerte genannt, „bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.“
- DIN 4150 Teil 3: „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Februar 1999
„Diese Norm nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.“

3 Prognose von Messwerten

DIN 4150 Teil 1:

„Diese Norm gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt werden können. Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150-2 und DIN 4150-3 erfolgen.“

Das Handwerkszeug hierfür wird in Kapitel 5 bereitgestellt:

Sprengungen werden in dieser Norm als Einzelereignisse definiert. Bei einer Sprengung werden an einem Ort mehrere mit Sprengstoff gefüllte Bohrlöcher durch Zünder zur Detonation gebracht. Durch die Verwendung von Zeitzündern erfolgt die Zündung der einzelnen Sprengladungen zeitlich gestaffelt; kommen zum Beispiel Viertelsekundenzündern mit 24 Zündzeitstufen zum Einsatz, beträgt die Dauer einer Sprengung $24 \cdot 0,25\text{s} = 6$ Sekunden. Zwei aufeinander folgende Sprengungen sind zeitlich so weit von einander getrennt, dass ihre Wirkungen nicht mehr zusammentreffen können. Die Emissionsstärke und der Einwirkungsbereich von Sprengerschütterungen werden vor allem durch die Größe der Lademenge bestimmt. Die erzeugten Frequenzen und die Ausbreitung der Erschütterung unterliegen dem Einfluss der örtlichen geologischen Verhältnisse.

Für die Prognose von Sprengerschütterungen kann näherungsweise die folgende empirische Abstands-Lademengen-Beziehung verwendet werden:

$$v_{\max} = k \left(\frac{L}{L_0} \right)^b \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-m} \text{ mm/s}$$

Dabei sind

- v_{\max} der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s;
- L die Lademenge Sprengstoff in kg je Zündzeitstufe;
- L_0 = 1kg (Bezugsgröße);
- R die Entfernung von der Sprengstelle in m
- R_0 = 1m (Bezugsgröße)
- k ein Beiwert, in mm/s, empirisch ermittelt
- b, m Kennzahlen, empirisch ermittelt.

Der Faktor k und die Exponenten b und m müssen unter Berücksichtigung geologischer Verhältnisse und des Sprengverfahrens empirisch bestimmt werden.

Der Sachverständige für Sprengtechnik Rolf Schillinger hat die Exponenten b und m und den Faktor k anhand einer großen Anzahl von Messungen bei Sprengungen im Kalibergbau bestimmt:

$$\begin{aligned} b &= 0,59 \\ m &= -1,52 \\ k &= 646 \end{aligned}$$

Die Formel lautet entsprechend:

$$v_{\max} = 646 * L^{0,59} * R^{-1,52} \text{ mm/s}$$

Beim zukünftigen Streckenvortrieb werden 7m lange Sprengbohrlöcher parallel zur Auffahrungsrichtung erstellt; diese Bohrlöcher haben einen Durchmesser von 38 mm und werden jeweils mit knapp 6 kg Sprengstoff und einem Zeitzünder versehen. Sowohl die Anordnung der Bohrlöcher als auch die Verteilung der Zeitzünder erfolgen nach den Vorgaben in sogenannten Leitsprengbildern. Ein diesbezügliches Leitsprengbild ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt: Mehr als vier Zünder mit der gleichen Zündzeitstufe sind dabei nicht vorgesehen; als maximale Lademenge je Zündzeitstufe können also max. 24 kg Sprengstoff angenommen werden.

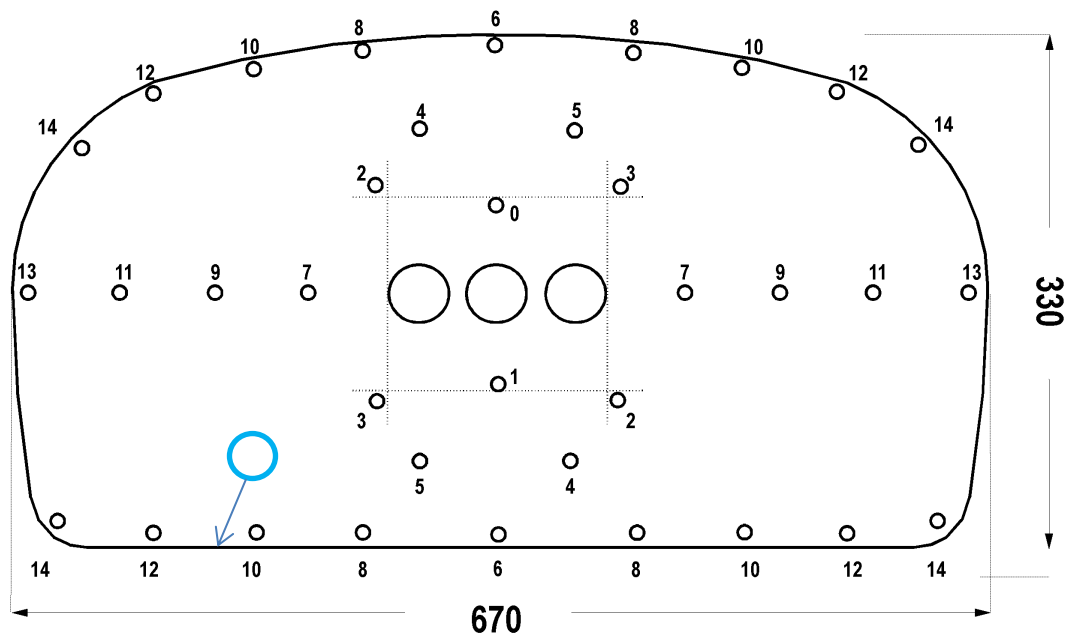
Die Prognoseformel vereinfacht sich weiter zu einer Funktion mit nur einer abhängigen Variablen, der Entfernung zum Sprengort:

$$v_{\max} = 646 * 24^{0,59} * R^{-1,52} \text{ mm/s}$$

Abb. 1 Leitsprengbild

Leitsprengbild Streckenvortrieb

36 Sprengbohrlöcher je 38 mm Ø ; 3 Großbohrlöcher je 350 mm Ø



Zündzeitstufe

(z.B. bei Einsatz von Viertelsekundenzündern bedeutet Zündzeitstufe 10, dass dieses Bohrloch nach $10 * 0,25 \text{ s} = 2,5 \text{ s}$ gezündet wird)

Eine graphische Darstellung dieser Formel liefert Abb. 2. Dort sind die zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Spreng- und Einwirkungsort dargestellt.

Im Bergwerk Siegfried-Giesen wird ein Abbau in minimal 500 m Teufe stattfinden; würde eine Sprengung genau senkrecht unter einem Gebäude stattfinden, müsste man hier mit Schwinggeschwindigkeiten von etwa 0,33 mm/s rechnen.

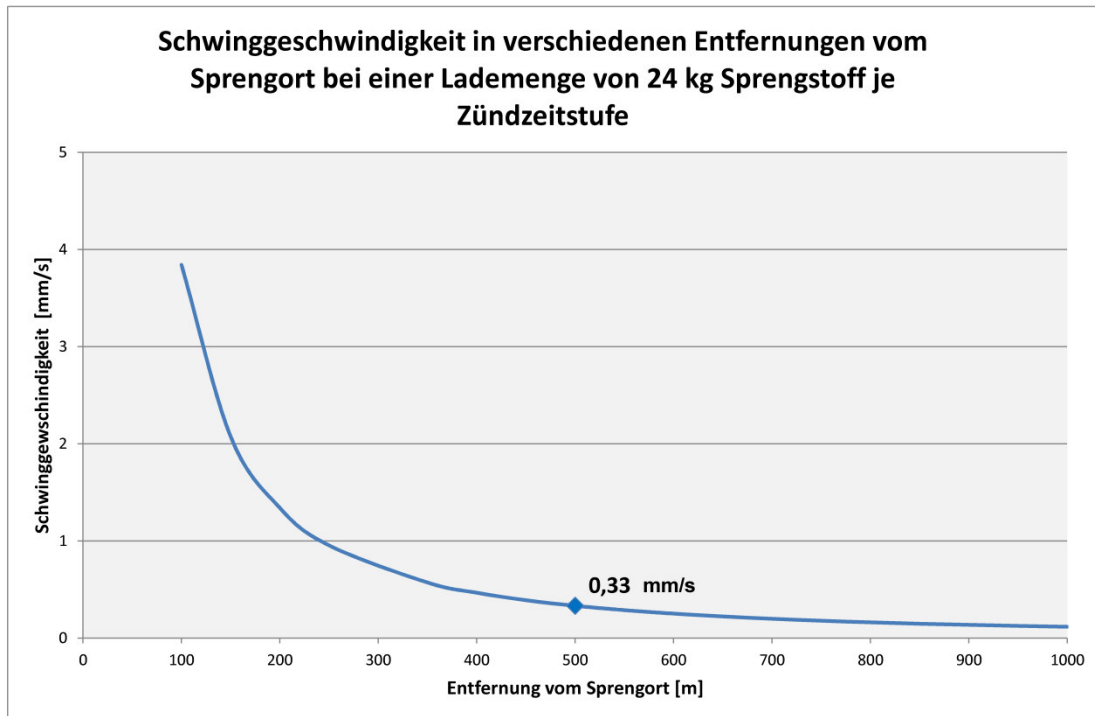


Abb. 2 Zu erwartende Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Spreng- und Einwirkungsort

4 Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die DIN 4150 Teil 3 nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht eintreten.

Es werden hinsichtlich der Gebäudeart drei Unterscheidungen getroffen:

- 1) Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten;
- 2) Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und / oder Nutzung gleichartige Bauten;
- 3) Bauten mit besonderer Erschütterungsempfindlichkeit (z.B. unter Denkmalschutz stehend).

In Abb. 3 sind die für kurzzeitige Erschütterungen zulässigen Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt.

Die für Sprengungen im Bergwerk Siegfried-Giesen prognostizierte Schwinggeschwindigkeit von 0,33 mm/s liegt für alle Frequenzen deutlich unter den für besonders empfindliche Gebäude zulässigen Werten. Gebäudeschäden infolge von untertägigen Sprengungen sind daher nicht zu erwarten.

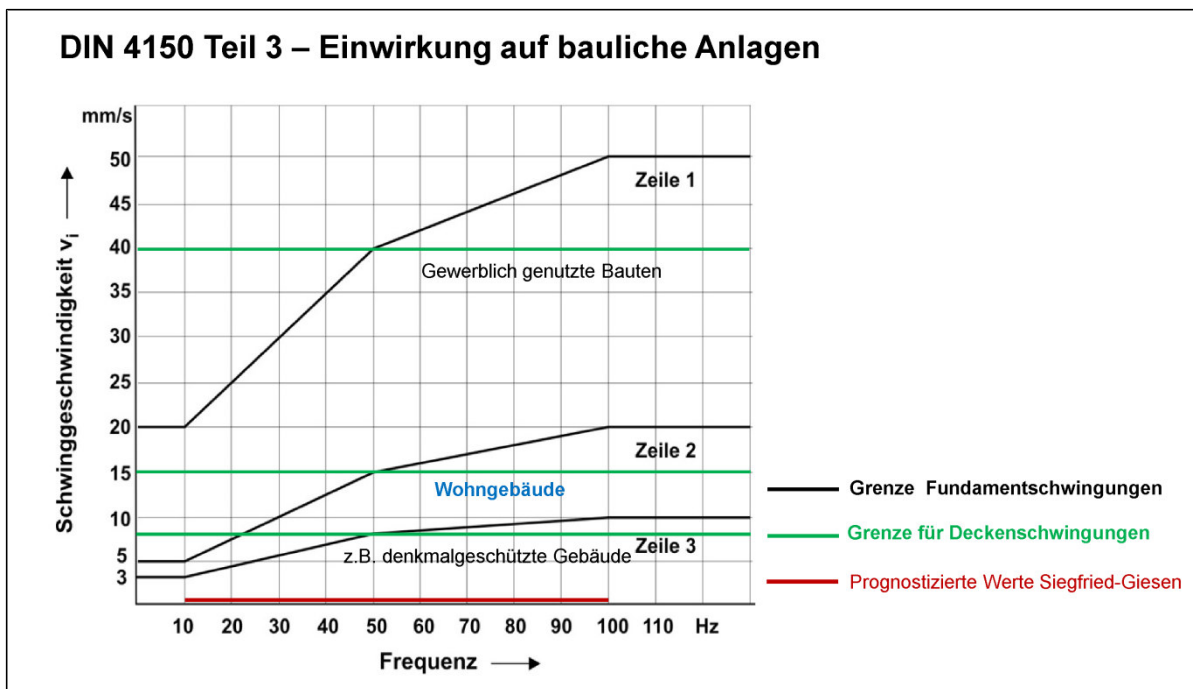


Abb. 3 Zulässige Schwinggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Frequenz

5 Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Beurteilung von Erschütterungen, die auf Menschen in Gebäuden einwirken, wird in DIN 4150 Teil 2 geregelt. Es werden Anhaltswerte definiert, bei deren Einhaltung erhebliche Belästigungen von Menschen, die sich in Wohnungen oder in vergleichbar genutzten Räumen aufhalten, in der Regel nicht zu erwarten sind.

Sprengerschütterungen werden von der DIN 4150-Teil 2 zu den selten auftretenden, kurzzeitigen Einwirkungen (DIN 4150-Teil 2, Kapitel 6.2 und 6.5.1) gerechnet. Hier gelten die Anforderungen der Norm als eingehalten, wenn die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner als der zutreffende Anhaltswert A_0 ist.

In der Abb. 4 sind diese A_0 – Werte sowohl für die Tagzeit (06:00 bis 22:00 Uhr) als auch für die Nachtzeit (22:00 – 06:00 Uhr) aufgelistet. Dabei werden fünf Stufen unterschieden, je nachdem in welcher Umgebung sich der Aufenthaltsraum befindet:

- 1) nur gewerbliche Anlagen
- 2) vorwiegend gewerbliche Anlagen
- 3) Mischgebiete
- 4) Wohngebiete
- 5) besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte (z.B. Krankenhäuser)

Für die Beurteilung der Einwirkungen von Erschütterungen durch das Bergwerk Siegfried-Giesen werden die Anhaltswerte für Wohngebiete zugrunde gelegt.

Anhaltswerte A_0 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen			
Zeile	Einwirkungsort	Tags	Nachts
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	6	0,6
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	6	0,4
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	5	0,3
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	3	0,2
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	3	0,15

Abb. 4 Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Ein Berechnungsverfahren, mit dem nach Eingabe von Frequenzen und maximalen Schwinggeschwindigkeitswerten der $KB_{F_{\max}}$ -Wert näherungsweise bestimmt werden kann, wird in DIN 4150 Teil 2 Abschnitt 7 vorgestellt:

$$KB_{F_{\max}} = c_F * \frac{1}{2} \sqrt{2} * \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

Dabei sind:

- f Frequenz in Hz;
- f_0 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses);
- v_{\max} maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s;
- c_F Konstante für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen;
- $KB_{F_{\max}}$ maximal bewertete Schwingstärke (dimensionslos).

Die Konstante c_F stellt einen Erfahrungswert dar und ist in der Norm mit 0,8 für Einzelereignisse kurzer Dauer mit Resonanzbeteiligung (Messung auf oberster Geschossebene) und mit 0,6 für Einzelereignisse kurzer Dauer ohne Resonanzbeteiligung (Messung am Fundament) angegeben. Mit der Abb. 5 wird die Abhängigkeit der maximal bewerteten Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ von der Schwinggeschwindigkeit v_{\max} dargestellt. Die beiden Geraden repräsentieren Frequenzen von 10 Hz und 80 Hz und bilden dabei die Bandbreite des Frequenzspektrums ab, das bei Sprengungen im Kalibergbau zu erwarten ist. Die Konstante c_F ist hier gleich 0,8 gesetzt.

Bei einer Frequenz von 80 Hz wird der Tagesgrenzwert für Wohngebiete ($KB_{F_{\max}} = A_o = 3$) bei einer Schwinggeschwindigkeit von 5,3 mm/s erreicht, ist eine Frequenz von 10 Hz gegeben, wird dieser Grenzwert erst bei einer Schwinggeschwindigkeit von größer als 6,0 mm/s überschritten. Der für das Bergwerk Siegfried-Giesen prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeit von 0,33 mm/s stehen $KB_{F_{\max}}$ – Werte von 0,16 ($f=10$ Hz) bis 0,19 ($f=80$ Hz) gegenüber. Der A_o - Wert wird hier nicht einmal zu 10% ausgenutzt.

Der für die Nacht (22:00 – 06:00 Uhr) festgelegte A_o -Wert von 0,2 wird mit dem $KB_{F_{\max}}$ - Wert von 0,19 bei einer Frequenz von 80 Hz ebenfalls unterschritten (Abb. 6).

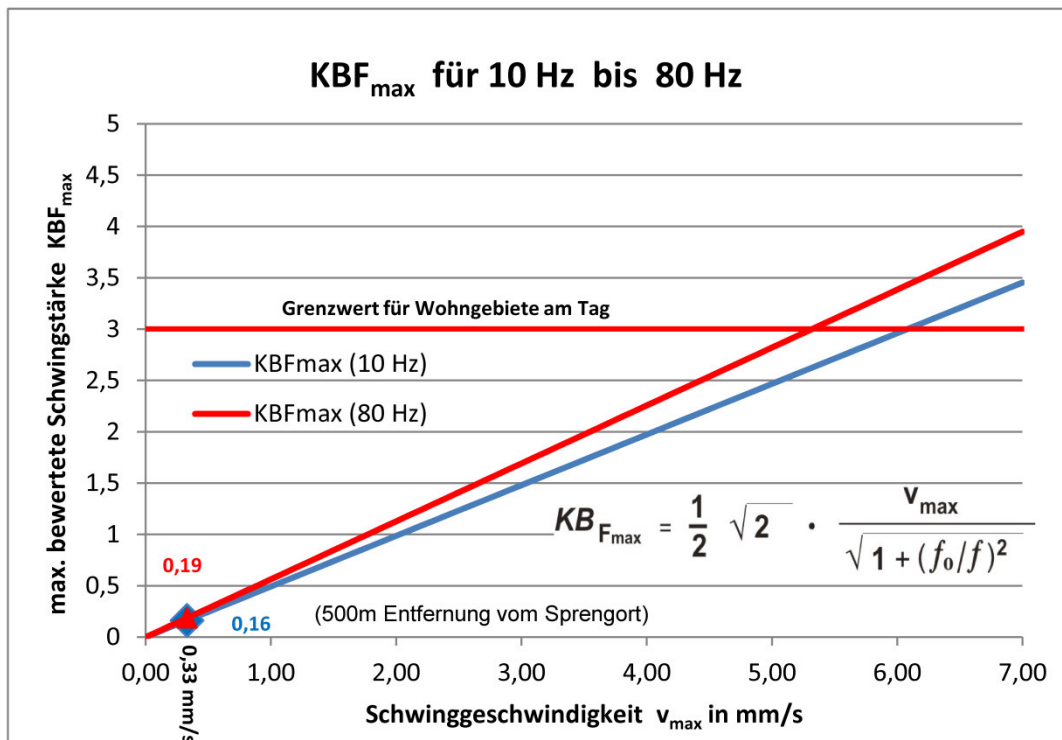


Abb. 5 Abhängigkeit der maximal bewerteten Schwingstärke von der Schwinggeschwindigkeit für Frequenzen von 10- 80 Hz

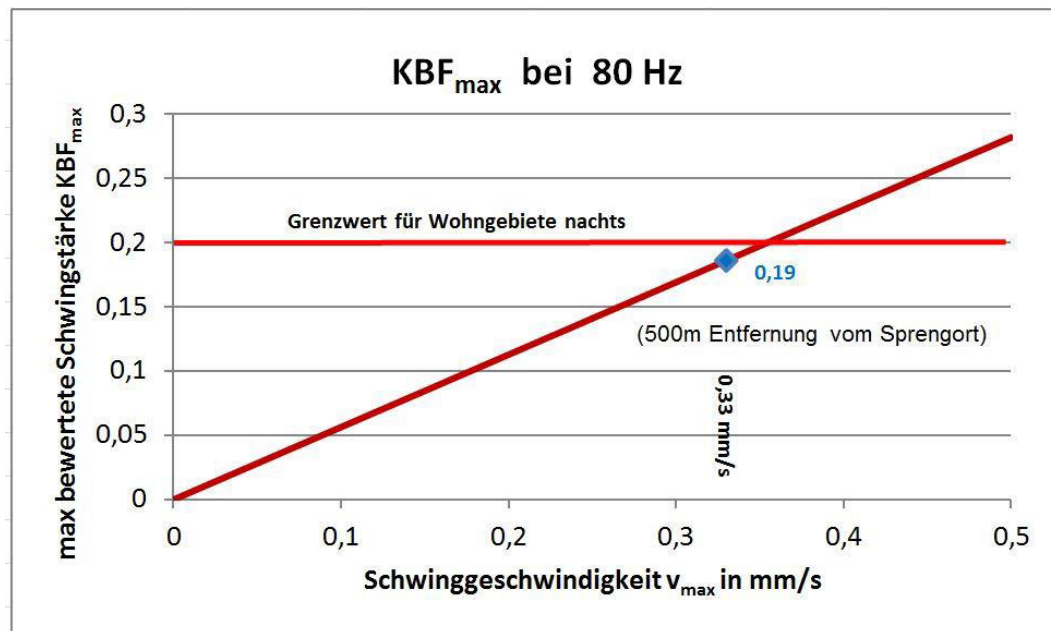


Abb. 6 Abhängigkeit der maximal bewerteten Schwingstärke von der Schwinggeschwindigkeit für eine Frequenz von 80 Hz



6 Zusammenfassung

Die DIN 4150 bildet mit ihren drei Teilen (Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen) die normative Grundlage hinsichtlich Erschütterungen im Bauwesen.

Auf ihrer Grundlage wird eine Prognose für die maximale Schwinggeschwindigkeit erarbeitet, die als Folge untertägiger Sprengungen im Bergwerk Siegfried-Giesen an der Tagesoberfläche zu erwarten sein wird. Eine maximale Sprengstoffmenge von 24 kg je Zündzeitstufe und eine minimale Entfernung zwischen Sprengort und Einwirkungsort von 500 m sind hier die Randbedingungen. Ein Vergleich mit den in der Norm festgelegten Anhaltswerten für Gebäude zeigt, dass die prognostizierte Schwinggeschwindigkeit von maximal 0,33 mm/s selbst für niedrige Frequenzen deutlich unterhalb des zulässigen Wertes für Gebäude mit besonderer Erschütterungsempfindlichkeit liegt.

Zur Beurteilung der Einwirkungen von Menschen in Gebäuden werden für verschiedene Frequenzen Werte der maximal bewerteten Schwingstärke berechnet und den zulässigen Anhaltswerten der Norm gegenübergestellt. Diese Anhaltswerte werden unterschritten.

7 Literaturverzeichnis

(Juni 2001). *DIN 4150 Teil 1: „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“*. Beuth.

(1999). *DIN 4150 Teil 2: „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“*. Beuth.

(1999). *DIN 4150 Teil 3: „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“*. Beuth.