

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.MuellerBBM.de

M. Sc. Katharina Henkenhaf
Telefon +49(721)504379 13
Katharina.Henkenhaf@mbbm.com

04. November 2021
M147295/03 Version 1 HNH/MSB

Erweiterung Steinbruch Gehrenberg

Stellungnahme Quarzfeinstaub

Bericht Nr. M147295/03

Auftraggeber:

Röhrig granit GmbH
Postfach 13 47
64631 Heppenheim

Bearbeitet von:

M. Sc. Katharina Henkenhaf

Berichtsumfang:

Insgesamt 13 Seiten

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	3
2	Beurteilungsgrundlagen	4
3	Emissionen und Immissionen	6
4	Grundlagen des Berichts (Literatur)	12

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Fa. Röhrig granit GmbH betreibt an ihrem Standort in 64646 Heppenheim-Sonderbach einen immissionsschutzrechtlich genehmigten Granit-Steinbruch (Steinbruch Gehrenberg, (Anlage nach Nr. 2.1 des Anhangs 1 der 4. BImSchV, Verfahrensart G) sowie eine Brech- und Klassieranlage (Edelsplittwerk) zur Aufbereitung des im Steinbruch gewonnenen Granits (Anlage nach Nr. 2.2 des Anhangs 1 der 4. BImSchV, Verfahrensart V).

Die Röhrig granit GmbH plant derzeit eine Erweiterung des Steinbruchs Gehrenberg in Sonderbach um 6,2 ha in südlicher Richtung.

Im Zuge des hierfür erforderlichen Genehmigungsverfahrens soll ergänzend zur Staubimmissionsprognose für den erweiterten Steinbruch eine Stellungnahme zu den resultierenden Immissionen an Quarzfeinstaub erstellt werden.

2 Beurteilungsgrundlagen

Immissionswerte für benachbarte Wohnnutzungen

Zur Einschätzung der Quarzfeinstaubimmissionen muss hilfsweise ein immissionsseitiger Beurteilungsmaßstab abgeleitet werden, da weder in der TA Luft noch in der 39. BImSchV für Quarzfeinstaub ein Immissionswert für das Schutzgut Mensch festgelegt ist.

Herleitung Beurteilungswert gemäß LAI/UBA

In dem Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) aus 2004 [9] werden für krebserzeugende Luftschadstoffe, für die keine Immissionswerte festgelegt sind, u. a. Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung nach TA Luft abgeleitet.

Grundlage dieser Betrachtung bildet das Einzelstoffrisiko von $4,5 \times 10^{-5}$ analog zu dem festgeschriebenen Immissionswert für Benzol (Nr. 4.2.1 TA Luft 2002)¹, das fortan als zulässiges Risiko bezeichnet wird. Für die betrachteten Luftschadstoffe wurde – soweit vorhanden – auf ein unit risk bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurückgegriffen und – entsprechend dem Vorgehen bei Benzol – das Einzelstoffrisiko durch dieses dividiert. [9]

Im Rahmen eines Projektes des UBA zur Bewertung von krebserzeugenden Stoffen für die TA Luft [10] wurde² pro $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ein Risiko von $2,8 \times 10^{-5}$ oder 4×10^{-5} abgeleitet.

In Anwendung des in LAI 2004 [9] dargestellten Herleitungswegs und der Angaben in [10] wird entsprechend ein Beurteilungswert (Jahresmittelwert) von $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt.³

Herleitung Beurteilungswert aus AGW

In dem o. g. Bericht des LAI aus 2004 wird mit Asbest ein krebserzeugender Luftschadstoff betrachtet, der in festem Aggregatzustand emittiert wird, für den auch – wie für Quarzfeinstaub ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) festgelegt ist (s. u.). Aus dem Verhältnis des AGW und des Immissionsjahreswertes für Asbest kann daher ebenfalls ein Immissionsjahreswert für Quarzfeinstaub abgeleitet werden.

In der TRGS 910 [13] wird für Asbest eine Akzeptanzkonzentration von $10.000 \text{ F}/\text{m}^3$ und in dem LAI Bericht [9] ein Orientierungswert von $220 \text{ F}/\text{m}^3$ festgelegt. Legt man dieses Verhältnis zu Grunde (ca. Faktor 45), ergibt sich unter Berücksichtigung des Arbeitsplatzgrenzwertes für Quarz (s. u.) ein Beurteilungswert von im Jahresmittel $0,0011 \text{ mg}/\text{m}^3$ (entspricht $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

¹ Benzol: Immissionswert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einem Unit Risk von 9×10^{-6} bei $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \geq 4,5 \times 10^{-5}$

² Unter Annahme einer Knickfunktion

³ Quarz (z.B.): $4,5 \times 10^{-5} / (4 \times 10^{-5} \text{ bei } 1 \mu\text{g}/\text{m}^3) = 1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fazit Herleitung Beurteilungswert

Der konservativere Beurteilungswert für Quarzfeinstaub, der aus dem Bericht des LAI in Verbindung mit dem des UBA hergeleitet wurde, von im Jahresmittel $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entspricht im vorliegenden Fall dem aus dem Arbeitsplatzgrenzwert hergeleiteten Beurteilungswert. Im Folgenden wird dieser daher für das Schutzgut Mensch herangezogen.

Vorgeschlagenes Irrelevanzkriterium

In dem LAI-Bericht wird auch für die Sonderfallbetrachtung ein Irrelevanzkriterium analog TA Luft von 3,0 % als sachgerecht beschrieben. Für die Aufpunkte mit Bewertung nach TA Luft wird daher ein Irrelevanzkriterium von 3,0 % des hergeleiteten Immissionswertes vorgeschlagen.

Immissionswerte für Arbeitsplätze benachbarter gewerblicher Nutzungen

Gemäß 39. BImSchV [3] sind Arbeitsplätze gewerblicher Nachbarn grundsätzlich nach *Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW)* zu bewerten. [6]

Arbeitsplatzgrenzwerte

Für die alveolengängige Fraktion (A-Staub) am quarzhaltigen Staub finden sich in der TRGS 559 [12] folgende Arbeitsplatzgrenzwerte:

Tabelle 1. *Arbeitsplatzgrenzwerte* (Quarzgrenzwert) nach TRGS 559 [12].

Bezeichnung	Arbeitsplatzgrenzwert	Spitzenbegrenzung/ Überschreitungsfaktor	Bemerkung
Quarzgrenzwert:	$0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$	8	AGS
Alveolengängige Fraktion (A-Staub)			

AGS = Ausschuss für Gefahrstoffe

Vorgeschlagene Irrelevanzschwelle

Ein Irrelevanzkriterium für Arbeitsplatzgrenzwerte ist in der TRGS 559 [12] nicht festgelegt. Für die Aufpunkte mit Bewertung nach AGW wird analog TA Luft ein Irrelevanzkriterium von 3,0 % des AGW vorgeschlagen.

Weiteres

Neben dem genannten Beurteilungsmaßstab gelten für quarzhaltigen Staub ebenso die Arbeitsplatzgrenzwerte für alveolengängigen (A-Staub) und einatembaren Staub (E-Staub) nach TRGS 900, die bereits betrachtet wurden. [6]

Hier sei auch auf die angesetzten Korrekturfaktoren zur Umrechnung von PM_{10} auf AGW verwiesen, die aus der Staubprognose [6] übernommen werden.

3 Emissionen und Immissionen

Emissionen

Der potentiell aus der Anlage freigesetzte Quarzfeinstaub stellt eine Teilmenge der insgesamt freigesetzten Staubemissionen dar, die durch Umschlagen, Lagern, Sprengen und Fahrbewegungen freigesetzt werden.

Die Emissionen an Gesamtstaub wurden bereits prognostiziert und im Bericht M147295/02 [6] dokumentiert. Bezüglich der Partikelgröße ist hierbei der alveolen-gängige Feinstaub (PM₄) relevant. Der PM₄-Anteil ist nicht bekannt, aber wird gemäß der erfolgten Prognose auf einen Wert zwischen 5 % (PM_{2,5}-Anteil) und 25 % (PM₁₀-Anteil) geschätzt.

Gemäß einer geologischen Untersuchung am Standort des Steinbruchs [8] beträgt der Quarzanteil zwischen 6,5 Gew.-% und 11,4 Gew.-%. Für die vorliegende Betrachtung wird angenommen, dass Quarz proportional zu den anderen Mineralien in den emittierten Staub übergeht.

Immissions-Zusatzbelastung

Wie für Schwebstaub und Staubniederschlag ist auch bei Quarzfeinstaub die Belastung ausschließlich außerhalb der Werksgrenzen zu untersuchen, da im Bereich des Betriebsgeländes die arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen maßgebend sind. Ferner ist gemäß Nr. 4.6.2.6 der TA Luft das Umfeld des Steinbruchs nur an den Orten für die Beurteilung relevant, an denen das entsprechende Schutzgut (bei Schwebstaub: Schutzgut Mensch) nicht nur vorübergehend exponiert ist.

Es wurden daher die nachfolgend aufgeführten Beurteilungspunkte aus der Staubprognose übernommen – auf detaillierte Erläuterungen zu diesen wird daher an vorliegender Stelle verzichtet:

Tabelle 2. Beurteilungspunkte.

BuP	Bezeichnung / Adresse	x-Koord.	y-Koord.	hp [m]
1	Nächstgelegene Bebauung in Sonderbach	32U 477663	5498117	1,5
2	Ortsmittelpunkt in Sonderbach	32U 477612	5498346	1,5
3	Wohnbebauung im Nordosten in Sonderbach	32U 477970	5498288	1,5
4	Bebauung Juhöhe	32U 478095	5496926	1,5
5	Asphaltnischanlage	32U 477717	5497885	1,5

In der nachfolgenden Abbildung 1 ist die Lage der Beurteilungspunkte dargestellt:

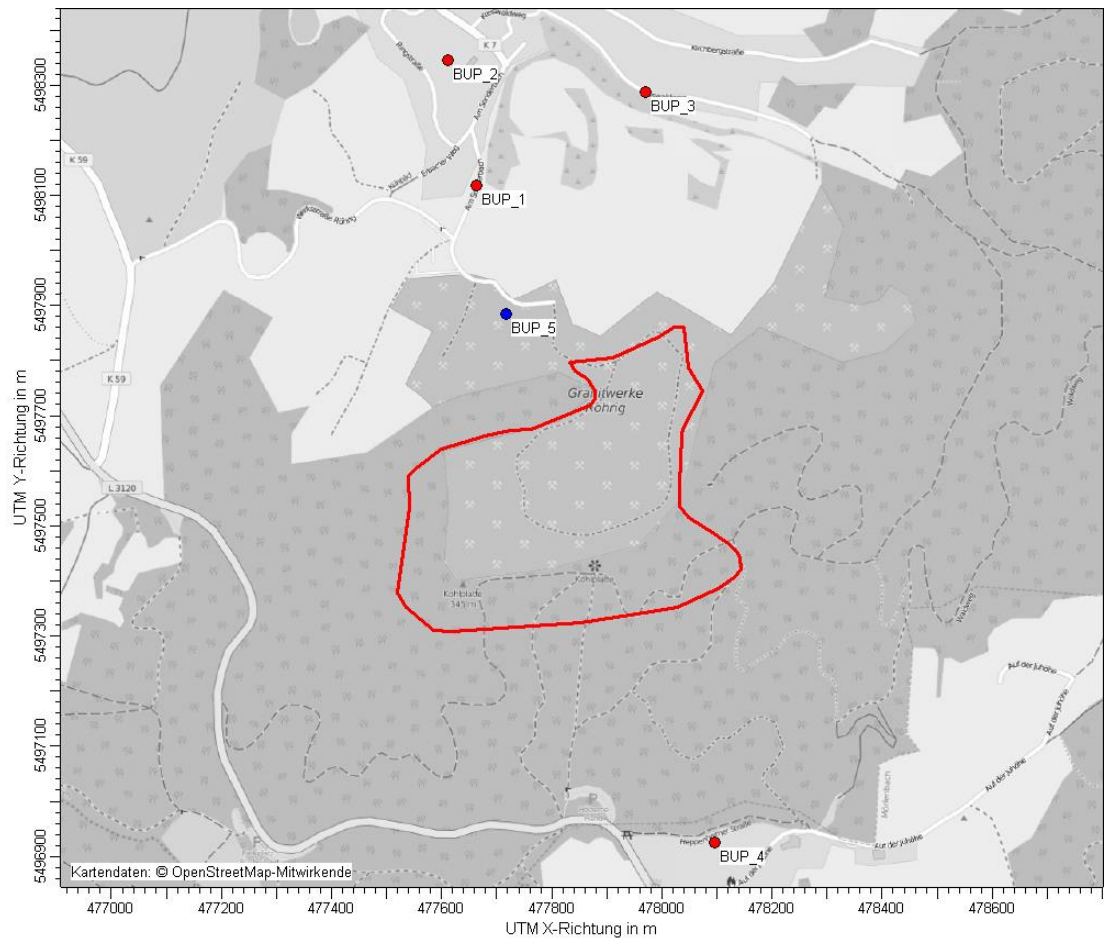


Abbildung 1. Lage der Beurteilungspunkte (Wohngebiet = rote Punkte; Asphaltmischanlage = blauer Punkt).

Wohnnutzungen

In Tabelle 3 und Tabelle 4 werden die in der Staubprognose [6] ermittelten Immissions-Jahreszusatzbelastungen durch Schwebstaub $PM_{2,5}$ und PM_{10} an den Beurteilungspunkt mit Bewertung nach TA Luft aufgeführt. Da sich der Partikelanteil für PM_4 zwischen dem für $PM_{2,5}$ und PM_{10} bewegt, stellen die aufgeführten Immissionen die Unter- und Obergrenze für die PM_4 -Immissionen dar.

An dem diesbezüglich am stärksten beaufschlagten Beurteilungspunkt 1 (Nächstgelegene Bebauung in Sonderbach) ist daher eine Zusatzbelastung an PM_4 zwischen $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten. Bei einem Quarzanteil von bis zu 11,4 Gew.-% liegt die Immissions-Jahreszusatzbelastung durch Quarzfeinstaub bei maximal $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (s. Tabelle 4).

Der abgeleitete und herangezogene Immissionswert von $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird entsprechend zu maximal 16 % ausgeschöpft.

Tabelle 3. Immissions-Jahreszusatzbelastung durch Quarzfeinstaub (wenn $PM_4 = PM_{2,5}$) an den Beurteilungspunkten mit Bewertung nach TA Luft; relevante Immissionszusatzbelastungen sind rot hinterlegt.

BuP	IW ¹⁾	IJZ + s ($PM_{2,5}$)	Quarzanteil (Spannweite)		IJZ (Spannweite)		Anteil IJZ am IW (Spannweite)	
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	%	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	%
1	1,1	0,4	6,5	11,4	0,03	0,05	2,6	4,6
2	1,1	0,1	6,5	11,4	0,01	0,02	0,8	1,4
3	1,1	0,1	6,5	11,4	0,01	0,01	0,5	0,9
4	1,1	0,0	6,5	11,4	0,00	0,00	0,2	0,4

Tabelle 4. Immissions-Jahreszusatzbelastung durch Quarzfeinstaub (wenn $PM_4 = PM_{10}$) an den Beurteilungspunkten mit Bewertung nach TA Luft; relevante Immissionszusatzbelastungen sind rot hinterlegt.

BuP	IW	IJZ + s (PM_{10})	Quarzanteil (Spannweite)		IJZ (Spannweite)		Anteil IJZ am IW (Spannweite)	
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	%	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	%
1	1,1	1,6	6,5	11,4	0,10	0,18	9,2	16,2
2	1,1	0,4	6,5	11,4	0,03	0,04	2,3	4,0
3	1,1	0,3	6,5	11,4	0,02	0,04	2,0	3,4
4	1,1	0,2	6,5	11,4	0,01	0,02	1,0	1,7

Asphaltmischanlage

An dem Beurteilungspunkt 5 (Asphaltmischanlage) sind nach [3], [11] die Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 559 [12] das maßgebliche Beurteilungskriterium, hier ergeben sich bezüglich der einatembaren und die alveolengängige Staubfraktion (E- und A-Staub) die in Tabelle 5 dargestellten Zusatzbelastungen. In Übereinstimmung mit der Staubprognose [6] wird die hier relevante alveolengängige Staubfraktion (A-Staub) mit PM_{10} gleichgesetzt.

An dem Beurteilungspunkt 5 (Asphaltmischanlage) wurde die Zusatzbelastung für den 8-Stunden-Schichtmittelwert mit $29,7 \mu g/m^3$ ermittelt. Bei einem Quarzanteil von bis zu 11,4 Gew.-% liegt die Immissions-Jahreszusatzbelastung durch Quarzfeinstaub bei maximal $3,4 \mu g/m^3$.

Der maßgebliche 8-Stunden-Schichtmittelwert von $0,05 mg/m^3$ wird entsprechend zu maximal 7 % ausgeschöpft.

Tabelle 5. Zusatzbelastung für 8-Stunden-Schichtmittelwert durch Quarz (A-Staub), für den Beurteilungspunkt mit Bewertung nach Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW).

BuP	AGW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	IJZ + s (PM_{10}) korrigiert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Quarzanteil (Spannweite) %		IJZ (Spannweite) $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Anteil IJZ am AGW (Spannweite) %	
5	50 ¹⁾	29,69	6,5	11,4	1,9	3,4	3,9	6,8

¹⁾ Arbeitsplatzgrenzwert 0,05 mg/m³ (AGW) für die alveolengängige Fraktion Quarz (A-Staub)

Vor- und Gesamtbelastung

Da die Zusatzbelastung für Quarzfeinstaub an mehreren der zur beurteilenden Immissionsorte nicht als irrelevant in Analogie zur Nr. 4.2.2 TA Luft eingestuft werden kann, ist eine Betrachtung der Gesamtbelastung notwendig. Diese setzt sich zusammen aus der Zusatzbelastung (durch die Steinbrucharanlage) und der Vorbelastung.

Für Quarzfeinstaub gibt es keine Vorbelastungsdaten, d. h. es liegen keine Messdaten vor, die auf eine großräumige Hintergrundbelastung schließen lassen. In der Umgebung des Steinbruchs bzw. der relevanten Immissionsorte liegen jedoch mit dem Asphaltmischwerk (Südhessische Asphalt-Mischwerke GmbH & Co. KG), dem Edelsplittwerk (Röhrig granit GmbH) sowie dem Steinbruch Lärche (Röhrig granit GmbH) Emittenten vor, die relevant zur Vorbelastung durch Quarzfeinstaub beitragen könnten. Für diese Anlagen ist anzunehmen, dass sie zumindest zum Teil Material aus der Umgebung handhaben und der Quarzanteil vergleichbar mit dem untersuchten Steinbruch ist.

Wohnnutzung

Stellvertretend für die Beurteilungspunkte nach TA Luft wird hier nur die Wohnnutzung mit der höchsten Zusatzbelastung (BuP 1) betrachtet. In sehr konservativer Herangehensweise wird in Anlehnung an die Staubprognose [6] für die Vorbelastung der PM_{10} -Wert herangezogen, unter den Annahmen, dass in diesen Anlagen ausschließlich Material aus der Umgebung gehandhabt wird und – wie bei der Zusatzbelastung – der PM_4 -Anteil dem PM_{10} -Anteil entspricht. Bei einer durch die lokalen Anlagen verursachten Vorbelastung an Staub (PM_4) von (aufgerundet) bis zu 5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁴ und einem Quarzanteil von bis zu 11,4 Gew.-%, ergibt sich eine Vorbelastung an Quarzfeinstaub von maximal 0,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Unter der Berücksichtigung einer Zusatzbelastung von 0,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ergibt sich demnach eine Gesamtbelastung von 0,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der herangezogene Immissions-Jahreswert für Quarzfeinstaub zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird demnach eingehalten.

⁴ Asphaltmischwerk: ca. 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Edelsplittwerk: 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Steinbruch Lärche: ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 6. Immissions-Jahreszusatzbelastung sowie Vor- und Gesamtbelastung durch Quarzfeinstaub (wenn $PM_4 = PM_{10}$) an dem am stärksten beaufschlagten Beurteilungspunkt 1 mit Bewertung nach TA Luft.

BuP	IW	IJZ	IJV (PM_{10})	Quarz- anteil	IJV	IJG	Anteil IJG am IW
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%
1	1,1	0,18	5,5	11,4	0,63	0,81	73,45

Asphaltemischanlage

Für die Asphaltemischanlage mit Bewertung nach Arbeitsplatzgrenzwert gilt, dass diese keinen Schutzanspruch gegenüber eigenen Immissionen hat und sofern, wie angenommen, Quarzfeinstaub emittiert wird, dass entsprechende Arbeitsplatzmessungen durchgeführt werden und daher insgesamt eine Einhaltung der AGW anzunehmen ist. Deren Immissionen werden daher hier nicht bei der Vorbelastung berücksichtigt. Für das Edelsplittwerk wird der Anteil aus der vorliegenden Immissionsprognose (M121049/02 [7]) übernommen⁵. Für den Steinbruch Lärche wird die bisherige Schätzung aufgrund der vergleichsweise geringen Jahresmenge und Windrichtungsverteilung weiterhin als ausreichend konservativ angesehen⁶. Konservativ wird weiterhin angenommen, dass der PM_4 -Anteil dem PM_{10} -Anteil entspricht. Bei einer Vorbelastung an alveolengängigem Staub (A-Staub) von $11,5 \mu g/m^3$ und einem Quarzanteil von bis zu 11,4 Gew.-%, ergibt sich eine Vorbelastung an Quarzfeinstaub von maximal $1,3 \mu g/m^3$. Unter der Berücksichtigung einer Zusatzbelastung von $3,4 \mu g/m^3$ ergibt sich demnach eine Gesamtbelastung von $4,7 \mu g/m^3$. Der Arbeitsplatzgrenzwert für Quarzfeinstaub von $0,05 mg/m^3$ wird demnach eingehalten.

Tabelle 7. Zusatz-, Vor- und Gesamtbelastung für 8-Stunden-Schichtmittelwert durch Quarz (A-Staub), für den Beurteilungspunkt mit Bewertung nach Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW).

BuP	AGW	IJZ	IJV (PM_{10})	Quarz- anteil	IJV	IJG	Anteil IJG am AGW
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	%
5	50 ¹⁾	3,4	11,5	11,4	1,3	4,7	9,4

¹⁾ Arbeitsplatzgrenzwert $0,05 mg/m^3$ (AGW) für die alveolengängige Fraktion Quarz (A-Staub)

⁵ Edelsplittwerk: A-Staub = PM_{10} : $1,50 \mu g/m^3$ bzw. mit Korrektur Zeitbezug: $7,5 \mu g/m^3$

⁶ Steinbruch Lärche: $1 \mu g/m^3$ mit Korrektur Zeitbezug analog Staubprognose: $4 \mu g/m^3$

Fazit

In Bezug auf den hier untersuchten Umfang bestehen aus gutachterlicher Sicht keine Anhaltspunkte dafür, dass durch das geplante Vorhaben schädliche Umwelteinwirkungen und erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können.



M. Sc. Katharina Henkenhaf

4 Grundlagen des Berichts (Literatur)

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der aktuellen Fassung.
- [2] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) in der aktuellen Fassung.
- [3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen 39. BImSchV) in der aktuellen Fassung.
- [4] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft), (GMBI Nr. 25-29 (53), S. 509; vom 30. Juli 2002).
- [5] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immis-sionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), (GMBI Nr. 48-54, S. 1049; vom 14. September 2021).
- [6] Müller-BBM (2019): Röhrig granit GmbH, Staubimmissionsprognose für die Erweiterung der Abbaufäche des Steinbruchs Gehrenberg, Bericht Nr. M147295/02, vom 27. Juni 2019.
- [7] Müller-BBM (2015): Röhrig granit GmbH, Staubimmissionsprognose für den Betrieb des Edelsplittwerks am Standort Heppenheim-Sonderbach, Bericht Nr. M121049/02 vom 07.04.2015, zuletzt geändert am 22.06.2015.
- [8] Geologisches Kurzgutachten über die Zusammensetzung und das Gefüge der Granitoide des Steinbruchs Röhrig (Heppenheim/Sonderbach) unter Einbeziehung der Fläche für das Erweiterungsvorhaben in südlicher Richtung, Prof. Dr. Gernold Zulauf, Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt a.M., vom 13. Januar 2019.
- [9] LAI (2004): Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, früher: Länderausschusses für Immissionsschutz, Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Son-derfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die lang-fristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe, LAI – Unterausschüsse Luft/Technik und Luft/Überwachung, Stand: 21. September 2004.
- [10] Hassauer, M., Kaberlah, F., Voß, J.-U. (2015): Bewertung für die TA Luft Nr.5.2.7.1.1, Umweltbundesamt (UBA), Projekt-Nr.: 43064, UBA-FB 02095, Texte 88/2015.

- [11] M. Mattenklott, N. Höfert, April 2009, Stäube an Arbeitsplätzen und in der Umwelt – Vergleich der Begriffsbestimmungen, in Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 69 (2009).
- [12] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Reihe 559 (TRGS 559), Quarzhaltiger Staub. Ausgabe: April 2020 zuletzt geändert und ergänzt am 27. April 2020 (GMBI 2020 Nr. 16 S. 306-319), berichtigt am 05. Juni 2020 (GMBI 2020 Nr. 9 S. 371).
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Reihe 910 (TRGS 910), Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen. Ausgabe: Februar 2014 zuletzt geändert und ergänzt am 07. Juli 2021 (GMBI 2021 Nr. 39-40 S. 895).