



Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro

Vom Landesoberbergamt NRW öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für übertägige und untertägige Sprengtechnik und Erschütterungsbeurteilung

Dipl.-Ing. Josef Hellmann · Örlingweg 29 · D-44309 Dortmund

Hohenlimburger Kalkwerke GmbH
Oegerstraße 39
58119 Hagen

Örlingweg 29
D-44309 Dortmund
Telefon: 02 31/2 00 87 42
Handy: 01 71/2 28 11 77
Telefax: 02 31/2 00 87 43

Hellmann@Sprenggutachter.de
www.Sprenggutachter.de

- Messung und Beurteilung von Schwingungen durch Baumaschinen und Sprengungen
- Schallpegelmessungen
- Gutachten und Beratung, Erschütterungsprognosen
- Sprengausbildung

Digitales Exemplar

Dortmund, den 20.01.2022

Meine Projekt-Nr.: 22 - S – 20.01. HKW Vertiefung Steinbruch Steltenberg

Gutachtliche Stellungnahme

zur Sprengtechnik und den Erschütterungsauswirkungen bei einer Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“ der Hohenlimburger Kalkwerke GmbH

Firma: Hohenlimburger Kalkwerke GmbH
Oegerstraße 39
58119 Hagen

Objekt: Vertiefung des bestehenden
Steinbruchs „Steltenberg“

1.0 Vorbemerkungen

Die Firma Hohenlimburger Kalkwerke GmbH, im Folgenden HKW genannt, betreibt in Hohenlimburg Oege im Bereich der Gemarkung Hohenlimburg, Flur 8 den Steinbruch „Steltenberg“. Zur längerfristigen Rohstoffsicherung beabsichtigt die Firma HKW, bei der zuständigen Genehmigungsbehörde einen Antrag auf Vertiefung des Steinbruchs zu stellen.

Eine Ausweitung des Steinbruchs in der Fläche ist hiermit nicht verbunden.

Einzelheiten zum Vorhaben können dem Antrag auf Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“ entnommen werden.

2.0 Aufgabenstellung

Anpassung unseres spreng- und erschütterungstechnischen Gutachtens Projekt-Nr.: 07 - S –23.11. HKW vom 23.11.2007 sowie der Ergänzungen vom 26.02.2010 und 22.03.2010 an die heute geltenden Regelwerke und die geplante Vertiefung des Abbaus.

Mit der hier erstellten Anpassung wird sichergestellt, dass bei den vorzunehmenden Gewinnungssprengungen im Steinbruch „Steltenberg“ auch weiterhin die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte an und in der gesamten Nachbarbebauung des Steinbruchs eingehalten werden. Auch der Schutz der Bevölkerung, der angrenzenden Bebauung und anderer zu schützender Anlagen und Objekte vor ungewolltem Steinflug bleibt weiterhin sichergestellt.

3.0 Veränderungen im Regelwerk zur Sprengtechnik und zu Sprengerschütterungen

In spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten vom 21.11.2007 und den Ergänzungen aus 2010 wurden Vorgaben aus folgenden Regelwerken herangezogen:



- Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, d Ministeriums f. Wirtschaft u. Mittelstand, Energie u. Verkehr, und d. Ministeriums f. Städtebau u. Wohnen, Kultur und Sport: "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen" vom 31.07.2000 (MBI. 2000, S. 945 ff.), Stand 04.11.2003 (MBI. NRW. 2004, S. 97).
- DIN 4150 Teil 1-3
- DGUV Unfallverhütungsvorschrift Sprengarbeiten BGV C24 vom 1. April 1985, in der Fassung vom 1. Januar 1997

Die Regelwerke sind in den vergangenen Jahren teilweise überarbeitet oder ersetzt worden und entsprechen heute den folgenden Regelwerken:

Gemeinsamer Runderlass

- Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz – V 5 8800.4.10, des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie – 503-VIB2-46-00, und des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung – 615-850.1 – "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsemissionen" (Erschütterungserlass) vom 04.10.2018 (MBI. NRW. 2018 Nr. 28 S. 573-624).

Der Erlass enthält Maßstäbe zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und auf Gebäude. Die Anforderungen des BImSchG und des LImSchG zur Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen und zur Vorsorge werden darin konkretisiert.

Zur Messung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen sind weiterhin die Normen DIN 4150 Teil 2 und 3, Erschütterungen im Bauwesen sowie die DIN 45669 Teil 1 und 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ heranzuziehen.

Veränderungen gegenüber den Vorgaben aus dem alten Erlass ergeben sich für das spreng- und erschütterungstechnische Gutachten vom 21.11.2007 und die Ergänzungen aus 2010 nicht.



DIN 4150

- DIN 4150, „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 1 bis 3
 - Teil 1 vom Juni 2001
 - Teil 2 vom Juni 1999
 - Teil 3 vom Dezember 2016

Teil 1 und 2 der Norm DIN 4150 sind weiterhin unverändert gültig.

Der Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ ist in der Zwischenzeit überarbeitet worden und im Dezember 2016 in Kraft getreten. So sind z. B. zulässige Anhaltswerte für die Auskleidung von unterirdischen Hohlräumen mit aufgenommen worden. Die im spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten vom 21.11.2007 aus der DIN 4150 Teil 3 zitierten Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen auf Gebäude sind in der neuen Fassung unverändert geblieben und gelten damit weiterhin.

SprengTR 310 Sprengarbeiten

Das Regelwerk der DGUV zur Ausführung von Sprengarbeiten ist zurückgezogen worden und durch die technische Regel zum Sprengstoffrecht „Sprengarbeiten“ (SprengTR 310 – Sprengarbeiten) vom 05. Oktober 2016 ersetzt worden. Im Januar 2021 ist ergänzend hierzu die DGUV Information 213-10 „Sprengarbeiten, Anwendungshinweise zur SprengTR 310“ veröffentlicht worden.

Die im spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten vom 21.11.2007 gemachten Aussagen zur Sprengtechnik und insbesondere zur Unterbindung von gefährlich weitem Steinflug passen weiterhin zu den Aussagen im aktualisierten Regelwerk.



4.0 Bohr-und Sprengtechnik

Nach Auskunft des Betriebs ist vorgesehen, die bisherige Bohr- und Sprengtechnik fortzuführen, wobei der Schwerpunkt wie bisher auf ein- oder zweireihige Sprenganlagen an Wänden mit i.d.R. bis 12 m Höhe liegen wird. Durch diese niedrigen Wandhöhen und gegebenenfalls auch durch ein Aufteilen der Ladesäule eines Bohrlochs auf zwei Ladezonen mit unterschiedlichen Zündzeiten kann aktuell die Lademenge je Zündzeit auf deutlich unter 50 kg gehalten werden. Diese Vorgehensweise soll auch im Bereich der geplanten Vertiefung weiterhin praktiziert werden.

Die im ursprünglichen Gutachten genannte sprengtechnische Obergrenze von max. 100 kg Sprengstoff je Zündzeitstufe wird damit auch weiterhin deutlich unterschritten.

5.0 Erschütterungsimmissionsschutz

Im Vergleich zum derzeit genehmigten Gesteinsabbau vergrößern sich in der beantragten Vertiefung die Entfernungen zur Nachbarbebauung aufgrund der Tiefenzunahme und der Neigung der Endböschungen. In der folgenden Abbildung 1 ist die horizontale Vergrößerung der Entfernung der Nachbarbebauung zur beantragten Vertiefungsfläche (Markierung hellbraun) im Vergleich zur derzeit genehmigten Abbaufäche (Markierung rot) ersichtlich.

Die horizontale Entfernung zur Nachbarbebauung vergrößert sich in etwa:

- | | |
|--|--------------|
| - Zur Bebauung am „Pastorenberg“ | um ca. 95 m |
| - Zum Wasserhochbehälter „Steltenberg“ | um ca. 130 m |
| - Zur Bebauung „Am Dümpelacker“ | um ca. 140 m |
| - Zur Bebauung an der „Feldstraße“ | um ca. 100 m |



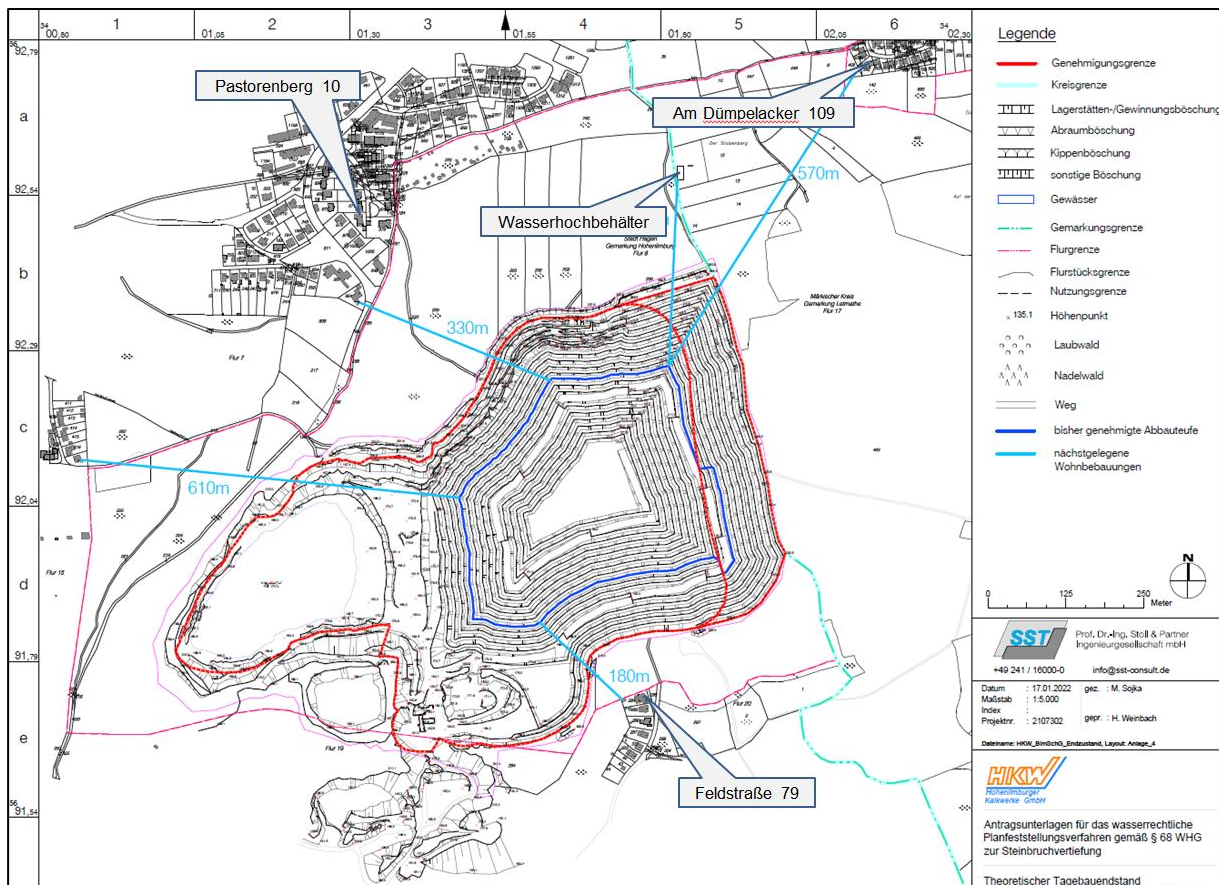
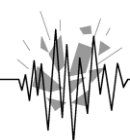


Abb. 1 Lageplan mit der Lage der betrieblichen Messstellen und des Wasserhochbehälters

Da in der geplanten Vertiefung die bisherige Bohr- und Sprengtechnik fortgeführt werden soll und die Entfernungen der Sprengstellen zu Nachbarbebauung etwa um 100 m bis 150 m größer werden, ist sichergestellt, dass auch aus dem Bereich der geplanten Vertiefung die Erschütterungsauswirkungen weiterhin unterhalb der zulässigen Anhaltswerte bleiben.

Die Aussagen zum Erschütterungsimmissionsschutz und die Erschütterungsprognose aus unserem spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten vom 21.11.2007 gelten bei der geplanten Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“, die ohne eine Erweiterung in der Fläche vorgesehen ist, unverändert weiter.



5.1 Derzeitige Erschütterungsüberwachung

Durch die HKW werden drei Erschütterungs-Dauermessstellen in der Nachbarschaft des Steinbruchs betrieben. Die Messstellen wurden seinerzeit in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde eingerichtet. Sie sind somit der Behörde bekannt und werden hier nicht weiter in ihren Einzelheiten beschrieben. Die dort registrierten Sprengerschütterungen werden in Sprengprotokollen dokumentiert und der Aufsichtsbehörde bei Bedarf und ansonsten jährlich zur Einsicht zur Verfügung gestellt.

Messstelle 1: „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg
Messungen seit dem 04.09.1995

Messstelle 2: „Feldstraße“ 79, 58119 Hagen-Hohenlimburg
Messungen seit dem 09.04.1999

Messstelle 3: „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe
Messungen seit dem 08.08.2007

Zusätzlich wurde im Zeitraum vom 15.08.1995 bis zum 28.06.2007 im Wohnhaus „Im Sibb“ 40 gemessen. Da die dort gemessenen Werte gut mit den Messwerten am „Pastorenberg“ 10 übereinstimmten, wurden die Messungen 2007 dort beenden.

In den folgenden Darstellungen sind exemplarisch die Messwerte der betrieblichen Erschütterungsmessungen aus dem ersten Halbjahr 2021 dokumentiert. Im Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 23.06.2021 wurden im Steinbruch „Steltenberg“ 111 Gewinnungssprengungen abgetan. Dabei wurden an 5 Tagen jeweils 2 Sprenganlagen gleichzeitig in einem Zündgang gezündet, so dass im betrachteten Zeitraum insgesamt 106 Erschütterungsereignisse aufgetreten sind.

Die Zusammenstellungen der Messergebnisse an den drei betrieblichen Messstellen für den oben genannten Zeitraum sind als Anlagen 1 - 3 dieser Stellungnahme angefügt.

Messstelle „Pastorenberg“ 10

An der Messstelle „Pastorenberg“ 10 wurde bei dem Starkregenereignis am 14.07.2021 das Erschütterungsmessgerät geflutet und beschädigt, so dass



die im Gerät ab dem 09.06.2021 gespeicherten und noch nicht übertragenen Daten nicht mehr ausgelesen werden konnten. Von den verbleibenden 99 Erschütterungsereignissen wurde bei 52 Ereignissen die Messtriggerschwelle von $v_i = 0,50$ mm/s nicht erreicht. Diese Triggerschwelle entspricht 10 % des zulässigen Anhaltswertes für Wohngebäude. Zu einem Termin wurden zwei Sprenganlagen gleichzeitig in einem Zündgang gezündet. Bei den verbleibenden 46 Ereignissen wurde jeweils eine Messung ausgelöst und die Höhe der jeweiligen Erschütterungsmaxima mit den dazugehörigen Frequenzen dokumentiert (Anlage 1). In der folgenden Darstellung sind die Messergebnisse an der Messstelle „Pastorenberg“ 10 zusammen mit den als Linien dargestellten zulässigen Grenzwerten der DIN 4150, Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ dargestellt.

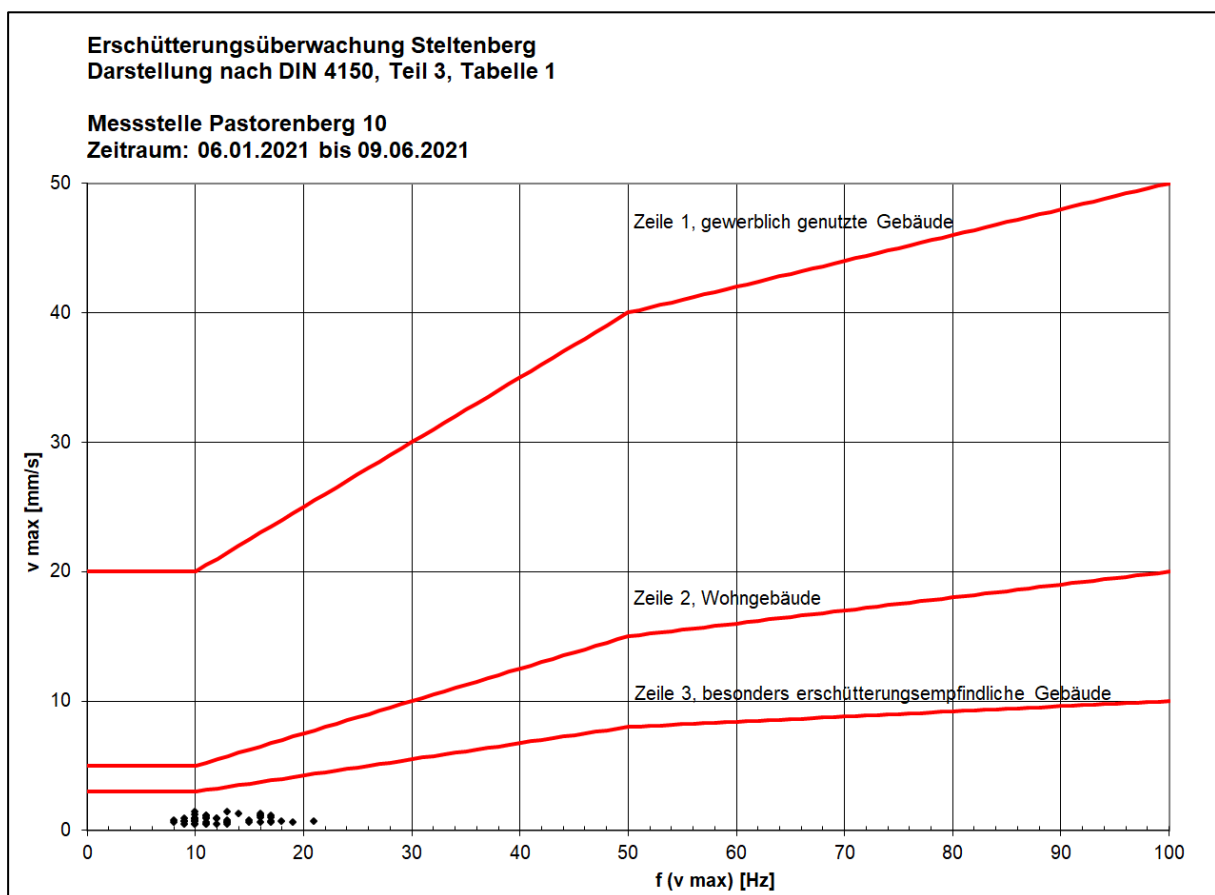
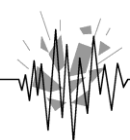


Abb. 2 Darstellung der Messergebnisse an der Messstelle „Pastorenberg“ 10

Im ausgewerteten Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 09.06.2021 betrug an der Messstelle 1 die maximal gemessene Schwinggeschwindigkeit am 12.05.2021 $v_{\max} = 1,4$ mm/s bei 10 Hz. Der bei dieser Frequenz zulässige Anhaltswert für Wohngebäude von $v_i = 5,0$ mm/s wurde zu 28,0 % erreicht und damit sicher eingehalten.



Der gemessene Maximalwert unterschreitet auch den zulässigen Anhaltswert für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude von $v_i = 3,0 \text{ mm/s}$ bei einer Frequenz von 10 Hz, der hier zu 46,7 % erreicht wurde.

Messstelle „Feldstraße“ 79

An der Messstelle „Feldstraße“ 79 wurden im betrachteten Zeitraum alle 106 Erschütterungsereignisse überwacht. Von den 106 Erschütterungsereignissen wurde bei 32 Ereignissen die Messtriggerschwelle von $v_i = 0,50 \text{ mm/s}$ nicht erreicht. Bei den verbleibenden 74 Ereignissen wurde eine Messung ausgelöst und die Höhe der jeweiligen Erschütterungsmaxima mit den dazugehörigen Frequenzen dokumentiert (Anlage 2).

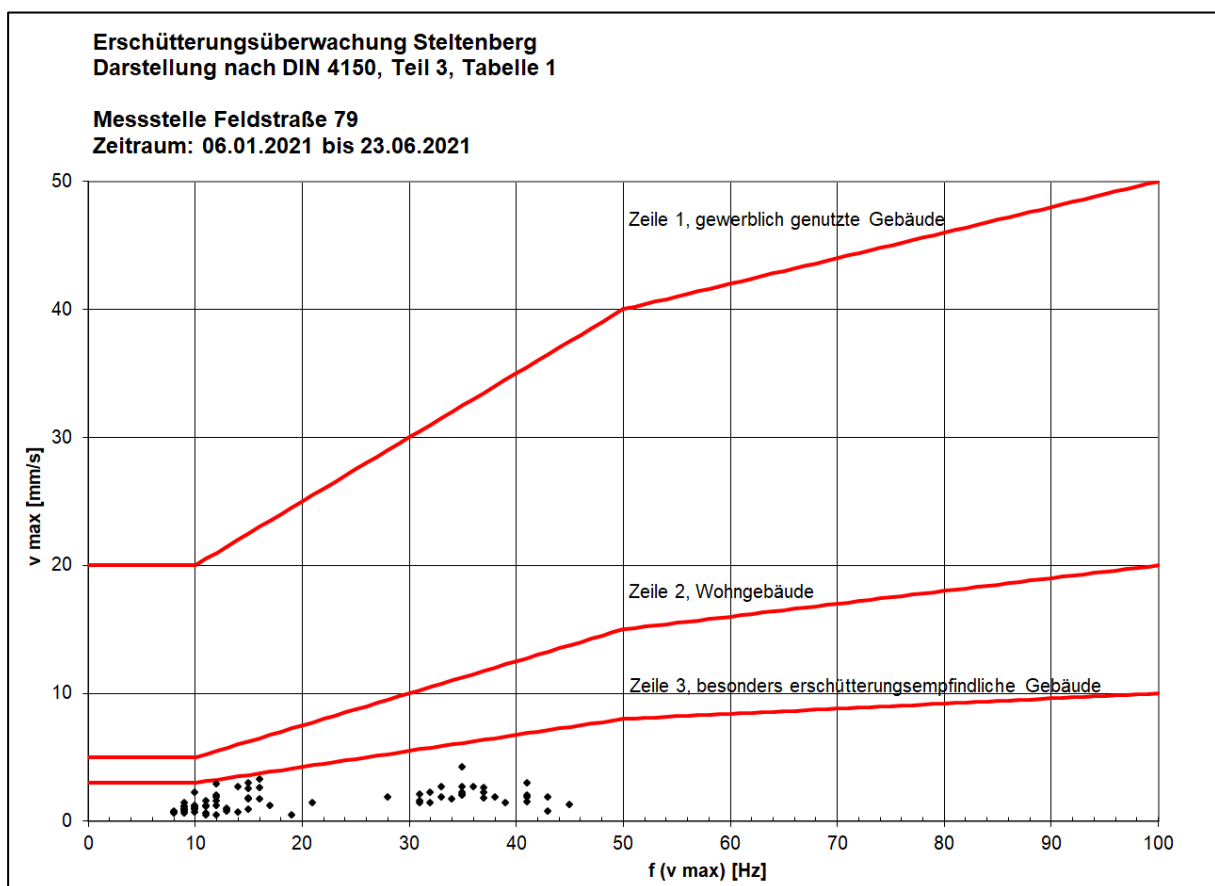
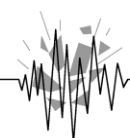


Abb. 3 Darstellung der Messergebnisse an der Messstelle „Feldstraße“ 79

Im ausgewerteten Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 23.06.2021 betrug an der Messstelle 2 die maximal gemessene Schwinggeschwindigkeit am 05.03.2021 $v_{\max} = 4,2 \text{ mm/s}$ bei 35 Hz. Der bei dieser Frequenz zulässige



Anhaltswert für Wohngebäude von $v_i = 11,25 \text{ mm/s}$ wurde zu 37,3 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der gemessene Maximalwert unterschreitet auch den zulässigen Anhaltswert für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude von $v_i = 6,125 \text{ mm/s}$ bei einer Frequenz von 35 Hz, der hier zu 68,6 % erreicht wurde.

Messstelle „Dümpelacker“ 109

An der Messstelle „Dümpelacker“ 109 wurden im betrachteten Zeitraum alle 106 Erschütterungsereignisse überwacht. Von den 106 Erschütterungsereignissen wurde bei 89 Ereignissen die Messtriggerschwelle von $v_i = 0,50 \text{ mm/s}$ nicht erreicht. Bei den verbleibenden 17 Ereignissen wurde eine Messung ausgelöst und die Höhe der jeweiligen Erschütterungsmaxima mit den dazugehörigen Frequenzen dokumentiert (Anlage 3).

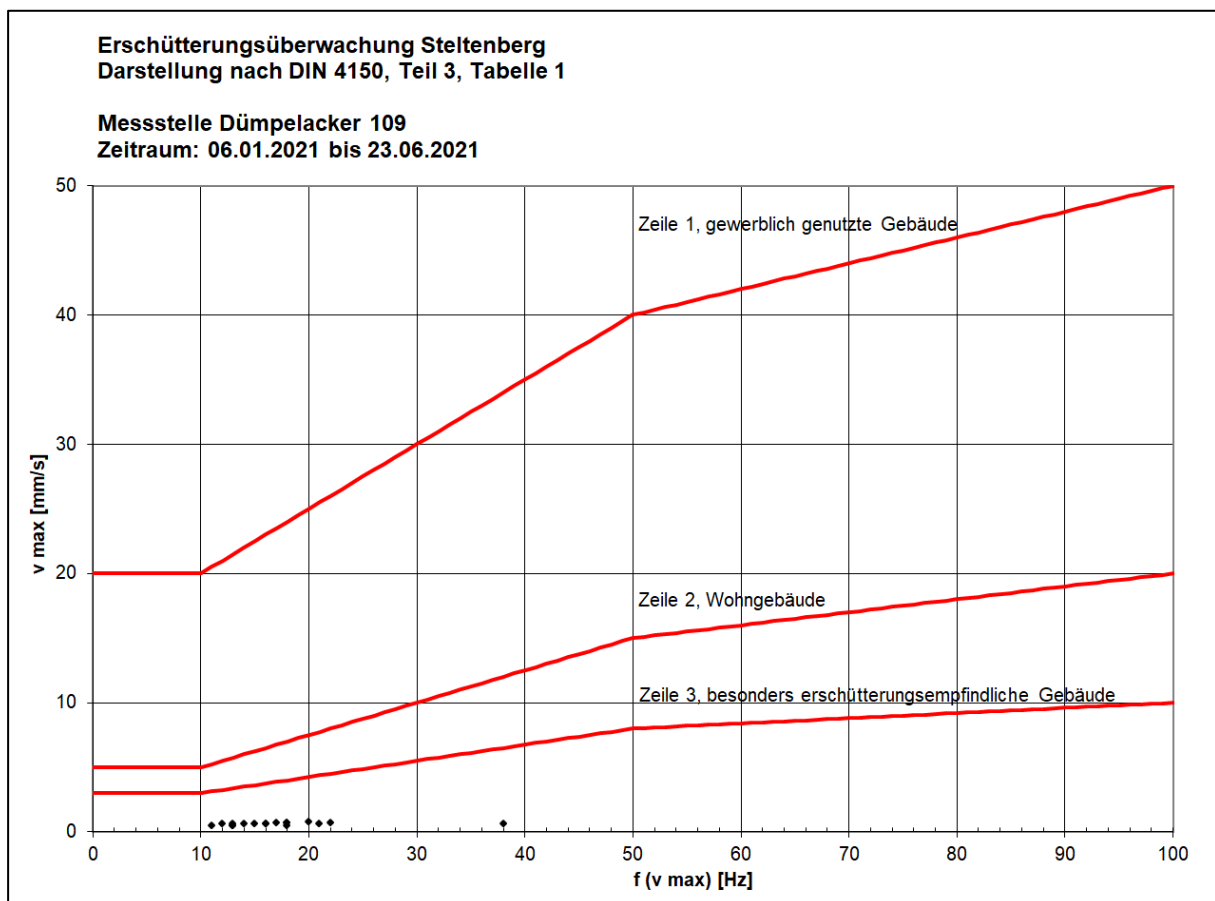


Abb. 4 Darstellung der Messergebnisse an der Messstelle „Dümpelacker“ 109



Im ausgewerteten Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 23.06.2021 betrug an der Messstelle 3 die maximal gemessene Schwinggeschwindigkeit am 23.06.2021 $v_{\max} = 0,8 \text{ mm/s}$ bei 20 Hz. Der bei dieser Frequenz zulässige Anhaltswert für Wohngebäude von $v_i = 7,7 \text{ mm/s}$ wurde zu 10,7 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der gemessene Maximalwert unterschreitet auch den zulässigen Anhaltswert für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude von $v_i = 4,25 \text{ mm/s}$ bei einer Frequenz von 20 Hz, der hier zu 17,8 % erreicht wurde.

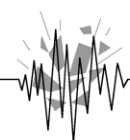
Wasserhochbehälter

Eine weitere Erschütterungs-Dauermessstelle wird im Auftrag der Stadtwerke Iserlohn durch die DMT GmbH & Co. KG am Wasserhochbehälter „Steltenberg“ betrieben. Hierzu wurden dem Steinbruchbetrieb zwei Berichte zur Verfügung gestellt.

- Messbericht vom 17.09.2010
Erschütterungsmonitoring am Fundament eines Wasserbehälters zur Erfassung der Ist-Situation
Beobachtungszeitraum: 14.07.2010 – 23.08.2010
DMT GmbH & Co. KG
Messstelle nach BImSchG & Fachstelle für Erschütterungsmessungen

- Zwischenbericht vom 15.10.2019
Erschütterungsdauermessungen im Trinkwasserhochbehälter in Iserlohn-Letmahe
(Juni 2017 – September 2019)
DMT GmbH & Co. KG
Messstelle nach BImSchG & Fachstelle für Erschütterungsmessungen

Des Weiteren wurde 2010 von den Stadtwerken Iserlohn eine Stellungnahme zur Erschütterungsempfindlichkeit des Wasserhochbehälters an das Ingenieurbüro für Tragwerksplanung, Dipl.-Ing. Hans-Peter Meier, Iserlohn, in Auftrag gegeben, in der mit Datum vom 14.04.2010 Bedenken hinsichtlich der Belastbarkeit des Wasserhochbehälters geäußert wurden.

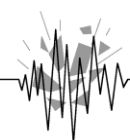


Hierzu wurde in der Folge im Jahr 2017 durch die Hohenlimburger Kalkwerke GmbH der ö.b.u.V. Sachverständige für Einsturzverhalten, Erschütterungen und Schäden beim Abbruch von Bauwerken, Herr Dr. Ing. Reiner Melzer, Dresden, beauftragt, die Erschütterungsempfindlichkeit des Wasserhochbehälters rechnerisch zu überprüfen. Herr Dr. Melzer weist in seinem Gutachten nach, dass der Wasserhochbehälter nicht erschütterungsempfindlich ist. Selbst bei einer Einstufung des Behälters in die Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten) wird bei einer für diese Bauten zulässigen Sprengerschütterung mit einer Schwinggeschwindigkeit am Bauwerksfundament von 20 mm/s bei ungünstigsten Frequenzen bis 10 Hz die zulässige Belastung des Wasserhochbehälters maximal zu 24 % erreicht.

Für die in unserem spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten vom 21.11.2007 und den Ergänzungen aus 2010 prognostizierte maximale Schwinggeschwindigkeit von 7,2 mm/s am Bauwerksfundament folgert Herr Dr. Melzer, dass hierdurch mit Sicherheit keine Verringerung der Trag- und Gebrauchsfähigkeit des Wasserhochbehälters gegeben ist.

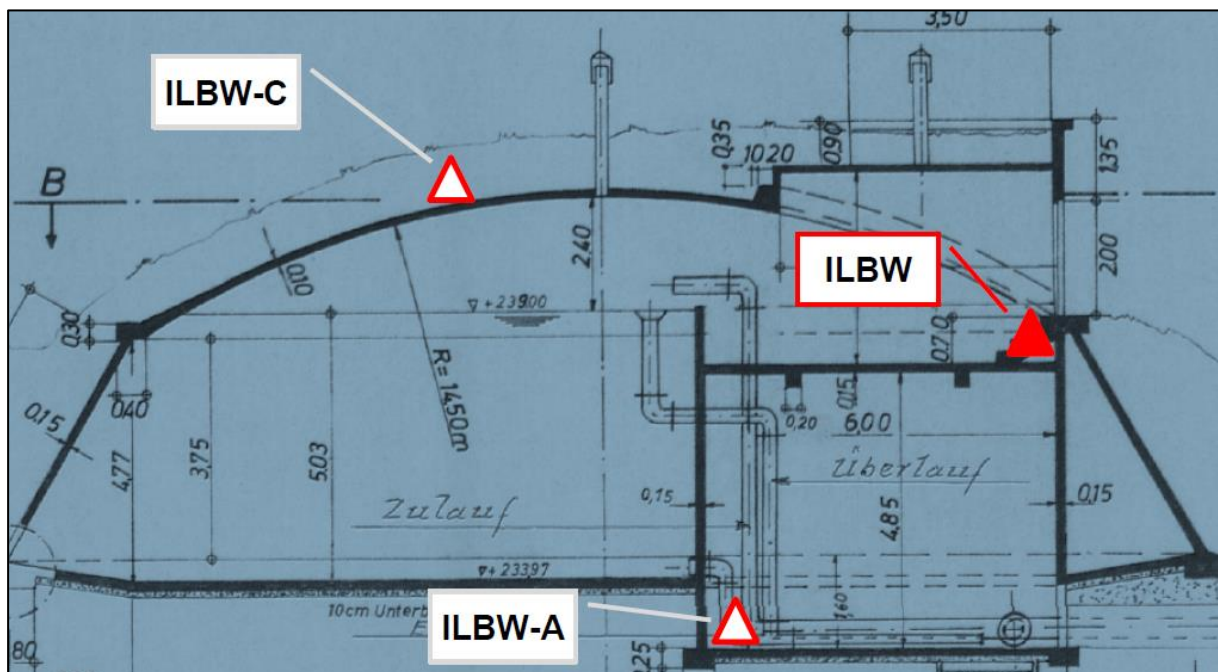
In der Zeit vom 19.07.2017 – 10.08.2017 wurden durch die DMT ergänzend zu Dauermessungen im EG auch am Behälterfundament und oben auf der Kugelschale (OG) Messungen durchgeführt, um Übertragungswerte von der Messstelle im EG zum Fundament und nach oben zum OG zu ermitteln. Während der ergänzenden Messungen wurden durch die DMT am Fundament ein Maximalwert von $v_i = 0,99$ mm/s bei ca. 22 Hz und zeitgleich am OG ein Maximalwert von $v_i = 2,57$ mm/s bei ca. 15 Hz gemessen.

Während der Dauermessungen im Zeitraum vom 08.06.2017 – 30.09.2019 wurde durch die DMT an dem Messpunkt der Dauermessstelle im EG des Wasserhochbehälters ein Maximalwert von $v_i = 6,04$ mm/s bei ca. 15 Hz gemessen. Mit Hilfe eines rechnerisch ermittelten Übertragungswertes vom EG zum OG wurde der dabei zeitgleich auf der Kugelschale rechnerisch mögliche Erschütterungswert zu $v_i = 9,49$ mm/s ermittelt. Der Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1 Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche Bauten von $v_i = 8,0$ mm/s wäre damit überschritten.



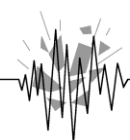
Zu den Berichten der DMT GmbH & Co. KG wurde ebenfalls durch Herrn Dr. Melzer in einem weiteren Schreiben mit Datum vom 10.02.2020 Stellung bezogen. Hierin kritisiert Herr Dr. Melzer u. a. den im DMT-Bericht durchgeführten Vergleich der durch die DMT GmbH & Co. KG im EG des Behälters gemessenen Werte mit den Anhaltswerten der DIN 4150 für Bauwerksfundamente. Das Fundament des Wasserhochbehälters liegt ca. 5,0 m unterhalb der Dauermessstelle im EG. Somit ist ein Vergleich der Messwerte aus dem EG mit Anhaltswerten der DIN 4150 für das Bauwerksfundament nicht geeignet. Bei einer Bauwerkshöhe von ca. 7,70 m und einer Lage des Messensors im EG auf der obersten auf den aufgehenden Außenwänden aufliegenden Deckenebene, die sich ca. 5,0 m über der Fundamentbodenplatte befindet, wäre hier als zulässiger Wert der Anhaltswert für die oberste Deckenebene, zumindest aber eine Interpolierung zwischen den Anhaltswerten für das Bauwerksfundament und denen für die oberste Deckenebene zutreffend gewesen.

In der folgenden Abbildung, die aus dem DMT-Bericht vom 15.10.2019 entnommen wurde, sind die Positionen des Langzeit-Messpunktes ILBW im EG des Behälters sowie die Positionen der temporären Messpunkte ILBW-A (Fundament) und ILBW-C (oben auf der Kugelschale) zu erkennen.



Bildquelle: DMT-Bericht vom 15.10.2019

Abb. 5 Schnitt durch den Wasserhochbehälter mit Lage der Messpunkte



Darüberhinaus werden die Messwerte im DMT-Bericht mit den Anhaltswerten der DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1 Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche Bauwerke verglichen, welche gemäß den Berechnungen von Herrn Dr. Melzer hier nicht zutreffend sind, weil das Bauwerk nicht besonders erschütterungsempfindlich ist.

Ordnet man der Dauermessstelle im EG des Wasserhochbehälters die hier zulässige Werte durch eine Interpolation der Anhaltswerte der DIN 4150 entsprechend der Höhenlage zu, ergeben sich die in der folgenden Tabelle aufgeführten Daten.

Dabei wurden folgende Daten zu Grunde gelegt

- Bauwerkshöhe über der Bodenplatte 7,70 m
- Höhe des Messpunktes im EG 5,00 m = 65 % von 7,70 m
- Frequenz 15 Hz

Zur Ermittlung der an der Messstelle im EG zulässigen Schwinggeschwindigkeit wurde die Differenz zwischen dem Fundamentwert und dem Wert für die oberste Deckenebene gebildet und 65 % davon zum Fundamentwert addiert.

	Zulässige Anhaltswerte gemäß DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1 und durch DMT gemessene bzw. rechnerisch ermittelte Werte					
	Zeile 1 (mm/s)		Zeile 2 (mm/s)		Zeile 3 (mm/s)	
	vertik.	horiz.	vertik.	horiz.	vertik.	horiz.
Zulässig am Fundament bei 15 Hz	22,50	22,50	6,50	6,50	3,63	3,63
Zulässig im EG bei 15 Hz (interpoliert)	28,88	20,00	12,03	20,00	6,47	10,00
Gemessen im EG	6,04	2,30	6,04	2,30	6,04	2,30
Zulässig auf der obersten Deckenebene	40,00	20,00	15,00	20,00	8,00	10,00
Durch DMT rechnerisch für die oberste Deckenebene ermittelt	9,49	5,46	9,49	5,46	9,49	5,46

Tab. 1 Zulässige Anhaltswerte und durch DMT GmbH & Co. KG gemessene bzw. rechnerisch ermittelte Werte



Die Auswertung zeigt, dass lediglich bei einer Sprengung in einem Zeitraum von mehr als 2 Jahren der durch die DMT GmbH & Co. KG aus dem Messwert im EG auf das OG hochgerechnete theoretische Erschütterungswert den horizontalen Anhaltswert der Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 für besonders erschütterungsempfindliche Bauten überschritten hat. Da jedoch seit einigen Jahren ein rechnerischer Nachweis darüber vorliegt, dass der Wasserhochbehälter nicht besonders erschütterungsempfindlich ist und ohne Gefahr für das Objekt als gewerblich genutztes Bauwerk in die Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 eingeordnet werden kann, wurden demzufolge die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte am Wasserhochbehälter stets sicher eingehalten. Das trifft darüber hinaus auch für den Fall zu, wenn man den Wasserhochbehälter in seiner Erschütterungsempfindlichkeit lediglich einem Wohngebäude gleichsetzt.

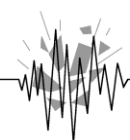
Bei der jetzt geplanten Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“ vergrößert sich aufgrund der Tiefenzunahme und der Neigung der Endböschungen im Vergleich zum derzeit genehmigten Gesteinsabbau der Mindestabstand der Sprengstellen zum Wasserhochbehälter von ca. 170 m auf ca. 300 m. Bei der hier vorgesehenen unveränderten Sprengtechnik wird diese Entfernungszunahme zu einer deutlichen Reduzierung der derzeitigen Sprengerschütterungen am Wasserhochbehälter führen und damit weitere zusätzliche Sicherheit gewährleisten.

6.0 Zusammenfassung

Die Firma Hohenlimburger Kalkwerke GmbH beantragt bei der zuständigen Genehmigungsbehörde die Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“. Eine Ausweitung des Steinbruchs in der Fläche ist damit nicht verbunden.

In dieser Stellungnahme werden unserer spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten Projekt-Nr.: 07 - S –23.11. HKW vom 23.11.2007 sowie die Ergänzungen vom 26.02.2010. und 22.03.2010 an die heute geltenden Regelwerke und die geplante Vertiefung des Abbaus angepasst.

Durch die HKW werden seit langem drei Erschütterungs-Dauermessstellen in der Nachbarschaft des Steinbruchs betrieben. Die Messstellen wurden



seinerzeit in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde eingerichtet. Die dort registrierten Sprengerschütterungen werden in Sprengprotokollen dokumentiert und der Aufsichtsbehörde bei Bedarf und ansonsten jährlich zur Einsicht zur Verfügung gestellt. An allen drei Messstellen wurden bisher nicht nur die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 Tabelle 1 Zeile 2 für Wohngebäude, sondern auch die zulässigen Anhaltswerte für besonders erschütterungsempfindliche Bauten der Zeile 3 eingehalten.

In dieser Stellungnahme werden auch die Erschütterungsauswirkungen aus der Steinbruchvertiefung auf den nordöstlich gelegenen Wasserhochbehälter der Stadtwerke Iserlohn beurteilt.

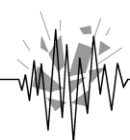
Eine relevante Veränderung der derzeitigen Sprengtechnik ist in der geplanten Vertiefung nicht vorgesehen. Aufgrund der Tiefenzunahme und der Neigung der Endböschungen vergrößert sich im Vergleich zum derzeit genehmigten Gesteinsabbau der Mindestabstand der Sprengstellen zur Nachbarbebauung. Damit ist sichergestellt, dass bei den Gewinnungssprengungen in der geplanten Vertiefung im Steinbruch „Steltenberg“ auch weiterhin die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte an und in der gesamten Nachbarbebauung des Steinbruchs unterschritten werden.

Gegen die geplante Vertiefung des Steinbruchs „Steltenberg“ bestehen aus gutachterlicher Sicht in Hinblick auf die Sprengtechnik und den Erschütterungsschutz der Nachbarbebauung keine Bedenken.



Dortmund, den 20.01.2022

Josef Hellmann



Anlage 1

Messergebnisse an der Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
1	06.01.21	660	22,0	X	0,4	17	6,75	5,9
				Y	0,4	19	7,25	5,5
				Z	0,6	19	7,25	8,3
2	06.01.21	660	22,0	X	0,5	14	6,00	8,3
				Y	0,7	18	7,00	10,0
				Z	0,6	16	6,50	9,2
3	06.01.21	520	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
4	13.01.21	680	35,0	X	0,6	13	5,75	10,4
				Y	0,4	13	5,75	7,0
				Z	0,5	16	6,50	7,7
5	15.01.21	570	23,0	X	0,5	15	6,25	8,0
				Y	1,0	11	5,25	19,0
				Z	0,6	13	5,75	10,4
6	15.01.21	570	25,0	X	0,9	12	5,50	16,4
				Y	0,7	9	5,00	14,0
				Z	0,9	14	6,00	15,0
7	15.01.21	760	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
8	20.01.21	710	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
9	20.01.21	710	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
10	20.01.21	850	5,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
11	27.01.21	540	17,0	X	0,5	11	5,25	9,5
				Y	0,2	11	5,25	3,8
				Z	0,3	20	7,50	4,0
12	27.01.21	540	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
13	05.02.21	570	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
14	05.02.21	540	25,0	X	0,7	13	5,75	12,2
				Y	0,9	15	6,25	14,4
				Z	1,0	16	6,50	15,4



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				v_{\max} (mm/s)				
15	05.02.21	810	22,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
16	19.02.21	420	22,5	X	0,9	9	5,00	18,0
				Y	0,8	9	5,00	16,0
				Z	0,8	11	5,25	15,2
17	19.02.21	420	22,5	X	0,4	13	5,75	7,0
				Y	0,9	10	5,00	18,0
				Z	0,9	12	5,50	16,4
18	24.02.21	810	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
19	24.02.21	850	14,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
20	26.02.21	730	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
21	26.02.21	780	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
22	26.02.21	810	10,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
23	03.03.21	480	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
24	03.03.21	480	21,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
25	03.03.21	810	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
26	05.03.21	710	14,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
27	05.03.21	710	22,7	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
28	05.03.21	710	20,8	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
29	05.03.21	710	6,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
30	10.03.21	420	31,0	X	0,8	13	5,75	13,9
				Y	1,1	11	5,25	21,0
				Z	1,1	13	5,75	19,1
31	10.03.21	420	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
32	10.03.21	490	25,0	X	0,4	12	5,50	7,3
				Y	0,3	14	6,00	5,0
				Z	0,6	13	5,75	10,4
33	12.03.21	540	27,8	X	0,4	9	5,00	8,0
				Y	0,5	9	5,00	10,0
				Z	0,4	12	5,50	7,3
34	12.03.21	540	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
35	12.03.21	600	16,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
36	17.03.21	540	25,0	X	0,4	12	5,50	7,3
				Y	0,7	9	5,00	14,0
				Z	0,5	37	11,75	4,3
37	17.03.21	570	20,0	X	0,5	12	5,50	9,1
				Y	0,8	20	7,50	10,7
				Z	0,8	15	6,25	12,8
38	17.03.21	510	30,0	X	0,6	11	5,25	11,4
				Y	0,5	7	5,00	10,0
				Z	0,2	14	6,00	3,3
39	17.03.21	560	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
40	19.03.21	420	25,8	X	1,3	14	6,00	21,7
				Y	0,9	11	5,25	17,1
				Z	1,3	14	6,00	21,7
41	19.03.21	510	21,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
42	19.03.21	510	26,0	X	0,5	10	5,00	10,0
				Y	0,3	16	6,50	4,6
				Z	0,2	16	6,50	3,1
43	24.03.21	430	21,4	X	0,5	8	5,00	10,0
				Y	0,9	11	5,25	17,1
				Z	0,5	14	6,00	8,3
44	24.03.21	510	13,2	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
45	24.03.21	460	9,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
46	26.03.21	730	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
47	26.03.21	730	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
48	26.03.21	730	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
49	31.03.21	420	18,8	X	0,9	17	6,75	13,3
				Y	1,1	15	6,25	17,6
				Z	1,4	13	5,75	24,3
50	31.03.21	730	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
51	09.04.21	390	26,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,6	15	6,25	9,6
52	09.04.21	430	25,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,9	10	5,00	18,0
53	09.04.20 21	510	20,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,9	12	5,50	16,4
54	09.04.21	510	23,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,7	10	5,00	14,0
55	14.04.21	480	25,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,7	21	7,75	9,0
56	14.04.21	480	25,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	1,3	16	6,50	20,0
57	16.04.21	560	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
58	16.04.21	560	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
59	16.04.21	560	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
60	16.04.21	490	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
61	23.04.21	730	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
62	23.04.21	730	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
63	23.04.21	730	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
64	28.04.21	460	16,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,8	13	5,75	13,9
65	28.04.21	510	20,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,5	12	5,50	9,1
66	28.04.21	510	20,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,7	10	5,00	14,0
67	28.04.21	510	21,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
68	30.04.21	560	30,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,9	10	5,00	18,0
69	30.04.21	560	30,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,8	8	5,00	16,0
70	30.04.21	620	30,0	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			
71	05.05.21	420	22,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,6	8	5,00	12,0
72	05.05.21	420	24,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	1,0	17	6,75	14,8
73	07.05.21	510	20,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,6	17	6,75	8,9
74	07.05.21	510	23,0	X	nur $v_{i,\max}$			
				Y	nur $v_{i,\max}$			
				Z	0,6	16	6,50	9,2



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)	Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
75	12.05.21	460	15,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	1,4	10	5,00
76	12.05.21	460	23,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	0,5	10	5,00
77	12.05.21	620	22,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
78	12.05.21	680	22,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
79	19.05.21	570	27,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
80	19.05.21	620	30,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
81	21.05.21	540	27,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	0,8	10	5,00
82	21.05.21	570	27,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	0,5	13	5,75
83	21.05.21	620	30,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	0,7	9	5,00
84	21.05.21	620	22,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	0,7	17	6,75
85	26.05.21	650	19,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
86	26.05.21	650	14,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
87	26.05.21	730	18,6	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
88	26.05.21	730	15,0	X	<0,5 mm/s		
				Y	<0,5 mm/s		
				Z	<0,5 mm/s		
89	28.05.21	520	26,0	X	nur $v_{i,\max}$		
				Y	nur $v_{i,\max}$		
				Z	1,1	16	6,50



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
90	28.05.21	460	24,0	X	0,7	8	5,00	14,0
				Y	1,0	13	5,75	17,4
				Z	1,1	16	6,50	16,9
91	28.05.21	420	24,0	X	0,8	10	5,00	16,0
				Y	0,8	14	6,00	13,3
				Z	1,1	17	6,75	16,3
92	02.06.21	580	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
93	02.06.21	560	19,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
94	02.06.21	560	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
95	02.06.21	560	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
96	09.06.21	580	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
97	09.06.21	580	20,0	X	1,2	10	5,00	24,0
				Y	1,1	10	5,00	22,0
				Z	1,0	14	6,00	16,7
98	09.06.21	520	48,0	X	1,1	11	5,25	21,0
				Y	0,8	12	5,50	14,5
				Z	0,9	15	6,25	14,4
99	09.06.21	520	26,0	X	0,5	11	5,25	9,5
				Y	0,4	11	5,25	7,6
				Z	0,5	17	6,75	7,4
100	11.06.21	650	24,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt			
				Y				
				Z				
101	11.06.21	650	24,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt			
				Y				
				Z				
102	11.06.21	650	24,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt			
				Y				
				Z				
103	11.06.21	560	28,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt			
				Y				
				Z				
104	16.06.21	650	19,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt			
				Y				
				Z				



Messstelle 1, „Pastorenberg“ 10, 58119 Hagen-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)	Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
105	16.06.21	650	18,1	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
106	16.06.21	650	17,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
107	18.06.21	560	30,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
108	18.06.21	620	30,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
109	23.06.21	540	24,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
110	23.06.21	460	15,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			
111	23.06.21	570	23,0	X	Datenspeicher durch Hochwasser beschädigt		
				Y			
				Z			



Anlage 2**Messergebnisse an der Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hager-Hohenlimburg**

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
1	06.01.21	290	22,0	X	1,6	10	5,00	32,0
				Y	1,7	16	6,50	26,2
				Z	1,6	15	6,25	25,6
2	06.01.21	290	22,0	X	1,1	9	5,00	22,0
				Y	0,9	13	5,75	15,7
				Z	0,7	9	5,00	14,0
3	06.01.21	340	23,0	X	0,9	10	5,00	18,0
				Y	0,7	14	6,00	11,7
				Z	0,7	22	8,00	8,8
4	13.01.21	300	35,0	X	1,2	15	6,25	19,2
				Y	1,2	10	5,00	24,0
				Z	1,4	21	7,75	18,1
5	15.01.21	560	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
6	15.01.21	560	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
7	15.01.21	300	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
8	20.01.21	140	15,0	X	2,3	9	5,00	46,0
				Y	2,5	14	6,00	41,7
				Z	3,0	15	6,25	48,0
9	20.01.21	140	15,0	X	2,0	12	5,50	36,4
				Y	1,0	14	6,00	16,7
				Z	0,9	18	7,00	12,9
10	20.01.21	140	5,0	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			
11	27.01.21	370	17,0	X	0,7	14	6,00	11,7
				Y	0,5	15	6,25	8,0
				Z	0,4	15	6,25	6,4
12	27.01.21	370	17,0	X	0,9	13	5,75	15,7
				Y	0,7	9	5,00	14,0
				Z	0,7	14	6,00	11,7
13	05.02.21	560	25,0	X	0,9	9	5,00	18,0
				Y	0,5	17	6,75	7,4
				Z	0,3	17	6,75	4,4
14	05.02.21	630	25,0	X	0,9	9	5,00	18,0
				Y	0,5	17	6,75	7,4
				Z	0,3	17	6,75	4,4



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hager-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
15	05.02.21	240	22,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
16	19.02.21	440	22,5	X	1,1	10	5,00	22,0
				Y	0,6	8	5,00	12,0
				Z	1,0	38	12,00	8,3
17	19.02.21	440	22,5	X	1,1	9	5,00	22,0
				Y	0,7	10	5,00	14,0
				Z	0,8	10	5,00	16,0
18	24.02.21	240	30,0	X	1,0	15	6,25	16,0
				Y	1,2	12	5,50	21,8
				Z	0,8	11	5,25	15,2
19	24.02.21	160	14,0	X	0,5	20	7,50	6,7
				Y	0,5	20	7,50	6,7
				Z	0,5	11	5,25	9,5
20	26.02.21	210	22,0	X	1,2	11	5,25	22,9
				Y	1,3	13	5,75	22,6
				Z	2,6	37	11,75	22,1
21	26.02.21	130	25,0	X	0,9	15	6,25	14,4
				Y	1,4	16	6,50	21,5
				Z	1,9	41	12,75	14,9
22	26.02.21	240	10,0	X	0,5	19	7,25	6,9
				Y	0,4	17	6,75	5,9
				Z	0,4	21	7,75	5,2
23	03.03.21	450	17,0	X	1,3	21	7,75	16,8
				Y	1,9	33	10,75	17,7
				Z	2,1	35	11,25	18,7
24	03.03.21	450	21,0	X	1,2	12	5,50	21,8
				Y	1,9	33	10,75	17,7
				Z	1,9	33	10,75	17,7
25	03.03.21	240	20,0	X	0,8	9	5,00	16,0
				Y	0,6	9	5,00	12,0
				Z	0,3	9	5,00	6,0
26	05.03.21	140	14,9	X	2,5	12	5,50	45,5
				Y	2,4	17	6,75	35,6
				Z	3,3	16	6,50	50,8
27	05.03.21	140	22,7	X	2,0	12	5,50	36,4
				Y	2,4	17	6,75	35,6
				Z	4,2	35	11,25	37,3
28	05.03.21	140	20,8	X	2,9	12	5,50	52,7
				Y	2,0	9	5,00	40,0
				Z	1,6	39	12,25	13,1
29	05.03.21	140	6,5	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hagerh-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
30	10.03.21	440	31,0	X	1,4	9	5,00	28,0
				Y	0,8	8	5,00	16,0
				Z	1,0	45	13,75	7,3
31	10.03.21	440	20,0	X	0,4	14	6,00	6,7
				Y	0,6	11	5,25	11,4
				Z	0,3	18	7,00	4,3
32	10.03.21	400	25,0	X	1,1	11	5,25	21,0
				Y	0,8	18	7,00	11,4
				Z	0,5	11	5,25	9,5
33	12.03.21	370	27,8	X	1,1	11	5,25	21,0
				Y	1,2	12	5,50	21,8
				Z	1,4	31	10,25	13,7
34	12.03.21	370	19,0	X	1,5	11	5,25	28,6
				Y	1,8	11	5,25	34,3
				Z	2,1	31	10,25	20,5
35	12.03.21	280	16,0	X	1,2	10	5,00	24,0
				Y	1,0	11	5,25	19,0
				Z	0,7	11	5,25	13,3
36	17.03.21	630	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
37	17.03.21	560	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
38	17.03.21	560	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
39	17.03.21	480	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
40	19.03.21	440	25,8	X	1,9	12	5,50	34,5
				Y	1,6	17	6,75	23,7
				Z	1,6	44	13,50	11,9
41	19.03.21	560	21,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
42	19.03.21	560	26,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
43	24.03.21	550	21,4	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
44	24.03.21	560	13,2	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hagerh-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				v_{max} (mm/s)				
45	24.03.21	640	9,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
46	26.03.21	210	24,0	X	1,7	11	5,25	32,4
				Y	1,5	14	6,00	25,0
				Z	2,7	14	6,00	45,0
47	26.03.21	210	20,0	X	1,5	21	7,75	19,4
				Y	1,9	16	6,50	29,2
				Z	2,7	36	11,50	23,5
48	26.03.21	210	24,0	X	0,9	20	7,50	12,0
				Y	1,9	11	5,25	36,2
				Z	2,0	41	12,75	15,7
49	31.03.21	440	18,8	X	1,6	11	5,25	30,5
				Y	1,5	19	7,25	20,7
				Z	1,1	43	13,25	8,3
50	31.03.21	210	20,0	X	2,1	12	5,50	38,2
				Y	2,0	17	6,75	29,6
				Z	2,7	33	10,75	25,1
51	09.04.21	620	26,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
52	09.04.21	550	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
53	09.04.21	560	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
54	09.04.21	560	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
55	14.04.21	450	25,0	X	0,7	11	5,25	13,3
				Y	0,7	10	5,00	14,0
				Z	0,6	12	5,50	10,9
56	14.04.21	450	25,0	X	0,8	14	6,00	13,3
				Y	1,1	17	6,75	16,3
				Z	1,3	45	13,75	9,5
57	16.04.21	330	30,0	X	1,3	10	5,00	26,0
				Y	1,7	15	6,25	27,2
				Z	1,3	15	6,25	20,8
58	16.04.21	330	30,0	X	1,1	11	5,25	21,0
				Y	1,6	12	5,50	29,1
				Z	1,1	31	10,25	10,7
59	16.04.21	330	25,0	X	1,1	10	5,00	22,0
				Y	1,0	10	5,00	20,0
				Z	1,2	17	6,75	17,8



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hager-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
60	16.04.21	400	25,0	X	0,5	12	5,50	9,1
				Y	0,3	16	6,50	4,6
				Z	0,2	13	5,75	3,5
61	23.04.21	210	17,0	X	1,2	12	5,50	21,8
				Y	1,6	16	6,50	24,6
				Z	2,2	37	11,75	18,7
62	23.04.21	210	17,0	X	0,6	21	7,75	7,7
				Y	0,9	31	10,25	8,8
				Z	1,5	41	12,75	11,8
63	23.04.21	210	20,0	X	1,1	13	5,75	19,1
				Y	1,2	12	5,50	21,8
				Z	1,9	38	12,00	15,8
64	28.04.21	640	16,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
65	28.04.21	560	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
66	28.04.21	560	20,0	X	0,6	9	5,00	12,0
				Y	0,4	10	5,00	8,0
				Z	0,3	9	5,00	6,0
67	28.04.21	560	21,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
68	30.04.21	480	30,0	X	1,0	9	5,00	20,0
				Y	1,1	9	5,00	22,0
				Z	0,7	19	7,25	9,7
69	30.04.21	480	30,0	X	1,1	9	5,00	22,0
				Y	1,1	12	5,50	20,0
				Z	0,5	15	6,25	8,0
70	30.04.21	390	30,0	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			
71	05.05.21	440	22,0	X	1,2	11	5,25	22,9
				Y	1,1	18	7,00	15,7
				Z	1,4	39	12,25	11,4
72	05.05.21	440	24,0	X	0,7	20	7,50	9,3
				Y	0,7	16	6,50	10,8
				Z	0,8	43	13,25	6,0
73	07.05.21	560	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
74	07.05.21	560	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hager-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
75	12.05.21	640	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
76	12.05.21	640	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
77	12.05.21	390	22,0	X	1,2	22	8,00	15,0
				Y	1,2	17	6,75	17,8
				Z	1,9	43	13,25	14,3
78	12.05.21	300	22,0	X	1,1	8	5,00	22,0
				Y	1,8	15	6,25	28,8
				Z	1,6	33	10,75	14,9
79	19.05.21	560	27,0	X	0,7	8	5,00	14,0
				Y	0,4	8	5,00	8,0
				Z	0,7	8	5,00	14,0
80	19.05.21	480	30,0	X	0,8	8	5,00	16,0
				Y	0,8	11	5,25	15,2
				Z	0,4	8	5,00	8,0
81	21.05.21	630	27,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
82	21.05.21	560	27,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
83	21.05.21	480	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
84	21.05.21	480	22,0	X	0,8	7	5,00	16,0
				Y	1,2	11	5,25	22,9
				Z	0,4	12	5,50	7,3
85	26.05.21	240	19,0	X	2,1	13	5,75	36,5
				Y	2,0	16	6,50	30,8
				Z	2,5	15	6,25	40,0
86	26.05.21	240	14,0	X	0,8	26	9,00	8,9
				Y	0,8	15	6,25	12,8
				Z	2,7	35	11,25	24,0
87	26.05.21	210	18,6	X	1,3	20	7,50	17,3
				Y	1,6	31	10,25	15,6
				Z	1,5	40	12,50	12,0
88	26.05.21	210	15,0	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			
89	28.05.21	340	26,0	X	2,2	10	5,00	44,0
				Y	1,1	17	6,75	16,3
				Z	1,4	38	12,00	11,7



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hagerh-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
90	28.05.21	420	24,0	X	1,0	10	5,00	20,0
				Y	1,1	17	6,75	16,3
				Z	1,8	37	11,75	15,3
91	28.05.21	440	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
92	02.06.21	270	19,0	X	1,1	13	5,75	19,1
				Y	1,5	28	9,50	15,8
				Z	1,9	28	9,50	20,0
93	02.06.21	330	19,9	X	0,9	11	5,25	17,1
				Y	1,0	10	5,00	20,0
				Z	0,5	28	9,50	5,3
94	02.06.21	330	19,0	X	0,8	13	5,75	13,9
				Y	0,6	30	10,00	6,0
				Z	0,8	22	8,00	10,0
95	02.06.21	330	19,0	X	0,9	9	5,00	18,0
				Y	0,8	24	8,50	9,4
				Z	0,4	38	12,00	3,3
96	09.06.21	270	20,0	X	1,0	12	5,50	18,2
				Y	1,1	10	5,00	22,0
				Z	0,7	12	5,50	12,7
97	09.06.21	270	20,0	X	1,0	13	5,75	17,4
				Y	0,9	14	6,00	15,0
				Z	0,8	14	6,00	13,3
98	09.06.21	340	48,0	X	0,9	33	10,75	8,4
				Y	0,7	21	7,75	9,0
				Z	1,4	32	10,50	13,3
99	09.06.21	340	26,0	X	1,5	12	5,50	27,3
				Y	1,3	13	5,75	22,6
				Z	2,0	35	11,25	17,8
100	11.06.21	210	24,0	X	1,8	12	5,50	32,7
				Y	2,2	30	10,00	22,0
				Z	2,6	16	6,50	40,0
101	11.06.21	210	24,0	X	1,0	20	7,50	13,3
				Y	1,9	13	5,75	33,0
				Z	2,2	32	10,50	21,0
102	11.06.21	210	24,0	X	s.o., nur ein Ereignis			
				Y	s.o., nur ein Ereignis			
				Z	s.o., nur ein Ereignis			
103	11.06.21	480	28,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
104	16.06.21	210	19,0	X	1,0	21	7,75	12,9
				Y	1,3	12	5,50	23,6
				Z	3,0	41	12,75	23,5



Messstelle 2, „Feldstraße“ 79, 58119 Hagerh-Hohenlimburg

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
105	16.06.21	210	18,1	X	1,4	12	5,50	25,5
				Y	1,6	17	6,75	23,7
				Z	1,7	34	11,00	15,5
106	16.06.21	210	17,0	X	0,8	13	5,75	13,9
				Y	1,3	32	10,50	12,4
				Z	2,2	35	11,25	19,6
107	18.06.21	480	30,0	X	0,9	15	6,25	14,4
				Y	0,8	12	5,50	14,5
				Z	0,5	14	6,00	8,3
108	18.06.21	390	30,0	X	0,6	8	5,00	12,0
				Y	0,4	15	6,25	6,4
				Z	0,2	15	6,25	3,2
109	23.06.21	630	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
110	23.06.21	640	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
111	23.06.21	560	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Anlage 3

Messergebnisse an der Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
1	06.01.21	1110	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
2	06.01.21	1110	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
3	06.01.21	930	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
4	13.01.21	790	35,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
5	15.01.21	530	23,0	X	0,2	14	6,00	3,3
				Y	0,6	13	5,75	10,4
				Z	0,5	16	6,50	7,7
6	15.01.21	530	25,0	X	0,4	15	6,25	6,4
				Y	0,4	16	6,50	6,2
				Z	0,6	16	6,50	9,2
7	15.01.21	740	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
8	20.01.21	990	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
9	20.01.21	990	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
10	20.01.21	990	5,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
11	27.01.21	760	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
12	27.01.21	760	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
13	05.02.21	530	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
14	05.02.21	460	25,0	X	0,3	15	6,25	4,8
				Y	0,5	17	6,75	7,4
				Z	0,6	12	5,50	10,9



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				v_{\max}	(mm/s)			
15	05.02.21	820	22,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
16	19.02.21	900	22,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
17	19.02.21	900	22,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
18	24.02.21	820	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
19	24.02.21	860	14,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
20	26.02.21	860	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
21	26.02.21	940	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
22	26.02.21	820	10,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
23	03.03.21	700	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
24	03.03.21	700	21,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
25	03.03.21	820	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
26	05.03.21	990	14,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
27	05.03.21	990	22,7	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
28	05.03.21	990	20,8	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
29	05.03.21	990	6,5	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
30	10.03.21	900	31,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
31	10.03.21	900	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
32	10.03.21	970	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
33	12.03.21	760	27,8	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
34	12.03.21	760	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
35	12.03.21	830	16,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
36	17.03.21	460	25,0	X	0,3	54	15,40	1,9
				Y	0,4	24	8,50	4,7
				Z	0,7	22	8,00	8,8
37	17.03.21	530	20,0	X	0,2	39	12,25	1,6
				Y	0,4	29	9,75	4,1
				Z	0,6	38	12,00	5,0
38	17.03.21	580	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
39	17.03.21	640	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
40	19.03.21	900	25,8	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
41	19.03.21	580	21,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
42	19.03.21	580	26,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
43	24.03.21	640	21,4	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
44	24.03.21	580	13,2	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
45	24.03.21	530	9,0	X	0,3	85	18,50	1,6
				Y	0,5	18	7,00	7,1
				Z	0,6	21	7,75	7,7
46	26.03.21	860	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
47	26.03.21	860	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
48	26.03.21	860	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
49	31.03.21	900	18,8	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
50	31.03.21	860	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
51	09.04.21	590	26,0	X	0,2	45	13,75	1,5
				Y	0,3	15	6,25	4,8
				Z	0,5	13	5,75	8,7
52	09.04.21	640	25,0	X	0,3	23	8,25	3,6
				Y	0,5	19	7,25	6,9
				Z	0,7	18	7,00	10,0
53	09.04.21	580	20,0	X	0,4	19	7,25	5,5
				Y	0,5	14	6,00	8,3
				Z	0,7	18	7,00	10,0
54	09.04.21	580	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
55	14.04.21	700	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
56	14.04.21	700	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
57	16.04.21	1040	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
58	16.04.21	1040	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
59	16.04.21	1040	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
60	16.04.21	970	25,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
61	23.04.21	860	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
62	23.04.21	860	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
63	23.04.21	860	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
64	28.04.21	530	16,0	X	0,2	17	6,75	3,0
				Y	0,4	13	5,75	7,0
				Z	0,5	13	5,75	8,7
65	28.04.21	580	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
66	28.04.21	580	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
67	28.04.21	580	21,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
68	30.04.21	640	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
69	30.04.21	640	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
70	30.04.21	710	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
71	05.05.21	900	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
72	05.05.21	900	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
73	07.05.21	580	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
74	07.05.21	580	23,0	X	0,4	18	7,00	5,7
				Y	0,4	16	6,50	6,2
				Z	0,6	14	6,00	10,0



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
					v_{\max} (mm/s)			
75	12.05.21	530	15,0	X	0,4	60	16,00	2,5
				Y	0,5	19	7,25	6,9
				Z	0,6	16	6,50	9,2
76	12.05.21	530	23,0	X	0,4	14	6,00	6,7
				Y	0,3	13	5,75	5,2
				Z	0,5	18	7,00	7,1
77	12.05.21	710	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
78	12.05.21	790	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
79	19.05.21	530	27,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
80	19.05.21	600	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
81	21.05.21	460	27,0	X	0,1	13	5,75	1,7
				Y	0,4	12	5,50	7,3
				Z	0,5	11	5,25	9,5
82	21.05.21	530	27,0	X	0,2	15	6,25	3,2
				Y	0,4	12	5,50	7,3
				Z	0,6	15	6,25	9,6
83	21.05.21	600	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
84	21.05.21	600	22,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
85	26.05.21	910	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
86	26.05.21	910	14,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
87	26.05.21	860	18,6	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
88	26.05.21	860	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
89	28.05.21	930	26,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

Nr.	Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwinggeschwindigkeit v_{\max} (mm/s)		Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
				X	Y			
90	28.05.21	860	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
91	28.05.21	900	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
92	02.06.21	1000	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
93	02.06.21	1040	19,9	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
94	02.06.21	1040	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
95	02.06.21	1040	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
96	09.06.21	1000	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
97	09.06.21	1000	20,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
98	09.06.21	930	48,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
99	09.06.21	930	26,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
100	11.06.21	910	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
101	11.06.21	910	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
102	11.06.21	910	24,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
103	11.06.21	640	28,0	X	0,4	21	7,75	5,2
				Y	0,7	14	6,00	11,7
				Z	0,7	17	6,75	10,4
104	16.06.21	910	19,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			



Messstelle 3, „Dümpelacker“ 109, 58644 Iserlohn-Letmathe

105	16.06.21	910	18,1	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
106	16.06.21	910	17,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
107	18.06.21	640	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
108	18.06.21	710	30,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
109	23.06.21	460	24,0	X	0,2	18	7,00	2,9
				Y	0,5	20	7,50	6,7
				Z	0,8	20	7,50	10,7
110	23.06.21	530	15,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			
111	23.06.21	530	23,0	X	<0,5 mm/s			
				Y	<0,5 mm/s			
				Z	<0,5 mm/s			

