Landesanstalt für Umwelt
Baden-Württemberg

Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf ausgewählte Wohnhäuser der Gemeinden 72365 Ratshausen und 72361 Hausen am Tann

Messbericht vom 05.11.2019

Baden-Württemberg

AUFTRAGGEBER	Landratsamt Zollernalbkreis Bauamt Gewerbeaufsicht / Immissionsschutz
HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63 76231 Karlsruhe www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Landesmessstelle Geräusche und Erschütterungen Referat 34 Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz Berichterstatter: Dipl.-Ing. Kai Jänke Dipl.-Ing. (FH) Karl-Jürgen Kiesel Sachgebietsleiter: Dipl.-Phys. Martin Hoffmann Telefon: 0721/5600-0 Telefax: 0721/5600-2339 Email: laerm@lubw.bwl.de
TITEL	Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf ausgewählte Wohnhäuser der Gemeinden 72365 Ratshausen und 72361 Hausen am Tann
STAND	05. November 2019

EMAS
GEPRÜFTES UMWELTMANAGEMENT
D-138-00063

Inhaltsverzeichnis

1	**Zusammenfassung**	**3**
2	**Ausgangssituation**	**5**
2.1	Problematik	5
2.2	Aufgabenstellung	5
2.3	Beteiligte Stellen	6
2.4	Örtliche Situation	6
2.5	Messorte/Immissionsorte	7
2.5.1	Wohnhaus [redacted]	7
2.5.2	Wohnhaus Oberstockstraße 9	8
2.5.3	Wohnhaus Kirchweg 4	9
2.6	Erschütterungsquelle und Sprengtechnische Parameter	9
3	**Mess- und Beurteilungsgrundlagen**	**11**
4	**Durchführung der Messungen**	**12**
4.1	Vorgehensweise	12
4.2	Beachtung von Fremdeinflüssen	13
4.2.1	Dauermessung	13
4.2.2	Gesteuerte Messungen	13
4.3	Datum und Zeitraum der Messungen	13
4.4	Beteiligte Personen	14
4.4.1	Dauermessungen:	14
4.4.2	Gesteuerte Messungen:	14
4.5	Lage der Messpunkte an den Messorten	15
4.5.1	Wohnhaus [redacted] Ratshausen	16
4.5.2	Wohnhaus Oberstockstraße 9, Hausen am Tann	17
4.5.3	Wohnhaus Kirchweg 4, Hausen am Tann	19
4.6	Eingesetzte Messsysteme	21
4.7	Subjektive Wahrnehmung der Beschwerdeführer während der Messungen	21
4.8	Subjektive Wahrnehmung der Berichterstatter während der Messung	21
5	**Messergebnisse / Beurteilungsgrößen**	**22**
5.1	Qualitätsbetrachtung	22
5.2	Ergebnisse der Dauermessungen	22
5.3	Ergebnisse der gesteuerten Messungen	24
5.3.1	Festgestellte Überhöhungsfaktoren	26

6	**Gegenüberstellung von Beurteilungsgrößen und Anhaltswerten**	**27**
6.1	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen	27
6.2	Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen	28
6.3	Vergleichsmessungen von LUBW und Firma Holcim	30
7	**Beurteilung und Diskussion der Ergebnisse aus Sicht der LUBW**	**31**
7.1	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen	31
7.2	Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen	33
7.3	Vergleich der Messergebnisse am Referenzpunkt	34
Anhang zum Messbericht		**35**
Anhang 1	**Messergebnisse der Firma Holcim**	**36**
Anhang 2	**Sprengtechnische Daten am 27.06.2019**	**37**
Anhang 3	**Erläuterungen zu den Mess- und Beurteilungsverfahren**	**41**
Anhang 3.1	Einwirkungen auf Menschen in Wohnungen	41
Anhang 3.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	43
Anhang 3.3	Begriffe, Messgrößen, Abkürzungen	46
Anhang 3.4	Eingesetzte Messgeräte	48
Anhang 4	**Zeitverläufe und Frequenzanalysen**	**51**
Anhang 4.1	gesteuerte Messungen am 27.06.2019	51
Anhang 4.1.1	Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen	51
Anhang 4.1.2	Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann	57
Anhang 4.2	Dauermessungen	63
Anhang 4.2.1	Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen	63
Anhang 4.2.2	Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann	77
Anhang 4.2.3	Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann	82
Anhang 5	**Auftragsschreiben**	**91**

1 Zusammenfassung

Auf Grund von Nachbarschaftsbeschwerden über möglicherweise erheblich belästigende Erschütterungsimmissionen sowie über befürchtete Gebäudeschäden wurden im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Landratsamt Zollernalbkreis, Bauamt, Gewerbeaufsicht / Immissionsschutz im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 07.09.2018 (unbeaufsichtigte Dauermessung) und am 27.06.2019 (beaufsichtigte und gesteuerte Messungen) in ausgewählten Wohnhäusern der Gemeinden 72365 Ratshausen sowie 72361 Hausen am Tann Erschütterungsmessungen durchgeführt. Dabei wurden die in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen sowie Oberstockstraße 9 bzw. Kirchweg 4 in Hausen am Tann durch Gewinnsprengungen im Steinbruch der Firma Holcim (Gemarkung Dotternhausen) verursachte Erschütterungsimmissionen messtechnisch erfasst. Die durchgeführten Messungen erfolgten in Abstimmung mit dem Landratsamt Zollernalbkreis sowie den Beschwerdeführern. Die Firma Holcim war lediglich im Rahmen der beaufsichtigten und gesteuerten Messungen am 27.06.2019 eingebunden.

Die Messung und Beurteilung der festgestellten Erschütterungsimmissionen erfolgte auf Grundlage der LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen (März 2018) sowie von DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Juni 1999), DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ (Dezember 2016) und DIN 45669 Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen; Messverfahren“ (Juni 2005).

Ein Vergleich der ermittelten Beurteilungsgrößen mit den Anforderungen der o.g. Regelwerke zeigt, dass die dort zur Vermeidung erheblicher Belästigung von Menschen in Wohnungen für allgemeine Wohngebiete (Wohnlage Hausen am Tann) sowie für Mischgebiete (Wohnlage Ratshausen) im Beurteilungszeitraum „tags“ (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) genannten Anhaltswerte bei den von der LUBW in den Wohnhäusern am 27.06.2019 messtechnisch erfassten Sprengungen deutlich unterschritten wurden. Unter der Voraussetzung, dass alle Sprengungen werktags in den Zeiten von 7:00 bis 13:00 Uhr oder von 15:00 bis 19:00 Uhr erfolgen und eine geeignete Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen stattfindet, gilt dies auch unter Berücksichtigung aller im Rahmen der Dauermessungen ermittelten Ergebnisse bei Anwendung der jeweils maximal in den untersuchten Wohnhäusern festgestellten Überhöhungsfaktoren, siehe Abschnitt 7.1. Aus Sicht der LUBW erreichen die in den untersuchten Wohnhäusern festgestellten Sprengerschütterungen damit nicht das Niveau einer erheblichen Belästigung im Sinne der o. g. Regelwerke.

Die Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen wurden während der durch die LUBW in den Wohnhäusern messtechnisch erfassten Sprengungen auch unter Berücksichtigung der jeweils festgestellten größten Überhöhungsfaktoren deutlich unterschritten, siehe Abschnitt 7.2. Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes als Folge dieser Erschütterungsimmissionen sind daher nach Maßgabe der o.g. Regelwerke nicht zu erwarten.

Die in den untersuchten Gebäuden messtechnisch ermittelten Überhöhungsfaktoren sind in Tabelle 9, Abschnitt 5.3.1 zusammengefasst. Die Vergleichsmessungen der LUBW am Messpunkt Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann zeigen eine deutliche Übereinstimmung mit den von der Firma Holcim am selben Messpunkt gewonnenen Ergebnissen (Abweichung < 10%), siehe Tabelle 12 in Abschnitt 6.3.

2 Ausgangssituation

2.1 Problematik

Beim Landratsamt Zollernalbkreis liegen Nachbarschaftsbeschwerden über möglicherweise erheblich beeinträchtigende Erschütterungsimmissionen in mehreren Wohnhäusern der zwei benachbarten Gemeinden Ratshausen sowie Hausen am Tann vor. Auch befürchten die Beschwerdeführer zumindest langfristig erschütterungsbedingte Schäden an ihren Wohnhäusern. Die beanstandeten Erschütterungen werden durch Sprengarbeiten in einem nahegelegenen Steinbruch auf der Gemarkung Dotternhausen verursacht. Der Betreiber des Steinbruchs beabsichtigt, den Steinbruch in Richtung der betroffenen Wohnlagen zu erweitern. Zwischenzeitlich werden die Sprengerschütterungen bereits am Fundament von zwei betroffenen Wohnhäusern regelmäßig im Auftrag des Steinbruchbetreibers aufgezeichnet und dokumentiert. Die Messergebnisse werden von den Beschwerdeführern jedoch angezweifelt. Auch wurde der im Rahmen von Erschütterungsprognosen angenommene Überhöhungsfaktor innerhalb der Gebäude von maximal 3 bisher noch nicht messtechnisch validiert.

2.2 Aufgabenstellung

Mit Schreiben vom 27.06.2017 wurde die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg vom Landratsamt Zollernalbkreis, Bauamt Gewerbeaufsicht / Immissionsschutz gebeten, die Ergebnisse der im Auftrag des Steinbruchbetreibers in betroffenen Gebäuden durchgeführten Erschütterungsmessungen exemplarisch zu verifizieren sowie in ausgewählten Gebäuden die innerhäuslichen Überhöhungsfaktoren beispielhaft messtechnisch zu ermitteln. Außerdem sollten die im Rahmen der Messungen der LUBW festgestellten, durch Sprengungen im Steinbruch Dotternhausen verursachten Erschütterungsimmissionen anhand der einschlägigen Regelwerke hinsichtlich möglicher Belästigung von Menschen in Wohnungen sowie hinsichtlich möglicher Verursachung von Gebäudeschäden anhand der einschlägigen Regelwerke beurteilt werden.

Die Messplanung (Festlegung von Ort, Zeitpunkt, Messumfang, Messdurchführung usw.) sollte im Rahmen einer Vorbesprechung unter Beteiligung der Gemeindeverwaltung (Federführung) sowie des Landratsamtes sowie der Beschwerdeführer und der LUBW erfolgen.

Als Mess- und Beurteilungsgrundlagen sollten die in Abschnitt 3 genannten Regelwerke herangezogen werden.

2.3 Beteiligte Stellen

Auftraggeber:

Landratsamt Zollernalbkreis
Bauamt Gewerbeaufsicht / Immissionsschutz
Frau Simroth
Hirschbergstraße 29
72338 Balingen

Verursacher der Einwirkungen:

Firma Holcim (Süddeutschland) GmbH
72359 Dotternhausen

Vertreter der Kommunalverwaltung:

Herr Bürgermeister Lebherz

Beteiligte Beschwerdeführer:

Familie [redacted]
[redacted]
72365 Ratshausen

Herr Zubel
Oberstockstraße 9
72361 Hausen am Tann

Familie Murr
Kirchweg 4
72361 Hausen am Tann

2.4 Örtliche Situation

Beim Landratsamt Zollernalbkreis werden aus den Gemeinden Ratshausen und Hausen am Tann zunehmend Beschwerden über Erschütterungseinwirkungen vorgetragen. Als Ursache dieser Erschütterungsimmissionen werden Sprengarbeiten in dem nördlich der Gemeinden auf Gemarkung Dotternhausen befindlichen Kalksteinbruch der Firma Holcim genannt. Die Ortslagen inklusive der betroffenen Wohngebäude liegen etwa 1700 m (Hausen am Tann) bzw. etwa 1800 m (Ratshausen) vom südlichen Rand des derzeitigen Steinbruchs entfernt.

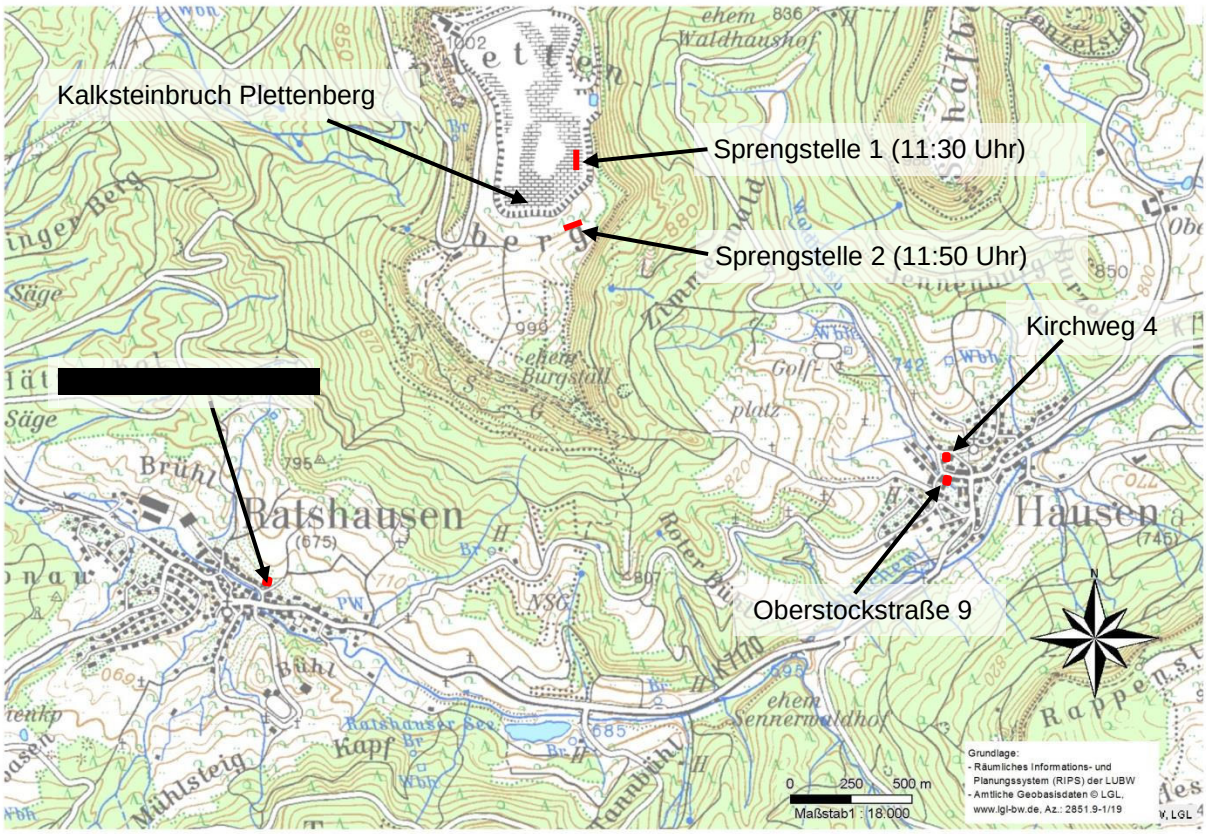


Abbildung 1: örtliche Situation, Lageplan mit Sprengstellen des 27.06.2019

2.5 Messorte/Immissionsorte

2.5.1 WOHNHAUS [redacted]

Das Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen ist ein zweigeschossiges Mehrfamilienhaus in Hanglage mit ausgebautem Dachgeschoss und einseitig ebenerdigem Kellergeschoss (vermutlich Streifenfundament mit Betonbodenbelag). Zur Hangseite (Nordseite des Hauses) befindet sich ein überdachter „Freisitz“ mit Steinfliesenbelag auf betoniertem Boden. Das Gebäude ist in Fachwerkbauweise errichtet. Zwischen den Geschossen sind Holzbalkendecken eingebaut. Das Haus besteht aus einem älteren und einem neueren Gebäudeteil. Die Messungen erfolgten ausschließlich im neueren Gebäudeteil. Gemäß den Angaben des Landratsamtes Zollernalbkreis befindet sich das Anwesen in einem Mischgebiet.

Abbildung 2: Wohnhaus [redacted] in Ratshausen

2.5.2 WOHNHAUS OBERSTOCKSTRAßE 9

Das Wohnhaus Oberstockstraße 9, Flurstück 55 in 72361 Hausen am Tann ist ein Einfamilienhaus mit Erdgeschoss und ausgebautem Dachgeschoss. Das Haus ist unterkellert (vermutlich Streifenfundament mit Betonboden). Das Gebäude ist in Massivbauweise (Steinhaus) errichtet. Gemäß den Angaben des Landratsamtes Zollernalbkreis befindet sich das Anwesen in einem allgemeinen Wohngebiet.

Abbildung 3: Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann

2.5.3 WOHNHAUS KIRCHWEG 4

Das Wohnhaus Kirchweg 4, Flurstück 113 in 72361 Hausen am Tann ist ein zweigeschossiges Einfamilienhaus in Hanglage mit einseitig ebenerdigem Kellergeschoss (vermutlich Streifenfundament mit Betonboden). Das Gebäude besteht aus zwei nacheinander errichteten Teilen. Der östliche Gebäudeteil ist in Massivbauweise-, der westliche Gebäudeteil ist in Fachwerkbauweise errichtet. Zwischen den Geschossen im westlichen Gebäudeteil sind Holzbalkendecken eingebaut. Die Messungen erfolgten ausschließlich im westlichen Gebäudeteil. Gemäß den Angaben des Landratsamtes Zollernalbkreis befindet sich das Anwesen in einem allgemeinen Wohngebiet.

Abbildung 4: Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann

2.6 Erschütterungsquelle und Sprengtechnische Parameter

Die beanstandeten Erschütterungen werden durch Sprengarbeiten (Gewinnsprengungen) im Kalksteinbruch der Firma Holcim, Gemarkung Dotternhausen verursacht. Dabei wird Kalkgestein abgebaut. Das gewonnene Material wird vor allem für die Zementherstellung genutzt. Die Abbaufläche des Steinbruchs beträgt derzeit ca. 32 ha. Der Abbau erfolgt aktuell in drei Abbaustufen mit je maximal 20 m Mächtigkeit. Pro Woche werden üblicherweise 1 bis 2 Sprengungen ausgeführt. Der Abstand vom südlichen Rand des Steinbruchs bis zur Ortsrandbebauung von Hausen am Tann beträgt ca. 1700 m, zur Ortsrandbebauung von Ratshausen ca. 1800 m. Es ist eine Erweiterung des Steinbruchs in Richtung der betroffenen Gemeinden geplant, siehe Abbildung 1. Die Angaben zum Betrieb des Steinbruchs erfolgten durch das Landratsamt Zollernalbkreis.

Auf Grund der besprochenen Vorgehensweise, siehe Abschnitt 4.1 sollten die im Rahmen der gesteuerten Messungen durchgeführten Sprengungen möglichst mit den Sprengungen vergleichbar sein, bei denen im Rahmen der Dauermessungen die höchsten Erschütterungseinwirkungen festgestellt wurden. Die wesentlichen Parameter der Sprengungen am 27.06.2019 sind in Anhang 2 dargestellt.

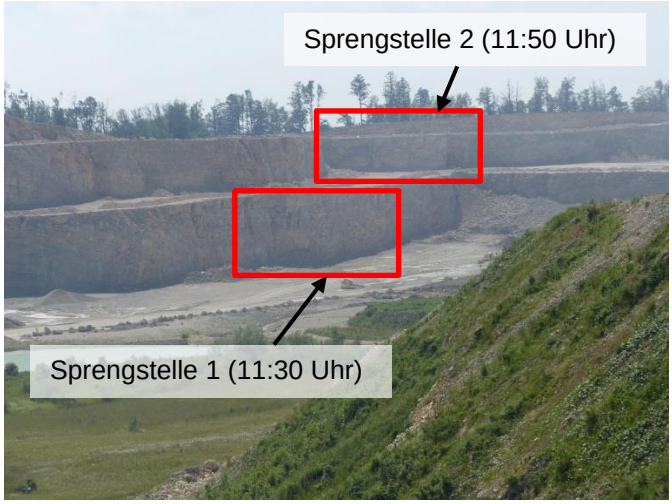


Abbildung 5: Sprengstellen am 27.06.2019 vor den Sprengungen

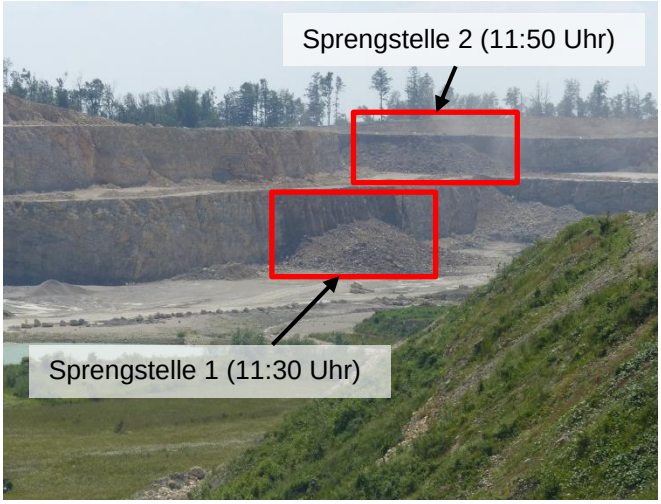


Abbildung 6: Sprengstellen am 27.06.2019 nach erfolgten Sprengungen

3 Mess- und Beurteilungsgrundlagen

In Absprache mit dem Landratsamt Zollernalbkreis, wurden die nachstehenden Regelwerke als Mess- und Beurteilungsgrundlage herangezogen. Erläuternde Informationen zu den angewandten Mess- und Beurteilungsverfahren einschließlich der geltenden Anhaltswerte/Immissionswerte sind in Anhang 3 zusammengestellt.

Die Messung und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen erfolgte auf Grundlage der LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen (März 2018) sowie von DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Juni 1999), DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Dezember 2016) und DIN 45669 Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen; Messverfahren“ (Juni 2005).

Anmerkung: Die Inhalte der DIN 4150 und der LAI-Hinweise sind weitgehend gleich. Die Anhaltswerte „A“ der DIN 4150 sind identisch mit den entsprechenden Immissionswerten „IW“ der LAI-Hinweise.

4 Durchführung der Messungen

4.1 Vorgehensweise

Die grundsätzliche Vorgehensweise sowie die konkrete Messplanung wurden im Vorfeld der Messungen zwischen dem Landratsamt Zollernalbkreis, Frau Simroth und der LUBW, Herren Jänke und Kiesel besprochen und abgestimmt. Zur Festlegung der allgemeinen Rahmenbedingungen erfolgte am 06.06.2018 zunächst eine Besprechung unter Beteiligung der in Abschnitt 2.3 genannten Personen im Rathaus der Gemeinde Ratshausen. Im direkten Anschluss an die Besprechung erfolgte im Beisein der Mitarbeiterinnen des Landratsamtes die Aufstellung der Erschütterungsdauermesssysteme durch die Mitarbeiter der LUBW in den Kellergeschossen der Betroffenen in der Oberstockstraße in Hausen am Tann sowie in der [redacted] in Ratshausen. Der Messpunkt am Fundament des Wohnhauses Oberstockstraße in Hausen am Tann wurde zwischenzeitlich in Abstimmung mit dem Auftraggeber sowie den Beschwerdeführern am 18.07.2018 in ein anderes Wohngebäude in der Nachbarschaft (Kirchweg 4) verlegt.

In den insgesamt etwa zwölf Wochen Messzeit der Dauermessung wurden bis zum 07.09.2018 von den Messsystemen der LUBW kontinuierlich alle im Steinbruch der Fa. Holcim stattfindenden Sprengereignisse in den Kellergeschossen der Beschwerdeführer erfasst. Gleichzeitig dokumentierten die Betroffenen ihre subjektive Wahrnehmung der Ereignisse in einem Beschwerdeführerprotokoll. Die Dauermessung diente der Sammlung von Erkenntnissen bzgl. der maximal anzunehmenden Erschütterungseinwirkungen an den Fundamenten der betroffenen Wohngebäude sowie dem Abgleich mit den von der Fa. Holcim beauftragten Messergebnissen.

Nach Abbau der Dauermesssysteme durch die LUBW erfolgte die Terminabstimmung bzgl. eines für die gesteuerte Abschlussmessung geeigneten Sprengtermins. Aus Sicht der Unterzeichner war ein Termin mit mehreren nacheinander stattfindenden Sprengungen an einem Tag anzustreben. Dabei sollten die geplanten Sprengungen möglichst nahe an den Sprengstellen erfolgen, an denen während der Dauermessung die Sprengungen bei den Betroffenen zu den stärksten Einwirkungen führten (worst-case-Situation). Ein zunächst vom Steinbruchbetreiber für den 08.11.2018 vorgeschlagener Termin konnte aufgrund der zu kurzfristigen Bekanntgabe von den Unterzeichnern nicht wahrgenommen werden. Im Anschluss konnten betreiberseits für das Jahr 2018 keine weiteren Sprengtermine für Sprengungen in den relevaten Bereichen des Steinbrunchs ermöglicht werden.

Nach Überwindung kapazitärer Engpässe zu Beginn des Jahres 2019 konnte die LUBW einen vom Betreiber für den 27.06.2019 vorgeschlagenen Sprengtermin zur Durchführung der noch ausstehenden Abschlussmessungen im Einvernehmen mit dem Landratsamt Zollernalbkreis zusagen. Am Vortag der Messung, am 26.06.2019, wurden zunächst die Messsysteme in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen sowie Kirchweg 4 in Hausen am Tann installiert. Die Festlegung der Messpunkte in den Wohnhäusern erfolgte nach einvernehmlicher Absprache mit den jeweiligen Beschwerdeführern, den Eheleuten [redacted] und Murr. Alle Wünsche der Betroffenen bezüglich der Lage möglicher Messpunkte wurden dabei berücksichtigt. Die Sprengungen am 27.06.2019 erfolgten zu vorab einvernehmlich festgesetzten Zeitpunkten. Während der Sprengung waren Vertreter des Landratsamtes sowie der LUBW zur Beobachtung der Abläufe im Steinbruch und weitere Mitarbeiter der LUBW zur Betreuung der Messsysteme in den Wohnhäusern Schli-

chemstraße 6 in Ratshausen sowie Kirchweg 4 in Hausen am Tann zugegen. Das Messpersonal sowie die Vertreter des Landratsamtes und der LUBW im Steinbuch standen während der Messung zur Absprache telefonisch in Verbindung. Die Koordination der Abläufe am Messtag erfolgte durch das Landratsamt Zollernalbkreis.

Die weitere Vorgehensweise am Tag der Abschlussmessung sowie die Lage der einzelnen Messpunkte in den Wohngebäuden der Beschwerdeführer sind in den nachfolgenden Abschnitten dokumentiert.

4.2 Beachtung von Fremdeinflüssen

4.2.1 DAUERMESSUNG

Die Verifizierung der Sprengereignisse im Rahmen der Dauermessungen erfolgte sowohl über die Sprengzeitendokumentation der Firma Holcim im Internet, die Sprengzeitendokumentation der Beschwerdeführer als auch über die visuelle Plausibilitätsprüfung der zu diesen Zeitpunkten aufgezeichneten Zeitschriebe der Erschütterungseinwirkungen durch die Unterzeichner. Auf Grund der durchgeführten Prüfungen ist davon auszugehen, dass die aufgezeichneten Sprengerschütterungen auch bei den Dauermessungen jeweils störungsfrei erfolgten.

4.2.2 GESTEUERTE MESSUNGEN

Die Erschütterungsmesssysteme in den Wohngebäuden der Beschwerdeführer wurden während der Sprengungen am 27.06.2019 durch die Herren Kiesel und Jänke beobachtet. Störungen aus häuslichen oder anderen Quellen waren während der Sprengungen nicht erkennbar. Die Sprengungen konnten störungsfrei aufgezeichnet werden

4.3 Datum und Zeitraum der Messungen

Die Dauermessungen erfolgten im Zeitraum vom 06.06.2018 bis zum 07.09.2018. Die zwei gesteuerten Messungen wurden am 27.06.2019 um 11:30 Uhr sowie um 11:50 Uhr durchgeführt.

4.4 Beteiligte Personen

4.4.1 DAUERMESSUNGEN:

Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen

Eheleute [redacted]	Beschwerdeführer	
Herren Jänke und Kiesel	LUBW	Aufbau, Wartung und Abbau der Messsysteme

Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann

Herr Zubel	Beschwerdeführer	
Herren Jänke und Kiesel	LUBW	Aufbau, Wartung und Abbau der Messsysteme

Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann

Eheleute Murr	Beschwerdeführer	
Herr Kiesel	LUBW	Aufbau, Wartung und Abbau der Messsysteme

4.4.2 GESTEUERTE MESSUNGEN:

Steuerung und Koordination im Steinbruch Holcim in Dotternhausen

Herren Haag und Junginger	Firma Holcim	Steuerung der Abläufe im Steinbruch
Frau Simroth	Landratsamt Zollernalbkreis	Koordination zwischen der Firma Holcim und der LUBW
Frau Karakurt	LUBW	Dokumentation der Abläufe im Steinbruch

Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen

Eheleute [redacted]	Beschwerdeführer	
Herr Jänke	LUBW	Betreuung der Messsysteme

Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann

Eheleute Murr	Beschwerdeführer	
Herren Fock und Kiesel	LUBW	Betreuung der Messsysteme

4.5 Lage der Messpunkte an den Messorten

Die Messung der Schwingungsgrößen zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen muss in vertikaler Richtung (z) und zwei zueinander rechtwinkligen, horizontalen Richtungen (x und y, meist parallel zu den Gebäudeaußenwänden) erfolgen. Sie muss auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes vorgenommen werden und zwar an den Stellen, an denen die stärksten Erschütterungen zu erwarten sind. Die größten vertikalen Deckenschwingungen sind dabei erfahrungsgemäß in Deckenfeldmitte zu erwarten. Bei Decken mit kräftigen Unterzügen können sie auch zwischen den Unterzügen auftreten. Tragende Zwischenwände müssen bei der Auswahl der Messpunkte berücksichtigt werden. Die Messung der Schwingungsgrößen in horizontaler Richtung soll in oder dicht an aufgehenden, tragenden Wänden erfolgen.

Anmerkung: Hinsichtlich der Auswahl der Messpunkte wird auf Seite 18 der DIN 4150 Teil 2, „Erläuterungen zu Abschnitt 5.2“ folgendes ausgeführt:

„Der Beurteilung werden grundsätzlich die am Fußboden auftretenden Schwingungen zugrunde gelegt und nicht die an der tatsächlichen Einleitungsstelle in den Körper des Menschen (z.B. Sitzfläche des Stuhles). Dies wurde festgelegt, um die Messergebnisse nicht durch das in weiten Grenzen variierende Schwingungsverhalten von unterschiedlichen Möblierungen zu beeinflussen. Das Schwingungsverhalten des Inventars wird daher, soweit dies pauschal möglich ist, durch die Festlegung der Höhe der Anhaltswerte auf der Basis der bisherigen Erfahrungen berücksichtigt.“

Für die Beurteilung ist somit der im zu untersuchenden Wohnraum am stärksten betroffene Fußbodenmesspunkt maßgebend.

Zur Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungsimmissionen sind die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene zu ermitteln. Für die Beurteilung der vertikalen Deckenschwingungen ist die am stärksten schwingende Geschossdecke entscheidend. Die größten vertikalen Deckenschwingungen sind dabei erfahrungsgemäß in der Mitte des frei schwingenden Deckenfeldes zu erwarten. Alternativ zu einer direkten Messung an den maßgeblichen Messpunkten kann für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen (z. B. Sprengerschütterungen) auch am Gebäudefundament gemessen werden. Weitere Erläuterungen siehe Anhang 3.

Alle Messpunkte wurden in Absprache mit den Beschwerdeführern einvernehmlich festgelegt. Die Wahl der Messpunkte steht im Einklang mit den einschlägigen Immissionsmessvorschriften.

4.5.1 WOHNHAUS [redacted] RATSHAUSEN

Tabelle 1: Lage der Messpunkte im Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen

Messpunkt Nr.	**Verwendete Aufnehmer** [1]			**Deckenkonstruktion; Bodenbelag**	**Lagebeschreibung des Messpunktes** -siehe auch Abbildungen 7 bis 13-
	v_x	v_y	v_z		
SMp.1D (Dauer-messung)	MR3000C mit MS3003+ (3-axial Geschwindigkeits-sensor) der Firma Syscom			Fundament, Steinfliesen Belag über Betonboden	Überdachter Freisitz auf der Nordseite des Hauses (Richtung Plettenberg). Das Messsystem befand sich in der südwestlichen Ecke des Freisitzes
SMp.1G (Gesteuerte Messung)	C-14	C-15	C-16		
SMp.2G (Gesteuerte Messung)	-	-	B-04	Holzbalkendecke; Holzparkettboden	1.OG Esszimmer auf der südlichen Gebäudeseite, ca. in Raummitte.
SMp.3G (Gesteuerte Messung)	-	-	B-07	Holzbalkendecke; Holzparkettboden	2.OG Schlafzimmer in der südwestlichen Gebäudeecke ca. in Raummitte.
SMp.4G (Gesteuerte Messung)	-	-	B-08	Holzbalkendecke; Holzparkettboden	2.OG Wohnzimmer auf der südlichen Gebäudeseite ca. in der Mitte des frei schwingenden südlichen Deckenfeldes.
SMp.5G (Gesteuerte Messung)	C-17	C-18	-	Holzbalkendecke; Holzparkettboden	2.OG Arbeitszimmer auf der nördlichen Gebäudeseite nahe der nordöstlichen Raumecke.

Die Aufstellung und Ankopplung der Messaufnehmer erfolgte gemäß DIN 45669 Teil 2. Die Messrichtungen x und y verliefen jeweils parallel zu den Gebäudehauptachsen. Dabei wies die Messrichtung x ca. in Richtung des Steinbruches.

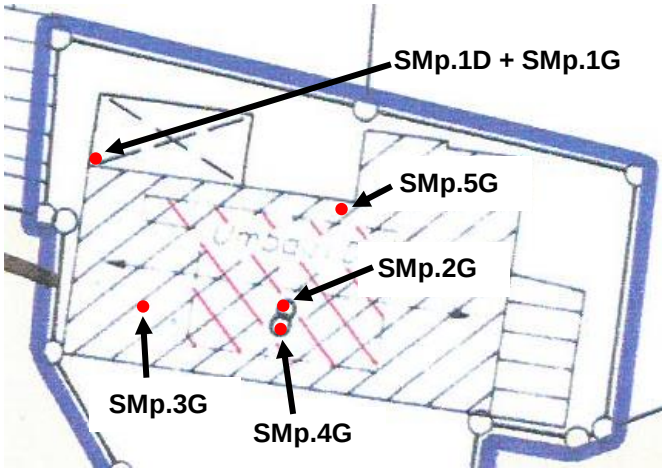


Abbildung 7: Lageskizze der Messpunkte

[1] Kurzbezeichnung der Aufnehmer, siehe Anhang 3.4

Abbildung 8: Fundament, Freisitz (v_x,v_y,v_z), SMp.1D

Abbildung 9: Fundament, Freisitz (v_x,v_y,v_z), SMp.1G

Abbildung 10: 1.OG Esszimmer (v_z), SMp.2G

Abbildung 11: 2.OG Schlafzimmer (v_z), SMp.3G

Abbildung 12: 2.OG Wohnzimmer (v_z), SMp.4G

Abbildung 13: 2.OG Büro (v_x,v_y), SMp.5G

4.5.2 WOHNHAUS OBERSTOCKSTRAßE 9, HAUSEN AM TANN

Messpunkt zum Vergleich der Ergebnisse der Firma Holcim mit den Messergebnissen der LUBW.

Tabelle 2: Lage der Messpunkte im Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann

Messpunkt Nr.	**Verwendete Aufnehmer** [2]			**Deckenkonstruktion; Bodenbelag**	**Lagebeschreibung des Messpunktes** -siehe auch Abbildungen 14 bis 15-
	v_x	v_y	v_z		
ZMp.1D (Dauer-messung)	C-14	C-15	C-16	Fundament, Steinfliesenbelag über Betonboden	Kellergeschoss, Abstellraum; Nahe der südlichen Außenwand, Vergleichsmesspunkt

Die Aufstellung und Ankopplung der Messaufnehmer erfolgte gemäß DIN 45669 Teil 2. Die Messrichtungen x und y verliefen jeweils parallel zu den Gebäudehauptachsen. Dabei wies die Messrichtung x ca. in Richtung des Steinbruches.

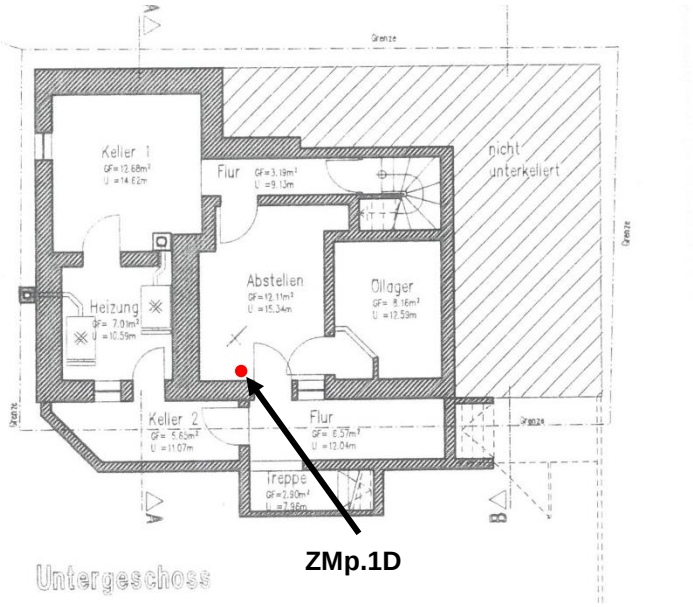


Abbildung 14 Lageskizze des Messpunktes der LUBW im Rahmen der Vergleichsmessungen

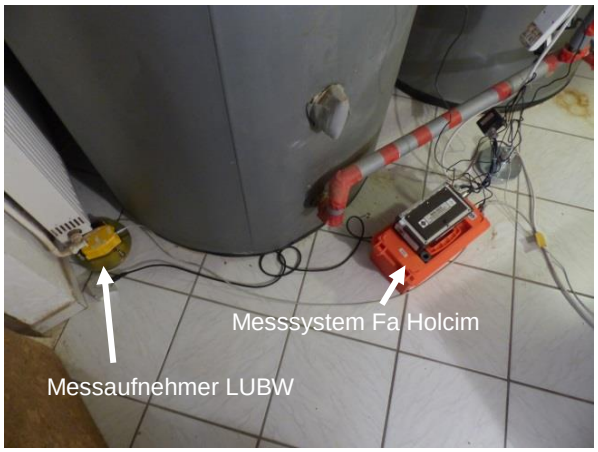


Abbildung 15: Fundament (v_x,v_y,v_z), ZMp.1D (Vergleichsmessung)

[2] Kurzbezeichnung der Aufnehmer, siehe Anhang 3.4

4.5.3 WOHNHAUS KIRCHWEG 4, HAUSEN AM TANN

Tabelle 3: Lage der Messpunkte im Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann

Messpunkt Nr.	**Verwendete Aufnehmer** [3]			**Deckenkonstruktion; Bodenbelag**	**Lagebeschreibung des Messpunktes** -siehe auch Abbildungen 16 bis 23-
	v_x	v_y	v_z		
MMp.1D (Dauermessung)	C-14	C-15	C-16	Fundament, Steinfliesen Belag über Betonboden	Kellergeschoss, Heizraum; Nahe der nordwestlichen Raumecke, ca. 30 cm vor dem Kamin, mittig zwischen Heizkessel und Schrank
MMp.1G (Gesteuerte Messung)	C-20	C-21	C-22		
MMp.2G (Gesteuerte Messung)	-	-	A-04	Holzbalkendecke über gemauertem Gewölbekeller. Holzdielenboden	1.OG Wohnzimmer in der nordwestlichen Hausecke ca. in Raummitte
MMp.3G (Gesteuerte Messung)	-	-	A-07	Holzbalkendecke. Parkettboden	2.OG Gästezimmer in der südwestlichen Hausecke ca. in der Mitte des westlichen frei schwingenden Deckenfeldes
MMp.4G (Gesteuerte Messung)	-	-	A-08	Holzbalkendecke. Laminatboden	2.OG Schlafzimmer in der nordwestlichen Hausecke, ca. in Raummitte
MMp.5G (Gesteuerte Messung)	C-23	C-24	-	Holzbalkendecke. Laminatboden	2.OG Schlafzimmer in der nordwestlichen Hausecke, nahe der nordwestlichen Raumecke

Die Aufstellung und Ankopplung der Messaufnehmer erfolgte gemäß DIN 45669 Teil 2. Die Messrichtungen x und y verliefen jeweils parallel zu den Gebäudehauptachsen. Dabei wies die Messrichtung x ca. in Richtung des Steinbruches.

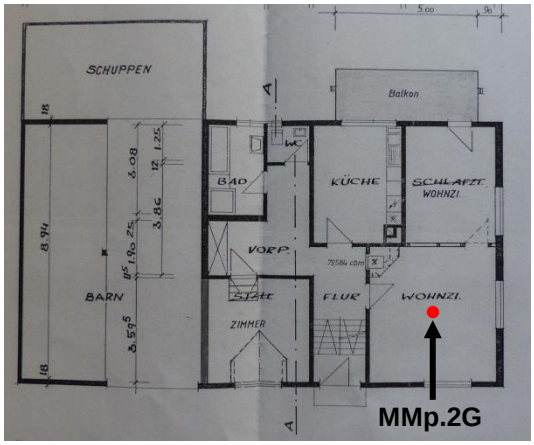


Abbildung 16: Lageskizze des Messpunktes im 1.OG

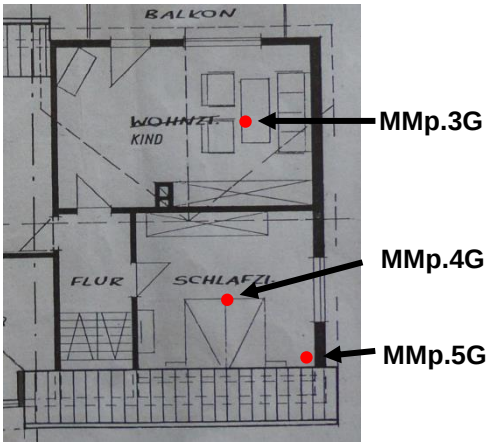


Abbildung 17: Lageskizze der Messpunkte im 2.OG

[3] Kurzbezeichnung der Aufnehmer, siehe Anhang 3.4

Abbildung 18: Keller, Heizraum (v_x,v_y,v_z), MMp.1D

Abbildung 19: Keller, Heizraum (v_x,v_y,v_z), MMp.1G

Abbildung 20: 1.OG Wohnzimmer (v_z), MMp.2G

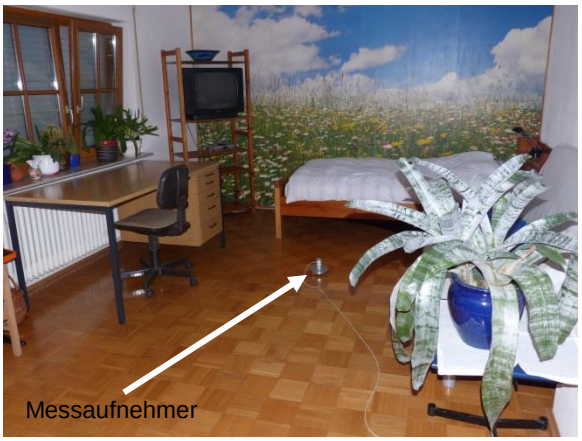


Abbildung 21: 2.OG Gästezimmer (v_z), MMp.3G

Abbildung 22: 2.OG Schlafzimmer (v_z), MMp.4G

Abbildung 23: 2.OG Schlafzimmer (v_x,v_y), MMp.5G

4.6 Eingesetzte Messsysteme

Die an den einzelnen Messorten jeweils eingesetzten Messsysteme, Prüfgeneratoren und Auswertesoftware sind in Anhang 3.4 detailliert beschrieben.

An allen Messpunkten wurden folgende Messgrößen für die jeweils erfassten Messrichtungen parallel aufgezeichnet: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec und bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$, siehe auch Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3.

4.7 Subjektive Wahrnehmung der Beschwerdeführer während der Messungen

Dauermessungen

Angaben der Beschwerdeführer über ihre subjektive Wahrnehmung des jeweiligen Sprengereignisses ist der jeweils rechten Spalte von Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6 zu entnehmen, vgl. „Bewertung (Betroffene)“.

Gesteuerte Messungen

Nach Angabe der Beschwerdeführer wurden beide Sprengungen im Hause [redacted] als vergleichsweise schwach bzw. sehr schwach wahrgenommen. Im Wohnhaus Murr wurde die Sprengung um 11:30 Uhr von den Betroffenen ebenfalls als schwach, die Sprengung um 11:50 Uhr als sehr schwach empfunden.

4.8 Subjektive Wahrnehmung der Berichterstatter während der Messung

Eine subjektive Bewertung der Sprengereignisse durch die Unterzeichner ist nicht möglich, da sich diese zum Zeitpunkt der Sprengungen jeweils im Fundamentbereich (Beobachtung der Messsysteme) und nicht in den relevanten Wohnbereichen der Wohnhäuser befanden.

5 Messergebnisse / Beurteilungsgrößen

Die Durchführung der Messungen erfolgte gemäß den vorab durch das Landratsamt Zollernalbkreis festgelegten Vorgaben. Im Rahmen der gesteuerten Messungen wurden dabei Sprengstellen ausgewählt, in deren Umgebung bei Sprengungen im Rahmen der Dauermessung jeweils die stärksten Einwirkungen festgestellt wurden. An den beschriebenen Messpunkten, siehe Abschnitt 2.5 wurden die vertikalen bzw. die horizontalen Komponenten der Schwinggeschwindigkeit v(t) und der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ in den angegebenen Messrichtungen jeweils parallel erfasst. Die Messungen an allen Messpunkten erfolgten zeitgleich. Die durch die Sprengung verursachten Erschütterungsimmissionen konnten an allen Messpunkten störungsfrei aufgezeichnet werden. Während den gesteuerten Messungen wurden die Messsysteme durch Mitarbeiter der LUBW überwacht. Die Abläufe im Steinbruch wurden durch Frau Simroth und Frau Karakurt beobachtet, mit den Messstellen koordiniert und dokumentiert. Die Messung der Erschütterungsimmissionen erfolgte jeweils im Frequenzbereich 1 Hz bis 400 Hz.

5.1 Qualitätsbetrachtung

Messabweichungen sind diejenigen Abweichungen, die sich im Wesentlichen aus dem Zusammenwirken der in DIN 45669 Teile 1 u. 2 genannten Einflussfaktoren und Störeinflüssen ergeben. Wird der Vergleich von Messergebnissen mit Immissionswerten durchgeführt, um bei festgestellten schädlichen Umwelteinwirkungen bestimmte Maßnahmen anzuordnen, muss sichergestellt sein, dass Überschreitungen der Immissionswerte nicht auf messtechnischen Unsicherheiten beruhen. Bei der normgerechten messtechnischen Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten oder KB-Werten sind erfahrungsgemäß Unsicherheiten von bis zu ± 15 % zu erwarten. Sollen Anordnungen auf die Messergebnisse gestützt werden, ist daher in der Regel vom durch Messung ermittelten Wert ein Abzug von 15 % vorzunehmen, siehe LAI-Hinweise, Abschnitt 4.

5.2 Ergebnisse der Dauermessungen

Insgesamt wurden im Rahmen der Dauermessungen im Wohnhaus [redacted] (Ratshausen) 14 Sprengerschütterungen, im Wohnhaus Oberstockstraße 9 (Hausen am Tann) 6 Sprengerschütterungen und im Wohnhaus Kirchweg 4 (Hausen am Tann) 8 Sprengerschütterungen messtechnisch erfasst und ausgewertet. Die Firma Holcim war über die Durchführung der Dauermessungen nicht informiert. Die Bewohner der Gebäude wurden gebeten, die Einwirkungsstärken wahrgenommener Sprengerschütterungen soweit möglich subjektiv zu bewerten.

Bei 12 der 14 aufgezeichneten Sprengerschütterungen konnte jeweils das Originalsignal aufgezeichnet werden. Die Ergebnisse von zwei Sprengungen (Unterschreitung der eingestellten Triggerschwelle) wurden aus der ergänzend durchgeführten Hintergrundmessung (durchgehende Aufzeichnung der $v_{max}(t_i)$-Werte -Sekunden Taktmaximalwerte-) ermittelt. Alle festgestellten Sprengereignisse wurden störungsfrei erfasst.

Tabelle 4: Ergebnisse der Erschütterungsmessung (Dauermessung) im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen (Messpunkt SMp.1D) im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 07.09.2018.

Datum	**Spreng-zeit**	**Messgrößen, Messrichtung Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v (mm/sec)**			**Beurteilungs-schwingge-schwindigkeit vB2[4] (mm/sec)**	**Prozent von Anhaltswert bezüglich Gebäude**	**Bewertung**
tt.mm	**hh:mm**	**v_x**	**v_y**	**v_z**	**max (x,y,z)**	**%**	**(Betroffene)**
14.06	13:23	0,65	0,24	0,75	0,39 (z)	7,8	stark
14.06	13:36	0,08	0,10	0,11	-[5]	-	-
20.06	11:18	0,15	0,23	0,22	0,22 (y)	4,4	-
28.06	12:02	0,10	0,26	0,17	0,24 (y)	4,8	-
09.07	14:34	0,27	0,14	0,37	0,19 (z)	3,8	dumpfes Grollen
16.07	10:29	0,46	0,29	0,35	0,46 (x)	9,3	nur Geräusch
20.07	10:31	0,13	0,15	0,22	0,31 (y)	3,1	-
27.07	11:11	0,58	0,43	0,81	0,41 (z)	8,3	stark
30.07	10:29	0,51	0,47	0,92	0,42 (z)	8,4	-
03.08	11:52	0,57	0,30	0,92	0,50 (z)	10,0	stark
23.08	10:20	0,22	0,21	0,21	0,22 (x)	4,4	-
31.08	11:58	0,20	0,39	0,30	0,39 (y)	7,9	-
31.08	13:30	0,18	0,11	0,24	0,13 (z)	2,5	-
07.09	10:00	0,66	0,44	1,05	0,59 (z)	11,8	Sehr sehr stark

Tabelle 5: Ergebnisse der Erschütterungsmessung (Dauermessung) im Wohnhaus Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann (Messpunkt ZMp.1D) im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 18.07.2018.

Datum	**Spreng-zeit**	**Messgrößen, Messrichtung Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v (mm/sec)**			**Beurteilungs-schwingge-schwindigkeit vB2[4] mm/sec)**	**Prozent von Anhaltswert bezüglich Gebäude**	**Bewertung**
tt.mm	**hh:mm**	**v_x**	**v_y**	**v_z**	**max (x,y,z)**	**%**	**(Betroffene)**
14.06	13:23	0,14	0,12	0,29	0,16 (z)	3,2	-
14.06	13:36	0,08	0,10	0,16	-[5]	-[5]	-
20.06	11:18	0,18	0,12	0,28	0,16 (x)	3,2	-
28.06	12:02	0,12	0,12	0,10	-[5]	-	-
09.07	14:34	0,16	0,12	0,23	0,14 (x)	2,8	stark
16.07	10:29	0,20	0,13	0,14	0,19 (x)	3,9	-

[4] Bezeichnung gemäß DIN 4150 Teil 3 (Dezember 2016), Anhang B „Alternativer Mess- und Auswerteverfahren“

[5] Ergebnis aus Hintergrundmessung ermittelt. Damit ist kein Zeitverlauf der Erschütterungssignale vorhanden. Die Ermittlung der Beurteilungsgröße vB2 ist somit nicht möglich. Ebenso ist die Frequenzzusammensetzung der Erschütterungssignale unbekannt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Erschütterungsmessung (Dauermessung) im Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann (Messpunkt MMp.1D) im Zeitraum vom 18.07.2018 bis 07.09.2018.

Datum	**Spreng-zeit**	**Messgrößen, Messrichtung Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v (mm/sec)**			**Beurteilungs-schwingge-schwindigkeit vB2[4] mm/sec)**	**Prozent von Anhaltswert bezüglich Gebäude**	**Bewertung**
tt.mm	**hh:mm**	**v_x**	**v_y**	**v_z**	**max (x,y,z)**	**%**	**(Betroffene)**
20.07	10:31	0,11	0,13	0,18	0,13 (z)	2,6	-
27.07	11:11	0,22	0,41	0,36	0,41 (y)	8,2	-
30.07	10:29	0,17	0,18	0,42	0,27 (z)	5,4	stark
03.08	11:52	0,17	0,34	0,31	0,33 (y)	6,6	stark
23.08	10:20	0,24	0,24	0,59	0,59 (z)	11,7	-
31.08	11:58	0,32	0,36	0,86	0,55 (z)	11,1	stark
31.08	13:30	0,07	0,06	0,17	0,17 (z)	3,4	-
07.09	10:00	0,32	0,34	0,31	0,33 (y)	6,7	-

5.3 Ergebnisse der gesteuerten Messungen

Sprengerschütterungsmessungen am 27.06.2019 um 11:30 Uhr (Sprengung 1).

Tabelle 7: Ergebnisse der Erschütterungsmessung in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen und Kirchweg 4 in Hausen am Tann (Sprengung 1)

Messort	**Messgrößen, Messrichtung Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v (mm/sec)**			**Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} in den Messrichtungen**			**Beurteilungsschwingge-schwindigkeit vB2[6]**
Messpunkt	**v_x**	**v_y**	**v_z**	**x**	**y**	**z**	**Maximalwert (x,y,z)**
Wohnhaus [redacted] in Ratshausen							
SMp.1G	0,21	0,31	0,15	0,09	0,13	0,06	0,27 (y)
SMp.2G	-	-	0,85	-	-	0,51	
SMp.3G	-	-	1,55	-	-	0,79	
SMp.4G	-	-	0,81	-	-	0,41	
SMp.5G	0,44	0,59	-	0,18	0,26	-	
Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann							
MMp.1G	0,16	0,18	0,38	0,05	0,08	0,15	0,36 (z)
MMp.2G	-	-	0,66	-	-	0,29	
MMp.3G	-	-	2,41	-	-	1,21	
MMp.4G	-	-	1,82	-	-	0,89	
MMp.5G	0,31	0,41	-	0,11	0,19	-	

[6] Bezeichnung gemäß DIN 4150 Teil 3 (Dezember 2016), Anhang B „Alternativer Mess- und Auswerteverfahren“

Sprengerschütterungsmessungen am 27.06.2019 um 11:50 Uhr (Sprengung 2).

Tabelle 8: Ergebnisse der Erschütterungsmessung in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen und Kirchweg 4 in Hausen am Tann (Sprengung 2)

Messort	**Messgrößen, Messrichtung Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit v (mm/sec)**			**Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} in den Messrichtungen**			**Beurteilungsschwingge-schwindigkeit vB2[7]**
Messpunkt	**v_x**	**v_y**	**v_z**	**x**	**y**	**Z**	**Maximalwert (x,y,z)**
Wohnhaus [redacted] in Ratshausen							
SMp.1G	0,20	0,31	0,21	0,07	0,08	0,07	0,31 (y)
SMp.2G	-	-	0,72	-	-	0,33	
SMp.3G	-	-	0,81	-	-	0,35	
SMp.4G	-	-	0,79	-	-	0,31	
SMp.5G	0,37	0,40	-	0,16	0,14	-	
Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann							
MMp.1G	0,23	0,17	0,67	0,06	0,05	0,18	0,67 (z)
MMp.2G	-	-	0,69	-	-	0,19	
MMp.3G	-	-	1,41	-	-	0,76	
MMp.4G	-	-	1,59	-	-	0,71	
MMp.5G	0,34	0,22	-	0,10	0,08	-	

Anmerkung zu den Tabellen:

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkungen gibt die maximale bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax}). Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB_F = 0{,}1$ und $KB_F = 0{,}2$.

[7] Bezeichnung gemäß DIN 4150 Teil 3 (Dezember 2016), Anhang B „Alternativer Mess- und Auswerteverfahren“

5.3.1 FESTGESTELLTE ÜBERHÖHUNGSFAKTOREN

Tabelle 9: Festgestellte maximale Überhöhungsfaktoren $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$ und $KB_{Fmax(OG)}/v_{max(Fundament)}$

Spreng-zeitpunkt	Maßgeblicher Messpunkt	Maßgebliche Messrichtung (x,y,z)	Maximaler Überhöhungsfaktor $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$	Maximaler Überhöhungsfaktor[8] $KB_{Fmax(OG)}/v_{max(Fundament)}$
Wohnhaus [redacted] in Ratshausen				
11:30 Uhr	SMp.3G	(z)	10	5
	SMp.5G	(x,y)	2	0,8
11:50 Uhr	SMp.3G	(z)	4	2
	SMp.5G	(x,y)	2	0,8
Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann				
11:30 Uhr	MMp.3G	(z)	6	3
	MMp.5G	(x,y)	2	1
11:50 Uhr	MMp.3G MMp.4G	(z) (z)	2	1
	MMp.5G	(x,y)	1,5	0,5

Anmerkungen zur Tabelle:

Gemäß eigener Messerfahrung der LUBW sind in Wohnhäusern mit Holzbalkendecken bei Sprengerschütterungen Überhöhungsfaktoren $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$ innerhalb von Gebäuden in vertikaler Messrichtung (z) meist im Bereich 3 bis 6 zu erwarten. Dies deckt sich auch mit Angaben in der einschlägigen Fachliteratur. Die im Rahmen der gesteuerten Messung ermittelten vertikalen Überhöhungsfaktoren $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$ von 2 im Wohnhaus Murr (Sprengung 11:50 Uhr) bzw. 10 im Wohnhaus [redacted] (Sprengung 11:30 Uhr) liegen dagegen eher am unteren bzw. oberen Ende der zu erwartenden Spanne und treten vermutlich vergleichsweise selten auf. Der Überhöhungsfaktor von 10 wurde im Vergleich mit den Ergebnissen der Dauermessung bei relativ niedriger Anregung am Fundament erzielt. Die Sprengung um 11:50 Uhr erbrachte bei etwas höherer Anregung am Fundament, bei unveränderter Aufnehmerposition und Ankopplung einen Überhöhungsfaktor von 4. Nach Einschätzung der LUBW ist die Kombination aus hoher Einwirkungsstärke am Fundament und gleichzeitigem Überhöhungsfaktor von 10 daher sehr selten zu erwarten.

[8] KB_{Fmax} ermittelt am relevanten Messpunkt im Wohnbereich

6 Gegenüberstellung von Beurteilungsgrößen und Anhaltswerten

6.1 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen

Die Messungen zur Beurteilung möglicher Belästigung von Menschen in Gebäuden durch Sprengerschütterungen wurden im Rahmen von Dauermessungen im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 07.09.2018 sowie von zwei gesteuerten Messungen am 27.06.2019 durchgeführt. Die Beurteilung der festgestellten Einwirkungen erfolgte auf Grundlage der in Abschnitt 3 genannten Normen und LAI-Hinweisen. Dabei ist grundsätzlich der am stärksten betroffene Wohnraum -Ort der stärksten Einwirkung- für die Beurteilung maßgeblich. Zur Beurteilung wurden gemäß den Vorgaben des Landratsamtes Zollernalbkreis, Frau Simroth, die einschlägigen Anhaltswerte/Immissionswerte für allgemeine Wohngebiete (Wohnlage Hausen am Tann) bzw. Mischgebiete (Wohnlage Ratshausen) „tags“ herangezogen.

Tabelle 10: Erschütterungsmessungen am 27.06.2019 in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen sowie Kirchweg 4 in Hausen am Tann. Vergleich der Ergebnisse der Auswertung am jeweiligen Ort der stärksten Einwirkung mit den relevanten Anhaltswerten/Immissionswerten der einschlägigen Regelwerke für Einwirkungen „tags“ in allgemeinen Wohngebieten bzw. Mischgebieten.

Messort	**Maßgeblicher Messpunkt** **Maßgebliche Einwirkungsrichtung**	**Ermittelte maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}**
Maßgeblicher Anhaltswert/Immissionswert gemäß DIN 4150-2 für selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen „tags“ in Allgemeinen Wohngebieten **A_o = 3** und in Mischgebieten **A_o = 5.** Bei Beachtung von Abschnitt Nr.6.5.1, DIN 4150 Teil 2 [9] gelten in **beiden Gebietsarten** **A_o = 6 in Ausnahmefällen A_o = 8**,		
Sprengung am 27.06.2019 11:30 Uhr		
Wohnhaus [redacted] **Ratshausen**	SMp.3G 2.OG Schlafzimmer in der südwestlichen Gebäudeecke ca. in Raummitte. Maßgebliche Einwirkungsrichtung vertikal (z)	KB_{Fmax} = 0,79
Wohnhaus **Kirchweg 4** **Hausen am Tann**	MMp.3G 2.OG Gästezimmer in der südwestlichen Hausecke ca. in der Mitte des westlichen frei schwingenden Deckenfeldes Maßgebliche Einwirkungsrichtung vertikal (z)	KB_{Fmax} = 1,21
Sprengung am 27.06.2019 11:50 Uhr		
Wohnhaus [redacted] **Ratshausen**	SMp.3G 2.OG Schlafzimmer in der südwestlichen Gebäudeecke ca. in Raummitte. Maßgebliche Einwirkungsrichtung vertikal (z)	KB_{Fmax} = 0,35
Wohnhaus **Kirchweg 4** **Hausen am Tann**	MMp.3G 2.OG Gästezimmer in der südwestlichen Hausecke ca. in der Mitte des westlichen frei schwingenden Deckenfeldes Maßgebliche Einwirkungsrichtung vertikal (z)	KB_{Fmax} = 0,76

[9] Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7:00 Uhr bis 13:00 Uhr oder von 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr erfolgen und nur ein Ereignis pro Tag stattfindet, gilt im vorliegenden Fall A_o = 6. In Ausnahmefällen (wenige Male pro Jahr) darf auch A_o = 8 erreicht werden.

Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament von v_z=1,05 mm/sec (Sprengung vom 07.09.2018) sowie einem Überhöhungsfaktor $KB_{Fmax(SMp.3G)}/v_{max(Fundament)}$ von 5 (worst-case-Betrachtung) ergibt sich eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale bewertete Schwingstärke von KB_{Fmax} = 5,3. Im Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann ergibt sich unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament von v_z = 0,86 mm/sec (Sprengung vom 31.08.2018) und einem Überhöhungsfaktor $KB_{Fmax(MMp.3G)}/v_{max(Fundament)}$ von 3 (worst-case-Betrachtung) eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale bewertete Schwingstärke von KB_{Fmax} = 2,6.

6.2 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Beurteilung der vorhandenen Erschütterungsimmissionen erfolgt hinsichtlich möglicher Einwirkungen auf bauliche Anlagen auf Grundlage der in Abschnitt 4 genannten Regelwerke. Dabei sind Sprengerschütterungen eindeutig als kurzzeitige Erschütterungen einzustufen.

Bei kurzzeitigen Erschütterungen sind zur Beurteilung der Gebäudeschwingungen die Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene (Ebene der Außenwände) sowie auf den jeweiligen Geschossdecken maßgebend. Alternativ zu einer direkten Messung an den maßgeblichen Messpunkten kann für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen auch am Gebäudefundament gemessen werden.

In den o.g. Regelwerken werden bei kurzzeitigen Erschütterungen für Wohngebäude die in Anhang-Tabelle 2 bzw. in Anhang-Tabelle 3 aufgeführten Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung oder Unterschreitung nach den bisherigen Erfahrungen Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten sind.

Tabelle 11: Erschütterungsmessungen im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen, sowie in den Wohnhäusern Oberstockstraße 9 und Kirchweg 4 in Hausen am Tann im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 07.09.2018 sowie am 27.06.2019. Vergleich der Ergebnisse der Auswertung für den jeweils maßgeblichen Messpunkt mit den relevanten Anhaltswerten der einschlägigen Regelwerke.

Messort	**Maßgeblicher Messpunkt**	**Maßgebliche Beurteilungsgröße und Einwirkungsrichtung**
Maßgebliche Anhaltswerte gemäß DIN 4150-3 zur Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen auf Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten		
Oberste Deckenebene (horizontal)		**v_{max} = 15 mm/sec**
Deckenschwingungen (vertikal)		**v_{max} = 20 mm/sec**
Alternativ:		
Fundament (horizontal und vertikal)		**v_{max} = 5 - 20 mm/sec** [10]
Beurteilungsschwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150 Teil 3, Anhang B		**vB2 = 5 mm/sec**
Analyse des Signals mittels Softwarefilter, damit Anhaltswert nicht mehr frequenzabhängig		

[10] Anhaltswert frequenzabhängig, DIN 4150 Teil 3 (Dezember 2016), Tabelle 1, Bild 1

Wohnhaus [redacted] **Ratshausen**	Gesteuerte Messungen am 27.06.2019	
	Oberste Deckenebene (Ebene der Außenwände). SMp.5G: 2.OG Arbeitszimmer auf der nördlichen Gebäudeseite nahe der nordöstlichen Raumecke.	v_{max} = 0,59 (y)
	Deckenschwingungen. SMp.3G: 2.OG Schlafzimmer in der südwestlichen Gebäudeecke ca. in Raummitte.	v_{max} = 1,55 (z)
	Fundament (alternativ). SMp.1G: Überdachter Freisitz auf der Nordseite des Hauses (Richtung Plettenberg). Das Messsystem befand sich in der südwestlichen Ecke des Freisitzes.	v_{max} = 0,31 (y) vB2 = 0,31 (y)
	Dauermessung im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 07.09.2018	
	Fundament (Maximalwert aus Dauermessung) SMp.1D: Überdachter Freisitz auf der Nordseite des Hauses (Richtung Plettenberg). Das Messsystem befand sich in der südwestlichen Ecke des Freisitzes.	v_{max} = 1,05 (z) vB2 = 0,59 (z)
Wohnhaus Kirchweg 4 Hausen am Tann	Gesteuerte Messungen am 27.06.2019	
	Oberste Deckenebene (Ebene der Außenwände). MMp.5G. 2.OG Schlafzimmer in der nordwestlichen Hausecke, nahe der nordwestlichen Raumecke.	v_{max} = 0,41 (y)
	Deckenschwingungen. MMp.3G: 2.OG Gästezimmer in der südwestlichen Hausecke ca. in der Mitte des westlichen frei schwingenden Deckenfeldes.	v_{max} = 2,41 (z)
	Fundament (alternativ). MMp.1G: Kellergeschoss, Heizraum; Nahe der nordwestlichen Raumecke, ca. 30 cm vor dem Kamin, mittig zwischen Heizkessel und Schrank.	v_{max} = 0,67 (z) vB2 = 0,67 (z)
	Dauermessung im Zeitraum vom 18.07.2018 bis 07.09.2018	
	Fundament (Maximalwert aus Dauermessung) MMp.1D: Kellergeschoss, Heizraum; Nahe der nordwestlichen Raumecke, ca. 30 cm vor dem Kamin, mittig zwischen Heizkessel und Schrank.	v_{max} = 0,86 (z) vB2 = 0,55 (z)
Wohnhaus Oberstockstraße 9 Hausen am Tann	Dauermessung im Zeitraum vom 06.06.2018 bis 18.07.2018	
	Fundament (Maximalwert aus Dauermessung) ZMp.1D Kellergeschoss, Abstellraum; Nahe der südlichen Außenwand, Vergleichsmesspunkt	v_{max} = 0,28 (z) vB2 = 0,19 (x)

Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament von v_z=1,05 mm/sec (Sprengung vom 07.09.2018) sowie dem im Wohnhaus am 27.06.2019 maximal ermittelten Überhöhungsfaktor $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$ von 10 (worst-case-Betrachtung) ergibt sich eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale vertikale Deckenschwingung von v_{max} = 10,5 mm/sec. Im Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann ergibt sich unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament von v_z = 0,86 mm/sec (Sprengung vom 31.08.2018) und dem am 27.06.2019 maximal festgestellten Überhöhungsfaktor $v_{max(OG)}/v_{max(Fundament)}$ von 6 (worst-case-Betrachtung) eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale vertikale Deckenschwingung von v_{max} = 5,2 mm/sec.

6.3 Vergleichsmessungen von LUBW und Firma Holcim

Tabelle 12: Vergleich der Messergebnisse am Messpunkt Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann

Sprengtag	**Sprengzeit**	**Ergebnisse in % vom Grenzwert**	
tt.mm.jjjj	**hh:mm**	**LUBW**	**Holcim**
14.06.2018	13:23	3,2	3,0
20.06.2018	11:18	3,2	3,3

Siehe hierzu Tabelle 2, Tabelle 5 und Anhang 1

7 Beurteilung und Diskussion der Ergebnisse aus Sicht der LUBW

Die abschließende Beurteilung der Immissionssituation bleibt allein der zuständigen Behörde vorbehalten. Insbesondere beinhaltet dies auch die Durchführung von möglichen, über die schematische Abhandlung der vorgegebenen Regelwerke hinausgehende Abwägungen oder von Sonderfallprüfungen. In diesem Sinne sind die Angaben in Abschnitt 7 lediglich als fachliche Einschätzung der LUBW und nicht als Vorgriff behördlicher Entscheidungen zu verstehen.

7.1 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Wohnungen

Nach § 3 Abs. 1 BImSchG sind schädliche Umwelteinwirkungen Immissionen (hier Erschütterungen), die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Bei der Beurteilung von Einwirkungen in Wohnungen, die durch Anlagen in einem benachbarten Betrieb hervorgerufen werden, sind somit die Anforderungen des Immissionsschutzrechts heranzuziehen. Da die Sprengungen im Steinbruch der Firma Holcim ausschließlich im Beurteilungszeitraum „tags“ (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) stattfinden, wurden die in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen und Kirchweg 4 in Hausen am Tann festgestellten Sprengerschütterungseinwirkungen den für allgemeine Wohngebiete (Wohnlage Hausen am Tann) bzw. für Mischgebiete (Wohnlage Ratshausen) „tags“ genannten Anhaltswerten/Immissionswerten der einschlägigen Regelwerke gegenübergestellt.

Soweit Erschütterungen auf Menschen in Wohnungen einwirken, sind die Anforderungen des Immissionsschutzrechtes in DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Juni 1999) sowie den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen (März 2018) konkretisiert. Bei Einhaltung der dort niedergelegten Anhaltswerte/Immissionswerte werden erhebliche Belästigungen von Menschen „in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen“ in der Regel vermieden. Im vorliegenden Fall sind somit die Anhaltswerte/Immissionswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 bzw. Tabelle 3 der LAI-Hinweise für die Beurteilung einschlägig. Eventuell vorhandene Sekundäreffekte sind in diesen Anhaltswerten/Immissionswerten -soweit möglich- pauschal berücksichtigt.

In den o. g. Regelwerken sind zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen in **allgemeinen Wohngebieten** bzw. in **Mischgebieten** die nachstehenden Anhaltswerte/Immissionswerte genannt.

Allgemeine Wohngebiete: Beurteilungszeitraum „tags“ 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr

A_u (IW_u) = 0,2; A_o (IW_o) = 5; A_r (IW_r) = 0,1

Mischgebiete: Beurteilungszeitraum „tags“ 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr

A_u (IW_u) = 0,15; A_o (IW_o) = 3; A_r (IW_r) = 0,07

Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag, z. B. Sprengerschütterungen, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (oberen) Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 der Norm ist. Dies gilt grundsätzlich auch für Erschütterungen, die von Gewinnungssprengungen verursacht werden. Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7:00 bis 13:00 Uhr oder von 15:00 bis 19:00 Uhr erfolgen und eine geeignete Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen stattfindet, gilt auch in allgemeinen Wohngebieten und in Mischgebieten der Anhaltswert von $A_o = 6$, wenn nur ein Ereignis je Tag stattfindet. In Ausnahmefällen (wenige Male je Jahr) dürfen die KB_{Fmax}-Werte bis $A_o = 8$ betragen, siehe Abschnitt 6.5.1 der Norm.

Ein Vergleich der ermittelten Beurteilungsgrößen mit den Anforderungen der o.g. Regelwerke zeigt, dass die im Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann am 27.06.2019 festgestellten, durch Sprengungen im Steinbruch Dotternhausen verursachten Erschütterungsimmissionen den für allgemeine Wohngebiete einschlägige Anhaltswert $A_o = 3$ mit maximal $KB_{Fmax} = 1{,}2$ deutlich unterschreiten, siehe Tabelle 10. Auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Dauermessung und Anwendung des im Wohnhaus messtechnisch festgestellten höchsten Überhöhungsfaktors $KB_{Fmax(OG)}/v_{max(Fundament)} = 3$ (worst-case-Betrachtung) -siehe Tabelle 9- wird der Anhaltswert $A_o = 3$ sicher eingehalten. Bei Beachtung der in Abschnitt 6.5.1 der Norm genannten Voraussetzungen[11] wird der dann geltende Anhaltswert $A_o = 6$ bzw. $A_o = 8$ (wenige male pro Jahr) deutlich unterschritten (Anhaltswertausschöpfung bei worst-case-Betrachtung und Beachtung der Vorgaben in Abschnitt 6.5.1 der Norm = 33%).

Im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen wurde der für Mischgebiete einschlägige Anhaltswert $A_o = 5$ bei den Messungen am 27.06.2019 mit maximal $KB_{Fmax} = 0{,}79$ deutlich unterschritten, siehe Tabelle 10. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Dauermessung und Anwendung des im Wohnhaus am 27.06.2019 messtechnisch ermittelten höchsten Überhöhungsfaktors $KB_{Fmax(OG)}/v_{max(Fundament)} = 5$ (worst-case-Betrachtung) wird der Anhaltswert $A_o = 5$ unter Beachtung der Messunsicherheit -siehe Abschnitt 5.1- noch eingehalten. Bei Beachtung der in Abschnitt 6.5.1 der Norm genannten Voraussetzungen[11] wird der dann geltende Anhaltswert $A_o = 6$ sicher eingehalten, der Anhaltswert $A_o = 8$ deutlich unterschritten (Anhaltswertausschöpfung bei worst-case-Betrachtung und Beachtung der in Abschnitt 6.5.1 der Norm = 66%)

Aus Sicht der LUBW erreichen damit die durch Sprengarbeiten im Steinbruch der Firma Holcim (Gemarkung Dotternhausen) in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen sowie Kirchweg 4 in Hausen am Tann verursachten Erschütterungsimmissionen nicht das Niveau einer erheblichen Belästigung im Sinne der o.g. Regelwerke.

---

[11] Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7:00 bis 13:00 Uhr oder von 15:00 bis 19:00 Uhr erfolgen und eine Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen stattfindet, gilt auch in allgemeinen Wohngebieten und in Mischgebieten der Anhaltswert von $A_o = 6$, wenn nur ein Ereignis je Tag stattfindet. In Ausnahmefällen (wenige Male je Jahr) dürfen die KB_{Fmax} -Werte bis 8 betragen, siehe Abschnitt 6.5.1 der Norm

7.2 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen erfolgt nach DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ (Dezember 2016) sowie den „LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen“ (März 2018). Diese Regelwerke legen ein Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen fest, welche für vorwiegend ruhende Beanspruchung bemessen sind. Es werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung oder Unterschreitung nach den bisherigen Erfahrungen Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten sind.

Anmerkung: Bei Wohngebäuden ist eine Verminderung des Gebrauchswertes bereits dann gegeben wenn z. B. Risse im Putz von Wänden auftreten, bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden oder Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Die o.g. Regelwerke unterscheiden dabei zwischen kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen und Dauererschütterungen. Sprengerschütterungen sind eindeutig als kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen einzustufen.

In den o.g. Regelwerken werden zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen in Wohngebäuden folgende Anhaltswerte genannt (siehe Anhang-Tabelle 2 und Anhang-Tabelle 3):

Tabelle 13: Anhaltswerte/Immissionswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude

Maßgebliche Messpunkte	**Anhaltswerte**		
Oberste Gebäudedecke in der Ebene der Außenwände	$v_{x,y}$	=	15 mm/sec
Vertikale Deckenschwingungen	v_z	=	20 mm/sec
Am Fundament	$v_{x,y,z}$	=	5 bis 20 mm/sec [12]
	vB2	=	5 mm/sec [13]

Wie in Tabelle 11 zu ersehen ist, lagen die im Rahmen der von der LUBW in den Wohnhäusern [redacted] in Ratshausen sowie Kirchweg 4 in Hausen am Tann durchgeführten Messungen festgestellten Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit (v_{max}) an den maßgeblichen Immissionsorten bei den gesteuerten Messungen am 27.06.2019 weit unter den entsprechenden Anhaltswerten/Immissionswerten der Norm bzw. der LAI-Hinweise. Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung im Wohnhaus [redacted] in Ratshausen ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament sowie dem im Wohnhaus am 27.06.2019 maximal ermittelten Überhöhungsfaktor ergibt sich eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale

[12] Anhaltswert frequenzabhängig

[13] Alternatives Mess- und Auswerteverfahren gemäß DIN 4150 Teil 3 Dezember 2016), Anhang B. Anhaltswert nicht frequenzabhängig

vertikale Deckenschwingung von v_{max} = 10,5 mm/sec (Anhaltswertausschöpfung bei worst-case-Betrachtung 53%). Im Wohnhaus Kirchweg 4 in Hausen am Tann ergibt sich unter Berücksichtigung der im Rahmen der Dauermessung ermittelten maximalen Schwinggeschwindigkeit am Fundament und dem am 27.06.2019 maximal festgestellten Überhöhungsfaktor eine bisher zumindest theoretisch erreichte maximale vertikale Deckenschwingung von v_{max} = 5,2 mm/sec (Anhaltswertausschöpfung bei worst-case-Betrachtung 26%).

Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes als Folge dieser Erschütterungseinwirkungen sind daher nach Maßgabe der o.g. Regelwerke nicht zu erwarten.

7.3 Vergleich der Messergebnisse am Referenzpunkt

Die im Rahmen der Vergleichsmessungen festgestellten Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Firma Holcim und den Ergebnissen der LUBW am Messpunkt Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann liegen bei weniger als 10%. Damit ergibt sich eine deutliche Übereinstimmung.

Gefertigt: Karlsruhe, 05.11.2019

Kai Jänke
Referat Technischer Arbeitsschutz,
Lärmschutz

Karl-Jürgen Kiesel
Referat Technischer Arbeitsschutz,
Lärmschutz

Anhang zum Messbericht

Anhang 1 Messergebnisse der Firma Holcim

Zur Verifizierung der von der Firma Holcim durchgeführten Messungen wurden im Zeitraum vom 06.06.2018 bis zum 18.07.2018 im Wohnhaus Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann Vergleichsmessungen durchgeführt. In diesem Zeitraum konnten von der LUBW insgesamt 6 Sprengungen aufgezeichnet werden. Die Sprengung vom 14.06.2018 (Sprengzeit 13:36 Uhr) wurde dabei lediglich über die Hintergrundmessung (Auslöseschwelle zur Aufzeichnung des Zeitsignals zu hoch) aufgezeichnet. Somit liegen hier keine Informationen über die Frequenzzusammensetzung vor. Ein Vergleich in % vom Grenzwert ist somit hier nicht möglich. Von der Firma Holcim wurden in diesem Zeitraum 3 Sprengungen messtechnisch erfasst. Zwei dieser aufgezeichneten Sprengungen können mit den Ergebnissen der LUBW direkt verglichen werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 gegenübergestellt.

Auf Wunsch der Hauseigentümer wurde das Messsystem der LUBW am 18.07.2018 im Wohnhaus Oberstockstraße 9 in Hausen am Tann abgebaut.

Holcim

Datum + Uhrzeit der Sprengung	Ratshausen, Wohngebäude Schlichemstraße	Hausen am Tann, Wohngebäude Oberstockstraße	Bemerkung
Montag, 16.07.2018	--	unterhalb der Messgrenze	
Dienstag, 03.07.18	--	unterhalb der Messgrenze	
Donnerstag, 28.06.18	--	unterhalb der Messgrenze	
Mittwoch, 20.06.18 um 11:17 Uhr	--	3,3%	
Donnerstag, 14.06.2018 um 13:36 Uhr	--	2,9%	
Donnerstag, 14.06.2018 um 13:23 Uhr	--	3%	
Mittwoch, 06.06.2018	--	unterhalb der Messgrenze	
Mittwoch, 30.05.2018 um 16:28 Uhr	7,3%	5%	
Mittwoch, 30.05.2018 um 16:03 Uhr	10,1%	2,5%	
Freitag, 25.05.2018 um 13:06 Uhr	11,4%	8,9%	
Donnerstag, 17.05.2018 um 11:50 Uhr	2,3%	unterhalb der Messgrenze	

Aktuelle Messergebnisse der Sprengungen im Kalksteinbruch Plettenberg, Dotternhausen

24. Oktober 2018

Anhang 2 Sprengtechnische Daten am 27.06.2019

Holcim Süddeutschland

Sprengung 1 am 27.6.2019

Zeit: 11:30 Uhr

Landratsamt Zentrale Bau- Immissionsschutzbehörde
Eing. 02. JULI 2019

Spreng Nr.: 19-S3-18-01/15

Koordinaten: 3486271 | 5341388 | 962,8 –

Datum: 27.6.19 Zeit: 11³⁰ Uhr

Zündschema

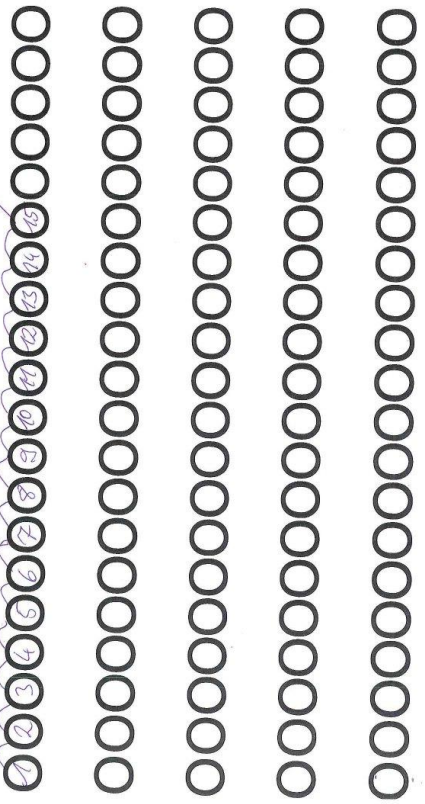
Spreng Nr.: 19-S3-18-01/15 Haufwerksname: Wasserhaufen

Datum: 27.6.19 Wiederstand der Zündleitung: 30,7 Ω

Redudant: ja Wiederstand der Zündleitung und Zünder: 38,0 Ω

11³⁰ Uhr

42 ms



Großbohrlochsprengung Kalksteinbruch Plettenberg Holcim Süddeutschland

Sprengung Nr.: 19-S3-18-01/15 Leiter: Pfister Datum: 27.6.19

Bohrmaschinist: Weisser/Pfister Haufwerks-Name: Wasserhaufen

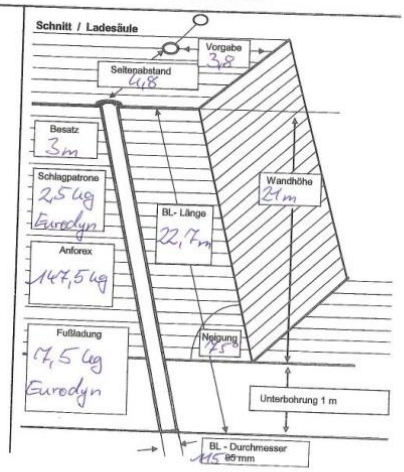
Sohle: S3 Koordinaten: Wurfrichtung: West

BL-Zahl: 15 Vorgabe: 3,8m Wandhöhe: 21m

Reihenzahl: 1 Seitenabstand: 4,8m BL-Länge: 22,7m

BL-Durchmesser: 115 Unterbohrung: 1m BL-Neigung: 75°

Sprengschnur: gr. Zünder: Momentzünder



Großbohrlochsprengung Kalksteinbruch Plettenberg Holcim Süddeutschland

Sprengung Nr.: 19-S3-18-1-15 Sohle: Wasserkaufen Leiter: Pfister Datum der Bohrungen: 26.+27.6.2019

Wurfrichtung: West Koordinaten: Bohrmaschinist: Weisser/Pfister Datum/Uhrzeit der Zündung: 27.6.2019 11³⁰ Uhr

Reihe Nr.	BL Durchmesser d [mm]	BL Neigung [°]	BL Koordinaten Vorgabe V [m]	BL Koordinaten Mittlerer Seitenabstand S [m]	BL Koordinaten Wandhöhe h [m]	BL Koordinaten Unterbohrung u [m]	BL Koordinaten Länge l [m]	Besatzhöhen gefüllt, S. Flückiger	Gesteinsvolumen G [t]	Spezifischer spez. Sprengstoffaufwand L spez. plan [kg/t]	Sprengstoffmenge L plan [kg]
1-19/115	115	75	3,8	4,8	21	1	22,7		723 / 5745	0,45	2585,25
				Hauwan 6,36 %							
				Rotauwan 10,16 %							

BL = (h + u) / sin Alfa
G = V · S · H
L plan = G · L spez. Plan

Summe L plan = Summe G · L spez.plan
L spez. Ist = Summe L - Ist / Summe G

Summe Plan: G 5745 L 0,45 = 2585,23

Summe Ist: G 5745 L 0,49 = 2820

Sprengstoffverbrauch

Datum: 27.6.2019

Laufende Spreng Nr.: 19-S3-18-1-15

Anforex: 2600 kg

Eurodyn: 260 kg

Senatel:

Momentzünder: 1 Stk. ZS-0-

Nichtelektrische Zünder

6 m	
10.2 m	
15.0 m	15 Stk ZS 20
21.0 m	
24.0 m	
27.0 m	
33.0 m	
36.0 m	15 Stk ZS 19

Verzögerer

6.0 m	
9.0 m	14 Stk 17 m/s
10.2 m	

Sprengschnur:

Holcim Süddeutschland

Sprengung 2 am 27.6.2019

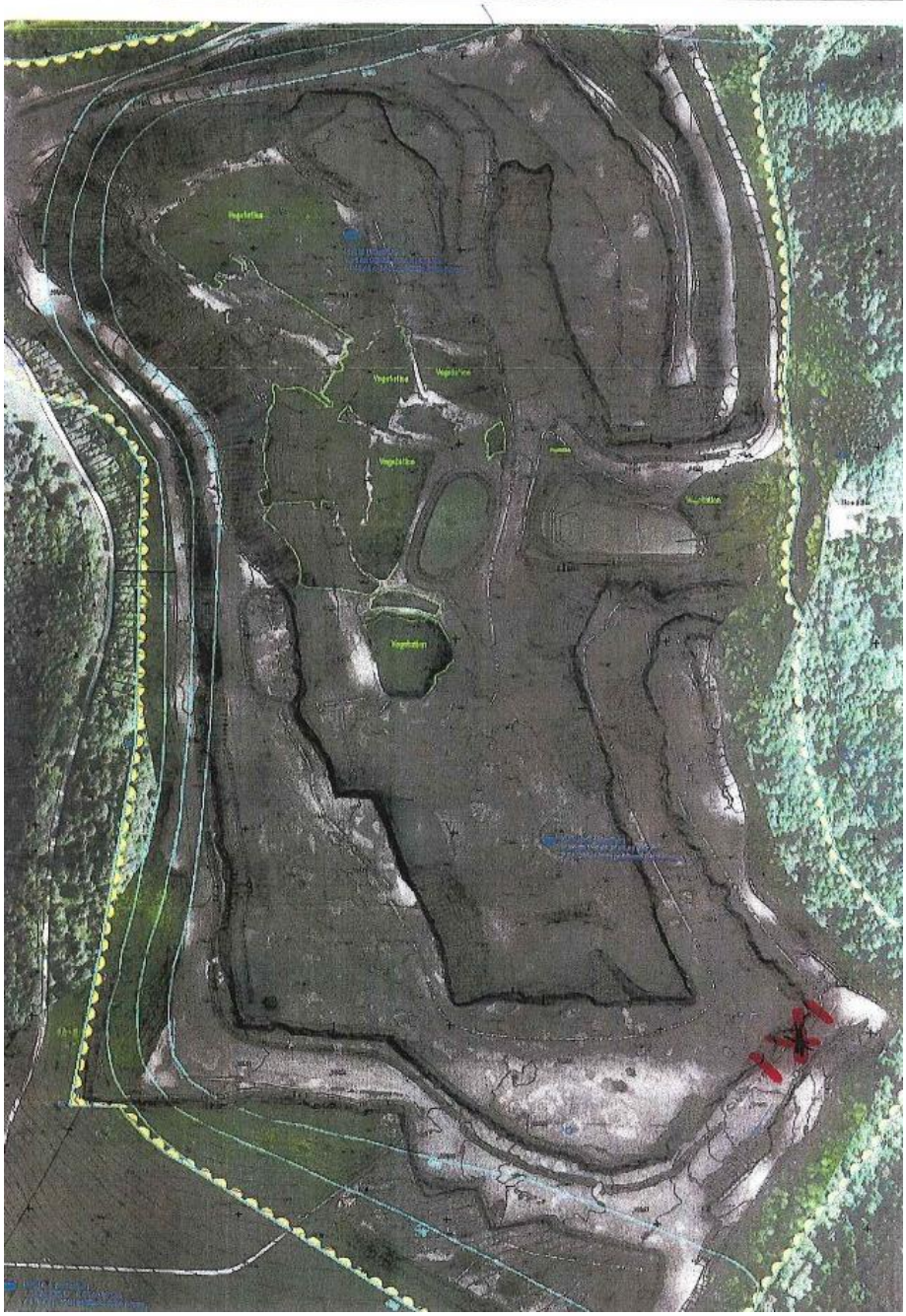
Zeit: 11:50 Uhr

Landratsamt Zollernalbkreis
Immissionsschutz/Gewerbeaufsicht
Eing. 02. JULI 2019

Spreng Nr.: 19-S2-17-01/19

Koordinaten:

Datum: 27.6.19 Zeit: 11 50 Uhr



Zündschema

Spreng Nr. 19-S2-17-01/19 | Haufwerksname Heinzhaufen Ecke links

Datum 27.6.19 | Wiederstand der Zündleitung 30,7 Ω

Redudant ja | Wiederstand der Zündleitung und Zünder 38,2 Ω

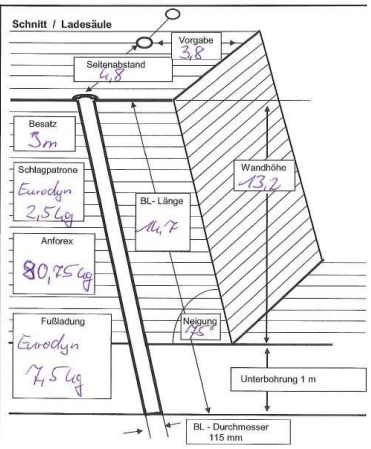
11 50 Uhr

Großbohrlochsprengung Kalksteinbruch Plettenberg Holcim Süddeutschland

Sprengung Nr.:	19-S2-17-01/19	Leiter:	Pfister	Datum:	27.6.19
Bohrmaschinist:	Pfister	Haufwerks-Name	Heinzhaufen Ecke rechts		
Sohle:	S2	Koordinaten:		Wurfrichtung:	Nord/West
BL-Zahl:	19	Vorgabe:	3,8	Wandhöhe:	13,2
Reihenzahl:	2	Seitenabstand:	4,8	BL-Länge:	14,7
BL-Durchmesser:	115	Unterbohrung:	1	BL-Neigung:	75°
Sprengschnur:	gr.	Zünder	Momentzünder		

Draufsicht

Schnitt / Ladesäule



Großbohrlochsprengung Kalksteinbruch Plettenberg Holcim Süddeutschland

Sprengung Nr.: 19-S2-17-01/19 Sohle: Heinzhaufen S2 Leiter: Pfister Datum der Bohrungen: 24+25.6.19

Wurfrichtung: Nord/West Koordinaten: Bohrmaschinist: Pfister Datum Übl. aus der Zündung: 27.6.19 11 50 Uhr

BL-Nr.	BL-Durchmesser d (mm)	BL-Neigung (°)	Vorgabe v (m)	Mittlerer Seitenabstand s (m)	Wandhöhe h (m)	Unterbohrung u (m)	BL-Länge l BL (m)	Bemerkungen: Hohlbohrlöcher gefl. S. Rißbildung Nebenbohrungen	Gesteinsvolumen G (m³)	Planmäßiger spez. Sprengstoffverbrauch (kg/m³)	Lutte (kg) Planmäßige Lademenge
1-19	115	75	3,8	4,8	13,2	1	14,7		840 m³	0,37	310,8 kg
				Hauwen 12,7 m							
				Kalohauwen 7,62 m							

l BL = (h + u) / sin Alfa
G = V · S · H
L plan = G · L spez. Plan

Summe L plan = Summe G · L spez. plan
L spez. ist = Summe L ist / Summe G

Summe Plan: 4574,6 t × 0,37 = 1692,52 kg
Summe ist: 4574,6 t × 0,38 = 1738,0 kg

Sprengstoffverbrauch

atum 27.6.19

aufende Spreng Nr. 19-S2-17-01/19

nforex 1550 kg

urodyn 190 kg

enatel

Momentzünder 1 Stk. ZS 0

lichtelektrische Zünder

6 m
10.2 m
15.0 m 19 Stk. ZS 20
21.0 m
24.0 m 19 Stk ZS 19
27.0 m
33.0 m
36.0 m

Verzögerer

6.0 m 11 Stk. 17 ms
9.0 m 8 Stk. 42 ms
10.2 m

Sprengschnur

Anhang 3 Erläuterungen zu den Mess- und Beurteilungsverfahren

Anhang 3.1 Einwirkungen auf Menschen in Wohnungen

Die Messung und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen wurde auf folgender Grundlage durchgeführt:

- DIN 4150 Teil 2 "Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" (Juni 1999),
- LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (März 2018) (weitgehend inhaltsgleich mit der DIN 4150 Teil 2),
- DIN 45669 Teil 2 "Messung von Schwingungsimmissionen; Messverfahren" (Juni 2005).

Maßgebliche Messgröße zur Beurteilung von Schwingungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden ist die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$. Sie ist in dem am stärksten betroffenen Wohnraum des Gebäudes, am Ort der stärksten Einwirkung (maßgeblicher Immissionsort), gemäß den Vorgaben in Abschnitt 2.5 in den drei Raumrichtungen x, y, z messtechnisch zu erfassen. Anschließend werden die maximalen bewerteten Schwingstärken (KB_{Fmax}) für die drei Raumrichtungen ermittelt. Der größte dieser drei Werte ist danach mit dem relevanten Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 der Norm zu vergleichen. Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen, z. B. Sprengerschütterungen, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} am Ort der stärksten Einwirkung kleiner oder gleich dem entsprechenden (oberen) Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 der Norm ist.

Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7:00 Uhr bis 13:00 Uhr und von 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr erfolgen, gelten in Gebieten nach Zeilen 3 und 4, auch die A_o-Werte nach Zeile 1, wenn nur ein Ereignis pro Tag stattfindet - siehe DIN 4150 Teil 2, Abschnitt 6.5.1 „Selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen“ -.

Anmerkung:

Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 entspricht der nachfolgenden Anhang-Tabelle 1.

Anhang-Tabelle 1: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1 (Juni 1999)

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung (BauNVO) angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

Anmerkung zur Tabelle:

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkungen gibt die maximale bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax}). Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB_F = 0{,}1$ und $KB_F = 0{,}2$.

Das A_r-Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung stark schwankender und/oder nur kürzere Zeit einwirkender Erschütterungen, deren KB_{Fmax}-Wert größer als A_u, aber nicht größer als A_o ist. Für Einwirkungen mit $KB_{Fmax} <= A_u$ aber $\approx A_u$ und relativ geringen Schwankungen der Taktmaximalwerte wird das A_r-Kriterium nur dann eingehalten, wenn die Einwirkungen kürzer als vier Stunden am Tage bzw. zwei Stunden in der Nacht sind. Deutlich längere Einwirkungszeiten führen in derartigen Fällen grundsätzlich zur Überschreitung von A_r.

Anhang 3.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Die Messung und Beurteilung der Erschütterungsimmissionen wurde auf folgender Grundlage durchgeführt:

- DIN 4150 Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ (Dezember 2016),
- LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (März 2018) (weitgehend inhaltsgleich mit der DIN 4150 Teil 3).
- DIN 45669 Teil 2 „Messung von Schwingungsimmissionen; Messverfahren“ (Juni 2005).

Maßgebliche Beurteilungsgröße ist dabei die Schwinggeschwindigkeit v(t). Sie ist, abhängig von der konkreten Aufgabenstellung in der obersten Deckenebene, Ebene der Außenwände (i=x,y) und auf der am stärksten betroffenen Zimmerdecke (i=z) (meist in Raummitte) zu bestimmen. Alternativ zur direkten Messung kann bei kurzzeitigen Erschütterungen (z. B. bei Sprengerschütterungen) auch am Gebäudefundament gemessen werden i= x,y,z.

Bei der Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude ist grundsätzlich zwischen Dauererschütterungen und kurzzeitigen Erschütterungen zu unterscheiden. Kurzzeitige Erschütterungen sind dabei solche, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, in den betroffenen Strukturen Resonanz zu erzeugen.

Zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen wird der größte Wert der Horizontalkomponenten $v_x(t)$ und $v_y(t)$ in der obersten Deckenebene (Ebene der Außenwände) herangezogen. Für die Beurteilung der vertikalen Deckenschwingungen ist der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit $v_z(t)$ auf der am stärksten betroffenen Geschossdecke maßgebend. Alternativ zur direkten Messung an den maßgeblichen Messpunkten kann auch der größte Wert (Maximalwert) der drei Einzelkomponenten i = x,y,z der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$ am Fundament zur Beurteilung genutzt werden. Bei Beurteilung auf Basis der Fundamentmesswerte ist aus Sicht der LUBW das alternative Mess- und Auswerteverfahren gemäß DIN 4150 Teil 3, Anhang B zu empfehlen. Die festgestellten Maximalwerte sind dabei mit den entsprechenden Beurteilungsschwinggeschwindigkeiten nach Anhang-Tabelle 3 zu vergleichen. Diese sind nicht frequenzabhängig.

Dauererschütterungen im Sinne der Norm sind alle die Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Zur Beurteilung von horizontalen Dauererschütterungen ist der größte Wert der in der obersten Deckenebene (Ebene der Außenwände) auftretenden horizontalen Schwinggeschwindigkeiten $v_x(t)$ und $v_y(t)$ heranzuziehen. Für die Beurteilung von vertikalen Deckenschwingungen ist der Maximalwert der Schwinggeschwindigkeit $v_z(t)$ auf der am stärksten betroffenen Geschossdecke maßgebend. Die festgestellten Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit sind mit den entsprechenden Anhaltswerten nach Anhang-Tabelle 4 zu vergleichen. Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken in Gebäuden nach Anhang-Tabelle 4, Zeilen 1 und 2 erfahrungsgemäß nicht zu Schäden, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen werden. Diese

Schwingungen sind sehr stark spürbar. Bei Gebäuden nach Zeile 3 der Tabelle kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Wertes notwendig werden.

Anhang-Tabelle 2: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Zeile	**Gebäudeart**	**Anhaltswerte für $v_{i,max}$ (mm/sec)**				
		Fundament, alle Richtungen, i=x,y,z			**Obersten Deckenebene, horizontal i=x,y**	**Decken (vertikal), i=z**
		Frequenzen *), **)				
		<10Hz	**10-50Hz**	**50-100Hz**	**Alle**	**alle**
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 - 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 - 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 – 8	8 - 10	8	***)

*) Zwischen den Eckfrequenzen wird linear interpoliert.
**) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.
***) Zur Vermeidung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung des Anhaltswertes notwendig werden.

Für die Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen am Fundament kann das Verfahren nach DIN 45669-1:2010-09, Anhang B Anwendung finden. Hierbei handelt es sich um ein Beurteilungsverfahren mit frequenzunabhängigen Anhaltswerten. Dazu werden durch ein Bewertungsfilter die höherfrequenten Anteile entsprechend der Gewichtung in Tabelle 1 bzw. Bild 1 (DIN 4150-3 Dez. 2016) abgesenkt. Der Maximalwert des so gefilterten Signals wird mit dem Anhaltswert (Einzahlwert) für die bewerteten Signale verglichen. Beide Verfahren sind als gleichwertig zu betrachten. Das Alternativverfahren eignet sich insbesondere für eine Echtzeitbewertung von Fundamentschwingungen. Die Vorgehensweise ist wie folgt:

Zunächst muss analog dem Standardverfahren festgelegt werden, welcher Gebäudeart das Bauwerk zuzuordnen ist. Dadurch ergibt sich der frequenzunabhängige Anhaltswert der Tabelle Anhang-Tabelle 3. Außerdem wird dadurch das Filter für die Frequenzbewertung festgelegt.

Nach der Filterung wird der größte Wert (Betragsmaximalwert) $|v|_{iBn,\ max}$ der drei Einzelkomponenten i = x, y, z der frequenzbewerteten Schwinggeschwindigkeit $v_{iBn}(t)$ entsprechend den Gebäudearten n = 1, 2, 3 direkt mit dem entsprechenden Anhaltswert verglichen.

Anhang-Tabelle 3: Frequenzunabhängige Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke

Zeile	Gebäudeart	Filter nach DIN 45669-1	Bezeichnung der Beurteilungsschwing-geschwindigkeit	Anhaltswert mm/sec
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	H_{vB1}	vB1	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	H_{vB2}	vB2	5
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	H_{vB3}	vB3	3

Anhang-Tabelle 4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ (mm/sec)	
		oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	**Decken, vertikal, alle Frequenzen**
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	Siehe nachfolgende Anmerkung zur Tabelle.

Anmerkung zur Tabelle:

Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken in Gebäuden nach Anhang-Tabelle 4, Zeilen 1 und 2 erfahrungsgemäß nicht zu Schäden, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen werden. Diese Schwingungen sind sehr stark spürbar. Bei Gebäuden nach Zeile 3 kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.

Anhang 3.3 Begriffe, Messgrößen, Abkürzungen

Erschütterungen
Erschütterungen sind Schwingungen von festen Körpern.

Erschütterungsimmissionen
Erschütterungsimmissionen sind die am Messort auftretenden Schwingungen.

Unbewertetes Erschütterungssignal v(t)
Das unbewertete Erschütterungssignal ist das der Schwingschnelle v(t) proportionale und bandbegrenzte Signal nach DIN 45669 Teil 1 im Arbeitsfrequenzbereich 1 Hz bis 80 Hz bzw. bis 314 Hz.

Taktmaximalwert $v_{max}(t_i)$
Der Taktmaximalwert ist der größte auftretende v(t)-Wert innerhalb eines Taktes (Taktzeit = 1 sec)

Beurteilungsschwinggeschwindigkeit vB
Frequenzbewertete Schwinggeschwindigkeit für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude

Frequenzbewertetes Erschütterungssignal KB(t)
Das frequenzbewertete Erschütterungssignal ergibt sich aus dem unbewerteten Erschütterungssignal durch die Frequenzbewertung.

Bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$
Die bewertete Schwingstärke ist der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignales.

Maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}
Die maximale bewertete Schwingstärke ist der Maximalwert von $KB_F(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache eindeutig zuzuordnen ist.

Taktmaximalwert KB_{FTi}
Der Taktmaximalwert ist der größte auftretende $KB_F(t)$-Wert innerhalb eines Taktes (Taktzeit = 30 sec).

Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}
Der Taktmaximal-Effektivwert während einer nachfolgend beschriebenen Zeit ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte KB_{FTi}.

Messzeit T_m
Die Messzeit T_m = N/120 (in Stunden) ist die Zeit, über die die Mittelwertbildung mit einem Messsignal erfolgt (N = Anzahl der Takte).

Einwirkungszeit T_e
Die tägliche Einwirkungszeit ist die Summe aller Taktzeiten, während der die Erschütterungen einwirken.

Beurteilungszeit T_r
Die Beurteilungszeit ist diejenige Zeit, auf die die tatsächliche tägliche Erschütterungseinwirkung bezogen wird. Sie beträgt tags 16 Stunden (6:00 bis 22:00 Uhr) und nachts acht Stunden (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr).

Ruhezeiten
Innerhalb der Beurteilungszeit werden tags folgende Ruhezeiten definiert, werktags von 6:00 Uhr bis 7:00 Uhr und von 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr, sonn- und feiertags von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr

Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr}
Der Wert der Beurteilungs-Schwingstärke ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit unter Berücksichtigung des Gewichtungsfaktors 2 für Einwirkungen, die in Ruhezeiten fallen.

Dabei sind:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} KB_{FTi}^2}$$

Bei Anwendung dieser Gleichung sind Werte $KB_{FTi} \leq 0{,}1$ mit dem Wert 0 einzusetzen.
Jedoch gehen auch diese Takte in die Anzahl N ein.

$$KB_{FTr} = KB_{FTm1}\sqrt{\frac{T_{e1}}{T_r}}$$

Für Einwirkungen nur außerhalb der Ruhezeiten

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{Tr}(T_{e1} \cdot KB_{FTm1}^2 + 2T_{e2} \cdot KB_{FTm2}^2)}$$

Für Einwirkungen auch während der Ruhezeiten

T_r	Beurteilungszeit
T_{e1}	Einwirkungszeit außerhalb von Ruhezeiten
T_{e2}	Einwirkungszeit während der Ruhezeiten
KB_{FTmj}	Taktmaximal-Effektivwert für die Einwirkungszeit T_{ej}

Sekundäreffekte
Durch einwirkende Erschütterungen im betrachteten Raum verursachte sichtbare Bewegungen von Gegenständen oder hörbare Geräusche.

Anhang 3.4 Eingesetzte Messgeräte

Eingesetzte Messaufnehmer:

Geophone

Interne Bezeichnung:	LUBW-C-nn
Typ:	PE-6B
Lieferant:	Marlen Beitzer
Eigenfrequenz:	4.5 Hz
Empfindlichkeit:	40 mV pro mm/s

Interne Bezeichnung:	LUBW-A,B-nn
Typ:	HS-1B
Lieferant:	Marlen Beitzer
Eigenfrequenz:	4.5 Hz
Empfindlichkeit:	40 mV pro mm/s

3-axial Geschwindigkeitssonsor für
System MR3000C (gem. DIN 45669)

Eingesetzte Schwingungsmesssysteme:

Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen:

Dauermessung:

System MR3000C (gem. DIN 45669) mit MS3003+ (3-axial Geschwindigkeitssensor)

Typ: MR3000C	Genauigkeitsklasse 1 (3 Messkanäle)
Nr.:	13050241
Hersteller:	Firma Syscom
Messbereich:	f_{min} = 1 Hz bis f_{max} = 314 Hz
Kalibrierung durch den Hersteller:	April 2018

Gesteuerte Messung:

System 9808U (nach DIN 45669, Teil 1, Sept 2010):

Typ: 9808U	Genauigkeitsklasse 1 (8 Messkanäle)
Nr.:	S/N 012A3B20-2011
Hersteller:	Marlen Beitzer
Messbereich:	f_{min} = 1 Hz bis f_{max} = 80 Hz bzw. f_{max} = 314 Hz
Kalibrierung durch den Hersteller:	September 2017

Zuordnung der Messaufnehmer zu den Messkanälen des Messsystems

LUBW-C-14	Kanal 1
LUBW-C-15	Kanal 2
LUBW-C-16	Kanal 3
LUBW-B-04	Kanal 4
LUBW-B-07	Kanal 5
LUBW-B-08	Kanal 6
LUBW-C-17	Kanal 7
LUBW-C-18	Kanal 8

Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann:

Dauermessung:

System 9800U (nach DIN 45669, Teil 1, Sept 2010):

Typ: 9800U	Genauigkeitsklasse 1 (8 Messkanäle)
Nr.:	S/N E61596-06
Hersteller:	Marlen Beitzer
Messbereich:	f_{min} = 1 Hz bis f_{max} = 80 Hz bzw. f_{max} = 314 Hz
Kalibrierung durch den Hersteller:	Juni 2018

Zuordnung der Messaufnehmer zu den Messkanälen des Messsystems

LUBW-C-14	Kanal 1
LUBW-C-15	Kanal 2
LUBW-C-16	Kanal 3

Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann:

Dauermessung und gesteuerte Messung

System 9800U (nach DIN 45669, Teil 1, Sept 2010):

Typ: 9800U	Genauigkeitsklasse 1 (8 Messkanäle)
Nr.:	S/N E61596-06
Hersteller:	Marlen Beitzer
Messbereich:	f_{min} = 1 Hz bis f_{max} = 80 Hz bzw. f_{max} = 314 Hz
Kalibrierung durch den Hersteller:	Juni 2018

Zuordnung der Messaufnehmer zu den Messkanälen des Messsystems

Dauermessung:

LUBW-C-14	Kanal 1
LUBW-C-15	Kanal 2
LUBW-C-16	Kanal 3

Gesteuerte Messung:

LUBW-C-20	Kanal 1
LUBW-C-21	Kanal 2
LUBW-C-22	Kanal 3
LUBW-A-04	Kanal 4
LUBW-A-07	Kanal 5
LUBW-A-08	Kanal 6
LUBW-C-23	Kanal 7
LUBW-C-24	Kanal 8

Eingesetzte Mess- und Auswertesoftware (alle Systeme):

Typ:	System 9000
Hersteller:	Marlen Beitzer Messtechnik GbR, Liebigstraße 12 31303 Burgdorf
Version:	1.0
Softwarestand:	14.09.2018

Prüfgenerator zur elektrischen Prüfung des Messsystems am Messort (ohne Messaufnehmer):

Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen

Typ:	System 9808U
Hersteller:	Marlen Beitzer
Frequenz:	15,9 Hz (Omega = 100/s)
Frequenzkonstanz:	2 %
Amplitude:	20 mV, 100 mV, 500 mV
Amplitudenkonstanz:	1 %
Kalibrierung durch den Hersteller:	September 2017

Wohnhaus Oberstockstraße 9 und Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann:

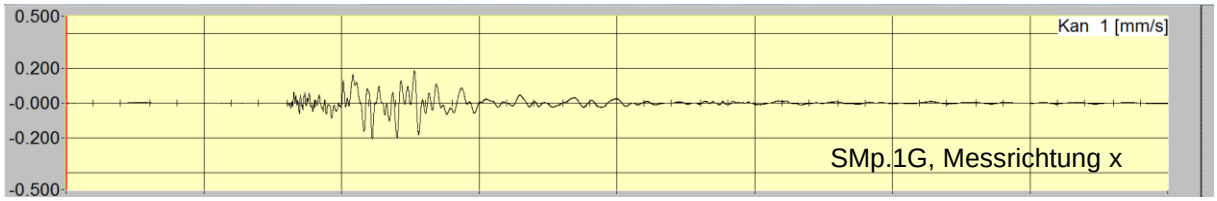
Typ:	System 9800U
Hersteller:	Marlen Beitzer
Frequenz:	15,9 Hz (Omega = 100/s)
Frequenzkonstanz:	2 %
Amplitude:	20 mV, 100 mV, 500 mV
Amplitudenkonstanz:	1 %
Kalibrierung durch den Hersteller:	Juni 2018

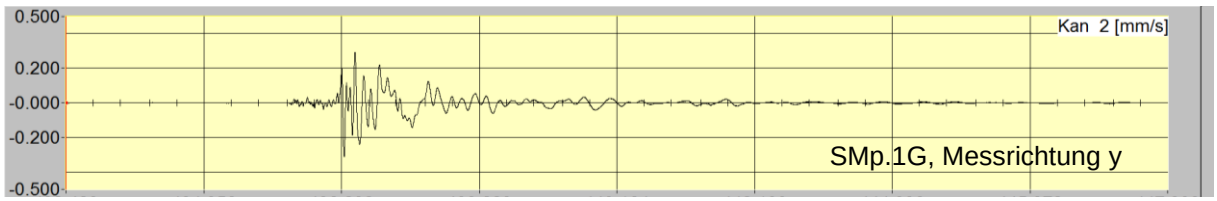
Anhang 4 Zeitverläufe und Frequenzanalysen

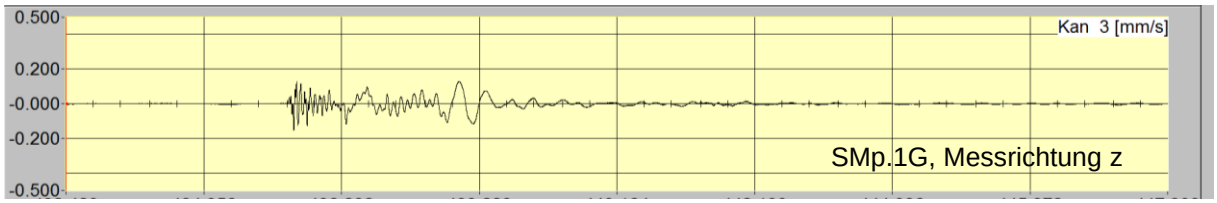
Anhang 4.1 gesteuerte Messungen am 27.06.2019

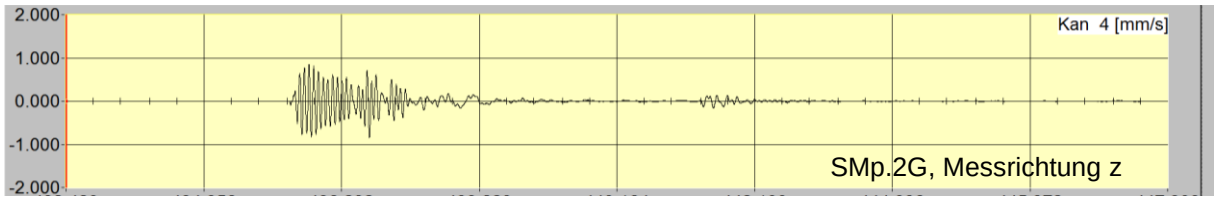
ANHANG 4.1.1 WOHNHAUS [redacted] IN 72365 RATSHAUSEN

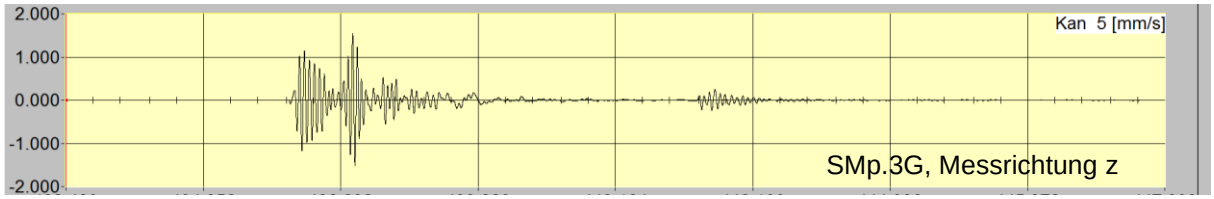
Sprengung um 11:30 Uhr,
Unbewertete Zeitsignale v(t) der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen
y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec, x-Achse: Zeitfenster t ca. 15 Sekunden
Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!

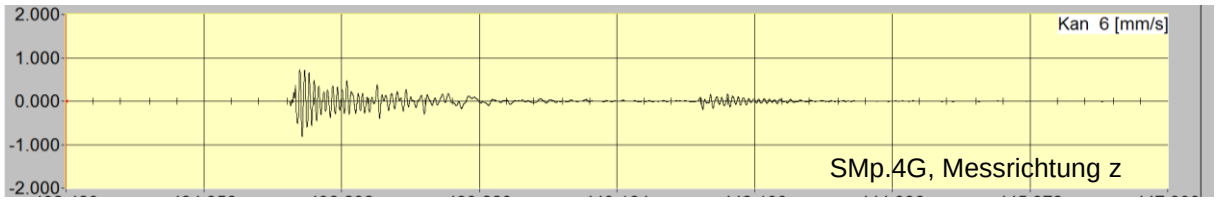


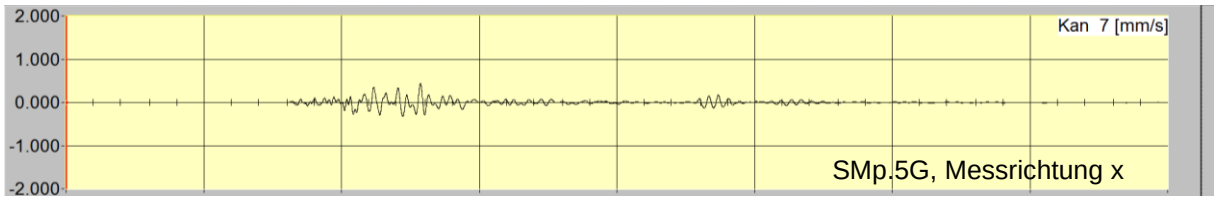


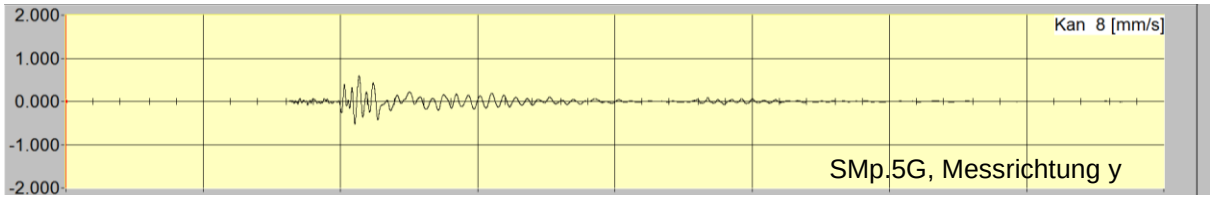




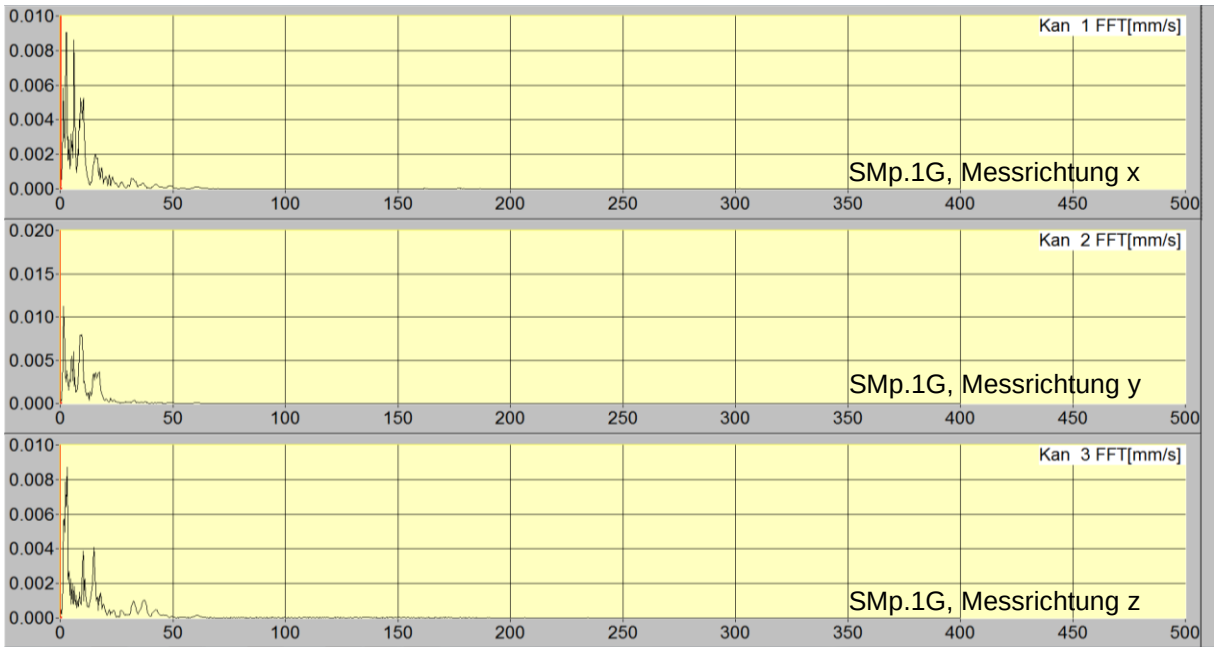


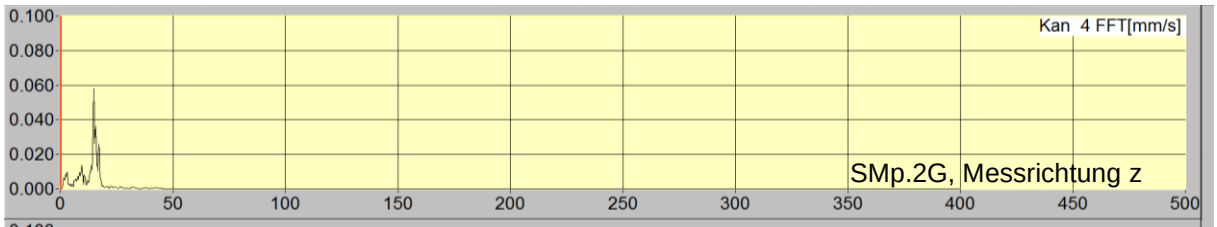


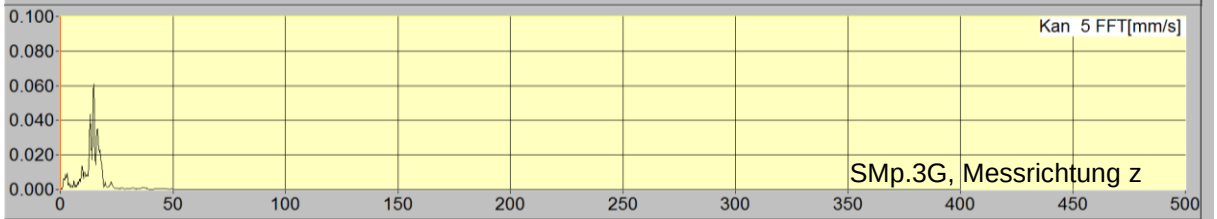


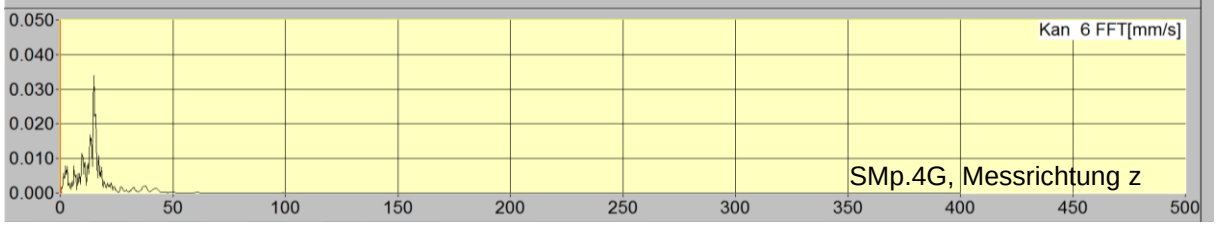


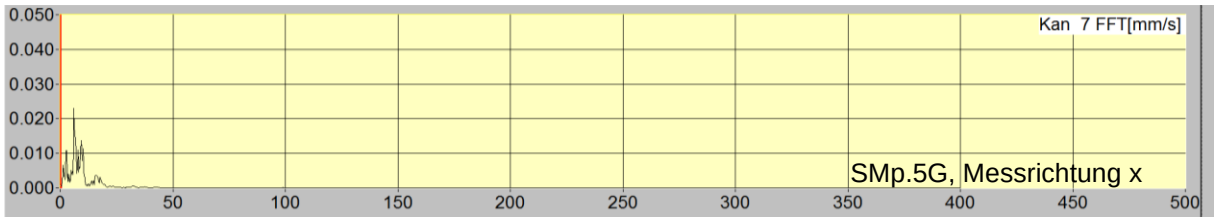
Frequenzzusammensetzung der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen:
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec, x-Achse: Frequenz f in Hz
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>

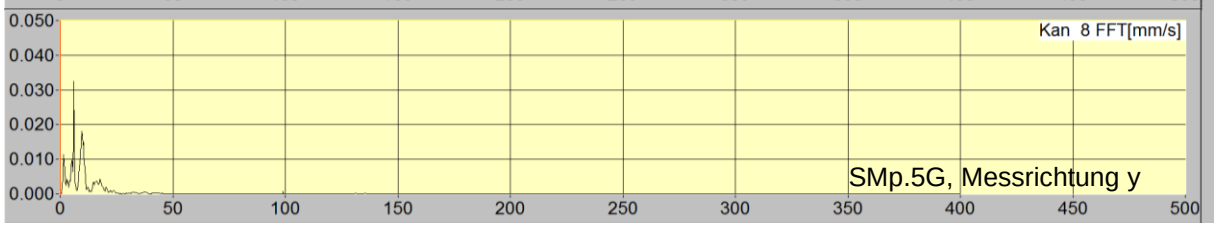



Kan 4 FFT[mm/s]
SMp.2G, Messrichtung z


Kan 5 FFT[mm/s]
SMp.3G, Messrichtung z


Kan 6 FFT[mm/s]
SMp.4G, Messrichtung z


Kan 7 FFT[mm/s]
SMp.5G, Messrichtung x

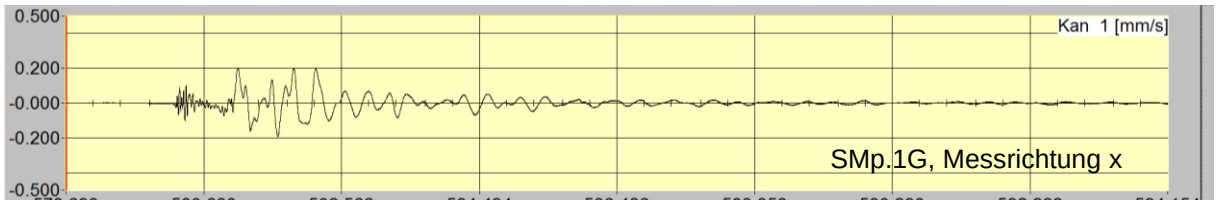

Kan 8 FFT[mm/s]
SMp.5G, Messrichtung y

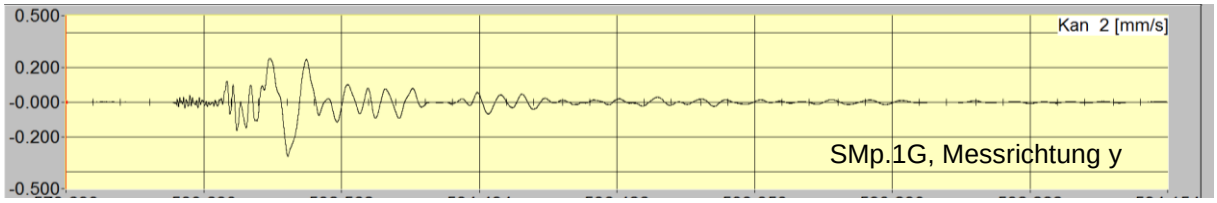
Sprengung um 11:50 Uhr,

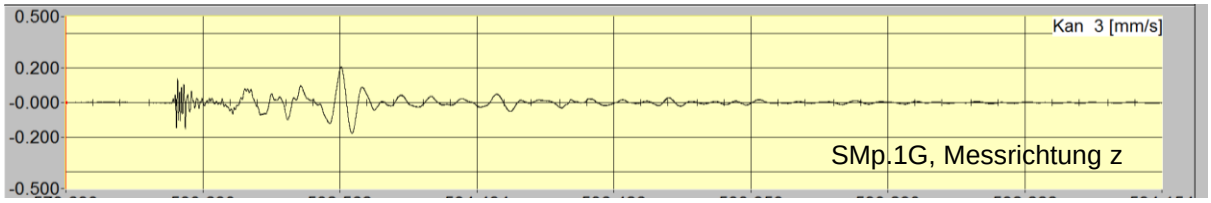
Unbewertete Zeitsignale v(t) der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen

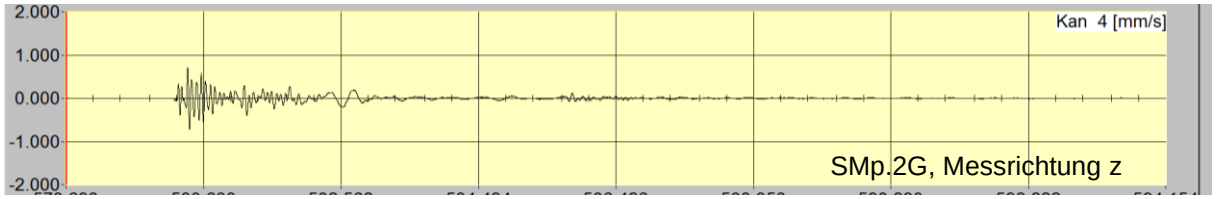
y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec, x-Achse: Zeitfenster t ca. 15 Sekunden

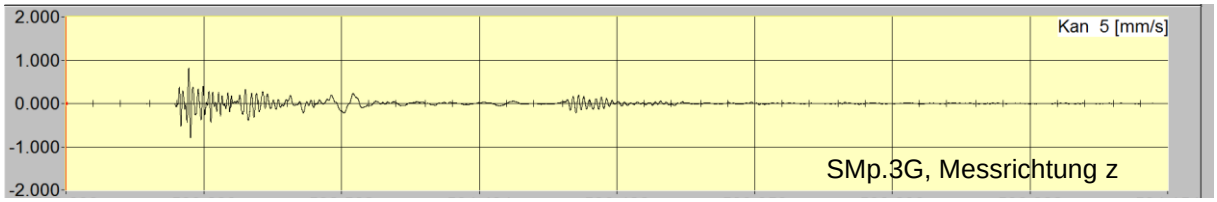
Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!

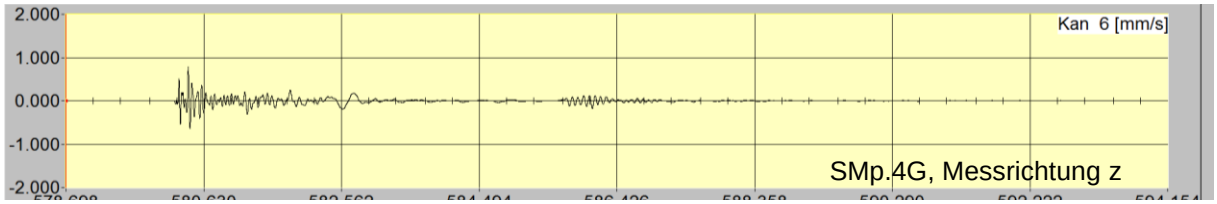


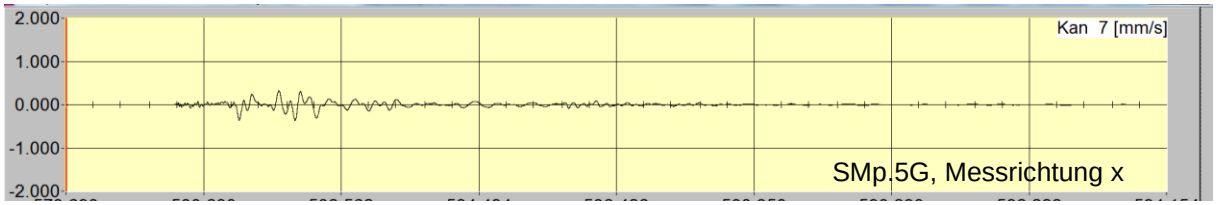


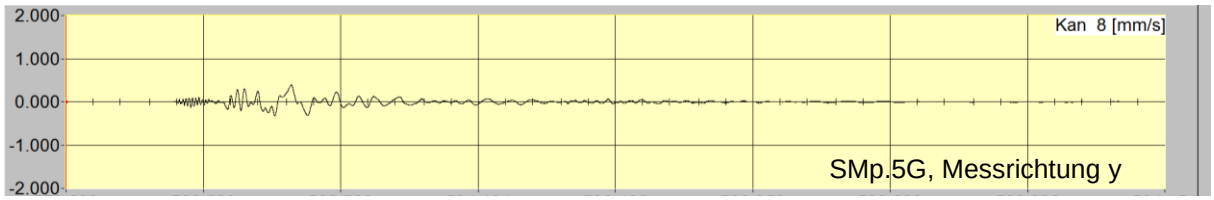




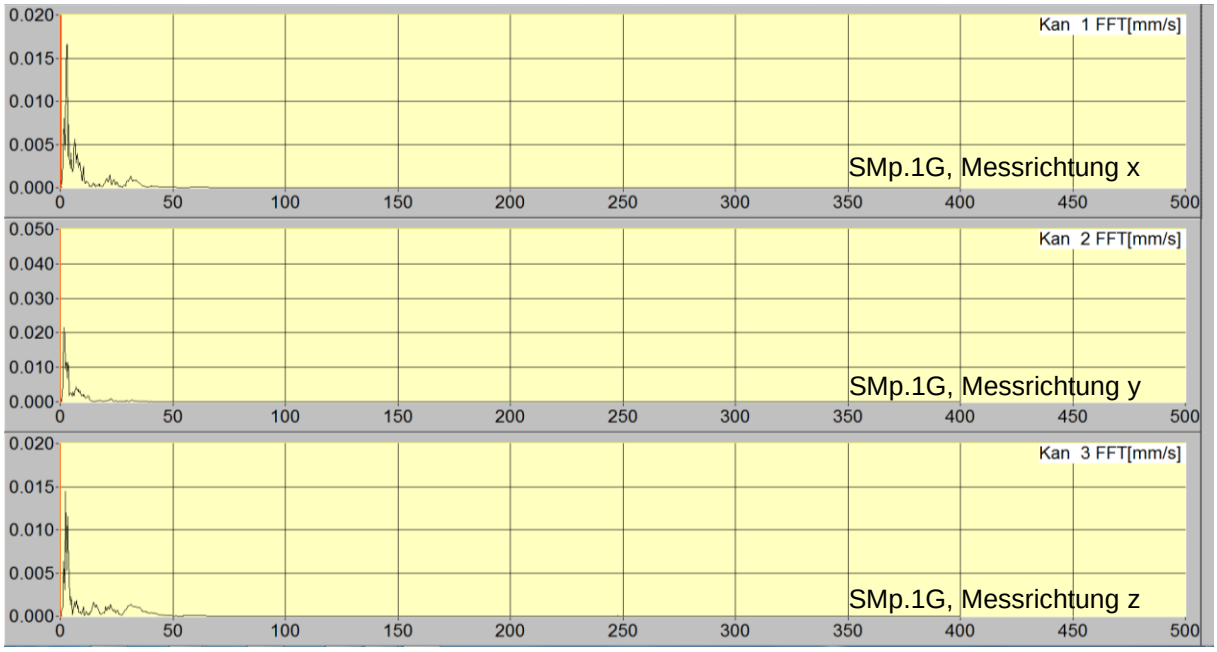


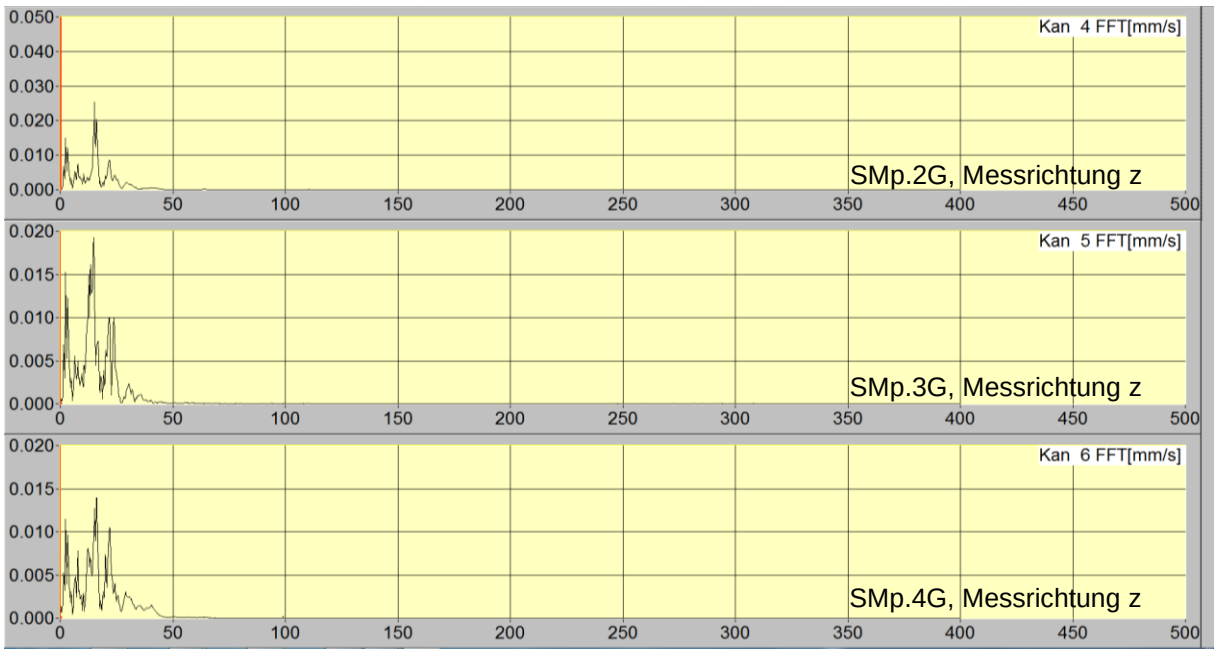


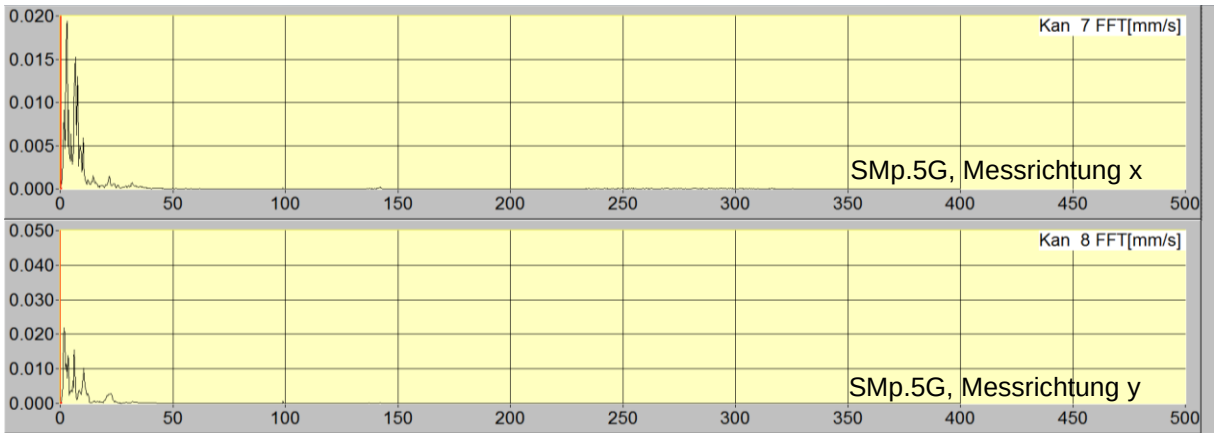




Frequenzzusammensetzung der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen:
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec, x-Achse: Frequenz f in Hz
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>






Kan 7 FFT[mm/s]
SMp.5G, Messrichtung x
Kan 8 FFT[mm/s]
SMp.5G, Messrichtung y

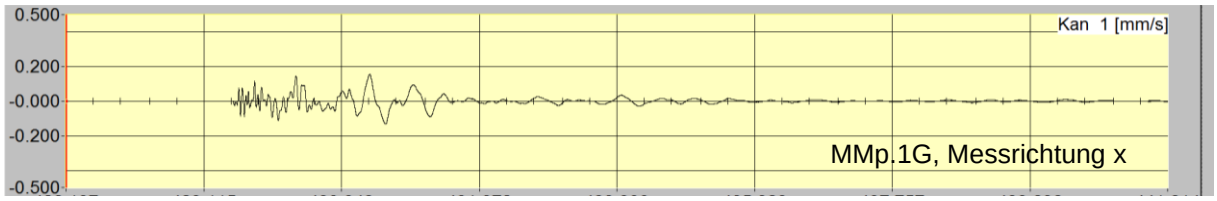
ANHANG 4.1.2 WOHNHAUS KIRCHWEG 4 IN 72361 HAUSEN AM TANN

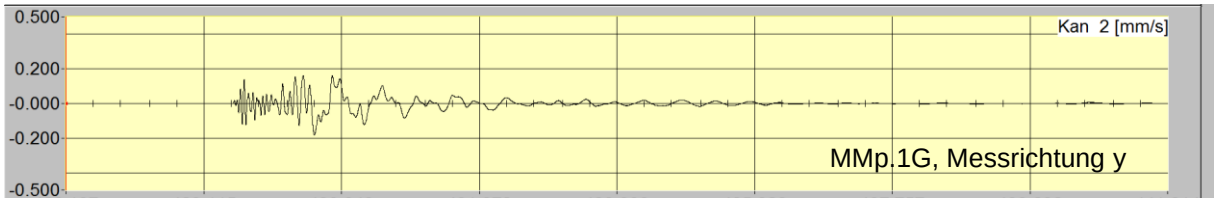
Sprengung um 11:30 Uhr,

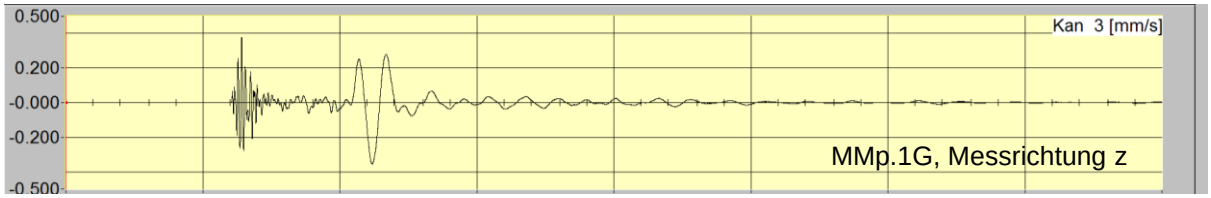
Unbewertete Zeitsignale v(t) der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen

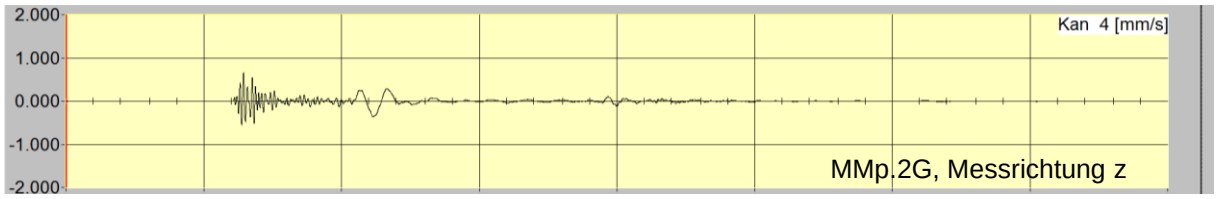
y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec, x-Achse: Zeitfenster t ca. 15 Sekunden

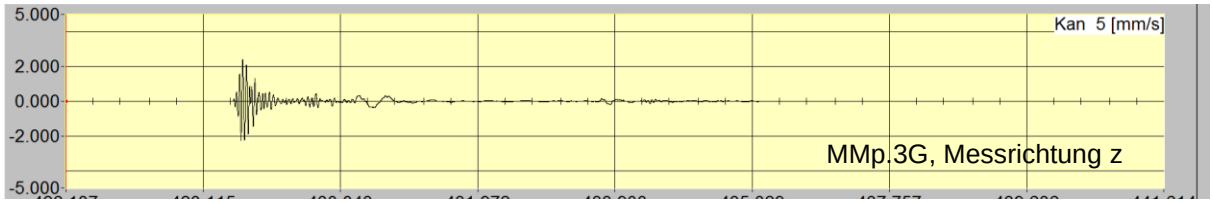
Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!

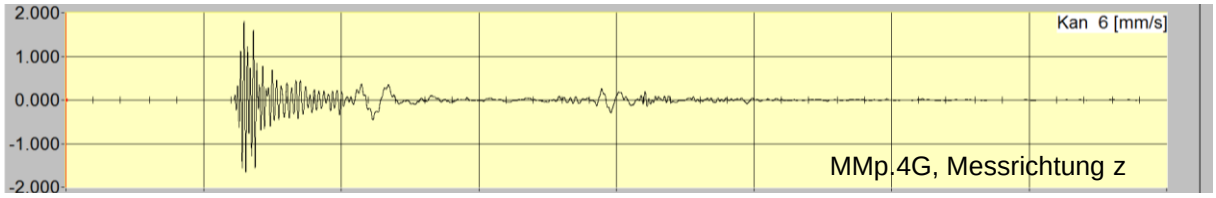


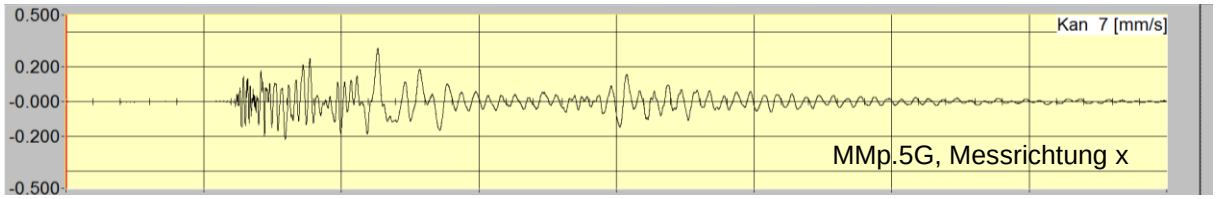


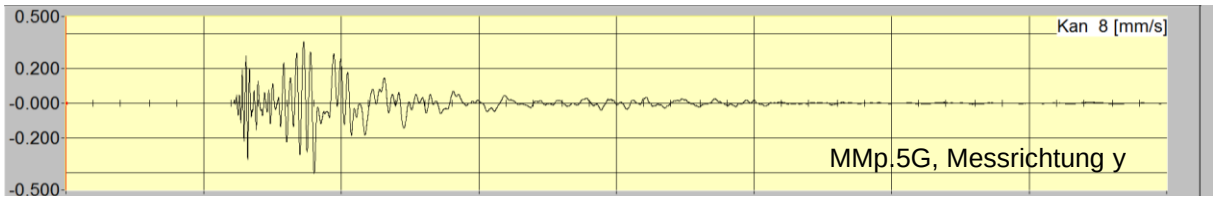




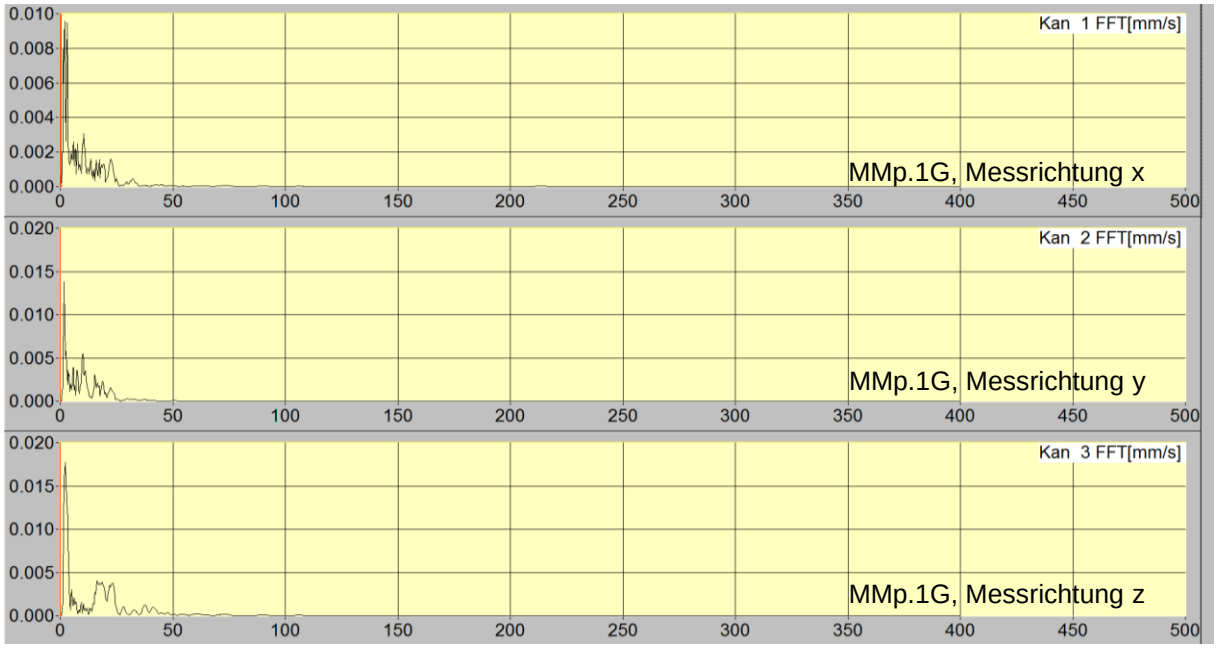


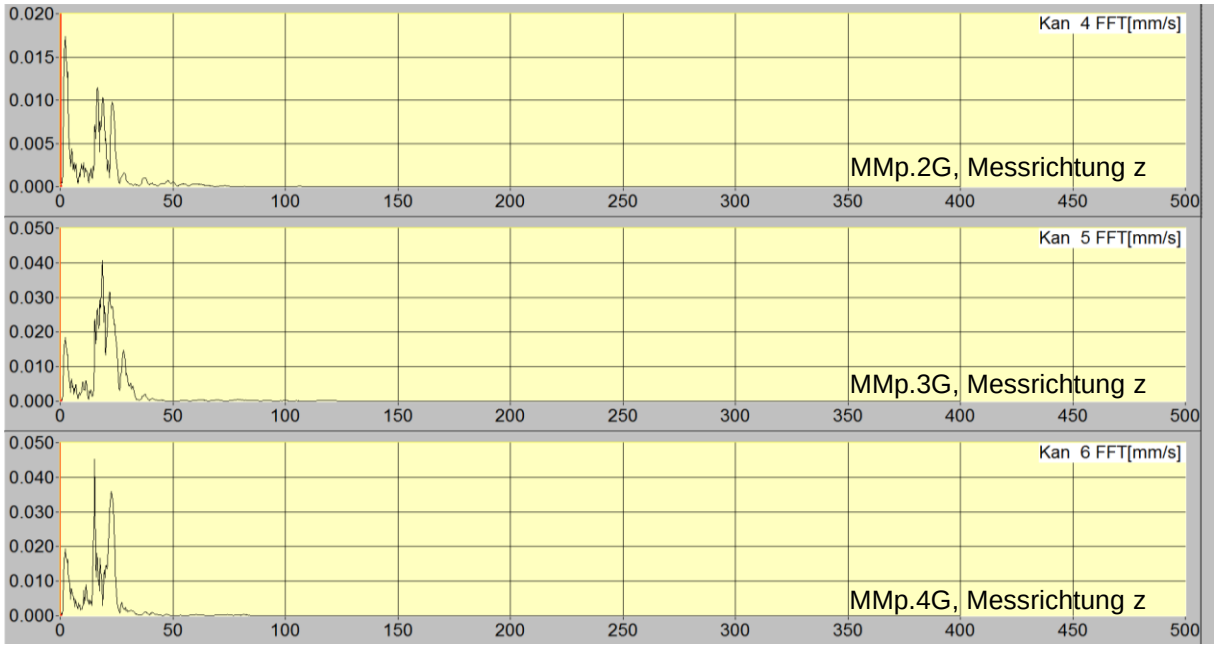


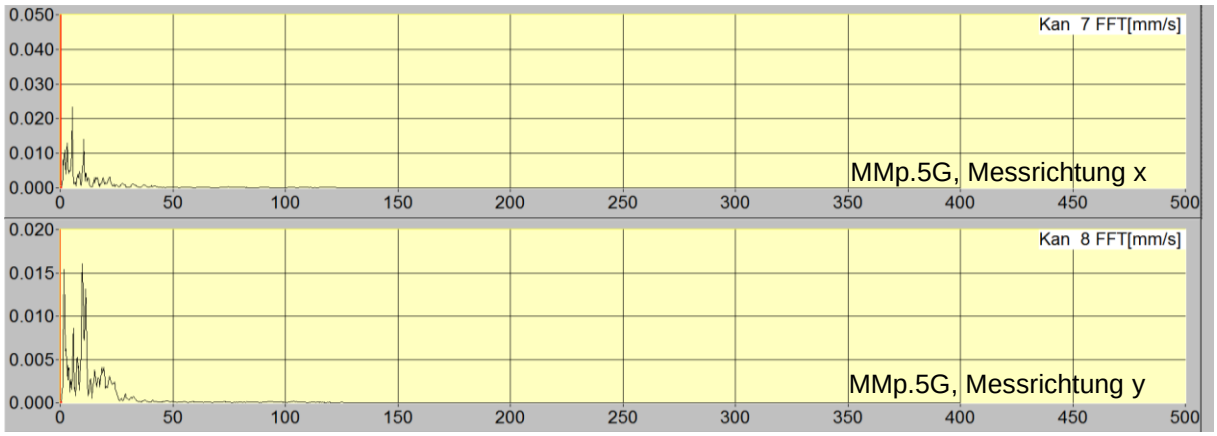




Frequenzzusammensetzung der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen:
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec, x-Achse: Frequenz f in Hz
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>





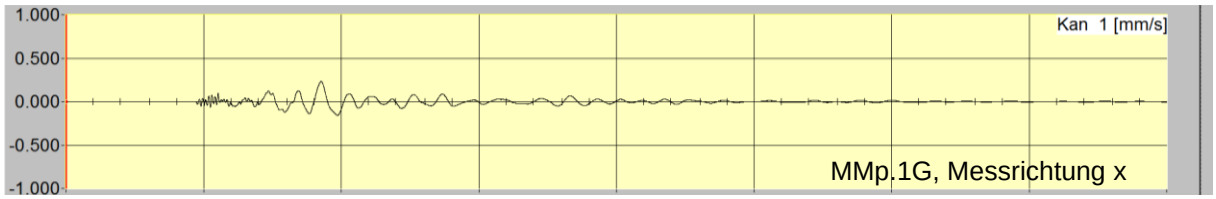

Kan 7 FFT[mm/s]
MMp.5G, Messrichtung x
Kan 8 FFT[mm/s]
MMp.5G, Messrichtung y

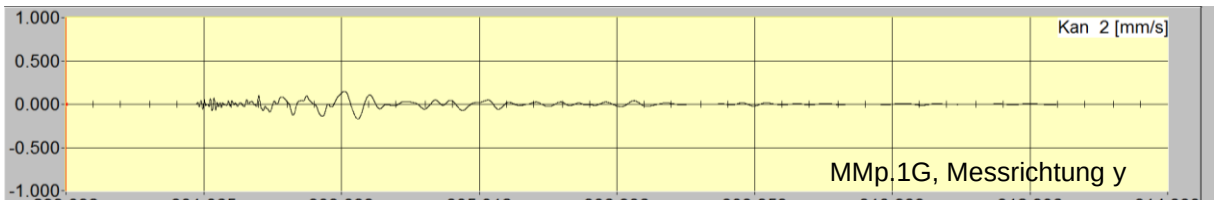
Sprengung um 11:50 Uhr,

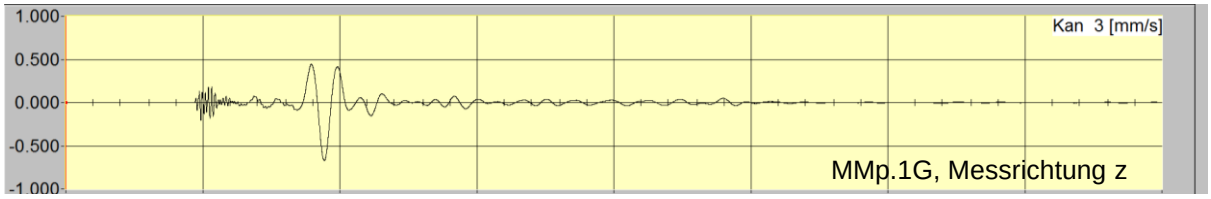
Unbewertete Zeitsignale v(t) der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen

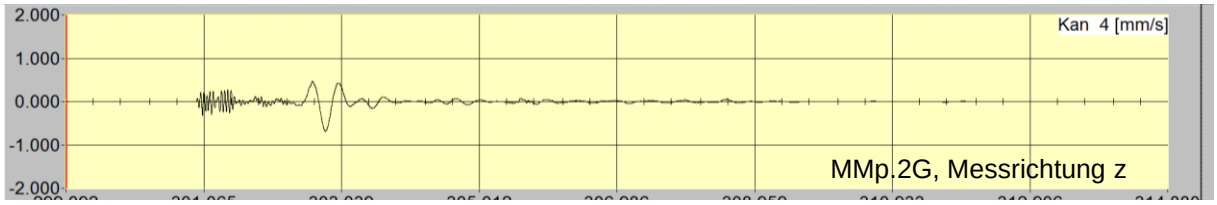
y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec, x-Achse: Zeitfenster t ca. 15 Sekunden

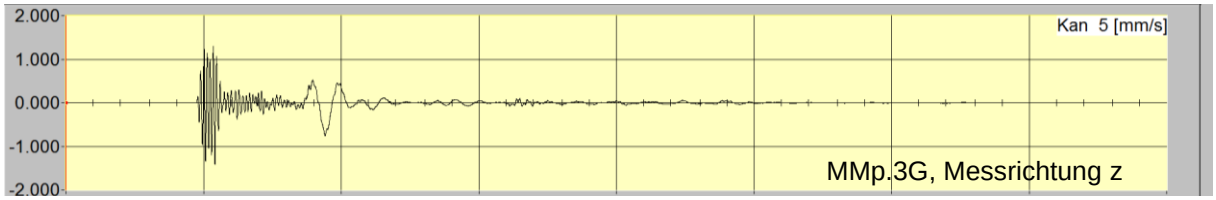
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>

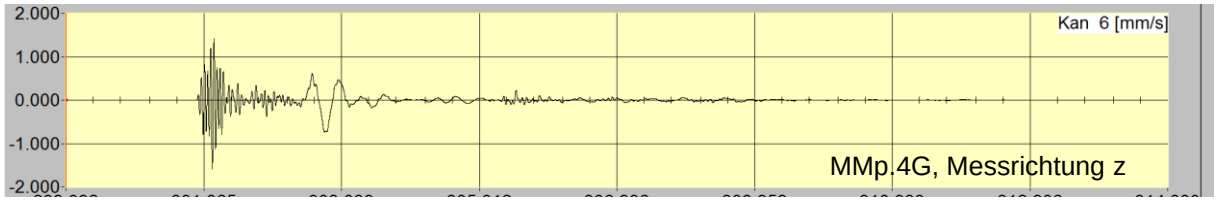


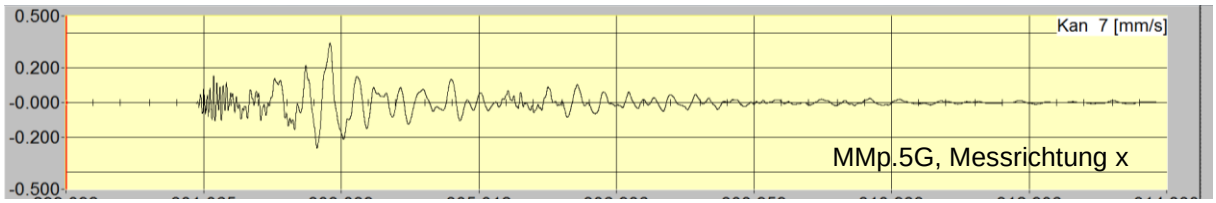


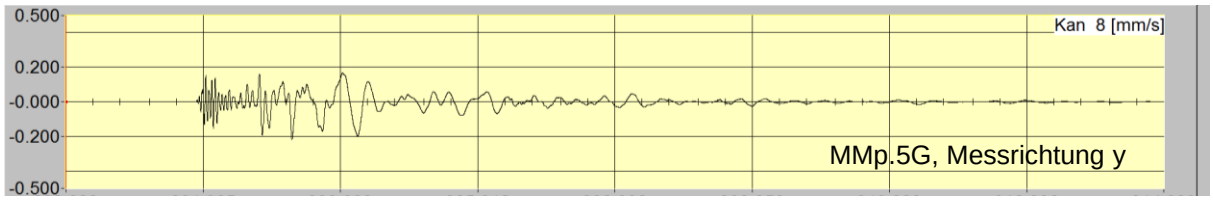




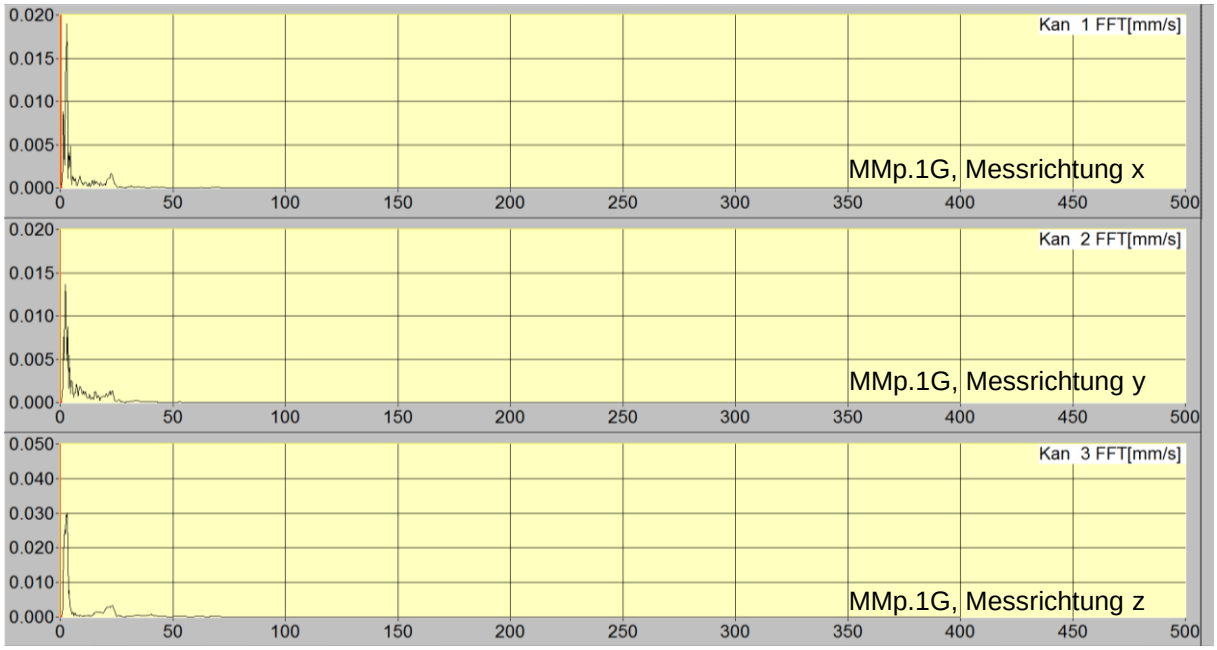


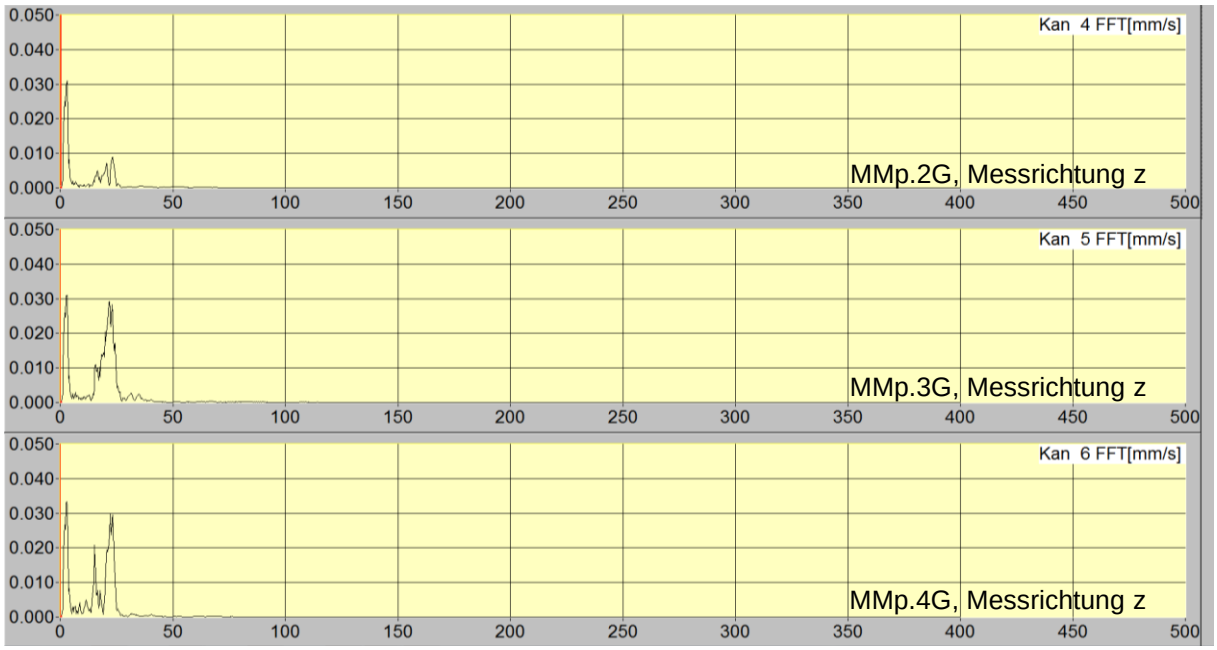


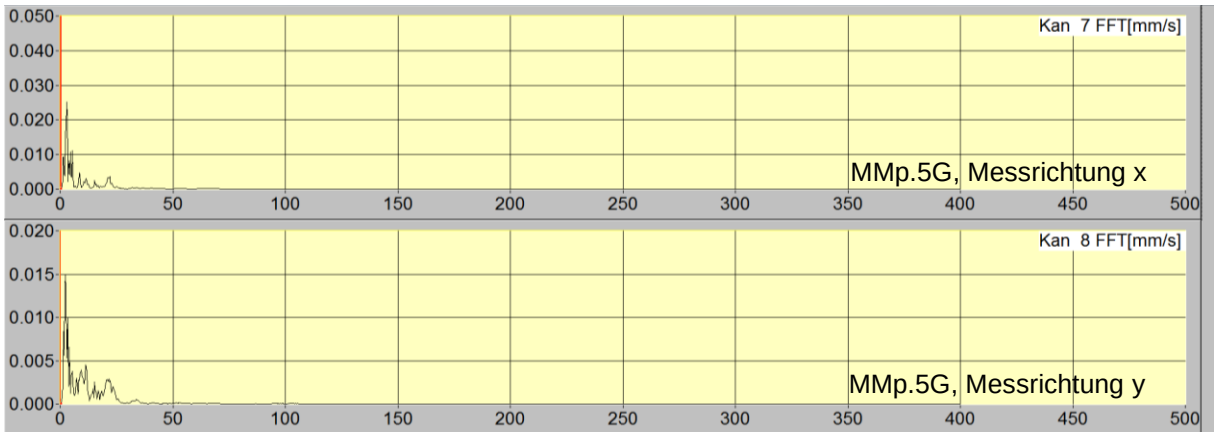




Frequenzzusammensetzung der aufgezeichneten Sprengerschütterungseinwirkungen:
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec, x-Achse: Frequenz f in Hz
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>






Kan 7 FFT[mm/s]
MMp.5G, Messrichtung x
Kan 8 FFT[mm/s]
MMp.5G, Messrichtung y

Anhang 4.2 Dauermessungen

Zum besseren Vergleich werden alle dargestellten Zeitverläufe mit einheitlicher Empfindlichkeit dargestellt.

ANHANG 4.2.1 WOHNHAUS [redacted] IN 72365 RATSHAUSEN

Erschütterungsmessungen im Wohnhaus [redacted] in 72365 Ratshausen im Zeitraum vom 06.06.2018 bis zum 07.09.2018. Das Schwingungsmesssystem wurde jeweils über eine voreingestellte Auslöseschwelle automatisch getriggert. Die Messungen erfolgten unbeaufsichtigt. Dargestellt sind die unbewerteten Zeitverläufe der Schwinggeschwindigkeit v(t) sowie deren Frequenzzusammensetzung. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die y-Achsen der aufgezeichneten Zeitverläufe für alle Sprengungen jeweils mit gleicher Empfindlichkeit dargestellt. Lediglich bei der am 07.09.2018 um 10:00 Uhr durchgeführten Sprengung musste die eingestellte Empfindlichkeit im Messkanal 3 (z) verändert werden.

Darstellung der Zeitverläufe:
X-Achsen: Zeit t in Sekunden ab Beginn der Aufzeichnung
y-Achsen: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec

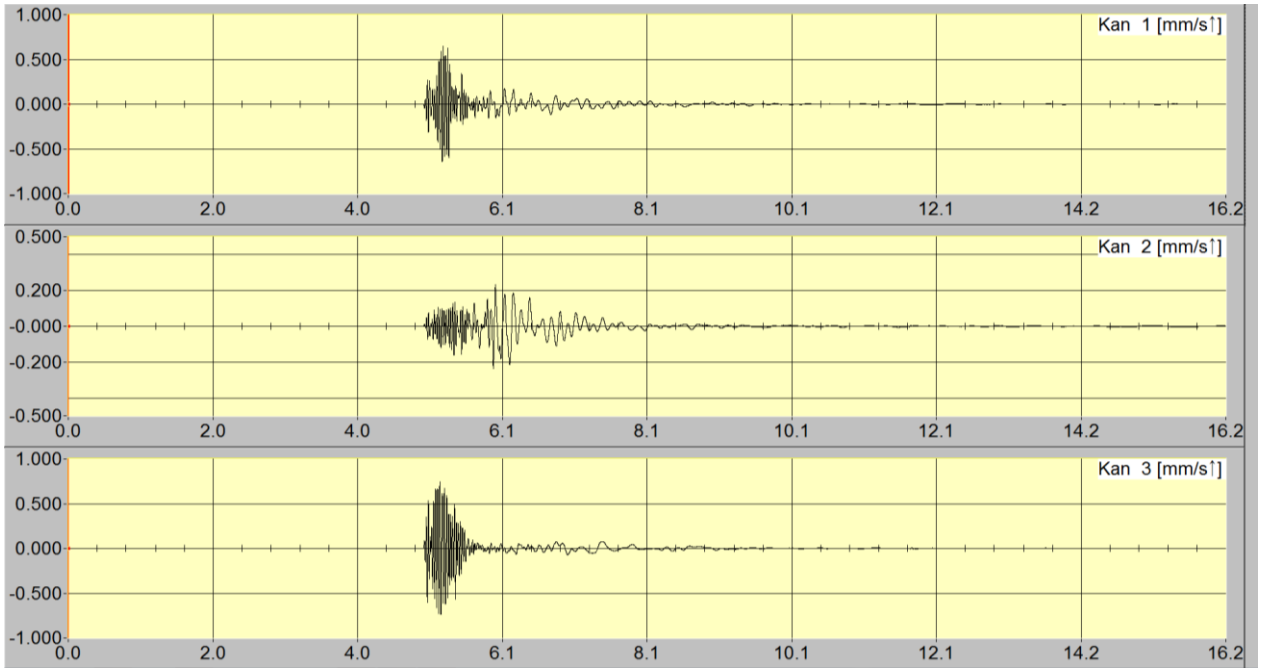
Darstellung der Frequenzzusammensetzung:
x-Achsen: Frequenz f in Hz
y-Achsen: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec
<u>Bitte teilweise unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!</u>

Zuordnung der Messkanäle:

Kanal	**Messpunkt**	**Messrichtung**
1	SMp.1D, Fundament (Freisitz)	horizontal (x), ca. Richtung Plettenberg
2	SMp.1D, Fundament (Freisitz)	horizontal (y)
3	SMp.1D, Fundament (Freisitz)	vertikal (z)

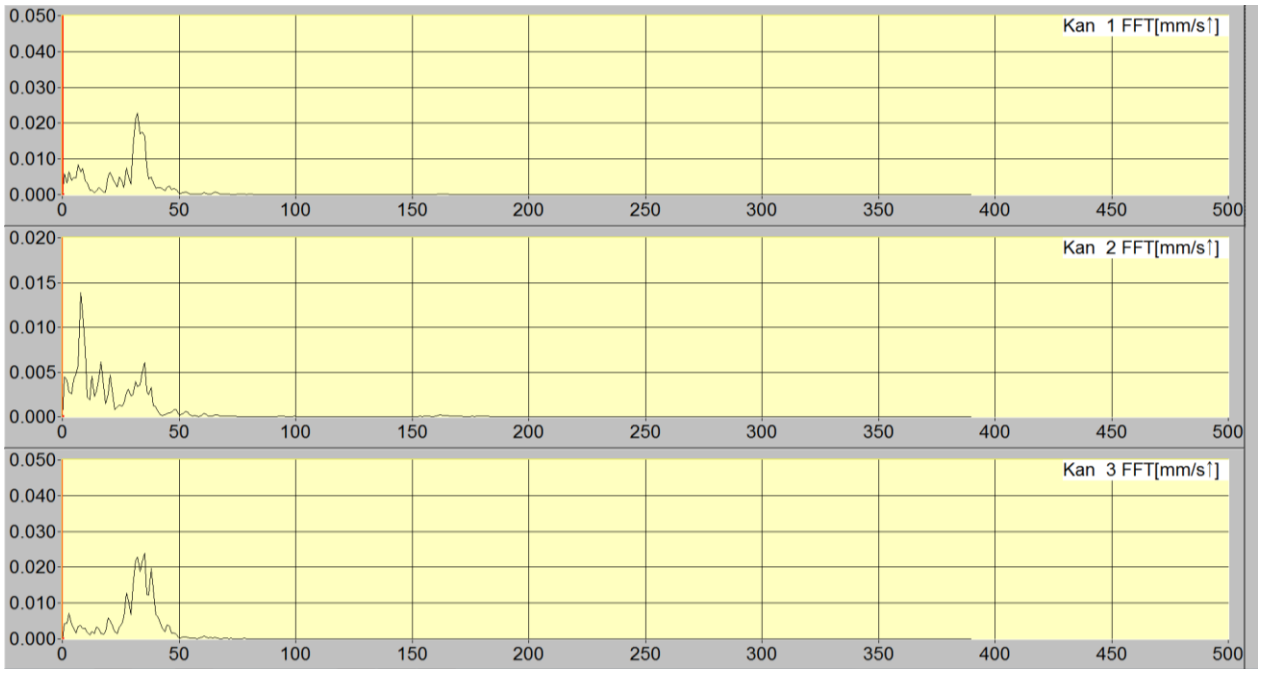
Sprengereignis vom 14.06.2018 um 13:23 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

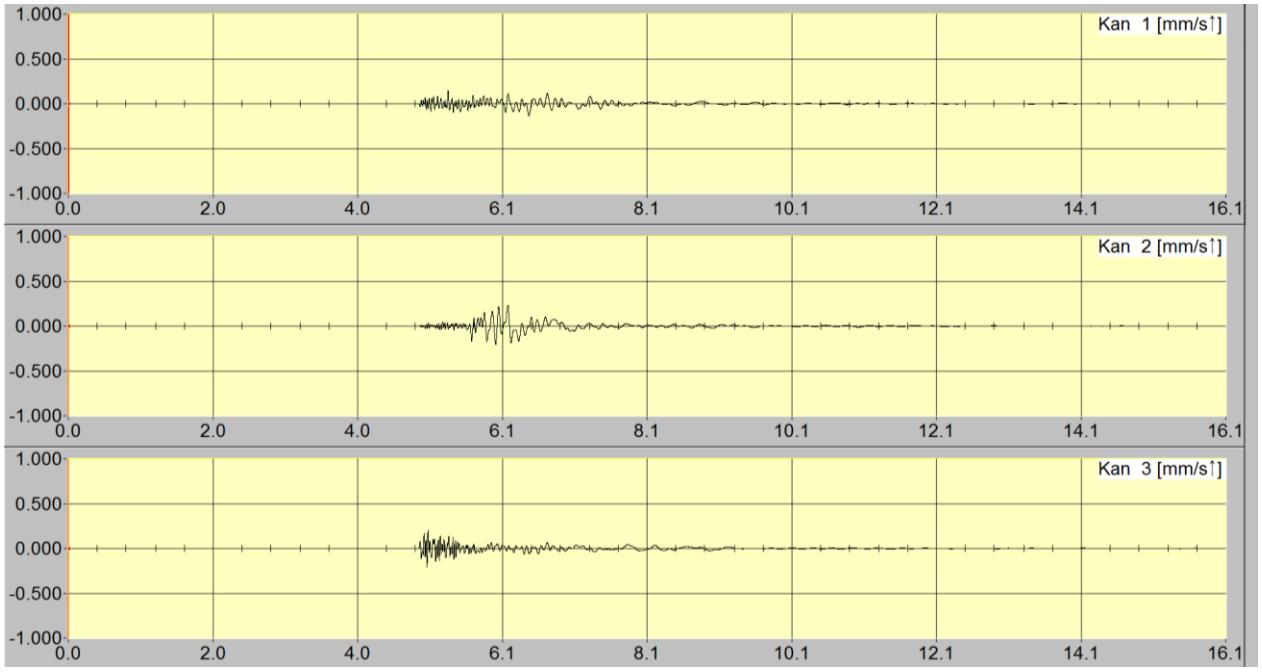
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

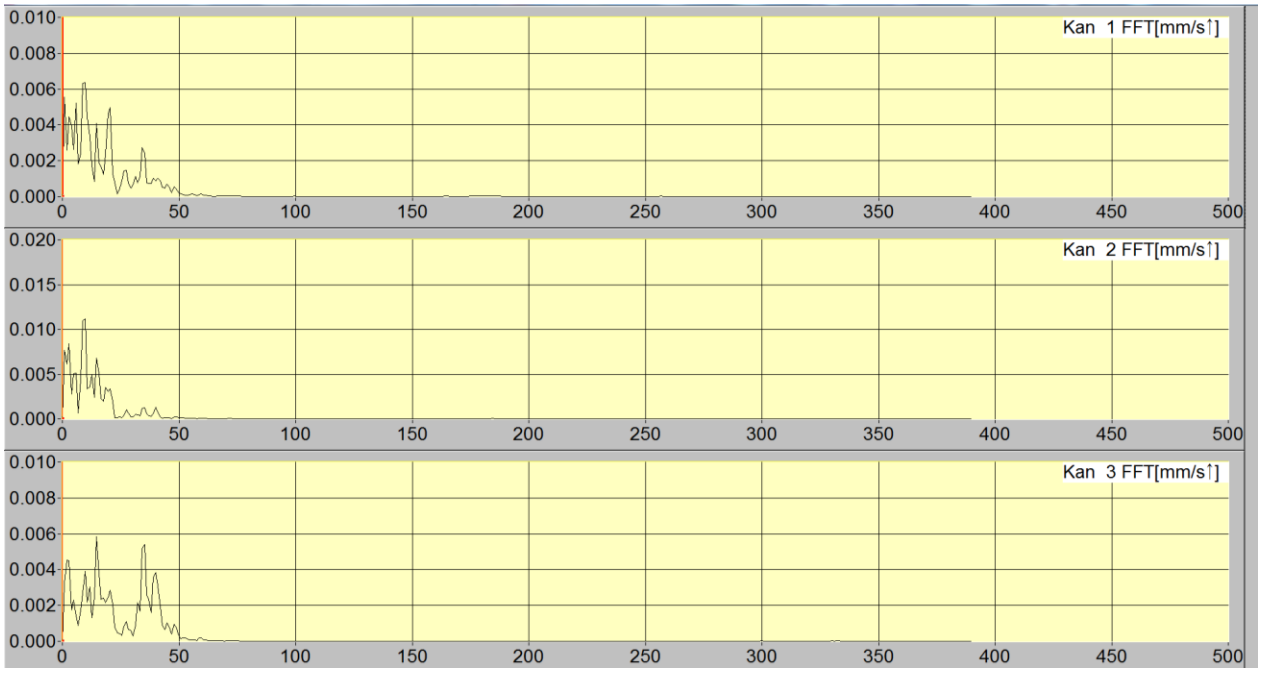
Sprengereignis vom 20.06.2018 um 11:18 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

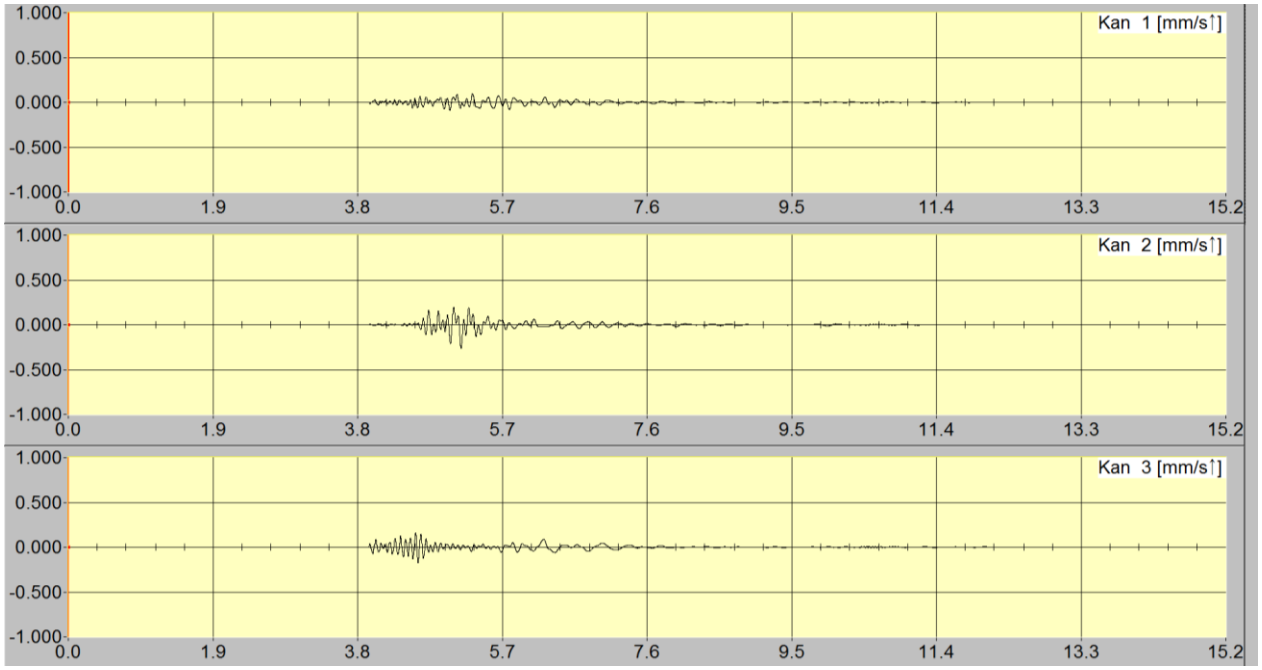
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

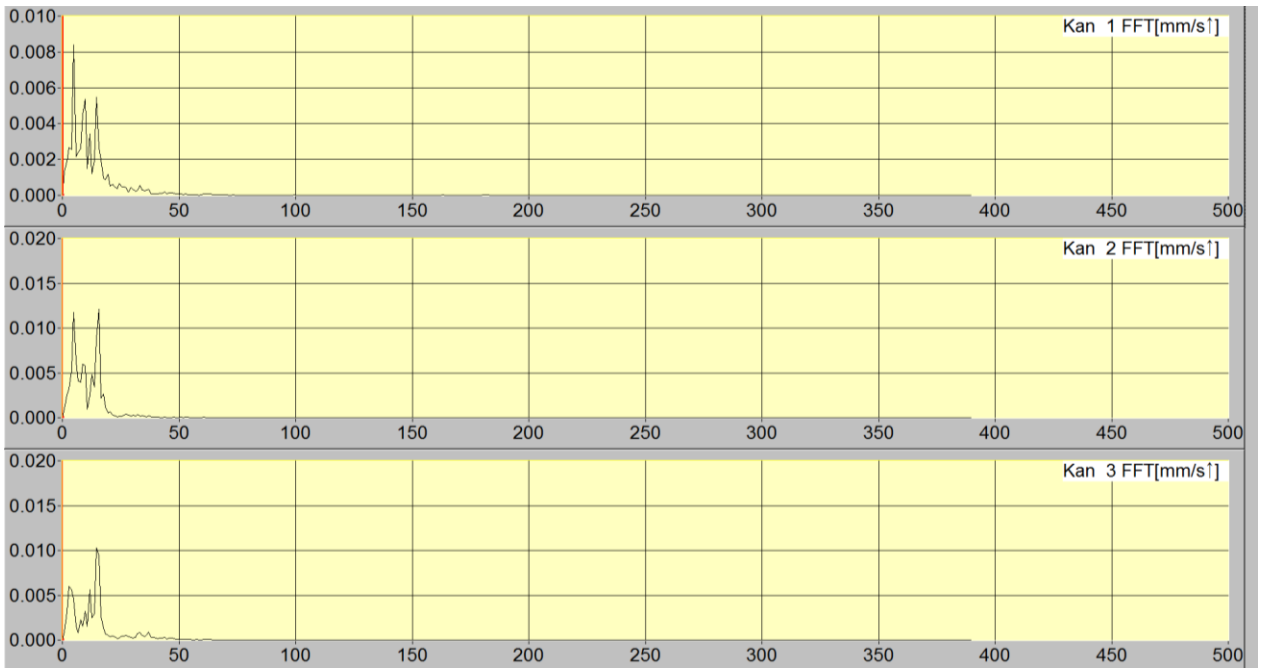
Sprengereignis vom 28.06.2018 um 12:02 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

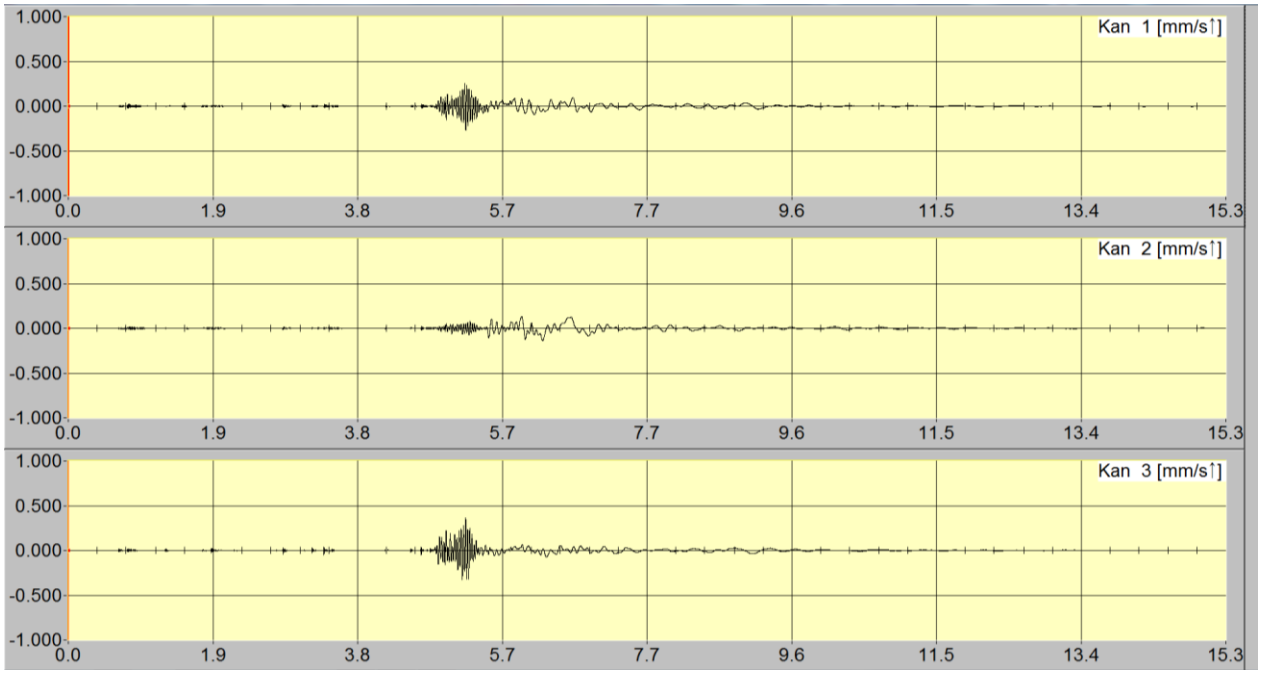
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

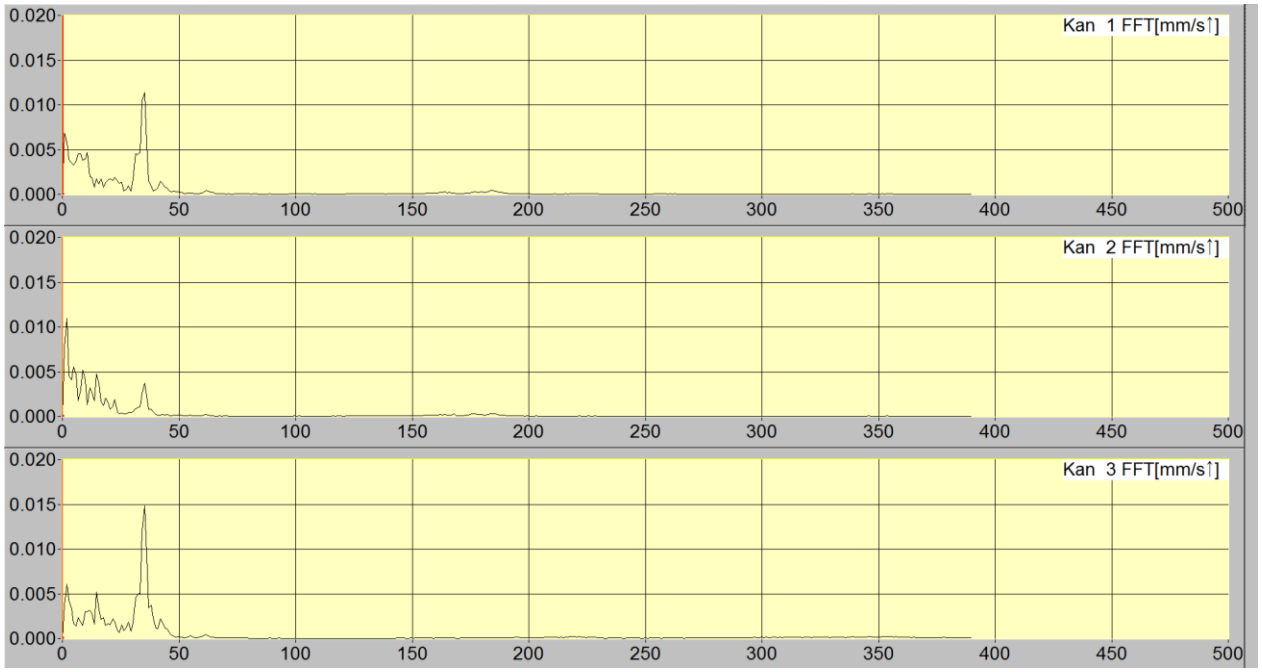
Sprengereignis vom 09.07.2018 um 14:34 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

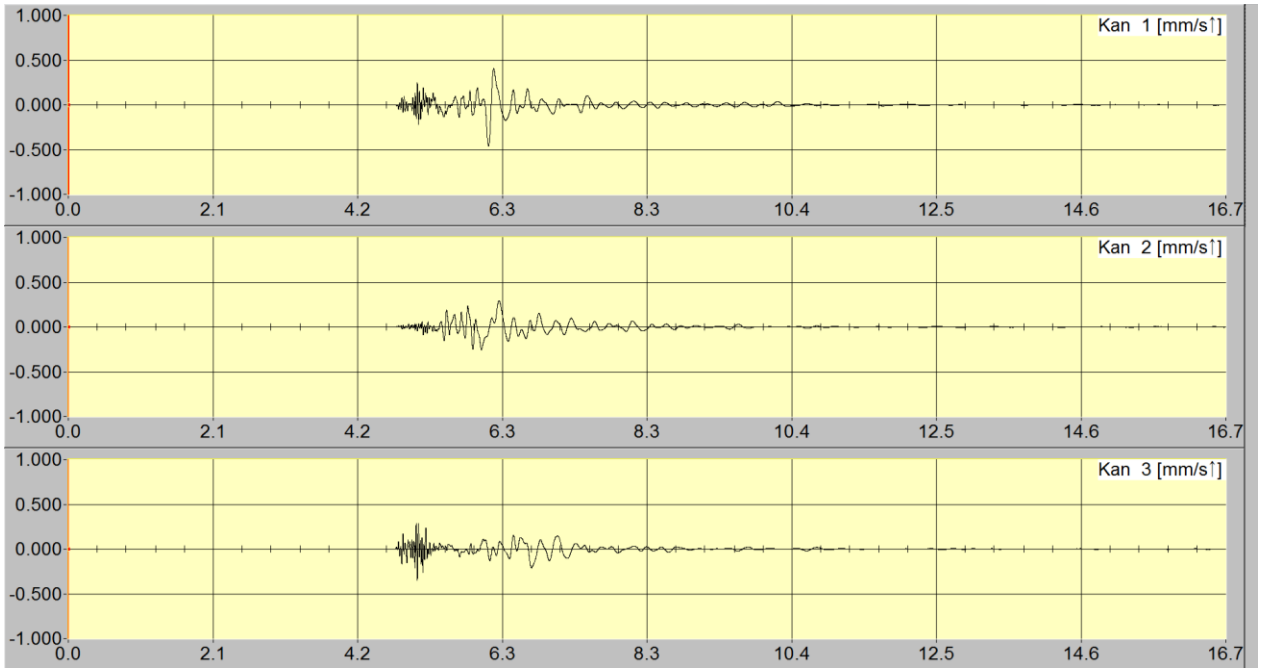
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

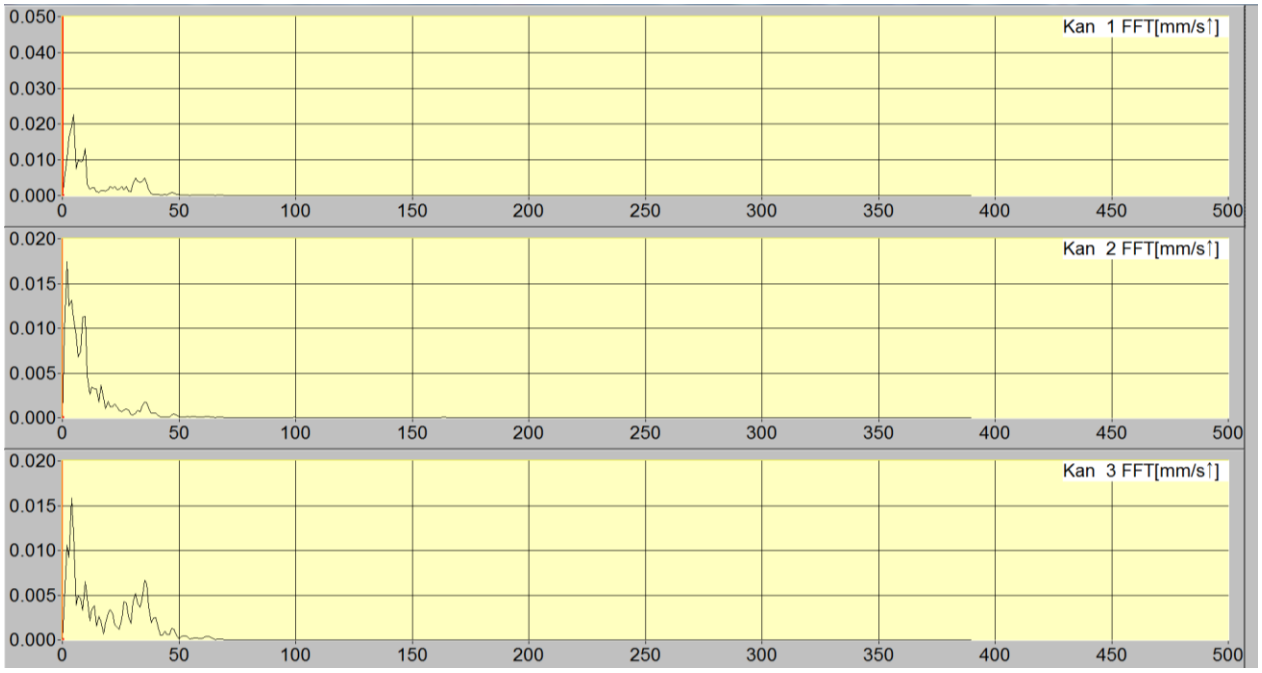
Sprengereignis vom 16.07.2018 um 10:29 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

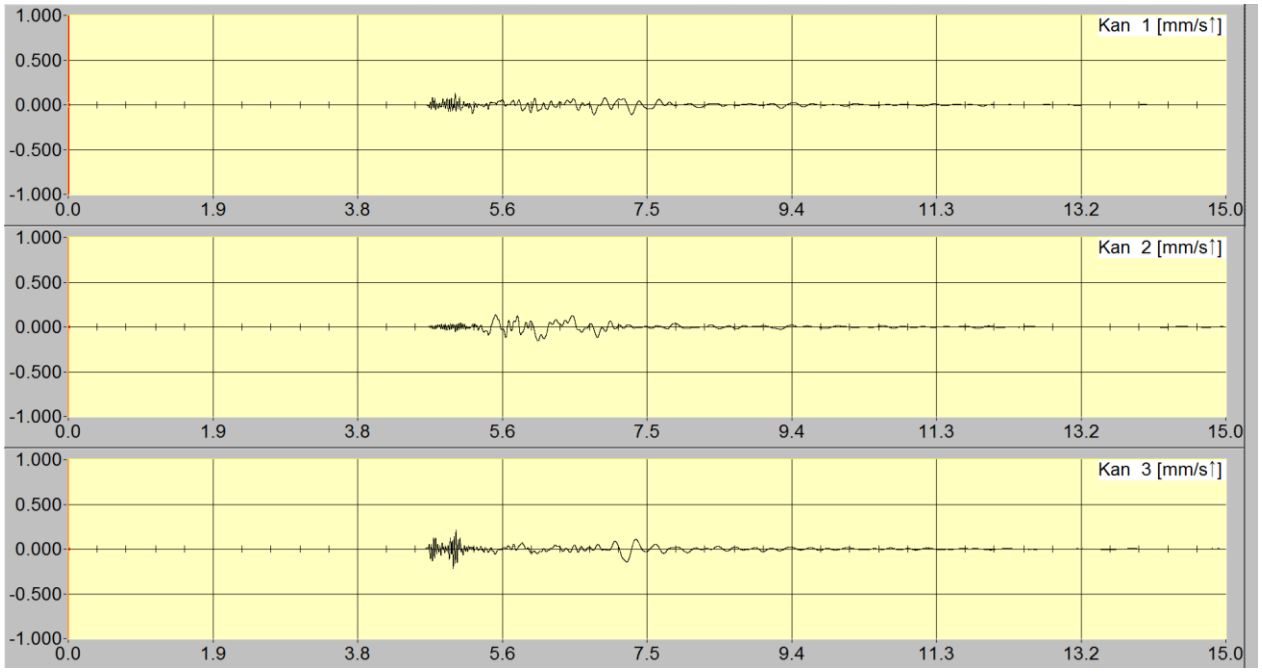
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

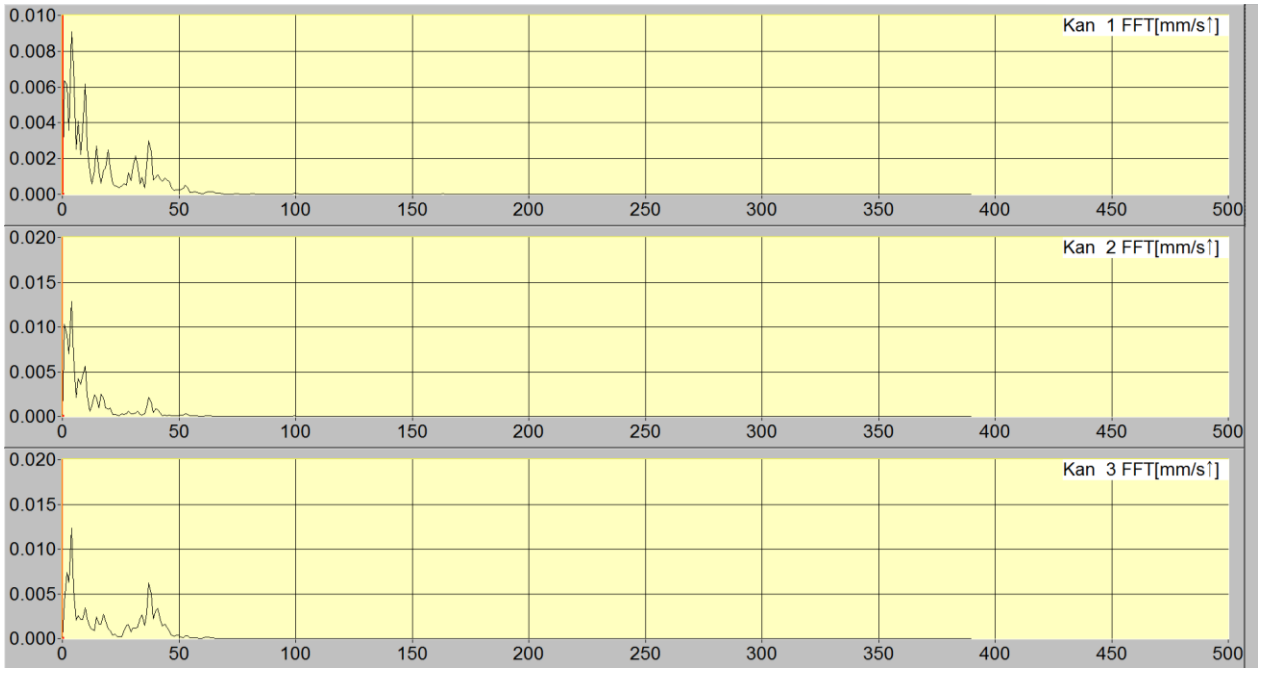
Sprengereignis vom 20.07.2018 um 10:31 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

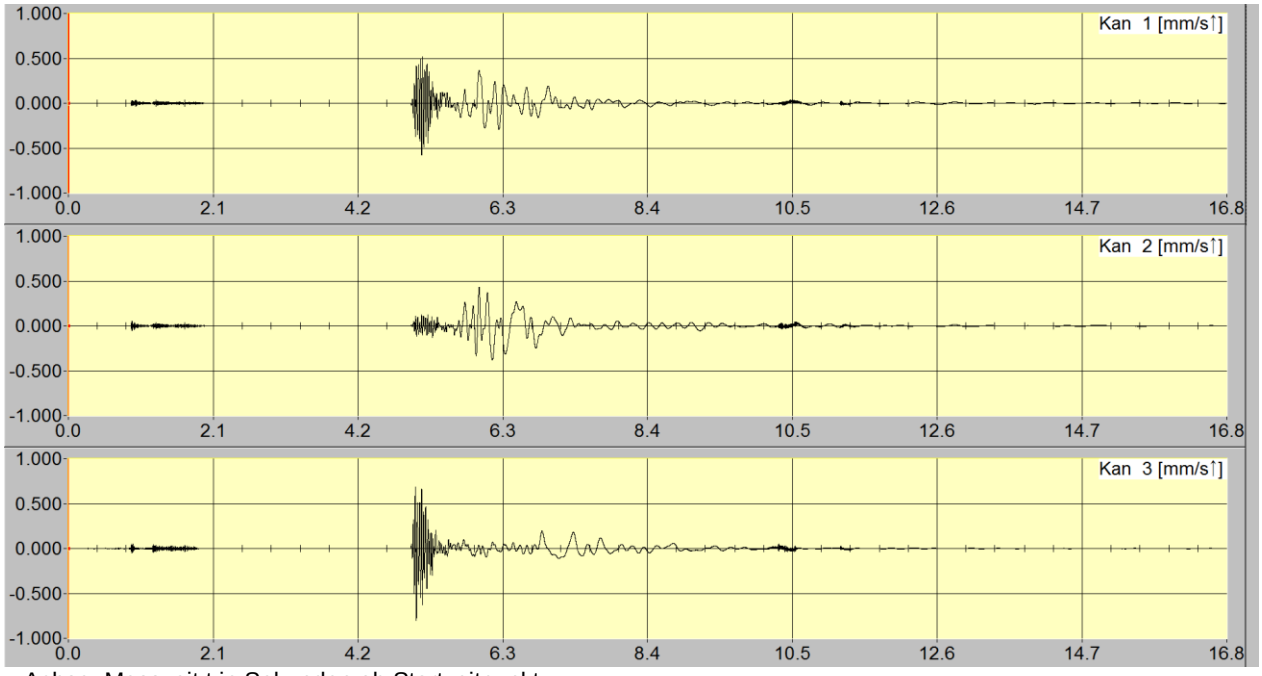
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

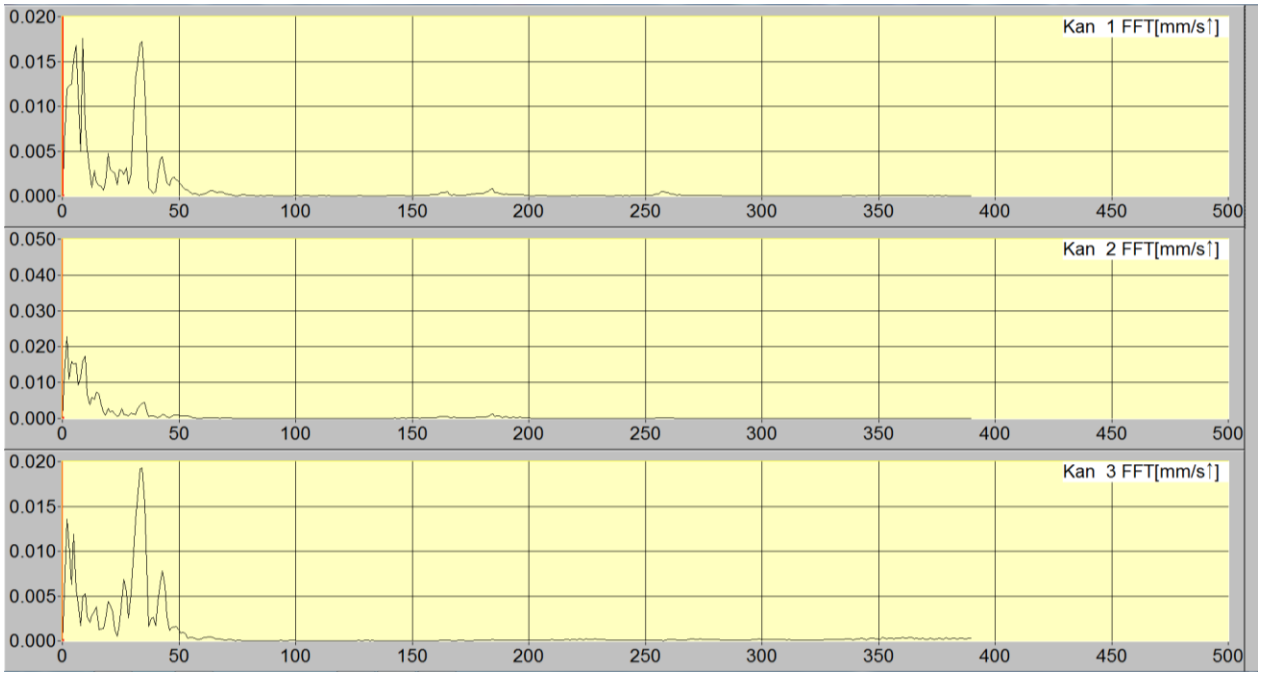
Sprengereignis vom 27.07.2018 um 11:11 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

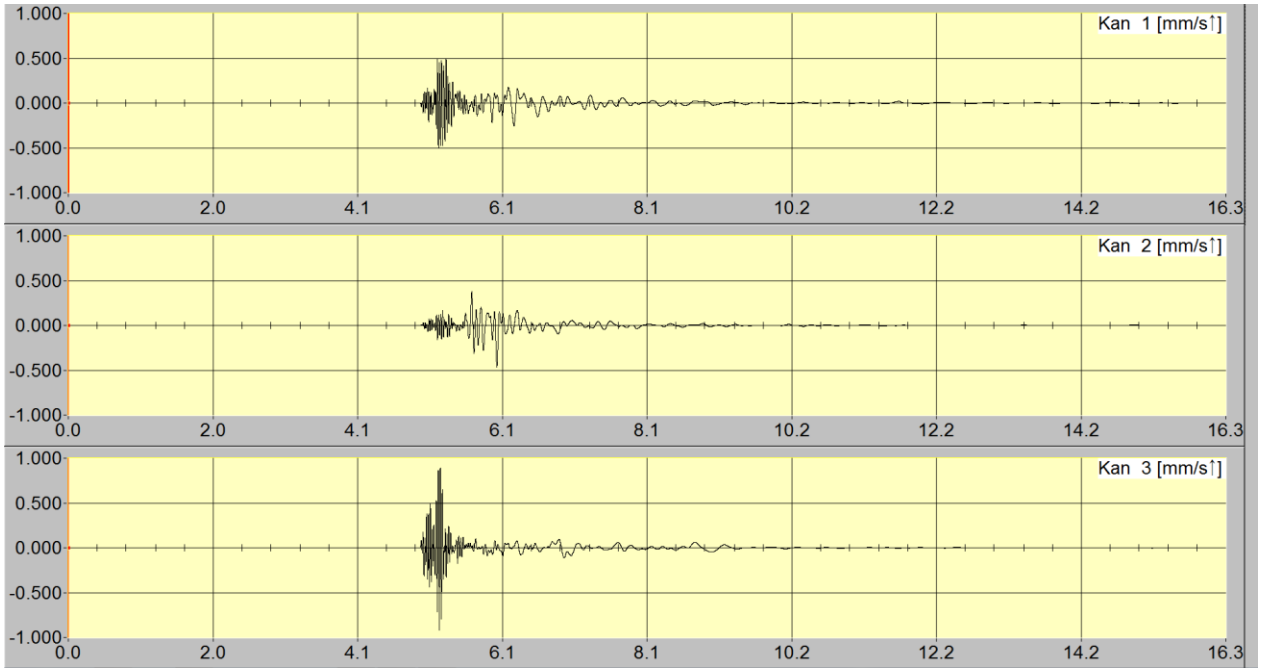
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

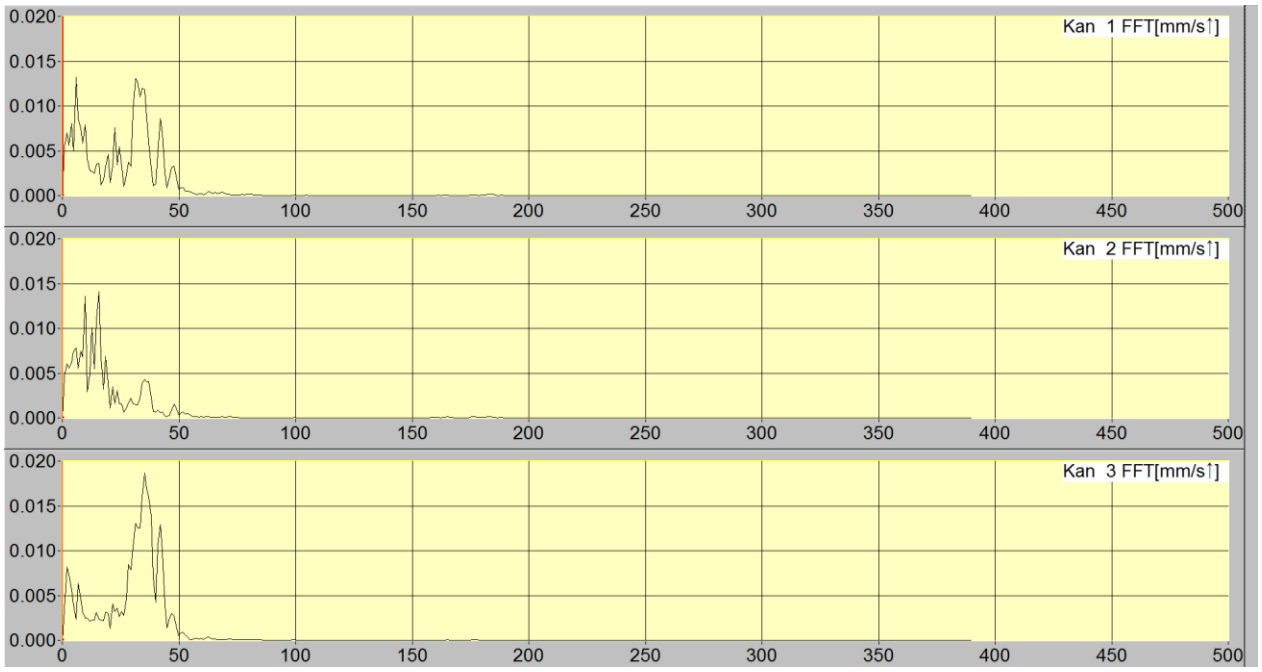
Sprengereignis vom 30.07.2018 um 10:29 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

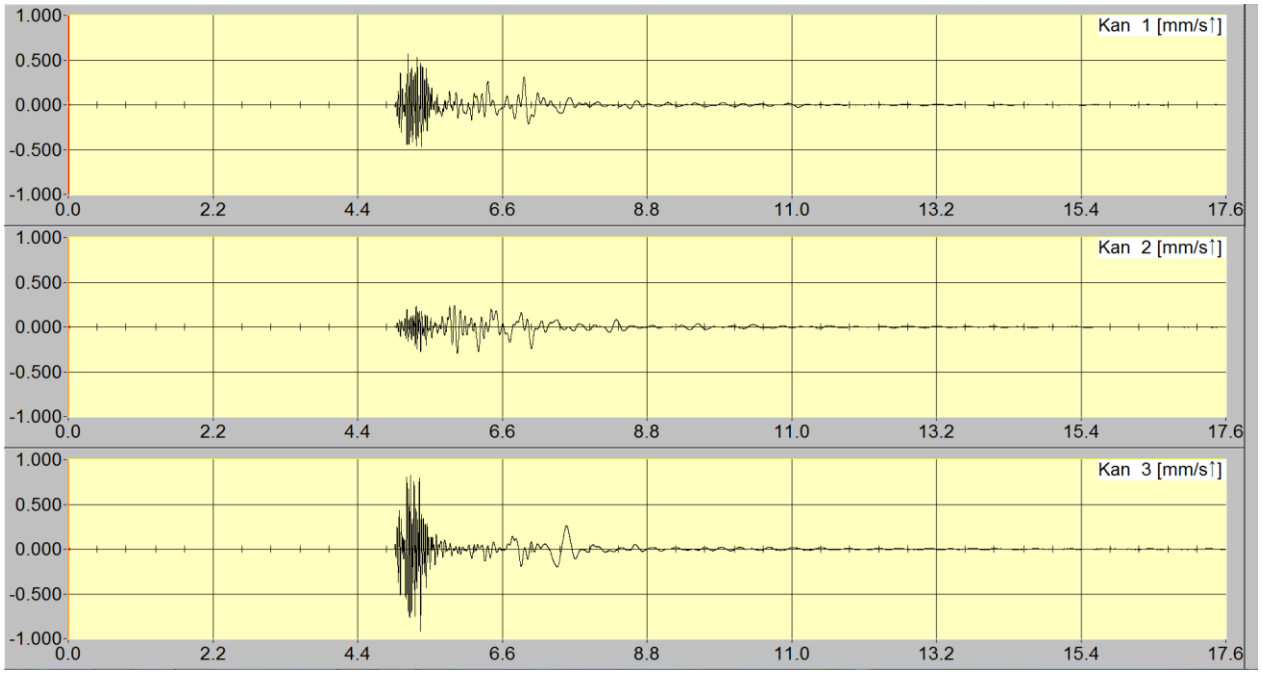
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

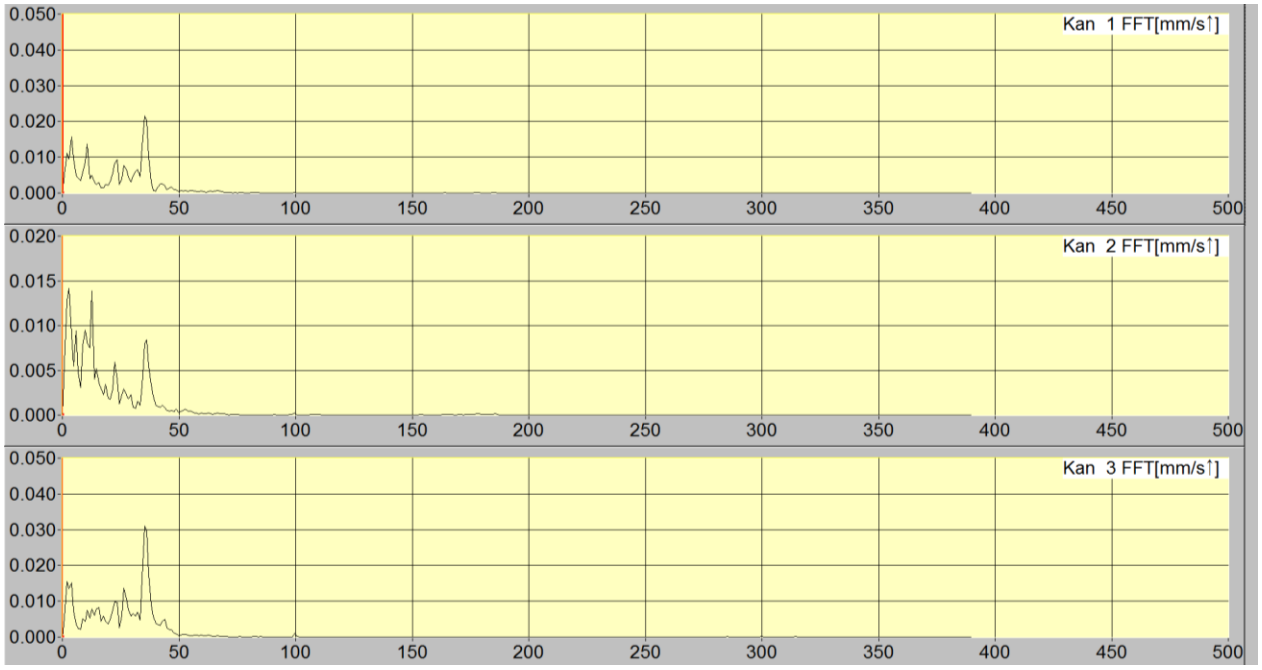
Sprengereignis vom 03.08.2018 um 11:52 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

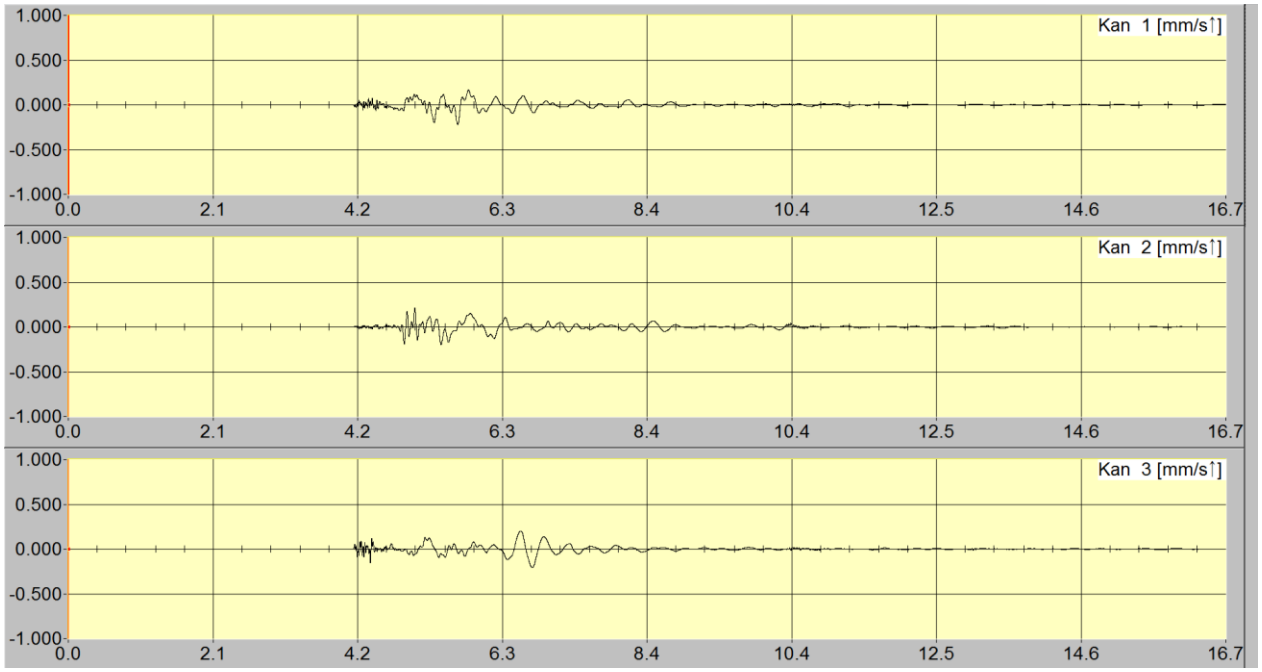
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

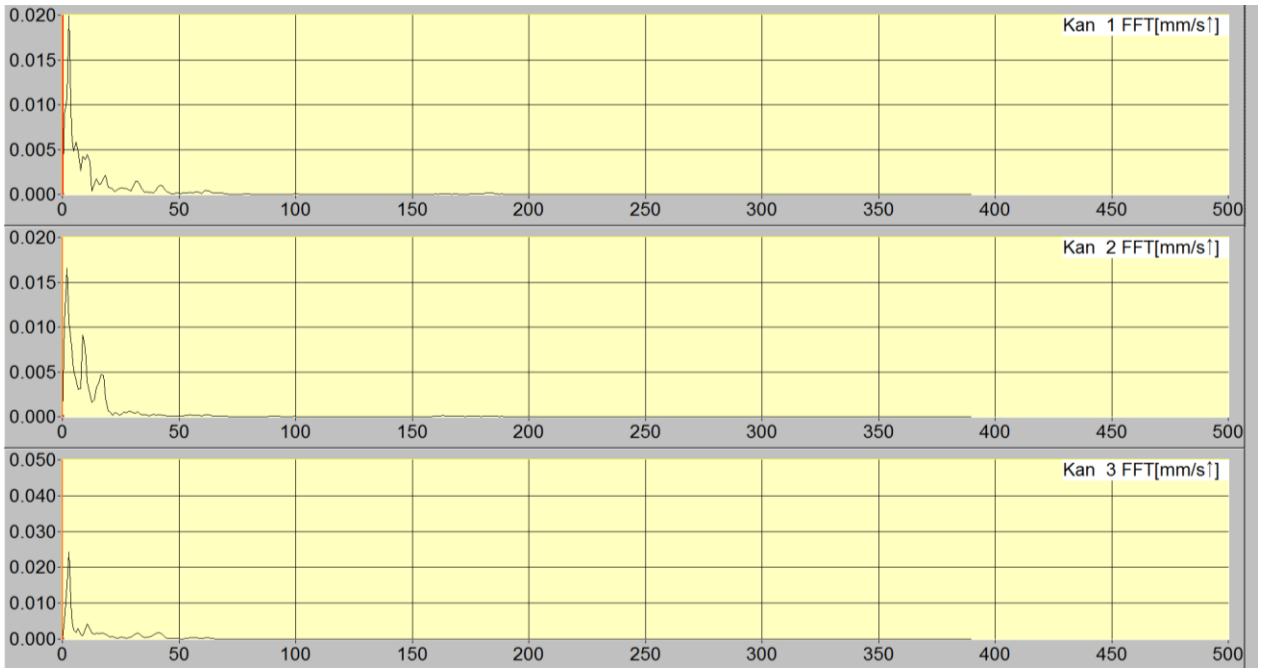
Sprengereignis vom 23.08.2018 um 10:20 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

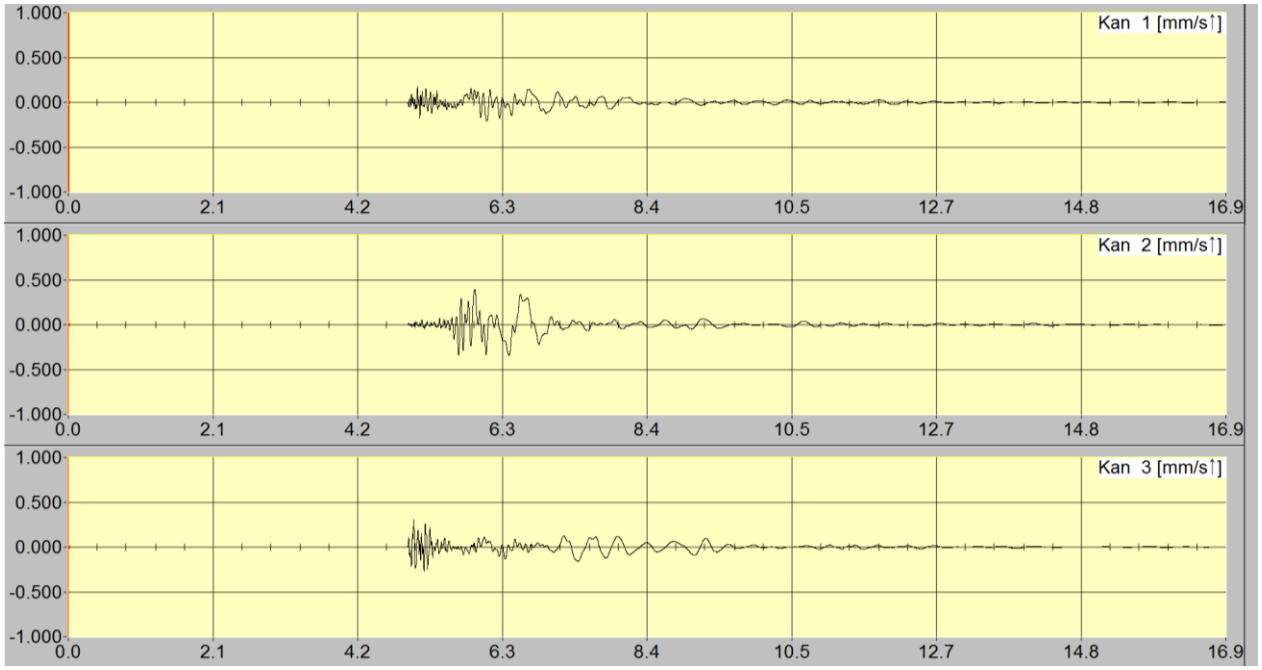
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

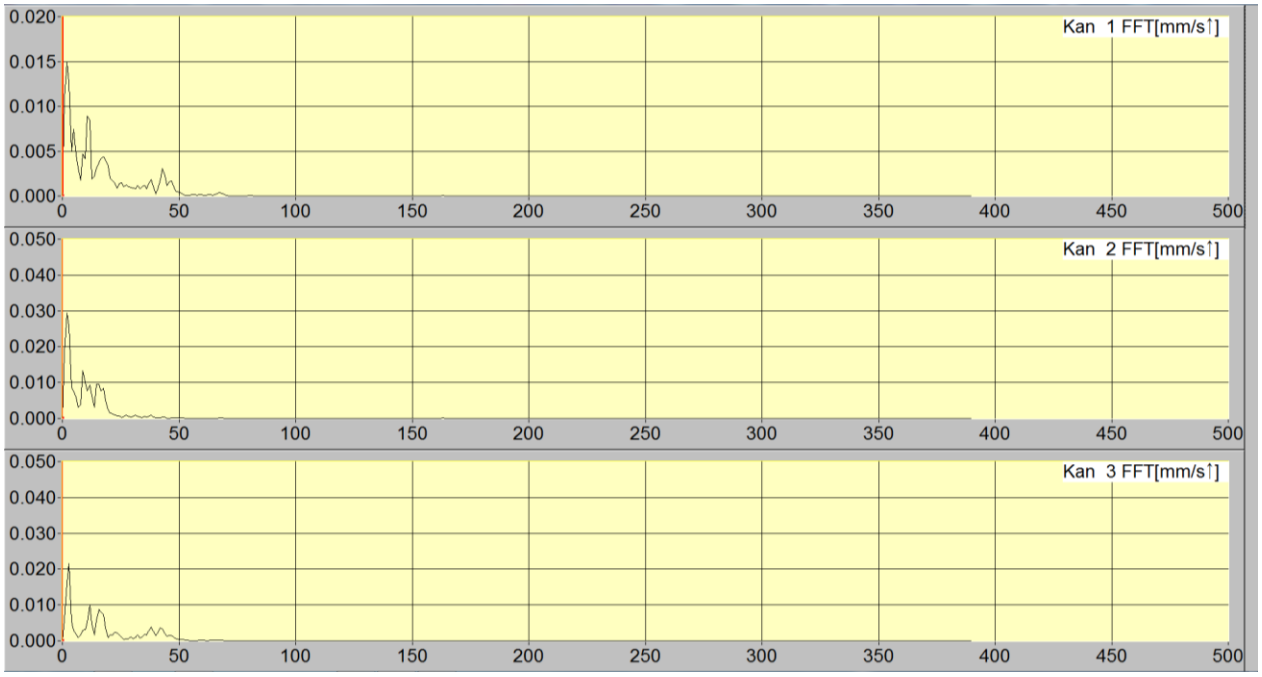
Sprengereignis vom 31.08.2018 um 11:58 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

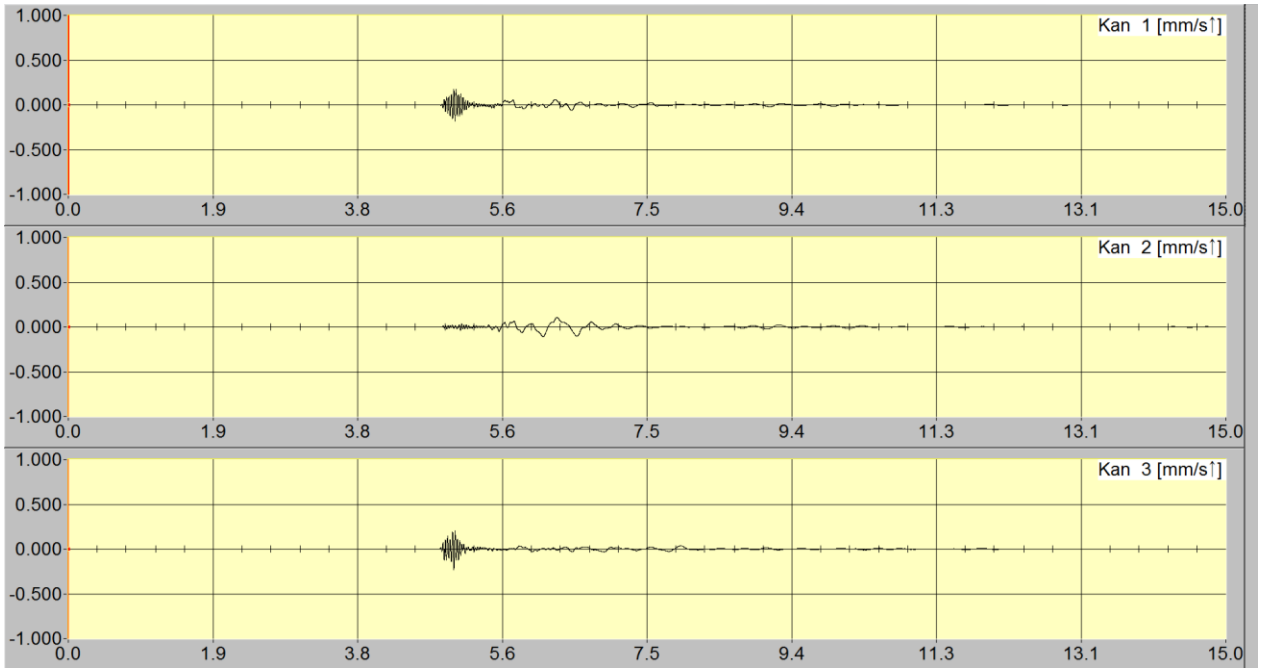
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

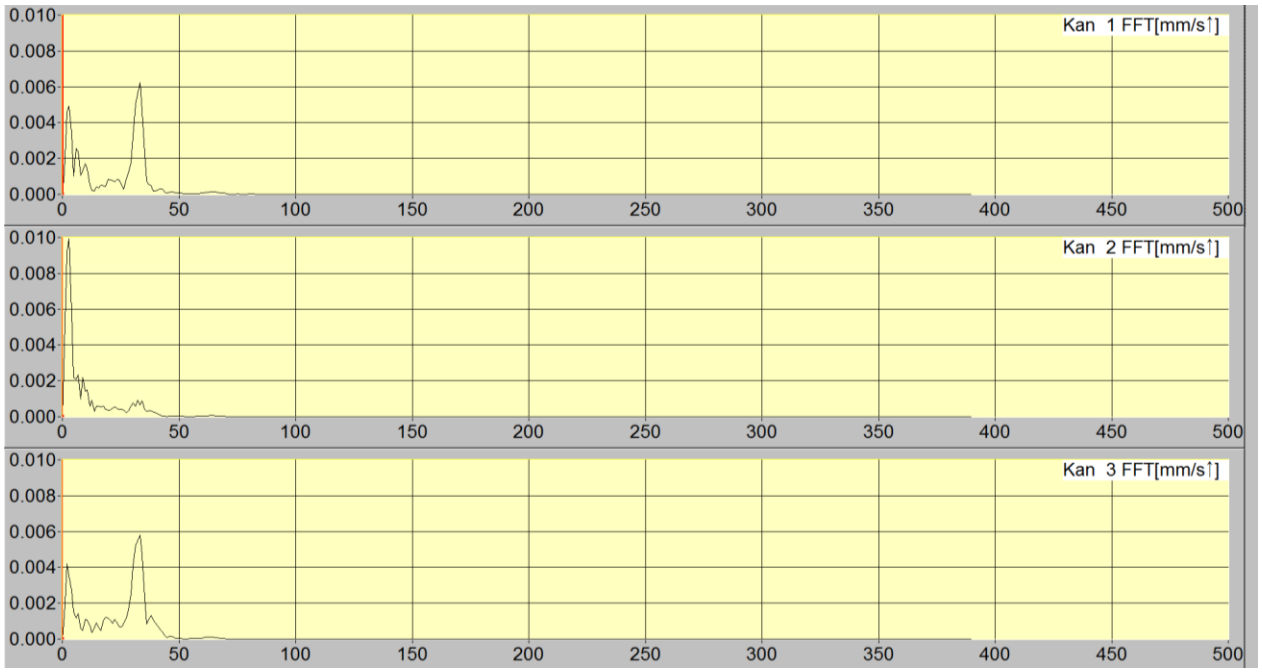
Sprengereignis vom 31.08.2018 um 13:30 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

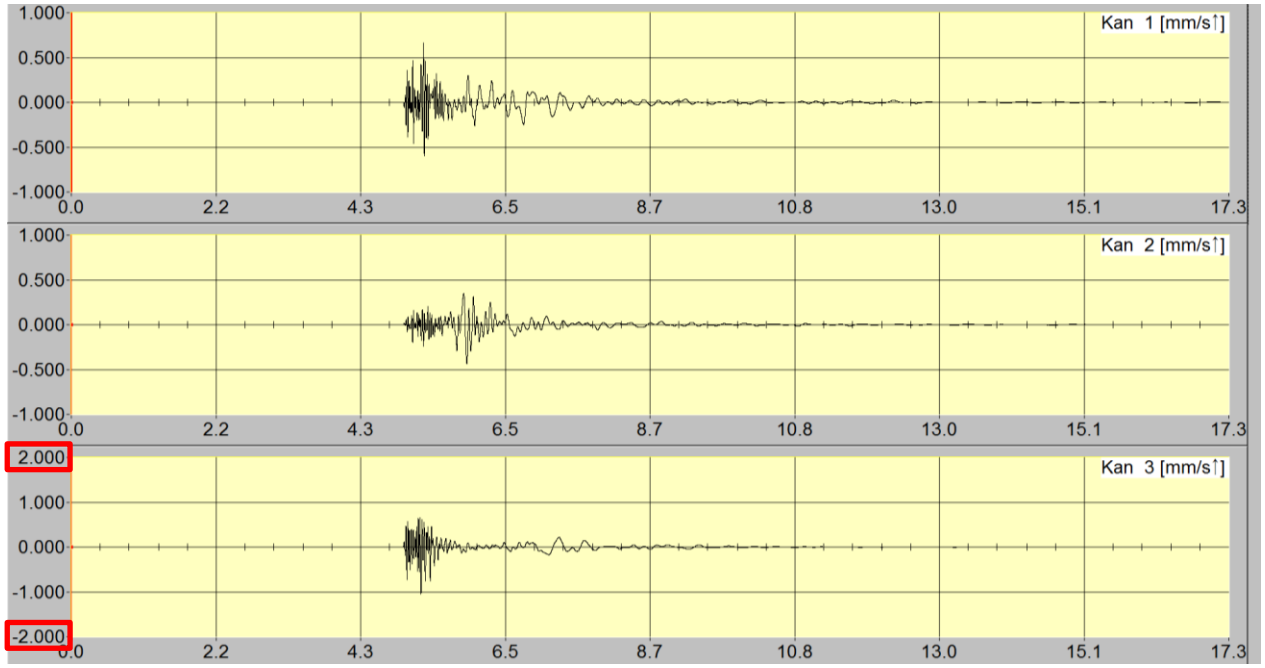
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

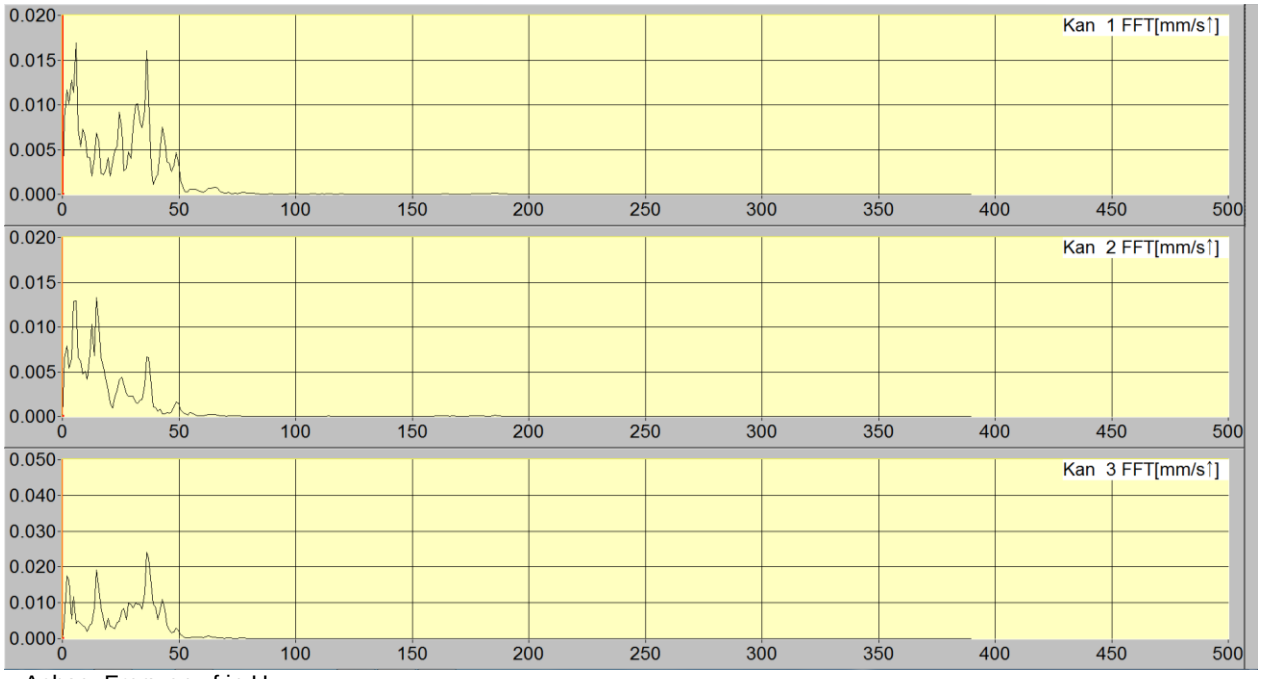
Sprengereignis vom 07.09.2018 um 10:00 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

ANHANG 4.2.2 WOHNHAUS OBERSTOCKSTRAßE 9 IN 72361 HAUSEN AM TANN

Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Oberstockstraße 9 in 72361 Hausen am Tann im Zeitraum vom 06.06.2018 bis zum 18.07.2018. Das Schwingungsmesssystem wurde jeweils über eine voreingestellte Auslöseschwelle automatisch getriggert. Die Messungen erfolgten unbeaufsichtigt. Dargestellt sind die unbewerteten Zeitverläufe der Schwinggeschwindigkeit v(t) sowie deren Frequenzzusammensetzung. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die y-Achsen der aufgezeichneten Zeitverläufe für alle Sprengungen jeweils mit gleicher Empfindlichkeit dargestellt.

Darstellung der Zeitverläufe:
X-Achsen: Zeit t in Sekunden ab Beginn der Aufzeichnung
y-Achsen: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec

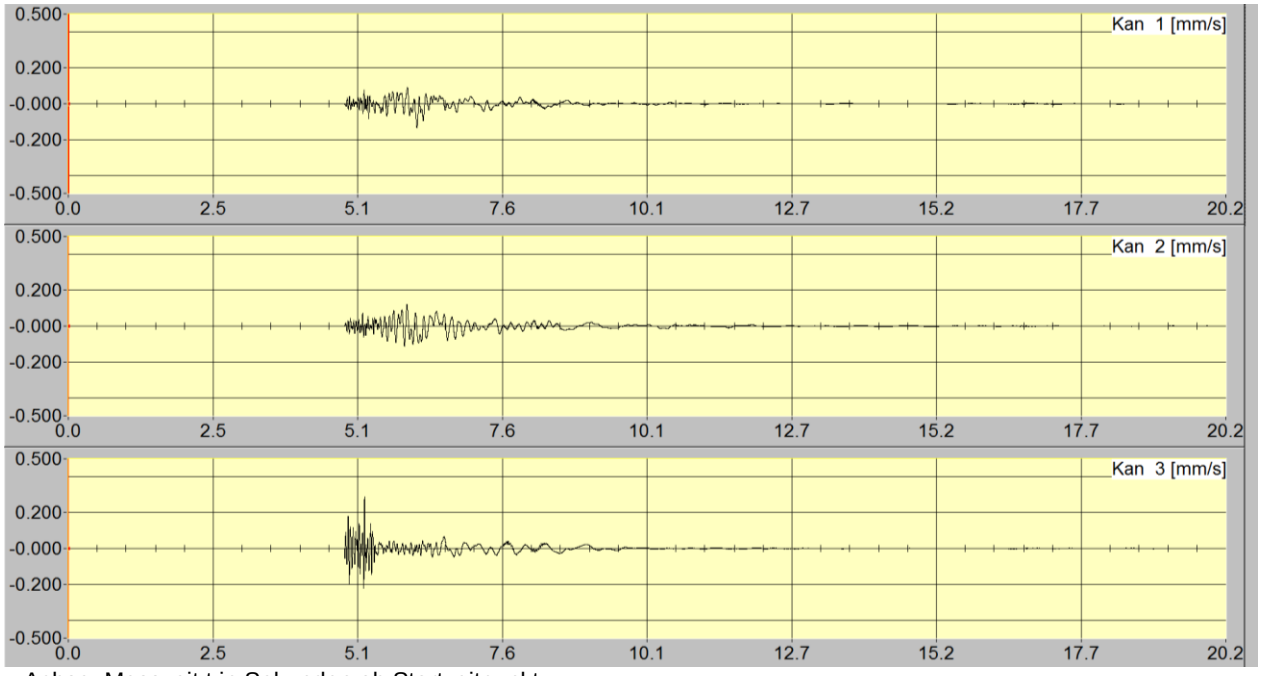
Darstellung der Frequenzzusammensetzung:
x-Achsen: Frequenz f in Hz
y-Achsen: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec
Bitte unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!

Zuordnung der Messkanäle:

Kanal	**Messpunkt**	**Messrichtung**
1	ZMp.1D, Fundament (Keller)	horizontal (x), ca. Richtung Plettenberg
2	ZMp.1D, Fundament (Keller)	horizontal (y)
3	ZMp.1D, Fundament (Keller)	vertikal (z)

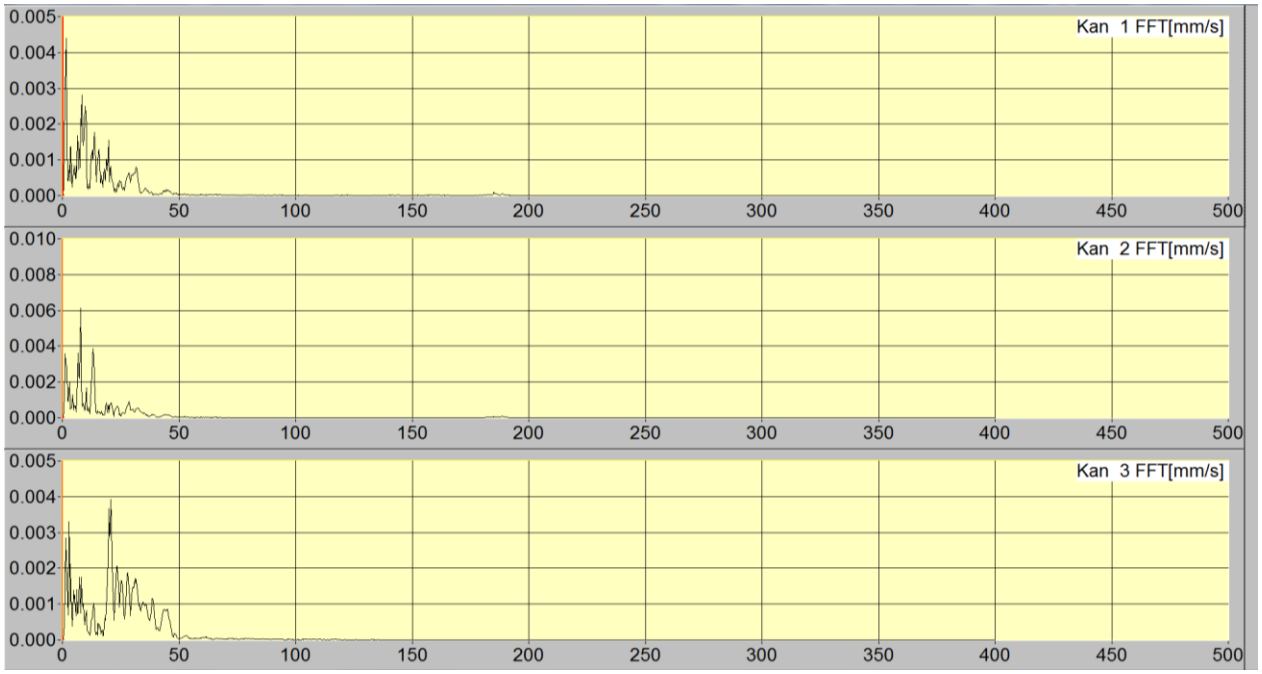
Sprengereignis vom 14.06.2018 um 13:23 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

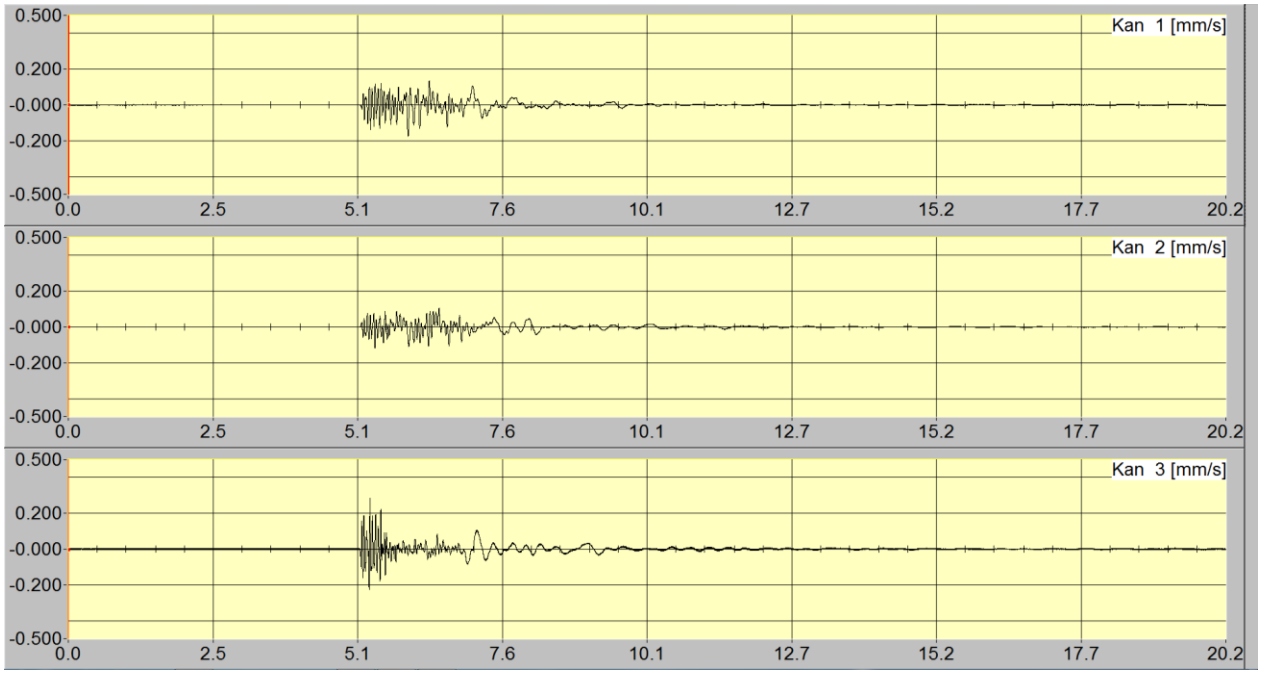
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

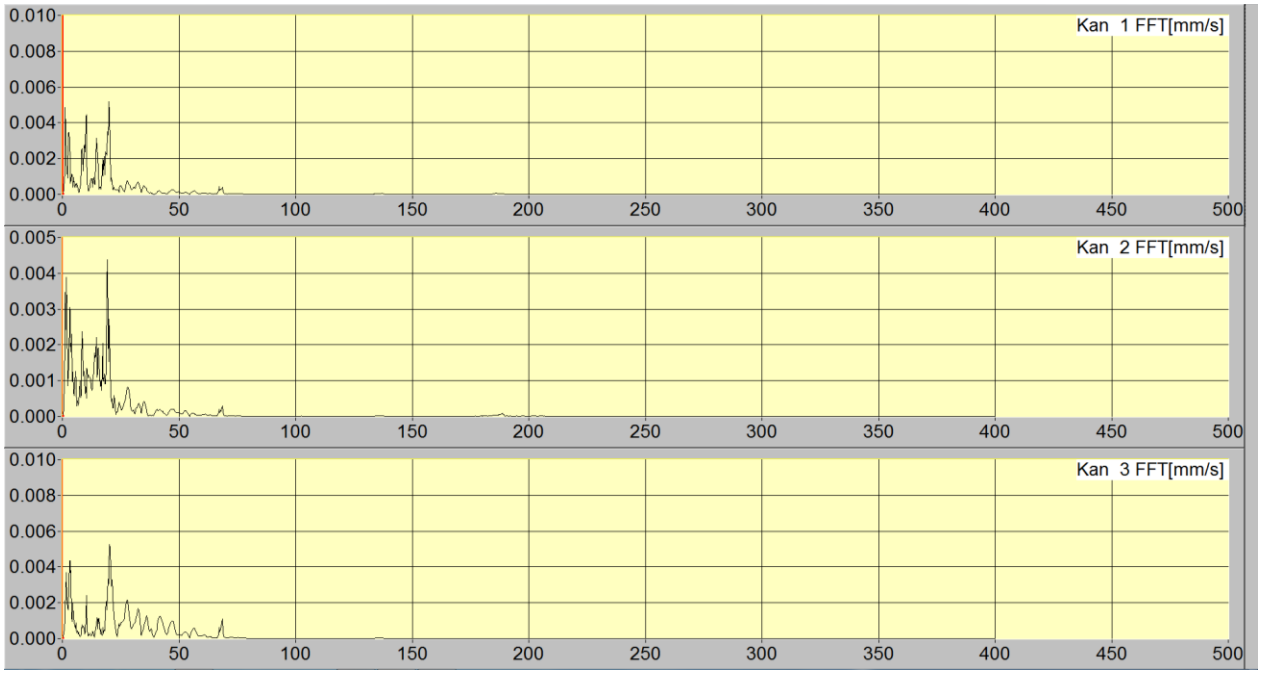
Sprengereignis vom 20.06.2018 um 11:18 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

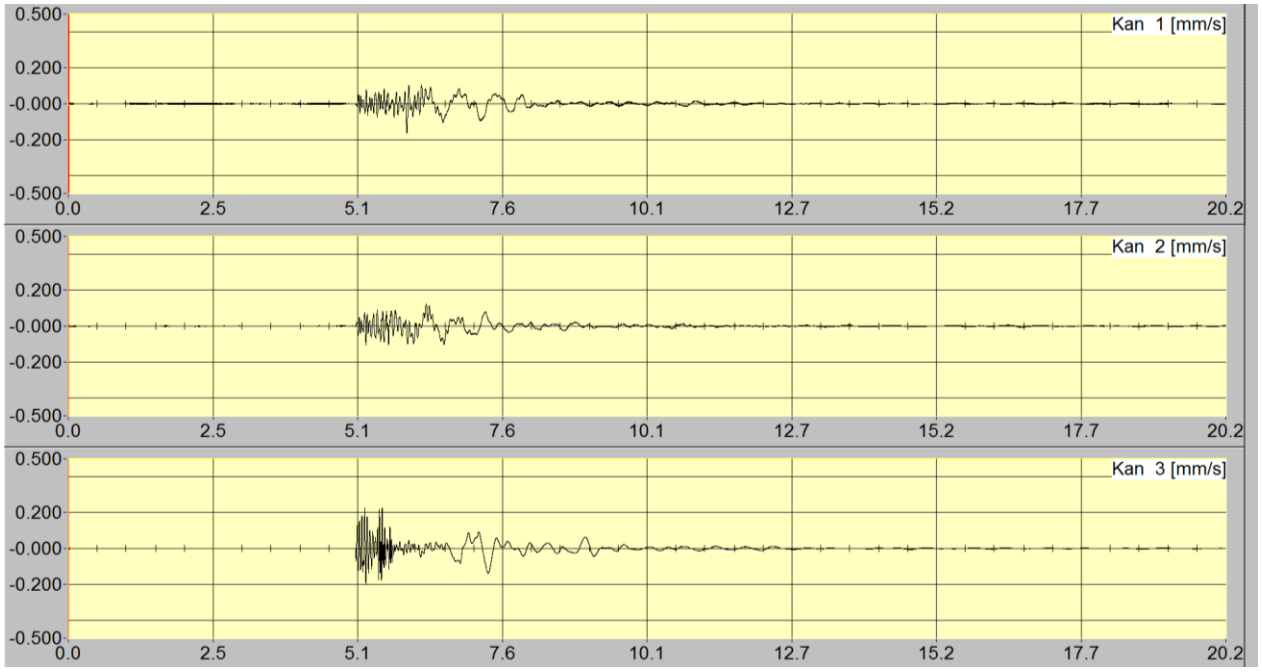
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

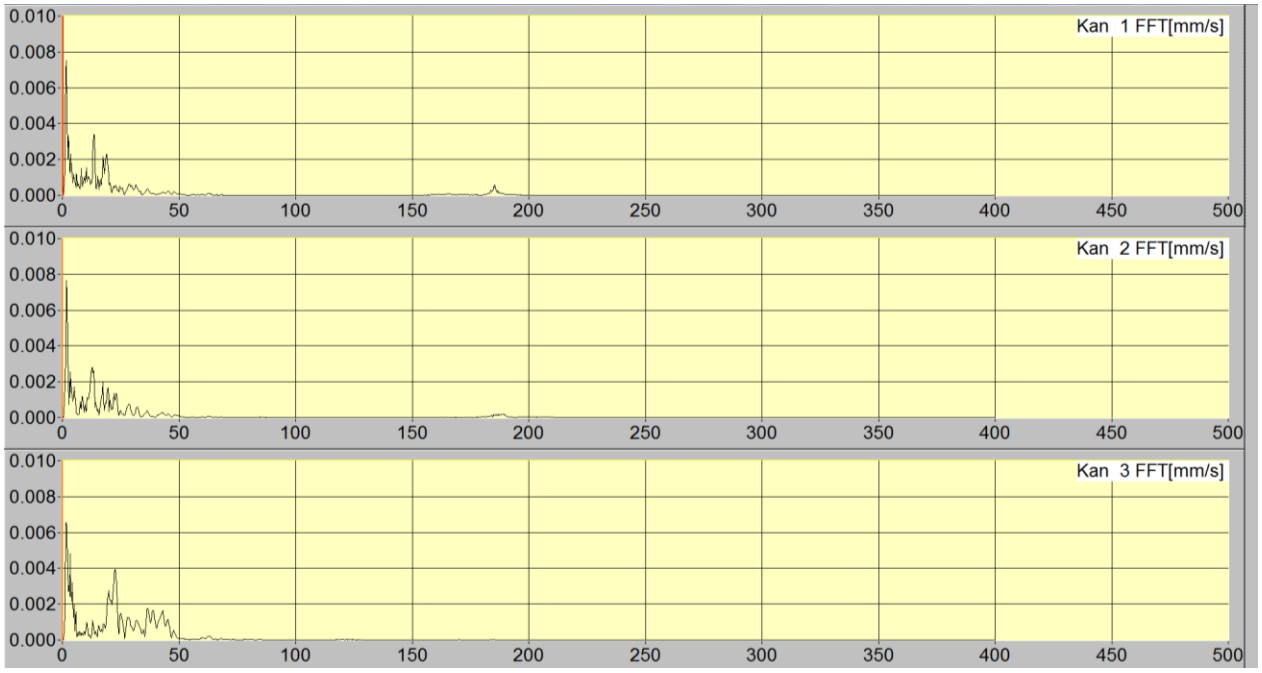
Sprengereignis vom 09.07.2018 um 14:34 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

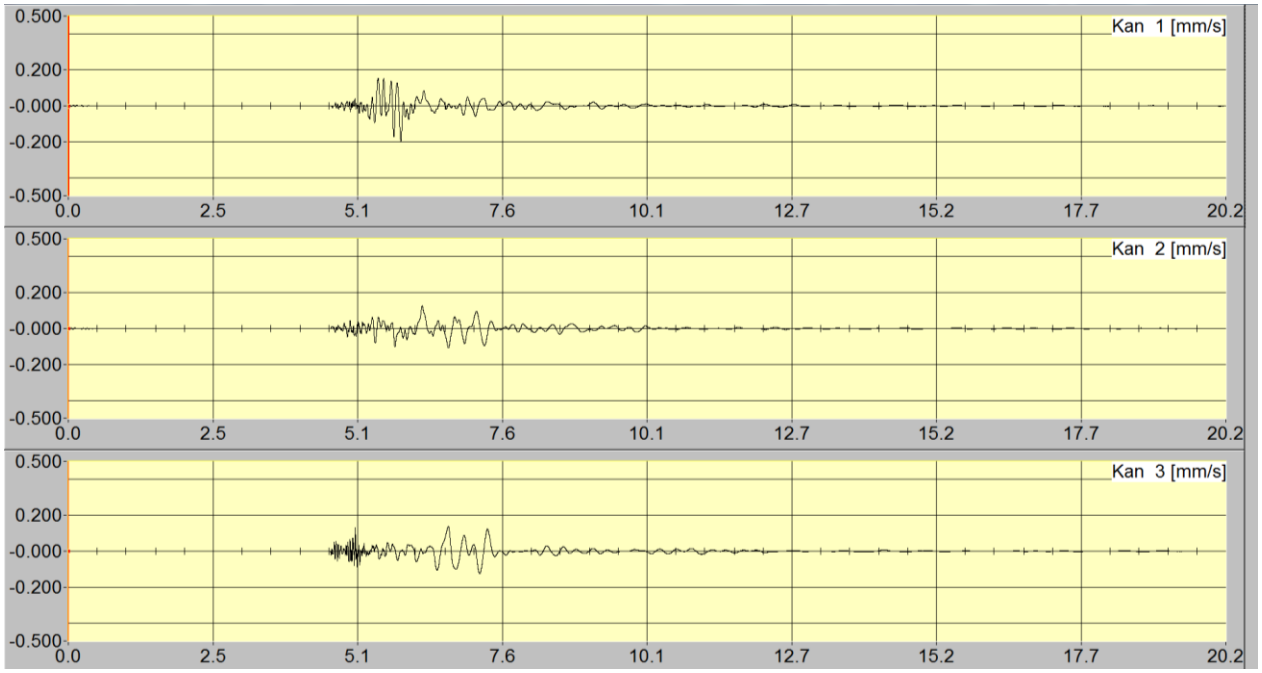
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

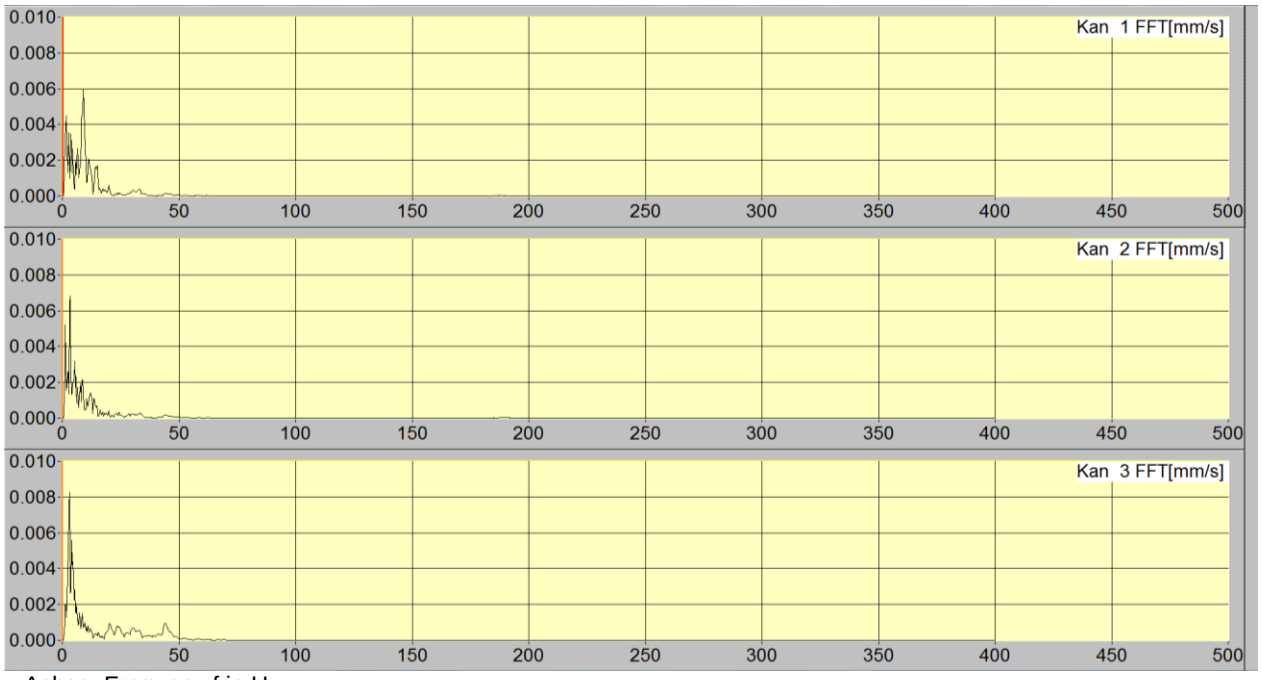
Sprengereignis vom 16.07.2018 um 10:29 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

ANHANG 4.2.3 WOHNHAUS KIRCHWEG 4 IN 72361 HAUSEN AM TANN

Erschütterungsmessungen im Wohnhaus Kirchweg 4 in 72361 Hausen am Tann im Zeitraum vom 18.07.2018 bis zum 07.09.2018. Das Schwingungsmesssystem wurde jeweils über eine voreingestellte Auslöseschwelle automatisch getriggert. Die Messungen erfolgten unbeaufsichtigt. Dargestellt sind die unbewerteten Zeitverläufe der Schwinggeschwindigkeit v(t) sowie deren Frequenzzusammensetzung. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die y-Achsen der aufgezeichneten Zeitverläufe für alle Sprengungen jeweils mit gleicher Empfindlichkeit dargestellt. Lediglich bei den am 23.08.2018 um 10:20 Uhr und am 31.08.2018 um 11:58 Uhr durchgeführten Sprengungen musste die eingestellte Empfindlichkeit im Messkanal 3 (z) verändert werden.

Darstellung der Zeitverläufe:
X-Achsen: Zeit t in Sekunden ab Beginn der Aufzeichnung
y-Achsen: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec

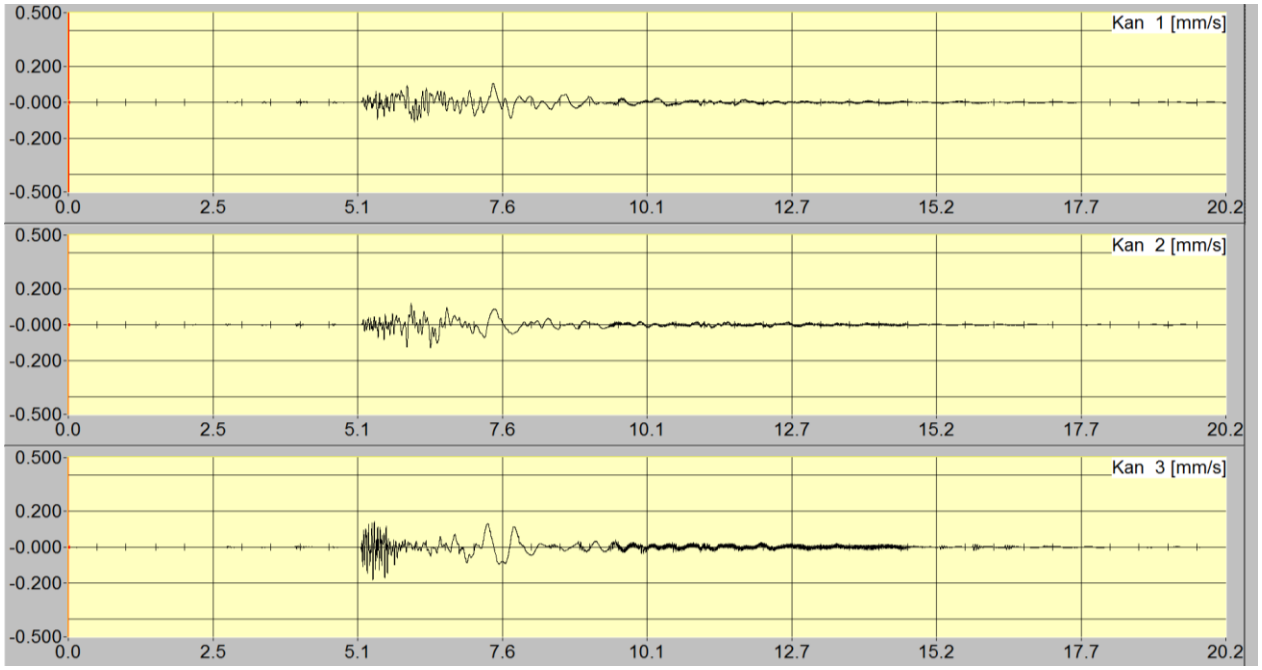
Darstellung der Frequenzzusammensetzung:
x-Achsen: Frequenz f in Hz
y-Achsen: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec
Bitte unterschiedliche Empfindlichkeitseinstellung beachten!

Zuordnung der Messkanäle:

Kanal	**Messpunkt**	**Messrichtung**
1	MMp.1D, Keller (Heizraum)	horizontal (x), ca. Richtung Plettenberg
2	MMp.1D, Keller (Heizraum)	horizontal (y)
3	MMp.1D, Keller (Heizraum)	vertikal (z)

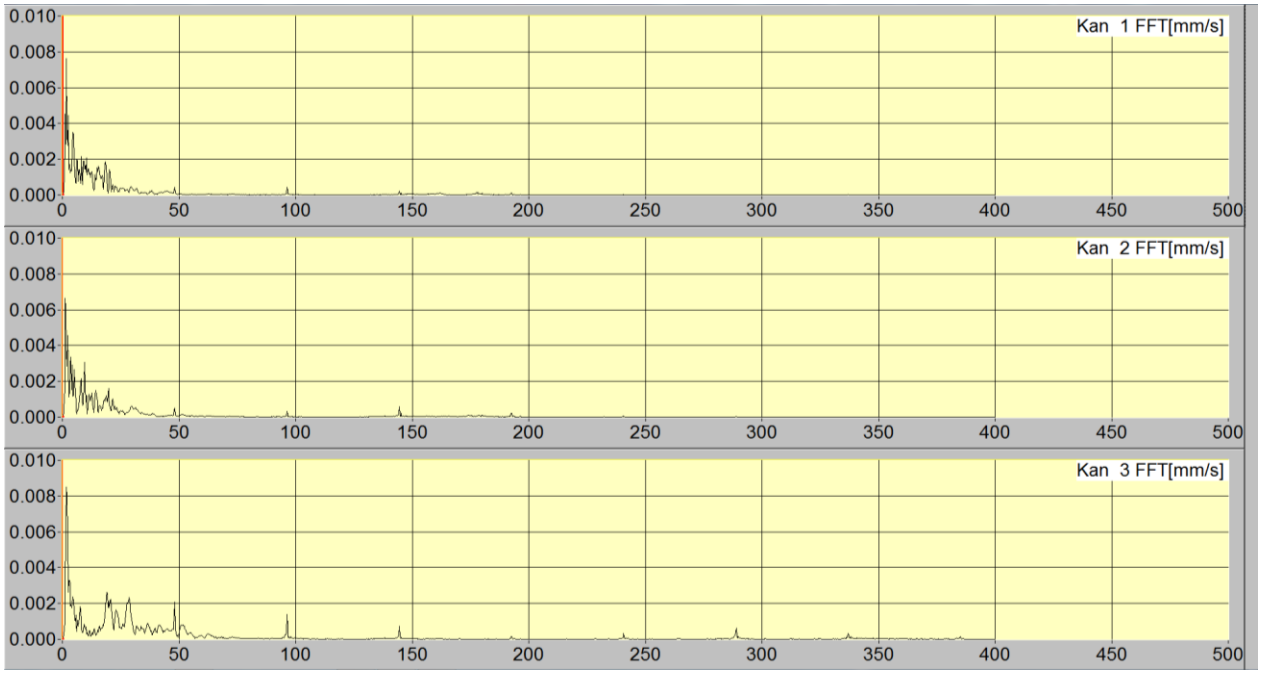
Sprengereignis vom 20.07.2018 um 10:31 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

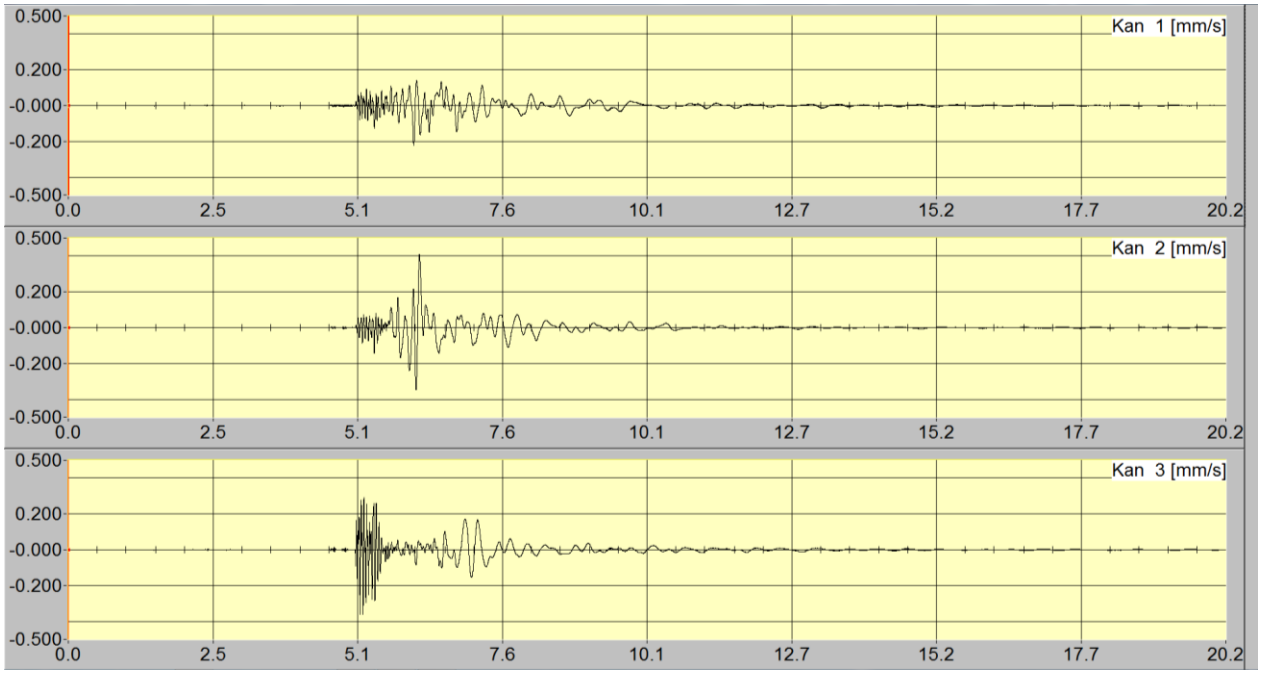
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

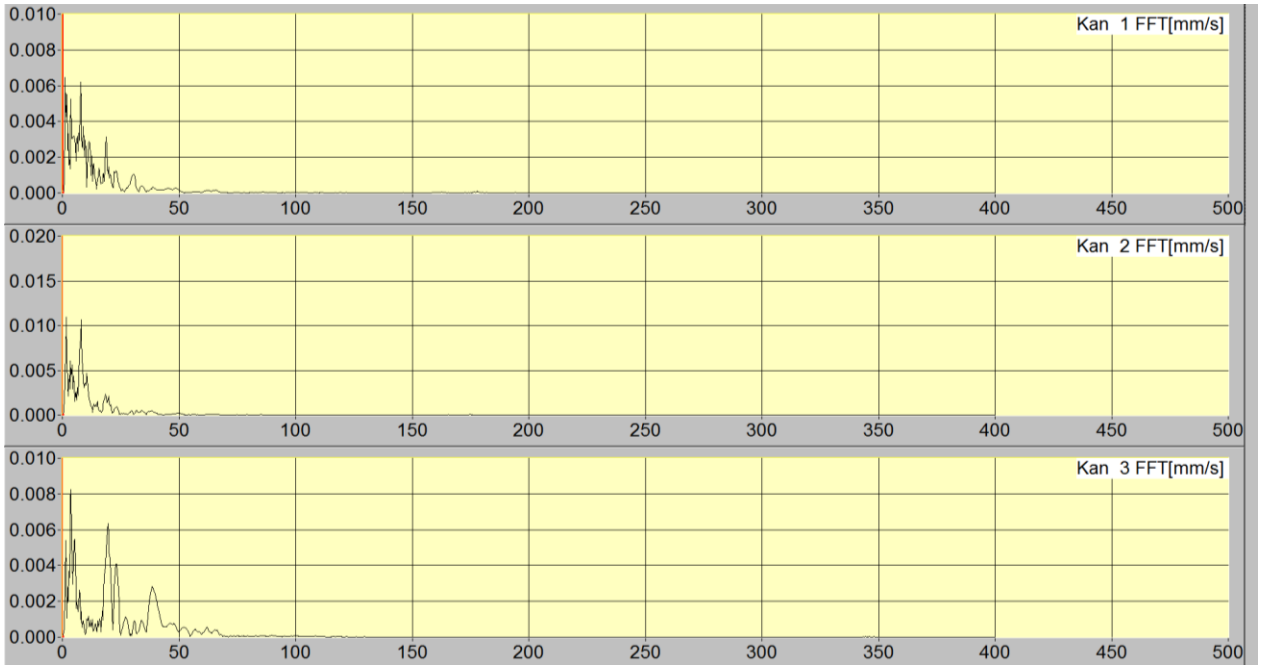
Sprengereignis vom 27.07.2018 um 11:11 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

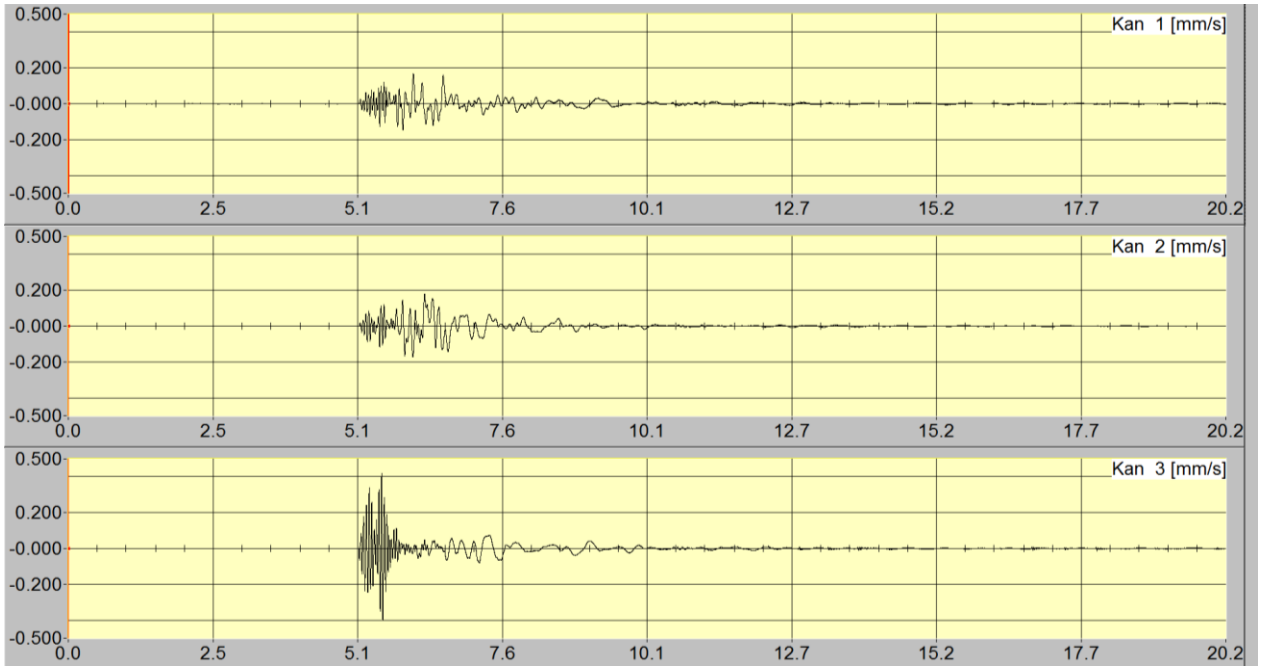
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

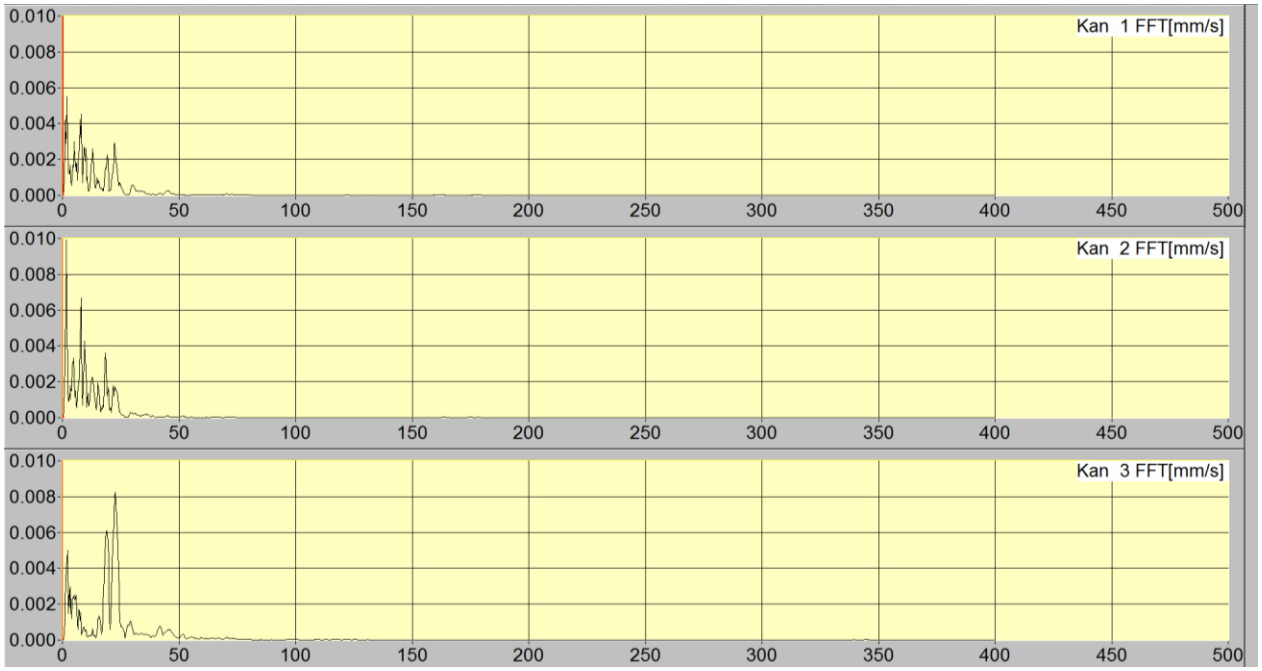
Sprengereignis vom 30.07.2018 um 10:29 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

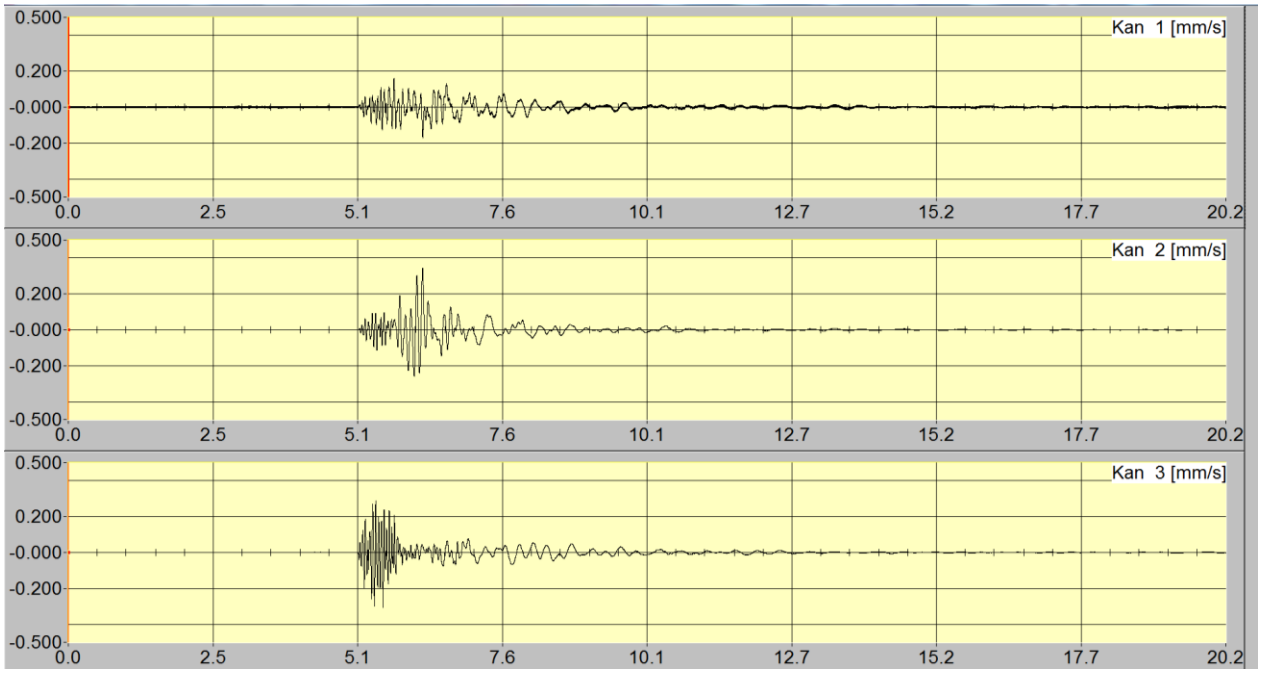
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

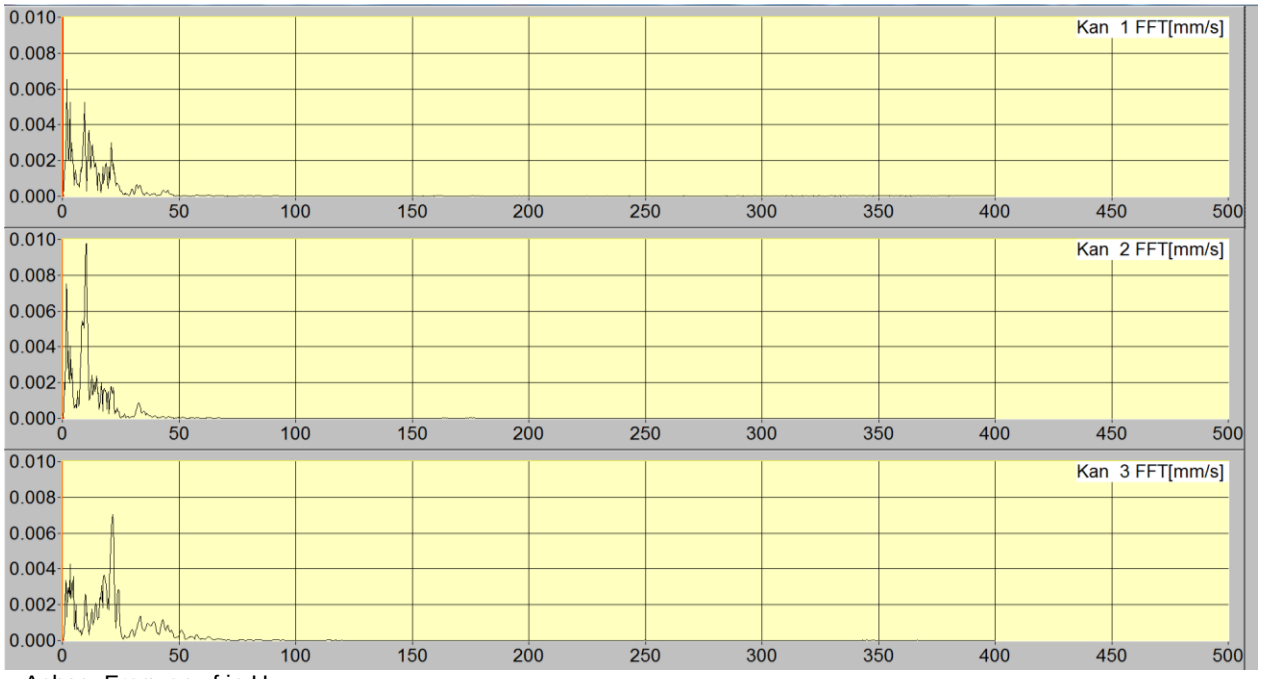
Sprengereignis vom 03.08.2018 um 11:52 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

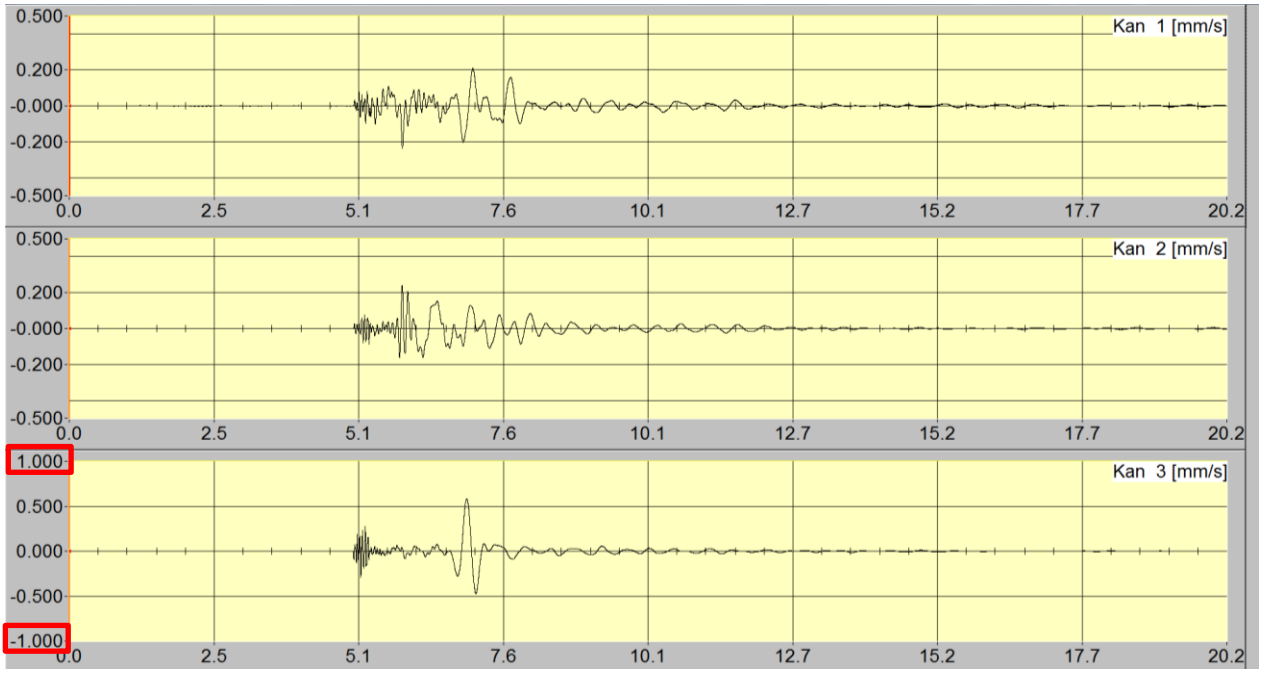
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

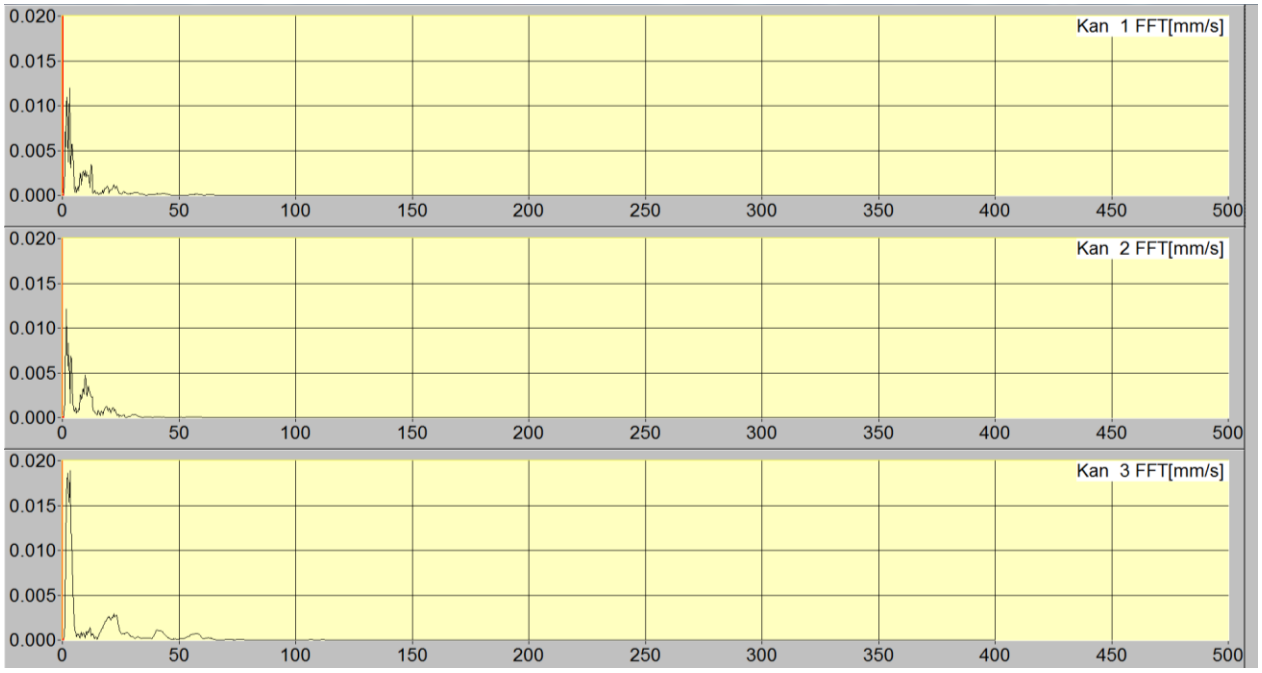
Sprengereignis vom 23.08.2018 um 10:20 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

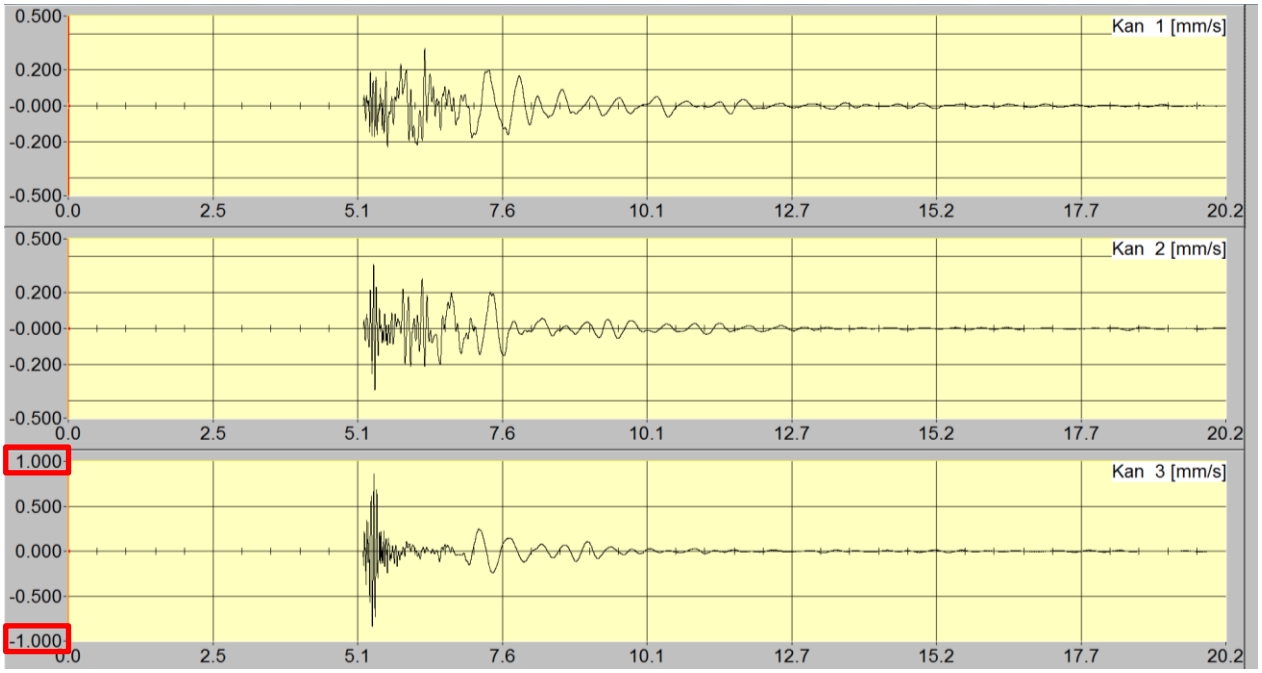
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

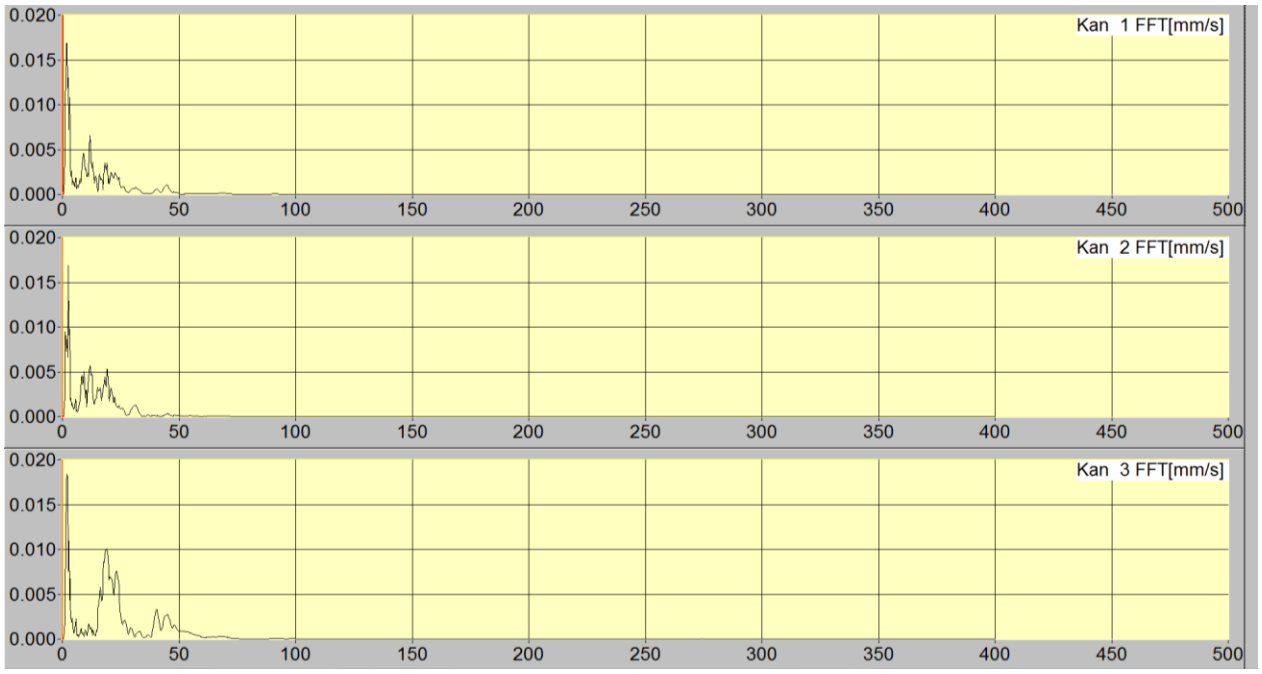
Sprengereignis vom 31.08.2018 um 11:58 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

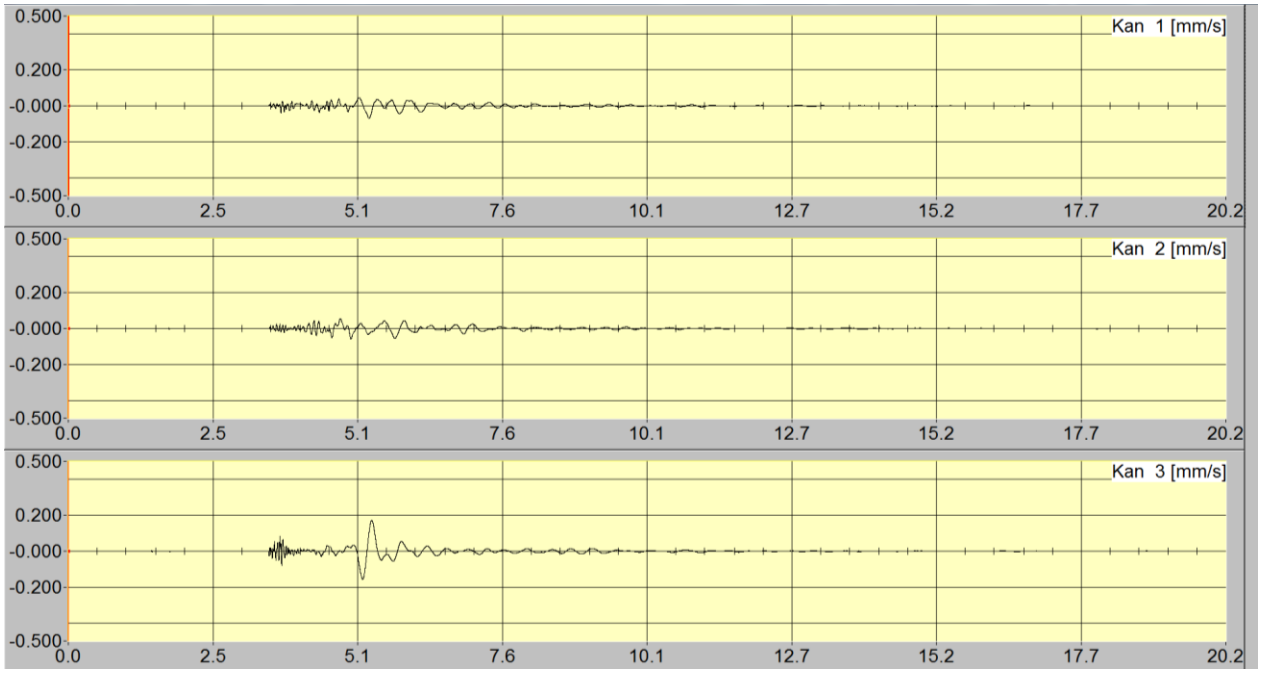
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

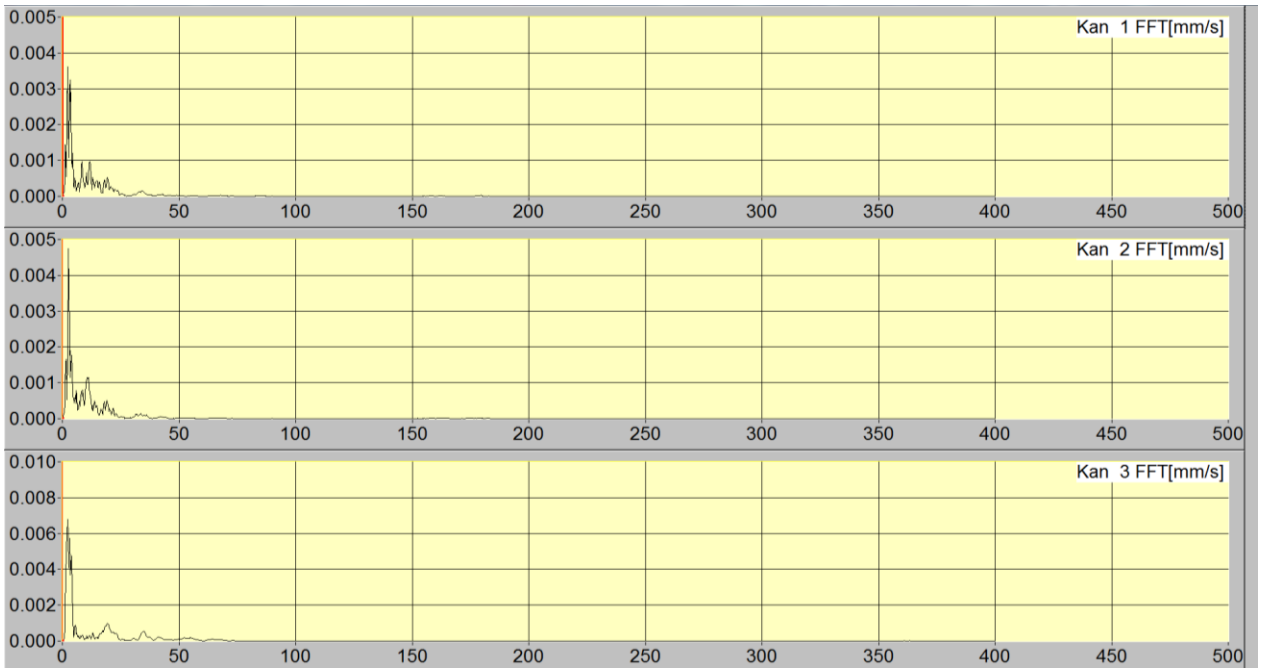
Sprengereignis vom 31.08.2018 um 13:30 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

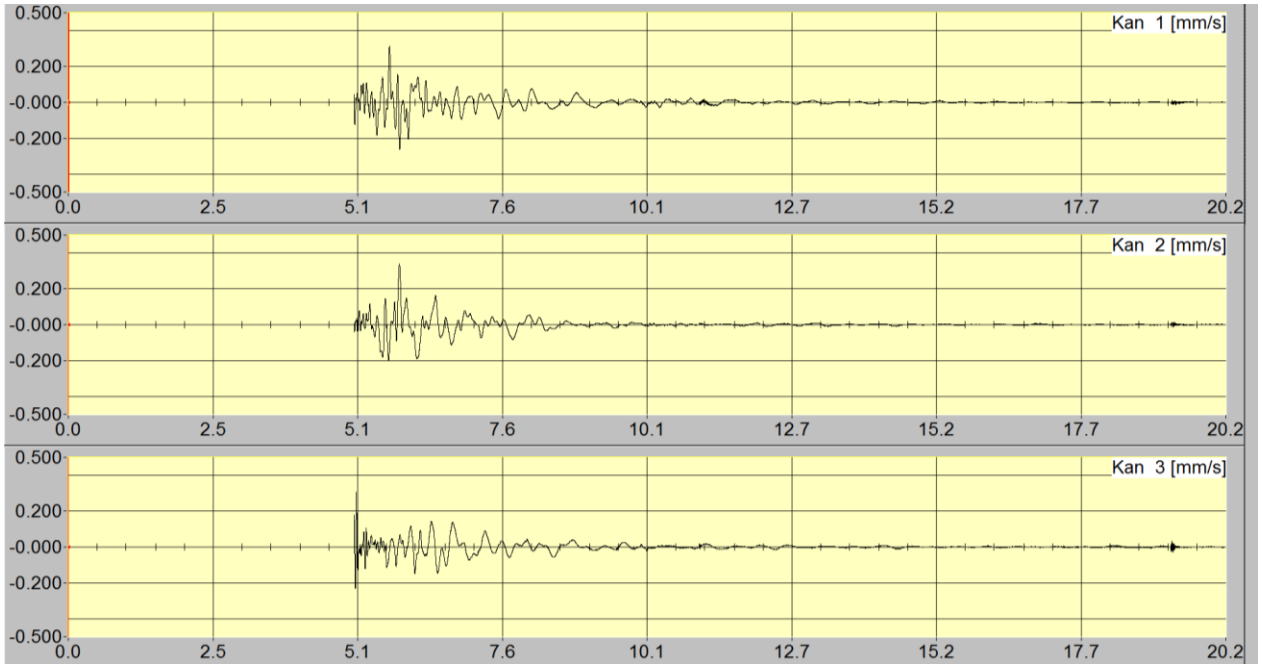
y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

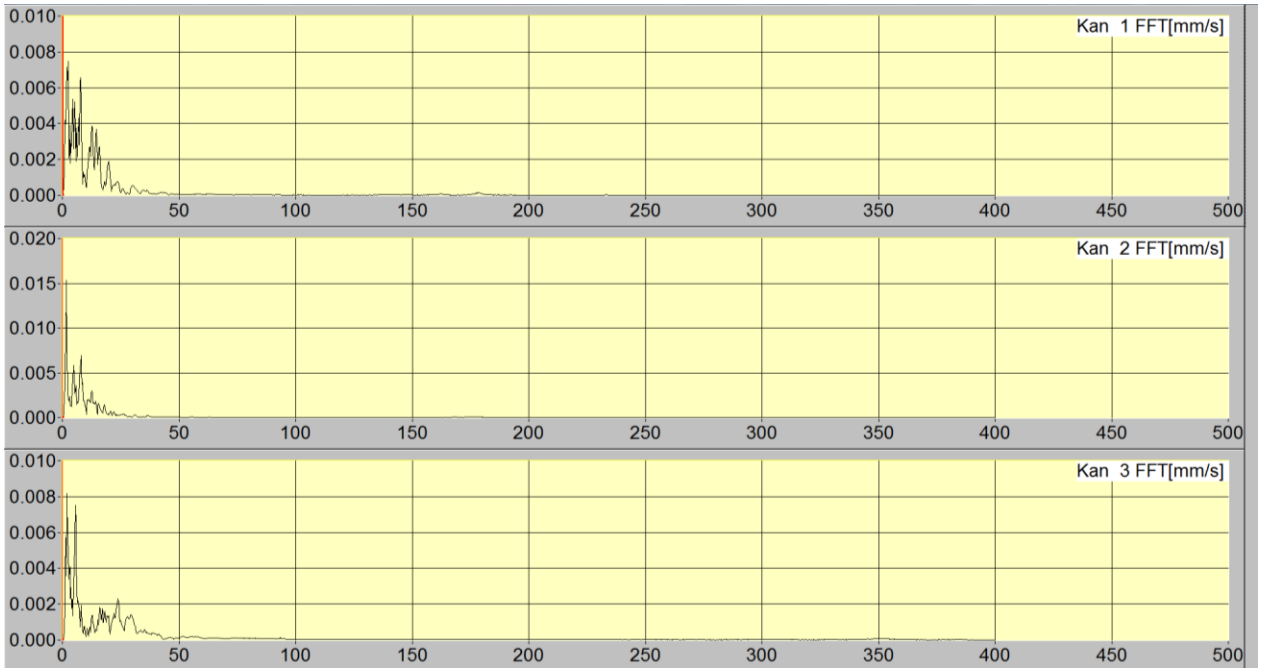
Sprengereignis vom 07.09.2018 um 10:00 Uhr

y-Achse: Schwinggeschwindigkeit v(t) in mm/sec



x-Achse: Messzeit t in Sekunden ab Startzeitpunkt

y-Achse: Spektrale Leistungsdichte v(f) in mm/sec



x-Achse: Frequenz f in Hz

Anhang 5 Auftragsschreiben

Zollernalbkreis
Landratsamt

Landratsamt Zollernalbkreis · 72334 Balingen

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen
und Naturschutz Baden-Württemberg
Referat 34 - Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz
Postfach 10 01 63
76231 Karlsruhe

29. JUNI 2017
Abt. 3 z.K.u.w.V.
☐ Eintrag in EB .....
☐ Bitte Abt. .....beteiligen
☐ Bitte Antwortentwurf für PR
☐ MF für .....
☐ W7 bei K-Stelle .....
☐ .....

Dienstgebäude
Hirschbergstraße 29, 72336 Balingen

Bauamt
Gewerbeaufsicht / Immissionsschutz

Bearbeiter	Frau Simroth
Zimmer	334
Telefon	07433/92-1737
Fax	07433/92-1319
E-Mail	umwelt-arbeitsschutz@zollernalbkreis.de
Unser Zeichen	303 - Si - 125.8 (Bitte bei Antwort angeben)
Datum	27.06.2017

Amtshilfegesuch: Messung von Sprengerschütterungen

34

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir sehen uns zunehmend mit Beschwerden über Sprengerschütterungen aus zwei Gemeinden im Landkreis konfrontiert. Die Gemeinden liegen unterhalb eines Kalksteinbruches mit einer Abbaufläche von ca. 32 ha.
Der Abbau erfolgt auf drei Abbaustufen zu je max. 20 m Mächtigkeit. In der Regel wird 1-2x pro Woche gesprengt.

Da eine Erweiterung des Steinbruches geplant ist und der Abbau dadurch weiter an die Bebauung heranrückt, stellen die zunehmenden Beschwerden ein ernstzunehmendes Problem dar.

Zwar lässt der Betreiber durch einen externen Sachverständigen an zwei Standorten Dauermessungen durchführen und auch ein Sachverständigengutachten bezüglich der geplanten Steinbrucherweiterung liegt vor, die tatsächlichen Überhöhungsfaktoren wurden bislang jedoch nicht ermittelt. Im vorliegenden Gutachten wird mit einem Überhöhungsfaktor von 3 gerechnet.
Die Dauermessstationen werden in Wohnhäusern von Beschwerdeführern nach DIN 4150 Teil 3 betrieben. Sämtliche bislang gemessenen Schwinggeschwindigkeiten lagen in einem unkritischen Bereich < 1mm/s bei Frequenzen zwischen 2 und 36 Hz.

Die ländlich geprägten Gemeinden weisen neben modernen Wohnhäusern eine relativ große Zahl an Fachwerkhäusern auf, teilweise auch denkmalgeschützte Gebäude. Nach Literaturangaben kann davon ausgegangen werden, dass es durchaus Häuser in den Gemeinden gibt, die besonders schwingungsanfällig sind.
Mittels einer Messung gemäß DIN 4150 Teil 2 könnte überprüft werden, ob der angenommene Überhöhungsfaktor von 3 ausreichend bemessen ist.

Postanschrift	Öffnungszeiten	Bankverbindungen	Seite
Landratsamt Zollernalbkreis Hirschbergstraße 29 72336 Balingen	Mo-Do 08.00 - 12.00 Uhr Do 15.00 - 17.30 Uhr Fr 08.00 - 12.30 Uhr	Sparkasse Zollernalb IBAN DE54 6535 1260 0024 0000 79 BIC SOLADES1BAL	1 von 2
Telefon 07433 / 92-01 Telefax 07433 / 92-1666 E-Mail post@zollernalbkreis.de	und rund um die Uhr auf www.zollernalbkreis.de	Volksbank Hohenzollern-Balingen eG IBAN DE22 6416 3225 0017 0000 09 BIC GENODES1VHZ	

Weiter sollte die Messung auch Referenz für die zwischenzeitlich durch Beschwerdeführer angezweifelten Dauermessungen sein und von unabhängiger Seite die Dauermesswerte bestätigen.

Da wir selbst nicht in der Lage sind die notwendigen Messungen auszuführen, bitten wir Sie dies im Rahmen der Amtshilfe zu übernehmen.

Für Rückfragen und die Organisation geeigneter Messstellen, sowie die Kommunikation mit dem Betreiber, Bürgermeistern und Beschwerdeführern stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Simroth

Anlagen:
- Kartenauszug

Landratsamt Zollernalbkreis | Hirschbergstraße 29 72336 Balingen | Telefon 07433 / 92-01 Telefax 07433 / 92-1666 | E-Mail post@zollernalbkreis.de Internet www.zollernalbkreis.de

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe · Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de