

# ENERGIESPEICHER RIEDL

**DONAU-  
KRAFTWERK  
JOCHENSTEIN**  
AKTIENGESELLSCHAFT

Planfeststellungsverfahren  
Immissionsgutachten



## Simulation Steinschlag Donauleiten

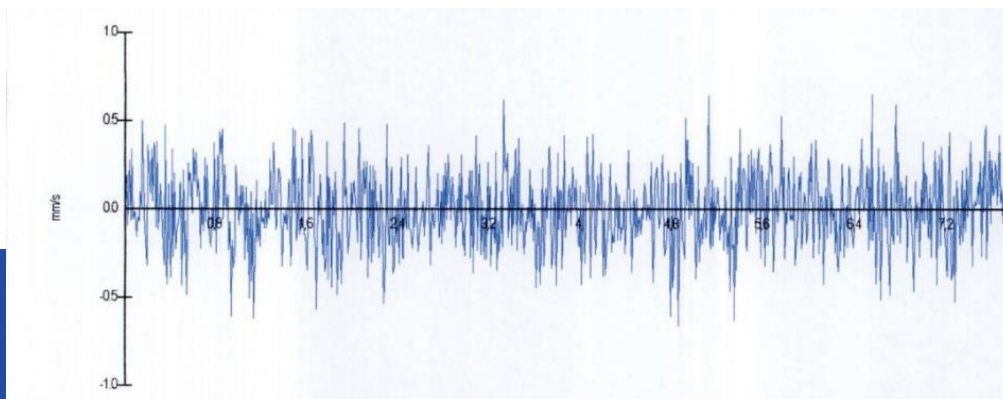


Erstellt	ifB Eigenschenk	F. Holzinger	16.08.2018
Geprüft	ifB Eigenschenk	S. Ziermann	16.08.2018
Freigegeben	DKJ / ES-R	D. Mayr	17.08.2018
	Unternehmen / Abteilung	Vorname Nachname	Datum

Fremdfirmen-Nr.:																				Aufstellungsort:										Bl. von Bl.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										



## M e s s b e r i c h t



Bericht Nr. 3171050-2  
Projekt Nr. 26.11.1443

### KUNDE:

Donaukraftwerke Jochenstein AG  
Innstraße 12  
94036 Passau

### BAUMASSNAHME:

Energiespeicher Riedl  
Steinversuch

### GEGENSTAND:

Erschütterungsmessung  
DIN 4159, Teil 3

### DATUM:

Deggendorf, den 20.08.2018

Dieser Bericht umfasst 16 Seiten, 4 Tabellen und 6 Anlagen.  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.

 **Dipl.-Geol. Eduard Eigenschenk**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für ingenieurgeologische  
Bodenuntersuchungen

WASSER | UMWELT

 **Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Hydrogeologie

MONITORING

 **Dr.-Ing. Bernd Köck**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger für  
Historische Bauten,  
Nachweisberechtigt für  
Standortsicherheit (Art. 62, BayBO)  
und bauvorlageberechtigt  
(Art. 61, BayBO)

PLANUNG

**Dr.-Ing. Tobias Kubetzek**  
Priv. SV Spezialtiefbauplanung

GEOTECHNIK

 **Dipl.-Ing. Rolf d'Angelo**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Erdbau im Straßenbau

**M. Eng. Stephan Ziermann**

Leiter Erd- und Grundbaulabor,  
Leiter der nach § 29b BImSchG  
vom Bayerischen Landesamt für  
Umwelt anerkannten Messstelle  
für Geräusche

 **Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Baugrunderkundung und  
Gründung von Hochbauten

FELS

**Geol. Dr. Matthias Zeithöfler**  
Priv. SV Felsicherung  
vom Bayr. LfU zert.  
Radonfachperson

HISTORISCHE BAUTEN

Kooperationspartner  
**Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer**  
Universitätsprofessor für  
Ingenieurmathematik und  
Bauinformatik an der Fakultät für  
Bauingenieur- und Vermessungs-  
wesen an der Universität der  
Bundeswehr München

## **Inhaltsverzeichnis:**

<b>1 VORGANG .....</b>	<b>4</b>
<b>2 UNTERLAGEN .....</b>	<b>4</b>
<b>3 ART DER ERSCHÜTTERUNGEN (gemäß DIN) .....</b>	<b>4</b>
<b>4 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN UND RICHTWERTE, DIN 4150.....</b>	<b>5</b>
4.1 Einwirkung auf bauliche Anlagen, DIN 4150, Teil 3 .....	5
4.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, DIN 4150, Teil 2 .....	6
4.3 Einwirkung auf Tiere bzw. Reptilien .....	7
4.4 Messgeräte .....	8
4.5 Fremdeinflüsse .....	9
<b>5 MESSDURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>6 MESSERGEBNISSE.....</b>	<b>11</b>
6.1 Auswertung Versuch 1 .....	12
6.2 Auswertung Versuch 2 .....	13
6.3 Auswertung Versuch 3 .....	14
6.4 Auswertung Versuch 4 .....	15
<b>7 SCHLUSSBEMERKUNGEN.....</b>	<b>16</b>

### **Anlagen:**

Anlage 1:	Lageplan
Anlage 2:	Messergebnisse Versuch 1
Anlage 3:	Messergebnisse Versuch 2
Anlage 4:	Messergebnisse Versuch 3
Anlage 5:	Messergebnisse Versuch 4
Anlage 6:	Fotoaufnahmen

### **Tabellen:**

Tabelle 1:	Anhaltswerte zulässiger maximaler Schwinggeschwindigkeiten zur Verhinderung von Gebäudeschäden bei Dauererschütterung	6
Tabelle 2:	Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen	7
Tabelle 3:	Eingesetzte Messgeräte	8
Tabelle 4:	Angaben zu den Messversuchen	11

## **1 VORGANG**

Die Donaukraftwerke Jochenstein AG beauftragte die IFB Eigenschenk GmbH, Deggen-dorf, mit der Durchführung von Erschütterungsmessungen beim Fallenlassen von exemplarischen Steinen in definierten Abständen im Bereich der Donauleiten. Die Messungen sollen der Abschätzung dienen, welche natürlichen Erschütterungen im Zuge von Stein-schlag in den Donauleiten im natürlichen Untergrund ausgelöst werden. Die zusätzlich er-mittelten Schwingbeschleunigungen sollen zudem in die ökologische Bewertung für das Vorhaben Energiespeicher Riedl mit einfließen.

Der vorliegende Bericht enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungser-gebnisse.

## **2 UNTERLAGEN**

- [1] DIN 4150, Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen vom Juni 1999
- [2] DIN 4150, Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen vom Dezember 2016
- [3] DIN 45669-1: Messung von Schwingungsimmissionen Teil 1: Schwingungsmesser Anforderungen, Prüfung vom September 2010
- [4] DIN 45669-2: Messungen von Schwingungsimmissionen Teil 2: Messverfahren vom Juni 2005

## **3 ART DER ERSCHÜTTERUNGEN (gemäß DIN)**

Die Erschütterungen werden durch frei fallende Steine mit Aufprall auf den natürlichen Un-tergrund (Oberboden bzw. Lockersedimente) verursacht. Nach DIN 4150, Teil 1 handelt es sich dabei um eine

- impulsförmige Erschütterungsquelle.

Gemäß der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens oben genannter Erschütterungen handelt es sich nach der DIN 4150, Teil 3 um eine kurzzeitige Erschütterung.

#### **4 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN UND RICHTWERTE, DIN 4150**

Der Vollständigkeit halber werden die sonst üblichen Grundlagen zur Beurteilung von Erschütterungen gemäß Regelwerk kurz angeführt, obwohl diese für die Art und den Zweck der Messung nicht relevant sind.

##### **4.1 Einwirkung auf bauliche Anlagen, DIN 4150, Teil 3**

Die Wirkung von Erschütterungen auf die Gebäudestruktur wird durch die Messung des Spitzenwertes (Maximalwert des Zeitverlaufes der Schwinggeschwindigkeit  $v_i(t)$ ) am Gebäude beurteilt. Die DIN 4150, Teil 3 legt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Erschütterungen fest. Werden die Anhaltswerte nicht überschritten, treten im Allgemeinen keine Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes auf, deren Ursachen auf die Erschütterungen zurückzuführen wären. Anhand des Bauzustandes, der Nutzung und des Alters des Gebäudes werden in DIN 4150, Teil 3 folgende Anhaltswerte für stationäre Erschütterungen angegeben:

**Tabelle 1: Anhaltswerte zulässiger maximaler Schwinggeschwindigkeiten zur Verhinderung von Gebäudeschäden bei Dauererschütterung**

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i, \max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10 <sup>a</sup>
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			

#### 4.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, DIN 4150, Teil 2

Erschütterungen sind mechanische Schwingungen der Gebäudestruktur, die vom Betroffenen überwiegend als Relativbewegungen zwischen Körper und Bauwerk empfunden werden. Als Erschütterungen werden Schwingungen im Bereich von 1...80 Hz bezeichnet. Die für den Menschen am stärksten wahrnehmbaren Erschütterungen treten erfahrungsgemäß auf den Geschossdecken (meist mittig im Raum) auf.

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen sind bisher gesetzlich festgelegte Grenzwerte nicht vorhanden. In der DIN 4150, Teil 2 sind Anhaltswerte, zur Beurteilung von Baumaßnahmen, angegeben (Kap. 6.5.4.2 der DIN 4150, Teil 2). Diese können jedoch noch für Baumaßnahmen von < 78 Tagen herangezogen werden. Bei Bautätigkeiten von > 78 Tagen ist Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 heranzuziehen. Die Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1 sind in Abhängigkeit der Gebietseinstufung der jeweiligen Messpunkte einzuhalten.

**Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen**

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 gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	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 (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, 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 Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

#### 4.3 Einwirkung auf Tiere bzw. Reptilien

Anhalts- oder Richtwerte zum Schutz von Tieren bzw. insbesondere Reptilien sind in den einschlägigen technischen Regelwerken nicht vorhanden. Mögliche Auswirkungen können in diesem Fall ausschließlich durch eine gutachterliche Einzelfallprüfung beurteilt werden.

Die gewonnenen Messdaten (Schwinggeschwindigkeiten und Schwingbeschleunigungen) dienen als Grundlage für eine spätere Beurteilung durch einen Herpetologen. Im Rahmen der Umweltprüfung für das Vorhaben „Energiespeicher Riedl“ werden mögliche Auswirkungen durch Erschütterungen auf die Reptilienpopulationen in der Bau- bzw. Betriebsphase im Umfeld beurteilt.

Im vorliegenden Bericht werden je Messpunkt die maximal erfassten Schwingbeschleunigungen ohne Bewertung wiedergegeben. Durchführung der Messungen

#### 4.4 Messgeräte

Die Messungen am 12.04.2018 wurden mit drei Schwingungsmessgeräten Typ „MR 3000“ und MR 2002 der Fa. Syscom Instruments SA, Zürich, durchgeführt. Die Messgeräte besitzen einen dreiaxialen Schwingungsaufnehmer der Klasse 1. Die eingesetzten Messgeräte entsprechen den Anforderungen der DIN 45669. Die Steuerung und Messwertkontrolle der Messgeräte erfolgt über einen PC.

Folgende Messgeräte wurden eingesetzt:

**Tabelle 3: Eingesetzte Messgeräte**

<b>Interne Bezeichnung</b>	<b>Hersteller</b>	<b>Typ</b>	<b>Serien Nr.</b>
IFB 17	Syscom	MR 2002	9090048
IFB 21	Syscom	MR 2002	9090040
IFB 37	Syscom	MR 3000	13050237

Die Messgeräte wurden so eingestellt, dass bei Überschreitung einer festgelegten Schwinggeschwindigkeit (Trigger) Schwingungssignale abgespeichert werden. Zusätzlich wird für den gesamten Messzeitraum eine Hintergrundaufzeichnung (background recording) aktiviert, um auch beim Nichtüberschreiten der Triggerwerte Auskunft über die Messgröße zu erhalten.

Die Messgeräte wurden ferner so eingestellt, dass für eine Periodendauer von 30 Sekunden der in dieser Zeitspanne vorliegende Maximalwert abgespeichert wird. In den Messgeräten wurde eine Frequenzrange von 1 - 156 Hz sowie eine Samplingrate von 400 Hz eingestellt.

#### 4.5 Fremdeinflüsse

An den gewählten Messpunkten ist mit einer vernachlässigbar geringen Vorbelastung auszugehen. Die nächstgelegene Straße ist etwa 15 - 20 m entfernt. Bauarbeiten haben im Umfeld zur Zeit der Messung nicht stattgefunden. Im Messzeitraum sind im Untersuchungsbereich keine weiteren erschütterungsrelevanten Vorgänge oder Einzelereignisse zu beobachten gewesen.

### 5 MESSDURCHFÜHRUNG

Am 12.04.2018 wurden zur Ermittlung der Schwinggeschwindigkeiten und Schwingbeschleunigungen durch zwei (unterschiedlich schwere) herabfallende Steine insgesamt 4 Versuchsreihen durchgeführt. Die Versuche wurden auf der Wiese (am Waldrand) gegenüber dem Haus am Strom und ca. 5 m vom Waldrand entfernt in der Donauleite (im Wald) durchgeführt. Der Untergrund auf der Wiese entspricht üblichem lockeren Oberbodenmaterial, im Waldbereich ist der Untergrund mit blockigen Steinen zusätzlich durchsetzt. Bei den Versuchen wurde jeweils ein Stein aus einer Höhe von 1,0 m mit einem Gewicht von 5,9 kg bzw. 11,9 kg (ohne Krafteinwirkung) fallengelassen und die Erschütterungen in ca. 0,2 m, 1,0 m, 2,0 m und 4,0 m gemessen. Für jeden Versuchsaufbau wurden 10 Wiederholungen durchgeführt.



**Abbildung 1: Versuchssteine**

Die Versuche 1 (Stein mit 5,9 kg) und 2 (Stein mit 11,9 kg) wurden in der Wiese gegenüber dem Haus am Strom am Waldrand, in den oben genannten Abständen durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Messung herrscht trockenes Wetter. Der Boden war zum Zeitpunkt der Messdurchführung trocken.



**Abbildung 2: Messversuch in der Wiese**

Die Versuche 3 und 4 wurden ca. 5 m vom Waldrand entfernt in der Donauleite selbst durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Messung herrschte trockenes Wetter. Der Boden war zum Zeitpunkt der Messdurchführung trocken.



**Abbildung 3: Messversuch in der Donauleiten**

**Tabelle 4: Angaben zu den Messversuchen**

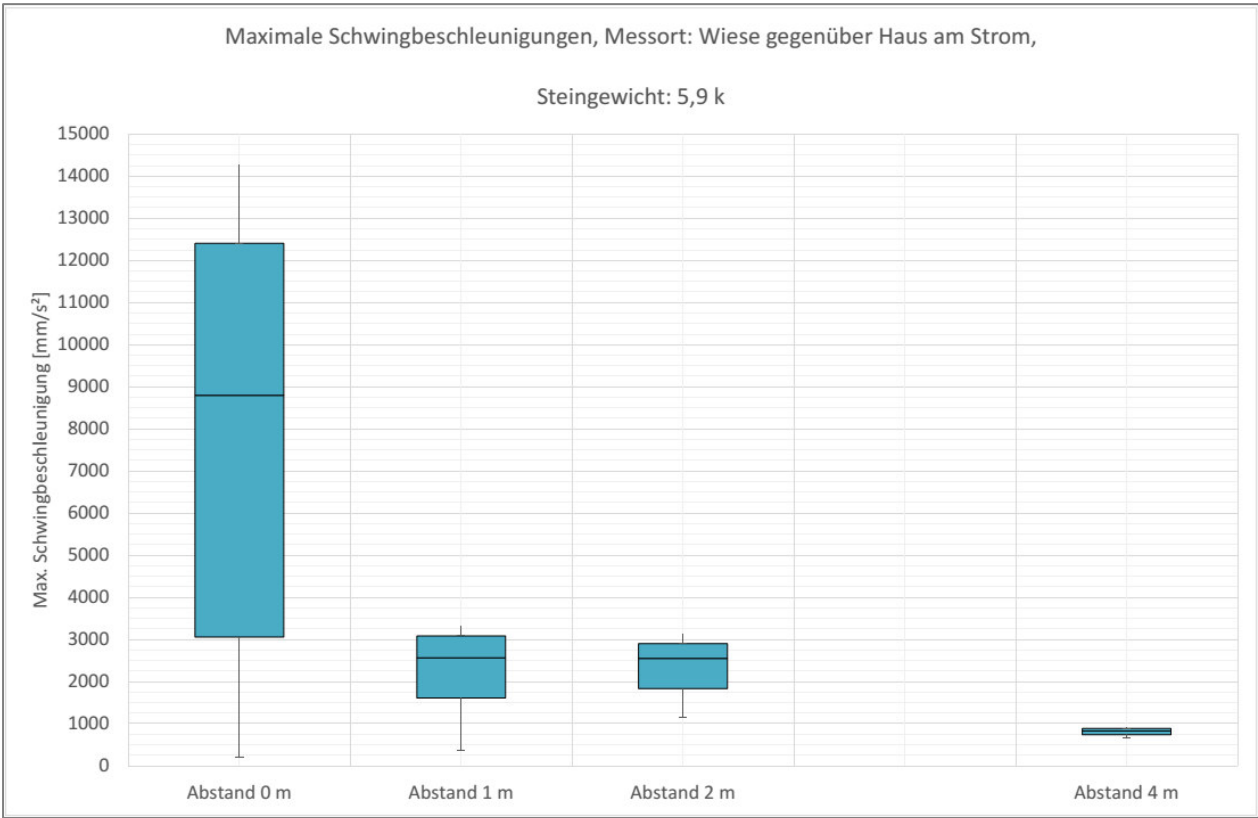
Versuch	Ort	Gewicht Stein [kg]	Abwurfhöhe [m]	R <sub>0</sub> [m]	R <sub>1</sub> [m]	R <sub>2</sub> [m]	R <sub>3</sub> [m]
1	Wiese	5,9	1,0	<0,5	1	2	4
2	Wiese	11,9	1,0	<0,5	1	2	4
3	Donauleite	5,9	1,0	<0,5	1	2	4
4	Donauleite	11,9	1,0	<0,5	1	2	4

## 6 MESSERGEBNISSE

Nachfolgend werden die maximal ermittelten Schwingbeschleunigungen [mm/s<sup>2</sup>] unabhängig von der Messrichtung als Boxplot-Darstellung ausgewertet.

Die Auswertung der Messdaten erfolgt ohne Filterung.

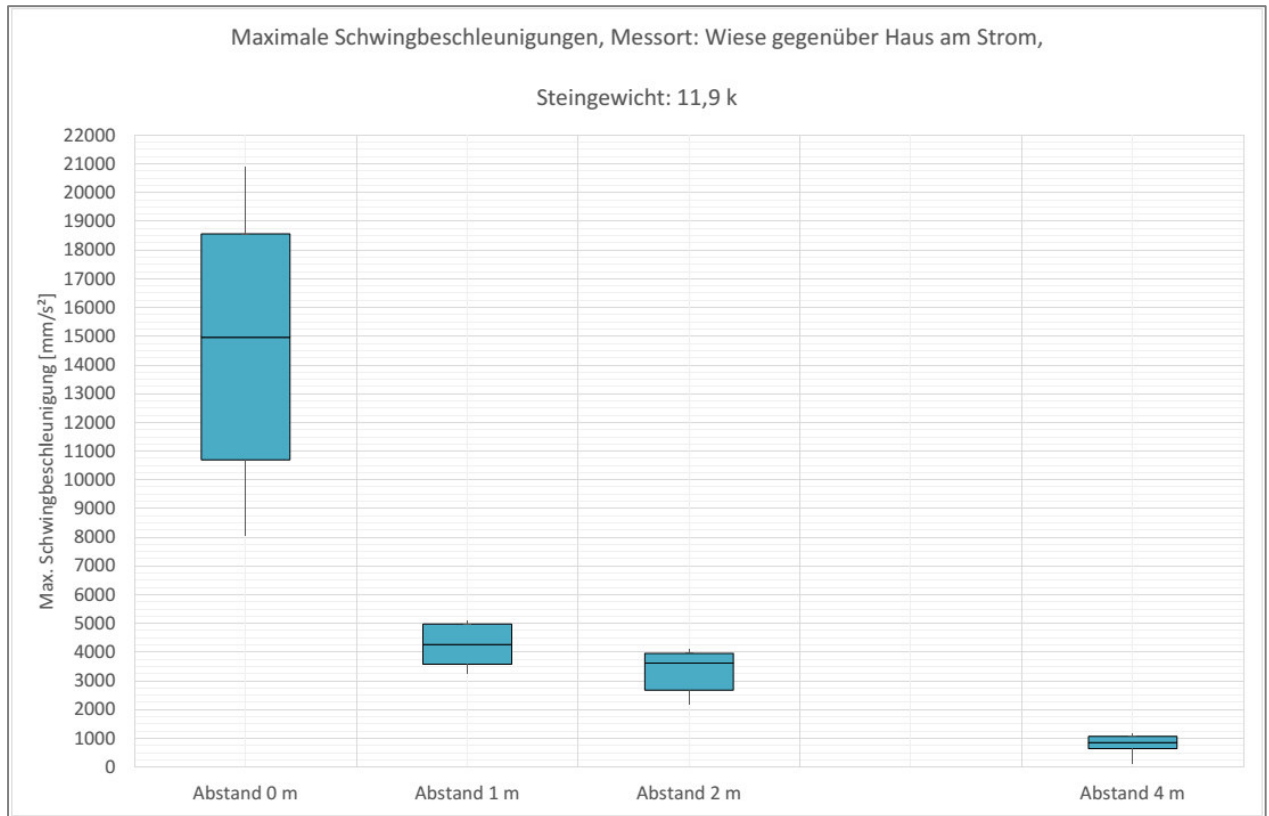
6.1 Auswertung Versuch 1



Kennwert	Beschreibung	Lage im Boxplot
Minimum	Kleinster Datenwert des Datensatzes	Ende eines Whiskers oder entferntester Ausreißer
Unteres Quartil	Die kleinsten 25 % der Datenwerte sind kleiner als dieser oder gleich diesem Kennwert	Beginn der Box
Median	Die kleinsten 50 % der Datenwerte sind kleiner als dieser oder gleich diesem Kennwert	Strich innerhalb der Box
Oberes Quartil	Die kleinsten 75 % der Datenwerte sind kleiner als dieser oder gleich diesem Kennwert	Ende der Box
Maximum	Großter Datenwert des Datensatzes	Ende eines Whiskers oder entferntester Ausreißer

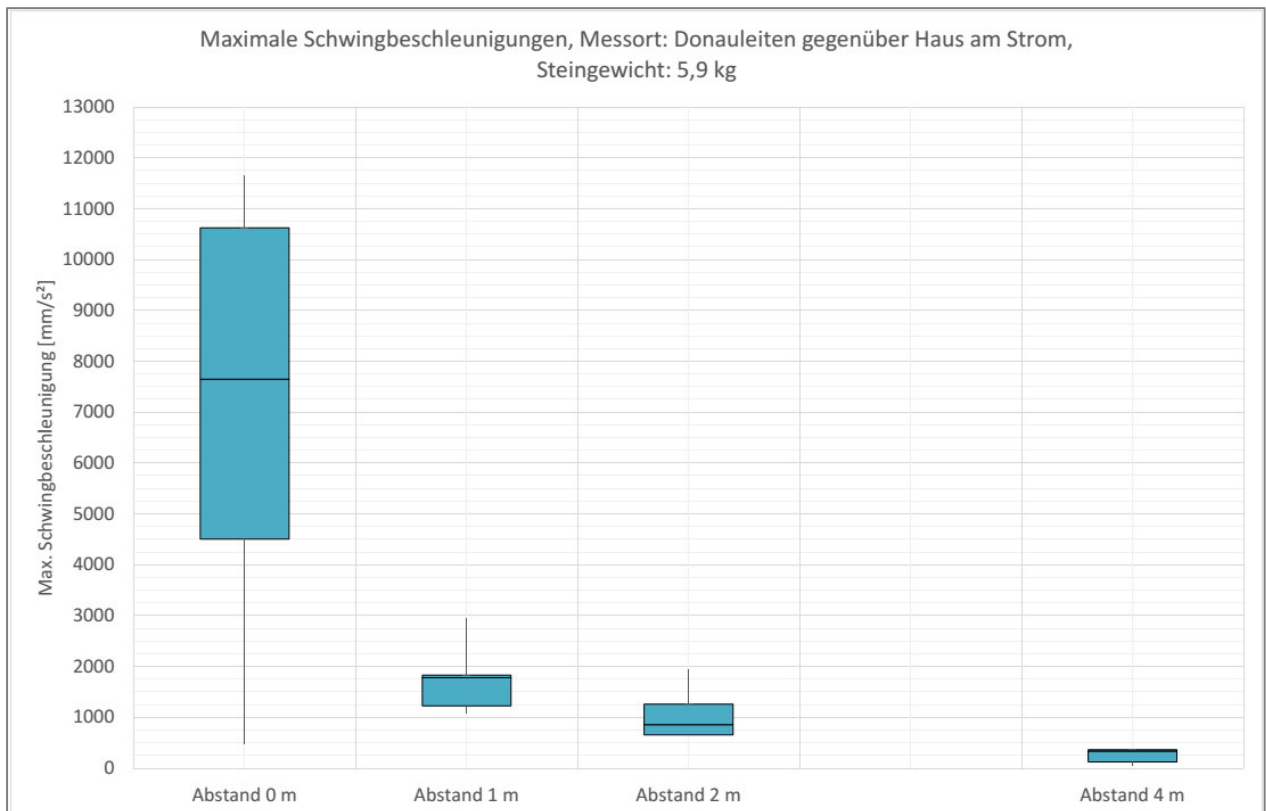
Alle gemessenen Schwingbeschleunigungen für Versuch 1 liegen der Anlage 2 tabellarisch bei.

## 6.2 Auswertung Versuch 2



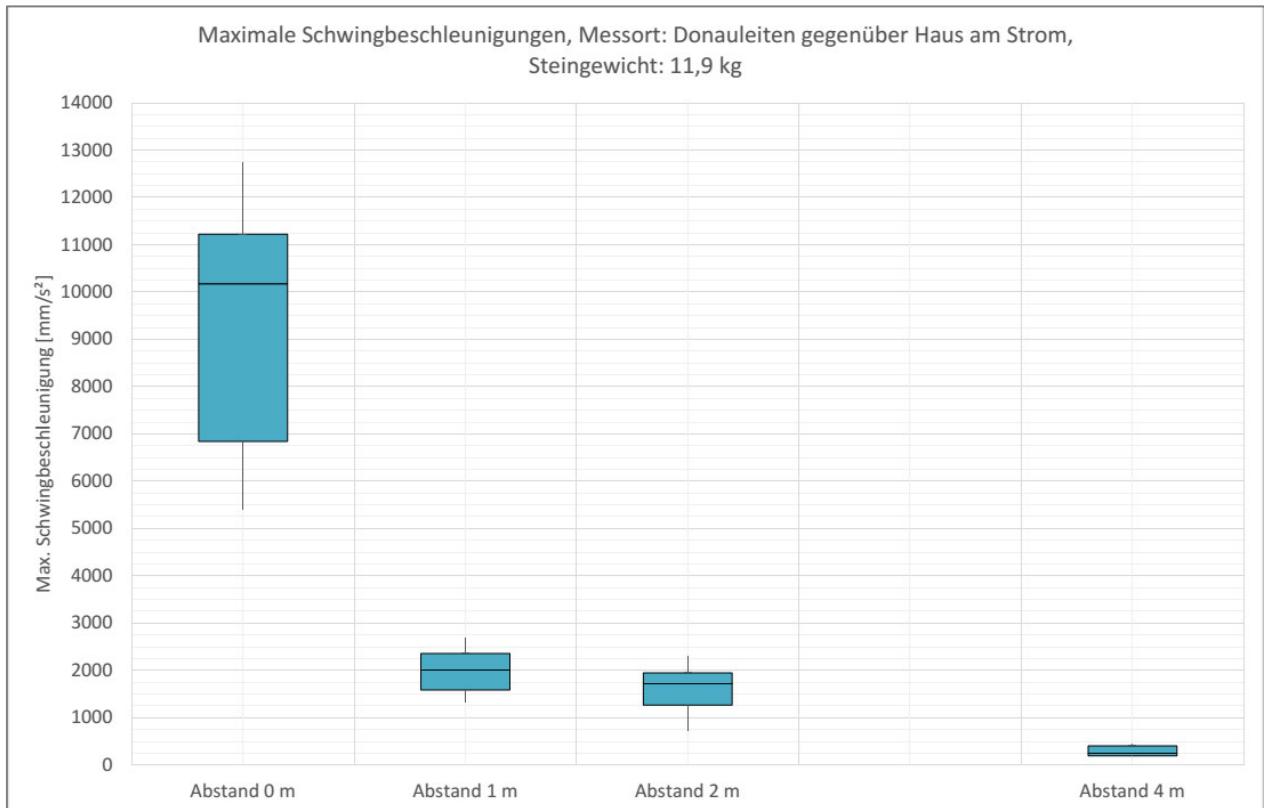
Alle gemessenen Schwingbeschleunigungen für Versuch 2 liegen der Anlage 3 tabellarisch bei.

### 6.3 Auswertung Versuch 3



Alle gemessenen Schwingbeschleunigungen für Versuch 3 liegen der Anlage 4 tabellarisch bei.

#### 6.4 Auswertung Versuch 4



Alle gemessenen Schwingbeschleunigungen für Versuch 4 liegen der Anlage 5 tabellarisch bei.



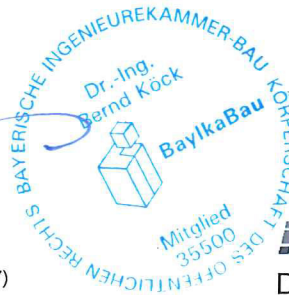
## 7 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Der Zweck der Messaufzeichnungen war ausschließlich die Datengenerierung und -auswertung für die weitere ökologische Beurteilung von Erschütterungen im Rahmen der Umweltprüfung für das Vorhaben Energiespeicher Riedl.

 **EIGENSCHENK**

Dr.-Ing. Bernd Köck <sup>1) 2) 3) 4) 5) 6) 7)</sup>

Geschäftsführer (CEO)

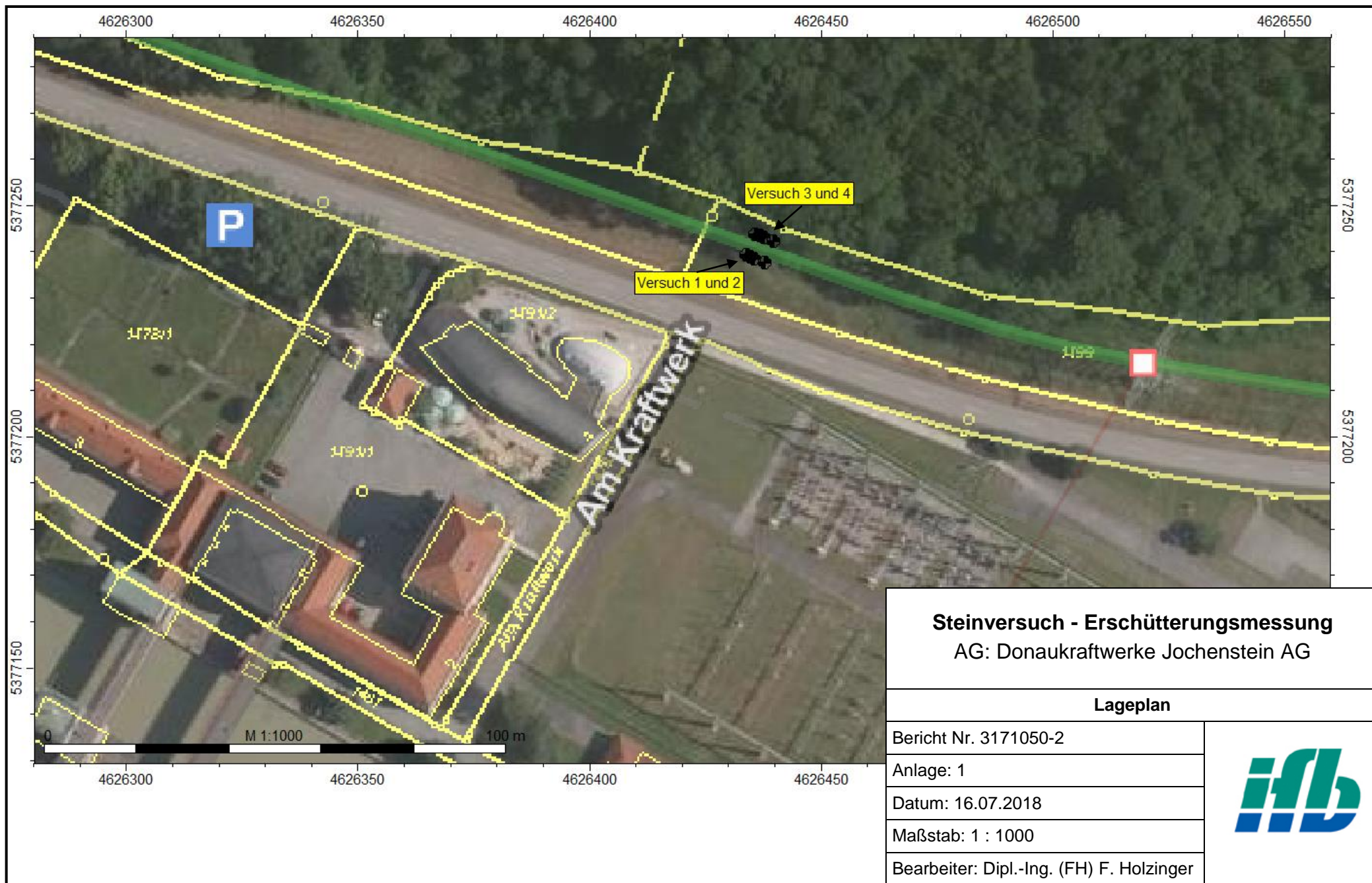


 **EIGENSCHENK**

Dipl.-Ing. (FH) Florian Holzinger <sup>8)</sup>

Messdurchführender

- 1) Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Historische Bauten
- 2) Nachweisberechtigter für Standsicherheit nach Art. 62 BayBO
- 3) Bauvorlageberechtigter nach Art. 61 BayBO
- 4) Fachkundige Person für wiederkehrende Bauwerksprüfungen nach Verfahrensordnung BaylKa
- 5) Zertifizierter Tragwerksplaner in der Denkmalpflege, Propstei Johannesberg gGmbH
- 6) Zertifizierter Fachplaner für Bauwerksinstandsetzung nach WTA, EIPOS Dresden
- 7) Lehrbeauftragter und Modulverantwortlicher der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg für das Modul Denkmal und Ingenieurtechnik (M2a-12), Masterstudiengang Bauen im Bestand
- 8) Leiter der nach § 29b BImSchG vom Bayerischen Landesamt für Umwelt anerkannten Messstelle für Erschütterungen



## Anlage 2.1

Stein 5,9 kg

Abstand <0,5m

File	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a006.XMR	12.04.2018	13:41:15	10,99	31,817	15,208	40,536
0412a007.XMR	12.04.2018	13:41:44	10,1	1229,799	1391,532	3996,064
0412a008.XMR	12.04.2018	13:42:02	10,39	2567,776	908,393	11979,37
0412a009.XMR	12.04.2018	13:42:16	10,83	2418,786	995,563	14274,51
0412a010.XMR	12.04.2018	13:42:28	10,59	1546,672	1589,401	3863,68
0412a011.XMR	12.04.2018	13:42:44	10,53	1663,456	1707,433	6967,857
0412a012.XMR	12.04.2018	13:45:22	10,46	221,704	210,248	154,356
0412a013.XMR	12.04.2018	13:45:32	11	207,795	202,256	109,782
0412a014.XMR	12.04.2018	13:47:07	10,25	472,419	658,769	572,505
0412a002.XMR	12.04.2018	14:04:15	10,12	1351,72	1955,886	11513,09
0412a003.XMR	12.04.2018	14:04:26	10,69	2583,646	533,402	13527,37
0412a004.XMR	12.04.2018	14:04:44	10,3	1511,005	1191,499	6097,421
0412a005.XMR	12.04.2018	14:05:03	10,11	2478,234	934,322	12038,77
0412a006.XMR	12.04.2018	14:05:18	10,68	2648,957	1442,278	13942,99
0412a007.XMR	12.04.2018	14:05:34	10,02	2505,358	694,413	10631,74

## Anlage 2.2

Stein 5,9 kg      Abstand 1,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102066.XMR	12.04.2018	13:39:49	10	837,148	2772,538	3007,374
18102067.XMR	12.04.2018	13:39:54	7,01	1265,301	2609,643	3527,339
18102068.XMR	12.04.2018	13:40:01	10	814,736	2635,592	3314,818
18102069.XMR	12.04.2018	13:40:06	7,61	1086,553	1543,802	1340,596
18102070.XMR	12.04.2018	13:40:17	10	1606,789	2499,018	2839,825
18102071.XMR	12.04.2018	13:40:22	0,33	8,537 13,	268 5,768	13,826
18102072.XMR	12.04.2018	13:40:23	10	735,598	2024,384	1410,799
18102073.XMR	12.04.2018	13:40:28	1,42	2,844 3,6	16 3,582	4,591
18102074.XMR	12.04.2018	13:40:30	10	1077,153	2295,833	2284,608
18102075.XMR	12.04.2018	13:40:35	1,94	2,792 5,8	13 4,690	6,875
18102076.XMR	12.04.2018	13:40:43	10	376,81	420,496 1	104,784 1
18102077.XMR	12.04.2018	13:40:48	5,07	66,375 36	,438 26,8	95 68,225
18102078.XMR	12.04.2018	13:42:56	10	21,706 3	4,255 37,	812 43,71
18102079.XMR	12.04.2018	13:43:01	1,68	8,114 14,	324 4,646	16,35

### Anlage 2.3

Stein 5,9 kg      Abstand 2,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a003.XMR	12.04.2018	13:41:05	10,05	593,69	2475,209	1704,805
0412a004.XMR	12.04.2018	13:41:44	10,67	532,838	1748,023	1692,812
0412a005.XMR	12.04.2018	13:42:02	10,96	450,419	2890,073	2624,843
0412a006.XMR	12.04.2018	13:42:16	10,4	467,266	2913,246	2710,966
0412a007.XMR	12.04.2018	13:42:28	10,15	306,557	822,087	1141,504
0412a008.XMR	12.04.2018	13:42:44	10,09	282,117	1732,669	1428,969
0412a002.XMR	12.04.2018	14:04:15	10,05	771,999	2967,803	1472,746
0412a003.XMR	12.04.2018	14:04:26	10,23	429,25	2471,031	2628,425
0412a004.XMR	12.04.2018	14:04:45	10,83	526,043	2376,962	1294,557
0412a005.XMR	12.04.2018	14:05:03	10,65	773,379	2765,463	1995,323

## Anlage 2.4

Stein 5,9 kg und 11,9 kg

Abstand 4,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102001.XMR	12.04.2018	14:01:55	10	706,877	685,228	731,618
18102002.XMR	12.04.2018	14:02:00	0,63	1,882	1,668	1,598
18102003.XMR	12.04.2018	14:02:06	10	538,587	674,388	902,336
18102004.XMR	12.04.2018	14:02:11	0,28	0,745	0,761	0,993
18102006.XMR	12.04.2018	14:02:14	10	243,86	300,04	900,938
18102005.XMR	12.04.2018	14:02:19	0,29	0,659	0,657	0,637
18102007.XMR	12.04.2018	14:02:25	10	455,155	560,75	670,161
18102008.XMR	12.04.2018	14:02:30	0,2	1,171	1,037	1,266
18102009.XMR	12.04.2018	14:02:33	10	531,667	624,513	770,459
18102010.XMR	12.04.2018	14:02:38	1,14	0,798	0,994	0,942
18102011.XMR	12.04.2018	14:02:43	10	681,645	627,612	827,208
18102012.XMR	12.04.2018	14:02:48	0,73	0,658	0,728	0,716
18102013.XMR	12.04.2018	14:02:50	10	623,862	581,253	862,193
18102014.XMR	12.04.2018	14:02:55	0,61	0,678	0,849	0,755
18102016.XMR	12.04.2018	14:02:58	10	594,009	745,703	829,726
18102015.XMR	12.04.2018	14:03:03	0,32	0,586	0,666	0,762
18102018.XMR	12.04.2018	14:03:06	10	597,683	705,75	860,436
18102017.XMR	12.04.2018	14:03:11	0,58	0,774	0,883	0,897
18102019.XMR	12.04.2018	14:03:14	10	419,226	378,014	701,96
18102020.XMR	12.04.2018	14:03:19	0,7	1,867	1,591	1,542
18102022.XMR	12.04.2018	14:03:23	10	77,061	91,901	108,108
18102021.XMR	12.04.2018	14:03:28	0,1	2,833	1,187	2,167
18102023.XMR	12.04.2018	14:04:28	10	812,524	864,449	1065,751
18102024.XMR	12.04.2018	14:04:33	0,38	0,664	0,655	0,933
18102025.XMR	12.04.2018	14:04:35	10	409,121	443,183	603,269
18102026.XMR	12.04.2018	14:04:40	0,66	1,002	0,983	1,502
18102028.XMR	12.04.2018	14:04:43	10	885,897	1169,516	762,239
18102027.XMR	12.04.2018	14:04:48	0,65	0,837	1,235	1,1
18102029.XMR	12.04.2018	14:04:51	10	865,71	1041,121	641,05
18102030.XMR	12.04.2018	14:04:56	0,95	1,18	1,686	1,417
18102031.XMR	12.04.2018	14:05:00	10	775,716	592,105	492,345
18102032.XMR	12.04.2018	14:05:05	0,91	1,39	0,998	1,047
18102033.XMR	12.04.2018	14:05:08	10	1047,742	1075,353	983,357

### Anlage 3.1

Stein 11,9 kg      Abstand <0,5m

16 0412a016.XMR	12.04.2018	13:54:38	10,97	4755,859	1334,335	20890,56
17 0412a017.XMR	12.04.2018	13:54:56	10,57	3144,194	1799,078	16748,57
18 0412a018.XMR	12.04.2018	13:55:06	10,75	2780,238	734,695	10278,77
19 0412a019.XMR	12.04.2018	13:55:23	10,89	2917,363	1698,319	12244,22
20 0412a020.XMR	12.04.2018	13:55:41	10,46	3984,02	1644,951	18714,71
21 0412a021.XMR	12.04.2018	13:55:54	10,74	3738,338	1290,271	18816,6
8 0412a008.XMR	12.04.2018	14:06:48	10,6	2638,77	1126,509	18101,74
9 0412a009.XMR	12.04.2018	14:07:03	10,96	3506,63	3075,872	10018,25
10 0412a010.XMR	12.04.2018	14:07:19	10,24	3530,064	1975,175	13180,4
11 0412a011.XMR	12.04.2018	14:07:36	10,49	3130,883	3069,547	8048,64
12 0412a012.XMR	12.04.2018	14:07:52	10,15	2878,496	2672,389	17828,59
13 0412a013.XMR	12.04.2018	14:08:02	10,09	2527,582	2148,516	11992,8

### Anlage 3.2

Stein 11,9 kg      Abstand 1,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102120.XMR	12.04.2018	13:53:03	10	3249,728	2975,721	2932,393
18102121.XMR	12.04.2018	13:53:08	0,74	1,827	1,62	1,566
18102122.XMR	12.04.2018	13:53:13	10	2045,315	2567,746	4097,784
18102123.XMR	12.04.2018	13:53:18	0,61	1,497	1,404	0,913
18102124.XMR	12.04.2018	13:53:20	10	2433,251	3602,903	4949,373
18102125.XMR	12.04.2018	13:53:25	0,57	1,197	1,852	1,278
18102126.XMR	12.04.2018	13:53:27	10	2638,556	3392,732	4447,479
18102127.XMR	12.04.2018	13:53:32	7,57	1627,041	3702,933	4663,936 5
18102128.XMR	12.04.2018	13:53:41	10	1216,396	3742,11	5073,923
18102129.XMR	12.04.2018	13:53:46	2,12	1,468	1820	1,251
18102130.XMR	12.04.2018	13:54:05	10	25,944	24,566	15,675

### Anlage 3.3

Stein 11,9 kg      Abstand 2,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a010.XMR	12.04.2018	13:54:38	10,53	757,107	3774,346	3433,696
0412a011.XMR	12.04.2018	13:54:56	10,05	319,565	2045,312	2747,94
0412a012.XMR	12.04.2018	13:55:06	10,32	765,653	2195,262	1985,156
0412a013.XMR	12.04.2018	13:55:23	10,46	870,531	2684,28	2428,732
0412a014.XMR	12.04.2018	13:55:41	10,02	773,65	3964,552	3222,733
0412a015.XMR	12.04.2018	13:55:54	10,3	822,392	3623,32	3265,641
0412a006.XMR	12.04.2018	14:05:18	10,22	517,306	3139,388	1830,894
0412a007.XMR	12.04.2018	14:05:34	10,04	807,634	2087,858	2045,976
0412a008.XMR	12.04.2018	14:06:48	10,13	787,991	3662,728	3990,362
0412a009.XMR	12.04.2018	14:07:03	10,48	904,933	4119,253	1748,109
0412a010.XMR	12.04.2018	14:07:20	10,76	1279,152	2655,332	1350,278
0412a011.XMR	12.04.2018	14:07:36	10,02	869,682	2795,947	2339,805
0412a012.XMR	12.04.2018	14:07:52	10,06	946,039	3725,034	3316,731

## Anlage 2.4

Stein 5,9 kg und 11,9 kg

Abstand 4,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102001.XMR	12.04.2018	14:01:55	10	706,877	685,228	731,618
18102002.XMR	12.04.2018	14:02:00	0,63	1,882	1,668	1,598
18102003.XMR	12.04.2018	14:02:06	10	538,587	674,388	902,336
18102004.XMR	12.04.2018	14:02:11	0,28	0,745	0,761	0,993
18102006.XMR	12.04.2018	14:02:14	10	243,86	300,04	900,938
18102005.XMR	12.04.2018	14:02:19	0,29	0,659	0,657	0,637
18102007.XMR	12.04.2018	14:02:25	10	455,155	560,75	670,161
18102008.XMR	12.04.2018	14:02:30	0,2	1,171	1,037	1,266
18102009.XMR	12.04.2018	14:02:33	10	531,667	624,513	770,459
18102010.XMR	12.04.2018	14:02:38	1,14	0,798	0,994	0,942
18102011.XMR	12.04.2018	14:02:43	10	681,645	627,612	827,208
18102012.XMR	12.04.2018	14:02:48	0,73	0,658	0,728	0,716
18102013.XMR	12.04.2018	14:02:50	10	623,862	581,253	862,193
18102014.XMR	12.04.2018	14:02:55	0,61	0,678	0,849	0,755
18102016.XMR	12.04.2018	14:02:58	10	594,009	745,703	829,726
18102015.XMR	12.04.2018	14:03:03	0,32	0,586	0,666	0,762
18102018.XMR	12.04.2018	14:03:06	10	597,683	705,75	860,436
18102017.XMR	12.04.2018	14:03:11	0,58	0,774	0,883	0,897
18102019.XMR	12.04.2018	14:03:14	10	419,226	378,014	701,96
18102020.XMR	12.04.2018	14:03:19	0,7	1,867	1,591	1,542
18102022.XMR	12.04.2018	14:03:23	10	77,061	91,901	108,108
18102021.XMR	12.04.2018	14:03:28	0,1	2,833	1,187	2,167
18102023.XMR	12.04.2018	14:04:28	10	812,524	864,449	1065,751
18102024.XMR	12.04.2018	14:04:33	0,38	0,664	0,655	0,933
18102025.XMR	12.04.2018	14:04:35	10	409,121	443,183	603,269
18102026.XMR	12.04.2018	14:04:40	0,66	1,002	0,983	1,502
18102028.XMR	12.04.2018	14:04:43	10	885,897	1169,516	762,239
18102027.XMR	12.04.2018	14:04:48	0,65	0,837	1,235	1,1
18102029.XMR	12.04.2018	14:04:51	10	865,71	1041,121	641,05
18102030.XMR	12.04.2018	14:04:56	0,95	1,18	1,686	1,417
18102031.XMR	12.04.2018	14:05:00	10	775,716	592,105	492,345
18102032.XMR	12.04.2018	14:05:05	0,91	1,39	0,998	1,047
18102033.XMR	12.04.2018	14:05:08	10	1047,742	1075,353	983,357

## Anlage 4.1

Stein 5,9 kg      Abstand <0,5m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a002.XMR	12.04.2018	14:26:07	10,02	125,544	285,239	467,952
0412a003.XMR	12.04.2018	14:27:53	10,18	2846,281	2346,446	7647,056
0412a004.XMR	12.04.2018	14:28:04	10,5	3442,115	1193,141	11650,84
0412a005.XMR	12.04.2018	14:28:20	10,36	3650,258	1062,836	10625,23
0412a006.XMR	12.04.2018	14:28:36	10,67	3864,632	1696,876	10728,04
0412a002.XMR	12.04.2018	14:36:22	10,06	1240,732	386,573	966,558
0412a003.XMR	12.04.2018	14:37:48	10,63	4504,3	862,504	7852,371
0412a004.XMR	12.04.2018	14:38:03	10,23	3512,429	2937,457	4507,419
0412a005.XMR	12.04.2018	14:38:17	10,75	4599,723	1910,558	6260,57
0412a006.XMR	12.04.2018	14:38:33	10,06	3254,882	1295,518	8912,668
0412a007.XMR	12.04.2018	14:38:48	10,82	4081,597	2339,817	5129,484

## Anlage 4.2

Stein 5,9 kg      Abstand 1,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102013.XMR	12.04.2018	14:25:33	10	1831,818	1173,792	1114,09
18102014.XMR	12.04.2018	14:25:38	0,27	0,951	0,937	1,192
18102015.XMR	12.04.2018	14:25:44	10	651,448	1103,71	1780,755
18102016.XMR	12.04.2018	14:25:49	0,36	0,692	0,68	0,873
18102017.XMR	12.04.2018	14:25:51	10	499,557	951,572	1328,67
18102018.XMR	12.04.2018	14:25:56	0,45	0,784	0,776	0,965
18102019.XMR	12.04.2018	14:26:00	10	649,51	1238,839	1818,957
18102020.XMR	12.04.2018	14:26:05	0,67	1,082	1,063	0,898
18102021.XMR	12.04.2018	14:26:08	10	827,327	862,054	1085,024
18102022.XMR	12.04.2018	14:26:13	0,83	0,891	0,791	0,891
18102023.XMR	12.04.2018	14:26:16	10	772,468	1188,645	1802,957
18102024.XMR	12.04.2018	14:26:21	0,41	1,264	1,068	1,255
18102025.XMR	12.04.2018	14:26:24	10	1227,581	955,036	1068,252
18102026.XMR	12.04.2018	14:26:29	0,47	1,242	0,872	0,921
18102027.XMR	12.04.2018	14:26:32	10	1192,217	762,898	1155,499
18102028.XMR	12.04.2018	14:26:37	7,08	699,736	1237,537	2119,309
18102029.XMR	12.04.2018	14:27:15	10	1151,193	1498,746	1353,748
18102030.XMR	12.04.2018	14:27:20	0,45	1,209	0,955	1,226
18102031.XMR	12.04.2018	14:27:22	10	1934,908	2321,824	2352,001
18102032.XMR	12.04.2018	14:27:27	0,43	1,275	1,239	1,087
18102033.XMR	12.04.2018	14:27:29	10	2700,91	2404,182	2943,285

### Anlage 4.3

Stein 5,9 kg      Abstand 2,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a002.XMR	12.04.2018	14:27:53	10,01	859,027	741,994	705,957
0412a003.XMR	12.04.2018	14:28:04	10,63	646,308	596,815	158,184
0412a004.XMR	12.04.2018	14:28:20	10,49	653,915	545,709	142,362
0412a005.XMR	12.04.2018	14:28:36	10,79	760,503	574,048	1159,653
0412a002.XMR	12.04.2018	14:27:53	10,01	859,027	741,994	705,957
0412a003.XMR	12.04.2018	14:28:04	10,63	646,308	596,815	158,184
0412a004.XMR	12.04.2018	14:28:20	10,49	653,915	545,709	142,362
0412a005.XMR	12.04.2018	14:28:36	10,79	760,503	574,048	1159,653
0412a006.XMR	12.04.2018	14:28:52	10,23	556,841	540,529	714,739
0412a007.XMR	12.04.2018	14:29:35	10,01	466,951	314,205	822,785
0412a008.XMR	12.04.2018	14:29:49	10,12	380,853	588,55	1950,189
0412a009.XMR	12.04.2018	14:30:05	10,05	1011,204	813,114	1449,404
0412a010.XMR	12.04.2018	14:30:20	10,57	483,856	396,472	1266,007
0412a011.XMR	12.04.2018	14:30:37	10,03	759,67	770,088	1858,02
0412a012.XMR	12.04.2018	14:38:33	10	792,531	595,227	983,756

#### Anlage 4.4

Stein 5,9 kg und 11,9 kg

Abstand 4,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102002.XMR	12.04.2018	14:34:31	1,1	3,607	8,086	4,266
18102003.XMR	12.04.2018	14:35:11	10	38,779	59,804	33,509
18102004.XMR	12.04.2018	14:35:16	0,22	0,682	0,944	0,451
18102005.XMR	12.04.2018	14:35:27	10	100,335	369,32	146,215
18102006.XMR	12.04.2018	14:35:32	0,46	1,246	1,241	0,979
18102007.XMR	12.04.2018	14:35:35	10	106,368	346,905	158,402
18102008.XMR	12.04.2018	14:35:40	0,74	1,299	1,717	1,191
0 18102010.XMR	12.04.2018	14:35:43	10	108,144	330,738	132,518
18102009.XMR	12.04.2018	14:35:48	0,12	0,908	0,881	0,444
1 18102011.XMR	12.04.2018	14:35:50	10	49,178	181,807	76,358
2 18102012.XMR	12.04.2018	14:35:55	0,37	1,174	1,191	0,514
3 18102013.XMR	12.04.2018	14:35:56	10	114,357	235,602	145,082
4 18102014.XMR	12.04.2018	14:36:01	0,4	0,941	1,029	0,56
5 18102015.XMR	12.04.2018	14:36:04	10	61,583	260,341	118,241
6 18102016.XMR	12.04.2018	14:36:09	0,12	0,974	0,791	0,631
8 18102018.XMR	12.04.2018	14:36:12	10	115,902	452,32	205,109

## Anlage 5.1

Stein 11,9 kg      Abstand <0,5m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a007.XMR	12.04.2018	14:28:52	10,14	3375,739	3823,74	5393,31
0412a008.XMR	12.04.2018	14:29:35	10,9	3830,457	2654,807	5876,006
0412a009.XMR	12.04.2018	14:29:49	11	3495,603	1709,61	12751,59
0412a010.XMR	12.04.2018	14:30:05	10,79	5160,382	2530,68	10630,33
0412a011.XMR	12.04.2018	14:30:20	10,46	3124,73	3268,442	7581,595
0412a012.XMR	12.04.2018	14:30:37	10,32	4725,093	2137,294	9243,553
0412a008.XMR	12.04.2018	14:39:32	10,48	3724,811	3222,002	11863,51
0412a009.XMR	12.04.2018	14:39:46	10,21	3639,848	2681,097	11266,2
0412a010.XMR	12.04.2018	14:40:05	10,12	3100,144	2101,191	10008,54
0412a011.XMR	12.04.2018	14:40:20	10,61	3038,838	3565,43	6601,126
0412a012.XMR	12.04.2018	14:40:35	10,51	3613,335	1930,056	11103,88
0412a013.XMR	12.04.2018	14:40:50	10,11	4744,192	1707,413	10352,3

## Anlage 5.2

Stein 11,9kg    Abstand 1,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102034.XMR	12.04.2018	14:27:34	0,36	1,161	1,611	0,879
18102035.XMR	12.04.2018	14:27:36	10	971,425	1912,465	1725,91
18102036.XMR	12.04.2018	14:27:41	0,43	1,332	1,382	1,192
18102037.XMR	12.04.2018	14:27:45	10	974,135	1784,717	2249,814
18102038.XMR	12.04.2018	14:27:50	0,57	1,564	1,266	0,904
18102039.XMR	12.04.2018	14:27:53	10	966,91	1084,104	1324,037
18102040.XMR	12.04.2018	14:27:58	0,69	1,319	1,148	0,974
18102041.XMR	12.04.2018	14:28:00	10	1755,898	1647,235	2110,889
18102042.XMR	12.04.2018	14:28:05	0,6	3,257	1,764	2,003
18102043.XMR	12.04.2018	14:28:09	10	1382,744	1136,329	1678,009
18102044.XMR	12.04.2018	14:28:14	1,13	3,331	3,294	2,498
18102045.XMR	12.04.2018	14:28:17	10	1295,769	2190,659	2690,908
18102046.XMR	12.04.2018	14:28:22	0,39	3,67	2,419	2,996

### Anlage 5.3

Stein 11,9 kg      Abstand 2,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
0412a006.XMR	12.04.2018	14:28:52	10,23	556,841	540,529	714,739
0412a007.XMR	12.04.2018	14:29:35	10,01	466,951	314,205	822,785
0412a008.XMR	12.04.2018	14:29:49	10,12	380,853	588,55	1950,189
0412a009.XMR	12.04.2018	14:30:05	10,05	1011,204	813,114	1449,404
0412a010.XMR	12.04.2018	14:30:20	10,57	483,856	396,472	1266,007
0412a011.XMR	12.04.2018	14:30:37	10,03	759,67	770,088	1858,02
0412a013.XMR	12.04.2018	14:39:32	10,85	920,678	949,254	1641,613
0412a014.XMR	12.04.2018	14:39:46	10,58	515,076	720,742	1720,236
0412a015.XMR	12.04.2018	14:40:05	10,49	586,597	887,079	1791,983
0412a016.XMR	12.04.2018	14:40:29	10,4	748,361	828,024	2310,427
0412a017.XMR	12.04.2018	14:40:50	10,03	810,794	889,772	2277,362

#### Anlage 5.4

Stein 5,9 kg und 11,9 kg

Abstand 4,0m

File Name	Date	Time	Dur	x	y	z
18102002.XMR	12.04.2018	14:34:31	1,1	3,607	8,086	4,266
18102003.XMR	12.04.2018	14:35:11	10	38,779	59,804	33,509
18102004.XMR	12.04.2018	14:35:16	0,22	0,682	0,944	0,451
18102005.XMR	12.04.2018	14:35:27	10	100,335	369,32	146,215
18102006.XMR	12.04.2018	14:35:32	0,46	1,246	1,241	0,979
18102007.XMR	12.04.2018	14:35:35	10	106,368	346,905	158,402
18102008.XMR	12.04.2018	14:35:40	0,74	1,299	1,717	1,191
0 18102010.XMR	12.04.2018	14:35:43	10	108,144	330,738	132,518
18102009.XMR	12.04.2018	14:35:48	0,12	0,908	0,881	0,444
1 18102011.XMR	12.04.2018	14:35:50	10	49,178	181,807	76,358
2 18102012.XMR	12.04.2018	14:35:55	0,37	1,174	1,191	0,514
3 18102013.XMR	12.04.2018	14:35:56	10	114,357	235,602	145,082
4 18102014.XMR	12.04.2018	14:36:01	0,4	0,941	1,029	0,56
5 18102015.XMR	12.04.2018	14:36:04	10	61,583	260,341	118,241
6 18102016.XMR	12.04.2018	14:36:09	0,12	0,974	0,791	0,631
8 18102018.XMR	12.04.2018	14:36:12	10	115,902	452,32	205,109



(Foto 001)



(Foto 002)



(Foto 003)



(Foto 004)



(Foto 005)



(Foto 006)



(Foto 007)