


# ENERGIESPEICHER RIEDL

**DONAU-  
KRAFTWERK  
JOCHENSTEIN**  
AKTIENGESELLSCHAFT

## Planfeststellungsverfahren Gutachten

Engineering Service Schmücker  
Dipl.-Ing.  
Guido A. Schmücker  
Kreuzgasse 1  
CH-7307 Jenins  


## Sprengtechnik und Erschütterungen



Erstellt	Engineering Service Schmücker	Guido A. Schmücker <i>Schmücker</i>	05.07.2021
Geprüft	Engineering Service Schmücker	Guido A. Schmücker	05.07.2021
Freigegeben	DKJ / ES-R	Ch. Rucker <i>Rucker</i>	07.07.2021
	Unternehmen / Abteilung	Vorname Nachname	Datum

Fremdfirmen-Nr.:																				Aufstellungsort:										Bl. von Bl.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																				+																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Unterlagennummer																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
SKS				Projekt-Nr.				Ersteller				Zählteil												KKS				DCC(UAS)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Vorzeichen				Gliederungszeichen				Gliederungszeichen				Dokumenttyp				Nummer				Gliederungszeichen				Blattnummer				Gliederungszeichen				Änderungsindex				Planstatus				Planart				Vorzeichen				GA				Funktion/ Bauwerk				Aggregat/ Raum				Vorzeichen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
S1S2S3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</			

# Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeine Angaben .....	6
1.1	Verfasser / Bearbeiter .....	6
1.2	Bezeichnung und Standort der Anlage .....	6
1.3	Auftraggeber / Antragsteller .....	6
2.	Sachverhalt und Auftrag .....	6
2.1	Anlass und Aufgabenstellung .....	6
2.2	Rechtliche Vorbemerkungen .....	8
2.3	Auftrag und Vorgehensweise .....	9
3.	Grundlagen .....	10
3.1	Verwendete Unterlagen .....	10
3.2	Vorschriften, Richtlinien und sonstige verwendete Quellen .....	13
4.	Anlagen- und Baubeschreibung .....	13
4.1	Anlagenbeschreibung .....	13
4.2	Bauphase .....	17
4.3	Betriebsbeschreibung .....	18
5.	Grundlagen zur Schwingungsbeurteilung .....	19
5.1	Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3) .....	20
5.1.1	Allgemeines .....	21
5.1.2	Kurzzeitige Erschütterungen .....	22
5.1.3	Dauererschütterungen .....	24
5.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2) .....	25
5.2.1	Bauphase .....	26
5.2.2	Betriebsphase .....	29
5.3	Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1) .....	29
5.3.1	Prognose der Sprengerschütterungen .....	29
5.3.2	Prognose der Erschütterungen aus allgemeinem Baubetrieb .....	34
5.3.3	Prognose der Erschütterungen für die Betriebsphase .....	34
6.	Situation und örtliche Verhältnisse .....	34
6.1	Untersuchungsraum .....	34
6.2	Geologische Verhältnisse .....	35
6.3	Vorbelastung aus Erschütterungseinwirkungen (Bestandssituation) .....	37
6.4	Topographie .....	39
6.5	Relevante Immissionsorte .....	40
6.5.1	Sprengarbeiten .....	40
6.5.2	Allgemeiner Baubetrieb .....	45
6.5.3	Betriebsphase .....	46
7.	Immissionsprognose .....	47
7.1	Bauphase .....	47
7.1.1	Sprengerschütterungen .....	47
7.1.2	Erschütterungen aus allgemeinem Baubetrieb .....	52
7.2	Betriebsphase .....	57
8.	Kumulationswirkungen .....	61
8.1	mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe KW Jochenstein (OWH) .....	61
8.1.1	Anlagenbeschreibung Organismenwanderhilfe KW Jochenstein .....	61
8.1.2	Kumulation Bauphase .....	63
8.1.3	Kumulation Betriebsphase .....	64
8.2	Kumulationswirkungen mit der Freiluftschaltanlage (FSA) .....	65
8.2.1	Kumulation Bauphase .....	65
8.2.2	Kumulation Betriebsphase .....	66
9.	Sprengtechnik .....	66
9.1	Sprengmittel .....	66
9.2	Erläuterungen zur Sprengtechnik .....	69
10.	Schutzkonzept .....	75
10.1	Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen .....	75



10.2.	Beweissicherung und Monitoring .....	75
10.3.	Empfehlungen .....	79
11.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	81
12.	Anhang .....	84
12.1.	a Lademengen-Abstandstabelle (Normalfall) .....	84
12.1.	b Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall) .....	85
12.1.	c Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall).....	86
12.1.	d Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall) .....	87
12.1.	e Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall) .....	88
12.2.	a Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall) .....	89
12.2.	b Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall) .....	90
12.2.	c Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall) .....	91
12.2.	d Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall) .....	92
12.2.	e Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall) .....	93
12.3.	a Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert).....	94
12.3.	b Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert).....	95
12.3.	c Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert).....	96
12.3.	d Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert).....	97
12.4.	Beispiel Lademengenberechnung Niederdruckstollen .....	98

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Projektübersicht (DKJ)	7
Abbildung 2:	Lage des Projektgebietes	14
Abbildung 3:	Systemlängsschnitt durch Triebwasserweg	14
Abbildung 4:	Diagramm zur Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (nach Bild 1, S. 9 der DIN).	23
Abbildung 5:	Messpunkte der Erschütterungsmessungen in Jochenstein mit Anregungspunkten durch den Vibroscan. J2 ist eine Fundamentmessstelle im Haus am Strom.	38
Abbildung 6:	Topographische Karte des Untersuchungsgebiets ES Riedl, roter Rahmen: Teilraum Donau/Jochenstein, gelber Rahmen: Teilraum Speichersee (Kartenquelle: <a href="https://geoportal.bayern.de/bayernatlas">https://geoportal.bayern.de/bayernatlas</a> )	39
Abbildung 7:	Topographische Karte des Untersuchungsgebiets GÖM grüner Rahmen: Teilraum GÖM Passau, blauer Rahmen: Teilraum GÖM Edelhof/Erlau (Kartenquelle: <a href="https://geoportal.bayern.de/bayernatlas">https://geoportal.bayern.de/bayernatlas</a> )	40
Abbildung 8:	Auszug aus dem Längsschnitt JES-A001-PER1-A30002-00-PFE mit symbolisch dargestellter Ufermauer (blau)	42
Abbildung 9:	„Haus am Strom“	42
Abbildung 10:	Vorgehensweise für die Immissionsprognose von Sprengerschütterungen	48
Abbildung 11:	Immissionsobjekt in 95346 Stadtsteinach als Beispiel für Erschütterungsmessungen hinsichtlich Einfluss von Schwerlastverkehr auf Gebäude.	54
Abbildung 12:	Immissionsobjekt in 95346 Stadtsteinach: Einzelereignis eines vorbeifahrenden 40 t LKW`s.	54
Abbildung 13:	Immissionsobjekt Bergleshof 3 in 95346 Stadtsteinach: Hintergrundaufzeichnung Messort Gebäudefundament zur Erfassung des Schwerlastverkehrs.	55
Abbildung 14:	Projektübersicht Organismenwanderhilfe	62
Abbildung 15:	Projektübersicht Organismenwanderhilfe	64
Abbildung 16:	Schaltanlage Baufeld mit Erschließung, Lageplanausschnitt	65
Abbildung 17:	Beispiel für eine Sektorenzündung mit nur einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe (mit roten Pfeilen ist das Verbindungsschema der Sektoren dargestellt)	67
Abbildung 18:	Beispiel für einen Zündplan mit „Dual-Delay“ Zündern	68



Abbildung 19:	Beispiel für die Anlegung des Sprengrasters in konzentrischen Kreisen um den Schacht-mittelpunkt (Einbruch) und erforderliche Abnahme der maximalen Lademenge je Zündzeit-stufe zum Schachtprofil hin (Bohrpfähle) inkl. Erschütterungsmesspunkte auf den Bohrpfählen (Bohrpfahlkopf).	72
Abbildung 20:	Beispiel für ein Bohr- und Sprengbild (Niederdruckstollen) mit einer max. Lademenge je Zündzeitstufe von ca. $L_{\max} = 2,0$ kg	74
Abbildung 21:	Beispiel für eine Instrumentierung eines Wohngebäude nach DIN 45669	77

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wahrnehmungsstärken des Menschen auf Erschütterungen (nach LAI, Länderausschuss für Immissionsschutz)	20
Tabelle 2:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{\max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen (z. B. Sprengen) auf Gebäude.	23
Tabelle 3:	Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß der DIN 4150 Teil 3 für erdverlegte Rohrleitungen	24
Tabelle 4:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{\max}$ zur Beurteilung von Dauererschütterungen auf Gebäude (= Tabelle 4 der DIN 4150 Teil 3)	25
Tabelle 5:	Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen (außer Sprengungen)	27
Tabelle 6:	Anhalts- bzw. Immissionswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in vergleichbar genutzten Räumen.	28
Tabelle 7:	Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am	33
Tabelle 8:	Ergebnisse der Nullmessung (hier Messort J1 = Erdgeschoss Bürogebäude KW Jochenstein) im Nahbereich des Laufkraftwerk Jochenstein. Die X- und Y-Achsen sind die horizontalen Richtungen, die Z-Achse die vertikale.	38
Tabelle 9:	Übersicht der zu den Sprengungen nächstgelegenen Immissionsorte, deren Bezeichnungen und minimalen Abstände zu den jeweils nächstgelegenen Sprengstellen.	44
Tabelle 10:	Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte für Erschütterungsimmissionen in der Bauphase.	46
Tabelle 11:	Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte für Erschütterungsimmissionen in der Betriebsphase.	47
Tabelle 12:	Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte, deren Bezeichnungen und minimalen Abstände zu den jeweils nächstgelegenen Sprengungen. Rosa markiert sind gewerblich genutzte Bauten oder Industriebauten mit einem anderen Überhöhungswert.	50
Tabelle 13:	Übersicht zu erwartender Schwinggeschwindigkeiten (entfernungsabhängig) je nach Anregungsart	53
Tabelle 14:	Übersicht der wichtigsten Messdaten aus den Kraftwerksuntersuchungen	59
Tabelle 15:	Übersichtstabelle zur Beweissicherung und Erschütterungsmessungen	78

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Gesamtlageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Bauphase (JES-A001-VHBH3-B40370-02)
- Anlage 2: Gesamtlageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Betriebsphase (JES-A001-VHBH3-B40370-03)
- Anlage 3: Gesamtlageplan Emmissionsorte / Abstände Erschütterung Kumulation Bauphase (JES-A001-VHBH3-B40370-04)
- Anlage 4: Gesamtlageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Kumulation Betriebsphase (JES-A001-VHBH3-B40370-05)
- Anlage 5: Gesamtlageplan Immissionsorte Betriebsphase Vibroscanuntersuchung (JES-A001-VHBH3-B40370-06)
- Anlage 6: Detaillageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Bauphase Bereich Kraftstation (JES-A001-VHBH3-B40370-08)
- Anlage 7: Gesamtlageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Bau- und Betriebsphase Gewässerökologische Maßnahmen (JES-A001-VHBH3-B40370-07)
- Anlage 8: Messbericht: Schwingungsuntersuchungen an Pumpspeicherkraftwerken und Verkehrswegen (JES-A001-IFBE1-B40365-00)
- Anlage 9: Erschütterungsmessung Jochenstein - Spundung 110-kV Korridorkabel (JES-A001-IFBE1-B40299-00)
- Anlage 1: Bericht zu Erschütterungsmessungen mittels Vibro Scan Schwingungsgenerator (JES-A001-IFBE1-B40020-10)



## 1. Allgemeine Angaben

### 1.1 Verfasser / Bearbeiter

---

Der Verfasser ist seit 2000 bei der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Sprengtechnik und Immissionsprognosen bei über- und untertägigen Gewinnungssprengungen. Als Sprengingenieur besitzt er einen Befähigungsschein nach Paragraph 20 sowie eine sprengstoffrechtliche Erlaubnis nach Paragraph 7 (jeweils nach Sprengstoffgesetz – SprengG -) mit diversen Berechtigungen zum Durchführen von Sprengarbeiten unter- und übertage sowie dem Mischladen von Sprengstoffen.

### 1.2 Bezeichnung und Standort der Anlage

---

Die gutachterlichen Betrachtungen und Planungen betreffen die Errichtung und den Betrieb des Vorhabens Energiespeicher Riedl der Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) in 94107 Untergriesbach.

### 1.3 Auftraggeber / Antragsteller

---

Donaukraftwerk Jochenstein AG  
Innstraße 121  
94036 Passau

## 2. Sachverhalt und Auftrag

### 2.1. Anlass und Aufgabenstellung

---

Im Jahr 1952 vereinbarten Regierungsabkommen der Regierungen der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Bayern und der Republik Österreich zur Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) wurde der Bau und die möglichst wirtschaftliche Nutzung der Kraftwerksanlage Jochenstein an der Grenzstrecke der Donau vereinbart. Zu den im Regierungsübereinkommen genannten Kraftwerksanlagen zählt auch ein Pumpspeicherwerk, dessen Errichtung noch aussteht.

Die derzeit herrschenden Rahmenbedingungen in der Europäischen Energiewirtschaft mit dem Willen, erneuerbare Energieträger nachhaltig in die Energieaufbringung mit einzubeziehen und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit, die erzeugte Energie aus volatilen Energieträgern (Wind, Photovoltaik) zu speichern, bedingen eine steigende Nachfrage nach Energiespeichern. Dabei stellen Pumpspeicherkraftwerke aus Wasserkraft die mit Abstand effizienteste und nachhaltigste Möglichkeit dar.

Vor diesem Hintergrund plant die Donaukraftwerk Jochenstein AG im Oberwasserbereich des Kraftwerks Jochenstein die Errichtung eines modernen Pumpspeicherkraftwerks, im Folgenden als „Energiespeicher Riedl“ bezeichnet. Die Grundkonzeption des Energiespeichers Riedl (ES-R) ist in Abbildung 1 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.





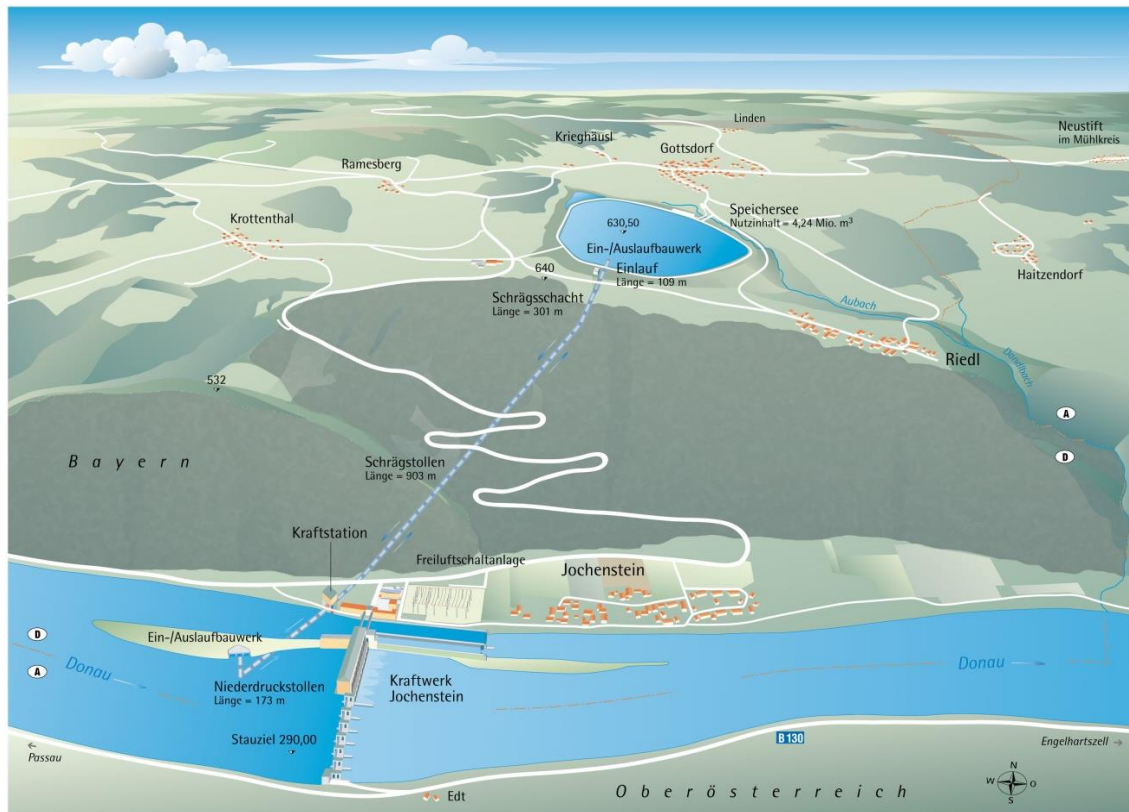


Abbildung 1: Projektübersicht (DKJ)

Das Wasser für die neue Anlage soll der Donau aus dem Stauraum Jochenstein am rechten Ufer des Trenndamms zwischen dem bestehenden Kraftwerk Jochenstein und der bestehenden Schleusenanlage über ein Ein-/Auslaufbauwerk sowohl entnommen als auch zurückgegeben werden. Ein neu zu errichtender Speichersee, welcher in der "Riedler Mulde" südwestlich der Ortschaft Gottsdorf und nördlich der Ortschaft Riedl vorgesehen ist, soll als Oberbecken verwendet werden. Die beiden Wasserkörper sollen durch Stollen zu einer Kraftstation als Schachtbauwerk im Talbodenbereich von Jochenstein verbunden werden, in welcher die beiden Pumpen und Turbinen aufgestellt werden sollen. Die erzeugte elektrische Energie soll in einem unterirdischen Kabelkanal in die bestehende Schaltanlage des Kraftwerks Jochenstein eingespeist werden. Alle Anlagenteile des Energiespeichers Riedl befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.

Im Stauraum von Passau bis Jochenstein ist zudem die Umsetzung von insgesamt sieben gewässerökologischen Maßnahmen (GÖM) an der bayrischen Donau geplant. Hierzu zählen folgende Maßnahmen:

- V1: Vorschüttung Kiesbank und Kiesinsel Hafen Racklau
- V2: Vorschüttung Kiesbank Innstadt Passau
- V3: Adaptierung Kernmühler Sporn
- V4: Adaptierung Mannheimer Sporn
- V5: Neuerrichtung Stillgewässer Edlhof, Stauraum Jochenstein
- V6: Strukturierung und Adaptierung Leitwerk Erlau
- V7: Strukturierung und Adaptierung Altarm Obernzell

Der Energiespeicher Riedl ist eine Wasserkraftanlage, für deren Errichtung ein Planfeststellungsbeschluss und für deren Betrieb eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich ist. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens ist gemäß §§ 1 ff. in Verbindung mit Anlage 1 („Liste UVP-pflichtige Vorhaben“) des Gesetzes über die

Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Der Träger des Vorhabens hat gemäß § 16 UVPG der zuständigen Behörde einen Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht) vorzulegen. Das gegenständliche Fachgutachten ist Teil des UVP-Berichts zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Energiespeichers Riedl.

Soweit in den Antragsunterlagen vereinzelt von Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) gesprochen wird, beruht diese Formulierung auf der über viele Jahre gängigen Bezeichnung, die seit dem Jahr 2019 begrifflich durch die Formulierung UVP-Bericht ersetzt wurde. Einzelne Teile der Antragsunterlagen wurden ursprünglich auf Grundlage einer früheren Fassung des UVPG erstellt und verwenden daher teilweise noch den ursprünglichen Begriff UVS. Inhaltlich sind diese Unterlagen gleichwohl aktuell.

## 2.2. Rechtliche Vorbemerkungen

Anlagenbezug:

Anlage	Kapitel	File Name	Ordner Nr.	Register
GESAMTANLAGE TECHNISCHE BESCHREIBUNG	-	JES-A001-PERM1- B10002-00	1	3

Der Energiespeicher Riedl ist eine Wasserkraftanlage, für deren Errichtung ein Planfeststellungsbeschluss und für deren Betrieb eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich ist. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens ist gemäß §§ 1 ff. in Verbindung mit Anlage 1 („Liste UVP-pflichtige Vorhaben“) des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Der Träger des Vorhabens hat gemäß § 16 UVPG der zuständigen Behörde einen Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht) vorzulegen. Das gegenständliche Fachgutachten ist Teil des UVP-Berichts zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Energiespeichers Riedl. Neben den wasserrechtlichen Vorgaben müssen auch alle anderen gesetzlichen Vorgaben, u. a. auch die immissionsschutzrechtlichen Voraussetzungen, erfüllt werden.

Im Rahmen des Vorhabens und dessen Umsetzung ist der Einsatz von Anlagen und Baumaschinen vorgesehen, bei denen es sich aufgrund Ihrer spezifischen Größe und der erforderlichen Betriebs- bzw. Standdauer gem. Anhang 1 der 4. BImSchV um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt. Im vorliegenden Fall werden diese nach § 75 Abs. 1 VwVfG von der Konzentrationswirkung des Planfeststellungsbeschlusses erfasst. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Anlagen erfolgt in Dokument JES-A001-VHBH3-B40431-00. Eine Beschreibung aller Baugeräte und -maschinen erfolgt in der technischen Beschreibung in Dokument JES-A001-PERM1-B10002-00.

Das gegenständliche Gutachten stellt die immissionsschutzrechtlichen Auswirkungen des Vorhabens, bezogen auf die Erschütterungen, im Rahmen des Genehmigungsverfahrens dar und weist – soweit von der Planfeststellung umfasst – nach, dass das Vorhaben – ggf. unter Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen – im Einklang mit den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben steht.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens kann naturgemäß noch keine abschließende Aussage zur konkreten Bauausführung (insb. Fabrikate der Baugeräte) und zu Verbringungsarten für den Bodenaushub gemacht werden. Nach der ständigen Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts können Konflikte, die nach dem Stand



der Technik lösbar und ohne Einfluss auf die Ausgewogenheit der Planung an sich sind, sowie fachliche Detailuntersuchungen und darauf aufbauende Schutzvorkehrungen in die Ausführungsplanung verschoben werden (st. Rspr., z.B. BVerwG, Urt. v. 22.11.2016 – 9 A 25/15, Rn 34; BVerwG, Urt. v. 11.10.2017 – 9 A 14/16, Rn. 114, BVerwG, Urt. v. 11.7.2019 – 9 A 13/18, Rn. 170).

Die "technische Ausführungsplanung - einschließlich fachlicher Detailuntersuchungen und darauf aufbauender Schutzvorkehrungen - (kann) aus der Planfeststellung ausgeklammert werden, wenn sie nach dem Stand der Technik beherrschbar ist, die entsprechenden Vorgaben beachtet und keine abwägungsbeachtlichen Belange berührt (...)" (st. Rspr., z.B. BVerwG, Urteil vom 11.10.2017 – 9 A 14/16, Rn. 114 m.w.N.). Die Details der Bauausführung/zum Baustellenverkehr, insbesondere auch zum Massentransport, müssen daher nicht zwingend schon im Planfeststellungsbeschluss festgelegt werden.

Sicherzustellen ist aber, dass das Vorhaben mit den gesetzlichen Vorgaben des Immissionsschutzes vereinbar ist. Hierzu werden die Auswirkungen der aus dem Baustellenbetrieb zu erwartenden Erschütterungen an den relevanten Immissionsorten untersucht.

Nach Aussagen der Regierung von Niederbayern sind für ein Vorhaben auf deutschem Gebiet die deutschen Vorschriften anzuwenden, auch in Bezug auf den Schutz der ausländischen Nachbarschaft (Entscheidung des BVerwG 1986: „völkerrechtlich gebotene Ausdehnung des Geltungsbereichs deutscher Schutznorm auf (betroffene) Ausländer“). Für die auf der österreichischen Seite liegende schutzbedürftige Bebauung ist dies zu berücksichtigen.

Die Pflichten der Betreiber ergeben sich nach § 22 BImSchG. Demgemäß sind Anlagen so zu betreiben, dass

- Schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und
- nach dem Stand der Technik unvermeidbare Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Diese Grundsätze werden bei allen Betrachtungen in diesem Gutachten berücksichtigt.

## **2.3. Auftrag und Vorgehensweise**

Der Verfasser wurde von der Vorhabensträgerin beauftragt, ein immissionsschutzfachliches Gutachten für den Fachbereich Sprengtechnik und Erschütterungen in Bau- und Betriebsphase des Vorhabens ES-R zu erstellen.

Dabei ist es Aufgabe dieses Gutachtens zunächst für die Bauphase

- den Einsatz der Sprengtechnik für die jeweiligen sprengtechnischen Vortriebe bzw. Sprengarbeiten über- und untertage zu beschreiben und die Rahmenbedingungen für ein alle Belange berücksichtigendes erschütterungsreduziertes Sprengen festzulegen,
- die zu erwartenden maximal möglichen Erschütterungsimmissionen bei der Durchführung der über- und untertägigen Sprengungen, bei der Herstellung der Bohrpfähle zur Sicherung der Baugrube der Kraftstation sowie des Ein- und Auslaufbauwerkes, diverse Bohr- und Meißelarbeiten, der Verwendung von Spundwänden zum Kastenfangedamm am Ein- und Auslaufbauwerk Donau, den Verdichtungsvorgängen bei der Herstellung des Ringdammbauwerkes am Speichersee, und gegebenenfalls den Emissionen durch fallende Massen beim Baubetrieb sowie verursacht durch LKW-Verkehr zu beschreiben und entsprechend den gültigen Regelwerken (DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie LAI-Richtlinie) die Auswirkungen zu ermitteln.



- mögliche Auswirkungen auf den aktuellen, natürlichen Zustand des Projektbereiches hinsichtlich der Einwirkungen von Immissionen aus den erforderlichen Sprengarbeiten (übertägig zur Herstellung des Speichersees) und den Sprengvortrieben (untertägig für die verschiedenen Stollen und Schachtbauwerke) und der anderen oben angegebenen Immissionen auf die nächstgelegenen schützenswerten Objekte sowie deren Auswirkungen auf Menschen in Gebäuden und auf Reptilienlebensräume im FFH-Gebiet Donauleiten zu berücksichtigen, wobei hierzu ein gesondertes Gutachten (Reptilien: Auswirkung Erschütterungen – Biologie und Biophysik, Dokument Nr. JES-A001-IFÖK1-B40378-00) vorliegt.

Hierzu müssen die sprengtechnischen Möglichkeiten für die verschiedenen erforderlichen Sprengarbeiten zur Umsetzung einer erschütterungsreduzierten Sprengtechnik ausgelotet und Vorgaben für die Umsetzung in Form von Lademengen – Abstandstabellen im Zuge von Immissionsprognosen ausgearbeitet werden.

Zusätzlich sind eine Betrachtung für die oben benannten sonstigen in der Bauphase entstehenden Erschütterungen des Baubetriebs (z. B. durch LKW-Baustellenverkehr) durchzuführen und gegebenenfalls Schutzmaßnahmen vorzuschlagen.

Ebenso sind Immissionsbetrachtungen für die Betriebsphase des geplanten Pumpspeicherkraftwerks durchzuführen, wobei auch hier – wie in der Bauphase – die nächstgelegenen Immissionsorte bezüglich des zu erwartenden Immissionsniveaus überprüft werden müssen.

Für die Beurteilung der Bau- und Betriebsphase sind Aussagen zu treffen, ob an den nächstgelegenen schützenswerten Objekten die Anhalts- bzw. Immissionswerte zum Schutz der Gebäude bzw. zum Schutz der Menschen in den Gebäuden mit hoher Sicherheit eingehalten werden können bzw. welche Maßnahmen für die Einhaltung gegebenenfalls zu ergreifen sind.

Es ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass bei Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte an den nächstgelegenen schützenswerten Objekten dies auch für weiter entfernte gilt.

Des Weiteren sind Aussagen zu treffen, wie die Ergebnisse der Immissionsprognosen sowohl in der Bau- als auch in der Betriebsphase später in der Praxis durch ein messtechnisches Schutzkonzept überprüft und gegebenenfalls erschütterungsreduzierende Maßnahmen getroffen werden können, damit eine Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungen sichergestellt wird.

Abschließend ist zu prüfen, ob und wie durch das geplante Vorhaben „Organismenwanderhilfe Kraftwerk Jochenstein“ kumulative Wirkungen (Erschütterungen) ausgehen können. Beide Projekte weisen eine zeitliche Überschneidung hinsichtlich der Bauphase von insgesamt ca. 16 Monaten auf. Hinsichtlich des Vorhabens ES-R ist davon auszugehen, dass in diesem Überschneidungszeitraum keine erschütterungsrelevanten Arbeiten mehr durchgeführt werden. Es muss daher nur noch ein Überschneidungszeitraum von ca. 2 Monaten untersucht werden, in dem gegebenenfalls erschütterungsrelevante Arbeiten (Erdbau) im Vorhaben OWH stattfinden.

### 3. Grundlagen

#### 3.1. Verwendete Unterlagen

Plan- und Anlagenbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ERLÄUTERUNGSBERICHT	A4	JES-A001-VHBH3-B40081-00	1	2
TECHNISCHE BESCHREIBUNG	A4	JES-A001-PER1-B10002-00	1	3

KURZBESCHREIBUNG DES VORHABENS	A4	JES-A001-GKW_1-B40076-00	1	0.2
UVS GEOLOGIE UND HYDROLOGIE	-	JES-A001-IFBE1-B40020-00	14	UVS 2.1
BERICHT ZU ERSCHÜTTERUNGSMESSUNGEN MITTELS VIBRO SCAN SCHWINGUNGSGENERATOR	A4	JES-A001-IFBE1-B40020-10	22a	UVS 19.11
VERKEHRSAUFGKOMMEN	A4	JES-A001-PERM1-B10006-00	13	TA 10.5
VERKEHRSAUFGKOMMEN – KUMULATIVE BETRACHTUNG ES-R UND OWH	A4	JES-A001-VHBH3-B40397-00	13	TA 10.5.1
BAUGERÄTELISTE	A4	JES-A001-PERM1-B10007-00	13	TA 10.6
GUTACHTEN VERKEHR	A4	JES-A001-SLWA1-B40422-00	16	UVS 4.1
MESSBERICHT: SCHWINGUNGSUNTERSUCHUNGEN AN PUMPSPEICHERKRAFTWERKEN UND VERKEHRSWEGEN	A4	JES-A001-IFBE1-B40365-00	62	7.3.2
ERSCHÜTTERUNGSMESSUNGEN JOCHENSTEIN - SPUNDUNGEN 110 KV KORRIDORKABEL	A4	JES-A001-IFBE1-B40299-00	62	7.3.3

Planinhalt	Maßstab	Plan Nr. / File Name	Ordner Nr.	Register
<b>GESAMTANLAGE</b> ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5000	JES-A001-PERM1-A10002-00	6	TP 1.1
<b>BAUSTELLENEINRICHTUNG</b> BE-FLÄCHEN UND ZWISCHENLAGERFLÄCHEN ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5000	JES-A001-PERM1-A80001-00	10	TP 8
<b>BE-/ZWISCHENLAGERFLÄCHEN</b> BEREICH SPEICHERSEE LAGEPLAN	1:5000 / 1:2000	JES-A001-PERM1-A81001-00	10	TP 8
<b>BAUSTELLENEINRICHTUNG</b> BEREICH KRAFTSTATION UND EIN-/AUSLAUFBAUWERK DONAU LAGEPLAN	1:2000	JES-A001-PERM1-A82001-00	10	TP 8
<b>SPEICHERSEE</b> GEWÄSSERVERLEGUNG AUBACH LAGEPLAN	1:2000	JES-A001-PERM1-A24001-01	7	TP 3.2
<b>SPEICHERSEE</b> DAMMAUFBAU DAMM IM EINSCHNITT REGELQUERSCHNITT	1:250/1:10	JES-A001-PERM1-A21008-01	7	TP 3.1
<b>SPEICHERSEE</b> DAMMAUFBAU DAMM VOR RIEDL REGELQUERSCHNITT	1:250/1:10	JES-A001-PERM1-A21008-02	7	TP 3.1
<b>SPEICHERSEE</b> EIN- AUSLAUFBAUWERK MIT SCHIEBERKAMMER LAGEPLAN	1:200/1:50	JES-A001-PERM1-A22002-01	7	TP 3.1
<b>SPEICHERSEE</b> EIN- AUSLAUFBAUWERK MIT SCHIEBERKAMMER SCHNITTE	1:200/1:50	JES-A001-PERM1-A22002-02	7	TP 3.1
<b>TRIEBWASSERWEG</b> LÄNGSSCHNITT UND REGELPROFILE	1:2500	JES-A001-PERM1-A30002-00	6	TP 2
<b>TRIEBWASSERWEG</b> LAGEPLAN	1:2500	JES-A001-PERM1-A30003-00	6	TP 2
<b>TRIEBWASSERWEG</b> BEREICH KRAFTSTATION	1:500	JES-A001-PERM1-A30004-00	6	TP 2

LÄNGSSCHNITT				
<b>TRIEBWASSERWEG</b> BEREICH KRAFTSTATION LAGEPLAN	1:500	JES-A001-PERM1-A30005-00	6	TP 2
<b>MASCHINENSCHACHT</b> QUERSCHNITT 20-20 MASCHINENACHSE M1 TEIL 1 VON 2	1:100	JES-A001-PERM1-A41001-12	8	TP 4.1
<b>MASCHINENSCHACHT / KRAFTHAUSGEBÄUDE</b> QUERSCHNITT 20-20 MASCHINENACHSE M1 TEIL 2 VON 2	1:100	JES-A001-PERM1-A41001-13	8	TP 4.1
<b>ENERGIEAB- UND ZULEITUNG</b>	1:500 / 50	JES-A001-PERM1-A51002-00	10	TP 5
<b>BEREICH DONAU EIN-AUSLAUFBAUWERK</b> ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:2000	JES-A001-PERM1-A61001-00	10	TP 6
<b>BEREICH DONAU EIN-AUSLAUFBAUWERK</b> LAGEPLAN	1:200	JES-A001-PERM1-A62001-01	10	TP 6
<b>TECHNISCHE BESCHREIBUNG GEWÄSSERÖKOLOGISCHE MAßNAHMEN BAYERN</b>	-	JES-A001-SÜTO1-B50003-00	27	A 4.3.1
<b>ADAPTIERUNG KERNMÜHLER SPORN</b> KM 2220,0 - KM 2220,2, LINKES UFER	1:1000 1:100	JES-A001-EZB_1-A50001-00	28	A 4.3.3
<b>ADAPTIERUNG MANNHEIMER SPORN</b> KM 2218,8 - 2219,4, LINKES UFER	1:1000 1:100	JES-A001-EZB_1-A50001-02	28	A 4.3.3
<b>MAßNAHME ALTARM OBERNZELL</b> KM 2211,7 - 2212,1, LINKES UFER	1:1000 1:500	JES-A001-EZB_1-A50001-03	28	A 4.3.3
<b>MASSNAHME HAFEN RACKLAU,</b> STAURAUM JOCHENSTEIN; KM2228,17 BIS KM 2227,3, LINKES UFER	1:2000, 1:250	JES-A001-SÜTO1-A50002-00	28	A 4.3.3
<b>MAßNAHME INNSTADT INN</b> KM 0,55 - DONAU KM 2225,00, RECHTES UFER	1:1000, 1:250	JES-A001-SÜTO1-A50003-05	28	A 4.3.3
<b>MAßNAHME EDLHOF</b> STAURAUM JOCHENSTEIN KM 2217,9 - KM 2216,85 LINKES UFER	1:2000, 1:250	JES-A001-SÜTO1-A50002-04	28	A 4.3.3
<b>MAßNAHME LEITWERK ERLAU</b> STAURAUM JOCHENSTEIN KM 2214,4 - KM 2214,0 LINKES UFER	1:1000, 1:500	JES-A001-SÜTO1-A50002-05	28	A 4.3.3
<b>GESAMTANLAGE</b> EINBAUTEN (SPARTEN) ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5000	JES-A001-PERM1-A10005-01	6	TP 1.2
<b>GESAMTANLAGE</b> EINBAUTEN (SPARTEN) BEREICH DONAU	1:1000	JES-A001-PERM1-A10005-02	6	TP 1.2

### 3.2. Vorschriften, Richtlinien und sonstige verwendete Quellen

---

Nachfolgende Unterlagen wurden vom Unterzeichner zur Ausarbeitung des Gutachtens verwendet:

- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
  - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck Juni 2001)
  - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck Juni 1999)
  - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck Dez. 2016, geänderte Neufassung)
- DIN 45669 Messung von Schwingungsmissionen
  - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung (Weißdruck Juni 1995)
  - Teil 2: Messverfahren (Weißdruck Juni 2005)
  - Teil 3: Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) der Schwingungsmesseinrichtung; Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung für den Messeinsatz
  - „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsmissionen“. Herausgeber: Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), Stand 06.03.2018
- Sog. „Erschütterungsrichtlinie“:  
„Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsmissionen. Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr und des Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport“ der Bundesländer vom 31.07.2000, veröffentlicht in den Ministerialblättern der einzelnen Bundesländer.
- Erschütterungen und Setzungen bei Rammarbeiten: Dr.-Ing. U. Zerrenthin, Bundesanstalt für Wasserbau, BAW Mitteilungen Nr. 95/2012
- Technische Regel 310 Sprengarbeiten (TR310 Spreng), veröffentlicht im Bundesanzeiger am 11.10.2016)
- Sprengstoffgesetz SprengG samt Verordnungen (in Kraft getreten am 01.01.1970, letzte Änderung am 11.06.2017)
- Diverse Verordnungen zum Arbeitsschutz

## 4. Anlagen- und Baubeschreibung

### 4.1. Anlagenbeschreibung

---

Das Vorhaben der Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) umfasst die Errichtung und den Betrieb des Energiespeicher Riedl (ES-R). Vorhabensbestandteile sind alle notwendigen Einrichtungen, welche zusätzlich zu den bestehenden Anlagen des Laufwasserkraftwerkes für den Bau und den Betrieb erforderlich sind.

Geografisch liegt das Vorhaben nahe der bestehenden Wasserkraftwerksanlage Jochenstein, rd. 24 km stromabwärts von Passau im Markt Untergriesbach im Landkreis Passau/Bayern (Abbildung 2).

Das Wasser für den Betrieb des Energiespeicher Riedl als hydraulisches Pumpspeicherkraftwerk wird der Grenzgewässerstrecke der Donau bei Strom-km 2.203,58 am rechten Ufer des Trenndamms des Laufwasserkraftwerkes Jochenstein entnommen bzw. wieder zurückgegeben. Der Speichersee ist in der „Riedler Mulde“ südwestlich der Ortschaft Gottsdorf bzw. nördlich der Ortschaft Riedl geplant.





In der nachstehenden Abbildung ist die Lage des Projektgebietes in einer Übersichtsskizze dargestellt. Sämtliche technische Anlagenkomponenten des geplanten Energiespeichers befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.



Abbildung 2: Lage des Projektgebietes

Das Wasser für die neue Anlage wird der Donau aus dem Stauraum Jochenstein am rechten Ufer des Trenndamms der bestehenden Laufwasserstufe über ein Ein-/Auslaufbauwerk sowohl entnommen als auch zurückgegeben (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Ein neu errichteter Speichersee, welcher in der "Riedler Mulde" südwestlich der Ortschaft Gottsdorf und nördlich der Ortschaft Riedl vorgesehen ist, wird als Oberbecken verwendet. Die beiden Wasserkörper werden durch Stollen zu einer Kraftstation, die als Schachtbauwerk im Talbodenbereich von Jochenstein ausgeführt wird, verbunden. Dort befinden sich die beiden Pumpen und Turbinen (Abbildung 3). Die erzeugte elektrische Energie wird in einem unterirdischen Kabelkanal in die bestehende Schaltanlage des Kraftwerkes Jochenstein eingespeist. Alle Anlagenteile des Energiespeicher Riedl befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.

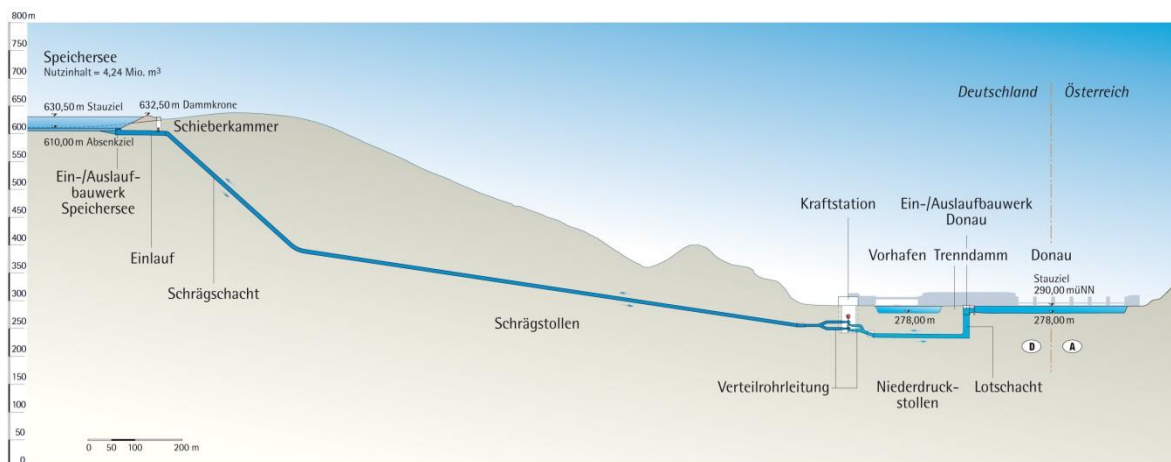


Abbildung 3: Systemlängsschnitt durch Triebwasserweg

Das Projekt Energiespeicher Riedl besteht im Wesentlichen aus folgenden Neuanlagen:

- Speichersee (Oberbecken)
- Hochdruckseitige Triebwasserführung bestehend aus
  - Ein- und Auslaufbauwerk Speichersee
  - Schrägschacht und Schrägstollen
  - Verteilrohrleitungen
- Kraftstation bestehend aus
  - Maschinenschacht
  - Krafthausgebäude

- Kabelkanal und Energieableitung
- Zufahrt
- Niederdruckseitige Triebwasserführung bestehend aus
  - Verteilrohrleitungen
  - Niederdruckstollen
  - Übergangsbauwerk (Lotschacht)
  - Verbindungsstollen
  - Ein- und Auslaufbauwerk Donau
- Brücke über die Schleusenunterhäupter
- Zwischenlagerflächen
- Vorübergehende Einrichtungen zur Baustromversorgung und Bauabwicklung

#### Kenngroößen des Energiespeicher Riedl

▪ Anzahl Maschinensätze	2
▪ Engpassleistung	+/- 300 MW
▪ Nenn-Ausbaudurchfluss Turbinenbetrieb:	108 m <sup>3</sup> /s
▪ Nenn-Ausbaudurchfluss Pumpbetrieb:	83 m <sup>3</sup> /s
▪ Speichersee: nutzbarer Inhalt	4,24 Mio. m <sup>3</sup>
Spiegelfläche Stauziel	24,2 ha
Max. Spiegelschwankungen	20,5 m

Der Energiespeicher Riedl als hydraulisches Pumpspeicherkraftwerk mit einer Leistung von maximal 300 Megawatt in Turbinen- oder Pumpbetrieb ist mit seinem Speichernutzzinhalt von 4,24 Mio. m<sup>3</sup> in der Lage, über längere Perioden überschüssige Energie aus dem Netz zu speichern und diese bei Bedarf über längere Zeiträume hinweg bereitzustellen.

Das maschinelle Konzept des Energiespeicher Riedl als voll regelbares Pumpspeicherkraftwerk ermöglicht es mit den beiden Maschinensätzen, sowohl im Turbinen- als auch im Pumpbetrieb mit variabler Leistung auf kurzfristige Schwankungen des Leistungsgleichgewichtes im Stromnetz zu reagieren und flexibel Regelleistung bereitzustellen.

Wesentliche, für den Betrieb des Energiespeicher Riedl erforderliche Anlagen sind bereits vorhanden und werden im Rahmen bestehender Genehmigungen mitbenützt. Das ist vor allem die Freiluftschaltanlage Jochenstein, wo die Energieeinleitung erfolgt.

Der Betrieb des Energiespeicher Riedl erfolgt vollautomatisch, ferngesteuert und fernüberwacht. Die Neuanlage ist für den unbesetzten Betrieb konzipiert und wird in das bestehende Fernsteuerungs- und Fernüberwachungssystem der Donaukraftwerk Jochenstein AG eingebunden. Die Betriebsführung und Überwachung erfolgt von der übergeordneten Zentralwarte der mit dem Betrieb beauftragten Grenzkraftwerke GmbH (GKW). Die Zentralwarte ist rund um die Uhr besetzt. Sämtliche Aufgaben des täglichen Betriebes werden von qualifiziertem Betriebspersonal vor Ort wahrgenommen. Außerhalb der Normalarbeitszeit stehen lokale Bereitschaftsdienste für die Entstörung zur Verfügung.

Für das Vorhaben Energiespeicher Riedl sind im Wesentlichen zwei Hauptabgrenzungen zu bestehenden Kraftwerksanlagen bzw. zum Übertragungsnetz gegeben:

- |                              |    |   |
|------------------------------|----|---|
| 1) Ein-/Auslaufbauwerk Donau | <> | Donau   |
| 2) Energieableitung          | <> | Netzanbindung in Freiluftschaltanlage Jochenstein |

#### zu 1): Ein-/Auslaufbauwerk Donau:

Zur Entnahme und Rückgabe des Triebwassers aus der Donau ist die Neuerrichtung eines Ein- und Auslaufbauwerkes am Trenndamm zwischen dem Vorhafen der Schleusenanlage und der Donau vorgesehen.



Durch den Betrieb des ES-R treten in den beiden Stauräumen Aschach und Jochenstein Spiegelschwankungen auf. Die Wasserspiegellagen werden im Hochwasserfall durch den Betrieb des ES-R nicht nachteilig beeinflusst. Das Kraftwerk Aschach befindet sich bei Strom-km 2.162,67, das Kraftwerk Jochenstein bei Strom-km 2.203,33. Im Stauraum Jochenstein wirken sich die Schwankungen in den Inn bis in das Unterwasser des Flusskraftwerkes Passau-Ingling (Fluss-km 4,2), in der Donau bis in das Unterwasser des Kraftwerkes Kachlet (Donau Strom-km 2.230,7) und in die Ilz bis Fluss-km 3,4 aus.

zu 2): Energieableitung, Anschluss an das Übertragungsnetz (Netzzutritt):

Die Energieableitung erfolgt mit 220 kV Nennspannung von der Kraftstation mittels zweier Höchstspannungs-Kabelsysteme, welche zuerst in einem Kabelkanal, dann als eingegrabene Leitungen in einem Betonbett zur Freiluftschaltanlage des Kraftwerkes Jochenstein geführt werden. Die Einspeisung erfolgt in zwei Schaltfelder, die bereits in der Genehmigung aus dem Jahr 1955 für das Laufwasserkraftwerk als Reservefelder für ein Pumpspeicherkraftwerk vorgesehen sind.

Gewässerökologische Maßnahmen (GÖM):

Um die durch das Projekt Energiespeicher Riedl auftretenden, kurzfristigen Wasserspiegelschwankungen im Stauraum Jochenstein hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen zu vermeiden, werden gewässerökologische Maßnahmen umgesetzt. Die gewässerökologischen Maßnahmen werden in zwei Kategorien unterteilt:

- Gewässerökologische Maßnahmen - Schaffung hochwertiger Uferstrukturen
- Gewässerökologische Maßnahmen - Adaptierung bestehender Biotope



## 4.2. Bauphase

Sofern Sprengarbeiten zur Anwendung kommen werden, sind die entsprechenden Arbeitsschritte folgende:

Bohren, Sprengmittel laden und Zündkreis herstellen sowie Sprengen und Wegladen des Haufwerks.

Dieses gilt gleichermaßen für über- als auch untertägige Sprengarbeiten.

Nachfolgend werden die Bereiche beschrieben, in denen Sprengarbeiten vorgesehen sind und somit Erschütterungen auftreten können:

### Speichersee (Oberbecken)

Die wesentlichen obertägigen Bauteile stellen der Speichersee sowie das Ein-/ Auslaufbauwerk im Speichersee dar.

Der Speichersee mit einem nutzbaren Inhalt von 4,24 Mio. m<sup>3</sup> und einer Fläche von etwa 24,2 ha wird als asphaltiertes Ringdammbauwerk in den Untergrund eingebunden. Hierbei sind in der Bauphase größere Erdbewegungen notwendig, die auch das Ein- bzw. Auslaufbauwerk einschließen.

Je nach Geländeausprägung ist eine Abtragshöhe des Geländes von bis zu ca. 10 m zu erwarten. Die geologischen Bedingungen lassen erwarten, dass ein rein mechanisch durchgeführter Felsabtrag nicht ausreichen wird und somit auch Sprengarbeiten zum Felsabtrag (zumindest im tiefsten Bereich) erforderlich werden. Die erforderlichen Sprengarbeiten (im Regelfall ausgeführt als Flächensprengungen) könnten dann mit einer Abtragstiefe von ca. 3,0 m bis maximal 5,0 m durchgeführt werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der das Speicherbecken in Tieflage umrundende Kontrollgang (ca. 2,8 m Breite und ca. 3,6 m Höhe) in offener Bauweise herausgesprengt werden muss, sofern nicht nach Felsklasse und Klüftung Reissen und Meisseln zum Aushub ausreicht. Die hierbei anzuwendende Sprengtechnik ähnelt der, die auch für den Speichersee Anwendung findet. Für die Immissionsprognose muss hier bei den zu berücksichtigenden Abtragstiefen zwischen 3,0 und 5,0 m keine weitere Unterscheidung getroffen werden. Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass Sprengarbeiten zur Errichtung des Ein- und Auslaufbauwerks erforderlich werden, die jedoch in der Betrachtung zu den Flächensprengungen immissionstechnisch berücksichtigt sind.

### Triebwasserweg

Die Ab- bzw. Zuleitung des Wassers vom bzw. in den Speichersee erfolgt mit einer kurzen fallenden Strecke bis zur Schiebekammer mit Absperrorgan. Vom sich anschließenden Schrägschacht (ca. 301 m lang) mit Schrägstollen (ca. 903 m lang) – jeweils mit einem Durchmesser von 5,2 m – wird das Triebwasser über die oberwasserseitige Verteilrohrleitung zu den zwei Maschinensätzen (Maschinenschacht) geführt. Mit einem kurzen horizontalen Niederdruckstollen (Verbindungsstollen mit einem Durchmesser von ca. 5,8 m, ca. 120 m Länge) wird die Donau unterdükert und über den Lotschacht die Verbindung zum Ein- / Auslaufbauwerk im Bereich der Donau hergestellt (siehe in Bezug genommener Plan Triebwasserweg – Längsschnitt und Regelprofile).

Sowohl die Bauwerke kurze Horizontalstrecke, Schrägschacht mit Schrägstollen als auch der Maschinenschacht ab Felshorizont (ca. 273 m ü. NN) und der horizontale Verbindungsstollen werden mittels Bohr- und Sprengarbeit (zyklischer Vortrieb nach NATM) aufgeföhren, während der Felsaushub bei den anderen Bauwerken aus geologischen Gründen mit mechanischer Lösetechnik geplant ist.

Die Gebirgsüberdeckung kann für den Schrägschacht mit ca. 40 bis ca. 220 m und für den Schrägstollen mit ca. 40 bis 200 m angegeben werden.

### Kraftstation

Der Maschinenschacht weist einen Durchmesser von ca. 35 m und eine Gesamttiefe von ca. 62 m (GOK 291,19 m ü.NN bis ca. 229 m ü.NN Schachtboden) auf.



Der Gesteinsaushub ist bis zu einer Tiefe von ca. 273,0 m ü.NN mit mechanischer Lösetechnik (z. B. Bagger, Hydraulikmeißel ggf. Fräse) geplant.

Der Felsaushub wird im Schutze einer überschnittenen und rückverankerten Bohrpfahlwand (Durchmesser der Bohrpfähle ca. 120 cm) erfolgen.

Aus geologischen Gründen wird anschließend der Felsabtrag nur mit Bohr- und Sprengtechnik erfolgen können.

### **Lotschacht**

Der Lotschacht beim Ein-/Auslaufbauwerk Donau wird im Überlagerungsbereich im Schutz einer ringförmigen Baugrubenumschließung in Form einer überschnittenen Bohrpfahlwand abgeteuft und nach Erreichen der Felslinie im zyklischen Sprengvortrieb analog dem Maschinenschacht ausgebrochen.

Nach dem Abschluss der Ausbrucharbeiten werden die übrigen Arbeiten am Ein- und Auslaufbauwerk begonnen. Hierfür wird durch weitere Bohrpfähle die Baugrubenumschließung erweitert. Als donauseitiger Abschluss zur Baugrube wird aus Spundwänden, die in die verwitterte Felsschicht eingerammt werden, ein Kastenfangedamm errichtet. Gegebenenfalls muss hierfür vorgebohrt werden.

### **Gewässerökologische Maßnahmen**

Diese Maßnahmen an der Donau sind Teil des Vorhabens und werden außerhalb der Laichzeit der Fische (Mitte März bis Mitte Juli) errichtet.

#### Vorschüttungen Hafen Racklau und Innstadt

Die Versorgung und die Baudurchführung der Vorschüttungen in der Donau erfolgen zur Gänze vom Wasser aus. Zum Einsatz kommen gestelzte Schwimmpontons mit Hydraulikbagger die zur Materialmanipulation dienen. Die Anlieferung des Materials erfolgt durch Schubleichter.

#### Neuerrichtung Stillgewässer Edlhof

Die Baudurchführung der Aushubarbeiten erfolgt durch Hydraulikbagger, Hydraulikanbauhammer und Verladung des Aushubmaterials (Lockersedimente) auf LKW. Der Abtransport und die fachgerechte Entsorgung erfolgt durch Dritte über die öffentliche Verkehrsanbindung B 388. Im Speziellen wird der Radfahrtsport an der Donau berücksichtigt, die Arbeiten finden nur außerhalb der Saison statt (von September bis Mai).

#### Adaptierung Kernmühler und Mannheimer Sporn:

Die Versorgung und die Baudurchführung bzw. Tieferlegung der bestehenden Gewässer erfolgen zur Gänze vom Wasser aus. Die Tieferlegung erfolgt durch Saugbagger und Verbringung in der Donau.

#### Errichtung bzw. Sanierung Leitwerk Erlau, Adaptierung Altarm Obernzell:

Die Versorgung und die Baudurchführung bzw. Tieferlegung der bestehenden Gewässer erfolgen zur Gänze vom Wasser aus. Zum Einsatz kommen gestelzte Schwimmpontons mit Hydraulikbagger die zur Materialmanipulation dienen. Die Tieferlegung erfolgt durch Hydraulikbagger und Verbringung in die Donau. Die Anlieferung des benötigten Materials erfolgt durch Schubleichter.

## **4.3. Betriebsbeschreibung**

### **Turbinenbetrieb**

Im Turbinenbetrieb wird im Speichersee befindliches Donauwasser durch eine oder beide Turbinen abgearbeitet. Die Kupplung und der hydraulische Wandler sind dabei offen und die Pumpe befindet sich im Stillstand. Im Turbinenbetrieb ist eine flexible, kontinuierliche Leistungs- und damit auch Durchflussregelung im Triebwasserweg von





einer Mindestlast von ca. 10% bis zur Vollastwassermenge möglich. Der Motorgenerator arbeitet im Generatorbetrieb und liefert elektrische Energie an das Übertragungsnetz.

### **Pumpbetrieb**

Im Pumpbetrieb wird ausgehend vom Turbinenbetrieb mithilfe des hydraulischen Wandlers die Pumpe auf Nenndrehzahl gebracht und die Kupplung geschlossen. Im Anschluss wird der Wasserdurchfluss durch die Turbine auf null reduziert und die Turbine entleert (ausgeblasen). Die Pumpe fördert nun Wasser aus dem Stauraum des KW Jochenstein mit konstanter Leistung in den Speichersee. Diese Betriebsart wird zum Füllen des Speichersees verwendet. Der Motorgenerator arbeitet im Motorbetrieb und bezieht mit einer konstanten Leistung elektrische Energie vom Übertragungsnetz.

### **Pumpregelbetrieb**

Das Anfahren der Pumpe erfolgt wie im „Pumpbetrieb“. Anders als im Pumpbetrieb wird jedoch die Leistung der Turbine nicht auf null reduziert. Die Turbine und die Pumpe arbeiten parallel. Damit ist es möglich durch Veränderung des Durchflusses der Turbine, die vom Netz bezogene elektrische Leistung zu variieren. Der Motorgenerator arbeitet im Motorbetrieb und bezieht mit einer veränderbaren Leistung elektrische Energie vom Übertragungsnetz.

### **Elektrische Betriebsweise des Energiespeicher Riedl**

Aufgrund der hier zur Anwendung kommenden, hoch flexiblen Maschinensätze ist der Energiespeicher Riedl für vielfältige Aufgaben einsetzbar. Einerseits besteht die Möglichkeit Überschussenergie im elektrischen Netz im Pumpbetrieb im Speichersee zu speichern.

Andererseits können Netzdienstleistungen durch die hochflexiblen Maschinensätze optimal zur Verfügung gestellt werden. Die hier verwendeten Maschinensätze ermöglichen ein wirkungsgradoptimales, kontinuierliches Regelband von  $\pm 300$  MW.

## **5. Grundlagen zur Schwingungsbeurteilung**

Ziel dieses Gutachtens ist es, die zu erwartenden Auswirkungen des Bauvorhabens und der sich anschließenden Betriebsphase bezüglich der Erschütterungsimmissionen auf die umliegenden Immissionsorte (schützenswerte Objekte und gegebenenfalls Menschen in den Objekten) zu prognostizieren und zu beurteilen.

Erschütterungsimmissionen unterliegen generell keiner gesetzlichen Vorgabe. Die Beurteilung erfolgt daher anhand der fachlichen Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ (letzte Überarbeitung am 06.03.2018) sowie dem gleichlautenden Ministerialblatt der Bundesländer (Runderlass der Bundesländer).

Der Runderlass der Bundesländer wird von den für den Immissionsschutz zuständigen Behörden in der Praxis verbindlich angewendet (auch im Freistaat Bayern).

Die Basis für diese Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen bildet seit Jahrzehnten die Deutsche Industrie Norm DIN 4150 - Erschütterungen im Bauwesen - in ihrer jeweils gültigen Form, die inhaltlich fast identisch in die zuvor genannten „Richtlinien“ eingeflossen sind.

Diese dreiteilige Norm bestehend aus,

- Teil 1 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck 06/2001)
- Teil 2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck aus 06/1999)
- Teil 3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck aus 2016/12)

wird in gewissen Zeitabständen überarbeitet, so dass die neuesten Erkenntnisse in Bezug auf den Immissionsschutz in die Anhaltswerte einfließen.



In diesem Gutachten wird daher von Anhalts- und Immissionswerten gesprochen, um begrifflich sowohl die DIN 4150 als auch den Runderlass der Ministerien („Erschütterungsrichtlinie“) als auch die LAI Richtlinie abdecken zu können.

Die messtechnische Erfassung, Aufzeichnung und Auswertung von Sprengerschütterungsimmissionen ist nach der DIN 45669 (Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung) durchzuführen. Für jedes Schwingungsereignis ist die Schwinggeschwindigkeit durch spezielle Erschütterungsmessgeräte in [mm/s] und die maßgeblichen Schwingfrequenzen des Ereignisses in Hertz [Hz] zu ermitteln. Weitere Größen, wie Schwingwege und Schwingbeschleunigungen, lassen sich ebenfalls messtechnisch erfassen oder aus den Messwerten rechnerisch ableiten.

Die Anhalts- bzw. Immissionswerte sind in den Regelwerken nicht als Grenzwerte zu verstehen, sondern bedürfen im Falle von Überschreitungen der weiteren Auslegung. Für Immissionsprognosen gelten diese Werte jedoch zunächst als Obergrenze.

Bei der Einwirkung von Erschütterungsquellen werden die einzelnen Teile des Gebäudes über die Fundamente in unterschiedlicher Weise zu Schwingungen angeregt. Dadurch treten dynamische Spannungen in den Bauteilen auf. Überschreiten diese die Festigkeitsgrenze des Materials, kommt es zur Rissbildung.

Für die Beurteilung dieser Schwingungen sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

- Maximale Schwinggeschwindigkeit
- Schwingfrequenzen
- Schwingungsdauer
- Bauliche und statische Beschaffenheit des Einwirkortes

Die Beanspruchungen können je nach der Größe der Erschütterungsimmissionen und anderer Gegebenheiten (wie z. B. Gebäudekonstruktion, Bausubstanz) bauliche Schäden hervorrufen.

Zunächst können aber für die Bewohner bei entsprechender Immissionshöhe belästigende Einwirkungen entstehen. In der Tabelle 1 sind die Empfindungsstärken exemplarisch dargestellt. Sie richten sich jedoch stark nach dem subjektiven Empfinden.

<b>Empfindungsstärke</b>	<b>Schwinggeschwindigkeit (mm/s)</b>
Spürbar	0.2 - 0.5
Bemerkbar	0.5 - 1.0
Unangenehm	1.0 - 2.0
Störend	2.0 - 3.0
Ggf. beanstandbar	3.0 - 5.0

Tabelle 1: Wahrnehmungsstärken des Menschen auf Erschütterungen (nach LAI, Länderausschuss für Immissionsschutz)

### 5.1. Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3)

Nachfolgend sind die zulässigen maximalen Schwinggeschwindigkeiten und Frequenzbereiche der Erschütterungsrichtlinie (in Anlehnung an die DIN 4150 Teil 3 für Erschütterungen im Bauwesen) aufgeführt.

Es wird nach

- kurzzeitigen Erschütterungen und
- Dauererschütterungen

unterschieden.

### 5.1.1. Allgemeines

Als geeignetes Verfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Erschütterungen von baulichen Anlagen haben sich Schwingungsmessungen bewährt und sind Grundlage dieser Norm.

Folgende Aussagen bilden in der DIN 4150 Teil 3 den Stand der Technik ab, die aus der langjährigen Erfahrung des Unterzeichners bestätigt werden können:

- Werden die Anhalts- bzw. Immissionswerte der Tabelle 2 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3; vgl. Tabelle 2 des gegenständlichen Gutachtens) eingehalten oder unterschritten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf.
- Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen. Bei Überschreitungen sind gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen erforderlich, beispielsweise die Spannungsermittlung und -beurteilung nach den in 4.3 und 4.4 (der DIN 4150 Teil 3, S. 6) erläuterten Verfahren.
- Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150 Teil 3 sind z. B.
  - Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und
  - Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen.
- Bei Gebäuden nach Tabelle 2, Zeilen 2 und 3 ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.
  - Risse im Putz von Wänden auftreten;
  - bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden,
  - Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.
- Werden Gebäude nach Tabelle 2, Zeile 1 beurteilt, stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.
- Treten bei kurzzeitigen Erschütterungen Deckenschwingungen auf, so ist bei  $V_z \leq 20 \text{ mm/s}$  in vertikaler Messrichtung am Ort der größten Schwinggeschwindigkeit – dies ist im allgemeinen die Deckenmitte – eine Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten. Alternativ zu einer direkten Messung dürfen die vertikalen Schwingungen am Fundament zur Beurteilung herangezogen werden.
- Die stärksten Vertikalschwingungen treten nicht zwangsläufig in der obersten Deckenebene auf.

Zur Bewertung der dynamischen Belastungen an schützenswerten Gebäuden mit mehreren Stockwerken ist es üblich und sinnvoll, einen Überhöhungswert  $\ddot{U}$  für die Immissionen in der obersten Deckenebene aus Fundament- und den höchsten Deckenmesswerten zu ermitteln. Der Wert dieses Überhöhungswertes ist von vielen Faktoren abhängig, z. B. von

- der Art der Anregung,
- der Bausubstanz und des Gebäudetyps (z. B. Wohnhaus oder Industriegebäude)
- den Deckenspannweiten,
- der Bauart und des Materials der Geschossdecken,
- der Anzahl der Stockwerke sowie
- den in das Bauwerk eingeleiteten Frequenzen.

Je höher die Frequenz ist, desto geringer ist erfahrungsgemäß der Überhöhungswert. Für Wohngebäude „normaler Bauart“ liegt dieser Überhöhungswert im Bereich von



$\ddot{U} = 2$  bis  $\ddot{U} = 4$  vor, abhängig von der Erregungsart sowie der Entfernung und den Frequenzen.

Mit dem in der Bau- und Betriebsphase an einigen Immissionsorten (Gebäude) bei durch Erschütterungsmessungen zu ermittelndem Überhöhungswert kann dann anhand von Messungen am Gebäudefundament auf die Höhe der Anregung der jeweils zu beurteilenden Geschossdecken geschlossen werden. Diese Vorgehensweise gilt auch umgekehrt. Dieser Fundamentwert ist auch für die Durchführung von Immissionsprognosen (besonders für Sprengerschütterungen) erforderlich.

In der Immissionsprognose wird für die später zu beurteilenden Immissionsobjekte ein Überhöhungswert verwendet. Dieser beschreibt die erhöhte Anregung im Bereich der Deckenebenen in Bezug zur Fundamentanregung.

Für Wohngebäude wird dieser Überhöhungswert mit  $\ddot{U} = 4$  angesetzt. Für Betriebsgebäude oder vergleichbar gebaute bzw. gewerblich genutzte Gebäude (im Nahbereich der Sprengungen) wird ein Überhöhungswert mit  $\ddot{U} = 2$  verwendet. Diese Werte beruhen auf allgemeinen Mess- und Beurteilungserfahrungen. Bei geringen Abständen zu den Sprengstellen sind hohe Frequenzen zu erwarten, die den Überhöhungswert drücken.

Erfahrungsgemäß sind dadurch für die Beurteilung aller Arten von Erschütterungsimmersionen ausreichend hohe Sicherheiten gegeben.

Die in den Tabellen 2 und 3 aufgeführten Anhaltswerte sollten für die jeweilige Anregung (kurzzeitige Erschütterungen wie z. B. Sprengen oder Dauererschütterungen wie z. B. Rammarbeiten oder Bohrarbeiten) an den jeweils zu beurteilenden Gebäuden eingehalten werden.

### 5.1.2. Kurzzeitige Erschütterungen

Als kurzzeitige Erschütterungen werden laut DIN 4150 Teil 3 (Punkt 3.5) diejenigen Erschütterungen definiert, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingung durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen. Zu kurzzeitigen Erschütterungen können beispielhaft folgende Verursacherquellen gezählt werden:

- Sprengungen
- LKW-Verkehr
- Auf- und Abladen von Schuttgütern

Dauererschütterungen sind laut Definition der DIN 4150 Teil 3 (Punkt 3.6) hingegen diejenigen Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Die Tabelle 2 gibt den maßgeblichen Auszug der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 für kurzzeitige Erschütterungen zur Beurteilung von Gebäuden wieder.



		Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{\text{imax}}$ in mm/s für kurzzeitige Einwirkungen			
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal
Zeile/Spalte	Gebäudeart	1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz (a)	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	<b>20</b>	<b>20 bis 40</b>	<b>40 bis 50</b>	<b>40</b>
2	Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung gleichartige Bauten.	<b>5</b>	<b>5 bis 15</b>	<b>15 bis 20</b>	<b>15</b>
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. Denkmalschutz)	<b>3</b>	<b>3 bis 8</b>	<b>8 bis 10</b>	<b>8</b>
a) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Tabelle 2: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $V_{\text{imax}}$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen (z. B. Sprengen) auf Gebäude.

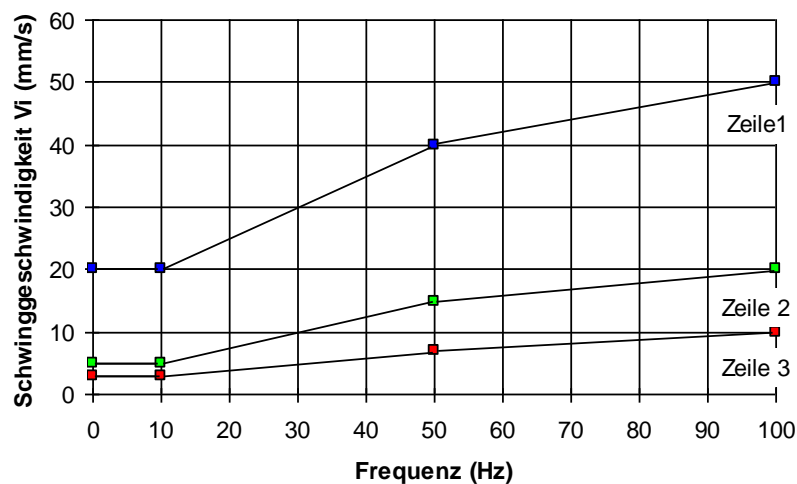


Abbildung 4: Diagramm zur Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (nach Bild 1, S. 9 der DIN).

Das Diagramm setzt die Werte der Tabelle 2 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) um und gilt nur in Verbindung mit dieser Tabelle.

Folgender Anhalts- bzw. Immissionswert ist unabhängig von der Schwingfrequenz im obersten Vollgeschoss für vertikale Schwingungen für die Zeilen 1 bis 3 der Tabelle 2 einzuhalten:

**$V_{\text{imax}}$  in der Deckenmitte (vertikale z-Ebene)**

**20 mm/s**

Für Rohrleitungen diverser Materialien und Verbindungstechniken gelten im Wesentlichen die Anhaltswerte der nachfolgenden Tabelle 3 (Tabelle 2 der DIN 4150 Teil 3).



Tabelle 3 - Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{i, \max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterung auf erdverlegte Rohrleitungen Hohlräumen		
Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{i, \max}$ in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit oder ohne Flansche	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50

Anmerkung: Drainagerohre sind nach Tabelle 3, Zeile 3 zu beurteilen.

Tabelle 3: Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß der DIN 4150 Teil 3 für erdverlegte Rohrleitungen

### 5.1.3. Dauererschütterungen

Dauererschütterungen können durch folgende Verursacherquellen erzeugt werden:

- Rammarbeiten (z. B. Einsatz von Vibrationsrammen, Schlagrammen)
- Bohrarbeiten
- Verdichtungsarbeiten
- Einsatz von Hydraulikmeißel (unter Umständen)
- Turbinenbetrieb

Für die Beurteilung sind die größten horizontalen Schwinggeschwindigkeiten maßgebend, die in der Regel in der obersten Deckenebene auftreten. Der Beurteilung wird der größte Wert der Einzelkomponenten zugrunde gelegt. Ersatzweise können bei länger andauernden Erschütterungsüberwachungen auch Messpunkte im Fundamentbereich genutzt werden, sofern das Übertragungsverhalten (Überhöhungsfaktor) vom Fundament auf die oberste Deckenebene zuvor ausreichend messtechnisch bestimmt worden ist.

Nachfolgend ist die Tabelle 4 der DIN 4150 Teil 3 aufgeführt. Diese führt die Anhalts- bzw. Immissionswerte für Dauererschütterungen zu deren Beurteilung an Gebäuden an.

Vertikale Schwinggeschwindigkeiten bis 10 mm/s führen bei Geschossdecken nach Tabelle 4, Zeile 1 und 2 erfahrungsgemäß nicht zu Schäden, selbst wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen sind. Bei Gebäuden, die nach Tabelle 4 in die Zeile 3 eingeordnet werden, kann zur Vermeidung leichter Schäden eine Abminderung des Anhalts- bzw. Immissionswertes notwendig werden.

Für eine Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf erdverlegte Rohrleitungen dürfen ohne weitere Nachweise die Anhalts- bzw. Immissionswerte der Tabelle 3 (Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3) auf 50 % abgemindert werden.

	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebenen, 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 Erschütterungs- empfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. Denkmalschutz)	2,5	a 10
Anmerkung: Bei Einhaltung nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden			
a	Abschnitt 6.1.2 ist zu beachten		

Tabelle 4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $V_{i,max}$  zur Beurteilung von Dauererschütterungen auf Gebäude (= Tabelle 4 der DIN 4150 Teil 3)

## 5.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2)

Seit einigen Jahren ist die Anwendung dieses Normteils für Immissionsbetrachtungen zu Erschütterungen Stand der Technik. In vielen Fällen reglementieren die einzuhaltenden Immissionswerte diejenigen des Normteils 3 der DIN 4150 deutlich.

Diese Norm enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 – 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Mit Hilfe des in dieser Norm beschriebenen Beurteilungsverfahrens können beliebige periodische und nicht-periodische Schwingungen beurteilt werden. Es werden Anforderungen und Anhalts- bzw. Immissionswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen oder vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

In der DIN 4150 Teil 2 bzw. der „Erschütterungsrichtlinie“ werden verschiedene Anwendungsfälle beschrieben, die hier sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphase zu berücksichtigen sind.

In der DIN 4150 Teil 2 wird im Anhang D unter 6.5.4 Punkt 2. (Zumutbarkeit erheblicher Belästigungen bei Baumaßnahmen) Folgendes erläutert:

Außer dem Schutzziel der Norm „Vermeidung erheblicher Belästigungen von Menschen in Gebäuden“ musste bei der Behandlung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen eine Abwägung vorgenommen werden zwischen der Zumutbarkeit für betroffene Anwohner einerseits und der Vermeidung unangemessener hoher Kosten andererseits.

Bei Baumaßnahmen gibt es daher immer wieder Situationen, in denen die Einhaltung der zur Vermeidung erheblicher Belästigungen als angemessen angesehenen Schwellen-/Anhaltswerte aus sachlichen Gründen in Frage gestellt ist.

Das ist dann gegeben, wenn aus zwingenden technischen Gründen (Stand der Technik) alternative Bauverfahren nicht zur Verfügung stehen oder aus anderen Schutzgründen

nicht in Frage kommen. Wird zur Verringerung der Erschütterungsbelastung z.B. eine erhebliche Bauzeitverlängerung und damit verlängerte Erschütterungsbelastung auf niedrigerem Niveau eventuell in Verbindung mit erhöhter Lärm- und/oder Schmutzbelastung notwendig, dann ist die Zumutbarkeit zeitlich begrenzter Erschütterungseinwirkungen auch im Bereich erheblicher Belastung bis zu einer Zumutbarkeitsschwelle (Stufe III) abzuwägen.

In solchen Fällen sollte den Betroffenen die Sorge wegen befürchteter Nachteile durch Schäden am Gebäude (z. B. neue Putzrisse) durch Beweissicherung und Zusagen bezüglich der Behebung möglicher Schäden genommen werden. (Ergänzung: da Beschwerden über Schäden meist denen über Belastungen vorgelagert sind.) Dann zeigt die Erfahrung, dass viele Betroffene oft starke, aber nur wenige Tage einwirkende Erschütterungen lieber hinnehmen als lang andauernde mäßige starke."

Dies sollte bei der Beurteilung der Immissionseinwirkungen, insbesondere in einem schwierigen Immissionsumfeld, Berücksichtigung finden, sofern es in der Ausführungsphase zu derartigen Beschwerden kommen sollte. Individuelle Aufklärungsgespräche mit den Anliegern verbunden mit einem geeigneten Monitoring können dann im Regelfall Verständnis für die jeweilige Art der erschütterungsimmittierenden Maßnahme erzeugen. Dabei sollte der Zeitraum der für die Anlieger nicht vermeidbaren Erschütterungsimmissionen aufgezeigt werden.

### 5.2.1 Bauphase

In der Bauphase kommen alle Arten der Erschütterungen (kurzzeitige Erschütterungen sowie Dauererschütterungen) vor, die jeweils gemäß Punkt 6.5.4 der DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen durch Baumaßnahmen“ zu beurteilen sind.

Die zur Bestimmung des  $A_0 = I W_0$  – Wertes erforderlichen Erschütterungsmessungen werden im Obergeschoss in dem Raum mit der größten freitragenden Decke durchgeführt und in dem sich die Menschen während der Erschütterungsbelastungen maßgeblich aufhalten. In der Deckenmitte des Messortes ist die vertikale (z) Richtungskomponente maßgeblich zur Immissionswertbestimmung. In den meisten Fällen erfolgt diese über einen im Messgerät eingebauten Filter.

Die Sprengerschütterungen können für die Anlieger für folgende Entfernungen im Bereich der Fühlbarkeitsschwelle (d. h. auf sehr niedrigem Niveau) liegen:

- Bis ca. 500 m (Sprengungen Krafthaus) bei einer maximalen Lademenge von etwa 4 kg je Zündzeitstufe.
- Bis zu 700 m (Sprengungen Speichersee) bei einer maximalen Lademenge von etwa 7 kg je Zündzeitstufe.

Die DIN 4150 Teil 2 (6.5.4.3) gibt generell nachfolgende Empfehlungen zur Minderung psychischer Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen, die besonders dort wichtig sind (wie bei dieser Baumaßnahme), wo bisher Erschütterungen durch Sprengungen oder größere Baumaßnahmen bisher nicht verursacht wurden:

- Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahme, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen der Sprengarbeiten. .
- Aufklärung der Betroffenen über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit unter Umständen verbundenen Belästigungen.
- Informationen der Betroffenen über zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle etc.).
- Benennung einer Ansprechstelle, an die sich die Betroffenen wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben.
- Informationen der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude (z. B. schädlich / unschädlich).



- Nachweis durch Messungen über die tatsächlichen Erschütterungen an ausgewählten Referenzobjekten.

### Baustellensprengungen

Für alle Baustellensprengungen gilt allein das  $A_0 = IW_0$  – Kriterium unabhängig von der Anzahl der Sprengungen je Tag.

Sprengungen werden bei diesem Vorhaben nur im Tageszeitraum (6.00 – 22.00 Uhr) durchgeführt. Somit sind Immissions- bzw. Anhaltswerte von  **$IW_0 = A_0 = 8$**  für die Gebäude zugelassen, in denen sich dauerhaft Menschen aufhalten, es sind jedoch niedrigere Werte anzustreben.

### Sonstige Erschütterungen

Für die sonstigen auftretenden Erschütterungen bei Baumaßnahmen (außer Sprengarbeiten) gelten die Anhalts- bzw. Immissionswerte entsprechend der Tabelle 5 (Tabelle 2 der DIN 4150 Teil 2). Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen erfolgt in drei Stufen, wobei im Stadium der Planung Prognose oder Erfahrungen die Grundlage der Einstufung sind:

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	$A_u$	$A_o^{*)}$	$A_r$	$A_u$	$A_o^{*)}$	$A_r$	$A_u$	$A_o^{*)}$	$A_r$
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	1,0	5	0,6

\*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt  $A_o=6$

Tabelle 5: Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen (außer Sprengungen)

Dabei bedeuten

$A_u$  unterer Anhaltswert

$A_o$  oberer Anhaltswert

$A_r$  zeitbewerteter Anhaltswert.

Grundsätzlich gilt die Norm als eingehalten, wenn gilt:

$$(KB_{Fmax} \leq A_u) \text{ oder } ((KB_{Fmax} \leq A_o) \text{ UND } (KB_{FTT} \leq A_r)) = \text{Wahr}$$

Sie ist demnach nicht eingehalten, wenn  $KB_{Fmax} \geq A_o$  ist.

Dabei ist für Baumaßnahmen die tatsächliche Einwirkzeit entscheidend.

Bei diesem Projekt ist davon auszugehen, dass die gesamte Baumaßnahme länger als 78 Tage dauern wird und damit die Einwirkdauer einzelner Bauvorgänge über 78 Tagen liegen kann. Für länger als an 78 Tagen einwirkende Erschütterungen macht die Norm jedoch keine Angaben. Für die Bestimmung der Anzahl der Tage sind nur die Tage relevant, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten, nicht die Zeitdauer der Baumaßnahme an sich.

Es ist demnach im Einzelfall die jeweilige Einwirkdauer festzustellen., Bei einer Einwirkdauer von bis zu 78 Tagen gelten die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach der Tabelle 5, bei längerer Einwirkdauer diejenigen nach Tabelle 6 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2). Diese Vorgehensweise ist von der LAI-Richtlinie gedeckt.



Zeile	Einwirkungsort	tags			Nachts		
		$A_u$	$A_r$	$A_o$	$A_u$	$A_r$	$A_o$
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete §9 BauNVO)	0,4	0,2	6	0,3	0,15	0,6
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete §8 BauNVO)	0,3	0,15	6	0,2	0,1	0,4
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete §7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete §5 BauNVO)	0,2	0,1	5	0,15	0,07	0,3
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeines Wohngebiet §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO)	0,15	0,07	3	0,1	0,05	0,2
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	0,05	3	0,1	0,05	0,15

Tabelle 6: Anhalts- bzw. Immissionswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in vergleichbar genutzten Räumen.

Besonders schutzwürdige Objekte (z.B. Krankenhäuser) sind im Einflussbereich der Bauarbeiten nicht vorhanden, so dass keine Erfordernis besteht, gesonderte Untersuchungen und Absprachen durchzuführen bzw. gegebenenfalls die Tabelle 6 grundsätzlich anzuwenden.

Wenn die maximalen Erschütterungsereignisse ( $KB_{Fmax}$ ) unterhalb einer gewissen Wahrnehmungsschwelle sind ( $A_u$ ), liegt überhaupt kein Potential für eine mögliche belästigende Wirkung vor. Überschreiten die Erschütterungen eine festgelegte Obergrenze ( $A_o$ ), so sind diese per Definition als erheblich belästigend einzustufen.

In dem Zwischenbereich  $A_u < KB_{Fmax} < A_o$  sind die Einwirkungen nach Zeitdauer und Intensität zu gewichten ( $KB_{FTr}$ ) und müssen unterhalb des  $A_r$ -Kriteriums liegen.

Da jeweils derjenige Raum bei den Messungen zu betrachten ist, in dem sich die Menschen vermehrt zum Zeitpunkt der Tätigkeiten mit Erschütterungspotential aufhalten, sind derartige Beurteilungen sehr individuell.

Die hier durch die Baumaßnahme betroffenen Anliegergebiete sind mit einer Ausnahme (Riedlerstraße in Gottsdorf) in die Zeile 3 der Tabelle 6 als Mischgebiete nach § 6 BauNVO einzustufen, so dass Zeile 3 der Tabelle 6 einschlägig ist. Die Riedlerstraße liegt nach § 4 BauNVO im Allgemeinen Wohngebiet, mit der Folge, dass sie in Zeile 4 der Tabelle 6 eingestuft ist.

Nachts (22:00 bis 06:00 Uhr) sind keine erschütterungsemitternden Bauarbeiten vorgesehen.

Unabhängig von den Einzelüberprüfungen der Kriterien  $A_u$  und  $A_r$  gilt daher der Immissions- bzw. Anhaltswert von  **$IW_o = A_o = 5$**  für jegliche Arten der Erschütterungserzeugungen (außer Sprengungen) im Tageszeitraum von 06:00 bis 22:00 Uhr für den Einflusszeitraum sowohl  $< 78$  Tage als auch  $> 78$  Tage. Lediglich nach 78 Tagen Einflusszeit ändern sich die  $A_u$  und  $A_r$ -Kriterien, die einer individuellen Überprüfung bedürfen.

Der Tageszeitraum von 06:00 bis 22:00 Uhr kann in der Bauausführung gegebenenfalls durch die Bestimmungen der AVV-Baulärm reglementiert werden (z. B. auf 07:00 bis 20:00 Uhr).

Für die Riedlerstraße, insbesondere für das zu den Bauarbeiten nächstgelegene Wohnhaus Riedlerstr. 24, gelten hier für einen Einflusszeitraum von  $> 78$  Tagen nach Zeile 4 der Tabelle 6 ein Anhalts- bzw. Immissionswert von  **$IW_o = A_o = 3$**  und die entsprechenden Werte für die Kriterien  $A_u$  und  $A_r$ .

Aufgrund des gegebenenfalls durch diese Einstufung in die Zeile 4 zur Anwendung kommenden geringeren Anhalts- bzw. Immissionswerts gilt es jedoch später in der Bauphase gemäß dem bereits erwähnten Passus der DIN 4150 Teil 2 (Anhang D unter 6.5.4 Punkt 2. „Zumutbarkeit erheblicher Belästigungen bei Baumaßnahmen“) eine angemessene Abwägung zu treffen.



Im Rahmen der Abwägung müssen einerseits die Zumutbarkeit für betroffene Anwohner und andererseits die Vermeidung unangemessener hoher Kosten berücksichtigt werden.

### 5.2.2 Betriebsphase

Die Erschütterungseinwirkungen (z. B. Kraftwerksbetrieb und Zusatzverkehr durch Kontrollfahrten) in der Betriebsphase des neuen Kraftwerks sind nach Tabelle 6 zu beurteilen.

## 5.3 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1)

Schwingungen und Erschütterungen werden zum einen durch Sprengungen zum anderen auch im allgemeinen Baubetrieb, z. B. durch Verdichtungsarbeiten, dem Einbringen von Pfählen, Dicht- und Spundwänden (durch Ramm- und Vibrationsarbeiten), Bohr- und Meißelarbeiten, Schwerlastverkehr und Materialumschlag, hervorgerufen.

Hierzu liegen umfangreiche Erfahrungen aufgrund von durchgeführten Messreihen vor, die hier zur Beurteilung der auftretenden Immissionen in der Bau- und Betriebsphase herangezogen werden.

Für die Beurteilung spielt besonders die jeweilige Anregungsart, die Entfernung zwischen der Emissionsquelle und dem Immissionsort (sowie dessen Ausbildung) eine entscheidende Rolle.

Grundlage für die anzuwendenden Prognoseformeln bildet die DIN 4150 Teil 1 „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“. Die Größe der durch den Boden weitergeleiteten Schwingungen nimmt mit zunehmender Entfernung von der Erschütterungsquelle ab. Diese Abnahme wird im Wesentlichen durch die geometrische Amplitudenabnahme und die Materialdämpfung des Bodens bestimmt. Während für bestimmte Erschütterungsquellen (wie z. B. Sprengerschütterungen) seit Jahren hinreichend genaue Prognoseformeln bestehen, ist die Prognose nach Art und Intensität von sonstigen Erschütterungen (sowohl kurzzeitige Erschütterungen als auch Dauererschütterungen) erfahrungsgemäß nur unzulänglich möglich. Die DIN 4150 Teil 1 gibt zwar für das Fernfeld eine allgemeine Formel zur Berechnung der Erschütterungsausbreitung im Baugrund vor, diese gilt jedoch nicht für den Nahbereich. Auch aufgrund der vielen Einflussfaktoren (auch bzgl. der Erschütterungsquelle) ist es sinnvoller durch praktische Messungen oder anhand von Erfahrungen vergleichbarer Anwendung die Immissionsprognosen durchzuführen. Dieses betrifft im Übrigen auch die Auswirkungen von Erschütterungen auf den Baugrund. Die Tatsache, dass auch eine Verdichtung des Bodens durch Schwingungen hervorgerufen werden kann (z. B. durch Vibrationsrammen und Tiefenrüttler), ist in der DIN 4150 Teil 3 nicht berücksichtigt. Aus diesem Grunde sind bisher trotz Untersuchungen (z. B. durch die Bundesanstalt für Wasserbau) keine genauen Prognoseverfahren für die praktische Anwendung verfügbar.

Daher werden die Grundlagen für die durchzuführenden Immissionsprognosen für die verschiedenen Erschütterungsemissionen jeweils gesondert betrachtet.

### 5.3.1 Prognose der Sprengerschütterungen

Bei der Durchführung von Gesteinssprengungen im Allgemeinen entstehen zwangsläufig Emissionen, da sich die Gesamtenergie der Sprengstoffumsetzung in zwei Hauptenergieanteile aufteilt:

- In einen Wirkanteil, der in sprengtechnisch gewünschter Form zur Ablösung, Zerkleinerung und zum Werfen einer bestimmten Gesteinsmasse benötigt wird.
- In einen nicht unerheblichen Anteil an Verlustenergie. Neben einem kleinen Anteil, der als thermische (Wärmeabstrahlung) und akustische (Luftschall) Energie in der Atmosphäre verlorenght, wird der weitaus größte Anteil der



Verlustenergie an das anstehende Gestein als elastische Wellen in Form von spürbaren Erschütterungen (Körperschall) abgegeben.

Die bei Sprengungen entstehenden Emissionen lassen sich sprengtechnisch nicht vermeiden, sondern nur reduzieren, wenn deren Ursprung bekannt ist und geeignete Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Insofern sind vor Aufnahme von Sprengarbeiten Immissionsprognosen erforderlich, damit die entsprechenden und gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte sicher eingehalten werden können und bei eventuellen kurzzeitigen Überschreitungen Maßnahmen zur Immissionsreduzierung vorhanden sind.

Sprengerschütterungen stellen bei Gesteinssprengungen die Hauptform der auftretenden Energieverluste dar.

### **Emissionen**

Während im direkten Einwirkungsbereich von Sprenganlagen die Energie wie geplant und erwünscht den Gebirgsverband pulverisiert und bis zur Haarrissbildung zerstört, auflockert und die Vorgaben geworfen werden, können in entfernteren Bereichen Bodenschwingungen auftreten.

Als Schwingung wird eine zeitliche Veränderung von physikalischen Größen bezeichnet, wenn diese Veränderung im betrachteten Zeitraum nicht monoton verläuft. Ein betrachteter Punkt durchläuft dabei immer die gleiche Ruhelage. Demgegenüber entsteht eine Welle durch das räumliche Zusammenwirken zahlreicher schwingender Teilchen, die einzelnen Punkte führen alle gleichartige Schwingungen aus. Sie gehen jedoch nicht alle gleichzeitig, sondern nacheinander durch die Ruhelage.

Durch Sprengarbeiten im anstehenden Boden oder Felsen entstehen somit seismische Wellen, deren Weiterleitung durch den Untergrund die Ursache für Erschütterungen ist. Man unterscheidet dabei zwei Hauptwellenarten: Raum- und Oberflächenwellen.

Beide Wellenarten sind im Wesentlichen durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Frequenz (daraus resultiert die Wellenlänge) charakterisiert.

In der Theorie werden für geringe Entfernungen zwischen Erschütterungserreger (Sprengung) und Messort die Raumwellen (Transversal- und Kompressionswellen), und für einen größeren Abstand ( $> 100$  m) die Oberflächenwellen als maßgeblich für die Erschütterungsbetrachtung herangezogen. Letztere sind durch niedrigere Frequenzen, aber höhere Schwingungsamplituden gekennzeichnet.

Die in der Praxis auftretenden Ausbreitungsverhältnisse liegen zumeist zwischen diesen beiden Grenzfällen.

#### Unveränderliche Faktoren für die Ausbildung von Bodenschwingungen sind z. B.:

- Geologische und tektonische Verhältnisse
- Topographische und morphologische Gegebenheiten
- Entfernung zwischen Sprengstelle und Bebauung sowie ihre räumliche Lage zueinander

#### Beeinflussbare und veränderbare Faktoren sind z. B.:

- Höchstlademenge an Sprengstoff je Zündzeitstufe und deren zeitliche Beeinflussung untereinander (z.B. Zündzeitabstände)
- Zündungstechnik
- Spezifischer Sprengstoffaufwand
- Verspannungsgrad des zu lösenden Gesteins
- Die gewählte Lösungsform: Untertage ist die räumliche und zeitliche Trennung von Ladungen zu erwähnen sowie die Vorgabenauslegung und der Ausladungsgrad der Bohrlöcher.

Für die Immissionsprognose der notwendigen Sprengarbeiten werden seit vielen Jahren unterschiedliche Grundgleichungen benutzt, die den Einfluss der Lademenge je Zündzeitstufe und die Immissionshöhe zur Entfernung zwischen Emissionsort



(Sprenganlage) und Immissionsort (z. B. Bauwerk) in Beziehung setzen und die damit mit der in der DIN 4150 Teil 1 (5.1.2) genannten Prognoseformel korrespondieren. Die Prognoseformeln nach Prof. Koch und die der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe stellen seit vielen Jahren den Stand der Technik dar.

### Prognoseformel nach Prof. Koch

Diese wurde von Professor Koch beim Bau der Biggetalsperre - damals wurden später überflutete Häuser als Versuchsobjekte benutzt - aus praktischen Messreihen entwickelt und stellt heute immer noch den Stand der Technik dar:

$$W = K \cdot \frac{\sqrt{L}}{R}$$

Darin bedeuten:

$V_i$  = maximale Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

$L$  = Höchstlademenge/Zündzeitstufe (kg)

$R$  = kürzeste Entfernung Sprengstelle - Immissionsort (m)

$K$  = Gebirgsbeiwert

Die Koch'sche Gleichung bietet für den Nahbereich (ca. < 100 m) eine hinreichend gute Prognosesicherheit.

Der Gebirgsbeiwert  $K$  wird (sofern keine Messwerte aus dem Gebirge vorliegen) üblicherweise mit 100 angenommen.

Für die hier durchzuführenden Immissionsberechnungen im Sinne eines Prognoseverfahrens wird diese Prognoseformel für den Nahbereich mit einem Gebirgsbeiwert von  $K = 125$  berücksichtigt. Dieser bildet auch die geologische Situation ab.

Hiermit ist eine zusätzliche Sicherheit von 25 % berücksichtigt, die für das anstehende Gebirge und die Form der Sprengarbeiten als angemessen beurteilt wird.

### Prognoseformel gemäß der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

1986 wurde das Resultat eines Forschungsauftrages in den Nobelheften veröffentlicht, das federführend von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) bearbeitet wurde und die Vorermittlung von Sprengerschütterungsemissionen zum Thema hatte.

Die Autoren Dr. Lüdeling und Dr. Hinzen veröffentlichten zwei Formeln sowohl für Sediment- als auch kristalline Gesteine, die sich im Wesentlichen durch unterschiedliche Exponenten voneinander abheben:

$$v_i = K \cdot L^{0,8} \cdot R^{-1,3}$$

(hier: Formel für kristalline Gesteine)

$V_i$ ,  $L$  und  $R$  haben die gleiche Bedeutung wie in der Koch'schen Gleichung. Die Koeffizienten wurden anhand von vielen praktischen Untersuchungen ermittelt.

Sofern keine Erfahrungs- bzw. Messwerte vorliegen, wird der Gebirgsbeiwert  $K$  im kristallinen Gestein mit dem Wert 206 angenommen.

Mit Hilfe von Erschütterungsmessungen im anstehenden und zu beurteilenden Festgestein kann der Gebirgsbeiwert  $K$  in Abhängigkeit von  $L$  und  $R$  für jede Situation individuell errechnet werden.

Da keine direkten Erfahrungen durch Probesprengungen für dieses Projekt vorliegen, werden Vergleichswerte von unmittelbar vergleichbaren Projekten bzw. Immissions-situationen zur Bestimmung des Gebirgsbeiwertes herangezogen. Daher wird ein



Gebirgsbeiwert von  $K = 258$  verwendet, der – wie bei der Prognoseformel nach Prof. Koch – auch eine zusätzliche Sicherheit von 25 % berücksichtigt.

Die BGR-Formel hat sich besonders für den Fernbereich als gute Möglichkeit zur Vorabschätzung bewährt und wird daher für die beim Vorhaben vorhandenen überwiegend großen Entfernungen ( $>> 100$  m) verwendet. Im Nahbereich unter 100 m bildet die Formel nach Prof. Koch die Berechnungsgrundlage.

Bei allen Prognoserechnungen sind jedoch auch die Prognoseergebnisse auf Basis der Koch'schen Formel zum Vergleich mit aufgeführt.

### Sicherheiten der Immissionsprognose

Erfahrungsgemäß liegen bei derartigen Sprengungen die Gebirgsbeiwerte im Nahbereich ( $< 100$  m) niedriger als der Standardwert, wobei eine Schwankungsbreite von ca.  $\pm 25$  % vorkommen kann.

Es gilt als zusätzliche Sicherheit der Prognose zu berücksichtigen, dass sich alle Berechnungen der Immissionsprognose auf die jeweils minimale Entfernung zum Immissionsort beziehen. Die überwiegenden Sprengungen sind jedoch weiter entfernt. Zusätzlich werden nicht die tatsächlich vorhandenen (= räumlichen), sondern nur die horizontalen Entfernungen berücksichtigt. Die Erfahrungen aus unzähligen erstellten Immissionsprognosen inklusive der erschütterungstechnischen Begleitung dieser Projekte bestätigt die Richtigkeit dieses Ansatzes (Beispielprojekte: Kanalbaustellen Oberbränd im Granit, Erstellung der Baugrube zur Erweiterung des Elektrizitätswerks Schönau im Granit usw.), so dass die Berücksichtigung zusätzlicher statistischer Sicherheiten entfallen kann.

Eine Überprüfung der hier im Prognoseverfahren verwendeten Gebirgsbeiwerte muss mit Aufnahme der Sprengtätigkeit durchgeführt werden. Sofern die Gebirgsbeiwerte sich als höher herausstellen, erfolgt eine Abwägung anhand der mittlerweile in der Praxis gewonnenen Messwerte, ob Überschreitungen der Anhalts- bzw. Immissionswerte an den Immissionsobjekten mit minimalen Abständen unter Berücksichtigung der tatsächlich eingesetzten Sprengtechnik tatsächlich erfolgen können. Kann das nicht ausgeschlossen werden, stehen verschiedene sprengtechnische Maßnahmen zur Erschütterungsreduzierung zur Auswahl (z.B. Reduzierung der Abschlagslänge, Änderung des Zündverfahrens).

Bei der Immissionsprognose ist die Vorgehensweise so, dass zunächst verschiedene Lademengen-Abstandstabellen berechnet werden, um aufgrund des jeweiligen Abstandes zu den Immissionsorten die maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe zu ermitteln, bei deren Einsatz die jeweils gültigen Anhalts- und Immissionswerte sicher eingehalten werden.

Zur Durchführung der Immissionsprognose für die notwendigen Sprengungen (über- und untertage) muss der Immissionswert von  $IW_0 = A_0 = 8$  zunächst auf Schwinggeschwindigkeitswerte im Obergeschoss und anschließend auf das Gebäudefundament zurückgerechnet werden, da sich die Prognoseformeln für Sprengungen auf Schwinggeschwindigkeiten beziehen, die in den Geschossdeckenebenen messtechnisch ermittelt werden bzw. als Anhalts- bzw. Immissionswerte in den Regelwerken vorgegeben werden (und nicht auf  $KB \cdot F_{\max}$ -Werte).

Hierzu verwendet man den allgemeinen Rechengang nach den Gleichungen 6 und 7 der DIN 4150, Teil 2:

Gleichung 6 der DIN

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{\max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{t_0}{t}\right)^2}}$$

Gleichung 7 der DIN

$$A = KB \cdot F_{\max} = KB \cdot C_F$$

Darin bedeuten:

$V_{\max}$  = höchste Schwinggeschwindigkeit auf der Deckenebene (mm/s)

$f_0$  = Bezugsfrequenz 5,6 Hz

$f$  = Schwingfrequenz (geschätzt mit ca. 10 Hz)

$C_F$  = Konstante

$A_0$  = Immissionswert (IW)

Der  $C_F$  - Wert kann der Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2, Zeile 4 entnommen werden und gilt für Einzelereignisse kurzer Dauer bei denen keine Resonanzen zu erwarten sind. Das Berechnungsverfahren kann für alle Arten der Erschütterungen zur Umrechnung in Schwinggeschwindigkeiten verwendet werden.

Für die Immissionsprognose zur Beurteilung der kurzzeitigen Erschütterungsereignisse werden folgende Ansätze verwendet (Tabelle 7):

Geht man von typischen Eigenfrequenzen für Betondecken um ca. 30 Hz aus, so lässt sich für den zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_0 = IW_0 = 8$  eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\max} = 19,2$  mm/s als Äquivalentwert errechnen. Erfahrungsgemäß sind bei Sprengarbeiten (und kurzzeitigen Erschütterungen) keine Resonanzen in den Geschossdecken feststellbar. Aus diesem Grund kann hier der  $cF$ -Wert von 0,6 angewendet werden. Die übrigen  $cF$ -Werte sind zum Vergleich mit dargestellt.

Wie bereits unter 0 ausgeführt, wird als Worst-Case-Betrachtung ein Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 4$  für alle Gebäudetypen verwendet. In der folgenden Tabelle werden die Anhalts- bzw. Immissionswerte in zulässige Schwinggeschwindigkeiten umgerechnet.

Beurteilung Baustellen $IW_0 = A_0 = 8$				
	$cF$ -Wert = 0,6	$cF$ -Wert = 0,7	$cF$ -Wert = 0,75	$cF$ -Wert = 0,8
	$IW_0 = A_0 = 8$	$IW_0 = A_0 = 8$	$IW_0 = A_0 = 8$	$IW_0 = A_0 = 8$
	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG
Frequenz	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig
10	20,0	18,5	17,3	16,2
15	20,0	17,3	16,1	15,1
20	19,6	16,8	15,7	14,7
25	19,3	16,6	15,5	14,5
30	19,2	16,4	15,3	14,4
35	19,1	16,4	15,3	14,3
40	19,0	16,3	15,2	14,3

$\ddot{U} = 4,0$	Fundament	Fundament	Fundament	Fundament
	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig	$V_{\max}$ zulässig
	4,80	4,10	3,83	3,60

rote Zahlenwerte = durch maximale Schwinggeschwindigkeit  
DIN 4150 Teil 3 gedeckelt.

Tabelle 7: Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament

Aus der Tabelle ist nunmehr ersichtlich, dass für eine maximale Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\max} = 4,8$  mm/s am Gebäudefundament der Anhalts- und Immissionswert von  $A_0 = IW_0 = 8$  eingehalten ist.

Für die daraus entsprechend errechneten Schwinggeschwindigkeitswerte in der Geschossdeckenebene von  $V_{\max} = 19,2$  mm/s am Gebäudefundament) sind sowohl die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 als auch für kurzzeitige Erschütterungsereignisse nach DIN 4150 Teil 3 eingehalten.

Im Regelfall – durch vielzählige praktische Messungen belegbar – liegen die tatsächlichen Messwerte unterhalb der hier berechneten Prognoseansätze, da der im Obergeschoss durch Filterung und Berücksichtigung der Taktmaximalwerte ermittelte  $KB \cdot F_{\max}$ -Wert im Messgerät immer geringer als der Rechenwert liegt.

### 5.3.2 Prognose der Erschütterungen aus allgemeinem Baubetrieb

Die aus dem allgemeinen Baubetrieb entstehenden Erschütterungen lassen sich erfahrungsgemäß nur mit sehr hohen Unsicherheiten bei Verwendung der in der DIN 4150 Teil 1 (4.2) genannten allgemeinen Formel für die Schwingungsausbreitung prognostizieren, da die Einflussfaktoren (wie z. B. die Art des Arbeitsgeräts als Emittent und verursachte Erschütterungsintensitäten) sehr vielfältig sind.

Deutlich geeigneter ist die Nutzung von Erfahrungswerten bzw. Rückschlüsse aus durchgeführten praktischen Messreihen vergleichbarer Tätigkeiten mit Erschütterungsemissionen. Dadurch kann eine Worst-Case Betrachtung durchgeführt werden. Diese Methode wird hier angewendet.

### 5.3.3 Prognose der Erschütterungen für die Betriebsphase

Auch hier ist die Nutzung der in der DIN 4150 Teil 1 (4.2) genannten allgemeinen Formel für die Schwingungsausbreitung nicht geeignet. In diesem Fall wird auf durchgeführte Messreihen im Betrieb vergleichbarer Kraftwerksanlagen zurückgegriffen, um die zu erwartenden Erschütterungen bzw. den relevanten Einflussbereich bestmöglich prognostizieren zu können.

## 6. Situation und örtliche Verhältnisse

Nachfolgend wird die örtliche Situation rund um das Vorhaben beschrieben und eingeordnet. Auch werden die geologischen Bedingungen, die für die notwendigen Sprengarbeiten bzw. die Erschütterungsausbreitung von Relevanz sind, beschrieben. Zusätzlich werden die schutzwürdigen Objekte mit ihren minimalen Abständen zu den Erschütterungsquellen aufgeführt.

### 6.1. Untersuchungsraum

Planbezug:

Planinhalt	Maßstab	Plan Nr. / File Name	Ordner Nr.	Register
GESAMTANLAGE ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5.000	JES-A001-PERM1- A10002-00	6	TP 1.1
GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE BAU- UND BETRIEBSPHASE GEWÄSSERÖKOLOGISCHE MASSNAHMEN	1:5.000	JES-A001-VHBH3- B40370-07	22a	UVS 19.7

Der Untersuchungsraum für die Neuerrichtung des Vorhabens ES-R liegt nördlich der Donau im Gemeindegebiet von Untergriesbach. Das geplante Pumpspeicherwerk besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Kraftstation bestehend aus Maschinenschacht, Krafthausgebäude und Energieableitung
- Triebwasserweg als Verbindung zwischen Donau und Speichersee
- Speichersee

Die Bauaktivitäten werden zum einen auf dem Bestandsgelände des in Betrieb befindlichen Donaukraftwerk Jochenstein stattfinden zum anderen im Umfeld der Ortsteile

- Jochenstein,
- Riedl,
- Gottsdorf,



- Ramesberg,
- Krottenthal und
- Riedler Hof.

Diese Ortschaften bzw. Kleinsiedlungen stellen auch den Untersuchungsraum dar.

Die Anlage 1 (Gesamtanlageplan Immissionsorte / Abstände Erschütterung Bauphase JES-A001-VHBH3-B40370-02-\_FE) stellt die örtliche Situation mit dem gesamten Projekt und den jeweiligen minimalen Abständen zwischen Bauwerk/Vortriebsarbeiten und den nächstgelegenen Immissionsobjekten dar.

Zusätzlich sind die relevanten Entfernungen zu den nächstgelegenen Objekten bezüglich der Sprengarbeiten zum Maschinenschacht und zum Lotschacht der Anlage 6 (Lageplan Immissionsorte / Abstände Kraftstation JES- JES-A001-VHBH3-B40370-07) in einem anderen Maßstab zu entnehmen.

Aus der Anlage 7 (Lageplan Gewässerökologische Maßnahmen, JES-A001-VHBH3-B40370-08) gehen die Örtlichkeiten zur Bau- und Betriebsphase der Gewässerökologischen Maßnahmen hervor. Hier werden ausschließlich Erdmassenbewegungen stattfinden, die nur geringe und örtlich begrenzte Erschütterungen emittieren. Nur bei der Gewässerökologischen Maßnahme Edlhof (IO 20) können Erschütterungen infolge Massentransporten durch Schwerlastverkehr entstehen.

Jedoch befinden sich im näheren Umfeld (< 30 m) aller dieser Maßnahmen keine Immissionsobjekte (= Gebäude). Somit werden die Auswirkungen dieser Eingriffe bei den weiteren Untersuchungen nicht weiter betrachtet.

## 6.2. Geologische Verhältnisse

Plan- und Anlagenbezug

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
UVS GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE	A4	JES-A001-IFBE1-B40020-00	14	UVS 2.1

Nachfolgend wird ein kurzer geologischer Überblick gegeben, damit verständlich wird, in welchem Bereich die Bohr- und Sprengarbeiten zur Anwendung kommen. Aus dem UVS-Fachgutachten „Geologie und Hydrologie“ werden nachfolgend einige wesentliche Auszüge aufgeführt, die für diesen Kontext von Wichtigkeit sind.

Das Projektareal umfasst mehrere geomorphologische Einheiten, darunter den Talboden des Donautals, in dem sich bereits die Staustufe Jochenstein befindet, den Steilhangbereich der Donauleite, durch den unterirdisch der geplante Triebwasserweg führt, sowie die „Riedler Mulde“, eine Senke zwischen den Ortschaften Gottsdorf und Riedl. Letztere ist als Standort für den künftigen Speichersee geplant.

Die geologisch-tektonischen Gegebenheiten im Speicherseebereich und im Talboden beim Kraftwerk Jochenstein unterscheiden sich zu einem gewissen Grad. Aus diesem Grund werden die folgenden Beschreibungen der Ergebnisse der Bestandsuntersuchungen getrennt nach Speicherseebereich und Talboden dargelegt.

Beiden Teilbereichen ist allerdings der generelle lithologische Aufbau des Festgesteins gemein. Dieser besteht sowohl aus magmatischen Gesteinen (Granit) als auch aus hochmetamorphen Gesteinen (Gneise u. Ä.). Im Bereich der Donauleiten sind zudem Gesteine der sogenannten „Bunten Serie“ in die Gneise und Granite eingeschaltet. Diese ist aus einer Wechsellagerung von meist tektonisch überprägten Gneisen, Silikatmarmor, Kalksilikaten, Amphiboliten und Serpentinitten aufgebaut und weist deutlich geringere Gebirgsfestigkeiten als die mylonitischen Gneise, Diatexite und Granite auf.



### Bereich Speichersee

Im Bereich des geplanten Speichersees stehen verschiedene magmatische und metamorphe Gesteine unter einer Überdeckung aus Zersatz und Hanglehm an.

In den meisten Erkundungsbohrungen des Speicherseebereiches wurde als oberste Schicht eine Lage aus Fließerde bzw. Hanglehm erbohrt, die Mächtigkeiten von bis zu 3 m erreichen kann. Im Bereich topographischer Rücken bzw. im Oberhangbereich kann die Mächtigkeit dieser Deckschicht bis auf wenige Dezimeter zurückgehen oder sogar komplett fehlen.

Unterhalb der Fließerden bzw. Hanglehme beginnt der Übergangsbereich zum Kristallinzersatz. Diese Schicht ist in der Regel nicht scharf begrenzt, sondern geht von stark verwittertem, entfestigtem, grusigem Material über bis hin zum verwitterten Festgestein. Die Mächtigkeit der Zersatzschicht kann im Einzelfall stark schwanken. So wurden bei den bisher abgeteufte Bohrungen Zersatzmächtigkeiten von 1 m bis fast 20 m erbohrt. Die starken Mächtigkeitsschwankungen liegen zum einen in der unterschiedlichen Verwitterungsfähigkeit der einzelnen Gesteinsarten und im Vorhandensein von Kluft- und Störungszonen im Untergrund begründet, zum anderen in gravitativen Umlagerungsprozessen, die Zersatzmaterial hangabwärts transportieren.

Die Zersatzzone geht in ihrem unteren Bereich allmählich in eine Zone mit stark geklüftetem Festgestein über. In diesem Bereich entstehen hohe Kluftdichten zum Teil durch Druckentlastungseffekte, die von der Abtragung auflagernden Materials durch Erosionsprozesse stammen. Nach unten geht diese Zone der Kleinzerklüftung allmählich in unverwitterten und kompakteren Fels über. Tendenziell nehmen die Kluftdichten mit zunehmender Tiefe ab. Dennoch sind auch in größeren Tiefen immer wieder Bereiche mit höheren Kluftdichten zu verzeichnen. Diese sind das Resultat bruchhaft deformierter Störungen. Die Abnahme der Klufthäufigkeiten mit zunehmender Tiefe ist vor allem in den tieferen Vertikalbohrungen erkennbar.

In den Pegelbohrungen des Speicherseebereichs, die in der Regel nur bis 30 m abgeteuft wurden, ist diese Tendenz nur vereinzelt erkennbar.

Aufgrund der geologischen Erkundungen ist davon auszugehen, dass nach Abtrag des Bereichs Fließerde und Hanglehm und einer Übergangsschicht Lockerungssprengungen (übertägige Sprengungen) als Gesteinslösetechnik bis zur Endtiefe und gegebenenfalls Sprengungen zum Herstellen von Böschungssystemen erforderlich sind. Bei Letzterem muss eine profilgenaue- und gebirgsschonende Sprengtechnik (z.B. Presplitting-Verfahren) eingesetzt werden.

### Bereich Talboden

Im Gegensatz zum Speichersee wurde im Bereich des Talbodens in der Umgebung des Kraftwerkes Jochenstein die Zersatzdecke von der vorbeifließenden Donau weitgehend ausgeräumt. An ihrer Stelle wurden bis zu ca. 16 m mächtige Ablagerungen von Flusssedimenten deponiert.

Diese bestehen in ihrem oberen Bereich (in der Regel bis zu 4 m unter Gelände) aus feinsandigen und schluffigen, bisweilen auch tonigen Hochflutablagerungen bzw. eiszeitlichen äolischen Ablagerungen. Unter dieser Überdeckung stehen dann bis zu 12 m mächtige sandige Kiese bzw. kiesige Sande an.

Im Bereich der Stauhaltung Jochenstein wurde ein Teil dieser Ablagerungen im Zuge der Baumaßnahmen der Schleuse Jochenstein abgetragen und durch sandig-schluffiges Auffüllmaterial ersetzt. Die Donauschotter stehen dort allerdings nach wie vor mit Mächtigkeiten von bis zu 8 m an. An der Unterkante der kiesigen Ablagerungen beginnt in der Regel abrupt das Festgestein. Bisweilen ist im Übergangsbereich eine stark klüftige Festgesteinsschicht von 0,5 – 1,0 m zu verzeichnen.

Das darunter liegende Festgestein ist in der Regel stark mylonitisiert und mit hydrothermalen Lösungen imprägniert. Dieses besteht aus magmatischen Gesteinen (Gneise u. Ä.). Aufgrund des hohen Aufschmelzungsgrades einzelner metamorpher geologischer Einheiten bewegen sich diese bereits im Übergangsbereich zwischen metamorphen und magmatischem Gestein.



Die geologischen Bedingungen führen dazu, dass für den Bereich „Triebwasserweg“ die Vortriebsarbeiten im Fels mit Bohr- und Sprengarbeiten durchgeführt werden müssen. Im Bereich Kraftstation ist ebenfalls davon auszugehen, dass ab ca. 229 m. ü. NN der Schacht ebenfalls mit Unterstützung der Bohr- und Sprengarbeit abgeteuft werden muss.

Gleiches gilt für den im Durchmesser (ca. 10 m) deutlich kleineren Lotrechtschacht. Hier ist mit ca. 15 m Abtragstiefe der Felshorizont zu erwarten, der Sprengarbeiten notwendig machen wird.

### 6.3. Vorbelastung aus Erschütterungseinwirkungen (Bestandssituation)

Plan- und Anlagenbezug

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ANLAGE 1: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BAUPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-02	22a	UVS 19.2
ANLAGE 5: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE BETRIEBSPHASE VIBROSCANUNTERSUCHUNG	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-06	22a	UVS 19.6
MESSBERICHT: SCHWINGUNGSUNTERSUCHUNGEN AN PUMPSPEICHERKRAFTWERKEN UND VERKEHRSWEGEN	A4	JES-A001-IFBE1- B40365-00	22a	UVS 19.9

In den Bereichen rund um Speichersee und Schrägschacht bzw. Schrägstollen sind keine Vorbelastungen aus Erschütterungen im Vorhabensbereich vorhanden.

Am Talboden befinden sich außer dem bestehenden Laufwasserkraftwerk Jochenstein (aufgrund der drehenden Massen von Turbinen und Generatoren) keine weiteren Nutzungen, welche eine relevante Vorbelastung durch Erschütterungen darstellen könnten.

Im Zuge verschiedener Messreihen zur Untersuchung der Schwingungsausbreitung im Untergrund des Talboden Jochenstein („VibroScan-Versuch“) wurden zahlreiche Erschütterungsmessungen an verschiedenen Immissionsorten rund um das bestehende Laufwasserkraftwerk durchgeführt.

Aus der Abbildung 5 geht der Lageplan mit den Instrumentierungen bzw. Immissionsorten hervor. Dabei wurden auch entsprechende Nullmessungen (hier für Messpunkt J1 = EG Bürogebäude KW Jochenstein dargestellt; entspricht Immissionsort IO11 im gegenständlichen Gutachten) durchgeführt, um vorhandene Hintergrundbelastungen in der Umgebung der geplanten Kraftstation des ES-R festzustellen.

Die Ergebnisse und Auswertungen der Messreihen wurden, zusammen mit anderen Messanordnungen, in einem entsprechenden Messbericht dargestellt (vgl. JES-A001-IFBE1-B40365-00). Unter Kapitel 6.3.1 des Messberichtes sind für den Messort J1 (Bürogebäude Kraftwerk, EG) die nachfolgenden Messwerte (Gebäudefundament) zu entnehmen.



			Schwinggeschwindigkeit		
	Datei		v [mm/s]	RMS [mm/s]	f [Hz]
Nullmessung	nullB034	x	0,0119	0,0042	0
		y	0,0144	0,00497	0
		z	0,0107	0,00358	0
	nullB035	x	0,0116	0,00401	0
		y	0,0208	0,00246	0,04883
		z	0,0213	0,00251	0,02441

Tabelle 8: Ergebnisse der Nullmessung (hier Messort J1 = Erdgeschoss Bürogebäude KW Jochenstein) im Nahbereich des Laufkraftwerk Jochenstein. Die X- und Y-Achsen sind die horizontalen Richtungen, die Z-Achse die vertikale.

Der Tabelle 8 ist zu entnehmen, dass die Messwerte der Schwinggeschwindigkeiten bei der durchgeführten Nullmessung im Betriebsgebäude des KW Jochenstein zwischen 0,01 und 0,02 mm/s liegen und somit vernachlässigbar gering sind.

Mit zunehmenden Abstand vom Emissionsort nehmen Schwingungen zudem überproportional ab.

Damit kann belegt werden, dass vom bestehenden Laufkraftwerk, selbst auf relativ kurze Distanz, keine relevanten Erschütterungen immittiert werden. Auf dieser Basis kann eine erschütterungsmäßige Hintergrundbelastung im Umfeld der zukünftigen Kraftstation des ES-R bzw. für den Talboden Jochenstein ausgeschlossen werden.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass im gesamten zu betrachtenden Immissionsumfeld (also auch für weiter als das „Haus am Strom“ entfernte Immissionsobjekte) keine Erschütterungsgrundbelastung durch die Bestandssituation existiert. Dieses ist auch durch das Funktionsprinzip des Laufkraftwerks sehr gut nachvollziehbar.



Abbildung 5: Messpunkte der Erschütterungsmessungen in Jochenstein mit Anregungspunkten durch den Vibroscan. J2 ist eine Fundamentmessstelle im Haus am Strom.



## 6.4. Topographie

Der Vorhabenstandort ES-R befindet sich im Donautal im Bereich Jochenstein auf etwa 290 m Seehöhe (Teilraum Donau/Jochenstein) sowie oberhalb der Donau auf der Geländestufe zwischen den Ortschaften von Riedl und Gottsdorf auf ca. 600 m Seehöhe (Teilraum Speichersee). Die gewässerökologischen Maßnahmen (GÖM), welche im Rahmen des Projektes vorgesehen sind, betreffen Uferbereiche der Donau im Stauraum Jochenstein flussaufwärts bis Passau (Teilraum GÖM).

Die Donau fließt im Untersuchungsraum von Nordwest nach Südost. Die Ortschaft Jochenstein und das bestehende Kraftwerksgelände befinden sich am nördlichen Uferbereich im Donautal. Die Geländestufe steigt nördlich der Donau auf eine Seehöhe von 500-600 m steil an.

Im Bereich des zukünftigen Speichersees weist das Gelände einen plateauartigen Charakter auf und die Geländeformationen sind nur wenig strukturiert.

Südlich der Donau ist der Geländeanstieg flacher ausgeprägt und erreicht eine Seehöhe von 600 bis 800 m. Flussaufwärts verflacht sich der Einschnitt der Donau.

Eine Darstellung der Geländeformation für die Teilräume Donau/Jochenstein und Speichersee sowie der GÖM ist den Abbildung 7 und 8 zu entnehmen.

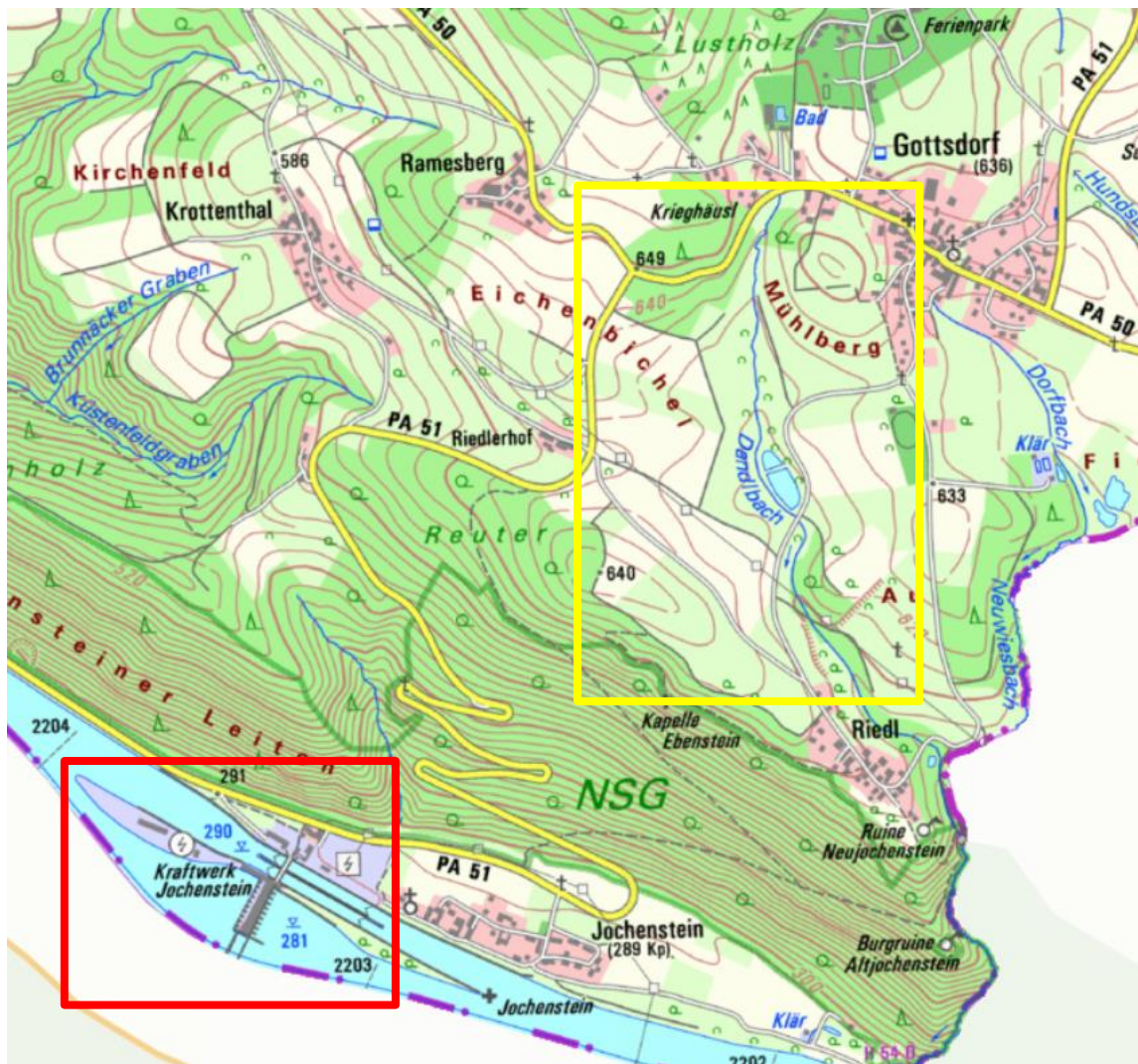


Abbildung 6: Topographische Karte des Untersuchungsgebiets ES Riedl, roter Rahmen: Teilraum Donau/Jochenstein, gelber Rahmen: Teilraum Speichersee (Kartenquelle: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas>)

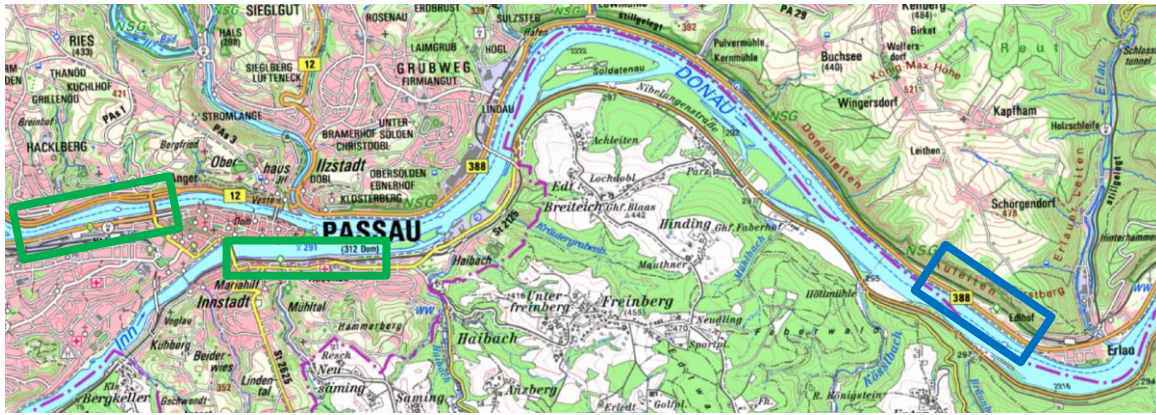


Abbildung 7: Topographische Karte des Untersuchungsgebiets GÖM  
grüner Rahmen: Teilraum GÖM Passau, blauer Rahmen: Teilraum GÖM Edelhof/Erlau  
(Kartenquelle: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas>)

## 6.5. Relevante Immissionsorte

### 6.5.1. Sprengarbeiten

Plan- und Anlagenbezug:

Planinhalt	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
<b>GESAMTANLAGE</b> EINBAUTEN (SPARTEN) ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5000	JES-A001-PERM1- A10005-01	6	TP 1.2
<b>GESAMTANLAGE</b> EINBAUTEN (SPARTEN) BEREICH DONAU	1:1000	JES-A001-PERM1- A10005-02	6	TP 1.2

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ANLAGE 1: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BAUPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-02	22a	UVS 19.1
ANLAGE 7: DETAILLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BEREICH KRAFTSTATION BAU- UND BETRIEBSPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-08	22a	UVS 19 .8

Nachfolgend werden die jeweils minimalen horizontalen Entfernungen zwischen den jeweiligen Sprengstellen und dem jeweils nächstgelegenen Immissionsort (IO) tabellarisch (Tabelle 9) aufgeführt und können auch den entsprechenden Lageplänen (Anlagen 1 und 7) entnommen werden.

Im vorliegenden Gutachten werden zum einen die Auswirkungen von Erschütterungen auf schützenswerte Objekte Dritter („extern“ bezeichnet) betrachtet. Zum anderen werden bezüglich der Sprengerschütterungen auch Bauwerke und Betriebsanlagen („intern“) betrachtet, welche sich auf dem Gelände der DKJ bzw. Antragstellerin befindend.

### Situation Speichersee

Für den Felsabtrag im Bereich Speichersee wurden die minimalen Entfernungen der nächstgelegenen Immissionsobjekte bis zum Einschnitt der Böschungskante (luftseitig, also oben) als minimale Entfernung zu den möglichen Sprengungen definiert. Diese Entfernung entspricht auch in etwa der minimalen Entfernung bis zum umlaufenden Kontrollgang.



Da die Sprengarbeiten erst im Endbereich des Abtrags in größerer Tiefe zu erwarten sind, wird die Entfernung zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten tatsächlich größer sein. Dieses stellt eine zusätzliche Sicherheit bei der Immissionsprognose dar. Durch die oben beschriebene Betrachtung der minimalen Entfernungen zwischen Sprengort und Immissionsobjekt sind auch die Sprengarbeiten im Bereich Einlauf- bzw. Auslaufbauwerk abgedeckt bzw. müssen nicht gesondert betrachtet werden.

#### Situation Triebwasserweg, Schrägschacht und Schrägstollen

Für diese Vortriebe sind der Vollständigkeit halber auch die minimalen Entfernungen zu den als denkmalgeschützt einzustufenden Objekten „Ruine Neujochenstein“, „Ruine Altjochenstein“, „Kirche Gottsdorf“ und „Kapelle Ebenstein“ aufgeführt. Während sich die beiden Ruinen sehr weit entfernt von den Vortrieben befinden (> 700 m) und damit erschütterungstechnisch für die Art der durchzuführenden Sprengungen nicht relevant und damit nicht zu berücksichtigen sind, wird sowohl die „Kirche Gottsdorf“ als IO 04 als auch die kleine „Kapelle Ebenstein“ als IO 08 für die denkmalgeschützten Objekte exemplarisch in der Immissionsprognose mit berücksichtigt.

Die „Kirche Gottsdorf“ befindet sich in ca. 465 m minimaler Entfernung zu den Sprengarbeiten und ist damit das nächstgelegene denkmalgeschützte Gebäude. Für die anzuwendende Sprengtechnik liegt sie damit in einer so großen Entfernung zu den Sprengarbeiten, so dass Schäden verursacht durch Sprengarbeiten an der Kirche sowie an den anderen denkmalgeschützten Immissionsorten mit sehr hohen Sicherheiten ausgeschlossen werden können. Die Immissionsprognose belegt dieses Ergebnis (s. 7.1.1).

Für die Vortriebsarbeiten zum Schrägschacht und Schrägstollen sind die Entfernungen zu schützenswerten Objekten Dritter mit > 340 m für diese Art der anzuwendenden Sprengtechnik ebenfalls sehr groß.

Einzig zu Beginn des Vortriebs zum Schrägstollen befindet sich der IO 10 („Haus am Strom“) in minimal 79 m Abstand.

#### Situation Niederdruckstollen

In der Immissionsprognose zum Niederdruckstollen gilt es zu beachten, dass für den Sprengvortrieb eine minimale vertikale Entfernung zu den massiven Ufermauern aus Beton (= IO 13 und IO 16) von ca. 25 m berücksichtigt werden muss. Dieses kann der Abbildung 8 entnommen werden (für die Uferbereiche bei ca. + 278.00 m ü.NN), wenn man einen Fundamentierungszuschlag für die Ufermauern berücksichtigt. In der Tabelle 9 ist die vertikale Entfernung zur Ufermauer IO 16 nicht noch einmal explizit aufgeführt.



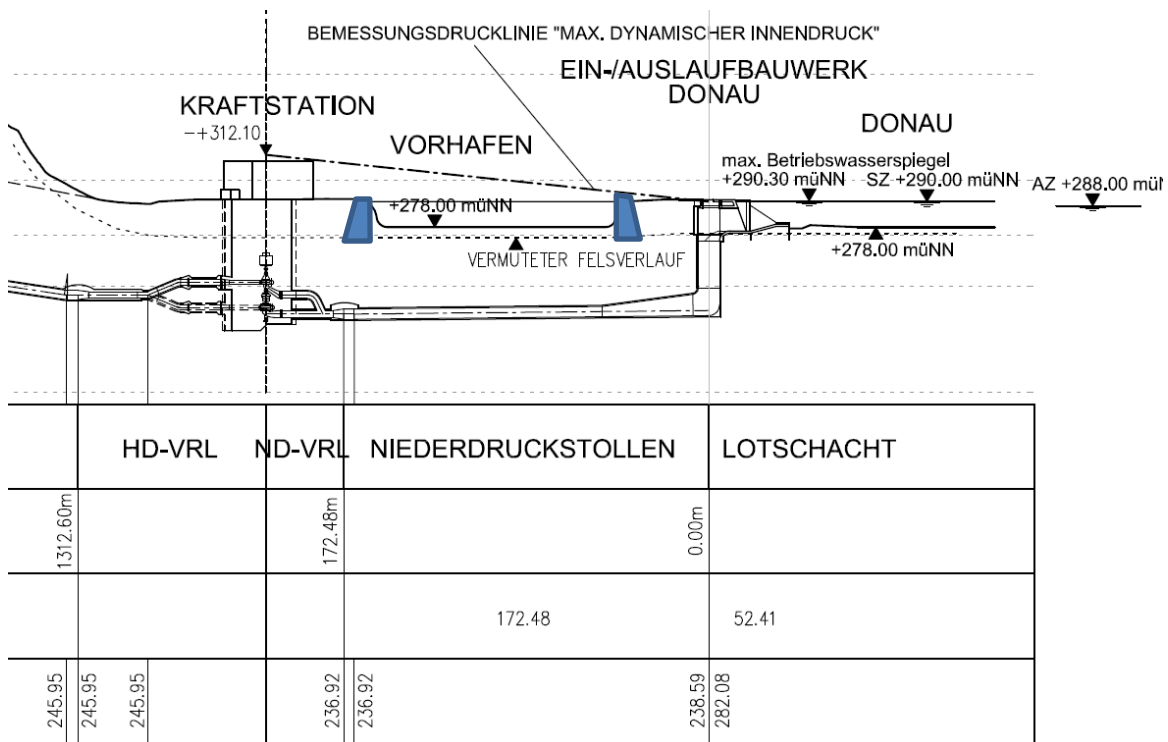


Abbildung 8: Auszug aus dem Längsschnitt JES-A001-PER1-A30002-00-PFE mit symbolisch dargestellter Ufermauer (blau)

#### Besondere Erläuterungen zu einzelnen Immissionsobjekten:

- Das „Haus am Strom“ (= IO 10) ist eine vom Landkreis projektierte Einrichtung, welche sich auf dem Kraftwerksgelände befindet und einer gewerblichen Nutzung entspricht. In dem Gebäude halten sich werktags und nur tagsüber Personen zu den üblichen Geschäftszeiten auf. Das Gebäude selbst ist massiv gebaut und kann daher nicht mit einem Wohngebäude verglichen werden (vgl. Abbildung 9). Es wird daher in die Zeile 1 der Tabelle 2 (entspricht Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) eingeordnet. Der Überhöhungswert kann bei derartigen Gebäuden erfahrungsgemäß aufgrund der Bauweise mit  $\bar{U} = 2$  für die Immissionsprognose angenommen werden. Insofern muss hier am Gebäudefundament nicht mit der nach DIN 4150 Teil 3 möglichen Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\text{imax}} = 20 \text{ mm/s}$  sondern nur mit  $V_{\text{imax}} = 10 \text{ mm/s}$  gerechnet werden.



Abbildung 9: „Haus am Strom“

- Das in der Bauphase für die Bau- und Sprengarbeiten am Speichersee in Gottsdorf Ost nächstgelegene Immissionsgebäude ist das Wohngebäude IO 2 (Riedlerstr. 24). Es wird als IO 02 „Ortsrandlage Gottsdorf Ost“ in den Tabellen

aufgeführt. In einem minimalen Abstand von ca. 160 m befindet sich ein ebenfalls in den beigelegten Plänen gekennzeichnetes Gebäude „Vereinsgebäude“. Dieses wird nicht als eigenes Immissionsobjekt aufgeführt, da sich in dem Gebäude dauerhaft keine Menschen, sondern nur zu bestimmten Zeiten (zur Nutzung des gegenüberliegenden Sportplatzes bzw. Vereinsveranstaltungen) aufhalten. Da der minimale Abstand von 160 m bereits beim IO 01 (Riedler Hof) in der Immissionsprognose berücksichtigt ist, wird das Vereinsheim nicht mehr ausdrücklich in der Immissionsprognose erwähnt. Die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 sind damit jedoch auch berücksichtigt.

- Die linke Ufermauer des Oberhafens (IO 13) befindet sich im Eigentum der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Sie kann als sehr massives Bauwerk ebenfalls in die Zeile 1 der Tabelle 2 (entspricht der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) eingeordnet werden. Damit erfolgt eine sehr konservative Einstufung. Für Ingenieurbauwerke dieser Art mit Betonstärken  $> 1$  m könnten mit Sicherheit auch der doppelte Anhalts- bzw. Immissionswert der Zeile 1 wirksam werden. Darauf wird hier wegen der Maxime grundsätzlich konservativer Ansätze verzichtet. Die beiden Ufermauern im Bereich des Lotschachts (IO 16 und IO 17) sind ähnlich konstruiert und gebaut und werden daher in gleicher Weise behandelt.
- In ca. 12 m zum Lotschacht befindet sich ein Betriebsgebäude der DKJ, das vom Eigentümer untergeordnet eingestuft wird und in dem sich dauerhaft keine Menschen aufhalten. Insofern wird es bei der Immissionsbetrachtung nicht berücksichtigt.
- Die kleine „Kapelle Ebenstein“ ist ebenso wie die „Kirche Gottsdorf“ denkmalgeschützt. Aus diesem Grund werden diese Immissionsorte in die Zeile 3 der Tabelle 2 (entspricht der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) eingeordnet, so dass in der Immissionsprognose im Worst-Case-Fall (bei Frequenzen  $< 10$  Hz) eine maximale Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\text{imax}} = 3$  mm/s zu berücksichtigen ist.

Straßen (private und öffentliche Verkehrswege) können erfahrungsgemäß nicht durch Erschütterungen, sondern nur durch mechanischen Einfluss beschädigt werden. Insofern sind hier für Straßenbauwerke keine minimalen Abstände angegeben und müssen auch bezüglich der Sprengungerschütterungen nicht berücksichtigt werden. Bei anderen Vorhaben in der Vergangenheit wurden trotzdem Erschütterungsmessungen durchgeführt, wobei Schwinggeschwindigkeiten von bis zu  $V_{\text{imax}} = 100$  mm/s gemessen wurden und keinerlei Schäden zu verzeichnen waren.

In der folgenden Tabelle werden sämtliche betrachtete Immissionsorte und deren minimalen Abstände zu den Sprengorten aufgelistet.



<b>Abstände Phase Sprengarbeiten</b>	Bezeichnung	Immissions- objekt	Minimaler Abstand (m) ca.
Speicherbecken und Kontrollgang	IO 01	Riedler Hof	160
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost	220
	IO 03	Ortsrandlage Gottsdorf Nord	320
	IO 04	Kirche Gottsdorf (Denkmal)	465
	IO 05	Ortsrandlage Krottenthal	640
	IO 06	Ortsrandlage Ramesberg	455
	IO 07	Ortsrandlage Riedl	350
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)	540
Triebwasserweg Schrägstollen und Schrägschacht	IO 01	Riedler Hof	367
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost	640
	IO 07	Ortsrandlage Riedl	485
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)	606
	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	340
	IO 10	"Haus am Strom"	79
Krafthaus (Maschinen- schacht)	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	360
	IO 10	"Haus am Strom"	84
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros	69
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ	33
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens	21
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	710
Niederdruck- stollen	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	360
	IO 10	"Haus am Strom"	110
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens	25
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	540
Lotschacht	IO 10	"Haus am Strom"	295
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros	240
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ	219
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	540
	IO 16	Ufermauer 1	25
	IO 17	Ufermauer 2	13

interne DKJ Gebäude

wird vom Niederdruckstollen unterfahren

Tabelle 9: Übersicht der zu den Sprengungen nächstgelegenen Immissionsorte, deren Bezeichnungen und minimalen Abstände zu den jeweils nächstgelegenen Sprengstellen.

### Leitungen und Einbauten

Im Umfeld der geplanten Kraftstation des ES-R und im Bereich Speichersee sind verschiedene Versorgungsleitungen Dritter vorhanden (siehe Planbezug Spartenpläne).

Telefon-, Strom- und Datenkabel sind in der Erschütterungsbetrachtung für den Nahbereich zu den Sprengarbeiten nicht relevant, da sie durch Erschütterungen keinen Schaden nehmen können.

Sofern diese Kabel den Bauablauf stören, müssen sie vor Aufnahme der Bauarbeiten durch die Versorgungsunternehmen verlegt werden. Dies erfolgt zum Beispiel im Bereich des Speichersees für eine Freileitung sowie für eine Wasserleitung, so dass in diesem Bereich keine weiteren Leitungen zu betrachten sind.

Im Rahmen der Erschütterungsbetrachtung sind hingegen erdverlegte Rohrleitungen zu berücksichtigen:

Im Bereich des zukünftigen Krafthauses (Maschinenschacht) befinden sich zwei Kanaldruckleitungen (im Plan JES-A001-PERM1-A10005-02 grün eingezeichnet), die sich in einem horizontalen Abstand von > 25 m zu den Sprengarbeiten befinden.

Im Bereich des Lotschachtes befindet sich eine Trinkwasserleitung im horizontalen Abstand von > 15 m Abstand.

Aufgrund der für Rohrleitungen in Bezug zu der eingesetzten Sprengtechnik großen Abstände und der relativ hohen einzuhaltenden Richtwerte ist davon auszugehen, dass keine Beeinträchtigung erfolgt. Dies wird jedoch anhand der Immissionsprognose überprüft.

### 6.5.2. Allgemeiner Baubetrieb

Planbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ANLAGE 1: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BAUPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-02	22a	UVS 19.2

In der Tabelle 10 werden die Abstände zu den Immissionsobjekten angegeben, die in der Bauphase durch den Schwerlastverkehr bzw. durch den allgemeine Baubetrieb (z.B. Bohren, Rammen, Vibrieren, Verdichtungsarbeiten, Materialumschlag) auf den Baufeldern verursacht werden.

Bezüglich der Beurteilung möglicher Erschütterungen durch Schwerlastverkehr sind nur jene Immissionsobjekte relevant, die einen geringen Abstand zu den benutzten Straßen aufweisen und für die eine signifikante Erhöhung des bisherigen Schwerlastverkehrs aufgrund des Vorhabens zu verzeichnen sein wird.

Diese Immissionsobjekte (IO 06 a, IO 11) sind in der Tabelle 10 gelb gekennzeichnet. Das Immissionsobjekt IO 06 a steht repräsentativ für die Gebäude in Ramesberg und allen weiteren relevanten Gebäuden entlang der PA 51 (Abschnitt Speichersee bis Untergriesbach), wie zum Beispiel das Gebäude in Lämmersdorf, Im Dorf 6.

Im Zuge der verschiedenen Erdbaumaßnahmen für die GÖM wird sich auch der Schwerlastverkehr erhöhen. Da aber der Abstand zu den relevanten Immissionsobjekten > 2,5 m beträgt, sind keine weiteren Betrachtungen erforderlich.

Bis auf die zwei gelb markierten Immissionsobjekte sind die übrigen Abstände für die Art der Erschütterungsverursachung (Schwerlastverkehr und allgemeine Bauerschütterungen) relativ groß. Näheres zur Bewertung wird in der entsprechenden Immissionsprognose ausgeführt.



Abstände Phase Baubetrieb	Bezeichnung	Immissions- objekt	Minimaler Abstand (m)	
			LKW Verkehr	allg. Baubetrieb
Bauvorgänge im Bereich Speicherbecken und Kontrollgang	IO 01	Riedler Hof	31	41
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost		46
	IO 03	Ortsrandlage Gottsdorf Nord		
	IO 04	Kirche Gottsdorf (Denkmal)		
	IO 05	Ortsrandlage Krottenthal		504
	IO 06	Ortsrandlage Ramesberg		291
	IO 06 a	hier Ortslage Ramesberg	1	
	IO 07	Ortsrandlage Riedl		38
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)		

Bauvorgänge im Bereich Talboden	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22		35
	IO 10	"Haus am Strom"	10	82
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros	2	69
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ		33
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens		25
	IO 14	Jausenstation Bernhard		330
	IO 15	Maierhof a. d. Donau		325
	IO 16	Ufermauer 1		25
	IO 17	Ufermauer 2		13
	IO 19	Gebäude Werksiedlung 4-22		85
	IO 20	Edlhof (GÖM)	30	175

Tabelle 10: Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte für Erschütterungsimmissionen in der Bauphase.

### 6.5.3. Betriebsphase

Planbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ANLAGE 2: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BETRIEBSPHASE	A1	JES-A001-VHBH3-B40370-03	22a	UVS 19.3

Für die Betriebsphase sind die nachfolgend in der Tabelle 11 aufgeführten jeweils zur Emissionsquelle nächstgelegenen Immissionsorte maßgeblich.

Als mögliche Emissionsquelle für Erschütterungen kommen die maschinellen Einrichtungen des neuen Kraftwerks mit seinen verschiedenen Betriebszuständen sowie allgemeine Betriebs- und Kontrollfahrten (PKW und LKW) in Frage.

Die Entfernungen können der Anlage 2 (JES-A001-VHBH3-A40370-03) entnommen werden.



Abstände Betriebsphase	Bezeichnung	Immissions- objekt	Minimaler Abstand (m)	
			Verkehr (Betriebsfahrten)	maschinelle Einrichtungen
Bereich Speicherbecken und Kontrollgang	IO 01	Riedler Hof	36	
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost	46	
	IO 03	Ortsrandlage Gottsdorf Nord	311	
	IO 04	Kirche Gottsdorf (Denkmal)		
	IO 05	Ortsrandlage Krottenthal	504	
	IO 06	Ortsrandlage Ramesberg	291	
	IO 07	Ortsrandlage Riedl	38	
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)		
Bereich Talboden	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	35	360
	IO 10	"Haus am Strom"	10	82
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros		69
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ		33
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens		25
	IO 14	Jausenstation Bernhard	320	710
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	330	540
	IO 19	Gebäude Werksiedlung 4-22	85	
	IO 20	Edlhof (GÖM)	30	

Tabelle 11: Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte für Erschütterungsimmissionen in der Betriebsphase.

## 7. Immissionsprognose

In der Immissionsprognose werden sowohl für die Bauphase als auch für den späteren Betrieb des neuen Kraftwerks die entstehenden Erschütterungen und deren mögliche Auswirkungen betrachtet.

Beurteilungsgrundlage bilden einerseits die maximal zu erwartenden Erschütterungen als Emission in Bezug auf die jeweils nächstgelegenen Immissionsobjekte (schützenswerte Objekte) und andererseits die Einhaltung der Anhalts- und Richtwerte der einschlägigen Regelwerke. Dieses bezieht auch die sich in den Gebäuden aufhaltenden Menschen mit ein.

Immissionen können in der Bauphase durch Baustellensprengungen, allgemeine Bauvorgänge bzw. Baustellenverkehr verursacht werden oder potenziell in der Betriebsphase des Energiespeicher Riedl durch den regulären Betrieb der Anlagen entstehen.

### 7.1. Bauphase

In der Bauphase können grundsätzlich folgende Arten von Erschütterungen entstehen:

- Sprengerschütterungen durch Baustellensprengungen
- Erschütterungen durch Baumaßnahmen / Baumaschinen
- Erschütterungen durch LKW-Verkehr

#### 7.1.1. Sprengerschütterungen

Aufgrund der geologischen Bedingungen sind Bohr- und Sprengarbeiten zur Erstellung verschiedener Bauwerke unabdingbar.



Es liegen ausreichend Erfahrungen vor, die in der Bauphase zu erwartenden Erschütterungen und deren Auswirkungen an den nächstgelegenen Immissionsobjekten zu prognostizieren, um die technische „Machbarkeit“ der notwendigen Sprengarbeiten zu verifizieren und gleichzeitig die Erschütterungseinwirkungen auf die Nachbarschaft innerhalb der Grenzen der gültigen Regelwerke zu halten.

Die Sprengarbeiten übertage werden nur im Zeitraum (tags) zwischen 07:00 und 20:00 Uhr und untertage (inkl. den Sprengungen in den beiden Schächten) zwischen 06:00 und 22:00 Uhr gemäß der Definition der DIN 4150 Teil 2 durchgeführt. Insofern sind für diese Sprengerschütterungen keine Betrachtungen für den Nachtzeitraum erforderlich.

Die Grundlagen für eine Immissionsprognose im Bereich der Sprengtechnik wurden bereits erläutert, vgl. Kapitel 5. Die Abbildung 10 zeigt die übliche Vorgehensweise. Aufgrund der minimalen Abstände zu den maßgeblichen Immissionsobjekten und der angewendeten Prognoseformel mit dem zugrunde gelegten Übertragungsfaktor (Gebirgsbeiwert) ergibt sich die maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe.

Mit dieser maximal möglichen Lademenge je Zündzeitstufe lässt sich dann die tatsächlich benötigte Lademenge je Zündzeitstufe anhand der einzusetzenden Sprengtechnik festlegen. Auf dieser Basis kann anschließend mit Hilfe von Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen für die jeweilige Sprenganwendung bzw. Lademenge die Einhaltung der entsprechenden Anhalts- bzw. Immissionswerte nachgewiesen werden.

Das folgende Ablaufschema stellt die einzelnen Schritte der Immissionsprognose chronologisch dar.

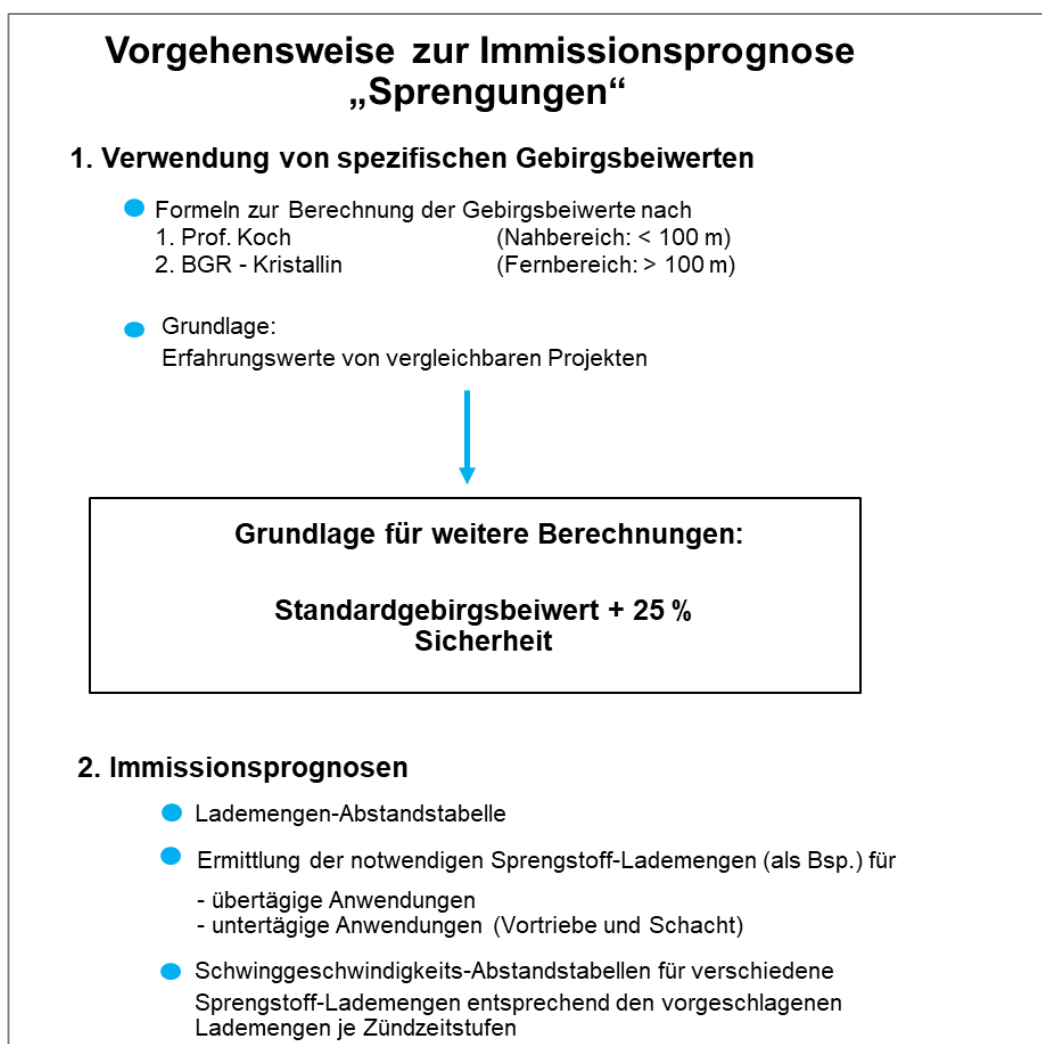


Abbildung 10: Vorgehensweise für die Immissionsprognose von Sprengerschütterungen

Unter Berücksichtigung der aus den Planunterlagen hervorgehenden minimalen Abstände zu den Immissionsobjekten der unmittelbaren Nachbarschaft (siehe Tabelle 10), können nunmehr die Lademengen-Abstandstabellen für die jeweiligen örtlichen Situationen errechnet werden. Diese gehen aus dem Anhang 12.1 (a-e) hervor.

Entsprechend den jeweiligen Entfernungen zwischen Emissions- und Immissionsort und der Art der Sprengungen (unter- bzw. übertage), werden folgende Situationen gesondert in den Lademengen-Abstandstabellen der Immissionsprognose betrachtet:

- **Speicherbecken und Kontrollgang** (Anhang 12.1 a)  
(übertägige Sprengungen)
- **Schrägschacht und Schrägstollen** (Anhang 12.1 b)  
(untertägige Sprengungen)
- **Kraftstation** (Anhang 12.1 c)  
(untertägige Sprengungen)
- **Niederdruckstollen** (Anhang 12.1 d)  
(untertägige Sprengungen)
- **Lotschacht** (Anhang 12.1 e)  
(untertägige Sprengungen)

Dabei wurden auch die jeweils zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte z.B. für Wohngebäude, denkmalgeschützte Gebäude oder gewerblich genutzte Gebäude (bzw. vergleichbare) in der Form berücksichtigt, dass diejenigen Schwinggeschwindigkeiten für das Gebäudefundament als Berechnungsgrundlage dienen, die auch eine Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte in den Obergeschossen (falls vorhanden) ermöglichen. Diese als Grundlage dienenden Schwinggeschwindigkeiten wurden in den jeweiligen Lademengen-Abstandstabellen (vgl. Anhang) farblich kenntlich gemacht und das Ergebnis wird nachfolgend erläutert.

#### 7.1.1.1. Lademengen-Abstands-Berechnungen

Die Lademengen-Abstandstabellen geben die Lademengen für die einzelnen Sprengsituationen wieder, bei denen die jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte noch eingehalten werden.

#### Zulässige Schwinggeschwindigkeiten

Für das gewerblich genutzte Gebäude „Haus am Strom“ (IO 10) in stabiler Bauweise, das sich innerhalb des Betriebsgeländes der Donaukraftwerk Jochenstein AG befindet und somit das nächstgelegene schützenswerte „externe“ Gebäude ist, wird in den Immissionsprognosen ein Anhalts- bzw. Immissionswert von  $V_{\text{imax}} = 10 \text{ mm/s}$  für das Gebäudefundament eingesetzt, bei zulässigen ca.  $V_{\text{imax}} = 20 \text{ mm/s}$  (vertikal,  $< 10 \text{ Hz}$ ) für die Geschossdecken im Obergeschoss (OG) gemäß der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (in Form der Umrechnung des  $IW_0 = A_0 = 8$  Wertes).

Dieser Wert am Gebäudefundament ergibt sich aufgrund eines Überhöhungswertes von  $\ddot{U} = 2$ , mit dem der Überhöhung vom Fundament auf die Geschossdecken im OG Rechnung getragen wird. Im Nahbereich von Sprengungen (ca.  $< 100 \text{ m}$  Abstand) ist erfahrungsgemäß mit hohen Frequenzen ( $>> 10 \text{ Hz}$ ) zu rechnen. Hohe Frequenzen haben einen niedrigen Überhöhungswert zur Folge.

Für das Betriebsgebäude KW Jochenstein IO 11, in dem sich Büros befinden und sich somit tagsüber Menschen aufhalten, gilt die gleiche Einstufung wie für das IO 10.

Für Ingenieurbauwerke (wie z. B. das IO 13, linke Ufermauer des Oberhafens) bzw. Betriebsgebäude (ohne Daueraufenthalt von Menschen) liegt eine Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\text{imax}} = 20 \text{ mm/s}$  ( $< 10 \text{ Hz}$ ) zu Grunde. Der vergleichbare rechnerische Wert



für Wohngebäude (vgl. Tabelle 4) beträgt  $V_{\text{imax}} = 4,8 \text{ mm/s}$  für das Gebäudefundament. In der Immissionsprognose wurde dieser Wert auf  $V_{\text{imax}} = 5,0 \text{ mm/s}$  aufgerundet und korreliert somit mit dem Anhalts- bzw. Immissionswert nach DIN 4150 Teil 3 (Tabelle 1 der DIN, Zeile 2).

Die Tabelle 12 weist die minimalen Entfernungen der jeweils nächstgelegenen schützenswerten Immissionsobjekte zu den Sprengstellen sowie deren Einordnungen in die DIN 4150 Teil 3 aus. Ebenfalls werden die dazugehörigen Anhalts- bzw. Immissionswerte laut Norm und die in der Immissionsprognose berücksichtigten Werte ausgewiesen. Mit den in der letzten grünen Spalte berücksichtigten Werte, werden auch die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 eingehalten.

Die aufgeführten Immissionsobjekte mit der Zusatzbezeichnung „Ortsrandlage“ bezeichnen die zu den Sprengstellen nächstgelegenen repräsentativen Immissionsobjekte der umliegenden Ortschaften. Bei den rosa gekennzeichneten Immissionsobjekten handelt es sich um solche, die in die Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 eingeordnet werden und deren Überhöhungswert aufgrund der stabilen Bauweise mit  $\ddot{U} = 2$  in der Immissionsprognose berücksichtigt wird.

Abstände Phase Sprengarbeiten	Bezeichnung	Immissions- objekt	Minimaler Abstand (m) ca.	Repr. Gebäude, Einordnung in die DIN 4150 Teil 3 Zeile	Fundament, zulässige Schwing- geschwindigkeit (mm/s) < 10 Hz	Fundament, berücksichtigte Schwinggeschwindigkeit (mm/s) < 10 Hz
Speicherbecken und Kontrollgang	IO 01	Riedler Hof	160	2	5,00	5,00
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost	220	2	5,00	5,00
	IO 03	Ortsrandlage Gottsdorf Nord	320	2	5,00	5,00
	IO 04	Kirche Gottsdorf	465	3	3,00	3,00
	IO 05	Ortsrandlage Krottenthal	640	2	5,00	5,00
	IO 06	Ortsrandlage Ramesberg	455	2	5,00	5,00
	IO 07	Ortsrandlage Riedl	350	2	5,00	5,00
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)	540	3	3,00	3,00
Triebwasserweg Schrägstollen und Schrägschacht	IO 01	Riedler Hof	367	2	5,00	5,00
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost	660	2	5,00	5,00
	IO 07	Ortsrandlage Riedl	485	2	5,00	5,00
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)	606	3	3,00	3,00
	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	340	2	5,00	5,00
	IO 10	"Haus am Strom"	79	1	20,00	10,00
Krafthaus (Maschinen- schacht)	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	360	5	5,00	5,00
	IO 10	"Haus am Strom"	84	1	20,00	10,00
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros	69	1	20,00	10,00
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ	33	1	20,00	20,00
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens	21	1	20,00	20,00
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550	2	5,00	5,00
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	710	2	5,00	5,00
Niederdruck- stollen	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22	360	5	5,00	5,00
	IO 10	"Haus am Strom"	110	1	20,00	10,00
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens	25	1	20,00	20,00
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550	2	5,00	5,00
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	540	2	5,00	5,00
	IO 16	Ufermauer 1	25	1	20,00	20,00
Lotschacht	IO 10	"Haus am Strom"	295	1	20,00	10,00
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros	240	1	20,00	10,00
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ	219	1	20,00	20,00
	IO 14	Jausenstation Bernhard	550	2	5,00	5,00
	IO 15	Maierhof a. d. Donau	540	2	5,00	5,00
	IO 16	Ufermauer 1	25	1	20,00	20,00
	IO 17	Ufermauer 2	13	1	20,00	20,00

interne DKJ Gebäude

wird vom Niederdruckstollen unterfahren

Tabelle 12: Übersicht der zu berücksichtigenden Immissionsorte, deren Bezeichnungen und minimalen Abstände zu den jeweils nächstgelegenen Sprengungen. Rosa markiert sind gewerblich genutzte Bauten oder Industriebauten mit einem anderen Überhöhungswert.

Mit den in der rechten Spalte ausgewiesenen Schwinggeschwindigkeiten (Gebäudefundament) werden die Immissionsprognosen durchgeführt. Dadurch ist von der Einhaltung der Anhalts- und Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (sofern erforderlich) auch in der Praxis mit großer Sicherheit auszugehen.

### Maximal mögliche Lademengen

Nachfolgend wird - folgernd aus den berechneten Lademengen - in den Abstandstabellen die bei den Sprengarbeiten der jeweiligen Anwendungssituation maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe angegeben. Diese Angaben beziehen sich jeweils auf die minimalen Entfernungen und beinhalten somit hohe Sicherheiten.

Mit Einsatz der nachfolgend aufgeführten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe würden in der Praxis die jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (und damit die Regelungen der LAI-Richtlinie) bereits eingehalten werden:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| ▪ Situation Speicherbecken und Kontrollgang | $L_{\max} = 27,6 \text{ kg}$ |
| ▪ Situation Schrägschacht und Schrägstollen | $L_{\max} = 39,9 \text{ kg}$ |
| ▪ Situation Kraftstation                    | $L_{\max} = 11,3 \text{ kg}$ |
| ▪ Situation Niederdruckstollen              | $L_{\max} = 16,0 \text{ kg}$ |
| ▪ Situation Lotschacht                      | $L_{\max} = 4,3 \text{ kg}$  |

Im Bereich der Sprengarbeiten zum Niederdruckstollen sind die Ufermauern maßgeblich für die angegebene maximale Lademenge je Zündzeitstufe. Hier wurden – wie bereits unter Kapitel 6.5.1 beschrieben – die Anhalts- bzw. Immissionswerte sehr konservativ angenommen.

Die berechneten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe sind allesamt auskömmlich für den Einsatz einer Sprengtechnik gemäß dem Stand der Technik.

In den Bereichen Krafthaus und Lotschacht befinden sich zu bewertende erdverlegte Rohrleitungen, die bei der Erschütterungsbeurteilung zu berücksichtigen sind.

Es ist davon auszugehen, dass diese Rohrleitungen aus geschweißten Stahlrohren bestehen. Da dies nicht belegt ist, werden die erdverlegten Rohrleitungen in die Zeile 3 der bereits angeführten Tabelle 3 (gleichsam auch Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3) für Mauerwerk bzw. Kunststoff mit einem (niedrigeren) Anhalts- bzw. Immissionswert von  $V_{\max} = 50 \text{ mm/s}$  eingeordnet.

Wie nachfolgend aufgeführt, liegen die maximal möglichen Lademengen je Zündzeitstufe jeweils über den oben erwähnten Werten, die somit als Maximalwerte zu betrachten sind.

- |                           |                              |                             |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| ▪ Situation Kraftstation: | Rohrleitungen > 25 m Abstand | $L_{\max} = 100 \text{ kg}$ |
| ▪ Situation Lotschacht:   | Rohrleitungen > 15 m Abstand | $L_{\max} = 36 \text{ kg}$  |

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die errechneten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe für diese Art der Sprengungen (Vortriebssprengungen untertage und Lockerungssprengungen übertage) relativ hoch sind.

Die in der Praxis eingesetzten Lademengen je Zündzeitstufe werden durch den Einsatz zeitgemäßer erschütterungsreduzierender Sprengtechnik deutlich geringer sein (vgl. Kapitel 9.2).

Folglich werden auch die Immissionen deutlich unterhalb der jeweils gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (bzw. die gleichlautenden Werte der LAI-Richtlinie) liegen.

Unter Kapitel 9.2 wird auch das Thema Reptilienlebensräume näher betrachtet und Empfehlungen für die Sprengarbeiten zum Schrägschacht bzw. zum Schrägstollen sowie zur Kraftstation gegeben, da sich dort Lebensräume von diversen Reptilienarten (FFH-Schutzgebiet) befinden und deren Populationen nicht gefährdet werden dürfen.



Im Zuge der Bauausführung ist es außerdem erforderlich, den hier verwendeten Gebirgsbeiwert durch Erschütterungsmessungen in der Praxis zu verifizieren und gegebenenfalls Maßnahmen zu treffen, sollte die Einhaltung der Anhaltswerte gefährdet werden (vgl. Schutzkonzept, Kap. 10).

Für die Bauausführung gelten ausschließlich die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (bzw. die gleichlautenden Werte der LAI-Richtlinie) und nicht die hier zu Berechnungszwecken festgelegten Werte für die Immissionsprognosen.

Für die Bauausführung wird empfohlen, jede Sprengung zu dokumentieren, wobei folgende Angaben im Sprengprotokoll enthalten sein sollten:

- Ort der Sprengung bzw. Tunnelmeterstation bei Sprengungen im Tunnel
- Verwendetes Bohr- und Sprengschema
- Bohrlochanzahl
- Bohrlochdurchmesser
- Eingesetzte Sprengstoffart, ggf. Sprengschnur und Zündmittel
- Gesamtmengen der verbrauchten Sprengmittel
- Maximale (!) Lademenge je Zündzeitstufe
- Sprengzeit
- Verantwortliche Person

Sollten im Nachhinein Beschwerden, z.B. wegen Schäden an Gebäuden oder unzumutbaren Belästigungen, eingehen und Schadensersatz- oder Entschädigungsansprüche geltend gemacht werden, so ist die Einhaltung der DIN-Normen bzw. der LAI-Erschütterungsrichtlinie mit Hilfe der durchgeführten Dokumentation (Sprengprotokoll und repräsentativen Erschütterungsmessungen) jederzeit überprüfbar. Dazu wird mit Hilfe der Entfernung der Sprengstelle zum Beschwerdeführer, dem Gebirgsbeiwert und den spezifischen Sprengdaten die im durchgeführten Prognoseverfahren errechnete Schwinggeschwindigkeit mit den Anhalts- bzw. Immissionswerten der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 (bzw. die gleichlautenden Werte der LAI-Richtlinie) abgeglichen und die Situation im jeweiligen Einzelfall beurteilt.

### 7.1.2. Erschütterungen aus allgemeinen Baubetrieb

Plan- und Anlagenbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
MESSBERICHT: ERSCHÜTTERUNGSMESSUNG JOCHENSTEIN - SPUNDUNG 110-KV KORRIDORKABEL	A4	JES-A001-IFBE1- B40299-00	22a	UVS 19.10

### Bauverkehr

In der Bauphase können vielfältige Erschütterungen auftreten, die sich durch den Einsatz verschiedener Bauverfahren und Baumaschinen (z.B. Bohrgeräte, Rammern etc.) bzw. Schwerlastverkehr ergeben. Während Bohr- und diverse Ramm- und Schlagarbeiten als Dauererschütterungen im Sinne der DIN 4150 eingeordnet werden können, handelt es sich bei den vom Schwerlastverkehr verursachten Erschütterungen um kurzzeitige Erschütterungen. Resonanzerscheinungen an den nächstgelegenen Immissionsobjekten aufgrund z.B. hoher LKW-Frequenz treten erfahrungsgemäß nicht auf.

Aufgrund der Massentransporte während der Bauphase werden vorhandene Straßen (wie die PA 51 – Straße am Kraftwerk Jochenstein –bzw. PA 50 – Straße nach Untergriesbach) häufiger vom Schwerlastverkehr frequentiert. Eine Erhöhung der Erschütterungen je Einzelereignis erfolgt nicht. Interne Baustraßen befinden sich nur



in größeren Abständen zu den genannten Immissionsobjekten und müssen nicht betrachtet werden.

Die minimalen Abstände der Emissionen aus der Bauphase zu den Immissionsorten für die verschiedenen Bauaktivitäten geht aus der Anlage 1 hervor. Die entsprechenden Entfernungen sind grün gekennzeichnet.

Entsprechend den Erfahrungen des Unterzeichners und denen von Fachkollegen, können für die verschiedenen Verursacherquellen in der Bauphase die maximal zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten gemäß Tabelle 13 angeführt werden. Diese Tabelle gibt je nach Einordnung der Erschütterungseinwirkung (Dauer- oder Kurzzeitererschütterungen) für die verschiedenen Verursacherquellen an, in welcher maximalen Entfernung (relativer Radius genannt) welche Schwinggeschwindigkeiten maximal (inklusive Sicherheiten) auftreten können.

Der relative Radius bedeutet zum Beispiel für Rammarbeiten (z. B. für Spundwände), dass bei einem relativen Radius von  $> 20$  m keine Erschütterungen von  $V_{\text{imax}} = 2,0$  mm/s am Gebäudefundament mehr auftreten können. Somit wird ein allgemeiner Betroffenheitsradius für die entsprechenden Erschütterungsquellen definiert.

Diese Erfahrungswerte dienen der weiteren Beurteilung der Immissionen im Baubetrieb.

Dauererschütterungen			
Erschütterungsquelle	Maximale Schwinggeschwindigkeiten Fundament [mm/s]	Frequenzbereich [HZ]	Relativer Radius [m]
Ramme (Spundwände)	2,00	5 - 100	20
Ramme (Einrütteln)	2,00	5 - 100	35
Bohren (inkl. Bohrpfahl)	2,00	5 - 50	20

Kurzzeitererschütterungen			
Schwerlastverkehr	2,50	3 - 50	3

Tabelle 13: Übersicht zu erwartender Schwinggeschwindigkeiten (entfernungsabhängig) je nach Anregungsart

Die Angabe der Erschütterungsmaxima für die Erschütterungsmissionen durch Schwerlastverkehr stützt sich auf verschiedene Messungen des Unterzeichners.

Unter anderem wurden im Zeitraum 05.07. bis 08.10.2013 im Auftrag der Hartsteinwerke Schicker OHG (Steinbruch Stadtsteinach) mit Messgeräten des Typs Syscom MR3000C die durch Schwerlastverkehr erzeugten Erschütterungen bei einem steinbruchnahen Anlieger am Gebäudefundament und im Obergeschoss messtechnisch erfasst. Der Abstand zu einer vornehmlich mit sowohl unbeladenem als auch beladenem Schwerlastverkehr und landwirtschaftlichen Fahrzeugen als Zu- und Abverkehr des Steinbruchs befahrenen Straße betrug dabei etwa 1,5 m (kein Bürgersteig vorhanden). Die Messungen ergaben, dass durch die verschiedenen Einzelereignisse (verursacht durch vorbeifahrende Schwerlastkraftwagen) niemals Schwinggeschwindigkeiten oberhalb von aufgerundet  $V_{\text{imax}} = 1,0$  mm/s am Gebäudefundament erreicht wurden. Typische Schwingungsereignisse lagen im Bereich von ca.  $V_{\text{imax}} = 0,5$  mm/s.

Die Abbildung 11 zeigt das Immissionsobjekt und die Immissionssituation. Den Abbildung 12 und Abbildung 13 können die Messergebnisse exemplarisch entnommen werden.





Abbildung 11: Immissionsobjekt in 95346 Stadtsteinach als Beispiel für Erschütterungsmessungen hinsichtlich Einfluss von Schwerlastverkehr auf Gebäude.

Insofern ist die angegebene Obergrenze von  $V_{\text{imax}} = 2,5 \text{ mm/s}$  bereits sehr hoch und beinhaltet deutliche Sicherheitsmarge. Daher kann dieser Wert hier als Beurteilungsgrundlage verwendet werden.

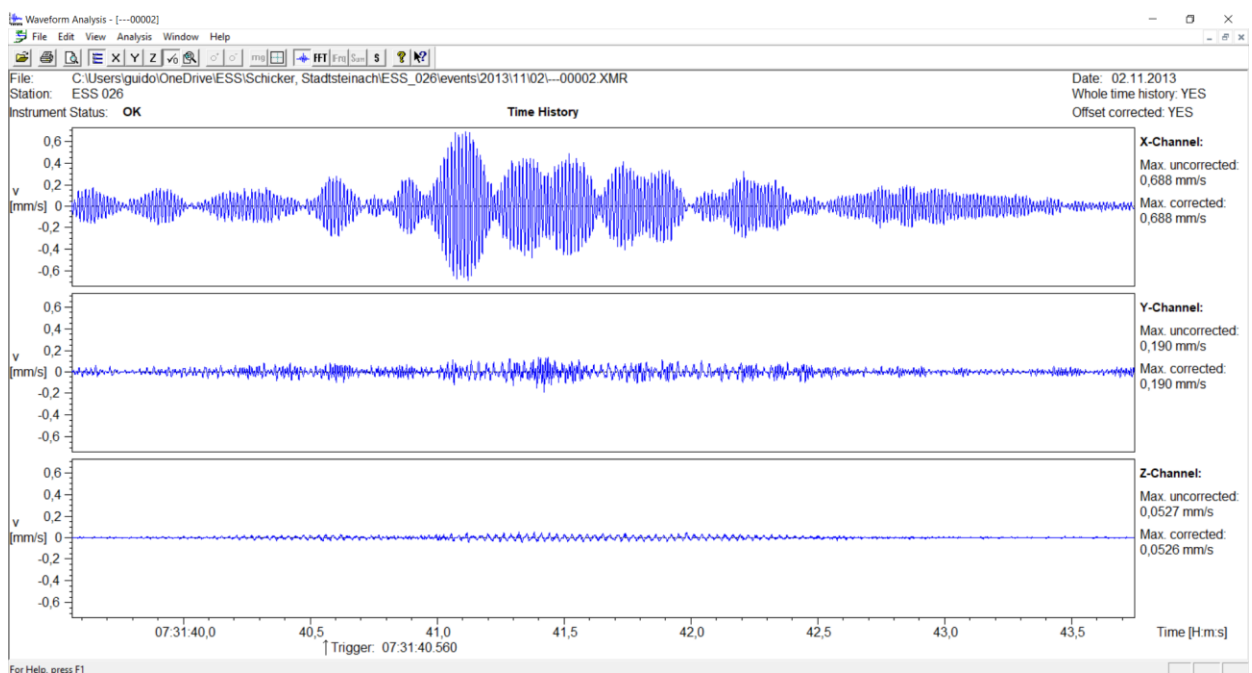


Abbildung 12: Immissionsobjekt in 95346 Stadtsteinach: Einzelereignis eines vorbeifahrenden 40 t LKW's.

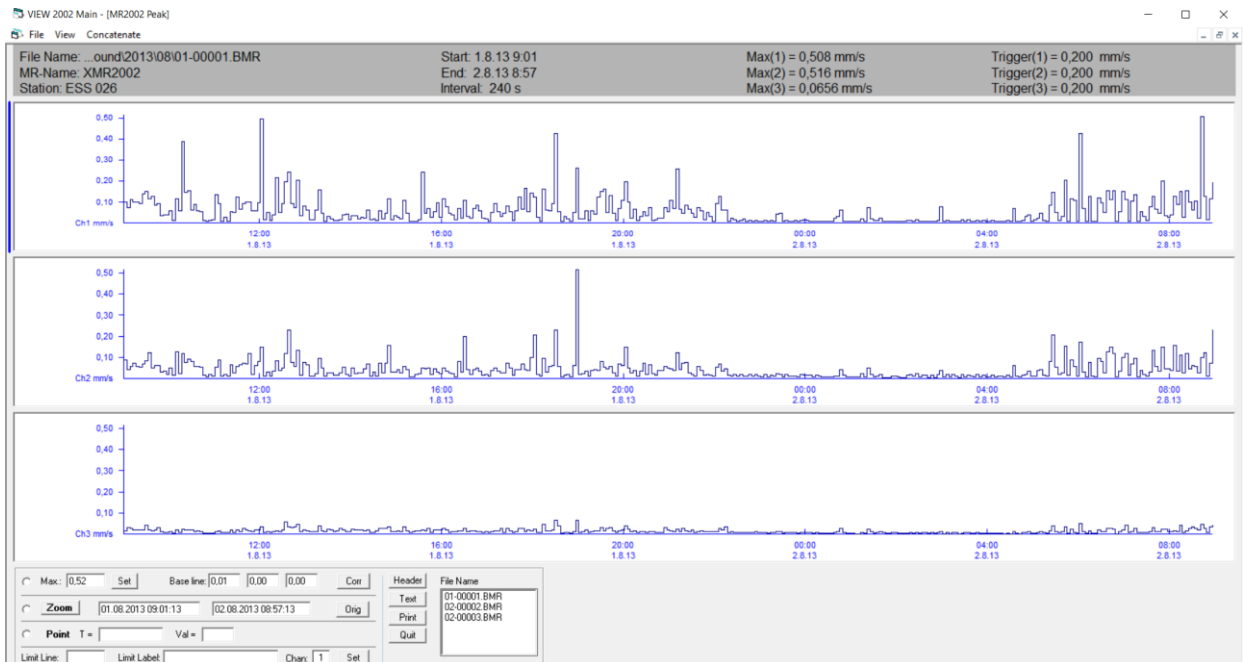


Abbildung 13: Immissionsobjekt Bergleshof 3 in 95346 Stadtsteinach: Hintergrundaufzeichnung Messort Gebäudefundament zur Erfassung des Schwerlastverkehrs.

## Baumaschinen und -geräte

Da Erschütterungen der Verursacherarten (diverse Rammarbeiten - z.B. Einsatz von Vibrationsrammen, Schlagrammen etc. - Bohr- und Verdichtungsarbeiten sowie der Einsatz von Hydraulikmeißeln) eine seriöse Immissionsprognose in der Art, wie sie für die Sprenganregungen durchgeführt wurde, nicht zulässt, müssen Erfahrungswerte sowie gegebenenfalls Messreihen zur Beurteilung von vergleichbaren Immissionen im Baubetrieb (was übrigens auch für die Betriebsphase gilt) herangezogen werden.

Bezüglich der Bewertung von „Rammarbeiten“ wird auf eine durchgeführte Messkampagne des Büros ifb Eigenschenk zurückgegriffen: Dabei wurden in Jochenstein durchgeführte Rammarbeiten zum Einbringen von Spundwänden in verschiedenen Abständen zum Rammgerät erschütterungsmesstechnisch aufgezeichnet und ausgewertet (vgl. Bericht „Erschütterungsmessungen Jochenstein – Spundung 110 kV Korridorkabel“, JES-A001-IFBE1-B40299-00). Diese Messbegleitung samt Auswertung erfolgte u.a. auch, um eine Beurteilungsgröße für den Einfluss auf Reptilien im Umfeld solcher Maßnahmen zu erhalten.

Bei den durchgeführten Messungen wurde auf Fels in ca. 100 m Entfernung vom Rammgerät eine maximale Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\text{imax}} = 0,3 \text{ mm/s}$  gemessen.

Betrachtet man die erwähnten Kennwerte der Tabelle 6, so wird deren Plausibilität (hier für die Emissionsart „Ramme Einrütteln“) deutlich.

Für Dauererschütterungen würde sich ab den in der Tabelle 6 angegebenen Entfernungsbereichen mit dem bereits verwendeten Überhöhungswert  $\ddot{U} = 4$  (Wohngebäude) auch eine Einhaltung der Anhalts- und Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 ergeben (nach Zeile 1 und 2, vertikale Erschütterungen). Das bedeutet eine Unterschreitung der maximalen Schwinggeschwindigkeit von ca.  $V_{\text{imax}} = 2,5 \text{ mm/s}$  am Gebäudefundament (Vergleichswert) bzw. des entsprechenden Wertes für die Geschossdecke im OG (vertikal) von  $V_{\text{imax}} = 10 \text{ mm/s}$ .

Ebenso lassen sich zunächst vereinfachend zur Überprüfung einer Einhaltung nach DIN 4150 Teil 2 für Bauarbeiten (z. B. bis 78 Tage Dauer) gemäß der Berechnungsmethoden nach DIN 4150 Teil 2 folgende einzuhaltende Anhalts- bzw. Immissionswerte betrachten:

- $A_0 = I W_0 = 5$  für die meisten Wohnhäuser (Mischgebiet), welcher in etwa einem  $V_{\text{imax}} = 9,0 \text{ mm/s}$  (Deckenmitte, vertikal) bzw. einem  $V_{\text{imax}} = 2,25 \text{ mm/s}$  am Gebäudefundament bei einem Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 4$  entspricht,

- $A_0 = IW_0 = 3$  für die Riedler Straße (Allgemeines Wohngebiet), welcher in etwa einem  $V_{\text{imax}} = 5,4 \text{ mm/s}$  (Deckenmitte, vertikal) bzw. einem  $V_{\text{imax}} = 1,35 \text{ mm/s}$  am Gebäudefundament bei einem Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 4$  entspricht.

Bei den umgerechneten Anhalts- und Immissionswerten in Schwinggeschwindigkeiten wurden die bereits erwähnten Formeln 6 und 7 der DIN 4150 Teil 2 angewendet. Da bei Dauererschütterungen Resonanzerscheinungen nicht auszuschließen sind, wurde im Unterschied zur Anwendung bei kurzzeitigen Erschütterungen ein  $c_f$  – Wert von 0,8 verwendet.

Aus den in der Anlage 1 dargestellten grünen Entfernungangaben und den zusammenfassend in Tabelle 10 aufgeführten Abständen von allgemeinen Baumaßnahmen zu den nächstgelegenen Immissionsorten geht hervor, dass

- im Bereich Talboden alle Abstände  $> 35 \text{ m}$  (geringste Entfernung IO 09 mit 35 m) betragen,
- im Bereich Schrägstollen bzw. Schrägschacht keine Abstände für sonstige Bauverfahren zu berücksichtigen sind, da Abstände zu den nächstgelegenen alle  $> 35 \text{ m}$  betragen,
- im Bereich Speichersee mit Ein-/Auslaufbauwerk ebenfalls alle Abstände  $> 35 \text{ m}$  liegen.

### Beurteilung

Für Einwirkungszeiten je Immissionsort von  $< 78$  Tagen kann festgestellt werden:

An allen zu allgemeinen Bautätigkeiten nächstgelegenen Immissionsobjekten ist davon auszugehen, dass die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 (Mischgebiet) und Teil 3 eingehalten werden. Das betrifft auch die Gebäude in der Riedler Straße. Die Einstufung als „Allgemeines Wohngebiet“ macht sich erst nach Erreichen einer Einwirkzeit von 78 Tagen bemerkbar.

Für Einwirkungszeiten je Immissionsort von  $> 78$  Tagen soll nach Empfehlung der LAI-Richtlinie die Tabelle 6 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2) zur Anwendung kommen.

Prinzipiell können je nach Art der Bautätigkeit bzw. des Einsatzortes eine längere Einwirkzeit als die 78 Tage vorkommen. Aufgrund der minimalen Entfernungen einiger Immissionsorte zu den allgemeinen Bauarbeiten müssen jeweils repräsentative Erschütterungsmessungen an den nachfolgend aufgeführten Gebäuden durchgeführt werden, um die Einhaltung der geringeren  $A_r$  bzw.  $A_u$  – Werte nach DIN 4150 Teil 2 (Tabelle 6) festzustellen.

- IO 01 – Riedlerhof 1 (41 m Abstand)
- IO 02 – Riedlerstraße 24 (46 m Abstand)
- IO 07 – Riedl 1 (38 m Abstand)
- IO 09 – Am Jochenstein 22 (35 m Abstand)

Bis auf die Gebäude in der Riedler Straße bleiben dabei die Anhalts- und Immissionswerte von  $A_0 = IW_0 = 5$  - auch bei Anwendung der Tabelle 6 - weiterhin gültig.

Lediglich am IO 02 (Riedlerstraße 24) ist aufgrund der Einstufung als Allgemeines Wohngebiet (BauNVO) durch Erschütterungsmessungen bei der allgemeinen Bautätigkeit über eine Dauer von  $> 78$  Tagen festzustellen, dass die geringeren Anhalts- und Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 (Zeile 2 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2, hier Tabelle 6) von  $A_0 = IW_0 = 3$  inklusive der geringeren  $A_r$  bzw.  $A_u$  – Werte auch dann noch eingehalten werden.

Sollten im Rahmen von Erschütterungsmessungen in der Bauphase Messwerte im Grenzbereich liegen, müssten erschütterungsminimierende Maßnahmen durchgeführt werden, wie z.B. die Frequenzänderung bei Vibrationsrammen.

Aus der Anlage 1 sind die Verkehrswege für den sich durch die Baumaßnahme inklusive der GÖM-Arbeiten erhöhenden Schwerlastverkehr zu entnehmen. Die in der Anlage 1 blau dargestellten Entfernungen zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten gehen auch aus der Tabelle 10 hervor, die überwiegend  $> 31$  m betragen, so z.B. für die Hauptbaustraße im Bereich Talboden (PA 51) mit ca. 35 m Entfernung zur Bebauung. Demnach ist aufgrund des in der Tabelle 12 angegebenen „relativen Radius“ für vom Schwerlastverkehr verursachte kurzzeitige Erschütterungen von  $< 3$  m (mit maximaler Schwinggeschwindigkeit  $V_{\text{imax}} = 2,5$  mm/s) bei allen Immissionsobjekten  $> 3$  m Abstand von einer Einhaltung der Anhalts- und Immissionswerte auszugehen.

Dieses betrifft sowohl die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 für

- die Gebäudefundamente von  $V_{\text{imax}} = 5,0$  mm/s ( $< 10$  Hz),
- die Geschossdecken von  $V_{\text{imax}} = 15,0$  mm/s (horizontal) bzw.  $V_{\text{imax}} = 20,0$  mm/s.

Für die Beurteilungen nach DIN 4150 Teil 2 gelten die gleichen Voraussetzungen wie für die allgemeinen Baustellentätigkeiten.

Eine Sonderbetrachtung ist aufgrund den in der Tabelle 10 aufgeführten geringen Entfernungen (gelb markiert) für die folgenden Immissionsobjekte erforderlich:

- IO 06a Ortslage Ramesberg (1 bis 5 m Abstand)
- IO 11 Betriebsgebäude DKJ mit Büros (2 m Abstand)

Aufgrund des zu erwartenden Überhöhungswertes von  $\ddot{U} = 2$  für das IO 11 ist bei möglichen Schwinggeschwindigkeiten bis zu  $V_{\text{imax}} = 4,5$  mm/s) davon auszugehen, dass die Anhalts- und Immissionswerte von  $A_o = IW_o = 5$  inklusive der  $A_r$  bzw.  $A_u$  – Kriterien auch bei Einwirkzeiten  $> 78$  Tagen sicher eingehalten werden.

Bei den Immissionsobjekten IO 06a ist aufgrund der minimalen Abstände von  $< 3$  m eine Überprüfung der Anhalts- und Immissionswerte von  $A_o = IW_o = 5$  in den relevanten Geschossdeckenebenen erforderlich. Diese Überprüfung sollte vor Beginn der Bauphase erfolgen, um den Ist-Stand der Erschütterungsbeeinflussung dieser Gebäude festzustellen, da eine Erhöhung der Summe an Schwerlastverkehr je Tag das Ausmaß der Erschütterungen nicht erhöhen kann. Der Beweis hierzu sollte anhand entsprechender Messdaten erfolgen, wobei die Ermittlung der jeweiligen  $A_r$  bzw.  $A_u$  – Kriterien für die jeweils anzuwendende Enwirkungsdauer ( $< 78$  Tage;  $> 78$  Tage) mit berücksichtigt werden muss.

Das IO 20 (Edlhof) muss hier wegen des Abstandes von ca. 30 m nicht betrachtet werden, da davon auszugehen ist, dass die Anhalts- und Immissionswerte eingehalten sind, vgl. vorstehende Ausführungen.

## 7.2. Betriebsphase

Plan- und Anlagenbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
MESSBERICHT: SCHWINGUNGSUNTERSUCHUNGEN AN PUMPSPEICHERKRAFTWERKEN UND VERKEHRSWEGEN	A4	JES-A001-IFBE1- B40365-00	22a	UVS 19.9
ANLAGE 1: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BAUPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-02	22a	UVS 19.2
ANLAGE 2: GESAMTLAGEPLAN IMMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BETRIEBSPHASE	A1	JES-A001-VHBH3- B40370-03	22a	UVS 19.3



Bei dieser Betrachtung sind die durch den Betrieb des Energiespeicher Riedl verursachten Erschütterungen und die daraus resultierenden Immissionen an den nächstgelegenen Immissionsobjekten zu beurteilen.

Dabei gilt es zu prüfen, ob die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte durch die jeweiligen Erschütterungseinwirkungen an den nächstgelegenen Immissionsobjekten (und damit auch an weiter entfernten) gewährleistet werden kann.

Der Anlage 2 sind die maßgeblichen horizontalen Abstände zu den Immissionsobjekten zu entnehmen (lila gekennzeichnet), die in der Tabelle 11 zusammenfassend aufgeführt wurden.

Um für die Auswirkungsermittlung eine geeignete Beurteilungsgrundlage zu haben, wird vom Unterzeichner auf Ergebnisse repräsentativer Erschütterungsmessungen an vergleichbaren Kraftwerksanlagen zurückgegriffen, welche durch die Donaukraftwerk Jochenstein AG in Auftrag gegeben wurden. Dem umfangreichen Messbericht „Schwingungsuntersuchungen an Pumpspeicherkraftwerken und Verkehrswegen“, JES-A001-IFBE1-B40365-00, sind die entsprechenden Versuchsaufbauten sowie Details zum Umfang der Messungen samt Messergebnisse zu entnehmen.

Es ist festzuhalten, dass relevante Erschütterungen im Betrieb des ES-R nur durch die elektromaschinellen Anlagen (Pumpen und Turbinen) im Schacht der Kraftstation am Talboden Jochenstein verursacht werden können. Im Bereich Speichersee sind keine Anlagenteile vorhanden, welche im Betrieb relevante Erschütterungen erzeugen könnten.

Eine Beeinträchtigung durch Erschütterungen aufgrund von betrieblich notwendigen Fahrverkehr kann von vornherein ausgeschlossen werden, da das Verkehrsaufkommen sehr gering ist und im täglichen Straßenverkehr untergeht.

Die Erschütterungen des stationären Betriebs des ES-R (konstanter Durchfluss durch die Turbinen bzw. Pumpen) können als Dauererschütterungen eingestuft werden.

Erschütterungen, welche bei Lastwechsel auftreten (beim Stoppen oder Anfahren der Anlage), werden als kurzzeitige Ereignisse eingestuft. Bei diesen instationären Vorgängen treten üblicherweise auch die deutlich höheren Erschütterungen als beim konstanten Betrieb auf. Die beschriebenen Lastwechsel können, je nach energiewirtschaftlicher Situation, mehrfach am Tag auftreten.

Aufgrund der örtlichen Situation am Standort der Kraftstation ES-R, erfolgt die Immissionsbeurteilung ausschließlich für das Gebäude IO 10 „Haus am Strom“, das sich als nächstgelegenes Immissionsobjekt in einem Abstand von ca. 82 m zum neuen Krafthaus befindet. Werden die Anhalts- bzw. Immissionswerte für Dauererschütterungen dort eingehalten, so gilt dieses nach dem Stand der Technik auch für alle weiter entfernten Immissionsobjekte (Gebäude). Das nächstgelegene Wohnobjekt (IO 09) befindet sich am Talboden von Jochenstein in einer Entfernung von ca. 360 m zur Kraftstation ES-R (Ortsrandlage Jochenstein) und damit in ausreichend weiter Entfernung.

Zur Beurteilung der Immissionen in einem bestimmten Abstand von vergleichbaren Kraftwerken wurden umfangreiche Erschütterungsmessungen im und um das

- Kraftwerk Roßhag in Finkenberg, Tirol
- Kraftwerk Häusling, Tirol, das mit einer unmittelbar vergleichbaren Technik wie der Energiespeicher Riedl ausgestattet ist,

durchgeführt.

Nachfolgend sind die entscheidenden und hier verwertbaren entfernungsabhängigen Messwerte des sehr umfangreichen Messberichtes aufgeführt, die allesamt nur Entfernungen < 80 m zwischen Emissionsort (Pumpe/Turbine) und Immissionsort (Messgerät) berücksichtigen:





Kraftwerksanregungen / Dauererschütterungen (Fundament)						
Bezeichnung (Betriebszustand)	Messort	Emission	Abstand	$V_{\text{imax}}$	Frequenz	Prognose
		$V_{\text{imax}}$ [mm/s]	[m]	[mm/s]	[Hz]	OG ( $\ddot{U}=4$ ) [mm/s]
<b>Kraftwerk Roßhag</b>						
Pumpbetrieb	Parkplatz	5,83	40	0,0942	> 10 Hz	0,377
Pumpbetrieb	Überwachungskamera	5,83	55	0,0645	> 10 Hz	0,258
Pumpstopp	Überwachungskamera	30,70	55	0,3400	> 10 Hz	1,360
<b>Kraftwerk Häusling</b>						
Turbinenanlauf	Zugangsstollen Anfang	9,76	80	0,1700	> 10 Hz	0,680
Turbinenanlauf	Zugangsstollen Anfang	14,72	80	0,2582	> 10 Hz	1,033
Pumpbetrieb	Seilbahn Treppe	3,31	70	0,0299	> 10 Hz	0,120

aus Korrelation berechnet

Tabelle 14: Übersicht der wichtigsten Messdaten aus den Kraftwerksuntersuchungen

Beim Kraftwerk Roßhag können nur die Schwinggeschwindigkeiten für den Pumpbetrieb und beim Kraftwerk Häusling für den Pumpbetrieb und den Turbinenanlauf beurteilt werden, da sich die übrigen Messwerte allesamt auf Messungen in einem für die erforderliche Immissionsbeurteilung am ES-R nicht repräsentativen Nahbereich beziehen.

Auf die Situation der neuen Kraftstation ES-R können anhand der Messdaten dieser beiden vergleichbaren Kraftwerke Analogieschlüsse bezüglich der zukünftigen Immissions-situation für das nächstgelegene Immissionsobjekt (IO 10 „Haus am Strom“) gezogen werden, wobei die zu erwartenden Maximalwerte zunächst für die stationären Betriebsvorgänge betrachtet werden:

- Aufgrund der Entfernung zwischen dem „Haus am Strom“ und der Kraftstation ES-R (82 m) und der gewonnen Messwerte an vergleichbaren Anlagen sind am Gebäudefundament von IO 10 Erschütterungen in der Höhe von maximal ca.  $V_{\text{imax}} = 0,17$  mm/s aufgrund des stationären Kraftwerksbetriebes zu erwarten. Dieser „Anhaltswert“, welcher sämtliche stationäre Betriebszustände abdeckt, ist sehr gering und liegt unterhalb der Wahrnehmbarkeitsschwelle (vgl. Tabelle 1).
- Für das Gebäude wurde in den Immissionsprognosen ein Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 2$  berücksichtigt. Geht man von einer maximalen Überhöhung zwischen Fundament und den Geschossdecken (vertikal und horizontal) von  $\ddot{U} = 4$  - um eine noch höhere Sicherheit der Aussagen vergleichbar mit Wohngebäude zu erhalten - aus, so ergäben sich die jeweils in der rechten Spalte „Prognose“ der Tabelle 14 angegebenen Werte.
- Diese Werte für die Geschossdecken sind sehr gering, so dass die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 für Dauererschütterungen ( $V_{\text{imax}} = 10$  mm/s) deutlich eingehalten werden. Da diese Anhalts- bzw. Immissionswerte deutlich niedriger liegen als die für die kurzzeitigen Ereignisse, können auch diese eingehalten werden.
- Analog des Bewertungsschemas aus Kapitel 7.1.2 (Umrechnung der  $A_0 = I_{W_0}$ -Werte in Schwinggeschwindigkeiten) ist für die Gebietseinordnung im Bereich Talboden („Mischgebiet“) mit einem Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_0 = I_{W_0} = 5$  gemäß der DIN 4150 Teil 2 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2) eine Schwinggeschwindigkeit bis ca.  $V_{\text{imax}} = 9$  mm/s in der Mitte der Geschossdecken zulässig, bei Einhaltung der entsprechenden  $A_u$  bzw.  $A_r$  - Kriterien. Es wird somit deutlich, dass der durch Hochrechnung ermittelte Wert von  $V_{\text{imax}} = 0,68$  mm/s für die Geschossdecken diesen Wert deutlich einhält, da sich gemäß der DIN 4150 Teil 2 (Formeln 6 und 7) ein Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_0 = I_{W_0} = 0,38$  ermitteln lässt (Grundlage:  $cf = 0,8$  und Deckenfrequenz von 30 Hz). Somit gilt diese entfernungsabhängige Aussage auch für weiter entfernte Gebäude (z. B. für das IO 09). Die zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte werden eingehalten.

Das IO 10 ist nur zu den Geschäftszeiten tagsüber besetzt (innerhalb des Tageszeitraumes 06:00 bis 22:00 Uhr). Daher sind für dieses Gebäude keine Betrachtungen im Nachtzeitraum erforderlich.

- Das zur Kraftstation ES-R nächstgelegene Wohngebäude IO 09 ist 360 m entfernt. Gemäß der Tabelle 6 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2) ist nachts ein  $A_o = I W_o = 0,2$  mit den entsprechenden  $A_u$  bzw.  $A_r$  – Kriterien einzuhalten. Dieser Wert entspricht in etwa einer Schwinggeschwindigkeit von  $V_{imax} = 0,36$  mm/s für die Deckenmitte in Geschossdeckenebenen. Die Entfernung ist so groß, dass erfahrungsgemäß die Anhalts- bzw. Immissionswerte mit großer Sicherheit eingehalten werden. Erschütterungsmessungen zur Überprüfung in der Betriebsphase werden als nicht erforderlich gesehen.

Für die instationären Betriebsvorgänge (kurzzeitige Erschütterungen) wie z.B. Pumpenstopp und Pumpen- bzw. Turbinenanfahren liegen in beiden Kraftwerken nur Erschütterungsmessungen unmittelbar an den technischen Einrichtungen vor.

Aus diesem Grund wurde aus den Übertragungswerten eine Korrelation aus Schwinggeschwindigkeit und Abstand gebildet (blaue Werte in Tabelle 14). Grundlage sind die Werte für eine Entfernung von 55 m (Kraftwerk Rosshag) und 80 m (Kraftwerk Häusling).

Setzt man nun analog der Vorgehensweise für die Betriebsphase die für das OG im IO 10 errechneten Schwinggeschwindigkeitswerte von  $V_{imax} = 1,36$  mm/s (Roßhag) und  $V_{imax} = 1,03$  mm/s (Häusling) zur Beurteilung für das IO 10 in ca. 82 m an und verwendet dabei sogar den Schwinggeschwindigkeitswert von Häusling als „gemessenen“ Wert in 80 m Entfernung, dann kann folgende Aussage getroffen werden:

- Am IO 10 entspräche der anzuwendende Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_o = I W_o = 5$  einer Schwinggeschwindigkeit bis ca.  $V_{imax} = 9$  mm/s in der Mitte der Geschossdecken. Dieser Wert würde mit dem „errechneten“  $V_{imax} = 1,36$  mm/s deutlich eingehalten. Für diese Werte ist auch mit Einhaltung der entsprechenden  $A_u$  bzw.  $A_r$  – Kriterien zu rechnen. Das Immissionsobjekt IO 10 ist nur zu den Geschäftszeiten tagsüber besetzt (innerhalb des Tageszeitraumes 06:00 bis 22:00 Uhr). Daher sind für dieses Gebäude keine Betrachtungen im Nachtzeitraum erforderlich.
- Für das IO 09 ist nachts wiederum ein Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_o = I W_o = 0,2$  mit den entsprechenden  $A_u$  bzw.  $A_r$  – Kriterien einzuhalten. Aufgrund der hohen Entfernung von ca. 360 m und den Messwerten der Tabelle 14 ist mit Einhaltung dieser Werte zu rechnen, da im OG auf diese Entfernung keine Schwinggeschwindigkeiten von  $V_{imax} = 0,36$  mm/s im Obergeschoss erreicht werden können.

In der Anlage 2 werden für die Betriebsphase zusätzlich die Verkehrswege (Ocker) angegeben, die für Kontrollbetriebsfahrten (im Wesentlichen PKW-Fahrten) der Betriebsanlagen in Anspruch genommen werden.

Das vorhandene Grundverkehrsaufkommen auf den umliegenden Straßen wird sich durch diese Fahrten nicht spürbar erhöhen. Dies schließt auch die Kontrollfahrten zu den geplanten GÖM mit ein. Der geringste Abstand für den Verkehr zu den Immissionsorten kann mit 10 m für das IO 10 („Haus am Strom“) angegeben werden.

Die Aussagen aus Kapitel 7.1.2 können hier angeführt werden. So gilt für den Schwerlastverkehr, dass die Anhalts- bzw. Immissionswerte (kurzzeitige Erschütterungen) bei Abständen  $> 2,5$  m eingehalten werden. Insofern erübrigen sich weitere Betrachtungen.

## Beurteilung

Es lässt sich somit für die Betriebsphase des Energiespeicher Riedl folgern, dass nur geringe (entfernungsabhängige) Erschütterungsimmisionen im Umfeld der Kraftstation erzeugt werden.

Im Bereich Speichersee werden keine relevanten Emissionen bzw. Immissionen durch den Betrieb erzeugt.

Dieses kann anhand von verschiedenen Messungen unterschiedlicher Betriebs-szenarien vergleichbarer Kraftwerke (an Stelle von rechnerischen Prognosen, die sich für diesen Fall wegen hoher Unsicherheiten nicht anbieten) im Entfernungsbereich bis zum nächstgelegenen Immissionsort IO 10 „Haus am Strom“ von ca. 82 m auch für die Dauererschütterungen des Regelbetriebs nachgewiesen werden. Somit können Überschreitungen der Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 sowohl für die Dauererschütterungen des stationären Kraftwerkbetriebs als auch für kurzzeitige Erschütterungen der Anfahr- und Übergangsbetriebszustände auch für weiter entfernte Wohngebäude (z. B. IO 09 in ca. 360 m Entfernung) ausgeschlossen werden.

Die Schwinggeschwindigkeiten in den Geschossdecken werden – wie beispielhaft berechnet – so gering sein, dass die entsprechenden Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 der Tabelle 6 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2) mit Einordnung der jeweiligen Gebäude in die Zeile 3 (Mischgebiet im Talboden) deutlich eingehalten bzw. unterschritten werden und liegen etwa im Bereich < 15 %. Die Einhaltung gilt auch für die Betriebsabläufe im Nachtzeitraum.

Aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens in der Betriebsphase (Wartungs- und Kontrollfahrten) ist von keiner relevanten Änderung der Bestandssituation auszugehen. Die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) an den jeweils nächstgelegenen Immissionsobjekten ist sichergestellt.

## **8. Kumulationswirkungen**

### **8.1. Kumulationswirkungen mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe KW Jochenstein (OWH)**

#### **8.1.1. Anlagenbeschreibung Organismenwanderhilfe KW Jochenstein**

Das Vorhaben der Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) umfasst die Errichtung und den Betrieb einer Organismenwanderhilfe (OWH) als Umgehung für aquatische Lebewesen um das Kraftwerk Jochenstein an der Donau.

Geografisch liegt das Vorhaben nahe der bestehenden Wasserkraftwerksanlage Jochenstein, rd. 24 km stromabwärts von Passau im Landkreis Passau/Bayern

Die Organismenwanderhilfe und Ihre Bauwerke liegen zum überwiegenden Teil auf deutschem Staatsgebiet im Markt Untergriesbach, dabei im Talboden der Ortschaft Jochenstein. Etwa 140 m im unterwasserseitigen Einstiegsbereich, von Donau-KM 2201,75 (Staatsgrenze) bis Donau-KM 2201,61, befinden sich in Österreich im Gemeindegebiet von Neustift im Mühlkreis, Bezirk Rohrbach. Mit einem maximalen Gefälle von 0,4 % wird eine Höhendifferenz von ca. 10,5 m zwischen dem Ober- und Unterwasserspiegel des Kraftwerkes Jochenstein überwunden.

Die Organismenwanderhilfe soll linksufrig als naturnahes Umgehungsgerinne errichtet werden. Die in Schleifen und Mäandern angelegte OWH weist eine nutzbare Länge von ca. 3.350 Metern auf (Abbildung 14).

Auf den ersten ca. 800 m (zwischen Einlauf und dem Ende der Freiluftschaltanlage) verläuft die OWH weitgehend parallel neben der Kreisstraße PA 51. Danach schwenkt die OWH in mehreren Mäanderschleifen in Richtung Donau und erreicht diese am unterwasserseitigen Ende der Schleuse Jochenstein. Im Ortsbereich Jochenstein verläuft die OWH parallel zur Ufermauer der unteren Schifffahrtseinrichtung. Im Anschluss an den Ortsbereich verläuft die OWH mäandrierend und in einer großen Schleife in Freiflächen östlich von Jochenstein. Kurz nach der Staatsgrenze Deutschland – Österreich mündet die OWH in die Donau.



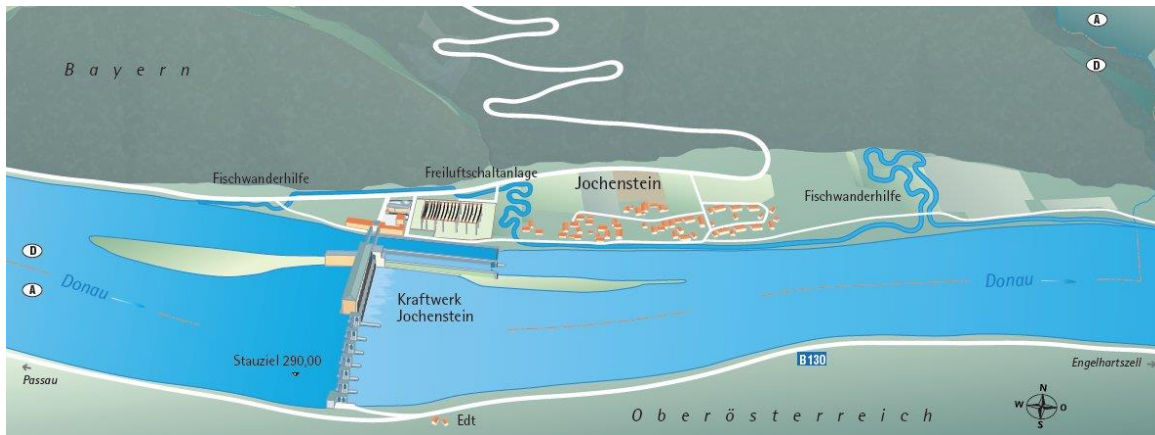


Abbildung 14: Projektübersicht Organismenwanderhilfe

### Übersicht der technischen Anlagendaten

Maximale Fallhöhe	$H_{\max} = 10,45 \text{ m}$
Gesamtlänge	$L = 3370 \text{ m}$
Sohlgefälle	$I = 2,8 \text{ bis } 4 \text{ ‰}$
Mindestabfluss	$Q_{\min} = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (im Einstiegsbereich bei $Q_{30}$ : $1,59 \text{ m}^3/\text{s}$ im Gerinne, $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ durch Bypass)
Maximaler Abfluss	$Q_{\max} = 11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ Max. Zulauf am Ausstieg
Max. Dotation	$Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Brückenbauwerke	$Q = 9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 4 Straßenbrücken, 5 Fuß / Fahrradbrücken, 2 kleine Holzbrücken
Pumpleistung Notdotation	$Q_{\text{not}} = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$

Maßgebend für die Abmessungen des Gerinnes ist die potentiell natürliche Fischfauna; für den vorliegenden Fall insbesondere die Fischart Wels. Daraus ergeben sich für den Bautyp Umgehungsgerinne folgende hydraulische und konstruktive Randbedingungen:

- Maximales Gefälle 0,4 ‰
- Mindestabfluss  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Min. Gerinnebreite (Wasserspiegelbreite) = 4,50 m
- Mindestwassertiefe in Kolken 1,70 m
- Mindestwassertiefe in Furten 0,60 m

Damit auch bei größeren Abflüssen in der Donau eine für die Fische bemerkbare Leitströmung am Auslauf der OWH herrscht, wird der Abfluss in der OWH abhängig vom Abfluss in der Donau gesteuert.

#### **8.1.1.1. Bauphase**

Die Herstellung der OWH erfolgt in drei voneinander unabhängigen Abschnitten (Einlaufbereich, Ortsbereich, naturnaher Abschnitt östl. von Jochenstein). Die Bauzeit soll ca. 14 Monate betragen.

Im donauparallelen Bauabschnitt 1 im Unterwasserbereich wird das Trapezgerinne erdbaulich hergestellt und zum Untergrund abgedichtet. Die bestehende Schifffahrtseinrichtung in diesem Bereich wird vollständig rückgebaut und das Donauufer naturnah ausgestaltet (ökologische Vorschüttung).

Das der Ortschaft Jochenstein vorgelagerte Troggerinne am Donauufer (Bauabschnitt 2) wird in einer trockenen Baugrube hergestellt. Während der Baumaßnahme kann die Straße in diesem Bereich nicht befahren werden und der Baustellenverkehr findet direkt in dem Troggerinne statt.

Der oberwasserseitige, technische Abschnitt der OWH (Bauabschnitt 3) wird großteils in einer offenen, mittels Spundwänden abgegrenzten, Baugrube errichtet. Sämtliche Betonbauwerke werden mit Transportbeton hergestellt.

Grundsätzlich findet eine zeitliche Überschneidung beider Projekte von ca. 2 Monaten statt.

#### 8.1.1.2. Betriebsphase

In der Betriebsphase sind keine Auswirkungen der Organismenwanderhilfe in Bezug auf Erschütterungen zu erwarten.

#### 8.1.2. Kumulation Bauphase

Anlagenbezug:

Anlage	Kapitel	File Name	Ordner Nr.	Register
GESAMTANLAGE TECHNISCHE BESCHREIBUNG	-	JES-A001-PERM1-B10002-00	1	3
VERKEHRS-AUFKOMMEN - KUMULATIVE BETRACHTUNG		JES-A001-VHBH3-B40397-00	13	TA 10.5.1

Anlagenbezug Vorhaben OWH KW Jochenstein:

Anlage	Kapitel	File Name	Ordner Nr.	Register
IMMISSIONSGUTACHTEN ERSCHÜTTERUNGEN - OWH	-	JES-A001-IFBE1-B30386-00	16b	UVS 15

Im geplanten Umsetzungszeitraum des ES-R ist im selben Gebiet das unabhängige Vorhaben „Organismenwanderhilfe Kraftwerk Jochenstein“ (OWH) geplant. Aufgrund der teilweise zeitlichen und räumlichen Überschneidung der Vorhaben wird bei der Auswirkungsbeurteilung des ES-R eine mögliche kumulative Wirkung durch die beiden Vorhaben im zeitlichen Überschneidungszeitraum bezüglich möglicher Erschütterungsimmersionen betrachtet.

Aufgrund des Terminprogramms (Terminprogramm Nr. 6.1 des Massen-, Personen- und Transportkonzepts) können sich die Arbeiten des ES-R mit den Arbeiten zur OWH frühestens ab dem 33. Baumonats überschneiden (Beginn der Bauarbeiten für die OWH im östlichen Bauabschnitt 1).

Erschütterungsrelevante Arbeiten beim Projekt OWH finden erst in den folgenden Baumonaten statt:

1. Bauabschnitt: BJ 3 BM 7 – BJ 4 BM 4, Bereich Auslauf bis Jochenstein
2. Bauabschnitt: BJ 3 BM 10 – BJ 4 BM 5, Bereich Jochenstein
3. Bauabschnitt: BJ 4 BM 2 – BJ 4 BM 12, Bereich Jochenstein bis Einlauf

Baubedingte Kumulationswirkungen zwischen den Bauvorhaben Energiespeicher Riedl im Bereich Speichersee (Baumonte 32 – 35) mit der Baumaßnahme OWH können aufgrund der räumlichen Trennung ausgeschlossen werden.

Zu Beginn der Arbeiten an der OWH werden die erschütterungsintensiven Arbeiten des ES-R (z.B. Aushub- / Ausbrucharbeiten zur Kraftstation bzw. für die Stollen inklusive Sprengarbeiten) jedoch bereits abgeschlossen sein. Der Betonbau der Kraftstation, hochdruck- und niederdruckseitige Verteilrohrleitungen und dessen Hinterbetonierung sowie Betonarbeiten am Auslaufbauwerk Donau finden bis zu dem Baumonats 31 statt. Ab Baumonats 32 finden als wesentliche Arbeiten im Talboden nur der Innenausbau der Kraftstation, Montage der hydroelektrischen Anlagen sowie der Betonbau des Einlaufbauwerks Donau statt.





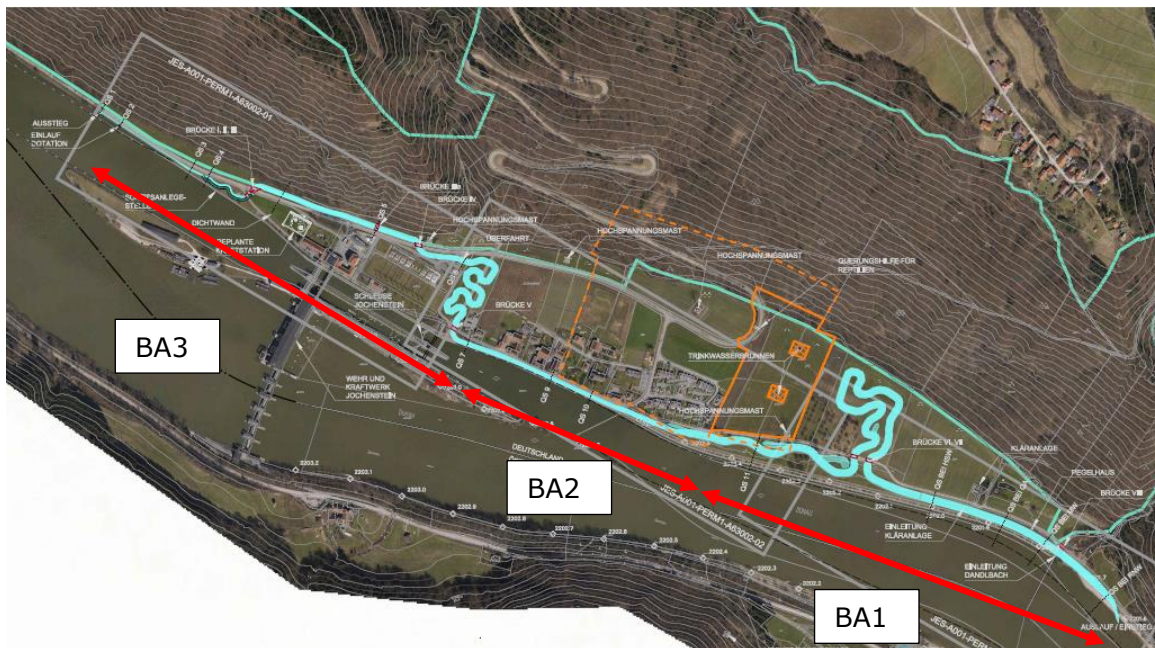


Abbildung 15: Projektübersicht Organismenwanderhilfe

Aufgrund der geringsten Entfernung von ca. 1,25 km der Baubereiche zueinander, sind erschütterungstechnische Überlagerungen jeglicher Art zwischen den beiden Vorhaben definitiv auszuschließen.

Die Abbildung 15 zeigt die Lage der Bauabschnitte (BA) der OWH und die große Entfernung des BA 1 zu der Kraftstation bzw. zum Trenndamm (Ein-/Auslaufbauwerk). Eine Überlagerung der Verkehrsströme ist aufgrund des geplanten Bauablaufes nicht zu erwarten, zumal die überwiegenden Erdmassenbewegungen mittels Schubleichter über die Donau erfolgen. Nennenswerter Schwerlastverkehr ist vom Projekt OWH nur über die Straße am Kraftwerk (PA 51) und nicht vom Projekt ES-R zu erwarten.

Somit ist in der kumulativen Betrachtung der jeweiligen Bauphasen des ES-R und der OWH eine Überlagerung und folglich Verstärkung von Erschütterungen und deren Auswirkungen auszuschließen. Die gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungen der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie die Ausführungen der LAI-Richtlinie werden weiterhin eingehalten.

### 8.1.3. Kumulation Betriebsphase

In der Betriebsphase sind aufgrund der örtlichen Trennung keine Kumulationswirkungen zu erwarten. Zudem emittiert die OWH keinerlei Erschütterungen.

## 8.2. Kumulationswirkungen mit der Freiluftschaltanlage (FSA)

Anlage	Kapitel	File Name	Ordner Nr.	Register
Technische Beschreibung Freiluftschaltanlage	-	JES-A001-ILFC1-B60424-00	16b	UVS 15

Die bestehende Freiluftschaltanlage soll während des laufenden Betriebs um zwei Schaltfelder erweitert werden. Die Arbeiten sollen parallel während der Bauphase ES- R erfolgen. Die Erweiterung bedarf eines separaten immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens. Lage und Zuwegung können der Abbildung 16 entnommen werden.



Abbildung 16: Schaltanlage Baufeld mit Erschließung, Lageplanausschnitt

### 8.2.1. Kumulation Bauphase

In der Bauphase sind folgende Arbeiten vorgesehen:

- Abtrag und Zwischenlagerung Oberboden
- Abbau Stahlbau und elektrische Ausrüstung
- Aushub und Zwischenlagerung Oberboden
- Abbruch und Entsorgung Betonfundamente
- Lieferung und Einbau der Fertigteilfundamente
- Lieferung und Einbau von unbewehrtem Beton / Magerbeton
- Einbau Boden, Wiederverfüllung
- Neubau Stahlbau und elektrische Ausrüstung
- Installation E- und Leitechnik
- Einbau Oberboden

Als Baugeräte kommen im Wesentlichen Asphaltiergerät, Glattradwalze, LKW bzw. LKW mit Kran, Klein- und Hydraulikbagger, Radlader/Stapler und Abbauhammer zum Einsatz. Der Baustellenverkehr wird über die KR PA 51 erfolgen.

Aufgrund der räumlichen Distanzen und der gegenüber den Emissionen durch die Baustelle ES-R geringen Intensitäten der Arbeiten an der Freiluftschaltanlage können Überlagerung von Erschütterungsemissionen durch die Parallelität der Vorhaben ausgeschlossen werden.

Somit ist in der kumulativen Betrachtung der jeweiligen Bauphasen des ES-R und der OWH eine Überlagerung und folglich Verstärkung von Erschütterungen und deren Auswirkungen auszuschließen. Die gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungen der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie die Ausführungen der LAI-Richtlinie werden weiterhin eingehalten.

### **8.2.2. Kumulation Betriebsphase**

Vom Betrieb der Freiluftschaltanlage werden keine Erschütterungen emittiert, es entstehen keine kumulativen Wirkungen.

## **9. Sprengtechnik**

Nachfolgend wird die sinnvoller Weise einzusetzende Sprengtechnik für die über- und untertägigen Sprengarbeiten erläutert und Empfehlungen gegeben.

### **9.1. Sprengmittel**

Alle eingesetzten Sprengmittel müssen eine EG-Baumusterprüfbescheinigung sowie ein Identifikationszeichen der BAM zur Verwendung in Deutschland haben. Eine Festlegung auf die einzusetzenden Sprengmittel kann hier nicht erfolgen, sondern muss in der Bauphase bestimmt werden. Nachfolgend werden Vorschläge aufgeführt, die dem Stand der Sprengtechnik und den Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten entsprechen.

#### **Sprengstoffe**

Es sollten nach Möglichkeit handhabungssichere (d. h. Sprengstoffe mit hoher mechanischer und thermischer Belastbarkeit), physiologisch gut verträgliche (keine Kopfschmerzen verursachend) und explosivstofffreie (wegen des Fehlens von Nitroglycerin/Nitroglycol), aber zeitgemäße energiereiche patronierte oder pumpfähige Emulsionssprengstoffe eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen.

Die Anteile der toxischen Bestandteile sowie Kohlenmonoxyd und Kohlendioxid sind bei diesen Sprengstoffen deutlich geringer im Vergleich zu den Sprengschwadenkennwerten von gelatinösen Sprengstoffen. Diese Emulsionssprengstoffe sind besonders für den Einsatz in den untertägigen Vortrieben für das Auswettern der Sprengschwaden von erheblichem Vorteil im Vergleich zum Einsatz von gelatinösen Sprengstoffen.

Durch den Einsatz der wasserfesten Emulsionssprengstoffe erhöht sich die Arbeitssicherheit und -hygiene beträchtlich.

Daher wird der Einsatz von gelatinösen Sprengstoffen, die bezüglich Sicherheit in der Anwendung (Umgang mit Versagern), Arbeitshygiene, Sprengschwadenzusammensetzung etc. gegenüber den Emulsionssprengstoffen deutliche Nachteile besitzen, nicht empfohlen.

Der Standardsprengstoff für derartige Anwendungen, über- und untertage, auch bei den vorliegenden geologischen Bedingungen, ist Emulsionssprengstoff. Emulsionssprengstoffe stellen heute auch die umweltverträglichsten Sprengstoffe dar in Bezug auf Eluateintrag von Nitrit, Nitrat und Kohlenstoffen in das Ausbruchsmaterial.

Sollte der Einsatz von gelatinösem Sprengstoff dennoch aus sprengtechnischen Gründen unbedingt erforderlich sein (z.B. bei schlechtem Abschlagswirkungsgrad, für die





Anwendung bei hohem spezifischen Sprengstoffaufwand bzw. bei Teilversagern/Versagern bei den Emulsionspatronen z.B. durch Dead-Pressing-Effekte), so besteht jedoch die Möglichkeit zum Einsatz der gelatinösen Sprengstoffe.

Bei den übertägigen Sprengungen können bei nicht wasserführenden Bohrlöchern auch rieselfähige ANFO-Sprengstoffe verwendet werden. Dieses entspricht dem Stand der Technik.

Die Abstimmung von Patronen- zu Bohrlochdurchmesser (bei Verwendung von patronierten Sprengstoffen) ist für die Energieeffizienz der Sprengarbeiten durch einen guten Bohrlochfüllungsgrad entscheidend.

### Zündverfahren

Für die untertägigen Sprengungen steht mit dem nichtelektrischen Zündverfahren in Kombination mit der Bündeltechnik (Zündverzögerer 0 ms) bereits je nach Hersteller eine sehr hohe Anzahl von Zündzeitstufen als Millisekunden und Langzeitzünder mit verschiedenen Zündintervallen zur Verfügung. Sollten diese nicht für ein erschütterungsreduziertes Sprengen (mit reduzierten Lademengen je Zündzeitstufe) ausreichen, so kann zusätzlich die sogenannte Sektorenzündung, auch aus Immissionschutzgründen, angewendet werden.

Die Abbildung 17 zeigt beispielhaft eine Sprengplanung mit nichtelektrischer Sektorenzündung für einen kleinen Querschnitt zu einem anderen Projekt. Die roten Pfeile stellen dabei das Verbindungsschema der Bündelzünder dar, damit auch tatsächlich unterschiedliche Zündzeiten entstehen.

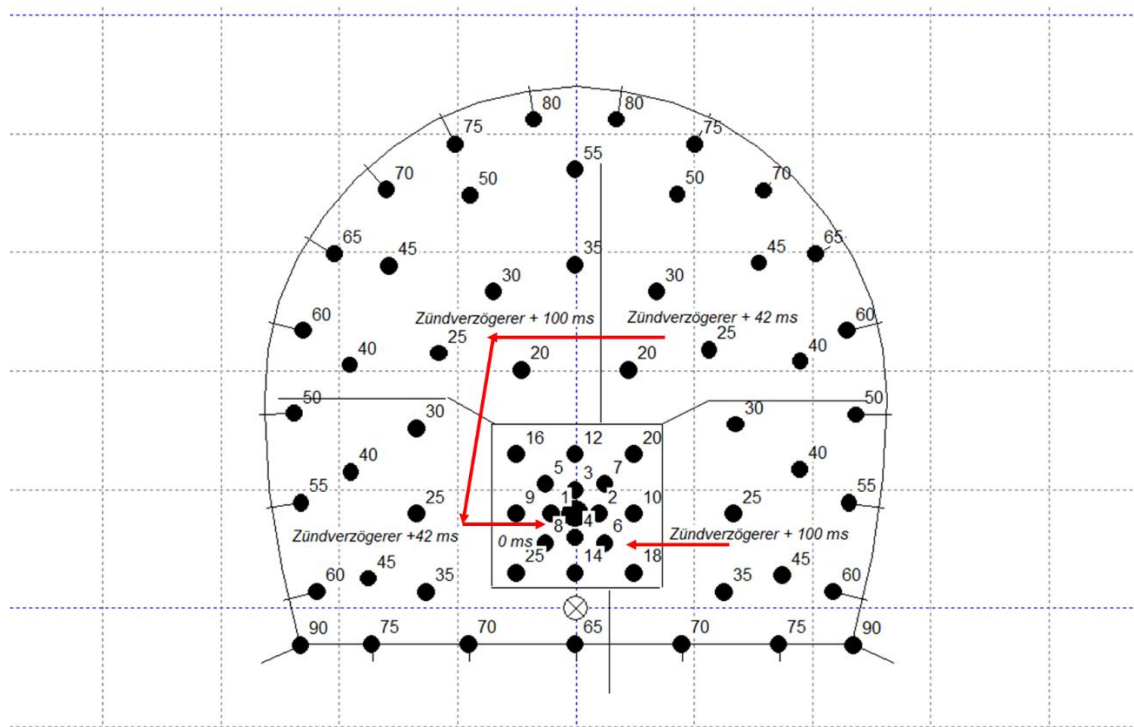
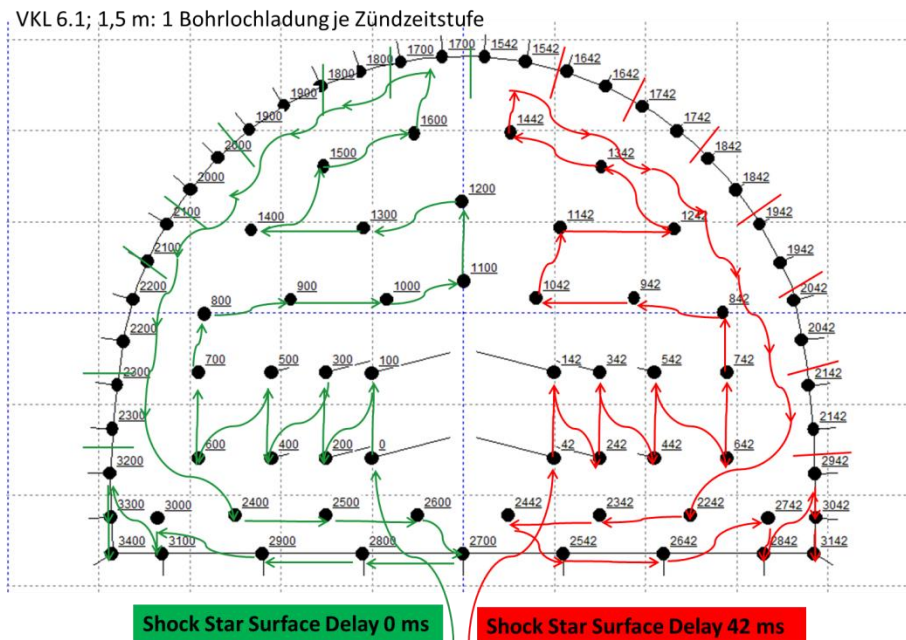


Abbildung 17: Beispiel für eine Sektorenzündung mit nur einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe (mit roten Pfeilen ist das Verbindungsschema der Sektoren dargestellt)

Bei der Sektorenzündung werden die Zünderbündel statt ausschließlich mit Zündzeitstufe 0 ms zusätzlich mit verschiedenen Zündzeitstufen gezündet. Somit wird eine weitere hohe Anzahl an Zündzeitstufen „künstlich“ erzeugt. Diese Methode hat sich in der Vergangenheit als sehr hilfreich zur Erschütterungsminimierung erwiesen und beinhaltet für die Zündplanerstellung viele Freiheitsgrade zur Umsetzung von reduzierten Lademengen je Zündzeitstufe. Es wird möglich, auch nur eine Bohrlochladung je Zündzeitstufe zünden zu lassen. Für die maximale Lademenge je Zündzeitstufe ist somit nur die größte Bohrlochladung ausschlaggebend. Eine andere Alternative zur Erschütterungsreduzierung ist der Einsatz eines „Dual-Delay“

Zündsystems, das ebenfalls aus nichtelektrischen Zündern besteht. Hierbei werden die Bohrlochladungen „dominoartig“ miteinander verbunden und bestimmte Segmente ebenso wie bei der Sektorenzündung gegeneinander verzögert. Mit dieser Methode lässt sich ein gleichmäßiges Zündintervall mit beliebig vielen „erzeugten“ Zündzeitstufen bei weitgehender Überschneidungsfreiheit der Zündzeiten erreichen. Auch hierbei wird erreicht, dass nur die Bohrlochladung für die maximale Lademenge je Zündzeitstufe verantwortlich ist (vgl. Abbildung 18).





Anhand dieser Einflussfaktoren ist ersichtlich, dass es in der späteren Baupraxis noch ausreichend Möglichkeiten gibt, auf gegebenenfalls unerwartet hohe Sprengerschütterungen durch Maßnahmen zur Erschütterungsminimierung einzugehen und diese zu reduzieren.

## 9.2. Erläuterungen zur Sprengtechnik

Nachfolgend werden einige allgemeine Erläuterungen zu der einzusetzenden Sprengtechnik gegeben. Die Umsetzung in Sprengbilder ist nicht Aufgabe dieses Gutachtens, daher wurden nur Beispiele angeführt, die die Machbarkeit belegen.

### Gebirgsschonendes und profilgenaues Sprengen

Um bei den Vortriebssprengungen untertage ein gebirgsschonendes und profilgenaues Sprengen zu gewährleisten, gibt es zwei verschiedene Methoden, die beide zum Einsatz kommen können:

- Einsatz von speziellen Contourpatronen, die einen reduzierten Patronendurchmesser haben (z. B. 25 mm Durchmesser und 1000 mm Länge). Diese Technik des dosierten Ladens hat sich seit Jahren im Tunnelbau/Bergbau bewährt. Es ist zu beachten, dass die Patronen gegen das Herausschleudern mit sog. PVC-Dämmschirmchen verdämmt werden müssen, damit diese Technik zielgerecht eingesetzt werden kann.
- Einsatz von schweren Sprengschnüren (80 oder 100 gr. PETN/m Füllgewicht), die gegebenenfalls eine kleine Fußladung (1/2 Patrone Emulsionssprengstoff) benötigen (je nach Abschlagslänge).

Bei entsprechender Abstimmung (Vorgabe und Seitenabstand) zu der Profilhelferbohrlochreihe sind im Profilbereich Bohrlochabstände von ca. 0,3 bis 0,4 m bei diesem Gestein und diesen kleinen Querschnitten sinnvoll.

Der Abstand zwischen den Profilbohrlöchern und der Helferreihe kann bei einem Patronendurchmesser von 35/36 mm mit ca. 0,6 – maximal 0,8 m – gewählt werden.

Das gebirgsschonende und profilgenaue Sprengen kann auch bei den Sprengungen zum Speicherbecken im Bereich der Endböschung erforderlich sein.

Das sogenannte Presplitting-Verfahren ist eine Möglichkeit standfeste und glatte Endböschungen herzustellen. Dazu müssen in der Profilvereihe die Bohrlöcher mit geringeren Abständen zueinander (ca. 0,7 bis 0,8 m) gebohrt werden und die Bohrlöcher mit schwerer Sprengschnur (mit Füllgewichten von ca. 80 – 100 g PETN/m) und gegebenenfalls mit einer Fußladung geladen und möglichst gleichzeitig vor den Abtragssprengungen oder mit diesen synchron gesprengt werden. Dieses Verfahren stellt den Stand der Technik dar.

Entsprechend der minimalen Abstände zu den jeweils nächstgelegenen Immissionsobjekten (Tabelle 9) können die prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten entsprechend den durchzuführenden Sprengarbeiten aus den Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen der Anhang 12.2 entnommen werden. Grundlage für diese Tabellen sind nicht die aus den Anhang 12.1 a bis e für die jeweiligen Sprengsituationen ermittelten maximal möglichen Lademengen je Zündzeitstufe, sondern die jeweils für den Einsatz maximal sinnvollen Lademengen je Zündzeitstufe, auch im Sinne einer Immissionsreduzierung.

Zu diesen sinnvollen Lademengen je Zündzeitstufe sind nachfolgende Erläuterungen für die einzelnen Sprengsituationen hilfreich.



## Speicherbecken und Kontrollgang

Sofern für den Gesteinsabtrag Bohr- und Sprengarbeiten erforderlich werden, sind die Lockerungssprengungen entweder nur in den Bereichen durchzuführen, in denen ein mechanisches Lösen nicht mehr möglich ist oder es erfolgt ein kontrolliertes großflächiges Sprengen harter Gesteinsschichten. Die bevorzugte Abtragstiefe für diese Flächensprengungen liegt bei ca. 3,0 m, könnte vorliegend aber auch aus immissions- sowie sprengtechnischer Sicht bis zu ca. 5,0 m betragen.

Bei im Regelfall anzuwendenden Bohrlochdurchmessern von ca. 89 – 92 mm ergibt sich je nach gewünschter Hautwerksstückigkeit und Abtragstiefe ein Sprengraster von ca. 2,0 x 2,0 m bis 2,5 x 2,5 m. Der spezifische Sprengstoffaufwand würde dabei ca.  $q = 0,4 \text{ kg/fm}^3$  bis  $q = 0,6 \text{ kg/fm}^3$  betragen.

Durch Einsatz des nichtelektrischen Zündsystems mit Imlochzünder und Zündverzögerer lassen sich quasi beliebig viele Zündzeitstufen „erzeugen“, so dass bei diesen Sprengungen jeweils nur eine Bohrlochladung je Zündzeitstufe detoniert.

Um die maximalen Erschütterungsimmissionen zu prognostizieren, kann hier im Worst-Case-Fall eine Abtragstiefe von 5,0 m und einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 16 \text{ kg}$  angenommen werden (Anhang 12.1 a). Somit lässt sich für das zu den Sprengungen mit minimal 160 m Abstand nächstgelegene Immissionsobjekt (IO 1 Riedler Hof) eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament von ca.  $V_{\max} = 3,23 \text{ mm/s}$  prognostizieren. Das entspricht ca. 65 % des zulässigen Anhalts- und Immissionswertes von  $V_{\max} = 5,00 \text{ mm/s}$ , mit dem die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 sowie die Ausführungen der LAI-Richtlinie deutlich eingehalten wären.

Eine weitere Reduzierung des Erschütterungsniveaus ließe sich zum Beispiel durch eine reduzierte Abtragstiefe auf ca. 3,0 m ermöglichen, wodurch sich die Lademenge je Zündzeitstufe auf ca.  $L_{\max} = 7,0 \text{ kg}$  verringert. Somit würde sich die prognostizierte Schwinggeschwindigkeit in einem minimalen Abstand von 160 m zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten (s. oben) auf ca.  $V_{\max} = 1,67 \text{ mm/s}$  verringern (Anhang 12.3 a). Dieser Wert steht für ca. 33 % des zulässigen Anhalts- und Immissionswertes.

Eine weitere Reduzierung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe in Richtung z.B.  $L_{\max} = 2,0 \text{ kg}$  (z.B. aufgrund der Notwendigkeit, bereits im Bereich des Speicherbeckens angrenzende Reptilienlebensräume zu schonen, die gegebenenfalls im nordwestlichen Bereich des Speicherbeckens vorhanden sein können) ist prinzipiell möglich, erfordert aber sprengtechnische Maßnahmen. In Betracht kommen u.a.:

- eine Ladungsteilung (vergleichbar z. B. mit „zwei übereinandergesetzten Bohrlöchern“)
- eine Reduzierung des Bohrlochdurchmessers (z. B. auf ca. 48 oder 51 mm)
- oder eine weitere Verkürzung der Abtragshöhe (z. B. auf 2,0 m)

bzw. eine Kombination dieser Möglichkeiten.

Diese Maßnahmen sind jeweils mit einer Verkleinerung des Sprengrasters verbunden. Obligatorisch ist auch hier die Zündung von nur einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe.

Diese Maßnahmen sind in der Regel mit einer deutlichen Verlängerung der Bauzeit und stark erhöhten Kosten verbunden. Aus Immissionsschutzgründen wird eine Verlängerung der Bauzeit negativ beurteilt und sollte vermieden werden.

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 2,0 \text{ kg}$  ergäbe sich zum Beispiel für das IO 1 (Riedler Hof) eine auf  $V_{\max} = 0,61 \text{ mm/s}$  reduzierte maximale Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament. Es wird somit empfohlen, sich den gegebenenfalls vorhandenen Reptilienlebensräumen durch geeignete Anpassung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe anzunähern.

## Schrägstollen und Schrägschacht

Aufgrund der kleinen Querschnitte und der Gesteinsqualität bietet sich die Anwendung eines Paralleleinbruches auf ein oder mehrere Großbohrlöcher an. Es ist besonders bei dem Schrägstollen und bei dem Schrägschacht von einem relativ hohen spezifischen Sprengstoffaufwand auszugehen, der hier mit  $q = 2,2 - 3,0 \text{ kg / fm}^3$  angegeben werden kann.

Aufgrund der Tatsache, dass neben den bisher betrachteten „externen“ Immissionsobjekten noch viele innerbetriebliche schützenswerte Objekte und weitere technische Einrichtungen vorhanden sind, wird es sprengtechnisch als sinnvoll erachtet, wenn bei den untertägigen Sprengungen eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 8 \text{ kg}$  anstatt der errechneten maximal möglichen von  $L_{\max} = 39,9 \text{ kg}$  eingesetzt wird. Damit einhergehend sind deutliche Immissionsreduzierungen der Sprengerschütterungen, so dass auch eventuell noch zum Vortriebsstart vorhandene Reptilienlebensräume angemessen berücksichtigt werden.

Dies entspräche einer maximal möglichen Abschlagslänge bei den Vortrieben von ca. 3,0 m und zwei Bohrlochladungen je Zündzeitstufe. Die prognostizierte Entwicklung der Schwinggeschwindigkeiten geht aus dem Anhang 12.1 b hervor.

Für die untertägigen Vortriebe können erfahrungsgemäß Bohrlochdurchmesser zwischen 43 und 48 mm verwendet werden. Als Standard-Patronendurchmesser sind dann Patronen mit 35/36 mm bis 40 mm gut einsetzbar.

Diese Immissionsvorgabe lässt sich mit Hilfe des nichtelektrischen Zündverfahrens, gegebenenfalls unter Einsatz der Sektorenzündung bei diesen relativ kleinen Querschnitten einfach und ohne Sonderaufwand verwirklichen.

Für den nächstgelegenen Immissionsort IO 10 („Haus am Strom“) lässt sich eine Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\max} = 4,48 \text{ mm/s}$  prognostizieren. Damit sind sogar die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach Zeile 2 der Tabelle 2 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) bzw. gleichlautender Tabelle der LAI-Richtlinie für Wohngebäude eingehalten.

Sollten mit dieser Sprengtechnik die Schwinggeschwindigkeiten bzw. die entsprechenden abstandsabhängigen Beschleunigungswerte für die angrenzenden Reptilienlebensräume zu hoch sein, so ist eine weitere Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe auf ca.  $L_{\max} = 2 \text{ kg}$  sprengtechnisch relativ einfach umsetzbar. Das entspricht bei reduzierten Abschlagslängen zwischen 1,5 und 2,0 m im Prinzip einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe. Hierfür wäre unabdingbar die nichtelektrische Sektorenzündung, die Dual Delay Zündtechnik oder gegebenenfalls elektronische Zünder bzw. eine Kombination aus nichtelektrischer bzw. elektronischer Zündung zu verwenden.

Hierdurch kann eine weitere deutliche Absenkung des Immissionsniveaus erreicht werden. Dem Anhang 12.3 b können die entsprechende Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle für die hier nochmals reduzierten Lademengen entnommen werden. Grundvoraussetzung für eine Erschütterungsreduzierung ist eine geeignete Sprengtechnik mit einem auf die geologischen Verhältnisse abgestimmten spezifischen Sprengstoffaufwand und einer angemessenen Vorgabe zum Seitenverhältnis.

### **Kraftstation**

Wegen des großen Durchmessers des Kraftstation-Schachts von ca. 35 m und der sich dadurch ergebenden großen Querschnittsfläche sind die Sprengplanungen für das Abteufen des Schachtes relativ komplex.

Wie beispielhaft in der Abbildung 19 für einen kleineren Schacht (ca. 18 m Durchmesser) dargestellt, werden die Bohrlöcher konzentrisch um einen Einbruchbereich (bevorzugt Kegeleinbruch) mit Vorgaben von ca. 0,7 bis max. 1,0 m angeordnet mit zum Profildbereich abnehmender maximaler Lademenge je Zündzeitstufe. Der Seitenabstand kann dabei je nach gewünschter Haufwerksstückigkeit ca. 0,7 bis maximal 1,0 m betragen. Aus organisatorischen Gründen (unter anderem der Arbeitsabläufe) ist es wünschenswert, dass die erschütterungsreduzierend auszuführenden Sprengungen über die gesamte Schachtscheibe erfolgen.

Aus diesem Grund wird eine Vielzahl von „Zündzeitstufen“ benötigt. Zur Schonung der linken Ufermauer des Oberhafens (IO 13) ist aufgrund der Immissionsprognose nur



eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 11,3 \text{ kg}$  bezogen auf den Abstand des Schachtprofils zur linken Ufermauer zum Einsatz möglich. Aufgrund des größeren Abstands von der Schachtmitte aus könnte die maximale Lademenge je Zündzeitstufe  $L_{\max} = 39,0 \text{ kg}$  betragen.

Es ist zu berücksichtigen, dass die bis zum Felshorizont niedergebrachte Bohrpfahlwand ebenfalls vor zu hohen Sprengerschütterungen geschont werden muss. Daraus ergibt sich, dass auch innerhalb des Schachtes der eingesetzten Sprengtechnik in der Bauausführung einer besonderen Betrachtung bzw. Planung große Bedeutung zukommt, da bei den ersten Abschlüssen die maximale Lademenge je Zündzeitstufe nach außen zu den Bohrpfählen hin, kontinuierlich bis auf ca.  $0,11 \text{ kg}$  abnehmen muss. Grund dafür ist, dass für diese Art der Bohrpfähle ein Anhalts- bzw. Immissionswert mit einer Schwinggeschwindigkeit von  $V_{\max} = 100 \text{ mm/s}$  ( $> 100 \text{ Hz}$ ) angesetzt werden kann.

### Planungen zum Sprengkonzept

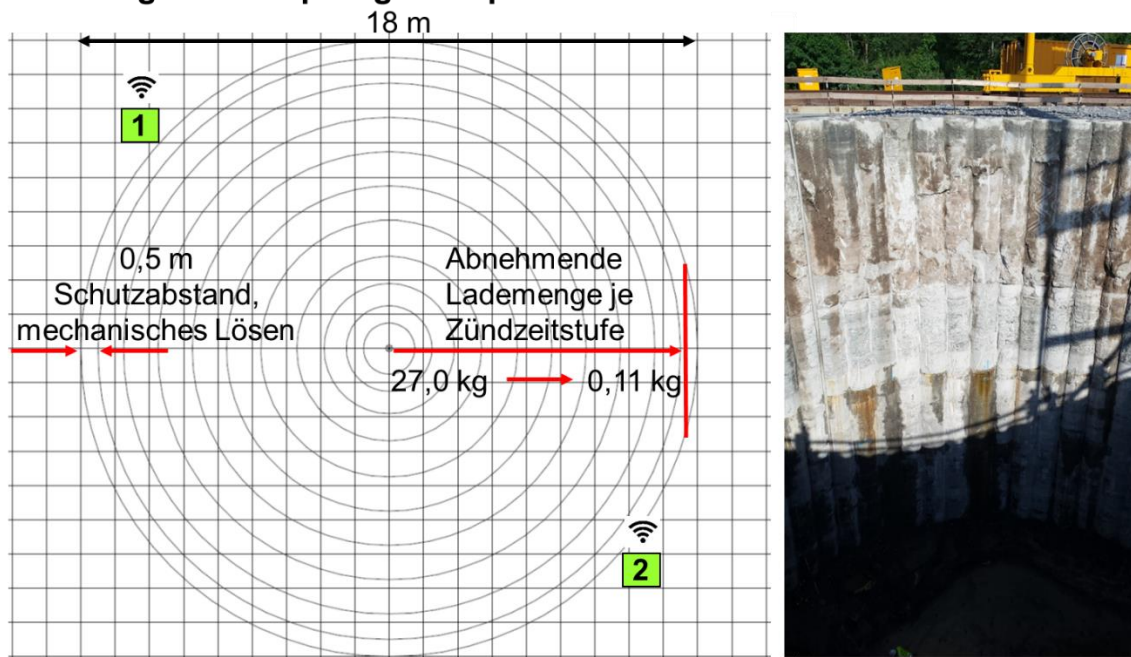


Abbildung 19: Beispiel für die Anlegung des Sprengrasters in konzentrischen Kreisen um den Schachtmittelpunkt (Einbruch) und erforderliche Abnahme der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe zum Schachtprofil hin (Bohrpfähle) inkl. Erschütterungsmesspunkte auf den Bohrpfählen (Bohrpfahlkopf).

Es ist davon auszugehen, dass die Abschlagslängen auf ca.  $1,0$  bis  $1,5 \text{ m}$  aus erschütterungstechnischen Gründen begrenzt sein werden. Zum einen wegen der erforderlichen Schonung der Bohrpfähle (auf den ersten Vortriebsmetern erforderlich, danach erhöht sich die Entfernung mit jedem Abschlag) zum anderen wegen des relativ schwierigen Zündplans und des Erfordernis vieler Zündzeiten.

Die Sprengungen können erfahrungsgemäß mit Bohrlochdurchmessern zwischen  $43$  und  $48 \text{ mm}$  durchgeführt werden. Als Standard-Patronendurchmesser sind dann Patronen mit  $35/36 \text{ mm}$  geeignet einsetzbar. Im Profilbereich verringert sich die Lademenge je Zündzeitstufe so stark (Grund: Einfluss auf die Bohrpfähle), so dass hier der Einsatz von Sprengschnur mit Füllgewichten bis zu  $100 \text{ g/m}$  erforderlich wird.

Die entsprechende Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle geht aus dem Anhang 12.1 c hervor.

Aus dem Anhang 12.3 c ist zu entnehmen, wie sich die Erschütterungen bei weiter reduzierter maximaler Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 4 \text{ kg}$  entfernungsabhängig entwickeln. Dies würde z. B. bei einer Abschlagslänge von ca.  $1,5 \text{ m}$  noch eine Zündung von  $4 - 5$  Bohrlochladungen je Zündzeitstufe möglich machen, wobei je



nach Abstand zu den Bohrpfählen eine verringerte Lademenge je Zündzeitstufe zum Profil hin noch Berücksichtigung finden muss.

In ca. 40 m Abstand zum Schacht der Kraftstation befindet sich die Donauleite, die auch einen Lebensraum für Reptilien bildet. Auch während der Bauphase ist dort anscheinend von Populationen auszugehen. Aus diesem Grund sollten die Sprengarbeiten im Bereich der Donauleite auf einem eigens zu errichtenden kleinen Betonfundament messtechnisch begleitet werden. In ca. 40 m Abstand sind bei einer verringerten Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 4$  kg Schwinggeschwindigkeiten von ca.  $V_{\max} = 6,25$  mm/s zu erwarten. Das entspricht in etwa einer Beschleunigung von  $1.700$  mm/s<sup>2</sup>.

Insofern sollten die ersten Sprengungen mit dieser verringerten Lademenge je Zündzeitstufe durchgeführt werden und die weitere Vorgehensweise anhand der Erschütterungsmessdaten (mit Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsdaten) sowie einer genauen Feststellung der dann vorhandenen Reptilien Lebensräume beurteilt werden.

In den Lademengen- und Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen wird die Entfernung zur Donauleite nicht explizit angeführt.

Es ist damit gezeigt, dass zum einen ausreichend sprengtechnische Möglichkeiten zur Unterschreitung der zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte vorhanden sind. Dieses wurde anhand der Berechnungen zu den prognostizierten Erschütterungen in den nächstgelegenen Immissionsobjekten aufgezeigt. Darüber hinaus sind im Bedarfsfall weitere sprengtechnische Möglichkeiten vorhanden, die zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte noch weiter abzusenken, sofern dies besonders wegen der Reptilienlebensräume in der Donauleite erforderlich sein sollte.

### Niederdruckstollen

Die Sprengtechnik wird durch den vertikalen Abstand zu den beiden Ufermauern (IO 13 und IO 16) auf eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe auf ca.  $L_{\max} = 16$  kg begrenzt. Dies geht aus der Lademengen-Abstandstabelle (Anhang 12.1 d) hervor. Mit diesem Wert werden bereits alle Anhalts- und Immissionswerte der DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) sowie der gleichlautende Wert der LAI-Richtlinie eingehalten.

Die theoretisch mögliche Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 16$  kg ist jedoch für Vortriebssprengungen dieser Art relativ hoch. Aus diesem Grund wurde in der Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle (Anhang 12.2 d) eine reduzierte maximale Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 8$  kg berücksichtigt, mit der Abschlagslängen von bis zu 3,0 m ohne sprengtechnischen Sonderaufwand bezüglich der Zündtechnik umsetzbar sind. Mit diesem Wert werden in ca. 25 m (Abstand zu den Ufermauern IO 13 und IO 16) maximale Schwinggeschwindigkeitswerte von ca.  $V_{\max} = 14$  mm/s und am „Haus am Strom“ (IO 10) ca.  $V_{\max} = 3$  mm/s am Gebäudefundament entstehen. Dort werden sogar die Anhalts- und Immissionswerte nach Zeile 2 der Tabelle 2 (Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) bzw. gleichlautender Tabelle der LAI-Richtlinie für Wohngebäude eingehalten.

Aufgrund des kleinen Querschnittes und der Gesteinsqualität bietet sich auch hier die Anwendung eines Paralleleinbruches auf ein oder mehrere Großbohrlöcher an. Es ist von einem relativ hohen spezifischen Sprengstoffaufwand auszugehen, der hier mit  $q = 2,2 - 3,0$  kg / fm<sup>3</sup> angegeben werden kann. Auch für diesen untertägigen Vortrieb können erfahrungsgemäß Bohrlochdurchmesser zwischen 43 und 48 mm verwendet werden. Als Standard-Patronendurchmesser sind dann Patronen mit 35/36 mm bis 40 mm gut einsetzbar.

In der Abbildung 19 ist eine beispielhafte Sprengplanung für diesen größten Vortriebsquerschnitt mit Anwendung der Sektorenzündung (nichtelektrisches Zündsystem, hier Indetshock TS) dargestellt.

Das Bohr- und Sprengbild zeigt die Umsetzbarkeit einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe bis hinunter auf ca.  $L_{\max} = 2$  kg je Zündzeitstufe, wobei im Falle einer Reduzierung der Abschlagslänge auf ca. 2,0 m die nichtelektrische Sektorenzündung (wie in Abbildung 20





dargestellt), die Dual Delay Zündtechnik oder gegebenenfalls elektronische Zünder bzw. eine Kombination aus nichtelektrischer bzw. elektronischer Zündung zum Einsatz kommen müsste. Damit einhergehend sind deutliche Immissionsreduzierungen der Sprengerschütterungen.

Dem Anhang 12.3 d ist die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle mit der nochmals reduzierten maximalen Lademenge je Zündzeitstufe auf  $L_{\max} = 2 \text{ kg}$  und dem Anhang 12.4 die entsprechende Lademengenberechnung, die eine praxisorientierte Umsetzung zeigt, zu entnehmen. Mit dieser exemplarischen Maßnahme ließen sich die Erschütterungen am IO 10 („Haus am Strom“) auf ca.  $V_{\max} = 1,0 \text{ mm/s}$  am Gebäudefundament reduzieren.

Eine weitere Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe kann nur durch eine weitere Verringerung der Abschlagslänge erreicht werden und ist hier im Niederdruckstollen nicht erforderlich. Das Sprengbild kann in etwa auch so für den Schrägschacht bzw. Schrägstollen verwendet werden, sofern dort die maximale Lademenge je Zündzeitstufe wegen der Reptilienhabitate verringert werden müsste.

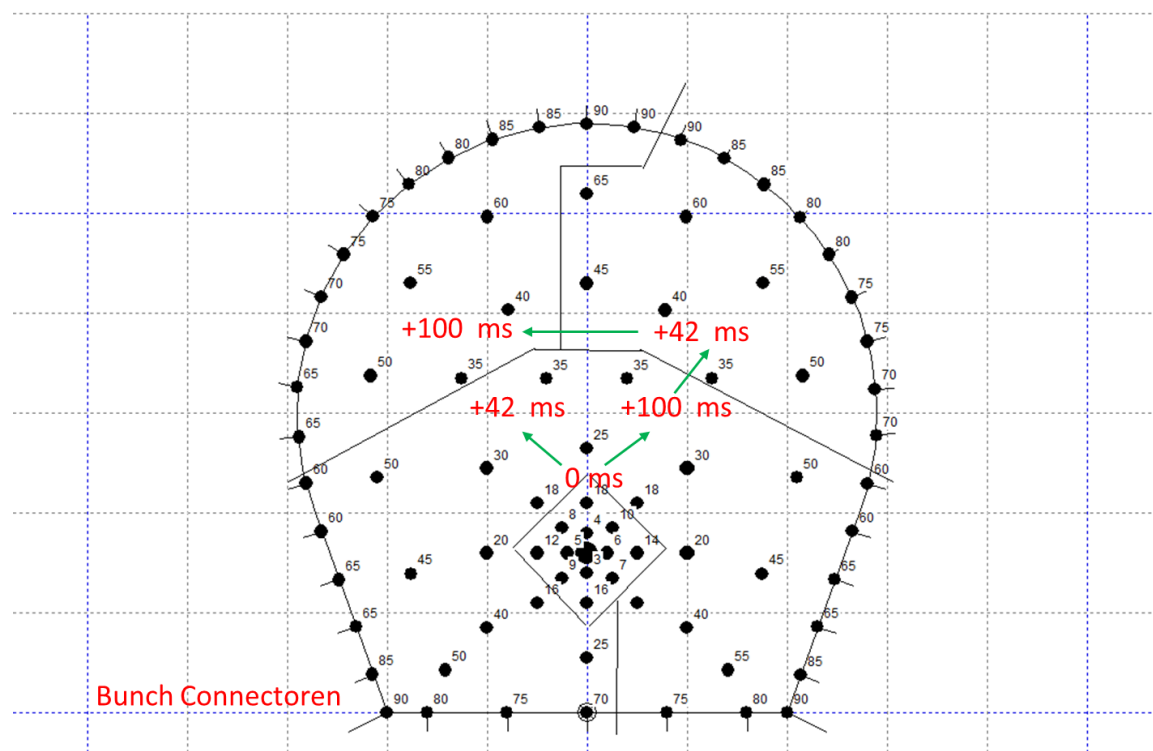


Abbildung 20: Beispiel für ein Bohr- und Sprengbild (Niederdruckstollen) mit einer max. Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 2,0 \text{ kg}$

## Lotschacht

Die Sprengarbeiten zum Lotschacht erfolgen analog zum Schacht der Kraftstation. Diese gestalten sich aber durch den geringeren Schachtdurchmesser (Außendurchmesser ca. 12 m) sprengtechnisch deutlich einfacher.

Im Anhang 12.1 e ist die berechnete Lademengen-Abstandstabelle dargestellt. Demnach ist – begrenzt durch den Abstand zu der Ufermauer – eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 4,3 \text{ kg}$  möglich. Für die Sprengarbeiten gilt ebenso wie beim Schacht für die Kraftstation, dass die Schonung der Bohrpfähle bei der Auslegung der Sprengungen beachtet werden muss.

Aus dem Anhang 12.2 e gehen die prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten hervor, die zur Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie den entsprechenden Ausführungen der LAI-Richtlinie führen. Ein Anhang 12.3 e existiert nicht, da diese Lademenge je Zündzeitstufe als Maximalwert einsetzbar sein sollte.

## Fazit

Bereits mit dem Einsatz des nichtelektrischen Zündsystems und der hier beispielhaft vorgeschlagenen Sprengtechnik lassen sich die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 nachweislich sehr deutlich an den repräsentativ ausgewählten nächstgelegenen Immissionsorten einhalten. Teilweise wird die maximal berechnete Lademenge je Zündzeitstufe zum Einsatz nicht erforderlich. Der Einsatz reduzierter Werte für die Lademenge je Zündzeitstufe erfolgt der Maxime der Immissionsreduzierungen. Sprengtechnisch sind weitere Immissionsreduzierungen möglich, sofern diese wegen der Reptilienhabitate oder wegen (sehr unwahrscheinlichen) Überschreitungen der Anhalts- und Immissionswerte für Erschütterungen erforderlich sein sollten. Erfahrungsgemäß ist mit hohen Sicherheiten davon auszugehen, dass wenn diese Werte bei den nächstgelegenen Objekten eingehalten werden, dass dieses auch für weiter entfernte gilt.

## 10. Schutzkonzept

### 10.1. Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen

Zum Schutzkonzept gehört eine qualifizierte Vorbereitung des Bau- und Sprengbetriebs, gekennzeichnet durch

- eine geeignete Auswahl der Arbeitskomponenten (z.B. Geräte- bzw. Sprengmittelauswahl) mit Fokus auf die Vermeidung von hohen Erschütterungen bzw. mit Freiheitsgraden zur Verminderung von Erschütterungen,
- eine geeignete Schulung des Personals zum für die jeweiligen Situationen angemessenen Umgang mit den Gerätschaften bzw. den jeweiligen Arbeitsprozessen,
- eine geeignete Sensibilisierung des Personals zur Vermeidung von Erschütterungen (z.B. Herunterknallen der Radladerschaufel etc.) bzw. zum Bewusstsein zur Vermeidung erschütterungsstarker Arbeiten zu Tageszeiten, die als besonders sensibel für Anwohner gelten können (z.B. die Mittagszeit).

Entscheidend ist zudem, dass in Situationen, in denen hohe Erschütterungsimmissionen zu erwarten sind, auch eine geeignete Maßnahme zur Verringerung der Erschütterungen vorgesehen ist.

Bei den Sprengarbeiten kommt zum Beispiel die Reduzierung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe durch zündtechnische Maßnahmen oder Reduzierung der Abschlagslänge in Betracht.

Bei dem Einsatz von Vibrationsrammen können Erschütterungsimmissionen durch die Verwendung einer geeigneteren Vibrationsfrequenz und bei Schwerlastverkehr im Nahbereich von Gebäuden durch die Verringerung der Fahrgeschwindigkeit reduziert werden.

Das nachfolgend erläuterte Beweissicherungs- und Monitoringkonzept dient zunächst auch zur Ermittlung des Ist-Zustandes der Erschütterungsimmissionen bzw. der Bausubstanz der jeweiligen Objekte. Bei Annäherung an die Anhalts- bzw. Immissionswerte zu > 75 % sollten Maßnahmen, wie vorab beschrieben, zur Erschütterungsminimierung erfolgen, die eine gesicherte Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte gewährleisten.

### 10.2. Beweissicherung und Monitoring

Verschiedene Beweissicherungen sind nur für die Stadien vor und während der Bauphase zu empfehlen und müssen nach dem Stand der Technik umgesetzt werden.



### **Bauliche Beweissicherung**

Für derartige Vortriebs- und Lockerungssprengungen ist es allgemein üblich, vor Beginn der Sprengungen Gebäude / Objekte, die sich in einem Abstand von jeweils bis zu 50 m zu den Sprengstellen / Vortriebsachsen befinden, durch Bausachverständige nach dem Stand der Technik beweiszusichern (Aufnahme bestehender Schäden, Fotodokumentation etc.).

In diesem Entfernungsbereich befinden sich zum einen das betriebseigene Gebäude IO 12 zum anderen die Ufermauern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (IO 13, IO 16, IO 17). Diese Gebäude / Objekte sollten baulich beweisgesichert werden. Die Beweissicherung und die Art der Durchführung an den Ufermauern sollte in enger Absprache mit dem Eigentümer durchgeführt werden und besonderes Augenmerk auf die Konstruktionsmerkmale gelegt werden.

Das IO 10 „Haus am Strom“ liegt zwar nicht im unmittelbaren Nahbereich zu den verschiedenen Erschütterungsquellen, sollte jedoch wegen der zentralen Lage und der ausgefallenen Konstruktion ebenfalls beweisgesichert werden.

Für die Berücksichtigung des allgemeinen Baubetriebs als Verursacherquelle sollten die jeweils nächstgelegenen Gebäude als repräsentative Immissionsorte baulich beweisgesichert werden. Das bedeutet eine Beweissicherung der Immissionsorte IO 01 (Riedler Hof), IO 02 (Ortsrandlage Gottsdorf Ost, Riedler Str. 24), das IO 09 (Am Jochenstein 22) und das IO 07 (Ortsrandlage Riedl). Eine weitere Beweissicherung von Nachbarhäusern ist aufgrund der vorhandenen Entfernungen zu den Emissionsorten zunächst nicht erforderlich. Diese kann jedoch erforderlich werden, wenn die Anhalts- und Immissionswerte eine Schwelle von 50 % übersteigen sollten.

Bezüglich der Bewertung von Schwerlastverkehr ist zu berücksichtigen, dass die Umgebungssituation bereits eine Vorbelastung unterschiedlicher Art aufweist. Betrachtungen zu Erschütterungen sind nur dort erforderlich, wo durch die Bauphase eine nachweisbare signifikante Erhöhung des Schwerlastverkehrs stattfindet und die Abstände zu Gebäuden  $\leq 2,5$  m betragen. In der Ortschaft Ramesberg (zusammengefasst unter dem allgemeinen Immissionspunkt IO 06a, verschiedene Gebäude) sind Gebäude in diesem Abstandsbereich vorhanden.

Auch wenn, wie in Kapitel 7.1.2 beschrieben, durch Schwerlastverkehr mit seinen kurzzeitigen Erschütterungen auch in geringen Abständen zu den Immissionsobjekten nicht annähernd in den Bereich von  $> 50$  % der Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 kommt, gibt eine fachgerecht durchgeführte Beweissicherung (vorher / nachher) eine objektive Beurteilungsgrundlage. Durchzuführende Erschütterungsmessungen helfen dabei argumentativ. Daher ist für Gebäude im Bereich  $< 2,5$  m eine Beweissicherung vorgesehen. Die Entscheidung, ob für eigene Gebäude (Eigentum der Donaukraftwerke Jochenstein AG) eine Beweissicherung durchgeführt wird, liegt im Ermessen der Vorhabensträgerin.

Eine Übersicht zu den Immissionsobjekten, an denen eine bauliche Beweissicherung vorgesehen ist, kann der Tabelle 15 entnommen werden.

### **Erschütterungsmessungen und Monitoring**

Als einen Teil der Beweissicherung sollen zudem auch Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) sowie nach DIN 45669 (Teil 2) durchgeführt werden, um die Ausführungen der jeweiligen Immissionsprognose in der Bau- und Betriebsphase bestätigen und überprüfen zu können.

Dabei ist es empfehlenswert, an den jeweils zu den Verursacherquellen nächstgelegenen schützenswerten Objekten DIN-gerechte Erschütterungsmessungen als Zusatz zu den baulichen Beweissicherungen durchzuführen. Durch die Erschütterungsmessungen soll die Einhaltung der jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 sowie gegebenenfalls (sofern sich dauerhaft Menschen in Gebäuden aufhalten) auch nach DIN 4150 Teil 2 dokumentiert werden.

Sofern sich die entsprechenden Anhalts- bzw. Immissionswerte nicht einhalten lassen (wovon bei Umsetzung der Empfehlungen nicht auszugehen ist), müssen geeignete



Maßnahmen zur Immissionsreduzierung und damit Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte getroffen werden.

Die Erschütterungsmessungen selbst müssen nach DIN 45669 (Teil 2, Messverfahren) zur Beurteilung der jeweiligen Anhalts- und Immissionswerte sorgfältig durchgeführt werden. Die Instrumentierungen werden aus Beweissicherungsgründen entsprechend dokumentiert.

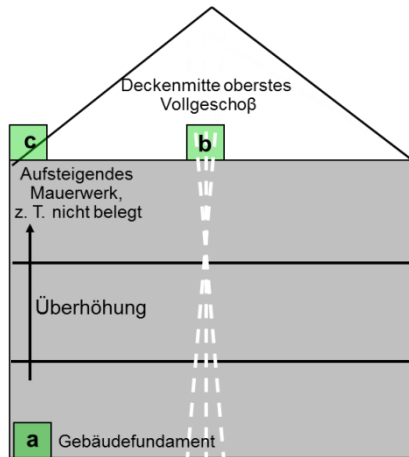


Abbildung 21: Beispiel für eine Instrumentierung eines Wohngebäude nach DIN 45669

Die DIN-konformen Messorte zur Ermittlung der Anhalts- bzw. Immissionswerte in Gebäuden nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sind exemplarisch in der Abbildung 21, (hier für ein Wohnhaus), dargestellt. Zur Beurteilung der Geschossdecken sind zumindest zwei Messgeräte an den Messorten b und c erforderlich. Die Fundamentmessungen sind zusätzlich am Messort a durchzuführen, auch um den Gebirgsbeiwert in der Praxis bestimmen zu können.

Dabei sollten die digitalen Erschütterungsmessgeräte mit adäquaten Warn- und Alarmwerten in Bezug zu den jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerten eingestellt werden. Bei Überschreitungen (zunächst der Warnschwellen, z.B. 50 bzw. 75 % des jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswertes) sollten die jeweiligen Verantwortlichen informiert werden, um gegebenenfalls Maßnahmen treffen zu können. Zusätzlich kann es hilfreich sein, eine dauerhafte Hintergrundaufzeichnung (Background Recording) durchzuführen, damit die dynamischen Anregungen des Gebäudes (inkl. Fremdereignisse) jederzeit nachvollzogen werden können.

Erschütterungsmessungen sollten an folgenden Gebäuden/Messorten durchgeführt werden:

Abstände Phase Baubetrieb	Bezeichnung	Immissions- objekt	Minimaler Abstand (m)		Beweis- sicherung erforderlich	Erschütterungs- messungen erforderlich
			LKW Verkehr	allg. Baubetrieb		
Bauvorgänge im Bereich Speicherbecken und Kontrollgang	IO 01	Riedler Hof *	31	41	ja	ja
	IO 02	Ortsrandlage Gottsdorf Ost *		46	ja	ja
	IO 03	Ortsrandlage Gottsdorf Nord				
	IO 04	Kirche Gottsdorf (Denkmal)				
	IO 05	Ortsrandlage Krottenthal		504		
	IO 06	Ortsrandlage Ramesberg		291		
	IO 06 a	hier Ortslage Ramesberg	1		ja	ja
	IO 07	Ortsrandlage Riedl		38	ja	ja
	IO 08	Kapelle Ebenstein (Denkmal)				
Bauvorgänge im Bereich Talboden	IO 09	Gebäude Am Jochenstein 22		35	ja	ja
	IO 10	"Haus am Strom" *	10	82	ja	ja
	IO 11	Betriebsgebäude DKJ mit Büros *	2	69	ja	ja
	IO 12	Betriebsgebäude DKJ		33	ja	ja
	IO 13	Linke Ufermauer des Oberhafens		25	ja	ja
	IO 14	Jausenstation Bernhard		330		
	IO 15	Maierhof a. d. Donau		325		
	IO 16	Ufermauer 1		25	ja	ja
	IO 17	Ufermauer 2		13	ja	ja
	IO 19	Gebäude Werksiedlung 4-22		85		
	IO 20	Edlhof (GÖM)	30	175		

\* erforderlich auch wegen Sprengerschütterungen (Kontrollmessungen)

Tabelle 15: Übersichtstabelle zur Beweissicherung und Erschütterungsmessungen

In der vorangegangenen Tabelle wurden beispielhaft die Entfernungen zu den nächstgelegenen Immissionsorten für die Bauphase aufgeführt, wobei die Entfernungen für Erschütterungen aus allgemeinem Baubetrieb und Schwerlastverkehr überwiegend geringer sind, als die Entfernungen zu Sprengungen.

Nachfolgend sind noch einige Erläuterungen zu den Messstellen ausgeführt:

- IO 09 (Am Jochenstein 22, als nächstgelegenes Gebäude Ortsrandlage Jochenstein): Messungen sollten ab Beginn der Sprengarbeiten im Bereich Talboden bis zum Ende der Vortriebsarbeiten zum Schrägschacht durchgeführt werden. Diese Messungen sollten trotz des relativ großen Abstandes durchgeführt werden, um repräsentative Daten für den Ortsbereich Jochenstein zu erhalten.
- IO 10 („Haus am Strom“): Erschütterungsmessungen sollten von Beginn der erschütterungsintensiven Arbeiten (inklusive der Sprengarbeiten) bis zu deren Ende (Ende der Bauphase) durchgeführt werden.
- Für die Immissionsobjekte IO 01 (Riedler Hof), IO 02 (Riedlerstr. 24) und IO 07 (Ortsrandlage Riedl) werden ab Beginn der Sprengarbeiten (zu Kontrollzwecken) Erschütterungsmessungen durchgeführt sowie mindestens ab dem Zeitpunkt an dem sich erschütterungsintensive Bauarbeiten den Gebäuden unterhalb von 50 m Abstand nähern. Aufgrund der großen Entfernung zu dem IO 02 werden für die Sprengarbeiten Erschütterungsmessungen am Gebäudefundament als ausreichend angesehen.
- Aufgrund des sensiblen Naturraumes im Umfeld (FFH-Gebiet mit Reptilienlebensräumen) sollte eine Erschütterungsmessstelle vor Aufnahme der Sprengungen zum Schacht der Kraftstation im Hangfussbereich (auf einem zu erstellenden kleinen Betonfundament) eingerichtet werden. Diese Messstelle kann gegebenenfalls auch zur Überwachung der Erschütterungen im Zuge der Vortriebsarbeiten zum Schrägstollen verwendet werden. Die entsprechenden Vorgaben sind durch die Ökologische Baubegleitung oder beigezogene Fachexperten zu treffen.



In der Tabelle 15 wurde die Messstelle „Donauleiten“ nicht aufgeführt.

- Die Auswirkungen von im Vergleich zur Grundsituation erhöhtem Schwerlastverkehr sollten während der Bauphase in denjenigen Gebäuden messtechnisch erfasst und beurteilt werden, die Abstände von  $< 2,5$  m im betroffenen Straßenzug PA 50 haben. Repräsentative Einzelmessungen werden hierfür als ausreichend erachtet. Sofern alle Messwerte  $< 75$  % des jeweiligen Anhaltswertes sind, sind Dauermessungen nach Ansicht des Unterzeichners nicht erforderlich.
- Erschütterungsmessungen im Zuge der Arbeiten zu den GÖM sind nicht erforderlich.

In der Betriebsphase des neuen Kraftwerks sind die erwartbaren Erschütterungen aus dem Kraftwerksbetrieb und den Kontroll- und Wartungsfahrten auf einem so niedrigen Niveau, dass sowohl zusätzliche bauliche Beweissicherungsmaßnahmen als auch Erschütterungsmessungen aus gutachterlicher Sicht nicht notwendig sind.

Der zeitliche und örtliche Umfang des Monitorings wird mit der zuständigen Behörde vor Ort (Landratsamt) vor und während der Durchführung abgestimmt.

Es obliegt der Genehmigungsbehörde Teile des Schutzkonzeptes, der Beweissicherung und dem Monitoring im Sinne von Auflagen festzusetzen.

### 10.3. Empfehlungen

- Erschütterungen aus allgemeinen Bauverfahren

Die Abstände zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten (Wohngebäude und das „Haus am Strom“) liegen allesamt in Entfernungsbereichen  $> 30$  m. Trotzdem sollten im Sinne des BImSchG so wenig Immissionen wie technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar erzeugt werden. Besonders dauerhafte Immissionseinwirkungen werden von Anliegern als störend empfunden. Insofern kommt der Auswahl des Bauverfahrens und der Gerätschaften besondere Priorität zu. Überall dort, wo Erschütterungen vornehmlich als störend empfunden werden, sollte die Sensibilität des Personals zur Verringerung bzw. falls möglich zur Vermeidung von Erschütterungen besonders geschult sein. Gegebenenfalls sind „Goodwill-Absprachen“ mit Anliegern hilfreich, besonders erschütterungsintensive und als unangenehm empfundene Arbeiten in Zeitfenstern durchzuführen, die für Anwohner erträglich sind (z.B. während deren Abwesenheit).

- Erschütterungen aus Sprengungen

Es wurden bereits im Vergleich zu den rechnerisch ermittelten Lademengen je Zündzeitstufe verringerte Lademengen berücksichtigt (außer bei den Sprengungen im Lotschacht). Diese tragen bereits dazu bei, das Erschütterungsniveau deutlich zu senken.

Es sollten auf Grundlage der durchzuführenden Erschütterungsmessungen überall dort, wo Sprengerschütterungen starke Empfindlichkeiten verursachen, alle dem Stand der Technik entsprechenden sprengtechnischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um eine weitere Reduzierung des Erschütterungsniveaus zu erreichen.

Vor Aufnahme der Sprengarbeiten sind die angrenzenden Anwohner über die Unvermeidlichkeit der Sprengarbeiten aufzuklären. Durch Darstellung des zu erwartenden niedrigen Erschütterungsniveaus kann die Angst vor Gebäudeschäden und unverhältnismäßig hoher Beeinflussungen der Wohnqualität genommen werden.

- Erschütterungen verursacht durch Schwerlastverkehr

Ausgewählte Immissionsobjekte, in denen sich Menschen aufhalten, sollten, wie bereits unter den Punkten 10.1 und 10.2 erwähnt, im Erschütterungsmonitoring



messtechnisch erfasst werden, damit gegebenenfalls Maßnahmen zur Verminderung des Erschütterungsniveaus ergriffen werden können. Auch wenn die Anhalts- und Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie die gleichlautenden Werte der LAI-Erschütterungsrichtlinie nach den durchgeführten Berechnungen und Einschätzungen deutlich eingehalten werden, so können sich die Anwohner trotzdem belästigt fühlen. Die Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen (z.B. geringere Durchfahrtsgeschwindigkeit, geringere LKW-Beladung, andere Zeiträume für die Ortsdurchfahrten etc.) können im Anlassfall untersucht und gegebenenfalls auf freiwilliger Basis umgesetzt werden.



## 11. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im vorliegenden Gutachten werden einerseits die Grundlagen für die einzusetzende Sprengtechnik bei der Umsetzung des Vorhabens erarbeitet, andererseits die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen (kurzzeitige Erschütterungen und Dauererschütterungen) in der Bau- sowie Betriebsphase des Energiespeicher Riedl (ES-R) prognostiziert und beurteilt.

Dabei werden im Wesentlichen die Immissionen resultierend aus

- Sprengerschütterungen
- allgemeinem Baubetrieb (Baumaschinen und Bauverkehr)
- Betrieb des Energiespeicher Riedl

nach dem Stand der Technik betrachtet, beschrieben und bewertet.

Kumulative Auswirkungen in Verbindung mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe KW Jochenstein (OWH) werden ebenso mit berücksichtigt wie die Freiluftschaltanlage.

Für die Beurteilung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Gebäude sowie auf Menschen in Gebäuden werden die geltenden fachlichen Richtlinien wie die DIN 4150 Teil 2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) und Teil 3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) und die LAI-Richtlinie herangezogen.

Als Untersuchungsraum werden die umliegenden Ortschaften bzw. Kleinsiedlungen rund um die Vorhabensbestandteile inklusive der öffentlichen Verkehrswege zur Beurteilung des durch das Vorhaben zusätzlich verursachte Verkehrsaufkommen festgelegt und die repräsentativen Immissionsorte (= nächstgelegene Gebäude und Objekte) betrachtet.

### Sprengerschütterungen und Sprengtechnik

Die minimalen Abstände zu den nächstgelegenen Anliegern (Immissionsorten) können überwiegend als relativ groß eingestuft werden. Lediglich das „Haus am Strom“ ist mit ca. 80 m zu der Schachtbaustelle (Kraftstation) relativ nahe gelegen.

Anhand von Lademengen-Abstandstabellen für die verschiedenen Situationen, in denen Bohr- und Sprengarbeiten durchgeführt werden (Speichersee, Schrägstollen und Schrägschacht, Maschinenschacht der Kraftstation, Niederdruckstollen und Lotschacht) wurden für die nächstgelegenen Immissionsobjekte die maximal möglichen Sprengstofflademengen ermittelt, bei deren Einsatz die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß DIN 4150 sichergestellt ist.

Durch den Einsatz erschütterungsreduzierender moderner Sprengtechnik werden überwiegend geringere Lademengen je Zündzeitstufe zum Einsatz kommen können. Durch Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen konnten die an den jeweils nächstgelegenen Immissionsorten zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten prognostiziert werden. Daraus ergibt sich, dass mit dem Einsatz der verringerten Lademengen je Zündzeitstufe die gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte an allen nächstgelegenen Immissionsorten eingehalten bzw. meist deutlich unterschritten werden. Demzufolge können mögliche Schäden an Gebäuden durch Sprengungen ausgeschlossen werden, sofern die in diesem Gutachten ausgeführte Sprengtechnik eingesetzt und die Empfehlungen umgesetzt werden.

### Allgemeiner Baubetrieb

Im allgemeinen Baubetrieb können sowohl kurzzeitige Erschütterungen (wie z.B. Baggereinsatz, fallende Massen etc.) als auch Dauererschütterungen (z.B. durch Rammen, Bohren, Verdichten oder Einsatz von Hydraulikmeißeln) entstehen. Die Immissionsauswirkungen dieser Verursacherquellen wurden in Bezug auf die jeweils nächstgelegenen Immissionsorte betrachtet, wobei auch der durch das Bauvorhaben zusätzliche Schwerlastverkehr berücksichtigt wurde.



Die Immissionsauswirkungen auf das Vorhabensgebiet (z.B. die Ortsrandlage Jochenstein, die Bebauungen auf der österreichischen Donauseite sowie die umliegenden Ortschaften des zu errichtenden Speichersees) durch den allgemeinen Baubetrieb werden sehr begrenzt sein und sich überwiegend aufgrund der örtlichen Bedingungen (Art der Arbeiten und Abstände) unterhalb der Anhalts- bzw. Immissionswerte bewegen.

Erhöhte Belastungen durch den zusätzlichen Schwerlastverkehr in der Bau-phase sind für einige wenige Anlieger (zum Beispiel in der Ortsdurchfahrt Ramesberg und Lämmersdorf) zu erwarten, die jedoch die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 nicht überschreiten werden. Im Zuge des Schutzkonzeptes wird an diesen Orten selektiv eine bauliche Beweissicherung und repräsentative Erschütterungsmessungen durchgeführt.

Der Abstand der nächstgelegenen Immissionsorte zu den Arbeiten auf den jeweiligen Baufeldern im Zuge des allgemeinen Baubetriebs wird ausreichend groß sein, so dass Schäden verursacht durch diese Erschütterungsanregungen vermieden werden. Im Zuge des Schutzkonzeptes werden dennoch an einzelnen Immissionsorten bauliche Beweissicherungen und repräsentative Erschütterungsmessungen durchgeführt, um die Prognoseaussagen in der Praxis bestätigen zu können.

### Betriebsphase

Durch den Betrieb des ES-R werden nur im Bereich der Kraftstation im Talboden Erschütterungen emittiert. Auf Basis von Referenzmessungen im Umfeld von vergleichbaren Kraftwerksanlagen kann jedoch belegt werden, dass die zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 am nächstgelegenen gewerblich genutzten Objekt in rund 82 m Entfernung (IO 10 „Haus am Strom“) deutlich eingehalten werden können. Für das nächstgelegene Wohnobjekt in rund 360 m Entfernung (IO 09, Jochenstein 22) trifft dies umso deutlicher zu. Insofern können schädliche Belastungen durch den Kraftwerksbetrieb des ES-R auf die Immissionsumgebung ausgeschlossen werden.

### Gewässerökologische Maßnahmen (GÖM)

Errichtung und Betrieb der gewässerökologischen Maßnahmen (GÖM) als Teil des Vorhabens sind bereits aufgrund der großen Abstände zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten mit keinen relevanten Erschütterungsmissionen verbunden.

### Kumulation

Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Überlagerung des Vorhabens „Organismenwanderhilfe KW Jochenstein“ (OWH) wurde überprüft, ob es zu einer Kumulation der Auswirkungen durch Erschütterungen kommen kann. Da im relevanten Zeitfenster im Baubereich ES-R am Talboden Jochenstein keine erschütterungsrelevanten Arbeiten mehr stattfinden und die Bauarbeiten der OWH räumlich weit genug entfernt sind, können kumulative Auswirkungen für Erschütterungen für die Bauphase des ES-R ausgeschlossen werden. Das Gleiche gilt für die Betriebsphase des ES-R, da vom Betrieb der OWH keine relevanten Erschütterungen ausgehen.

### Schutzkonzept

Im Rahmen eines umfassenden Monitoringprogramms an maßgeblichen Immissionsobjekten werden die auftretenden Immissionen dokumentiert. Ergänzend wird an ausgewählten Objekten eine bauliche Beweissicherung durchgeführt.

Durch die Erschütterungsmessungen werden die Annahmen der Immissionsprognosen überprüft und die Einhaltung der gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte sichergestellt. Sollte es Abweichungen zu den Prognosen geben bzw. sollte eine Überschreitung von festgelegten Schwellwerten absehbar sein, werden entsprechende technische oder organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsmissionen umgesetzt.



Der zeitliche und örtliche Umfang des Monitorings wird mit der zuständigen Behörde vor Ort (Landratsamt) vor und während der Durchführung abgestimmt.

Abschließend kann die Immissionssituation für die Bau- und Betriebsphase des Energiespeicher Riedl so beurteilt werden, dass bei Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen (Sprengen, allgemeiner Baubetrieb und Schwerlastverkehr) im Immissionsumfeld des Projektes entstehen und die Anhalts- bzw. Immissionswerte gültiger Regelwerke zur Beurteilung von Erschütterungen (DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sowie die LAI-Richtlinie) eingehalten bzw. zum Teil deutlich unterschritten werden.

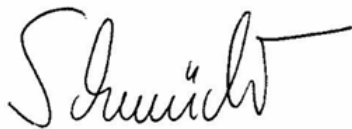
Das Vorhaben wurde so geplant, dass sich Planung und Umsetzung nach dem Stand der Technik richten und unvermeidbare Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Das Gutachten für den ES-R wurde im Rahmen der Aufgabenstellung auftragsgemäß erstellt.

Dieses Gutachten habe ich entsprechend meines Eides als unabhängiger, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach bestem Wissen und Gewissen und nach dem mir bekannten Stand der Technik sowie den vorhandenen Informationen zu dem Projekt verfasst.

Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker

---



Bergheim, 15. Juni 2021





## 12. Anhang

### 12.1. a Lademengen-Abstandstabelle (Normalfall)

Lademengen-Abstandstabelle				Anhang 12.1 a	
ES-R Jochenstein (Wohngebäude)				Situation Speicherbecken und Kontrollgang	
Abstandsbereiche:	minimal: 70,0 m	maximal: 640 m			
Grundlagen:	Immissionsprognose				
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:					
1) BGR-Kristallin	$V_i=(K1)*L^{0,8}*R^{-1,3}$		K1=258,0	Fernbereich	
2) nach Koch	$V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$		K2=125,0	Nahbereich	
Anm: Angabe der minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und Immissionsort					
Die $V_{imax}$ -Werte decken die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 ab.					
			Tabelle:		
Tabelle:			Abstand (m)	BGR (1) Ladmenge	Koch (2) Ladmenge
Abstandsbereich von:	70 m				
Abstandsschritte:	10,0 m		70,00	7,20 kg	7,84 kg
Zulässiges $V_{imax}$ : Wohngebäude	5,00 mm/s		80,00	8,95 kg	10,24 kg
Zulässiges $V_{imax}$ : denkmalgeschützt	3,00 mm/s		90,00	10,84 kg	12,96 kg
			100,00	12,86 kg	16,00 kg
			110,00	15,01 kg	19,36 kg
			120,00	17,29 kg	23,04 kg
			130,00	19,69 kg	27,04 kg
			140,00	22,21 kg	31,36 kg
			150,00	24,85 kg	36,00 kg
IO 01: Riedler Hof			160,00	27,60 kg	40,96 kg
			170,00	30,46 kg	46,24 kg
			180,00	33,42 kg	51,84 kg
			190,00	36,49 kg	57,76 kg
			200,00	39,66 kg	64,00 kg
			210,00	42,93 kg	70,56 kg
IO 2: Gottsdorf Ost (Riedlerstr. 24)			220,00	46,30 kg	77,44 kg
			230,00	49,77 kg	84,64 kg
			240,00	53,34 kg	92,16 kg
			250,00	57,00 kg	100,00 kg
			260,00	60,75 kg	108,16 kg
			270,00	64,59 kg	116,64 kg
			280,00	68,52 kg	125,44 kg
			290,00	72,54 kg	134,56 kg
			300,00	76,65 kg	144,00 kg
			310,00	80,84 kg	153,76 kg
IO 3: Ortsrandlage Gottsdorf Nord			320,00	85,12 kg	163,84 kg
			330,00	89,49 kg	174,24 kg
			340,00	93,94 kg	184,96 kg
IO 7: Ortsrandlage Riedl			350,00	98,47 kg	196,00 kg
			360,00	103,08 kg	207,36 kg
			370,00	107,77 kg	219,04 kg
			380,00	112,55 kg	231,04 kg
			390,00	117,40 kg	243,36 kg
			400,00	122,33 kg	256,00 kg
			410,00	127,34 kg	268,96 kg
			420,00	132,42 kg	282,24 kg
			430,00	137,59 kg	295,84 kg
			440,00	142,82 kg	309,76 kg
IO 6: Ortsrandlage Ramesberg			450,00	148,14 kg	324,00 kg
IO 4: Kirche Gottsdorf			460,00	81,07 kg	121,88 kg
			470,00	158,98 kg	353,44 kg
			480,00	164,51 kg	368,64 kg
			490,00	170,12 kg	384,16 kg
			500,00	175,80 kg	400,00 kg
			510,00	181,55 kg	416,16 kg
			520,00	187,37 kg	432,64 kg
			530,00	193,26 kg	449,44 kg
IO 8: Kapelle Ebenstein			540,00	105,20 kg	167,96 kg
			550,00	205,25 kg	484,00 kg
			560,00	211,35 kg	501,76 kg
			570,00	217,51 kg	519,84 kg
IO 5: Ortsrandlage Krottenthal			640,00	262,56 kg	655,36 kg

## 12.1. b Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall)

Lademengen-Abstandstabelle				Anhang 12.1 b	
ES-R Jochenstein			Situation Schrägschacht und Schrägstollen		
Abstandsbereiche:	minimal: 40,0 m	maximal: 710 m			
Grundlagen:		Immissionsprognose			
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:					
1) BGR-Kristallin	$V_i=(K1)*L^{0,8}*R^{-1,3}$		K1=258,0	Fernbereich	
2) nach Koch	$V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$		K2=125,0	Nahbereich	
Anm: Angabe der minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und Immissionsort					
Die $V_{imax}$ -Werte decken die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 ab.					
Tabelle:		Tabelle:			
Abstandsbereich von:	40 m	Abstand (m)	BGR (1) Lademenge	Koch (2) Lademenge	
Abstandsschritte:	10,0 m	40,00	2,90 kg	2,56 kg	
Zulässiges $V_{imax}$ : Wohngebäude	5,00 mm/s	50,00	4,17 kg	4,00 kg	
Zulässiges $V_{imax}$ : denkmalgeschützt	3,00 mm/s	60,00	5,61 kg	5,76 kg	
Zul. $V_{imax}$ : gewerbl. genutzte Gebäude...	10,00 mm/s	70,00	7,20 kg	7,84 kg	
"Haus am Strom"		79,00	20,85 kg	39,94 kg	
		250,00	57,00 kg	100,00 kg	
		260,00	60,75 kg	108,16 kg	
		270,00	64,59 kg	116,64 kg	
		280,00	68,52 kg	125,44 kg	
		290,00	72,54 kg	134,56 kg	
		300,00	76,65 kg	144,00 kg	
		310,00	80,84 kg	153,76 kg	
		320,00	85,12 kg	163,84 kg	
		330,00	89,49 kg	174,24 kg	
IO 09: Gebäude am Jochenstein 22		340,00	93,94 kg	184,96 kg	
		350,00	98,47 kg	196,00 kg	
IO 01: Riedler Hof		360,00	103,08 kg	207,36 kg	
		370,00	107,77 kg	219,04 kg	
		380,00	112,55 kg	231,04 kg	
		390,00	117,40 kg	243,36 kg	
		400,00	122,33 kg	256,00 kg	
		410,00	127,34 kg	268,96 kg	
		420,00	132,42 kg	282,24 kg	
		430,00	137,59 kg	295,84 kg	
		440,00	142,82 kg	309,76 kg	
		450,00	148,14 kg	324,00 kg	
		460,00	153,52 kg	338,56 kg	
		470,00	158,98 kg	353,44 kg	
IO 07: Ortsrandlage Riedl		480,00	164,51 kg	368,64 kg	
		490,00	170,12 kg	384,16 kg	
		500,00	175,80 kg	400,00 kg	
		510,00	181,55 kg	416,16 kg	
		520,00	187,37 kg	432,64 kg	
		530,00	193,26 kg	449,44 kg	
		540,00	199,22 kg	466,56 kg	
		550,00	205,25 kg	484,00 kg	
		560,00	211,35 kg	501,76 kg	
		570,00	217,51 kg	519,84 kg	
		580,00	223,75 kg	538,24 kg	
		590,00	230,05 kg	556,96 kg	
IO 08: Kapelle Ebenstein		600,00	124,85 kg	207,36 kg	
		610,00	242,86 kg	595,36 kg	
		620,00	249,36 kg	615,04 kg	
		630,00	255,93 kg	635,04 kg	
		640,00	262,56 kg	655,36 kg	
		650,00	269,26 kg	676,00 kg	
IO 2: Gottsdorf Ost (Riedlerstr. 24)		660,00	276,02 kg	696,96 kg	
		670,00	282,85 kg	718,24 kg	
		680,00	289,74 kg	739,84 kg	
		690,00	296,70 kg	761,76 kg	
		700,00	303,72 kg	784,00 kg	
		710,00	310,80 kg	806,56 kg	

## 12.1. c Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall)

Lademengen-Abstandstabelle				Anhang 12.1 c	
ES-R Jochenstein			Situation Krafthaus		
Abstandsbereiche:	minimal:	5,0 m	maximal:	710 m	
Grundlagen:	Immissionsprognose				
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:					
1) BGR-Kristallin	$V_i=(K1)*L^{0,8}*R^{-1,3}$		K1=258,0	Fernbereich	
2) nach Koch	$V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$		K2=125,0	Nahbereich	
Anm: Angabe der minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und Immissionsort					
Die $V_{\max}$ -Werte decken die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 ab.					
Tabelle:		Tabelle:			
Abstandsbereich von:	5 m	Abstand (m)	BGR (1) Ladmenge	Koch (2) Ladmenge	
Abstandsschritte:	10,0 m	5,00	0,10 kg	0,04 kg	
Zulässiges $V_{\max}$ : Wohngebäude	5,00 mm/s	10,00	0,30 kg	0,16 kg	
Zul. $V_{\max}$ : gewerbl. genutzte Gebäude...	10,00 mm/s	21,00	5,76 kg	11,29 kg	IO 13: Ufermauer
Zul. $V_{\max}$ : wie Industriegebäude	20,00 mm/s	33,00	12,00 kg	27,88 kg	IO 12: Betr. Geb.
		40,00	6,90 kg	10,24 kg	
		50,00	4,17 kg	4,00 kg	
		60,00	5,61 kg	5,76 kg	
IO 09: Betriebsgebäude DKJ mit Büros		69,00	16,73 kg	30,47 kg	
IO 10: "Haus am Strom"		84,00	23,04 kg	45,16 kg	
		94,00	11,63 kg	14,14 kg	
		140,00	22,21 kg	31,36 kg	
		150,00	24,85 kg	36,00 kg	
		160,00	27,60 kg	40,96 kg	
		170,00	30,46 kg	46,24 kg	
		180,00	33,42 kg	51,84 kg	
		190,00	36,49 kg	57,76 kg	
		200,00	39,66 kg	64,00 kg	
		210,00	42,93 kg	70,56 kg	
		220,00	46,30 kg	77,44 kg	
		230,00	49,77 kg	84,64 kg	
		240,00	53,34 kg	92,16 kg	
		250,00	57,00 kg	100,00 kg	
		260,00	60,75 kg	108,16 kg	
		270,00	64,59 kg	116,64 kg	
		280,00	68,52 kg	125,44 kg	
		290,00	72,54 kg	134,56 kg	
		300,00	76,65 kg	144,00 kg	
		310,00	80,84 kg	153,76 kg	
		320,00	85,12 kg	163,84 kg	
		330,00	89,49 kg	174,24 kg	
		340,00	93,94 kg	184,96 kg	
		350,00	98,47 kg	196,00 kg	
IO 09: Gebäude am Jochenstein 22		360,00	103,08 kg	207,36 kg	
		370,00	107,77 kg	219,04 kg	
		380,00	112,55 kg	231,04 kg	
		390,00	117,40 kg	243,36 kg	
		400,00	122,33 kg	256,00 kg	
		410,00	127,34 kg	268,96 kg	
		420,00	132,42 kg	282,24 kg	
		430,00	137,59 kg	295,84 kg	
		440,00	142,82 kg	309,76 kg	
		450,00	148,14 kg	324,00 kg	
		460,00	153,52 kg	338,56 kg	
		470,00	158,98 kg	353,44 kg	
		480,00	164,51 kg	368,64 kg	
		490,00	170,12 kg	384,16 kg	
		500,00	175,80 kg	400,00 kg	
		510,00	181,55 kg	416,16 kg	
		520,00	187,37 kg	432,64 kg	
		530,00	193,26 kg	449,44 kg	
IO 14: Jausenstation Bernhard		550,00	205,25 kg	484,00 kg	
		560,00	211,35 kg	501,76 kg	
IO 15: Maierhof an der Donau		710,00	310,80 kg	806,56 kg	

## 12.1. d Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall)

Lademengen-Abstandstabelle				Anhang 12.1 d	
ES-R Jochenstein			Situation Niederdruckstollen		
Abstandsbereiche:	minimal: 50,0 m	maximal: 710 m			
Grundlagen:	Immissionsprognose				
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:					
1) BGR-Kristallin	$V_i=(K1)*L^{0,8}*R^{1,3}$		K1=258,0	Fernbereich	
2) nach Koch	$V_i=(K2)*L^{0,5}*R^1$		K2=125,0	Nahbereich	
Anm: Angabe der minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und Immissionsort					
Die $V_{imax}$ -Werte decken die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 ab.					
Tabelle:		Tabelle:			
Abstandsbereich von:	50 m	Abstand (m)	BGR (1) Ladmenge	Koch (2) Ladmenge	
Abstandsschritte:	10,0 m	25,00	7,65 kg	16,00 kg	IO 13: Ufermauer
Zulässiges $V_{imax}$ : Wohngebäude	5,00 mm/s	60,00	5,61 kg	5,76 kg	IO 16: Ufermauer
Zul. $V_{imax}$ : gewerbl. genutzte Gebäude	10,00 mm/s	70,00	7,20 kg	7,84 kg	
Zul. $V_{imax}$ : wie Industriegebäude	20,00 mm/s	80,00	8,95 kg	10,24 kg	
		90,00	10,84 kg	12,96 kg	
		100,00	12,86 kg	16,00 kg	
IO 10: "Haus am Strom"		110,00	35,71 kg	77,44 kg	
		120,00	17,29 kg	23,04 kg	
		130,00	19,69 kg	27,04 kg	
		140,00	22,21 kg	31,36 kg	
		150,00	24,85 kg	36,00 kg	
		160,00	27,60 kg	40,96 kg	
		170,00	30,46 kg	46,24 kg	
		180,00	33,42 kg	51,84 kg	
		190,00	36,49 kg	57,76 kg	
		200,00	39,66 kg	64,00 kg	
		210,00	42,93 kg	70,56 kg	
		220,00	46,30 kg	77,44 kg	
		230,00	49,77 kg	84,64 kg	
		240,00	53,34 kg	92,16 kg	
		250,00	57,00 kg	100,00 kg	
		260,00	60,75 kg	108,16 kg	
		270,00	64,59 kg	116,64 kg	
		280,00	68,52 kg	125,44 kg	
		290,00	72,54 kg	134,56 kg	
		300,00	76,65 kg	144,00 kg	
		310,00	80,84 kg	153,76 kg	
		320,00	85,12 kg	163,84 kg	
		330,00	89,49 kg	174,24 kg	
		340,00	93,94 kg	184,96 kg	
		350,00	98,47 kg	196,00 kg	
IO 09: Gebäude am Jochenstein 22		360,00	103,08 kg	207,36 kg	
		370,00	107,77 kg	219,04 kg	
		380,00	112,55 kg	231,04 kg	
		390,00	117,40 kg	243,36 kg	
		400,00	122,33 kg	256,00 kg	
		410,00	127,34 kg	268,96 kg	
		420,00	132,42 kg	282,24 kg	
		430,00	137,59 kg	295,84 kg	
		440,00	142,82 kg	309,76 kg	
		450,00	148,14 kg	324,00 kg	
		460,00	153,52 kg	338,56 kg	
		470,00	158,98 kg	353,44 kg	
		480,00	164,51 kg	368,64 kg	
		490,00	170,12 kg	384,16 kg	
		500,00	175,80 kg	400,00 kg	
		510,00	181,55 kg	416,16 kg	
		520,00	187,37 kg	432,64 kg	
		530,00	193,26 kg	449,44 kg	
IO 15: Maierhof a. d. Donau		540,00	199,22 kg	466,56 kg	
IO 14: Jausenstation Bernhard		550,00	205,25 kg	484,00 kg	
		710,00	310,80 kg	806,56 kg	

## 12.1. e Lademengen – Abstandstabelle (Normalfall)

Lademengen-Abstandstabelle				Anhang 12.1 e	
ES-R Jochenstein			Situation Lotschacht		
Abstandsbereiche:	minimal:	10,0 m	maximal:	560 m	
Grundlagen:	Immissionsprognose				
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:					
1) BGR-Kristallin	$V_i=(K1)*L^{0,8}*R^{-1,3}$		K1=258,0	Fernbereich	
2) nach Koch	$V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$		K2=125,0	Nahbereich	
Anm: Angabe der minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und Immissionsort					
Die $V_{imax}$ -Werte decken die DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 ab.					
Tabelle:		Tabelle:			
Abstandsbereich von:	10 m	Abstand (m)	BGR (1) Lademenge	Koch (2) Lademenge	
Abstandsschritte:	10,0 m	12,00	2,32 kg	3,69 kg	
Zulässiges $V_{imax}$ : Wohngebäude	5,00 mm/s	13,00	0,47 kg	4,33 kg	IO 17: Ufermauer 2
Zul. $V_{imax}$ : gewerbl. genutzte Gebäude	10,00 mm/s	25,00	1,35 kg	16,00 kg	IO 16: Ufermauer 1
Zul. $V_{imax}$ : gewerbl. genutzte Gebäude	20,00 mm/s	40,00	2,90 kg	2,56 kg	
		50,00	4,17 kg	4,00 kg	
		60,00	5,61 kg	5,76 kg	
		70,00	7,13 kg	7,36 kg	
		80,00	8,95 kg	10,24 kg	
		90,00	10,84 kg	12,96 kg	
		100,00	12,86 kg	16,00 kg	
		110,00	15,01 kg	19,36 kg	
		120,00	17,29 kg	23,04 kg	
		130,00	19,69 kg	27,04 kg	
		140,00	22,21 kg	31,36 kg	
		150,00	24,85 kg	36,00 kg	
		160,00	27,60 kg	40,96 kg	
		170,00	30,46 kg	46,24 kg	
		180,00	33,42 kg	51,84 kg	
		190,00	36,49 kg	57,76 kg	
		200,00	39,66 kg	64,00 kg	
		210,00	42,93 kg	70,56 kg	
IO 12: Betriebsgebäude DKJ		220,00	261,94 kg	77,44 kg	
		230,00	49,77 kg	84,64 kg	
IO 11: Betriebsgebäude DKJ mit Büros		240,00	126,86 kg	92,16 kg	
		250,00	57,00 kg	100,00 kg	
		260,00	60,75 kg	108,16 kg	
		270,00	64,59 kg	116,64 kg	
		280,00	68,52 kg	125,44 kg	
IO 14: "Haus am Strom"		295,00	177,39 kg	139,24 kg	
		300,00	76,65 kg	144,00 kg	
		310,00	80,84 kg	153,76 kg	
		320,00	85,12 kg	163,84 kg	
		330,00	89,49 kg	174,24 kg	
		340,00	93,94 kg	184,96 kg	
		350,00	98,47 kg	196,00 kg	
		360,00	103,08 kg	207,36 kg	
		370,00	107,77 kg	219,04 kg	
		380,00	112,55 kg	231,04 kg	
		390,00	117,40 kg	243,36 kg	
		400,00	122,33 kg	256,00 kg	
		410,00	127,34 kg	268,96 kg	
		420,00	132,42 kg	282,24 kg	
		430,00	137,59 kg	295,84 kg	
		440,00	142,82 kg	309,76 kg	
		450,00	148,14 kg	324,00 kg	
		460,00	153,52 kg	338,56 kg	
		470,00	158,98 kg	353,44 kg	
		480,00	164,51 kg	368,64 kg	
		490,00	170,12 kg	384,16 kg	
IO 15: Maierhof a. d. Donau		540,00	199,22 kg	466,56 kg	
IO 14: Jausenstation Bernhard		550,00	205,25 kg	484,00 kg	
		560,00	211,35 kg	501,76 kg	



## 12.2. a Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle					Anhang 12.2 a
ES-R Jochenstein				Situation	Speicherbecken und Kontrollgang
Abstandsbereiche von:	minimal:	100,0 m	maximal:	640,0 m	
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:					L = 16,00 kg
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3				K1=258,0
2) nach Koch:	Vi=(K2)*L^0,5*R^-1				K2=125,0
Bemerkungen:	Lockerungssprengungen mit auf ca. 16 kg / ZS reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe (entspricht der max. Ladung eines 5 m Bohrloches).				
			Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten		
Tabelle			Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch
Abstandsbereich von:	100,0 m		100,0 m	5,96 mm/s	5,00 mm/s
Abstandsschritte:	10,0 m		110,0 m	5,26 mm/s	4,55 mm/s
			120,0 m	4,70 mm/s	4,17 mm/s
			130,0 m	4,23 mm/s	3,85 mm/s
			140,0 m	3,85 mm/s	3,57 mm/s
			150,0 m	3,52 mm/s	3,33 mm/s
IO 1: Riedler Hof			160,0 m	3,23 mm/s	3,13 mm/s
			170,0 m	2,99 mm/s	2,94 mm/s
			180,0 m	2,77 mm/s	2,78 mm/s
			190,0 m	2,59 mm/s	2,63 mm/s
			200,0 m	2,42 mm/s	2,50 mm/s
			210,0 m	2,27 mm/s	2,38 mm/s
IO 02: Ortsrandlage Gottsdorf Ost			220,0 m	2,14 mm/s	2,27 mm/s (Riedler Str. 24)
			230,0 m	2,02 mm/s	2,17 mm/s
			240,0 m	1,91 mm/s	2,08 mm/s
			250,0 m	1,81 mm/s	2,00 mm/s
			260,0 m	1,72 mm/s	1,92 mm/s
			270,0 m	1,64 mm/s	1,85 mm/s
			280,0 m	1,56 mm/s	1,79 mm/s
			290,0 m	1,49 mm/s	1,72 mm/s
			300,0 m	1,43 mm/s	1,67 mm/s
			310,0 m	1,37 mm/s	1,61 mm/s
IO 03: Ortsrandlage Gottsdorf Nord			320,0 m	1,31 mm/s	1,56 mm/s
			330,0 m	1,26 mm/s	1,52 mm/s
			340,0 m	1,21 mm/s	1,47 mm/s
IO 07: Ortsrandlage Riedl			350,0 m	1,17 mm/s	1,43 mm/s
			360,0 m	1,13 mm/s	1,39 mm/s
			370,0 m	1,09 mm/s	1,35 mm/s
			380,0 m	1,05 mm/s	1,32 mm/s
			390,0 m	1,02 mm/s	1,28 mm/s
			400,0 m	0,98 mm/s	1,25 mm/s
			410,0 m	0,95 mm/s	1,22 mm/s
			420,0 m	0,92 mm/s	1,19 mm/s
			430,0 m	0,89 mm/s	1,16 mm/s
			440,0 m	0,87 mm/s	1,14 mm/s
IO 06: Ortsrandlage Ramesberg			450,0 m	0,84 mm/s	1,11 mm/s
IO 04: Kirche Gottsdorf			460,0 m	0,82 mm/s	1,09 mm/s
			470,0 m	0,80 mm/s	1,06 mm/s
			480,0 m	0,78 mm/s	1,04 mm/s
			490,0 m	0,75 mm/s	1,02 mm/s
			500,0 m	0,73 mm/s	1,00 mm/s
			510,0 m	0,72 mm/s	0,98 mm/s
			520,0 m	0,70 mm/s	0,96 mm/s
			530,0 m	0,68 mm/s	0,94 mm/s
IO 08: Kapelle Ebenstein			540,0 m	0,66 mm/s	0,93 mm/s
			550,0 m	0,65 mm/s	0,91 mm/s
			560,0 m	0,63 mm/s	0,89 mm/s
			570,0 m	0,62 mm/s	0,88 mm/s
			580,0 m	0,61 mm/s	0,86 mm/s
			590,0 m	0,59 mm/s	0,85 mm/s
			600,0 m	0,58 mm/s	0,83 mm/s
IO 05: Ortsrandlage Krottenthal			640,0 m	0,53 mm/s	0,78 mm/s

## 12.2. b Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.2 b	
ES-R Jochenstein			Situation	Schrägstollen	
Abstandsbereiche von:	minimal:	50,0 m	maximal:	660,0 m	Schrägschacht
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:				L = 8,00 kg	
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3			K1=258,0	
2) nach Koch:	Vi=(K2)*L^0,5*R^-1			K2=125,0	
Bemerkungen:	Vortriebssprengungen mit auf ca. 8 kg / ZS reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe (statt 39,9 kg).				
		Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten			
Tabelle		Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch	
Abstandsbereich von:	50,0 m	50,0 m	8,42 mm/s	7,07 mm/s	
Abstandsschritte:	10,0 m	60,0 m	6,65 mm/s	5,89 mm/s	
		70,0 m	5,44 mm/s	5,05 mm/s	
IO 10: Haus am Strom		79,0 m	4,65 mm/s	4,48 mm/s	
		90,0 m	3,92 mm/s	3,93 mm/s	
		100,0 m	3,42 mm/s	3,54 mm/s	
		110,0 m	3,02 mm/s	3,21 mm/s	
		120,0 m	2,70 mm/s	2,95 mm/s	
		130,0 m	2,43 mm/s	2,72 mm/s	
		140,0 m	2,21 mm/s	2,53 mm/s	
		150,0 m	2,02 mm/s	2,36 mm/s	
		160,0 m	1,86 mm/s	2,21 mm/s	
		170,0 m	1,72 mm/s	2,08 mm/s	
		180,0 m	1,59 mm/s	1,96 mm/s	
		190,0 m	1,48 mm/s	1,86 mm/s	
		200,0 m	1,39 mm/s	1,77 mm/s	
		210,0 m	1,30 mm/s	1,68 mm/s	
		220,0 m	1,23 mm/s	1,61 mm/s	
		230,0 m	1,16 mm/s	1,54 mm/s	
		240,0 m	1,10 mm/s	1,47 mm/s	
		250,0 m	1,04 mm/s	1,41 mm/s	
		260,0 m	0,99 mm/s	1,36 mm/s	
		270,0 m	0,94 mm/s	1,31 mm/s	
		280,0 m	0,90 mm/s	1,26 mm/s	
		290,0 m	0,86 mm/s	1,22 mm/s	
		300,0 m	0,82 mm/s	1,18 mm/s	
		310,0 m	0,79 mm/s	1,14 mm/s	
		320,0 m	0,75 mm/s	1,10 mm/s	
		330,0 m	0,72 mm/s	1,07 mm/s	
IO 09: Gebäude am Jochenstein 22		340,0 m	0,70 mm/s	1,04 mm/s	
		350,0 m	0,67 mm/s	1,01 mm/s	
IO 01: Riedler Hof		360,0 m	0,65 mm/s	0,98 mm/s	
		370,0 m	0,62 mm/s	0,96 mm/s	
		380,0 m	0,60 mm/s	0,93 mm/s	
		390,0 m	0,58 mm/s	0,91 mm/s	
		400,0 m	0,56 mm/s	0,88 mm/s	
		410,0 m	0,55 mm/s	0,86 mm/s	
		420,0 m	0,53 mm/s	0,84 mm/s	
		430,0 m	0,51 mm/s	0,82 mm/s	
		440,0 m	0,50 mm/s	0,80 mm/s	
		450,0 m	0,48 mm/s	0,79 mm/s	
		460,0 m	0,47 mm/s	0,77 mm/s	
		470,0 m	0,46 mm/s	0,75 mm/s	
IO 07: Ortsrandlage Riedl		480,0 m	0,45 mm/s	0,74 mm/s	
		490,0 m	0,43 mm/s	0,72 mm/s	
		500,0 m	0,42 mm/s	0,71 mm/s	
		510,0 m	0,41 mm/s	0,69 mm/s	
		520,0 m	0,40 mm/s	0,68 mm/s	
		530,0 m	0,39 mm/s	0,67 mm/s	
		540,0 m	0,38 mm/s	0,65 mm/s	
IO 08: Kapelle Ebenstein		600,0 m	0,33 mm/s	0,59 mm/s	
IO 02: Ortsrandlage Gottsdorf Ost		660,0 m	0,29 mm/s	0,54 mm/s	

## 12.2. c Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle					Anhang 12.2 c
ES-R Jochenstein			Situation Krafthaus		
Abstandsbereiche von:	minimal:	21,0 m	maximal:	710,0 m	
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:					<b>L = 11,30 kg</b>
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	$V_i = (K_3) \cdot L^{0,8} \cdot R^{-1,3}$				<b>K1=258,0</b>
2) nach Koch:	$V_i = (K_2) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$				<b>K2=125,0</b>
<b>Bemerkungen:</b>	<b>Schachtsprengungen mit auf ca. 10,2 kg / ZS Lademenge je Zündzeitstufe.</b>				
	<b>Die Lademenge bezieht sich rechnerisch auf den Schacht-</b>				
	<b>aussenabstand.</b>				
	Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten				
<i>Tabelle</i>		<b>Abstand (m)</b>	<b>Vi-BGR</b>	<b>Vi-Koch</b>	
Abstandsbereich von:	60,0 m	<b>21,0 m</b>	34,29 mm/s	<b>20,01 mm/s</b>	<b>IO 13: Linke Ufermauer</b>
Abstandsschritte:	10,0 m	<b>33,0 m</b>	19,06 mm/s	<b>12,73 mm/s</b>	<b>IO 12: Betr. Gebäude</b>
		<b>69,0 m</b>	7,30 mm/s	<b>6,09 mm/s</b>	<b>IO 11: Betr. Gebäude</b>
<b>IO 10: "Haus am Strom"</b>		<b>84,0 m</b>	5,66 mm/s	<b>5,00 mm/s</b>	
		90,0 m	5,17 mm/s	4,67 mm/s	
		100,0 m	4,51 mm/s	4,20 mm/s	
		110,0 m	3,98 mm/s	3,82 mm/s	
		120,0 m	3,56 mm/s	3,50 mm/s	
		130,0 m	3,21 mm/s	3,23 mm/s	
		140,0 m	2,91 mm/s	3,00 mm/s	
		150,0 m	2,66 mm/s	2,80 mm/s	
		160,0 m	2,45 mm/s	2,63 mm/s	
		170,0 m	2,26 mm/s	2,47 mm/s	
		180,0 m	2,10 mm/s	2,33 mm/s	
		190,0 m	1,96 mm/s	2,21 mm/s	
		200,0 m	1,83 mm/s	2,10 mm/s	
		210,0 m	1,72 mm/s	2,00 mm/s	
		220,0 m	1,62 mm/s	1,91 mm/s	
		230,0 m	1,53 mm/s	1,83 mm/s	
		240,0 m	1,44 mm/s	1,75 mm/s	
		250,0 m	1,37 mm/s	1,68 mm/s	
		260,0 m	1,30 mm/s	1,62 mm/s	
		270,0 m	1,24 mm/s	1,56 mm/s	
		280,0 m	1,18 mm/s	1,50 mm/s	
		290,0 m	1,13 mm/s	1,45 mm/s	
		300,0 m	1,08 mm/s	1,40 mm/s	
		310,0 m	1,04 mm/s	1,36 mm/s	
		320,0 m	0,99 mm/s	1,31 mm/s	
		330,0 m	0,96 mm/s	1,27 mm/s	
		340,0 m	0,92 mm/s	1,24 mm/s	
		350,0 m	0,88 mm/s	1,20 mm/s	
<b>IO 09: Gebäude Am Jochenstein 22</b>		<b>360,0 m</b>	<b>0,85 mm/s</b>	1,17 mm/s	
		370,0 m	0,82 mm/s	1,14 mm/s	
		380,0 m	0,79 mm/s	1,11 mm/s	
		390,0 m	0,77 mm/s	1,08 mm/s	
		400,0 m	0,74 mm/s	1,05 mm/s	
		410,0 m	0,72 mm/s	1,02 mm/s	
		420,0 m	0,70 mm/s	1,00 mm/s	
		430,0 m	0,68 mm/s	0,98 mm/s	
		440,0 m	0,66 mm/s	0,95 mm/s	
		450,0 m	0,64 mm/s	0,93 mm/s	
		460,0 m	0,62 mm/s	0,91 mm/s	
		470,0 m	0,60 mm/s	0,89 mm/s	
		480,0 m	0,59 mm/s	0,88 mm/s	
		490,0 m	0,57 mm/s	0,86 mm/s	
		500,0 m	0,56 mm/s	0,84 mm/s	
		510,0 m	0,54 mm/s	0,82 mm/s	
		520,0 m	0,53 mm/s	0,81 mm/s	
		530,0 m	0,52 mm/s	0,79 mm/s	
		540,0 m	0,50 mm/s	0,78 mm/s	
<b>IO 14: Jausenstation Bernhard</b>		<b>550,0 m</b>	<b>0,49 mm/s</b>	0,76 mm/s	
<b>IO 15: Maierhof a. d. Donau</b>		<b>710,0 m</b>	<b>0,35 mm/s</b>	0,59 mm/s	

## 12.2. d Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.2 d	
ES-R Jochenstein			Situation Niederdruckstollen		
Abstandsbereiche von:	minimal:	10,0 m	maximal:	710,0 m	
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:				L = 8,00 kg	
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3				K1=258,0
2) nach Koch:	Vi=(K2)*L^0,5*R^-1				K2=125,0
Bemerkungen:	Vortriebssprengungen mit auf ca. 8 kg / ZS reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe.				
			Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten		
Tabelle			Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch
Abstandsbereich von:	10,0 m		10,0 m	68,25 mm/s	35,36 mm/s
Abstandsschritte:	10,0 m		15,0 m	40,29 mm/s	23,57 mm/s
IO 13 + IO 16: Ufermauern (vertikaler Abstand)			25,0 m	20,74 mm/s	14,14 mm/s
			35,0 m	13,39 mm/s	10,10 mm/s
			45,0 m	9,66 mm/s	7,86 mm/s
IO 10: "Haus am Strom"			110,0 m	3,02 mm/s	3,21 mm/s
			120,0 m	2,70 mm/s	2,95 mm/s
			130,0 m	2,43 mm/s	2,72 mm/s
			140,0 m	2,21 mm/s	2,53 mm/s
			150,0 m	2,02 mm/s	2,36 mm/s
			160,0 m	1,86 mm/s	2,21 mm/s
			170,0 m	1,72 mm/s	2,08 mm/s
			180,0 m	1,59 mm/s	1,96 mm/s
			190,0 m	1,48 mm/s	1,86 mm/s
			200,0 m	1,39 mm/s	1,77 mm/s
			210,0 m	1,30 mm/s	1,68 mm/s
			220,0 m	1,23 mm/s	1,61 mm/s
			230,0 m	1,16 mm/s	1,54 mm/s
			240,0 m	1,10 mm/s	1,47 mm/s
			250,0 m	1,04 mm/s	1,41 mm/s
			260,0 m	0,99 mm/s	1,36 mm/s
			270,0 m	0,94 mm/s	1,31 mm/s
			280,0 m	0,90 mm/s	1,26 mm/s
			290,0 m	0,86 mm/s	1,22 mm/s
			300,0 m	0,82 mm/s	1,18 mm/s
			310,0 m	0,79 mm/s	1,14 mm/s
			320,0 m	0,75 mm/s	1,10 mm/s
			330,0 m	0,72 mm/s	1,07 mm/s
			340,0 m	0,70 mm/s	1,04 mm/s
			350,0 m	0,67 mm/s	1,01 mm/s
IO 09: Am Jochenstein 22			360,0 m	0,65 mm/s	0,98 mm/s
			370,0 m	0,62 mm/s	0,96 mm/s
			380,0 m	0,60 mm/s	0,93 mm/s
			390,0 m	0,58 mm/s	0,91 mm/s
			400,0 m	0,56 mm/s	0,88 mm/s
			410,0 m	0,55 mm/s	0,86 mm/s
			420,0 m	0,53 mm/s	0,84 mm/s
			430,0 m	0,51 mm/s	0,82 mm/s
			440,0 m	0,50 mm/s	0,80 mm/s
			450,0 m	0,48 mm/s	0,79 mm/s
			460,0 m	0,47 mm/s	0,77 mm/s
			470,0 m	0,46 mm/s	0,75 mm/s
			480,0 m	0,45 mm/s	0,74 mm/s
			490,0 m	0,43 mm/s	0,72 mm/s
			500,0 m	0,42 mm/s	0,71 mm/s
			510,0 m	0,41 mm/s	0,69 mm/s
			520,0 m	0,40 mm/s	0,68 mm/s
			530,0 m	0,39 mm/s	0,67 mm/s
IO 15: Maierhof a. d. Donau			540,0 m	0,38 mm/s	0,65 mm/s
IO 14: Jausenstation Bernhard			550,0 m	0,37 mm/s	0,64 mm/s
			560,0 m	0,36 mm/s	0,63 mm/s
			710,0 m	0,27 mm/s	0,50 mm/s

## 12.2. e Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (Normalfall)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.2 e	
ES-R Jochenstein				Situation Lotschacht	
Abstandsbereiche von:	minimal:	12,0 m	maximal:	550,0 m	
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:				L = 4,30 kg	
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	Vi=(K3)*L^0,8*R^1,3			K1=258,0	
2) nach Koch:	Vi=(K2)*L^0,5*R^1			K2=125,0	
Bemerkungen:	Vortriebssprengungen mit errechneter Lademenge je Zündzeitstufe.				
Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten					
Tabelle		Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch	
Abstandsbereich von:	12,0 m	12,00	32,77 mm/s	21,60 mm/s	
Abstandsschritte:	10,0 m	13,00	29,53 mm/s	19,94 mm/s	IO 17: Ufermauer 2
		25,00	12,62 mm/s	10,37 mm/s	IO 16: Ufermauer 1
		40,00	6,85 mm/s	6,48 mm/s	
		50,00	5,13 mm/s	5,18 mm/s	
		60,00	4,04 mm/s	4,32 mm/s	
		70,00	3,31 mm/s	3,70 mm/s	
		80,00	2,78 mm/s	3,24 mm/s	
		90,00	2,39 mm/s	2,88 mm/s	
		100,00	2,08 mm/s	2,59 mm/s	
		110,00	1,84 mm/s	2,36 mm/s	
		120,00	1,64 mm/s	2,16 mm/s	
		130,00	1,48 mm/s	1,99 mm/s	
		140,00	1,34 mm/s	1,85 mm/s	
		150,00	1,23 mm/s	1,73 mm/s	
		160,00	1,13 mm/s	1,62 mm/s	
		170,00	1,04 mm/s	1,52 mm/s	
		180,00	0,97 mm/s	1,44 mm/s	
		190,00	0,90 mm/s	1,36 mm/s	
		200,00	0,85 mm/s	1,30 mm/s	
		210,00	0,79 mm/s	1,23 mm/s	
IO 12: Betriebsgebäude DKJ		220,00	0,75 mm/s	1,18 mm/s	
		230,00	0,70 mm/s	1,13 mm/s	
IO 11: Betriebsgebäude DKJ mit Büros		240,00	0,67 mm/s	1,08 mm/s	
		250,00	0,63 mm/s	1,04 mm/s	
		260,00	0,60 mm/s	1,00 mm/s	
		270,00	0,57 mm/s	0,96 mm/s	
		280,00	0,55 mm/s	0,93 mm/s	
IO 14: "Haus am Strom"		295,00	0,51 mm/s	0,88 mm/s	
		300,00	0,50 mm/s	0,86 mm/s	
		310,00	0,48 mm/s	0,84 mm/s	
		320,00	0,46 mm/s	0,81 mm/s	
		330,00	0,44 mm/s	0,79 mm/s	
		340,00	0,42 mm/s	0,76 mm/s	
		350,00	0,41 mm/s	0,74 mm/s	
		360,00	0,39 mm/s	0,72 mm/s	
		370,00	0,38 mm/s	0,70 mm/s	
		380,00	0,37 mm/s	0,68 mm/s	
		390,00	0,35 mm/s	0,66 mm/s	
		400,00	0,34 mm/s	0,65 mm/s	
		410,00	0,33 mm/s	0,63 mm/s	
		420,00	0,32 mm/s	0,62 mm/s	
		430,00	0,31 mm/s	0,60 mm/s	
		440,00	0,30 mm/s	0,59 mm/s	
		450,00	0,29 mm/s	0,58 mm/s	
		460,00	0,29 mm/s	0,56 mm/s	
		470,00	0,28 mm/s	0,55 mm/s	
		480,00	0,27 mm/s	0,54 mm/s	
		490,00	0,26 mm/s	0,53 mm/s	
		500,00	0,26 mm/s	0,52 mm/s	
IO 15: Maierhof a. d. Donau		540,00	0,23 mm/s	0,48 mm/s	
IO 14: Jausenstation Bernhard		550,00	0,23 mm/s	0,47 mm/s	



### 12.3. a Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.3 a	
ES-R Jochenstein			Situation		Speicherbecken
Abstandsbereiche von:		minimal:	100,0 m	maximal:	640,0 m
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:					Kontrollgang
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					L = 7,00 kg
1) BGR-Kristallin:		Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3			K1=258,0
2) nach Koch:		Vi=(K2)*L^0,5*R^-1			K2=125,0
Bemerkungen:		Lockerungssprengungen mit auf ca. 7 kg / ZS nochmals reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe (entspricht der max. Ladung eines 3 m Bohrloches).			
		Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten			
Tabelle		Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch	
Abstandsbereich von:		100,0 m	100,0 m	3,07 mm/s	3,31 mm/s
Abstandsschritte:		10,0 m	110,0 m	2,72 mm/s	3,01 mm/s
			120,0 m	2,43 mm/s	2,76 mm/s
			130,0 m	2,19 mm/s	2,54 mm/s
			140,0 m	1,98 mm/s	2,36 mm/s
			150,0 m	1,81 mm/s	2,20 mm/s
IO 1: Riedler Hof			160,0 m	1,67 mm/s	2,07 mm/s
			170,0 m	1,54 mm/s	1,95 mm/s
			180,0 m	1,43 mm/s	1,84 mm/s
			190,0 m	1,33 mm/s	1,74 mm/s
			200,0 m	1,25 mm/s	1,65 mm/s
			210,0 m	1,17 mm/s	1,57 mm/s
IO 02: Ortsrandlage Gottsdorf Ost			220,0 m	1,10 mm/s	1,50 mm/s
			230,0 m	1,04 mm/s	1,44 mm/s
			240,0 m	0,98 mm/s	1,38 mm/s
			250,0 m	0,93 mm/s	1,32 mm/s
			260,0 m	0,89 mm/s	1,27 mm/s
			270,0 m	0,85 mm/s	1,22 mm/s
			280,0 m	0,81 mm/s	1,18 mm/s
			290,0 m	0,77 mm/s	1,14 mm/s
			300,0 m	0,74 mm/s	1,10 mm/s
			310,0 m	0,71 mm/s	1,07 mm/s
IO 03: Ortsrandlage Gottsdorf Nord			320,0 m	0,68 mm/s	1,03 mm/s
			330,0 m	0,65 mm/s	1,00 mm/s
			340,0 m	0,63 mm/s	0,97 mm/s
IO 07: Ortsrandlage Riedl			350,0 m	0,60 mm/s	0,94 mm/s
			360,0 m	0,58 mm/s	0,92 mm/s
			370,0 m	0,56 mm/s	0,89 mm/s
			380,0 m	0,54 mm/s	0,87 mm/s
			390,0 m	0,52 mm/s	0,85 mm/s
			400,0 m	0,51 mm/s	0,83 mm/s
			410,0 m	0,49 mm/s	0,81 mm/s
			420,0 m	0,48 mm/s	0,79 mm/s
			430,0 m	0,46 mm/s	0,77 mm/s
			440,0 m	0,45 mm/s	0,75 mm/s
IO 06: Ortsrandlage Ramesberg			450,0 m	0,44 mm/s	0,73 mm/s
IO 04: Kirche Gottsdorf			460,0 m	0,42 mm/s	0,72 mm/s
			470,0 m	0,41 mm/s	0,70 mm/s
			480,0 m	0,40 mm/s	0,69 mm/s
			490,0 m	0,39 mm/s	0,67 mm/s
			500,0 m	0,38 mm/s	0,66 mm/s
			510,0 m	0,37 mm/s	0,65 mm/s
			520,0 m	0,36 mm/s	0,64 mm/s
			530,0 m	0,35 mm/s	0,62 mm/s
IO 08: Kapelle Ebenstein			540,0 m	0,34 mm/s	0,61 mm/s
			550,0 m	0,34 mm/s	0,60 mm/s
			560,0 m	0,33 mm/s	0,59 mm/s
			570,0 m	0,32 mm/s	0,58 mm/s
			580,0 m	0,31 mm/s	0,57 mm/s
			590,0 m	0,31 mm/s	0,56 mm/s
			600,0 m	0,30 mm/s	0,55 mm/s
IO 05: Ortsrandlage Krottenthal			640,0 m	0,28 mm/s	0,52 mm/s

### 12.3. b Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.3 b	
ES-R Jochenstein				Situation	Schrägstollen
Abstandsbereiche von:		minimal:	50,0 m	maximal:	660,0 m
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:					L = 2,08 kg
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:		Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3			K1=258,0
2) nach Koch:		Vi=(K2)*L^0,5*R^-1			K2=125,0
Bemerkungen:		Vortriebssprengungen mit auf ca. 2 kg / ZS nochmals reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe (ggf. wegen Reptilienlebensräumen)			
		Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten			
Tabelle		Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch	
Abstandsbereich von:		50,0 m	50,0 m	2,87 mm/s	3,61 mm/s
Abstandsschritte:		10,0 m	60,0 m	2,26 mm/s	3,00 mm/s
			70,0 m	1,85 mm/s	2,58 mm/s
IO 10: Haus am Strom			79,0 m	1,58 mm/s	2,28 mm/s
			90,0 m	1,34 mm/s	2,00 mm/s
			100,0 m	1,16 mm/s	1,80 mm/s
			110,0 m	1,03 mm/s	1,64 mm/s
			120,0 m	0,92 mm/s	1,50 mm/s
			130,0 m	0,83 mm/s	1,39 mm/s
			140,0 m	0,75 mm/s	1,29 mm/s
			150,0 m	0,69 mm/s	1,20 mm/s
			160,0 m	0,63 mm/s	1,13 mm/s
			170,0 m	0,58 mm/s	1,06 mm/s
			180,0 m	0,54 mm/s	1,00 mm/s
			190,0 m	0,51 mm/s	0,95 mm/s
			200,0 m	0,47 mm/s	0,90 mm/s
			210,0 m	0,44 mm/s	0,86 mm/s
			220,0 m	0,42 mm/s	0,82 mm/s
			230,0 m	0,39 mm/s	0,78 mm/s
			240,0 m	0,37 mm/s	0,75 mm/s
			250,0 m	0,35 mm/s	0,72 mm/s
			260,0 m	0,34 mm/s	0,69 mm/s
			270,0 m	0,32 mm/s	0,67 mm/s
			280,0 m	0,31 mm/s	0,64 mm/s
			290,0 m	0,29 mm/s	0,62 mm/s
			300,0 m	0,28 mm/s	0,60 mm/s
			310,0 m	0,27 mm/s	0,58 mm/s
			320,0 m	0,26 mm/s	0,56 mm/s
			330,0 m	0,25 mm/s	0,55 mm/s
IO 09: Gebäude am Jochenstein 22			340,0 m	0,24 mm/s	0,53 mm/s
			350,0 m	0,23 mm/s	0,52 mm/s
IO 01: Riedler Hof			360,0 m	0,22 mm/s	0,50 mm/s
			370,0 m	0,21 mm/s	0,49 mm/s
			380,0 m	0,21 mm/s	0,47 mm/s
			390,0 m	0,20 mm/s	0,46 mm/s
			400,0 m	0,19 mm/s	0,45 mm/s
			410,0 m	0,19 mm/s	0,44 mm/s
			420,0 m	0,18 mm/s	0,43 mm/s
			430,0 m	0,17 mm/s	0,42 mm/s
			440,0 m	0,17 mm/s	0,41 mm/s
			450,0 m	0,16 mm/s	0,40 mm/s
			460,0 m	0,16 mm/s	0,39 mm/s
			470,0 m	0,16 mm/s	0,38 mm/s
IO 07: Ortsrandlage Riedl			480,0 m	0,15 mm/s	0,38 mm/s
			490,0 m	0,15 mm/s	0,37 mm/s
			500,0 m	0,14 mm/s	0,36 mm/s
			510,0 m	0,14 mm/s	0,35 mm/s
			520,0 m	0,14 mm/s	0,35 mm/s
			530,0 m	0,13 mm/s	0,34 mm/s
			540,0 m	0,13 mm/s	0,33 mm/s
IO 08: Kapelle Ebenstein			600,0 m	0,11 mm/s	0,30 mm/s
IO 02: Ortsrandlage Gottsdorf Ost			660,0 m	0,10 mm/s	0,27 mm/s

### 12.3. c Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.3 c	
ES-R Jochenstein			Situation Krafthaus		
Abstandsbereiche von:	minimal:	21,0 m	maximal:	564,0 m	
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:				L = 4,00 kg	
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:	Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3			K1=258,0	
2) nach Koch:	Vi=(K2)*L^0,5*R^-1			K2=125,0	
Bemerkungen:	Schachtsprengungen mit auf ca. 4 kg / ZS reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe. Die Lademenge bezieht sich rechnerisch auf den Schachtaussenabstand.				
		Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten			
Tabelle		Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch	
Abstandsbereich von:	60,0 m	21,0 m	14,94 mm/s	11,90 mm/s	IO 13: Linke Ufermauer
Abstandsschritte:	10,0 m	33,0 m	8,30 mm/s	7,58 mm/s	IO 12: Betr. Gebäude
		69,0 m	3,18 mm/s	3,62 mm/s	IO 11: Betr. Gebäude
IO 10: "Haus am Strom"		84,0 m	2,46 mm/s	2,98 mm/s	
		94,0 m	2,13 mm/s	2,66 mm/s	
		104,0 m	1,87 mm/s	2,40 mm/s	
		114,0 m	1,66 mm/s	2,19 mm/s	
		124,0 m	1,49 mm/s	2,02 mm/s	
		134,0 m	1,34 mm/s	1,87 mm/s	
		144,0 m	1,22 mm/s	1,74 mm/s	
		154,0 m	1,12 mm/s	1,62 mm/s	
		164,0 m	1,03 mm/s	1,52 mm/s	
		174,0 m	0,96 mm/s	1,44 mm/s	
		184,0 m	0,89 mm/s	1,36 mm/s	
		194,0 m	0,83 mm/s	1,29 mm/s	
		204,0 m	0,78 mm/s	1,23 mm/s	
		214,0 m	0,73 mm/s	1,17 mm/s	
		224,0 m	0,69 mm/s	1,12 mm/s	
		234,0 m	0,65 mm/s	1,07 mm/s	
		244,0 m	0,62 mm/s	1,02 mm/s	
		254,0 m	0,58 mm/s	0,98 mm/s	
		264,0 m	0,56 mm/s	0,95 mm/s	
		274,0 m	0,53 mm/s	0,91 mm/s	
		284,0 m	0,51 mm/s	0,88 mm/s	
		294,0 m	0,48 mm/s	0,85 mm/s	
		304,0 m	0,46 mm/s	0,82 mm/s	
		314,0 m	0,44 mm/s	0,80 mm/s	
		324,0 m	0,43 mm/s	0,77 mm/s	
		334,0 m	0,41 mm/s	0,75 mm/s	
		344,0 m	0,39 mm/s	0,73 mm/s	
		354,0 m	0,38 mm/s	0,71 mm/s	
IO 09: Gebäude Am Jochenstein 22		364,0 m	0,37 mm/s	0,69 mm/s	
		374,0 m	0,35 mm/s	0,67 mm/s	
		384,0 m	0,34 mm/s	0,65 mm/s	
		394,0 m	0,33 mm/s	0,63 mm/s	
		404,0 m	0,32 mm/s	0,62 mm/s	
		414,0 m	0,31 mm/s	0,60 mm/s	
		424,0 m	0,30 mm/s	0,59 mm/s	
		434,0 m	0,29 mm/s	0,58 mm/s	
		444,0 m	0,28 mm/s	0,56 mm/s	
		454,0 m	0,27 mm/s	0,55 mm/s	
		464,0 m	0,27 mm/s	0,54 mm/s	
		474,0 m	0,26 mm/s	0,53 mm/s	
		484,0 m	0,25 mm/s	0,52 mm/s	
		494,0 m	0,25 mm/s	0,51 mm/s	
		504,0 m	0,24 mm/s	0,50 mm/s	
		514,0 m	0,23 mm/s	0,49 mm/s	
		524,0 m	0,23 mm/s	0,48 mm/s	
		534,0 m	0,22 mm/s	0,47 mm/s	
IO 15: Maierhof a. d. Donau		544,0 m	0,22 mm/s	0,46 mm/s	
IO 14: Jausenstation Bernhard		554,0 m	0,21 mm/s	0,45 mm/s	
		564,0 m	0,21 mm/s	0,44 mm/s	

### 12.3. d Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabelle (reduziert)

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle				Anhang 12.3 d	
ES-R Jochenstein				Situation	Niederdruckstollen
Abstandsbereiche von:		minimal:	60,0 m	maximal:	710,0 m
Berechnung auf der Grundlage einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe:					L = 2,08 kg
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte (Standardwert + 25 % Sicherheit)					
1) BGR-Kristallin:		Vi=(K3)*L^0,8*R^-1,3			K1=258,0
2) nach Koch:		Vi=(K2)*L^0,5*R^-1			K2=125,0
Bemerkungen:		Vortriebssprengungen mit auf ca. 2 kg / ZS (von möglichen 16 kg) reduzierter Lademenge je Zündzeitstufe.			
Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten					
Tabelle			Abstand (m)	Vi-BGR	Vi-Koch
Abstandsbereich von:		60,0 m	60,0 m	2,26 mm/s	3,00 mm/s
Abstandsschritte:		10,0 m	70,0 m	1,85 mm/s	2,58 mm/s
IO 10: "Haus am Strom"			80,0 m	1,56 mm/s	2,25 mm/s
			90,0 m	1,34 mm/s	2,00 mm/s
			100,0 m	1,16 mm/s	1,80 mm/s
			110,0 m	1,03 mm/s	1,64 mm/s
			120,0 m	0,92 mm/s	1,50 mm/s
			130,0 m	0,83 mm/s	1,39 mm/s
			140,0 m	0,75 mm/s	1,29 mm/s
			150,0 m	0,69 mm/s	1,20 mm/s
			160,0 m	0,63 mm/s	1,13 mm/s
			170,0 m	0,58 mm/s	1,06 mm/s
			180,0 m	0,54 mm/s	1,00 mm/s
			190,0 m	0,51 mm/s	0,95 mm/s
			200,0 m	0,47 mm/s	0,90 mm/s
			210,0 m	0,44 mm/s	0,86 mm/s
			220,0 m	0,42 mm/s	0,82 mm/s
			230,0 m	0,39 mm/s	0,78 mm/s
			240,0 m	0,37 mm/s	0,75 mm/s
			250,0 m	0,35 mm/s	0,72 mm/s
			260,0 m	0,34 mm/s	0,69 mm/s
			270,0 m	0,32 mm/s	0,67 mm/s
			280,0 m	0,31 mm/s	0,64 mm/s
			290,0 m	0,29 mm/s	0,62 mm/s
			300,0 m	0,28 mm/s	0,60 mm/s
			310,0 m	0,27 mm/s	0,58 mm/s
			320,0 m	0,26 mm/s	0,56 mm/s
			330,0 m	0,25 mm/s	0,55 mm/s
			340,0 m	0,24 mm/s	0,53 mm/s
			350,0 m	0,23 mm/s	0,52 mm/s
IO 09: Gebäude Am Jochenstein 22			360,0 m	0,22 mm/s	0,50 mm/s
			370,0 m	0,21 mm/s	0,49 mm/s
			380,0 m	0,21 mm/s	0,47 mm/s
			390,0 m	0,20 mm/s	0,46 mm/s
			400,0 m	0,19 mm/s	0,45 mm/s
			410,0 m	0,19 mm/s	0,44 mm/s
			420,0 m	0,18 mm/s	0,43 mm/s
			430,0 m	0,17 mm/s	0,42 mm/s
			440,0 m	0,17 mm/s	0,41 mm/s
			450,0 m	0,16 mm/s	0,40 mm/s
			460,0 m	0,16 mm/s	0,39 mm/s
			470,0 m	0,16 mm/s	0,38 mm/s
			480,0 m	0,15 mm/s	0,38 mm/s
			490,0 m	0,15 mm/s	0,37 mm/s
			500,0 m	0,14 mm/s	0,36 mm/s
			510,0 m	0,14 mm/s	0,35 mm/s
			520,0 m	0,14 mm/s	0,35 mm/s
			530,0 m	0,13 mm/s	0,34 mm/s
IO 15: Maierhof a. d. Donau			540,0 m	0,13 mm/s	0,33 mm/s
IO 14: Jausenstation Bernhard			550,0 m	0,13 mm/s	0,33 mm/s
			560,0 m	0,12 mm/s	0,32 mm/s
			710,0 m	0,09 mm/s	0,25 mm/s

## 12.4. Beispiel Lademengenberechnung Niederdruckstollen

ES-R, Niederdruckstollen										
Stand: 21.05.2018		Sektorenzündung		Datei: Querschnitt 2,0 m			Engineering Service Schmücker			
I. Allgemeine Kenndaten										
Bohrlochdurchmesser (mm)		48	Vollprofil		Anhang 12.4					
Profil (m2)		28,30		Beispielhaft: Emulsionen		Emulex 2 Plus		Emulex C Profil		
Abschlagslänge nominal		2,00		Sprengstoffart		35 mm (700 mm lang)		25 mm (1000 mm lang)		
Bohrtiefe nominal		2,10		Sprengstoffdichte (g/cm3)		1,15		1,15		
Ausbruchsvolumen (fm3)		56,60		Patronengewicht (kg)		0,833		0,50		
Abstand Profil BL (m):		jedes BL besetzt 0,50		Lademetergewicht (g/m)		1190		500		
I. Bohr- und Sprengplanung										
Vollausschub			Anzahl Patronen		Sprengstoff Summe (kg)		Sprengstoff Summe (kg)		Sprengstoff zus. Kranz (kg)	
			je BL		je BL		Gesamt		je BL	
Bohrlöcher			BL-Anzahl		BL-Tiefe		je BL		gesamt m	
1 GBL (Leerloch, Dmr. 76 - 89 mm)			1		2,30					
1. Einbruch Quadrant			4		2,20		2,5		0,833	
2. Einbruch Quadrant			4		2,20		2,5		0,833	
3. Einbruch Quadrant			8		2,20		2,5		0,833	
Sohle			7		2,20		2,5		0,833	
Helfer			15		2,10		2,0		0,833	
2. Profil			13		2,10		2,0		0,833	
Profilbohrlöcher			29		2,20		2,0		0,500	
Profil Sohlbereich patroniert			2		2,20		2,0		0,833	
Summen (ohne Leerbohrloch)			83						126,88	
Max. Lademenge je Zündzeitstufe (Indetshock TS), für das Erschütterungsniveau therootisch relevant:							2,083 Kg		Sprengstoff gesamt: 126,88 kg	
Im Einbruchbereich ist der spez. Sprengstoffaufwand wegen des Paralleleinbruchs sehr hoch. Daher dürfte die Lademenge je Zündzeitstufe erfahrungsgemäß nicht erschütterungsrelevant sein. In der Praxis ist eher die max. Lademenge je Zündzeitstufe von relevant. Im Profilbereich detonieren jeweils 2 Zündzeitstufen gleichzeitig.										
Anmerkung: Gegebenenfalls muss die Bohrlöchanzahl noch etwas erhöht werden.										
II. Spezifische Kenndaten										
Vollprofil			Vollprofil							
			Stk. / kg / m							
Zünderbedarf (Stk./fm3)			1,47							
Sprengschnurbedarf (m/fm3)			0,00							
Spez. Sprengstoffbedarf (kg/fm3)			2,24							
Spezifische Sprengmittelkosten (Euro/fm3)										
Spezifische Bohrmeter (Bm/fm3)			2,87							
Bündelzünder			1							
Elektrischer Startzünder Typ IV			83							
Nichtelektrische Zeitzünder			29,0							
Emulsionssprengstoff 25 mm			97,88							
Emulsionssprengstoff 35 mm			0,0							
Sprengschnur 100 g/m										
Gesamtkosten Sprengmittel										