

# ENERGIESPEICHER RIEDL

**DONAU-  
KRAFTWERK  
JOCHENSTEIN  
AKTIENGESELLSCHAFT**

## Planfeststellungsverfahren Gutachten

IfÖ  
Institut für Ökologie

# Reptilien: Auswirkung Erschütterungen – Biologie und Biophysik



Erstellt	IfÖ Institut für Ökologie, Prof. J. Leo van Hemmen	M. Kyek, J. L. van Hemmen		22.05.2018
Geprüft	IfÖ Institut für Ökologie, Prof. J. Leo van Hemmen	M. Kyek, J. L. van Hemmen		22.05.2018
Freigegeben	DKJ / ES-R	D. Mayr		24.08.2018
	Unternehmen / Abteilung	Vorname Nachname		Datum



## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	7
2.	Aufgabenstellung .....	8
3.	Projektgrundlagen und verwendete Unterlagen .....	9
	3.1. FFH Richtlinie der Europäischen Union .....	10
	3.2. Bundesnaturschutzgesetz .....	11
4.	Anlagenbeschreibung .....	11
5.	Reptilien: Das Gehör und Erschütterungen — Biophysik (Prof. J. Leo VAN HEMMEN) .....	15
	5.1. Das Gehör der Schlange .....	15
	5.2. Zum Gehör der Eidechse .....	17
6.	Untersuchungen zu Erschütterungen .....	18
	6.1. Untersuchung des Verhaltens von Terrariantieren bei Bauarbeiten ..	18
	6.1.1. Material und Methoden .....	19
	6.1.2. Ergebnisse .....	23
	6.1.3. Verhalten der Äskulapnatter und der Smaragdeidechse während der Rammung .....	25
	6.1.4. Zusammenfassung der Terrariumbeobachtung .....	26
	6.2. Simulation Steinschlag Donauleiten .....	27
	6.2.1. Die Versuchsanordnung .....	29
	6.2.2. Ergebnisse „Steinschlagsimulation“ .....	30
	6.3. Weitere erschütterungsrelevante Beispiele .....	33
	6.4. Zusammenfassende Betrachtung der Erschütterungs- bzw. Schwingbeschleunigungen .....	35
7.	Abgrenzung der Populationen .....	36
8.	Beschreibung schwingungsrelevanter Eingriffe aus herpetologischer Sicht ..	38
	8.1. Bauphase .....	38
	8.1.1. Grundlagen .....	38
	8.1.2. Kraftstation .....	38
	8.1.3. Ein-/ Auslaufbauwerk .....	39
	8.1.4. Schrägstollen .....	39
	8.1.5. Speichersee .....	40
	8.2. Betriebsphase .....	41
9.	Zu den Erschütterungen während der Bauphase und des Betriebs aus der Sicht der Biophysik (Prof. J. Leo VAN HEMMEN) .....	42
	9.1. Schwinggeschwindigkeit (Frequenz) .....	42
	9.2. Schwingungsstärke (Amplitude) .....	42
	9.3. Schlussfolgerungen .....	43
10.	Beurteilung der Auswirkungen .....	44
	10.1. Bauphase .....	44
	10.2. Betriebsphase .....	45
11.	Verbotstatbestände .....	46
12.	Kumulative Auswirkungen mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe KW Jochenstein .....	47
	12.1. Anlagenbeschreibung Organismenwanderhilfe KW Jochenstein .....	47
	12.1.1. Bauphase .....	48
	12.1.2. Betriebsphase .....	49
	12.2. Mögliche kumulative Auswirkungen bei Bau und Betrieb des ES-R und der OWH .....	49
	12.2.1. Bauphase .....	49
	12.2.2. Betriebsphase .....	49
13.	Zusammenfassung .....	50
	13.1. Aufgabenstellung .....	50
	13.2. Schwingungswahrnehmung bei Reptilien .....	50
	13.3. Untersuchungen .....	50
	13.4. Untersuchungsergebnisse .....	51
	13.5. Beurteilung der Auswirkungen .....	52



13.5.1. Bauphase .....	52
13.5.2. Betriebsphase .....	52
13.6. Zur Auslösung von Verbotstatbeständen.....	52
14. Literaturverzeichnis.....	54
15. Anhang.....	55
15.1. Diverse Beispiele aus der Praxis .....	55
15.1.1. Wacker-Chemie Alzwerke-Burghausen.....	55
15.1.2. Klaffmühle bei Raitenhaslach.....	57
15.1.3. Kraftwerk Urstein bei Salzburg an der Kraftwerksmauer .....	58
15.1.4. Pumpspeicherwerk Reißbeck II im Mölltal (Kärnten) an der Zufahrt zur Baustelle .....	58
15.2. Angaben zu den Erschütterungen im Zusammenhang mit den geplanten Sprengungen.....	59
15.3. Begriffsbestimmungen .....	61

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Projektgebietes	11
Abbildung 2: Projektübersicht	12
Abbildung 3: Systemlängsschnitt durch Triebwasserweg	12
Abbildung 4: Trommelfelle fehlen bei Schlangen. Stattdessen „hört“ eine Schlange, wie das linke Bild zeigt, über die beiden klar getrennten Hälften des Unterkiefers, die wie Boote auf dem „See“ des Erdbodens liegen. Das rechte Bild verdeutlicht, dass es eine Hebelwirkung gibt, welche die Bewegung jeder Kieferhälfte über die Columella (und Gehörknöchelchen = Stapes) in die Cochlea transportiert (aus: FRIEDEL et al. 2008).	15
Abbildung 5: Hörschwelle der Smaragdeidechse (links) und der Erdnatter (rechts) in dB als Funktion der Frequenz für zwei Tiere; beide Abbildungen aus WEVER (1978). Die Frequenz ist auf einer logarithmischen Skala (arbiträr) horizontal angegeben. Die vertikale Skala zeigt die Hörschwelle bei vorgegebener Frequenz auf einer faktisch ebenfalls logarithmischen Skala, da in dB. Die Dezibel-Skala ist in diesem Falle nicht arbiträr, da sie von den Haarzellen naturbedingt ist, welche den Schall in der Cochlea wahrnehmen. Man beachte die eingezeichneten Plateaus. Der lebenswichtige Bereich ist im Plateau als minimalem Wert zwischen 0.4 – 2.6 kHz bzw. 180 - 430 Hz erfasst. Explosionen sind im niederfrequenten Bereich < 50 Hz, so dass die Tiere sie mittels des Hörsystems kaum wahrnehmen, da der lebenswichtige Plateau-Bereich die Aufmerksamkeit bekommt.	16
Abbildung 6: Die Mehrheit der landlebenden Wirbeltiere besitzt innerlich gekoppelte Ohren (Internally Coupled Ears = ICE). <b>A.</b> Frosch, <b>B.</b> Eidechse und <b>C.</b> Vogel. TM bedeutet Tympanum oder Trommelfell, das rot angezeigt wird (aus VAN HEMMEN et al. 2016).	18
Abbildung 7: Lageplan mit Messorten, Terrariumstandort (Haus am Strom) und Standort des Rammgerätes (=Emissionsort)	20
Abbildung 8: Terrarium mit Äskulapnattermännchen im „Haus am Strom“	21
Abbildung 9: Geräteanordnung bei der Verhaltensdokumentation (unter dem Terrarium ist der rote Erschütterungssensor erkennbar)	22
Abbildung 10: Gemessene Beschleunigungen (X-Achse); Rammbeginn 9:31:55 Uhr (roter Pfeil)	24
Abbildung 11: Gemessene Beschleunigungen (Y-Achse); Rammbeginn 9:31:55 Uhr (roter Pfeil)	24
Abbildung 12: Gemessene Beschleunigungen (Z-Achse); Rammbeginn 9:31:55 Uhr (roter Pfeil), höchster am Terrarium (MP5, rot) gemessener Wert (98 mm/s <sup>2</sup> , grüner Pfeil)	25
Abbildung 13: Die örtliche Topographie ist durch Hangschutt geprägt, der sich hier durch herabfallende Steine angesammelt hat.	28

Abbildung 14:	Immer wieder sind Steine an der Oberfläche zu finden, die offensichtlich erst in jüngerer Zeit hier liegen geblieben sind.	28
Abbildung 15:	In diesem Ende April 2018 umgeschichteten Eiablagehaufen wurden ca. 300 Eier der Äskulapnatter und 50 Eier der Ringelnatter aus den letzten 3 Jahren gefunden	29
Abbildung 16:	Anordnung des Versuchsaufbaus zur Schwingungsmessung auf der Wiese mit sandigem Untergrund am Waldrand (links: 0,2/1/2m; rechts: 0,2/2/4m)	29
Abbildung 17:	Anordnung des Versuchsaufbaus zur Schwingungsmessung im Wald an den Donauleiten (mit Gneiszersatz als Untergrund) (links: 0,2/1/2m; rechts: 0,2/2/4m)	30
Abbildung 18:	Mit dem 5,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen auf der Wiese nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)	31
Abbildung 19:	Mit dem 11,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen auf der Wiese nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)	31
Abbildung 20:	Mit dem 5,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen im Wald nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)	32
Abbildung 21:	Mit dem 11,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen im Wald nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)	32
Abbildung 22:	Überblick zu den im Eingriffsgebiet heimischen durch die Straße getrennten (Teil-) Populationen (Karte: KYEK, 2018). Die Verbreitungsdaten der Reptilienfauna stammen von DI ASSMANN aus der Kartierung 2010/2011 (vgl. JES-A001-LAPP1- B40029-00-AFE).	37
Abbildung 23:	Die Druckrohrleitung quert unterirdisch drei von Reptilien besiedelte Gebiete (Karte: KYEK, 2018). Die Verbreitungsdaten der Reptilienfauna stammen von DI ASSMANN aus der Kartierung 2010/2011 (vgl. JES-A001-LAPP1- B40029-00-AFE).	37
Abbildung 24:	Lage des Projektgebietes	47
Abbildung 25:	Projektübersicht Organismenwanderhilfe	48
Abbildung 26:	Äskulapnatter, am Kraftwerk an der Alz (Wacker Burghausen), im Hintergrund die Stützmauer der Druckrohre und das Turbinenhaus	55
Abbildung 27:	Im direkten Umfeld des Turbinenhauses wurden mehrfach Äskulapnattern nachgewiesen.	56
Abbildung 28:	Eine subadulte Äskulapnatter in einem der Kabelschächte direkt im Umfeld des Turbinenhauses des Kraftwerkes der Alzwerke.	56
Abbildung 29:	Im privaten Kraftwerk an der Klaffmühle halten sich offensichtlich Äskulapnattern immer wieder im direkten Umfeld des Generators auf; siehe Natternhemd im Bereich des Stromkabels. Dieses Bild illustriert, dass der Hörbereich der Natter, die sich hier gehäutet hat, weit unterhalb der 50 Hz des Kraftwerks liegt, wie ebenfalls aus Abbildung 5 ersichtlich ist.	57
Abbildung 30:	In dieser Ufersicherung in unmittelbarer Nähe zum Kraftwerk Urstein konnten regelmäßig Äskulapnattern und Ringelnattern beobachtet werden (bis die Fugen zwischen den verlegten Steinen aus sicherheitstechnischen Gründen verschlossen wurden).	58



## Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Erschütterungsmessung Jochenstein – Spundung 110kV Korridorkabel  
(JES-A001-IFBE1-B40299-00-\_FE)

Anlage 2: Messbericht: Simulation Steinschlag Donauleiten  
(JES-A001-IFBE1-B40365-00-\_FE)



## 1. Einleitung

Im 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 bis heute nicht erfolgte.

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 Energieträger (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 Kraftwerkes Jochenstein die Errichtung eines modernen Pumpspeicherkraftwerkes, im Folgenden als „Energiespeicher Riedl“ bezeichnet. Die Grundkonzeption des Energiespeichers Riedl ist in Kap. 4 zusammengefasst.

Der Energiespeicher Riedl ist eine Wasserkraftanlage, mit der die Herstellung eines Gewässers (Speichersee) sowie die wesentliche Umgestaltung eines Gewässers (Donau) verbunden ist. Für derartige Vorhaben ist gemäß §§ 67 ff. Wasserhaushaltsgesetz (WHG) eine wasserrechtliche Planfeststellung erforderlich. Darüber hinaus ist gemäß §§ 2 Abs. 1, 3 Nr. 1 in Verbindung mit Anlage 1 Nr. 13.14 in Verbindung mit Anlage 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

Der Träger des Vorhabens hat gemäß § 6 UVPG der Behörde entscheidungserhebliche Unterlagen über die Umweltauswirkungen des Vorhabens vorzulegen. Im Fall des Energiespeichers Riedl wird hierzu eine Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) vorgelegt. Das vorliegende Fachgutachten ist Teil dieser UVS bzw. dient als ergänzende Unterlage. Darin werden auf Basis der Vorgaben des § 6 UVPG der maßgebliche Untersuchungsraum, der Ist-Bestand und die methodische Vorgangsweise dargestellt sowie die spezifischen Auswirkungen des Vorhabens sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphase fachspezifisch beurteilt.

Der Verfasser wurde von der Vorhabensträgerin beauftragt, ein Gutachten zu Auswirkungen von Erschütterungen in Folge von Bau und Betrieb des Energiespeichers Riedl auf Reptilien zu erstellen. Zudem werden kumulative Wirkungen mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe Kraftwerk Jochenstein untersucht.



## 2. Aufgabenstellung

Im Rahmen der Behördenanhörung wurde seitens des Landratsamts Passau (Untere Naturschutzbehörde) - in Abstimmung mit der Höheren Naturschutzbehörde – eine fachliche Stellungnahme zum geplanten Vorhaben „Energiespeicher Riedl“ abgegeben (30.08.2016), welche „Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ behandelt. Darin wird u. a. folgendes formuliert:

*„Ergänzend zu den Aussagen unter Ziffer 2 ist eine eindeutige Aussage nachzureichen, inwieweit negative Auswirkungen durch Vibrationen und Erschütterungen auf wertbestimmende Arten im betroffenen Gebiet eindeutig ausgeschlossen werden können; diese Aussagen sind im Monitoring- und Risikomanagement (siehe Ziffer 7) mit abzuhandeln.“*

Ebenso wurde im Rahmen der öffentlichen Auslegung der Projektunterlagen seitens des Bund Naturschutzes eine Stellungnahme (22.08.2016) abgegeben, welche ebenfalls u. a. den Themenkomplex möglicher Auswirkungen auf Reptilien (insb. Schlangen und Echsen) durch vorhabenbedingte Erschütterungen beinhaltet.

Das gegenständliche Gutachten behandelt mögliche Auswirkungen von Erschütterungen durch Bau- und/oder Betriebsphase des Energiespeicher Riedl auf im Eingriffsbereich bzw. auf im Umfeld lebende Reptilienarten auf Basis technischer und immissionsseitiger Grundlagen und Untersuchungen (Erschütterungen).

In erster Linie werden hier die Äskulapnatter und die Smaragdeidechse bearbeitet, wobei die Aussagen für alle im Gebiet lebenden Reptilien gelten.

Ziel ist zu prognostizieren, ob durch den oben beschriebenen Wirkfaktor (Erschütterungen) im Bau- bzw. Betrieb des geplanten Kraftwerkes Verbotstatbestände im Sinne der FFH Richtlinie bzw. gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 i. V. m. Abs. 5 BNatSchG ausgelöst werden oder ausgelöst werden können.

### 3. Projektgrundlagen und verwendete Unterlagen

Plan- und Anlagenbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
ERLÄUTERUNGSBERICHT	A4	JES-A001-VHBH3-B40081-00-BFE	1	2
TECHNISCHE BESCHREIBUNG	A4	JES-A001-PERM1-B10002-00-KFE	1	3
LBP BESTAND, BEWERTUNG, EINGRIFF	A4	JES-A001-SCHL1-B40039-00-FE	2	4.1.1
LBP MASSNAHMEN	A4	JES-A001-VHBH3-B40040-00-BFE	2	4.1.1
NATURSCHUTZFACHLICHE ANGABEN ZUR SPEZIELLEN ARTENSCHUTZRECHTLICHEN PRÜFUNG (SAP) FÜR BAYERN UND OBERÖSTERREICH"	A4	JES-A001-LAPP1-B40026-00-AFE	4	4.2.1
FFH VERTRÄGLICHKEITSUNTERSUCHUNG "DONAULEITEN VON PASSAU BIS JOCHENSTEIN"	A4	JES-A001-LAPP1-B40030-00-AFE	5	4.3.2
UVS BIOTOPE, ÖKOSYSTEME, PFLANZEN UND TIERE	A4	JES-A001-LAPP1-B40029-00-AFE	21	18
UVS GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE, ANLAGE 9: BERICHT ZU ERSCHÜTTUNGSMESSUNGEN MITTELS VIBRO SCAN SCHWINGUNGSGENERATOR (IFB EIGENSCHENK)	A4	JES-A001-IFBE1-B40020-10-_FE	15	UVS 2
ERSCHÜTTUNGSMESSUNG JOCHENSTEIN – SPUNDUNG 110KV KORRIDORKABEL	A4	JES-A001-IFBE1-B40299-00-_FE	62	7.3.3
SCHWINGUNGSUNTERSUCHUNGEN AN PUMPSPEICHERKRAFTWERKEN UND VERKEHRSWEGEN	A4	JES-A001-IFBE1-B40365-00-_FE	60	2.3
IMMISSIONSGUTACHTEN SPRENGTECHNIK UND ERSCHÜTTERUNGEN	A4	JES-A001-ESSM1-B40370-00-_FE	62	4.3
SIMULATION STEINSCHLAG DONAU-LEITEN - MESSBERICHT	A4	JES-A001-IFBE1-B40365-_FE	62	7.3.2

Planinhalt	Maßstab	Plan Nr. / File Name	Ordner Nr.	Register
GESAMTANLAGE ÜBERSICHTSLAGEPLAN	1:5000	JES-A001-PERM1-A10002-00	6	TP 1.1
TRIEBWASSERWEG LÄNGSSCHNITT UND REGELPROFILE	1:2500	JES-A001-PERM1-A30002-00	6	TP 2
TRIEBWASSERWEG BEREICH KRAFTSTATION LÄNGSSCHNITT	1:500/1:100	JES-A001-PERM1-A30004-00	6	TP 2
GESAMTANLAGE TERMINPROGRAMM	A3	JES-A001-PERM1-A10006-00	6	TP 1.3
LBP – BESTANDS- UND KONFLIKTPLAN ÜBERSICHTSPLAN	1:5000	JES-A001-SCHL1-A40041-02	3	4.1
LBP – MASSNAHMENPLAN ÜBERSICHTSPLAN	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40042-02	3	4.1
GESAMTLAGEPLAN EMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BAUPHASE	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40370-02	62	4.3.1
GESAMTLAGEPLAN EMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG BE-TRIEBSPHASE	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40370-03	62	4.3.1
GESAMTLAGEPLAN EMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG KUMULATION BAUPHASE	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40370-04	62	4.3.1



Planinhalt	Maßstab	Plan Nr. / File Name	Ordner Nr.	Register
GESAMTLAGEPLAN EMISSIONSORTE / ABSTÄNDE ERSCHÜTTERUNG KUMULATION BETRIEBSPHASE	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40370-05	62	4.3.1
GESAMTLAGEPLAN EMISSIONSORTE BETRIEBSPHASE VIBROSCANUNTERSUCHUNG	1:5000	JES-A001-VHBH3-B40370-06	62	4.3.1

### **3.1. FFH Richtlinie der Europäischen Union**

Die Äskulapnatter (*Zamenis longissimus*) und die Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) werden in der sogenannten FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen) der Europäischen Union geführt.

In dieser Richtlinie werden im Anhang 4 die Tierarten gelistet, die gemäß Artikel 12 einem besonderen Schutz unterliegen.

In Artikel 12 heißt es: „*Die Mitgliedsstaaten treffen die notwendigen Maßnahmen, um ein strenges Schutzsystem für die im Anhang 4, Buchstabe a, genannten Tierarten in deren natürlichen Verbreitungsgebiet einzuführen; dieses verbietet:*

- a) alle absichtlichen Formen des Fangens oder der Tötung von aus der Natur entnommenen Exemplaren dieser Arten
- b) jede absichtliche Störung dieser Arten, insbesondere während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten
- c) jede absichtliche Störung oder Entnahme von Eiern aus der Natur
- d) jede Beschädigung oder Vernichtung der Fortpflanzungs- oder Ruhestätten.

Das Verbot jeder absichtlichen Störung dieser Arten insbesondere während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten macht Einschränkungen bei Bau- und Betriebsmaßnahmen, welche zu Störungen führen und dabei den Fortbestand einer Population gefährden könnten, notwendig.

Eine quantitative Einstufung der Störungen ist hier nicht vorgenommen, lediglich die Absichtlichkeit wird vorangestellt. Absichtlichkeit bedeutet in diesem Zusammenhang gemäß der Rechtsprechung der Europäischen Union (Rechtssache C-103/00), dass „absichtlich“ im Sinne einer bewussten Inkaufnahme der Folgen zu interpretieren ist. Das bedeutet, die Folgen müssen mitbedacht und in die Entscheidung miteinbezogen werden.

Dazu ist eine Beziehung zwischen der Störung und den daraus resultierenden Folgen herzustellen. Die Aufgabenstellung besteht nun darin, die Störung bzw. Grenzwerte qualitativ und quantitativ zu fixieren. Eine derartige Fixierung ist lediglich über das Verhalten der Tiere zu dokumentieren und braucht konkrete Werte, ab wann eine durch eine Aktion gesetzte Reaktion als Störung zu interpretieren ist.

Störungen sind rechtlich erst dann als relevant einzustufen, wenn sie auf **Populations-ebene** zu einer Verschlechterung des Erhaltungszustandes führen, sprich die Störungen ein Ausmaß erreichen das geeignet ist, die Fortpflanzung derart zu stören, dass die Population Schaden nimmt. Störungen, die lediglich einen kurzfristigen Ortswechsel der Schlangen und Eidechsen auslösen, stellen rechtlich gesehen noch kein Problem bzw. keinen Verbotstatbestand dar.

### 3.2. Bundesnaturschutzgesetz

Alle Reptilien sind gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 i. V. m. Abs. 5 BNatSchG besonders geschützt, das bedeutet:

Es ist verboten,

1. wild lebenden Tieren der besonders geschützten Arten nachzustellen, sie zu fangen, zu verletzen oder zu töten oder ihre Entwicklungsformen aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören,
2. wild lebende Tiere der streng geschützten Arten und der europäischen Vogelarten während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten erheblich zu stören; eine erhebliche Störung liegt vor, wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert,
3. Fortpflanzungs- oder Ruhestätten der wild lebenden Tiere der besonders geschützten Arten aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören.

### 4. Anlagenbeschreibung

Das Vorhaben der Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) umfasst die Errichtung und den Betrieb des Energiespeichers 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 (vgl. Abbildung 1).

Das Wasser für den Betrieb des Energiespeichers 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. Sämtliche technische Anlagenkomponenten des geplanten Energiespeichers befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.



Abbildung 1: 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 (Abbildung 2). 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 Energiespeichers Riedl befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.

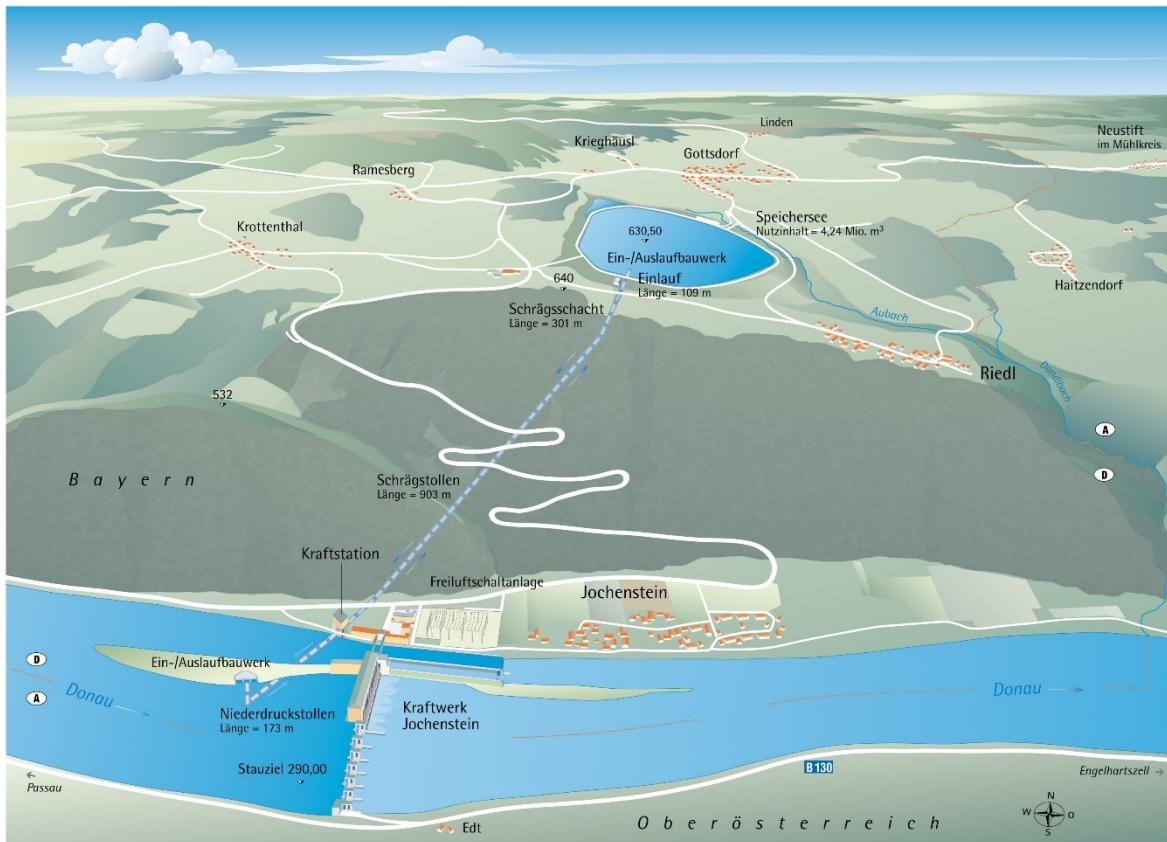


Abbildung 2: Projektübersicht

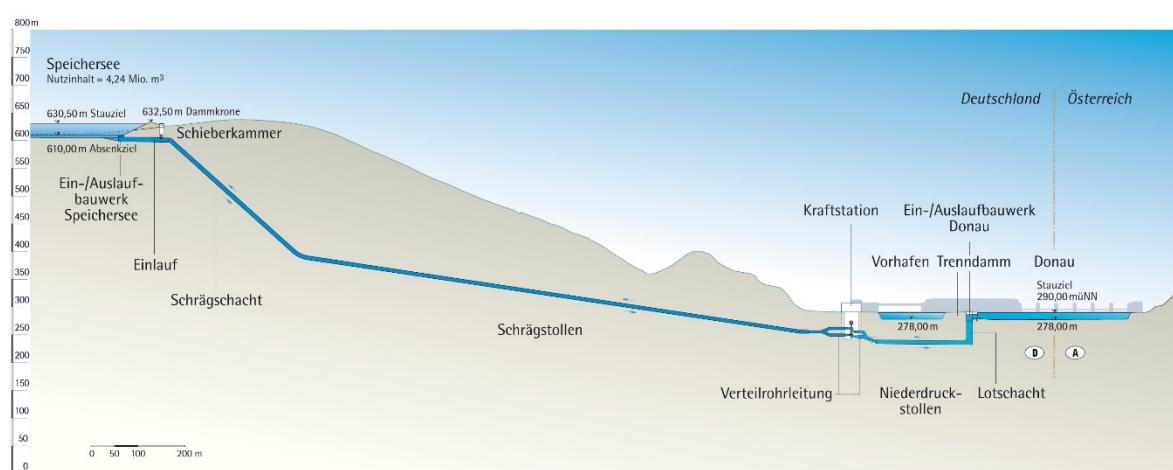


Abbildung 3: Systemlängsschnitt durch Triebwasserweg

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

## Kenngrößen des Energiespeicher Riedl

Der Energiespeicher Riedl als hydraulisches Pumpspeicherwerk mit einer Leistung von maximal 300 Megawatt in Turbinen- oder Pumpbetrieb ist mit seinem Speichernutzinhalt 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 Energiespeichers Riedl als voll regelbares Pumpspeicher- kraftwerk ermöglicht es mit den beiden Maschinensätzen, sowohl im Turbinen- als auch im Pumpbetrieb mit variabler Leistung auf kurzfristige Schwankungen des Leistungs- gleichgewichtes im Stromnetz zu reagieren und flexibel Regelleistung bereitzustellen.

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

Der Betrieb des Energiespeichers 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 erfolgen 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-Riedl 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

### **Schwingungsrelevante Tätigkeiten**

In der Bauphase sind folgende schwingungsrelevante Tätigkeiten zu erwarten:

#### Bereich Speichersee:

Bohren und Auflockerungssprengungen an der Oberfläche, Dammbauarbeiten mit Verdichten und Rütteln des Schüttmaterials.

Untertägige Bauherstellung (Stollen, Schächte): Sprengungen

#### Bereich Donau:

Rammen der Spundbohlen zur Herstellung des Kastenfangedamms in der Bauphase.

In der Betriebsphase sind die hydraulischen Maschinenkomponenten (Turbinen, Wandler, Pumpe) und der Generator die relevanten Emittenten von Schwingungen.

## 5. Reptilien: Das Gehör und Erschütterungen — Biophysik (Prof. J. Leo VAN HEMMEN)

Dieses Kapitel wurde von Prof. Dr. J. Leo VAN HEMMEN (Physik Department der Technischen Universität München) verfasst.

Um die Frage zu beantworten, ob beim Bau und Betrieb des geplanten Kraftwerkes geschützte Reptilien, die im Projektgebiet leben, durch Erschütterungen beeinträchtigt werden, ist es zunächst erforderlich, die Wahrnehmungsmechanismen von Erschütterungen von an den Donauleiten im Umfeld von Jochenstein lebenden Schlangen und Eidechsen zu erörtern.

Sowohl beim Bau als auch während des Betriebs des Kraftwerks sind Erschütterungen des Bodens zu erwarten. Maßgeblich für die Beurteilung sind das Gehör- und Vestibularsystem.

In der Schwingungswahrnehmung der Reptilien spielt das Vestibularsystem, das eigentlich ein Gleichgewichtsorgan ist, kaum eine Rolle. Die darin vorhandenen Otolithen sind als kleine Steinchen träge Massen, über die Reptilien feststellen, ob ihre Umgebung plötzlich bewegt wird. Schwingungen im Boden wirken sich hier aus, sind im jetzigen Kontext (vgl. unten) aber nicht dominant.

Das Gehörsystem jedoch spielt eine ganz andere und bei Schlangen und Echsen unterschiedliche Rolle, da sie in der Natur einzigartig ist.

### 5.1. Das Gehör der Schlange

Man hat lange gedacht, dass Schlangen taub seien. Das sind sie jedoch nicht, aber sie hören völlig anders als alle anderen landlebenden Wirbeltiere. Trommelfelle gibt es bei Schlangen nicht. Stattdessen nehmen die beiden getrennten Hälften des Unterkiefers die Rolle des Trommelfells wahr (vgl. Abbildung 4).

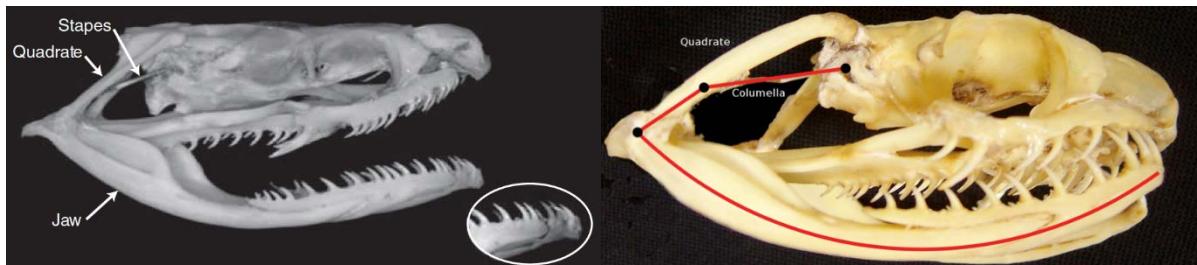


Abbildung 4: Trommelfelle fehlen bei Schlangen. Stattdessen „hört“ eine Schlange, wie das linke Bild zeigt, über die beiden klar getrennten Hälften des Unterkiefers, die wie Boote auf dem „See“ des Erdbodens liegen. Das rechte Bild verdeutlicht, dass es eine Hebelwirkung gibt, welche die Bewegung jeder Kieferhälfte über die Columella (und Gehörknöchelchen = Stapes) in die Cochlea transportiert (aus: FRIEDEL et al. 2008).

Schall orten alle Wirbeltiere mittels des Zeitunterschieds, mit dem der Schall am linken und rechten Trommelfell ankommt. Die eigentliche Auswertung ist neuronal und findet somit im Gehirn statt. Wie Abbildung 4 zeigt, sind Schlangen nicht taub, sondern sie „hören“ durch Wahrnehmung von Bodenschwingungen, meistens Oberflächenwellen, also Schall im Erdboden. Auf diese Art werden auch Beutetiere geortet und erfasst.

Die Schlange besitzt eine Cochlea (Gehörschnecke), so dass sie eine Art Frequenzzerlegung durchführen und somit separate Hörobjekte wahrnehmen kann.

In der wissenschaftlichen Literatur finden sich keine konkreten Werte zum Schalldruck, den das Tier „unerträglich“ finden und flüchten würde. Deshalb wurden im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Gutachtens zusätzlich Experimente durchgeführt, welche dem natürlichen Kontext in Bezug auf das Auftreten von Erschütterungen entsprechen und

diese quantifizieren. Ebenso werden Beobachtungen in der Natur, wo sich Schlangen nachweislich in der Nähe von Erschütterungsemittenten aufhalten, angeführt.

Zur Quantifizierung der Erschütterungen wird die Schwingbeschleunigung herangezogen, da die Beschleunigung – und nicht die Geschwindigkeit – einer Masse auf das Vestibular- und Hörsystem wirkt.

Die dazu gehörige Formel, das 2. Newton'sche Gesetz lautet:  $F = m \times a$ , wobei  $F$  für die Kraft,  $m$  für irgendeine, beliebige Masse und  $a$  für die Beschleunigung steht. Ist die Beschleunigung bekannt, ist bei gegebener Masse  $m$  auch die Kraft bekannt. Bei Schwingung des Erdbodens infolge von Sprengexplosionen oder anderer Erdarbeiten werden Reptilien, welche sich auf dem Boden befinden, beschleunigt und alle Körperteile empfinden dementsprechende Kräfte.

Wirkt eine Bodenbeschleunigung nur ganz kurz, ist der Effekt im Tier kaum oder gar nicht wahrnehmbar, was aus direkter Integration des Newton'schen Gesetzes ersichtlich ist.

Geschwindigkeit wird in der Einheit Meter pro Sekunde (m/s) und Beschleunigung Meter pro Sekunde Quadrat ( $m/s^2$ ) gemessen, da letztere die Änderung der Geschwindigkeit (m/s) pro Zeiteinheit (1/s) darstellt.

Eine weitere Maßeinheit ist die Frequenz einer Schwingung; die Frequenz, die Zahl der Wiederholungen einer Schwingung pro Sekunde, wird in Einheiten  $Hz = s^{-1}$  gemessen. Über die Frequenz von Schwingungen konnte Wever (1978) unter Einbeziehung des äußeren Schalldrucks mittels Experimenten sowohl bei Echsen als auch bei Schlangen zeigen, bei welchen Frequenzen (Reinton) die minimale Wahrnehmungsschwelle liegt. Zudem konnte er zeigen, dass die Kurve des Wahrnehmungsbereichs ein gattungsspezifisches Plateau ausbildet; vgl. Abbildung 5. Mit anderen Worten, in welchem Frequenzbereich Eidechsen und Schlangen etwas hören.

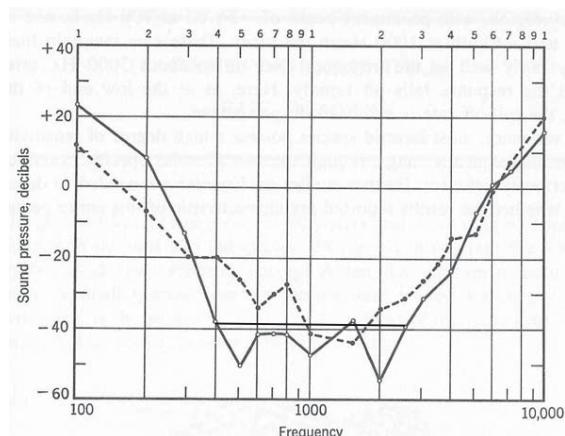


FIG. 13-26. Sensitivity functions for two specimens of *Lacerta viridis*.

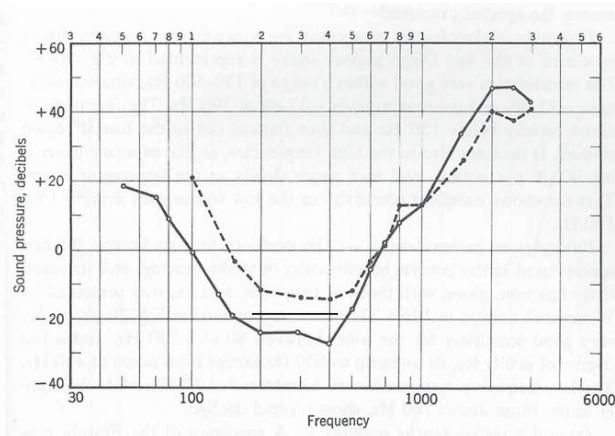


FIG. 20-43. Aerial sensitivity functions for two specimens of the rat snake, *Elaphe o. obsoleta*.

Abbildung 5: Hörschwelle der Smaragdeidechse (links) und der Erdnatter (rechts) in dB als Funktion der Frequenz für zwei Tiere; beide Abbildungen aus WEVER (1978). Die Frequenz ist auf einer logarithmischen Skala (arbiträr) horizontal angegeben. Die vertikale Skala zeigt die Hörschwelle bei vorgegebener Frequenz auf einer faktisch ebenfalls logarithmischen Skala, da in dB. Die Dezibel-Skala ist in diesem Falle nicht arbiträr, da sie von den Haarzellen naturbedingt ist, welche den Schall in der Cochlea wahrnehmen. Man beachte die eingezeichneten Plateaus. Der lebenswichtige Bereich ist im Plateau als minimalem Wert zwischen 0.4 – 2.6 kHz bzw. 180 - 430 Hz erfasst. Explosions sind im niederfrequenten Bereich < 50 Hz, so dass die Tiere sie mittels des Hörsystems kaum wahrnehmen, da der lebenswichtige Plateau-Bereich die Aufmerksamkeit bekommt.

Zu beachten ist, dass die Frequenz (arbiträr) und die Lautstärke (dB) beide logarithmisch aufgetragen worden sind. Bezüglich der Lautstärke, die in Dezibel (dB) ausgedrückt wird, bedeutet dies faktisch: nimmt die Energie um das 100-fache zu, nimmt die Lautstärke nur um 20 dB zu. Mit anderen Worten, 10-mal mehr Sprengstoff bedeutet

nur 10 dB mehr Schalldruck im Boden. Das „nur“ unter der Prämisse, dass die Tiere die niederfrequenten Wellen der Sprengungen kaum bemerken, da der Frequenzbereich der Sprengungen außerhalb ihrer Wahrnehmungsschwelle liegt, wie Abbildung 5 belegt.

Wenn die Lautstärke in Dezibel (dB) ausgedrückt wird, ist neben dem Logarithmus noch etwas Anderes zu beachten: die Referenzgröße. Das Argument des Logarithmus ist nämlich dimensionslos, was bedeutet, dass da immer ein Verhältnis/Bruch zwischen einer Größe, die man betrachtet, und einer Referenzgröße steht:  $\log(\text{Größe}/\text{Referenzgröße})$ . Bei Menschen ist die Bezugsgröße der Schalldruck mit der Kennzeichnung SPL (sound pressure level = 20  $\mu\text{Pa}$ ), der international als die Druckamplitude festgelegt wurde, die mit der Hörschwelle korrespondiert. Bei Schlangen und Echsen nimmt man selbstverständlich eine dementsprechende Größe. Der Logarithmus, der sich aus vielen Experimenten ergeben hat, nimmt viel langsamer und nicht linear zu und ist auf die physikalische Gegebenheit der Haarzellen zurückzuführen.

Die Schlangen nehmen unter den Reptilien wegen ihres speziellen Hörsystems eine spezielle Position ein, die durch folgende zwei Aspekte gekennzeichnet ist. Erstens, Schallaufnahme passiert über die beiden Hälften des Unterkiefers aber nur, solange sie auf dem Erdboden ruhen. Schlangen sind somit für den normalen Luftschall praktisch taub bzw. unempfindlich.

Zweitens, der Frequenzbereich, den Schlangen gut hören, hat die Form eines niederfrequenten Plateaus. Das Hörvermögen hängt von der Zusammensetzung des Untergrunds ab. Nur bei lockarem Untergrund ist die Schallgeschwindigkeit „ $c_s$ “ so niedrig ( $c_s$  ist typischerweise 50-100 m/s), dass die Schlange die Richtung ihrer Beute aus dem Zeitunterschied zwischen beiden Kiefern und damit den Standort ihrer Beute bestimmen kann; trockener Sand ist hierfür ein ideales Medium. Auf Fels dagegen liegt die Schallgeschwindigkeit im Bereich von mehreren km/s (Marmor bspw. ca. 6 km/s). Daher funktioniert die Schallortung auf Basis von Bodenschwingungen auf Fels nicht.

Das Plateau-Verhalten der Hörschwelle zeigen Echsen auch; vgl. Abbildung 5. Man beachte die logarithmischen Skalen sowie die eingezeichneten Plateaus.

Der Bereich, den die Tiere zum Überleben brauchen, ist im Plateau zwischen 400 – 2.600 Hz bei der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) bzw. 180 - 430 Hz bei der amerikanischen Erdnatter (*Elaphe o. obsoleta*), einer zur Äskulapnatter verwandten Art.

## 5.2. Zum Gehör der Eidechse

Eidechsen besitzen ein Hörsystem wie die Mehrheit der landlebenden Wirbeltiere, das von innerlich gekoppelten Ohren gekennzeichnet wird (Internally Coupled Ears = ICE) (VAN HEMMEN et al. 2016).

Eine luftgefüllte Röhre im Kopf verbindet die beiden seitlich am Kopf befindlichen Trommelfelle, wodurch das Tier nicht den äußeren Stimulus, sondern die Überlagerung des äußeren und inneren Drucks wahrnimmt. Diese Überlagerung des Innen und des Außendrucks bestimmt die Auslenkung des Trommelfells, dessen Reizung an das Gehirn weitergeleitet wird.



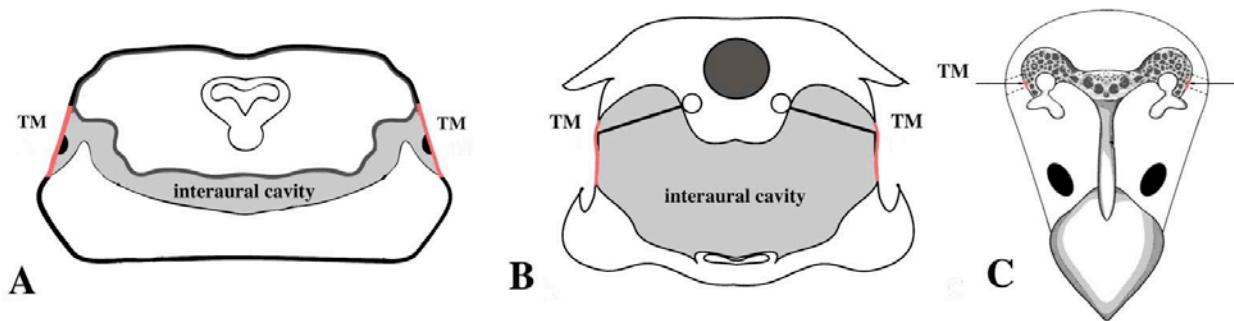


Abbildung 6: Die Mehrheit der landlebenden Wirbeltiere besitzt innerlich gekoppelte Ohren (Internally Coupled Ears = ICE). **A.** Frosch, **B.** Eidechse und **C.** Vogel. TM bedeutet Tympanum oder Trommelfell, das rot angezeigt wird (aus VAN HEMMEN et al. 2016).

Das ICE-System funktioniert im Gegensatz zum Hörsystem der Schlangen über Schallwellen in der Luft. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass ICE sich vom Hörsystem des Menschen und aller anderen Säugetiere deutlich unterscheidet, da letztere mit unabhängigen Ohren ausgestattet sind.

Dank ICE wird der Input im natürlichen Frequenzbereich (< 5 kHz) erheblich modifiziert. Die Zeitunterschiede zwischen linkem und rechtem Trommelfell werden größer (grob, um einen Faktor 3, vgl. Abbildung 6) und der Amplituden-Unterschied zwischen links und rechts kann 20 dB betragen. Da das natürliche ICE-System jedoch ohne Energiezufuhr auskommt, gibt es auch keine Verstärkung des auditorischen Input-Signals.

## 6. Untersuchungen zu Erschütterungen

Es gibt zwar wissenschaftliche Untersuchungen zum Mechanismus, wie Schlangen Schwingungen aufnehmen (FRIEDEL et al. 2008, VAN HEMMEN et al. 2016, WEVER 1978), allerdings liegen bislang keine Untersuchungen oder Grenzwerte zum Thema Erschütterungen und Reaktion von Reptilien vor (SCHORR, 2013).

Aus diesem Grund wurden im Planungsgebiet zwei Versuche durchgeführt, die Aussagen zum Verhalten von Reptilien bei Schwingungen bzw. zum Auftreten natürlicher Schwingungen im Lebensraum zulassen.

Zur Quantifizierung der Erschütterungen wird die Schwingbeschleunigung herangezogen, da gemäß des Newton'schen Gesetzes (siehe oben) die Beschleunigung einer Masse als Kraft auf das Vestibular- oder Hörsystem von Reptilien wirkt und nicht die Geschwindigkeit.

### 6.1. Untersuchung des Verhaltens von Terrariantieren bei Bauarbeiten

Um zu untersuchen, ob durch den Bau- bzw. Betrieb des geplanten Kraftwerkes Verbotstatbestände ausgelöst werden oder ausgelöst werden können, wurde in der vorliegenden Untersuchung am 9.10.2017 die Reaktion einer Äskulapnatter (*Zamenis longissimus*) auf das Einbringen bzw. Einrammen von Spundbohlen in einer Entfernung von ca. 190 m dokumentarisch erfasst. Zeitgleich wurde in verschiedenen Abständen die Schwingungsübertragung in das Gelände in den Bereichen gemessen, in denen in letzter Zeit immer wieder Äskulapnattern beobachtet wurden. Die Untersuchungen der Schwingungen wurden vom Büro IFB Eigenschenk (Deggendorf) durchgeführt (vgl. Messbericht „Erschütterungsmessung Jochenstein - Spundung 110-kV Korridorkabel“ JES-A001-IFBE1-B40299-00-\_FE).

Die Festlegung der Standorte der Messung und die Beobachtung der Tiere im aufgestellten Terrarium im „Haus am Strom“ erfolgte durch DI ASSMANN (Verfasser „Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag“ der Antragsunterlagen) und Mag. KYEK.

## 6.1.1. Material und Methoden

### 6.1.1.1. Ramme und Spundwand

Zum Einsatz kam eine mobiles Rammgerät (ABI Mobilram) des Typs TM14/17SL mit einer Nutzlänge von 17 m und einem Gewicht von 48 Tonnen. Mehrere 11 m lange Spundbohlen wurden über einen Zeitraum von ca. 2 Stunden in den schottrigen Talboden gerammt (vgl. Messbericht, IFB Eigenschenk).

Die Rammarbeiten fanden in 193 m Entfernung vom Terrarium im „Haus am Strom“ statt, in dem ein Äskulapnattermännchen und eine adulte Smaragdeidechse gehalten werden.

### 6.1.1.2. Messung von Erschütterungen

Die Messung von Erschütterungen erfolgte mittels hochempfindlicher Messsensoren an fünf verschiedenen Stellen in unterschiedlicher Entfernung zur Ramme und auf unterschiedlichem Substrat (vgl. Tabelle 1). Die verwendeten Messgeräte zeichnen Erschütterungen in drei rechtwinkelig zueinander angeordneten (Raum-)Achsen auf (x, y, z). Bei ordnungsgemäßer Positionierung der Messgeräte entsprechen die x-y-Achse der horizontalen Richtung bzw. Ebene und die z-Achse der vertikalen Richtung/Ebene. D. h., es werden die Erschütterungskomponenten aller drei Raumachsen erfasst.

Das für die Beurteilung der Auswirkungen auf die Reptilien relevante Maß von Erschütterungen ist deren erzeugte Beschleunigung, die in  $m/s^2$  angegeben wird. Unter Beschleunigung versteht man in der Physik die Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit eines Körpers.

Alle folgenden Angaben zu den aufgezeichneten Messwerten werden als Beschleunigung angegeben.

Messpunkt	Beschreibung Messort	Entfernung zwischen Messgerät und Ramme (=Emissionsort)
1	am Waldrand <b>auf Wurzelstock</b> , ostexponierter Waldrand anschließend extensiv genutzte Wiese	63 m
2	<b>auf Fels</b> innerhalb der Laubwaldstrukturen, halboffene Situation, kleine Lichtung mit anstehendem Fels	100 m
3	<b>Holzstoß</b> am südexponierten Waldrand	150 m
4	<b>Wiese</b> vor dem Holzstoß (vgl. Messpunkt 3)	150 m
5	<b>Im Gebäude</b> „Haus am Strom“ (direkt unter dem Terrarium der Äskulapnatter)	193 m

Tabelle 1: Untergrundverhältnisse und Entfernung der Messpunkte (vgl. auch Abbildung 7).

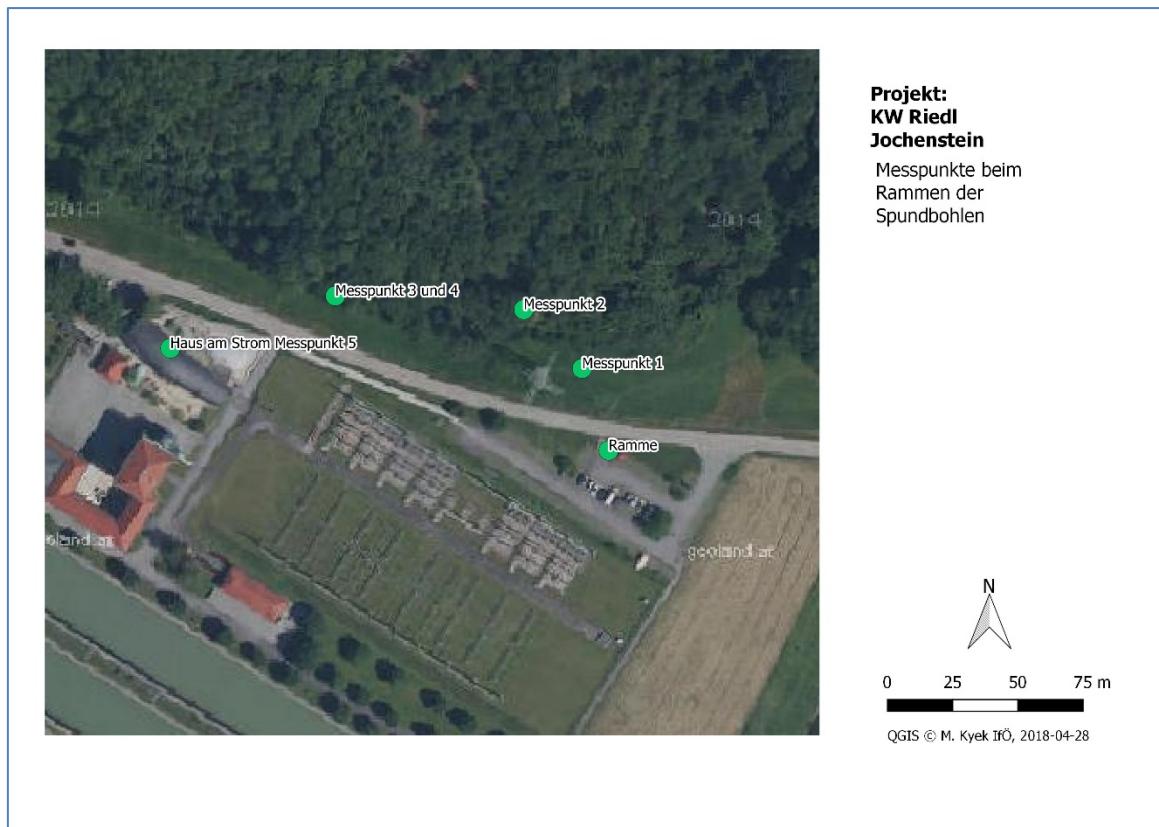


Abbildung 7: Lageplan mit Messorten, Terrariumstandort (Haus am Strom) und Standort des Rammgerätes (=Emissionsort)

#### 6.1.1.3. Das Terrarium

Die Äskulapnatter wird in einem ca. 150x100x50 cm großen Terrarium gehalten, das einen Meter über dem Boden in die Wand eingelassen und an einem Eckpunkt auch zum Boden hin abgestützt wird. Es ist mit Kunstmäuerchen, Steinen, einem Baumstamm und einer Tränke ausgestattet (vgl. Abbildung 8). In diesem Terrarium wurde das Äskulapnattermännchen über einen Zeitraum von ca. 1,5 h beobachtet und abschnittsweise auch gefilmt.



Abbildung 8: Terrarium mit Äskulapnattermännchen im „Haus am Strom“

#### 6.1.1.4. Beobachtungen von Äskulapnatter und Smaragdeidechse

Das Verhalten der Äskulapnatter während der laufenden Rammarbeiten wurde mit einer Kamera (Canon EOS 5, Mark III) auf einem Stativ filmisch dokumentiert (vgl. Abbildung 9). Parallel erfolgte auch eine beschreibende Dokumentation, die Beobachtungen bzw. Aufzeichnungen des Verhaltens fanden am 9.10.2017 in der Zeit von ca. 9:00 bis 10:30 statt.

Der Beginn der Rammarbeiten und die Beobachtungen wurden zeitlich koordiniert durchgeführt, wodurch sichergestellt wurde, dass eindeutig das Verhalten vor und während der Rammarbeiten erfasst und dokumentiert wird.



Abbildung 9: Geräteanordnung bei der Verhaltensdokumentation (unter dem Terrarium ist der rote Erschütterungssensor erkennbar)

Parallel dazu wurde auch das Verhalten einer Smaragdeidechse im benachbarten Terrarium in entsprechender Art und Weise erfasst.

## 6.1.2. Ergebnisse

### 6.1.2.1. Schwingungen bzw. Beschleunigungen

Wie oben beschrieben wurden die Messungen in den Richtungen der X, Y und Z-Achse vorgenommen; vgl. Abbildung 10 bis Abbildung 12.

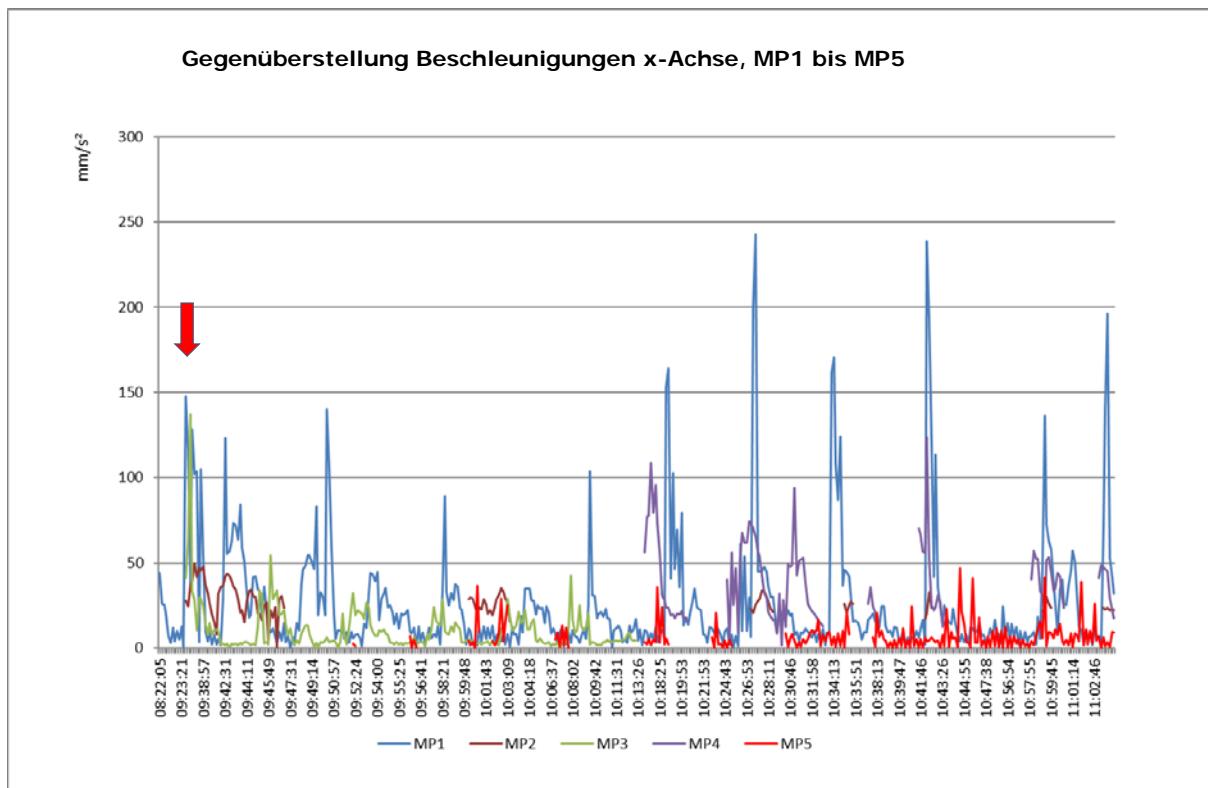
Die Messergebnisse der Erschütterungen werden in einem eigenen Bericht beschrieben und ausgewertet (vgl. Bericht „Erschütterungsmessung Jochenstein – Spundung 110-kV Korridorkabel“, IFB Eigenschenk, 2017).

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Erschütterungsbeschleunigungen mit dem Abstand zur Ramme bzw. dem Emissionsort überproportional abnehmen.

Die Interpretation der Daten erfolgt nur am Messpunkt Nr. 5 (Terrarium), da hier auch entsprechende Beobachtungen zum Verhalten der Äskulapnatter vorliegen. Die vertikalen Beschleunigungen (Z-Achse) zeigen den stärksten Ausschlag, daher beziehen sich die folgenden Aussagen auf die Werte der Z-Achse (vgl. Abbildung 12). Die Werte der X und Y-Achsen liegen niedriger (vgl. rote Linie in Abbildung 10 und Abbildung 11).

Die Rammarbeiten begannen exakt um 9:31:55. Die Messgeräte wurden vor Beginn der Rammarbeiten aufgestellt und in den aktiven Messmodus versetzt. Kleinere Ausschläge vor Beginn der Rammung (wie sie in den nachfolgenden Diagrammen erkennbar sind) sind auf Nutzungen im Gebäude in unmittelbarer Nähe des Terrariums zurückzuführen (bspw. Gehen und Reinigungsarbeiten). Während der Rammarbeiten wurde darauf geachtet, dass äußere Störeinflüsse (Erschütterungen im Gebäude) vermieden und die Messungen nicht beeinflusst werden.

Die höchste am Terrarium gemessene Beschleunigung während der Rammarbeiten (10:41 Uhr) wurde mit  $98 \text{ mm/s}^2$ , also knapp  $0,10 \text{ m/s}^2$  (in Richtung der Z-Achse, also vertikal) festgestellt. Der Maximalwert am nahegelegenen Messpunkt MP1 beträgt  $278 \text{ mm/s}^2$  bzw. etwa  $0,28 \text{ m/s}^2$  (ebenfalls in der Z-Achse).



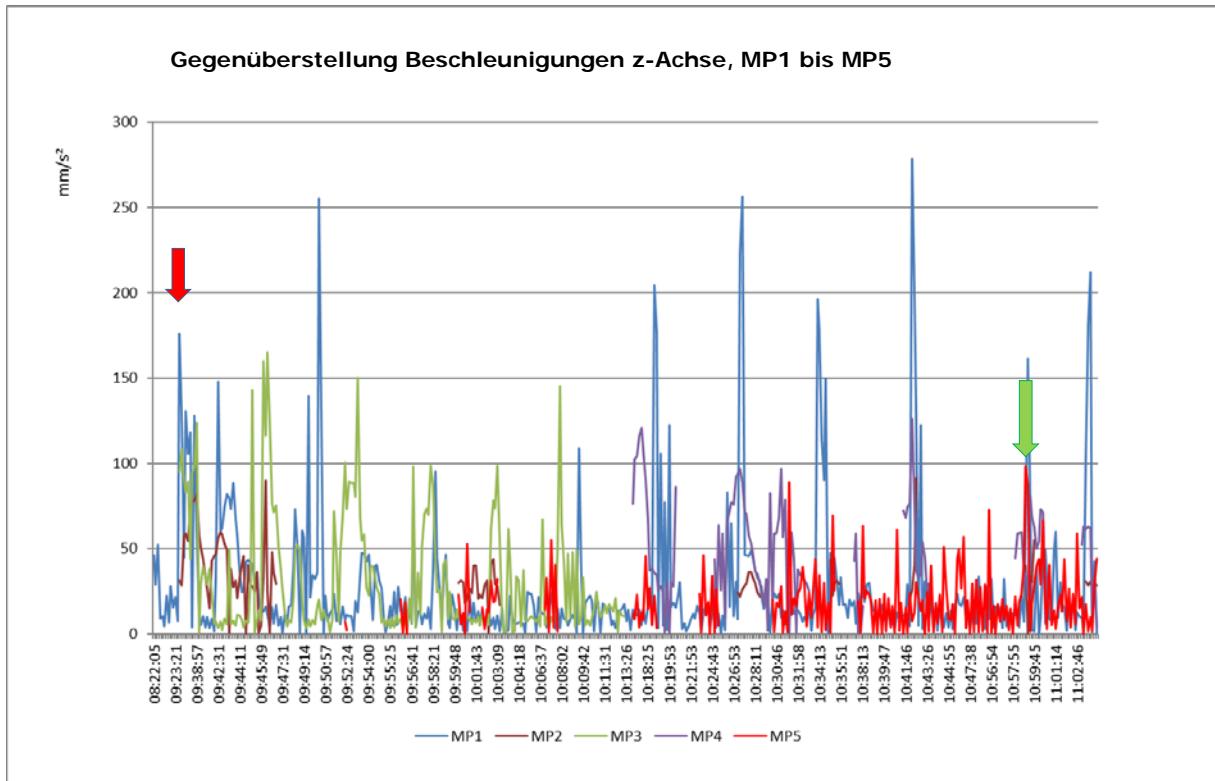


Abbildung 12: Gemessene Beschleunigungen (Z-Achse); Rammbeginn 9:31:55 Uhr (roter Pfeil), höchster am Terrarium (MP5, rot) gemessener Wert (98 mm/s<sup>2</sup>, grüner Pfeil)

### 6.1.3. Verhalten der Äskulapnatter und der Smaragdeidechse während der Rammung

Vor Beginn der Arbeiten lag die Schlange ohne jegliche Regung auf einem Podest im der linken oberen Hälfte des Terrariums. Zum Zeitpunkt des Rammbeginns hatte die Schlange bereits ihren Ruheplatz in der mittleren oberen Hälfte des Terrariums verlassen und hat sehr ruhig im Terrarium herumgesucht.

Die Äskulapnatter hat bei Beginn der Rammarbeiten um 09.31.55 Uhr keinerlei erkennbare Verhaltensänderung auf die durch die Spundarbeiten ausgelösten Schwingungen gezeigt. Die Schwingungen waren im Gebäude spürbar (dabei handelt es sich um das persönliche Empfinden des Autors).

Die zweite Spundwandbohle wurde um 09.36.56 Uhr gerammt. Auch hier zeigt die Schlange keinerlei geändertes Verhalten. Sie sucht teilweise auf dem Holz, teilweise auf dem Terrariumboden herum, allerdings ohne jegliche panischen Bewegungen oder zusätzliches Züngeln.

Um 09.43 Uhr wird die dritte Spundwandbohle gerammt. Wiederum keine auffälligen Reaktionen. Die Äskulapnatter sucht sehr langsam und bedächtig im Terrarium herum.

Im Terrarium der Smaragdeidechse ergaben sich ebenfalls keinerlei Reaktionen. Die Eidechse hat sich schon vor Beginn der Rammarbeiten in ein Versteck zurückgezogen und bleibt den gesamten Beobachtungszeitraum in diesem Versteck. Es konnte kein nervöses Verhalten beobachtet werden.

Bezüglich des Verhaltens der Äskulapnatter ist damit festzuhalten, dass sie im Zuge der gegenständlichen Untersuchungen keine wie auch immer geartete Verhaltensänderungen gezeigt hat, die im Zusammenhang mit den am 9.10.2017 vorgenommenen Rammarbeiten (ca. 190 m Entfernung) steht.



#### **6.1.4. Zusammenfassung der Terrariumbeobachtung**

Die vorliegenden Ergebnisse der Beobachtungen im Terrarium haben gezeigt, dass bei einer Beschleunigung von bis zu  $0,1 \text{ m/s}^2$  die Schlange keine wie immer geartete Fluchtreaktion oder Erregung zeigt.

Zum Zeitpunkt der Rammarbeiten am 9.10.2017 waren die Reptilien in der freien Natur sehr wahrscheinlich bereits im Winterquartier (vgl. SPEYBROECK, et al. (2016); GÜNTHER & WAITZMANN (1996)). Jedenfalls waren zu diesem Zeitpunkt keine Tiere im Nahbereich der Messorte zu beobachten bzw. zu finden.

Der Nachweis einer Äskulapnatter unter Folie am 5.4.2018 zeigt allerdings, dass der Lebensraum, in dem regelmäßig Tiere beobachtet wurden, weiterhin angenommen wird.

## 6.2. Simulation Steinschlag Donauleiten

Anlagenbezug:

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
SIMULATION STEINSCHLAG DONAU-LEITEN - MESSBERICHT	A4	JES-A001-IFBE1-B40365-_FE	61	6.8.1

Im Zuge der Diskussionen zum Thema Erschütterungen und deren Auswirkungen auf Reptilien stellte sich die Frage, welche natürlichen Erschütterungen im Bereich der Lebensräume der Reptilien an den Donauleiten auftreten und wie man diese simulieren kann.

Als Referenz zu den in der Natur laufend auftretenden Schwingungen, wurde eine zusätzliche Versuchsanordnung und Messkampagne durchgeführt. Diese soll veranschaulichen, welche Schwingungen im Gebiet auftreten, wenn Steine die steilen Donauleiten hinunterfallen.

Derartige Ereignisse sind aufgrund der örtlichen Topographie als natürlich einzustufen, da die flächenhaft existierenden Geröllhalden der Donauleiten durch lose Felsbrocken und herunterfallende Steine entstanden sind bzw. immer noch entstehen (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14)

In dieser Umgebung sind die genannten Reptilienarten seit Jahrzehnten nachweislich bekannt und reproduzieren hier auch in stabilen Populationen. Im Eiablagehaufen am Waldrand (vgl. Abbildung 15) konnten im April 2018 ca. 300 Eier der Äskulapnatter (*Zamenis longissimus*) und 50 Eier der Ringelnatter (*Natrix natrix*) festgestellt werden (mündliche Mitteilung von Sebastian ZODER, Schutzgebietsbetreuer).

Das bedeutet, die Erschütterungen herunterfallender Steine können keine Störungen darstellen, die den Fortbestand der Populationen gefährden.

Mit dem Versuch soll veranschaulicht werden, in welcher Größenordnung die Schwingbeschleunigungen solcher Erschütterungseignisse liegen und wie schnell diese räumlich abklingen.





Abbildung 13: Die örtliche Topographie ist durch Hangschutt geprägt, der sich hier durch herabfallende Steine angesammelt hat.

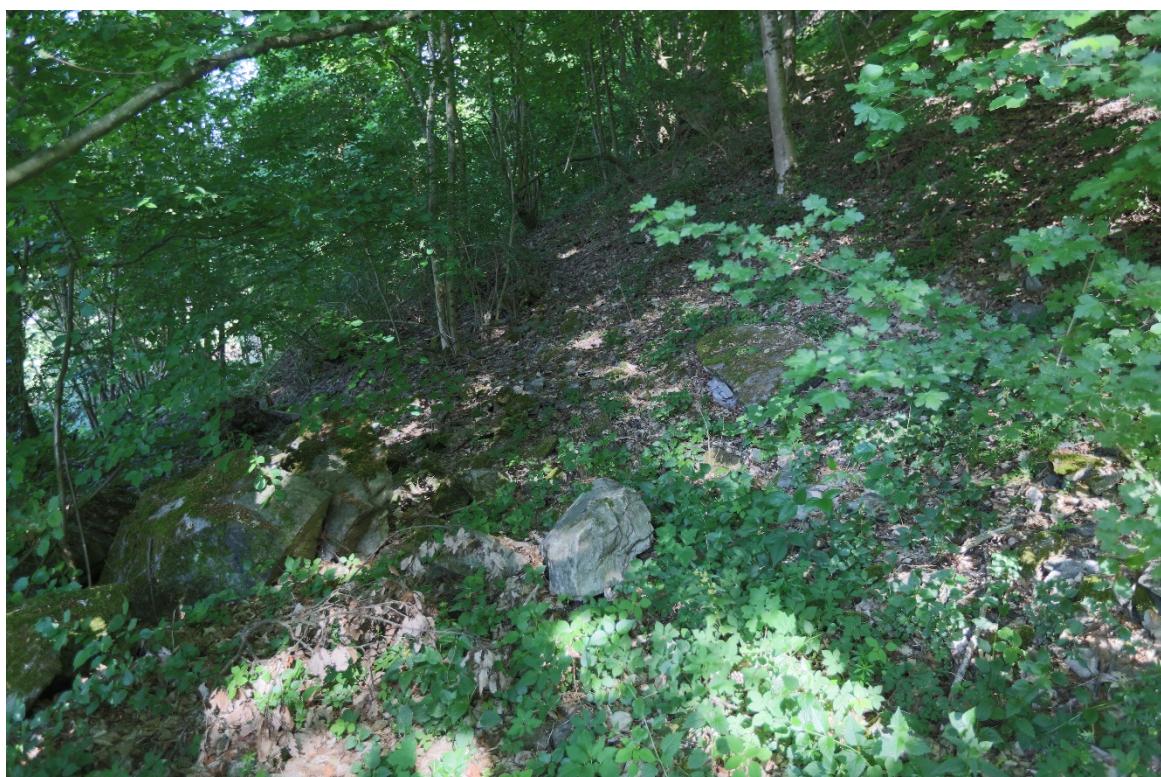


Abbildung 14: Immer wieder sind Steine an der Oberfläche zu finden, die offensichtlich erst in jüngerer Zeit hier liegen geblieben sind.



Abbildung 15: In diesem Ende April 2018 umgeschichteten Eiablagehaufen wurden ca. 300 Eier der Äskulapnatter und 50 Eier der Ringelnatter aus den letzten 3 Jahren gefunden

### 6.2.1. Die Versuchsanordnung

Vor Ort wurden zwei Felsbrocken ausgewählt:

Stein 01: 5,9 kg  
 Stein 02: 11,9 kg

Um die Beschleunigungen herunterfallender Steine beurteilen zu können, werden beide Steine jeweils 10-mal aus einer Höhe von 1 m an zwei unterschiedlichen Standorten (Wiesenboden mit sandigem Untergrund gegenüber „Haus am Strom“ und Waldboden mit steinigem Untergrund (Gneiszersatz) in der Donauleiten; vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17) fallen gelassen. In jeweils 0,2 m (im Diagramm mit Abstand 0 bezeichnet), 1 m, 2 m und 4 m Entfernung werden die Schwingbeschleunigungen gemessen. Die entsprechenden Maximalwerte (achsunabhängig) werden statistisch aufbereitet und graphisch dargestellt.



Abbildung 16: Anordnung des Versuchsaufbaus zur Schwingungsmessung auf der Wiese mit sandigem Untergrund am Waldrand (links: 0,2/1/2m; rechts: 0,2/2/4m)



Abbildung 17: Anordnung des Versuchsaufbaus zur Schwingungsmessung im Wald an den Donauleiten (mit Gneiszersatz als Untergrund) (links: 0,2/1/2m; rechts: 0,2/2/4m)

## 6.2.2. Ergebnisse „Steinschlagsimulation“

### 6.2.2.1. Standort Wiese Donauleiten

Da die Steinwürfe (loses Fallenlassen des Steines ohne Krafteinwirkung) für jeden der beiden Untergründe und Versuchsaufbaue jeweils zehn Mal (also  $4 \times 10$  Steinwürfe) identisch wiederholt wurden, ist eine Darstellung der Messwerte mittels box-plot-Diagramm zielführend. Einerseits wird so die Streuung der Messergebnisse je Versuch und Messort deutlich und leichter interpretierbar, andererseits ist das Abklingen der Messwerte mit der Entfernung deutlich erkennbar.

Zur Erläuterung und Interpretation des box-plot-Diagrammes:

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

Der Strich innerhalb der Box gibt den Median- bzw. Zentralwert an. Das ist jener Wert, der genau in der Mitte einer Datenverteilung liegt. Die eine Hälfte aller Individualdaten ist immer kleiner, die andere größer als der Median. Bei einer geraden Anzahl von Individualdaten ist der Median die Hälfte der Summe der beiden in der Mitte liegenden Werte. Das Ende der vertikalen Striche symbolisiert die äußersten Wertegrenzen (Minimal- bzw. Maximalwert).

Da die Messung bei der Station „2 m“ in jeder 10er-Serie Steinwurf gemessen wurde (das Messgerät blieb unverändert), fließen hier bei der Ergebnisdarstellung in Summe 20 Messwerte ein. Das gleiche gilt auch für die Station „0“ direkt neben der Aufprallstelle des Steines.

Unmittelbar neben dem Aufprallpunkt werden beim Stein mit 5,9 kg auf der Wiese maximale Schwingbeschleunigungen von bis zu  $14,2 \text{ m/s}^2$  gemessen (vgl. Abbildung 18), beim Stein mit 11,9 kg bis zu  $21 \text{ m/s}^2$  (vgl. Abbildung 19).

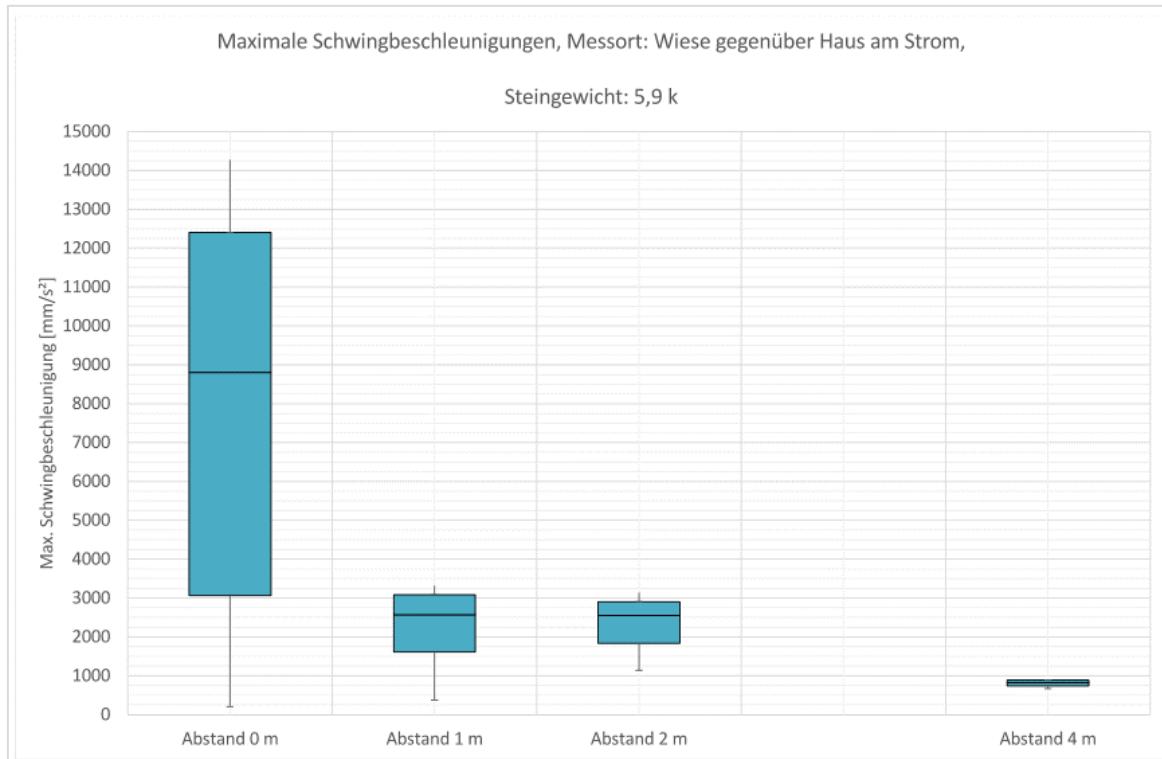


Abbildung 18: Mit dem 5,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen auf der Wiese nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)

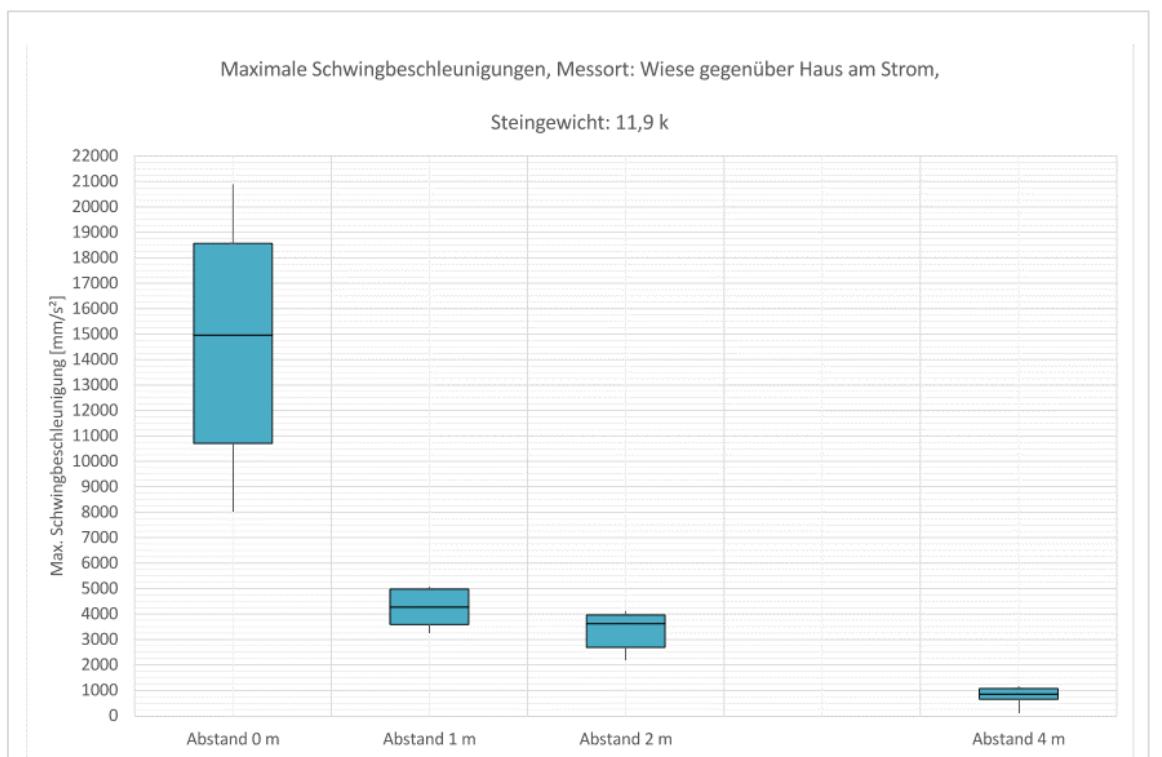


Abbildung 19: Mit dem 11,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen auf der Wiese nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)

### 6.2.2.2. Standort Wald Donauleiten

Am Aufprallpunkt im Wald werden beim Stein mit 5,9 kg Schwingbeschleunigungen von bis zu  $11,6 \text{ m/s}^2$  gemessen (vgl. Abbildung 20), beim Stein mit 11,9 kg bis zu  $12,8 \text{ m/s}^2$  (vgl. Abbildung 21).

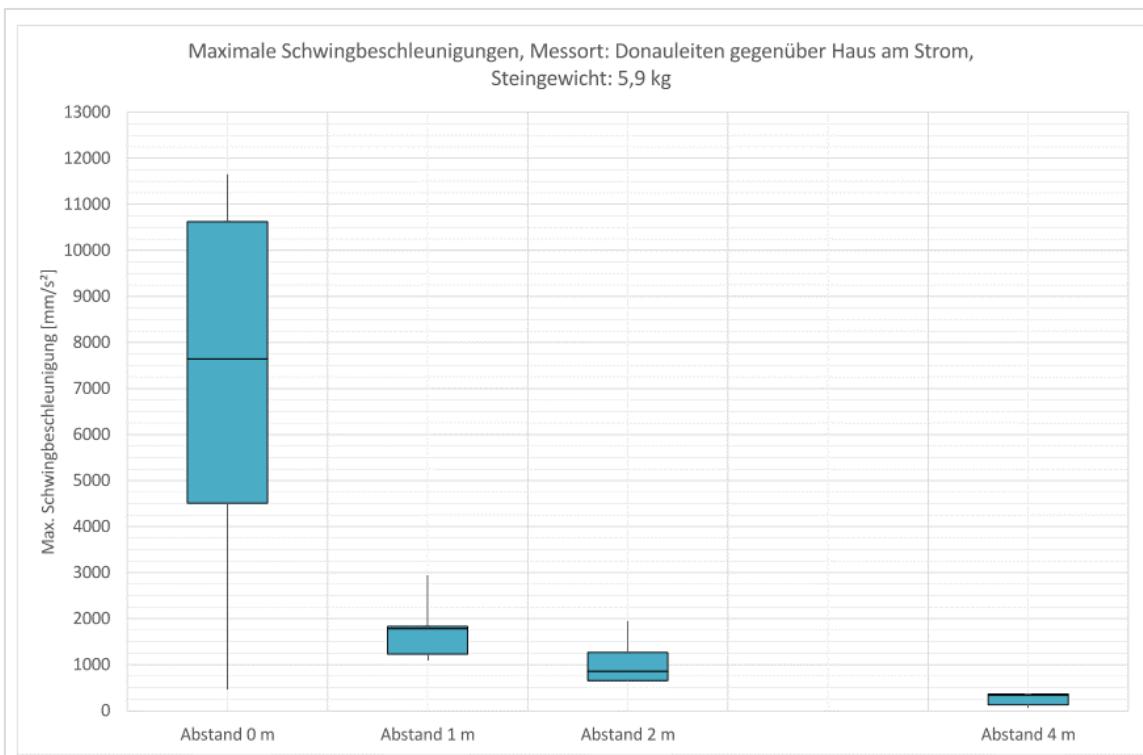


Abbildung 20: Mit dem 5,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen im Wald nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)

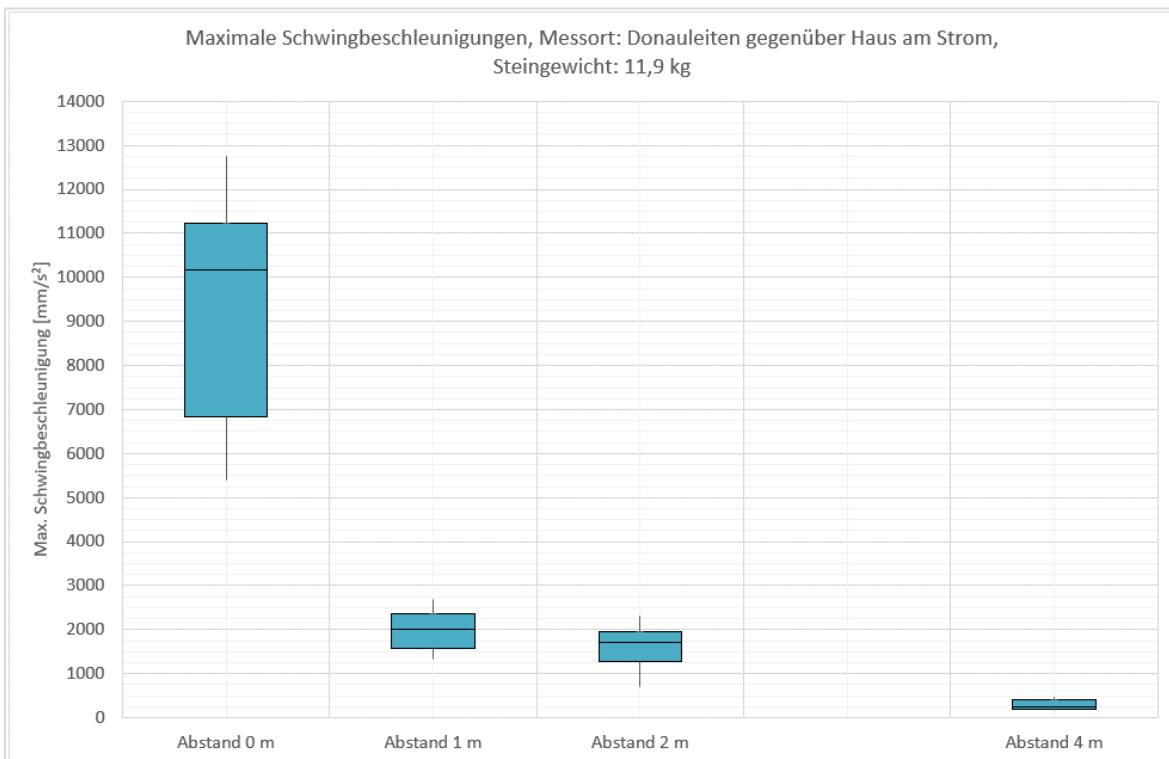


Abbildung 21: Mit dem 11,9 kg Stein gemessene Schwingbeschleunigungen im Wald nördlich vom „Haus am Strom“ (vgl. Simulation Steinschlag Donauleiten – Messbericht, IFB Eigenschenk, 2018)

Die Ergebnisse der aufgezeichneten Schwingbeschleunigung der Steine, die auf der Wiese und im Wald aus einem Meter Höhe fallen gelassen wurden, sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Werte stellen die maximal gemessenen Beschleunigungen im jeweils angegebenen Abstand dar.

<b>Auf der Wiese</b>	<b>0,2m</b>	<b>1m</b>	<b>2m</b>	<b>4m</b>	
5,9 kg:	14,2	3,1	3,0	0,9	m/s <sup>2</sup>
11,9 kg:	20,9	5,1	4,1	1,1	m/s <sup>2</sup>
<b>Am Waldrand</b>	<b>0,2m</b>	<b>1m</b>	<b>2m</b>	<b>4m</b>	
5,9 kg:	7,1	3,0	2,9	0,3	m/s <sup>2</sup>
11,9 kg:	12,8	2,8	2,2	0,3	m/s <sup>2</sup>

Tabelle 2: Bei der Steinschlagsimulation gemessene Maximalwerte der Schwingbeschleunigung an der Bodenoberfläche in verschiedenen Abständen vom Treffpunkt.

Die Steinwurfversuche auf der Wiese (nördlich vom „Haus am Strom“) und innerhalb des Waldes an der Donauleiten zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Die auftretenden Beschleunigungswerte auf der Wiese sind zum Teil deutlich höher als die im Wald. Das ist wohl auf die stärker dämpfende Eigenschaft des Waldbodens mit einer Auflage aus losem Fels und Lockermaterial (Laub, Humus etc.) zurückzuführen und entspricht auch den Einschätzungen.

Die Beschleunigungswerte nehmen in beiden Fällen mit zunehmendem Abstand zum Aufschlagspunkt des Steins deutlich ab. Auf Wiesenuntergrund liegen die Werte bei beiden Steinen bereits bei einem Abstand von 4 m auf einem Niveau von 0,9 bzw. ca. 1,1 m/s<sup>2</sup>; auf Waldboden bei ca. 0,3 m/s<sup>2</sup>.

### 6.3. Weitere erschütterungsrelevante Beispiele

Der vorliegende Messbericht („Schwingungsuntersuchungen an Pumpspeicherkraftwerken und Verkehrswegen“; JES-A001-IFBE1-B40365-00-\_FE) zeigt die emittierten Schwingungen (bzw. die Erschütterungssimmissionen) bei Pumpspeicherkraftwerken in ähnlicher Größe und mit vergleichbarer elektromaschineller Ausrüstung wie beim Vorhaben Energiespeicher Riedl auf.

Die Messungen fanden in bzw. an den Kraftwerken Roßhag und Häusling, zwei Pumpspeicherkraftwerken (PSW), die von einem mit der Vorhabensträgerin verbundenen Unternehmen betrieben werden, statt.

Es wurde einerseits direkt an den Maschinensätzen, andererseits an Messstellen in bestimmten Entfernungen zum Krafthaus gemessen. Ziel ist es, die räumliche Ausbreitung und Abnahme der die Schwingungen charakterisierenden Kenngrößen bei den entsprechend relevanten Betriebszuständen der Pumpspeicherkraftwerke aufzuzeigen.

Die untersuchten Lastfälle setzen sich aus stationärem Pump- oder Turbinenbetrieb zusammen, ergänzt um die instationären Betriebszustände Anfahren und Stoppen der Maschinensätze.

Generell lässt sich anhand der Messergebnisse ableiten, dass bereits innerhalb der Kraftstationen eine markante Schwingungsdämpfung zu erkennen ist.

Am Kraftwerk Roßhag treten im laufenden Betrieb (stationären Betrieb) im Lastfall Pumpen höhere Schwingbeschleunigungen als im Lastfall Turbinenbetrieb auf. Die höchsten instationären Schwingungswerte (Anfahren und Abschalten) treten beim Pumpenstopp auf.



Die Aussagen des PSW Roßhag betreffend den Stationärbetrieb gelten auch für die Anlage Häusling. Bei den instationären Betriebszuständen dominiert bezüglich der Maximalwerte zu Schwingbeschleunigungen an der Anlage Häusling allerdings das Anfahren der Turbinen.

In Tabelle 3 sind die im Messbericht umfassend beschriebenen Ergebnisse zu den Schwingungsmessungen zusammengefasst.

Standort	Typ	mm/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	Abstand der Messung (m)	Lebensraum
KW Roßhag (Parkplatz)	PSW	44,5	<b>0,04</b>	40	Kreuzotter
PA 51 Dolomitenstraße 1. Serpentine	Straße	50,2	<b>0,05</b>	1	Äskulapnatter, Smaragdeidechsen, Schlingnatter
PA 51 Dolomitenstraße Steinmauer	Straße	69,8	<b>0,07</b>	1	Äskulapnatter, Smaragdeidechsen, Schlingnatter
B388 Kreuzung Kellberg	Straße	123	<b>0,12</b>	1	Äskulapnatter, Smaragdeidechsen, Schlingnatter
KW Häusling (Stollenportal)	PSW	146	<b>0,15</b>	80	
Bahnstrecke Deggendorf - Zwiesel	Bahn	625	<b>0,63</b>	3	Schlingnatter

Tabelle 3: Maximal gemessene Schwingbeschleunigungen unter Angabe der Entferungen an Straßen, Bahn und Pumpspeicherkraftwerken

Der maximale – außerhalb der Kraftstation Roßhag am ca. 40 m von den Maschinenachsen entfernten Parkplatz – gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt 44,5 mm/s<sup>2</sup>, bei einer Standardabweichung von 20,2 mm/s<sup>2</sup>. Der Parkplatz ist auf Lockermaterial errichtet.

Der maximale - im Bereich des ca. 80 m von den Maschinenachsen entfernten Stollenportals des Zugangsstollens der Kraftstation Häusling - gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt 146 mm/s<sup>2</sup>, bei einer Standardabweichung von 12,9 mm/s<sup>2</sup>. Das Messgerät war auf der Betonplatte mit direkter Anbindung an den Fels aufgelegt.

Der maximale an den Straßenzügen PA 51 und B388 gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt 123 mm/s<sup>2</sup>, bei einer Standardabweichung von 4,85 mm/s<sup>2</sup>. An beiden Standorten leben direkt an der Straße Äskulapnattern, Schlingnattern und Smaragdeidechsen.

Der maximale an der Bahnstrecke Deggendorf – Zwiesel gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt 625 mm/s<sup>2</sup>, bei einer Standardabweichung von 15,6 mm/s<sup>2</sup>. Bei dieser Messung war das Messgerät aus Sicherheitsgründen ca. 3 m vom Bahngleis entfernt aufgestellt. Wegen der im Kapitel 0 dargestellten raschen Abnahme der Beschleunigungen ist davon auszugehen, dass im Bereich des Gleiskörpers die Beschleunigungen noch deutlich höhere Werte aufweisen.

#### 6.4. Zusammenfassende Betrachtung der Erschütterungs- bzw. Schwingbeschleunigungen

Im Folgenden werden alle in den verschiedenen Versuchen und Messungen erfassten maximalen Erschütterungsbeschleunigungen zusammengefasst:

Standort	Emission	Entfernung in Metern	Max. Erschütterungsbeschleunigung (m/s <sup>2</sup> )
Terrarium im "Haus am Strom" während der Rammarbeiten	Spundwandramme	193	0,098
PA51 Dolomitenstraße (1. Serpentine)	Kreisstraße	1	0,05
PA51 Dolomitenstraße Steinmauer	Kreisstraße	1	0,06
B388 Kreuzung Kellberg	Bundesstraße	1	0,12
Bahnstrecke Degendorf – Zwiesel	Bahn	3	0,62
Steinschlagsimulation	Stein (5,9 kg) aus 1 Meter Höhe auf Wiese	0,2 – 4	14,2 – 0,9
Steinschlagsimulation	Stein (11,9 kg) aus 1 Meter Höhe auf Wiese	0,2 – 4	20,9 – 1,1
Steinschlagsimulation	Stein (5,9 kg) aus 1 Meter Höhe auf Waldboden	0,2 – 4	7,7 – 0,3
Steinschlagsimulation	Stein (11,9 kg) aus 1 Meter Höhe auf Waldboden	0,2 – 4	12,8 – 0,3

Tabelle 4: Zusammenstellung aller im Zuge der Erstellung des vorliegenden Gutachtens gemessenen Erschütterungsbeschleunigungen

Alle in Tabelle 4 dargestellten Erschütterungsbeschleunigungen wurden in von Reptilien dauerhaft besiedelten Lebensräumen gemessen. Daraus lässt sich folgern, dass periodisch auftretende Erschütterungen dieser Größenordnung keine dauerhafte Schädigung des Lebensraumes bzw. der Reptilienpopulationen auslösen.



## 7. Abgrenzung der Populationen

Als Populationen werden Fortpflanzungsgemeinschaften bezeichnet.

Von Herrn DI Otto ASSMANN – einem ausgesprochenen Kenner der Reptiliensituation in den Donauleiten im Projektgebiet – werden auf Anfrage per Email jeweils drei Populationen der Äskulapnatter und der Smaragdeidechse im Eingriffsgebiet und in den angrenzenden Landschaften unterschieden:

1. Rambach-Steinbruch; LBV-Steinbruch/Hangfuß Jochensteiner Leite (direkt nördlich vom „Haus am Strom“);
2. Dolomitenstraße; Felsbereiche und Halden östlich der Dolomitenstraße;
3. Uferhäusl/Frauensteig in Oberösterreich

Neben der Äskulapnatter und der Smaragdeidechse sind in der Donauleiten auch vereinzelt die Schlingnatter und vergleichsweise häufig die allochthone Mauereidechse vertreten. Die Zauneidechse kommt an der Donauleiten nur vereinzelt vor, dominiert hingegen in der "Riedler Mulde", dem Standort des geplanten Speichersees.

In Abbildung 22 sind aus darstellungstechnischen Gründen nur die beiden erstgenannten westlich gelegenen Populationen abgebildet, die punktuell im Nahbereich der Eingriffsorte liegen. Der Druckstollen quert unterirdisch (minimale Überlagerung zwischen ca. 40 m [Waldrand/Hangfuß] und 120 m [Querung Dolomitenstraße]) drei von Reptilien besiedelte Gebiete, wobei nur der südliche Waldrand an den Donauleiten gegenüber vom „Haus am Strom“ eine dichtere Besiedlung aufweist (vgl. Abbildung 23). Die Standorte an der Straße liegen nicht direkt über dem Stollen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Nachweise keinesfalls homogen verteilt sind, sondern sich auf offene, gut strukturierte und besonnte Strukturen in den Schutthalden, entlang der Straße und an den südexponierten Waldrändern konzentrieren.

Die grün unterlegten Areale stellen die bevorzugten Lebensräume der Reptilien dar, an denen sie sich in den Sommermonaten aufhalten. Unter Einbeziehung eines Puffers von 50 – 100 Metern sind diese wohl auch als Jahreslebensraum einzustufen.

Vereinzelt liegen auch Nachweise von Äskulapnatter und Zauneidechse im Bereich des geplanten Speichersees bzw. entlang der angrenzenden Waldränder.

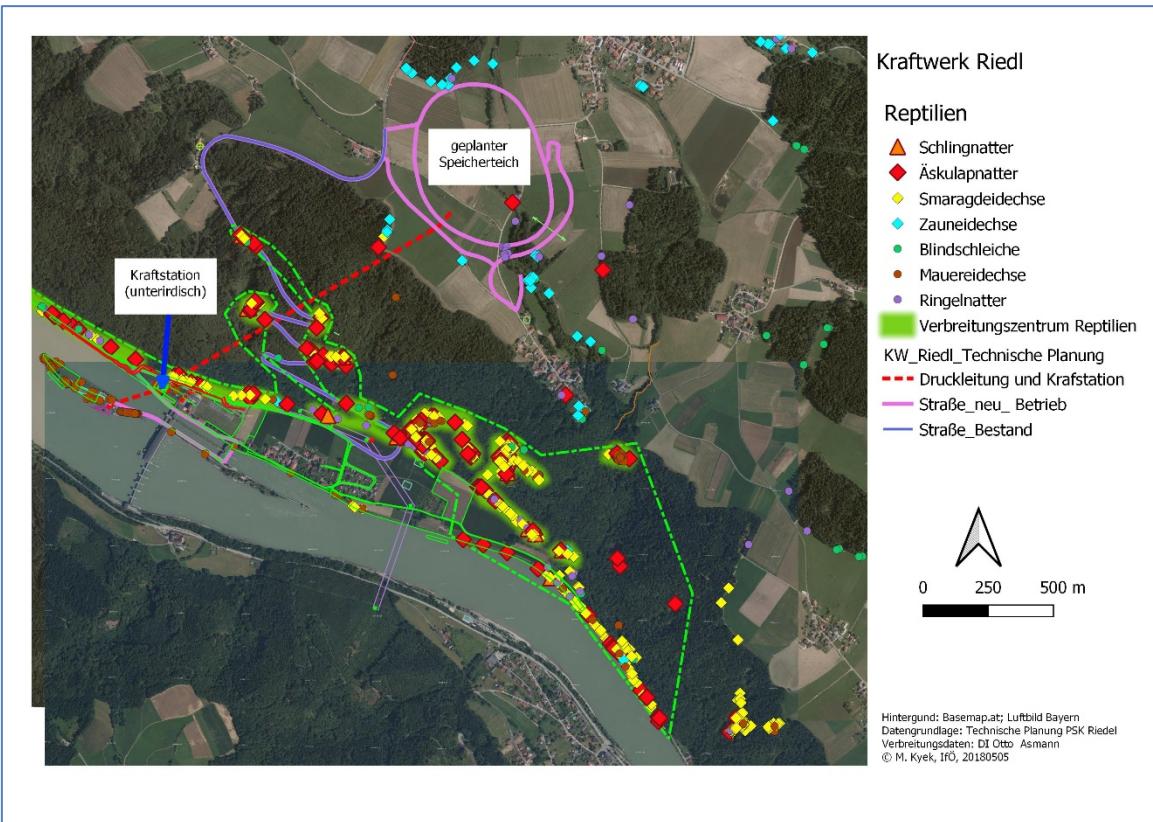


Abbildung 22: Überblick zu den im Eingriffsgebiet heimischen durch die Straße getrennten (Teil-) Populationen (Karte: KYEK, 2018). Die Verbreitungsdaten der Reptilienfauna stammen von DI ASSMANN aus der Kartierung 2010/2011 (vgl. JES-A001-LAPP1- B40029-00-AFE).

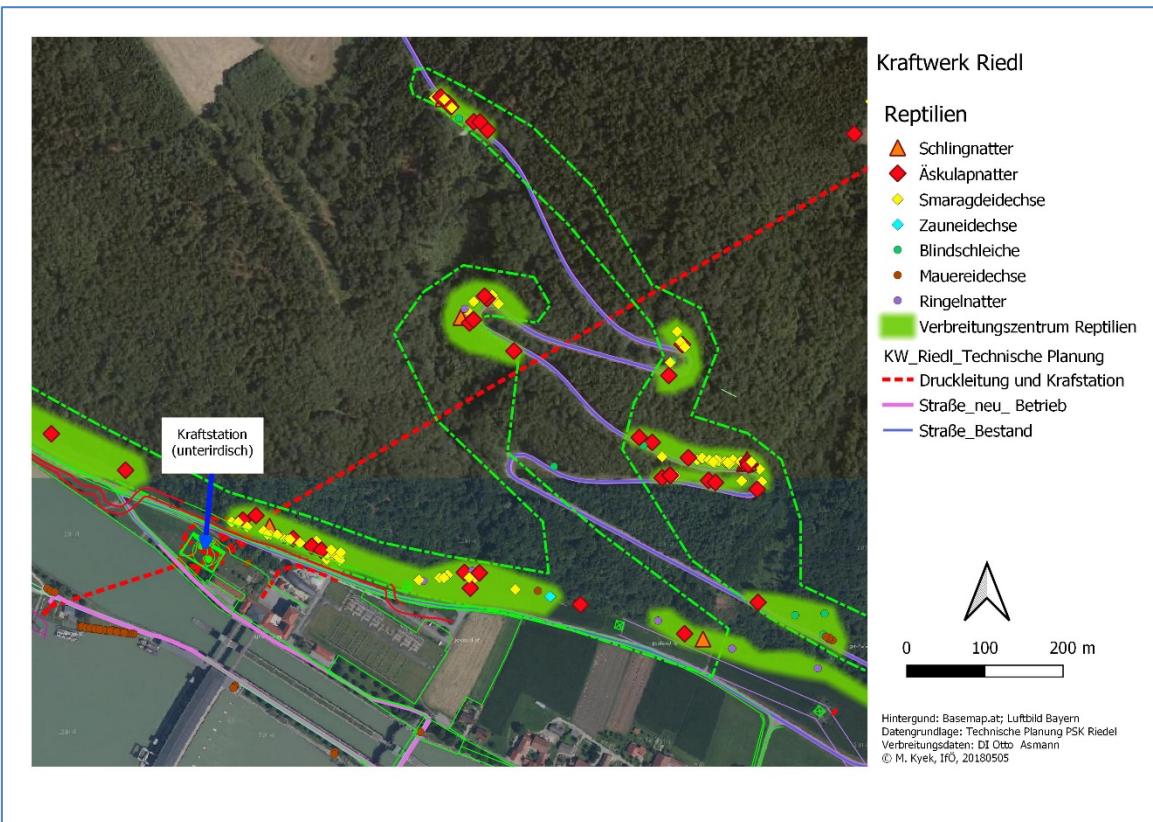


Abbildung 23: Die Druckrohrleitung quert unterirdisch drei von Reptilien besiedelte Gebiete (Karte: KYEK, 2018). Die Verbreitungsdaten der Reptilienfauna stammen von DI ASSMANN aus der Kartierung 2010/2011 (vgl. JES-A001-LAPP1- B40029-00-AFE).

## 8. Beschreibung schwingungsrelevanter Eingriffe aus herpetologischer Sicht

Plan- und Anlagenbezug

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
IMMISSIONSGUTACHTEN SPRENG-TECHNIK UND ERSCHÜTTERUNGEN	A4	JES-A001-ESSM1-B40370-00-_FE	62	4.3

Planinhalt	Maßstab	Plan Nr. / File Name	Ordner Nr.	Register
TRIEBWASSERWEG LÄNGSSCHNITT UND REGELPROFILE	1:2500	JES-A001-PERM1-A30002-00	6	TP 2
TRIEBWASSERWEG BEREICH KRAFTSTATION LÄNGSSCHNITT	1:500/1:100	JES-A001-PERM1-A30004-00	6	TP 2

### 8.1. Bauphase

#### 8.1.1. Grundlagen

In der Bauphase entstehen insbesondere durch den Sprengvortrieb des Schrägstollens und des Schachtes der Kraftstation beim Abschlag kurzzeitige Erschütterungen im Untergrund. Dabei wird die Lademenge je Zündzeitstufe an die jeweiligen Bedingungen angepasst (z. B. Bauwerke, Aufenthalt von Menschen in Gebäuden, Reptilienhabitaten), um den Einflussbereich der Erschütterungen gering zu halten. Vorgängig der eigentlichen Sprengungen werden kurze Löcher in den Felsen gebohrt, in die der Sprengstoff eingeführt und anschließend zur Zündung gebracht wird.

Die Schwinggeschwindigkeiten (die relevante Größe im Bauwesen) der Erschütterungen beim Sprengvortrieb lassen sich über empirische Formeln prognostizieren und werden im Immissionsgutachten „Sprengtechnik und Erschütterungen“ für die Entferungen von 0 bis 300 m angegeben. Die dazu korrespondierende Größenordnung der dabei auftretenden Beschleunigungswerte (Maximalwerte) wurde aus Messdaten vergleichbarer Vorhaben abgeleitet (siehe Anhang, Tabelle 6 und Tabelle 7). Die Daten wurden vom Verfasser des Immissionsgutachten „Sprengtechnik und Erschütterungen“ (Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker), welches im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den ES-R erstellt wurde, zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Angaben erfolgt die entfernungsabhängige Zuordnung der zu erwartenden Schwingbeschleunigungen im Sprengvortrieb.

#### 8.1.2. Kraftstation

Der Schacht der Kraftstation liegt ca. 50 m (horizontale Minimaldistanz) vom mit Reptilien besiedelten Waldrand entfernt. Zwischen der Baustelle und dem Lebensraum (Ökoton: Hangwald und Wiese) liegt die Kreisstraße PA51. Auf Höhe des geplanten Krafthauses wurden am Waldrand in erster Linie Smaragdeidechsen und vereinzelt Äskulap- und Schlingnatter beobachtet.

Die Baugrube für den Schacht der Kraftstation wird vor dem Aushub mittels Bohrpfählen gesichert (bis zum anstehenden Fels). Der Untergrund besteht in den obersten ca. 15 m aus überwiegend sandig-kiesigen Donausedimenten, anschließend steht massives Festgestein (Gneis) an, in welches die Kraftstation gegründet wird. Die Schachtsohle liegt ca. 60 m unter der Geländeoberkante.

Nach Aushub des lockeren Materials werden im Festgestein oberflächliche Lockerungssprengungen durchgeführt, um den Schacht bis auf Gründungsniveau vorzutreiben. Die Sprengungen erfolgen vom Schachtmittelpunkt nach außen, wobei die Lademengen zur

Schonung der Bohrpfahlwände reduziert werden. Bei einer Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{max} = 4$  kg sind in ca. 40 m Abstand Schwinggeschwindigkeiten von ca.  $V_{imax} = 6,25$  mm/s zu erwarten. Das entspricht in etwa einer Beschleunigung von 1.700 mm/s<sup>2</sup>.

Die Spreng- und Schutterarbeiten werden etwa 8 Monate in Anspruch nehmen.

Die Sprengarbeiten werden im Bereich der Donauleiten auf einem eigens zu errichtenden kleinen Betonfundament messtechnisch begleitet.

Insofern sollten die ersten Sprengungen mit dieser 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. Im Bedarfsfall sind weitere sprengtechnische Möglichkeiten vorhanden, die Immissionswerte noch weiter abzusenken, sofern dies erforderlich sein sollte.

### 8.1.3. Ein-/ Auslaufbauwerk

Als Baugrubenumschließung für die Herstellung des Ein-/ Auslaufbauwerkes an der Donau am Trenndamm wird ein Kastenfangedamm aus Spundwänden errichtet. Die Entfernung dieses Fangedamms von den Reptilienhabitaten am Waldrand beträgt ca. 180 m. Die Rammarbeiten zur Herstellung des Kastenfangedamms dauern maximal 2 Wochen.

Beim Rammen der Spundwände sind am von Reptilien besiedelten Waldrand an der Donauleiten ähnliche Erschütterungsbeschleunigungen wie bei der Terrarienbeobachtung (vgl. Kap. 6.1), also bis zu 0,09 m/s<sup>2</sup>, zu erwarten. Die am Trenndamm lebenden allochthonen Mauereidechsen sind direkt vom Bau betroffen und werden im Vorfeld der Bauarbeiten abgesiedelt.

### 8.1.4. Schrägstollen

Der Schrägstollen wird im bergmännischen Sprengvortrieb, ausgehend von zwei Angriffspunkten (Speichersee und Kraftstation), errichtet. Der Vortrieb des ca. 1.400 m langen Stollens nimmt laut Bauzeitplan bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von rund 100 m pro Monat circa 14 Monate in Anspruch. Pro Monat erfolgen bei einer Abschlagslänge von 2 m rund 50 Sprengungen pro Monat bzw. ca. 2 Sprengungen/Tag (= 1 Sprengung/Tag je Angriffspunkt).

Der Stollen quert in einer Tiefe von ca. 40 – 140 m (vgl. Plan „Triebwasserweg; Längsschnitt und Regelprofile“) drei Reptilienstandorte:

- Waldrand Donauleiten - vertikaler Abstand: 40 m
- Kehre 4 an der PA51 - vertikaler Abstand: 120 m
- Kehre 5 an der PA51 – vertikaler Abstand: 140 m

Die im Zuge der Sprengungen zu erwartenden Beschleunigungen an den Betrachtungspunkten werden auf Basis der Tabelle 6 und Tabelle 7 (siehe Anhang) abgeschätzt.

In Bereichen von Reptilienlebensräumen mit geringer Felsüberlagerung zur Stollenachse erfolgen die Sprengungen mit reduzierter Lademenge. Bei Verwendung einer Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{max} = 2$  kg liegen die zu erwartenden Beschleunigungen an der Oberfläche bei 40 m Vertikalabstand bei ca. 1,5 m/s<sup>2</sup> und bei 120 bis 140 Metern Entfernung etwa bei 0,3 m/s<sup>2</sup>. In den Bereichen mit noch größerer Felsüberlagerung im oberen Hangbereich (bis ca. 250 m) bzw. seitlich versetzt zur Stollenachse nehmen die prognostizierten Beschleunigungen naturgemäß weiter ab.



Es liegt in der Natur der Sache, dass sich der Erschütterungsort im Lauf der Bauarbeiten und des fortschreitenden Vortriebs kontinuierlich ändert und daher die Erschütterungen in der Bauphase räumlich und somit auch zeitlich nur begrenzt auftreten.

### 8.1.5. Speichersee

Der Speichersee wird mittels Erdbaugeräten (Bagger, Lastkraftwagen) hergestellt. Erschütterungsrelevant dabei sind während des Aushubes der Beckensohle möglicherweise erforderliche Auflockerungssprengungen, falls der anstehende Untergrund nicht mehr mittels der Erdbaugeräte gelöst werden kann, sowie die Herstellung des Kontrollganges, der zur Prüfung der Dichtheit des Beckens dient. Dieser verläuft unmittelbar unter der Beckensohle im Übergangsbereich zur Innenböschung. Der Felsabtrag (unterschiedlicher Mächtigkeit) erfolgt je nach Felsklasse und Gebirgstrennflächengefüge mechanisch (Reiß- oder Meiβelarbeit) und zumindest partiell durch Sprengarbeit (vgl. Immissionsgutachten „Sprengtechnik und Erschütterungen“, JES-A001-ESSM1-B40370-00-\_FE).

Die an den Waldrändern nordwestlich bzw. südlich des geplanten Speichersees gelegenen Lebensräume der Zauneidechsen reichen punktuell bis auf 20 m an die Dammkrone heran. Der nächstgelegene Felsabtrag liegt circa 30 Meter und 3 bis 5 Meter unter GOK von dem nächstgelegenen Zauneidechsennachweis am Waldrand entfernt.

Sollten Lockerungssprengungen erforderlich werden, kann es zu einer zeitlich und räumlich begrenzten Beeinträchtigung kommen. Grundsätzlich ist aber festzuhalten, dass Lockerungssprengungen im Vorfeld nicht verortbar sind und nur im Anlassfall vorgenommen werden. Sollten Sprengungen im Nahbereich der Reptilienlebensräume notwendig sein, ist eine Reduktion der Lademengen je Zündstufe möglich.

Darüber hinaus werden niederfrequente Schwingungen, wie sie bei Sprengungen ausgelöst werden, von Eidechsen kaum wahrgenommen (vgl. Kap. 5.2).

Beim Verdichten des Untergrundmaterials der Dammböschungen kommen Walzen zum Einsatz, die Vibrationen emittieren. Die zur Verdichtung der Dämme vorgesehenen Geräte haben aufgrund der Entfernung zu den besiedelten Waldrändern keine abträglichen Auswirkungen. Die Schwingungen werden durch das verwendete Baumaterial gedämpft. Der Damm wird entsprechend des während des Aushubs angetroffenen Materials als zonierte Bauwerk hergestellt. Ein Großteil des Dammkörpers wird aus grobem Felsaustrichmaterial hergestellt (vgl. UVS Geologie und Hydrogeologie; JES-A001-IFBE1-B40085-00-AFE).

Durch das grobe Material wird die Amplitude der Schwingbeschleunigung gemindert, wie bei der Steinschlagsimulation auf Waldboden mit Gneiszersatz als Untergrund gezeigt werden konnte (vgl. Kap. 6.2.2). Zudem wirken die Geräte vertikal und nicht horizontal, sodass die Auswirkungen punktuell bleiben und nicht in die Fläche wirken.

## 8.2. Betriebsphase

Der Schacht der Kraftstation mit einem Durchmesser von ca. 30 m ist etwa 60 m tief und reicht bis in den anstehenden Fels. Der minimale Abstand der Reptilienhabitatem von den schwingungserregenden Maschinen beträgt ca. 65 m.

Pumpen und Turbinen der Kraftstation befinden sich mindestens 40 m unter der Erdoberfläche und werden von einer Betonhülle mit einem Materialvolumen von etwa 27.000 m<sup>3</sup> und folglich einer Masse von ca. 65.000 Tonnen Beton ummantelt. Zur Stabilisierung der lockeren Bodenschichten werden die oberen 20 Meter des Kraftstationsschachtes zusätzlich von einer Bohrpfahlwand (= Baugrubenumschließung; Pfahldurchmesser ca. 1,2 m) umhüllt.

Ein wesentlicher Teil der Schwingungsenergie wird aufgrund der Gründung im Fels nach unten in den Boden abgestrahlt und ist an der Oberfläche unwirksam. An der Oberfläche ankommende Schwingungen, die während des Betriebs entstehen, sind wegen des Abstands und der überlagernden Lockersedimente schon so weit abgeschwächt, dass die Amplitude vernachlässigbar ist; vgl. die Betriebsdaten von PSW Roßhag und PSW Häusling (JES-A001-IFBE1-B40365-00\_-FE).

Das von Pumpen und Turbinen bei instationären Vorgängen (An- und Ausschalten) erzeugte Moment wird von der enormen Gebäudemasse des Schachtbauwerkes aufgenommen. Weil das An- und Ausschalten der Maschinensätze ca. eine bis 5 Minuten beanspruchen, ist die Änderung pro Zeiteinheit (s) wegen der großen Masse des Bauwerks für die Umwelt vernachlässigbar. Die betrieblichen Daten und Messungen am PSW Roßhag und PSW Häusling unterstreichen dies.



## 9. Zu den Erschütterungen während der Bauphase und des Betriebs aus der Sicht der Biophysik (Prof. J. Leo van HEMMEN)

Im Folgenden werden die Hintergründe für die zur Beurteilung der erschütterungsrelevanten Auswirkungen von Bau und Betrieb des geplanten Energiespeicher Riedl herangezogenen physikalischen Größen aus biophysikalischer Sicht beschrieben.

### 9.1. Schwinggeschwindigkeit (Frequenz)

Die spezielle Beschaffenheit des Hörsystems der Reptilien hat Konsequenzen, welche den menschlichen auditorischen Erfahrungen kaum entsprechen. Während die Schwelle z.B. bei der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) im Bereich von 400-2000 Hz ein Plateau von Minimalwerten erreicht, ist die Empfindlichkeit im niederfrequenten Erschütterungsbereich infolge von Explosionen, also unterhalb von 200 Hz um 40-60 dB geringer. Das heißt, Explosionen, wie sie beim Tunnelbau auftreten, liegen zum Großteil bei Frequenzen unterhalb von 10 Hz (SHEARER & ALLMANN, 2004) und sind für die Tiere kaum wahrnehmbar; vgl. Abbildung 5.

Abbildung 5 unterstreicht, dass Explosionen als Luftschall mit < 50 Hz von der Smaragdeidechse zumindest um 50 dB schlechter als die üblichen, natürlichen Geräusche wahrgenommen und somit kaum beachtet werden.

Schlangen verhalten sich analog, jedoch liegt die Hörschwelle viel niedriger als bei Echsen. Die Erdnatter hat einen recht vielfältigen Lebensraum, nicht nur den Erdboden, und gehört zur gleichen Gattung wie die Äskulapnatter. Die Beute der Äskulapnatter erzeugt auf dem Boden typischerweise Schwingungen im Bereich von 180 – 430 Hz, was mit dem eingezeichneten Plateau in Abbildung 5 korrespondiert.

Die Frequenz-Empfindlichkeit des Hörsystems von Echsen und Schlangen weist ein Plateau-Verhalten auf, das weit jenseits der Frequenzen liegt, die bei Explosionen und typischen Baubetrieb (z.B. Rammen, Meißeln) entstehen. Das heißt, die beim Bau auftretenden Frequenzen sind nicht relevant. Demgegenüber könnten extrem hohe Amplituden im Niederfrequenz-Bereich durchaus eine Rolle spielen.

### 9.2. Schwingungsstärke (Amplitude)

Weil Sprengungsschwingungen sich im Erdboden im Niederfrequenzbereich abspielen, die außerhalb der auditorischen Präferenzen und den damit einhergehenden niedrigen Schwellen liegen, müssen ihre Auswirkungen über die Schwingungsstärke (Amplitude) beurteilt werden.

Bei den Schlangen ist die Literatur in Bezug auf Amplituden sehr spärlich bis nicht existent. Deshalb waren Feld- und Verhaltens-Experimente notwendig. Dies gilt umso mehr, da sie auf die natürliche Situation ausgerichtet waren.

Die Amplituden der Beschleunigung, die von der Steinschlagsimulation auf der Wiese und im Wald (vgl. Kap. 6.2.2) im Boden erzeugt werden, zeigen quantitativ natürliche Werte, die bei Weitem die zu erwartenden Betriebswerte (vgl. PSW Roßhag und PSW Häusling) übersteigen.

Die auditorische Aufmerksamkeit von Reptilien wie Eidechsen und Schlangen, insbesondere Smaragdeidechse und Äskulapnatter, basiert auf dem Plateau der Hörschwelle (vgl. Abbildung 5). Sprengungen und Spundwandrammen erzeugen im Boden und auch als Schall eine niederfrequente Erregung, die das auf die natürliche Umgebung und mittels täglicher Ereignisse trainierte Hörsystem der Tiere kaum beeinflusst. Nur bei Amplituden, die beträchtlich über der Hörschwelle der jeweiligen Art liegen, ist eine Reaktion des Tieres zu erwarten. Derartige Amplituden treten im Zusammenhang mit Bau und Betrieb des Energiespeicher Riedl jedoch nicht auf.

Hier kommt noch ein wichtiger Aspekt dazu, der sich besonders bei Schlangen bemerkbar macht: die neuronale Verarbeitung im Gehirn auf der Grundlage einer Frequenzzerlegung in der Cochlea. Ein Beutetier wie typischerweise eine Maus, die in der Nähe auf dem Boden an der Schlange vorbeiläuft, erzeugt ein ganz anderes Muster als Spundwandrammen, Sprengen oder ein fallender Stein. Letztere sind im Niederfrequenzbereich und für das Überleben der Schlange unwichtig. Die vorbeilaufende Maus erzeugt dagegen ein Hörobjekt auf dem in Abbildung 5 gezeigten Plateau und die Schlange reagiert.

Die natürliche Hörumgebung der Schlange wie fallende Steine, Verkehr, Bahn und einer Vielfalt anderer Ereignisse, die sich auf dem Erdboden abspielen, nehmen Schlangen anders wahr als der Mensch. Diese „Geräusche“ bilden faktisch eine Flut, aus der die Schlange gelernt hat, die für sie wichtigen Inputs zu extrahieren und neuronal zu verarbeiten (Friedel et al. 2008) und nur auf solche zu reagieren, die für sie überlebenswichtig sind.

### **9.3. Schlussfolgerungen**

Die oben beschriebenen Erkenntnisse geben einen deutlichen Hinweis darauf, warum die im Zuge der Messkampagne an Pumpspeicherwerkwerken, Eisenbahnen und Verkehrs wegen (vgl. Bericht JES-A001-IFBE1-B40365-00-\_FE) prognostizierten Schwingungen keinen Einfluss auf Reptilien haben. Besonders deutlich wird das bei den Messungen und Wahrnehmungen am Rande der Kreisstraße PA51 und der Bundesstraße B388 sowie an der Bahnstrecke Deggendorf – Zwiesel (vgl. Kap. 6.3). Von der Frequenz her lösen diese Geräusche bei den Reptilien a priori keine Reaktion aus und die gemessenen Amplituden und Frequenzen zeigen, dass sie in Anbetracht des Aufbaus und der Funktion ihrer Haarzellen (Abbildung 5) diese nicht oder nur kaum wahrnehmen.

Die gemessenen Schwingbeschleunigungswerte, welche oben genannter Messbericht im Bereich entlang der Straße und an der Bahn anführt, sind im Hinblick auf die im Kontext der Biophysik des Hörens verständliche Beschränkung der Wahrnehmung im Niederfrequenz-Bereich völlig unbedenklich. Die Ergebnisse der Steinschlagsimulation (Tabelle 2) und die fehlenden Reaktionen der Tiere bei der Verhaltensbeobachtung im Terrarium (Kap. 6.1) belegen, dass durch die beim Bau des Kraftwerks zu erwartenden Schwingungen keine nachhaltigen Störungen ausgelöst werden. Schall- und Erschütterungsexpositionen, welche Schlangen aufgrund der physikalischen Verhältnisse als nicht störend empfinden, sind für die weniger empfindlichen Eidechsen noch viel weniger relevant.

#### Spundwandrammen

Das Spundwandrammen (am Trenndamm) ist wegen seiner kurzen Zeitdauer, der sehr niedrigen Erregungen und der großen Entfernung für die hier analysierten Reptilien völlig unbedenklich. Anhand der oben beschriebenen Beobachtungen bei vergleichbaren Bauarbeiten (s. Kap. 6.1) konnte gezeigt werden, dass die Erschütterungssimulationen keine Verhaltensreaktion hervorrufen. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die erzeugten Schwingungen keineswegs geeignet sind, Tiere zu töten.

#### Sprengungen

Die Erschütterungen, welche durch Sprengen (Stollen, Kraftwerksschacht) erzeugt werden, liegen im Niederfrequenz-Bereich (< 50 Hz) und haben eine extrem kurze Zeitdauer, im Sekundenbereich. Sie stellen außerdem einen praktisch reinen Volumen-Effekt dar und die Amplitude nimmt entsprechend mit  $1/R$  ab, wobei  $R$  der Abstand zur Oberfläche ist und  $4\pi R^2$  die Oberfläche der Sphäre mit Radius  $R$  ist, so dass die Energie der Schallwelle pro Oberflächeneinheit für eine konservative Abschätzung des Amplituden-Abfalls mit  $1/R$  angesetzt werden kann. Der Minimalwert von  $R$  beträgt rund 40 – 50 m. Dementsprechend liefert eine konservative Schätzung, dass sowohl die Frequenz als auch die Amplitude keine oder eine nicht-nennenswerte Beeinträchtigung implizieren können.



### Schwingungen im Betrieb

Der Standort der Turbinen und der Pumpe wird mit 27.000 m<sup>3</sup> Stahlbeton ummantelt. Das entspricht bei einer Stahlbetondichte von 2,5 t/m<sup>3</sup> umgerechnet einem Gewicht von 67.500 Tonnen. Zusätzlich werden die oberen 20 Meter des Kraftstation-Bauwerks von einer Bohrpfahlwand (Pfahldurchmesser 1,2 m) umhüllt. Diese Maßnahmen dämpfen die Schwingungen auf ein Maß, dass keine Auswirkungen auf Reptilien im angrenzenden FFH-Gebiet zu erwarten sind.

Es ist daher auch für den Betrieb davon auszugehen, dass die Ausführungen zur biophysikalischen Wahrnehmung zur konsistenten Schlussfolgerung führen, dass zumindest die hier betrachteten Schlangen und Eidechsen ein robustes Verhalten bezüglich äußerer Erschütterungen zeigen. Das heißt, sie werden auf die nur geringen, verbleibenden Restschwingungen, welche aufgrund der massiven Dämpfung (vgl. Kap 8.4) auftreten, nicht reagieren.

## **10. Beurteilung der Auswirkungen**

### **10.1. Bauphase**

Alle im Zusammenhang mit der Errichtung des geplanten Pumpspeicherkraftwerkes zu erwartenden Erschütterungen erreichen im Bereich der nachgewiesenen Reptilien bzw. in deren Lebensräumen keine über das natürliche Maß hinausgehende Intensität.

Die im Zusammenhang mit dem Bau ermittelten Beschleunigungswerte im Lebensraum der Reptilien (an den ungünstigsten bzw. nächstgelegenen Punkten) liegen in einer Größenordnung, wie sie bei der Steinschlagsimulation in einem Abstand von etwa zwei bis vier Meter Entfernung gemessen wurden und damit im Bereich der natürlicherweise auftretenden Erschütterungen. Der Versuch gibt einen Hinweis darauf, dass am Aufprallpunkt von herabfallenden Steinen in der Natur laufend Schwingbeschleunigungen in der Größenordnung der Erdbeschleunigung (9,8 m/s<sup>2</sup>) und darüber auftreten, diese jedoch innerhalb von 4 Metern Entfernung bereits auf 1,1 m/s<sup>2</sup> (Wiese) bis 0,3 m/s<sup>2</sup> (Wald) abnehmen.

Die Auswirkungen der Sprengungen im Schrägschacht und in der Kraftstation liegen bei Anwendung erschütterungsreduzierter Sprengtechnik im Bereich der Reptilienhabitare in vergleichbarer Größenordnung. Da derartige Erschütterungen bzw. Beschleunigungen offensichtlich auch natürlicherweise auftreten, ist davon auszugehen, dass sie die hier lebenden Reptilien in ihrem Lebensraum weder töten noch derart beunruhigen, dass die Populationen in ihrer Fortpflanzung und damit in ihrer Existenz gestört sind. Das heißt, auch die Entwicklung in den Eiern nimmt keinen Schaden. Dies vor allem deshalb, da die Eier der Äskulapnatter in organischem Material abgelegt werden, das die Erschütterungen zusätzlich abfedert. Auch die weiche, ledrige Eihaut schützt und dämpft.

Die erzeugten Erschütterungen sind bezüglich ihrer Intensität zeitlich und räumlich begrenzt. Sprengungen sind auf „wandernde Emittenten“ zurückzuführen, so dass die allfällig betroffenen linearen Lebensräume der Reptilien am Waldrand der Donauleiten oder auch die punktuellen Hotspots an der Straße trotz der längeren Gesamtbauzeit – wenn überhaupt – nur tageweise und räumlich begrenzt projektbedingte Erschütterungen erfahren.

Allfällige, durch Erschütterungen ausgelöste Beeinträchtigungen betreffen jedenfalls immer nur einen kleinen Teil einer Population und aufgrund der räumlichen Verteilung der Einzelindividuen und geeigneten Lebensräume im Umfeld des Vorhabens niemals die gesamte Population. Konkret quert der Druckstollen in ca. 40 bis 140 m Tiefe drei Bereiche, die von Reptilien besiedelt sind (vgl. Kap. 7).

Die Direktbeobachtungen im Terrarium zeigen, dass Beschleunigungen von  $0,098 \text{ m/s}^2$  keine Reaktion (z.B. Flucht) hervorrufen und somit keinen negativen Einfluss auf die Reptilien haben. An der Waldbahn zwischen Deggendorf und Zwiesel wurden  $0,62 \text{ m/s}^2$  gemessen, die offensichtlich auch keine Auswirkung auf die dort lebenden Schlingnattern haben.

Dies gilt auch für den Bereich des geplanten Speichersees. Die am nordwestlichen Waldrand lebenden Eidechsen sind nur 18 m von der den Speichersee umgebenden Dammkrone entfernt. Schwingungsrelevante Maßnahmen wie Lockerungssprengungen sind im Bereich des Speichersees nur im Anlassfall geplant, also ist auch hier mit keiner länger dauernden Erschütterung zu rechnen.

Da nicht direkt in besiedelte Lebensraumstrukturen eingegriffen wird, ist davon auszugehen, dass diese durch die zeitweiligen Beeinträchtigungen durch Erschütterungen nicht nachhaltig in Mitleidenschaft gezogen werden. Dies vor allem deshalb, da die Eingriffsbereiche und deren Umfeld – sei es aufgrund natürlicher Erschütterungen wie Steinschlag oder menschlicher Aktivitäten wie Straßenverkehr oder den Bau und Betrieb des Kraftwerks Jochenstein – seit geraumer Zeit beeinflusst sind. Mit anderen Worten, an den Donauleiten bei Jochenstein sind die Tiere bereits an Erschütterungen gewöhnt.

Auch die Erschütterungsmessungen an der B388 und an der PA51 zeigen, dass das vom bestehenden Verkehr ausgehende Störungsrisiko offenbar ebenfalls gering ist, da die Tiere die geeigneten Lebensräume entlang der Straße in den Donauleiten seit Jahrzehnten besiedeln.

Der zusätzliche Baustellenverkehr stellt, wie Erfahrungen aus anderen Bauprojekten zeigen, keine Verbotstatbestände auslösende Mehrbelastung dar. Beobachtungen aus einem vergleichbaren Baustellenbetrieb beim Bau des Pumpspeicherkraftwerks Reißeck II, (vgl. Kap. 15.1.4 im Anhang) zeigen, dass dieser auf die Reptilienfauna keine nachhaltigen Auswirkungen hat. Beim Bau dieses Vorhabens konnten trotz des deutlich erhöhten Verkehrs entlang der Amphibienzäune an der Straße über drei Jahre immer wieder Äskulapnattern und Smaragdeidechsen beobachtet werden.

Darüber hinaus können Reptilien niederfrequente Erschütterungen, wie sie beim Bau infolge von Sprengungen und Rammarbeiten auftreten, auf Grund der Begrenzung der Wahrnehmung auf Erschütterungen für den Beutefang nur begrenzt wahrnehmen.

Es ist daher davon auszugehen, dass durch Erschütterungen keiner der Verbotstatbestände Tötung auf Individualebene, Störung auf Populationsebene und Verlust oder Beeinträchtigung von Fortpflanzungs- und Ruhestätten ausgelöst wird.

## 10.2. Betriebsphase

Alle zu erwartenden Erschütterungen erreichen aufgrund der eingriffsmindernden Maßnahmen, wie das Ummanteln der maschinellen Anlagen mit 65.000 Tonnen Stahlbeton und die Errichtung der Bohrpfahlwand am Krafthaußschacht, im Bereich der nachgewiesenen Reptilien bzw. in deren Lebensräumen keine über das natürliche Maß hinausgehende Intensität.

Verschiedene Beispiele aus der Praxis zeigen, dass Äskulapnattern als Kulturfollower, immer wieder im direkten Umfeld von Kraftwerken zu beobachten sind. Die Beispiele Alzkraftwerk in Burghausen, Salzachkraftwerk Urstein bei Salzburg und das Kleinkraftwerk Klaffmühle bei Raitenhaslach belegen das eindrucksvoll (vgl. Kap 15.1).

Auch die Messungen an den Pumpspeicherkraftwerken Roßhag und Häusling zeigen, dass in Entfernungen von 40 bzw. 80 Metern von den Pumpen bzw. Turbinen deutlich geringere Beschleunigungen gemessen wurden, als an der von der Schlingnatter besiedelten Bahnstrecke Deggendorf - Zwiesel (vgl. Tabelle 3).



In der Betriebsphase sind somit keine Auswirkungen auf Reptilien zu erwarten, da keine nennenswerten Erschütterungen an der Geländeoberfläche ankommen.

Daher ist davon auszugehen, dass in der Betriebsphase aus Sicht der Erschütterungen keiner der Verbotsstatbestände Tötung, Störung und Verlust von Fortpflanzungs- und Ruhestätten ausgelöst wird.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass vom Betrieb keine nennenswerte Beeinflussung der in und um Jochenstein lebenden Reptilien zu erwarten ist. Eine negative Beeinträchtigung der lokalen Reptilienpopulationen ist auszuschließen.

## 11. Verbotsstatbestände

In Bezug auf die Erschütterungen und die damit verbundenen Beschleunigungen ist in Bezug auf die Verbotsstatbestände Folgendes festzuhalten:

**Tötungsverbot:** Durch die im Bau und Betrieb des geplanten Kraftwerks auftretenden Erschütterungsbeschleunigungen werden keine Schlangen getötet.

**Störungsverbot:** Die im Bau und Betrieb des geplanten Kraftwerks auftretenden Erschütterungsbeschleunigungen lösen keine Störungen aus, die über dem natürlichen Maß liegen und beeinträchtigen damit die Populationen nicht.

**Fortpflanzungs- und Ruhestätten:** Fortpflanzungs- und Ruhestätten sind durch die bauseitigen Erschütterungen nicht über das natürliche Maß hinaus belastet. Dadurch werden sie in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt.

## 12. Kumulative Auswirkungen mit dem Vorhaben Organismenwanderhilfe KW Jochenstein

### 12.1. 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 (Abbildung 24).



Abbildung 24: Lage des Projektgebietes

Die Organismenwanderhilfe und Ihre Bauwerke liegen zum überwiegenden Teil auf deutschem Staatsgebiet im Markt Untergriesbach, dabei im Talboden der Ortschaft Jochenstein. Etwa 140m 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 25).

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.

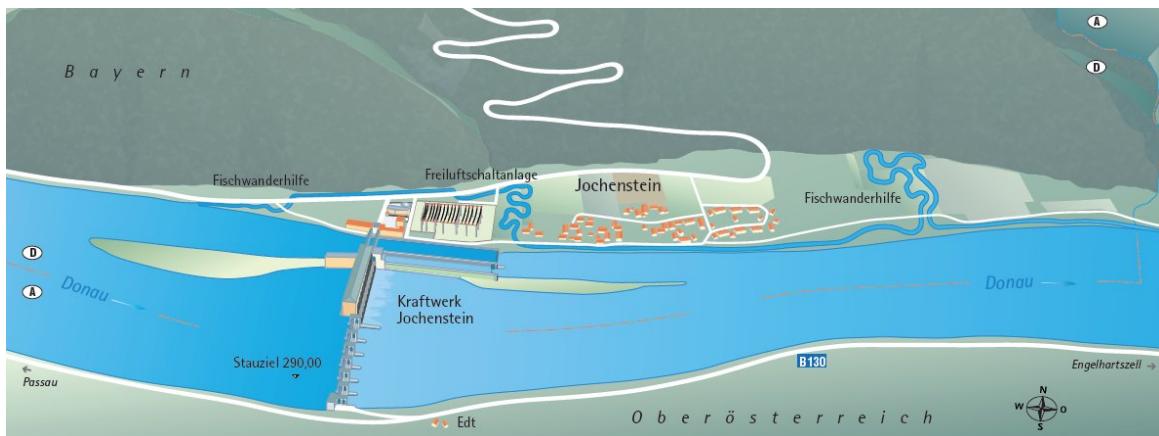


Abbildung 25: Projektübersicht Organismenwanderhilfe

### 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 Q30: 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 $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Max. Dotation	$Q = 9,5 \text{ m}^3/\text{s}$
Brückenbauwerke	4 Straßenbrücken, 5 Fuß / Fahrradbrücken, 2 kleine Holzbrücken
Pumpleistung Notdotation	$Q_{not} = 1,00 \text{ m}^3/\text{s}$

Maßgebend für die Abmessungen des Gerinnes ist die potentiell natürliche Fischfauna. Für die Abmessung hier 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.

#### 12.1.1. Bauphase

Der Oberlauf der Organismenwanderhilfe (etwa die ersten 700-800 m) wird mittels flussparalleler Spundwände (teils einseitig, teils beidseitig) errichtet. Die einzelnen Spundbohlen werden unter Druck in den Untergrund gerammt. Im Abschnitt, wo die Organismenwanderhilfe sehr nahe am nordöstlichen Straßenrand der PA51 verläuft, dient die einseitige Spundwand in erster Linie der Straßensicherung (Länge ca. 350 m). In diesem Abschnitt (nördlich vom Haus am Strom) reicht die geplante Spundwand bis ca. 15 m an den Waldrand der Donauleiten und die nachweislichen Reptilienfundorte heran.

Die vergleichsweise geringe Entfernung der Spundwand zum Waldrand und damit zum Lebensraum der Reptilien wird zu Erschütterungsbeschleunigungen führen, die kurzfristig das natürliche Ausmaß (Straßenverkehr, Steinschlag) überschreiten und Fluchtreaktionen einzelner Tiere auslösen können.

Die Spundwandrammungen entlang der Donauleiten hangseitig der PA 51 bei der Errichtung der Organismenwanderhilfe auf einer Länge von 350 Ifm entlang der Straße dauern für 10 m ca. 2 Stunden, wobei die Erschütterungen während des Rammes immer ein bis zwei Minuten andauern und dann wieder 5 – 10 Minuten Ruhe herrscht. Das heißt die Rammungen entlang der Straße dauern insgesamt ca. 8-10 Tage. Die gesamte Spundwand mit einer Länge von 1.258 m wird in 24 Tagen errichtet.

Durch die Erschütterungsschwingung der Rammungen werden keine Tiere getötet. Da die Störung nur kurzfristig besteht, nicht während der Fortpflanzungsphase vorgenommen wird und nur einen kleinen Teil der Gesamtpopulation betrifft, ist davon auszugehen, dass die Fortpflanzung nicht gestört und damit die Population nicht in ihrem Fortbestand beeinträchtigt wird.

### **12.1.2. Betriebsphase**

Erschütterungstechnisch sind keine betrieblichen Arbeiten und Instandhaltungsmaßnahmen für die OWH geplant, die relevante Auswirkungen auf die Reptilien haben können.

Bei einer Beräumung der OWH werden, um sie wieder in Funktion zu setzen, in aller Regel submerse Vegetation, bachbegleitende Gras-, Kraut- oder Gehölzbestände entfernt, wodurch keine relevanten Erschütterungen ausgelöst werden.

Allfällige Beräumungen der OWH sollten von der Straße aus und im Spätherbst erfolgen.

## **12.2. Mögliche kumulative Auswirkungen bei Bau und Betrieb des ES-R und der OWH**

### **12.2.1. Bauphase**

Die Vorhaben Energiespeicher Riedl und Organismenwanderhilfe KW Jochenstein überlagern sich teilweise räumlich. Kumulative Auswirkungen in Bezug auf die Erschütterungen in der Bauphase sind nur dann möglich, wenn während der Sprengarbeiten beim Vorhaben Energiespeicher gleichzeitig und im näheren Umfeld erschütterungsintensive Bauarbeiten beim Vorhaben Organismenwanderhilfe stattfinden.

Eine kumulative Wirkung in der Bauphase des Energiespeichers aufgrund der baubedingten Erschütterungen bei der Errichtung der Organismenwanderhilfe kann aufgrund des Bauzeitplans ausgeschlossen werden, da zur Zeit der Umsetzung der Organismenwanderhilfe die immissionsrelevanten Hauptbautätigkeiten für den Energiespeicher im Bereich des Talbodens bereits abgeschlossen sind und die Montagearbeiten in der Kraftstation stattfinden.

Die Erschütterungen durch das Einrammen der Spundwandbohlen bei der OWH (im Bereich zwischen Einlauf und Haus am Strom) werden in der Zeit von Anfang März bis Ende April mit Unterbrechungen über einen Zeitraum von etwa 24 Arbeitstagen auftreten. Gleichzeitige Sprengarbeiten für den ES-R und baubedingte Erschütterungen der Organismenwanderhilfe treten somit nicht auf.

### **12.2.2. Betriebsphase**

In der Betriebsphase des Energiespeicher Riedl ist auch die Organismenwanderhilfe bereits umgesetzt. Eine kumulative Wirkung durch Betrieb und Instandhaltung der Organismenwanderhilfe in Bezug auf Erschütterungen ist auszuschließen.



## 13. Zusammenfassung

### 13.1. Aufgabenstellung

Das gegenständliche Gutachten behandelt mögliche Auswirkungen von Erschütterungen durch Bau- und Betriebsphase des Energiespeicher Riedl auf im Anhang IV der FFH Richtlinie geführte und gemäß § 44 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 i. V. m. Abs. 5 BNatSchG besonders geschützte Reptilien und im Eingriffsbereich bzw. dessen Umfeld lebende Reptilienarten auf Basis technischer und immissionsseitiger Grundlagen und Untersuchungen (Erschütterungen). In erster Linie werden hier die Äskulapnatter und die Smaragdeidechse bearbeitet, aber die Überlegungen zur Biophysik der Auditorik zeigen, dass sie für Echsen und Schlangen und weiter darüber hinaus sogar für Reptilien allgemein gültig sind.

### 13.2. Schwingungswahrnehmung bei Reptilien

Dieses Kapitel wird von Professor Dr. J. Leo VAN HEMMEN (Physik Department der Technischen Universität München) ausführlich behandelt.

Die Schwingungswahrnehmung bei Eidechsen und Schlangen erfolgt unterschiedlich. Eidechsen hören über ein Trommelfellsystem, Schlangen über die Schwingungsaufnahme über die beiden Hälften des Unterkiefers.

Niederfrequente Schwingungen nehmen Reptilien mit dem zum Beutefang optimierten Wahrnehmungssystem nicht oder kaum wahr.

### 13.3. Untersuchungen

Um die konkreten Auswirkungen auf Reptilien im Zusammenhang mit baubedingten Erschütterungen beurteilen zu können, wurde zusätzlich Herr Professor VAN HEMMEN beigezogen, der sich seit Jahrzehnten mit der Wahrnehmung von Schall und Schwingung bei Reptilien beschäftigt. Die Untersuchungen wurden von ihm wissenschaftlich begleitet und die Ergebnisse aus biophysikalischer Sicht begutachtet.

Aufgrund fehlender experimenteller Untersuchungen zum schwingungsabhängigen Verhalten von Reptilien, wurden im vorliegenden Fall vier Ansätze zur Einstufung der Auswirkungen des Baus und des Betriebs des geplanten Pumpspeicherkraftwerkes gewählt.

Im Planungsgebiet wurden zwei Versuche durchgeführt, die Aussagen zum Verhalten Reptilien bei Schwingungen bzw. zum Auftreten natürlicher Schwingungen im Lebensraum zulassen (vgl. Kap.6); eine Reihe bestehender Anlagen und Orte wurden bezüglich der Erschütterungsbeschleunigungen untersucht.

Zum einen wurde das Verhalten von vor Ort im Terrarium gehaltenen Reptilien während Rammarbeiten am 9.10.2017 im Umfeld dokumentiert, wobei gleichzeitig die Erschütterungen gemessen wurden.

Zum anderen wurde ein Versuch mit herabfallenden Steinen durchgeführt, der die natürlicherweise im Planungsgebiet auftretenden Erschütterungen simuliert. Alle vorliegenden Erschütterungsbetrachtungen wurden in Beschleunigungen umgerechnet, um biophysikalisch sinnvolle und vergleichbare Ergebnisse und Werte zu erhalten.

Vergleichsmessungen fanden in bzw. an den PSW Roßhag und PSW Häusling, zwei Pumpspeicherkraftwerken, die von einem mit der Vorhabensträgerin verbundenen Unternehmen betrieben werden, statt. Zudem wurde an Verkehrswegen, an denen Reptilien leben, wie der Bundesstraße B388, der Kreisstraße PA51 und an der Waldbahn Degendorf – Zwiesel, Erschütterungen gemessen und die entsprechenden Beschleunigungen ausgewertet.

Des Weiteren wurden Beispiele von Lebensräumen angeführt, in denen Äskulapnattern im direkten Umfeld von Kraftwerken oder Kleinturbinen leben.

### 13.4. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Terrarienbeobachtung bei gleichzeitigen Rammarbeiten in der Umgebung haben gezeigt, dass bis zu einer Erschütterungsbeschleunigung von  $0,09 \text{ m/s}^2$  am Terrarium die Äskulapnatter keinerlei nervöse Reaktion zeigte. Die Smaragdeidechse hat sich bereits vor dem Beginn der Rammarbeiten im Terrarium versteckt. Es konnte keinerlei nervöses Verhalten der Smaragdeidechse beobachtet werden.

Die maximale bei den Rammarbeiten am 9.10.2017 in 60 m Entfernung gemessene Schwingbeschleunigung lag bei  $0,27 \text{ m/s}^2$ .

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Steinschlagsimulation, bei dem ein 5,9 und 11,9 kg schwerer Stein aus 1 m Höhe fallengelassen wurde und in 0,2, 1, 2 und 4 m Entfernung die Schwingbeschleunigung gemessen wurde, zusammengefasst:

<b>Auf der Wiese</b>	<b>0,2m</b>	<b>1m</b>	<b>2m</b>	<b>4m</b>	
5,9 kg:	14,2	3,1	3,0	0,9	$\text{m/s}^2$
11,9 kg:	20,9	5,1	4,1	1,1	$\text{m/s}^2$
<b>Am Waldrand</b>	<b>0,2m</b>	<b>1m</b>	<b>2m</b>	<b>4m</b>	
5,9 kg:	7,1	3,0	2,9	0,3	$\text{m/s}^2$
11,9 kg:	12,8	2,8	2,2	0,3	$\text{m/s}^2$

Tabelle 5: Bei der Steinschlagsimulation gemessene Maximalwerte der Schwingbeschleunigung an der Bodenoberfläche in verschiedenen Abständen vom Aufprallpunkt.

Derartige Erschütterungsbeschleunigungen treten bei Steinschlag in den Donauleiten natürlicherweise immer wieder auf. Diese hier gemessenen Beschleunigungen hindern die Reptilienfauna nicht daran, die Donauleiten zu besiedeln und hier auch über Jahre zu reproduzieren.

Aus den Ergebnissen der Messungen an den in Betrieb befindlichen, vergleichbaren Kraftwerken lässt sich ableiten, dass bereits innerhalb der Kraftstationen eine markante Schwingungsdämpfung vorhanden ist.

Der maximale - außerhalb der Kraftstation Roßhag am ca. 40 m von den Maschinenachsen entfernten Parkplatz - gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt  $0,044 \text{ m/s}^2$ , bei einer Standardabweichung von  $0,022 \text{ m/s}^2$ . Der Parkplatz ist auf Lockermaterial errichtet.

Der maximale - im Bereich des ca. 80 m von den Maschinenachsen entfernten Stollenportals des Zugangsstollens der Kraftstation Häusling - gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt  $0,014 \text{ m/s}^2$ , bei einer Standardabweichung von  $0,012 \text{ m/s}^2$ . Das Messgerät war auf der Betonplatte mit direkter Anbindung an den Felsen aufgelegt.

Der maximale an den Straßenzügen PA 51 und B388 gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt  $0,012 \text{ m/s}^2$ , bei einer Standardabweichung von  $0,048 \text{ m/s}^2$ . An beiden Standorten leben direkt an der Straße Äskulapnattern, Schlingnattern und Smaragdeidechsen.

Der maximale an der Bahnstrecke Deggendorf - Zwiesel gemessene Wert für die Schwingbeschleunigung beträgt  $0,625 \text{ m/s}^2$ , bei einer Standardabweichung von



0,015 mm/s<sup>2</sup>. Bei diesen Werten ist anzumerken, dass das Messgerät aus Sicherheitsgründen ca. 3 m vom Bahngleis entfernt aufgestellt war. D. h. die Erschütterungen direkt neben den Gleisen und Schwellen sind deutlich höher. Am beobachteten Gleiskörper und in unmittelbarer Umgebung leben Schlingnattern.

### **13.5. Beurteilung der Auswirkungen**

#### **13.5.1. Bauphase**

In der Bauphase entstehen insbesondere durch den Sprengvortrieb des Schrägstollens und des Schachtes der Kraftstation beim Abschlag kurzzeitige Erschütterungen im Untergrund. Dabei wird die Lademenge je Zündzeitstufe an die jeweiligen Bedingungen angepasst (z.B. Bauwerke, Aufenthalt von Menschen in Gebäuden, Reptilienhabitatem), um den Einflussbereich der Erschütterungen gering zu halten.

Es liegt in der Natur der Sache, dass sich der Erschütterungsort im Lauf der Bauarbeiten und des fortschreitenden Vortriebs kontinuierlich ändert und daher die Erschütterungen in der Bauphase räumlich und somit auch zeitlich nur begrenzt auftreten.

Die im Zusammenhang mit den Sprengungen auftretenden Erschütterungsbeschleunigungen liegen im Bereich der Reptilienlebensräume in der Größenordnung von natürlichen Schwingungen bzw. Erschütterungen (Steinschlag).

Die Ergebnisse der Steinschlagsimulation und die fehlenden Reaktionen der Tiere bei der Verhaltensbeobachtung im Terrarium belegen, dass durch die beim Bau des Kraftwerks zu erwartenden Schwingungen keine nachhaltigen Störungen ausgelöst werden. Schall- und Erschütterungsexpositionen, welche Schlangen aufgrund der physikalischen Verhältnisse als nicht störend empfinden, sind für die weniger empfindlichen Eidechsen noch viel weniger relevant.

#### **13.5.2. Betriebsphase**

In der Betriebsphase sind keine Auswirkungen auf Reptilien zu erwarten, da beim Betrieb der Kraftstation keine nennenswerten Erschütterungen an der Geländeoberfläche ankommen.

Die Ausführungen zur biophysikalischen Wahrnehmung führen zur konsistenten Schlussfolgerung, dass zumindest die hier betrachteten Schlangen und Eidechsen ein robustes Verhalten bezüglich äußerer Erschütterungen zeigen. Das heißt, sie werden auf die nur geringen, verbleibenden Restschwingungen, welche aufgrund der massiven Dämpfung innerhalb der Kraftstation auftreten, nicht reagieren.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass sowohl vom Bau als auch vom Betrieb keine nennenswerte Beeinflussung der in und um Jochenstein lebenden Reptilien zu erwarten ist. Eine negative Beeinträchtigung der lokalen Reptilienpopulationen ist auszuschließen.

### **13.6. Zur Auslösung von Verbotstatbeständen**

Durch die zu erwartenden Erschütterungen bzw. deren impliziten Schwingbeschleunigungen werden während der Bauphase keine Tiere getötet.

Die zu erwartenden Erschütterungen liegen im Bereich der natürlich auftretenden Erschütterungsintensitäten und sind daher nicht als Störung zu werten, die die Population in ihrem Fortbestand behindern kann. Zudem ist nur in kleinen Teilbereichen des besiedelten Lebensraumes mit derartigen, in Bezug auf die Verbotstatbestände nicht relevanten, zusätzlichen Erschütterungen zu rechnen.

Der größte Teil der Lebensräume der Gesamtpopulation, die durch die Straße zwischen Jochenstein und Gottsdorf getrennt ist, liegt außerhalb des Einflussbereiches des geplanten Kraftwerksprojektes. Zu keinem Zeitpunkt ist die Gesamtpopulation betroffen. Damit lösen die ohnehin nicht relevanten Störungen auch rechtlich keinen Verbotstatbestand aus.

Dies gilt auch für die Betriebsphase, bei der die auf das Umfeld der Kraftstation beschränkten Emissionen generell deutlich geringer sind.



## 14. Literaturverzeichnis

C-103/00; RECHTSPRECHUNG EuGH, 30.01.2002: Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats - Richtlinie 92/43/EWG - Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen – Artenschutz: siehe auch Markus H. MÜLLER (2005): Das System des deutschen Artenschutzrechts und die Auswirkungen der Caretta-Entscheidung des EuGH auf den Absichtsbegriff des § 43 Abs.4 BNatSchG"; NUR 2005, Heft 3, 157 - 163. Fachbeitrag Artenschutz-Reptilien, erstellt im Auftrag von HÖGNER Landschaftsarchitektur, Weinbergstr. 14, 54518 Minheim; pp 33

GÜNTHER, R. & M. WAITZMANN (1996): Äskulapnatter – *Elaphe longissima* - In Günther, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands, Gustav Fischer Verlag, Jena., S. 647 - 666.

P. FRIEDEL, B.A. YOUNG, J.L. VAN HEMMEN (2008): Auditory localization of ground-borne vibrations in snakes, Phys. Rev. Lett. 100, 048701; S. 1- 4

SCHORR M. (2013): Gutachten, Ergänzung zum "Fachbeitrag Artenschutz-Reptilien": Schlingnatter und Smaragdeidechse", Ferienpark, Residenz Marina Weingarten Zell-Briedel; Im Auftrag von HÖGNER Landschaftsarchitektur, Weinbergstr. 14, 54518 Minheim; S. 1-37

SHEARER P. M & B. P. ALLMANN (2004): Spectral studies of shallow earthquakes and explosions in south California; 28th Seismic research Review: Ground based Nuclear Explosion Monitoring Technologies; University of California San Diego, sponsored by Air-force Research Laboratory; p. 674 – 680.

SPEYBREOCK J. W. BEIKEMA, B. BOCK & J.V. DER VOORT (2016): Field Guides to the Amphibians and Reptiles of Britain an Europe, Bloomsbury, London, pp 432

VAN HEMMEN J.L., J. CHRISTENSEN-DALSGAARD, C.E. CARR, P. NARINS (2016): Animals and ICE: meaning, origin, and diversity, Biol. Cybern. 110 (2016) 237–246

WEVER, E.G. (1978): The reptile ear: Its structure and function. Princeton Univ Press, pp 1024.

## 15. Anhang

### 15.1. Diverse Beispiele aus der Praxis

Dem Autor sind verschiedene Beispiele von Beobachtungen der Äskulapnatter (*Zamenis longissimus*) in unmittelbarer Nähe zu Schwingungsemittenen bekannt. Es handelt sich um Orte, an denen Äskulapnattern im direkten Umfeld von Turbinenhäusern oder Kraftwerken bzw. von stark belasteten Baustellenstraßen nachgewiesen und beobachtet wurden. Dies betrifft Vorkommen an den Alzwerken der Wacker-Chemie (DE), im Bereich der Klaffmühle bei Raitenhaslach (AT), das Kraftwerk Urstein bei Salzburg (AT) und eine Großbaustelle zur Errichtung des Pumpspeicherwerk Reißbeck II bei Kolbnitz im Mölltal (AT).

#### 15.1.1. Wacker-Chemie Alzwerke-Burghausen

Im Zuge des FFH-Monitorings zur Äskulapnatter in Südbayern wurden 2017 im Bereich der Alzwerke auf dem Areal der Wacker-Chemie in Kabelschächten bzw. in den Boden eingelassenen Kanalschächten mehrfach Äskulapnattern unterschiedlichen Alters dokumentiert.

Diese Schächte liegen in unmittelbarer Nähe zum Turbinenhaus und ca. 20 m von den sehr mächtigen Zuleitungsrohren, über die das Wasser der Alz in die Turbinen und dann in die Salzach geleitet wird (vgl. Abbildung 26 bis Abbildung 27).



Abbildung 26: Äskulapnatter, am Kraftwerk an der Alz (Wacker Burghausen), im Hintergrund die Stützmauer der Druckrohre und das Turbinenhaus



Abbildung 27: Im direkten Umfeld des Turbinenhauses wurden mehrfach Äskulapnattern nachgewiesen.



Abbildung 28: Eine subadulte Äskulapnatter in einem der Kabelschächte direkt im Umfeld des Turbinenhauses des Kraftwerkes der Alzwerke.

### 15.1.2. Klaffmühle bei Raitenhaslach

In einem privaten Kleinkraftwerk (Klaffmühle bei Raitenhaslach) wurden direkt im Umfeld des über ein Wasserrad angetriebenen Generators mehrfach Schlangenhäute gefunden (vgl. Abbildung 29). Nach Angaben des Besitzers können bei gewittrigen Wittringsverhältnissen immer wieder Äskulapnattern direkt im Bereich des Generators festgestellt werden. Der Generator hat eine Frequenz von 50 Hz.



Abbildung 29: Im privaten Kraftwerk an der Klaffmühle halten sich offensichtlich Äskulapnattern immer wieder im direkten Umfeld des Generators auf; siehe Natternhemd im Bereich des Stromkabels. Dieses Bild illustriert, dass der Hörbereich der Natter, die sich hier gehäutet hat, weit unterhalb der 50 Hz des Kraftwerks liegt, wie ebenfalls aus Abbildung 5 ersichtlich ist.

### 15.1.3. Kraftwerk Urstein bei Salzburg an der Kraftwerksmauer

Im Bereich des Kraftwerk Urstein bei Salzburg werden direkt an der Kraftwerksmauer im Unterwasser bzw. in der Uferbefestigung des Tosbeckens immer wieder Äskulapnattern und Ringelnattern (*Natrix natrix*) beobachtet. Hier dürften die Tiere ebenfalls mit Erschütterungen durch die Wassermassen beim häufig auftretenden Wehrüberfall einerseits und durch den Kraftwerksbetrieb andererseits kein Problem haben (vgl. Abbildung 30).



Abbildung 30: In dieser Ufersicherung in unmittelbarer Nähe zum Kraftwerk Urstein konnten regelmäßig Äskulapnattern und Ringelnattern beobachtet werden (bis die Fugen zwischen den verlegten Steinen aus sicherheitstechnischen Gründen verschlossen wurden).

### 15.1.4. Pumpspeicherkraftwerk Reißeck II im Mölltal (Kärnten) an der Zufahrt zur Baustelle

Ein weiteres Beispiel stellt die Baustellenzufahrt zum Kraftwerk Reißeck II in den Jahren 2013 bis 2017 dar, in deren Umfeld im Zusammenhang mit der Baustelle umfangreiche Sicherungsmaßnahmen zum Schutz der Herpetofauna vorgenommen wurden.

Hier konnten im direkten Umfeld der Baustraße im Zeitraum von 2013 bis 2015 trotz des massiven Baustellenverkehrs insgesamt 11-mal Äskulapnattern nachgewiesen werden, 2016 und 2017 wurden die Zäune nur während der Frühjahrswanderung der Amphibien betreut, daher liegen hier keine weiteren Beobachtungen zur Äskulapnatter vor. Smaragdeidechsen konnte an den Amphibienzäunen im besagten Zeitraum zwischen 2013 bis 2015 ebenfalls 30-mal nachgewiesen werden.

Trotz des intensiven Baustellenverkehrs waren damit über Jahre im direkten Nahbereich der Straße die Tiere immer wieder anzutreffen und ist ein Indiz für die Anpassung bzw. Unempfindlichkeit der Tiere.

## 15.2. Angaben zu den Erschütterungen im Zusammenhang mit den geplanten Sprengungen

Im Folgenden sind die Sprengungserschütterungen bzw. -beschleunigungen im Zusammenhang mit dem Sprengvortrieb in Abhängigkeit von der Lademenge und der Entfernung zum Sprengort zusammengestellt.

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle							
Projekt ESR: Vortriebe							
Abstandsbereiche von: minimal:	1 m	maximal:	51 m	Anlage x			
Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge je Zündzeitstufe:				L = 2,08 kg			
Formeln zur Berechnung:							
1) BGR-Kristallin:	$Vi = (K1) * L^0,8 * R^{-1,3}$			K1=257,5			
2) nach Koch:	$Vi = (K2) * L^0,5 * R^{-1}$			K2=125,0			
Bemerkungen:	Für Vortriebsklasse x mit 2,0 m Abschlagslänge Gebirgsbeiwert: + 25 % Sicherheit						
Tabelle							
Abstandsbereich von: 1 m							
Abstandsschritte: 1 m							
Abstand (m)	Vi-BGR [mm/s]	Vi-BGR [mm/s <sup>2</sup> ]	Vi-Koch [mm/s]	Vi-Koch [mm/s <sup>2</sup> ]			
1 m	462,62		180,3				
2 m	187,88		90,1				
3 m	110,91		60,1				
4 m	76,30		45,1				
5 m	57,09		36,1				
6 m	45,04		30,0				
7 m	36,86		25,8				
8 m	30,99		22,5				
9 m	26,59		20,0				
10 m	23,19		18,0				
11 m	20,48		16,4				
12 m	18,29		15,0				
13 m	16,49		13,9				
14 m	14,97		12,9				
15 m	13,69		12,0				
16 m	12,59		11,3				
17 m	11,63		10,6	3.370,0			
18 m	10,80		10,0				
19 m	10,07		9,5				
20 m	9,42		9,0				
21 m	8,84		8,6				
22 m	8,32		8,2	2.450,0			
23 m	7,85		7,8				
24 m	7,43		7,5				
25 m	7,05		7,2				
26 m	6,70		6,9				
27 m	6,37		6,7				
28 m	6,08		6,4				
29 m	5,81		6,2	1.680,0			
30 m	5,56		6,0				
31 m	5,33		5,8				
32 m	5,11		5,6				
33 m	4,91		5,5				
34 m	4,72		5,3				
35 m	4,55		5,2				
36 m	4,39		5,0				
37 m	4,23		4,9				
38 m	4,09		4,7				
39 m	3,95		4,6				
40 m	3,82		4,5				
41 m	3,70		4,4				
42 m	3,59		4,3				
43 m	3,48		4,2	1.400,0			
44 m	3,38		4,1				
45 m	3,28		4,0				
46 m	3,19		3,9				
47 m	3,10		3,8				
48 m	3,02		3,8				
49 m	2,94		3,7				
50 m	2,86		3,6				
51 m	2,79		3,5				

Tabelle 6: Beschleunigungen im Zusammenhang mit den Sprengungen im Abstand von 0 -50 m (Messdaten gemäß Dipl.Ing. Guido A. Schmücker; Ersteller Immissionsgutachten „Sprengtechnik und Erschütterungen“, Planfeststellungsverfahren „Energiespeicher Riedl“)



Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle					
Projekt ESR: Vortriebe					
Abstandsbereiche von: minimal: 50 m	maximal: 300 m				
Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge je Zündzeitstufe:				Anlage x	
				L = 2,08 kg	
Formeln zur Berechnung:					
1) BGR-Kristallin:	$Vi = (K1) \cdot L^0,8 \cdot R^{-1,3}$				
2) nach Koch:	$Vi = (K2) \cdot L^0,5 \cdot R^{-1}$				
Bemerkungen:	Für Vortriebsklasse x mit 2,0 m Abschlagslänge				
Gebirgsbeiwert: + 25 % Sicherheit					
Tabelle					
Abstandsbereich von: 50 m	Abstandsschritte: 5 m				
Vi-BGR					
Abstand (m)	[mm/s]	[mm/s <sup>2</sup> ]	[mm/s]	[mm/s <sup>2</sup> ]	
50 m	2,86	600,0	3,61		
55 m	2,53	450,0	3,28		
60 m	2,26		3,00	930,0	
65 m	2,03		2,77		
70 m	1,85		2,58	600,0	
75 m	1,69		2,40		
80 m	1,55		2,25		
85 m	1,44		2,12		
90 m	1,33		2,00	450,0	
95 m	1,24		1,90		
100 m	1,16	300,0	1,80	420,0	
105 m	1,09		1,72		
110 m	1,03		1,64		
115 m	0,97		1,57		
120 m	0,92		1,50		
125 m	0,87		1,44		
130 m	0,83		1,39		
135 m	0,79		1,34		
140 m	0,75		1,29		
145 m	0,72		1,24		
150 m	0,69		1,20		
155 m	0,66		1,16	300,0	
160 m	0,63		1,13		
165 m	0,61		1,09		
170 m	0,58		1,06		
175 m	0,56		1,03		
180 m	0,54		1,00		
185 m	0,52		0,97		
190 m	0,50		0,95		
195 m	0,49		0,92		
200 m	0,47		0,90		
205 m	0,46		0,88		
210 m	0,44		0,86		
215 m	0,43		0,84		
220 m	0,42		0,82		
225 m	0,40		0,80		
230 m	0,39		0,78		
235 m	0,38		0,77		
240 m	0,37		0,75		
245 m	0,36		0,74		
250 m	0,35		0,72		
255 m	0,34		0,71		
260 m	0,34		0,69		
265 m	0,33		0,68		
270 m	0,32		0,67	270,0	
275 m	0,31		0,66		
280 m	0,30		0,64		
285 m	0,30		0,63		
290 m	0,29		0,62		
295 m	0,28		0,61		
300 m	0,28		0,60		

Tabelle 7: Beschleunigungen im Zusammenhang mit den Sprengungen im Abstand von 50 -300 m (Messdaten gemäß Dipl.Ing. Guido A. Schmücker; Ersteller Immissionsgutachten „Sprengtechnik und Erschütterungen“, Planfeststellungsverfahren „Energiespeicher Riedl“)

### 15.3. Begriffsbestimmungen

Da von den drei Begriffen Beschleunigung, Frequenz und Intensität des Öfteren die Rede ist, werden sie hier beschrieben. Sie haben direkt nichts miteinander zu tun.

**Beschleunigung:** Schall ist eine Dichte- und damit Druckschwankung der Luft oder, in diesem Kontext, im Erdboden. Bleiben wir beim Druck  $p$  der Luft, der i.A. eine Funktion der Zeit  $t$  sein wird:  $p(t)$ . Nehmen wir mal an, die Druckschwankung trifft das Trommelfell einer Echse, wie in Fig. 2B mit TM schematisch dargestellt. Druck mal Oberfläche des Trommelfells liefert die Kraft, die infolge der äußeren Druckschwankung  $p(t)$  auf das Trommelfell wirkt. Falls dies die einzige Kraft wäre, könnten wir das Newton'sche Gesetz  $\mathbf{F} = m \mathbf{a} = m \mathbf{dv}/dt$  integrieren und bekämen die Änderung der Geschwindigkeit  $\mathbf{v}$  während eines Zeitintervalls  $\Delta t$ . Wenn die Kraft nur über eine kurze Zeit  $\Delta t$  klein wirken würde, ergäbe sich daraus auch nur eine kleine Änderung  $\Delta \mathbf{v}$ . Wenn ein Stein auf den Boden fällt, kann man  $\mathbf{a}$  im Boden messen aber die entsprechende Intensität dieses Inputs in der Cochlea bestimmen ist sehr langwierig.

**Frequenz:** Schall und die mit ihm assoziierte Druckschwankung  $p(t)$  sind i.A. eine Überlagerung verschiedener Reintöne und damit verschiedener Frequenzen. Das Hörsystem zerlegt  $p(t)$  in seine konstituierenden Reintöne. Aus der Technik und eng damit verbunden aus der Mathematik stammt eine Frequenzzerlegung, die auf FOURIER zurückgeht, der in seiner Arbeit *Théorie analytique de la chaleur* (1822) die nun nach ihm benannte Zerlegung eingeführt hat. Dazu braucht man  $p(t)$  für ein paar Sekunden Länge. Obwohl das von der Cochlea für ihre Frequenzzerlegung verwendete Zeitfenster viel schmälerer ist ( $\sim 15$  ms), gibt es in der Technik praktisch nur die Fourier-Zerlegung, wie in Abbildung 5. Die Fourier-Zerlegung in der Technik ist zeitlich viel größer aufgelöst, liefert in der Akustik aber für technische Anwendungen ausreichende Präzision.

**Intensität:** Schall-Intensität ist, grob formuliert, Amplitude zum Quadrat ( $\sim |A|^2$ ) und hat mit Frequenz in erster Instanz nichts zu tun. Die Haarzellen nicht nur des menschlichen Hörsystems, sondern ganz allgemein im Tierreich sind dennoch so beschaffen, dass sie sich logarithmisch verhalten. D.h., wenn  $|A|^2$  zwei Mal so groß wird, erfährt das Hörsystem den Klang auch nicht zwei Mal lauter, sondern weniger ( $\log 2 \approx 0,3$ ). Deshalb gibt es in Abbildung 5 eine vertikale Dezibel (= dB-Skala), die logarithmisch ist und der natürlichen Klang- und bei Schlangen Bodenvibrations-Erfahrung entspricht.

