

ENERGIESPEICHER RIEDL

**DONAU-
KRAFTWERK
JOCHENSTEIN**
AKTIENGESELLSCHAFT

Planfeststellungsverfahren Gutachten



Lichtimmissionen



Erstellt	Ingenieurbüro Dr. Petry & Partner mbB	N. Petry	28.04.2021
Geprüft	Ingenieurbüro Dr. Petry & Partner mbB	K. Petry	28.04.2021
Freigegeben	DKJ / ES-R	Ch. Rucker <i>Kunze</i>	28.04.2021
	Unternehmen / Abteilung	Vorname Nachname	Datum



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Aufgabenstellung	7
3.	Grundlagen	8
	3.1. Relevante Vorschriften und Richtlinien	8
	3.1.1. LAI - Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen	8
	3.1.2. DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten	11
	3.2. Grundlagen betreffend Lichtfarbe und Insektenfreundlichkeit	12
	3.2.1. Unterschiede zwischen den verschiedenen Lichtfarben	12
	3.2.2. Der Einfluss der Lichtfarben/des Spektrums auf die Umwelt	13
	3.2.3. Der Einfluss der Lichtfarben/des Spektrums auf die Insekten	13
	3.3. Verwendete Unterlagen.....	14
4.	Untersuchungsmethodik	15
	4.1. Baustellenbereiche des Energiespeichers Riedl	15
5.	Anlagenbeschreibung	20
	5.1. Bauphase	20
	5.1.1. ES-R.....	20
	5.1.2. Kumulationswirkungen.....	21
	5.2. Betriebsphase	22
	5.2.1. ES-R.....	22
	5.2.2. Kumulationswirkungen.....	22
6.	Bestandssituation	23
7.	Lichtimmissionsberechnung	24
	7.1. Berechnungsprogramm.....	24
	7.2. Parameter für die Bauphase	24
8.	Festlegung der Bewertungskriterien	29
	8.1. Lichtimmissionen nach LAI den Menschen betreffend	29
	8.2. Lichtimmissionen nach DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten die Umwelt betreffend	29
	8.3. Lichtimmissionen die Fauna betreffend	29
9.	Ergebnisse und Auswertung	31
	9.1. Lichtimmissionen nach LAI & DIN EN 12464-2	31
	9.1.1. Raumauhellung.....	31
	9.1.2. Leuchtdichteblendung	32
	9.1.3. Upward Lighting Ratio.....	35
	9.2. Lichtimmissionen gegenüber der Fauna.....	35
	9.3. Kumulative Betrachtungen	38
	9.3.1. Mensch	38
	9.3.2. Fauna	39
10.	Schutzkonzept	40
	10.1. Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen gegenüber dem Menschen.....	40
	10.2. Technische Umsetzung des Lichtimmissionsschutz gegenüber der Umwelt	40
	10.2.1. Lichtfarbe/Farbtemperatur	40
	10.2.2. Art der Lichtquelle	40
	10.2.3. Winkel der Neigung der Lichtquelle	41
	10.2.4. Höhe und Lage der Lichtquelle	42
	10.3. Diskussion über potenzielle Minderungsmaßnahmen	42
11.	Zusammenfassung	44
12.	Anhang	46



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektübersicht (DKJ)	5
Abbildung 2: Spektrum einer 4000K-LED-Leuchte (links) und einer Amber-LED-Leuchte (rechts)	13
Abbildung 3: Relative prozentuale Anflüge aller Insektenordnungen an die Lampenarten	14
Abbildung 4: Falschfarbendiagramm 100lx-Bereich im Speichersee mit Skala	16
Abbildung 5: Falschfarbendiagramm linker südlicher 100lx-Bereich im Talgebiet	17
Abbildung 6: Falschfarbendiagramm rechter nördlicher 100lx-Bereich im Talgebiet	17
Abbildung 7: Falschfarbendiagramm linker 30lx-Bereich im Talgebiet	17
Abbildung 8: Falschfarbendiagramm linker 20lx-Bereich im Talgebiet	17
Abbildung 9: Falschfarbendiagramm nördlicher 10lx-Bereich im Speichersee	18
Abbildung 10: Falschfarbendiagramm linker nördlicher 5lx-Bereich im Talgebiet	18
Abbildung 11: Konzeptzeichnung der gesamten Energiespeicher-Anlage	20
Abbildung 12: Konzeptzeichnung der Organismenwanderhilfe	21
Abbildung 13: Übersicht des 3D-Geländemodells	25
Abbildung 14: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte im Talgebiet	27
Abbildung 15: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte am Speichersee	28
Abbildung 16: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte am GÖM (Edlhof)	28
Abbildung 17: Übersicht des 3D-Geländemodells inkl. platzierte Raumaufhellungsflächen	31
Abbildung 18: Diskussionsbedürftige Bereiche am Speichersee	37
Abbildung 19: Diskussionsbedürftige Bereiche im Talgebiet	38
Abbildung 20: Verschiede Arten von Leuchten (Quelle: wikipedia.org)	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Immissionsrichtwerk k für Blendung	10
Tabelle 2: Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärken	11
Tabelle 3: Immissionsrichtwerte für Außenanlagen	12
Tabelle 4: beispielhafte Auswahl an Leuchtentypen	15
Tabelle 5: Messflächen um den Speichersee	25
Tabelle 6: Messflächen im Talgebiet	26
Tabelle 7: Immissionsorte im Talgebiet	26
Tabelle 8: Immissionsorte am Speichersee	27
Tabelle 9: Ergebnisse Raumaufhellungen am Speichersee die LAI betreffend	32
Tabelle 10: Ergebnisse Raumaufhellungen im Talgebiet und am Edlhof die LAI betreffend	32
Tabelle 11: Blendungsbewertung am Speichersee je nach Raumwinkel	33
Tabelle 12: Blendungsbewertung im Talgebiet und am Edlhof je nach Raumwinkel ohne Altbestand	34
Tabelle 13: Blendungsbewertung des Altbestands im Talgebiet je nach Raumwinkel	34
Tabelle 14: Ergebnis ULR-Untersuchung	35
Tabelle 15: Ergebnisse Raumaufhellungen am Speichersee die Fauna betreffend	36
Tabelle 16: Ergebnisse Raumaufhellungen im Talgebiet die Fauna betreffend	37
Tabelle 17: Ergebnisse Raumaufhellungen der kumulativen Betrachtung	39
Tabelle 18: Änderung der sichtbaren leuchtenden Flächen in Abhängigkeit des Neigungswinkels	42

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1: Lichtimmissionsberechnung IBDP
Anlage 2: ULR-Untersuchung IBDP

1. Einleitung

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

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

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

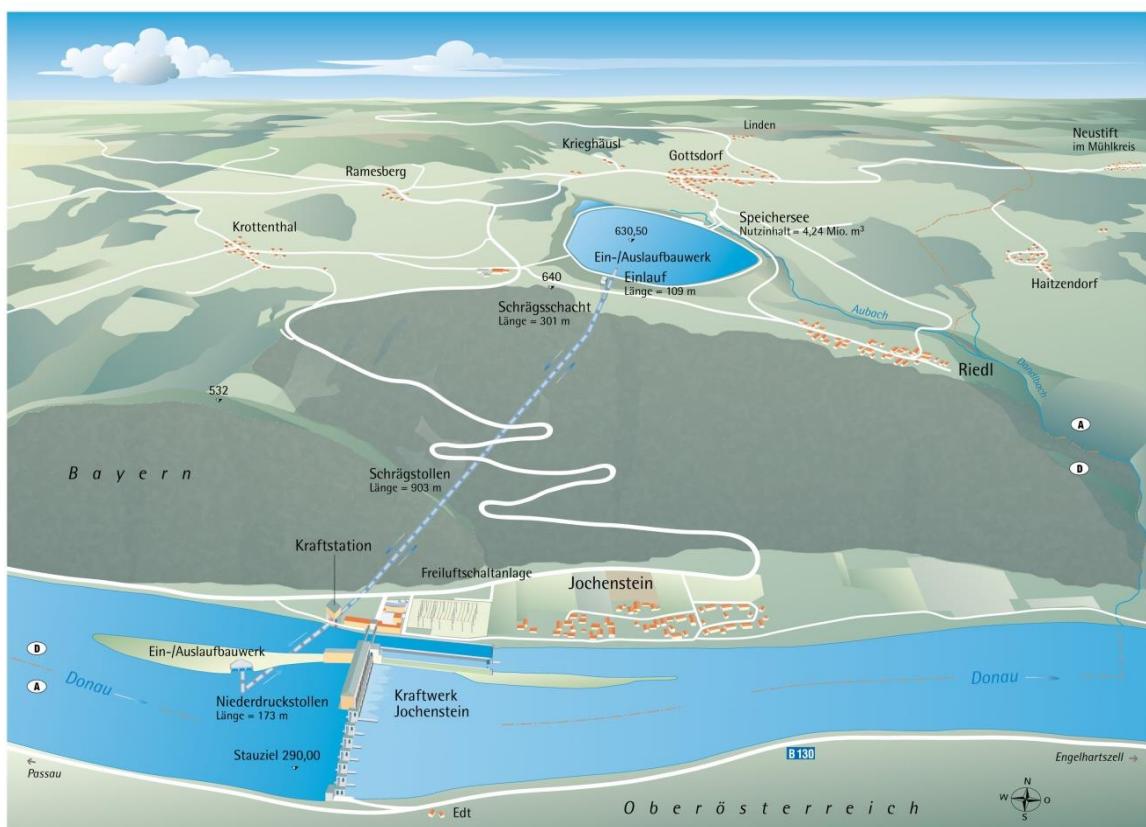


Abbildung 1: Projektübersicht (DKJ)

Das Wasser für die neue Anlage soll der Donau aus dem Stauraum Jochenstein am rechten Ufer des Trenndamms zwischen dem bestehenden Kraftwerk Jochenstein und der bestehenden Schleusenanlage über ein Ein-/Auslaufbauwerk sowohl entnommen als auch zurückgegeben werden. Ein neu zu errichtender Speichersee, welcher in der "Riedler Mulde" südwestlich der Ortschaft Gottsdorf und nördlich der Ortschaft Riedl vorgesehen ist, soll als Oberbecken verwendet werden. Die beiden Wasserkörper sollen durch Stollen zu einer Kraftstation als Schachtbauwerk im Talbodenbereich von

Jochenstein verbunden werden, in welcher die beiden Pumpen und Turbinen aufgestellt werden sollen. Die erzeugte elektrische Energie soll in einem unterirdischen Kabelkanal in die bestehende Schaltanlage des Kraftwerks Jochenstein eingespeist werden. Alle Anlagenteile des Energiespeichers Riedl befinden sich auf deutschem Staatsgebiet.

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

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

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

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

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

2. Aufgabenstellung

Die Donaukraftwerk Jochenstein AG plant einen neuen Energiespeicher in der Ortschaft Riedl zu errichten. Der damit einhergehende Speichersee wird über die Donau gespeist und an die bestehende Infrastruktur des Kraftwerk Jochenstein angeschlossen. Die dafür benötigten Baustellenbereiche werden insgesamt über mehrere Jahre errichtet und müssen mit Beleuchtung ausgestattet werden. Das Ingenieurbüro Dr. Petry & Partner mbB wurde beauftragt, eine Lichtimmissionsprognose für die bereits vorhandene Beleuchtung nahe der Donau und die Baustellenbeleuchtung zu erstellen. Dabei werden drei maßgebliche Bauphasen des Speichersees und die gesamte Bauphase der Talstation betrachtet. Neben den, auf den Menschen wirkenden, Lichtimmissionen müssen auch die Lichtimmissionen auf die Natur und Insekten berücksichtigt werden.

Künstliche Lichtquellen können nachteilige Auswirkungen auf Menschen und Tiere haben. Um festzustellen, welches Ausmaß und welche Wirkungen die geplante Baustellenbeleuchtung des Energiespeichers auf die Anwohner der Ortschaften Riedl, Gottsdorf, Ramesberg, Krottenthal und Jochenstein hat, empfiehlt es sich, entsprechende Untersuchungen durchführen zu lassen. Dieses Gutachten befasst sich mit den gängigen Untersuchungen zum Thema Lichtimmission.

Die Ermittlung und Bewertung der Lichtimmissionen gegenüber dem Menschen erfolgt gemäß dem Beschluss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 13.09.2012 „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“. Für die Beurteilung der Lichtimmissionen ist nach Maßgabe der LAI-Schrift zum einen die Raumauflöhlung durch die sogenannte „vertikale Beleuchtungsstärke“ und zum anderen das Blendmaß durch die sogenannte „Leuchtdichteblendung“ maßgeblich. Deshalb wird, ausgehend von den geometrischen Grundlagen, die Raumauflöhlung durch Störlichtquellen an Hand der vertikalen Beleuchtungsstärke der angrenzenden Bebauung im Bereich des Speichersees und der Talstation mit Hilfe eines dreidimensionalen lichttechnischen Modells bestimmt. Zudem werden die Lichtquellen auf psychologische Blendung hin untersucht. Dabei wird die Leuchtdichteblendung in Form des Blendmaßes k durch Störlichtquellen für 28 ausgewählte Immissionsorte berechnet. Sind unzulässige bzw. unzumutbare Blendungen oder unzulässige Aufhellungen von Wohnräumen zu erwarten, sollen Maßnahmen zur Minderung vorgeschlagen werden.

Die Ermittlung und Bewertung der Lichtimmissionen gegenüber der Umwelt wird mithilfe der Norm für Beleuchtung für Arbeitsstätten, der DIN EN 12464-2, erfolgen. Für die Störwirkung ist der nach oben, über den Horizont gerichtete Anteil des ausgesandten Lichtes der gesamten Beleuchtungsanlage entscheidend. In Bezug auf den Artenschutz existieren in den einschlägigen Normen neben der Aufforderung zur Reduzierung der Lichtimmissionen keine konkreten Richtwerte.



3. Grundlagen

3.1. Relevante Vorschriften und Richtlinien

Licht, welches auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkt, ist eine Immission nach § 3 Abs. 2 BImSchG. Nach § 3 Abs. 1 BImSchG sind Immissionen, also auch Licht, schädliche Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

In Deutschland fehlen bislang jedoch Rechtsverbindliche Vorschriften zur näheren Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsschwelle bei Lichtimmissionen. Aufgrund fehlender Regelungen obliegt es den Ländern, von ihrer Kompetenz Gebrauch zu machen, Landes-Immissionsschutzgesetze zu erlassen. Derartige Regelungen auf Länderebene bestehen bisher nur in Bayern, Berlin, Bremen und Nordrhein-Westfalen. In Bayern decken die erlassenen Gesetze jedoch nur einen kleinen Bereich der möglichen Lichtimmissionen ab, z.B. die Außenbeleuchtung öffentlicher Gebäude oder die Verwendung von Skybeamern. In den Bundesländern ohne konkrete Regelungen erfolgt die Beurteilung, ob Lichtimmissionen zumutbar sind, individuell nach Einzelfall. Im Allgemeinen existiert eine anerkannte Schrift, die LAI, welche zur Bewertung von Lichtimmissionen gegenüber dem Menschen herangezogen werden kann und ebenfalls eine weitere Schrift, die DIN EN 12464-2, welche zur Bewertung von Lichtimmissionen gegenüber der Umwelt herangezogen werden kann.

3.1.1. LAI - Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen

3.1.1.1. Lichtimmissionen

Der Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz vom 13.09.2012 „Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen“ beinhaltet Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, nach denen in Einzelfällen die Schwelle zwischen erheblichen und nicht erheblichen Belästigungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ermittelt werden können. Diese Hinweise bauen in ihren wesentlichen Inhalten auf der Stellungnahme „Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen“ der deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) e.V. auf.

Lichtimmissionen können sich für einen Betroffenen auf zwei Arten bemerkbar machen. Zum einen können schutzbedürftige Räume aufgehellt werden. Zum anderen kann eine Lichtquelle mit hoher Leuchtdichte eine störende Blendung beim Betroffenen hervorrufen, selbst wenn sich die Lichtquelle in größerer Entfernung befindet, so dass sie keine nennenswerte Aufhellung erzeugt.

Die Aufhellung wird lichttechnisch durch die Vertikalbeleuchtungsstärke in der Fensterebene beschrieben. Für die Blendempfindung sind die Leuchtdichte der Lichtquelle und des Umfeldes sowie der Raumwinkel der Lichtquelle, jeweils vom Betroffenen ausgesehen, maßgebend. Aufgabe des Immissionsschutzes ist es, erhebliche Belästigungen schutzwürdiger Räume in der Nachbarschaft durch Aufhellung und Blendung von Lichtquellen zu vermeiden.

Schutzwürdige Räume im Sinne der LAI sind:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen
- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume, Praxisräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume

3.1.1.2. Blendung

Blendung wird definiert als ein Sehzustand, der durch eine ungünstige LeuchtdichteVerteilung oder zu hohe Leuchtdichtekontraste als unangenehm empfunden wird. Sie kann aber auch eine Herabsetzung der Sehfunktion (wie Unterschiedsempfindlichkeit und Formenempfindlichkeit) zur Folge haben. Diese Definition umfasst damit nicht nur die Beeinträchtigung der Grundfunktionen des Auges, sondern auch die subjektive Empfindung einer Störwirkung durch Flächen mit zu hohen Leuchtdichten im Gesichtsfeld.

Bei der Blendung durch Lichtquellen wird zwischen der physiologischen und psychologischen Blendung unterschieden. Während die physiologische Blendung, die die Minderung des Sehvermögens durch Streulicht im Glaskörper des Auges beschreibt, bei den üblichen Immissionssituationen nicht auftritt, werden die Anwohner häufig durch die psychologische Blendung belästigt. Das ist selbst dann so, wenn sich die Lichtquelle in größerer Entfernung befindet, so dass sie im Wohnbereich keine nennenswerte Aufhellung erzeugt. Die Belästigung entsteht durch die ständige und ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zur Lichtquelle hin, die bei einem großen Unterschied der Leuchtdichte der Lichtquelle zur Umgebungsleuchtdichte die ständige Adaptation des Auges auslöst.

Für die Störwirkung sind daher die mittlere Leuchtdichte L_s der Blendlichtquelle, die Umgebungsleuchtdichte L_u und der Raumwinkel Ω_s , vom Betroffenen (Immissionsort) ausgesehen, maßgebend. Ist die aus den Messungen ermittelte Umgebungsleuchtdichte L_u kleiner als $0,1 \text{ cd/m}^2$, wird mit $L_u = 0,1 \text{ cd/m}^2$ gerechnet.

Die psychologische Blendwirkung einer Lichtquelle lässt sich nach der LAI-Schrift durch das Blendmaß k_s beschreiben:

$$k_s = \bar{L}_s \cdot \sqrt{\frac{\Omega_s}{L_u}}$$

Nach der LAI-Schrift soll das Blendmaß in Form des Proportionalitätsfaktors k die Immissionsrichtwerte gemäß der folgenden Tabelle nicht überschreiten.



	Immissionsort (Einwirkungsort) (Gebietsart nach § BauNVO)	Immissionsrichtwert k für Blendung		
		6 h bis 20 h	20 h bis 22 h	22 h bis 6 h
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	32	32	32
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	160	160	32
4	Kerngebiete (§ 7) Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	-	-	160

Tabelle 1: Immissionsrichtwerk k für Blendung

Der Raumwinkel Ω_s der Lichtquelle wird rechnerisch nachfolgender Beziehung ermittelt:

$$\Omega_s = \frac{F_p}{R^2}$$

mit $F_p = F_i \cos(\varepsilon)$.

Weiterhin gilt:

F_i	Licht abstrahlende Lampen- bzw. Leuchtenfläche in m^2
F_p	Projektion der lichtabstrahlenden Lampen- bzw. Leuchtenfläche auf eine Ebene senkrecht zur Verbindungsgeraden Immissionsort-Leuchte („scheinbare“ Leuchtengröße) in m^2
R	Direkter Abstand zwischen Lichtquelle und Immissionsort in m
ε	Winkel zwischen Lot auf die Leuchtenfläche und Verbindungsgerade Immissionsort - Leuchte

Der Anwendungsbereich des Blendmaß k_s wird auf $0,1 \text{ cd}/m^2 < L_u < 10 \text{ cd}/m^2$ und $10^{-6} \text{ sr} < \Omega_s < 10^{-2} \text{ sr}$ beschränkt. Unterhalb $\Omega_s = 10^{-6} \text{ sr}$ liegt eine „Punktquelle“ vor, bei der die Blendbeleuchtungsstärke maßgebend wird. Diese darf $E_s = 10^{-3} * k * \sqrt{L_u}$ in Lux am Immissionsort (=Auge des Beobachters) nicht überschreiten. Oberhalb von $\Omega_s = 10^{-2} \text{ sr}$ liegt eine „große Flächenquelle“ vor. Der Richtwert ist dort eine vom Raumwinkel der Quelle unabhängige Konstante. Die mittlere Leuchtdichte darf den Wert von $10 * k * \sqrt{L_u}$ nicht überschreiten. Dies gilt für zeitlich konstantes Licht.

Sollte bei einer Messung eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte k gemäß der oben aufgeführten Tabelle festgestellt werden, so sind die Messwerte nur unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen der zugrunde gelegten Messtechnik und bei sorgfältiger Messdurchführung ein Anlass für behördliche Anordnungen.

3.1.1.3. Raumaufhellung

Mess- und Beurteilungsgröße für die Raumaufhellung ist die gemessene mittlere Beleuchtungsstärke am Immissionsort. Die Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärke, die von einer Beleuchtungsanlage (ausgenommen öffentliche Straßenbeleuchtungsanlagen) in ihrer Nachbarschaft nicht überschritten werden sollen, sind in der folgenden, ebenfalls der LAI-Schrift entnommenen, Tabelle enthalten:

	Immissionsort (Einwirkungsort) (Gebietsart nach § BauNVO)	Mittlere Beleuchtungsstärke \bar{E}_F in lx	
		6 h bis 22 h	22 h bis 6 h
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	1	1
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	3	1
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 6)	5	1
4	Kerngebiete (§ 7) Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15	5

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärken

Sollte bei einer Messung eine Überschreitung der Raumauflhellung gemäß der oben aufgeführten Tabelle festgestellt werden, so sind die Messwerte nur unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen der zugrunde gelegten Messtechnik und bei sorgfältiger Messdurchführung ein Anlass für behördliche Anordnungen.

3.1.1.4. Beurteilungsgrundsätze

Die Werte in den beiden Tabellen 2 & 3 beziehen sich auf zeitlich konstantes und weißes oder annähernd weißes Licht (das Licht von Natriumdampf-Hochdrucklampen gilt noch als annähernd weiß), das mehrmals in der Woche jeweils länger als eine Stunde eingeschaltet ist. Wird die Anlage seltener oder kürzer betrieben, sind Einzelfallbetrachtungen anzustellen. Dabei soll der Zeitpunkt und die Häufigkeit des Auftretens, die allgemeine Umgebungshelligkeit, die Ortsüblichkeit sowie insbesondere die Möglichkeit für Minderungsmaßnahmen der Störwirkung berücksichtigt werden. Hieraus können gegebenenfalls auch höhere Immissionsrichtwerte der Beleuchtungsstärke E_v als in Tabelle 3 vertreten werden.

Liegen aufgrund baulicher Entwicklungen in der Vergangenheit Wohngebiete und lichtemittierende Anlagen eng zusammen, kann eine besondere Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme bestehen. Sofern an Beleuchtungsanlagen, die wesentlich zu einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte beitragen, alle verhältnismäßigen Emissionsminderungsmaßnahmen durchgeführt sind, kann die Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme dazu führen, dass die Bewohner mehr an Lichtimmissionen hinnehmen müssen als die Bewohner von gleichartig genutzten Gebieten, die fernab derartiger Beleuchtungsanlagen liegen.

3.1.2. DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten

In dieser Norm wird die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Innen- und Außenbereich festgelegt. Sie gibt Werte für Beleuchtungsstärken, Gleichmäßigkeit, Blendungsbegrenzung und Farbeigenschaften der Lichtquellen an, um die Beleuchtung von Arbeitsstätten zu planen und überprüfen zu können. Alle Anforderungen sind als Mindestanforderungen vorgesehen. Im Rahmen der Lichtimmissionsbewertung ist nur die Begrenzung der Störwirkung relevant. Laut der DIN ist Störlicht als „Streulicht, das aufgrund von Quantität, Richtung oder spektralen Eigenschaften in einem bestimmten Zusammenhang Belästigung, Beeinträchtigung oder Ablenkung verursacht oder die Möglichkeit verringert, wichtige Information zu sehen“, definiert. Für Beleuchtungsanlagen im Außenbereich ist die durch das Störlicht verursachte Störung in der Umgebung der Anlage zu berücksichtigen. Die



Richtwerte für die Störwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen zur Minimierung von Problemen für negative Auswirkungen auf die nächtliche Umgebung sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben:

Umwelt-Zone	Nach oben gerichteter Anteil des Leuchtenlichtstroms	
	R_{ULMax}	
	%	
E1	0	
E2	5	
E3	15	
E4	25	
E1	repräsentiert dunkle Bereiche, wie z.B. Nationalparks oder geschützte Stätten;	
E2	repräsentiert Bereiche mit geringer Gebietshelligkeit, wie z.B. Industriegebiete oder Wohngebiete in ländlicher Umgebung;	
E3	repräsentiert Bereiche mit mittlerer Gebietshelligkeit, wie z.B. Industriegebiete oder Wohngebiete in Vororten;	
E4	repräsentiert Bereiche hoher Gebietshelligkeit, wie z.B. Stadtzentren und Geschäftszentren;	
R_{ULMax}	ist der Anteil des Lichtstroms der Leuchte(n), der oberhalb der Horizontalen abgestrahlt wird, wenn die Leuchte(n) sich in ihrer installierten Position und Lage befindet/befindet.	

Tabelle 3: Immissionsrichtwerte für Außenanlagen

So darf z.B. bei Beleuchtungsanlagen von Arbeitsstätten im Freien, welche durch die DIN EN 12464-2 geregelt werden, der nach oben gerichtete Anteil des Leuchtenlichtstroms R_{ULMax} , auch ULR genannt, einen gewissen Prozentsatz nicht überschreiten. Für Außenbeleuchtungsanlagen, welche z.B. bei Nationalparks oder geschützten Stätten errichtet werden, gilt ein Richtwert von 0%. In diesen empfindlichen Regionen darf von den Außenbeleuchtungsanlagen also kein Licht oberhalb der Horizontalen ausgesendet werden. Für Anlagen in der Nähe von Wohngebieten in ländlicher Umgebung ist ein Richtwert von 5% einzuhalten.

3.2. Grundlagen betreffend Lichtfarbe und Insektenfreundlichkeit

3.2.1. Unterschiede zwischen den verschiedenen Lichtfarben

Während bei konventionellen Leuchtmittel die Lichtfarbe in den meisten Fällen vorgegeben war ist bei der LED ein breites Spektrum an verschiedenen Lichtfarben möglich. Moderne LEDs nutzen den Vorgang der Lumineszenz. Hierzu wird typischerweise eine blaue LED mit einem, meist gelblichen, Leuchtstoff kombiniert. Der eine Teil des blauen Lichts verlässt den Leuchtstoff, ohne mit diesem zu interagieren. Der andere Teil wird vom Leuchtstoff absorbiert und in ein langwelligeres, breiteres Spektrum konvertiert. Der Peak dieses Spektrums liegt im gelben Wellenlängenbereich. Kombiniert man nun den blauen und im Peak gelblichen Teil des Lichts erhält man weißes Licht. Umso wärmer bzw. niedriger nun die Farbtemperatur bei einer LED-Leuchte ist, umso geringer fällt der Blauanteil im ausgesendeten Licht aus. Abbildung 9 zeigt den Unterschied im Spektrum von einer 4000K-LED-Leuchte zu einer Amber-LED-Leuchte. Bei der Amber-LED-Leuchte sinkt der Blauanteil im Licht auf nahezu 0. Die Kehrseite von einer niedrigeren Farbtemperatur ist allerdings auch eine niedrigere Effizienz der LED-Leuchte, wodurch im Worst-Case mehr Leuchten für dasselbe Beleuchtungsstärkeniveau

eingesetzt werden müssen was wiederum mehr Licht-immission zur Folge haben kann.

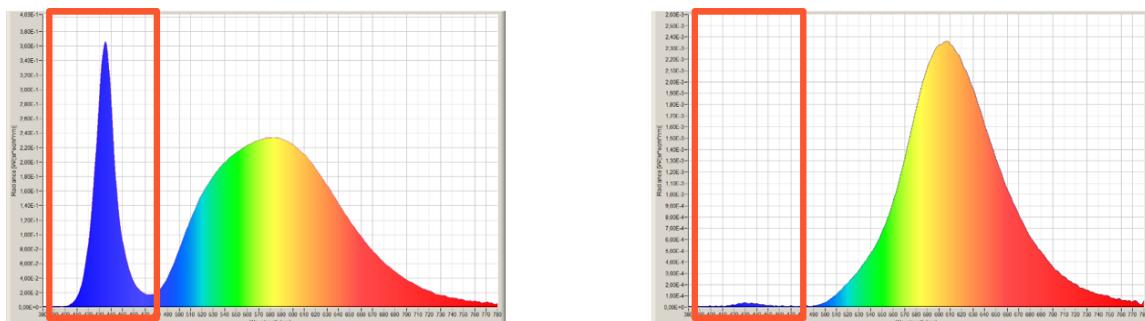


Abbildung 2: Spektrum einer 4000K-LED-Leuchte (links) und einer Amber-LED-Leuchte (rechts)

3.2.2. Der Einfluss der Lichtfarben/des Spektrums auf die Umwelt

Neben einer möglichen Störung des Menschen durch Lichtimmissionen gilt es auch den Einfluss auf die Umwelt und die Insekten zu berücksichtigen. In erster Linie ist die Lichtimmission von Außenbeleuchtung in die Natur von deren absoluter Lichtstärke und deren Verteilung abhängig. Je mehr Licht eine Leuchte ausstrahlt, umso mehr Lichtimmission kann auftreten. Für die Umwelt wird das Spektrum einer Leuchte erst bei ausreichend großen Lichtstärken relevant. So ist die Lichtstärke, welche z.B. von einer Radweg-Beleuchtung abgestrahlt wird vernachlässigbar, während die Lichtstärke von mehreren Flutlichtanlagen oder einem Flughafen für diesen Effekt ausreichend hoch sind. Sind solche hohen Lichtstärken vorhanden, so wird ein bemerkbarer Teil des Lichts an Oberflächen in die Atmosphäre reflektiert. Innerhalb der Atmosphäre wird blaues Licht über weitere Strecken gestreut und erhellt somit den Nachthimmel über einen größeren Bereich als der rot-gelbe Anteil des Lichts. Die Begründung für diesen Effekt ist die Rayleigh-Streuung, welche auch für einen blauen Himmel sorgt.

3.2.3. Der Einfluss der Lichtfarben/des Spektrums auf die Insekten

Der größte Umwelteinfluss der Lichtfarbe ist bei Insekten zu finden. Die Erklärung für die Anlockwirkung von Licht liegt neben der Helligkeit und der Beleuchtungsdauer in erster Linie im jeweiligen Lichtspektrum der Lichtquellen: Die Empfindlichkeit nachtaktiver Insekten für gewisse Spektralbereiche des Lichts unterscheidet sich stark von der des Menschen. So sind viele Insektaugen im Gegensatz zum menschlichen Auge für ultraviolette Strahlung (UV) und kürzere Wellenlängen im Violett-, Blau- und Grünbereich empfänglich. Dagegen ist ihre Empfindlichkeit im gelben, orangefarbenen und roten Wellenlängenbereich geringer als beim Menschen. Eine stärkere, im langwelligen Bereich leuchtende Lampe ist somit für Insekten weniger gut wahrnehmbar als etwa ein Leuchtmittel mit hoher Lichtintensität im kurzweligen Spektrum. Wie anhand mehrerer Studien zu erkennen ist, sind warmweiße Leuchten insektenfreundlicher als kaltweiße Leuchten, wobei die Studie von Prof. Dr. Eisenbeis vom Ingenieurbüro Dr. Petry begleitet wurde. Zum Zeitpunkt der Studien waren noch keine Amber-LED-Produkte auf dem Markt erhältlich. Durch die Studien und somit bestätigte Sehverhalten der Insekten ist es anzunehmen, dass die Amber-Lichtfarbe noch insektenfreundlicher ist als warmweißes Licht.

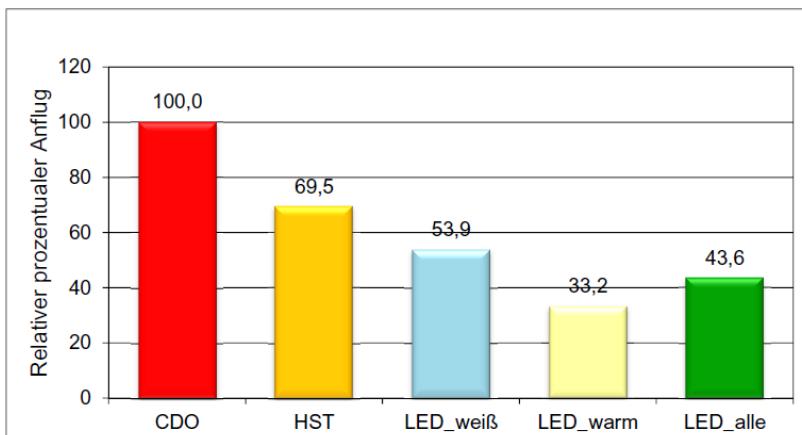


Abbildung 3: Relative prozentuale Anflüge aller Insektenordnungen an die Lampenarten

3.3. Verwendete Unterlagen

Anlage	Format	File Name	Ordner Nr.	Register
Anlage 1 - 3D-Geländemodell der kompletten Region	dxf	JES-A001-XXX-XXXX-XX-XFE	-	-
Anlage 2 - Übersichtsplan des Projektes	dxf	JES-A001-PERM1-A63019-01	-	-
Anlage 3 - Technischer Bericht	pdf	JES-A001-PERM1-B10002-00-LFE	-	-

4. Untersuchungsmethodik

4.1. Baustellenbereiche des Energiespeichers Riedl

Die technische Beschreibung JES-A001-ILFC1-B10002-00 enthält ein Beleuchtungs-Lichtkonzept, welches die Grundlage des Lichtimmissionsgutachtens bildet. Das Konzept baut auf den in Tabelle 1 gelisteten Leuchten auf. Bei den aufgelisteten Leuchten handelt es sich um eine beispielhafte Beleuchtungsauswahl für eine typische Baustelle. Die während der Ausführung zum Einsatz kommenden Modelle können sich ändern. Damit die in diesem Kapitel getroffen Aussagen und die Ergebnisse der Simulation ihre Richtigkeit behalten, dürfen die zum Einsatz kommenden Leuchten in ihrer Lichtverteilungskurve nicht stark von den in Tabelle 1 aufgeführten Leuchten abweichen.

Hersteller	Bezeichnung	mod	Leistung \ W	Höhe \ m	Neigung \ °
TEC-MAR	Nano-Lord	AR	30	10	10
	Nano-Lord	PR	30	8	0
	Stealth	U0	36	10	15
	Airon 1	U0	35	6	0
	Lord Street	ST	120	12	10
	Lord	PR	115	15	0
	Lord 4	PR	230	15	0
	Lord 4	PR	300	10	0

Tabelle 4: beispielhafte Auswahl an Leuchtentypen

Die meisten Aktivitäten auf der Baustelle werden bis max. 22 Uhr stattfinden, was ebenfalls der technischen Beschreibung JES-A001-ILFC1-B10002-00 zu entnehmen ist. Somit wird fast die komplette Baustellen-Beleuchtung auch ab spätestens 22 Uhr abgeschaltet. Unter Tage sind durchgängige Arbeiten vorgesehen, weswegen der Eingangsbereich der Versorgungsschächte ebenfalls die komplette Nacht über in geringem Maße beleuchtet werden muss. Sollten während den Nachtstunde Materiallieferung von Nöten sein, so sollten die Fahrzeuge nach Möglichkeit die im Fahrzeug integrierte Beleuchtung zur Ausleuchtung der Baustellenstraßen benutzen. Sollten vor Ort auf der Baustelle erschwerte Bedingungen vorherrschen (z.B. ein sehr kurvenreicher Weg), so kann die vorgesehene Baustraßenbeleuchtung über ein Regelsystem (z.B. Bewegungsmelder) für die Dauer der Fahrt eingeschaltet werden.

Die Sicherheitsbeleuchtung auf der Baustelle wird in Hinblick auf die Lichtimmissionen im Worst-Case von den gleichen Leuchten bereitgestellt, welche auch die Arbeitsbeleuchtung bereitstellen. Sie erfüllt den Zweck, in Notsituationen den Baustellenbereich sicher verlassen zu können und wird dementsprechend nur in Ausnahmesituationen während der Nacht an sein. Eine Betrachtung der normalen Baustellenbeleuchtung behandelt in diesem Fall also auch automatisch mögliche Lichtimmissionen, welche von einer Sicherheitsbeleuchtung ausgehen können. Sicherheitsleitsysteme sind bei normenkonformem Einsatz keine Quelle von Lichtimmissionen und werden nicht betrachtet.

Die Leuchten des Herstellers TEC-MAR werden je nach Anwendungsfall, welcher im technischen Lichtkonzept für die benötigten Bereiche beschrieben wird, auf unterschiedlichen Höhen von 6 – 15m montiert. Weiterhin ist eine grobe Anordnung bzw. Anzahl der benötigten Leuchten beschrieben um schätzungsweise die jeweils geforderte mittlere Beleuchtungsstärke zu erreichen. In der Regel werden in der erstellten Lichtimmissionssimulation mehr Leuchten benötigt als im Konzept angegeben. Dies hat den Hintergrund, dass das Konzept anhand der zu erreichenden mittleren Beleuchtungsstärke erstellt wurde, ohne jedoch die Gleichmäßigkeit mit einzubeziehen. Das angegebene Raster im technischen Lichtkonzept wird somit i.d.R.



nicht eingehalten. Um einen Worst-Case zu simulieren wurde die Planung nicht auf die Anzahl der Leuchten hin optimiert, sondern so geplant, dass mindestens eine Gleichmäßigkeit von 0,4 erreicht wird und mindestens das 1,2-fache der jeweils geforderten mittleren Beleuchtungsstärke überschritten wird. Mit einer Gleichmäßigkeit von 0,4 wird für die meisten, in der DIN EN 12464-2 definierten Tätigkeiten, die Anforderung an die Gleichmäßigkeit erfüllt. Der Faktor 1,2 hat den Hintergrund, dass für die Simulation, um den Worst-Case zu betrachten, der Wartungswert mit 1 festgelegt wurde, in der Norm i.d.R. aber von einem Wartungswert von 0,8 bis 0,9 ausgegangen wird. Rechnet man nun vom Wartungswert zurück auf den ursprünglichen Wert, so erhält man einen Faktor von 1,11 bis 1,25. Der Wartungswert beschreibt die Alterung von Leuchten und die damit verbundene Absenkung der Beleuchtungsstärke. Ebenfalls ist für drei Leuchtentypen ein Neigungswinkel vorgegeben.

Im Folgenden werden nun die lichttechnischen Ergebnisse inkl. möglicher Vorgaben an die Ausrichtung der Beleuchtung für die verschiedenen Baustellenbereiche präsentiert. Die Baustellenbereiche werden anhand der jeweiligen Position und geforderten mittleren Beleuchtungsstärke benannt. Die detaillierte Positionierung der Leuchten kann der Lichtimmissionsberechnung, Anhang A6, entnommen werden.

Die Bereiche werden im Folgenden unterteilt in die geforderte mittlere Beleuchtungsstärke. Die 100lx-Flächen werden mit Hilfe von TEC-MAR LORD 4 mod/PR Leuchten mit 300 W ausgeleuchtet. Die Ausrichtung und Montagehöhe bleiben dabei unverändert. Beim Speichersee wird eine mittlere Beleuchtungsstärke von 129lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,58 erreicht. Die Verteilung der Beleuchtungsstärke auf der 100lx-Fläche wird in Abbildung 2 als Falschfarbendiagramm dargestellt. Die dort aufgeführte Skala ist ebenso für die weiteren Falschfarbendiagramme gültig und wird aus Gründen der Übersicht bei den weiteren Diagrammen nicht mehr dargestellt.

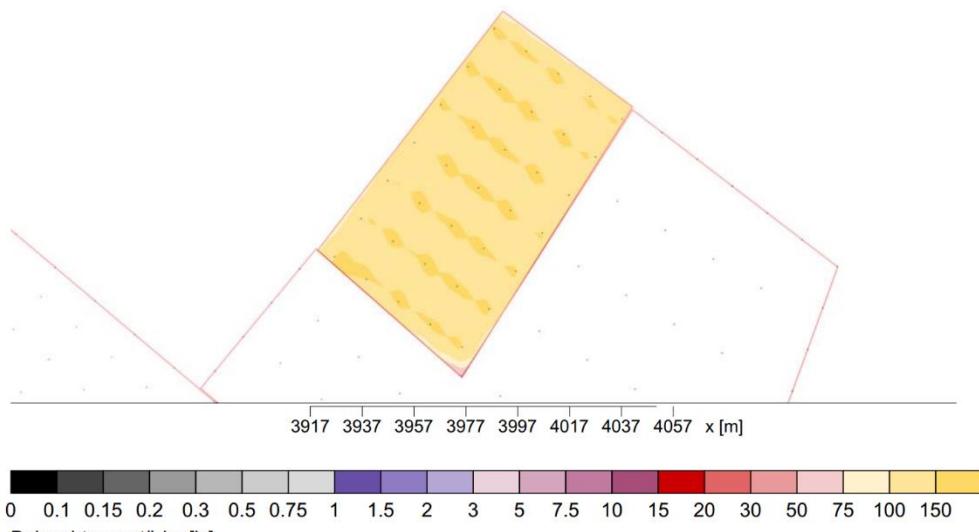


Abbildung 4: Falschfarbendiagramm 100lx-Bereich im Speichersee mit Skala

Im Talgebiet die linke südliche 100lx-Fläche, zu sehen in Abbildung 3, erreicht mit einer Gleichmäßigkeit von 0,54 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 128lx, während die rechte nördliche 100lx-Fläche, zu sehen in Abbildung 4, mit einer Gleichmäßigkeit von 0,41 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 130lx erreicht.

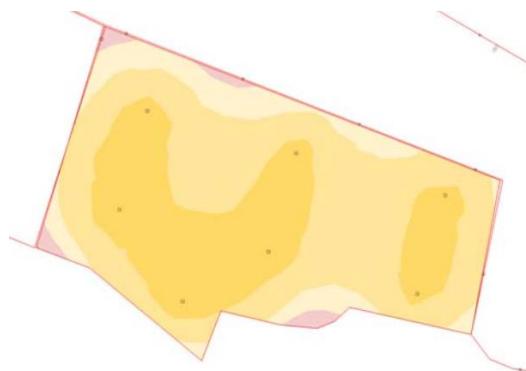


Abbildung 5: Falschfarbendiagramm linker südlicher 100lx-Bereich im Talgebiet

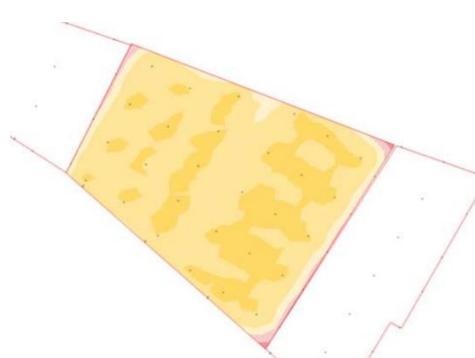


Abbildung 6: Falschfarbendiagramm rechter nördlicher 100lx-Bereich im Talgebiet

Die nächste Bereichskategorie bildet die 30lx-Fläche, beleuchtet mit der 230 W Variante der Leuchte TEC-MAR Lord 4 mod/PR. Im technischen Lichtkonzept werden für die einzige 30lx-Fläche 8 Leuchten vorgeschlagen, welche auf einer Höhe von 15m montiert werden. Die damit erreichte mittlere Beleuchtungsstärke von 55lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,43 übersteigt deutlich die benötigten 37,5lx. Um weiterhin vom Worst-Case ausgehen zu können wurde die Anzahl an Leuchten bei den 8 Stück belassen und nicht reduziert.

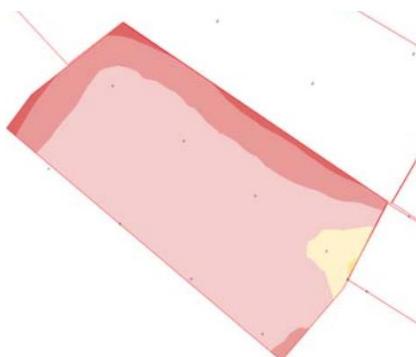


Abbildung 7: Falschfarbendiagramm linker 30lx-Bereich im Talgebiet

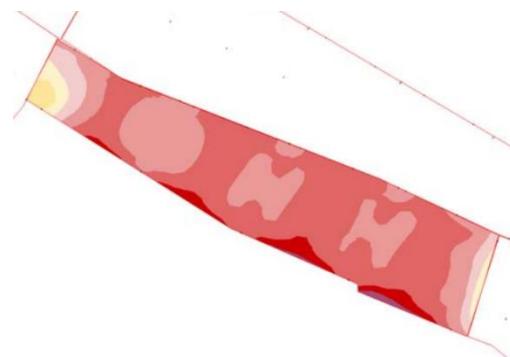


Abbildung 8: Falschfarbendiagramm linker 20lx-Bereich im Talgebiet

Die 20lx-Flächen werden mit 2 unterschiedlichen Leuchtentypen beleuchtet. Zum einen kommt die Leuchte Lord Street mod/ST mit 120W zum Einsatz. Diese wird am Rand der jeweiligen Bauflächen auf 12 m Höhe montiert und um 10° zur Horizontalen aufgeneigt. Zum anderen werden zusätzlich TEC-MAR Lord mod/PR Leuchten mit 115 W zentral und in einer Höhe von 15 m positioniert, sollte die mittlere Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit nicht von Leuchten am Rand erreicht werden können. Die im Talgebiet gelegene linke 20lx-Fläche, dargestellt in Abbildung 6, erreicht durch die genannten Leuchten eine mittlere Beleuchtungsstärke von 31lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,42. Die Ergebnisse der weiteren, den Speichersee betreffenden 20lx-Flächen werden nun aufgelistet. Die entsprechenden Falschfarbendiagramme können dem Anhang A1 entnommen werden.

Speichersee BJ1 Monat 7: Nördliche 20lx-Fläche Beleuchtungsstärke von 32lx
Gleichmäßigkeit von 0,51

Südliche 20lx-Fläche Beleuchtungsstärke von 37lx
Gleichmäßigkeit von 0,47

Speichersee BJ1 Monat 11: Rechte südliche 20lx-Fläche Beleuchtungsstärke von 34lx
Gleichmäßigkeit von 0,46

	Linke südliche 20lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 44lx Gleichmäßigkeit von 0,43
Speichersee BJ2 Monat 10:	Zentrale 20lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 24lx Gleichmäßigkeit von 0,5
	Kleine südliche 20lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 39lx Gleichmäßigkeit von 0,41

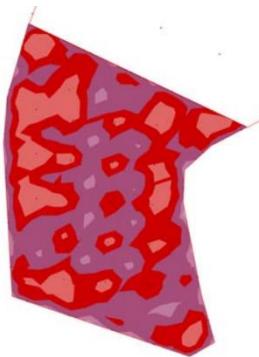


Abbildung 9: Falschfarbendiagramm nördlicher 10lx-Bereich im Speichersee

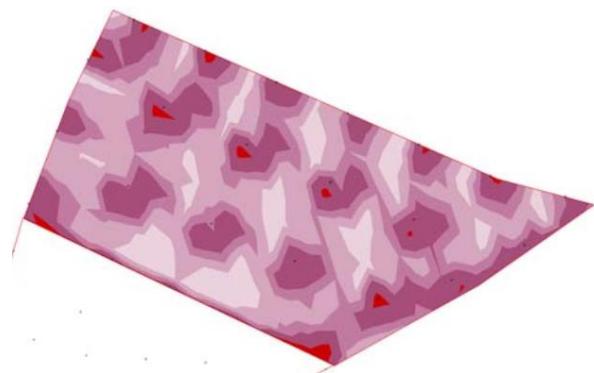


Abbildung 10: Falschfarbendiagramm linker nördlicher 5lx-Bereich im Talgebiet

Die 10lx-Flächen sollen mit TEC-MAR Nano-Lord mod/AR Leuchten mit 30 W am Rand der Flächen mit 10° Aufneigung auf 10m Höhe positioniert werden. Sollte die Beleuchtung vom Rand her nicht ausreichen, so wird zusätzlich die TEC-MAR Nano-Lord mod/PR Leuchte mit ebenfalls 30 W auf einer Höhe von 8m montiert zum Einsatz kommen. Die im Speichersee gelegene nördliche 10lx-Fläche erreicht durch den Einsatz beider Leuchtentypen bei einer Gleichmäßigkeit von 0,45 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 15lx. Das Falschfarben-diagramm von der nördlichen 10lx-Fläche ist in Abbildung 7 zu sehen. Die Ergebnisse der weiteren 10lx-Flächen werden nun aufgelistet. Die entsprechenden Falschfarbendiagramme können dem Anhang A1 entnommen werden.

Speichersee BJ1 Monat 7: (& BJ1 Monat 11)	Südliche 10lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 13lx Gleichmäßigkeit von 0,42
Talgebiet gesamte Dauer:	Linke südliche 10lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 22lx Gleichmäßigkeit von 0,40
	Linke nördliche 10lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 17lx Gleichmäßigkeit von 0,42
	Rechte nördliche 10lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 23lx Gleichmäßigkeit von 0,41

Die 5lx-Flächen sollen mit TEC-MAR Stealth Leuchten mit 36 W und einer Aufneigung von 10° auf 10m Höhe positioniert werden. Mit diesen Vorgaben erreicht die am Speichersee gelegene 5lx-Fläche bei einer Gleichmäßigkeit von 0,41 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 8lx. Es ist darauf zu achten, dass die Leuchten zum einen am nördlichen und westlichen Rand der Fläche positioniert werden. Zum anderen dürfen die auf der Fläche positionierten Leuchten nicht Richtung Norden ausgerichtet werden. Für das Gutachten wurden die Leuchten in Richtung West/Süd-West ausgerichtet. Das Falschfarbendiagramm von der 5lx-Fläche ist in Abbildung 8 zu sehen. Die Ergebnisse der weiteren 5lx-Flächen werden nun aufgelistet. Die entsprechenden Falschfarbendiagramme können dem Anhang A1 entnommen werden.

Talgebiet gesamte Dauer:	Linke südliche 5lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 11lx Gleichmäßigkeit von 0,40
--------------------------	---------------------------	---

Linke nördliche 5lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 10lx Gleichmäßigkeit von 0,41
Rechte südliche 5lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 8lx Gleichmäßigkeit von 0,40
Rechte nördliche 5lx-Fläche	Beleuchtungsstärke von 10lx Gleichmäßigkeit von 0,41

Bei der rechten nördlichen 5lx-Flächen ist ebenfalls auf die Ausrichtung der Leuchten zu achten. Hier müssen die Leuchten in Richtung Ost/Süd-Ost ausgerichtet werden um weder den nördlich gelegenen Hang noch die südlich gelegene Bebauung durch austretendes Licht zu stören.

Die Baustraßen sollen mit TEC-MAR Airon 1 mod/U0 mit 35W Leuchten auf einer Höhe von 6m in einem Abstand von 40m montiert beleuchtet werden. Um die geforderten mittleren 10lx bei einer 6,5m breiten Straße einzuhalten, muss der Abstand auf 29m reduziert werden, wie die Simulation zeigt, zu sehen in Anhang A1. Die geforderte Schwellenwerterhöhung von $\leq 15\%$ wird mit 14,7% gemäß DIN EN 12464-2 eingehalten.

Die Baustellenbereiche im Talgebiet wurden ohne den Einfluss des vorhandenen Altbestand an Beleuchtung erstellt, um die maximal benötigte Anzahl an Leuchten zu bekommen und somit den Worst Case zu betrachten. Die detaillierten Lichtplanungen sind im Anhang A1 aufgeführt.

5. Anlagenbeschreibung

5.1. Bauphase

Der geplante und zu bewertende Energiespeicher Riedl befindet sich zwischen den Ortschaften Riedl, Gottsdorf und Jochenstein, gelegen an der deutsch-österreichischen Grenze und ist auf Abbildung 11 schematisch zu erkennen.

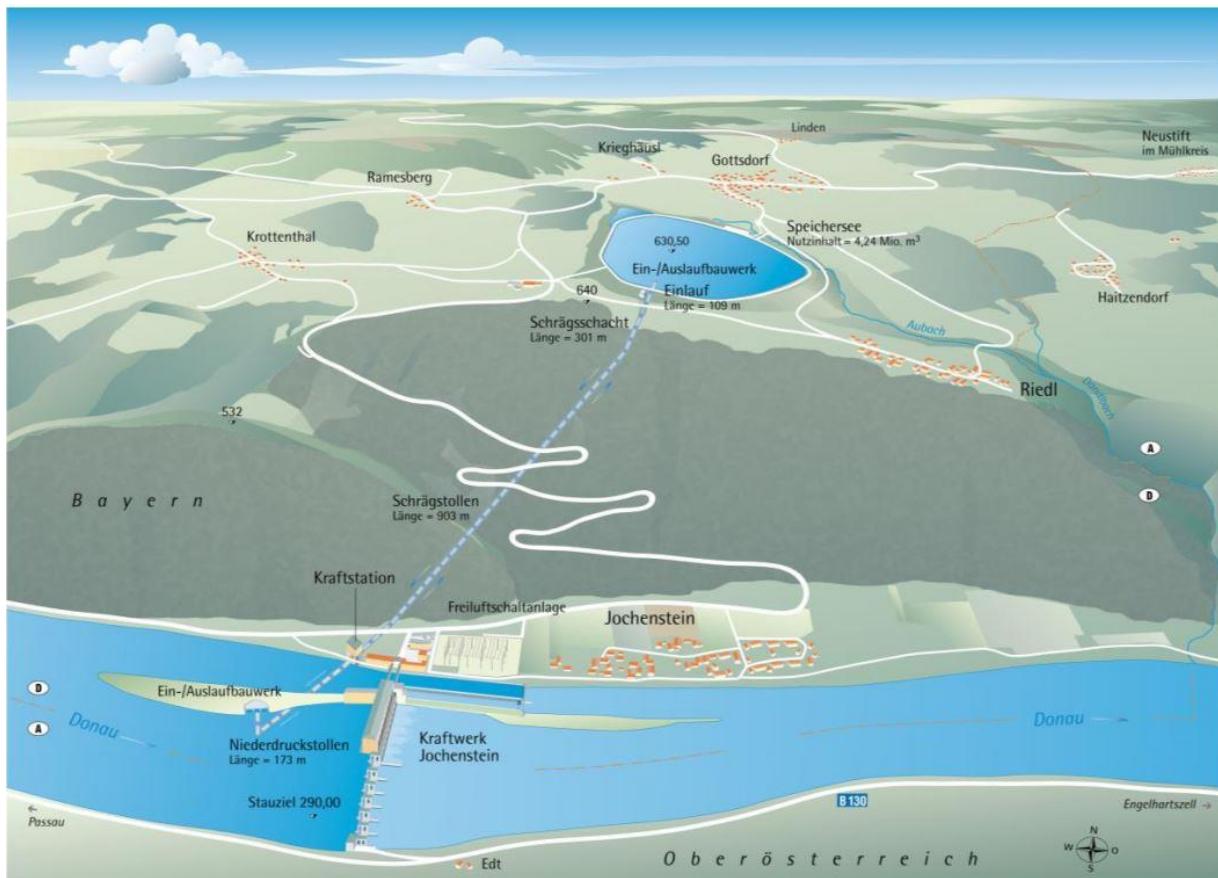


Abbildung 11: Konzeptzeichnung der gesamten Energiespeicher-Anlage

Das Areal umfasst den auf ca. 610 m ü. NN gelegenen Speichersee samt der umliegenden Ortschaften Riedl, Gottsdorf, Ramesberg und Krottenthal. Weiterhin entsteht neben dem Ort Jochenstein eine Talstation, welche über einen Schacht/Stollen mit dem Speichersee verbunden ist. Das gesamte, betroffene Areal gehört zum Landkreis Untergriesbach. Während der mehrjährigen Errichtung des gesamten Energiespeicher Riedl, welche in mehrere Bauphasen aufgeteilt ist, müssen ausgewiesene Bereiche der Baustelle bei Dunkelheit künstlich beleuchtet werden. Von dieser Beleuchtung ausgehen sollen die möglicherweise auftretenden Lichtimmissionen auf sowohl die umliegenden Ortschaften als auch die angrenzende Flora und Fauna untersucht werden. Die meisten Aktivitäten auf der Baustelle werden bis max. 22 Uhr stattfinden, was ebenfalls der technischen Beschreibung JES-A001-ILFC1-B10002-00 zu entnehmen ist. Somit wird fast die komplette Baustellen-Beleuchtung auch ab spätestens 22 Uhr abgeschaltet. Unter Tage sind durchgängige Arbeiten vorgesehen, weswegen der Eingangsbereich der Versorgungsschächte ebenfalls die komplette Nacht über in geringem Maße beleuchtet werden muss.

5.1.1. ES-R

Für den Speichersee des ES-R werden in der technischen Beschreibung JES-A001-PERM1-B10002-00 drei maßgebend kritische Bauphasen dargestellt. Für den

Talboden wird die Beleuchtung der gesamten Baudauer betrachtet. Im folgenden werden die Bauphasen nochmals aufgelistet:

ES-R Speichersee:

- Baujahr 1, Baumonat 7
- Baujahr 1, Baumonat 11
- Baujahr 2, Baumonat 10

ES-R Talboden:

Gesamte Baudauer

GÖM:

- Edlhof, Baujahr 1, Baumonat 2 und 4

Die Bauzeiten stellen sich wie folgt dar:

- Lärmintensive obertägige Arbeiten von Montag bis Freitag von 7:00 bis 20:00 und Samstag von 7:00 bis 12:00.
- Nicht lärmintensive Arbeiten bzw. untertägige Arbeiten (einschl. obertägiger Versorgung) im 24-Stunden-Betrieb; untertägige Sprengungen nur zwischen 6:00 und 22:00.
- Keine Bautätigkeit von Samstag 12:00 bis Sonntag 24:00

5.1.2. Kumulationswirkungen

Neben dem ES-R wird im Bereich des Kraftwerk Jochenstein ein weiteres Projekt geplant und heißt Organismenwanderhilfe, abgekürzt OWH. Sie dient der „Herstellung der Durchgängigkeit für die aquatische Fauna zwischen dem Ober- und Unterwasser der Staustufe Jochenstein. Die Organismenwanderhilfe ermöglicht aquatischen Lebewesen die Überwindung der Donaustaustufe Jochenstein und stellt damit die Vernetzung der Wasserkörper der Donau zwischen den Stauräumen Aschach und Jochenstein her. Weiterhin wird mit der Organismenwanderhilfe Jochenstein neuer Lebensraum für Flora und Fauna geschaffen.“ Der für das Lichtimmissionsgutachten relevante Abschnitt der OWH ist in Abbildung 12 dargestellt. In der Kumulationswirkung wird die gesamte Baudauer im Talboden der OWH berücksichtigt.

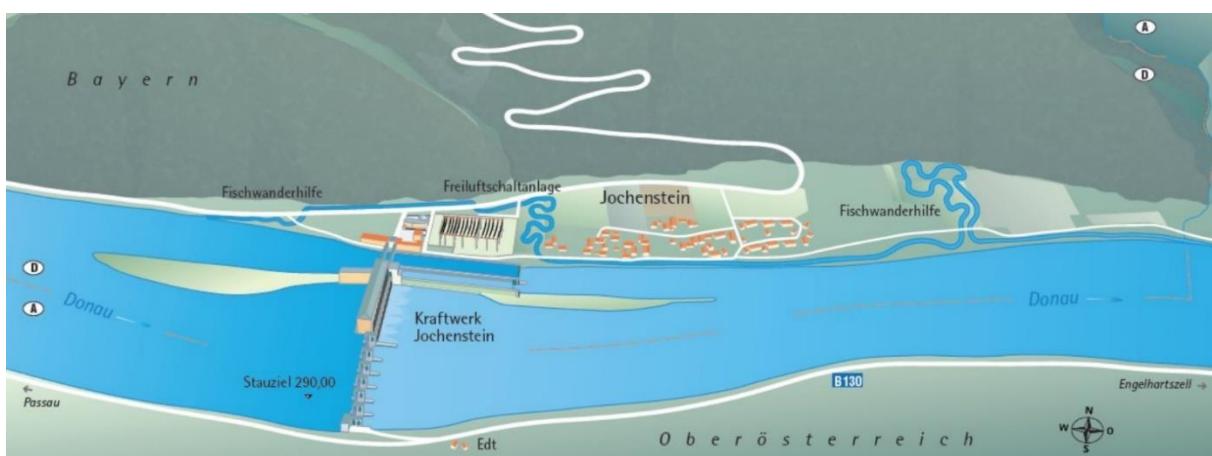


Abbildung 12: Konzeptzeichnung der Organismenwanderhilfe

Realisiert wird die OWH mithilfe eines künstlich angelegten kleinen Flusses, welche an einigen Schnittstellen von z.B. Brückenbauwerken überdeckt wird.

Zudem ist parallel zu diesem Verfahren die für das Vorhaben notwendige Adaptierung der bestehenden Freiluftschaltanlage (FSA) im Bereich Talboden geplant. Die dafür erforderlichen Umbaumaßnahmen sollen tagsüber erfolgen, so dass hierzu keine

Baustellenbeleuchtungen erforderlich werden und keine kumulativen Effekte entstehen.

5.2. Betriebsphase

5.2.1. ES-R

Der Speichersee des ES-R wird in der Betriebsphase keine Außenbeleuchtung besitzen und kann somit keine Lichtimmission erzeugen. Die Talstation oder genauer gesagt die Kraftstation, zu erkennen in Abbildung 11, wird mit einer minimalen Außenbeleuchtung während dem Betrieb ausgestattet sein, welche als Wege- oder Parkplatzbeleuchtung dienen soll. Die Kraftstation ist zum nächstgelegenen Wohngebäude ca. 360 m Luftlinie entfernt. Die Immissionen dieser Minimalbeleuchtung sind zum einen durch die vorhandene Verbauung und Entfernung zwischen Wohngebiet und Kraftstation als sehr gering einzustufen. Zum anderen ist durch die bereits vorhandene Schleusenbeleuchtung die Vorbelastung relativ hoch, weswegen eine Lichtimmission von der Kraftstation ausgehend, sollte diese überhaupt auftreten, im Vergleich zu der Vorbelastung nicht ins Gewicht fällt und als zu vernachlässigen anzusehen ist. Voraussetzung für die eben getroffene Aussage ist eine Beleuchtung, welche ihr Licht nicht über die Horizontale hinweg ausstrahlt, dies entspricht dem Typ 3 aus Kapitel 10.2.2.

5.2.2. Kumulationswirkungen

Die OWH und FSA werden während dem Betrieb nicht mit künstlichen Lichtquellen beleuchtet, weswegen eine Kumulationswirkung an dieser Stelle ausbleibt. Es bleibt bei der gleichen Aussage wie in Kapitel 5.1.2.

6. Bestands situation

Im Areal um den zukünftigen Speichersee ist momentan keine künstliche Beleuchtung vorhanden. Im Gebiet des Talbodens ist entlang der Donau ein Bereich von mindestens 2km Länge mit einer Uferbeleuchtung ausgestattet. Dazu kommt eine stärkere Ausleuchtung im Bereich der Schleuse. Informationen über die Bestückung der Bestandsbeleuchtung, also die Lampe, wurde dem Ingenieurbüro seitens des Auftraggebers zur Verfügung gestellt. Für die Simulation wird eine detaillierte Lichtverteilungskurve und somit ein Leuchtentyp („Gehäuse“ der Lampe) benötigt, deswegen wurde ein weit verbreiteter Leuchtentyp, der AEG Koffer mit Prismenwanne, für die Altbeleuchtung benutzt.

Der Einfluss des Altbestandes wird durch die Berechnungen zwar ersichtlich, muss aber in der Diskussion über Immissionsschutz in Bezug auf die Einhaltung der Richtwerte nicht bewertet werden, da diese Beleuchtung bereits genehmigt wurde und einen Beitrag zu einem sicheren Schiffsverkehr leistet. Die ausführlichen Ergebnisse mitsamt Diskussion sind in Kapitel 9 enthalten.

7. Lichtimmissionsberechnung

7.1. Berechnungsprogramm

Die Lichtimmissionsberechnung wurde mit dem Programm ReluxDesktop und mit Hilfe der unter 4.3 aufgeführten, zur Verfügung gestellten Unterlagen durchgeführt. Eine Berechnung für die Betriebsphase wurde nicht durchgeführt.

7.2. Parameter für die Bauphase

Die auftretende Raumauflhellung als auch die auftretende Blendung können ermittelt werden, wenn die entsprechenden Parameter (Positionen der künstlichen Lichtquelle, Bepflanzung, Häuser...) bekannt sind. Mithilfe der zur Verfügung gestellten Planunterlagen war es möglich, alle relevanten Positionen zu bestimmen.

Für die stark von der Höhe her variierende Umgebung des Speichersees des Energiespeichers Riedl wurde ein 3D-Geländemodell der kompletten Region zur Verfügung gestellt, zu sehen in Abbildung 13. Anhand dieses Modells wurden die relevanten Positionen für die Bestimmung der Lichtimmissionen von der Höhe her ausgerichtet.

Ebenfalls wurde ein 3D-Modell des geplanten Speichersees zur Verfügung gestellt. Dieses Modell findet in der Simulation jedoch keine Anwendung. Dies hat den Hintergrund, dass dieses Gutachten die Lichtimmissionen der Baustellen-Beleuchtung betrachtet. Während der Bauphasen werden die Leuchten in ihrer jeweiligen Montagehöhe auf ungefähr dem Bodenniveau des Speichersees (ca. 610m ü. NN) aufgestellt und nicht auf dem Höhenniveau des fertiggestellten Speichersees, welches ca. 20m höher bei ca. 630m ü. NN liegt. Eine zweite Berechnung der Lichtimmissionen wurde ebenfalls für ein angenommenes Bodenniveau auf 620m ü. NN durchgeführt.

Das Ziel der Lichtsimulation ist es, eine Worst-Case-Betrachtung zu erstellen. Es wird explizit auf die Berücksichtigung der vorhandenen Bepflanzung im Bereich um den Energiespeicher Riedl verzichtet, durch welche in der Realität weitaus weniger Aufhellung und Blendung auftreten sollte als in der Lichtsimulation.

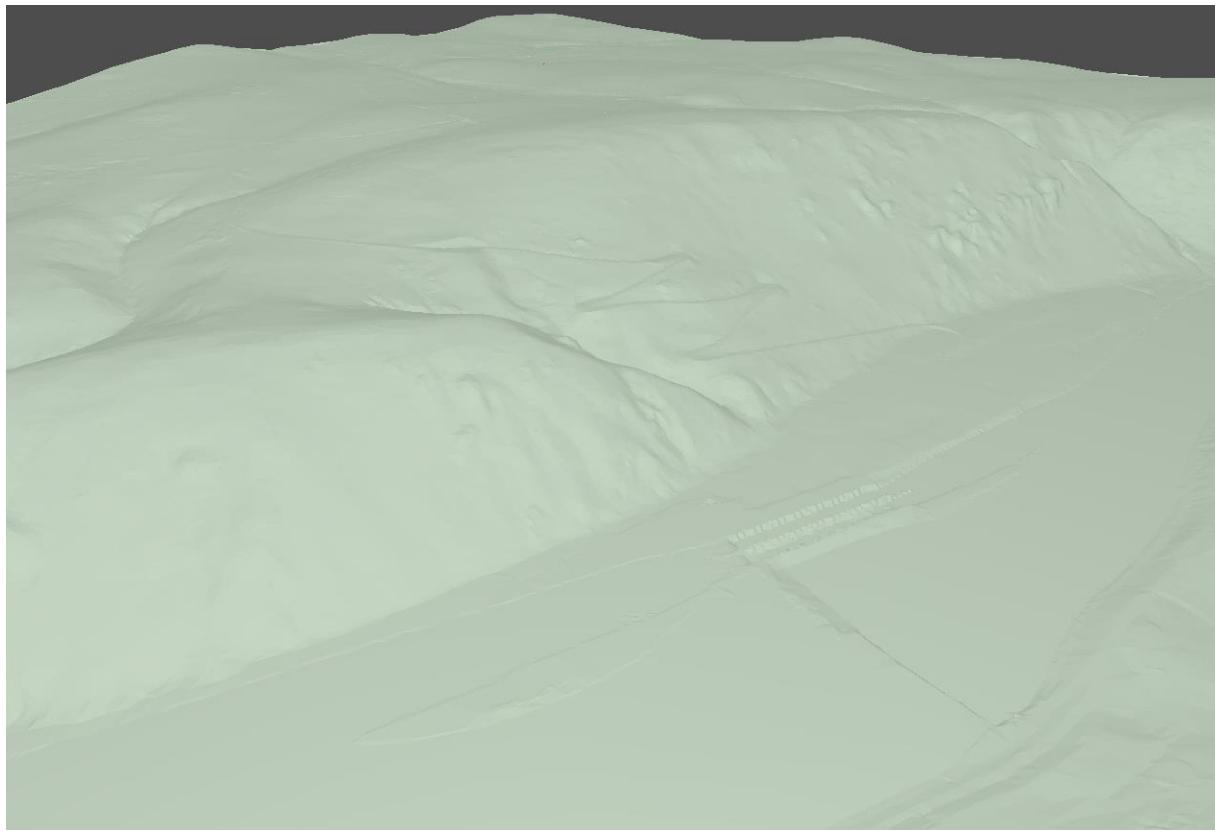


Abbildung 13: Übersicht des 3D-Geländemodells

Raumaufhellung

Um die Raumaufhellung simulieren zu können wurde an jedem relevanten Immissionsort eine vertikale Beleuchtungsstärkemessfläche erstellt. Die Höhen der Messflächen sind dabei so dimensioniert worden, dass die Messflächen mindestens eine Höhe von 20m abdecken, womit die Raumaufhellung ganzheitlich bewertet werden kann. Die nachfolgende Tabelle 5 soll einen Überblick über die erstellten und untersuchten Flächen bezüglich der Raumaufhellungen um das Gebiet des Speichersee geben während Tabelle 6 dasselbe für das Talgebiet zeigt:

Bezeichnung	Messfläche
A	Gottsdorf
B	Haitzendorf
C	Waldgebiet Riedl W
D	Waldgebiet Riedl NO
E	Waldgebiet Riedl N
F	Riedl N
G	Hanggebiet Teil 1
H	Hanggebiet Teil 2
I	Hanggebiet Teil 3
J	Riedlerhof
K	Waldgebiet Gottsdorf Teil 1
L	Waldgebiet Gottsdorf Teil 2
L2	Waldgebiet Gottsdorf Teil 2 versetzt
M	Waldgebiet Gottsdorf Teil 3
N	Waldgebiet Gottsdorf Teil 4

Tabelle 5: Messflächen um den Speichersee

Dargestellt sind die Messflächen um den Speichersee in Abbildung 14 und die Messflächen im Talgebiet in Abbildung 15, jeweils als rote Streifen.

Bezeichnung	Messfläche
A	Hinter PA51 Teil 1
B	Hanggebiet Teil 1
C	Hinter PA51 Teil 2
D	Hanggebiet Teil 2
E	Hinter PA51 Teil 3
F	Hanggebiet Teil 3
G	Hinter PA51 Teil 4
H	Hanggebiet Teil 4
I	Werkssiedlung Westseite
J	Werkssiedlung Nordseite

Tabelle 6: Messflächen im Talgebiet

Abbildung 16 zeigt die Messflächen am GÖM (Edlhof).

Blendung

Die Blendwirkung der Leuchten ist abhängig von der Lichtstärke in Richtung des Beobachters, vom Blickwinkel Richtung Lichtaustrittsfläche der Leuchten und der Entfernung zum jeweiligen Beobachter sowie der Umgebungsleuchtdichte der jeweiligen Leuchte. Es wird hierbei immer jede einzelne Leuchte bewertet. Bei einer Gruppenanordnung ist die Leuchte maßgebend, bei der der Maximalwert auftritt. Für die Blendungsbewertung wird ein Wert von der Umgebungsleuchtdichte für das Gebiet um den Speichersee von $0,1 \text{ cd/m}^2$ angenommen. Durch die vorhandene Altbestandsbeleuchtung ist die Umgebungsleuchtdichte im Talgebiet etwas höher, weswegen dort ein Wert von $0,3 \text{ cd/m}^2$ angenommen wird. Für die Bewertung der Blendung wurden 28 fiktive Beobachterpositionen angenommen, die aus der Abbildung 14 und Abbildung 15 hervorgehen. Dargestellt werden die Beobachterpositionen in den Abbildungen als pinke Kreise. Diese wurden im Erdgeschoss in einer Höhe von 1,5 Metern positioniert, da dieser Bereich eines Wohngebäudes bezüglich der Blendwirkung als am kritischsten anzusehen ist. Die nachfolgende Tabelle 7 und Abbildung 14 soll einen Überblick über die Positionen der Immissionsorte im Talgebiet, welche zur Überprüfung der Blendung dienen, geben:

Abbildungsbezeichnung	Immissionsorte (Untergriesbach)	Stockwerk
12.1	Am Jochenstein 22 Westseite	EG
12.2	Am Jochenstein 20 Westseite	EG
12.3	Am Jochenstein 22 Nordseite	EG
12.4	Am Jochenstein 20 Nordseite	EG
12.5	Am Jochenstein 16 Westseite	EG
12.6	Am Jochenstein 16 Nordseite	EG
12.7	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 1	EG
12.8	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 2	EG
12.9	Hofweg 6 Nordseite	EG
12.10	Am Jochenstein 10 Nordseite	EG

Tabelle 7: Immissionsorte im Talgebiet

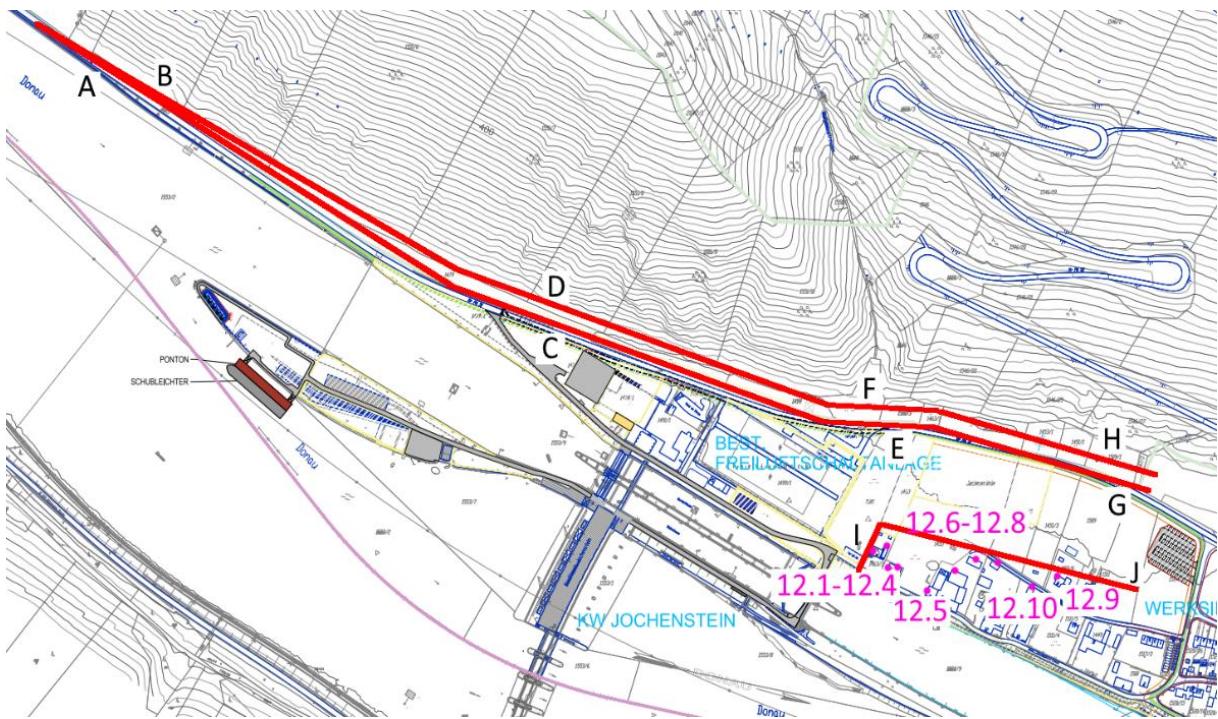


Abbildung 14: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte im Talgebiet

Tabelle 8 und Abbildung 15 geben einen Überblick über die Positionen der Immissionsorte am Speichersee:

Abbildungsbezeichnung	Immissionsorte (Untergriesbach)	Stockwerk
15.1	Riedler Str. 24	EG
15.2	Riedler Str. 23	EG
15.3	Riedler Str. 22	EG
15.4	Riedler Str. 20	EG
15.5	Riedler Str. 16	EG
15.6	Riedler Str. 14	EG
15.7	Riedler Str. 10	EG
15.8	Mühlberg 8	EG
15.9	PA50 8 / Alte Dorfstraße 8	EG
15.10	Krieghäusl 1	EG
15.11	PA50 6 / Alte Dorfstraße 6	EG
15.12	PA50 5 / Alte Dorfstraße 5	EG
15.13	Krottenthal 14	EG
15.14	Riedlerhof 1	EG
15.15	Riedl 1	EG
15.16	Riedl 1a	EG
15.17	Riedler Str. 31	EG
15.18	Haus am SV Gottsdorf Sportplatz	EG

Tabelle 8: Immissionsorte am Speichersee

Abbildung 16 zeigt die Positionen der Immissionsorte am GÖM (Edlhof).

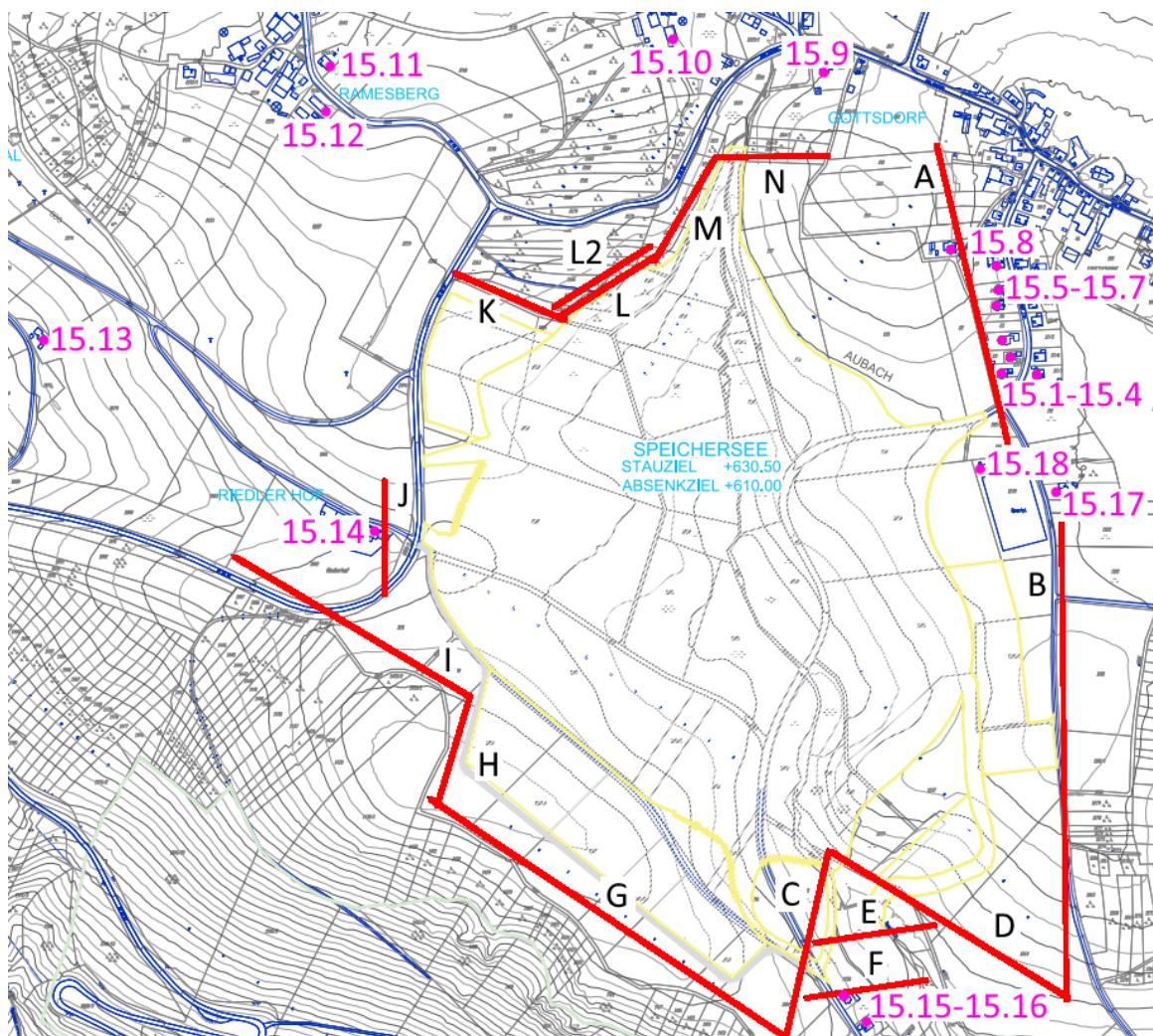


Abbildung 15: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte am Speichersee



Abbildung 16: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte am GÖM (Edlhof)

8. Festlegung der Bewertungskriterien

8.1. Lichtimmissionen nach LAI den Menschen betreffend

Die Berechnung und Beurteilung der Lichtimmissionen erfolgen zum einen nach den Vorgaben der LAI-Schrift. Danach kommt es auf das Maß der Raumauflhellung und der Blendung durch die künstlichen Lichtquellen an den maßgeblichen Immissionsorten in der Nachbarschaft an. Bei den betrachteten Immissionsorten handelt es sich um Wohngebäude in Gottsdorf, Ramesberg, Krottenthal, Riedl und Jochenstein. Bei den betroffenen Gebieten handelt es sich um verschiedene Gebiete. Um den Worst Case zu betrachten geht der Verfasser für alle betroffenen Wohngebäude von einer Klassifizierung als allgemeines Wohngebiet nach §4 BauNVO aus.

Laut der LAI-Schrift gelten für den Energiespeicher Riedl damit folgende Immissionsrichtwerte, wobei durch die eingeschränkte Hauptnutzungsdauer nur die Richtwerte bis 22 Uhr relevant sind:

Wohngebiet

Raumauflhellung:	bis 22:00 Uhr: max. 3 lx nach 22:00 Uhr: max. 1 lx
Blendung:	bis 20:00 Uhr: maximaler K-Wert: 96 20.00 - 22:00 Uhr: maximaler K-Wert: 64 nach 22.00 Uhr: maximaler K-Wert: 32

8.2. Lichtimmissionen nach DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten die Umwelt betreffend

Nach den Vorgaben der DIN EN 12464-2 werden zur Begrenzung der möglichen Störwirkung von Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien auf die nächtliche Umgebung Richtwerte für verschiedene Umweltzonen definiert. Da die genaue Umweltzone, in der der Energiespeicher Riedl liegt, nicht eindeutig definiert ist, geht der Verfasser von einer Klassifizierung als Umweltzone E2 aus, die Bereiche mit geringer Gebietshelligkeit repräsentiert. Laut der DIN EN 12464-2 gelten für den Energiespeicher Riedl damit folgende Immissionsrichtwerte:

Umweltzone E1

Nach oben gerichteter Anteil des Leuchtenlichtstroms: $R_{ULMax} = \text{ULR} = 0\%$

Umweltzone E2

Nach oben gerichteter Anteil des Leuchtenlichtstroms: $R_{ULMax} = \text{ULR} \leq 5\%$

8.3. Lichtimmissionen die Fauna betreffend

Die Fauna betreffend existieren in den einschlägigen Normen keine Richtwerte bzgl. den gängigen lichttechnischen Größen wie Leuchtdichte oder Beleuchtungsstärke, anhand welcher man Lichtimmission gegenüber der Fauna klassifizieren könnte. Die



beiden, bereits genannten Normen treffen beide die Aussage, dass Lichtimmissionen gegenüber der Fauna so gering wie möglich zu halten sind. Um dennoch Aussagen bzgl. einer möglichen Lichtimmission der Fauna gegenüber treffen zu können, werden in Kapitel 9.2 bei der Ergebnisdiskussion die den Menschen betreffenden Richtwerte zur Orientierung herbeigezogen.



9. Ergebnisse und Auswertung

Die nachfolgende Darstellung zeigt das am Computer erstelle 3D-Abbild des projektierten Energiespeicher Riedls inklusive der Raumauflhellungsflächen. Grundlage dafür sind in den voran gegangenen Kapiteln dargelegten Informationen und Annahmen. Weitere Darstellungen sind der Lichtimmissionsberechnung im Anhang A1 zu entnehmen. Sowohl für das Areal um den Speichersee als auch für das Talgebiet wurden jeweils 2 Simulationen durchgeführt. Beim Speichersee handelt es sich zum einen um eine realistische Betrachtung der Leuchtenhöhe, bei welcher die Leuchten, wie in Kapitel 3 beschrieben, in ihrer jeweiligen Montagehöhe, ausgehend von dem Bodenniveau des Speichersees bei ca. 610m ü. NN montiert werden. Zum anderen wird in der zweiten Simulation ein unwahrscheinlicher Worst Case betrachtet, bei welchem die Leuchten in ihrer jeweiligen Montagehöhe ausgehend von einem Bodenniveau des Speichersees bei ca. 620m ü. NN montiert werden, also effektiv 10m höher montiert werden.

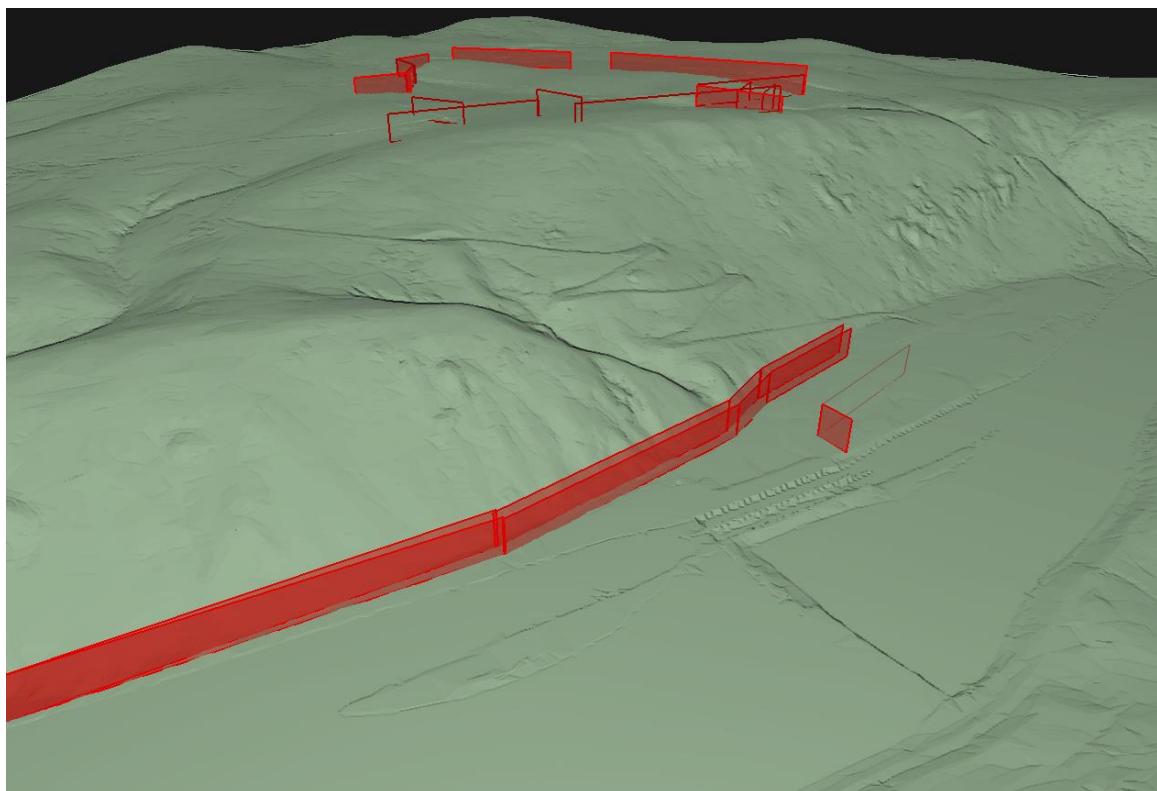


Abbildung 17: Übersicht des 3D-Geländemodells inkl. platzierte Raumaufhellungsflächen

Die zwei Simulationen im Talgebiet unterscheiden sich insoweit, als das eine Simulation ohne den vorhandenen Altbestand an Beleuchtung und eine Simulation mit Altbestand durchgeführt wurde. Somit ist der Einfluss des Altbestandes zwar ersichtlich, muss aber in der Diskussion über Immissionsschutz in Bezug auf die Einhaltung der Richtwerte nicht bewertet werden, da diese Beleuchtung bereits genehmigt wurde und einen Beitrag zu einem sicheren Schiffsverkehr leistet.

9.1. Lichtimmissionen nach LAI & DIN EN 12464-2

9.1.1. Raumauflhellung

In der Simulation waren am Speichersee die Leuchten aus allen 3 untersuchten Bauphasen, aufgelistet in Kapitel 5.1.1, simultan in Betrieb, um den Worst-Case-Charakter beizubehalten. Dabei wurde darauf geachtet, dass Flächen, sollten sie über verschiedenen Bauphasen hinweg benutzt werden, nur mit einer Leuchtenanordnung beleuchtet werden. Die maximalen Beleuchtungsstärken E_{max} der jeweiligen, die LAI

und den Menschen betreffenden, Messflächen sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Tabelle 9 zeigt die Raumaufhellung am Speichersee und Tabelle 10 die Raumaufhellung im Talgebiet.

Bez.	Messfläche	E_m	E_{max}	Richtwert E_{max}
A	Gottsdorf	0,00 lx	0,02 lx	3 lx
B	Haitzendorf	0,00 lx	0,02 lx	3 lx
F	Riedl N	0,01 lx	0,03 lx	3 lx
J	Riedlerhof	0,03 lx	0,16 lx	3 lx
A	Gottsdorf Worst-Case	0,01 lx	0,04 lx	3 lx
B	Haitzendorf Worst-Case	0,01 lx	0,03 lx	3 lx
F	Riedl N Worst-Case	0,03 lx	0,06 lx	3 lx
J	Riedlerhof Worst-Case	0,04 lx	0,18 lx	3 lx

Tabelle 9: Ergebnisse Raumaufhellungen am Speichersee die LAI betreffend

Bez.	Messfläche	E_m	E_{max}	Richtwert E_{max}	E_{max} der Vorbelastung
I	Werkssiedlung Westseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx	2,80 lx
J	Werkssiedlung Nordseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx	0,00 lx
A	Edlhof (GÖM)	0,01 lx	0,03 lx	3 lx	-

Tabelle 10: Ergebnisse Raumaufhellungen im Talgebiet und am Edlhof die LAI betreffend

Die Tabelle zeigt, dass die maximale Beleuchtungsstärke an allen jeweiligen Messflächen unter den zugehörigen Immissionsrichtwert zur Begrenzung der Beleuchtungsstärke liegt. Ebenso erfüllt die Beleuchtung die strengeren Richtwerte von einer Raumaufhellung von maximal 1 lx, welche zwischen 22 Uhr und 6 Uhr gelten. Durch das Dazuschalten des Altbestands im Talgebiet erhöht sich die Raumaufhellung im Maximum um 2,8 lx auf 2,9 lx, wobei sich das Maximum in der Messfläche „Werkssiedlung Westseite“ befindet. Auch in diesem Fall werden die Richtwerte bis 22 Uhr nicht überschritten. Ebenso liegt der durch den GÖM betroffene Edlhof mit einer maximalen Raumaufhellung von 0,03 lx unter den zulässigen 3 lx. Aufgrund des photometrischen Abstandsgesetzes müssen alle weiter entfernten Immissionsorte, niedrigere Beleuchtungsstärkewerte aufweisen.

9.1.2. Leuchtdichteblendung

Zur Berechnung der Leuchtdichteblendung für die 28 angenommenen Beobachterpositionen in der angrenzenden Bebauung wird in der verwendeten Lichtsimulationssoftware die maximale Lichtstärke in Richtung des Beobachters berechnet. Die berechnete Lichtstärke ergibt sich aus der Einzelbetrachtung der projektierten Baustellen-Beleuchtungsanlage. Weiterfolgend wird die auf Grund des von der LAI definierten Blendmaßes zulässige und die tatsächliche Leuchtdichte bzw. Blendbeleuchtungsstärke berechnet. Tabelle 11 zeigt die Werte der Beobachterpositionen der Worst Case Betrachtung am Speichersee und Tabelle 12 die Werte der Beobachterpositionen im Talgebiet ohne die Altbestandsbeleuchtung.

Nr.	Beobachter	$Raumwinkel \Omega_S < 1.0e^{-6}$		$Raumwinkel \Omega_S > 1.0e^{-6}$	
		Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
15.1	Riedler Str. 24	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.2	Riedler Str. 23	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.3	Riedler Str. 22	-	0,020 lx	-	64

15.4	Riedler Str. 20	-	0,020 lx	-	64
15.5	Riedler Str. 16	-	0,020 lx	-	64
15.6	Riedler Str. 14	-	0,020 lx	-	64
15.7	Riedler Str. 10	-	0,020 lx	-	64
15.8	Mühlberg 8	-	0,020 lx	-	64
15.9	PA50 8 / Alte Dorfstraße 8	-	0,020 lx	-	64
15.10	Krieghäusl 1	-	0,020 lx	-	64
15.11	PA50 6 / Alte Dorfstraße 6	-	0,020 lx	-	64
15.12	PA50 5 / Alte Dorfstraße 5	-	0,020 lx	-	64
15.13	Krottenthal 14	-	0,020 lx	-	64
15.14	Riedlerhof 1	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.15	Riedl 1	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.16	Riedl 1a	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.17	Riedler Str. 31	0,000 lx	0,020 lx	-	64
15.18	Haus am SV Gottsdorf Sportplatz	0,000 lx	0,020 lx	-	64

Tabelle 11: Blendungsbewertung am Speichersee je nach Raumwinkel

Nr.	Beobachter	$\text{Raumwinkel } \Omega_S < 1.0e^{-6}$		$\text{Raumwinkel } \Omega_S > 1.0e^{-6}$	
		Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
12.1	Am Jochenstein 22 Westseite	0,010 lx	0,035 lx	23,50	64
12.2	Am Jochenstein 20 Westseite	0,000 lx	0,035 lx	15,60	64
12.3	Am Jochenstein 22 Nordseite	0,010 lx	0,035 lx	15,17	64
12.4	Am Jochenstein 20 Nordseite	0,010 lx	0,035 lx	-	64
12.5	Am Jochenstein 16 Westseite	0,000 lx	0,035 lx	-	64
12.6	Am Jochenstein 16 Nordseite	0,010 lx	0,035 lx	-	64
12.7	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 1	0,010 lx	0,035 lx	18,69	64
12.8	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 2	0,010 lx	0,035 lx	19,02	64
12.9	Hofweg 6	0,010 lx	0,035 lx	13,28	64
12.10	Am Jochenstein 10	0,010 lx	0,035 lx	-	64



	Nordseite				
1	Edelhof (GÖM)	0,000 lx	0,020 lx	-	64
2	Edelhof (GÖM)	0,000 lx	0,020 lx	-	64
3	Edelhof (GÖM)	0,000 lx	0,020 lx	-	64

Tabelle 12: Blendungsbewertung im Talgebiet und am Edlhof je nach Raumwinkel ohne Altbestand

Alle berechneten Leuchtdichte- & Beleuchtungsstärkewerte liegen unterhalb der zulässigen Werte. Ist ein Feld in der Tabelle mit einem Strich ausgefüllt, so an dieser Beobachterposition eine Ermittlung des Wertes aufgrund der Geometrie nicht möglich, da z.B. keine Leuchte einsehbar ist. Alle Berechnungen mit graphischen Darstellungen befinden sich im Anhang A1. Ebenso erfüllt die Beleuchtung die strengeren Richtwerte von einem k-Wert von maximal 32, welche zwischen 22 Uhr und 6 Uhr gelten.

Die folgende Tabelle zeigt die Werte für die Leuchtdichteblendung der Altbestandsbeleuchtung. Im Gegensatz zu der Raumauflösung addieren sich bei der Leuchtdichteblendung die Werte der neuen Beleuchtung und die Werte der Altbestandsbeleuchtung nicht. Die Leuchtdichteblendung betrachtet die Blendung einer einzelnen Leuchte und nicht das Zusammenspiel aus mehreren Leuchten.

Nr.	Beobachter	$Raumwinkel \Omega_s < 1.0e^{-6}$		$Raumwinkel \Omega_s > 1.0e^{-6}$	
		Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
12.1	Am Jochenstein 22 Westseite	0,030 lx	0,035 lx	219,61	64
12.2	Am Jochenstein 20 Westseite	0,020 lx	0,035 lx	258,78	64
12.3	Am Jochenstein 22 Nordseite	0,020 lx	0,035 lx	180,26	64
12.4	Am Jochenstein 20 Nordseite	0,030 lx	0,035 lx	234,83	64
12.5	Am Jochenstein 16 Westseite	0,070 lx	0,035 lx	209,42	64
12.6	Am Jochenstein 16 Nordseite	0,060 lx	0,035 lx	138,89	64
12.7	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 1	0,060 lx	0,035 lx	36,79	64
12.8	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 2	0,050 lx	0,035 lx	-	64
12.9	Hofweg 6 Nordseite	0,030 lx	0,035 lx	4,69	64
12.10	Am Jochenstein 10 Nordseite	0,040 lx	0,035 lx	20,90	64

Tabelle 13: Blendungsbewertung des Altbestands im Talgebiet je nach Raumwinkel

Betrachtet man die Werte der Beobachterpositionen im Talgebiet mit eingeschalteter Altbestandsbeleuchtung, so liegt das Maximum mit einem k-Wert von 258,78 bei ungefähr dem 4-fachen Richtwert. Die Richtwerte werden von dem Altbestand überschritten und könnten gemäß der LAI eine Blendung verursachen. Die LAI lässt es offen, ob die Richtwerte für bestehende Beleuchtungsanlagen Anwendung finden dürfen und es obliegt der zuständigen Stadt bzw. Gemeinde dies festzulegen. Sollte der Altbestand eine Blendung hervorrufen müssen der Stadt bzw. Gemeinde zum jetzigen Zeitpunkt auch schon Beschwerden vorliegen. Aus diesen Gründen wird eine Blendungsbewertung der Altbestandbeleuchtung an dieser Stelle nicht durchgeführt.

9.1.3. Upward Lighting Ratio

Zusätzlich zur Raumauflhellung und Leuchtdichteblendung legt die DIN EN 12464-2 Immissionsrichtwerte bezüglich des nach oben gerichteten Anteils des Leuchtenlichtstroms (Upward Lighting Ratio - R_{ULMax} - ULR) fest. Je nach Klassifizierung des Gebiets um das Bauvorhaben herum ist von einem ULR-Richtwert von entweder 5% oder 0% auszugehen. Das Lichtkonzept sieht 3 Leuchtentypen vor, welche mit einem Neigungswinkel von ungleich 0° montiert werden sollen. Für diese 3 Leuchtentypen wurde der URL-Wert mit Hilfe eines Simulationsprogramms bestimmt. Die Ergebnisse sind der Tabelle 13 und dem Anhang A2 zu entnehmen.

Leuchtentyp	Beschreibung	Neigungswinkel	ULR
TEC-MAR Stealth	Lichtkonzept-Winkel	15°	0%
	0%-Winkel	15°	0%
TEC-MAR Nano Lord (AR)	Lichtkonzept-Winkel	10°	0%
	0%-Winkel	18°	0%
TEC-MAR Lord Street (ST)	Lichtkonzept-Winkel	10°	0%
	0%-Winkel	19°	0%

Tabelle 14: Ergebnis ULR-Untersuchung

Tabelle 13 enthält zudem den maximal möglichen Neigungswinkel, bei welchem die Leuchte noch einen ULR-Wert von 0% aufweist. Mit dem vorgegebenen Neigungswinkel werden auch die strengere Richtwert von 0% eingehalten.

Alle anderen TEC-MAR Leuchtentypen sollen mit 0° Neigung montiert werden. Das Lichtkonzept enthält ebenso die Lichtverteilungskurve (LVK) der jeweiligen Leuchte. Die LVKs der Leuchten, welche mit 0° Neigung montiert werden, zeigen, dass kein Licht die Leuchte in den oberen Halbraum verlässt. Oder andersherum betrachtet, 100% des Lichts, welches die Leuchte aussendet, wird Richtung Boden und unterhalb der Horizontalen ausgesendet. Mit Hilfe dieser beiden Informationen, also der LVK und der 0° Neigung, lässt sich der ULR-Wert für die waagrechte Montage dieser Leuchten auf 0% festlegen.

9.2. Lichtimmissionen gegenüber der Fauna

Grundlage der gewählten Raumauflhellungsflächen bildet eine artenschutzrechtliche Abstimmung mit dem zuständigen Büro für Landschaftsökologie. Die Flächen am Speichersee und im Talgebiet wurden i.d.R. jeweils so gewählt, dass diese auf den Grenzen zu den artenschutzrelevanten Flächen oder näher zum Speichersee gelegen sind. Die nachfolgende Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse der Raumauflhellungsflächen am Speichersee. Zur Orientierung wird auf Abbildung 17 verwiesen, wo die Messflächen und ihre räumliche Positionierung zu erkennen sind.

	Messfläche	E_m	E_{max}	Richtwert E_{max}



C	Waldgebiet Riedl W		0,09 lx	8,89 lx	-
D	Waldgebiet Riedl NO		0,01 lx	1,47 lx	-
E	Waldgebiet Riedl N		0,02 lx	0,06 lx	-
G	Hanggebiet Teil 1		0,01 lx	0,08 lx	-
H	Hanggebiet Teil 2		0,02 lx	0,25 lx	-
I	Hanggebiet Teil 3		0,02 lx	0,20 lx	-
K	Waldgebiet Gottsdorf Teil 1		0,02 lx	0,18 lx	-
L	Waldgebiet Gottsdorf Teil 2		0,00 lx	0,02 lx	-
M	Waldgebiet Gottsdorf Teil 3		0,00 lx	0,01 lx	-
N	Waldgebiet Gottsdorf Teil 4		0,00 lx	0,01 lx	-
C	Waldgebiet Riedl W	Worst-Case	0,18 lx	8,89 lx	-
D	Waldgebiet Riedl NO	Worst-Case	0,03 lx	2,76 lx	-
E	Waldgebiet Riedl N	Worst-Case	0,05 lx	0,12 lx	-
G	Hanggebiet Teil 1	Worst-Case	0,01 lx	0,09 lx	-
H	Hanggebiet Teil 2	Worst-Case	0,02 lx	0,28 lx	-
I	Hanggebiet Teil 3	Worst-Case	0,03 lx	0,22 lx	-
K	Waldgebiet Gottsdorf Teil 1	Worst-Case	0,03 lx	0,86 lx	-
L	Waldgebiet Gottsdorf Teil 2	Worst-Case	0,04 lx	6,71 lx	-
L2	Waldgebiet Gottsdorf Teil 2 versetzt	Worst-Case	0,01 lx	0,06 lx	-
M	Waldgebiet Gottsdorf Teil 3	Worst-Case	0,01 lx	0,03 lx	-
N	Waldgebiet Gottsdorf Teil 4	Worst-Case	0,01 lx	0,02 lx	-

Tabelle 15: Ergebnisse Raumaufhellungen am Speichersee die Fauna betreffend

Die meisten Raumaufhellungsflächen weisen keine nennenswerte Raumaufhellung auf. Auffällig sind im Worst Case die Waldgebiete Riedl W, Riedl NO und Gottsdorf Teil 2. Die ungefähre Position ist in Abbildung 17 mit Hilfe von blauen Kreisen abgebildet. Wie schon in Kapitel 4 erwähnt existieren keine Richtwerte für Lichtimmissionen gegenüber der Fauna. Orientiert man sich an den für den Menschen in Frage kommenden Richtwerten, so übersteigen die Walgebiete Riedl W und Gottsdorf Teil 2 den Orientierungswert von 3 lx.

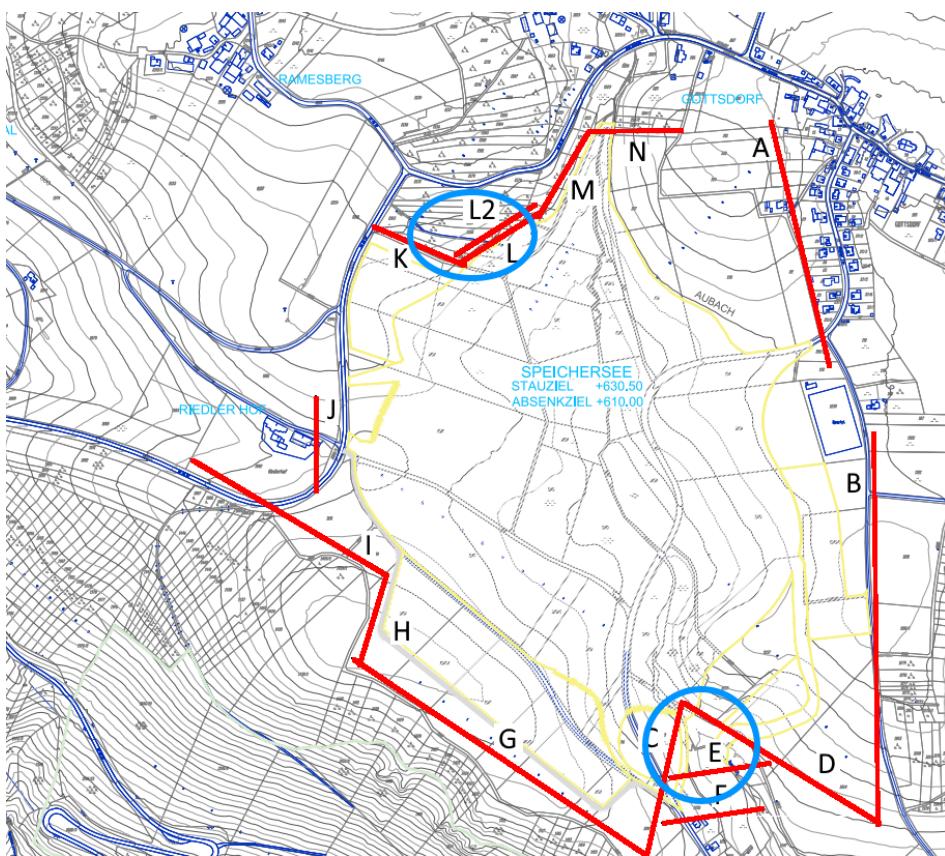


Abbildung 18: Diskussionsbedürftige Bereiche am Speichersee

Das Waldgebiet Gottsdorf Teil 2, der nördliche blaue Kreis in Abbildung 17, weist eine maximale Raumaufhellung von 6,71 lx auf. Wird die Raumaufhellungsfläche um 15 m tiefer in den Wald versetzt, so reduziert sich die maximale Raumaufhellung auf 0,06 lx. Das Waldgebiet Riedl W wird im Maximum mit 8,89 lx erhellt. Die tiefer im Wald gelegene Raumaufhellungsfläche Waldgebiet Riedl N weist dagegen nur noch eine maximale Aufhellung von 0,12 lx auf. Beide, über dem Orientierungswert liegenden Areale sind fast direkt am Baustellenbereich gelegen. Eine Raumaufhellung lässt sich durch die benötigte Baustellenbeleuchtung somit kaum vermeiden. Allerdings fällt die Beleuchtungsstärke relativ schnell und innerhalb der maximale Anlockdistanz für lichtsensible Arten auf ein zu vernachlässigendes Niveau ab.

Die Ergebnisse der Raumaufhellung im Talgebiet sind in der nachfolgenden Tabelle 15 festgehalten.

Nr.	Messfläche	E_m	E_{max}	Richtwert E_{max}
A	Hinter PA51 Teil 1	0,00 lx	10,10 lx	-
B	Hanggebiet Teil 1	0,00 lx	1,10 lx	-
C	Hinter PA51 Teil 2	0,10 lx	11,70 lx	-
D	Hanggebiet Teil 2	0,00 lx	1,10 lx	-
E	Hinter PA51 Teil 3	0,00 lx	0,00 lx	-
F	Hanggebiet Teil 3	0,00 lx	0,00 lx	-
G	Hinter PA51 Teil 4	0,20 lx	6,70 lx	-
H	Hanggebiet Teil 4	0,00 lx	0,60 lx	-

Tabelle 16: Ergebnisse Raumaufhellungen im Talgebiet die Fauna betreffend

Im Talgebiet überschreiten die Raumaufhellungsflächen Hinter PA51 Teil 1, 2 und 4 den Orientierungswert von 3 lx. Die hier erreichte maximale Raumaufhellung erreicht Werte zwischen 6,7 lx und 11,7 lx, welche nicht überraschend sind. Die betroffenen

Regionen sind in Abbildung 18 mit einem blauen Kreis markiert. Die Raumauflhellungsflächen „Hinter PA51“ sind von den Bauflächen aus gesehen direkt hinter der Kreisstraße PA51 positioniert und somit nur ca. 6 m von den auszuleuchtenden Flächen entfernt. Eine Raumauflhellung lässt sich durch die benötigte Baustellenbeleuchtung somit kaum vermeiden. In bis zu maximal 20 m Entfernung von diesen Flächen wurden die Raumauflhellungsflächen „Hanggebiet“ der Donauleiten positioniert, welche wie der Name bereits verrät am Hangbeginn positioniert sind. Betrachtet man die dort auftretende Raumauflhellung, so liegt die Raumauflhellung unter dem Orientierungswert bei maximal 1,1 lx.

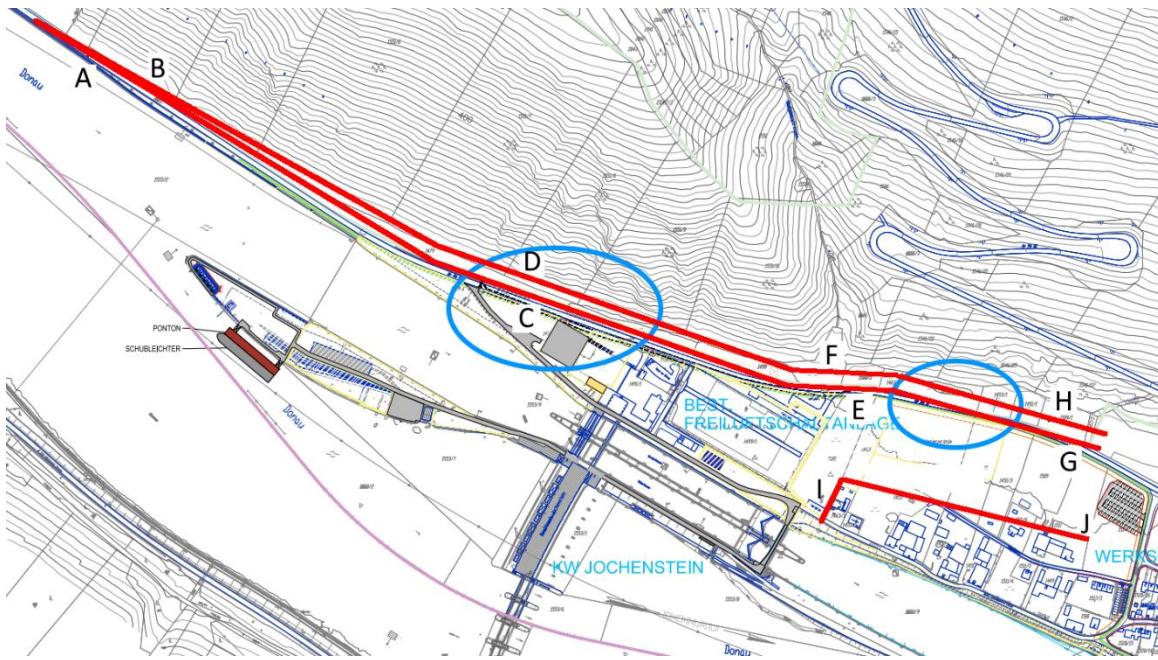


Abbildung 19: Diskussionsbedürftige Bereiche im Talgebiet

Generell sollen LED-Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3000K mit einem bedarfsorientierten Steuerungssystem (Zeitschaltuhr und Bewegungs¹- bzw. Präsenzmelder) im Sinne der Minimierungspflicht möglicher Lichtimmissionen gegenüber der Natur eingesetzt werden. Die somit möglicherweise entstehende Störung der Fauna auf dem Feldstück ist im Rahmen der allgemeinen Anforderungen (z.B. ein Mindestmaß an Beleuchtungsstärke in den Baustellenbereichen) und der Beleuchtungseigenschaften als minimiert anzusehen und somit laut den einschlägigen Normen tolerabel.

Die getroffenen Aussagen gelten analog auch für den GÖM.

9.3. Kumulative Betrachtungen

9.3.1. Mensch

Um die Synergie, welche bei zeitgleicher Errichtung der Vorhaben OWH und ES-R entsteht, ebenfalls bewerten zu können wurde eine weitere Simulation durchgeführt. Den Menschen betreffend werden auch bei der gleichzeitigen Errichtung der beiden Vorhaben keine Richtwerte überschritten, wie es den Ergebnissen aus Anhang A1 und Tabelle 17 zu entnehmen ist. Das Beleuchtungskonzept der OWH, die dort umzusetzenden Verminderungsmaßnahmen und die räumliche Zuordnung der

¹ Bei den Bewegungsmeldern ist darauf zu achten, dass die Schaltintervalle nicht zu kurz eingestellt sind um ein flackerndes Licht zu vermeiden. Die Dauer sollte ein paar Minuten betragen und nicht die 1-Minute-Marke unterschreiten.

Messflächen können dem Dokument JES-A001-PETR1-B30439-00-_FE entnommen werden.

Bez.	Messfläche	E_m	E_{max}	Grenzwert E_{max}
A	Hanggebiet Teil 1	0,00 lx	1,30 lx	-
B	Hanggebiet Teil 2	0,10 lx	2,50 lx	-
C	Hanggebiet Teil 3	0,00 lx	1,10 lx	-
D	Hanggebiet Teil 4	0,00 lx	0,60 lx	-
E	Hanggebiet Teil 5	0,00 lx	0,30 lx	-
F	Hanggebiet Teil 6	0,20 lx	6,30 lx	-
G	Hanggebiet Teil 7	0,00 lx	6,50 lx	-
H	Hanggebiet Teil 8	0,20 lx	10,10 lx	-
I	Werkssiedlung Westseite	0,00 lx	0,20 lx	3 lx
J	Werkssiedlung Ostseite	0,00 lx	0,20 lx	3 lx
K	Werkssiedlung Nordseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx
L	Werkssiedlung Südseite	0,00 lx	1,00 lx	3 lx
M	Am Jochenstein 22 Nordseite	0,20 lx	0,30 lx	3 lx
N	Am Jochenstein 22 Westseite	0,20 lx	0,60 lx	3 lx
O	Am Jochenstein 20 Nordseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx
P	Am Jochenstein 20 Westseite	0,10 lx	0,10 lx	3 lx

Tabelle 17: Ergebnisse Raumauflhellungen der kumulativen Betrachtung

9.3.2. Fauna

Die Fauna unterliegt nun möglicherweise in der Kombination der jeweiligen diskussionsbedürftigen Bereiche einer Störung, welche in Kapitel 9.2 im jeweiligen Lichtimmissionsgutachten beschrieben werden. Analog gilt bei zeitgleicher Errichtung beider Vorhaben ebenso die Aussage aus dem letzten Absatz aus Kapitel 9.2, welche zur Verdeutlichung hier nochmal aufgeführt wird: „Generell sollen LED-Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3000K mit einem bedarfsorientierten Steuerungssystem (Zeitschaltuhr und Bewegungs- bzw. Präsenzmelder) im Sinne der Minimierungspflicht möglicher Lichtimmissionen gegenüber der Natur eingesetzt werden. Die somit möglicherweise entstehende Störung der Fauna im Bereich des OWHs ist im Rahmen der allgemeinen Anforderungen (z.B. ein Mindestmaß an Beleuchtungsstärke in den Baustellenbereichen) und der Beleuchtungseigenschaften als minimiert anzusehen und somit laut den einschlägigen Normen tolerabel.“

10. Schutzkonzept

10.1. Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen gegenüber dem Menschen

Die Einhaltung der den Menschen betreffenden Richtwerte kann ohne gesonderte Maßnahmen sichergestellt werden.

10.2. Technische Umsetzung des Lichtimmissionsschutz gegenüber der Umwelt

10.2.1. Lichtfarbe/Farbtemperatur

Wenn es rein nach der Vorgabe geht, die Lichtimmissionen für die Insekten und die Natur zu minimieren, so sollte die niedrigste bzw. wärmste, zur Verfügung stehende Lichtfarbe der jeweils angestrebten LED-Leuchte ausgewählt werden. Allerdings kann und wird es vorkommen, dass für gewisse Arbeiten eine Mindestfarbwiedergabe zu gewährleisten ist, welche umso schwieriger und ineffizienter zu erreichen ist, umso niedriger bzw. wärmer die Farbtemperatur der Lichtquelle ist. Die optimale Farbtemperatur kommt also ganz auf den Einsatzzweck der Lichtquelle an.

Allgemein sollte die Farbtemperatur der zum Einsatz kommenden LED-Leuchten nicht kälter bzw. höher als 4000K sein. Mit einer Farbtemperatur von 4000K lassen sich alle benötigten Farbwiedergabe-Anforderungen effizient umsetzen, während im Vergleich zu konventionellen Leuchtmitteln die Lichtimmissionen für die Insekten und die Natur deutlich reduziert wurden. Sollte es der Einsatzzweck der Beleuchtung erlauben und keine speziellen Farbwiedergabe-Anforderungen aufweisen, so ist eine LED-Leuchte mit einer Farbtemperatur von höchstens bzw. wärmstens 3000K einzusetzen. Idealerweise bietet der angedachte Hersteller sogar die angedachte LED-Leuchte mit der Amber-Lichtfarbe (~2000K) an, welche die Lichtimmissionen für die Insekten und die Natur auf ein Minimum reduziert. Alternativ zu einer LED-Leuchte sind NAV-Leuchten von der Lichtfarbe und dem ausgesendeten Lichtspektrum ebenso mit den Zielen vom Insektenschutz verträglich. Jedoch ist im Vergleich zu einer LED-Leuchte die Farbwiedergabe einer NAV-Leuchte sehr niedrig. Weiterhin ist das ausgesendet Licht einer NAV-Leuchte in der Regel nicht so zielgerichtet fokussiert wie bei einer LED-Leuchte, was zu einer höheren Lichtverschmutzung/Lichtbelastung der Umwelt führt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass in Bezug auf den Artenschutz die Farbtemperatur eine Lichtfarbe von 4000K nicht überschreiten darf. Für Beleuchtung, welche die komplette Nacht oder phasenweise in der Nacht zum Einsatz kommt, sollten höchstens 3000K als Farbtemperatur gewählt werden.

10.2.2. Art der Lichtquelle

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Art der Lichtverteilung einer Leuchtkugel. In Abbildung 19 sind die drei gängigsten Arten von Lichtquellen schematisch dargestellt. Typ 1, in dem linken Bild dargestellt, stellt den ineffizientesten Typen dar und weist ebenso die höchste Umweltverschmutzung durch nicht zielgerichtetes Licht auf. Nichtsdestotrotz kann dieser Typ von Leuchte sinnvoll eingesetzt werden und sogar in einigen Normen vorgeschrieben sein, z.B. bei Navigationstonnen in der Schifffahrt. Im mittleren Bild ist Typ 2 zu sehen, welcher eine Verbesserung gegenüber Typ 1 aus Sicht der Umweltverschmutzung darstellt, aber noch nicht das Optimum. In der Regel sind NAV-Leuchten eher Typ 2 als Typ 3 zu zuschreiben. Der für den Umweltschutz am idealsten geeignete Typ 3 ist im rechten Bild zu erkennen. Das Licht wird zielgerichtet in die Richtung des benötigten Einsatzortes ausgesendet und reduziert

die Umweltverschmutzung auf ein Minimum. LED-Leuchten fallen typischerweise unter den Typ 3.



Abbildung 20: Verschiedene Arten von Leuchten (Quelle: wikipedia.org)

10.2.3. Winkel der Neigung der Lichtquelle

Neben der Lichtfarbe der Lichtquelle kann deren Neigung einen größeren Einfluss auf das Anlockverhalten von Insekten und somit auf die Lichtimmissionen für die Insekten und die Natur haben. Jede Leuchte besitzt eine sogenannte leuchtende Fläche, aus welcher das Licht aus der Leuchte austritt. Bei den meisten LED-Leuchten ist die leuchtende Fläche nach unten Richtung Boden gerichtet, ohne eine seitliche Komponente zu besitzen. Typische Ausnahmen davon sind z.B. dekorative Leuchte oder sogenannte Pilz-Leuchten. Ohne eine zusätzliche Neigung der Leuchte ist, die aus der Entfernung einsichtbare leuchtende Fläche auf das nötige Minimum reduziert. Umso mehr die Leuchte nun geneigt wird umso größer wird die aus der Entfernung einsichtbare leuchtende Fläche. Folgende Tabelle 16 zeigt die zu sehende leuchtende Fläche der TEC-MAR Stealth, Verweis auf Beschreibung der vorgeschlagenen Leuchten, bei verschiedenen Beobachterhöhen, Neigungswinkeln und Leuchtenhöhen. Der Beobachter, welcher in diesem Fall ein Lebewesen im Allgemeinen darstellt, befindet sich in 50m Entfernung und schaut frontal auf die Leuchte. Diese Situation spiegelt den stärksten Anstieg der leuchtenden Fläche wider.

Leuchtenhöhe	Beobachterhöhe	Neigungswinkel	leuchtende Fläche	Faktor in Relation zu 0°
10m	7m	0°	0,0021 m²	1
10m	7m	10°	0,0083 m²	3,88
10m	7m	15°	0,0112 m²	5,28
10m	7m	20°	0,0141 m²	6,64
10m	7m	30°	0,0196 m²	9,20
10m	7m	45°	0,0266 m²	12,49
10m	7m	60°	0,0318 m²	14,93
10m	1,5m	0°	0,0060 m²	1
10m	1,5m	10°	0,0119 m²	2,01
10m	1,5m	15°	0,0148 m²	2,49
10m	1,5m	20°	0,0176 m²	2,95
10m	1,5m	30°	0,0227 m²	3,81
10m	1,5m	45°	0,0290 m²	4,87
10m	1,5m	60°	0,0333 m²	5,59



6m	1,5m	0°	0,0032 m ²	1
6m	1,5m	10°	0,0093 m ²	2,91
6m	1,5m	15°	0,0122 m ²	3,84
6m	1,5m	20°	0,0151 m ²	4,74
6m	1,5m	30°	0,0204 m ²	6,42
6m	1,5m	45°	0,0273 m ²	8,56
6m	1,5m	60°	0,0322 m ²	10,12

Tabelle 18: Änderung der sichtbaren leuchtenden Flächen in Abhängigkeit des Neigungswinkels

Alle Leuchten, welche eine ähnliche Grundform wie die verwendete TEC-MAR Stealth aufweisen, skalieren bei gleichen geometrischen Bedingungen in einem ähnlichen Verhältnis wie der Faktor aus Tabelle 16. Wird die Leuchte nun mit 30° geneigt montiert, so steigt für einen Beobachter mit 50m Entfernung die einsichtbare leuchtende Fläche um das 3,8- bis 9,2-fache, je nach Höhe, im Vergleich zu der nicht geneigten, einsichtbaren leuchtenden Fläche. Umso größer die einsichtbare leuchtende Fläche für Insekten ist, umso mehr Licht kann von den Insekten wahrgenommen werden und umso größer ist die Anlockwirkung dieser Leuchte.

Ein weiterer Effekt von weit aufgeneigten Leuchten ist die direkte Anstrahlung der umliegenden Umwelt und ebenso der Atmosphäre. Wie in Kapitel 4.1.2 bereits aufgeführt gibt es den sogenannten ULR-Wert, welcher den „nach oben gerichteten Anteil des Leuchtenlichtstroms“ einer Leuchte angibt. Ein ULR-Wert größer als 0% bedeutet außerdem, dass die Leuchte ineffizient betrieben wird, da dieser Anteil des Lichts in den meisten Fällen nicht mehr zur Beleuchtung von Arbeitsstätten genutzt werden kann.

10.2.4. Höhe und Lage der Lichtquelle

Die ungefähre Lage einer Leuchte wird durch die Definition der Bereiche festgelegt, welche über eine künstliche Beleuchtung verfügen müssen. Sobald diese Bereiche festgelegt wurden gilt es, die Leuchten so weit entfernt wie möglich von naturschutzrelevanten angrenzenden Flächen zu positionieren und jedoch gleichzeitig auch noch die Anforderungen der entsprechend geltenden Norm einzuhalten. Ähnliches gilt für die Höhe einer Lichtquelle. Unter der beispielhaften Annahme, dass die Insekten im betroffenen Gebiet sich vorrangig in einer Höhe von 4 - 6m aufhalten, macht es aus Sicht des Naturschutzes Sinn, die Leuchten auf eine maximale Höhe von 3,5m zu montieren. Dies hat allerdings die Folge, dass im Vergleich zu einer Montagehöhe von z.B. 6m beachtlich mehr Leuchten für eine normenkonforme Beleuchtung benötigt werden. Sollten sich also Insekten unterhalb einer Höhe von 3,5m aufhalten sehen diese beachtlich mehr Lichtquellen und werden nur umso stärker angelockt. Für eine ideale Höhe müssen zum einen die vor Ort heimischen Insekten berücksichtigt werden, zum anderen sollte die Lichtplanung auf so wenig Lichtquellen wie nötig ausgelegt werden. Generell sollte man dem Grundsatz „so niedrig wie möglich, so hoch wie nötig“ folgen.

10.3. Diskussion über potenzielle Minderungsmaßnahmen

Hohe Gleichmäßigkeiten von $g_1 \geq 0,25$ zu erreichen ist nicht immer einfach und teilweise nur durch erhebliche Mehrkosten zu erreichen. Für solche Situationen gestattet es die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) A3.4 dem Arbeitgeber, die betroffenen Arbeitsplätze individuell zu beurteilen. Bei einer Gefährdungsbeurteilung, welche von einem ausgewiesenen Fachmann für Lichttechnik erstellt werden darf, ist zu prüfen, wie durch andere oder ergänzende Maßnahmen die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Beschäftigten in vergleichbarer Weise gesichert werden kann. Wird eine entsprechende

Gefährdungsbeurteilung in dem Projekt nicht durchgeführt, sind die in der ASR A3.4 und in der DIN EN 12464-2 genannten Gleichmäßigkeiten zu erfüllen. Durch das Erstellen einer Gefährdungsbeurteilung können auch Beleuchtungsanlagen mit einer niedrigeren Gleichmäßigkeit die Norm erfüllen und es lässt sich somit die benötigte Leuchtenanzahl reduzieren.

Weiterhin könnten Leuchten von anderen Herstellern zum Einsatz kommen, welche das so genannte Backlight - Licht, welches von der Leuchte aus gesehen nach hinten ausgestrahlt wird - reduzieren. Die im Lichtkonzept ausgewählten TEC-MAR Leuchten sind in diesem Aspekt schon effizient und senden nicht viel Licht nach hinten aus. Zum Vergleich wurde auch eine für den Straßenverkehr angedachte Leuchte von einem anderen Hersteller simuliert. Dieser Vergleich soll zeigen, dass die Lichtverteilungen der TEC-MAR Leuchten auf den ersten Blick nicht perfekt aus Sicht des Lichtimmissionsschutzes sind. Jedoch erreicht der andere Hersteller bei einem Leuchtenabstand von 29 m nicht die geforderten 10 lx auf der Baustellenstraße und es müssten dadurch mehr Leuchten zum Einsatz kommen. Insofern ist das Thema Backlight zwar wichtig für die Betrachtung der Lichtimmissionen, jedoch auch nur ein wichtiges Thema aus einer Vielzahl von Themen, weswegen es keine optimale Standardlösung geben kann, sondern immer nur Einzelfall-Betrachtungen. Eine Optimierung in Hinblick auf alle wichtigen Themen würde zeitintensiv werden und die Auswahl an Leuchtenherstellern stark einschränken.

Eine weitere Möglichkeit, die Lichtimmissionen zu minimieren stellen hohe, lichtundurchlässige Planen oder Zäune dar. Von dieser Möglichkeit wird jedoch abgeraten, da es sich bei der Baustellenbeleuchtung um eine zeitlich begrenzte Beleuchtungsanlage handelt, welche zudem bis auf z.B. die Sicherheitsbeleuchtung nicht die ganze Nacht über in Betrieb sein soll. Darüber hinaus müssten solche Planen oder Zäune relativ hoch (geschätzt min. 6 m) sein, um die Lichtimmissionen überhaupt zu reduzieren. Die Wirtschaftlichkeit von hohen, lichtundurchlässigen Planen oder Zäune für eine temporäre Beleuchtung ist stark zu bezweifeln. Des Weiteren würde die Errichtung solch hoher Wände zusätzliche Emissionen (z.B. Schall) verursachen.

11. Zusammenfassung

Im vorliegenden Gutachten werden die, im Baustellenbereich des geplanten Pumpspeicherwerkes Energiespeicher Riedl zwischen Riedl, Gottsdorf und Jochenstein befindlichen künstlichen Lichtquellen hinsichtlich der zu erwartenden Lichtimmissionen untersucht. Als Basis für die einzuhaltenden Richtwerte wurden zwei unterschiedliche Normen herangezogen. Zum einen diente der Beschluss vom 13.09.2012 „Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)“ zur Bewertung von Lichtimmissionen gegenüber dem Menschen und zum anderen die Ausführungen der Norm für Beleuchtung von Arbeitsstätten DIN EN 12464-2 zur Bewertung von Lichtimmissionen gegenüber der Umwelt. Bei der Bewertung geht der Verfasser von einem Ende der meisten Aktivitäten auf der Baustelle um 22:00 Uhr aus. Ausnahme bilden z.B. Anlieferungen oder die Sicherheitsbeleuchtung. Für Lichtimmissionen gegenüber der Fauna existieren keine, die lichttechnischen Größen betreffenden Richtwerte, lediglich die Vorgabe die Lichtimmissionen zu minimieren.

Die technische Beschreibung JES-A001-PERM1-B10002-00 enthält ein Beleuchtungs-Lichtkonzept, welches die Grundlage des Lichtimmissionsgutachten bildet. Die dort genannten Ausrichtungen und Neigungen der beispielhaften Leuchten sind durch Kapitel 3 beschrieben und ergänzt worden. Um einen Worst-Case zu simulieren wurde die Planung nicht auf die Anzahl der Leuchten hin optimiert, sondern so geplant, dass mindestens eine Gleichmäßigkeit von 0,4 erreicht wird.

Bei der Bewertung auf Basis der LAI-Schrift erzeugt die geplante Baustellenbeleuchtung an keinem der untersuchten Standorte unzulässige Werte für die Raumauflhellung oder die Blendung. Bei der Bewertung der Leuchtentypen auf Basis der DIN EN 12464-2 überschreitet keiner der Leuchtentypen den Richtwert von 5%.

Um die Lichtimmissionen gegenüber der Fauna bewerten zu können, wurden die Richtwerte für die Raumauflhellung aus der LAI-Schrift orientierend herangezogen. Die meisten Raumauflhellungsflächen weisen eine kaum nennenswerte Beleuchtungsstärke auf. Ein paar Raumauflhellungsflächen überschreiten diesen Orientierungswert, sind allerdings bis auf ein paar Meter Abstand direkt an der Baustelle gelegen. In all diesen Fällen konnte entweder sichergestellt werden, dass die Beleuchtungsstärke innerhalb kurzer Distanz auf niedrige Beleuchtungsstärkewerte absinkt oder das im Rahmen der allgemeinen Anforderungen an die Beleuchtungseigenschaften² die möglicherweise entstehenden Lichtimmissionen als minimiert anzusehen sind und somit laut den einschlägigen Normen tolerabel sind. Generell sollen LED-Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3000K mit einem bedarfsorientierten Steuerungssystem (Zeitschaltuhr und Bewegungs- bzw. Präsenzmelder) im Sinne der Minimierungspflicht möglicher Lichtimmissionen gegenüber der Natur eingesetzt werden.

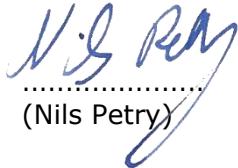
Damit die in diesem Gutachten getroffenen Aussagen und die Ergebnisse ihre Richtigkeit behalten, dürfen die zum Einsatz kommenden Leuchten in ihrer Lichtverteilungskurve nicht stark von den beispielhaft aufgeführten Leuchten abweichen.

² Mit Beleuchtungseigenschaften sind z.B. die Farbtemperatur/Lichtfarbe oder die Ausstrahlungsrichtung des Lichtes gemeint. Für weitere Informationen siehe Kapitel 3 und Kapitel 5.2.2.

Ebenfalls sind Abweichungen in der Realität durch beispielsweise andere Leuchtenfabrikate oder falsch ausgerichtete bzw. falsch positionierte LED-Leuchten nicht auszuschließen. Es ist daher ratsam, nach Fertigstellung der Baustelleneinrichtung alle untersuchten Bereiche lichttechnisch nachzumessen, um die Berechnungen zu verifizieren und mögliche Fehlerquellen zu eliminieren.

Offenbach, 28. April 2021


(Dr. Klaus Petry)


(Nils Petry)

12. Anhang

Anhang 1	Lichtimmissionsberechnung IBDP	371 Seiten
Anhang 2	ULR-Untersuchung IBDP	15 Seiten