

Organismenwanderhilfe Kraftwerk Jochenstein

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 	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 der Organismenwanderhilfe.....	15
5.	Anlagenbeschreibung	19
	5.1. Bauphase	19
	5.1.1. OWH	19
	5.1.2. Kumulationswirkungen.....	20
	5.2. Betriebsphase	20
	5.2.1. OWH	20
	5.2.2. Kumulationswirkungen.....	20
6.	Bestandssituation	22
7.	Lichtimmissionsberechnung	23
	7.1. Berechnungsprogramm.....	23
	7.2. Parameter für die Bauphase	23
8.	Festlegung der Bewertungskriterien	27
	8.1. Lichtimmissionen nach LAI den Menschen betreffend	27
	8.2. Lichtimmissionen nach DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten die Umwelt betreffend	27
	8.3. Lichtimmissionen die Fauna betreffend	27
9.	Ergebnisse und Auswertung	29
	9.1. Lichtimmissionen nach LAI & DIN EN 12464-2	29
	9.1.1. Raumauhellung.....	29
	9.1.2. Leuchtdichteblendung	30
	9.1.3. Upward Lighting Ratio.....	33
	9.2. Lichtimmissionen gegenüber der Fauna.....	33
	9.3. Kumulative Betrachtungen	35
	9.3.1. Mensch	35
	9.3.2. Fauna	35
10.	Schutzkonzept	36
	10.1. Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen gegenüber dem Menschen.....	36
	10.2. Technische Umsetzung des Lichtimmissionsschutz gegenüber der Umwelt	37
	10.2.1. Lichtfarbe/Farbtemperatur	37
	10.2.2. Art der Lichtquelle	38
	10.2.3. Winkel der Neigung der Lichtquelle	38
	10.2.4. Höhe und Lage der Lichtquelle	39
	10.3. Diskussion über potenzielle Minderungsmaßnahmen	40
11.	Zusammenfassung	41
12.	Anhang	43

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 mittlerer 100lx-Bereich mit Skala	16
Abbildung 5: Falschfarbendiagramm linker 100lx-Bereich.....	17
Abbildung 6: Falschfarbendiagramm rechter 100lx-Bereich	17
Abbildung 7: Falschfarbendiagramm linker 30lx-Bereich	17
Abbildung 8: Falschfarbendiagramm linker 20lx-Bereich	17
Abbildung 9: Falschfarbendiagramm linker 10lx-Bereich	18
Abbildung 10: Falschfarbendiagramm linker 5lx-Bereich	18
Abbildung 11: Konzeptzeichnung der gesamten Energiespeicher-Anlage	19
Abbildung 12: Konzeptzeichnung der Organismenwanderhilfe.....	20
Abbildung 13: Übersicht des 3D-Geländemodells	23
Abbildung 14: Übersicht der Messflächen im Areal der Organismenwanderhilfe	25
Abbildung 15: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte im Areal der Organismenwanderhilfe	26
Abbildung 16: Übersicht des 3D-Geländemodells inkl. platzierte Raumaufhellungsflächen	29
Abbildung 17: Diskussionsbedürftige Bereiche der Organismenwanderhilfe	34
Abbildung 18: Bereich mit einer Montagehöhe von 4m rot eingefärbt	36
Abbildung 19: Bereich mit einer Dimmung der Leuchten auf 50% grau eingefärbt...37	
Abbildung 20: Verschiede Arten von Leuchten (Quelle: wikipedia.org)	38

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 im Talgebiet	24
Tabelle 6: Immissionsorte im Talgebiet.....	25
Tabelle 7: Ergebnisse Raumaufhellungen der Organismenwanderhilfe die LAI betreffend	30
Tabelle 8: Blendungsbewertung der Organismenwanderhilfe je nach Raumwinkel ohne Altbestand	31
Tabelle 9: Blendungsbewertung des Altbestand an der Organismenwanderhilfe je nach Raumwinkel	32
Tabelle 10: Ergebnis ULR-Untersuchung	33
Tabelle 11: Ergebnisse Raumaufhellungen der Organismenwanderhilfe die Fauna betreffend	34
Tabelle 12: Ergebnisse Raumaufhellungen der kumulativen Betrachtung.....	35
Tabelle 13: Änderung der sichtbaren leuchtenden Flächen in Abhängigkeit des Neigungswinkels	39

Anlagenverzeichnis:

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

1. Einleitung

Die Donaukraftwerk Jochenstein AG (DKJ) plant die Errichtung einer Organismenwanderhilfe (OWH) als Umgehung für aquatische Lebewesen um das Kraftwerk Jochenstein an der Donau. Die Organismenwanderhilfe ermöglicht die Überwindung der Staustufe und stellt damit die Vernetzung der Wasserkörper der Donau zwischen den Stauräumen Aschach und Jochenstein her. Zudem wird mit der Organismenwanderhilfe neuer Lebensraum geschaffen.

Die Organismenwanderhilfe soll linksufrig als naturnahes Umgehungsgerinne errichtet werden. Die in Schleifen und Mäandern angelegte OWH weist eine nutzbare Länge von ca. 3.350 Metern auf (Abbildung 1).

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

Die Anlage soll zum überwiegenden Teil auf deutschem Staatsgebiet liegen. Ein kleiner Teil der Mündung der Organismenwanderhilfe liegt innerhalb des Gewässerbereiches der Donau auf österreichischem Staatsgebiet.

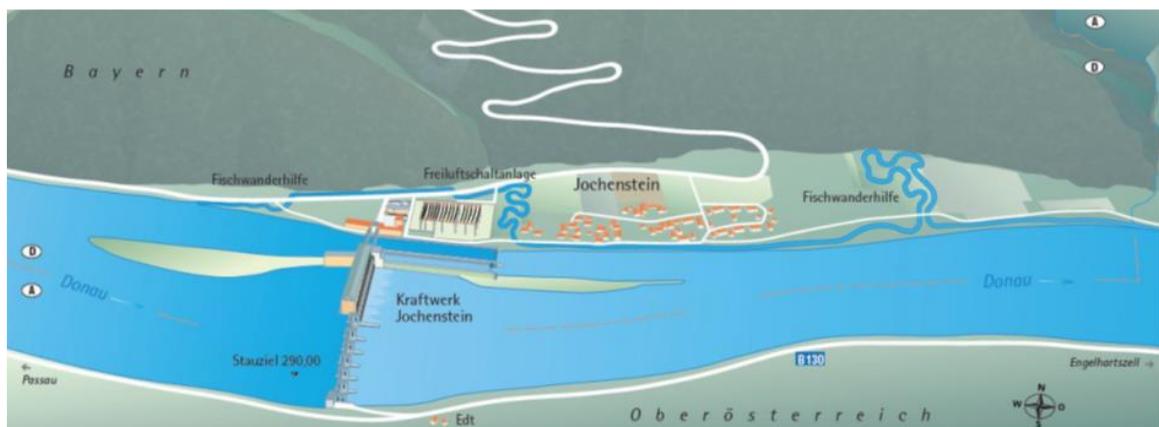


Abbildung 1 Projektübersicht (DKJ)

Mit der Errichtung der OWH werden die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfüllt, die in Deutschland im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) umgesetzt wurden. Im Bewirtschaftungsplan und im Maßnahmenprogramm nach §§ 82, 83 WHG wurden für den Bereich der Staustufe Jochenstein gewässerökologische Defizite festgestellt und notwendige Maßnahmen identifiziert. Dies betrifft insbesondere die Beeinträchtigung der ökologischen Durchgängigkeit.

Mit Blick auf einen langfristigen Weiterbetrieb des Donaukraftwerks Jochenstein und der geplanten Errichtung des Energiespeicher Riedl beabsichtigt die DKJ die Umsetzung von Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit und zur Verbesserung des Gewässerlebensraums. Dadurch sollen die Maßgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie bzw. von §§ 34, 35 WHG umgesetzt bzw. gewährleistet werden und insbesondere ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung des guten ökologischen Potenzials im Bereich der Staustufe Jochenstein geleistet werden.

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 der Organismenwanderhilfe.

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 die Errichtung einer Organismenwanderhilfe (OWH). Die Organismenwanderhilfe stellt für die aquatische Fauna die Durchgängigkeit zwischen dem Ober- und dem Unterwasser her. Die dafür benötigten Baustellenbereiche werden insgesamt über mehrere Monate 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 die kritischen, explizit im Lichtkonzept aufgeführten Baubereiche der Organismenwanderhilfe 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 Raumauflhellung durch die sogenannte „vertikale Beleuchtungsstärke“ und zum anderen das Blendmaß durch die sogenannte „Leuchtdichteblendung“ maßgeblich. Deshalb wird, ausgehend von den geometrischen Grundlagen, die Raumauflhellung durch Störlichtquellen an Hand der vertikalen Beleuchtungsstärke der angrenzenden Bebauung im Bereich der Organismenwanderhilfe 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 20 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 Leuchtdichthekontraste 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 Blend-beleuchtungsstärke 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/befinden.

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

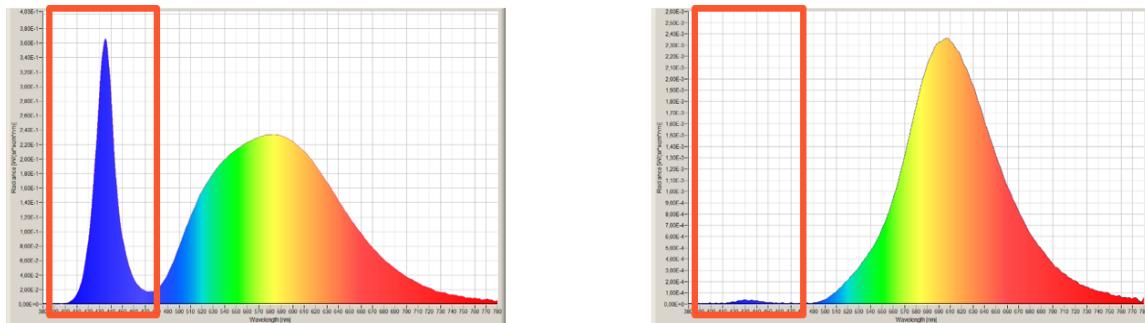


Abbildung 2: Spektrum einer 4000K-LED-Leuchte (links) und einer Amber-LED-Leuchte (rechts)

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 Insektenaugen 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.

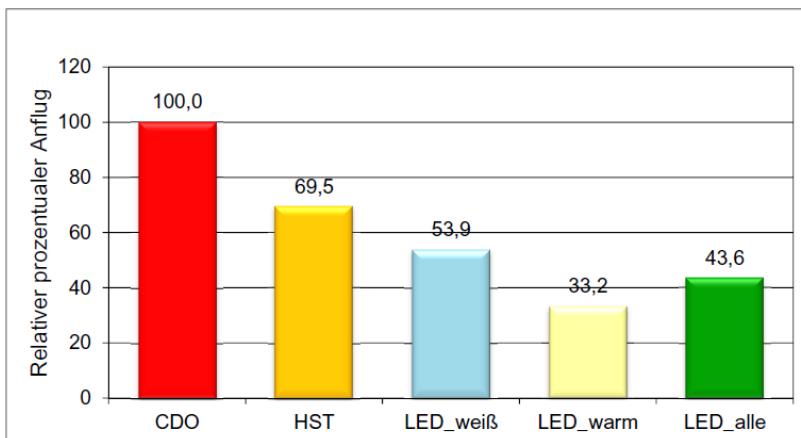


Abbildung 3: Relative prozentuale Anflüge aller Insektenordnungen an die Lampenarten

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-VHBH3-B30029-00-BFE	-	-
Anlage 4 - BE-Pläne inkl. Lärmschutzwänden	pdf	JES-A001-PERM1-A63019-01-DFE	-	-

4. Untersuchungsmethodik

4.1. Baustellenbereiche der Organismenwanderhilfe

Die technische Beschreibung JES-A001-VHBH3-B30029-00 enthält ein Beleuchtungs-Lichtkonzept, welches die Grundlage des Lichtimmissionsgutachten 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. 20 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 20 Uhr abgeschaltet.

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 mittleren 100lx-Bereich wird eine mittlere Beleuchtungsstärke von 144lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,61 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.

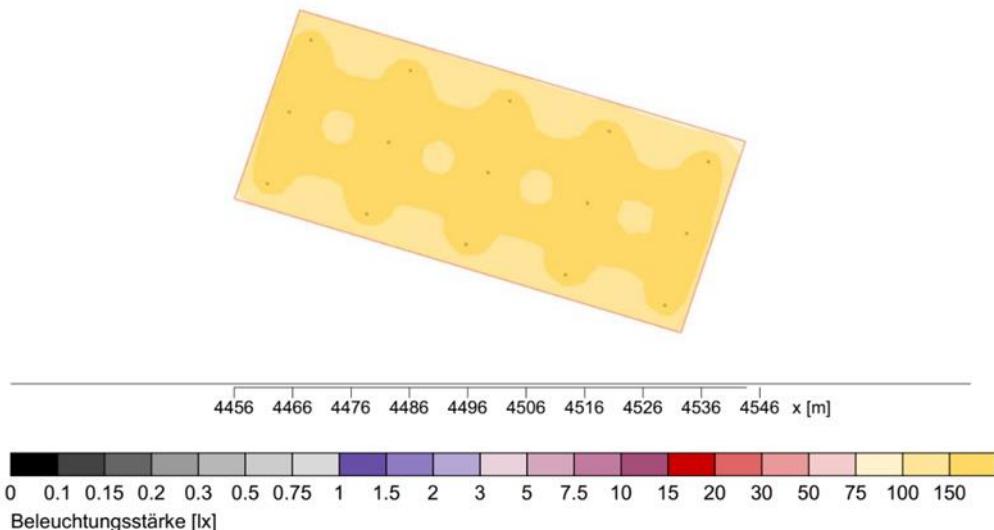


Abbildung 4: Falschfarbendiagramm mittlerer 100lx-Bereich mit Skala

Die linke 100lx-Fläche, zu sehen in Abbildung 3, erreicht mit einer Gleichmäßigkeit von 0,48 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 120lx, während die rechte 100lx-Fläche, zu sehen in Abbildung 4, mit einer Gleichmäßigkeit von 0,60 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 120lx erreicht.

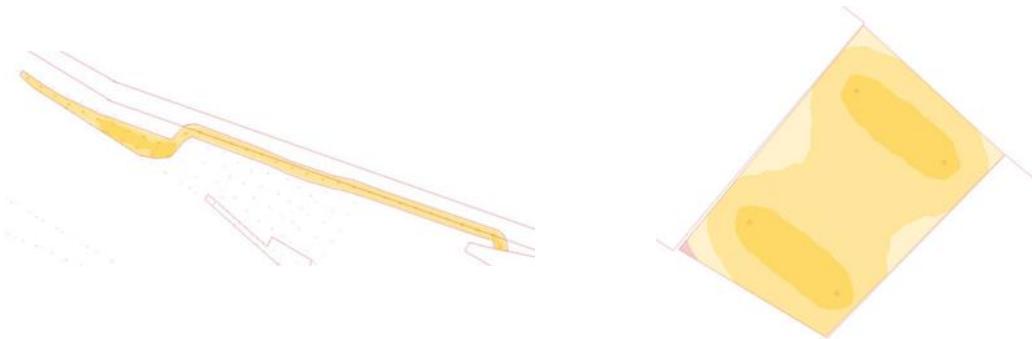


Abbildung 5: Falschfarbendiagramm linker 100lx-Bereich



Abbildung 6: Falschfarbendiagramm rechter 100lx-Bereich

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 30lx-Fläche 8 Leuchten vorgeschlagen, welche auf einer Höhe von 15m montiert werden. Die damit erreichte mittlere Beleuchtungsstärke von 53lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,40 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.

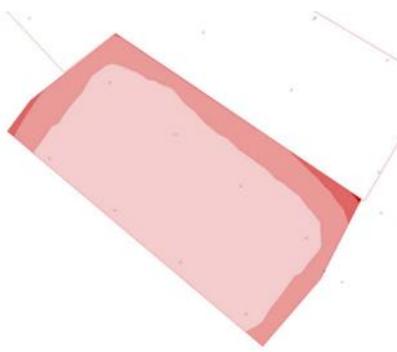


Abbildung 7: Falschfarbendiagramm linker 30lx-Bereich

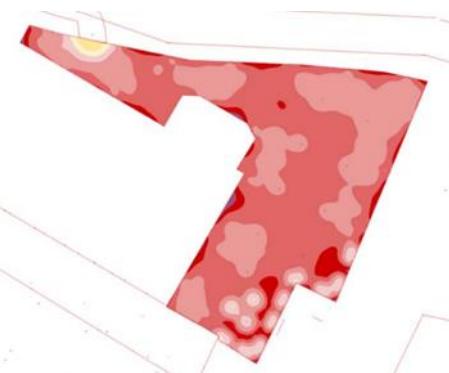


Abbildung 8: Falschfarbendiagramm linker 20lx-Bereich

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 linke 20lx-Fläche, dargestellt in Abbildung 6, erreicht durch die genannten Leuchten eine mittlere Beleuchtungsstärke von 29lx bei einer Gleichmäßigkeit von 0,40. Für die linke 20lx-Fläche müssen die Leuchten in einem Areal von ca. 25m um das südlich angrenzende Grundstück herum auf einer Höhe von 4 m montiert werden. Damit weiterhin die Gleichmäßigkeit garantiert werden kann müssen zusätzliche Leuchten montiert werden. Alle Leuchten, welche auf einer Höhe von 4 m montiert werden, müssen weiterhin auf 30% herunter gedimmt werden, damit keine zu starke Ungleichmäßigkeit entsteht. Abbildung 18 in Kapitel 10.1 zeigt den, von diesen Maßnahmen betroffenen Bereich. Die Ergebnisse der weiteren, den Speichersee betreffenden 20lx-Flächen werden nun aufgelistet. Die entsprechenden Falschfarbendiagramme können dem Anhang A1 entnommen werden.

Rechte 20lx-Fläche Teil 1

Beleuchtungsstärke von 27lx
Gleichmäßigkeit von 0,45

Rechte 20lx-Fläche Teil 2

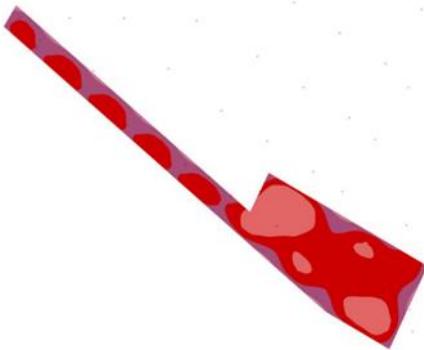
Beleuchtungsstärke von 31lx
Gleichmäßigkeit von 0,52

Abbildung 9: Falschfarbendiagramm linker 10lx-Bereich

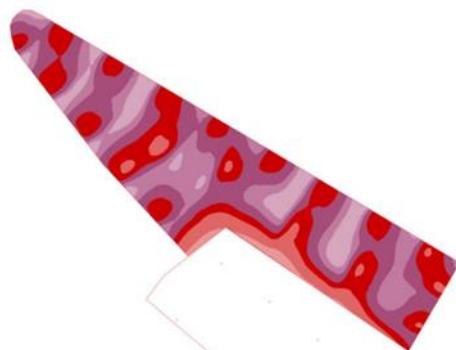


Abbildung 10: Falschfarbendiagramm linker 5lx-Bereich

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 linke 10lx-Fläche erreicht durch den Einsatz beider Leuchtentypen bei einer Gleichmäßigkeit von 0,45 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 17lx. Das Falschfarbendiagramm von der linke 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.

Mittlere 10lx-Fläche

Beleuchtungsstärke von 13lx
Gleichmäßigkeit von 0,42

Rechte 10lx-Fläche

Beleuchtungsstärke von 15lx
Gleichmäßigkeit von 0,41

Bei der rechten 10lx-Fläche ist darauf zu achten, dass im linken südlichen Bereich dieser Fläche bis 35m nach Beginn des Baubereiches die Leuchten nur mit einer Dimmstufe von 50% betrieben werden, aber dafür in dem betroffenen Bereich die doppelte Anzahl an Leuchten aufgestellt wird. Abbildung 19 in Kapitel 10.1 zeigt den, von diesen Maßnahmen betroffenen Bereich. 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 5lx-Fläche bei einer Gleichmäßigkeit von 0,41 eine mittlere Beleuchtungsstärke von 13lx.

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 der Organismenwanderhilfe 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

Die geplante und zu bewertende Organismenwanderhilfe befindet sich entlang der Ortschaft Jochenstein, gelegen an der deutsch-österreichischen Grenze und ist auf Abbildung 11 schematisch zu erkennen.

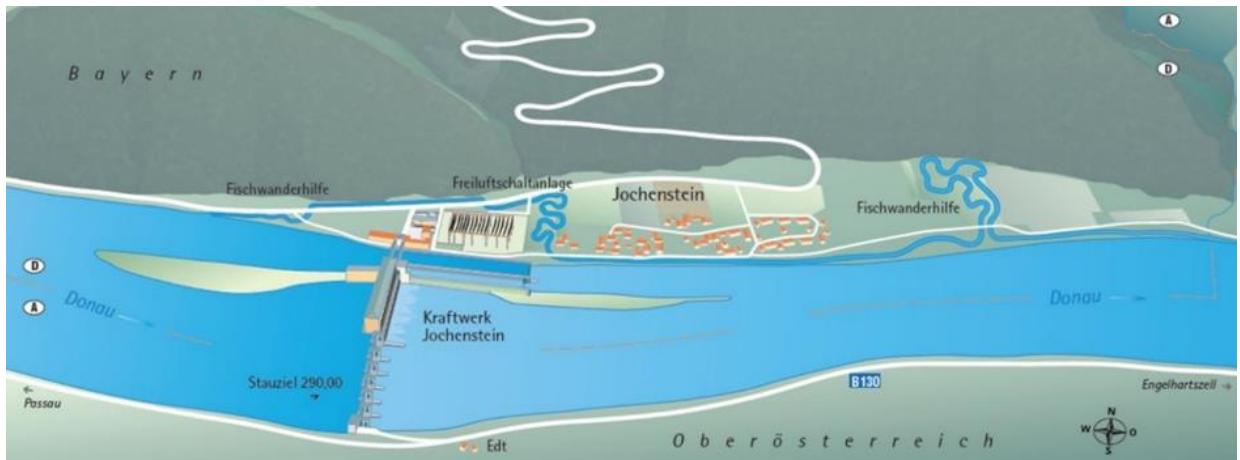


Abbildung 11: Konzeptzeichnung der gesamten Energiespeicher-Anlage

Realisiert wird die Organismenwanderhilfe mithilfe eines künstlich angelegten kleinen Flusses, welche an einigen Schnittstellen von z.B. Brückenbauwerken überdeckt wird. Das gesamte, betroffene Areal gehört zum Landkreis Untergriesbach. Während der mehrmonatigen Errichtung der Organismenwanderhilfe, 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.

5.1.1. OWH

Für die Organismenwanderhilfe werden in der technischen Beschreibung JES-A001-VHBH3-B30029-00 alle Baubereiche mit den entsprechenden lichttechnischen Anforderungen dargestellt.

Die Baumaßnahmen sind an Werktagen (Montag bis Freitag) 7:00 bis 20:00 Uhr und Samstags von 07:00 bis 12:00 Uhr (Samstags keine lärmintensive Bautätigkeiten) vorgesehen.

Für die OWH wird mit einer Bauzeit von ca. 14 Monaten gerechnet.

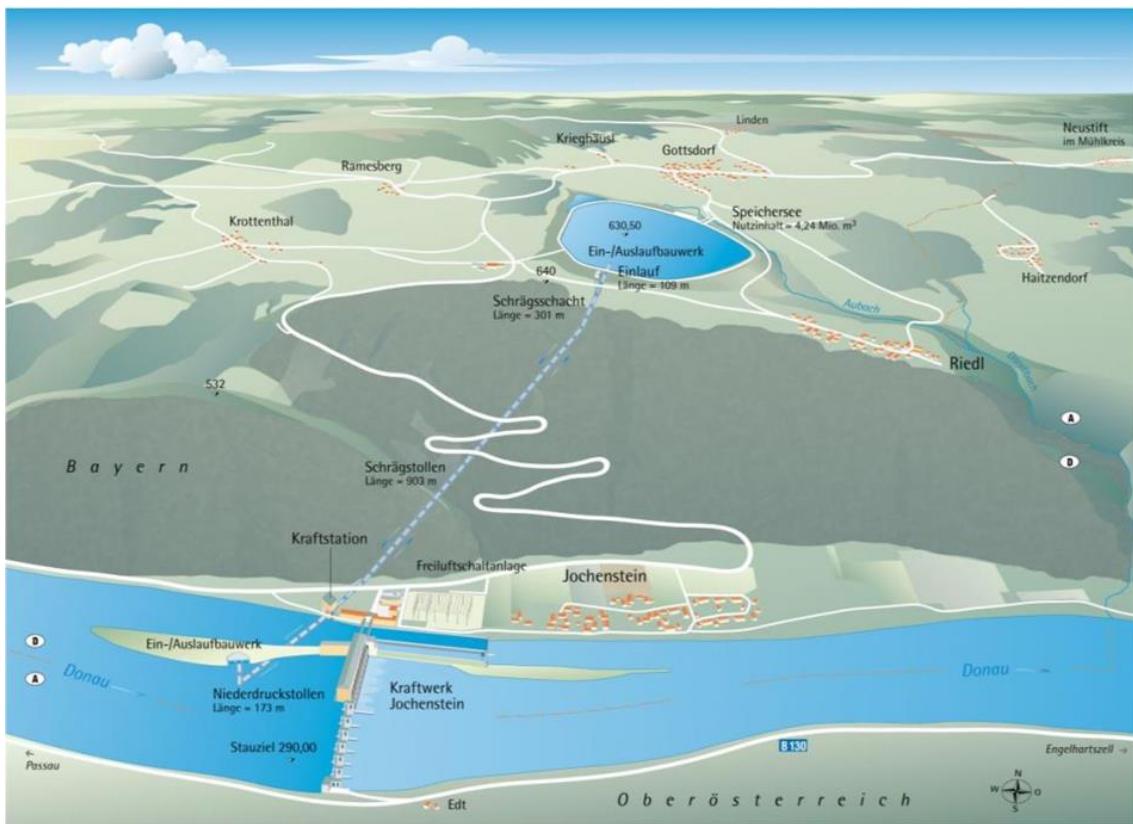


Abbildung 12: Konzeptzeichnung der Organismenwanderhilfe

5.1.2. Kumulationswirkungen

Neben der OWH wird im Bereich des Kraftwerk Jochenstein ein weiteres Projekt geplant und heißt Energiespeicher Riedl, abgekürzt ES-R. Der geplante Energiespeicher Riedl befindet sich zwischen den Ortschaften Riedl, Gottsdorf und Jochenstein, gelegen an der deutsch-österreichischen Grenze und ist auf Abbildung 12 schematisch zu erkennen. Das Areal umfasst den auf ca. 610m 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. In der Kumulationswirkung wird die gesamte Baudauer im Talboden des ES-R berücksichtigt.

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. OWH

Die OWH wird während dem Betrieb nicht mit künstlichen Lichtquellen beleuchtet und kann somit keine Lichtimmission erzeugen.

5.2.2. Kumulationswirkungen

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.

Die FSA wird während dem Betrieb nicht mit künstlichen Lichtquellen beleuchtet, weswegen eine Kumulationswirkung an dieser Stelle ausbleibt.

6. Bestands situation

Im Gebiet der Organismenwanderhilfe 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 von der Höhe her variierende Umgebung der Organismenwanderhilfe 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. Gemäß Anhang A3 wurden die projektierten 4m hohen Schallschutzwände beim Grundstück Am Jochenstein 22 ebenfalls in der Simulation berücksichtigt.

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

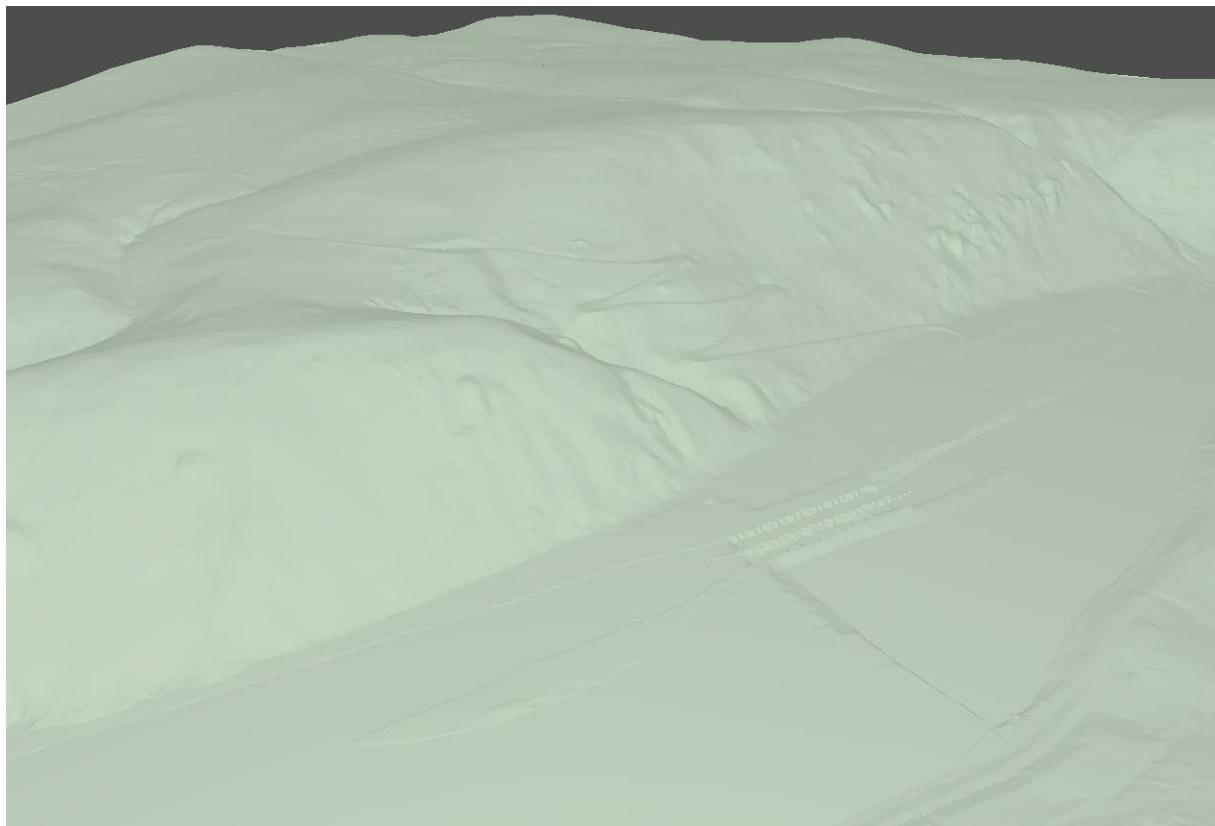


Abbildung 13: Übersicht des 3D-Geländemodells

Raumaufhellung

Um die Raumaufhellung simulieren zu können wurde an jedem relevanten Immissionsort eine vertikale Beleuchtungsstärkemessfläche erstellt. Die Höhen der meisten Messflächen sind dabei so dimensioniert worden, dass die Messflächen mindestens eine Höhe von 20m abdecken, womit die Raumaufhellung ganzheitlich bewertet werden kann. Die Messflächen Am Jochenstein 20 und 22 betreffend wurden anhand der in den Plänen übermittelten und eingezeichneten Hausflächen mit einer Höhe von 8 m platziert.

Die nachfolgende Tabelle 5 soll einen Überblick über die erstellten und untersuchten Flächen bezüglich der Raumaufhellungen um das Gebiet der Organismenwanderhilfe geben:

Bezeichnung	Messfläche
A	Hanggebiet Teil 1
B	Hanggebiet Teil 2
C	Hanggebiet Teil 3
D	Hanggebiet Teil 4
E	Hanggebiet Teil 5
F	Hanggebiet Teil 6
G	Hanggebiet Teil 7
H	Hanggebiet Teil 8
I	Werkssiedlung Westseite
J	Werkssiedlung Ostseite
K	Werkssiedlung Nordseite
L	Werkssiedlung Südseite
M	Am Jochenstein 22 Nordseite
N	Am Jochenstein 22 Westseite
O	Am Jochenstein 20 Nordseite
P	Am Jochenstein 20 Westseite

Tabelle 5: Messflächen im Talgebiet

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

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 von $0,3 \text{ cd/m}^2$ angenommen, welcher durch die vorhandene Altbestandsbeleuchtung für die Schifffahrt etwas höher als z.B. um den geplanten Speichersee liegt. Für die Bewertung der Blendung wurden 20 fiktive Beobachterpositionen angenommen, die aus der Abbildung 15 hervorgehen. Dargestellt werden die Beobachterpositionen in der Abbildung als pinke Kreise. Diese wurden im Erdgeschoss positioniert, da der untere Bereich eines Wohngebäudes bezüglich der Blendwirkung als am kritischsten anzusehen ist. Die Beobachter im Erdgeschoss wurden mit einer Höhe von 1,5 Metern angenommen. Die nachfolgende Tabelle 6 und Abbildung 15 soll einen Überblick über die Positionen der Immissionsorte im Gebiet der Organismenwanderhilfe, welche zur Überprüfung der Blendung verwendet werden, 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
12.11	Am Jochenstein 4 Südseite	EG
12.12	Am Jochenstein 4 Ostseite	EG
12.13	Am Jochenstein 2	EG
12.14	Werksiedlung 39	EG
12.15	Werksiedlung 37	EG
12.16	Werksiedlung 35	EG
12.17	Werksiedlung 31	EG
12.18	Am Kraftwerk 3	EG
12.19	Werksiedlung 27	EG
12.20	Werksiedlung 23	EG

Tabelle 6: Immissionsorte im Talgebiet

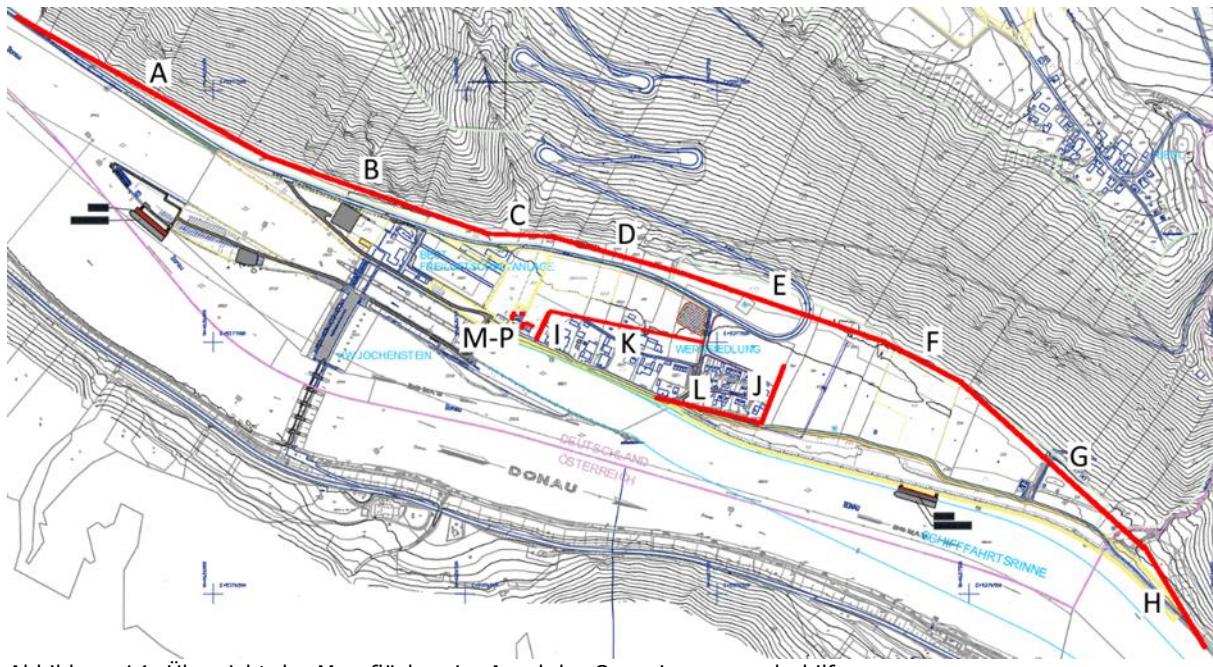


Abbildung 14: Übersicht der Messflächen im Areal der Organismenwanderhilfe

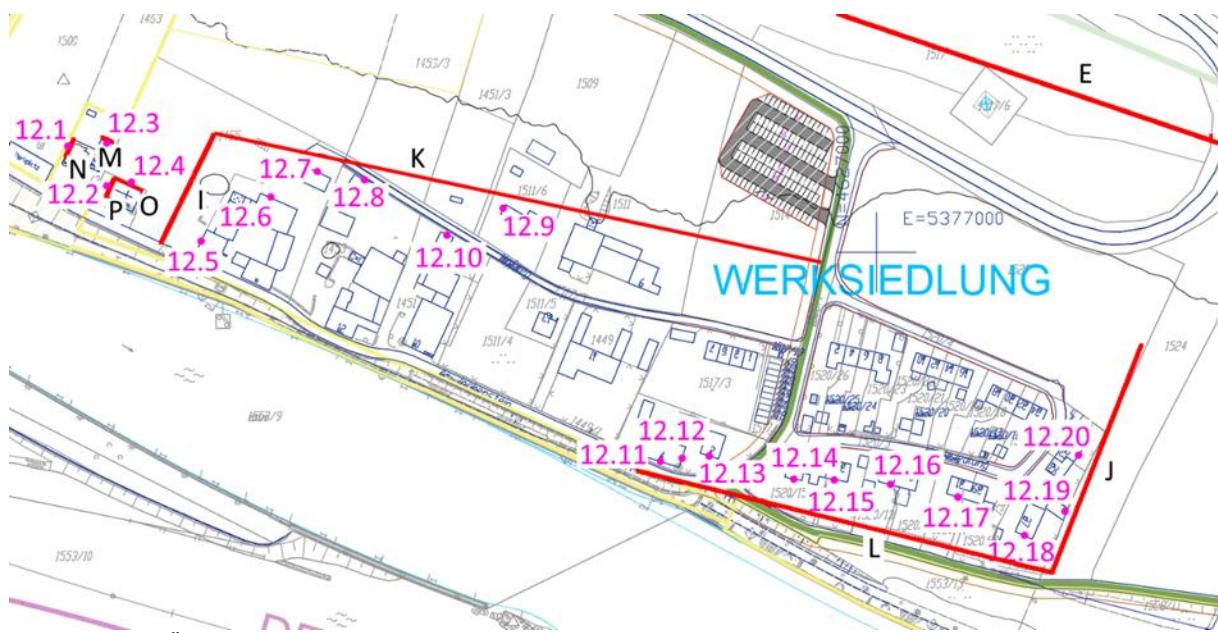


Abbildung 15: Übersicht der Messflächen und Immissionsorte im Areal der Organismenwanderhilfe

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 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 20 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: $R_{ULMax} = ULR = 0\%$

Umweltzone E2

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

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 der projektierten Organismenwanderhilfe 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. Für die Organismenwanderhilfe wurden 2 Simulationen erstellt.

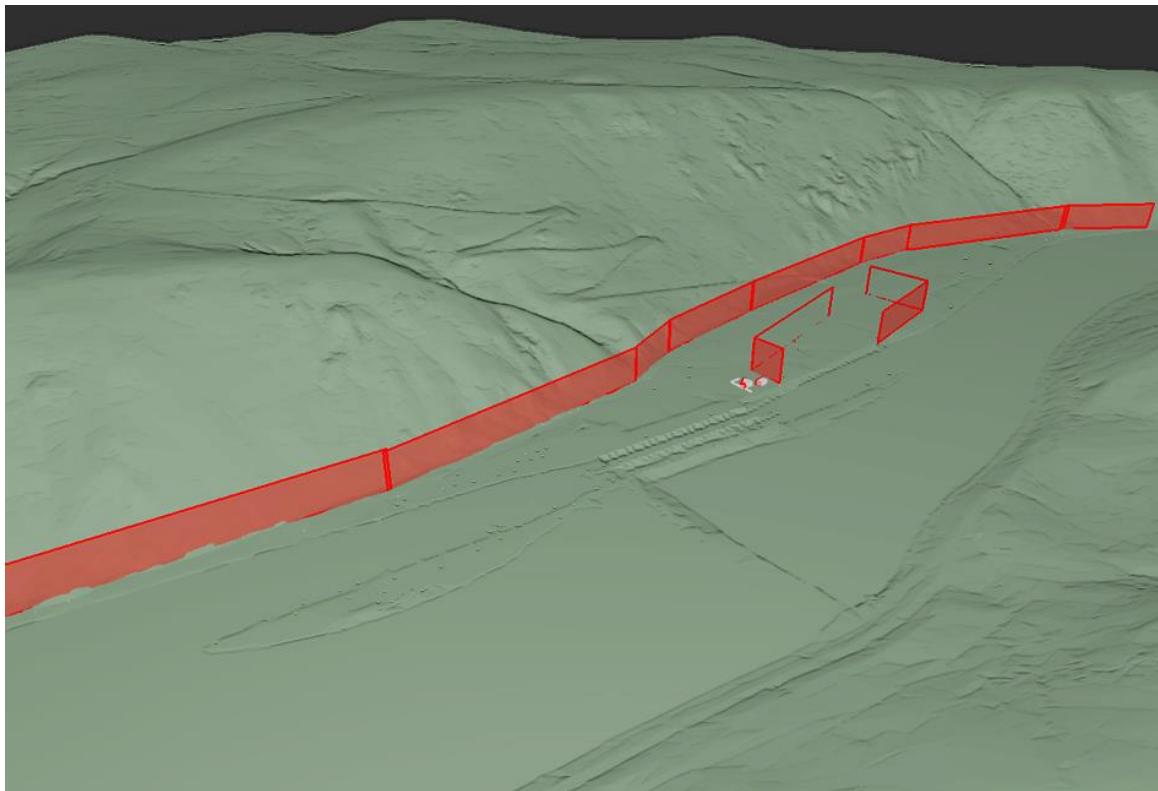


Abbildung 16: Übersicht des 3D-Geländemodells inkl. platzierte Raumauflhellungsflächen

Die zwei Simulationen der Organismenwanderhilfe 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 Grenzwerte 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 die Leuchten aus allen untersuchten Baubereichen simultan in Betrieb, um den Worst-Case-Charakter beizubehalten. Die maximalen Beleuchtungsstärken E_{max} der jeweiligen, die LAI und den Menschen betreffenden, Messflächen sind in der nachfolgenden Tabelle 7 dargestellt.

Bez.	Messfläche	E_m	E_{max}	Grenzwert E_{max}	E_{max} der Vorbelastung
I	Werkssiedlung Westseite	0,00 lx	0,20 lx	3 lx	1,50 lx
J	Werkssiedlung Ostseite	0,00 lx	0,20 lx	3 lx	0,10 lx
K	Werkssiedlung Nordseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx	0,00 lx
L	Werkssiedlung Südseite	0,00 lx	1,00 lx	3 lx	1,70 lx

M	Am Jochenstein 22 Nordseite	0,20 lx	0,30 lx	3 lx	0,00 lx
N	Am Jochenstein 22 Westseite	0,20 lx	0,60 lx	3 lx	0,90 lx
O	Am Jochenstein 20 Nordseite	0,00 lx	0,10 lx	3 lx	0,00 lx
P	Am Jochenstein 20 Westseite	0,10 lx	0,10 lx	3 lx	1,20 lx

Tabelle 7: Ergebnisse Raumauflhellungen der Organismenwanderhilfe die LAI betreffend

Die Tabelle zeigt, dass die maximale Beleuchtungsstärke an allen jeweiligen Messflächen unter den zugehörigen Immissionsrichtwert zur Begrenzung der Beleuchtungsstärke liegt. Durch das Dazuschalten des Altbestands im Talgebiet erhöht sich die Raumauflhellung im Maximum um 1,7 lx auf 2,7 lx, wobei sich das Maximum in der Messfläche „Werkssiedlung Südseite“ befindet. Auch in diesem Fall werden die Richtwerte bis 20 Uhr nicht überschritten. Aufgrund des photometrischen Abstandsgesetzes müssen alle weiter entfernten Immissionsorte, niedrigere Beleuchtungsstärkewerte aufweisen.

9.1.2. Leuchtdichteblendung

Zur Berechnung der Leuchtdichteblendung für die 20 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 8 zeigt die Werte der Beobachterpositionen im Areal der Organismenwanderhilfe ohne die Altbestandsbeleuchtung.

Nr.	Beobachter	Raumwinkel $\Omega_S < 1.0e^{-6}$		Raumwinkel $\Omega_S > 1.0e^{-6}$	
		Blendbeleuchtungs-stärke E_s	Richtwert	Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert
12.1	Am Jochenstein 22 Westseite	0,010 lx	0,053 lx	58,96	96
12.2	Am Jochenstein 20 Westseite	0,020 lx	0,053 lx	69,57	96
12.3	Am Jochenstein 22 Nordseite	0,010 lx	0,053 lx	79,67	96
12.4	Am Jochenstein 20 Nordseite	0,010 lx	0,053 lx	23,34	96
12.5	Am Jochenstein 16 Westseite	0,010 lx	0,053 lx	-	96
12.6	Am Jochenstein 16 Nordseite	0,010 lx	0,053 lx	-	96
12.7	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 1	0,010 lx	0,053 lx	-	96
12.8	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 2	0,010 lx	0,053 lx	-	96

Nr.	Beobachter	Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
12.9	Hofweg 6 Nordseite	0,000 lx	0,053 lx	-	96
12.10	Am Jochenstein 10 Nordseite	0,000 lx	0,053 lx	-	96
12.11	Am Jochenstein 4 Südseite	0,000 lx	0,053 lx	-	96
12.12	Am Jochenstein 4 Ostseite	0,000 lx	0,053 lx	-	96
12.13	Am Jochenstein 2	0,010 lx	0,053 lx	-	96
12.14	Werksiedlung 39	0,020 lx	0,053 lx	72,66	96
12.15	Werksiedlung 37	0,030 lx	0,053 lx	64,25	96
12.16	Werksiedlung 35	0,030 lx	0,053 lx	84,93	96
12.17	Werksiedlung 31	0,030 lx	0,053 lx	-	96
12.18	Am Kraftwerk 3	0,040 lx	0,053 lx	80,36	96
12.19	Werksiedlung 27	0,020 lx	0,053 lx	-	96
12.20	Werksiedlung 23	0,010 lx	0,053 lx	-	96

Tabelle 8: Blendungsbewertung der Organismenwanderhilfe 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. Damit diese Werte erreicht werden, sind die in Kapitel 10.1 beschriebenen Einschränkungen und Anpassungen der aufzustellenden Leuchten zwingend zu beachten.

Die folgende Tabelle zeigt die Werte für die Leuchtdichteblendung der Altbestandsbeleuchtung. Im Gegensatz zu der Raumauflhellung 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.

Raumwinkel $\Omega_s < 1.0e^{-6}$				Raumwinkel $\Omega_s > 1.0e^{-6}$	
Nr.	Beobachter	Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
12.1	Am Jochenstein 22 Westseite	-	0,053 lx	30,64	96
12.2	Am Jochenstein 20 Westseite	0,020 lx	0,053 lx	258,78	96

Nr.	Beobachter	Blendbeleuchtungs -stärke E_s	Richtwert Blendbeleuchtungsstärke E_s	k-Wert	Richtwert k-Wert
12.3	Am Jochenstein 22 Nordseite	-	0,053 lx	-	96
12.4	Am Jochenstein 20 Nordseite	-	0,053 lx	-	96
12.5	Am Jochenstein 16 Westseite	0,070 lx	0,053 lx	209,42	96
12.6	Am Jochenstein 16 Nordseite	0,060 lx	0,053 lx	138,89	96
12.7	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 1	0,040 lx	0,053 lx	36,79	96
12.8	Am Jochenstein 16 Nebengebäude 2	0,040 lx	0,053 lx	7,77	96
12.9	Hofweg 6 Nordseite	0,030 lx	0,053 lx	4,69	96
12.10	Am Jochenstein 10 Nordseite	0,040 lx	0,053 lx	20,90	96
12.11	Am Jochenstein 4 Südseite	0,020 lx	0,053 lx	119,96	96
12.12	Am Jochenstein 4 Ostseite	0,020 lx	0,053 lx	84,80	96
12.13	Am Jochenstein 2	0,010 lx	0,053 lx	30,25	96
12.14	Werksiedlung 39	0,020 lx	0,053 lx	-	96
12.15	Werksiedlung 37	0,010 lx	0,053 lx	-	96
12.16	Werksiedlung 35	-	0,053 lx	-	96
12.17	Werksiedlung 31	-	0,053 lx	9,25	96
12.18	Am Kraftwerk 3	-	0,053 lx	10,59	96
12.19	Werksiedlung 27	-	0,053 lx	6,28	96
12.20	Werksiedlung 23	0,010 lx	0,053 lx	3,54	96

Tabelle 9: Blendungsbewertung des Altbestand an der Organismenwanderhilfe je nach Raumwinkel

Betrachtet man die Werte der Beobachterpositionen im Talgebiet der Altbestandsbeleuchtung, so liegt das Maximum mit einem k-Wert von 258,78 bei ungefähr dem 3-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 müssten 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 9 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 10: Ergebnis ULR-Untersuchung

Tabelle 9 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 an der Organismenwanderhilfe 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 10 zeigt die Ergebnisse der Raumauflhellungsflächen an der Organismenwanderhilfe. Zur Orientierung wird auf Abbildung 17 verwiesen, wo die Messflächen und ihre räumliche Positionierung zu erkennen sind.

Wie schon in Kapitel 4 erwähnt existieren keine Grenzwerte für Lichtimmissionen gegenüber der Fauna. Orientiert man sich an den für den Menschen in Frage kommenden Grenzwerten, so übersteigen die Hanggebiete Teil 6, 7 und 8 den Orientierungswert von 3 lx, während Hanggebiet Teil 2 diesen mit 2,5lx noch unterschreitet. Die hier erreichte maximale Raumauflhellung erreicht Werte zwischen 6,3 lx und 10,1 lx, welche nicht überraschend sind. Die betroffenen Regionen sind in Abbildung 18 mit einem blauen Kreis markiert. Die Raumauflhellungsflächen sind teilweise nur ca. 9 m von den auszuleuchtenden Flächen entfernt. Eine Raumauflhellung lässt sich durch die benötigte Baustellenbeleuchtung somit kaum vermeiden. Zur

Erinnerung sei an dieser Stelle nochmal erwähnt, dass die Simulationen wegen des Worst Case Charakters keine Vegetation berücksichtigen.

Nr.	Messfläche	E_m	E_{max}	Richtwert E_{max}
A	Hanggebiet Teil 1	0,00 lx	0,30 lx	-
B	Hanggebiet Teil 2	0,10 lx	2,50 lx	-
C	Hanggebiet Teil 3	0,00 lx	1,00 lx	-
D	Hanggebiet Teil 4	0,00 lx	0,20 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	-

Tabelle 11: Ergebnisse Raumauflhellungen der Organismenwanderhilfe die Fauna betreffend

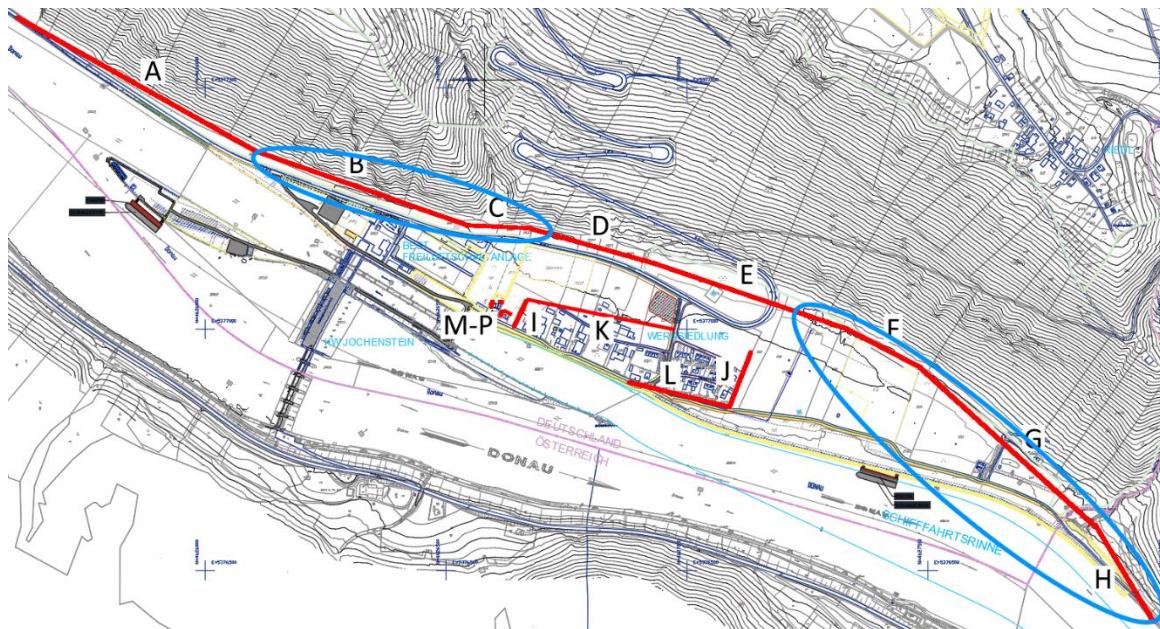


Abbildung 17: Diskussionsbedürftige Bereiche der Organismenwanderhilfe

Generell sollen LED-Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3000K mit einem bedarfsoorientierten 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.

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.

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 des ES-R können dem Dokument JES-A001-PETR1-B30438-00-_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 12: Ergebnisse Raumauhellungen 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 bedarfsoorientierten 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

Damit die Ergebnisse aus Kapitel 9 ihre Richtigkeit behalten sind bei der Errichtung mit der beispielhaften Baustellenbeleuchtung zwei Punkte zu beachten. Zum einen müssen die Leuchten in einem Areal von ca. 25m um das südlich angrenzende Grundstück herum auf einer Höhe von 4 m montiert werden. Das betroffene Areal ist in Abbildung 18 rot eingefärbt. Damit weiterhin die Gleichmäßigkeit garantiert werden kann müssen zusätzliche Leuchten montiert werden. Alle Leuchten, welche auf einer Höhe von 4 m montiert werden, müssen weiterhin auf 30% herunter gedimmt werden, damit keine zu starke Ungleichmäßigkeit entsteht.

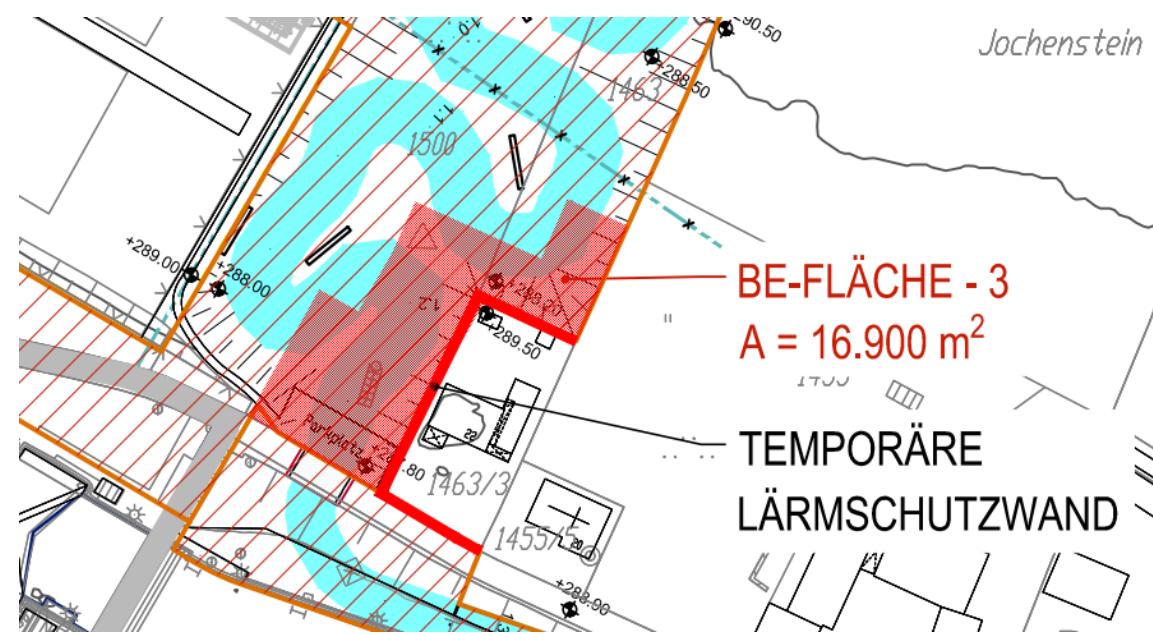


Abbildung 18: Bereich mit einer Montagehöhe von 4m rot eingefärbt

Bei der rechten 10lx-Fläche ist darauf zu achten, dass im linken südlichen Bereich dieser Fläche bis 35m nach Beginn des Baubereiches die Leuchten nur mit einer Dimmstufe von 50% betrieben werden, aber dafür in dem betroffenen Bereich die doppelte Anzahl an Leuchten aufgestellt wird. Das betroffene Areal ist in Abbildung 19 grau eingefärbt.

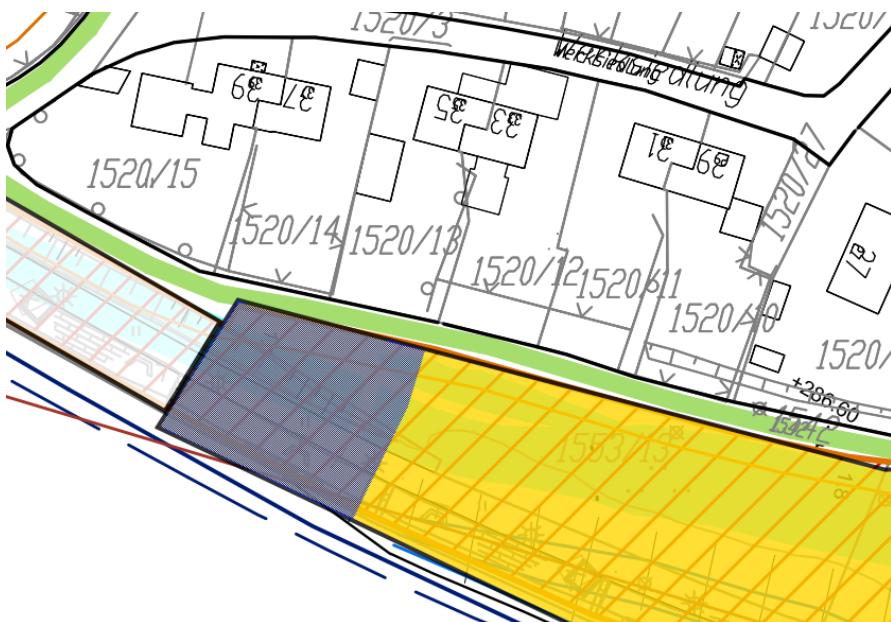


Abbildung 19: Bereich mit einer Dimmung der Leuchten auf 50% grau eingefärbt

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 Leuchtquelle. 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 m ²	12,49
10m	7m	60°	0,0318 m ²	14,93
10m	1,5m	0°	0,0060 m ²	1
10m	1,5m	10°	0,0119 m ²	2,01
10m	1,5m	15°	0,0148 m ²	2,49
10m	1,5m	20°	0,0176 m ²	2,95
10m	1,5m	30°	0,0227 m ²	3,81
10m	1,5m	45°	0,0290 m ²	4,87
10m	1,5m	60°	0,0333 m ²	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 13: 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 Gleichmäigkeiten 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 Gleichmäigkeiten zu erfüllen. Durch das Erstellen einer Gefährdungsbeurteilung können auch Beleuchtungsanlagen mit einer niedrigeren Gleichmäigkeit 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 der geplanten Organismenwanderhilfe nahe dem Kraftwerk 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 Aktivitäten auf der Baustelle um 20:00 Uhr aus. 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. Dabei müssen die Leuchten in zwei Bereichen zwingend nach den in Kapitel 10.1 gestellten Vorgaben montiert werden. Bei der Bewertung der Leuchtentypen auf Basis der DIN EN 12464-2 überschreitet keiner der Leuchtentypen den Richtwert von 5%.

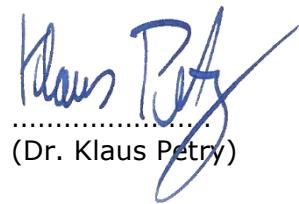
Um die Lichtimmissionen gegenüber der Fauna bewerten zu können, wurden die Richtwerte für die Raumauflhellung aus der LAI-Schrift orientierend herangezogen. Die meisten Raumauflhellungsflächen weisen eine kaum nennenswerte Beleuchtungsstärke auf. Ein paar Raumauflhellungsflächen überschreiten diesen 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.

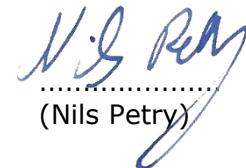
Damit die in diesem Gutachten getroffenen Aussagen und die Ergebnisse ihre Richtigkeit behalten, dürfen die zum Einsatz kommenden Leuchten in ihrer Lichtverteilungskurve nicht stark von den beispielhaft aufgeführten Leuchten abweichen.

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	249 Seiten
Anhang 2	ULR-Untersuchung IBDP	15 Seiten