

Uwe Rabenstein - Ingenieurbüro für Lichtlösungen
Grünauer Allee 62
04209 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 42055663
Mobil: +49 (0)177 4431380
Email: Uwe.Rabenstein.IB@t-online.de

Lichtimmissionsprognose
für das **des B-Planes 494**
Green Economy - Gebiet „Lune Delta“
- Aktualisierung -



Auftraggeber: Stadt Bremerhaven
über
BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft
Alter/Neuer Hafen mbH & Co. KG
H.-H.-Meier-Straße 2, Seeamt
27568 Bremerhaven

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Uwe Rabenstein

Bestellung vom: 27.08.2021

Bericht Nr.: **2021001_05_Print_s vom 02.05.2024**

Berichtumfang: **Insgesamt 158 Seiten, davon 38 Seiten Anhänge**

Übersicht verwendeter Abkürzungen

ASR	Technische Regel für Arbeitsstätten
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
CIE	Internationale Beleuchtungskommission
CLO	Constant Light Output / Konstantlichttechnik
DIN EN	Europäische Norm in deutscher Fassung
DIN	Deutsche Industrienorm / Norm für Deutschland
E1, E2, E3	Umweltzone E1 bzw. E2 oder E3
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat-Gebiet
IO	Immissionsort
L	Large für groß im Kontext mit Warft (Warft L)
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LED	Light Emitting Diode / Leuchtdiode
LiTG	Lichttechnische Gesellschaft e. V. Deutschland
M	Medium für mittel im Kontext mit Warft (Warft M)
S	Small für klein im Kontext mit Warft (Warft S)
UV-Licht	Ultraviolette Strahlung im nicht sichtbaren Bereich des Lichtes

Übersicht der verwendeten Formelzeichen

E_F	(vertikale) Beleuchtungsstärke auf der Fensterfläche in lx
E_m	Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke
E_{min}	minimale Beleuchtungsstärke
E_P	von der Blendlichtquelle erzeugten Beleuchtungsstärke an einem Punkt (am Immissionsort Auge) in lx
E_S	Grenzwert der erzeugten Beleuchtungsstärke am Immissionsort (Auge) einer Blendlichtquelle in lx
E_v	vertikale Beleuchtungsstärke in lx
F_p	sichtbare Lichtaustrittsfläche der Blendlichtquelle in m ²
I	Lichtstärke einer Leuchte (durch eine Lichtberechnung ermittelt) in (cd)
$I_{(y1)}$	Lichtstärke in Richtung Beobachter in Grad
k	Proportionalitätsfaktor
\bar{L}_{max}	maximal tolerable Leuchtdichte einer Blendlichtquelle gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel Ω_S in cd/m ²
\bar{L}_U	mittlere Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m ²
\bar{L}_S	mittlere Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m ²
L_U	Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m ²
$L_{U\text{ mess}}$	gemessene Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m ²
P	Positionsfaktor $1 = 20^\circ$ Gesichtsfeld; Position der Blendlichtquelle relativ zur Blickrichtung

r	direkter Abstand zw. Blendlichtquelle und Immissionsort (Beobachter) in m
R_a	Farbwiedergabe
R_G	Grenzwert der Blendungsbewertung auf der beleuchteten Fläche
R_{GL}	Grenzwert der Blendungsbewertung auf der beleuchteten Fläche
R_{UF}	prozentualer Wert für das vom Boden reflektierte Licht
R_{ULO}	prozentualer Wert für das nach oben abgegebene Licht
T_C	Farbtemperatur in K
$U_{2\text{hori}}$	Gesamtgleichmäßigkeit aus E_{\min} : E_m
U_{LOR}	älteres Formelzeichen für den prozentualen Wert für das nach oben abgegebene Licht
U_o	Gesamtgleichmäßigkeit aus E_{\min} : E_m
$V(\lambda)$	Beschreibt die Augenempfindlichkeit des Menschen bei Tag (photopisch)
$V'(\lambda)$	Beschreibt die Augenempfindlichkeit des Menschen bei Nacht (skotopisch)
γ_2	Einfallswinkel des Lichtes zur Blickrichtung (des Beobachterauges) in Grad
Δt_0	Ursprungs- oder Auslegungszeitraum
Δt_1	bestimmter Zeitraum mit der Nummer 1
Ω_0	Einheitsraumwinkel in sr
Ω_S	Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr
f	Funktion von ...

Abkürzungen der verwendeten Einheiten

cd	Candela; Einheit der Lichtstärke
cd/m ²	Candela pro Quadratmeter; Einheit der Leuchtdichte
ha	Hektar; Flächeneinheit (1 ha = 10.000 m ²)
K	Kelvin; Einheit der Farbtemperatur
lm	Lumen; Einheit des Lichtstromes einer Lichtquelle
lm/W	Lumen pro Watt; Einheit der Effizienz einer Lichtquelle
lx	Lux; Einheit der Beleuchtungsstärke
m	Meter; Längeneinheit
m ²	Quadratmeter; Flächeneinheit
nm	Nanometer; Einheit der Wellenlänge
sr	Steradian; Einheit des Raumwinkels
W	Watt; Einheit der elektrischen Leistung

Urheberrecht/Copyright 2022 + 2024

Die Darstellungen in der Abbildung 7-2, Abbildung 7-3, Abbildung 7-4 und Abbildung 7-18 sowie das gesamte Dokument soweit nicht anders gekennzeichnet unterliegen dem Urheberrecht des Autors Uwe Rabenstein. Alle Rechte vorbehalten.

Titelfoto aus Exposé Lune Delta – NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN in Bremerhaven Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2019), Seite 1.

Inhalt

1	Auftrag	9
2	Einleitung	10
3	Untersuchungsraum	11
3.1	Vorhandene Nutzung (Istzustand).....	12
3.2	Geplante Nutzungen (Stand 2021)	15
3.3	Der neue B-Plan 494 (Stand 2024)	17
3.3.1	Umfang	17
3.3.2	Gegenüberstellung der Planungsstände 2021 und 2024	19
3.3.3	Geplante Nutzungen.....	24
4	Grundlagen	25
4.1	Lichttechnische Grundgrößen	25
4.2	Technische Regelwerke	25
4.2.1	Technische Regelwerke für die zukünftige Beleuchtung im Außenraum	26
4.2.2	Technische Regelwerke für Lichtimmissionen	26
4.3	Hinweise der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI).....	27
4.3.1	Raumaufhellung.....	28
4.3.2	Blendwirkung.....	29
4.3.3	Schutz der Tierwelt.....	32
4.4	Empfehlungen der CIE 150:2017	33
4.4.1	Raumaufhellung.....	33
4.4.2	Blendwirkung.....	34
4.5	Empfehlungen der Fachverbände des Artenschutzes.....	35
5	Festlegungen und Empfehlungen zur Reduzierung der Lichtimmission	36
5.1	Besonderheiten zu Flora und Fauna.....	36
5.1.1	Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Insekten.....	36
5.1.2	Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Vögeln	38
5.1.3	Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Fledermäusen	40
5.1.4	Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Fischen	41
5.2	Biologische Betrachtung der Raumaufhellung.....	41
5.3	Festlegung der immissionstechnischen Grenzwerte.....	43

6	Technische Ausstattung.....	49
6.1	Lichtquellen	49
6.2	Leuchten	53
6.3	Steuerung der Beleuchtung.....	54
6.3.1	Steuerung der Beleuchtung der öffentlichen Straßen, Wege und Parkplätzen.....	54
6.3.2	Steuerung der Beleuchtung auf den einzelnen Grundstücken der Warften, des Commons und des Initialclusters	55
6.3.3	Steuerung der Beleuchtung auf den Freizeitsportflächen	55
7	Lichtkonzept für eine zukünftige Beleuchtung.....	55
7.1	Übersicht der beleuchteten Bereiche	55
7.2	Nutzungszeiten der Beleuchtung	57
7.3	Vorgaben und Einschränkungen.....	58
7.4	Straßen, Parkplätze, Geh- und Radwege.....	60
7.4.1	Vorgaben	60
7.4.2	Beleuchtung.....	63
7.5	Freizeitflächenbeleuchtung	71
7.6	Arbeitsplätze auf gewerblich genutzten Flächen	71
7.6.1	Vorgaben	71
7.6.2	Beleuchtung der Warften der Größe S (neu GE1).....	73
7.6.3	Beleuchtung der Warften der Größe M (neu GE2)	73
7.6.4	Beleuchtung der Warften der Größe L (neu GE3)	74
7.6.5	Besonderheit bei der Beleuchtung der Warften (neu GE1)	74
7.7	Bereiche ohne Beleuchtung	76
7.8	Lichtkonzept für die Beleuchtung auf Baustellen.....	76
7.9	Beleuchtung von Luftfahrthindernissen.....	77
8	Lichtimmissionsprognose für eine mögliche Beleuchtung.....	78
8.1	Anlagenbeschreibung des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes.....	78
8.1.1	Bestand	78
8.1.2	Konzeptionell	78
8.2	Untersuchung der zukünftigen Betriebsphase.....	80
8.2.1	Raumaufhellung.....	82

8.2.2	Blendwirkung.....	87
8.2.3	Himmelsaufhellung.....	93
8.2.4	Abschätzung gemäß dem „Leitfaden Licht ...“ (GFN, 2021)	94
8.3	Maßnahmen im Vorfeld zur Vermeidung von Lichtimmissionen	100
8.3.1	Lichtschutzwall.....	100
8.3.2	Nutzung einer bedarfsabhängigen Beleuchtungssteuerung.....	101
9	Zusammenfassung	102
10	Literaturverzeichnis	105
11	Abbildungsverzeichnis	111
12	Tabellenverzeichnis	115
13	Glossar	118
14	Anhang.....	121
14.1	Anhang - Zusammenfassung von Hinweisen und Festlegungen.....	121
14.2	Anhang - Berechnungsgrundlagen der psychologischen Blendung nach LAI (2012) ...	135
14.3	Anhang - angenommener Höhenverlauf als Schnittdarstellung.....	139
14.4	Anhang – Energiekostenbetrachtung verschiedener Lichtfarben mit und ohne Blendschutz.....	142
14.5	Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte).....	146
14.6	Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte).....	147
14.7	Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte).....	148
14.8	Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte).....	149
14.9	Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)	150

14.10	Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)	151
14.11	Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)	152
14.12	Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)	153
14.13	Anhang – Checkliste zum Entwurf einzelner Beleuchtungsanlagen	154
14.14	Anhang – Möglichkeiten der Steuerung der Beleuchtung im Außenbereich	158

1 Auftrag

Neben den Gewerbeflächen „Fischereihafen West“ der Stadt Bremerhaven soll das nachhaltige Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ entstehen. Dieses Gebiet wird ein eigenständiges Gewerbe- und Industriegebiet mit einer vielfältigen Betriebsansiedlung unterschiedlicher Größen.

Hierzu sollte eine Lichtimmissionsprognose über die Auswirkungen auf das angrenzende Naturschutzgebiet „Luneplate“ erstellt werden. Gleichzeitig dürfen das dahinterliegende EU-Vogelschutzgebiet und das darauffolgende FFH-Gebiet keine unzulässigen Beeinträchtigungen durch Licht erhalten. Ziel war die Ausarbeitung lichttechnischer Planungsvorgaben für künftig zu erwartender Lichtimmissionen mit größtmöglicher Minimierung umweltbelastender Auswirkungen auf die Schutzgüter Tier und Mensch in der Bau- und Betriebsphase. Der Schwerpunkt der Untersuchung soll dabei auf dem Schutz des Naturschutzgebietes „Luneplate“ und dem Gedanken der Nachhaltigkeit liegen.

Die Aufgabenstellung umfasst folgende Bereiche:

- Erstellung einer Lichtimmissionsprognose für das im Entwurf befindliches Gewerbe- und Industriegebiet,
- Abstimmung mit dem von der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN) BEAN beauftragtem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“,
- Erstellung eines Lichtkonzeptes für eine spätere Umsetzung der Beleuchtung,
- Zuarbeit zur Baubeschreibung mit den in der Lichtimmissionsprognose und dem Lichtkonzept getroffenen Festlegungen.
- Übernahme des neuen Bebauungsplanes und Darstellen von Änderungen, die sich im Zuge des weiteren Entwurf zum heutigen Stand ergeben haben.

Die Zuarbeit zur Bauschreibung basiert inhaltlich auf der hier vorliegenden Lichtimmissionsprognose, wird aber aufgrund des zusätzlichen Umfangs und doppelten Inhaltes in ein separates Dokument [Rabenstein (05/2024)] ausgegliedert.

2 Einleitung

Für den Bau und Betrieb des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ sind Beleuchtungsanlagen unterschiedlicher Art erforderlich. Während der Bauphase gilt es die Lichtimmissionen für die Baustellenbeleuchtung so zu begrenzen, dass einerseits die erforderlichen Arbeiten durchgeführt werden können und andererseits die Störwirkung so gering wie möglich ist. Im späteren Betrieb soll es in diesem Gebiet Beleuchtungsanlagen für folgende Bereiche geben:

- Straßen und Parkplätze,
- Geh- und Radwege,
- Arbeitsstätten im Freien auf den jeweiligen Firmengeländen (Warften und Initialcluster),
- Freizeitsportflächen,
- Gemeinschaftseinrichtungen (Commons).

Insgesamt handelt es sich mit Ausnahme der Straßen, Geh- und Radwege um verschiedene Grundstücke, die in Ihrer Größe oder Form unterschiedlich sind und erst die spätere konkrete Vermarktung die eigentliche Grundstücksgröße und Verwendung definiert. Unter der Maßgabe, dass jedes dieser Grundstücke individuell schaltbar sein muss, entstehen ebenso viele Einzelbetrachtungen, die gewisse Vorgaben erfüllen müssen. Aktuell befindet sich das Gewerbe- und Industriegebiet in der Planung. Daher können die Vorgaben nur allgemein gehalten werden und sich nicht auf konkrete Situationen beziehen. Im Zuge dessen wurden nur Vergleichsberechnungen über eine mögliche Einhaltung der Grenzwerte durchgeführt.

Lichtimmissionen zählen nach § 3 des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz - BImSchG) (2013) zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft herbeizuführen. Im Vergleich dazu siehe auch Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (2012, S. 2).

Gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des BImSchG (2013) ist das Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ so zu errichten und zu betreiben, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Licht hervorgerufen werden. Weiterhin ist eine Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere durch den Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Immissionsbegrenzung, zu treffen [Vgl. auch LAI (2012), S. 2].

Die Anforderungen an die Beleuchtungsanlagen der einzelnen Bereiche für das zukünftige Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ sind in verschiedenen Richtlinien und Empfehlungen enthalten. Im Kapitel 4.2.1 werden diese Richtlinien und Empfehlungen näher beschrieben.

Für das Schutzgut Mensch sind Anforderungen hinsichtlich des Lichtimmissionsschutzes durch den LAI (2012) in den Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen

vom 08.10.2012 mit Änderung vom 03.11.2015 herausgegeben worden. Die im Immissionsschutz auftretenden Lichteinwirkungen bewegen sich im Bereich der Belästigung, physische Schäden am Auge können ausgeschlossen werden. Aufsichtsbehörden sind jedoch angewiesen, die Hinweise des LAI umzusetzen. Die öffentliche Beleuchtung ist nach § 3 des BImSchG (2013) davon ausgenommen [Vgl. auch LAI (2012), S. 2].

Der Schutz der Tiere vor störenden Lichtimmissionen wird in dem geplanten Gewerbe- und Industriegebiet besondere Aufmerksamkeit zu Teil, da in westlicher Richtung unmittelbar das Naturschutzgebiet Luneplate angrenzt. Weiter in südwestlicher Richtung liegt das Vogelschutzgebiet „Luneplate“. Östlich davon befindet sich das FFH-Gebiet Teichfledermaus-Gewässer im Raum Bremerhaven-Bremen. Im Sinne eines Green Economy – Gebietes wurden in das Planungsgebiet viele Grün- und Wasserflächen integriert, die Tieren Raum geben und dem Menschen zur Erholung dienen. Gleichzeitig werden diese Flächen automatisch zu Flugrouten und Jagdgebieten der tag-, abend- und nachtaktiven Tiere. Für die Beleuchtung gilt es hier, die Tierarten einerseits in den Brutgebieten nicht durch Lichtimmissionen zu stören und andererseits nicht anzulocken. Gleichzeitig bedürfen die Fledermäuse den Schutz der Nacht und durch die Anlockwirkung des künstlichen Nachtlichtes sollte für die Insekten keine Beeinflussung deren Jagdverhaltens geschehen. Dies gilt für die Tierwelt in den innen liegenden und angrenzenden Gewässern ebenfalls. Für jede dieser Tierarten gibt es verschiedene Empfehlungen hinsichtlich der Art der Einschränkungen der Lichtimmissionen. Daraus wurde in Abstimmung mit dem von der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN) beauftragten landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ und den einzelnen Empfehlungen (siehe Kapitel 7) ein Konzept entwickelt, das die Verbindung zwischen erforderlichem Licht und dem Naturschutz darstellt. Für die Grenzwerte wurden im Wesentlichen die Empfehlungen der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE) 150:2017 sowie die Hinweise des LAI (2012) für das Schutzgut Mensch angesetzt und mit den Empfehlungen der Artenschutzverbände kombiniert.

3 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum befindet sich am südlichen Stadtrand von Bremerhaven an der Lune.

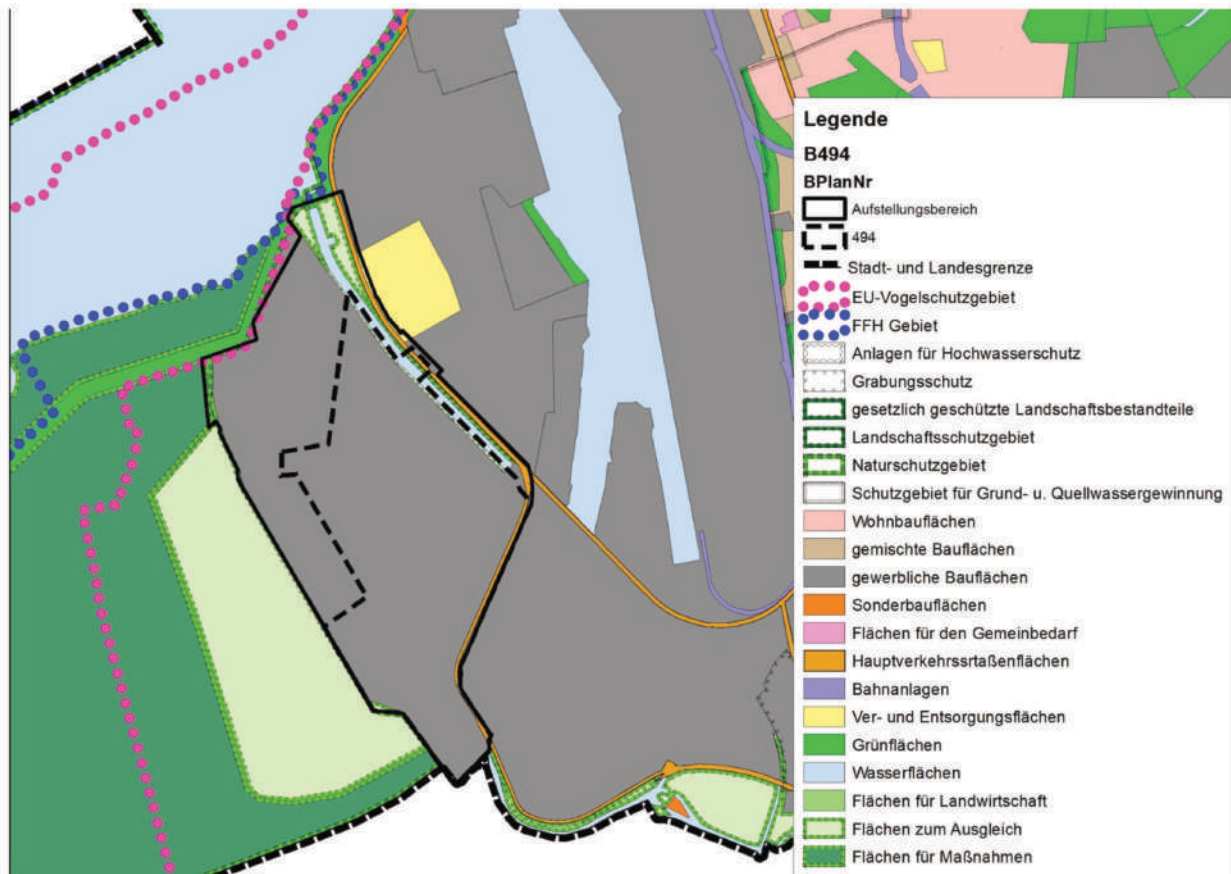


Abbildung 3-1 - Ausschnitt aus dem FNP 2006, Stadtplanungsamt Bremerhaven 2020, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 6, Abb. 5 von Claussen-Seggelke (2021)

3.1 Vorhandene Nutzung (Istzustand)

Die geplanten Gewerbe- und Industrierwartungsflächen des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ liegen zwischen dem EU-Vogelschutzgebiet „Luneplate“ und dem ehemaligen Gelände des Flughafens von Bremerhaven, südwestlich der Lune. Momentan wird das Gelände weitestgehend als naturbelassenes Acker- und Weidegebiet genutzt. Am nordwestlichen Rand der Gewerbe- und Industrierwartungsflächen wurde ein Treibsellagerplatz mit einer Fläche von ca. 2,5 ha errichtet und im Jahr 2020 in Betrieb genommen. Für eine Teilfläche des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ ist ein Bebauungsplan in Vorbereitung.

Das gesamte Wattgebiet in der Weser außerhalb des Deiches ist heute als FFH-Gebiet ausgewiesen (siehe Abbildung 3-2).

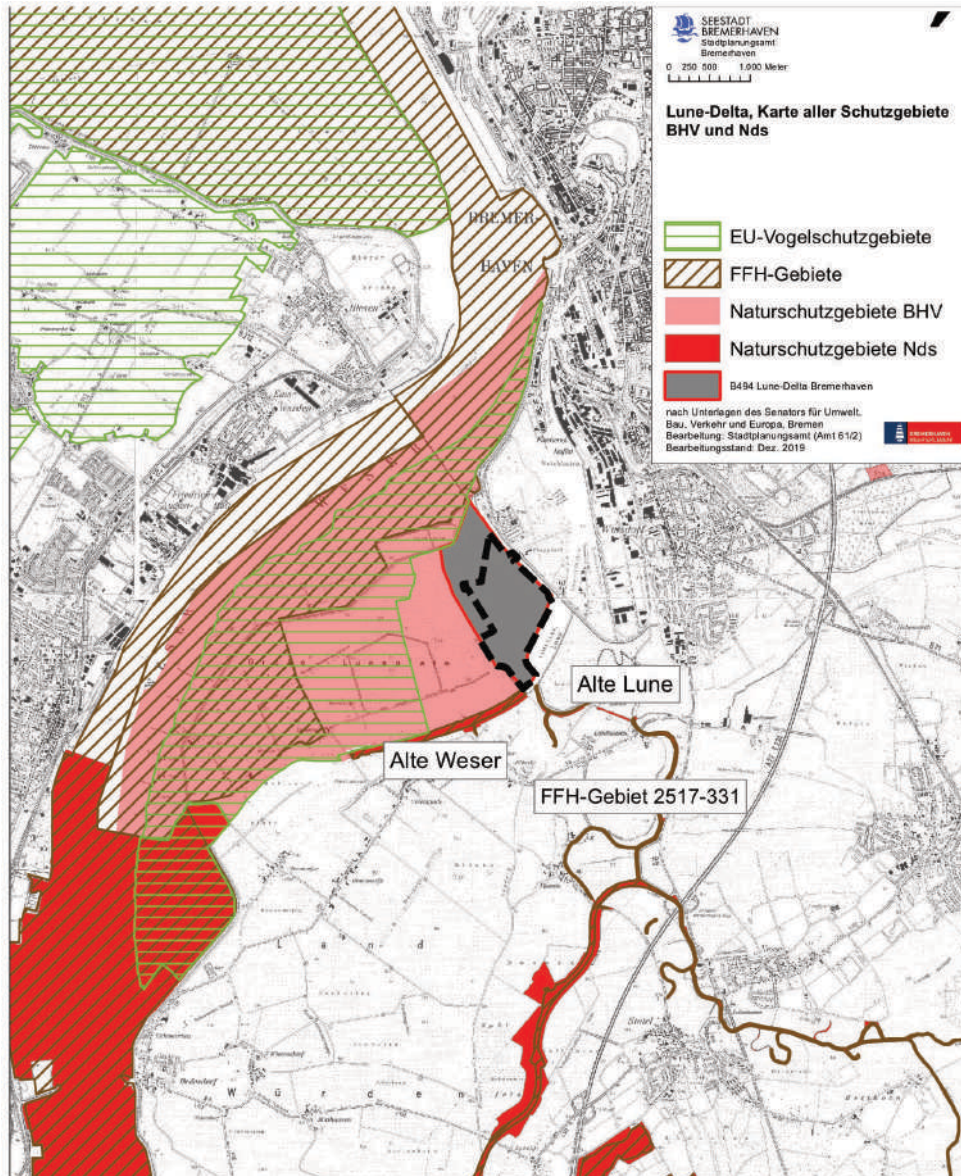


Abbildung 3-2 - Lüne-Delta, Karte aller Schutzgebiete BHV und Nds, Dezember 2019, überlagert mit dem Geltungsbereich für den Bebauungsplan 494, Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 4, Abb. 3 von Claussen-Seggelke (2021) mit Korrektur des B-Plan I

Nord- bis südwestlich der Gewerbe- und Industrieerwartungsfläche Luneplate schließt sich ein extensiv bewirtschaftetes Weidegebiet mit mehreren Schutzgebieten an (siehe Abbildung 3-3).

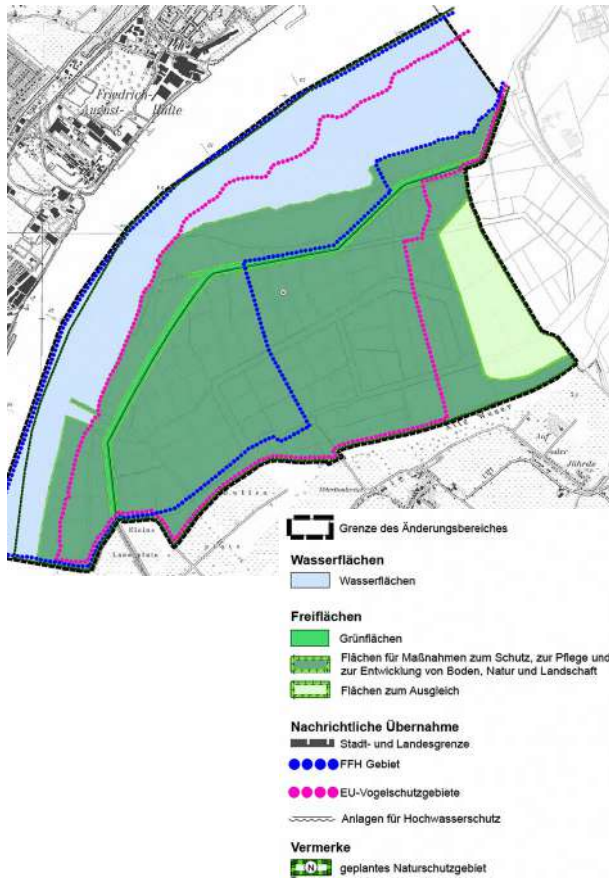


Abbildung 3-3 - Ausschnitt aus der Flächennutzungsplanänderung 10A „Luneplate“, 2014, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 7, Abb. 6 von Claussen-Seggelke (2021)

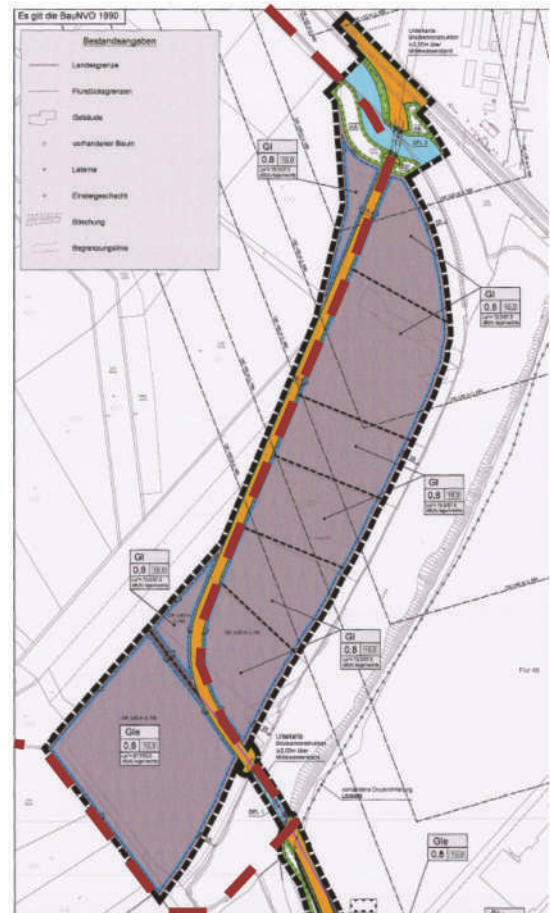


Abbildung 3-4 - Ausschnitt aus dem Bebauungsplan 429, überlagert mit dem Geltungsbereich für den Bebauungsplan 494, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 9, Abb. 8 von Claussen-Seggelke (2021)

Im Südosten befindet sich mit dem B-Plan 429 das Gewerbegebiet Luneort / Reitufer (siehe Abbildung 3-4), das größtenteils bereits bebaut ist bzw. vorbereitet wurde.

Weiter östlich hinter dem Gewerbegebiet westlicher Fischereihafen und dem Hafenbecken des Fischereihafens liegt ein älteres Gewerbegebiet. Das nächstgelegene Wohngebiet befindet sich ebenfalls in dieser Richtung und liegt von den Gewerbe- und Industriegebietserwartungsflächen ca. 1.250 m entfernt.

3.2 Geplante Nutzungen (Stand 2021)

Das gesamte Gebiet des „Lune Delta“ mit einer Fläche von ca. 150 ha teilt sich nach dem Exposé der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis, 2019) in folgende Bereiche auf:

- ca. 93,93 ha vermarktbare Grundstücksfläche in 3 verschiedenen Größenkategorien,
- ca. 28 ha für Gemeinschaftseinrichtungen (Commons) wie zum Beispiel Kantinen, Kitas oder Konferenzräume,
- ca. 51,27 ha für Grün- und Wasserflächen sowie öffentliche Parks.

Die gesamte Grundfläche wird in 3 Bauabschnitte unterteilt. Begonnen wird mit einem ca. 100 ha umfassenden 1. Bauabschnitt. Dieser komplette 1. Bauabschnitt wird nach Abbildung 3-5 als B-Plan I bezeichnet.



Abbildung 3-5 - Geplante angrenzende Planverfahren der weiteren Bauabschnitte, ARGE suc, überlagert mit dem Geltungsbe-
reich für den Bebauungsplan 494, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 4, Abb. 4 von Claussen-Seggelke (2021)

Im Sinne eines nachhaltigen Gewerbe- und Industriegebiets gibt es neben den zur Versorgung erforderlichen Straßen breite Geh- und Radwege. Parallel zu den Wasserflächen innerhalb des Geländes befinden sich ein Geh- und Radwegenetz sowie Aktivitäts- und Freizeitbereiche.



Abbildung 3-6 - städtebaulicher Entwurf des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgesellschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgesellschaft, 2020)

Die Gestaltung der Warften mit den Größenkategorien S, M und L passt sich in seiner Form der Annäherung an das Naturschutzgebiet an. In den dem Naturschutzgebiet am nächsten gelegenen Warften der Größe S sind die Grundstücke am kleinsten und sollen nach aktuellem Stand geringere Traufhöhen aufweisen. In Richtung Norden und Osten nehmen die zulässigen Gebäudehöhen in den Warften M und L zu. Gemäß Claussen-Seggelke (2021) sind die Gebäudehöhen entsprechend Tabelle 3-1 zulässig.

Bereich	Maximal zulässige Gebäudehöhen
Warft S	bis 15,00 m
Warf M	bis 35,00 m
Warft L	bis 50,00 m

Tabelle 3-1 - maximal zulässige Gebäudehöhen auf den Warften.

Zu diesem Bearbeitungsstand sind für das geplante Gewerbe- und Industriegebiet „Lune Delta“ noch keine Ansiedlung von Firmen bekannt. Ein Entwurf des Bebauungskonzeptes wurde wie in Abbildung 3-6 ersichtlich zur Verfügung gestellt und bildet gleichzeitig die Grundlage zur Festlegung der Grenzwerte sowie deren Kontrolle in Vergleichsberechnungen.

Auf dem Gelände des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ befindet sich im nördlichen Bereich neben den Warften S8, M5 und L4 ein Treibsellagerplatz. Dieser Lagerplatz wird überwiegend bei Räumarbeiten nach Hochwassern und großen Anspülungen sowie Aufräumarbeiten verwendet. Die restliche Zeit soll er als Lagerplatz ohne dauernde Anwesenheit von Personen genutzt werden. Er ist bereits fertiggestellt und in Betrieb. Eine vollflächige Beleuchtung wurde und soll auch nicht vorgesehen werden. Er findet daher keine Berücksichtigung.

3.3 Der neue B-Plan 494 (Stand 2024)

3.3.1 Umfang

Bei dem hier beschriebenen Teil handelt es sich um den 1. Bauabschnitt. Die flächenmäßige Aufteilung hat sich gegenüber dem Stand von 2021 nicht wesentlich verändert.

Der neue Bebauungsplan 494 ist in Abbildung 3-7 dargestellt.

3.3.2 Gegenüberstellung der Planungsstände 2021 und 2024

Der aktuelle Bebauungsplan wird in Abbildung 3-8 auf den städtebaulichen Entwurf gelegt. Damit wird eine Vergleichbarkeit zwischen beiden Planungsständen geschaffen.



Abbildung 3-8 – Vergleich des städtebaulichen Entwurfs des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgemeinschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgemeinschaft, 2020) mit dem Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma clausen – seggelke stadtplaner (clausen – seggelke, 2024)

Der aktuelle Stand des Bebauungsplanes 494 wurde wie in Abbildung 3-8 ersichtlich zur Verfügung gestellt und auf seine Vergleichbarkeit der 2021/2022 festgelegten Grenzwerte hin überprüft.

Dabei wurden folgende Unterschiede festgestellt:

- Die Bezeichnungen der Gewerbeflächen haben sich von einigen Bereichen geändert. Eine Änderung des gesamten Dokumentes und der Berechnungen in die neuen Bezeichnungen wird nicht durchgeführt und ändert auch nichts an den Grenzwerten. Folgende Änderungen gelten für diesen Bauabschnitt:

Bezeichnung Alt	Bezeichnung Neu
Warft S1 und S2	Gewerbereinheit 1 (GE1)
Warft M1, M2 und M3	Gewerbereinheit 2 (GE2)
Warft L1 und L2	Gewerbereinheit 3 (GE3)
Initialcluster	Gewerbereinheit 4 (GE4)
Commons C1 und C2	Sonderflächen (SO)

Tabelle 3-2 - Gegenüberstellung der geänderten Bezeichnungen des städtebaulichen Entwurfs und des aktuellen Bebauungsplanes

- Der Verlauf der Straßen wurde für diesen Bauabschnitt nicht wesentlich geändert.
- Das Wegenetz innerhalb des Geländes wurde in Teilen neu angepasst, hat aber nicht mehr Einfluss auf die Lichtimmissionen als vorher.
- Die Aktivitäts- und Freizeitbereiche werden im weiteren Verlauf des Bauvorhabens noch in ihren Nutzungen angepasst. Die einzuhaltenden Grenzwerte werden dafür nicht geändert.
- Die Wasserfläche wurde näher an die verkleinerte Gewerbereinheit 4 herangezogen. Das ist Abbildung 3-9 ersichtlich.



Abbildung 3-9 - Gegenüberstellung der Gewerbereinheit 4 mit alter und neuer Grenze der Wasserfläche und neuen Grundfläche

- Die Grundstücksflächen und die daran angrenzenden Kreislaufzonen wurden geringfügig geändert. In Abbildung 3-10 bis Abbildung 3-17 sind einige Beispiele gesondert dargestellt.



Abbildung 3-10 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 1 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-11 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 1 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-12 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 2 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-13 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 2 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-14 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-15 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung



Abbildung 3-16 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung und der Wasserkante



Abbildung 3-17 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 4 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung

Das Fazit zu den Abweichungen kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Zur Gewerbeeinheit 1:
 - o Der Abstand zum Naturschutzgebiet wurde etwas vergrößert.
 - o Die Grenze der nutzbaren Fläche der Kreislaufzone wurde um 5 m in Richtung Wasserflächen verschoben.
- Zur Gewerbeeinheit 2:
 - o Die Grenze der nutzbaren Fläche der Kreislaufzonen wurde um 5 m in Richtung Wasserflächen verschoben.
 - o Die Bereiche mit Bäumen zw. den Gewerbeeinheiten 2 und dem Lune Delta Park wurden in die Bewertung nicht mit einbezogen, da keine hohen Masten eingesetzt werden und sonst nur die Baumkronen beleuchten würden. Optional wären Leuchten mit einer Lichtpunkthöhe bis 3,0 m möglich.
- Zur Gewerbeeinheit 3:

- Die Grenze der nutzbaren Fläche der Kreislaufzone wurde in Richtung Wasserflächen verschoben. Auf einen Hinweis der Bepflanzung wurde im Plan verzichtet.
- Die Bereiche mit Bäumen zw. den Gewerbeeinheiten 3 und der Alten Lune wurden in die Bewertung nicht mit einbezogen, da keine hohen Masten eingesetzt werden können und sonst nur die Baumkronen beleuchten würden. Optional wären Leuchten mit einer Lichtpunkthöhe bis 3,0 m möglich.
- Das Ufer der Alten Lune wurde um ca. 3 m näher an die Gewerbeeinheiten 3 gelegt.
- Zur Gewerbeeinheit 4:
 - Die Grenze der nutzbaren Fläche der Gewerbeeinheit 4 in Richtung Alte Lune wurde verschoben.
 - Der Abstand zum Naturschutzgebiet und zum Delta Wasser wurde vergrößert.
- Einige der Änderungen haben einen positiven oder negativen Einfluss auf die Lichtimmissionsbelastung. Die in der Lichtimmissionsprognose enthaltenen Grenzwerte bleiben unverändert und gelten auch für die neuen Zonen- und Flächengrenzen. Dadurch bleibt die Lichtimmissionsbelastung im Rahmen der Untersuchung von 2022.

3.3.3 Geplante Nutzungen

Zu diesem Bearbeitungsstand liegen für das geplante Gewerbe- und Industriegebiet „Lune Delta“ keine Ansiedlung von Firmen vor.

Die Gestaltung der Gewerbeeinheiten mit den Typkategorien 1, 2, 3 und 4 passen sich in ihrer Form und Lage der Annäherung an das Naturschutzgebiet an. In den dem Naturschutzgebiet am nächsten gelegenen Gewerbeeinheiten des Typs 1 sind die Grundstücke am kleinsten und sollen nach aktuellem Stand geringere Traufhöhen aufweisen. In Richtung Norden und Osten nehmen die zulässigen Gebäudehöhen in den Gewerbeeinheiten zu. Gemäß Claussen-Seggelke (2024) sind die Gebäudehöhen entsprechend Tabelle 3-1 zulässig.

Bereich	Maximal zulässige Gebäudehöhen
Gewerbeeinheit 1 (GE1)	bis 16,00 m ü. NHN
Gewerbeeinheit 2 (GE2)	bis 29,00 m ü. NHN
Gewerbeeinheit 3 (GE3)	bis 44,00 m ü. NHN
Gewerbeeinheit 4 (GE4)	bis 29,00 m ü. NHN
Sonderflächen (SO)	bis 29,00 m ü. NHN

Tabelle 3-3 - maximal zulässige Gebäudehöhen auf den Gewerbeeinheiten.

4 Grundlagen

Für den laufenden Betrieb auf den Gewerbe- und Industriegebietsflächen gibt es auf der einen Seite Beleuchtungsanforderungen und Qualitätskriterien für die dort auszuführenden Arbeiten, auf der anderen Seite soll die dafür notwendige Beleuchtung in der Nachbarschaft keine unzulässige Beeinträchtigung verursachen. Diese unterschiedliche Interessenlage muss bei der Planung einer Lichtanlage beachtet werden.

4.1 Lichttechnische Grundgrößen

Die Lichttechnik kennt verschiedene Grundgrößen, mit denen Licht beschrieben und berechnet wird. Folgende Grundgrößen werden häufig verwendet:

- Beleuchtungsstärke (Einheit Lux: lx),
- Effizienz (Einheit Lumen pro Watt: lm/W),
- Farbtemperatur (Einheit Kelvin: K),
- Lichtstrom (Einheit Lumen: lm),
- Leuchtdichte (Einheit Candela pro Quadratmeter: cd/m²),
- Lichtfarbe (Einheit ohne),
- Lichtstärke (Einheit Candela: cd).

Diese und weitere Begriffe werden im Kapitel 13 näher erläutert.

4.2 Technische Regelwerke

Die anerkannten technischen Regelwerke sind einem ständigen Wandel durch Überarbeitung und Einfließen neuester Erkenntnisse unterworfen. Im Zuge der Europäischen Union basieren viele europäische Normen (EN) in deutscher Version als nationale Normen (DIN EN). In einigen Fällen gibt es aber auch nationale Normen (DIN), wenn die Unterschiede aus vielerlei Hinsicht zu groß sind. In die europäischen Normen wiederum fließen Erkenntnisse auch aus internationalen Normen (z. B. CIE) ein.

Einige Regelwerke werden über Gesetze vorgeschrieben, andere dienen lediglich als Empfehlung.

4.2.1 Technische Regelwerke für die zukünftige Beleuchtung im Außenraum

Unter Beachtung aller Maßnahmen zum Umweltschutz gilt es gleichzeitig auch, die Beleuchtung für den Menschen sicher und seinen Erfordernissen entsprechend zu gestalten. In Tabelle 4-1 ist eine Kurzübersicht der anerkannten technischen Regelwerke aufgeführt, welche für die Beleuchtung der Arbeitsplätze im Freien, Außenflächen, Straßen und Wege Anwendung finden können.

Dokument	Bereich	Verwendung
DIN 13201-1:2021	Straßenbeleuchtung – Auswahlklassen	Empfehlung
DIN EN 13201-2 bis -5:2015/2016	Straßenbeleuchtung – Gütemerkmale, Berechnung, Messung und Effizienz	Empfehlung
DIN 67523-1 bis -2:2010	Beleuchtungsanforderungen für Fußgängerüberwege	Empfehlung
DIN EN 67528:2018	Beleuchtungsanforderungen für Parkplätze und Parkbauten	Empfehlung
DIN EN 12464-2:2014	Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsplätze im Freien	Empfehlung
ASR A3.4:2011/2014	Technische Regeln für Arbeitsstätten	Vorschrift
DIN EN 12193:2019	Sportstättenbeleuchtung + Insekten	Empfehlung

Tabelle 4-1 - anerkannte technische Regelwerke für Beleuchtungsanlagen im Außenraum

Erklärung:

- DIN Deutsche Industrienorm
- EN Europäische Norm
- DIN EN Europäische Norm in deutscher Fassung
- ASR Technische Regel für Arbeitsstätten

Die Normen zur Beleuchtung von Fußgängerüberwegen wurden vorbereitend mit aufgenommen, falls es aufgrund der zahlreichen Straßenquerung zu deren Errichtung kommt. Aktuell sind im städtebaulichen Entwurf in Abbildung 3-6 keine enthalten.

4.2.2 Technische Regelwerke für Lichtimmissionen

Die Außenbeleuchtungsanlagen sollen so wenig wie möglich störend auf die benachbarten Gebiete und Schutzzonen innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes wirken. Nachfolgend ist daher eine Kurzübersicht der anerkannten technischen Regelwerke in Tabelle 4-2 aufgeführt, welche für die Lichtimmissionsprognose verwendet wurden.

Dokument	Bereich	Verwendung
LiTG-Publikation Nr. 12.3:2011	Lichtimmission	Empfehlung
Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen des LAI vom 08.10.2012/2015	Lichtimmission	Empfehlung/Hinweis
CIE 150:2017	Lichtimmission	Empfehlung

Tabelle 4-2 - anerkannte technische Regelwerke für den Schutz vor Lichtimmissionen

Erklärung:

LiTG Lichttechnische Gesellschaft e. V. Deutschland
 LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
 CIE Internationale Beleuchtungskommission

4.3 Hinweise der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)

Licht gehört z. B. neben Lärm- und Luftverschmutzung zu den schädlichen Umwelteinwirkungen und unterliegt so dem BImSchG (2013). Es wird darin zwischen Immissionen gemäß (§ 3 Abs. 2) und Emissionen (§ 3 Abs. 3) unterschieden. Im hier vorliegenden Fall handelt es sich ausschließlich um Immissionen.

Für die Bewertung von Lichtimmissionen wurde im Mai 1993 in Deutschland die Licht-Richtlinie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) eingeführt. Sie beinhaltet Vorgaben zur einheitlichen Messung und Beurteilung der Wirkung von Lichtimmissionen für den Vollzug des BImSchG (2013). Mit der umfangreichen Überarbeitung der Licht-Richtlinie im Mai 2000 wurde ihr Inhalt und Titel in Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen geändert. Heute sind bei der Zulassung und Überwachung von Anlagen die Hinweise des LAI in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012/2015 (LAI, 2012) für die Prüfung, Messung sowie Beurteilung von Lichtimmissionen durch die zuständigen Behörden zu beachten.

Die Hinweise des LAI (2012) in der aktuellen Version bauen in ihren wesentlichen Inhalten auf die Veröffentlichung der Publikation 12.3 vom September 2011 des LiTG Fachgebietes Außenbeleuchtung (LiTG Publikation 12.3, 2011) auf.

Für störende Lichtimmissionen werden zwei Kriterien (Raumaufhellung und Blendwirkung) als Maß bewertet und in den folgenden Punkten beschrieben.

4.3.1 Raumaufhellung

Die Hinweise des LAI (2012) beziehen sich auf die Gebiete, die durch die Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO, 2017) definiert sind. Darin findet sich aktuell kein Naturschutzgebiet wieder und wird unter Beachtung der höchsten Anforderungen einem Kurgebiet zugeordnet. Weiterhin werden die Grenzwerte der Raumaufhellung als vertikale Beleuchtungsstärke am Fenster E_F des Immissionsortes aufgeführt. Dies ist in einem Naturschutzgebiet nicht gegeben, daher wären vertikale Flächen an bestimmten Stellen zu betrachten. Die Höhe der vertikalen Flächen ist so auszulegen, dass alle kritischen Werte der von den Leuchten erzeugten direkten Beleuchtungsstärke erfasst werden.

Zeile	Immissionsort Gebiet nach § BauNVO	Beleuchtungsstärke E_F in Lux	
		6 bis 22 Uhr	22 bis 6 Uhr
1	Kurgebiet, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	1	1
2	reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	3	1
3	Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	5	1
4	Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15	5

Tabelle 4-3 - Immissionswerte der mittleren Beleuchtungsstärke E_F am Immissionsort, Auszug aus „Hinweise“ S. 5, Tabelle 1 vom LAI (2012)

- 1) Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2.
- 2) Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung auch Zeile 3 zugeordnet werden (vor 22 Uhr $E_F \leq 5$ lx; nach 22 Uhr $E_F \leq 1$ lx).

In Abbildung 4-1 wurden beispielhaft die Immissionsorte IO 1 bis IO 5 und vertikale Berechnungsflächen in verschiedenen Abständen zum Weg des Naturschutzgebietes dargestellt. Vor den Immissionsorten befindet sich der Geh- und Radweg, der zwischen dem Gewerbe- und Industriegebiet und dem Naturschutzgebiet liegt.



Abbildung 4-1 - Darstellung u. a. der Immissionsorte IO 1 bis IO 5 und der beispielhaften vertikalen Berechnungsraster parallel zum Weg am Naturschutzgebiet

Da es bis heute für Naturschutzgebiete oder FFH-Gebiete noch keine Grenzwerte in den Hinweisen des LAI (2012) gibt, wird auf die CIE 150:2017 (2017) zurückgegriffen. Diese definiert eine Zone E1 als eine besonders schützenswerte Stätte, deren Grenzwerte denen eines Kurgebietes und den Empfehlungen der Fachverbände des Artenschutzes ähnlich sind.

4.3.2 Blendwirkung

Die Beeinträchtigung durch eine Leuchte an einem Immissionsort wird auch als psychologische Blendung bezeichnet. Diese hängt von den in Abbildung 4-2 dargestellten Parametern ab.

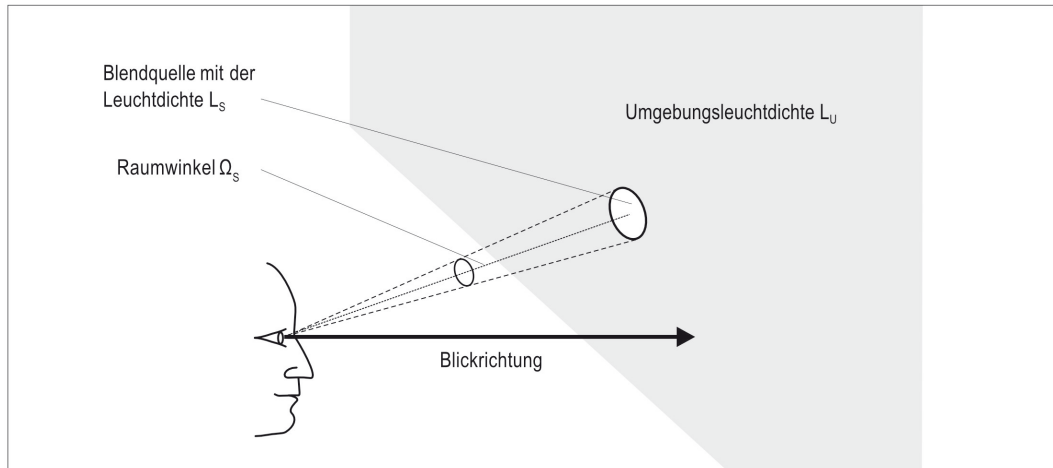


Abbildung 4-2 - Beschreibung der für die psychologische Blendung relevanten Größen, Auszug aus „LiTG-Publikation 12.3“ Seite 12, Abb. 4.1 vom LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (2011)

Erklärung:

L_s	Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2
L_u	Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m^2
Ω_s	Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr

Bei Tageslicht führt ein Scheinwerfer aufgrund der hohen Umfeldleuchtdichte L_u kaum zu einer unzulässigen Blendung. Erst mit der Verringerung der Umfeldleuchtdichte am Abend und in der Nacht kann es dann zu einer Blendung kommen. Die Umfeldleuchtdichte ist die mittlere Leuchtdichte des Umfeldes im Radius von 10° um die Blendlichtquelle. Diese Begrenzung ergibt sich durch das hochauflösende Sehzentrum im Auge rund um die Hauptblickrichtung. Die Umfeldleuchtdichte bestimmt daher die maximal zulässige Leuchtdichte der Blendlichtquelle L_s . Außerdem sind die Größe der sichtbaren Blendlichtquelle sowie der Abstand zwischen der Blendlichtquelle und dem Immissionsort (Raumwinkel Ω_s) ein Maß für die Blendung.

Dieses Maß für die Blendung wird durch den Proportionalitätsfaktors k entsprechend den Hinweisen des LAI ausgedrückt. Für jede Gebietsart der BauNVO (2017) gibt es entsprechende Grenzwerte, die zu bestimmten Uhrzeiten nicht überschritten werden dürfen. In Tabelle 4-4 werden diese Grenzwerte dargestellt.

Zeile	Immissionsort Gebiet nach § BauNVO	Proportionalitätsfaktor k		
		6 bis 20 Uhr	20 bis 22 Uhr	22 bis 6 Uhr
1	Kurgebiet, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	32	32	32
2	reine Wohngebiete (§ 3), allgemeine Wohngebiete (§ 4), besondere Wohngebiete (§ 4a), Kleinsiedlungsgebiete (§ 2), Erholungsgebiete (§ 10)	96	64	32
3	Dorfgebiete (§ 5), Mischgebiete (§ 7)	160	160	32
4	Kerngebiete (§ 7) ²⁾ , Gewerbegebiete (§ 8), Industriegebiete (§ 9)	-	-	160

Tabelle 4-4 - Proportionalitätsfaktor k zur Festlegung der maximalen zulässigen mittleren Leuchtdichte L_{max} technischer Lichtquellen während der Dunkelheit, Auszug aus „Hinweise“ S. 9, Tabelle 2 vom LAI (2012)

- 1) Wird die Beleuchtungsanlage regelmäßig weniger als eine Stunde pro Tag eingeschaltet, gelten auch für die in Zeile 1 genannten Gebiete die Werte der Zeile 2
- 2) Kerngebiete können in Einzelfällen bei geringer Umgebungsbeleuchtung ($L_{U\text{ mess}} < 0,1 \text{ cd/m}^2$) auch Zeile 3 zugeordnet werden.

Zum Beispiel beträgt in reinen Kurgebieten, den Gebieten mit den höchsten Grenzwerten, der Proportionalitätsfaktor k während der Dunkelstunden ≤ 32 . Für die Tierwelt gibt es keine bekannten Grenzwerte. Es wird daher auf die menschlichen Grenzwerte zurückgegriffen.

Für eine Bewertung auf einer größeren Fläche könnte dies z. B. durch eine Einzelbetrachtung an mehreren Immissionsorten erfolgen. In Abbildung 4-1 ist dies beispielhaft für die Warft S1 bezogen auf das Naturschutzgebiet mit 5 Immissionsorten (IO 1 bis IO 5) dargestellt. Diese Positionierung ist ein Beispiel und abhängig von der Grundstücksfläche, deren Lage und der Leuchtenanordnung. Bei großen Flächen wie dem Naturschutzgebiet wären die ungünstigsten Bereiche zu ermitteln und auszuweisen.

Der Proportionalitätsfaktor wird nach den Hinweisen des LAI (2012) und dem in Kapitel 14.2 beschriebenen Verfahren berechnet. Der Anwendungsbereich dieses Verfahrens ist hinsichtlich der durchzuführenden Blendungsbetrachtung einzelner Leuchten auf eine Umfeldleuchtdichte von $0,1 \text{ cd/m}^2$ bis 10 cd/m^2 bei einem Raumwinkel Ω_s von 10^{-6} bis 10^{-2} sr nach LAI (2012) begrenzt. Kleinere Raumwinkel stellen eine Grenze dar, bei der noch unzulässige Blendung wahrgenommen werden kann. Wird das Auge von einer Blendlichtquelle mit einem noch kleineren Raumwinkel belastet, findet eine minimale Sinnesreizung im Auge statt, die keine Blendung mehr darstellt. Diesen Effekt kann man bei einer nächtlichen Autofahrt erleben, wenn das entgegenkom-

mende Kraftfahrzeug noch weit entfernt (>2 km) ist, gibt es unabhängig von Auf- oder Abblendung keine Blendung. Mit zunehmender Verringerung der Entfernung erhöht sich die Blendung (stark bei aufgeblendeten und erträglich bei abgeblendeten Scheinwerfern). Aufgrund der begrenzten Auflösungsfähigkeit des menschlichen Auges kann unzulässige Blendung immer nur in einem begrenzten Abstand zwischen Blendlichtquelle und Immissionsort auftreten. Bei großen Abständen zur Blendlichtquelle kann keine unzulässige Blendung auftreten.

4.3.3 Schutz der Tierwelt

Die Hinweise des LAI (2012) betrachten erstmals nicht nur den Schutz des Menschen, sondern auch stärker den von Insekten und Vögeln. Dies ist besonders in dieser Lichtimmissionsprognose von großer Bedeutung, da sich das große europäische Vogelschutzgebiet Luneplate in unmittelbarer Nähe des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ befindet.

In der LAI (2012) werden keine Grenzwerte zu Lichtimmissionen gemacht, aber Angaben zur Installation, der Lichttechnik und dem Nutzungsverhalten der Beleuchtungsanlage aufgeführt. Besonderes Augenmerk wird in diesen Hinweisen von Seite 20 auf folgende Punkte gerichtet:

- Leuchten an den Stellen installieren, an denen auch wirklich Licht benötigt wird,
- Leuchten mit gerichtetem Licht einsetzen, um unnötiges Streulicht zu vermeiden, und wenn möglich nicht über das Gelände hinaus leuchten,
- Begrenzung der Nutzungsdauer der Beleuchtungsanlage auf die nötigsten Betriebsstunden (betreiber- und nutzungsabhängig),
- Beleuchtung der Schlaf- und Brutplätze ist generell zu vermeiden,
- Kenntlichmachung der Gebäudestrukturen mit schwachem Licht, um für fliegende Vögel mögliche Gebäude frühzeitig sichtbar zu machen,
- Nutzung von Skybeamern (im Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ nicht erlaubt!),
- Beleuchtung von Hochhäusern sowie von Gebäuden mit Glasfronten vermeiden.

Dem letzten Anstrich gilt besonderes Augenmerk. Die zu errichtenden Hallen gelten entsprechend der Bremischen Landesbauordnung der Freien Hansestadt Bremen (2020) ab 22,00 m als Hochhäuser. Die Hallen bzw. Hochhäuser können mit oben angebrachten Fenstern das Gelände beleuchten, wodurch unweigerlich Licht auf die Wände der Nachbargebäude fällt und sie deshalb sichtbar werden lässt. Ist dies nicht vorhanden, ist es aufgrund der Grenzwerte der Lichtimmissionen jedoch nicht mehr möglich, ab einer bestimmten Höhe Leuchten anzubringen. Oberhalb der Leuchten ist eine Kenntlichmachung der Gebäude dann nicht mehr möglich. Das einzige Licht kommt dann eventuell noch aus den darüberliegenden Fenstern, ohne jedoch die eigene Fassade zu erhellen. In diesem Fall wäre eine seitliche Anstrahlung mit geringer Helligkeit und der Zuhilfenahme einer Schablone (Leitfaden Licht, GFN, 2021, Abschnitt A4) möglich.

4.4 Empfehlungen der CIE 150:2017

Die Übersetzung des Titels der CIE 150:2017 lautet „Leitfaden zur Begrenzung der Auswirkungen von störendem Licht durch Außenbeleuchtungsanlagen, 2. Auflage“. Sie beschreibt Berechnungsverfahren und Grenzwerte für verschiedene Arten von Lichtimmissionen.

In den aktuellen europäischen Versionen der Deutschen Industrienorm wie z. B. der DIN EN 12464 Teil 2 und der DIN EN 12193 fanden die Grenzwerte der vorherigen Auflage der CIE von 2003 Anwendung. Allerdings existiert für Deutschland durch die LAI (2012) ein anderes Verfahren zur Bewertung von Lichtimmissionen, auf dessen Anwendung dort auch hingewiesen wird. Mit der 2. Auflage der CIE 150:2017 ist im informativen Anhang das Berechnungsverfahren aufgeführt, wie es in den Hinweisen der LAI enthalten und beschrieben ist. Damit kann auf die Hinweise des LAI in Teilen (z. B. Berechnungsverfahren) zurückgegriffen werden. Im Unterschied dazu werden in der CIE auch Vorgaben für Nationalparks und geschützte Stätten gemacht. Dadurch finden sich die oftmals in den naturfachkundlichen Schriften beschriebenen 0,1 lx in einem Dokument wieder, welches als Vorlage zu nationalen Normen dienen kann. Im Zuge dessen werden für dieses Bauvorhaben die Grenzwerte der CIE 150:2017 angelehnt und mit den Berechnungsverfahren des LAI verknüpft. Nicht enthaltene Berechnungsverfahren wären auf Basis der CIE durchzuführen.

Dieser Leitfaden der CIE unterteilt die empfohlenen Grenzwerte in verschiedene Umweltzonen. Für das geplante Gewerbe- und Industriegebiet und dessen Umgebung kann aufgrund unterschiedlicher Gegebenheiten nicht nur eine Umweltzone angewendet werden. In der folgenden Tabelle 4-5 sind auszugsweise die in Frage kommenden Umweltzonen aufgeführt.

Umweltzone	Gebietshelligkeit	Bereich
E1	Dunkel	z. B. Nationalparks, geschützte Stätten
E2	Gering	z. B. gering bewohnte ländliche Gebiete und angesiedelte Industrieanlagen
E3	Mittel	Industrieanlagen und bewohnte Vororte

Tabelle 4-5 Auszug aus der CIE 150:2017 (2017) Seite 8, Tabelle 1 für die Raumaufhellung und adaptiert mit der Spalte Bereich aus der „DIN EN 12193:2019“ Seite 21, Tabelle 2 der DIN EN 13193:2019 (2019)

4.4.1 Raumaufhellung

Die Raumaufhellung wird entsprechend der CIE 150:2017 für 2 Zeiträume angegeben. Diese Zeiträume können individuell festgelegt werden. Wenn es sich jedoch um eine durchgehende Tätigkeit im 24 h-Betrieb handelt, ist nur der Wert nach der Geltungszeit anzusetzen.

Umweltzone	Gebietshelligkeit	vertikale Beleuchtungsstärke E_v	
		vor Geltungszeit	nach Geltungszeit
E1	dunkel	2 lx	<0,1 lx
E2	gering	5 lx	1 lx
E3	mittel	10 lx	2 lx

Tabelle 4-6 Auszug aus der CIE 150:2017 (2017) Seite 8, Tabelle 2 für die Raumaufhellung

Ein weiteres Merkmal zur Begrenzung der Raumaufhellung ist die Beschreibung des nach oben hin abgestrahlten Lichtes. Unterschieden wird nach der CIE 150:2017 (2017) in das von den Leuchten nach oben hin abgestrahlte Licht und das z. B. vom Boden reflektierte Licht.

Entsprechend der Empfehlung darf z. B. für die Umweltzone E1 kein Licht (0 %) der Leuchten in Gebrauchslage nach oben abgegeben werden. Dies wird in der Empfehlung durch den Wert R_{UL} ausgedrückt und kann in der Berechnung über den Wert U_{LOR} oder R_{UL} ausgewiesen werden. Diese Bewertung ist hier auch anzuwenden.

Das reflektierte Licht von Oberflächen ist unter anderem von deren Reflexionsgrad (Farbe) und der Intensität der Beleuchtung abhängig. Eine Berechnung ist in der Praxis nur eingeschränkt möglich, da die Oberflächenbeschaffenheiten bekannt sein müssen und diese sich z. B. durch Alterung oder Witterung ändern. Ferner können die Reflexionsgrade z. B. auf Lagerplätzen durch unterschiedlich farbige Lagergüter einer ständigen Variation unterliegen. Generell sollten, sofern erforderlich, Neuzustände betrachtet werden.

Ergänzend werden Einschränkungen zu den sichtbaren Helligkeitswerten in Form von maximalen Leuchtdichten beleuchteter Flächen gemacht. Somit sollen die Leuchtdichten direkt beleuchteter Gebäudefassaden nach der CIE (2017) $0,1 \text{ cd/m}^2$ nicht überschreiten. Eine Ausnahme bilden beleuchtete Werbeschilder. Deren Grenzwert für die Helligkeit liegt bei max. 50 cd/m^2 . Diese Einschränkungen werden im Kapitel 5 und 7.3 noch näher spezifiziert.

4.4.2 Blendwirkung

Die Beeinträchtigung durch eine Leuchte an einem Immissionsort wird auch psychologische Blendung bezeichnet. Die CIE 150:2017 (2017) führt verschiedene Bewertungsverfahren auf, wie z. B. das im Anhang C nach den Hinweisen des LAI und dem Kapitel 4.3.2 beschriebene Verfahren mit dem Proportionalitätsfaktor k . Lediglich in der Umweltzone E1 weicht der Proportionalitätsfaktor nach der Geltungszeit ab. Er beträgt dort 0.

Aufgrund der Nähe des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes zum Naturschutzgebiet ist dieser Wert selbst mit abgeschirmten Leuchten am Weg als Grenze kaum zu erreichen. Ein Proportionalitätsfaktor von 0 würde bedeuten, dass bereits am Rand dieser Umweltzone keine Leuchte mehr sichtbar ist. In den Vergleichsberechnungen wurde versucht, diesen Wert zu erreichen. Selbst vollabgeschirmte Leuchten können teilweise noch bis 400 m sichtbar sein. Ihre Helligkeit wird dabei aber nie größer als ein Blick zum Vollmond in einer sternklaren Nacht sein. Daher wird ein Proportionalitätsfaktor von 32 angewendet, der in Kombination mit den strengen Grenzwerten der vertikalen Beleuchtungsstärke nicht überschritten wird, aber nicht 0 ist. Dies ist ein Wert, der auch vom landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ toleriert wird.

4.5 Empfehlungen der Fachverbände des Artenschutzes

Auf dem Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ und in der näheren Umgebung ist insbesondere mit vielen Arten von Vögeln, Fledermäusen, Insekten und Fischen zu rechnen. Eine Empfehlung, die Grenzwerte für alle Arten abdeckt, gibt es leider nicht. Aus diesem Grund musste auf mehrere Literaturquellen ausgewichen werden.

Die wichtigsten Gebiete für die vorherrschenden Arten gemäß dem Bericht von Achilles (2018) sind die Schlaf- und Brutplätze, das Jagdrevier sowie die Flug- bzw. Bewegungsrouten. Zudem unterscheiden sich diese insbesondere in tag- und nachtaktive Arten.

Folgende Empfehlungen können für alle Arten zusammengefasst werden (Literaturrecherche):

- Das geduldete Lichtniveau sollte nicht mehr als 0,1 lx betragen, da es in etwa einer Vollmondnacht entspricht und damit bei Vollmond die Überschreitung nicht zu stark wird. Dies wird von allen Tierarten als unkritisch wahrgenommen.
- Sofern eine Beleuchtung erforderlich ist:
 - o so hell wie nötig,
 - o nicht benutzte Bereiche abschalten oder dimmen,
 - o die Lichtpunkthöhe so klein wie möglich wählen,
 - o das Lichtspektrum der jeweiligen Art anpassen,
 - o die Farbtemperatur des Lichtes sollte nicht mehr als 3.000 K betragen,
 - o Einflugschneisen, Brut- und Schlafplätze nicht beleuchten,
 - o Leuchten sollten gegen mögliches Eindringen geschützt sein und eine begrenzte Oberflächentemperatur aufweisen,
 - o gut abgeschirmte Leuchten verwenden,
 - o keine stark dynamischen Lichteffekte verwenden.
- keine Barrieren durch Licht erzeugen,
- Hindernisse wenn möglich durch geringes Streulicht oder andere Maßnahmen kenntlich machen.

Die Wirkung des Lichtspektrums und der einzelnen Lichtfarben auf die Tierwelt wird in den Kapiteln 5.1 und 6.1 näher erläutert.

5 Festlegungen und Empfehlungen zur Reduzierung der Lichtimmission

In diesem Kapitel werden Empfehlungen für einen immissionsarmen Betrieb des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes gemacht und Grenzwerte für eine spätere Beleuchtungsplanung festgelegt.

5.1 Besonderheiten zu Flora und Fauna

Außenbeleuchtungsanlagen haben teilweise unterschiedliche Einflüsse auf die Tierwelt und dementsprechend abweichende Anforderungen. Im Folgenden werden diese näher erläutert.

5.1.1 Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Insekten

Die Frage nach der Einwirkung der Außenbeleuchtung auf das Verhalten nachtaktiver Insekten wurde in der Vergangenheit von dem LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung in der Publikation Nr. 15:1997 (LiTG Publikation 15, 1997) beschrieben. Heute sind Maßnahmen in Form von Hinweisen für den Schutz von Insekten und Vögeln in der LAI (2012) enthalten.

Von allen Tierarten werden flugfähige, nachtaktive Insekten am meisten durch Außenbeleuchtungsanlagen in ihrem Lebensrhythmus gestört, da sie die Lichtquellen anfliegen, umkreisen und somit bei der Nahrungsaufnahme, der Wanderung oder der Fortpflanzung behindert werden (LiTG Publikation 15, 1997, S. 4).

Insekten haben eine andere Hellempfindlichkeit als das menschliche Auge. Versuche und Beobachtungen von Naturschützern und Entomologen haben gezeigt, dass Insekten hauptsächlich von ultravioletter Strahlung (UV-Strahlung) und von kurzwelligem Licht (violett, blau und grün), weniger von langwelligem Licht (gelb und rot) angelockt werden. Die Hellempfindlichkeit ist bei den verschiedenen Insekten sehr unterschiedlich ausgeprägt, so wirkt jedes Spektrum einer Lichtquelle auf die Insektenarten unterschiedlich. In Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 werden die relativen spektralen Hellempfindlichkeiten einiger Insektenarten als Auszug aus der LiTG Publikation 15 (1997) aufgezeigt.

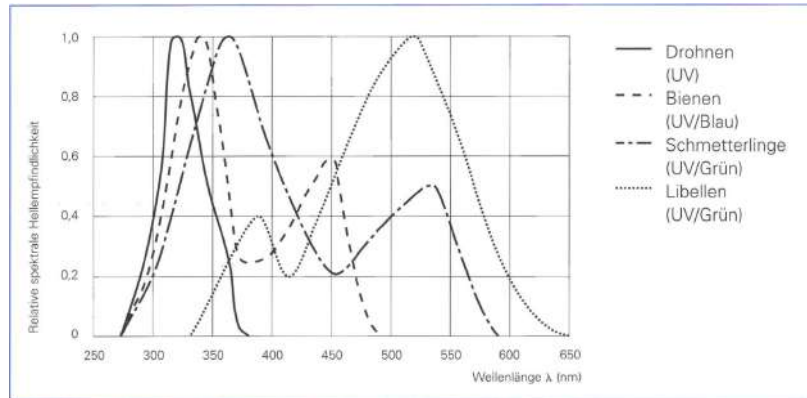


Abbildung 5-1 - relative spektrale Hellempfindlichkeit von Drohnen, Bienen, Schmetterlingen, Libellen nach Menzel (1979), Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 1

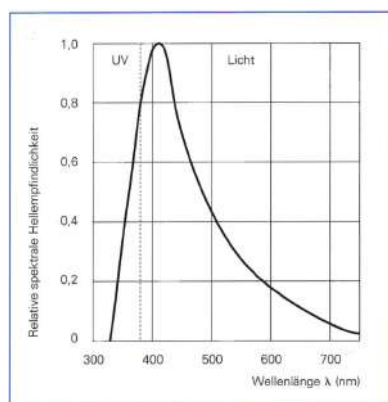


Abbildung 5-2 - relative Hellempfindlichkeit des Nachtfalterauges nach Cleve (1967), Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 2

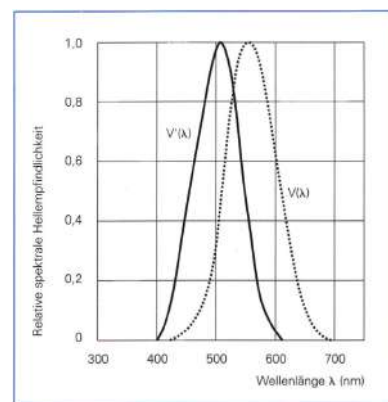


Abbildung 5-3 - relative Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges für das Tages- $[V(\lambda)]$ und das Nachtsehen- $[V'(\lambda)]$, Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 3

In Abbildung 5-3 wird zum Vergleich zur Empfindlichkeit der Insektenaugen (Abbildung 5-1) die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges dargestellt. Das menschliche Auge hat u. a. zwei Empfindlichkeiten, von denen eine für das farbliche Sehen am Tage und die andere für das Schwarz/Weiß-Sehen in der Nacht verantwortlich ist.

Die Lichtverteilung der Leuchten und deren Montagehöhe spielt ebenfalls eine wichtige Rolle in der Anlock- und Störwirkung auf Insekten. Leuchten, die ihr Licht ausschließlich in den unteren Halbraum abgeben, gefährden Insekten weniger als Leuchten, die nach der Seite oder oben strahlen. Ebenso sind nach der LiTG Publikation 15 (1997) niedrige Lichtpunkthöhen günstiger als hohe.

Erst eine Kombination verschiedener Maßnahmen kann die Anlock- und Störwirkung von Insekten verringern. Zum Beispiel in der nachfolgend aufgeführten Literatur sind weitere verschiedene Hinweise zu finden:

- Lichtökologie – Insektenfreundliche und energiesparende Außenbeleuchtung, Konzepte und Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt von Insekten. (BUND, 2003),
- Analyse der Auswirkungen künstlichen Lichts auf die Biodiversität, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Band 168 (Schroer, 2020),
- Insekten schützen leicht gemacht! (BUND, 2020),
- Was ist insektenfreundliche Beleuchtung? (Hänel & Frank, 2021),
- Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen (GFN, 2021),
- U. w..

5.1.2 Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Vögeln

Neben den Insekten lassen sich auch Vögel von den Beleuchtungsanlagen in der Nacht beeinflussen. So gibt es hier auch tag- und nachtaktive Vogelarten, die auf unterschiedliche Weise mit der künstlichen Beleuchtung in Berührung kommen. Ihr Lebensrhythmus und die Orientierung werden beeinflusst. Starke künstliche Lichtquellen, die z. B. auf Leuchttürmen, Hochhäusern und Fabrikanlagen angebracht werden, können zur Orientierungslosigkeit und sogar zum massenhaften Tod führen. Lichtquellen, Gebäudeteile und Tragwerke können nicht mehr richtig wahrgenommen werden und erhöhen die Unfallgefahr durch Kollisionen für Vögel. Normale Wettererscheinungen wie Feuchtigkeit in der Luft vergrößern die Lichtquelle optisch und verstärken das Unfallrisiko. Typische Reaktionen vom Licht irritierter Vögel treten in Form von Umherirren vor Lichtquellen und Änderungen im Flugverhalten auf (LAI, 2012, S. 18).

Die Farbwahrnehmung der Vögel weicht von unserer ab. Anstatt der drei für die Farbwahrnehmung verantwortlichen Rezeptoren im menschlichen Auge verfügen Vögel über 4. Dadurch können Sie andere bzw. weitergehende Farbinformationen aufnehmen.

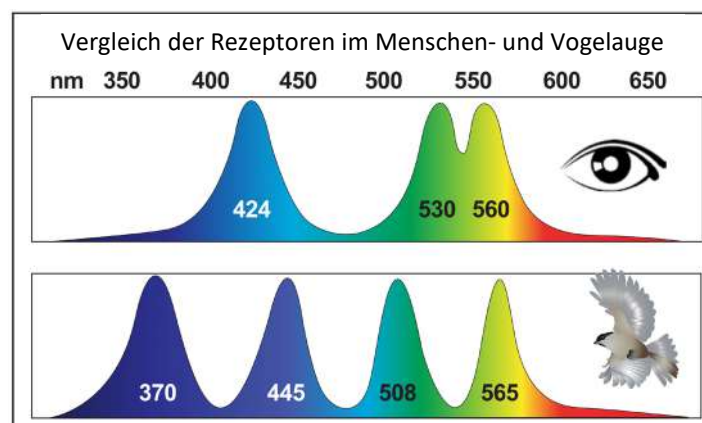


Abbildung 5-4 – Vergleich der Rezeptoren im Auge des Menschen und der Vögel, Auszug aus „Bird-Friendly Building Design“ Seite 41 von Sheppard & Phillips (2015)

Wie in Abbildung 5-4 ersichtlich wird, nimmt das menschliche Auge grünes Licht besser wahr als das der Vögel. Nach einer Studie der Fa. Signify Holding B. V. Creating a more pleasant, liveable space both for residents and wildlife (Signify „Creating“, 2018) wäre eine grüne Lichtfarbe ideal, jedoch sind Fledermäuse und Insekten in diesem Bereich empfindlich. Der Kompromiss aus allen Tierarten und dem Menschen kann daher nur im gelb-/rötlichen Licht und weiteren Maßen zur Lichtimmissionsvermeidung liegen.

Die schweizerische Vogelwarte in Sempach möchte mit ihrer Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ (Schmid et al., 2012) eine spürbare Bewusstseinschärfung beim Einsatz von Glas und Licht erreichen. Das Ziel ist es, den Vogelschlag an Glasflächen zu vermeiden und eine Beeinträchtigung der Vogelflugrouten sowie die Anlock- und Störwirkung durch Licht zu verringern. Diese Broschüre hat keinen normativen oder gesetzlichen Charakter. Aufgrund der Nähe zum Natur- und Vogelschutzgebiet sollten die dort beschriebenen Erfahrungen und Vorschläge nicht unbeachtet bleiben. Gemeinsam mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ wurden daraufhin folgende Empfehlungen für die Gestaltung der Gebäude und der Außenbeleuchtung des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes abgeleitet:

- Transparente Gebäude sind zu vermeiden.
- Keine metallischen oder hochreflektierenden Materialien als Fassadenmaterial einsetzen.
- Große Glasflächen sind mit Strukturen zu versehen, um für Vögel besser sichtbar zu werden.
- Die Beleuchtung in den Räumen an den Seiten zum Naturschutzgebiet und den innen liegenden Wasserflächen sollten mit warmweißer Lichtfarbe (x30) beleuchtet werden.
- In unbenutzten Räumen und Hallen sollte zumindest die Beleuchtung auf den Seiten zum Naturschutzgebiet hin und den innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes liegenden Wasserflächen abgeschaltet werden.
- Keine Leuchten aus dem Innenraum in Richtung der Naturschutzgebiete strahlen lassen.
- Ab einer Höhe von 5,00 m sind die Flächen der Fenster der in Nutzung befindlichen Räume über innen oder außen liegende Jalousien o. Ä., um mindestens 60 % zu reduzieren.
- Oberlichter sind zur Vermeidung von Lichtsmog in den oberen Halbraum und zur Reduzierung der Irritationen für Zugvögel in den Dunkelstunden zu verschließen.
- Es sind keine hohen Leuchtreklamen zu verwenden, sowie starke Lichtquellen in allen Richtungen zu vermeiden, da der gesamte Planungsraum als Anflugkorridor von der Weser als auch von Land und von der Stadt aus dient.
- Beleuchtung von Werbeschildern/Werbepylone ist auf 50 cd/m² zu reduzieren und in den späten Dunkelstunden (ab 22:00 Uhr) abzuschalten. Die Werbeschilder in Richtung der Naturschutzgebiete sind nicht zu beleuchten.

Im Naturschutzgebiet Luneplate herrscht ganzjähriger Flugbetrieb ziehender Vögel. Die Flugrouten zwischen den einzelnen Vogelarten variieren. Dadurch können keine saisonalen und lokalen Ausnahmen gemacht werden.

Inwieweit während der Betriebsstunden am Abend oder in der Nacht Licht durch Glasflächen nach außen tritt, hängt stark von den Nutzungszeiten des jeweiligen Nutzers und der Architektur des Gebäudes ab. Aus energetischen und arbeitsschutztechnischen Gründen ist es nicht zweckmäßig, auf Tageslicht zu verzichten. Eine diesbezügliche Untersuchung kann zum heutigen Zeitpunkt jedoch nicht erfolgen.

Weiterführende Informationen zur vogelfreundlichen Gestaltung und Beleuchtung von Gebäuden können z. B. aus den Unterlagen des NABU Regionalverband Dresden Meißen e. V. (NABU, 2021) und der VA: American Bird Conservancy (Sheppard & Phillips, 2015) entnommen werden.

Eine Anwendung oder bindende Vorgabe dieser erarbeiteten Empfehlungen geht in einigen Punkten über den Rahmen dieser Lichtimmissionsprognose hinaus und kann nur von der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN), vertreten durch die Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) entschieden werden. Ergänzt sei an dieser Stelle, dass z. B. der im 4. Anstrich erwähnte Einsatz von warmweißen Lichtfarben (x30) auch im „Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen“ der Freien Hansestadt Hamburg (GFN, 2021) betrachtet wird.

5.1.3 Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Fledermäusen

Im Allgemeinen wird angenommen, dass Fledermäuse nicht sehen können. Dies wird im „Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Beleuchtungsprojekten“ der EUROBATS Publication Series No. 8 (Voigt et al., 2019) widerlegt. Fledermäuse jagen Insekten zwar per Schallwellen und benötigen für die Jagd kein Licht, jedoch schwirren die Insekten bei einer vorhandenen Beleuchtung in deren Lichtkegel orientierungslos umher. Dies ermöglicht den Fledermäusen eine einfachere Jagd. Dieses Jagdverhalten kann die Population von Insekten und Fledermäusen verschieben. Kleinere Fledermausarten scheuen das Licht, um nicht selbst Fressfeinden leichter zum Opfer zu fallen. Erst wenn die Beleuchtung abgeschaltet wird, trauen sie sich heraus. Wird die Beleuchtung jedoch nicht abgeschaltet, müssen sie unter großem Stress jagen. Dies wiederum macht sich in ihrem Wachstum und der Population bemerkbar. Damit wäre gleichzeitig der Nachweis der Lichtsensibilität getroffen.

Untersuchungen seitens des Leuchtenherstellers Signify Holding B. V. (Signify „A light solution“, 2018) haben gezeigt, dass rötliches Licht einer LED mit der Lichtfarbe 610 weder von Insekten noch von Fledermäusen groß wahrgenommen wird. Vögel hingegen, nehmen dieses Licht stärker wahr. Für eine Beleuchtung von Menschen auf Arbeitsstätten im Freien ist diese Lichtfarbe nur

bedingt einsetzbar. Die Erkennbarkeit von Sicherheitsfarben wird eingeschränkt und die Effizienz liegt noch unterhalb der von LEDs mit 1.800 K.

Als Maßnahmen sollten daher eher gut abgeschirmte Leuchten in den Randbereichen vorgesehen werden, um mittels Blendschutzsystemen, innen liegenden Rastern o. Ä. den Lichteintrag auf die Wasserflächen, dem Lieblingsjagdrevier der Fledermäuse stark zu minimieren. Dazu sind in Abbildung 5-5 unterschiedliche Bereiche des Gewerbe- und Industriegebiets mit einzuhaltenen Grenzwerten dargestellt.

5.1.4 Hinweise zu Außenbeleuchtungsanlagen und Fischen

Künstliches Nachtlicht beeinflusst auch das Leben der Fische, wie Untersuchungen von Brüning (2016) der IGB Berlin gezeigt haben. Durch Licht der Außenleuchten, welches auf das Wasser fällt, werden die Fische angelockt und bleiben länger aktiv. Gleichzeitig werden sich im Licht mehr Insekten aufhalten, welche zum Teil die Nahrung der Fische ausmachen. Eine Verschiebung u. a. auch der Anteile von Raub- und Friedfischen in den Gewässern ist durch das einfachere Nahrungsangebot gegeben.

Einen noch größeren Einfluss haben Brücken, die gern auch von unten zur Gestaltung angestrahlt werden. Das reflektierte Licht der Brücken erzeugt je nach Lichtfarbe einen weißen oder farbigen Streifen, der wie eine Grenze wirkt. Aus Angst vor Fressfeinden stoppen ziehende Fische oft an diesen sichtbaren Barrieren und warten bis der Tag heranbricht oder die Beleuchtung ausgeschaltet wird.

Als Maßnahmen sollten zum Schutz der Fischarten stark abgeschirmte Leuchten am Rand der Warften platziert werden, um deren Lichteintrag in das Gewässer stark zu minimieren. Dazu sind in Abbildung 5-5 unterschiedliche Bereiche des Gewerbe- und Industriegebiets mit einzuhaltenen Grenzwerten dargestellt. Brücken dürfen weder an der Unterseite noch von seitlich außen angestrahlt werden. Die Straßenbeleuchtung, die die Fahrbahn auf der Brücke zum Schutz der Verkehrsteilnehmer beleuchtet, sollte mit niedrig platzierten asymmetrischen Wandeinbau-/Wandanbauleuchten in LED-Technik realisiert werden. Damit kann sehr viel Streulicht auf der Wasseroberfläche vermieden werden und die Fernwirkung ist bei einer eher geschlossenen Brückenkonstruktion und einer geeigneten Leuchtenplatzierung ebenfalls minimiert.

5.2 Biologische Betrachtung der Raumaufhellung

Eine geringe biologische Auswirkung hat nach Meinung der Fachverbände des Artenschutzes die Beleuchtungsstärkegrenze von 0,1 Lux und gewinnt als Vergleichswert an Bedeutung, da dieser

regelmäßig als naturgegebene Maximalbelastung bei Vollmond und entsprechenden Wetterbedingungen vorliegt und auf die Erde einwirkt. Eine Überschneidung des Grenzwertes mit dem einer Vollmondnacht wird als unkritisch gesehen, da ein Vollmond annähernd einmal pro Monat für eine Nacht zur Verfügung steht. Ergänzend dazu müssten auch die Sichtbedingungen durch einen klaren Himmel gegeben sein.

Zur Minimierung der Auswirkung von Lichtimmissionen auf das Naturschutzgebiet und das dahinter angrenzende FFH – Gebiet ist die Beleuchtungsstärkegrenze von 0,1 lx bindend. Die Schutzzonen im Inneren des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes können aufgrund der Nähe zu den einzelnen Warften und den unterschiedlichen Beleuchtungssituationen diesen Grenzwert voraussichtlich nicht einhalten. Höhere Grenzwerte werden dadurch erforderlich und sind im nächsten Kapitel beschrieben.

5.3 Festlegung der immissionstechnischen Grenzwerte

In Zusammenarbeit mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ wurden das geplante Gewerbe- und Industriegebiet sowie dessen Umgebung in verschiedene Bereiche aufgeteilt. In der Abbildung 5-5 werden diese grafisch zugeordnet.

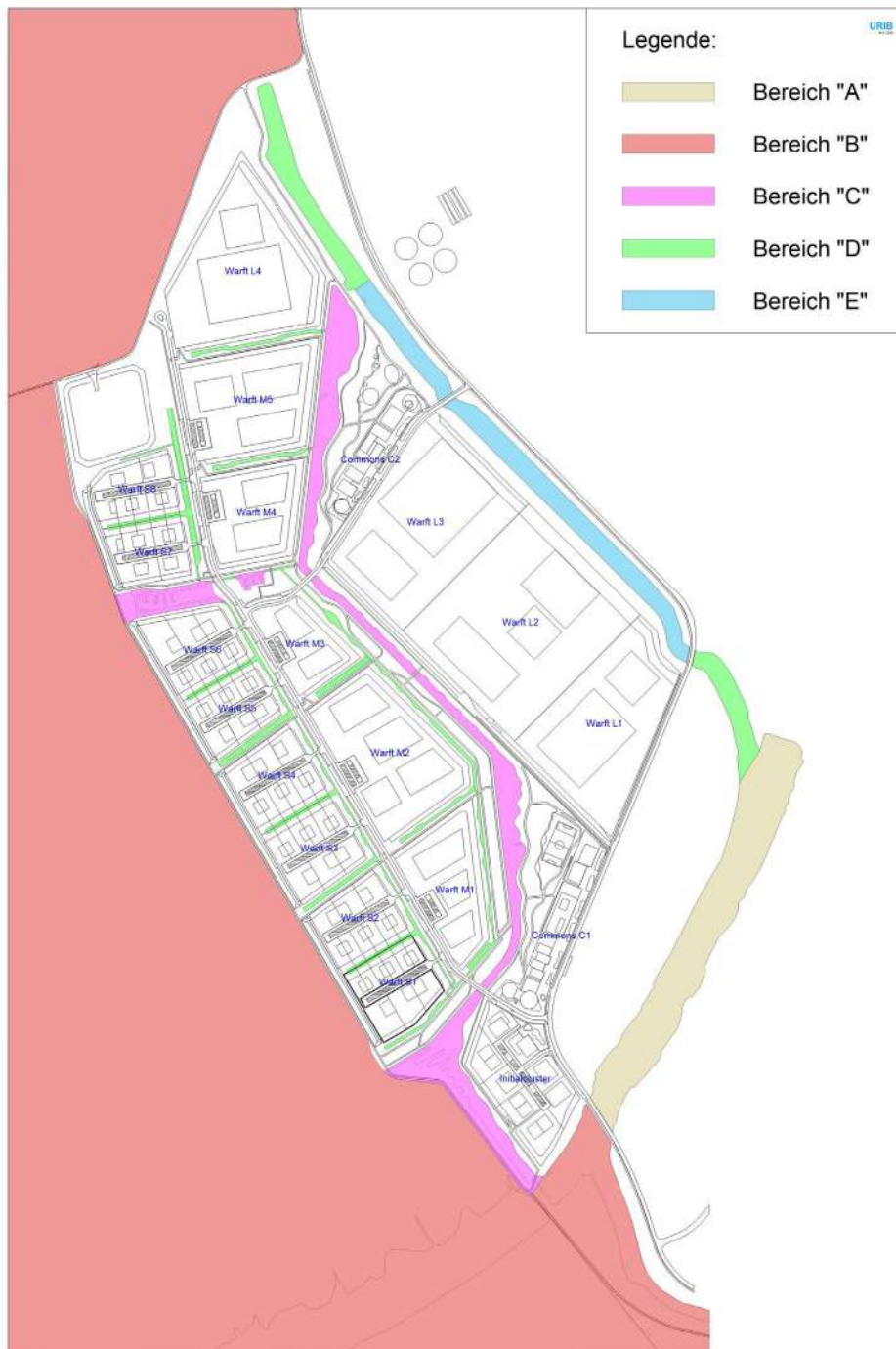


Abbildung 5-5 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Zuordnung der Bereiche für unterschiedliche Grenzwerte

Eine Zuordnung dieser Bereiche zu den verschiedenen Umweltzonen der CIE 150:2017 (2017) ist nicht direkt machbar, da die geforderten Grenzwerte nicht eins zu eins einstuftbar sind. In der Tabelle 5-1 sind die getroffenen Zuordnungen aufgeführt.

Bereich	Beschreibung/Definition
A	Angrenzend an diesen Bereich befindet sich das geplante Gewerbe- und Industriegebiet „Luneort/Reitufer“. Aufgrund der Entfernung ist es möglich, keine Immissionsbelastung durch das Gewerbe- und Industriegebiet „Lune Delta“ zusätzlich zu erzeugen.
B	Besonders schützenswerter Bereich (Naturschutzgebiet Luneplate). Einstufung ähnlich der Umweltzone E1, jedoch mit strengeren Grenzwerten.
C	Große Wasserflächen zum Teil auch als schützenswerte Z-Gewässer innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes „Lune Delta“. Einstufung wie die Umweltzone E2.
D	Kleine Wasserflächen in unmittelbarer Nähe zu den Warften sowie zwischen Teilen der Alten Lune, die sich zwischen diesem Gewerbegebiet und dem „Fischereihafen West“ befinden. Einstufung ähnlich der Umweltzone E3.
E	Alte Lune, die sich zwischen diesem Gewerbegebiet und dem „Fischereihafen West“ befindet. Einstufung ähnlich der Umweltzone E3.

Tabelle 5-1 - Zuordnung der Bereiche zu den Umweltzonen der CIE 150:2017 (2017)

Aufgrund dieser Zuordnung können die in Tabelle 5-2 aufgeführten Grenzwerte für die Blendwirkung und die Raumaufhellung festgelegt werden. Die Grenzwerte weichen von den Hinweisen des LAI und der CIE 150:2017 (2017) in einigen Punkten ab. Es musste gemeinsam mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ ein Kompromiss aus Vorgaben und Empfehlungen zwischen den schützenswerten Bereichen und der technischen Machbarkeit bzw. der bereits vorhandenen Lichtimmissionsbelastung durch den B-Plan 441 „Fischereihafen – West“ getroffen werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Naturschutz. Bei der Anwendung der Grenzwerte hat die Raumaufhellung Priorität. Danach wird der Proportionalitätsfaktor k für die Blendwirkung entsprechend ermittelt.

In der CIE 150:2017 (2017) gelten zwei unterschiedliche Bewertungszeiträume, für die es unterschiedliche Grenzwerte gibt. Diese zwei Zeiträume sind ebenfalls in der Tabelle 5-2 aufgeführt. Für die Lichtimmissionsprognose wurde der Zeitraum zugrunde gelegt, der vom landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ für die Beleuchtung während der Bauphase vorgegeben ist. Der Anwendung auf das gesamte Industrie- und Gewerbegebiet „Lune Delta“ wurde auch seitens der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) zugestimmt.

Bereich ¹	Raumaufhellung (E_f)		Blendwirkung (k)	
	7:00 – 20:00 Uhr ³	20:00 – 7:00 Uhr	7:00 – 20:00 Uhr ³	20:00 – 7:00 Uhr
A	0 lx	0 lx	< 32	< 32
B	0,1 lx	0,1 lx	< 32	< 32
C ²	2 lx	1 lx	< 64	< 32
D ²	5 lx	2 lx	< 96	< 64
E	10 lx	5 lx	< 160	< 96

Tabelle 5-2 - Zuordnung der Grenzwerte zu den verschiedenen Bereichen auf dem Gewerbe- und Industriegebiet "Lune Delta"

¹ Sonderfall: Für die Straßen- und Wegebeleuchtung innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes ist eine vertikale Beleuchtungsstärke von maximal 1 Lux am benachbarten Ufer bzw. Biotop nicht zu überschreiten. Brücken bilden eine Ausnahme, sofern diese mit Mastleuchten versehen sind.

² Werden die Grenzwerte bei Verwendung von Lichtpunkthöhen größer 10,00 m oder/und einer mittleren Beleuchtungsstärke von 50 Lux auf den Arbeitsflächen nicht eingehalten, können in begründetem Ausnahmefall die Grenzwerte des nächstfolgenden Bereiches mit geringeren Anforderungen zugrunde gelegt werden. Es ist nur der Wechsel um eine Stufe in den darauffolgenden Bereich (z. B. D statt C) zulässig.

³ Dieser Zeitraum ist in Anlehnung an die vom landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ vorgegebenen Beleuchtungszeiten während der Bauphase übernommen worden. Von der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) wurde er auf das gesamte Gewerbe- und Industriegebiet „Lune Delta“ übertragen. Diese Werte beziehen sich nur auf die Beleuchtung mit künstlichem Licht.

Der Bereich E hat durch das Gewerbegebiet „Fischereihafen West“ bereits eine Lichtimmissionsbelastung. Diese wurde im Rahmen einer anderen Untersuchung rechnerisch ermittelt (Rabenstein, 2022). Daher müssen keine sehr strengen Maßnahmen für diesen Bereich vorgeschrieben werden.

Die Grenzwerte für die Raumaufhellung im Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr werden in Abbildung 5-6 dargestellt. In diese Abbildung flossen bereits Erkenntnisse aus den Vergleichsberechnungen ein, sodass z. B. bei den trichterförmigen Zufahrten zu den Warften S1 bis S8 auf niedrigere Grenzwerte ausgewichen werden musste.



Abbildung 5-6 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr

Eine Besonderheit der eingezeichneten Grenzen wird in Abbildung 5-7 dargestellt. In diesem Bereich stehen die grünen Linien die für einen Grenzwert von 2 lx vertikal für die M-Warften. Die pinkfarbene Linie (1 lx vertikal) rechts neben der grünen Linie gilt nur für den Geh- und Radweg.

Ferner ist auch die Besonderheit für die Beleuchtung der Sport- und Freizeitfläche im unteren Rahmen der Abbildung 5-7 dargestellt. Die grüne Linie steht in dem Fall für 2 lx als Summe der Beleuchtung des Commons C1, der Sport- und Freizeitfläche sowie des Geh- und Radweges.

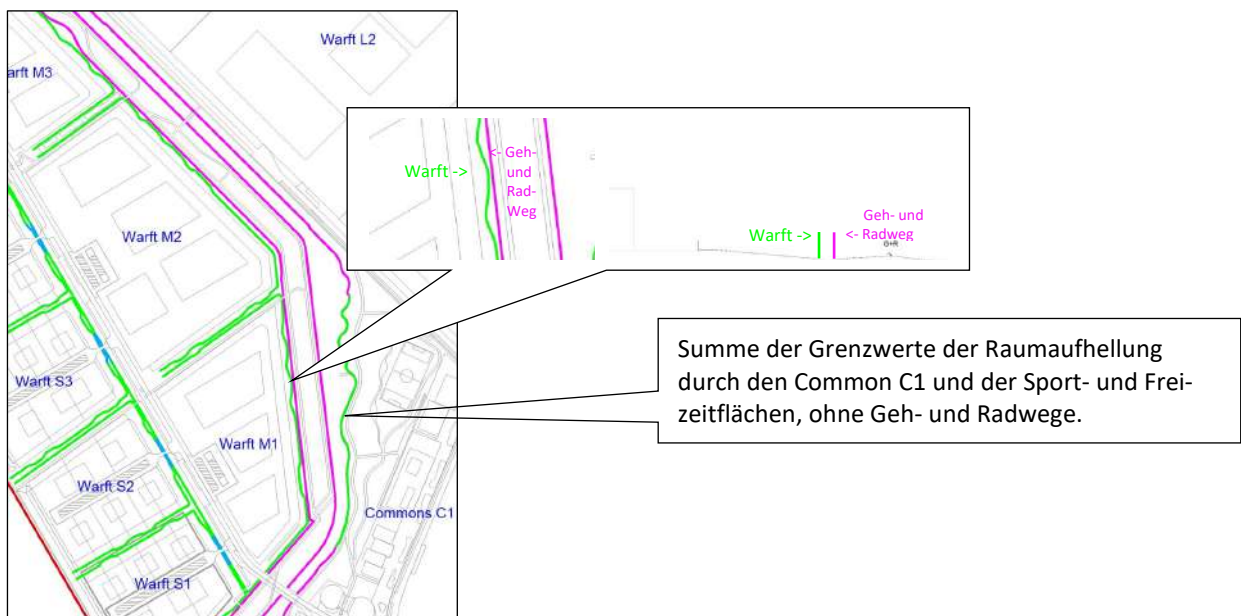


Abbildung 5-7 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Besonderheiten der Grenzen der Raumaufhellung in der Darstellung der Abbildung 5-6

Die nach Tabelle 5-2 festgelegten Grenzwerte der Blendwirkung werden in Abbildung 5-8 dargestellt.

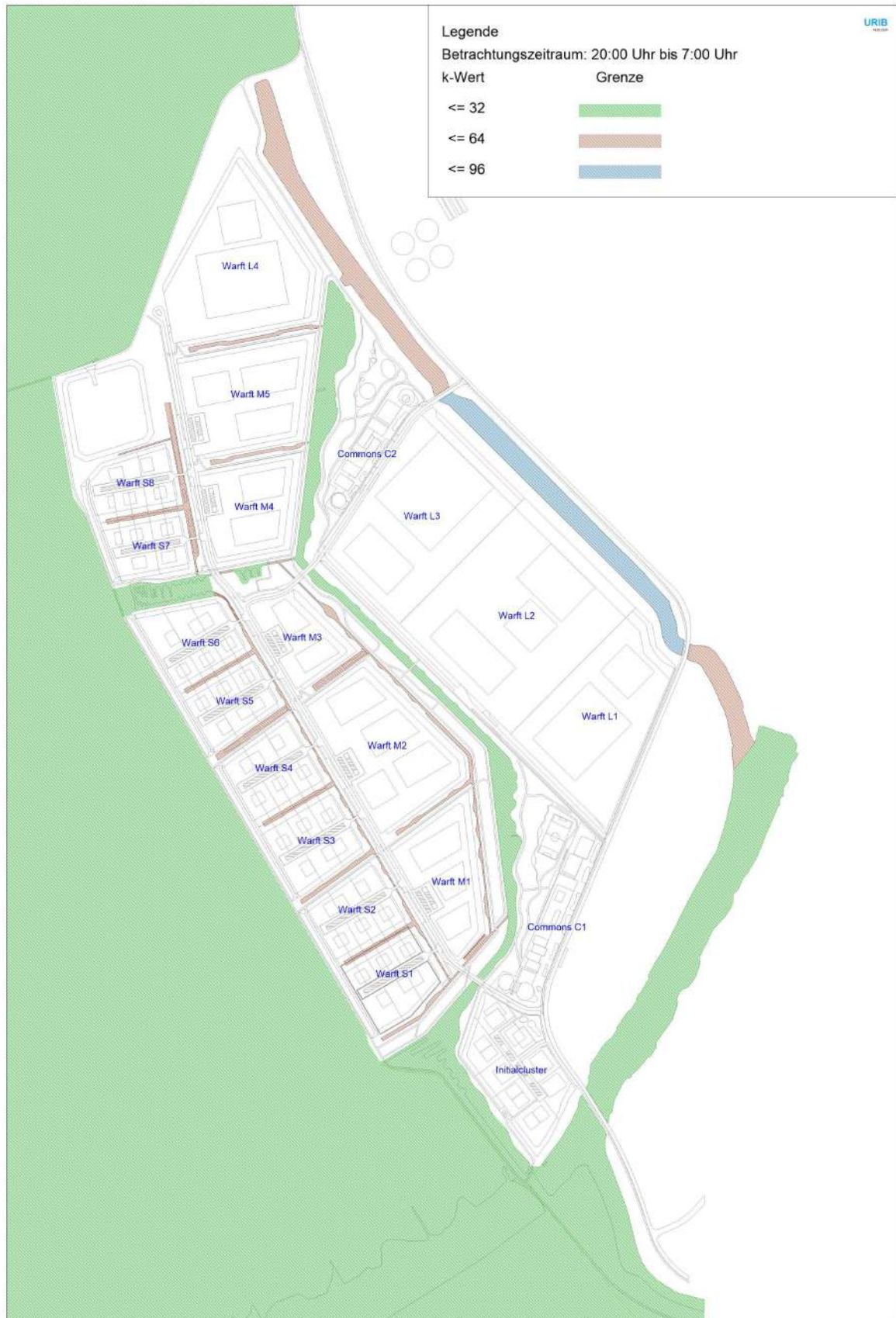


Abbildung 5-8 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Betrachtungszeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr

Weitere Festlegungen zur Beleuchtung des geplanten Gewerbe- und Industriegebiets:

- Das über die Horizontale nach oben hin abgestrahlte Licht soll für alle Leuchten in Gebrauchslage 0 % betragen. Einzige Ausnahme bilden angestrahlte oder selbstleuchtende Werbeelemente sowie Leuchten auf Arbeitsbühnen oder außen liegenden Treppen, für die mit asymmetrischen Leuchten keine Lösung gefunden werden kann.
- Leuchten mit LEDs sind nach Abstimmung mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ in allen Bereichen mit einer Farbtemperatur ≤ 2.200 K nach Kapitel 6.1 zu versehen. Alternativ können auch Natriumdampfhochdrucklampen verwendet werden. Ausgenommen sind auch hier angestrahlte oder selbstleuchtende Werbeelemente oder Bereiche mit besonderer Farberkennung.
- Die Leuchten bzw. Scheinwerfer sind sofern erforderlich mit einem Blendschutz zu versehen und die Lichtpunkthöhe ist so gering wie möglich zu wählen.
- Die Beleuchtung von Werbeschildern/Werbepylone ist auf 50 cd/m^2 zu reduzieren und in den späten Dunkelstunden (ab 22:00 Uhr) abzuschalten. Die Werbeschilder in Richtung der Naturschutzgebiete sind nicht zu beleuchten.

6 Technische Ausstattung

6.1 Lichtquellen

Die Wahl der Lichtquelle ist heute ein viel diskutiertes Thema. Für dieses Bauvorhaben gelten in erster Linie die Anforderungen an das abgegebene Farb- und UV-Spektrum der Lichtquellen. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Lichtquellen und deren Anforderungen zur Beleuchtung auf den Arbeitsbereichen im Freien reduziert sich die Anzahl der in Frage kommenden Lichtquellen allein durch die spektrale Zusammensetzung des Lichtes.

Vögel reagieren nach diversen Untersuchungen von z. B. Signify („Creating“, 2018) am wenigsten auf ein grünblaues Farbspektrum. Fledermäuse und Insekten werden am wenigsten von einem rötlichen Farbspektrum beeinflusst. Diverse Untersuchungen von Signify („A light solution“, 2018) und Voigt et al. (2019) belegen dies. Dem Menschen sind diese Arten der Lichtfarben für die Verrichtung allgemeiner Tätigkeiten eher fremd. In einigen Tätigkeitsbereichen ist weißes Licht unabdingbar. Normativ gesehen, gibt es lediglich die Anforderung einer Farbwiedergabe R_a von >20 für sehr viele Tätigkeitsbereiche. Durch die LED-Technik wird es mit möglich, die Anforderungen an die Farbwiedergabe von $R_a > 20$ mit verschiedenen Lichtfarben sogar weit zu übertreffen.

Die Definition der abgegebenen Lichtfarbe einer Lichtquelle setzt sich aus der Farbwiedergabe R_a und der Farbtemperatur T_C zusammen. So bedeutet zum Beispiel die Bezeichnung der Lichtfarbe

722 ein gelblich warmes Licht mit einer Farbwiedergabe $R_a > 70$ (7xx) bei einer Farbtemperatur von 2.200 K (x22).

Jede Lichtfarbe kann eine unterschiedliche Lichtausbeute aufweisen oder einen bestimmten Typ von Lichtquellen erfordern. Aufgrund vieler Untersuchungen verschiedener Artenschutzverbände wie z. B. Voigt et al. (2019) und Sternwarten wie z. B. Hänel & Frank (2021) hinsichtlich des Lichtmogs und der Anlockwirkung erwies sich eine LED mit der Farbtemperatur 1.800 K als gute Lösung. Diese Lichtfarbe ist dem Farbeindruck, den wir von Natriumdampfniederdrucklampen haben, ähnlich. Natriumdampfniederdrucklampen wurden in Deutschland überwiegend in der Beleuchtung von Fußgängerüberwegen eingesetzt. Leuchten mit diesen Entladungslampen sind aufgrund der EuP-Richtlinie und der geringen Akzeptanz Ihrer unzureichenden Farbwiedergabe nicht mehr erhältlich. LEDs können eine ähnliche Lichtfarbe mit besserer Farbwiedergabe erzeugen. Leuchten mit dieser Lichtfarbe sind jedoch meist nur auf Anfrage erhältlich und in ihrer Typenvielfalt eingeschränkt. Aufgrund der zeitlichen und flächenmäßigen Untergliederung der Gewerbe- und Industrieteilflächen können so mitunter mehrere Kleinstbestellungen entstehen.

Die Lichtfarben von LEDs wurden unsererseits im Hinblick auf ihre Lichtausbeute (Effizienz) untereinander untersucht. Dabei wurde die von den Natur- und Artenschutzverbänden vorgeschlagene maximale Farbtemperatur von 3.000 K bzw. unsere Empfehlung von 2.200 K als Basis zugrunde gelegt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6-1 aufgeführt.

Farbtemperatur (LED)	Lichtausbeute ³	Abweichung in der Lichtabgabe	
4.000 K	136 lm/W	+7 %	+23 %
3.000 K ¹	127 lm/W	100 % (Basiswert)	+17 %
2.700 K ¹	121 lm/W	-5 %	+11 %
2.200 K ¹	112 lm/W	-12 %	100 % (Basiswert)
1.800 K ^{1,2}	90 lm/W	-29 %	-25 %

Tabelle 6-1 - Vergleich der Lichtausbeute verschiedener LED-Spektren

¹ Von verschiedenen Artenschutzverbänden empfohlen.

² Von Sternwarten empfohlen.

³ Mittelwert über mehrere Leuchtenfamilien verschiedener Hersteller. Diese Werte sind überschlagsmäßig und geben eine Tendenz wieder. Sie sind u. a. vom Leuchtenhersteller, der Lichtverteilung, der verwendeten LEDs und dem Stand der Technik in dem jeweiligen Produktionsjahr abhängig.

Die Untersuchung zeigt, welche Farbtemperaturen u. a. verfügbar sind und wie sich das heute auf die Energieeffizienz auswirkt. Die Effizienz nahm von Jahr zu Jahr zu. Deshalb kann nur auf

die aktuellen Werte zurückgegriffen werden. Die Lichtfarbe einer LED mit der Farbtemperatur 1.800 K hat nach Tabelle 6-1 damit einen um ca. 30 % größeren Energiebedarf gegenüber 3.000 K und ca. 25 % bei 2.200 K. Der Einfluss der Effizienz auf eine Warft und eine flächenmäßige Hochrechnung sind in einer Energiekostenbetrachtung in Kapitel 14.4 noch einmal dargestellt.

Die Lichtfarbe mit einer Farbtemperatur 3.000 K hat allerdings einen größeren Blauanteil, der sich negativ auf die Anlockwirkung der Insekten auswirkt. In Abbildung 6-1 sind ähnliche Spektren einmal gegenübergestellt.

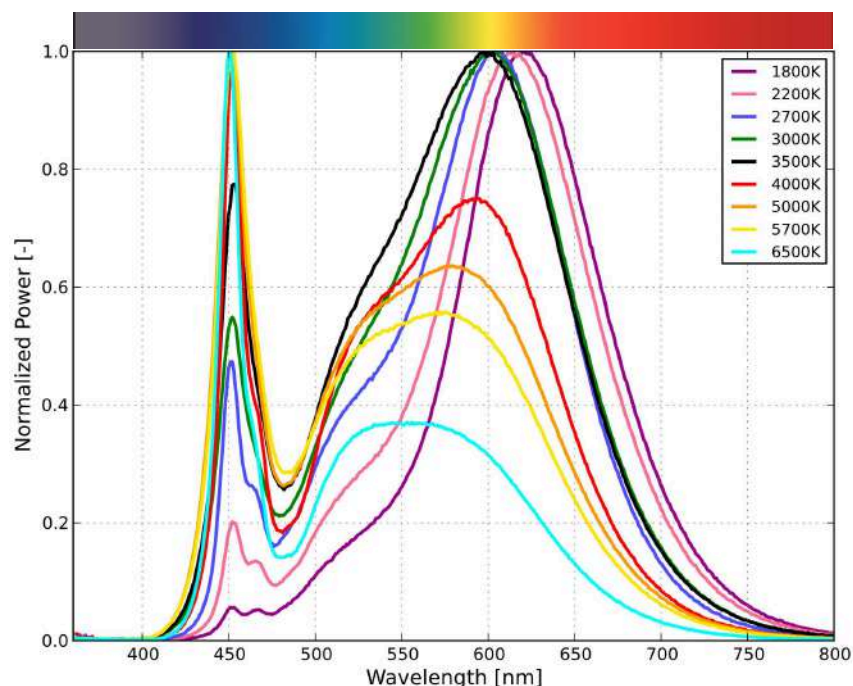


Abbildung 6-1 - Wellenlängendiagramm LUXEON 2835 HE und LUXEON 2835N 3 V – LEDs mit R_{θ} 80 bei 25° Umgebungstemperatur, Auszug aus „DS216 LUXEON 2835“ Seite 9, Abb. 1d der Lumileds Holding B. V. (Lumileds, 2021)

Unserer Meinung nach sollte bei einem Green Economy – Projekt die Energieeffizienz auch eine wichtige Rolle spielen. Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes ist aus unserer Sicht nur ein Baustein von vielen, um eine umweltverträgliche Beleuchtung zu realisieren. Eine effektive Beleuchtung durch technisch moderne und gut abgeschirmte Leuchten mit zusätzlichen Maßnahmen zur Energieoptimierung ist neben einer optimierten Lichtplanung ein weiterer Baustein, den es zu berücksichtigen gilt. In diesem Zusammenhang wurde eine Untersuchung durchgeführt, die den Einfluss einer höheren Entblendung auf den Energiebedarf darstellt. Ca. 1/3 des Lichtes geht durch die Abschirmung verloren und muss durch einen höheren Energieaufwand kompensiert werden. Die Ergebnisse sind beispielhaft im Kapitel 14.4 aufgeführt.

Die Wahl fiel daher in Abstimmung mit der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) und dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“

auf LEDs mit der Farbtemperatur 2.200 K oder Natriumdampfhochdrucklampen als minimale Anforderung. Dies ist aus unserer Sicht der beste Kompromiss zwischen dem Energiebedarf und einer Lichtfarbe mit geringem Blauanteil. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Leuchten mit einer Blende eingesetzt werden müssen, um das Streulicht zu minimieren. Das wird zum einen durch die Nähe zum Naturschutzgebiet und zum anderen durch die vielen Wasserflächen im Gewerbe- und Industriegebiet erforderlich sein. Dies reduziert das abgegebene Licht und erhöht den materiellen und energetischen Aufwand. Lampen oder LEDs mit einem noch geringeren Blauanteil, wie er z. B. bei einer Farbtemperatur von 1.800 K (oder geringer) vorherrscht, sind ebenfalls zugelassen. Die Anforderungen an den Naturschutz werden damit auch erfüllt.

Als Leuchtmittel eignen sich LEDs auch aufgrund Ihrer Schalt- und Dimmeigenschaften, der langen Lebensdauer und einer Vielzahl unterschiedlicher Lichtstrompakete sowie deren Lichtverteilungen. Damit lassen sich Flächen und Wege auch mit geringen Lichtpunkthöhen und/oder geringem Energieaufwand sehr effizient ausleuchten.

Für größere Lichtpunkthöhen z. B. ab 18,00 m eignen sich LEDs mit den zugelassenen Lichtfarben nach dem heutigen Stand der Technik nur bedingt. Es gibt wenige Scheinwerfer mit einer asymmetrischen Lichtverteilung, die nicht oder kaum aufgeneigt werden müssen oder/und über diese Lichtfarbe sowie die erforderliche Lichtleistung verfügen. Aus diesem Grund können dann auch konventionelle Natriumdampfhochdrucklampen (HST) eingesetzt werden. Da beide Farbeindrücke (LEDs ≤ 2.200 K und HST) in den Lichtfarben ähnlich sind, können sie für ein einheitlicheres Aussehen der Beleuchtung miteinander kombiniert werden. Die spektrale Zusammensetzung des Lichtes einer LED mit der Lichtfarbe 722 und einer Natriumdampfhochdrucklampe der Lichtfarbe 220 im Vergleich sind in der Abbildung 6-2 und Abbildung 6-3 zu sehen.

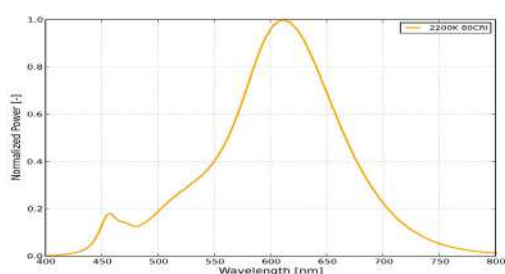


Abbildung 6-2 - Spektrum einer LED mit der Lichtfarbe 722
Adaptiert aus „DS216 LUXEON 2835“ Seite 9, Abb. 1d von Lumileds (2021)

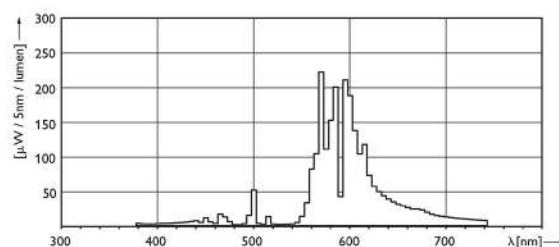


Abbildung 6-3 - Spektrum einer Natriumdampfhochdrucklampe 600 W, adaptiert vom „Datenblatt“ S. 3 der Signify Holding B. V. (Philips, 2022)

Auch eine Kombination mit geringeren Farbtemperaturen als 2.200 K ist aufgrund der ähnlichen Lichtfarbe möglich. Natriumdampfhochdrucklampen in der Lichtfarbe 220 sind von den Hochdruckentladungslampen für Insekten am verträglichsten. Aufgrund der Lichtpunkthöhen von 18,00 m und mehr werden ihre Einsatzgebiete vorrangig auf den größeren Warften sein.

6.2 Leuchten

Entsprechend den Empfehlungen der Natur- und Artenschutzverbände für die Ausführungen von Leuchten bzw. Scheinwerfern wurden die nachfolgenden Punkte aus den verschiedenen Unterlagen zusammengefasst. Diese Empfehlungen sollten auch bei den Leuchten im geplanten Green Economy – Gebiet berücksichtigt werden:

- effiziente Lichttechnik,
- gut abgeschirmte Leuchten,
- in der Helligkeit dimm- bzw. regelbar,
- LEDs in Lichtfarbe 722 oder besser (z. B. Lichtfarbe 618),
- Natriumdampfhochdrucklampen,
- hohe Schutzart (IP 65 oder besser),
- geringe Oberflächentemperatur (max. 60 °C).

Weiterhin werden folgende Anforderungen aus unserer Sicht an eine nachhaltige Beleuchtung gestellt:

- modularer Aufbau (Tausch defekter Bauteile, nicht ganzer Leuchten),
- langlebige Materialien und Komponenten,
- Verwendung gängiger Steuerungs- und Lichtregelungsprotokolle,
- LEDs nur mit Konstantlichttechnik (CLO).

Besonders die Konstantlichttechnik (CLO), die nur für LEDs zur Verfügung steht, ist ein weiterer Beitrag zur Minimierung der Lichtimmissionen und zur Einsparung von Energie. Mit dieser Technik wird der Alterung der LEDs durch eine anfängliche Verminderung des Lichtstromes entgegen gewirkt. Dies erfolgt in dem die Abnahme des Lichtes der angeschlossenen LEDs über die Lebensdauer im Vorschaltgerät hinterlegt und in Abhängigkeit der Brennstunden entsprechend nachge regelt wird. Damit wird der höhere Anfangslichtstrom in Form von nicht benötigter Energie und unnötiger Lichtimmission eingespart. Über die Zeit erhöht sich der Energiebedarf auf das angegebene Maximum, aber die Lichtstromabgabe bleibt nahezu gleich.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Leuchten bzw. Scheinwerfer aufgrund der unterschiedlichen Anwendungsfälle, Bauabschnitte und Zeiträume folgende Eigenschaften aufweisen:

- optionaler Blendschutz standardmäßig verfügbar,
- vielfältige Lichtverteilungen und Lichtstrompakete in einem Bauformtyp,
- flexibel einsetzbare Leuchten,
- Großserienprodukte für längerfristige Verfügbarkeit,
- auch in Kleinmengen lieferbar.

In der Literatur wird oft vom Einsatz von Full Cutoff Leuchten gesprochen. Eine einheitliche Beschreibung gibt es für diesen Begriff nicht. Daher kann auch nicht explizit festgelegt werden, wie die Lichttechnik einer Full Cutoff Leuchte auszusehen hat. Es werden daher Grenzwerte für sogenannte Schutzzonen wie dem Naturschutzgebiet und den Wasserflächen definiert, die es einzuhalten gilt. In einer Beispielberechnung mit einer Entblendung (Cutoff) ab 80° aus der Senkrechten und einem innen liegenden Blendschutz wurden diese Vorgaben eingehalten.

Bei Leuchten mit innen liegendem Blendschutz wird z. B. ein zusätzliches Raster nahe an der Lichtquelle im Gehäuse platziert. Das ermöglicht später eine leichte Reinigung der Leuchte und einem weniger verschmutzten oder von Spinnen bevölkerten Lichtaustritt. Der Nachteil ist allerdings, dass die Scheibe bei einer leichten Wölbung oder geringer Verschmutzung mit ganz geringer Helligkeit von größerer Entfernung aus sichtbar wird. Dies entspricht dann nicht mehr ganz einem Full Cutoff. In Rücksprache mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ wird dies toleriert, solange die Grenzwerte wie z. B. 0,1 lx an der Außenkante des Weges am Naturschutzgebiet eingehalten werden.

Leuchten mit einem außen liegenden Blendschutz oder/und zusätzlichen Abblendblechen können ebenfalls eingesetzt werden.

6.3 Steuerung der Beleuchtung

Die Steuerung der Leuchten während der Dunkelstunden ist von verschiedenen Faktoren und dem jeweiligen Einsatzgebiet abhängig.

6.3.1 Steuerung der Beleuchtung der öffentlichen Straßen, Wege und Parkplätzen

Auf den öffentlichen Straßen, Wegen und Parkplätzen sollte das Einschalten zentral mit der Straßenbeleuchtung der Stadt Bremerhaven erfolgen. Ist eine Verbindung mit der öffentlichen Beleuchtung der Stadtbeleuchtung nicht möglich, kann die Einschaltung z. B. auch autark über einen Dämmerungsschalter erfolgen. Dieser Dämmerungsschalter ist an einem zentralen unverbauten und nicht abgeschatteten Ort zu platzieren. Andere Systeme zum Ein- und Ausschalten wären ebenfalls möglich.

Die Leuchten sind in den verkehrsarmen Zeiten zum Schutz der Nacht in ihrer Helligkeit abzusenken. Dazu gibt es klassische Verfahren wie das Signal zur Halbnachtschaltung, in die Leuchten integrierte ein- oder mehrstufige Dimmer sowie Dimmlösungen per Schalt-, Steuer- oder Funk-signal. Bei einem Betrieb über die Zentrale in Bremerhaven wird das geeignete Verfahren vorgegeben. In enger Abstimmung mit den anzusiedelnden Betrieben könnten im Bedarfsfall Sondereinschaltzeiten vereinbart werden.

Von einer Steuerung über ein kamerabasiertes System in Form eines mitlaufenden Lichtes wird seitens des landschaftsökologischen Gutachterbüros „naturraum“ abgeraten. Die Störwirkung der Tierwelt durch eine mitunter stetige Änderung der Helligkeit ist zu groß. Dies kann je nach Verkehrsbelastung eher zu einer gewissen Unruhe führen.

6.3.2 Steuerung der Beleuchtung auf den einzelnen Grundstücken der Warften, des Commons und des Initialclusters

Das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung kann auch hier automatisiert über einen Dämmerungsschalter oder einen Befehl der Gebäudesteuerung erfolgen. Selbst ein manuelles Ein- und Ausschalten oder der Einsatz eines geeigneten Bewegungsmelders wäre denkbar.

Die Leuchten sollen während der Dunkelstunden in ungenutzten Bereichen abgeschaltet oder auf ein niedrigeres Niveau gedimmt werden. Dazu eignen sich klassische Verfahren wie z. B. das Signal zur Halbnachtschaltung, eine DALI-Steuerung, in die Leuchten integrierte ein- oder mehrstufige Dimmer sowie Dimmlösungen per Schalt- oder Funksignal.

Bei Verwendung klassischer Leuchtmittel oberhalb 400 W besteht kaum eine andere Möglichkeit mehr, als eine 50 %-Reduzierung des Lichtstromes bzw. ganz oder in Teilen abzuschalten.

6.3.3 Steuerung der Beleuchtung auf den Freizeitsportflächen

Die Beleuchtung auf einer Freizeitsportfläche sollte je nach dem automatisch mit der Straßenbeleuchtung oder manuell im Bedarfsfall bzw. über eine Schalteinheit oder einen geeigneten Bewegungsmelder eingeschaltet werden.

Eine Dimmung der Leuchten kann bei Verwendung eines der im Kapitel 6.3.2 genannten Verfahren erfolgen, sofern die Beleuchtung dann noch den Anforderungen an einen sicheren Betrieb der jeweiligen Sportart entspricht.

7 Lichtkonzept für eine zukünftige Beleuchtung

7.1 Übersicht der beleuchteten Bereiche

Nach einer vergleichenden Bedarfsprognose im Auftrag der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN), vertreten durch die Bremerhavener Gesell-

schaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) sind nicht alle Bereiche zu beleuchten. In der Abbildung 7-1 werden die möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche dargestellt. Innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes können auch andere Bereiche beleuchtet werden, die sich im Zuge der fortlaufenden Planung des städtebaulichen Entwurfs ergeben. Die Entscheidung, ob eine Arbeitsfläche, eine Straße oder ein Weg beleuchtet wird, hat bedarfsorientiert zu erfolgen. Unbeleuchtete Bereiche sind zu planen und vorrangig zu erhalten.

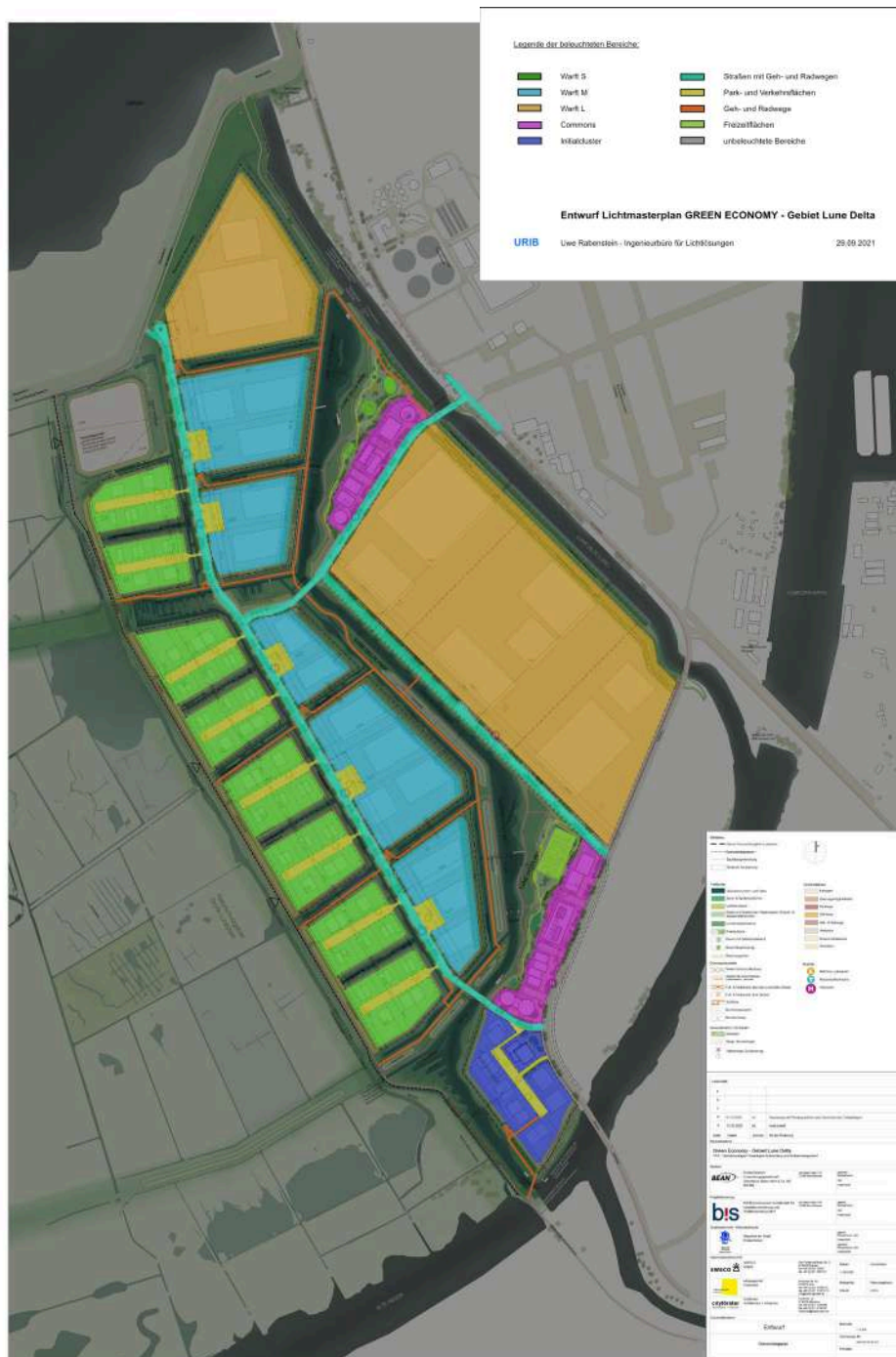


Abbildung 7-1 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgemeinschaft (2020) mit einer Übersicht der möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche

7.2 Nutzungszeiten der Beleuchtung

Für einen schonenden Umgang mit der Energie und Umwelt wurden im Vorfeld mit der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) et. Al. sowie dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ Nutzungszeiten festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen. Abweichungen sind mit dem Betreiber abzustimmen.

Bereich	Zeitraum der Beleuchtung			Anmerkung
	Voll eingeschaltet	Reduzierter Betrieb	Ausgeschaltet	
Straßen und Parkflächen	05:00 Uhr - 22:00 Uhr	22:00 Uhr - 05:00 Uhr	-	Nachtabenkung um mindestens 1 Stufe (50%) ^{1, 2}
Geh- und Radwege	05:00 Uhr - 22:00 Uhr	22:00 Uhr - 05:00 Uhr	-	Nachtabenkung um mindestens 1 Stufe (50%) ^{1, 2}
Freizeitsportflächen	08:00 Uhr - 20:00 Uhr 08:00 Uhr - 22:00 Uhr	20:00 Uhr - 22:00 Uhr -	22:00 Uhr - 08:00 Uhr	Wochentage sind abhängig von der Bedarfsanalyse ³
Arbeitsstätten auf den Warften S, M und L sowie Initialcluster und Commons 1+2	07:00 Uhr - 20:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	-	Länger nicht genutzte Arbeitsstätten sind auszuschalten oder auf ein niedriges Niveau abzusenken.
Werbeschilder auf den Warften S, M und L sowie Initialcluster und Commons 1+2	06:00 Uhr - 22:00 Uhr	-	22:00 Uhr - 06:00 Uhr	Beleuchtete Werbeschilder sind an allen Außenseiten ungünstig und daher zu vermeiden.
Beleuchtung während der Bauphase	7:00 Uhr - 20:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	Im reduzierten Betrieb ist nur eine Beleuchtung zur Baustellenabsicherung zulässig.

Tabelle 7-1 - Nutzungszeiten der Beleuchtung

¹ In Stoßzeiten während nächtlicher Schichtwechsel kann in Abstimmung mit dem Betreiber für einen kurzen Zeitraum ein 100%-Betrieb ermöglicht werden.

² An betriebsfreien Wochenenden oder Feiertagen kann die Beleuchtung auch schon früher abgesenkt werden. Nach neuer Norm DIN 13201-1 (2021) sind mehrere nutzungsabhängige Beleuchtungsklassen möglich. Mit regelbaren Leuchten ist dies technisch umsetzbar.

³ Noch ausstehend, ein nutzungsabhängiger Betrieb sollte möglich sein.

7.3 Vorgaben und Einschränkungen

Eine immissionsarme Beleuchtung schließt neben dem richtigen Lichtniveau auch gewisse Lichtsituationen aus. Für Anstrahlungen von Gebäuden oder Werbeschildern auf dem Gelände des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes innerhalb der Warften sind diese in der Abbildung 7-2 dargestellt.

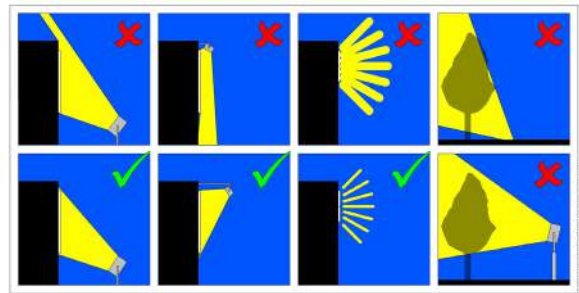


Abbildung 7-2 - Hinweise für Anstrahlungen und Schildbeleuchtungen

Anstrahlungen von Gebäuden sind auf allen Seiten ungünstig. Eine Anstrahlung von Bäumen, Pflanzen, Pflanzgruppen und Wasserflächen außerhalb einer Warft, Commons oder dem Gründerzentrum sind ganz oder in Teilen aufgrund der Grenzwerte und des Naturschutzes nicht möglich. Eine seitliche Anstrahlung von Brücken oder eine Illumination der Brückenkonstruktion von unten ist zum Wohl der Tierwelt für das Green Economy – Gebiet nicht zulässig.

Wenn Werbeschilder beleuchtet werden sollen, dann sind die Leuchtdichtegrenzwerte aus Kapitel 4.4.1 und die Betriebszeiten nach Tabelle 7-1 einzuhalten. Die Beleuchtung von Werbeschildern auf der Seite zum Naturschutzgebiet ist nicht erlaubt. Gesamte Werbeanlagen oder deren Teile dürfen keine zu dynamischen, pulsierenden oder blinkenden Lichtwechsel aufweisen. **Starke Änderungen der Helligkeits- und Farbinformationen sind kontinuierlich über einen Zeitraum von mindestens 1 Sekunde zu führen.** Davon ausgenommen ist das tägliche Ein- und Ausschalten zur In- und Außerbetriebnahme. Oberhalb von 4,00 m ab Oberkante der Warft sind keine beleuchteten oder selbstleuchtenden Werbeanlagen anzubringen. Bei der Beleuchtung der Werbeschilder ist das Gestaltungshandbuch der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2022) zu berücksichtigen.

Für Straßen, Wege und Plätze gelten die Einschränkungen aus Abbildung 7-3.

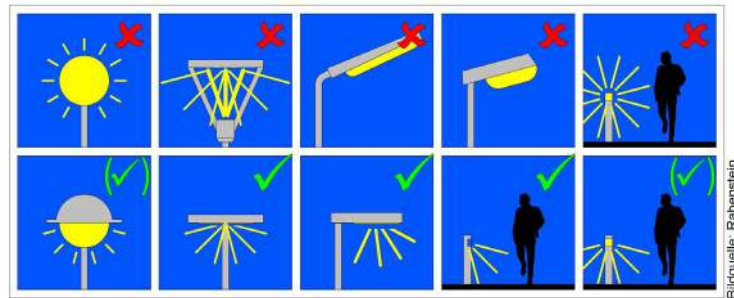


Abbildung 7-3 - Hinweise zur Beleuchtung auf Straßen, Wegen und Plätzen

Für die Flächenbeleuchtung auf den Warften und den Parkplätzen sind die Hinweise aus Abbildung 7-4 zu beachten.

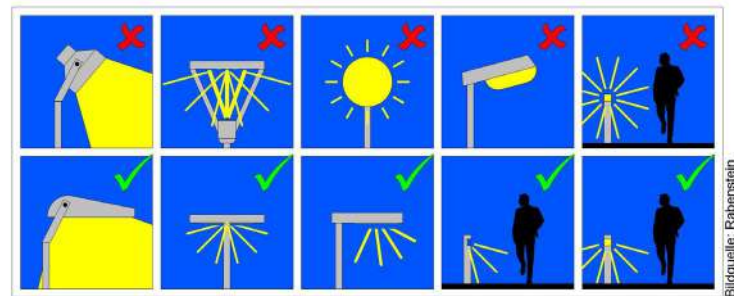


Abbildung 7-4 - Hinweise zur Beleuchtung auf Flächen

Generell werden ab einer Lichtpunkthöhe von 1,50 m nur Leuchten mit einem waagerechten Lichtaustritt erlaubt. Sofern erforderlich, können die Leuchten/Scheinwerfer max. 5° aus der Horizontalen aufgeneigt werden. Mögliche Ausnahme wären:

- Asymmetrische Scheinwerfer in LED-Technik, die über eine asymmetrische Lichtverteilung verfügen und dennoch bis zu 40° aufgeneigt werden müssen. Damit kann eine Einhaltung der Lichtimmissionen ebenfalls möglich sein.
- in Einzelfällen z. B. auf Arbeitsbühnen, bei denen mit asymmetrischen Leuchten keine technische und wirtschaftliche Lösung gefunden werden kann. In beiden Fällen ist ein lichttechnischer Nachweis in Form einer Berechnung über die Störwirkung vorzulegen.

7.4 Straßen, Parkplätze, Geh- und Radwege

7.4.1 Vorgaben

Die Beleuchtung der Straßen, Geh- und Radwege wird in öffentliche und private Bereiche unterschieden. Öffentliche Straßen sind die Planstraßen A, B und C mit den angrenzenden Geh- und Radwegen, den separaten Geh- und Radwegen außerhalb der Warften sowie die Parkflächen inklusive Zufahrten auf den S-Warften und dem Initialcluster. Straßen, Geh- und Radwege auf den einzelnen Grundstücken der jeweiligen Firmen werden als Arbeitsflächen bezeichnet und nach Kapitel 7.6 bzw. den jeweiligen Normen beleuchtet.

Öffentliche Straßen, Geh- und Radwege wahren nach DIN 13201-1:2021 (2021) und DIN EN 13201-2:2016 (2016) entsprechend ihren baulichen und verkehrlichen Gegebenheiten zu beleuchten. In dem im September 2021 neu erschienen Teil 1, gibt es erstmals die Möglichkeit, für mehrere Zeiträume unterschiedliche Beleuchtungsklassen anhand variierender Parameter für ein und dasselbe Objekt festzulegen. Damit wird eine einfache Möglichkeit geschaffen, um z. B. in verkehrsarmen Zeiten eine kleinere Beleuchtungsklasse anzuwenden und zu begründen. Bezeichnet werden diese Zeiträume mit $\Delta t_0, \Delta t_1, \dots \Delta t_n$.

Die in den folgenden 4 Tabellen exemplarisch ermittelten Beleuchtungsklassen basieren auf Annahmen zum jetzigen Zeitpunkt des Entwurfs. Für die Straßen innerhalb des Gebietes wurde eine Situation mit zwei Beleuchtungsklassen angenommen, während es für die Geh- und Radwege in Abhängigkeit der unterschiedlichen räumlichen Zuordnung jeweils zwei Situationen sind.

Die Begrifflichkeiten in den folgenden Tabellen entstammen der DIN 13201-1:2021 (2021). Die Bezeichnung erhöhte Anforderungen steht hier in diesem Kontext für den Querverkehr der Radfahrer und Fußgänger auf der Fahrbahn an nicht gekennzeichneten Stellen sowie an Bushaltestellen. Ferner kann damit auch eine umfangreiche Beschilderung gemeint sein, die eine schnellere Orientierung durch mehr Licht ermöglicht.

Für die Planstraßen A, B und C könnte das in Tabelle 7-2 aufgeführte Beispiel angewendet werden.

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert	gewählter Wichtungswert im Zeitraum	
			Δt_0	Δt_1
Trennung der Richtungsfahrbahnen	Nein	0	0	
Verkehrsaufkommen	normal	0	0	-1
	gering	-1		
Zulässige Geschwindigkeit	>30 km/h	0	0	0
Verkehrsart/ Zusammensetzung	nur motorisierter Verkehr	0	0	0
Leuchtdichte der Umgebung	stark inhomogen	1	1	1
Parkende Fahrzeuge	nicht zulässig	0	0	0
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	0
	nicht vorhanden	0		
Gesamtwert			2	0
M6-Gesamtwert=			M4	M6

Tabelle 7-2 - Beispiel für Beleuchtungsklassen einer Sammelstraße nach DIN 13201 Teil 1, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 23, Tabelle 6 der DIN 13201-1:2021 (2021)

Für die neben den Planstraßen A, B und C separat geführten Geh- und Radwege könnte das in Tabelle 7-3 aufgeführte Beispiel angewendet werden.

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert	gewählter Wichtungswert im Zeitraum	
			Δt_0	Δt_1
Betriebsart	Zweirichtungsverkehr	1	1	
Lagebezug zu angrenzenden Verkehrsflächen	bauliche Abgrenzung oder räumlich getrennt zu anderen Verkehrsflächen	0	0	
Radverkehrsfluss	normal	0	0	-1
	gering	-1		
Verkehrsart/ Zusammensetzung	Radfahrer und Fußgänger	1	1	1
Leuchtdichte der Umgebung	stark inhomogen	0	0	0
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	0
	nicht vorhanden	0		
Gesamtwert			3	1
P6-Gesamtwert=			P3	P5

Tabelle 7-3 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Geh- und Radweges nach DIN 13201 Teil 1, der parallel zu einer Straße verläuft und durch einen mindesten 1,50 m breiten Grünstreifen getrennt ist, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 27, Tabelle 9 der DIN 13201-1:2021 (2021)

Als ein Beispiel für Geh- und Radwege, die innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes in der Nähe der Wasserflächen verlaufen, könnte das in Tabelle 7-4 aufgeführte Beispiel angesetzt werden.

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert	gewählter Wichtungswert im Zeitraum	
			Δt_0	Δt_1
Betriebsart	Zweirichtungsverkehr	1	1	
Lagebezug zu angrenzenden Verkehrsflächen	bauliche Abgrenzung oder räumlich getrennt zu anderen Verkehrsflächen	0	0	
Radverkehrsfluss	normal	0	0	-1
	gering	-1		
Verkehrsart/Zusammensetzung	Radfahrer und Fußgänger	1	1	1
Leuchtdichte der Umgebung	homogen	-1	-1	-1
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	0
	nicht vorhanden	0		
Gesamtwert			2	0
P6-Gesamtwert=			P4	P6

Tabelle 7-4 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Geh- und Radweges nach DIN 13201 Teil 1, der abseits verläuft, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 27, Tabelle 9 der DIN 13201-1:2021 (2021).

Das in Tabelle 7-5 aufgeführte Beispiel könnte auf die Parkplätze zwischen den M-Warften und der Planstraße A zutreffen.

Auswahlparameter	Optionen/Auswahlmöglichkeit	Wichtungswert	gewählter Wichtungswert im Zeitraum	
			Δt_0	Δt_1
Zulässige Geschwindigkeit	> Schrittgeschwindigkeit	2	2	
Verkehrsfluss, Fußgänger	normal	1	1	0
	gering	0		
Leuchtdichte der Umgebung	stark inhomogen	0	-1	-1
	homogen	-1		
Erhöhte Anforderungen	vorhanden	1	1	0
	nicht vorhanden	0		
Gesamtwert			3	1
P6-Gesamtwert=			P3	P5

Tabelle 7-5 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Parkplatzes nach DIN 13201 Teil 1, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 29, Tabelle 11 der DIN 13201-1:2021 (2021)

Die in der Tabelle 7-2 bis Tabelle 7-5 aufgeführten Kriterien basieren auf Annahmen aus den aktuell vorliegenden Unterlagen. Diese sind für die Ausführungsplanung auf ihre Aktualität oder weiteren Bedürfnisse hin abzugleichen.

Eine Lichtpunkthöhe kann zu diesem Zeitpunkt nicht festgelegt werden, da es unter anderem auch von der letztendlichen Straßengeometrie und dem verwendeten Leuchtentyp abhängt. Generell ist die Lichtpunkthöhe unter den naturschutzrechtlichen, wirtschaftlichen und lichttechnischen Belangen so gering wie möglich zu wählen.

7.4.2 Beleuchtung

Öffentliche Verkehrswege gibt es auf dem Gelände in unterschiedlichen Situationen. In der Abbildung 7-5 sind die im Konzept betrachteten Bereiche als rote Schnittlinien im städtebaulichen Entwurf dargestellt.

In den darauffolgenden konzeptionellen Profilzeichnungen werden keine Maße aufgeführt, da diese mit der letztendlichen Ausführungsplanung nicht unbedingt übereinstimmen müssen. Das Gewerbe- und Industriegebiet befindet sich zum Zeitpunkt dieser Lichtimmissionsprognose noch in der Planung und die Zeichnung liegt als Entwurf vor. Fertige Querschnitte stehen aktuell nicht zur Verfügung. Daher wurden die Entwurfszeichnungen zusätzlich mit den Maßen aus den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASt 06 der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehr (2006) verglichen und gegebenenfalls adaptiert.



Abbildung 7-5 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der in diesem Konzept betrachteten Straßen- und Wegequerschnitte

In den Schnitten Z1 und Z2 der Abbildung 7-6 wird der Geh- und Radweg zwischen dem Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ und dem Naturschutzgebiet Luneplate dargestellt. Er ist nach Rückfrage nicht für eine Beleuchtung vorgesehen und wird daher als unbeleuchtet aufgeführt.

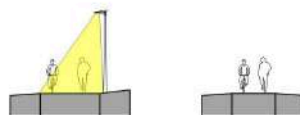
Weg am Naturschutzgebiet
Z1 Z2



Abbildung 7-6 - Schnitte Z1 und Z2 des unbeleuchteten Weges am Naturschutzgebiet

Die Beleuchtung, der Geh- und Radwege innerhalb des Geländes beziehen sich im Wesentlichen auf den ca. 3 m breiten Hauptweg. In Abbildung 7-7 und Abbildung 7-8 sind verschiedene Situationen in einer Schnittdarstellung aufgezeigt.

Wege innerhalb des Gewerbegebietes
A1 A3



A2

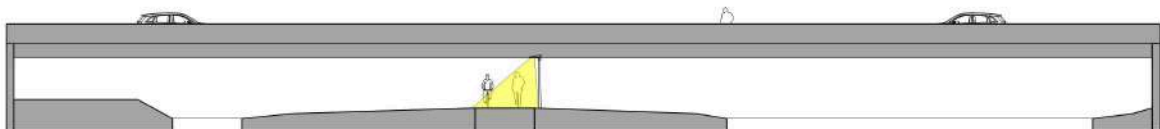


Abbildung 7-7 - Schnitte A1 bis A3 der Geh- und Radwege innerhalb des Geländes

A4

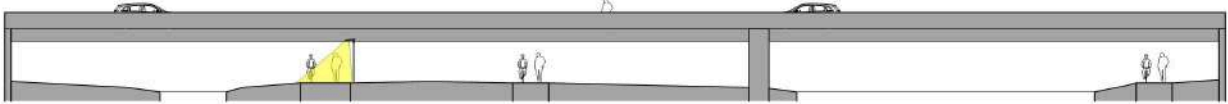


Abbildung 7-8 - Schnitt A4 der Geh- und Radwege innerhalb des Geländes

Sofern es erforderlich wird, ist es unter den Brücken (siehe Abbildung 7-8) sicherlich am einfachsten, eine Mastleuchte mit niedriger Lichtpunkthöhe und geringerem Lichtstrom einzusetzen. Dies erspart eventuell eine aufwendige Kabelführung zum elektrischen Anschluss der Leuchten.

Die Planstraße A beginnt am Initialcluster und verläuft zwischen den Warften S, M und L4. In ihrem Verlauf passiert sie 2 Brücken (Abbildung 7-10, Schnitte B2 und B4) und führt neben den Warften an 5 Parkplätzen vorbei.

Der Straßenverlauf unterteilt sich einmal in einen Bereich mit Fahrbahn und einen durch einen breiten Mittelstreifen getrennten separat geführten Geh- und Radweg. Der ca. 4 m breite Mittelstreifen ist teilweise mit einer Baumbepflanzung versehen. Möglich wäre eine Doppelanordnung an Mastleuchten mit kurzem Ausleger, um eine möglichst geringe Abschattung durch die Bäume und eine möglichst optimale Ausleuchtung zu erzielen. Moderne LED-Leuchten müssen durch eine Vielzahl an unterschiedlichen Lichtverteilungen nicht unbedingt aufgeneigt werden, womit Streulicht nochmals verringert werden kann.

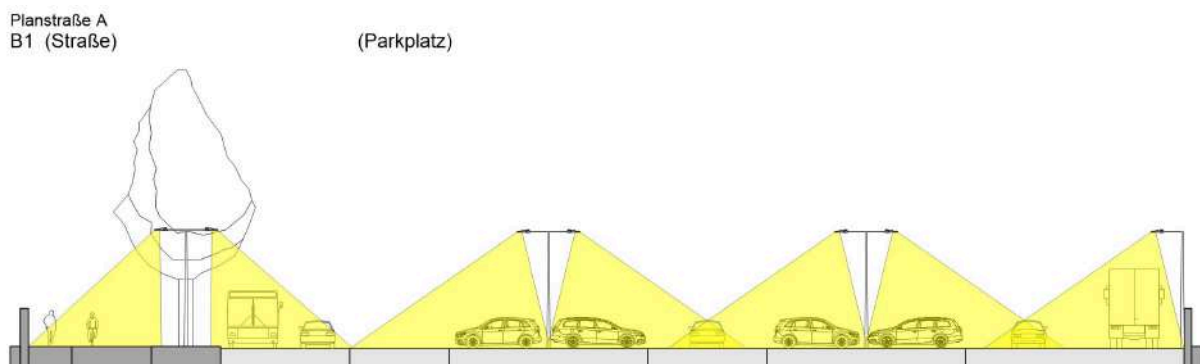
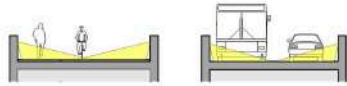
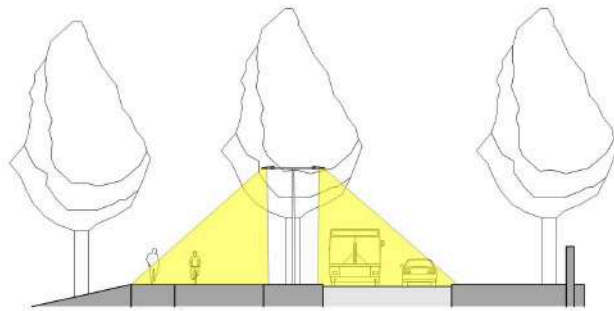


Abbildung 7-9 - Schnitt B1 der Planstraße A basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

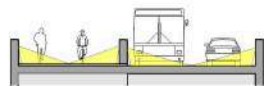
B2 (Brücke)



B3



B4 (Brücke)



B5

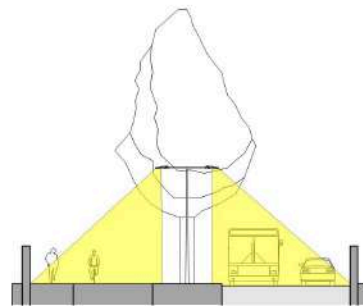


Abbildung 7-10 - Schnitte B2 bis B5 der Planstraße A basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

Auf den mitunter sehr langen Brücken (Schnitte B2 und B4) kann die Mastanordnung theoretisch fortgeführt werden. Es wird mit den gleichen Leuchten dann aber Streulicht auf die Wasseroberfläche fallen. Idealer ist es in diesem Fall, eine Wandeinbau-/Wandanbauleuchte mit einer Lichtpunkthöhe $< 1,50$ m einseitig bzw. beidseitig im Verlauf der Brücke vorzusehen. Damit ist es möglich, das Streulicht für die Umgebung und auf der Wasseroberfläche sowie den Einblick in die Leuchte aus der Ferne zu minimieren. Diese Leuchten sind auch mit LED-Technik verfügbar.

Die Planstraße B biegt von der Planstraße A ab, verläuft am Common 2 entlang und führt wieder zur Straße „Am Luneort“ zurück. In ihrem Aufbau ist sie der Planstraße A ähnlich.

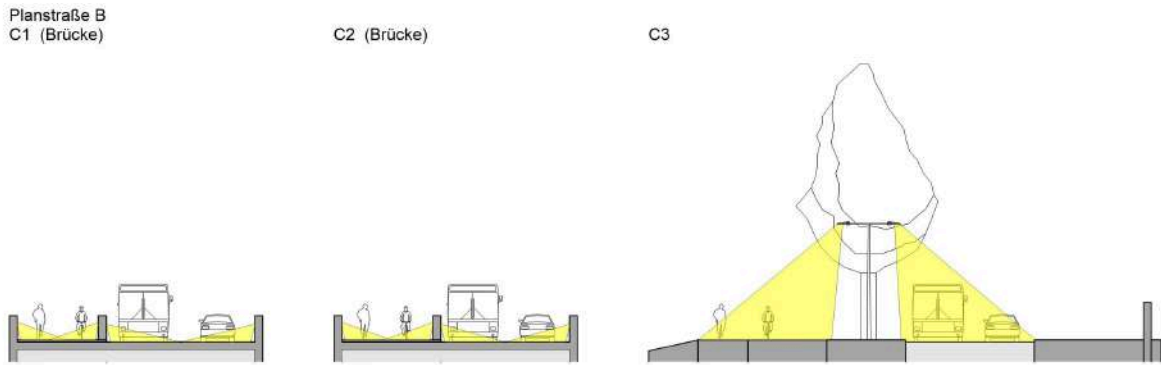


Abbildung 7-11 - Schnitte C1 bis C3 der Planstraße B basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

Die Planstraße C verläuft entlang der Warften L1 bis L3. Ihr Aufbau ist in unterschiedliche Ausbaustufen unterteilt worden. Der erste Ausbauabschnitt (Abbildung 7-13, Schnitt D3) endet bei der Warft L2 als Sackgasse mit Wendemöglichkeit. Parallel zum ersten Ausbauabschnitt und auch später kann eine Gleistrasse ergänzt werden. Freiflächen wurden dazu schon im Vorfeld vorgesehen.

In einer späteren Bauphase kann der Verlauf der Straße fortgeführt werden (Abbildung 7-13, Schnitt D2). Ergänzt wird dieser Verlauf mit einem weiteren Radweg auf der Seite der Warften.

Die Charakteristik der Straße und der prinzipielle Aufbau mit breitem Mittelstreifen und teilweiser Baumbepflanzung unterscheidet sich kaum von den beiden anderen Planstraßen. Es wäre daher auch hier möglich, eine Mastanordnung mit Doppelausleger vorzusehen.

In der Übergangsphase bis zum kompletten Ausbau (Abbildung 7-12, Schnitt D1) kann die Mastanordnung fortgeführt und nur an dem Geh- und Radweg eine Leuchte montiert werden. Es ist aber auch möglich, eine einseitige Mastanordnung vorzusehen. Die Lichtpunkthöhe und Mastgestaltung wäre dann dem Baumbewuchs anzupassen.

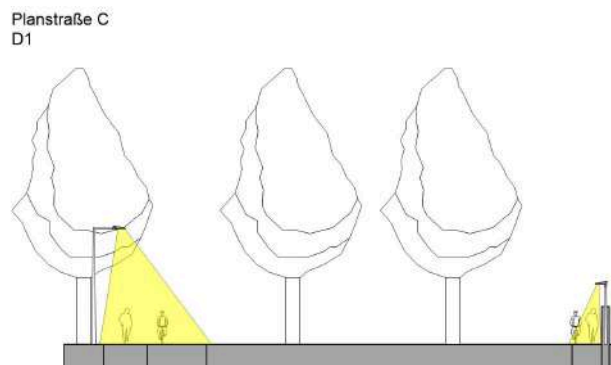
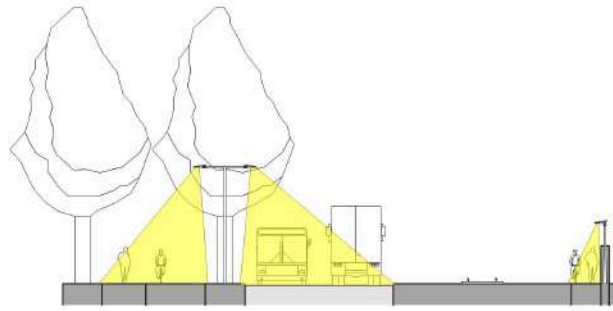


Abbildung 7-12 - Schnitt D1 der Planstraße C basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

D2



D3

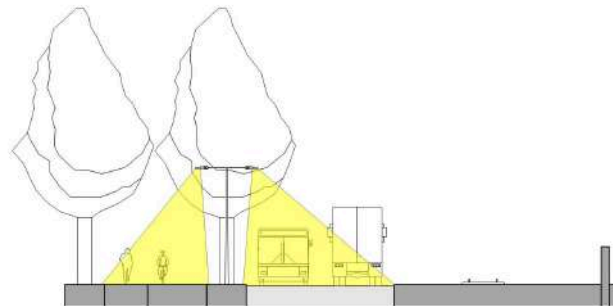


Abbildung 7-13 - Schnitte D2 bis D3 der Planstraße C basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

Das Initialcluster wird einmal verschieden große Unternehmen beherbergen. Der vorliegende Entwurf dazu hat verschieden gestaltete Geh- und Radwege, eine gemeinschaftlich genutzte Verkehrsfläche (Abbildung 7-15, Schnitt E2) und Parkflächen (Abbildung 7-15, Schnitt E3), die exemplarisch auch auf andere Situationen übertragbar wären. In Abbildung 7-15 und Abbildung 7-15 sind diese dargestellt.

Initialcluster
E1

E2

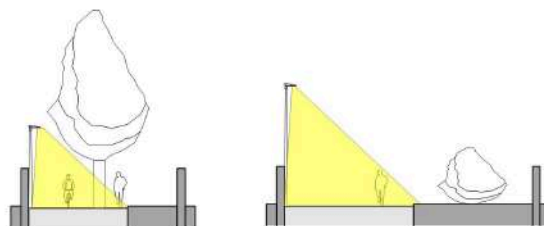


Abbildung 7-14 - Schnitte E1 bis E2 des Initialclusters basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

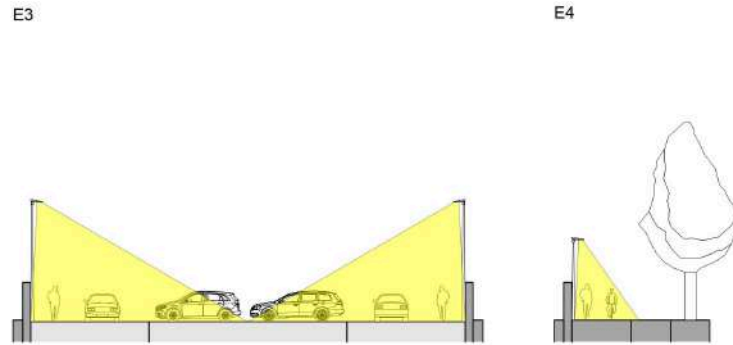


Abbildung 7-15 - Schnitte E3 bis E4 des Initialclusters basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

Die Warften der Größe S sollen später Firmen mit unterschiedlicher Größe aufnehmen. Zu den jeweiligen Warften führt von der Planstraße A eine Brücke zu den zentral gelegenen Verkehrsflächen. Diese Brücken sind nicht lang, weisen jedoch durch ihre breiten trichterförmigen Zufahrten eine schwierige Lichtsituation auf. Es empfiehlt sich daher auch hier, die Brücken wie auf den Planstraßen zu beleuchten. Das begrenzt die Lichtimmissionen am besten.

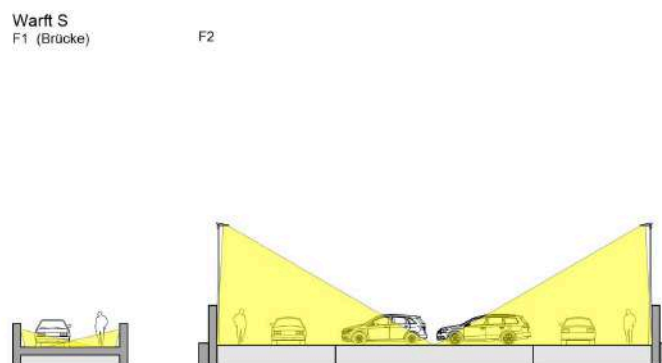


Abbildung 7-16 - Schnitte F1 und F2 der S-Warft basierend auf dem städtebaulichen Entwurf

Die zentralen Parkflächen auf der Warft entsprechen in ihrem Querschnitt denen des Initialclusters. Sie sind damit auch wie diese zu beleuchten.

7.5 Freizeitflächenbeleuchtung

Der Sportplatz auf dem Gelände neben dem Common 1 kann nach einer Bedarfsprognose beleuchtet werden. Davon ist auch die tägliche oder wöchentliche Nutzung abhängig. In erster Linie ist der Sportplatz für Freizeitaktivitäten und Trainingszwecke gedacht. Die lichttechnischen Anforderungen insbesondere für Fußball, Volleyball oder Basketball ermöglichen weitere sportliche Aktivitäten und sind in der Norm DIN EN 12193:2019 (2019) enthalten. Für die vorgenannten Sportarten sind die Empfehlungen als Auszug in der Tabelle 7-6 aufgeführt.

Ref. Nr.	Art des Bereiches	E_m	$U_{2\text{hori}}$	R_G	R_a
A.21	Fußball (Groß- und Kleinfeld), Basketball, Volleyball,...	75 lx	0,50	55	60

Tabelle 7-6 - Anforderungen für ausgewählte Ballsportarten als Auszug aus „Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung“ Seite 44, Tabelle A.21 der DIN EN 12193:2019

Es bedeuten:

- E_m Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke
- $U_{2\text{hori}}$ Gesamtgleichmäßigkeit aus E_{min} : E_m
- R_G Grenzwert der Blendungsbewertung
- R_a Farbwiedergabeindex

Das Spielfeld soll die Abmessungen 90 m x 45 m erhalten. Für die Ausleuchtung dieser Fläche wäre die Lichtpunkthöhe so gering wie möglich, zu wählen. Die Grenzwerte an der benachbarten Wasserfläche sind einzuhalten. Dabei sind gleichzeitig die Lichtimmissionen des angrenzenden Commons und der beiden L-Warften zu berücksichtigen. Aufgrund dessen werden gut entblendete Leuchten erforderlich.

7.6 Arbeitsplätze auf gewerblich genutzten Flächen

7.6.1 Vorgaben

Die Aufgaben, die von Arbeitern auf dem Außengelände einer Firma verrichtet werden, können vielfältig sein. Je nach Anforderung der Tätigkeit an die Sehaufgabe kann auch das Helligkeitsniveau variieren. Während das Hantierens mit großem Lagergut wie z. B. Baumstämmen, Sand, Kies etc. vergleichsweise wenig Licht benötigt, werden für das Handling mit Containern höhere Beleuchtungsstärken erforderlich. Diese im Vergleich zur Straßenbeleuchtung hohen Beleuchtungsstärken sind nicht mit denen im Innenraum vergleichbar. Zum Beispiel auf Containerlagerflächen benötigt das präzise Absetzen der Container viel Licht, zum Lagern aber weniger. Als Kompromiss werden die Fahrzeuge mit der für die Tätigkeit erforderlichen Zusatzbeleuchtung

ausgestattet. Damit wird eine arbeitsplatzorientierte Beleuchtung geschaffen und insgesamt eine geringere Lichtimmission mit geringerem Energiebedarf erzeugt. In der Tabelle 7-7 sind ein paar Beispiele für Beleuchtungsanforderungen aus der DIN EN 12464-2:2014 (2014) aufgeführt.

Ref. Nr.	Art des Bereiches	E_m	U_o	R_{GL}	R_a
5.1.1	Gehwege, ausschließlich für Fußgänger	5 lx	0,25	50	20
5.1.3	Werkstraßen mit regelmäßigem Fahrzeugverkehr (< 40 km/h)	20 lx	0,40	45	20
5.7.1	Kurzzeitiges Hantieren mit großen Bauteilen und Rohstoffen, Be- und Entladen von sperrigen Gütern	20 lx	0,25	55	20
5.7.2	Ständiges Hantieren mit großen Bauteilen und Rohstoffen, Be- und Entladen von Fracht, Aktionsbereiche von Kränen, offene Ladeplattformen	50 lx	0,40	50	20
5.7.3	Lesen von Beschriftungen, überdachte Ladeplattformen, Verwendung von Werkzeugen, Herstellung von Stahlbetonfertigteilen	100 lx	0,50	45	20

Tabelle 7-7 – Auszug aus den Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten als Auszug aus „Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2“ S. 16, Tab. 5.1 und S. 19 Tab. 5.7 der DIN EN 12464-2:2014 (2014)

Es bedeuten:

- E_m Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke
- U_o Gesamtgleichmäßigkeit aus E_{min} : E_m
- R_{GL} Grenzwert der Blendungsbewertung auf der beleuchteten Fläche
- R_a erforderlicher Farbwiedergabeindex

Aus der Tabelle 7-7 wird ersichtlich, wie unterschiedlich hell Arbeitsstätten beleuchtet werden sollen. Höhere Beleuchtungsstärken könnten sofern es möglich ist, über mobile Zusatzleuchten realisiert werden.

Für die Beleuchtung der Arbeitsstätten auf den Warften sind die Beleuchtungsstärken entsprechend den Erfordernissen zu wählen, aber nicht übergebürlich zu überschreiten. Weiterhin sollten Warften mit höheren Beleuchtungsanforderungen nicht am Rand zu den Naturschutzgebieten hin angesiedelt werden. Mit zunehmender Beleuchtungsstärke steigen auch die Lichtimmissionen. Sollte dies jedoch unumgänglich sein oder zu einer zu hohen Störwirkung führen, ist ein Nutzungszeitraum z. B. ähnlich wie in der Bauphase vorzusehen. Außerhalb dieses Nutzungszeitraums sind Beleuchtungsstärken dann nur noch von maximal 50 lx bzw. 20 lx zulässig. Die auszuführenden Tätigkeiten wären aus Sicht des Arbeitsschutzes entsprechend anzupassen.

Die Anordnung der Leuchten könnte immer von außen nach innen beginnen, damit das Licht nicht zu tief in die Schutzzonen strahlt. Die Leuchten am Rand müssten über eine entsprechende rückwärtige Entblendung sowie an den Ecken zusätzlich über eine teilweise seitliche Abgrenzung des Lichtkegels verfügen. Innerhalb der Grundstücke können die Leuchten dann auch in Richtung Naturschutzgebiet gedreht sein. Es ist aber auch hier, sofern dies erforderlich wird, eine Blendenschutzmaßnahme an der Leuchte und keine oder nur eine geringe erforderliche Aufneigung vorzusehen.

Generell gelten innerhalb der Grundstücke die Vorgaben aus Kapitel 7.3.

7.6.2 Beleuchtung der Warften der Größe S (neu GE1)

Im städtebaulichen Entwurf reichen die verfügbaren Flächen auf den S-Warften von ca. 1.000 bis 4.000 m². Arrangiert werden die Flächen um eine zentrale Verkehrs- und Parkfläche (siehe Abbildung 3-6). Diese Warften werden an 3 Seiten von Gewässern umschlossen und in westlicher Richtung vom Naturschutzgebiet.

Aufgrund der Nähe zum Naturschutzgebiet sind hier die Lichtpunkthöhen so gering wie möglich vorzusehen. In Vergleichsberechnungen haben sich z. B. 6,00 m bei Einsatz eines sehr guten Blendenschutzes als eine Möglichkeit erwiesen.

Mit der trichterförmigen Gestaltung der Zufahrten über die Brücke wird es nicht möglich sein, die für diesen Bereich geltenden Grenzwerte einzuhalten. Es kann zu Überschreitungen Links und Rechts neben der Brücke in einem Bereich kommen, der 1-mal so groß sein kann wie die größte Breite des Trichters.

7.6.3 Beleuchtung der Warften der Größe M (neu GE2)

Im städtebaulichen Entwurf reichen die verfügbaren Flächen auf den M-Warften von ca. 2.400 bis 4.000 m². Diese Warften werden an bis zu 3 Seiten von Gewässern umschlossen und auf der westlichen Seite grenzt die Planstraße A an. Hinter der Planstraße A folgen in westlicher Richtung nach einer kleinen Wasserfläche die S-Warften und in Anschluss daran das Naturschutzgebiet Luneplate.

Generell sind auch hier die Lichtpunkthöhen so gering wie möglich vorzusehen. Aufgrund des größeren Abstandes zum Naturschutzgebiet können größere Lichtpunkthöhen zum Einsatz kommen. In Beispielberechnungen haben sich z. B. 9,00 m mit Einsatz eines guten Blendenschutzes als eine Möglichkeit erwiesen.

Im östlichen Teil der Warften sind im Entwurf 2-reihige Baumpflanzungen vorgesehen. Sofern eine Beleuchtung dort erforderlich wird, ist die Lichtpunkthöhe entsprechend niedriger zu wählen, um die Baumkronen nicht zu beleuchten. Ferner ist dabei auf die Wurzelbereiche der Bäume zu achten. Die Leuchten sind auch hier beginnend von außen nach innen anzuordnen und sofern erforderlich mit den entsprechenden Blendschutzmaßnahmen zu versehen.

7.6.4 Beleuchtung der Warften der Größe L (neu GE3)

Im Entwurf reichen die verfügbaren Flächen auf den L-Warften von ca. 8.000 bis 13.000 m². Diese Warften werden von bis zu zwei Seiten mit Gewässern umschlossen und grenzen an die Planstraße A (L1 – L3) bzw. Planstraße C (L4). Westlich hinter den M- und S-Warften bzw. dem Treibsellagerplatz befindet sich das Naturschutzgebiet Luneplate. In östlicher Richtung liegt die Alte Lune und dahinter der Fischereihafen West (B-Plan 441).

Auch hier gilt es, die Lichtpunkthöhen so gering wie möglich zu halten. Aufgrund der Größe der Flächen und einer vermutlich damit verbunden großen Bewegungsfreiheit sowie des größeren Abstandes zum Naturschutzgebiet können die Lichtpunkthöhen etwas größer ausfallen. In Beispielberechnungen haben sich 12,00 m oder/und 18,00 m bei Einsatz eines guten Blendschutzes als eine Möglichkeit erwiesen.

Im östlichen Teil der Warften vor der Alten Lune sind im Entwurf zweireihige Baumpflanzungen vorgesehen. Sofern eine Beleuchtung dort erforderlich wird, ist die Lichtpunkthöhe entsprechend niedriger zu wählen, um die Baumkronen nicht zu beleuchten. Ferner ist dabei auf die Wurzelbereiche der Bäume zu achten. Die Leuchten wären auch hier beginnend von außen nach innen anzuordnen und sofern erforderlich mit den entsprechenden Blendschutzmaßnahmen zu versehen.

7.6.5 Besonderheit bei der Beleuchtung der Warften (neu GE1)

Zum heutigen Zeitpunkt kann nicht gesagt werden, wann sich welche Firmen ansiedeln werden oder wie lange Flächen leer stehen. Auch ein Firmenwechsel kann Änderungen der Beleuchtung zur Folge haben. Zudem sollte jede Firma die Möglichkeit bekommen, ihre eigenen Betriebskosten für die Beleuchtung zu bezahlen und diese auch individuell schalten zu können.

Grenzen 2 Mieter unmittelbar aneinander, kommt es daher unweigerlich zu einer Überlappung der Beleuchtung auf das Nachbargrundstück. Das ist ohne immensen technischen Aufwand nicht vermeidbar. Damit kommt es aber auch an der Außenseite der Warften zur Beleuchtung der angrenzenden Grundstücke und damit zu Überlappungen bei den Grenzwerten der Raumaufhellung für eine bestimmte Fläche.

Wenn zum Beispiel 2 Firmen auf einer S-Warft neben dem Weg am Naturschutzgebiet liegen, beträgt der Grenzwert der Raumaufhellung, der nicht überschritten werden darf, für jede Firma 0,1 lx. Halten beide Firmen in ihren Berechnungen diesen Grenzwert ein, kommt es unweigerlich im Bereich der Grenze beider Grundstücke zu einer Überlappung. Damit werden dort 0,2 lx vorherrschen und der Grenzwert zu 100 % überschritten. Wie groß der Bereich mit der Überschreitung parallel zu den Grundstücken sein wird, hängt von der jeweiligen Beleuchtungsstärke, den Lichtpunkthöhen und den verwendeten Leuchten ab. Die Überschreitung des Grenzwertes in die Tiefe des Naturschutzgebietes ist geringer als in die Breite. Genaue Angaben können dazu im Vorfeld nicht gemacht werden, da die Grenzwerte unterschiedlich sind und keine konkreten Beleuchtungsanlagen vorliegen. Im Bereich der S-Warften mit einer Lichtpunkthöhe von 6,00 m könnten es ungefähr 10 bis 20 m in der Tiefe sein. In den Berechnungen ist in einem solchen Fall der maximale Abstand bis zum Erreichen der Hälfte des Grenzwertes der Raumaufhellung auszuweisen. Diese Überschreitung ist mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ abgestimmt und wird geduldet. Der technische Aufwand wäre sonst immens.

Die Festlegung der Grenzwerte für die Raumaufhellung innerhalb der Warften ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen. Während für die außen liegenden Grundstücke die Grenzwerte des benachbarten Schutzgebietes z. B. dem Naturschutzgebiet Luneplate gelten, können für die weiter innen liegenden Grundstücke diese Grenzwerte nicht mehr für den Beginn des Schutzgebietes angewendet werden. Diese Grenzwerte würden zwar durch die angrenzenden Grundstücke eingehalten, aber in Summe mit der Anzahl der innen liegenden Grundstücke überschritten. Es sind daher die Grenzwerte des in dieser Richtung liegenden Schutzgebietes bereits an der gegenüberliegenden Grenze des benachbarten Grundstücks einzuhalten. In Abbildung 7-17 ist dieser Sachverhalt an einem willkürlich gewählten Beispiel aufgeführt.



Abbildung 7-17 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Beispiel für die Definition der Grenzwerte der Raumaufhellung für innen liegende Grundstücke

Zur vereinfachten Handhabung des vorgenannten Sachverhaltes kann durch die Teilgebiete GE1 und GE4 oder einer der darin gelegenen Grundstücke auch ein Grenzwert von 0,1 lx in einer Entfernung von 30 m ab der jeweiligen Grundstücksgrenze in Richtung des Naturschutzgebietes Luneplate festgesetzt werden. Damit kann der Grenzwert von 0,1 lx am Rand des Naturschutzgebietes mit der o.g. kleinen Überlappung für alle darin gelegenen Grundstücke ebenfalls eingehalten werden.

7.7 Bereiche ohne Beleuchtung

Für einen umweltschonenderen Betrieb des Gewerbe- und Industriegebietes werden einige Bereiche auch absichtlich unbeleuchtet gehalten. Zum einen umfasst es das Wegesystem im Gelände, das sich, sofern erforderlich nur auf die Beleuchtung der Hauptstrecken beschränkt. Weiterhin werden folgende Bereiche nach Rücksprache mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naterraum“ ebenfalls nicht beleuchtet:

- Weg, entlang des Naturschutzgebietes an den S-Warften und der Warft L4,
- Anleger/Stege*,
- Fischtrepfen,
- Unterseite und Seite von Brücken (Anstrahlung),
- Seilfähren*,
- Umtragestation für Kanus*.

* Sofern erforderlich, wäre von den Benutzern in diesen Bereichen eine eigenständige mobile Beleuchtung zu verwenden.

Beispiele zur baulichen Gestaltung unbeleuchteter Verkehrswege werden z. B. in den Unterlagen vom Informationsdienst Umweltrecht e. V. (IDUR) (Huggins et al., 2021, S. 4) aufgeführt.

7.8 Lichtkonzept für die Beleuchtung auf Baustellen

Eine immissionsarme Beleuchtung schließt neben dem richtigen Lichtniveau auch gewisse temporäre Lichtsituationen in der Bauphase nicht aus. Tätigkeiten auf Baustellen erfordern je nach Art der auszuführenden Arbeiten teilweise eine hohe Beleuchtungsstärke. Diese Beleuchtungsstärke sollte auf die erforderlichen Bereiche beschränkt werden. Die angrenzenden Bereiche sind mit einem entsprechend niedrigeren Niveau auszuleuchten. Anhaltspunkte dazu sind in der DIN EN 12464-2:2014 (2014) zu finden.

Einschränkungen für Baustellen sind während der Bauphase auf dem Gelände in der Abbildung 7-18 dargestellt.

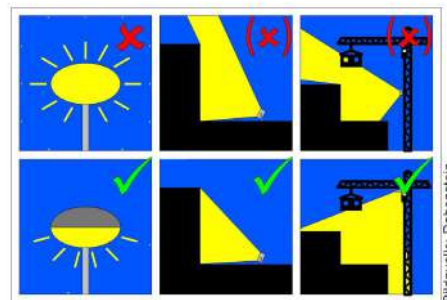


Abbildung 7-18 - Hinweise zur Beleuchtung während der Bauphase

Um die Störeinflüsse durch Licht und Lärm zu minimieren, sind gewisse Ruhezeiten einzuhalten. Die Ruhezeit ist nach Rücksprache mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ von 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr. Ergänzend sind als vorbereitende Maßnahme an ungünstigen Standorten für die Zeit der Beeinträchtigung z. B. Sandaufschütten o. Ä. zum Schutz der Tiere vorzusehen. Sollte eine ständige Beleuchtung während der Nacht aus Sicherheitsgründen erforderlich sein, so ist diese so gering wie möglich zu halten. Die Farbtemperatur dieser Beleuchtung darf nicht kälter als 4.000 K, besser 3.000 K oder geringer sein. In der „LANUV-Info 42 – Künstliche Außenbeleuchtung“ des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV, 2018) sind weitere Informationen dazu auf Seite 20 enthalten.

7.9 Beleuchtung von Luftfahrthindernissen

Objekte, die zur Sicherung des Flugverkehrs mit einer Beleuchtung kenntlich gemacht werden müssen, unterliegen den Vorgaben der INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO, 2022). Aufgrund des internationalen Standards können keine abweichenden Vorgaben getroffen werden.

Optional kann in Abstimmung mit der zuständigen Landesluftfahrtbehörde eine bedarfsabhängige Kennzeichnung eingesetzt werden, die ausgeschaltet werden kann, wenn kein Luftverkehr (Nachtflugverbot, etc.) herrscht.

8 Lichtimmissionsprognose für eine mögliche Beleuchtung

8.1 Anlagenbeschreibung des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes

8.1.1 Bestand

Das Gewerbe- und Industriegebiet befindet sich noch in der Planung. Damit ist eine Beleuchtungsanlage, welche störende Lichtimmissionen erzeugen kann, nicht vorhanden. Eine Messung der Ist-Situation ist hier nicht erforderlich, da für das benachbarte Gewerbegebiet Fischereihafen - West Beleuchtungsmessungen (Brunken, 2012) durchgeführt wurden. Mit abweichenden Ergebnissen ist aufgrund der räumlichen Nähe nicht zu rechnen. Für die zukünftige Betriebsphase erfolgten Vergleichsberechnungen auf Basis des aktuellen städtebaulichen Entwurfs.

8.1.2 Konzeptionell

Das Lichtkonzept für eine öffentliche Beleuchtung wie Straßen, Geh- und Radwege, etc. wurde im Kapitel 7 bereits beschrieben. Diese Bereiche haben in Bezug auf die Lichtimmission einen Sonderstatus, da sie der Verkehrssicherung dienen. Dennoch gilt auch hier, die Lichtpunkthöhe so gering wie möglich wählen und gut entblendete Leuchten einsetzen. Der überwiegende Anteil der Beleuchtung soll auf die benötigten Flächen fallen und das restliche Licht nur eine sehr geringe Raumaufhellung erzeugen. Nach CIE 150:2017 (2017) beträgt der Grenzwert für eine maximale vertikale Beleuchtungsstärke von 1 lx vor dem Beginn der jeweiligen Schutzzone Innerhalb des Geländes nach Abbildung 5-6. In den Vergleichsberechnungen sind bedeutend geringere Werte erzielt worden. In der Gesamtbetrachtung fällt die Anlockwirkung dieser Beleuchtung daher kaum ins Gewicht. Der parallel am Rand der Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ und dem Naturschutzgebiet Luneplate verlaufende Geh- und Radweg wird nicht beleuchtet. Dadurch werden die Lichtimmissionen nochmals verringert.

Zur Reduzierung der Anlockwirkung von Insekten ist die Farbtemperatur der Leuchten nicht höher als 2.200 K zu wählen. In den Vergleichsberechnungen erfolgte dies mit der Lichtfarbe 722.

Das geplante neue Gewerbe- und Industriegebiet ist für verschiedene Branchen vorgesehen. In der DIN EN 12464-2:2014 (2014) wird beschrieben, wie hoch die Anforderungen hinsichtlich einer Arbeitsbeleuchtung für verschiedene Tätigkeiten sein können (siehe Tabelle 17). Für die hier vorliegende Untersuchung wurden die in der Praxis am häufigsten vorkommenden mittleren Beleuchtungsstärken von 20 lx und 50 lx gewählt.

Die angegebenen Beleuchtungsstärkewerte sind Mindestanforderungen (Wartungswerte), die zu keinem Zeitpunkt der Nutzung unterschritten werden dürfen. Bei Unterschreitung z. B. nach einer definierten Nutzungszeit sind die Leuchtmittel auszutauschen und/oder die Leuchten von

außen zu reinigen. In der Lichtplanung wird dies durch den Wartungs- oder Planungsfaktor berücksichtigt. Aus Erfahrung mit vergleichbaren Anlagen, wie zum Beispiel am Container Terminal Bremerhaven, wurde ein Planungsfaktor für konventionelle Leuchten von 0,65 und für LED-Leuchten von 0,82 gewählt, um eine Neuwert-Vergleichsberechnung auch unter Beachtung der Konstantlichttechnik (CLO) für LEDs durchführen zu können. Für eine Lichtimmissionsbewertung sind generell Neuwerte heranzuziehen. Die genannten Planungsfaktoren sind vom Hersteller, dessen Produkte, der verwendeten Lampen-/LED-Technologie und dem Zeitraum der Nutzung sowie der Wartung abhängig. Eine pauschale Aussage ist damit nicht möglich.

Ein weiterer Bestandteil einer Vergleichsberechnung ist die Art der verwendeten Leuchten. Für das hier vorliegende Bauvorhaben wurden Leuchten mit horizontal liegendem Lichtaustritt bzw. Scheinwerfer mit asymmetrischer Lichtverteilung verwendet. Die Aufneigung beider Leuchtersysteme beträgt überwiegend 0° und einigen Fällen bis zu 5° (LED-Leuchten) und 3° (Scheinwerfer), um einen Vergleich erzeugen zu können. Die Berechnung mit LED-Leuchten erfolgte teilweise ohne bzw. mit geringer bis hin zu sehr starker Entblendung (ähnlich Full Cutoff). Der gewählte Scheinwerfer verfügte bereits in der Standardausführung über eine sehr gute Entblendung. In beiden Fällen wurde auf den Einsatz von Standardprodukten Wert gelegt. Der Einsatz von Sonder- und Spezialanfertigungen ist ebenfalls möglich.

Anmerkung: Es gibt auch LED-Scheinwerfer auf dem Markt, die über eine asymmetrische Lichtverteilung verfügen und bis zu 40° aufgeneigt werden müssen. Damit kann es trotzdem möglich sein, die Anforderungen an die Lichtimmissionen einzuhalten. Diese Art der Scheinwerfer können ebenfalls verwendet werden.

Für die Vergleichsberechnung wurden Lichtpunkthöhen von 6,00 m, 9,00 m, 12,00 m sowie in Kombination mit 12,00 m und 18,00 m eingesetzt. Bei entsprechend hohen Gebäuden können diese ebenfalls zur Befestigung der Leuchten dienen, sofern diese eine Montagemöglichkeit bieten. Lagerflächen, auf denen große Teile bewegt werden müssen oder die selbst sehr groß sind, erfordern meist große Lichtpunktabstände und damit verbundene große Lichtpunkthöhen. Eine Bindung der Lichtpunkthöhe an eine Warftkategorie ist nicht möglich, da deren Wahl entscheidend von der Tätigkeit, der Fläche oder der Größe des Lagergutes abhängt. Grundsätzlich gilt: Je größer die Lichtpunkthöhe, desto größer kann die auszuleuchtende Fläche sein und desto weitreichender können die störenden Auswirkungen der Lichtimmission sein. Dies ist wiederum abhängig von der vorhandenen Grundstücksform, der Lage und den verwendeten Leuchten.

Auf dieser Basis wurden für die Vergleichsberechnung folgende nicht bindende Lichtpunkthöhen und Zuordnungen verwendet:

Bezeichnung	Niedrig	Mittel	Hoch
Lichtpunkthöhe	6,00 m	9,00 m	12,00 m und 18,00 m
Leuchten	LED-Leuchten	LED-Leuchten	LED-Leuchten (12,00 m), Scheinwerfer (18,00 m)
Zuordnung	Warft S1 bis S8, Commons C1 bis C2, Initialcluster Neu GE1	Warft M1 bis M5 Neu GE2 und GE4	Warft L1 bis L4, Sportplatz Neu GE3

Tabelle 8-1 - Aufzählung der verwendeten Lichtpunkthöhen und Lampen-/LED-Technologien

Die Zuordnung der Lichtpunkthöhen erfolgte in Anlehnung an den aktuell hier vorliegenden städtebaulichen Entwurf. In der späteren Umsetzung können auch andere Lichtpunkthöhen zum Einsatz kommen, solange die Grenzwerte eingehalten werden. Die Auswahl an möglichen Lichtpunkthöhen für die Warften der Kategorie S und L4 können aufgrund der Nähe zum Naturschutzgebiet eingeschränkt sein.

8.2 Untersuchung der zukünftigen Betriebsphase

Die Untersuchung der zukünftigen Betriebsphase machte mehrere Vergleichsberechnungen zur möglichen Einhaltung der in Kapitel 5.3 beschriebenen Grenzwerte für das Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ erforderlich.

Die Grundlage für diese Lichtberechnung bilden die unter Kapitel 7.6.1 beschriebenen Anforderungen gemäß DIN EN 12464-2:2014. Die darin enthaltenen Angaben zur Beleuchtungsstärke sind Wertungswerte, die zu keinem Zeitpunkt unterschritten werden dürfen. Zur weiteren Berechnung erfolgte eine Annahme von Tätigkeiten für eine mittlere Beleuchtungsstärke von 20 lx und 50 lx auf den Arbeitsflächen unter Beachtung des bereits erwähnten Planungsfaktors und der für die Lichtimmissionsuntersuchung grundsätzlich erforderlichen Neuwerte.

Alle projektierten Scheinwerfer haben eine horizontal liegende Glasscheibe, um die Blendung so gering wie möglich zu halten. In Ausnahmefällen wird eine Aufneigung von 3° erforderlich. Die LED-Leuchten haben ebenfalls eine horizontal liegende Glasscheibe und in unkritischen Bereichen vereinzelt 5° Aufneigung.

Die Natriumdampfhochdrucklampen in den Scheinwerfern mit der Lichtfarbe 220 haben einen Farbwiedergabeindex R_a von >20 und die LEDs mit der Lichtfarbe 722 einen R_a von >70 . Beide sind somit für die Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien zugelassen.

Die Berechnungen der Lichtimmissionen der zukünftigen Betriebsphase erfolgten auf Basis der LAI (2012) mit den in Kapitel 5.3 getroffenen Festlegungen. Im Kapitel 14.2 sind die verwendeten Formeln kurz aufgeführt.

Die Lichtberechnungen wurden mit dem Programm Calculux Version 7.7.0.1 der Philips GmbH (Philips, 2012) durchgeführt. Eine grafische Übersicht einer Berechnungssituation aus einer Vergleichsberechnung ist in Abbildung 8-1 beispielhaft dargestellt.



Abbildung 8-1 - Ausschnitt eines Beispiels einer Vergleichsberechnung

Die Ergebnisse der Blendwirkung wurden anhand der errechneten Lichtstärken mit einem eigenen Programm auf Basis der Formeln der LAI (2012) errechnet. Die durchschnittliche Umfeldleuchtdichte an den Immissionsstandorten wurde für den ungünstigsten Fall mit 0,1 cd/m² angenommen und in den Berechnungen berücksichtigt.

8.2.1 Raumaufhellung

Eine Raumaufhellung wird von allen installierten Leuchten bzw. Scheinwerfern erzeugt. Je besser die Entblendung der Leuchten bzw. Scheinwerfer ist, desto geringer wird deren Einfluss auf die Raumaufhellung in größerer Entfernung. Zur Bewertung einer möglichen Betriebsphase wurden virtuelle Berechnungsflächen in mehreren übereinanderliegenden Schichten an den Seiten der Warften und am Naturschutzgebiet herangezogen. Diese Schichten befinden sich in diesem Beispiel umlaufend um eine Warft (grüne Flächen in Abbildung 8-1). Die betrachteten Höhen beginnen bei 1,00 m über null und enden je nach Lichtpunkthöhe bei ≤10,00 m. Der Abstand der Schichten untereinander betrug 1,00 m. Dadurch war es möglich, die Beleuchtungsstärken in der Tiefe und der jeweiligen Höhe besser bewerten zu können. In der weiteren Auswertung wurden die Höhen 1,00 m (Höhe des Wasserspiegels) und 3,60 m (Höhe der Warft) herangezogen. Für das Naturschutzgebiet Luneplate, dessen Höhe bei 1,70 m liegt, fiel die Wahl auf den ungünstigsten Fall mit 1,00 m. Daraus ergaben sich die in Tabelle 8-2 bis Tabelle 8-7 aufgeführten Grenzentfernungen für 3 verschiedene Lichtpunkthöhen und 2 mittlere Beleuchtungsstärken (20 lx und 50 lx) auf den Arbeitsflächen einer Warft. In diesen Tabellen werden weiterhin die Begriffe Minimal, Mittel und Maximal aufgeführt. Die Werte hinter diesen Begriffen stehen für die Ausbreitung der Raumhelligkeit. Somit steht z. B. der Begriff Minimal für die geringste Ausbreitung der Raumaufhellung und der höchsten Entblendung der Leuchten in der Vergleichsberechnung.

Lichtpunkthöhe niedrig (≤ 6,00 m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	23,5 m	29,5 m	35 m	18,5 m	21 m	23,5 m
1 lx	5 m	9 m	13 m	5 m	7 m	8,5 m
2 lx	5 m	7 m	9 m	3,5 m	5 m	6 m
5 lx	1,5 m	3 m	4,5 m	0 m	2 m	3,5 m

Tabelle 8-2 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 6,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe niedrig ($\leq 6,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	33 m	41,5 m	50 m	30 m	35,5 m	41 m
1 lx	17,5 m	19,5 m	21 m	10 m	12,5 m	14,5 m
2 lx	12,5 m	15 m	17,5 m	7 m	10 m	12,5 m
5 lx	5 m	8 m	11 m	4 m	7 m	9,5 m

Tabelle 8-3 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von $6,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe mittel ($\leq 9,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	31,5 m	46 m	60,5 m	23 m	35,5 m	47,5 m
1 lx	14,5 m	22,5 m	30,5 m	9,5 m	16,5 m	23 m
2 lx	10,5 m	16,5 m	22,5 m	7 m	12,5 m	18 m
5 lx	6 m	9,5 m	12,5 m	1,2 m	6,1 m	11 m

Tabelle 8-4 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von $9,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe mittel ($\leq 9,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	38,5 m	56,5 m	74,5 m	30 m	46 m	62 m
1 lx	20,5 m	29,5 m	38,5 m	13,5 m	21 m	28 m
2 lx	15,5 m	23,5 m	31 m	10 m	17,5 m	24,5 m
5 lx	9,5 m	15,5 m	21 m	6,5 m	12 m	17 m

Tabelle 8-5 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von $9,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe hoch ($\leq 12,00$ m / $18,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	38,5 m	67,5 m	96,5 m	33 m	56 m	79 m
1 lx	14 m	29 m	44 m	10,5 m	26 m	41,5 m
2 lx	8,5 m	23 m	37,5 m	4 m	20 m	35,5 m
5 lx	0 m	15 m	30 m	0 m	13 m	25,5 m

Tabelle 8-6 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von $12,00$ m/ $18,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe hoch ($\leq 12,00$ m / $18,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx						
	Höhe 1,00 m ü. N.			Höhe 3,60 m ü. N.		
Grenze (vertikal)	Minimal	Mittel	Maximal	Minimal	Mittel	Maximal
0,1 lx	57 m	78,5 m	100 m	47 m	73 m	99 m
1 lx	21,5 m	37 m	52 m	17,5 m	33 m	48,5 m
2 lx	18,5 m	30,5 m	42,5 m	14 m	27,5 m	40,5 m
5 lx	3,5 m	18,5 m	33 m	0 m	16 m	31,5 m

Tabelle 8-7 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von $12,00$ m/ $18,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Die Werte aus den vorherigen Tabellen wurden in den Plan der Abbildung 5-6 eingezeichnet, um zu überprüfen, ob eine Einhaltung der festgelegten Grenzwerte möglich ist. Daraus ergaben sich 6 verschiedene Zeichnungen mit einer minimalen, mittleren und maximalen Raumaufhellung jeweils für 20 lx und 50 lx der mittleren Beleuchtungsstärke auf den Arbeitsbereichen der Warften, den Commons sowie dem Initialcluster. Die grafische Darstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 8-2 für eine minimale Raumaufhellung bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx und hohem Blendschutz enthalten.



Abbildung 8-2 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte)

Eine Überschreitung der Grenzwerte findet nur im Naturschutzgebiet Luneplate neben der Warft L4 in einem kleinen Bereich bis 20 m statt. Eine mögliche Maßnahme zur Verringerung der Raumaufhellung wäre eine abschnittsweise geringere Lichtpunkthöhe, sofern es möglich ist.

Die grafische Darstellung der Ergebnisse für eine minimale Raumaufhellung bei 50 lx mittlerer Arbeitsplatzbeleuchtung ist in Abbildung 8-3 enthalten.

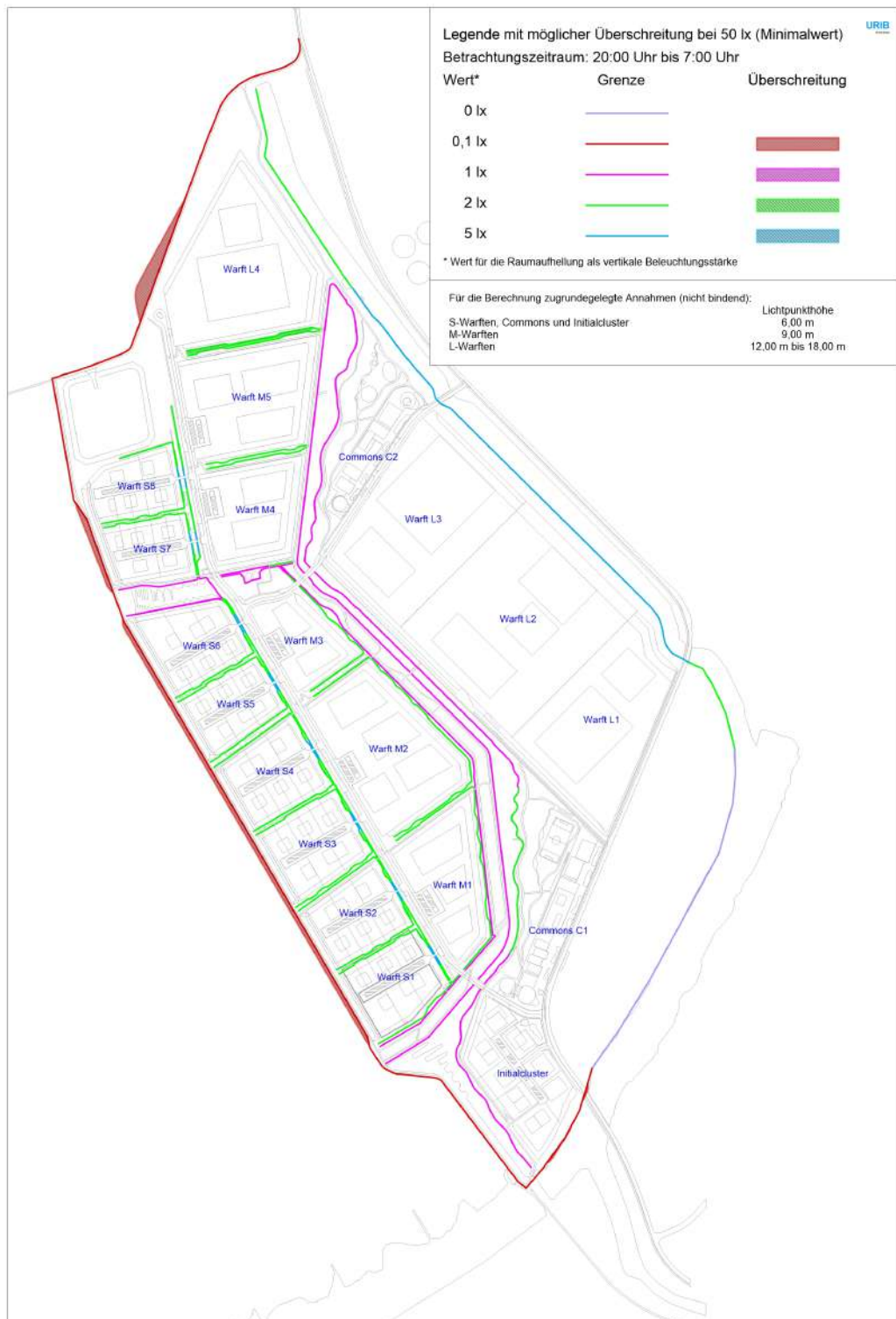


Abbildung 8-3 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgemeinschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte)

Eine Überschreitung der Grenzwerte findet gemäß Abbildung 8-3 hauptsächlich am Rand des Naturschutzgebietes neben den Warften S1 bis S8 (< 12 m) und Warft L4 (< 35 m) statt. Weiterhin wird der Grenzwert an der Wasserfläche zwischen Warft M5 und L4 überschritten. Die Überschreitungen sind jedoch kleiner als der nächsthöhere Grenzwert.

Alle weiteren grafischen Darstellungen mit mittlerem und geringem Blendschutz sind in den Anhängen 14.5 bis 14.8 enthalten.

Mit geringer werdender Entblendung der Leuchten, größeren Lichtpunkthöhen oder/und einer größeren mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons oder dem Initialcluster vergrößert sich auch der Bereich der Raumaufhellung. Dies kann in der Nähe der Warft L4 z. B. bis zu 70 m in das Naturschutzgebiet Luneplate hineinreichen. Auch die Grenzwerte an den Wasserflächen im Inneren des Geländes können dann in den meisten Fällen überschritten werden.

Auf Basis dieser Ergebnisse kann Folgendes abgeleitet werden:

- Der Grenzwert 0,1 lx an der äußeren Kante des Weges am Naturschutzgebiet kann weitgehend eingehalten werden.
- Blendschutzmaßnahmen werden ggf. bei vielen Leuchten erforderlich.
- Warften sind ggf. um einen zusätzlichen Lichtschutz in Form von z. B. Wällen oder Zäunen zu ergänzen bzw. in deren Höhe anzupassen.
- In einem Bereich der Grenze zweier benachbarter Grundstücke kann sich die Lichtimmissionsbelastung um bis zu 10 m in das Innere des Naturschutzgebietes sowie der Wasserflächen verlagern. Für das jeweilige Grundstück selbst ist die Grenze trotzdem die äußere Kante des Weges am Naturschutzgebiet.
- Die Lichtpunkthöhe auf den S-Warften kann voraussichtlich nur maximal 6,00 m betragen.
- Von Branchen, die eine mittlere Beleuchtungsstärke von 50 lx oder mehr zur Verrichtung ihrer Tätigkeit benötigen, ist am Rand der L4- und S-Warften nach Möglichkeit abzusehen.
- Bei der L4-Warft werden voraussichtlich größere Lichtpunkthöhen benötigt. Diese Lichtpunkthöhe sollte trotzdem im Randbereich so gering wie möglich gewählt werden. Zum Beispiel bei 9,00 m Lichtpunkthöhe kann die Grenze unter Beachtung des aktuellen städtebaulichen Entwurfs bereits bei max. 10 m hinter dem Weg liegen.

8.2.2 Blendwirkung

Die Blendwirkung bezieht sich auf die sichtbare leuchtende Fläche einer Leuchte oder eines Scheinwerfers im Blickfeld des Beobachters. Je heller die Leuchte visuell erscheint, desto größer wird Ihre Blendwirkung, die ab einem bestimmten Wert störend wird. In der Vergleichsberechnung wurde zu deren Ermittlung mehrere Beobachter um die Warften platziert und berechnet. Dazu dienten die in den Hinweisen des LAI und in dem Kapitel 14.2 aufgeführten Formeln. Die

zur Berechnung erforderlichen Größen der leuchtenden Flächen stammen aus den lichttechnischen Daten der jeweiligen Hersteller der für die Vergleichsberechnungen gewählten Leuchten. Die Höhe der Beobachter wurde auf 2,00 m über null gesetzt. Dieser Angang ist möglich, da sich um alle Warften Schutzgebiete mit unterschiedlichen Anforderungen befinden. Die Anordnung von einer Vergleichsberechnung ist in Abbildung 8-1 enthalten.

Die zur Bewertung herangezogenen Immissionsorte können aufgrund der Vielzahl an Gewerbe- und Industrieflächen sowie deren spätere Variabilität und dem jetzigen Entwurfsstadium nicht einzeln aufgeführt werden. Stattdessen wurden die Ergebnisse aus den Vergleichsberechnungen mit den Vorgaben der jeweiligen Bereiche des Proportionalitätsfaktors k aus Abbildung 5-8 verglichen und Überschreitungen gegebenenfalls kenntlich gemacht. Für eine spätere Berechnung ist dies anhand geeigneter Immissionsorte für jede Gewerbe- und Industriefläche entsprechend ihrer Lage und Form des Grundstücks sowie dem umgebenden Gelände individuell zu erstellen und nachzuweisen.

Die Zuordnung der Berechnungen und Ergebnisse entspricht denen der Raumaufhellung mit den Begriffen Minimal, Mittel und Maximal. Die Werte hinter diesen Begriffen stehen für die Entfernung, ab der der jeweilige Grenzwert eingehalten wird. Somit steht der Begriff Minimal auch hier für die geringste Entfernung mit einer bestimmten Blendwirkung und der höchsten Entblendung der Leuchten in der Vergleichsberechnung.

Lichtpunkthöhe niedrig ($\leq 6,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx			
	Höhe 2,00 m ü. N.		
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	23 m	33 m	43 m
64	0 m	13 m	23 m

Tabelle 8-8 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $6,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe niedrig ($\leq 6,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx			
	Höhe 2,00 m ü. N.		
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	23 m	33 m	40 m
64	10 m	25 m	30 m

Tabelle 8-9 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $6,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe mittel ($\leq 9,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx			
Höhe 2,00 m ü. N.			
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	25 m	43 m	55 m
64	10 m	33 m	45 m

Tabella 8-10 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $9,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe mittel ($\leq 9,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx			
Höhe 2,00 m ü. N.			
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	33 m	53 m	70 m
64	25 m	43 m	55 m

Tabella 8-11 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $9,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe hoch ($\leq 12,00$ m / $18,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 20 lx			
Höhe 2,00 m ü. N.			
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	30 m	55 m	75 m
64	20 m	45 m	60 m

Tabella 8-12 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $12,00$ m/ $18,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft

Lichtpunkthöhe hoch ($\leq 12,00$ m / $18,00$ m), mittlere Beleuchtungsstärke auf der Warft 50 lx			
Höhe 2,00 m ü. N.			
Proportionalitätsfaktor	Minimal	Mittel	Maximal
32	40 m	65 m	75 m
64	30 m	50 m	55 m

Tabella 8-13 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von $12,00$ m/ $18,00$ m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft

Die Werte aus den vorherigen Tabellen wurden genommen und in den Plan der Abbildung 5-6 eingezeichnet, um zu überprüfen, ob eine Einhaltung der festgelegten Grenzwerte möglich ist. Daraus ergeben sich 6 verschiedene Zeichnungen mit einer minimalen, mittleren und maximalen Blendwirkung jeweils für 20 lx und 50 lx der mittleren Beleuchtungsstärke auf den Arbeitsbereichen der Warften, den Commons sowie dem Initialcluster. Die grafische Darstellung der Ergebnisse für eine minimale Blendwirkung bei 20 lx mittlerer Arbeitsplatzbeleuchtung ist in Abbildung 8-4 dargestellt.



Abbildung 8-4 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte)

Eine Überschreitung der Grenzwerte findet im Naturschutzgebiet Luneplate nur neben der Warft L4 in einem kleinen Bereich bis 6 m statt. Innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes kommt es zu flächenmäßig größerer Überschreitung an der Wasserfläche zw. Warft M5 und L4.

Die grafische Darstellung der Ergebnisse für eine minimale Blendwirkung bei 50 lx mittlerer Arbeitsplatzbeleuchtung ist in Abbildung 8-5 enthalten.

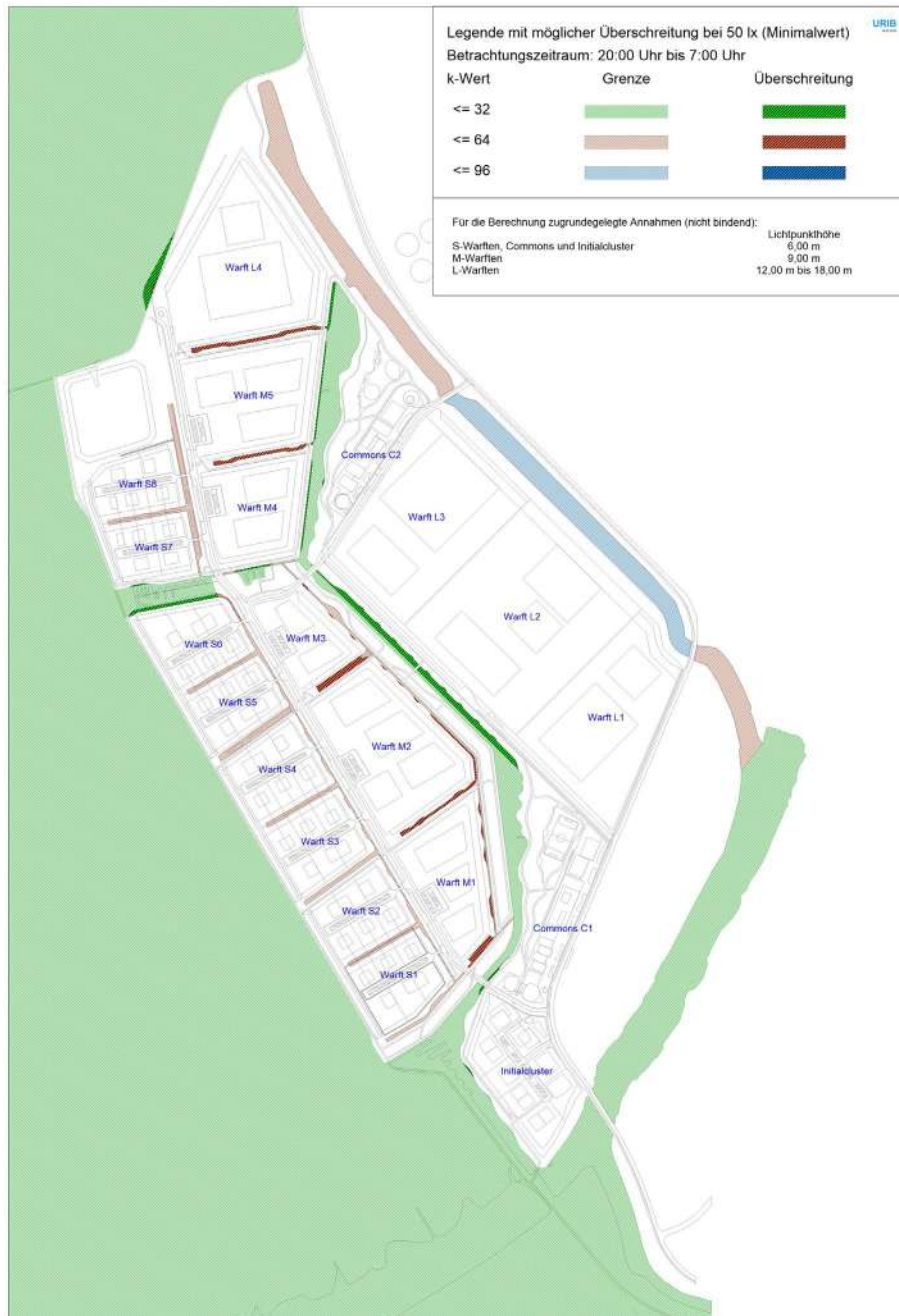


Abbildung 8-5 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte)

Eine Überschreitung der Grenzwerte findet gemäß Abbildung 8-5 für das Naturschutzgebiet Luneplate neben der Warft L4 (< 20 m) statt. Weiterhin werden die Grenzwerte an den Wasserflächen zwischen den M- und L-Warften überschritten. Alle Überschreitungen sind jedoch kleiner als der nächsthöhere Grenzwert. Davon ist lediglich die Warft L4 am Naturschutzgebiet Luneplate betroffen. Dort beträgt diese Überschreitung weniger als 4 m.

Alle weiteren grafischen Darstellungen mit mittlerem und geringem Blendschutz sind in den Anhängen 14.9 bis 14.12 enthalten.

Mit geringer werdender Entblendung der Leuchten, größeren Lichtpunkthöhen oder/und einer größeren mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, den Commons oder dem Initialcluster vergrößert sich auch der Bereich der Blendwirkung. Dies kann z. B. bis zu 55 m in der Nähe der Warft L4 und 16 m in der Nähe der S-Warften in das Naturschutzgebiet Luneplate hineinreichen. Die Grenzwerte an den Wasserflächen im Inneren des Geländes und besonders bei kleinen Abständen der Warften untereinander (z. B. zwischen M5 und L4) können dabei in vielen Fällen überschritten werden.

An der Grenze zum Naturschutzgebiet Luneplate kann die Blendwirkung der Leuchten/Scheinwerfer als Proportionalitätsfaktors k aufgrund der Nähe nicht null betragen. Er fällt kleiner als 32 aus. In Vergleichsberechnungen waren durch die verwendeten abgeschirmten Leuchten wesentlich kleinere Proportionalitätsfaktoren k (<20) erreicht worden, dennoch können diese Leuchten bis zu 400 m sichtbar sein. Ihre errechnete Leuchtdichte betrug aber zu keiner Zeit mehr als die des Vollmondes bei klarem Himmel. Dadurch entsteht keine unzulässige Blendung. Begünstigend kommt noch die Blickrichtung hinzu. Von dem Naturschutzgebiet aus nach Osten blickend, fallen diese Leuchten/Scheinwerfer vor der beleuchteten Stadt mit unzähligen Lichtern und der damit verbundenen Himmelsaufhellung noch weniger auf.

In den Vergleichsberechnungen wurde eine (Full) Cutoff-Leuchte mit einer leicht gewölbten Abdeckscheibe und einem innen liegenden Abschirmraster eingesetzt. Durch diese minimale Wölbung der Abdeckscheibe entsteht durch Streuungen in einem Winkel von 80° bis 90° innerhalb des Glases trotz Abschirmrasters eine geringe Sichtbarkeit. Der Vorteil eines innen liegenden Rasters ist jedoch die geringere Verschmutzung der Leuchte oder des Scheinwerfers z. B. durch Moose oder Spinnennetze und der damit verbundenen leichteren Reinigung. Die Anbringung eines zusätzlichen Abblendbleches ist in diesem Fall abzuwägen.

Auf Basis dieser Ergebnisse kann Folgendes abgeleitet werden:

- Der Grenzwert $k = 32$ an der äußeren Kante des Weges am Naturschutzgebiet kann weitestgehend bei mittleren Beleuchtungsstärken von 20 lx auf den Arbeitsflächen eingehalten werden.
- Blendschutzmaßnahmen werden ggf. bei vielen Leuchten erforderlich.
- Die Lichtpunkthöhe ist auf den S-Warften möglichst auf maximal 6,00 m zu begrenzen.

- Von Branchen, die eine mittlere Beleuchtungsstärke von 50 lx oder mehr zur Verrichtung ihrer Tätigkeit benötigen, ist am Rand der S-Warften und L4 möglichst abzusehen.
- Bei der L4-Warft, die ggf. größere Lichtpunkthöhen benötigt, ist diese trotzdem im Randbereich so gering wie möglich zu wählen. Bei 9,00 m Lichtpunkthöhe kann zum Beispiel die Grenze unter Beachtung des aktuellen städtebaulichen Entwurfs bereits bei max. 25 m hinter dem Weg liegen.
- Bei großen Lichtpunkthöhen und/oder einer mittleren Beleuchtungsstärke von 50 lx auf den Arbeitsflächen ist für die Begrenzung der Blendwirkung auf den kleinen Wasserflächen zwischen den Warften die nächstniedrigere Stufe (z. B. $k = 64$ statt 32) anzusetzen.
- Priorität hat die Raumaufhellung. Überschreitungen der Blendwirkung bis zu 10 m in das benachbarte Schutzgebiet werden mit Ausnahme des Naturschutzgebietes Luneplate und dahinter geduldet.

Durch diese Vorgaben wird nord- bis südwestlich am geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ eine störende Lichtimmissionsgrenze für ein Kurgebiet von $k < 32$ hinter dem Geh- und Radweg zwischen der Fläche des Gewerbe- und Industriegebietes und dem Naturschutzgebiet Luneplate an den S-Warften und dem Initialcluster erreicht. Bei der L4 – Warft kann je nach verwendeter Lichtpunkthöhe und vorgesehener mittlerer Beleuchtungsstärke auf dem Grundstück diese bis in 20 m Tiefe gehen. Es sind daher auf dieser Warft die Lichtpunkthöhe und die mittlere Beleuchtungsstärke so anzupassen, dass die 10-m-Grenze eingehalten werden kann. Die Grenzfestlegungen sind mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ abgestimmt worden.

8.2.3 Himmelsaufhellung

Die Himmelsaufhellung wird nach CIE 150:2017 (2017) durch das direkte Licht der Leuchten (R_{ULO}) und dem indirekt über Oberflächen (z. B. dem Boden, Häuserwände, Lagergut, etc.) (R_{UF}) reflektiertem Licht beeinflusst. Der direkte Lichtstromanteil (R_{ULO}), der in den oberen Halbraum der Horizontalen abgegeben wird, beträgt bei Einhaltung der hier gemachten Vorgaben an die Leuchten bzw. Scheinwerfer und deren Aufneigung 0,00 %. Dies entspricht seitens vieler Richtlinien wie z. B. der CIE 150:2017 (2017) oder der DIN EN 12464-2:2014 (2014) der Klassifizierung E1 für Nationalparks. In den Vergleichsberechnungen mit nahezu waagerechtem Lichtaustritt und dem Einsatz von Leuchten mit überwiegender asymmetrischer Lichtverteilung konnte dies eingehalten werden. Nach CIE (2017) sind für Gewerbegebiete höhere Grenzwerte ($E2 < 2,5 \%$ und $E3 < 2,5 \%$) zulässig. Dies ist aufgrund der Nähe zum Naturschutzgebiet Luneplate für die allgemeine Flächenbeleuchtung jedoch nicht anzusetzen. Eine mögliche Ausnahme in begründeten Einzelfällen wäre z. B. auf beleuchteten Arbeitsbühnen, wenn mit asymmetrischen Leuchten keine Lösung gefunden werden kann.

Der indirekte Anteil des Lichtes durch Reflexion am Boden wird in der CIE 150:2017 (2017) beschrieben, ist aber sehr schwer im Vorfeld zu bestimmen und noch in der Erforschung. Begünstigend für einen geringen Eintrag des indirekten Anteils des Lichtes in das Naturschutzgebiet Luneplate sowie die als schützenswert eingestuften Wasserflächen ist deren tiefere Höhenlage. Der Höhenunterschied beträgt dort bis zu 2,70 m. Bei klarem Wetter kann reflektiertes Licht dorthin nur über senkrecht stehende beleuchtete Flächen (z. B. angestrahlte Gebäudefassaden) nahe der Außengrenzen der Warft gelangen. Die Anstrahlung der Gebäudefassaden ist an den Außenseiten der Warften nicht erlaubt und kann damit nur über Streulicht der Leuchten für die Beleuchtung der Wege- und Arbeitsbereiche oder über Reflexionen vom Boden über die Gebäudefassade erfolgen. Dies kann durch den bereits vorgesehenen teilweisen Lichtschutzwall oder/und matte oder dunklere Gebäudefassaden für diese Gebiete nochmals reduziert werden.

Eine Aufhellung des Himmels bei Einsatz einer Beleuchtung ist über Reflexionen generell leider nicht vermeidbar. Die Intensität kann durch einen bewussten Umgang mit der Beleuchtung wie z. B. nicht benötigtes Licht ausschalten oder dimmen reduziert werden. Wir verweisen dazu auch auf die Präsentation Lolkema (2011) mit dem Titel „Effects of atmospheric conditions on night sky brightness“.

8.2.4 Abschätzung gemäß dem „Leitfaden Licht ...“ (GFN, 2021)

Mit dem „Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen“ der Freien Hansestadt Hamburg (GFN, 2021) wurde ein Werkzeug für den Planer zur Abschätzung des naturschutzfachlichen Konfliktpotenzials von Vorhaben mit Außenbeleuchtungen geschaffen. In der Tabelle 8-14 erfolgte auf dieser Basis eine Einschätzung für das gesamte Green Economy - Gebiet „Lune Delta“.

Beleuchtungsstärke in 1 m Entfernung zur Lichtquelle/ Glas-scheibe	Über 10 lx Anmerkung: Z. B. Arbeitsstätten im Freien benötigen min. 25 lx. Öffentliche Straßen in diesem Gewerbe- und Industriegebiet benötigen ca. 10 lx je nach verkehrlicher Situation. Die Wege benötigen ca. 5 lx oder weniger.	4
Dauer der geplanten Beleuchtung	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen Anmerkung: Arbeitsstätten im Freien können 24 h betrieben werden, die Straßen- und Wegebeleuchtung wird je nach Situation in der Helligkeit angepasst.	3
Lichtpunkthöhe	Lichtpunkthöhe über 5,00 m Anmerkung: Im derzeitigen Entwurfsstadium sind noch keine Betriebsansiedlungen bekannt und es wird daher vom ungünstigsten Fall ausgegangen. Die Lichtpunkthöhe ist von der Fläche und der Art der Nutzung (Bewegungsraum) abhängig.	4
Summe:	Außenbeleuchtung	30
	Innenbeleuchtung	28

Tabelle 8-14 - naturschutzfachliche Abschätzung der gesamten Beleuchtung des geplanten Green Economy - Gebietes „Lüne Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des „Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen“ der Freien Hansestadt Hamburg (GFN, 2021), Seite 21

Entsprechend der Tabelle 2 nach GFN (2021) auf Seite 24 bedeutet ein Ergebnis oberhalb von 21 ein hohes Konfliktpotenzial der zukünftigen Beleuchtung. Dennoch enthält diese Tabelle bereits getroffene Maßnahmen zur Reduzierung. Zur besseren Übersicht wurden die einzelnen Bereiche mit und ohne Maßnahmen im Folgenden separat bewertet und gegenübergestellt.

Wird es ausschließlich auf die Straßen- und Wegebeleuchtung bezogen, ergibt sich das in Tabelle 8-15 dargestellte Verhältnis mit und ohne Maßnahmen zur Optimierung.

Kriterium	Fiktives Vorhaben	P.	Lichtoptimiertes Vorhaben	P.
Bisherige Helligkeit/ Ausleuchtung der Umgebung	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4
Lebensstätten-Potenzial für lichtempfindliche Artengruppen im Wirkradius des Vorhabens	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4
Vorhabentyp	Vorhaben mit deutlich wahrnehmbarer Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung sichtlich verändernd.	4	Vorhaben mit deutlich wahrnehmbarer Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung sichtlich verändernd.	4
Lichtfarbe/ Spektrum	Weißes Licht, deutlicher Blau- und UV-Anteil	3	Gelbes bis orangenes Licht (Hauptenergie zw. ca. 550 nm - 700 nm), (nahezu) keine blauen und UV-Anteile.	1
Farbtemperatur	über 3.300 K – 5.300 K (Neutralweiß)	3	1.800 K (amberfarben) - 2.500 K (gelblich)	1
Abstrahlungsgeometrie	Abstrahlung in Horizontale, Winkel zwischen 70° - 90° zur Vertikalen	3	Abstrahlung in Horizontale, Winkel zwischen 70° - 90° zur Vertikalen	3
Beleuchtungsstärke in 1 m Entfernung zur Lichtquelle/ Glasscheibe	Über 5 lx	3	Über 5 lx	3
Dauer der geplanten Beleuchtung	Unter 2 Stunden, z. B. dauerhaftes Abschalten oder Dimmen in der Nacht ab zwei Stunden nach Sonnenuntergang oder gesamtnächtliche Beleuchtung, jedoch mit Teilabschaltung (Halbnachtschaltung bei Straßenbeleuchtung)	2	Unter 2 Stunden, z. B. dauerhaftes Abschalten oder Dimmen in der Nacht ab zwei Stunden nach Sonnenuntergang oder gesamtnächtliche Beleuchtung, jedoch mit Teilabschaltung (Halbnachtschaltung bei Straßenbeleuchtung)	2
Lichtpunkthöhe	Lichtpunkthöhe über 5,00 m	4	Lichtpunkthöhe über 5,00 m	4
Summe:		30		26

Tabelle 8-15 - naturschutzfachliche Abschätzung der Straßen- und Wegebeleuchtung im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21

Für die Beleuchtung der Arbeitsstätten im Freien auf den Warften mit und ohne Maßnahmen zur Optimierung ergibt sich ein Verhältnis nach Tabelle 8-16.

Kriterium	Fiktives Vorhaben	P.	Lichtoptimiertes Vorhaben	P.
Bisherige Helligkeit/ Ausleuchtung der Umgebung	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4
Lebensstätten-Potenzial für lichtempfindliche Artengruppen im Wirkradius des Vorhabens	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4
Vorhabentyp	Vorhaben mit intensiver Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung stark verändernd	6	Vorhaben mit intensiver Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung stark verändernd	6
Lichtfarbe/ Spektrum	Weißes Licht, deutlicher Blau- und UV-Anteil	3	Gelbes bis oranges Licht (Hauptenergie zw. ca. 550 nm - 700 nm), (nahezu) keine blauen und UV-Anteile.	1
Farbtemperatur	über 3.300 K – 5.300 K (Neutralweiß)	3	1.800 K - 2.500 K (gelblich)	1
Abstrahlungsgeometrie	Abstrahlung über die Horizontale hinaus, Winkel über 90° zur Vertikalen	4	Abstrahlung in Horizontale, Winkel zwischen 70° - 90° zur Vertikalen	3
Beleuchtungsstärke in 1 m Entfernung zur Lichtquelle/ Glasscheibe	Über 10 lx	4	Über 10 lx	4
Dauer der geplanten Beleuchtung	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen	3	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen	3
Lichtpunkthöhe	Lichtpunkthöhe über 5,00 m	4	Lichtpunkthöhe über 5,00 m	4
Summe:		35		30

Tabelle 8-16 - naturschutzfachliche Abschätzung der Beleuchtung der Arbeitsstätten im Freien auf den Warften im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21

Bezogen auf die Innenbeleuchtung ergibt sich das in Tabelle 8-17 mit und ohne Maßnahmen zur Optimierung dargestellte Verhältnis.

Kriterium	Fiktives Vorhaben	P.	Lichtoptimiertes Vorhaben	P.
Bisherige Helligkeit/ Ausleuchtung der Umgebung	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4	Innerhalb überwiegend dunkler Umgebung mit vereinzelt Lichtquellen	4
Lebensstätten-Potenzial für lichtempfindliche Artengruppen im Wirkradius des Vorhabens	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4	Zusammenhängende Grünstrukturen, Grünflächen ab 10 ha Größe	4
Vorhabentyp	Vorhaben mit intensiver Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung stark verändernd	6	Vorhaben mit intensiver Lichtverwendung und/oder Lichtklima der Umgebung stark verändernd	6
Lichtfarbe/ Spektrum	Weißes Licht, deutlicher Blau- und UV-Anteil	3	Weißes Licht, nahezu kein UV-Anteil	2
Farbtemperatur	über 3.300 K – 5.300 K (Neutralweiß)	3	Über 2.500 K – 3.300 K (warmweiß)	2
Abstrahlungsgeometrie	Abstrahlung über die Horizontale hinaus, Winkel über 90° zur Vertikalen	4	Abstrahlung in Horizontale, Winkel zwischen 70° - 90° zur Vertikalen	3
Beleuchtungsstärke in 1 m Entfernung zur Lichtquelle/ Glasscheibe	Über 100 lx	4	Über 100 lx	4
Dauer der geplanten Beleuchtung	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen	3	Gesamtnächtliche Beleuchtung ohne Abschalten oder Dimmen	3
Summe:		31		28

Tabelle 8-17 - naturschutzfachliche Abschätzung der Beleuchtung der Arbeitsstätten im Innenraum an den Außenseiten der Warften im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21

Für die Beleuchtung der separat betrachteten Bereiche konnte das Konfliktpotenzial mit den in dieser Lichtimmissionsprognose beschriebenen Maßnahmen mit dem heutigen Stand der Technik verringert werden.

Insgesamt könnte sich das Konfliktpotenzial in einigen Bereichen nochmals verringern, wenn dort ansässige Firmen weniger im 24 Stundenbetrieb tätig wären. Davon ist aber zum jetzigen Zeitpunkt für diese Lichtimmissionsprognose nicht auszugehen, da im Entwurfszeitraum noch keine Nutzer feststanden.

8.3 Maßnahmen im Vorfeld zur Vermeidung von Lichtimmissionen

8.3.1 Lichtschutzwall

Bereits im städtebaulichen Entwurf wurde ein Lichtschutzwall an den S-Warften auf den Seiten zum Naturschutzgebiet Luneplate hin vorgesehen. Dieser Lichtschutzwall hat eine Höhe von ca. 1,50 m und ist in Abbildung 8-6 bis Abbildung 8-8 dargestellt.

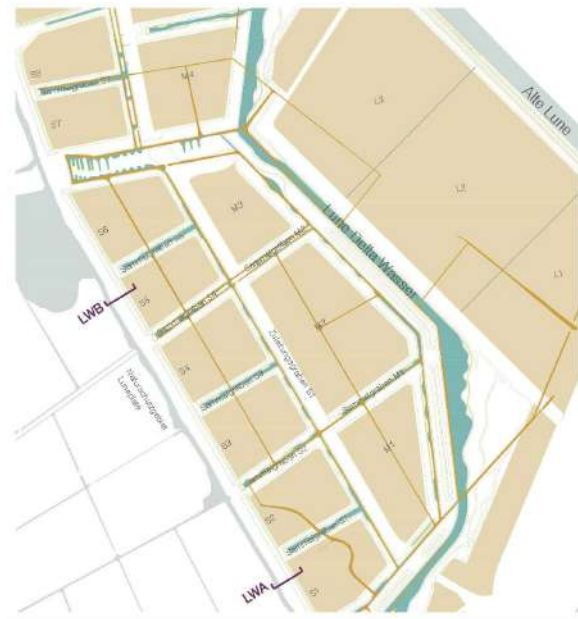


Abbildung 8-6 - Lageplan der Lichtschutzwälle am Weg zum Naturschutzgebiet, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)

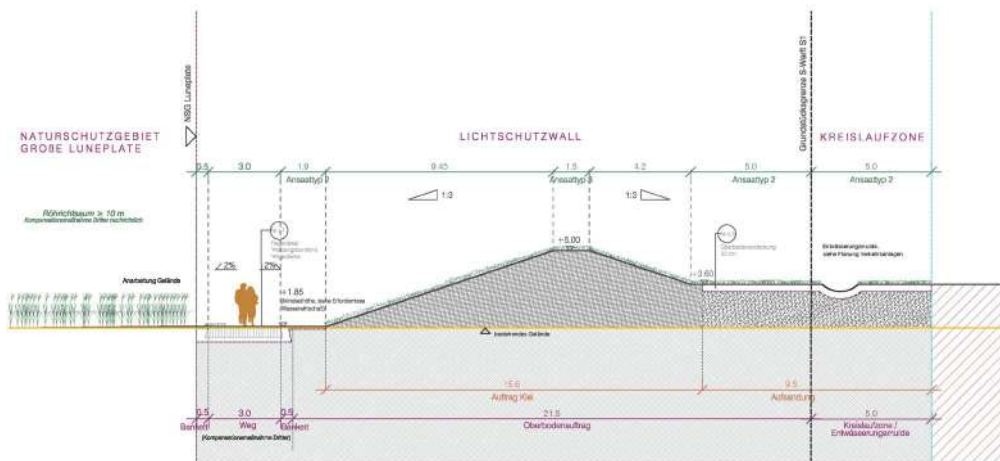


Abbildung 8-7 - Schnitt A-A (LWA) des Lichtschutzwalls, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)

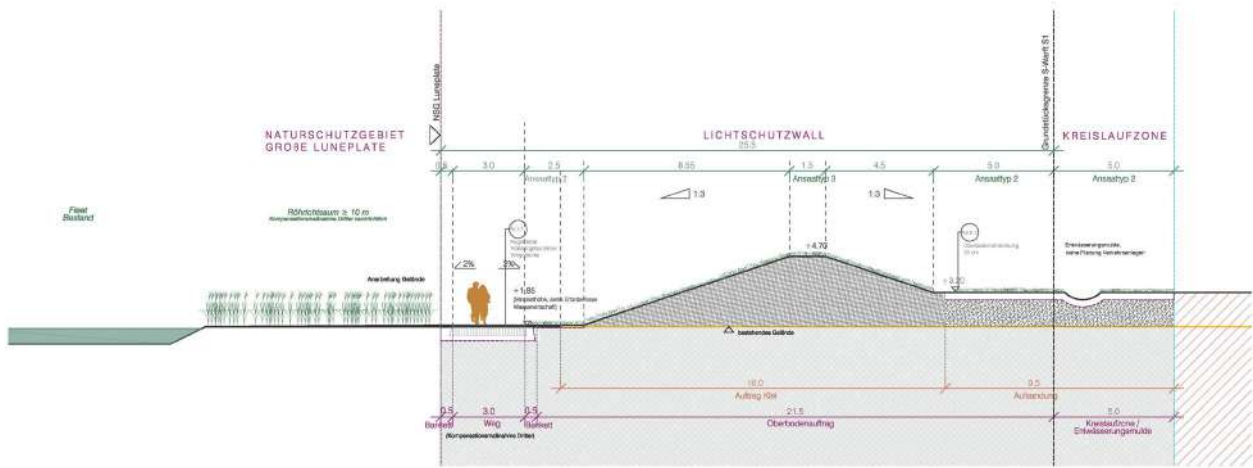


Abbildung 8-8 - Schnitt B-B (LWB) des Lichtschutzwalls, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)

Mit dieser Maßnahme und dem großen Abstand zum Naturschutzgebiet wird ein Teil des Streulichtes bereits vorzeitig abgeschirmt. Sofern erforderlich, ist ein Lichtschutzwall auch an der Warft L4 oder an anderen kritischen Stellen möglich. Alternativ können auch geschlossene Zäune o. Ä. in beengten Raumsituationen verwendet werden. Die jeweilige Höhe ist letztendlich von der jeweiligen Lichtberechnung abhängig. Auf einen Blendschutz an den Leuchten wird voraussichtlich nicht ganz verzichtet werden können, sofern die Lichtpunkthöhe darüber hinausgeht.

8.3.2 Nutzung einer bedarfsabhängigen Beleuchtungssteuerung

Eine beispielhafte Übersicht heute möglicher Lichtregelungssysteme zur weiteren Lichtimmissionsverringerung und Energieeinsparung ist im Anhang 14.14 aufgeführt. Gleichzeitig enthält die darin enthaltene Tabelle 14-8 eine Anmerkung zum Einsatz entsprechend den Angaben des landschaftsökologischen Gutachterbüros „naterraum“.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Lichtimmissionsprognose wurde der städtebauliche Entwurf des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ als Basis für ein Lichtkonzept und der Ermittlungen einer möglichen späteren Immissionsbelastung in der Betriebsphase zugrunde gelegt. In diesem frühen Planungsstadium können keine Berechnungen für eine bestehende Situation erfolgen, um daraufhin z. B. Lichtpunkthöhen oder Maststandorte explizit festzulegen. Es erfolgte daher in Abstimmung mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ eine Festlegung von Grenzwerten, die es gilt, später nicht zu überschreiten. Die Grundlage zur Ermittlung der Grenzwerte bilden zum einen die naturschutzfachliche Einschätzung, die Lage der jeweiligen Schutzzonen zu den beleuchteten Bereichen, das Berechnungsverfahren des LAI (2012) und die Grenzwerte der CIE 150:2017 (2017). Dabei wurden für das angrenzende Naturschutzgebiet Luneplate, die im inneren des Gewerbe- und Industriegebietes liegenden Wasserflächen sowie die Alte Lune jeweils separate Grenzwerte festgelegt. Das Gebiet mit den höchsten Anforderungen an die Begrenzung der Lichtimmissionen ist das Naturschutzgebiet Luneplate, für das es gilt, diese einzuhalten. Bei den Wasserflächen im inneren des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes kann es je nach Branche und dem dazugehörigen Lichtbedarf zu Überschreitungen kommen. Dafür wurden daher Nutzungszeiten mit geringeren Grenzwerten in der Zeit von 7:00 Uhr bis 20:00 Uhr und eine Überschreitung der Lichtimmissionen in einigen Bereichen von 10 m festgelegt. In begründeten Ausnahmefällen ist gegebenenfalls mit der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN), vertreten durch die Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) eine Einzelfallentscheidung zu treffen.

Das nächstgelegene Wohngebiet hat eine Entfernung von 1.250 m (siehe Abbildung 3-1) vom Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ und liegt bei Einhaltung der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Minimierung der Lichtimmissionen außerhalb der festgelegten Grenzen. Es kann daher unberücksichtigt bleiben.

Im Rahmen eines Lichtkonzeptes wurden Möglichkeiten für eine immissionsarme Beleuchtung aufgezeigt. Auf dieser Grundlage und der festgelegten Grenzwerte wurden verschiedene Vergleichsberechnungen mit handelsüblichen Produkten durchgeführt, um deren Einhaltung und technische Machbarkeit zu überprüfen. Grundlage dieser Berechnungen bildet dabei eine mittlere Beleuchtungsstärke auf den Arbeitsbereichen der Warften von 20 lx und 50 lx. Zusammengefasst kann gesagt werden, es ist möglich, die festgelegten Grenzwerte damit einzuhalten. Dabei werden teilweise sehr gut entblendete Leuchten zum Einsatz kommen müssen und die Lichtpunkthöhen und Leuchtenstandorte sind entsprechend der Grundstücksform und der Lage zu optimieren. Eine generelle Festlegung auf eine bestimmte Beleuchtungsanlage kann nicht getroffen werden, da es für die jeweilige anzusiedelnde Branche unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung und den Bewegungsraum zwischen den Masten gibt. Letztendlich gilt es, die festgelegten Grenzwerte einzuhalten. Für die Warften S1 bis S8 und L4 wird es aufgrund der Nähe

zum Naturschutzgebiet Luneplate nach heutiger technischer Sicht eine eingeschränkte Wahlmöglichkeit an Lichtpunkthöhen geben. Generell ist für jede neu angelegte Gewerbe- und Industriefläche sowie einer Sanierung unterzogener Beleuchtungsanlage eine Lichtberechnung mit Lichtimmissionsbewertung zur Einhaltung der Grenzwerte durchzuführen.

Die Beleuchtung der Straßen innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes wurden im jetzigen Entwurfsstadium mit einer Beleuchtungsklasse M4 angesetzt. Das entspricht bei einem Standardfahrbahnbelag einer mittleren Beleuchtungsstärke von ca. 10 lx. Mit einem größeren Wert ist voraussichtlich nicht zu rechnen. Auf den Geh- und Radwegen wird die mittlere Beleuchtungsstärke geringer ausfallen. Generell gilt auch hier, die Straßen, Parkplätze, Geh- und Radwege sollten so immissionsarm wie möglich beleuchtet werden. Als Grenzwert für Lichtimmissionen wurde in Anlehnung an die CIE 150:2017 (2017) eine mittlere vertikale Beleuchtungsstärke von max. 1 lx an den schützenswerten Bereichen vorgegeben. Auf das Naturschutzgebiet Luneplate hat das keinen Einfluss, da der parallel daran entlanglaufende Weg nicht beleuchtet wird.

Die Entscheidung, ob eine Arbeitsfläche, eine Straße oder ein Weg beleuchtet wird, hat bedarfsorientiert zu erfolgen. Unbeleuchtete Bereiche sind zu planen und vorrangig zu erhalten.

Eine Beleuchtung während der Bauphase kann ebenfalls Lichtimmissionen verursachen. Im Kapitel 7.8 wurden daher Vorgaben zur Reduzierung der Lichtimmissionen während dieser Zeit gemacht. Ergänzend sind als vorbereitende Maßnahme an ungünstigen Standorten für die Zeit der Beeinträchtigung z. B. Sandaufschütten o. Ä. zum Schutz der Tiere vorzusehen.

Für die biologische Betrachtung der Auswirkung von Lichtimmission auf das Naturschutzgebiet Luneplate ist die Beleuchtungsstärkegrenze von 0,1 lx als Vergleichswert von Bedeutung, da dieser regelmäßig als naturgegebene Maximalbelastung bei Vollmond und entsprechenden Wetterbedingungen vorliegt und auf die Erde einwirkt. Dieser Wert kann auf den Wasserflächen im Innern des Gewerbe- und Industriegebietes sowie der Alten Lune durch die angrenzenden Warften oder der bereits vorhandenen Vorbelastung selten eingehalten werden. Daher fallen die Beleuchtungsstärkegrenzwerte dort geringer aus.

Zum Schutz der Flora und Fauna sowie der Einhaltung der Grenzwerte wurden folgende wesentlichen Festlegungen getroffen:

- Lichtfarbe der Lampen/LED mit geringem UV-/Blauanteil und max. 2.200 K oder weniger,
- Einsatz von nach oben hin abgeschirmten Leuchten,
- Lichtleistung der einzelnen Leuchten ist so gering wie möglich wählen,
- Sofern erforderlich abgeschirmte Leuchten (auch Full Cutoff) zur Vermeidung von Streulicht und Blendwirkung vorsehen,
- Lichtpunkthöhen so gering wie möglich wählen,
- langlebige Leuchten mit Möglichkeiten zur Lichtregelung bevorzugen,
- nicht benötigtes Licht ausschalten bzw. dimmen,

- keine Anstrahlungen von Werbeschildern oberhalb 4,00 m Höhe,
- keine Anstrahlungen von Werbeflächen und Gebäudefassaden an den Außenseiten der Warften,
- keine Leuchten/Scheinwerfer direkt in das Naturschutzgebiet oder auf die Wasserflächen inkl. der angrenzenden Uferzonen im Innern des Gewerbe- und Industriegebietes richten.

In den vorangegangenen Kapiteln sind weiterführende Empfehlungen der jeweiligen Fachverbände auch zur Gestaltung der Gebäude enthalten, die über die Beleuchtung an sich teilweise hinausgehen. Eine Festlegung dieser Empfehlungen können in diesem Rahmen nicht festgelegt werden.

Der für eine Raumaufhellung mitverantwortliche Lichtstromanteil (R_{ULO}), der in den oberen Halb- raum der Horizontalen durch direktes Licht abgegeben wird, beträgt bei den gewählten Vorgaben an die Beleuchtung und in den Vergleichsberechnungen 0,00 %, was seitens der CIE 150:2017 (2017) und der DIN EN 12464-2:2014 (2014) der Klassifizierung E1 (Nationalparks) entspricht.

Generell können die Lichtimmissionen und Energieverbräuche auch durch gezieltes Wegschalten nicht benötigter Beleuchtung oder den Einsatz von Lichtregelsystemen auf den Arbeitsflächen weiter verringert werden. Auf den Verkehrswegen innerhalb des gesamten Gewerbe- und Industriegebietes können Änderungen der Gegebenheiten in den Auswahlkriterien der Beleuchtungsklassen in der Nacht auch niedrigere Beleuchtungswerte ermöglichen. Diese können in Kombination mit den Lichtregelsystemen des Betreibers zu einer Senkung der Lichtimmissionen und des Energiebedarfs im Sinne des Green Economy – Gedanken führen.

Im Zuge des Baufortschrittes wurde die ursprüngliche Lichtimmissionsprognose (Rabenstein, 12/2022) auf den neuen Bearbeitungsstand des Bebauungsplanes 494 (Claussen-Seggelke, 2024) aktualisiert und verglichen. Die ursprünglichen Berechnungen und Grenzwertfestlegungen gelten auch weiterhin, da die Abweichungen in den beiden Plänen sehr gering ausfallen. Einige wenige Bereiche wurden in ihren Inhalten noch etwas genauer spezifiziert. Abweichungen gegenüber den Vorgaben und Grenzwerten gibt es nicht. Alle Änderungen wurden in Gelb gekennzeichnet.

Mit den hier getroffenen Festlegungen und dem neuen Bebauungsplan 494 kann eine immisionsarme Beleuchtung des Green Economy – Gebietes „Lune Delta“ mit Einhaltung des festgelegten Grenzwertes von 0,1 lx für das Naturschutzgebiet Luneplate erfolgen.

Die Ermittlung der Vorgaben, Berechnungen und deren Auswertung wurden sorgfältig nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt.

URIB
Uwe Rabenstein –
Ingenieur für Lichtlösungen
Grünauer Allee 62 · 04209 Leipzig

Leipzig, den 02. Mai 2024

10 Literaturverzeichnis

- Achilles, L. (2018). Luneplate, Geesteniederung und Rohrniederung in Bremerhaven; Entwicklung der Brutvogelzahlen von 2015 bis 2018. Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen. <https://www.bremerhaven.de/sixcms/media.php/94/F16/F16-f-Gutachten%2520Brutv%25C3%25B6gel.pdf>
- Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) (2022). *Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung: ASR A3.4:2011 / 2022*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A3-4-Aenderungen-3.pdf? blob=publicationFile&v=2>
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz als Vorsitzland der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (Berichterstatter) (2012, mit Korrektur 2018). *Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Beschluss der LAI vom 13.09.2012*. <https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lichthinweise-2015-11-03mit-formelkorrektur aus 03 2018 1520588339.pdf>
- Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2013. 05. Mai). *Luneplate, Haupterschließung 1. BA* [Zeichnung]. Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH.
- Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2013). „*K__B_Plan_Luneplate__von Bremen__Erschließung_Planung*“ [Zeichnung]. Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH.
- Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2019). *Exposé Lune Delta – NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN in Bremerhaven*. Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH. https://bis-bremerhaven.de/wp-content/sixcms/media.php/631/Expos%E9_Nachhaltiges%20Gewerbegebiet%20Lune%20Delta%202019.pdf
- Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2022). *Lune Delta – Gestaltungshandbuch (Entwurf Mai 2022)*. Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH.
- Brüning, A. (2016). *Spotlight on fish: the biological impacts of artificial light at night*. Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), 2016.
- Brunken, E. (2012). *Lichtimmissionsprognose für den B-Plan Nr. 441 Fischereihafen-West in Bremerhaven – Nr. 2012.601*. Brunken Lichttechnik.

BUND – Freunde der Erde (2003). *Lichtökologie – Insektenfreundliche und Energie sparende Außenbeleuchtung, Konzepte und Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt von Insekten*. BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Landesverband Berlin (BUND Berlin e.V.). http://www.bund-wiki.de/images/6/6b/TagungLichtoekologie290203_lowres.pdf

BUND – Freunde der Erde (2020). „*Insekten schützen leicht gemacht!*“. BUND – Freunde der Erde. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikation/naturschutz/naturschutz_kommunaler_insektenschutz.pdf

Claussen-Seggelke (2021). *Scoping-Papier zum Bebauungsplan-Vorentwurf Nr. 494 „Green Economy-Gebiet Lune Delta“; Allgemeine Ziele und Zwecke der Planung; Schaffung eines nachhaltigen Green Economy Gewerbe- und Industriegebietes; Vorschlag zum Umfang und Detaillierungsgrad der Umweltprüfung (Scoping)*. Stadt Bremerhaven, Stadtplanungsamt. https://www.bremerhaven.de/sixcms/media.php/94/01_210414_BP494_Scoping-Papier.pdf

Claussen-Seggelke (2024). *Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2. clausen – seggelke stadtplaner.*

Cleve, K. (1967). *Das spektrale Wahrnehmungsvermögen nachts fliegender Schmetterlinge*. In Nachrichten der Bayrischen Entomologen (Hrsg.), 16. Jg., Nr. 5/6. (S. 33 – 55).

Deutsches Institut für Normung e. V. (2010). *DIN 67523-1:2010 Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung - Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte*. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e. V. (2010). *DIN 67523-2:2010 Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung - Teil 2: Berechnung und Messung*. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e. V. (2014). *DIN EN 12464-2:2014 Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien: Deutsche Fassung EN 12464-2:2014*. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e. V. (2015). *DIN EN 60825-1:2015 Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2007); Deutsche Fassung EN 60825-1:2014*. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e. V. (2016). *DIN EN 13201-2:2016 Straßenbeleuchtung - Teil 2: Gütemerkmale; Deutsche Fassung EN 13201-2:2015*. Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung e. V. (2017). *Lichtmessung DIN 5032-7:2017 Lichtmessung – Teil 7: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten*. Beuth Verlag GmbH.

-
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2018). *DIN 67528:2018 Beleuchtung von öffentlichen Parkbauten und öffentlichen Parkplätzen*. Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2018). *DIN EN 12193:2019 Licht und Beleuchtung - Sportstättenbeleuchtung: Deutsche Fassung EN 12193:2018*. Beuth Verlag GmbH.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2021). *DIN 13201-1:2021 Straßenbeleuchtung - Teil 1: Auswahl der Beleuchtungsklassen*. Beuth Verlag GmbH.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2006). *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASSt 06*. FGSV-Verlag.
- Freie Hansestadt Bremen - Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr – Referat 31 (2013). „Luneplate (DE 2417 – 401)“ [Zeichnung]. Bau und Verkehr – Referat 31 Der Senator für Umwelt, Bremerhaven. http://www.umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Aktuelle_VogSchG_Luneplate_BRHV_St_02-2013_300_B.pdf
- Freie Hansestadt Bremen (2020). *Bremische Landesbauordnung vom 4. September 2018, zuletzt geändert am 22. September 2019*. Freie Hansestadt Bremen. https://www.transparenz.bremen.de/metainformationen/bremische-landesbauordnung-vom-4-september-2018-131034?template=20_gp_ifg_meta_detail_d
- Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH (GFN) im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg; Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft; Amt für Naturschutz, Grünplanung und Bodenschutz; Abteilung Naturschutz (2021). *Leitfaden Licht - Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen*. Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH. <https://www.hamburg.de/contentblob/15225428/68294e60338a2606011f539da6465eea/data/download-licht-leitfaden-gfn.pdf>
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)* (2013, korrigiert 2021). Bundesministerium der Justiz. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschg/BJNR007210974.html>
- Hänel, A. & Frank, S (2021). „Was ist insektenfreundliche Beleuchtung?“. Fachgruppe Dark Sky/Sternenpark Rhön. https://www.biosphaerenreservat-rhoen.de/fileadmin/media/Downloads_-_PDF/2021_Auswertung_Licht_und_Insekten_Beleuchtung.pdf
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018). *Nachhaltige Außenbeleuchtung*. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-06/broschuere_zur-nachhaltigen-aussenbeleuchtung-informationen-und-empfehlungen-fuer-industrie-und-gewerbe.pdf

Huggins, B., Gärtner, S., Frank, S. & Hänel, A. (Nov. / Dez. 2021). *Der Schutz der Nacht als Pflichtaufgabe, Erweiterter Beitrag aus dem Schnellbrief Nr. 229*. Informationsdienst Umweltrecht e. V. (IDUR). <https://idur.de/wp-content/uploads/2021/12/IDUR-Sonderdruck-Lichtverschmutzung-12.2021.pdf>

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO, 2022). *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation – Aerodromes – Volume I : Aerodromes Design and Operations; Ninth Edition; Juli 2022*. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION.

Ingenieurgemeinschaft SWECO GmbH, urbanegestalt PartGmbH, Cityförster Architecture + Urbanism (2020). „Übersichtslageplan – Entwurf – Green Economy-Gebiet Lune Delta“ [Zeichnung]. BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen mbH & Co. KG.

Ingenieurgemeinschaft SWECO GmbH, urbanegestalt PartGmbH, Cityförster Architecture + Urbanism (2020). *Green Economy - Gewerbegebiet Lune Delta; VFA - Verkehrsanlagen Freianlagen Aufsandung und Bodenmanagement – Entwurf Schnitte Lichtschutzwall* [Zeichnung]. BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen mbH & Co. KG.

INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION [COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE)] (2017). *CIE 150:2017 - TECHNICAL REPORT - Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition*. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE.

Länderausschuss für Immissionsschutz (2001). *Heft 4 - Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen*. Erich Schmidt Verlag.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2018). *LANUV-Info 42 – Künstliche Außenbeleuchtung; Tipps zur Vermeidung und Verminderung störender Lichtimmissionen*. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/1_infoblaetter/LANUV_Info42_Lichtverschmutzung_2017_WEB-gesichert.pdf

LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (1997). *Stellungnahme "Zur Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten"* Publikation Nr. 15. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG).

LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (2011). *Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen* Publikation Nr. 12.3 (3. Aufl.). Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG).

-
- Lolkema, D. E. (2011). "Effects of atmospheric conditions on night sky brightness". [Konferenzpräsentation]. Dark Sky Symposium 2011 6.-8. Okt., Osnabrück, Deutschland.
http://www.lichtverschmutzung.de/symposium_2011/programm.php
- Lumileds Holding B. V. (2021). *DS216 LUXEON 2835 Architectural* [Datasheet]. Lumileds Holding B. V. . <https://lumileds.com/wp-content/uploads/files/DS216-luxeon-2835-architectural-datasheet.pdf>
- Menzel, R. (1979). *Spectral sensitivity and colour vision in invertebrates*. In H. Autrum (Hrsg.), *Handbook of Sensory Physiology, Volume VII/6a*. (S. 503–580). Springer Verlag.
- NABU Regionalverband Dresden-Meißen e. V. (2021). *Handlungsleitfaden - Artenschutz an Glasflächen zur Vermeidung von Vogelkollisionen*. NABU Regionalverband Dresden-Meißen e. V.. https://www.nabu-dresden.de/wp-content/uploads/2021/03/Handlungsleitfaden-GEBAUDEsanierungt3_kamenzer.pdf
- Philips GmbH (2012). *Lichtberechnungssoftware Calculux 7.7.0.1*. Philips GmbH.
- Philips Lighting (2022). Datenblatt MASTER SON-T PIA Plus 600W/220. Signify GmbH.
https://www.lighting.philips.de/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp928158409227-pss-de_de/928158409227_EU.de_DE.PROF.FP.pdf
- Rabenstein, U. (02/2022). *Lichtimmissionsprognose für das Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ - Einfluss durch B-Plan Nr. 441 Fischereihafen – West in Bremerhaven – Kurzfassung, Bericht Nr. 2022001_01*. Uwe Rabenstein Ingenieurbüro für Lichtlösungen.
- Rabenstein, U. (10/2022/05/2024). *Zuarbeit zur Baubeschreibung des Green Economy - Gebiet „Lune Delta“, Bericht Nr. 2022002_034*. Uwe Rabenstein Ingenieurbüro für Lichtlösungen.
- Rabenstein, U. (12/2022). *Lichtimmissionsprognose für das Green Economy - Gebiet „Lune Delta“, Bericht Nr. 2021001_04*. Uwe Rabenstein Ingenieurbüro für Lichtlösungen.
- Schmid, H., Doppler, W., Heynen, D. & Rössler, M. (2012). *Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht, 2. überarbeitete Auflage*. Schweizerische Vogelwarte Sempach. https://vogelglas.vogelwarte.ch/assets/files/broschueren/voegel_glas_licht_2012.pdf
- Schroer, S., Huggins, B., Böttcher, M., & Hölker F. (2019). *Leitfaden zur Neugestaltung und Umrüstung von Außenbeleuchtungsanlagen. Anforderungen an eine nachhaltige Außenbeleuchtung*. BfN Skripten. https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/services/Dokumente/skripten/skript543_4_aufl.pdf
- Schroer, S., Weiß N.-S., Grubisic, M., Manfrin, A., van Grunsven, R. H. A., Storms, M., Berger, A., Voigt, C. C., Klenke, R. & Hölker, F. (2020). *Analyse der Auswirkungen künstlichen Lichts*

auf die Biodiversität, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Band 168. Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Sheppard, C. & Phillips, G. (2015). *Bird-Friendly Building Design, 2nd Edition*. VA: American Bird Conservancy. <https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2020/09/Bird-Friendly-Building-Design.pdf>

Signify GmbH (2021). *Produktselector 5.2.14.2*. Signify GmbH.

Signify Holding B. V. (2018). *A light solution – Minimizing the night-time disturbance of bats* [Philips Case Study]. Signify Holding B. V..

Signify Holding B. V. (2018). *Creating a more pleasant, liveable space both for residents and wildlife* [Philips Case Study]. Signify Holding B. V..

Vectorworks Inc. (2019). *Vectorworks - Symbole Verkehr*. Vectorworks Inc..

Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO) (2017, ed. 2021). Bundesministerium der Justiz. <http://www.gesetze-im-internet.de/baunvo/BJNR004290962.html>

Voigt, C.C., Azam, C., Dekker, J., Ferguson, J., Fritze, M., Gazaryan, S., Hölker, F., Jones, G., Leader, N., Lewanzik, D., Limpens, H.J.G.A., Mathews, F., Rydell, J., Schofield, H., Spoelstra, K. & Zagamajster M. (2019). *Leitfaden für die Berücksichtigung von Fledermäusen bei Beleuchtungsprojekten, EUROBATS Publication Series No. 8 (deutsche Fassung)*. UNEP/EUROBATS. https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/EUROBATS_PS08_DE_RL_web_neu.pdf

ZVEI e. V. (2021). *Positionspapier - Beleuchtung unter Naturschutzaspekten Hinweise zu aktuell diskutierten Themen bzgl. Beleuchtung und BNatSchG, Rechtsverordnung des Bundes und der Länder oder Handlungsempfehlungen bzw. -vorgaben von Landkreisen*. ZVEI e. V.. https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2022/Februar/Beleuchtung_unter_Naturschutzaspekten/ZVEI-Positionspapier_Beleuchtung_unter_Naturschutzaspekten_02-2022.pdf

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1 - Ausschnitt aus dem FNP 2006, Stadtplanungsamt Bremerhaven 2020, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 6, Abb. 5 von Claussen-Seggelke (2021).....	12
Abbildung 3-2 - Lune-Delta, Karte aller Schutzgebiete BHV und Nds, Dezember 2019, überlagert mit dem Geltungsbereich für den Bebauungsplan 494, Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 4, Abb. 3 von Claussen-Seggelke (2021) mit Korrektur des B-Plan I.....	13
Abbildung 3-3 - Ausschnitt aus der Flächennutzungsplanänderung 10A „Luneplate“, 2014, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 7, Abb. 6 von Claussen-Seggelke (2021)	14
Abbildung 3-4 - Ausschnitt aus dem Bebauungsplan 429, überlagert mit dem Geltungsbereich für den Bebauungsplan 494, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 9, Abb. 8 von Claussen-Seggelke (2021)	14
Abbildung 3-5 - Geplante angrenzende Planverfahren der weiteren Bauabschnitte, ARGE suc, überlagert mit dem Geltungsbereich für den Bebauungsplan 494, o. M., Auszug aus „Scoping-Papier“ S. 4, Abb. 4 von Claussen-Seggelke (2021)	15
Abbildung 3-6 - städtebaulicher Entwurf des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgemeinschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgemeinschaft, 2020).....	16
Abbildung 3-7 - Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma claussen – seggelke stadtplaner (claussen – seggelke, 2024)	18
Abbildung 3-8 – Vergleich des städtebaulichen Entwurfs des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgemeinschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgemeinschaft, 2020) mit dem Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma claussen – seggelke stadtplaner (claussen – seggelke, 2024) ...	19
Abbildung 3-9 - Gegenüberstellung der Gewerbeeinheit 4 mit alter und neuer Grenze der Wasserfläche und neuen Grundfläche	20
Abbildung 3-10 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 1 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	21
Abbildung 3-11 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 1 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	21
Abbildung 3-12 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 2 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	21
Abbildung 3-13 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 2 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	22
Abbildung 3-14 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	22
Abbildung 3-15 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	22
Abbildung 3-16 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 3 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung und der Wasserkante	23
Abbildung 3-17 - Gegenüberstellung am Beispiel einer GE 4 mit Grenze der ursprünglichen Bewertung.....	23
Abbildung 4-1 - Darstellung u. a. der Immissionsorte IO 1 bis IO 5 und der beispielhaften vertikalen Berechnungsraster parallel zum Weg am Naturschutzgebiet	29
Abbildung 4-2 - Beschreibung der für die psychologische Blendung relevanten Größen, Auszug aus „LiTG-Publikation 12.3“ Seite 12, Abb. 4.1 vom LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (2011)	30
Abbildung 5-1 - relative spektrale Hellempfindlichkeit von Drohnen, Bienen, Schmetterlingen, Libellen nach Menzel (1979), Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 1	37
Abbildung 5-2 - relative Hellempfindlichkeit des Nachtfalterauges nach Cleve (1967), Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 2	37
Abbildung 5-3 - relative Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges für das Tages-[V(λ)] und das Nachtsehen-[V'(λ)], Auszug aus „Publikation Nr. 15“ des LiTG Fachgebiets Außenbeleuchtung (1997) S. 8, Abb. 3	37

Abbildung 5-4 – Vergleich der Rezeptoren im Auge des Menschen und der Vögel, Auszug aus „Bird-Friendly Building Design“ Seite 41 von Sheppard & Phillips (2015).....	38
Abbildung 5-5 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Zuordnung der Bereiche für unterschiedliche Grenzwerte.....	43
Abbildung 5-6 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr.....	46
Abbildung 5-7 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Besonderheiten der Grenzen der Raumaufhellung in der Darstellung der Abbildung 5-6.....	47
Abbildung 5-8 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Betrachtungszeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr.....	48
Abbildung 6-1 - Wellenlängendiagramm LUXEON 2835 HE und LUXEON 2835N 3 V – LEDs mit R_a 80 bei 25° Umgebungstemperatur, Auszug aus „DS216 LUXEON 2835“ Seite 9, Abb. 1d der Lumileds Holding B. V. (Lumileds, 2021).....	51
Abbildung 6-2 - Spektrum einer LED mit der Lichtfarbe 722 Adaptiert aus „DS216 LUXEON 2835“ Seite 9, Abb. 1d von Lumileds (2021).....	52
Abbildung 6-3 - Spektrum einer Natriumdampfhochdrucklampe 600 W, adaptiert vom „Datenblatt“ S. 3 der Signify Holding B. V. (Philips, 2022).....	52
Abbildung 7-1 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit einer Übersicht der möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche.....	56
Abbildung 7-2 - Hinweise für Anstrahlungen und Schildbeleuchtungen.....	58
Abbildung 7-3 - Hinweise zur Beleuchtung auf Straßen, Wegen und Plätzen.....	59
Abbildung 7-4 - Hinweise zur Beleuchtung auf Flächen.....	59
Abbildung 7-5 – adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der in diesem Konzept betrachteten Straßen- und Wegequerschnitte.....	64
Abbildung 7-6 - Schnitte Z1 und Z2 des unbeleuchteten Weges am Naturschutzgebiet.....	65
Abbildung 7-7 - Schnitte A1 bis A3 der Geh- und Radwege innerhalb des Geländes.....	65
Abbildung 7-8 - Schnitt A4 der Geh- und Radwege innerhalb des Geländes.....	66
Abbildung 7-9 - Schnitt B1 der Planstraße A basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	66
Abbildung 7-10 - Schnitte B2 bis B5 der Planstraße A basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	67
Abbildung 7-11 - Schnitte C1 bis C3 der Planstraße B basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	68
Abbildung 7-12 - Schnitt D1 der Planstraße C basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	68
Abbildung 7-13 - Schnitte D2 bis D3 der Planstraße C basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	69
Abbildung 7-14 - Schnitte E1 bis E2 des Initialclusters basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	69
Abbildung 7-15 - Schnitte E3 bis E4 des Initialclusters basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	70
Abbildung 7-16 - Schnitte F1 und F2 der S-Warft basierend auf dem städtebaulichen Entwurf.....	70
Abbildung 7-17 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Beispiel für die Definition der Grenzwerte der Raumaufhellung für innen liegende Grundstücke.....	75
Abbildung 7-18 - Hinweise zur Beleuchtung während der Bauphase.....	77
Abbildung 8-1 - Ausschnitt eines Beispiels einer Vergleichsberechnung.....	81
Abbildung 8-2 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte).....	85
Abbildung 8-3 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte).....	86

Abbildung 8-4 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte) 90

Abbildung 8-5 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit hoher Entblendung (-> Minimalwerte) 91

Abbildung 8-6 - Lageplan der Lichtschutzwälle am Weg zum Naturschutzgebiet, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)..... 100

Abbildung 8-7 - Schnitt A-A (LWA) des Lichtschutzwalls, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)..... 100

Abbildung 8-8 - Schnitt B-B (LWB) des Lichtschutzwalls, Auszug aus „Entwurf Schnitte Lichtschutzwall“ S. 1 der Ingenieurgesellschaft (2020)..... 101

Abbildung 14-1 - städtebaulicher Entwurf des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgesellschaft (2020) (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 3-6) 121

Abbildung 14-2 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit einer Übersicht der möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 7-1) 121

Abbildung 14-3 - Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma clausen – seggelke stadtplaner (clausen – seggelke, 2024) 122

Abbildung 14-4 - Vergleich des städtebaulichen Entwurfs des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgesellschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgesellschaft, 2020) mit dem Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma clausen – seggelke stadtplaner (clausen – seggelke, 2024) . 122

Abbildung 14-5 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Zuordnung der Bereiche mit unterschiedlichen Grenzwerten (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 5-5) 126

Abbildung 14-6 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Besonderheiten der Grenzen der Raumaufhellung in der Darstellung der Abbildung 5-6 127

Abbildung 14-7 - Hinweise zur Beleuchtung auf Flächen..... 129

Abbildung 14-8 - Hinweise zur Beleuchtung auf Straßen, Wegen und Plätzen 129

Abbildung 14-9 - Hinweise für Anstrahlungen und Schildbeleuchtungen 130

Abbildung 14-10 - Hinweise zur Beleuchtung während der Bauphase..... 130

Abbildung 14-11 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Beispiel für die Definition der Grenzwerte der Raumaufhellung für innen liegende Grundstücke..... 132

Abbildung 14-12 - Beschreibung der für die psychologische Blendung relevanten Größen, Auszug aus „LiTG-Publikation 12.3“ Seite 12, Abb. 4.1 vom LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (2011) 135

Abbildung 14-13 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt A bis C 139

Abbildung 14-14 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt C bis E..... 140

Abbildung 14-15 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt E bis G 141

Abbildung 14-16 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte) 146

Abbildung 14-17 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte) 147

Abbildung 14-18 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte) 148

Abbildung 14-19 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte) 149

Abbildung 14-20 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte) 150

Abbildung 14-21 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte) 151

Abbildung 14-22 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte) 152

Abbildung 14-23 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte) 153

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 - maximal zulässige Gebäudehöhen auf den Warften	17
Tabelle 3-2 - Gegenüberstellung der geänderten Bezeichnungen des städtebaulichen Entwurfs und des aktuellen Bebauungsplanes	20
Tabelle 3-3 - maximal zulässige Gebäudehöhen auf den Gewerbeeinheiten	24
Tabelle 4-1 - anerkannte technische Regelwerke für Beleuchtungsanlagen im Außenraum	26
Tabelle 4-2 - anerkannte technische Regelwerke für den Schutz vor Lichtimmissionen	27
Tabelle 4-3 - Immissionswerte der mittleren Beleuchtungsstärke E_f am Immissionsort, Auszug aus „Hinweise“ S. 5, Tabelle 1 vom LAI (2012)	28
Tabelle 4-4 - Proportionalitätsfaktor k zur Festlegung der maximalen zulässigen mittleren Leuchtdichte L_{max} technischer Lichtquellen während der Dunkelheit, Auszug aus „Hinweise“ S. 9, Tabelle 2 vom LAI (2012)	31
Tabelle 4-5 Auszug aus der CIE 150:2017 (2017) Seite 8, Tabelle 1 für die Raumaufhellung und adaptiert mit der Spalte Bereich aus der „DIN EN 12193:2019“ Seite 21, Tabelle 2 der DIN EN 13193:2019 (2019)	33
Tabelle 4-6 Auszug aus der CIE 150:2017 (2017) Seite 8, Tabelle 2 für die Raumaufhellung	34
Tabelle 5-1 - Zuordnung der Bereiche zu den Umweltzonen der CIE 150:2017 (2017)	44
Tabelle 5-2 - Zuordnung der Grenzwerte zu den verschiedenen Bereichen auf dem Gewerbe- und Industriegebiet "Lune Delta"	45
Tabelle 6-1 - Vergleich der Lichtausbeute verschiedener LED-Spektren	50
Tabelle 7-1 - Nutzungszeiten der Beleuchtung	57
Tabelle 7-2 - Beispiel für Beleuchtungsklassen einer Sammelstraße nach DIN 13201 Teil 1, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 23, Tabelle 6 der DIN 13201-1:2021 (2021)	61
Tabelle 7-3 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Geh- und Radweges nach DIN 13201 Teil 1, der parallel zu einer Straße verläuft und durch einen mindesten 1,50 m breiten Grünstreifen getrennt ist, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 27, Tabelle 9 der DIN 13201-1:2021 (2021)	61
Tabelle 7-4 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Geh- und Radweges nach DIN 13201 Teil 1, der abseits verläuft, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 27, Tabelle 9 der DIN 13201-1:2021 (2021)	62
Tabelle 7-5 - Beispiel für Beleuchtungsklassen eines Parkplatzes nach DIN 13201 Teil 1, adaptiert aus „Straßenbeleuchtung - Teil 1“ Seite 29, Tabelle 11 der DIN 13201-1:2021 (2021)	62
Tabelle 7-6 - Anforderungen für ausgewählte Ballsportarten als Auszug aus „Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung“ Seite 44, Tabelle A.21 der DIN EN 12193:2019	71
Tabelle 7-7 – Auszug aus den Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten als Auszug aus „Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2“ S. 16, Tab. 5.1 und S. 19 Tab. 5.7 der DIN EN 12464-2:2014 (2014)	72
Tabelle 8-1 - Aufzählung der verwendeten Lichtpunkthöhen und Lampen-/LED-Technologien	80
Tabelle 8-2 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 6,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft	82
Tabelle 8-3 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 6,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft	83
Tabelle 8-4 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungsfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 9,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft	83

Tabelle 8-5 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 9,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft	83
Tabelle 8-6 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 12,00 m/18,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft.....	84
Tabelle 8-7 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Grenzwertes für eine Lichtpunkthöhe von 12,00 m/18,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft.....	84
Tabelle 8-8 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 6,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft.....	88
Tabelle 8-9 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 6,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft.....	88
Tabelle 8-10 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 9,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft.....	89
Tabelle 8-11 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 9,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft.....	89
Tabelle 8-12 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 12,00 m/18,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 20 lx auf der Warft.....	89
Tabelle 8-13 - Abstände vom warftseitigen Beginn der Bewertungfläche bis zum Erreichen des jeweiligen Proportionalitätsfaktors k für eine Lichtpunkthöhe von 12,00 m/18,00 m bei einer mittleren Arbeitsplatzbeleuchtung von 50 lx auf der Warft.....	89
Tabelle 8-14 - naturschutzfachliche Abschätzung der gesamten Beleuchtung des geplanten Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des „Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen“ der Freien Hansestadt Hamburg (GFN, 2021), Seite 21	96
Tabelle 8-15 - naturschutzfachliche Abschätzung der Straßen- und Wegebeleuchtung im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21	97
Tabelle 8-16 - naturschutzfachliche Abschätzung der Beleuchtung der Arbeitsstätten im Freien auf den Warften im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21.....	98
Tabelle 8-17 - naturschutzfachliche Abschätzung der Beleuchtung der Arbeitsstätten im Innenraum an den Außenseiten der Warften im geplanten Green Economy - Gebiet „Lune Delta“ in Anlehnung an die Risikomatrix des GFN (2021), Tabelle 1, Seite 21	99
Tabelle 14-1 - Nutzungszeiten der Beleuchtung	124
Tabelle 14-2 - anerkannte technische Regelwerke für Beleuchtungsanlagen im Außenraum	125
Tabelle 14-3 - anerkannte technische Regelwerke für den Schutz vor Lichtimmissionen.....	125
Tabelle 14-4 - Zuordnung der Grenzwerte zu den verschiedenen Bereichen auf dem Gewerbe- und Industriegebiet "Lune Delta"	127
Tabelle 14-5 - planerische Checkliste/Bedarfsanalyse für ein Einzelbauvorhaben, adaptiert aus GFN, 2021, Anhang B, Tabelle B1, Seite X.....	154
Tabelle 14-6 - technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Außenbereich, adaptiert aus GFN, 2021, Anhang B, Tabelle B2, Seite X	156

Tabelle 14-7 - technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Innenbereich, adaptiert aus GFN, 2021,
Anhang B, Tabelle B2, Seite X 157

Tabelle 14-8 - Beispiele für Steuer- und Regelarten in der Außenbeleuchtung nach dem Stand der Technik..... 158

13 Glossar

Beleuchtung (Einheit ohne) ist die Art wie eine Fläche oder ein Gegenstand durch Licht erhellt wird. Es werden folgende 3 Arten der Beleuchtung unterschieden:

- a. Direkte Beleuchtung ist, wenn Licht von Leuchten direkt und ohne weitere Reflektionen auf eine Fläche oder einen Gegenstand fällt. Ein typisches Beispiel dafür ist z. B. die Beleuchtung einer Straße mit den Autoscheinwerfern in einer mondlosen Nacht in einer unbeleuchteten Gegend.
- b. Indirekte Beleuchtung ist, wenn über eine beleuchtete Oberfläche reflektiertes Licht auf außerhalb des Lichtkegels liegende Flächen oder Gegenstände fällt. Eine typische Situation dafür wäre die Ausleuchtung eines Wohnzimmers mit einer Stehleuchte als Deckenfluter.
- c. Direkte und indirekte Beleuchtung ist die Kombination aus beidem. Ein typisches Beispiel dafür wäre die Beleuchtung einer hellen Innenhoffläche mit nicht ganz abgeschirmten Leuchten, die dadurch den Boden und gleichzeitig auch die angrenzenden Wände erhellt. Über Reflektionen werden dann die angrenzenden Gebäude komplett erkennbar.

Beleuchtungsstärke (Einheit Lux: lx) ist die Strahlungsstärke, welche am Immissionsort ankommt. Sie wird mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät gemessen. In der Lichtplanung werden im wesentlichen folgende 2 Arten der Beleuchtungsstärke unterschieden:

- a. Horizontale Beleuchtungsstärke ist das Licht, das auf eine waagerechte Fläche fällt. Bezogen auf den Straßenverkehr handelt es sich hierbei z. B. um die Ausleuchtung des Geh- und Radweges.
- b. Vertikale Beleuchtungsstärke ist das Licht, das auf einer senkrecht zum Boden stehenden Fläche oder einem Punkt waagrecht zum Boden fällt und bewertet wird. In Bezug auf den Straßenverkehr ist zum Beispiel die Beleuchtung der Verkehrszeichen durch den Pkw-Scheinwerfer gemeint.

Brennstunden (Einheit Stunden: h) sind die Stunden, in denen eine Leuchte eingeschaltet (in Betrieb) ist.

Effizienz (Einheit Lumen pro Watt: lm/W) ist eine Größe für die Umwandlung elektrischer Energie in sichtbares Licht einer Lichtquelle. Je höher der Wert ist, desto besser ist die Effizienz. Unterschieden werden dabei Lampen- und Systemeffizienzen.

- a. Lampeneffizienz betrachtet nur den abgegebenen Lichtstrom einer Lampe im Verhältnis zur aufgenommenen Energie.

- b. Systemeffizienten betrachten den abgegebenen Lichtstrom einer Lampe in einer Leuchte mit deren Lichtverteilung und Wärmemanagement im Verhältnis zur aufgenommenen Energie. Schlechtere Systemeffizienzen können aufgrund einer direkten Lichtverteilung durchaus ein höheres Beleuchtungsniveau erreichen.

Farbspektrum (Einheit Nanometer: nm) einer Lichtquelle ist die Zusammensetzung einzelner Wellenlängen in unterschiedlichen Intensitäten zu einer Lichtfarbe. Z. B. weißes Licht kann je nach Farbton aus unterschiedlichen Wellenlängen und Intensitäten zu den umgangssprachlichen Lichtfarben Warmweiß, Neutralweiß oder Tageslichtweiß zusammengesetzt werden. Aber auch eine Zusammensetzung von weißem Licht aus den Farben Rot, Grün und Blau ist möglich. Ein typisches Beispiel dafür sind Computermonitore.

Farbtemperatur (Einheit Kelvin: K) ist die Temperatur, mit der ein glühender Körper zur Lichterzeugung (Glühemission) betrieben wird. Ein typischer Vertreter war die Glühlampe. Moderne Leuchtmittel wie LEDs werden zur besseren Vergleichbarkeit dem etablierten Farbtemperatursystem der Glühlampen zugeordnet. Zu beachten ist hierbei, dass eine kältere Lichtfarbe eine höhere Farbtemperatur aufweist. Bei wärmeren Farben ist es genau umgekehrt.

Farbwiedergabe (Einheit ohne) gibt das Verhältnis an, wie gut definierte Referenzfarben im Vergleich zu Leuchtmitteln mit einer 100%igen Farbwiedergabe bei gleicher Farbtemperatur wiedergegeben werden.

Konstantlichttechnik (Einheit ohne) ist eine weitere Möglichkeit, über die Nutzungszeit von LED-Leuchten Energie einzusparen. Mit dieser Technik wird der Alterung der LEDs durch eine Verminderung des Anfangslichtstromes (Neuzustand) entgegengewirkt, in dem die Abnahme des Lichtes der angeschlossenen LEDs über die Lebensdauer im Vorschaltgerät hinterlegt wird und in Abhängigkeit der Brennstunden entsprechend nachgeregelt wird. Üblicherweise ist dies eine optionale Funktion einer Leuchte, die in einer Bestellung entsprechend anzugeben ist.

Leuchtdichte (Einheit Candela pro Quadratmeter: cd/m^2) ist der einzige vom menschlichen Auge wahrnehmbare Wert in der Lichttechnik. Gemessen wird dieser Wert mit einem Leuchtdichtemessgerät, um z. B. die Helligkeit einer Lichtquelle oder des Umfeldes am Immissionsort ermitteln zu können.

Lichtfarbe (Einheit ohne) definiert einen wahrgenommenen Farbeindruck eines Leuchtmittels. Damit lassen sich Leuchtmittel besser einteilen und eine replizierbare Beleuchtung erreichen. Sie setzt sich aus der Farbwiedergabe (z. B. 8xx) und der Farbtemperatur (z. B. x30) zu einer Kurzbezeichnung (z. B. 830) zusammen. Umgangssprachlich werden teilweise auch Farbbezeichnungen (z. B. x30 -> warmweiß) verwendet.

Lichtleistung (Einheit ohne) ist eine umgangssprachliche Bezeichnung für das abgegebene Licht einer Lampe oder Leuchte.

Lichtstärke (Einheit Candela: cd) ist die Strahlung, die in eine bestimmte Richtung, z. B. zum Immissionsort abgegeben wird. Sie wird von den Leuchtenherstellern gemessen und in Form von Lichtverteilungskurven zur Verfügung gestellt. In der Lichtberechnung wird aus der Lichtstärke und der sichtbaren Scheinwerferfläche die Leuchtdichte der störenden Lichtquelle ermittelt.

Lichtstrom (Einheit Lumen: lm) stellt die Lichtleistung dar, die eine Lampe abstrahlt. Dieser Begriff wird in der Lichtberechnung verwendet und variiert je nach Art der Lichterzeugung, Leistung und Lichtfarbe.

Lichtverteilung (Einheit ohne) ist die Form und Intensität z. B. des Lichtkegels einer Leuchte und wird grafisch oder tabellarisch vom Hersteller für die Berechnung zur Verfügung gestellt. Gebräuchliche immissionsarme Lichtverteilungen in der Außenbeleuchtung sind asymmetrische (überwiegend einseitig), doppelasymmetrische (links/rechts) und symmetrische Formen.

Reflexionsgrad (Einheit ohne) ist ein Wert für die Materialhelligkeit der Oberfläche einer Fläche oder eines Gegenstandes. Geringe Werte weisen z. B. dunkle Asphaltbeläge oder rote Backsteinfassaden auf. Hohe Reflexionsgrade haben zum Beispiel weiße Gebäudefassaden.

Schutzart (Einheit ohne) beschreibt die Dichtigkeit einer Leuchte gegenüber dem Eindringen von Fremdkörpern und Feuchtigkeit in ihr inneres. Die erste Ziffer steht für die Größe der eindringenden Fremdkörper und die zweite Ziffer für die Intensität und Richtung der die Leuchte umgebenden Feuchtigkeit. Je größer die Ziffern sind, desto besser ist die Leuchtdichte vor dem Eindringen von Fremdkörpern und Feuchtigkeit geschützt.

14 Anhang

14.1 Anhang - Zusammenfassung von Hinweisen und Festlegungen

Im Folgenden werden die wichtigsten Hinweise und getroffenen Festlegungen in Kurzform zusammengefasst. Dies ersetzt jedoch nicht den gesamten Bericht.

GRUNDLAGE DES LICHTKONZEPTES UND DER FESTLEGUNGEN

Die Grundlage des Lichtkonzeptes und der getroffenen Festlegungen bildet der städtebauliche Entwurf in Abbildung 14-1.



Abbildung 14-1 - städtebaulicher Entwurf des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgesellschaft (2020) (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 3-6)



Abbildung 14-2 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit einer Übersicht der möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 7-1)

Im weiteren Bearbeitungsfortschritt wurde der ursprüngliche städtebauliche Entwurf von 2020 in den Bebauungsplan 494 (siehe Abbildung 14-3) entwickelt, der in diesem Dokument als 1. Bauabschnitt zugrunde liegt. Die flächenmäßigen Abweichungen fallen gering aus und sind in Abbildung 14-4 ersichtlich.

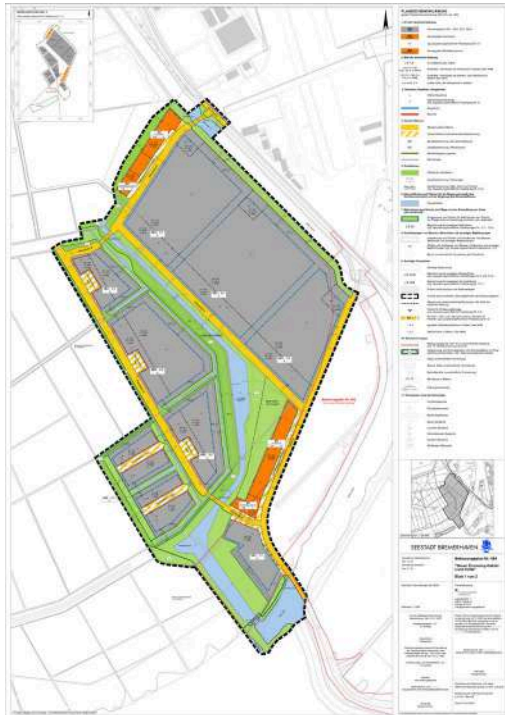


Abbildung 14-3 - Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma clausen – seggelke stadtplaner (clausen – seggelke, 2024)



Abbildung 14-4 - Vergleich des städtebaulichen Entwurfs des Green Economy - Gebietes „Lune Delta“ der Ingenieurgesellschaft Sweco GmbH, urbanegestalt PartGmbH und Cityförster Architecture + Urbanism (Ingenieurgesellschaft, 2020) mit dem Bebauungsplan Nr. 494 "Green Economy-Gebiet Lune Delta" Blatt 1 von 2 der Firma clausen – seggelke stadtplaner (clausen – seggelke, 2024)

ÜBERSICHT DER ZU BELEUCHTENDEN BEREICHE

Nach einer vergleichenden Bedarfsprognose im Auftrag der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN), vertreten durch die Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) sind nicht alle Bereiche zu beleuchten. In der Abbildung 14-2 werden die möglicherweise zu beleuchtenden Bereiche dargestellt.

Für einen umweltschonenderen Betrieb des Gewerbe- und Industriegebietes werden einige Bereiche auch absichtlich unbeleuchtet gehalten. Zum einen umfasst es das Wegesystem im Gelände, das sich, sofern erforderlich die Beleuchtung nur auf die Hauptstrecken beschränkt. Weiterhin werden folgende Bereiche nach Rücksprache mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ ebenfalls nicht beleuchtet:

- Weg, entlang des Naturschutzgebietes an den S-Warften und der Warft L4,
- Anleger/Stege*,
- Fischtrepfen,
- Unterseite und Seite von Brücken (Anstrahlung),
- Seilfähren*,
- Umtragestation für Kanus*.

* Sofern erforderlich, wäre von den Benutzern in diesen Bereichen eine eigenständige mobile Beleuchtung zu verwenden.

NUTZUNGSZEITEN

Die Nutzungszeiten der Beleuchtungsanlagen für das geplante Gewerbe- und Industriegebiet werden in Tabelle 7-1 aufgeführt.

Bereich	Zeitraum der Beleuchtung			Anmerkung
	Voll eingeschaltet	Reduzierter Betrieb	Ausgeschaltet	
Straßen und Parkflächen	05:00 Uhr - 22:00 Uhr	22:00 Uhr - 05:00 Uhr	-	Nachtabenkung um mindestens 1 Stufe (50 %) ^{1, 2}
Geh- und Radwege	05:00 Uhr - 22:00 Uhr	22:00 Uhr - 05:00 Uhr	-	Nachtabenkung um mindestens 1 Stufe (50 %) ^{1, 2}
Freizeitsportflächen	08:00 Uhr - 20:00 Uhr 08:00 Uhr - 22:00 Uhr	20:00 Uhr - 22:00 Uhr !	22:00 Uhr - 08:00 Uhr	Wochentage sind abhängig von der Bedarfsanalyse ³
Arbeitsstätten auf den Warften S, M und L sowie Initialcluster und Commons 1+2	07:00 Uhr - 20:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	-	Länger nicht genutzte Arbeitsstätten sind auszuschalten oder auf ein niedriges Niveau abzusenken.
Werbeschilder auf den Warften S, M und L sowie Initialcluster und Commons 1+2	06:00 Uhr - 22:00 Uhr	-	22:00 Uhr - 06:00 Uhr	Beleuchtete Werbeschilder sind an allen Außenseiten ungünstig und daher zu vermeiden.
Beleuchtung während der Bauphase	7:00 Uhr - 20:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	20:00 Uhr - 07:00 Uhr	Im reduzierten Betrieb ist nur eine Beleuchtung zur Baustellenabsicherung zulässig.

Tabelle 14-1 - Nutzungszeiten der Beleuchtung

¹ In Stoßzeiten während nächtlicher Schichtwechsel kann in Abstimmung mit dem Betreiber für einen kurzen Zeitraum ein 100%-Betrieb ermöglicht werden.

² An betriebsfreien Wochenenden oder Feiertagen kann die Beleuchtung auch schon früher abgesenkt werden. Nach neuer Norm DIN 13201-1 (2021) sind mehrere nutzungsabhängige Beleuchtungsklassen möglich. Mit regelbaren Leuchten ist dies technisch umsetzbar.

³ Noch ausstehend, ein nutzungsabhängiger Betrieb sollte möglich sein.

ANWENDBARE NORMEN, RICHTLINIEN UND REGELWERKE

Für die zukünftige Beleuchtung im Außenraum können die in Tabelle 14-2 aufgeführten Normen und Richtlinien in dieser oder neuerer Version angewendet werden.

Dokument	Bereich	Verwendung
DIN 13201-1:2021	Straßenbeleuchtung – Auswahlklassen	Empfehlung
DIN EN 13201-2 bis -5:2015/2016	Straßenbeleuchtung – Güteermkmale, Berechnung, Messung und Effizienz	Empfehlung
DIN 67523-1 bis -2:2010	Beleuchtungsanforderungen für Fußgängerüberwege	Empfehlung
DIN EN 67528:2018	Beleuchtungsanforderungen für Parkplätze und Parkbauten	Empfehlung
DIN EN 12464-2:2014	Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsplätze im Freien	Empfehlung
ASR A3.4:2011/2014	Technische Regeln für Arbeitsstätten	Vorschrift
DIN EN 12193:2019	Sportstättenbeleuchtung + Insekten	Empfehlung

Tabelle 14-2 - anerkannte technische Regelwerke für Beleuchtungsanlagen im Außenraum

Erklärung:

- DIN Deutsche Industrienorm
- EN Europäische Norm
- DIN EN Europäische Norm in Deutscher Fassung
- ASR Technische Regel für Arbeitsstätten

Zur Bewertung und Bewertung von Lichtimmissionen die in Tabelle 4-2 aufgeführten Hinweise und Empfehlungen in dieser oder neuerer Version angewendet werden.

Dokument	Bereich	Verwendung
LiTG-Publikation Nr. 12.3:2011	Lichtimmission	Empfehlung
Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen des LAI vom 08.10.2012/2015	Lichtimmission	Empfehlung / Hinweis
CIE 150:2017	Lichtimmission	Empfehlung

Tabelle 14-3 - anerkannte technische Regelwerke für den Schutz vor Lichtimmissionen

Erklärung:

- LiTG Lichttechnische Gesellschaft e. V. Deutschland
- LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
- CIE Internationale Beleuchtungskommission

FESTLEGUNG DER BEWERTUNGSBEREICHE UND GRENZWERTE

Das geduldete Lichtniveau im Naturschutzgebiet sollte nicht mehr als 0,1 lx betragen, da es in etwa einer Vollmondnacht entspricht und damit bei Vollmond die Überschreitung nicht zu stark wird. Dies wird von allen Tierarten als unkritisch wahrgenommen. In Zusammenarbeit mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ wurde daraufhin das geplante Gewerbe- und Industriegebiet sowie dessen Umgebung in verschiedene Bereiche aufgeteilt. In der Abbildung 14-3 werden diese grafisch zugeordnet.

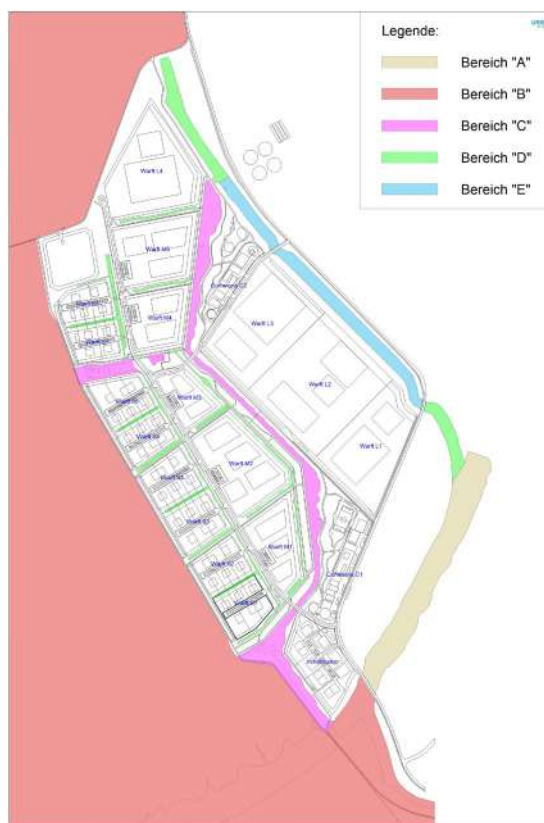


Abbildung 14-5 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Zuordnung der Bereiche mit unterschiedlichen Grenzwerten (vergrößerte Darstellung siehe Abbildung 5-5)

Eine Zuordnung dieser Bereiche zu den verschiedenen Umweltzonen der CIE 150:2017 ist nicht direkt machbar, da die geforderten Grenzwerte nicht eins zu eins zuordenbar sind. Die Grenzwerte weichen von den Hinweisen des LAI (2012) und der CIE 150:2017 in einigen Punkten ab. Es musste gemeinsam mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ ein Kompromiss aus Vorgaben und Empfehlungen zwischen den schützenswerten Bereichen und der technischen Machbarkeit bzw. der bereits vorhandenen Lichtimmissionsbelastung durch den B-Plan 441 „Fischereihafen – West“ getroffen werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Naturschutz. Bei der Anwendung der Grenzwerte hat die Raumaufhellung Priorität. Danach wird der Proportionalitätsfaktor k für die Blendwirkung entsprechend ermittelt.

Bereich	Raumaufhellung (E_f)		Blendwirkung (k)	
	7:00 – 20:00 Uhr*	20:00 – 7:00 Uhr	7:00 – 20:00 Uhr*	20:00 – 7:00 Uhr
A	0 lx	0 lx	< 32	< 32
B	0,1 lx	0,1 lx	< 32	< 32
C	2 lx	1 lx	< 64	< 32
D	5 lx	2 lx	< 96	< 64
E	10 lx	5 lx	< 160	< 96

Tabelle 14-4 - Zuordnung der Grenzwerte zu den verschiedenen Bereichen auf dem Gewerbe- und Industriegebiet "Lune Delta"

* Dieser Zeitraum ist in Anlehnung an die vom landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ vorgegebenen Beleuchtungszeiten während der Bauphase übernommen worden. Von der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) wurde er auf das gesamte Gewerbe- und Industriegebiet „Lune Delta“ übertragen.

Entsprechend der Empfehlung der CIE und weiteren Artenschutzverbänden darf z. B. für die Umweltzone E1 kein Licht (0 %) der Leuchten in Gebrauchslage nach oben hin abgegeben werden. Dies führt zu einer Verringerung der Raumaufhellung. Diese Grenze ist für das gesamte Gewerbe- und Industriegebiet übernommen worden. Eine mögliche Ausnahme in Einzelfällen wäre z. B. auf Arbeitsbühnen, bei denen mit asymmetrischen Leuchten keine wirtschaftliche Lösung gefunden werden kann. In diesen Fällen ist ein lichttechnischer Nachweis in Form einer Berechnung über die Störwirkung vorzulegen.

Eine Besonderheit der eingezeichneten Grenzen wird in Abbildung 14-4 dargestellt. In diesem Bereich stehen die grünen Linien die für einen Grenzwert von 2 lx vertikal für die M-Warften. Die pinkfarbene Linie auf der linken Seite mit 1 lx vertikal gilt nur für den Geh- und Radweg.

Ferner ist auch die Besonderheit für die Beleuchtung der Sport- und Freizeitfläche im unteren Rahmen der Abbildung 14-4 dargestellt. Die grüne Linie steht in dem Fall für 2 lx als Summe der Beleuchtung des Common C1, der Sport- und Freizeitfläche sowie des Geh- und Radweges.

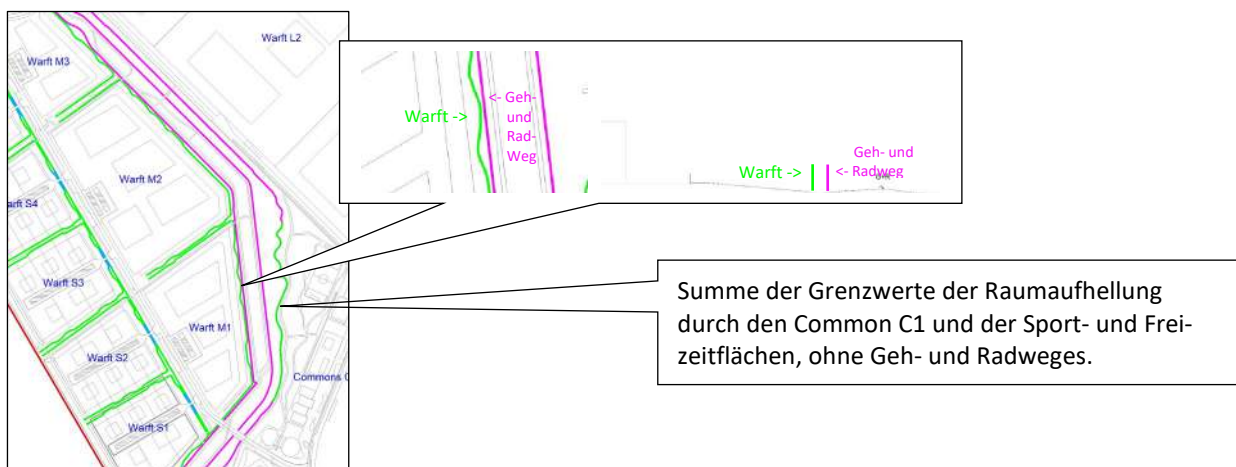


Abbildung 14-6 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgemeinschaft (2020) mit Besonderheiten der Grenzen der Raumaufhellung in der Darstellung der Abbildung 5-6

ANFORDERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN AN DIE TECHNISCHE AUSRÜSTUNG DER BELEUCHTUNG

Als minimale Anforderung an die Lichtquellen fiel die Wahl daher auch in Abstimmung mit der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) und dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ auf LEDs mit der Farbtemperatur 2.200 K oder Natriumdampfhochdrucklampen. Lampenspektren mit noch geringerem Blauanteil wie z. B. LEDs mit einer Farbtemperatur von 1.800 K sind ebenfalls zugelassen. Die Anforderungen an den Naturschutz werden damit auch erfüllt. Ausgenommen sind auch hier angestrahlte oder selbstleuchtende Werbeelemente oder Bereiche mit besonderer Farberkennung.

Diese Empfehlungen sollten bei der Auswahl von Leuchten im geplanten Green Economy – Gebiet berücksichtigt werden:

- effiziente Lichttechnik,
- gut abgeschirmte Leuchten,
- in der Helligkeit dimm- bzw. regelbar,
- LEDs in Lichtfarbe 722 oder besser (z. B. Lichtfarbe 618),
- Natriumdampfhochdrucklampen,
- hohe Schutzart (IP 65 oder besser),
- geringe Oberflächentemperatur (max. 60 °C).

Weiterhin sind folgende Anforderungen aus unserer Sicht an eine nachhaltige Beleuchtung gestellt:

- modularer Aufbau,
- langlebige Materialien und Komponenten,
- Möglichkeit für gängige Steuerungs- und Lichtregelungsprotokolle in der Außenbeleuchtung,
- LEDs nur mit Konstantlichttechnik (CLO).

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Leuchten bzw. Scheinwerfer aufgrund der unterschiedlichen Anwendungsfälle, Bauabschnitte und –zeiträume folgende Eigenschaften aufweisen:

- optionaler Blendschutz standardmäßig verfügbar,
- vielfältige Lichtverteilungen und Lichtstrompakete in einem Bauformtyp,
- flexibel einsetzbare Leuchten,
- Großserienprodukte für längerfristige Verfügbarkeit,
- auch in Kleinmengen lieferbar.

Von einer Steuerung über ein kamerabasiertes System in Form eines mitlaufendes Lichtes wird seitens des landschaftsökologischen Gutachterbüros „naturraum“ abgeraten. Die Störwirkung der Tierwelt durch eine mitunter stetige Änderung der Helligkeit ist zu groß. Dies kann je nach Verkehrsbelastung eher zu einer gewissen Unruhe führen.

VORGABEN UND EINSCHRÄNKUNGEN ZUR BELEUCHTUNG

Die Vorgaben und Einschränkungen an die Beleuchtung und die Art der verwendeten Lichtverteilungen werden in verschiedenen Piktogrammen kurz zusammengefasst. Für die Flächenbeleuchtung auf den Warften und den Parkplätzen sind die Hinweise aus Abbildung 14-5 zu beachten. Vorgaben an eine Lichtpunkthöhe können zu diesem Zeitpunkt nicht erfolgen, da es unter anderem von Geometrie des Grundstücks, der Bebauung und der dort angesiedelten Branche abhängt. Die Lichtpunkthöhen sind unter den naturschutzrechtlichen, wirtschaftlichen und lichttechnischen Belangen so gering wie möglich zu wählen.

Generell werden ab einer Lichtpunkthöhe von 1,50 m nur Leuchten mit einem waagerechten Lichtaustritt erlaubt. Sofern erforderlich, können die Leuchten/Scheinwerfer max. 5° aus der Horizontalen aufgeneigt werden. Eine mögliche Ausnahme in Einzelfällen wäre z. B. auf Arbeitsbühnen, bei denen mit asymmetrischen Leuchten keine wirtschaftliche Lösung gefunden werden kann. In beiden Fällen ist ein lichttechnischer Nachweis in Form einer Berechnung über die Störwirkung vorzulegen.

Anmerkung: Es gibt auch LED-Scheinwerfer auf dem Markt, die über eine asymmetrische Lichtverteilung verfügen und bis zu 40° aufgeneigt werden müssen. Damit kann es trotzdem möglich sein, die Anforderungen an die Lichtimmissionen einzuhalten. Diese Art der Scheinwerfer können ebenfalls verwendet werden.

Beleuchtung der Arbeitsstätten und Parkplätze

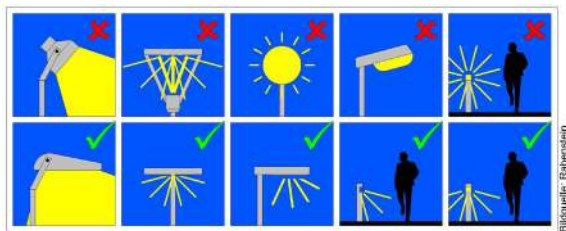


Abbildung 14-7 - Hinweise zur Beleuchtung auf Flächen

Für Straßen, Wege und Plätze

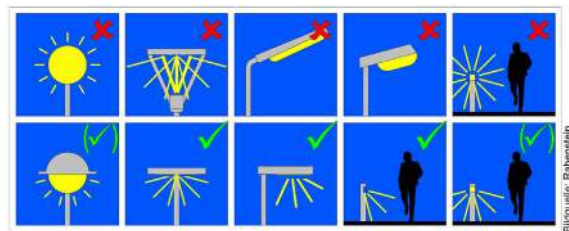


Abbildung 14-8 - Hinweise zur Beleuchtung auf Straßen, Wegen und Plätzen

Anstrahlungen und Schildbeleuchtungen

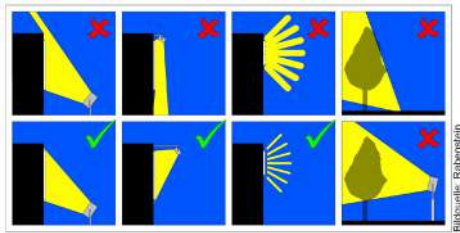


Abbildung 14-9 - Hinweise für Anstrahlungen und Schildbeleuchtungen

Baustellen

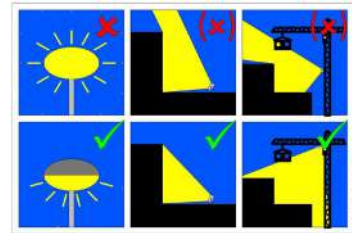


Abbildung 14-10 - Hinweise zur Beleuchtung während der Bauphase

Das Lichtkonzept für eine öffentliche Beleuchtung wie Straßen, Geh- und Radwege, etc. wurde in Kapitel 7.4 bereits beschrieben. Diese Bereiche haben in Bezug auf die Lichtimmission einen Sonderstatus, da sie der Verkehrssicherung dienen. Dennoch gilt auch hier, die Lichtpunkthöhe so gering wie möglich wählen und gut entblendete Leuchten einzusetzen. Der überwiegende Anteil der Beleuchtung soll auf die benötigten Flächen fallen und das restliche Licht nur eine sehr geringe Raumaufhellung erzeugen. Nach CIE 150:2017 (2017) wäre der Grenzwert für eine maximale vertikale Beleuchtungsstärke von 1 lx vor dem Beginn der Schutzzone. In den Vergleichsrechnungen wurden bedeutend geringere Werte erzielt. In der Gesamtbetrachtung wird die Anlockwirkung dieser Beleuchtung daher kaum berücksichtigt. Der Weg parallel zum Naturschutzgebiet Luneplate wird nicht beleuchtet.

Für Straßen, Wege und Plätze gelten die Einschränkungen aus Abbildung 14-6. Eine Lichtpunkthöhe kann zu diesem Zeitpunkt nicht festgelegt werden, da es unter anderem auch von der letztendlichen Straßengeometrie und dem verwendeten Leuchtentyp abhängt.

Ein Sonderfall bildet die trichterförmige Gestaltung der Zufahrten über die Brücke zu den S-Warften. Es wird nicht möglich sein, die für diesen Bereich geltenden Grenzwerte einzuhalten. In einem Bereich der 1-mal so groß wie die größte Breite des Trichters ist, kann es zu Überschreitungen Links und Rechts neben der Brücke kommen. Dieser Umstand wurde in der Darstellung der Grenzwerte der vertikalen Beleuchtungsstärke in Abbildung 5-6 eingearbeitet.

Anstrahlungen von Gebäuden sind auf allen Seiten ungünstig. Eine Anstrahlung von Bäumen, Pflanzen, Pflanzgruppen und Wasserflächen außerhalb einer Warft, Commons oder dem Gründerzentrum sind aufgrund der Grenzwerte und des Naturschutzes nicht möglich. Eine seitliche Anstrahlung von Brücken oder eine Illumination der Brückenkonstruktion von unten ist zum Wohl der Tierwelt für das Green Economy – Gebiet nicht zulässig. Einschränkungen für Anstrahlungen von Gebäuden und die Beleuchtung von Werbeschildern sind in der Abbildung 14-7 dargestellt.

Wenn Werbeschilder beleuchtet werden sollen, dann sind die Leuchtdichtegrenzwerte folgender Grenzwerte aus Kapitel 7.3 und die Betriebszeiten nach Tabelle 7-1 einzuhalten:

- Grenzwert für beleuchtete Werbeschilder 50 cd/m²,
- Grenzwert für direkt beleuchtete Gebäudefassaden 0,1 cd/m².

Werbeschilder, die sich auf der Seite zum Naturschutzgebiet befinden, dürfen nicht beleuchtet werden. Generell dürfen gesamte Werbeanlagen oder Teile davon keine zu dynamischen, pulsierenden oder blinkenden Lichtwechsel aufweisen. ~~Starke Änderungen der Helligkeits- und Farbformationen sind kontinuierlich über einen Zeitraum von mindestens 1 Sekunde zu führen.~~ Das tägliche Ein- und Ausschalten zur Inbetriebnahme ist davon ausgenommen. In den späten Dunkelstunden (ab 22:00 Uhr) ist die Beleuchtung der Werbeanlagen abzuschalten. Oberhalb von 4,00 m ab Oberkante der Warft sind keine beleuchteten oder selbstleuchtenden Werbeanlagen anzubringen. Die Werbeschilder in Richtung der Naturschutzgebiete sind nicht zu beleuchten. Bei der Beleuchtung der Werbeschilder ist das Gestaltungshandbuch der Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (bis) (2022) zu berücksichtigen.

Eine immissionsarme Beleuchtung schließt neben dem richtigen Lichtniveau auch gewisse temporäre Lichtsituationen in der Bauphase aus. Diese Beleuchtung sollte auf die erforderlichen Bereiche beschränkt werden. Die angrenzenden Bereiche sind mit einem entsprechend niedrigeren Niveau auszuleuchten. Anhaltspunkte sind dazu in der DIN EN 12464-2:2014 (2014) zu finden. Einschränkungen für Baustellen sind während der Bauphase auf dem Gelände in der Abbildung 14-7 dargestellt.

Um die Störeinflüsse durch Licht und Lärm zu minimieren, sind gewisse Ruhezeiten einzuhalten. Die Ruhezeit ist nach Rücksprache mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ von 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr. Ergänzend sind als vorbereitende Maßnahme an ungünstigen Standorten für die Zeit der Beeinträchtigung zum Schutz der Tiere z. B. Sandaufschütten o. Ä. vorzusehen. Sollte eine ständige Beleuchtung während der Nacht aus Sicherheitsgründen erforderlich sein, so ist diese so gering wie möglich zu halten. ~~Die Farbtemperatur dieser Beleuchtung darf nicht kälter als 4.000 K, besser 3.000 K oder geringer sein.~~ Die Farbtemperatur dieser Beleuchtung darf nicht kälter als 2.700 K betragen.

BESONDERHEIT BEI DER BELEUCHTUNG DER WARFTEN

Zum heutigen Zeitpunkt kann nicht gesagt werden, wann sich welche Firmen ansiedeln werden oder wie lange Flächen leer stehen. Auch ein Firmenwechsel kann Änderungen der Beleuchtung zur Folge haben. Zudem sollte jede Firma die Möglichkeit bekommen, ihre eigenen Betriebskosten für die Beleuchtung zu bezahlen und diese auch individuell schalten zu können. Grenzen 2 Mieter unmittelbar aneinander, kommt es daher unweigerlich zu einer Überlappung der Beleuchtung auf das Nachbargrundstück. Das ist ohne immensen technischen Aufwand nicht vermeidbar.

Damit kommt es aber auch an der Außenseite der Grundstücke zu Überlappungen bei den Grenzwerten der Raumaufhellung für eine bestimmte Fläche.

Wenn zum Beispiel 2 Firmen auf einer S-Warft neben dem Weg am Naturschutzgebiet liegen, beträgt der Grenzwert der Raumaufhellung, der nicht überschritten werden darf, für jede Firma 0,1 lx. Halten beide Firmen in ihren Berechnungen diesen Grenzwert ein, kommt es unweigerlich im Bereich der Grenze beider Grundstücke zu einer Überlappung. Damit werden dort 0,2 lx vorherrschen und der Grenzwert zu 100 % überschritten. Wie groß der Bereich mit der Überschreitung parallel zu den Grundstücken sein wird, hängt von der jeweiligen Beleuchtungsstärke, den Lichtpunkthöhen und den verwendeten Leuchten ab. Die Überschreitung des Grenzwertes in die Tiefe des Naturschutzgebietes ist geringer als in die Breite. Genauere Angaben können dazu im Vorfeld nicht gemacht werden, da die Grenzwerte unterschiedlich sind und keine konkreten Beleuchtungsanlagen vorliegen. Im Bereich der S-Warften und einer Lichtpunkthöhe von 6,00 m könnten es ungefähr 10 bis 20 m in der Tiefe sein. In den Berechnungen ist in einem solchen Fall der maximale Abstand bis zum Erreichen der Hälfte des Grenzwertes der Raumaufhellung auszuweisen. Diese Überschreitung ist mit dem landschaftsökologischen Gutachterbüro „naturraum“ abgestimmt und wird geduldet. Der technische Aufwand wäre sonst immens.

Die Festlegung der Grenzwerte für die Raumaufhellung innerhalb der Warften ist ebenfalls nicht zu vernachlässigen. Während für die außen liegenden Grundstücke die Grenzwerte des benachbarten Schutzgebietes z. B. dem Naturschutzgebiet Luneplate gelten, können für die weiter innen liegenden Grundstücke diese Grenzwerte nicht mehr für den Beginn des Schutzgebietes angewendet werden. Diese Grenzwerte würden zwar durch die angrenzenden Grundstücke eingehalten, aber in Summe mit der Anzahl der innen liegenden Grundstücke überschritten. Es sind daher die Grenzwerte des in dieser Richtung liegenden Schutzgebietes bereits an der gegenüberliegenden Grenze des benachbarten Grundstücks einzuhalten. In Abbildung 7-17 bzw. Abbildung 14-9 ist dieser Sachverhalt an einem willkürlichen Beispiel aufgeführt.



Abbildung 14-11 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Beispiel für die Definition der Grenzwerte der Raumaufhellung für innen liegende Grundstücke

Zur vereinfachten Handhabung des vorgenannten Sachverhaltes kann durch die Teilgebiete GE1 und GE4 oder einer der darin gelegenen Grundstücke auch ein Grenzwert von 0,1 lx in einer Entfernung von 30 m ab der jeweiligen Grundstücksgrenze in Richtung des Naturschutzgebietes Luneplate festgesetzt werden. Damit kann der Grenzwert von 0,1 lx am Rand des Naturschutzgebietes mit der o.g. kleinen Überlappung für alle darin gelegenen Grundstücke ebenfalls eingehalten werden.

WEITERE MAßNAHMEN ZUR VERRINGERUNG VON LICHTIMMISSIONEN

Für die S-Warften wurde bereits am Weg parallel zum Naturschutzgebiet ein 1,50 m hoher Lichtschutzwall vorgesehen. Sofern erforderlich, ist ein Lichtschutzwall auch an der Warft L4 oder an anderen kritischen Stellen möglich. Alternativ können auch geschlossene Zäune o. Ä. in beengten Raumsituationen verwendet werden. Die jeweilige Höhe ist letztendlich von der Lichtberechnung abhängig. Auf einen Blendschutz an den Leuchten wird nicht ganz verzichtet werden können, sofern die Lichtpunkthöhe darüber hinausgeht.

HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUM TIERSCHUTZ

Gemeinsam mit dem Gutachterbüro „naturraum“ wurde in Anlehnung an die Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ der schweizerischen Vogelwarte in Sempach (Schmid et al., 2012) folgende Empfehlungen für die Gestaltung der Gebäude und der Außenbeleuchtung des geplanten Gewerbe- und Industriegebietes abgeleitet:

- Transparente Gebäude sind zu vermeiden.
- Keine metallischen oder hochreflektierenden Materialien als Fassadenmaterial einsetzen.
- Große Glasflächen sind mit Strukturen zu versehen, um für Vögel besser sichtbar zu werden.
- Die Beleuchtung in den Räumen an den Seiten zum Naturschutzgebiet und den innen liegenden Wasserflächen sollten mit warmweißer Lichtfarbe (x30) beleuchtet werden.
- In unbenutzten Räumen und Hallen sollte zumindest die Beleuchtung auf den Seiten zum Naturschutzgebiet hin und den innerhalb des Gewerbe- und Industriegebietes liegenden Wasserflächen abgeschaltet werden.
- Keine Leuchten aus dem Innenraum in Richtung der Naturschutzgebiete strahlen lassen.
- Ab einer Höhe von 5,00 m sind die Flächen der Fenster der in Nutzung befindlichen Räume über innen oder außen liegende Jalousien o. Ä., um mindestens 60 % zu reduzieren.
- Oberlichter sind zur Vermeidung von Lichtsmog in den oberen Halbraum und zur Reduzierung der Irritationen für Zugvögel in den Dunkelstunden zu verschließen.

-
- Es sind keine hohen Leuchtreklamen zu verwenden, sowie starke Lichtquellen in alle Richtungen zu vermeiden, da der gesamte Planungsraum als Anflugkorridor von der Weser als auch von Land und von der Stadt aus dient.
 - Beleuchtung von Werbeschildern/Werbepylone ist auf 50 cd/m² zu reduzieren und in den späten Dunkelstunden (ab 22.00 Uhr) abzuschalten. Die Werbeschilder in Richtung der Naturschutzgebiete sind nicht zu beleuchten.

Im Naturschutzgebiet Luneplate herrscht ganzjähriger Flugbetrieb ziehender Vögel. Die Flugrouten variieren zwischen den einzelnen Vogelarten. Dadurch können keine saisonalen und lokalen Ausnahmen gemacht werden.

Ergänzend werden nach den Hinweisen des LAI (2012) folgende weitere Einschränkungen gemacht:

- Notwendigkeit einer Beleuchtung abwägen,
- so hell wie nötig beleuchten,
- nicht benutzte Bereiche abschalten oder dimmen,
- die Lichtpunkthöhe so klein wie möglich wählen,
- Einflugschneisen, Brut- und Schlafplätze nicht beleuchten,
- gut abgeschirmte Leuchten verwenden,
- keine stark dynamischen Lichteffekte verwenden.
- keine Barrieren durch Licht erzeugen,
- Hindernisse wenn möglich durch geringes Streulicht oder andere Maßnahmen kenntlich machen.
- Nutzung von Skybeamern sind im Green Economy – Gebiet „Lune Delta“ nicht erlaubt!

Eine Anwendung oder bindende Vorgabe dieser erarbeiteten Empfehlungen geht in einigen Punkten über den Rahmen dieser Lichtimmissionsprognose hinaus und kann nur von der Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen GmbH & Co. KG (BEAN), vertreten durch die Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH (BIS) entschieden werden.

14.2 Anhang - Berechnungsgrundlagen der psychologischen Blendung nach LAI (2012)

Die Umfeldleuchtdichte ist die mittlere Leuchtdichte des Umfeldes im Radius von 10° um die Blendlichtquelle. Sie bestimmt damit die maximal zulässige Blendleuchtdichte. Außerdem sind die Größe der sichtbaren Blendlichtquelle sowie der Abstand r zwischen der Blendlichtquelle und dem Immissionsort (Raumwinkel Ω_S) ein weiteres Maß für die Blendung. Die Einheit des Raumwinkels wird mit Steradian (sr) bezeichnet. Der Raumwinkel 1 sr schneidet aus einer Einheitskugel mit dem Radius von 1 m ein Oberflächensegment von 1 m^2 heraus. Der Raumwinkel Ω_S einer Blendlichtquelle errechnet sich nach Formel 1 (LAI, 2012, S. 12, F. 7) aus der leuchtenden, sichtbaren Fläche der Blendlichtquelle F_p und der Entfernung r zum Immissionsort. Im Auge wird mit dem gleichen Raumwinkel das Bild auf der Netzhaut abgebildet.

Formel 1

$$\Omega_S = \frac{F_p}{r^2}$$

Es bedeuten:

- Ω_S Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr
- F_p sichtbare Lichtaustrittsfläche der Blendlichtquelle in m^2
- r direkter Abstand zwischen Blendlichtquelle und Immissionsort (Beobachter) in m

Der Positionsfaktor $P = 1$ ist auf einen Winkel $\pm 10^\circ$ zwischen Blickrichtung und Blendlichtquelle (siehe Abbildung 14-10) begrenzt.

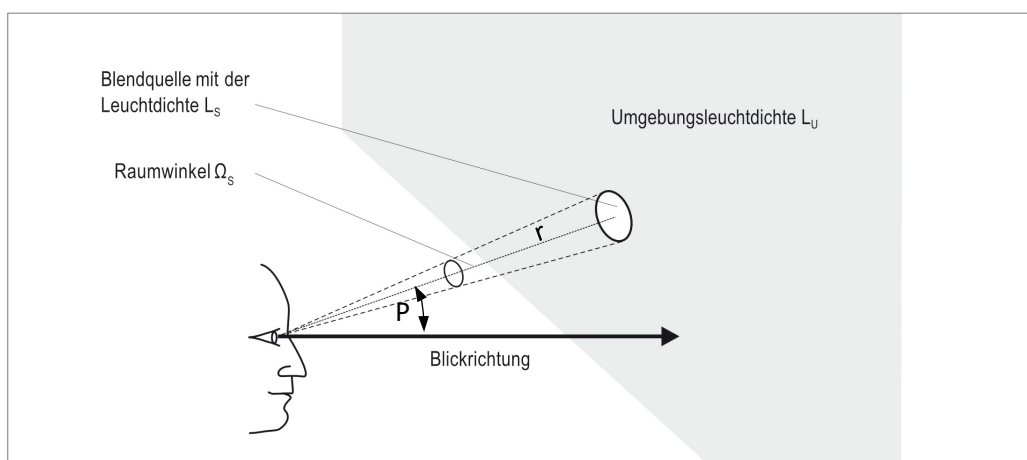


Abbildung 14-12 - Beschreibung der für die psychologische Blendung relevanten Größen, Auszug aus „LiTG-Publikation 12.3“ Seite 12, Abb. 4.1 vom LiTG Fachgebiet Außenbeleuchtung (2011)

Das Blendurteil als Proportionalitätsfaktor k ausgedrückt, ist durch eine Funktion gemäß Formel 2 (LiTG Publikation 12.3, 2011, S. 13, F. 8) von den Faktoren Blendleuchtdichte L_S , Umfeldleuchtdichte L_U , Raumwinkel Ω_S und dem Positionsfaktor $P = 1$ abhängig.

Formel 2

$$k = f(L_S, L_U, \Omega_S, P)$$

Es bedeuten:

k	Proportionalitätsfaktor
f	Funktion von ...
L_S	Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2
L_U	Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m^2
Ω_S	Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr
P	Positionsfaktor $1 = 20^\circ$ Gesichtsfeld; Position der Blendlichtquelle relativ zur Blickrichtung

Die Berechnung der Blendleuchtdichte L_S erfolgte über die Formel 3 (LAI, 2012, S. 11, F. 5) mit der aus der in der Berechnung ermittelten Lichtstärke I und der sichtbaren Scheinwerferfläche F_p .

Formel 3

$$\bar{L}_S = \frac{I}{F_p}$$

Es bedeuten:

\bar{L}_S	mittlere Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2
I	Lichtstärke einer Leuchte (durch eine Lichtberechnung ermittelt) in (cd)
F_p	sichtbare Lichtaustrittsfläche der Blendlichtquelle in m^2

Die maximal zulässige Leuchtdichte der Blendlichtquelle L_{\max} wird aus der Umfeldleuchtdichte L_U , dem Raumwinkel Ω_S der Blendlichtquelle und dem k-Faktor nach Formel 4 (LAI, 2012, S. 8, F. 2) berechnet:

Formel 4

$$\bar{L}_{max} = k \cdot \sqrt{\frac{L_u}{\Omega_s}}$$

Es bedeuten:

- \bar{L}_{max} maximal tolerable Leuchtdichte einer Blendlichtquelle gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel Ω_s in cd/m^2
- L_u Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m^2 . Falls die aus Messungen ermittelte Umfeldleuchtdichte kleiner als $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ ist, wird mit $L_u = 0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ gerechnet.
- Ω_s Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr
- k Proportionalitätsfaktor

Der Proportionalitätsfaktor k wird im Rahmen einer Lichtberechnung nach Formel 5 (LAI, 2012, S. 8, F. 3) ermittelt.

Formel 5

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

Es bedeuten:

- k Proportionalitätsfaktor
- \bar{L}_s Leuchtdichte der Blendlichtquelle in cd/m^2
- Ω_s Raumwinkel der (sichtbaren) Blendlichtquelle in sr
- L_u Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m^2

Der Anwendungsbereich von Formel 3 und 4 ist hinsichtlich der durchzuführenden Blendungsbetrachtung einzelner Leuchten auf eine Umfeldleuchtdichte L_u von $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ bis $10 \text{ cd}/\text{m}^2$ bei einem Raumwinkel Ω_s von 10^{-6} bis 10^{-2} sr nach LAI (2012) begrenzt.

Nach der DIN EN 60825-1:2015 des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN, 2015) wird die Grenze des kleinsten sichtbaren Raumwinkels Ω_s mit 10^{-6} sr beschrieben. Bei kleineren Raumwinkeln $\Omega_s < 10^{-6}$ sr handelt es sich um eine Punktlichtquelle, deren räumliche Ausdehnung nicht mehr wahrgenommen kann. Die Berechnung erfolgt nach dem fotometrischen Entfernungsgesetz mit der Formel 6 und der einzuhaltende Grenzwert nach Formel 7.

Kleinere Raumwinkel der Blendlichtquelle als 10^{-6} sr werden mit der Formel 6 (LAI, 2012, S. 9) berechnet.

Formel 6

$$E_P = \frac{I_{(\gamma_1)}}{r^2} \cdot \cos \gamma_2 \cdot \Omega_0$$

Es bedeuten:

- E_P von der Blendlichtquelle erzeugten Beleuchtungsstärke an einem Punkt (am Immissionsort Auge) in lx
 $I_{(\gamma_1)}$ Lichtstärke in Richtung Beobachter in Grad
 r direkter Abstand zw. Blendlichtquelle und Immissionsort (Beobachter) in m
 γ_2 Einfallswinkel des Lichtes zur Blickrichtung (des Beobachterauges) in Grad, bei direkter Blickrichtung = 0
 Ω_0 Einheitsraumwinkel in sr

Der Grenzwert, der für kleinere Raumwinkel der Blendlichtquelle als 10^{-6} sr einzuhalten ist, wird mit der Formel 7 (LAI, 2012, S. 9) berechnet.

Formel 7

$$E_S = 10^{-3} \cdot k \cdot \sqrt{\bar{L}_U}$$

Es bedeuten:

- E_S Grenzwert der erzeugten Beleuchtungsstärke am Immissionsort (Auge) einer Blendlichtquelle in lx
 k Proportionalitätsfaktor
 \bar{L}_U mittlere Leuchtdichte des Umfeldes der Blendlichtquelle in cd/m^2

Die Blendung bei Raumwinkeln $<10^{-6}$ sr wird als nicht störend wahrgenommen, wenn die Beleuchtungsstärke am Auge E_P kleiner gleich dem Grenzwert E_S ist.

14.3 Anhang - angenommener Höhenverlauf als Schnittdarstellung

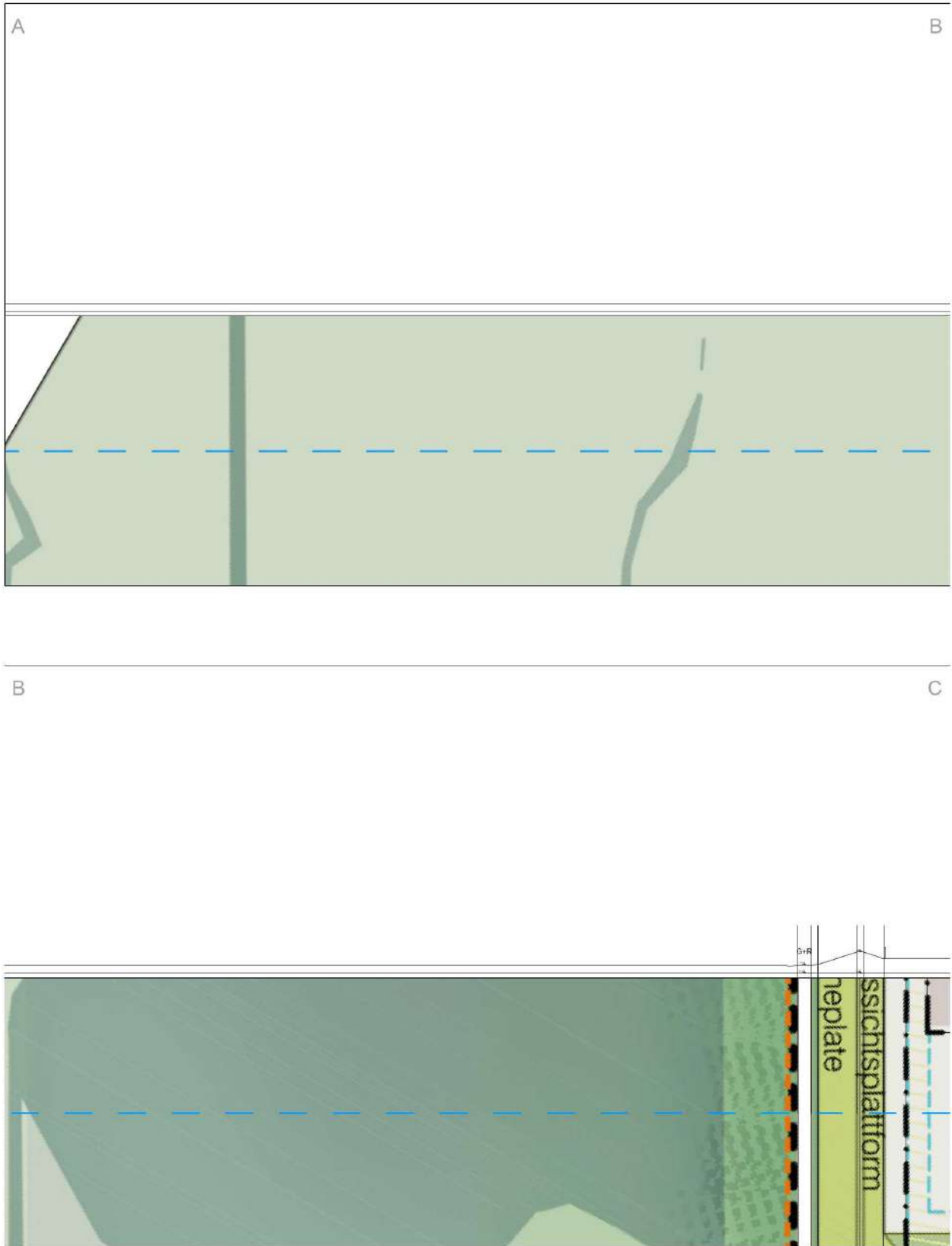
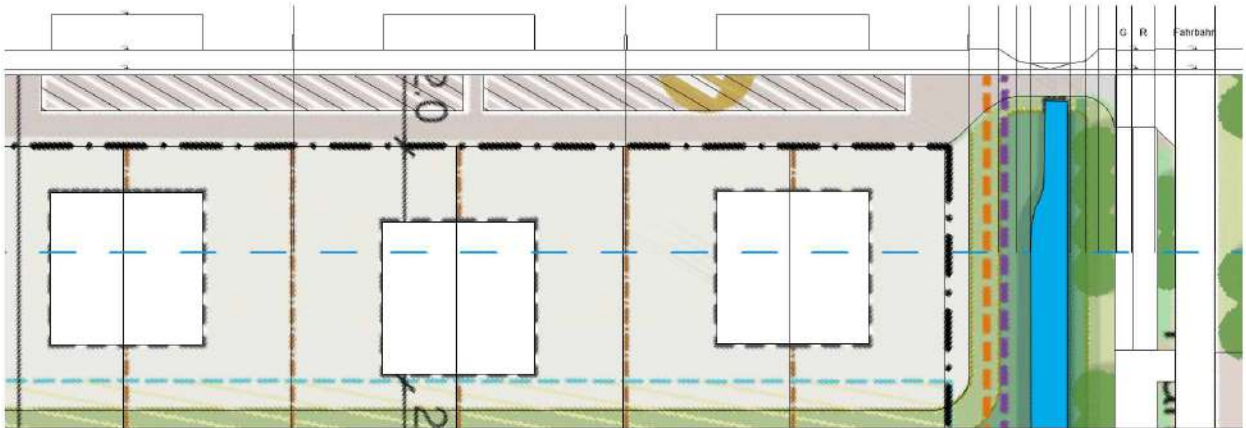


Abbildung 14-13 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt A bis C

C

D



D

E

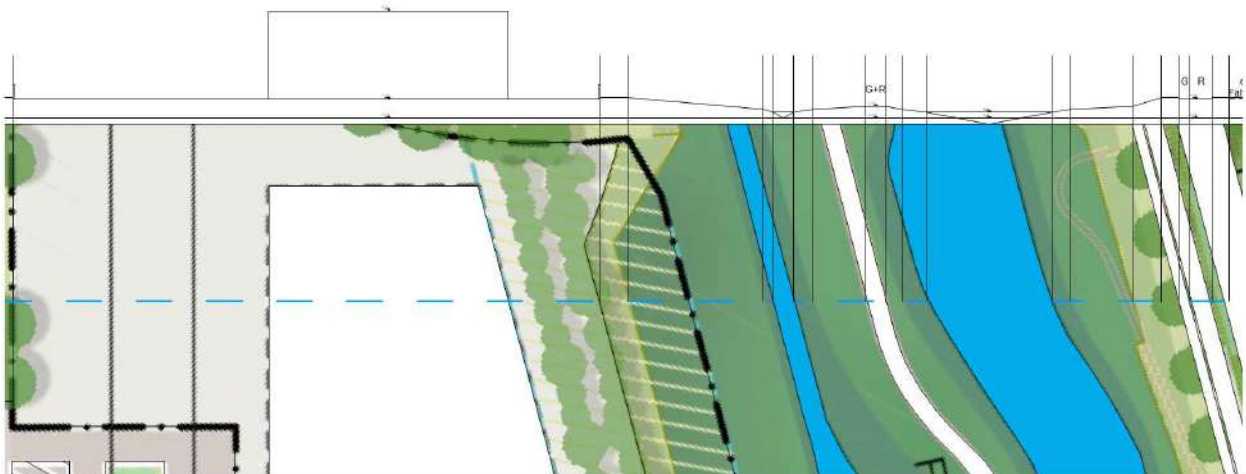


Abbildung 14-14 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt C bis E

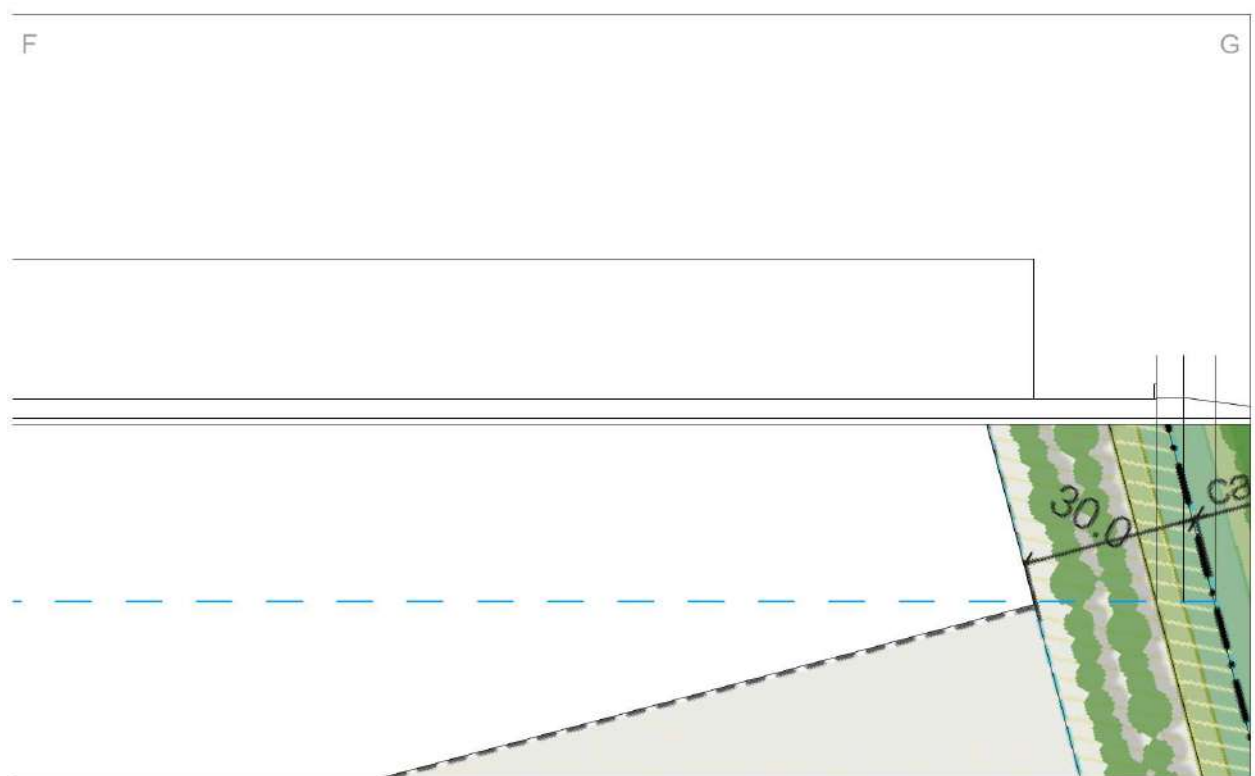
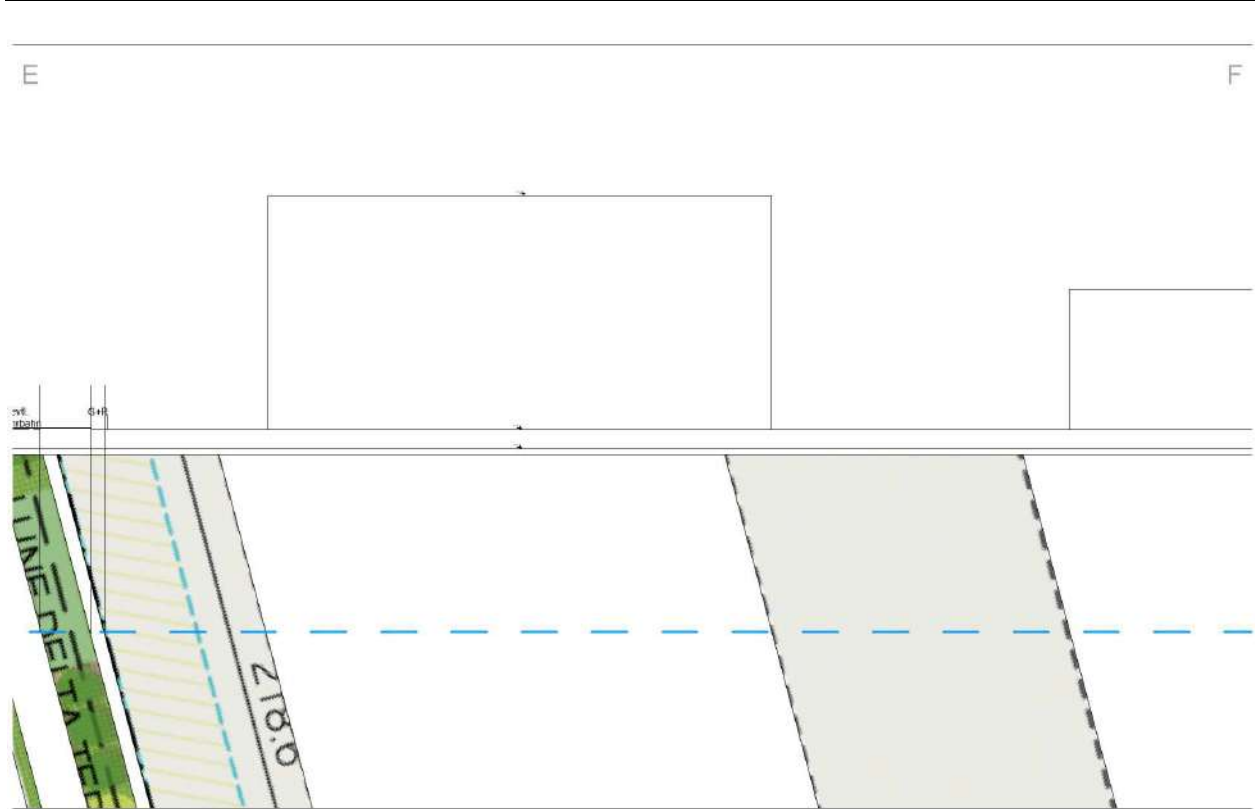


Abbildung 14-15 - Darstellung des verwendeten Höhenverlaufs im Abschnitt E bis G

14.4 Anhang – Energiekostenbetrachtung verschiedener Lichtfarben mit und ohne Blendschutz

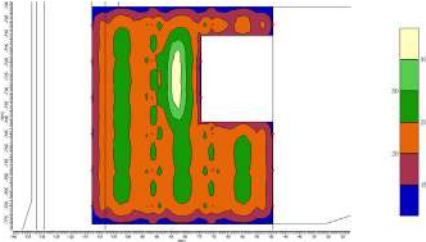
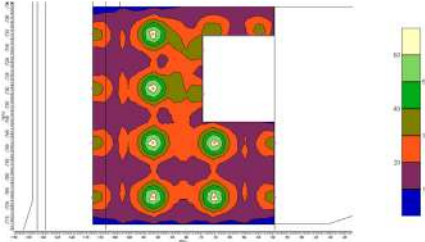
Ausgangsbasis der Beispielberechnung

- Annahmen:
 - Warft S1 Bereich C (eigene Definition)
 - Fläche: 4.795 m² abzüglich Gebäude = 4.045 m²
 - Beleuchtungsstärke: 20 lx
 - Lichtpunkthöhe: 5,00 m
- Betrachtete Lichtfarben:
 - LF 740 (4.000 K Neutralweiß)
 - LF 730 (3.000 K Warmweiß)¹
 - LF 727 (2.700 K Warmweiß)¹
 - LF 722 (2.200 K gelbliches Weiß)¹
 - LF 618 (1.800 K gelbes Licht)^{1, 2}
- Beleuchtungsvarianten:
 - Variante 1: Full-Cutoff-Leuchte
 - Variante 2: Standardleuchte

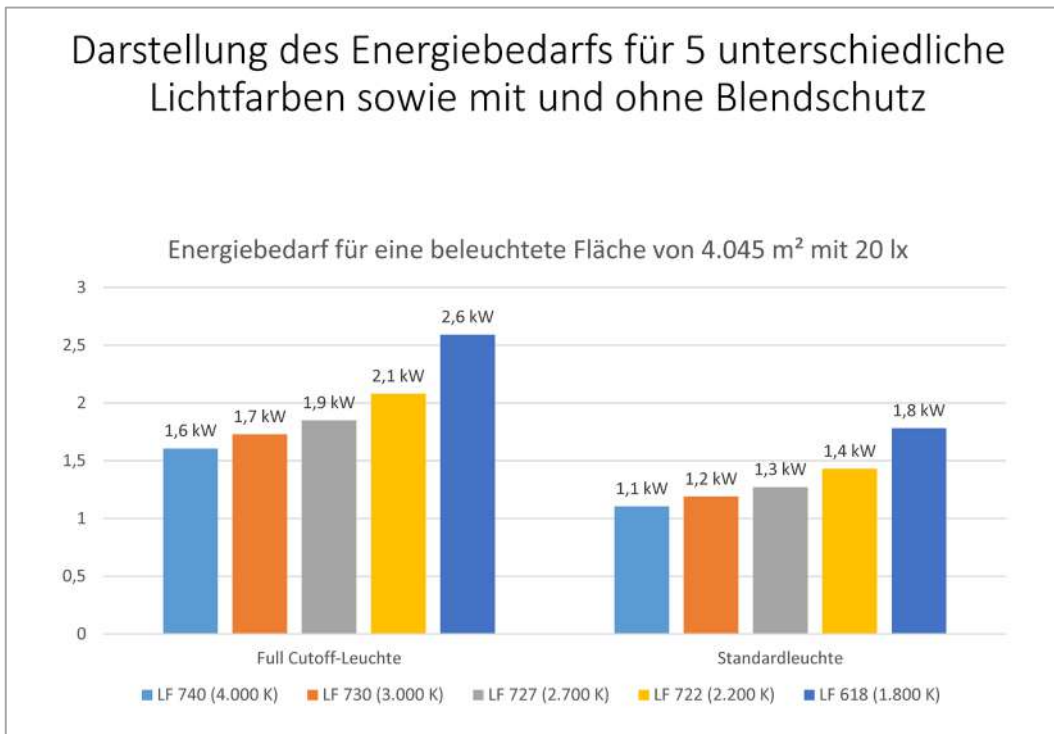


¹ Von den Naturschutzverbänden empfohlen
² Von den Sternwarten empfohlen

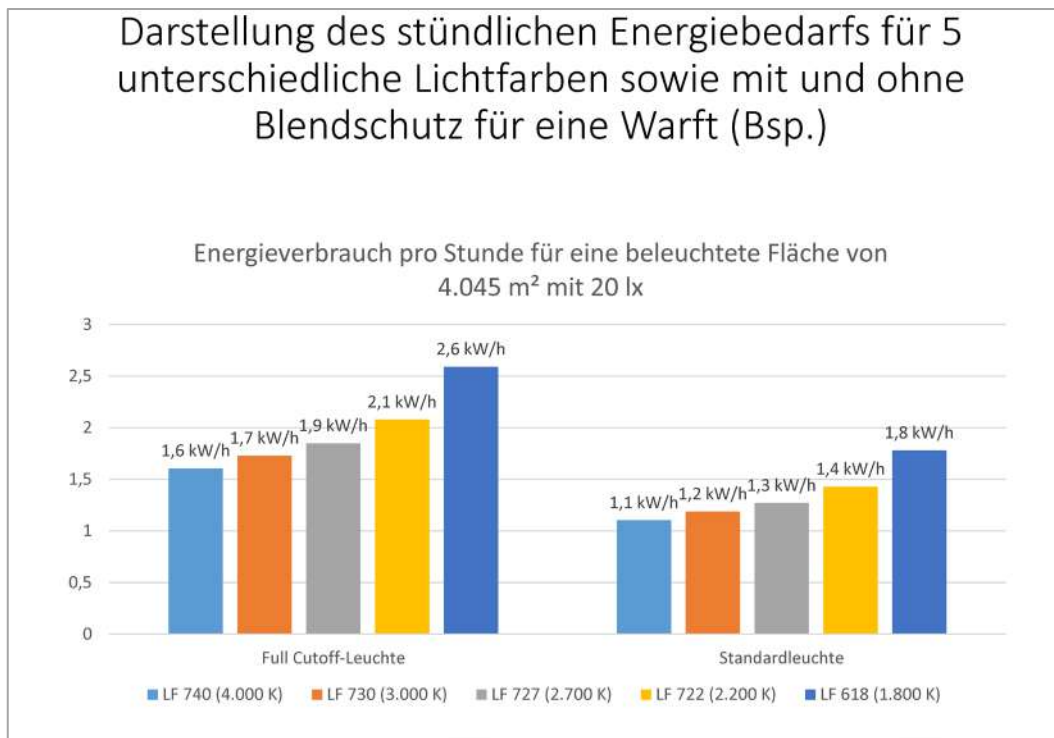
Ergebnisse der Berechnung (Entwurf)

Full-Cut-Off-Leuchte*	Standardleuchte
	
<p>32 Leuchten</p> <p>$E_{\text{mittel}} = 22,7 \text{ lx}$</p> <p>$U_o = 0,52$</p>	<p>22 Leuchten</p> <p>$E_{\text{mittel}} = 23,4 \text{ lx}$</p> <p>$U_o = 0,29$</p>
<p>* Kompletzt abgeschirmte Leuchte zum Schutz der Umgebung vor Streulicht und Blendung</p>	

Darstellung des Energiebedarfs für 5 unterschiedliche Lichtfarben sowie mit und ohne Blendschutz

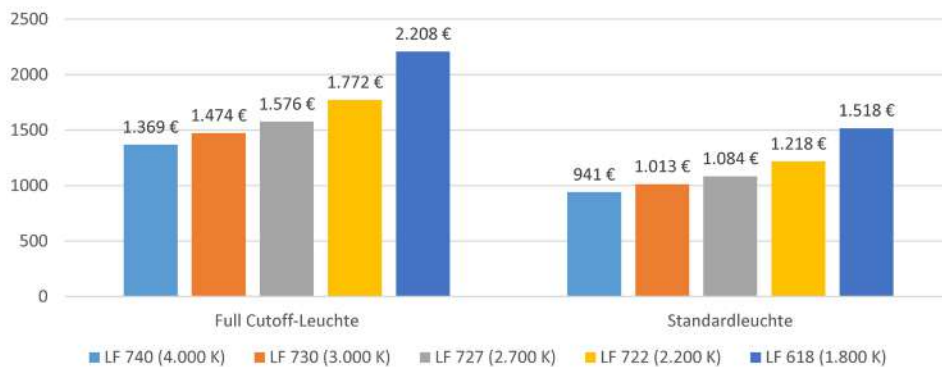


Darstellung des stündlichen Energiebedarfs für 5 unterschiedliche Lichtfarben sowie mit und ohne Blendschutz für eine Warft (Bsp.)



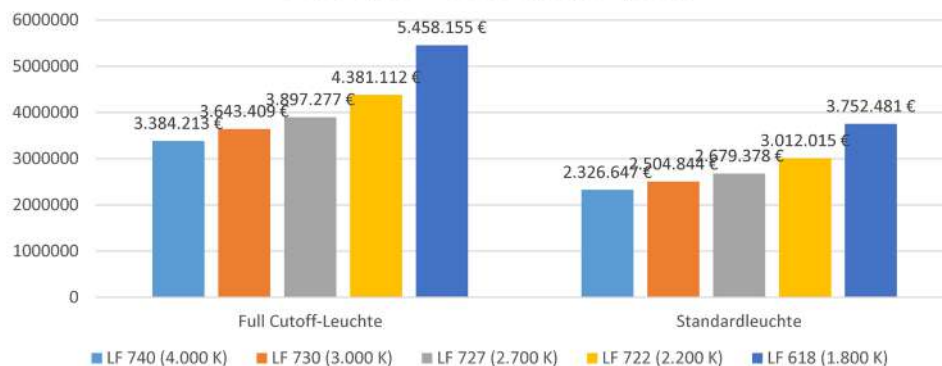
Darstellung der jährlichen Energiekosten für 5 unterschiedliche Lichtfarben sowie mit und ohne Blendschutz in einem Jahr für eine Warft (Bsp.)

Energiekosten auf einer beleuchteten Fläche von 4.045 m² für ein Jahr mit 20 lx bei 4.000 Brennstunden jährlich und einem Arbeitspreis Strom von 21,3 ct/kWh



Darstellung der jährlichen Energiekosten für 5 unterschiedliche Lichtfarben sowie mit und ohne Blendschutz in einem Jahr für 100 ha beleuchtete Fläche (Bsp.)

Energiekosten auf einer beleuchteten Fläche von 100 ha für ein Jahr mit 20 lx bei 4.000 Brennstunden jährlich und einem Arbeitspreis Strom von 21,3 ct/kWh



Prozentuale Darstellung der Tendenz des Energiebedarfs für 5 unterschiedliche Lichtfarben (mit und ohne Blendschutz sind identisch)

Lichtfarbe	Abweichung zur Basis 100 %*			
LF 740 (4.000 K)	-7 %	-13 %	-23 %	-38 %
LF 730 (3.000 K) ¹	100 %	-7 %	-17 %	-33 %
LF 727 (2.700 K) ¹	+7 %	100 %	-11 %	-29 %
LF 722 (2.200 K) ¹	+21 %	+13 %	100 %	-20 %
LF 618 (1.800 K) ^{1,2}	+50 %	+40 %	+25 %	100 %

↑ Tendenz ↓

* Mittelwert über mehrere Leuchtenfamilien verschiedener Hersteller. Diese Werte sind überschlagsmäßig und geben eine Tendenz wieder. Sie sind vom Leuchtenhersteller, der Lichtverteilung, der verwendeten LEDs und dem Stand der Technik in dem jeweiligen Produktionsjahr abhängig. Abweichungen können weiterhin bei der jeweiligen Form und Größe einer Warft und der Wahl des Blendschutzes (Cutoff) entstehen.

¹ von verschiedenen Artenschutzverbänden empfohlen

² von Sternenwarten empfohlen

Vorschlag für Einsatzgebiete der Lichtquellen als Kompromiss zw. Wirtschaftlichkeit und Naturschutz

- Auf den Warften S, M und L
 - Natriumdampfhochdrucklampen (Warft L und ggf. M)
 - LED mit 2200 K (ähnlich Natriumdampfl.) (Warft S und M)
- Auf den Straßen mit angrenzenden Geh- und Radwegen sowie Brücken
 - LED mit 2200 K (ähnlich Natriumdampfl.)
- Auf den Geh- und Radwegen zwischen den Warften
 - LED mit 2200 K (ähnlich Natriumdampfl.)
 - LED PC Amber mit 1800 K
 - LED Clearfield (spez. für Fledermäuse)

14.5 Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)



Abbildung 14-16 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)

14.6 Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)

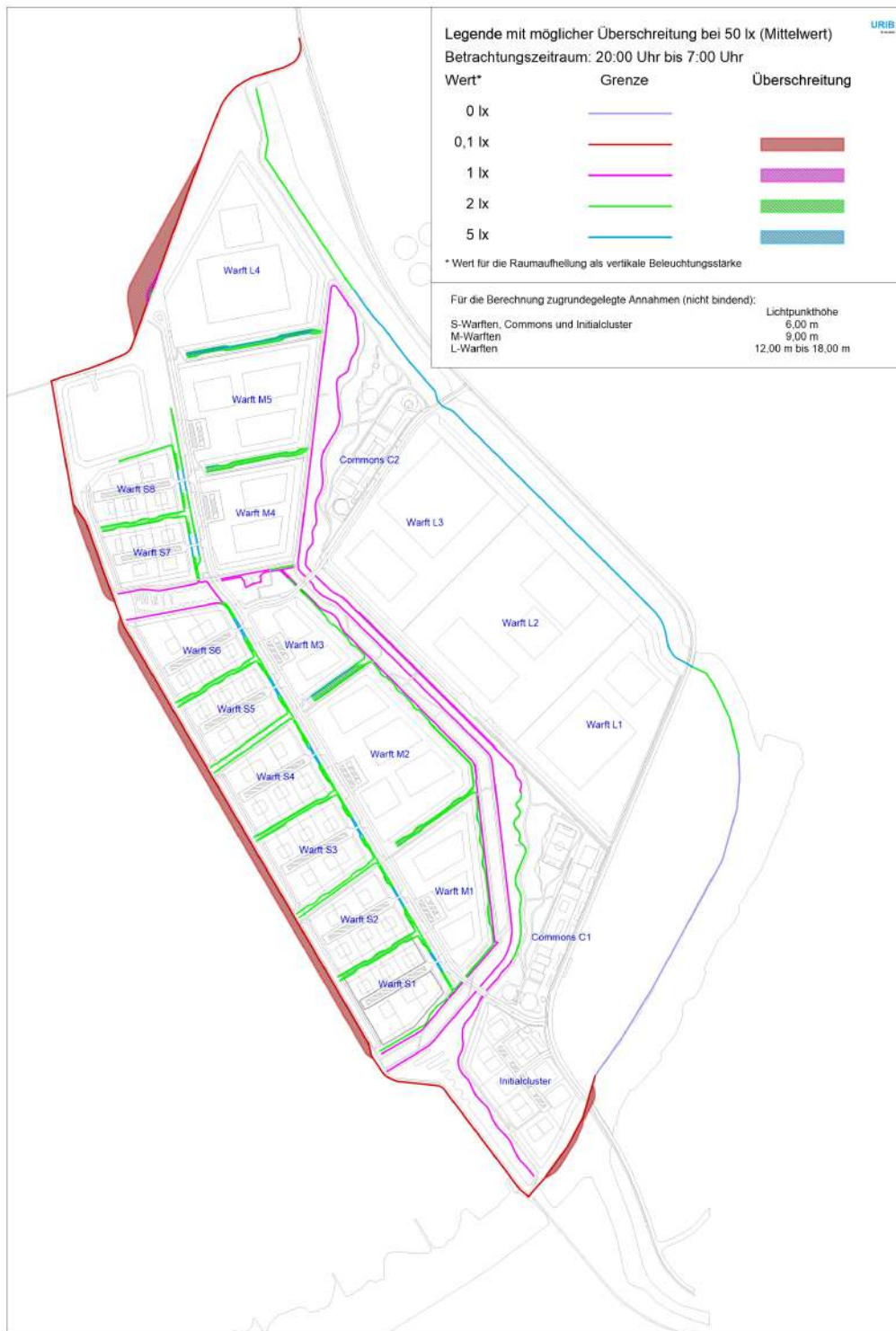


Abbildung 14-17 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)

14.7 Anhang – Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

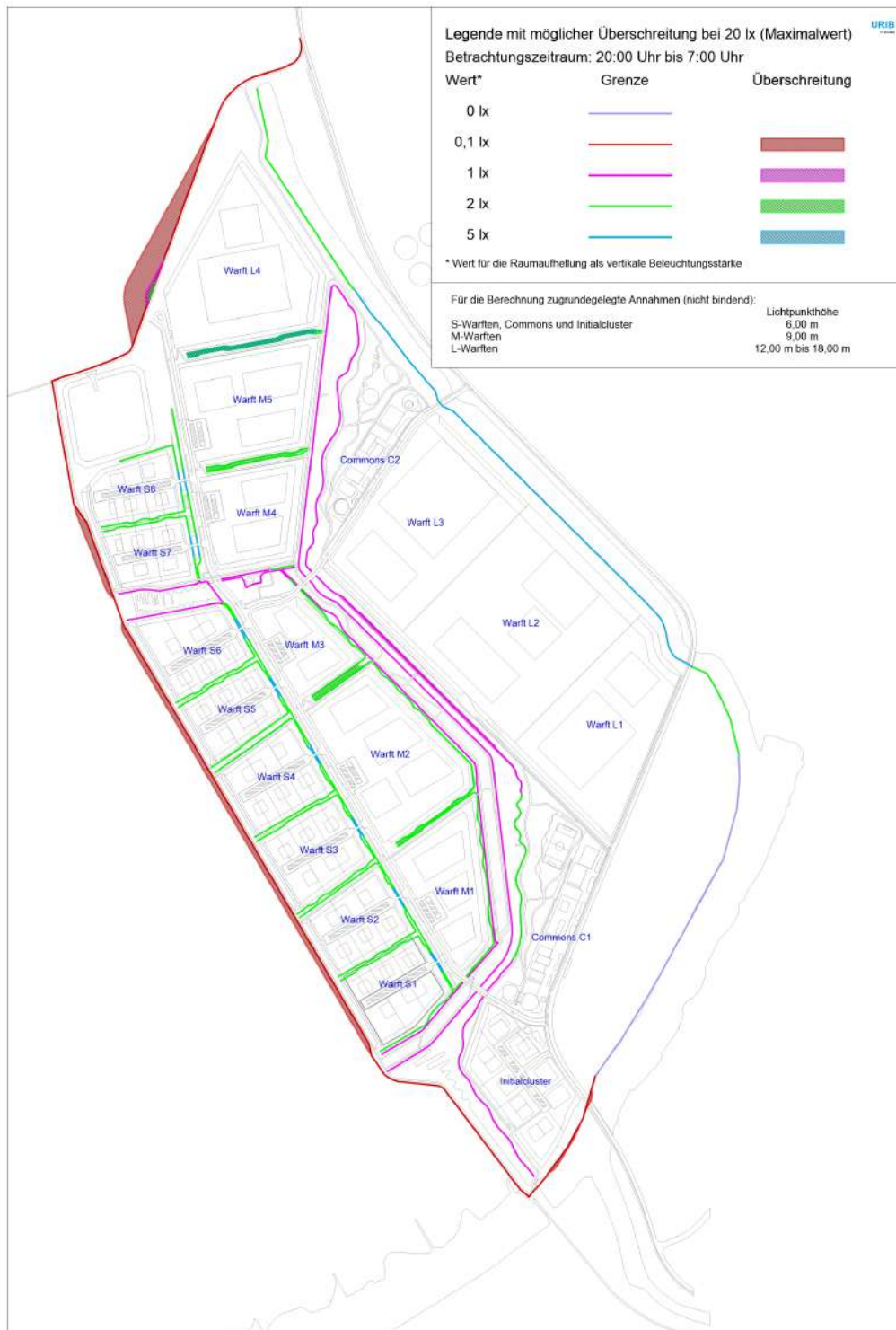


Abbildung 14-18 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

14.8 Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

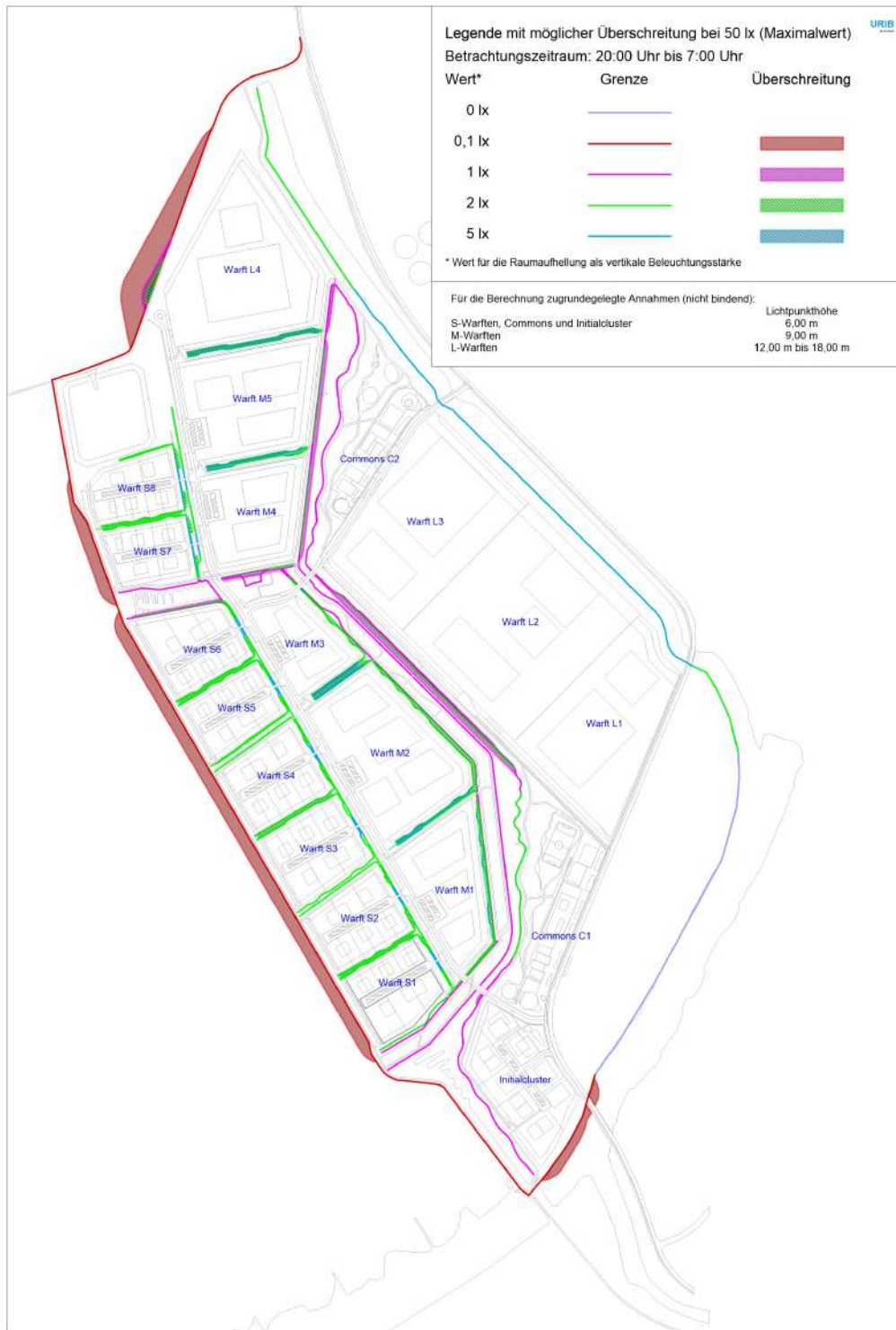


Abbildung 14-19 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Raumaufhellung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

14.9 Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)



Abbildung 14-20 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)

14.10 Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)



Abbildung 14-21 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit mittlerer Entblendung (-> Mittelwerte)

14.11 Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)



Abbildung 14-22 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 20 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

14.12 Anhang - Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung und einer mittleren Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)



Abbildung 14-23 - adaptiert vom städtebaulichen Entwurf der Ingenieurgesellschaft (2020) mit Darstellung der Überschreitung der Grenzwerte der Blendwirkung für den Zeitraum 20:00 Uhr bis 7:00 Uhr und einer mittleren Beleuchtungsstärke auf den Warften, Commons sowie dem Initialcluster von 50 lx für Leuchten mit geringer Entblendung (-> Maximalwerte)

14.13 Anhang – Checkliste zum Entwurf einzelner Beleuchtungsanlagen

Im „Leitfaden Licht – Naturschutzfachliche Bewertung von Licht im Rahmen von Eingriffen“ der Freien Hansestadt Hamburg (GFN, 2021) wird eine Checkliste zur Kontrolle der Einhaltung der Lichtimmissionsmaßnahmen aufgeführt. Diese Checkliste wurde auf die Besonderheiten des Green Economy - Gebietes „Lüne Delta“ adaptiert und im Folgenden aufgeführt. Sie kann bei Bedarf für die späteren Planungen der einzelnen Beleuchtungssituationen herangezogen werden.

Planerische Checkliste/Bedarfsanalyse

	Ja	Nein
Nutzung des Vorhabengebiets geprüft und Profil erstellt, an welchen Stellen und zu welchen Uhrzeiten welche Art der Beleuchtung benötigt wird?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bisherige Ausleuchtung geprüft und Beleuchtungsstärken ermittelt, ob ein Zusatznutzen der Beleuchtung/Lichtquelle erkennbar ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geprüft, ob eine Beleuchtung gesetzlich vorgeschrieben ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geprüft, ob normgerecht beleuchtet werden soll? Welche Normen liegen zugrunde:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Projektspezifische Kriterien für die Nutzung des Vorhabengebiets festgelegt? Z. B. bei Straßen und Wegen die Verkehrsdichte am Abend/in der Nacht, Schwierigkeit der Orientierung, Gefahrenstellen und Unfallschwerpunkte sowie die Umfeldhelligkeit, touristische Besuchszahlen am Abend/in der Nacht, Menschenströme auf Wegen und Plätzen am Abend/in der Nacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geprüft, ob sensible Bereiche beeinträchtigt sind? (s. Beispiele Tabelle 8-14 bis Tabelle 8-17 bzw. Leitfaden GFN (2021) Tabelle 1, Seite 21)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intensität der Beleuchtung festgelegt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geprüft, wie entscheidend die Farbtemperatur und Farbwiedergabe im Vorhabengebiet ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 14-5 - planerische Checkliste/Bedarfsanalyse für ein Einzelbauvorhaben, adaptiert aus GFN, 2021, Anhang B, Tabelle B1, Seite X

Technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Außenbereich

	Ja	Nein
Können PC Amber LEDs mit einem schmalbandigen Spektrum verwendet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Leuchtmittel eingesetzt werden, deren Spektrum UV- und Infrarotlicht ausspart?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Leuchtmittel eingesetzt werden, deren Spektrum den blau-violetten Bereich ausspart?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommen gelbliche Lichtquellen bis 2.300 K zum Einsatz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommen weiße Lichtquellen bis 4.100 K während der Bauphase zum Einsatz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden Full Cutoff Leuchten mit dem am engsten möglichen Winkel zur Vertikalen: - unter 70° verwendet? - unter 80° verwendet?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Wird kein Licht in den oberen Halbraum (oberhalb 90° der Vertikalen) abgegeben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Lichtpunkthöhe so niedrig wie möglich gewählt worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden die Grenzwerte an die Raumaufhellung an den festgelegten Grenzen gegenüber dem Naturschutzgebiet und den angrenzenden Grün- und Wasserflächen gemäß Kapitel 5.3 eingehalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden die Werte der Direktblendung die Grenzwerte für das Naturschutzgebiet und der angrenzenden Grün- und Wasserflächen gemäß Kapitel 5.3 eingehalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Müssen zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Störwirkung auf das Naturschutzgebiet sowie der angrenzenden Grün- und Wasserflächen getroffen werden? Wenn ja, welche:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden die Vorgaben an die Beleuchtung von Werbetafeln/Schilder eingehalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erfolgt <u>keine</u> Anstrahlung von Gebäuden/Objekten/Brücken (seitlich von außen oder von unten)/Grün- und Wasserflächen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden <u>keine</u> Skybeamer dauerhaft oder temporär eingesetzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist eine Kenntlichmachung von Gebäudestrukturen durch schwaches Licht erforderlich? Wenn ja, erfolgt dies ausschließlich von oben nach unten? (In begründeten Ausnahmefällen ist auch eine Kenntlichmachung durch Licht von unten nach oben mittels Schablonen möglich.)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Wird mit Baumaterialien die Kontraststärke optimiert? Z. B. helle Oberflächen auf Verkehrsflächen oder dunkler Hintergrund mit heller Schrift bei Werbeschildern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist ein Lichtmanagementsystem möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kann max. 2 Stunden nach Sonnenuntergang gedimmt werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Zeitschaltuhren/Signale von Zentralsteueranlagen verwendet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wird auf Bewegungsmelder/Sensor- oder Kameradetektion - in der Straßen- und Wegebeleuchtung verzichtet? - auf den Warften mit hohen Schaltzyklen verzichtet?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Kommen Gehäuse mit mindestens der Schutzart IP 65 zum Einsatz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übersteigt die Oberflächentemperatur des Gehäuses der Leuchten/Scheinwerfer 60 °C nicht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 14-6 - technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Außenbereich, adaptiert aus GFN, 2021, Anhang B, Tabelle B2, Seite X

Technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Innenbereich

	Ja	Nein
Können Leuchtmittel eingesetzt werden, deren Spektrum den blau-violetten Bereich weitestgehend ausspart?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden gelbliche oder zumindest warmweiße Leuchtmittel bis 3.100 K zumindest zu den Außenseiten der Warften verwendet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden bei durch Fenster nach außen strahlender Innenbeleuchtung, die zur Dämmerung/in der Dunkelheit nicht ausgeschaltet werden kann, Abschirmungen durch Jalousien, Blendschutz etc. ab einer Höhe von 5,00 m über dem Erdboden verwendet? (Eine Abdunklung bei Verwendung von Jalousien um 60 % ist ausreichend.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strahlen <u>keine</u> Leuchten aus dem Innenraum in Richtung der Naturschutzgebiete sowie Grün- oder Wasserflächen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können die Oberlichter zur Vermeidung von Lichtsmog in den oberen Halb- raum und zur Reduzierung der Irritationen für Zugvögel in den Dunkelstun- den verschlossen werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist ein Lichtmanagementsystem möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Können Zeitschaltuhren/Signale von Zentralsteueranlagen verwendet wer- den?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist der Einsatz effizient eingestellter Bewegungsmelder oder intelligenter HF-Bewegungsmelder möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden in unbenutzten Räumen und Hallen die Beleuchtung auf den Seiten zum Naturschutzgebiet und den innerhalb des Gewerbe- und Industriege- bietes liegenden Wasserflächen hin abgeschaltet oder gedimmt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werden die Lichtkuppeln/Tageslichtöffnungen in den Dächern während der Dunkelstunden verschlossen?		
Wurden transparente Gebäude vermieden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind keine metallischen oder hochreflektierenden Materialien als Fassaden- material eingesetzt worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind große Glasflächen mit Strukturen versehen, um für Vögel besser sicht- bar zu werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 14-7 - technisch planerische Checkliste für Beleuchtungsanlagen im Innenbereich, adaptiert aus GFN, 2021, Anhang B, Tabelle B2, Seite X

14.14 Anhang – Möglichkeiten der Steuerung der Beleuchtung im Außenbereich

In der Tabelle 14-8 werden Beispiele von Steuer- und Regelarten basierend auf dem aktuellen Stand der Technik aufgeführt.

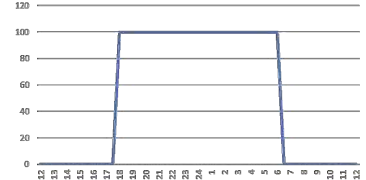
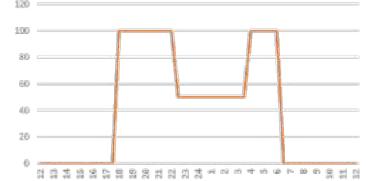
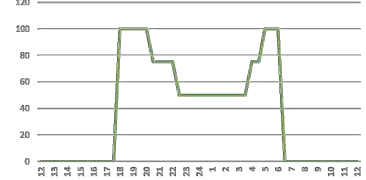
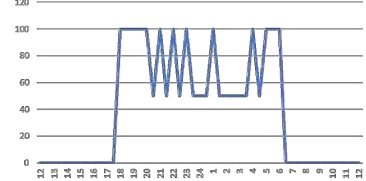
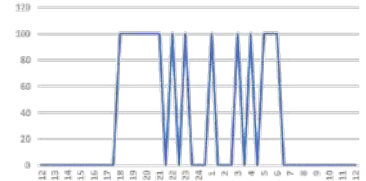

Art (Beispiele)	Schaltprogramm (schematisch)	Mögliche Einsatzgebiete		Vom Büro „naturraum“ zugelassen
		Öffentlichen Straßen und Wege	Warften, Commons, Gründerzentrum	
Dämmerungsschalter oder Signal der Stadtwerke		X	X	X
Dämmerungsschalter oder Signal der Stadtwerke mit Nachtabsenkung 50 %		X	(X)*	X
Dämmerungsschalter oder Signal der Stadtwerke und Anpassung an verschiedene verkehrliche Faktoren wie z. B. Umfeldhelligkeit, Nutzer, etc. (Adaptiv)		X	(X)*	X
Dämmerungsschalter oder Signal der Stadtwerke mit Nachtabsenkung 50 % (oder weniger) und zusätzlichem Bewegungsmelder oder einer Ereignisdetektion z. B. über Kameras		X	(X)*	-
Dämmerungsschalter für die Hauptverkehrszeiten und dazwischen Nutzung von Bewegungsmelder oder einer Ereignisdetektion		X	(X)*	-
Dämmerungsschalter oder Signal der Stadtwerke und Abschaltung der Beleuchtung in verkehrsarmen Zeiten. Kenntlichmachung z. B. mit dem Richtzeichen 394 (Laternenring)		X	(X)**	X

Tabelle 14-8 - Beispiele für Steuer- und Regelarten in der Außenbeleuchtung nach dem Stand der Technik

Legende: X Anwendung möglich,
 (X)* Anwendung möglich, aber Arbeitsschutz hat Vorrang,
 (X)** Anwendung möglich, aber Arbeitsschutz hat Vorrang, Richtzeichen 394 nicht erforderl.,
 - Anwendung auf öffentlichen Straßen und Wegen nicht gestattet. Auf den Warften, Commons und dem Gründerzentrum bei hohen Einschaltfrequenzen nicht gestattet.