



Anlage 11.3

Stand: 01.10.2013

**Feste Fehmarnbeltquerung
Planfeststellung**

**Untersuchung der
Lichtimmissionen**

S. 1-31

Grundlage der Entscheidung

vom 31.01.2019

Az.: APV-622.228-16.1-1

Dieser Plan ist Bestandteil der vorbezeichneten Entscheidung. Für die Angabe der Rechtsgrundlage und deren Fundstelle wird auf die Entscheidung verwiesen.

Kiel, den 31.01.2019

Amt für Planfeststellung Verkehr
-Planfeststellungsbehörde-

gez. Dörte Hansen

Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung

Anlage 11.3 Untersuchung der Lichtimmissionen

Aufgestellt:

Femern
Sund ≈ Bælt

Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein
Niederlassung Lübeck



Kopenhagen, 01.10.2013
Femern A/S

Lübeck, 01.10.2013
LBV-SH Niederlassung Lübeck

gez. Claus Dynesen

gez. Torsten Conradt

Erstellt durch:



LAIRM CONSULT GmbH
Haferkamp 6
22941 Bargteheide



Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Seite 2/31

Inhaltsverzeichnis

1.	ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	7
2.	ÖRTLICHE SITUATION	8
3.	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	9
	3.1. Allgemeines	9
	3.2. Beurteilung der Raumaufhellung	11
	3.3. Beurteilung der Blendung.....	13
4.	EMISSIONEN	14
	4.1. Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung	14
	4.2. Bauphase	15
5.	IMMISSIONEN	16
	5.1. Vorbelastungen	16
	5.2. Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung.....	16
	5.2.1. Allgemeines.....	16
	5.2.2. Raumaufhellung	17
	5.2.3. Blendung	18
	5.2.4. Beurteilung.....	19
	5.3. Bauphase	20
6.	ZUSAMMENFASSUNG UND BEURTEILUNG	21
7.	QUELLEN	23

Anlagenverzeichnis

ANLAGE 11.3.1. ÜBERSICHTSLAGEPLAN, MABSTAB 1: 20.000.....	24
ANLAGE 11.3.2. MESSUNG DER VORBELASTUNG	25
ANLAGE 11.3.3. TECHNISCHE DATEN STRAßENBELEUCHTUNG	28
ANLAGE 11.3.4. BERECHNUNG DER LEUCHTDICHTE	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärke in der Fensterebene	12
Tabelle 2:	Proportionalitätsfaktor k zur Festlegung der maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte \overline{L}_{\max} technischer Lichtquellen während der Dunkelstunden	13
Tabelle 3:	Maximale vertikale Beleuchtungsstärken E_{\max} durch die geplante Straßenbeleuchtung	17
Tabelle 4:	Vergleich der aus der Leuchtdichte der Quellen ermittelten Proportionalitätsfaktoren k mit den Proportionalitätsfaktoren zur Ermittlung der maximal zulässigen Leuchtdichte aus Tabelle 2, Umgebungsleuchtdichte $0,1 \text{ cd/m}^2$	19

Abkürzungsverzeichnis

Abk	Abkürzung
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
cd/m ²	Candela pro Quadratmeter (Maßeinheit für die Leuchtdichte)
E	Beleuchtungsstärke in Lux
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
gem.	gemäß
IO	Immissionsort
LAI	Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (früher Länderausschuss für Immissionsschutz)
L	Leuchtdichte in cd/m ²
lx	Lux (Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke)
MD	Dorfgebiet
MI	Mischgebiet
Nr.	Nummer
Ω_s	Raumwinkel in sr
sr	Sterad (Maßeinheit für den Raumwinkel)
vgl.	vergleiche
WA	Allgemeines Wohngebiet
WR	Reines Wohngebiet
z.B.	Zum Beispiel

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Staatsvertrages vom 3. September 2008 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark wurden die Errichtung und der Betrieb einer Festen Fehmarnbeltquerung zwischen Puttgarden (Fehmarn, Deutschland) und Rødbyhavn (Lolland, Dänemark) beschlossen. Am 17. Juli 2009 wurde der Staatsvertrag im deutschen Recht durch den Deutschen Bundestag per Ratifizierungsgesetz verankert [6].

Der Staatsvertrag umfasst die Errichtung und den Betrieb einer nutzerfinanzierten festen Querung über den Fehmarnbelt sowie den Ausbau der jeweiligen Hinterlandanbindungen der Festen Fehmarnbeltquerung auf der deutschen und der dänischen Seite. Die Querung wird aus einer zweigleisigen und elektrifizierten Eisenbahnstrecke bestehen sowie aus einer vierstreifigen Straße im Zuge der E 47. Eine ausführliche Beschreibung des Vorhabens ist im Erläuterungsbericht (Anlage 1 der Planfeststellungsunterlage) enthalten.

Das Untersuchungsgebiet auf deutscher Landseite (Insel Fehmarn) bezieht sich dabei auf den Bereich nördlich der geplanten Anschlussstelle Puttgarden, wobei die Anschlussstelle im Untersuchungsgebiet enthalten ist.

Der Ausbau der Hinterlandanbindungen erfolgt in eigenen Planfeststellungsverfahren, so dass die jeweiligen Auswirkungen dort beurteilt werden.

Im Rahmen der Vorplanung wurden vier Hauptvarianten (Absenktunnel, Schrägkabelbrücke, Hängebrücke, Bohrtunnel) untersucht. Als Ergebnis des Hauptvariantenvergleiches wurde nach Abwägung aller Belange die Variante „Absenktunnel“ als Vorzugslösung für die Umsetzung der Festen Fehmarnbeltquerung ermittelt. Gegenstand dieser lichttechnischen Untersuchung sind die Bahn- und Straßentrasse nördlich der Anschlussstelle Puttgarden hin zum Tunnel der Festen Fehmarnbeltquerung.

Mit dem Bau und Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung sind gegenüber dem derzeitigen Zustand Veränderungen der Immissionen durch Beleuchtungsanlagen zu erwarten. Die vorliegende Untersuchung umfasst eine überschlägige Prognose der zu erwartenden Lichtimmissionen auf Grundlage der vorliegenden Planung, um die Erheblichkeit der Auswirkungen abzuschätzen. Falls erforderlich werden Vorschläge zur Minderung der Lichtimmissionen erarbeitet.

Aus Sicht des Immissionsschutzes, der auf konkrete Lichteinwirkungen durch ortsfeste Beleuchtungsanlagen an einzelnen Immissionsorten abzielt, kann Licht hauptsächlich einen belästigenden Einfluss haben, d.h. Störungen des körperlichen oder seelischen Wohlbefindens bewirken, die nicht mit einem Schaden für die Gesundheit verbunden sind. Rechtlich zählt Licht zu den Emissionen und Immissionen gemäß dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

Die Beurteilung erfolgt auf Grundlage der Licht-Richtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 12. Mai 2000 [2]. Gemäß der Licht-Richtlinie des LAI sind grundsätzlich als Bewertungskriterien die Raumaufhellung und die Blendung (Schutzgut Mensch) sowie Einwirkungen auf Tiere zu prüfen.

Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen und dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten gehören nicht zu den Anlagen i.S. des § 3 Abs. 5 BImSchG, so dass sie nicht in den Geltungsbereich der Licht-Richtlinie fallen. In der vorliegenden Untersuchung wird die Licht-Richtlinie dennoch hilfsweise als antizipiertes Sachverständigengutachten zur Einschätzung der Belästigung durch den Betrieb der festen Fehmarnbeltquerung herangezogen, wenn auch die Immissionsrichtwerte nicht streng einzuhalten sind.

2. Örtliche Situation

Der Bau der Festen Fehmarnbeltquerung ist zwischen der Insel Fehmarn und der Insel Lolland östlich des vorhandenen Fährhafens geplant.

Die Tunnelöffnung ist (jeweils für die Schienen- und Straßenachse) auf der Insel Fehmarn in einem Abstand von ca. 110 m von der Küstenlinie vorgesehen.

Für die vorhandene schützenswerte Bebauung im Bereich des Vorhabens werden die Festsetzungen zur baulichen Nutzung aus rechtskräftigen Bebauungsplänen [7] zugrunde gelegt. Für die vorhandene Bebauung, für die keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, erfolgt die Einstufung der baulichen Nutzung hilfsweise in Anlehnung an den Flächennutzungsplan [7] der Stadt Fehmarn sowie anhand der tatsächlichen Nutzung.

Dementsprechend ergibt sich für die untersuchten Gebäude bzw. schützenswerten Flächen folgende Einstufung der baulichen Nutzung:

- Campingplatz Puttgarden: Der Campingplatz Puttgarden liegt nördlich des Ortsteils Puttgarden westlich des Strandwegs an der Ostsee. Im Bebauungsplan Nr. 53 der Stadt Fehmarn ist der Campingplatz als „Sondergebiet, das der Erholung dient: Campingplatzgebiet (SO Camp)“ ausgewiesen.
- Ortslage Puttgarden: Der Bereich im nördlichen Teil des Ortsteils Puttgarden an den Straßen Strandweg und Kampenweg anliegend ist gemäß dem Bebauungsplan Nr. 3 der Gemeinde Bannedorf als Mischgebiet (MI) ausgewiesen. Südlich des Geltungsbereiches des Bebauungsplanes Nr. 3 schließt sich östlich des Strandwegs ein Gebiet mit Wohngebietsnutzung an. Für dieses Gebiet existiert kein rechtskräftiger Bebauungsplan. Aufgrund der bestehenden Wohngebietsbebauung wird eine Schutzbedürftigkeit vergleichbar der eines allgemeinen Wohngebietes (WA) zugrunde gelegt. Im Südosten des Ortsteils Puttgarden

östlich der Dorfstraße und nördlich dem Marienleuchter Weg ist gemäß dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Bannesdorf von einem Dorfgebiet (MD) auszugehen.

- Bebauung östlich von Puttgarden: Für die Bebauung im Außenbereich (§ 35 BauGB), Hotel „Dania“ an der Fährhafenstraße sowie für das Einzelgehöft am Marienleuchter Weg wird im Folgenden ein Schutzanspruch vergleichbar dem eines Mischgebietes (MI) zugrunde gelegt.
- Bebauung in Todendorf und Presen: Ein rechtskräftiger Bebauungsplan liegt für diese Orte nicht vor. Gemäß dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Bannesdorf wird für die bebauten Bereiche in Todendorf und Presen eine einem Dorfgebiet (MD) vergleichbare Schutzbedürftigkeit angesetzt.
- Bebauung im Ortsteil Marienleuchte: Das Gebiet im südlichen Marienleuchte südlich der Straße Zum Steilufer ist im Bebauungsplan Nr. 2 der Gemeinde Bannesdorf „Marienleuchte“ als reines Wohngebiet (WR) ausgewiesen. Nördlich der Straße Zum Steilufer schließt der Bebauungsplan Nr. 6 der Gemeinde Bannesdorf an. Im Plangeltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 6 der Gemeinde Bannesdorf ist östlich der Straße Rethen ein Sondergebiet (SO) für Ferienwohnungen und Ferienhäuser festgesetzt. Das Gebiet westlich der Straße Rethen im Plangeltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 6 ist als allgemeines Wohngebiet (WA) ausgewiesen. Für den nördlichen Bereich des Ortsteils Marienleuchte ist im Bebauungsplan Nr. 75 der Stadt Fehmarn eine Ausweisung als Mischgebiet (MI) festgesetzt.
- Bebauung in Bannesdorf: Der Bereich im westlichen Bannesdorf südlich der Bürgermeister-Scheffler-Straße ist im Bebauungsplan Nr. 5 der Gemeinde Bannesdorf als reines Wohngebiet (WR) ausgewiesen. Für die Bebauung im Außenbereich an der Bürgermeister-Scheffler-Straße wird im Folgenden ein Schutzanspruch vergleichbar dem eines Mischgebietes (MI) zugrunde gelegt.

3. Beurteilungsgrundlagen

3.1. Allgemeines

Die Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen des LAI vom 10. Mai 2000 [2] findet Anwendung zur Beurteilung der Wirkung von Lichtimmissionen auf Menschen durch lichtemittierende Anlagen aller Art, soweit es sich dabei um Anlagen oder Bestandteile von Anlagen im Sinne des § 3 Abs. 5 BImSchG handelt. Zu den lichtemittierenden Anlagen zählen künstliche Lichtquellen aller Art wie z. B. Scheinwerfer zur Beleuchtung von Sportstätten, von Verladeplätzen und für Anstrahlungen sowie Lichtreklamen, aber auch hell beleuchtete Flächen wie z. B. angestrahlte Fassaden.

Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen und dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten gehören nicht zu den Anlagen i. S. des § 3 Abs. 5 BImSchG.

Statische technische oder bauliche Einrichtungen, die das Sonnenlicht reflektieren, sind nach Baurecht zu behandeln.

Schädliche Umwelteinwirkungen liegen dann vor, wenn die Nachbarschaft oder die Allgemeinheit erheblich belästigt werden. Die Licht-Richtlinie gibt Maßstäbe zur Beurteilung der Lästigkeitswirkung an. Eine erhebliche Belästigung im Sinne des § 5 Abs. 1 Nr. 1 oder des § 22 Abs. 1 BImSchG tritt in der Regel auf, wenn die angegebenen Immissionsrichtwerte überschritten werden.

Die Erheblichkeit der Belästigung durch Lichtimmissionen hängt aber auch wesentlich von der Nutzung des Gebietes, auf das sie einwirken, sowie dem Zeitpunkt (Tageszeit) oder der Zeitdauer der Einwirkungen ab. Die Beurteilung orientiert sich nicht an einer mehr oder weniger empfindlichen individuellen Person, sondern an der Einstellung eines durchschnittlich empfindlichen Menschen.

Von Bedeutung für die Beurteilung der Lichtimmissionen von Anlagen ist die Schutzbedürftigkeit der Nutzungen in den diesen Anlagen benachbarten Gebieten. Bei der Zuordnung der für die Beurteilung maßgebenden Immissionsrichtwerte zu den Gebieten im Einwirkungsbereich der Anlage ist grundsätzlich vom Bebauungsplan auszugehen. Ist ein Bebauungsplan nicht aufgestellt, so ist die tatsächliche Nutzung zugrunde zu legen; eine voraussehbare Änderung der baulichen Nutzung ist zu berücksichtigen.

Liegen aufgrund baulicher Entwicklungen in der Vergangenheit Wohngebiete und lichtemittierende Anlagen eng zusammen, kann eine besondere Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme bestehen. Sofern an belästigenden Anlagen alle verhältnismäßigen Emissionsminderungsmaßnahmen durchgeführt sind, kann die Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme dazu führen, dass die Bewohner mehr an Lichtimmissionen hinnehmen müssen als die Bewohner von gleichartig genutzten Gebieten, die fernab derartiger Anlagen liegen. Die im Einzelfall noch hinzunehmende Lichtimmission hängt von der Schutzbedürftigkeit der Bewohner des Gebietes und den tatsächlich nicht weiter zu vermindernden Lichtemissionen ab. Die zu duldenen Lichteinwirkungen sollen aber die Immissionsrichtwerte unterschreiten, die für die Gebietsart mit dem nächst niedrigeren Schutzanspruch gelten.

Bei Beleuchtungsanlagen, die vor dem Datum des In-Kraft-Tretens der Hinweise baurechtlich genehmigt oder – soweit eine Genehmigung nicht erforderlich war – errichtet wurden, soll die zuständige Behörde von einer Festsetzung von Betriebszeiten absehen, wenn die Immissionsrichtwerte für die Gebietsart mit dem nächst niedrigeren Schutzanspruch nicht überschritten werden.

Die Beurteilung umfasst zwei Bereiche:

1. Raumaufhellung: Aufhellung des Wohnbereiches, insbesondere des Schlafzimmers, aber auch des Wohnzimmers, der Terrasse oder des Balkons durch die in der Nachbarschaft vorhandene Beleuchtungsanlage, die zu einer eingeschränkten Nutzung dieser Wohnbereiche führt. Die Aufhellung wird durch die mittlere Beleuchtungsstärke E_F in der Fensterebene beschrieben.
2. Blendung: Bei der Blendung durch Lichtquellen wird zwischen der physiologischen und psychologischen Blendung unterschieden. Bei der physiologischen Blendung wird das Sehvermögen durch Streulicht im Glaskörper des Auges vermindert. Dieser Aspekt steht jedoch bei der Immissionssituation im Wohnbereich nicht im Vordergrund der Betrachtung. Die Störfunktion durch Blendung wird als psychologische Blendung bezeichnet und kann auch ohne Minderung des Sehvermögens auftreten und zu erheblicher Belästigung führen. Durch starke Lichtquellen in der Nachbarschaft kann dadurch die Nutzung eines inneren oder äußeren Wohnbereichs erheblich gestört werden, auch wenn aufgrund großer Entfernung der Lichtquelle keine übermäßige Aufhellung erzeugt wird. Die Belästigung entsteht u. a. durch die ständige und ungewollte Ablenkung der Blickrichtung zur Lichtquelle hin, die bei großem Unterschied der Leuchtdichte der Lichtquelle zur Umgebungsleuchtdichte eine ständige Umadaptation des Auges auslöst. Für die Störfunktion sind daher die Leuchtdichte L_S der Blendlichtquelle, die Umgebungsleuchtdichte L_U und der Raumwinkel Ω_S , vom Betroffenen (Immissionsort) aus gesehen, maßgebend.

Hinsichtlich der Einwirkungen auf Tiere, insbesondere Insekten, werden in der Licht-Richtlinie Empfehlungen gegeben, Richtwerte liegen nicht vor. Folgende Maßnahmen zum Schutz von Insekten werden angeführt:

1. Vermeidung heller, weitreichender künstlicher Lichtquellen in der freien Landschaft;
2. Lichtlenkung ausschließlich in die Bereiche, die künstlich beleuchtet werden müssen;
3. Wahl von Lichtquellen mit für Insekten wirkungsarmen Spektren;
4. Verwendung von staubdichten Leuchten;
5. Begrenzung der Betriebsdauer auf die notwendige Zeit.

3.2. Beurteilung der Raumaufhellung

Zur Beurteilung der Raumaufhellung wird die am Immissionsort auftretende mittlere (Vertikal-) Beleuchtungsstärke E_F in Lux (lx) herangezogen, die von den Lichtquellen eines Betreibers verursacht wird. Diese darf die folgenden in der Tabelle 1 aufgeführten Immissionsrichtwerte nicht überschreiten.

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte der mittleren Beleuchtungsstärke in der Fensterebene

Gebietsart		Beleuchtungsstärke E_F [Ix]	
		6 – 22 Uhr	22 – 6 Uhr
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	1	1
2	Reine, allgemeine und besondere Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, Erholungsgebiete	3	1
3	Dorfgebiete, Mischgebiete	5	1
4	Kerngebiete ²⁾ , Gewerbegebiete, Industriegebiete	15	5

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

Wird die mittlere Beleuchtungsstärke am Immissionsort maßgeblich durch andere Lichtquellen bestimmt, sollen Maßnahmen an der zu beurteilenden Beleuchtungsanlage solange ausgesetzt werden, wie die Anlage nicht wesentlich zur Gesamt-Beleuchtungsstärke beiträgt.

Tabelle 1 bezieht sich auf zeitlich konstantes und weißes oder annähernd weißes Licht (das Licht von Natriumdampf-Hochdrucklampen gilt noch als annähernd weiß), das mehrmals in der Woche jeweils länger als eine Stunde eingeschaltet ist. Wird die Anlage kürzer oder seltener betrieben, sind Einzelfallbetrachtungen anzustellen.

Ändert sich die Lichtabstrahlung schneller als in einem 5-minütigem Rhythmus wesentlich, so spricht man von Wechsellicht. In besonders auffälligen Situationen (z.B. große Schwankungen der Beleuchtungsstärke, schnelle Hell-Dunkel-Übergänge, blitzlichtartige Vorgänge, schnelle Folgefrequenzen des Wechsellichtes) sind die Maximalwerte der Beleuchtungsstärke je nach Auffälligkeit mit einem Faktor 2 bis 5 zu multiplizieren und mit den Immissionsrichtwerten der Tabelle 1 zu vergleichen.

Strahlt die Beleuchtungsanlage intensiv farbiges Licht aus, so ist bei besonderer Auffälligkeit (kräftige Farbtöne) der Messwert mit dem Faktor 2 zu multiplizieren und mit den Immissionsrichtwerten zu vergleichen.

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der Messgeräte messtechnisch erst dann angenommen werden, wenn das Messergebnis mindestens 10 % oberhalb der Immissionsrichtwerte liegt.

3.3. Beurteilung der Blendung

Als Konvention zur Berechnung von Werten für die maximal tolerable mittlere Leuchtdichte \overline{L}_{\max} einer technischen Blendlichtquelle in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) wird für den Bereich des Immissionschutzes folgende Beziehung festgelegt:

$$\overline{L}_{\max} = k \sqrt{L_U / \Omega_s}$$

Dabei stellen L_U die maßgebende Leuchtdichte in der Umgebung der Blendlichtquelle in cd/m^2 , Ω_s den Raumwinkel der vom Immissionsort aus gesehenen Blendlichtquelle in sr und k einen Proportionalitätsfaktor dar, der zur Festlegung der Immissionsrichtwerte \overline{L}_{\max} dient und die unterschiedlichen Schutzansprüche der jeweiligen Gebietsnutzungen berücksichtigt (vgl. Tabelle 2). Der Anwendungsbereich der obigen Gleichung wird auf $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2 \leq L_U \leq 10 \text{ cd}/\text{m}^2$ und $10^{-7} \text{ sr} \leq \Omega_s \leq 10^{-2} \text{ sr}$ beschränkt. Falls die aus Messungen ermittelte Umgebungsleuchtdichte $\overline{L}_{U, \text{mess}}$ kleiner als $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ ist, wird mit $L_U = 0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ gerechnet.

Die mittlere Leuchtdichte \overline{L}_s der zu beurteilenden Lichtquelle soll die nach obiger Gleichung und Tabelle 1 berechneten Werte \overline{L}_{\max} nicht überschreiten. Dies gilt für zeitlich konstantes Licht, das mehrmals in der Woche jeweils länger als eine Stunde angeschaltet wird. Bei geringerer Einschaltdauer oder -häufigkeit sind höhere Leuchtdichtewerte als \overline{L}_{\max} möglich (z.B. in Sportanlagen). Dies ist je nach Einzelfall gesondert zu behandeln.

Tabelle 2: Proportionalitätsfaktor k zur Festlegung der maximal zulässigen mittleren Leuchtdichte \overline{L}_{\max} technischer Lichtquellen während der Dunkelstunden

Gebietsart		Proportionalitätsfaktor k		
		6–20 Uhr	20–22 Uhr	22–6 Uhr
1	Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	32	32	32
2	Reine, allgemeine und besondere Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, Erholungsgebiete	96	64	32
3	Dorfgebiete, Mischgebiete	160	160	32
4	Kerngebiete ²⁾ , Gewerbegebiete, Industriegebiete	—	—	160

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 ($L_{U, \text{meß}} \leq 0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$) auch Zeile 3 zugeordnet werden

Ändert sich die Lichtabstrahlung schneller als in einem 5-minütigem Rhythmus wesentlich, handelt es sich um Wechsellicht. Bei Wechsellicht wird der zeitliche Maximalwert der Leuchtdichte für die Ermittlung von \bar{L}_s zugrunde gelegt. In besonders auffälligen Situationen (z.B. große Schwankungen der Leuchtdichte, schnelle Hell-Dunkel-Übergänge, blitzlichtartige Vorgänge, schnelle Folgefrequenzen des Wechsellichtes) werden die Maximalwerte mit einem Faktor 2 bis 5 multipliziert.

Die Anwendung des Beurteilungsverfahrens gilt nur unter der Voraussetzung, dass vom Immissionsort aus bei üblicher Position der Blick zur Blendquelle hin möglich ist. Als Blickrichtung wird dann dieser Blick zur Blendquelle hin angenommen, weil sich das Auge im Allgemeinen unwillkürlich zur Blendlichtquelle hinwendet, da sie häufig das auffälligste Sehobjekt im Gesichtsfeld ist.

Besteht eine Beleuchtungsanlage aus mehreren einzelnen Leuchten, so muss die Leuchtdichte jeder einzelnen Leuchte zumindest unterhalb der oben beschriebenen Werte liegen. Dabei wird die Störwirkung u. U. zu gering eingestuft, da die Belästigung durch die Gesamtanlage stärker als die durch eine einzelne Leuchte allein ist. Gesicherte Ergebnisse über die Summenwirkung mehrerer Leuchten liegen jedoch bisher nicht vor.

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der Messgeräte messtechnisch erst dann angenommen werden, wenn das Messergebnis mindestens 40 % oberhalb der Immissionsrichtwerte liegt.

4. Emissionen

4.1. Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung

Für den Absenktunnel liegt ein vorläufiges Beleuchtungskonzept für die Anforderungen an die Straßenbeleuchtung vor, das bei der vorliegenden Beurteilung zugrunde gelegt wurde. Dementsprechend sind folgende Leuchtdichten auf der Straßenfahrbahn vorgesehen:

- Beleuchtung auf den Rampen außerhalb des Tunnels bis etwa 300 m Abstand vom Tunnelportal: 2,0 cd/m²;
- anschließender Abschnitt von 300 m bis 600 m Abstand vom Tunnelportal: 1,5 cd/m²;
- anschließender Abschnitt von 600 m bis 900 m Abstand vom Tunnelportal: 1 cd/m²;
- Abstand vom Tunnelportal mehr als 900 m: keine Straßenbeleuchtung.

Innerhalb des Tunnels sind Lampen mit einer Farbtemperatur von etwa 4.000 K und einem breiten Farbspektrum vorgesehen (z.B. weiße LED-Lampen oder Fluoreszenzlampen), um ein gutes Sichtfeld zu erzielen.

Außerhalb des Tunnels sind Natriumdampf-Hochdrucklampen des Typs 100W SON-T PIA Plus oder vergleichbare Lampen geplant. Diese weisen eine Farbtemperatur von 2.800 K, eine Leistung von 100 W und einen Lichtstrom von etwa 10.700 Lumen (lm) auf. Als Leuchten wären z.B. der Philips Leuchten Koffer 100 SGP denkbar. Dabei handelt es sich um eine Leuchte mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung. Die technischen Daten für diesen Leuchtentyp sind in der Anlage 11.3.3 zusammengestellt.

Die Anordnung der Leuchten kann entweder an den Straßenrändern der Fahrbahn oder auf dem Mittelstreifen zwischen den Fahrtrichtungen erfolgen, wobei in letzterem Fall zwei Lampen pro Mast montiert werden. Die Höhe der Lampen soll maximal 12 m betragen.

Grundsätzlich ist geplant, die Beleuchtungsstärken an die Tageszeit, die vorhandenen Verkehrsstärken und die Witterung anzupassen, um sowohl die Verkehrssicherheit sicherzustellen, als auch den Energieverbrauch und die Einwirkungen auf die Umwelt zu minimieren.

4.2. Bauphase

Auf der Baustelle wird eine Beleuchtung der maßgebenden Bereiche benötigt, um die Arbeitssicherheit und die Qualität der Arbeit sicherzustellen sowie die Sicherheit vor Diebstahl etc. zu gewährleisten.

Die benötigte Helligkeit hängt von den ausgeübten Tätigkeiten in den betreffenden Bereichen ab. Geringere Beleuchtungsstärken sind dort möglich, wo nur Maschinen- und Fahrzeugbewegungen auf Baustraßen auftreten. In den Bereichen, wo intensive Bautätigkeiten stattfinden (z.B. Betonierarbeiten, Arbeiten auf Baugerüsten, Kranarbeiten, manuelle Tätigkeiten) sowie im Bereich der Kreuzungen bzw. Einmündungen von Baustraßen und öffentlichen Straßen sind höhere Beleuchtungsstärken erforderlich.

Grundsätzlich sollen baustellenübliche Flutlichtmasten mit einer Höhe zwischen 5 m und 10 m zum Einsatz kommen, um die eigentlichen Arbeitsbereiche der Baustelle zu beleuchten. Darüber hinaus ist auch der lokale Einsatz von Beleuchtungsballons mit integrierten Metaldampflampen möglich (z.B. Produkte des Herstellers Powermoon).

Für Lagerflächen, Nebenanlagen, Parkplätze etc. und den Arbeitshafen wären auch andere Beleuchtungskonzepte denkbar, z.B. durch den Einsatz von Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung, wie sie zur Beleuchtung von Gewerbeflächen üblich sind.

5. Immissionen

5.1. Vorbelastungen

Zur Einschätzung der vorhandenen Lichtimmissionen im Untersuchungsgebiet wurden orientierende Messungen der vertikalen Beleuchtungsstärke durchgeführt. Die Messungen erfolgten am 3. Februar 2011 etwa zwischen 18:30 Uhr und 20:00 Uhr. Zu dieser Zeit lag eine durchgehende Bewölkung vor, Beeinträchtigungen durch Nebel, Regen oder Schnee waren nicht vorhanden. Zusätzliche Helligkeit durch Mondschein war ebenfalls nicht gegeben. Da die Messungen im Winter stattfanden, waren Abschirmungen durch Bewuchs von untergeordneter Bedeutung. Das Messprotokoll, die Lage der Messorte und die Messergebnisse sind in der Anlage 11.3.2 grafisch dargestellt.

Als Quellen sind die vorhandene Straßenbeleuchtung sowie die Beleuchtung der Stellplätze am Bordershop und des Hafengebietes relevant.

Die vertikalen Beleuchtungsstärken variieren je nach Blickrichtung, so dass an einigen Messpunkten verschiedene Richtungen einbezogen wurden. Die Ergebnisse sind in der Anlage 11.3.2 dargestellt, die Blickrichtungen an den jeweiligen Messpunkten sind durch Linien markiert.

Als erster Messpfad wurde der Kampenweg von der Kreuzung mit der Straße An der Mole bis zum Beginn der im westlichen Bereich gelegenen Wohnbebauung untersucht. Es zeigt sich, dass an der Wohnbebauung nur eine geringe Beleuchtungsstärke von etwa 0,1 lx vorliegt. Im Umfeld des vorhandenen PKW-Stellplatzes am Bordershop wurden insbesondere im Nahbereich vorhandener Leuchten höhere Beleuchtungsstärken ermittelt, hier liegt jedoch keine schutzbedürftige Nutzung vor.

Die Lichtimmissionen vom Hafengelände wurden durch einen Messpfad entlang der Straße An der Mole ermittelt. Hier ergaben sich durch die Beleuchtung des Hafengebietes im nördlichen Bereich vertikale Beleuchtungsstärken zwischen etwa 0,6 lx und 0,8 lx, so dass bereits hier der Richtwert von 1 lx eingehalten wird.

Im Bereich des vorhandenen Hotels im Kreuzungsbereich An der Mole/Fährhafenstraße sind vom Hafenbereich nur noch vertikale Beleuchtungsstärken von etwa 0,1 lx vorhanden.

5.2. Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung

5.2.1. Allgemeines

Zur Einschätzung der Immissionssituation im Bereich der nächstgelegenen vorhandenen Bebauung wurden die Beleuchtungsstärken unter Berücksichtigung des vorliegenden Planungskonzeptes berechnet. Hierzu kam das EDV-Rechenprogramm DIALux [5] zum Einsatz. Die

technischen Daten der Leuchten sind bei den Herstellern verfügbar und können direkt in das Programm eingelesen werden.

Für die folgenden Abschätzungen wurde exemplarisch der Leuchtentyp „PHILIPS Leuchten Koffer 100 SGP100 SON-T100W II FG P6“ berücksichtigt. Für die Anordnung wurde von beidseitigen Leuchten am Straßenrand ausgegangen. Dabei wurden alternativ Masthöhen von 8 m (typische Straßenbeleuchtung) und 12 m (maximal geplante Höhe) unterschieden.

Zunächst wurde mit dem Programm DIALux die Anzahl der Leuchten optimiert, um den Anforderungen des Beleuchtungskonzeptes auf den jeweiligen Straßenabschnitten gerecht zu werden (Optimierung der Fahrbahn-Leuchtdichten). Auf eine Detailplanung wurde jedoch verzichtet, insbesondere da aufgrund der vorhandenen hinreichend großen Abstände zur nächstgelegenen schutzbedürftigen Bebauung keine relevanten Unterschiede zu erwarten sind.

Diese Leuchtenverteilung wurde daraufhin verwendet, um die zu erwartenden Lichtimmissionen in der Nachbarschaft der Straße zu berechnen.

5.2.2. Raumaufhellung

Zur Beurteilung der Raumaufhellung wurde die vertikale Beleuchtungsstärke für verschiedene Abstände zur Mitte der geplanten Straße berechnet. Abschirmungen durch Bewuchs oder Bebauung bzw. Troglagen wurden zur sicheren Seite nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der maximalen Beleuchtungsstärke E_{\max} sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der für den Nachtabschnitt geltende niedrigste Immissionsrichtwert von 1 lx bereits bei Abständen zwischen etwa 50 m und 100 m Abstand von der Straßenmitte eingehalten bzw. deutlich unterschritten wird. Bei Abständen von 300 m und mehr sind nur noch vernachlässigbare Lichtimmissionen von weniger als 0,01 lx, d.h. 1% des Immissionsrichtwertes zu erwarten.

Tabelle 3: Maximale vertikale Beleuchtungsstärken E_{\max} durch die geplante Straßenbeleuchtung

Masthöhe	8m	12m
Abstand zur Straße	E_{\max}	
[m]	[lx]	
50	0,74	4,27
100	0,08	0,21
200	0,02	0,04
300	0,01	0,01
400	0,00	0,01

5.2.3. Blendung

Bei der Beurteilung der Blendung sind die maximal zulässigen mittleren Leuchtdichten \overline{L}_{\max} von den Abmessungen und der Lage und Ausrichtung der Quelle in Bezug auf den Immissionsort abhängig, so dass sich für jeden Immissionsort und jede Quelle unterschiedliche Anforderungen ergeben. Die Berechnung der maximal zulässigen Leuchtdichten \overline{L}_{\max} wurde gemäß Licht-Richtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) durchgeführt. Dabei ist die vorhandene Umgebungsleuchtdichte im Umfeld der Leuchten zu berücksichtigen.

Die Umgebungsleuchtdichte ist die vorhandene Leuchtdichte im nahen Umfeld der Leuchte (Winkelbereich von 10° um die Leuchte ohne die leuchtende Fläche), wird also neben der Umgebungshelligkeit auch durch Streulicht der Leuchte selbst bestimmt.

Aufgrund der vorhandenen Lage des Plangebiets und der angrenzenden ländlichen Flächen ist eine relevante Vorbelastung aus vorhandenen Lichtquellen nicht zu erwarten, so dass das Umfeld als dunkel zu bewerten ist. Im Folgenden wird daher zur sicheren Seite für die Umgebungsleuchtdichte im Umfeld der Leuchten gemäß Licht-Richtlinie ein Wert von $0,1 \text{ cd/m}^2$ zugrunde gelegt.

Die tatsächlichen Leuchtdichten L_s wurden aus den Datenblättern des Herstellers entnommen (vgl. Anlage 11.3.3).

Eine grafische Darstellung der Lichtverteilungskurven als Polardiagramm ist in der Anlage 11.3.3 zu finden. Dabei ist als Parameter der horizontale Blickwinkel (parallel zur Leuchtenfläche) angegeben, der mit einem „C“ gekennzeichnet wird (z.B. 45° entspricht C45). C90 und C180 entsprechen einem Blick von vorn bzw. von hinten, C0 und C180 von der Seite in Bezug auf die Leuchte. Der andere Winkel (Gamma) stellt den Beobachtungswinkel zwischen dem Lot der Leuchtenfläche und der Verbindungslinie Leuchte-Beobachter dar. Die Leuchtdichteverteilung in Abhängigkeit vom Beobachtungswinkel kann ebenfalls der Anlage 11.3.3 entnommen werden.

Der ungünstigste Fall einer Blendung an einem Immissionsort tritt bei einem Blickwinkel von 165° auf, bei dem das Maximum der Leuchtdichte erreicht ist. Für die folgende Abschätzung wird eine Masthöhe von 12 m zugrunde gelegt.

Die geometrischen Daten sowie die Ergebnisse für die jeweiligen Beurteilungszeiträume und die von den Leuchten zu erwartenden Leuchtdichten L_s sind in der Anlage 11.3.4 detailliert zusammengestellt. Die Leuchtdichten wurden der Leuchtdichteverteilung des Datenblatts entnommen (vgl. Anlage 11.3.3). Aus den Leuchtdichten und den Raumwinkeln wurden die tatsächlichen Proportionalitätsfaktoren k an drei exemplarischen Immissionsorten in verschiedenen Abständen berechnet und mit den Richtwerten gemäß Tabelle 2 verglichen. Eine Zusammenstellung zeigt die Tabelle 4.

Zusammenfassend ergibt sich, dass ab einem Abstand von etwa 100 m zur Straßenleuchte alle Richtwerte der Licht-Richtlinie für die Beurteilung der Blendung eingehalten werden, der aus der Leuchtdichte konkret ermittelte Proportionalitätsfaktor k liegt unter den jeweiligen Richtwerten. Bei anderen Blickwinkeln liegen geringere Leuchtdichten vor, so dass die Immissionsrichtwerte weiterhin eingehalten bzw. noch deutlicher unterschritten werden.

Für niedrigere Masthöhen als 12 m ist aus geometrischen Gründen die Einhaltung der Immissionsrichtwerte schon bei kleineren Abständen zu erwarten.

Tabelle 4: Vergleich der aus der Leuchtdichte der Quellen ermittelten Proportionalitätsfaktoren k mit den Proportionalitätsfaktoren zur Ermittlung der maximal zulässigen Leuchtdichte aus Tabelle 2, Umgebungsleuchtdichte $0,1 \text{ cd/m}^2$

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ze	Immissionsort				Quelle		Immissionsrichtwert (Proportionalitätsfaktor k)			k aus Leuchtdichte der Quelle
	Nr.	Gebiet	Abstand [m]	Geschoss	Masthöhe [m]	Blickrichtung	6 – 20	20 – 22	22 – 6	
							Uhr	Uhr	Uhr	
1	IO 1	WR/WA	50	EG	12	C165	96	64	32	893
2				1.OG	12	C165	96	64	32	335
3	IO 2	WR/WA	100	EG	12	C165	96	64	32	25
4				1.OG	12	C165	96	64	32	22
5	IO 3	WR/WA	200	EG	12	C165	96	64	32	9
6				1.OG	12	C165	96	64	32	*)

*) außerhalb des Anwendungsbereichs der Licht-Richtlinie

5.2.4. Beurteilung

Die Abstände der nächstgelegenen Wohnbebauung betragen zum Tunnelmund bzw. zu den angrenzenden beleuchteten Straßenabschnitten mehr als 400 m im Westen (Puttgarden) bzw. 500 m im Osten (Marienleuchte).

Für diese Abstände ergeben sich durch die Straßenbeleuchtung keine relevanten vertikalen Beleuchtungsstärken, so dass eine zusätzliche Raumaufhellung nicht zu erwarten ist. Der niedrigste Immissionsrichtwert der Licht-Richtlinie für die empfindlichste Nutzung von 1 lx wird eingehalten, auch unter Berücksichtigung der Vorbelastung.

Auch hinsichtlich einer möglichen Blendung bei Blick hin zu der Straßenbeleuchtung sind für die vorhandenen Abstände keine Belästigungen zu erwarten, da die Anforderungen der Licht-Richtlinie eingehalten werden.

Die Abstände zu den geplanten Parkplätzen betragen im Westen und im Osten mehr als 500 m. Lediglich für einen Gebäudekomplex im Außenbereich am Marienleuchter Weg ist der Abstand mit mehr als 300 m etwas geringer. Insgesamt ist jedoch auch durch die Beleuchtung des Parkplatzes nicht mit relevanten Lichtimmissionen an der schutzbedürftigen Bebauung zu rechnen, sofern für die Parkplatzbeleuchtung der geplanten Straßenbeleuchtung vergleichbare Leuchten verwendet werden.

Hinsichtlich der Einwirkungen auf Tiere ist festzustellen, dass die vorliegende Planung für die Straßenbeleuchtung bereits den Empfehlungen der Licht-Richtlinie zum Schutz von Insekten entspricht: Durch den Einsatz von asymmetrischen Leuchten wird eine weitreichende Aufhellung durch Streulicht, insbesondere nach oben und außerhalb des Hafengebietes, vermieden. Mit dem Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen werden weiterhin die Einwirkungen auf Insekten minimiert, da die Anlockwirkung aufgrund der spektralen Verteilung im Vergleich mit anderen Lampen gering ist. Vergleichbare Leuchten sollten daher auch im Bereich der Parkplätze zum Einsatz kommen.

5.3. Bauphase

Für die Bauphase ist festzustellen, dass eine detaillierte Untersuchung derzeit schwierig ist, da die konkrete Beleuchtung in Art und Umfang noch nicht bekannt ist. Dies ist im Wesentlichen auch mit der Anordnung der Baustellenflächen unterschiedlicher Nutzung verbunden, die derzeit nur grob abzuschätzen ist.

Für die eigentliche Baustelle, auf der Geräteinsatz und manuelle Tätigkeiten stattfinden, ist eine ausreichende Beleuchtung zwingend notwendig. Hierzu sollen u.a. Flutlichtscheinwerfer zum Einsatz kommen. Um die Belästigungen durch Lichtimmissionen zu minimieren, sollte bei der Aufstellung darauf geachtet werden, dass die Scheinwerfer möglichst nicht in Richtung der nächstgelegenen schutzbedürftigen Bebauung ausgerichtet werden, um eine Blendung möglichst zu verhindern. Eine mögliche Raumaufhellung mit einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte ist aufgrund der hinreichend großen Abstände eher unwahrscheinlich. Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass diese Beleuchtung voraussichtlich mit dem Baufortschritt räumlich variiert, so dass nicht alle Bereiche durchgehend beleuchtet sein werden.

Für die Beleuchtung von Baustelleneinrichtungs- und -lagerflächen sowie Parkplätzen im Bereich der geplanten Unterkünfte und des Arbeitshafens, für die voraussichtlich während der gesamten Bauphase eine Beleuchtung erforderlich ist, wird zur Minimierung der Immissionen der Einsatz von Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung und Natriumdampf-Hochdrucklampen empfohlen, wie sie zur Beleuchtung von Gewerbeflächen üblich sind. Dies sollte insbesondere für Flächen beachtet werden, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu vorhandener Wohnbebauung liegen.

6. Zusammenfassung und Beurteilung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die zu erwartenden Lichtimmissionen im Bereich der angrenzenden schutzbedürftigen Bebauung abgeschätzt. Die Beurteilung erfolgte auf Grundlage der Licht-Richtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz.

Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Beleuchtungsanlagen von Kraftfahrzeugen und dem Verkehr zuzuordnende Signalleuchten gehören nicht zu den Anlagen i. S. des § 3 Abs. 5 BImSchG, so dass sie nicht in den Geltungsbereich der Licht-Richtlinie fallen. In der vorliegenden Untersuchung wird die Licht-Richtlinie dennoch hilfsweise als antizipiertes Sachverständigengutachten zur Einschätzung der Belästigung durch den Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung herangezogen, wenn auch die Immissionsrichtwerte nicht streng einzuhalten sind.

Orientierende Messungen der vorhandenen Beleuchtungsstärke haben ergeben, dass derzeit alle Immissionsrichtwerte der Licht-Richtlinie eingehalten bzw. deutlich unterschritten werden.

Für den Betrieb der festen Fehmarnbeltquerung wurden abschätzende Berechnungen für ein exemplarisches Beleuchtungskonzept für die Straßenbeleuchtung im Umfeld des Tunnels durchgeführt. Es zeigt sich, dass auch unter Berücksichtigung der Vorbelastungen die Immissionsrichtwerte der Licht-Richtlinie an der schützenswerten Bebauung überall eingehalten werden.

Im Hinblick auf die zusätzliche Beleuchtung im Bereich der geplanten Parkplätze ist festzustellen, dass der Einsatz von Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung zu empfehlen ist. Im nahen Umfeld sind durch diese zusätzliche Beleuchtung zwar Lichtimmissionen zu erwarten. Für die vorliegenden Abstände zur schutzbedürftigen Bebauung ist aber auch hier damit zu rechnen, dass ein relevanter Beitrag zur Raumaufhellung oder eine relevante Blendung nicht auftreten.

Für den Betrieb der Baustelle, auf der Geräteinsatz und manuelle Tätigkeiten stattfinden, ist eine ausreichende Beleuchtung aus Sicherheitsgründen zwingend notwendig. Hierzu sollen u.a. Flutlichtscheinwerfer zum Einsatz kommen. Um die Belästigungen durch Lichtimmissionen zu minimieren, sollte bei der Aufstellung darauf geachtet werden, dass die Scheinwerfer möglichst nicht in Richtung der nächstgelegenen schutzbedürftigen Bebauung ausgerichtet werden, um eine Blendung möglichst zu verhindern. Eine mögliche Raumaufhellung mit einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte ist aufgrund der hinreichend großen Abstände eher unwahrscheinlich. Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass diese Beleuchtung voraussichtlich mit dem Baufortschritt räumlich variiert, so dass nicht alle Bereiche durchgehend beleuchtet sein werden.

Für die Beleuchtung von Baustelleneinrichtungs- und -lagerflächen sowie Parkplätzen im Bereich der geplanten Unterkünfte sind geringere Anforderungen an die Beleuchtung zu stellen. Da diese Bereiche voraussichtlich während der gesamten Bauphase eine Beleuchtung benö-

tigen, wird zur Minimierung der Immissionen der Einsatz von Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung und Natriumdampf-Hochdrucklampen empfohlen, wie sie zur Beleuchtung von Gewerbeflächen üblich sind.

Auch für die Beleuchtung des Arbeitshafens sollten Leuchten mit asymmetrischer Lichtstärkeverteilung Verwendung finden. Aufgrund der hinreichend großen Entfernung zu den nächstgelegenen Wohngebäuden ist in diesem Fall nicht mit einer relevanten Belästigung durch Raumaufhellung oder Blendung zu rechnen.

Grundsätzlich sollte bei der Beurteilung der Lichtimmissionen der temporäre Charakter der Baustelle nicht außer Acht gelassen werden, so dass ggf. kurzzeitig höhere Beeinträchtigungen abzuwägen sind.

Hinsichtlich der Einwirkungen auf Tiere ist festzustellen, dass die vorliegende Planung für die Straßenbeleuchtung bereits den Empfehlungen der Licht-Richtlinie zum Schutz von Insekten entspricht: Durch den Einsatz von asymmetrischen Leuchten wird eine weitreichende Aufhellung durch Streulicht, insbesondere nach oben und außerhalb des Hafengebietes, vermieden. Mit dem Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen werden weiterhin die Einwirkungen auf Insekten minimiert, da die Anlockwirkung aufgrund der spektralen Verteilung im Vergleich mit anderen Lampen gering ist. Vergleichbare Leuchten sollten daher auch im Bereich der Parkplätze und soweit möglich bei der Baustellenbeleuchtung zum Einsatz kommen.

Bargteheide, den 1. Oktober 2013

(Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt)

(Dipl.-Ing. Björn Heichen)

7. Quellen

Basis der vorliegenden Stellungnahme sind folgende Daten, Informationen und Normschriften:

Gesetze, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist;
- [2] Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen („Licht-Richtlinie“), Länderausschuss für Immissionsschutz, 10. Mai 2000;

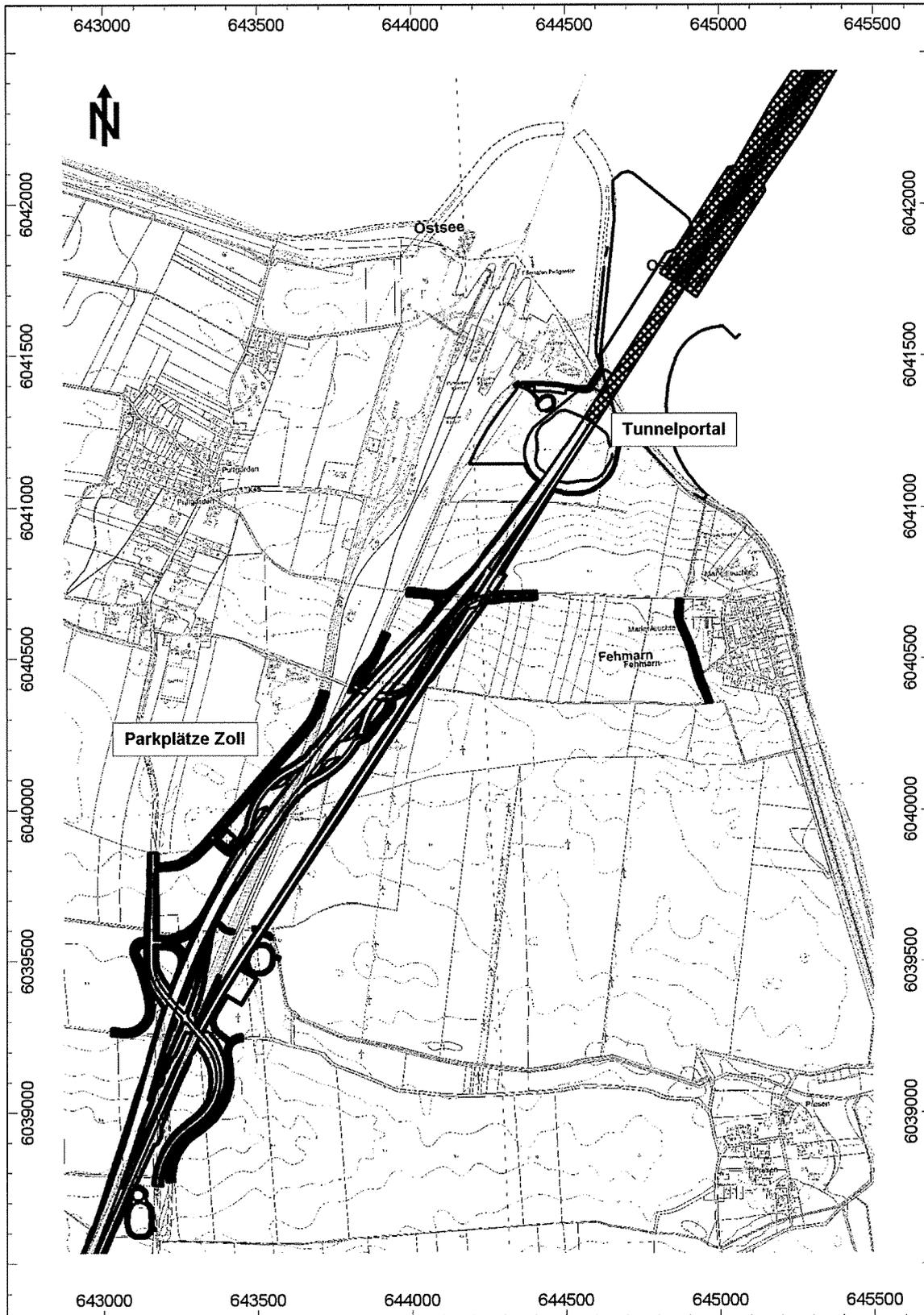
Emissions-/Immissionsberechnung

- [3] Bruno Weis, Industriebeleuchtung, Pflaum-Verlag, München, 2000, ISBN 3-7905-0762-8;
- [4] Fördergemeinschaft Gutes Licht, Informationen zur Lichtanwendung, Heft 3, Gutes Licht für Sicherheit auf Straßen, Wegen, Plätzen;
- [5] DIALux, Version 4.7.5.2, DIAL GmbH, 2009;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [6] Gesetz zu dem Vertrag vom 3. September 2008 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark über eine Feste Fehmarnbeltquerung, (BGBl. II Nr. 25 vom 23. Juli 2009, S. 799);
- [7] Bebauungspläne und Flächennutzungspläne der Stadt Fehmarn und Gemeinden auf Fehmarn, B-Planpool B-und F-Plan Portal, Pläne der Städte und Gemeinden Schleswig-Holstein, Informationen im Internet verfügbar (<http://www.b-planpool.de/>), zuletzt abgerufen am 17.01.2012;
- [8] Messtermin mit Ortsbesichtigung, LAIRM CONSULT GmbH, 3. Februar 2011;

Anlage 11.3.1. Übersichtslageplan, Maßstab 1: 20.000

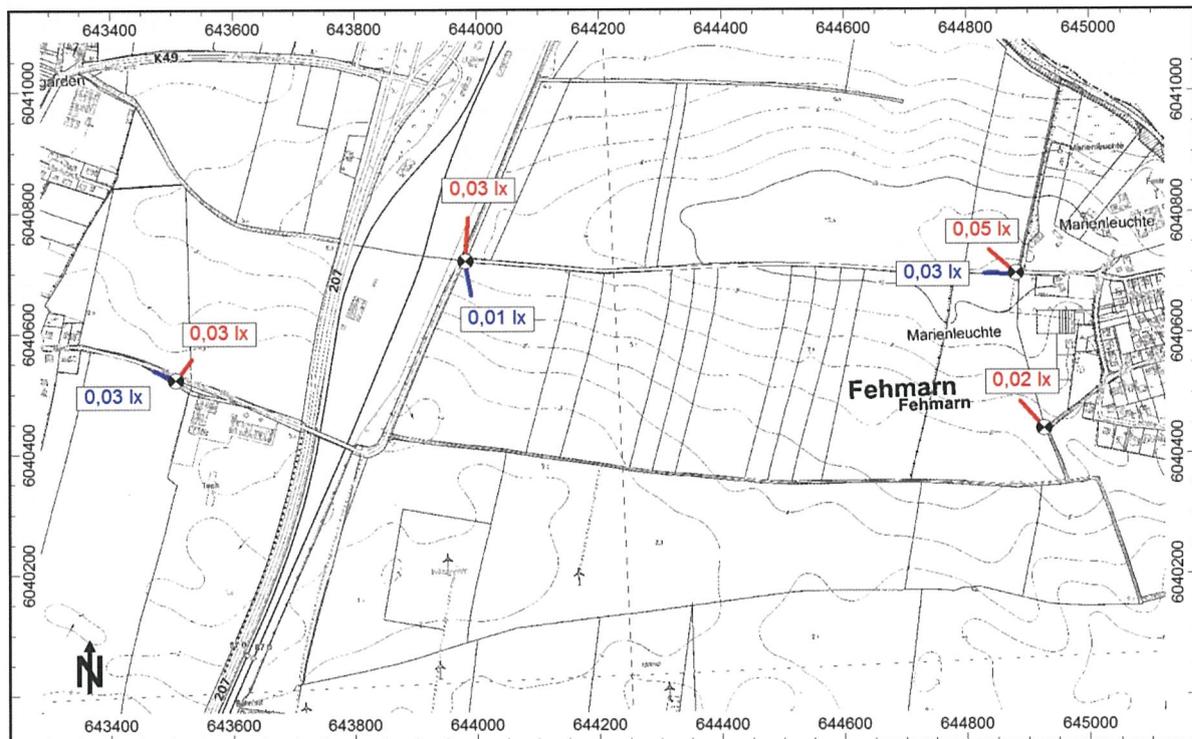
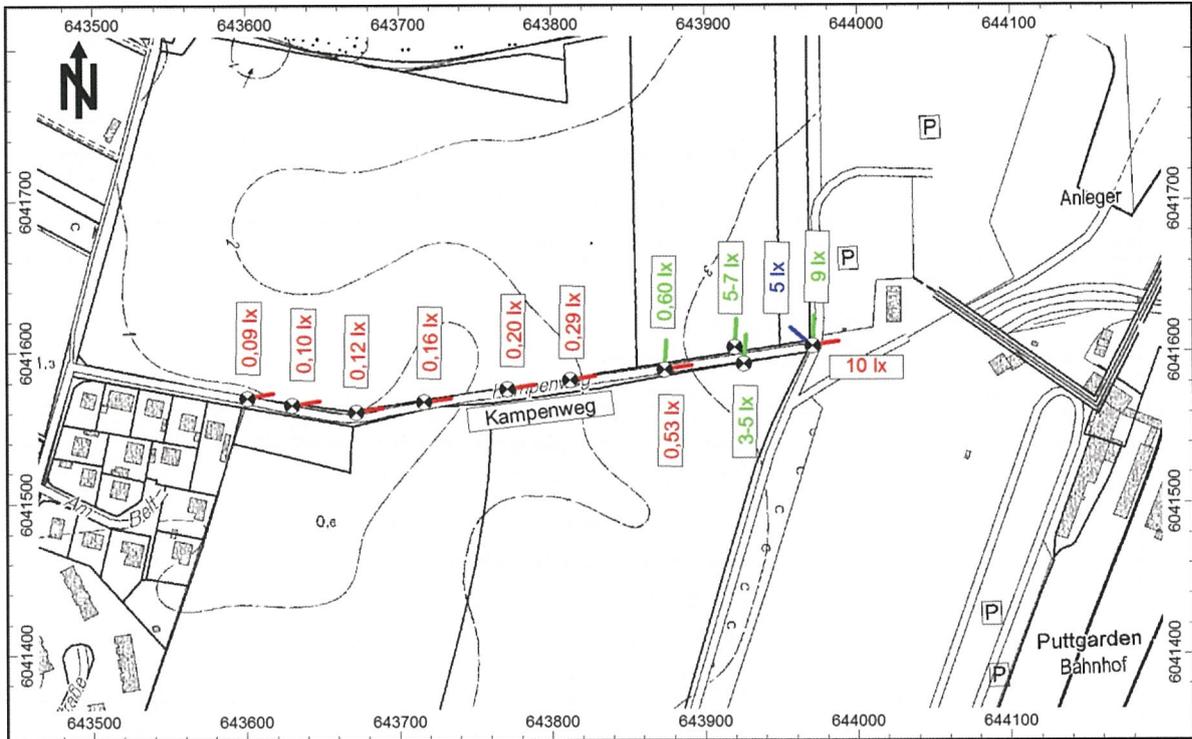


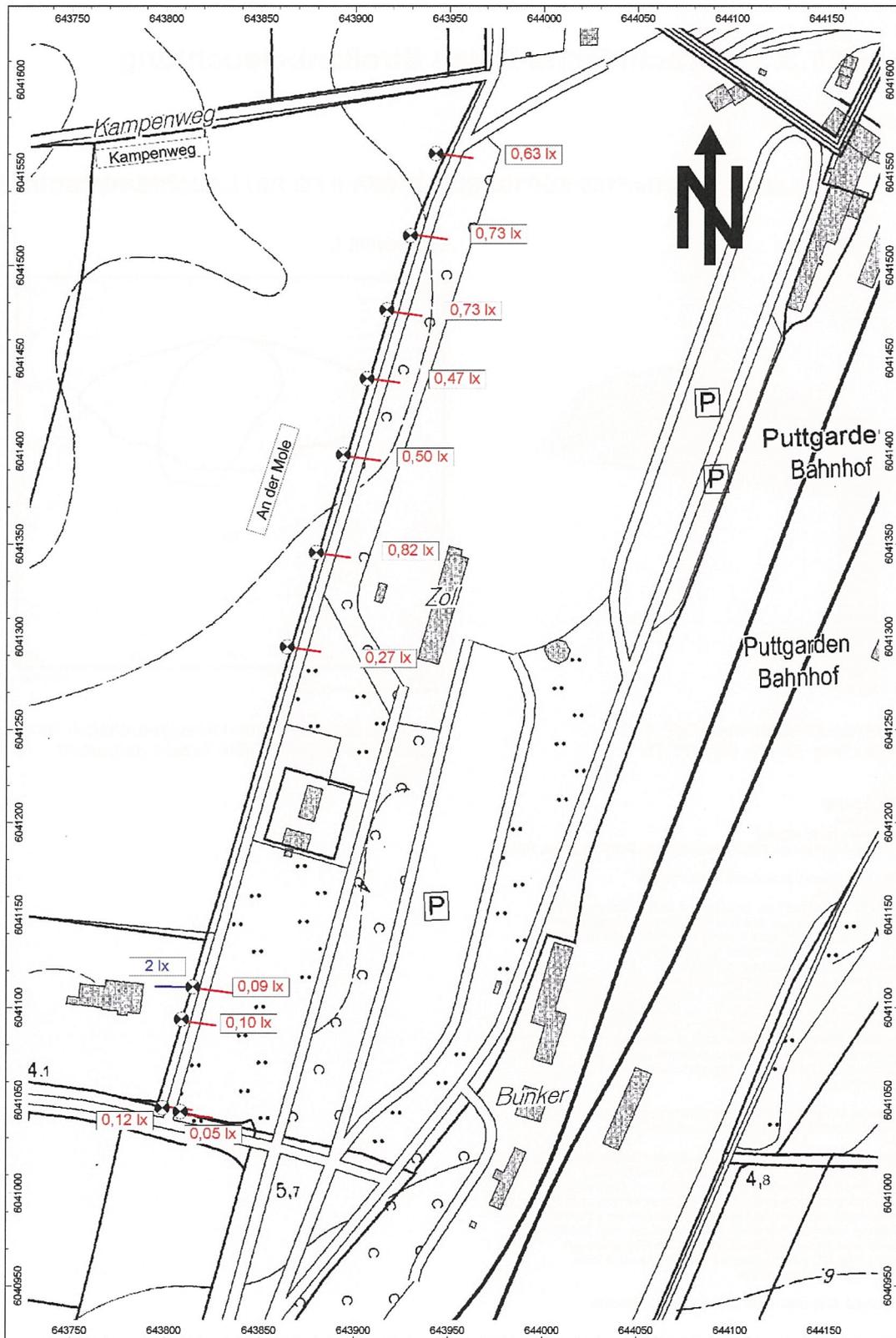
Anlage 11.3.2. Messung der Vorbelastung

Messprotokoll

Bearbeiter:	Dr. Bernd Burandt	Datum:	03.02.2011
	Dipl.-Met. Miriam Sparr		
Messzeit:	18:30 Uhr bis 20:00 Uhr		
Wetterbedingungen:			
Bedeckungsgrad/ Wetter:	bedeckt, trocken		
Windrichtung/ -geschwindigkeit:	leichter Wind		
Temperatur/ Luftdruck/ Luftfeuchte:	etwa 3°C / 1019 hPa / 85%		
Messgerät:	LMT Beleuchtungsstärkemessgerät Pocket-Lux 2, Typ B Messbereiche von 0,01 lx bis 19.999 lx LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin Geräte-Nr.: 3838, Baujahr: 2009 Kalibrierung: August 2009 Genauigkeitsklasse B gemäß DIN 5032, Teil 7 Zubehör: Leuchtdichtetubus		
Messorte:	Umfeld Hafengebiete Puttgarden		
Messobjekte:	Gesamtbelastung aus Straßenbeleuchtung, Parkplatzbeleuchtung, Hafengebietebeleuchtung		
Umgebungsshelligkeit	bewölkter Himmel, kein Mondschein		
sonstiges:	—		

Messergebnisse (vertikale Beleuchtungsstärke E in Lux je Messrichtung)





Anlage 11.3.3. Technische Daten Straßenbeleuchtung

Allgemeine Daten

PHILIPS Leuchten Koffer²100 SGP100 SON-T100W II FG P6 / Leuchtendatenblatt



Leuchtenklassifikation nach DIN: A30
CIE Flux Code: 38 72 96 100 79

Koffer² 100
Auf-/Ansatzleuchte
Flachglasscheibe
konventionelles Vorschaltgerät
Natriumdampf-Hochdruckentladungslampe Master SON-T Pia Plus 100W

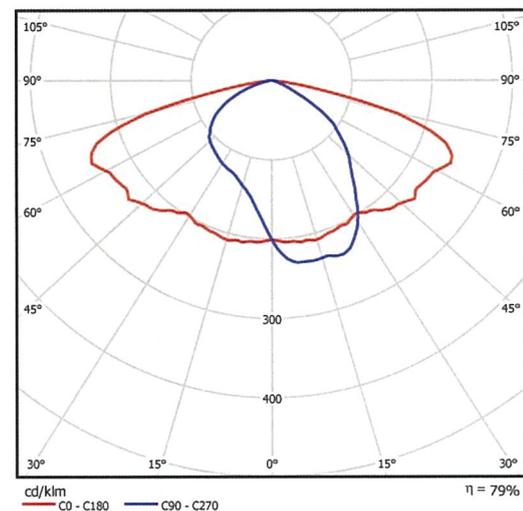
Ökonomie mit System durch extrem wirtschaftliche Leuchtenkonzeption,
Gehäuse, Leuchtenverschluss, Masteinschublager, Rahmen und patentierte Umsteuerklappe[®] aus hochwertigem und langlebigem Aluminiumdruckguss, Dach und Verschluss in RAL 7035 lackiert (alle NCS- und weitere RAL-Farben auf Anfrage), 80% Aluminium, daher bestens recyclingfähig,
Mastarretierschraube aus rostfreiem Stahl, keine Kontaktkorrosion durch Stecksystem, Masteinschublager mit statisch bestimmter Dreipunktbefestigung und Gleitkeil für eine sichere Montage, herausnehmbarer Multi-Block mit Netzanschlussklemme, Zugentlastung, Kabelschutz, Druckausgleichsventil und elektrischem Schnellsteckverbinder, elektrische Bauteile und Lampenfassung sind in einem werkzeuglos herausnehmbaren Elektroblock integriert

kompensiertes Vorschaltgerät mit Temperatursicherung für Hochdruck-Metallhalogen/Natriumdampf-Lampe

Anodisierte reinaluminium CT-POT Optik, lichttechnische Spreizung mittels 7-fach verstellbarer Fassungsposition, kundenseitige Einstellung Position 6 (Werkseinstellung Position 4), optimierter LuxMax Lichtaustritt durch angefasten Rahmen für maximale Flachglasscheibe aus thermisch gehärtetem Sicherheitsglas kann zur Reinigung oder zum Austausch werkzeuglos aus dem Rahmen entnommen werden, Hohlprofildichtung aus thermoplastischem Elastomere tefabloc, werkzeugloses Öffnen der Leuchte über stirnseitigen Kniehebelverschluss.

Schutzklasse II, Schutzart IP 66, ENEC, VDE, CE-Zeichen

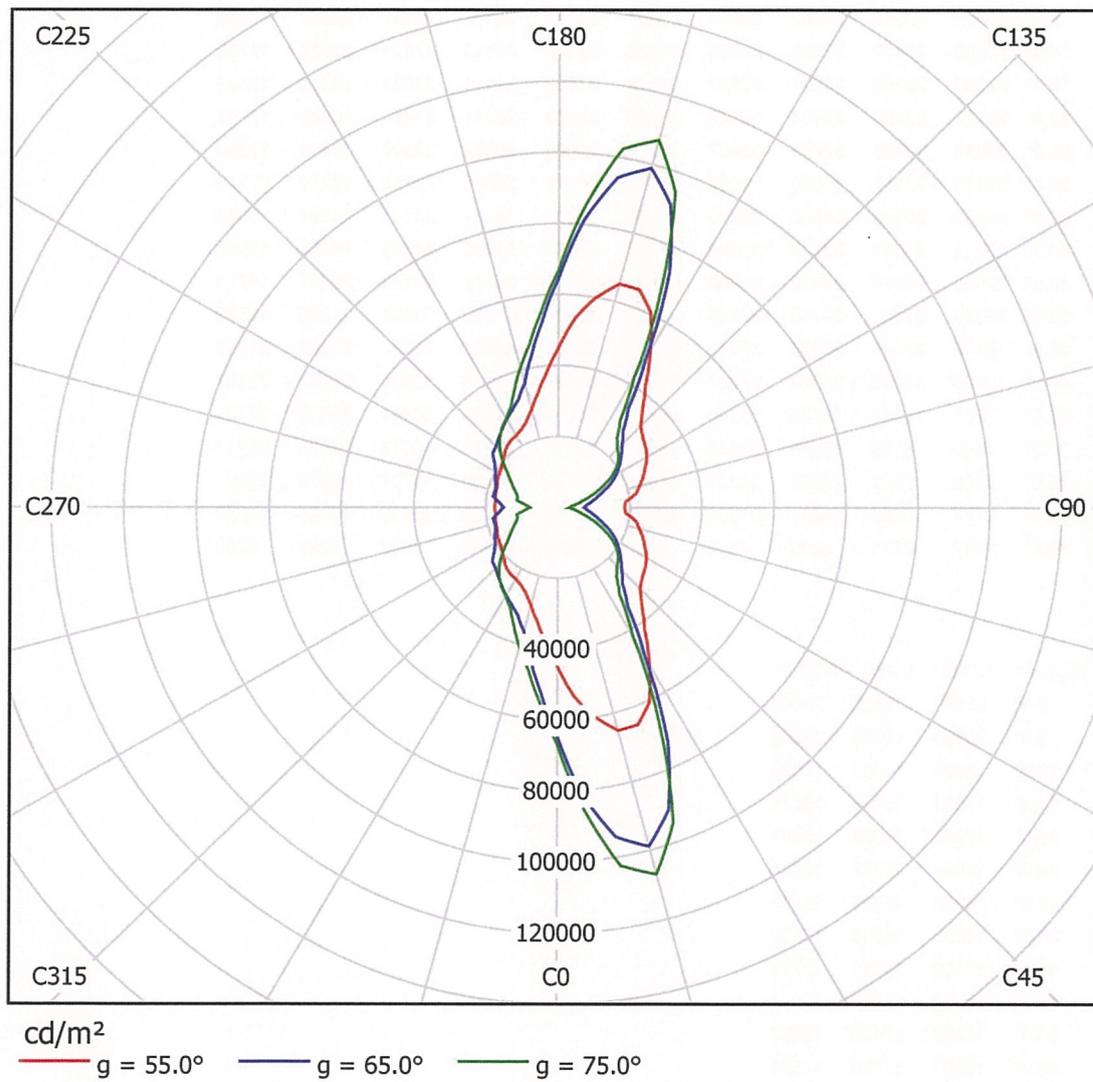
Lichtaustritt 1:



Aufgrund fehlender Symmetrieeigenschaften kann zu dieser Leuchte keine UGR-Tabelle dargestellt werden.

Lichtstärkeverteilung

Leuchte: PHILIPS Leuchten Koffer²100 SGP100 SON-T100W II FG P6
Lampen: 1 x SON-TPP100W



Leuchtdichtevertellung

Leuchte: PHILIPS Leuchten Koffer²100 SGP100 SON-T100W II FG P6
 Lampen: 1 x SON-TPP100W

Gamma	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	°	C 210°	C 225°
0.0°	23508	23508	23508	23508	23508	23508	23508	23508	23508	23508	23508
5.0°	26514	26359	26267	25970	25551	24843	24034	23131	22222	21318	
10.0°	27506	27452	27669	27566	27228	26215	24513	22691	21035	19768	
15.0°	28039	28185	28827	29522	29109	27753	25134	22633	20283	18573	
20.0°	29123	29489	30134	30743	30396	28130	25311	22464	19940	17757	
25.0°	29697	30426	32733	32657	31209	29068	25852	22590	19480	17250	
30.0°	28419	30417	35050	36208	33193	30217	26560	22759	19246	17105	
35.0°	25809	29363	34595	39223	37490	33901	28561	23141	18961	17375	
40.0°	23311	27049	32926	39092	45707	40150	31966	24143	19434	17908	
45.0°	22003	26509	28915	38959	56298	49572	35722	25732	20247	18713	
50.0°	20093	27481	28750	36248	58722	58440	41036	26521	21809	19572	
55.0°	18445	23445	28482	32313	51041	65079	44835	28582	23289	21012	
60.0°	12903	17056	24044	27807	51419	80389	51915	32364	25467	23187	
65.0°	7281	11341	18765	25244	48752	98911	64556	36144	28629	24321	
70.0°	4546	8128	16588	23754	46149	117717	73633	40013	29438	25213	
75.0°	3266	7002	17008	23307	41969	107063	66759	40707	28829	22791	
80.0°	2771	6462	14411	21363	22792	46770	27123	15836	18434	14353	
85.0°	1667	2171	5532	5552	3980	8280	5926	3896	2748	2258	

Gamma	C 240°	C 255°	C 270°
0.0°	23508	23508	23508
5.0°	20665	19945	20003
10.0°	18828	17907	17690
15.0°	17584	16738	16573
20.0°	16660	16069	15883
25.0°	16093	15742	15864
30.0°	16233	15819	16142
35.0°	16628	16045	16410
40.0°	17160	16414	16798
45.0°	17672	17100	17431
50.0°	18386	17489	17599
55.0°	18807	17760	17519
60.0°	19566	18455	16987
65.0°	19974	18037	15087
70.0°	19956	15973	12037
75.0°	15171	11535	7772
80.0°	7121	4403	4540
85.0°	1621	1480	1667

Werte in Candela/m².

Anlage 11.3.4. Berechnung der Leuchtdichte

Grundlagen

Die Lichtstärke I ist durch das Verhältnis des abgestrahlten Lichtstroms Φ zum beleuchteten Raumwinkel Ω definiert:

$$I = \Phi / \Omega$$

Die Leuchtdichte L_s einer Blendlichtquelle ist durch die Lichtstärke der Quelle und der gesehenen leuchtenden Fläche F_p gegeben:

$$L_s = I / F_p$$

Der Raumwinkel Ω_s der Lichtquelle am Immissionsort kann durch folgende Beziehung berechnet werden:

$$\Omega_s = F_p / R^2 \quad \text{mit} \quad F_p = F_l \cdot \cos \varepsilon$$

Dabei bedeuten:

F_p : Projektion der lichtabstrahlenden Fläche auf eine Ebene senkrecht zur Verbindungsgeraden Immissionsort-Leuchte („scheinbare Leuchtengröße“)

F_l : Lichtaustrittsfläche der Leuchte

R : direkter Abstand zwischen Lichtquelle und Immissionsort

ε : Winkel zwischen Lot auf die Leuchtenfläche und Verbindungsgerade Immissionsort-Leuchte

Die Berechnung der maximal zulässigen Leuchtdichten \overline{L}_{\max} wurde gemäß Licht-Richtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) durchgeführt. Dabei wurde für die Umgebungsleuchtdichte ein Wert von 0,1 cd/m² zugrunde gelegt. Die tatsächlichen Leuchtdichten L_s wurden aus den Datenblättern des Herstellers entnommen bzw. abgeleitet. Die Masthöhe wurde auf 12 m festgelegt.

Leuchtdichten (Masthöhe 12 m)

Sp	Immissionsort				Geometriedaten					Leuchtdaten			Leuchtdichte						
	Nr.	Gebiet	Geschoss	Höhe	horizontaler Abstand s	direkter Abstand R	Winkel ε	Raumwinkel Ω _s	Winkel (horizontal)	Winkel (horizontal)	Winkel (vertikal)	Umgebung L _U	6 – 20 Uhr		20 – 22 Uhr		22 – 6 Uhr		Quelle L _s
[m]					[m]	[sr]		k					Richtwert L _{max}	k	Richtwert L _{max}	k	Richtwert L _{max}	[cd/m ²]	
Mast 1, Leuchte 1																			
1	IO 1	WR/WA	EG	1,5	50,0	52,1	78,1°	7,0E-06	165,0°	C165	75,0°	0,1	96	11.515	64	7.677	32	3.838	107.063
2			1.OG	4,5		51,3	81,5°	5,1E-06	165,0°	C165	80,0°	0,1	96	13.404	64	8.936	32	4.468	46.770
3	IO 2	WR/WA	EG	1,5	100,0	101,0	84,0°	9,4E-07	165,0°	C165	85,0°	0,1	96	31.392	64	20.928	32	10.464	8.280
4			1.OG	4,5		100,7	85,7°	6,8E-07	165,0°	C165	85,0°	0,1	96	36.923	64	24.616	32	12.308	8.280
5	IO 3	WR/WA	EG	1,5	200,0	200,5	87,0°	1,2E-07	165,0°	C165	85,0°	0,1	96	88.041	64	58.694	32	29.347	8.280
6			1.OG	4,5		200,3	87,9°	8,3E-08	165,0°	C165	85,0°	0,1	96	105.115	64	70.077	32	35.038	8.280

