

MX – ELEKTRONIK
Prof. Dr.-Ing. Peter Marx
Fon: 0049-(0)30-8051980
Fon: 0049-(0)30-4504-2315
Mobil: 0178-1323639
E-Mail: info@mx-electronic.com

D-14109 BERLIN (GERMANY)
Am Kleinen Wannsee 12 J
Commerzbank AG
BLZ: 100 400 00
Kto.-Nr.: 4412342
BIG (SWIFT)-Code: COBADEFFXXX
IBAN-Code : DE75 1004 0000 0441 2342 00

Beispiel für ein Lichtimmissions-Prognosegutachten

Betr.: Erstellung eines Lichtimmissions-Prognosegutachtens für eine Flutlichtanlage auf einem geplanten Fußballplatz

Lichttechnische Anforderungen für Sportstättenbeleuchtungen

Die DIN EN 12193 für Sportstättenbeleuchtung (Flutlichtanlagen) beschreibt drei Beleuchtungsklassen, die für sportliche Betätigungen im Freizeitbereich bis hin zum internationalen Wettbewerb reichen.

Beleuchtungsklasse I

Hochleistungswettkämpfe, wie internationale und nationale Wettbewerbe, die im Allgemeinen mit hohen Zuschauerzahlen und großen Sehentfernungen Verbunden sind.
Hochleistungstraining (kann in die Klasse mit einbezogen werden).

Beleuchtungsklasse II

Wettkämpfe auf mittlerem Niveau, wie regionale oder örtliche Wettbewerbe, die im Allgemeinen mit mittleren Zuschauerzahlen und mit mittleren Sehentfernungen verbunden sind.
Leistungstraining, $E_{\text{mittel}} = 200 \text{ lx}$

Beleuchtungsklasse III

Einfache Wettkämpfe, örtliche oder kleine Vereinswettkämpfe, im Allgemeinen ohne Zuschauerbeteiligung. Allgemeines Training Schulsport Freizeitsport. $E_{\text{mittel}} = 75 \text{ lx}$

.....

Flutlichtanlage auf dem geplanten Fußballplatz

Beim lokalen bis regionalen Liga-Spielbetrieb sind 200 Lux erforderlich, d.h. im vorliegenden Fall kommt die Beleuchtungsklasse II zur Anwendung.

Für das Großfeld 60 m x 90 m sind 6 Masten mit minimal 16 m Höhe vorgesehen, alternativ 2 Kleinfelder 45 m x 60 m.

Rechtsgrundlagen

Lichtrichtlinie: Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen, Beschluss des LAI vom 2.11.2000

Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26.09.2002 (BGBl. I .3830)

Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen, LiTG-Druckschrift 12.3 vom Mai 2011

LAI – Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen 2012 und 2014

Gebietsart nach BauNVO

Die Wohnbebauung um den Sportplatz herum ist § 6 BauNVO als „Allgemeines Wohngebiet“ ausgewiesen.

Lichtplanung für die Flutlichtanlage

Beleuchtungsberechnung gemäß DIN-EN 12193, Klasse II

Anforderungen:

PA: E-Mittel: 200 lx, Min/Mittel: 0.6, GR-Max: 50.

TA: 75%

06 x BVP525 OUT T20 50K 1xLED1940/740 A-WB/30 +LO

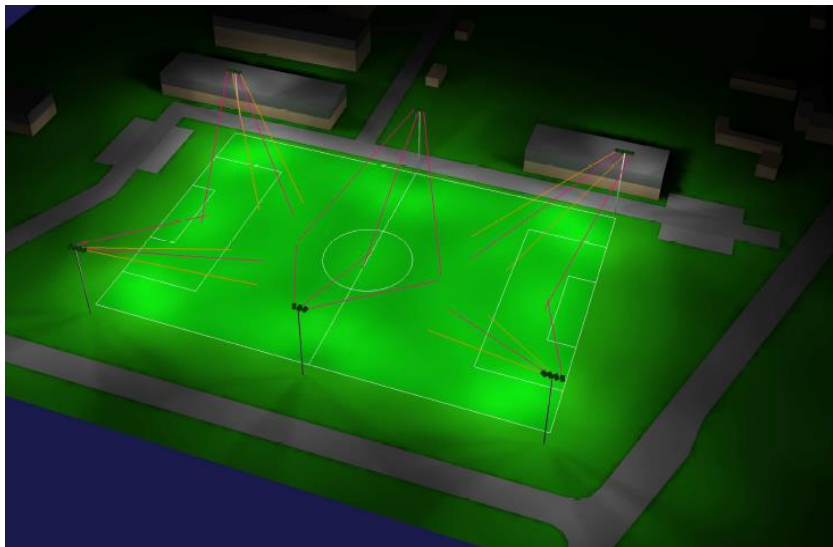
12 x BVP525 OUT T20 50K 1xLED1940/740 A-NB/30 +LO

auf 6 Masten. Lichtpunkthöhe 16 m

Spielfeld-PA: 90 x 60 m,

Wartungsfaktor: 0.89, Für Lebensdauer 50.000 Betriebsstunden bei regelmäßiger Reinigung (alle 4 Jahre).

Die Scheinwerfer sind gemäß der Installationsdaten auf Zielpunkte auszurichten (mit Zubehör ZVP520 PAD) !!

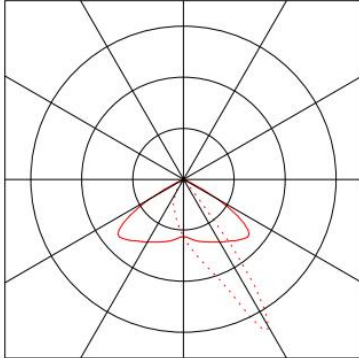


3D-Darstellung einer LED-Flutlichtanlage mit 6 Masten

Beispiel: Leuchtendaten

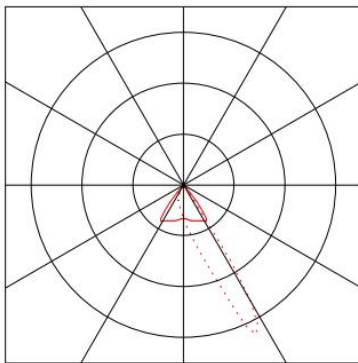
Philips Lighting, OptiVision LED BVP525 OUT T20 50K 1xLED,

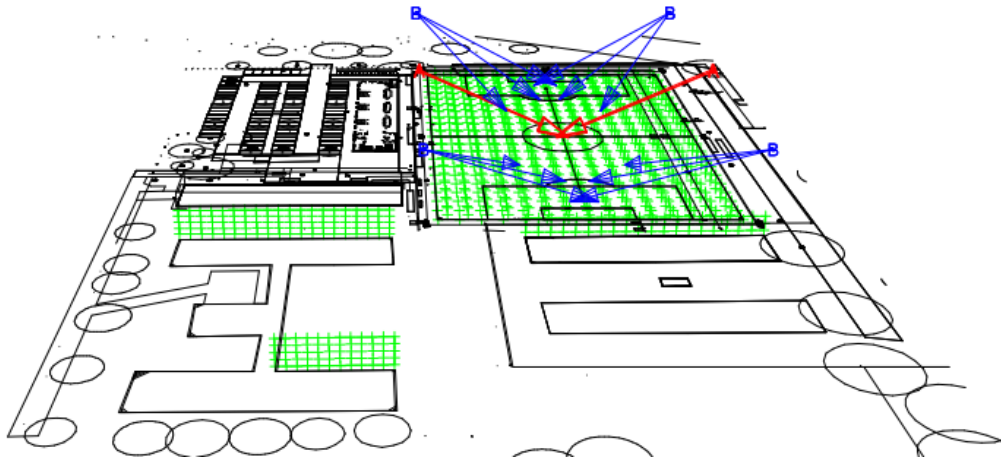
Leuchten-Wirkungsgrad	: 65%	Anzahl	: 1
Leuchten-Lichtausbeute	: 86.8 lm/W	Bezeichnung	: LED1940/740
Klassifikation	: A50 ↓100.0% ↑0.0%	Farbe	:
CIE Flux Codes	: 68 98 100 100 65	Lichtstrom	: 183674 lm
Blendung	: G*6 / D6		
Leistung	: 1375.39 W		
Lichtstrom	: 119388 lm		
Abmessungen	: 600 mm x 600 mm x 100 mm		



Philips Lighting, OptiVision LED BVP525 OUT T20 50K 1xLED,

Leuchten-Wirkungsgrad	: 53%	Anzahl	: 1
Leuchten-Lichtausbeute	: 70.78 lm/W	Bezeichnung	: LED1940/740
Klassifikation	: A60 ↓100.0% ↑0.0%	Farbe	:
CIE Flux Codes	: 98 100 100 100 52	Lichtstrom	: 183674 lm
Blendung	: G*6 / D6		
Leistung	: 1375.39 W		
Lichtstrom	: 97347.4 lm		
Abmessungen	: 600 mm x 600 mm x 100 mm		





3-D-Ansicht der Flutlichtanlage auf dem geplanten

Lichtimmissionen

Lichtimmissionen gehören 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.

Genehmigungsbedürftige Anlagen sind gemäß § 5 Abs.1 Nr.1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Licht nicht hervorgerufen werden können und dass Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung getroffen wird.

Zu den Licht emittierenden Anlagen zählen künstliche Lichtquellen aller Art, wie z.B. Außenleuchten auf Straßen, Parkplätzen, Grünanlagen, Scheinwerfer zur Beleuchtung von Sportstätten, von Verladeplätzen und für Anstrahlungen sowie Lichtreklamen, aber auch hell beleuchtete Flächen, wie z.B. angestrahlte Fassaden oder selbst leuchtende Plakatflächen, Plakatsäulen, LED-Lichtwerbeanlagen, LED-Video-Bildwände, Lichtkustanlagen usw.

Raumaufhellung von Wohnräumen, insbesondere von Schlafzimmern

Die Raumaufhellung von Wohnräumen wird durch die mittlere vertikale Beleuchtungsstärke $\overline{E}_F$ in der Fensterebene beschrieben. 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 Gesamtbeleuchtungsstärke beiträgt.

Ändert sich die Lichtaussendung in kürzerem Rhythmus als 5 Minuten, handelt es sich um Wechsellicht. Hier müssen ggf. Erhöhungsfaktoren zwischen 1,5 bis 5 je nach dem Grad der Auffälligkeit berücksichtigt werden.

Bei farbigem Licht muss ggf. zusätzlich der Erhöhungsfaktor 2 angesetzt werden.

Für nichtperiodisches Licht abstrahlende LED-Video-Anlagen gibt es z. Z. keine Beurteilungsempfehlungen. Wechsellicht- und Farbzuschlag sind nicht zu kumulieren. Es gilt der höhere Zuschlag.

Für die Differenzbildung sind die Beleuchtungsstärkewerte $E_{F,i}$ (mit) und

$E_{F,i}$ (ohne) an den Messpunkten i zu messen, die sich bei eingeschalteter (d.h. mit) und bei ausgeschalteter (d.h. ohne) künstlicher Beleuchtung ergeben. Der durch die zu beurteilende Anlage verursachte mittlere Beleuchtungsstärkewert errechnet sich aus:

$$\overline{E}_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [E_{F,i}(\text{mit}) - E_{F,i}(\text{ohne})]$$

Immissionsort (Einwirkungsort) Gebietsart nach § BauNVO [2]	mittlere Beleuchtungsstärke $\overline{E}_F$ in lx	
	06 Uhr bis 22 Uhr	22 Uhr bis 06 Uhr
1 Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten ¹⁾	1	1
2 reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4 a) Kleinsiedlungsgebiete (§ 2) Erholungsgebiete (§ 10)	3	1
3 Dorfgebiete (§ 5) Mischgebiete (§ 7)	5	1
4 Kerngebiete (§ 7) ²⁾ Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15	5

**Immissionsrichtwerte der zulässigen mittleren Beleuchtungsstärke E_F
in der Fensterebene von Wohnungen während der Dunkelstunden**

Definition der Dunkelstunden:

Eine Stunde vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenaufgang.

Definition der Hellstunden:

Eine Stunde nach Sonnenaufgang bis eine Stunde vor Sonnenuntergang.

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der Messgeräte (siehe Abschnitt 4.3) erst dann angenommen werden, wenn das Messergebnis mindestens 20 % oberhalb der Immissionsrichtwerte der Tabelle 1 liegt.

Berechnung der Flutlichtanlage

Es sind 6 Masten mit 16m Masthöhe und 18 LED-Scheinwerfern vorgesehen. Der Wartungsfaktor ist 1,0 bei 50.000 h und + 10°C Umgebungstemperatur.

Code	Anz.	Leuchtentyp	Lampentyp	System-Leistung (W)	Lichtstrom (lm)
A	6	BVP525 OUT T20 50K A-WB/30 +LO	1 * LED1940/740	1375.4	1 * 183674
B	12	BVP525 OUT T20 50K A-NB/30 +LO	1 * LED1940/740	1375.4	1 * 183674

Die insgesamt installierte Leistung 24.76 kW

Leuchtenanzahl pro Schaltstufe

Schaltstufe	Leuchtencode/-Anzahl		Leistung (kW)
	A	B	
Wartungswert	6	12	24.76
Neuwert	6	12	24.76

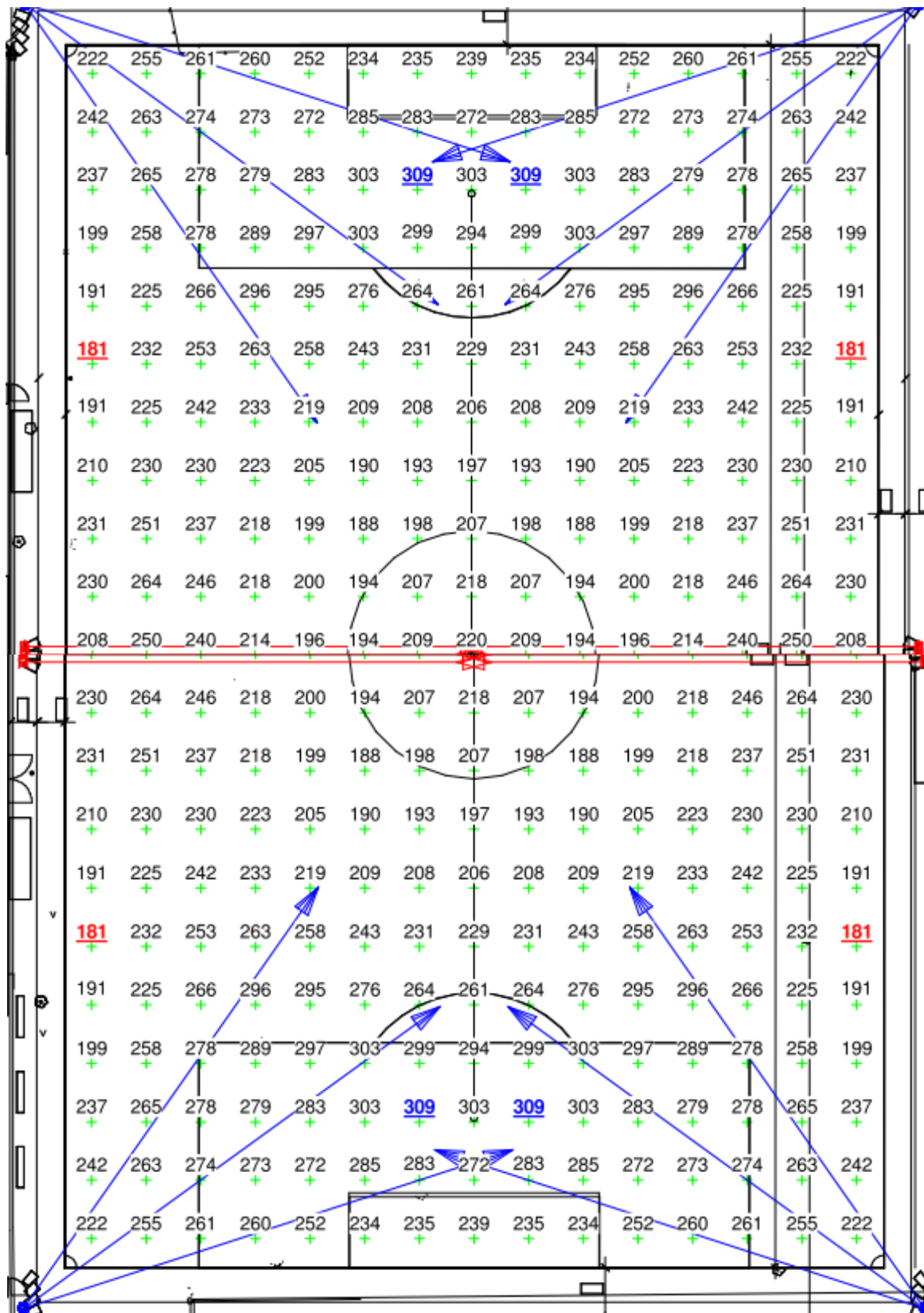
Leuchtenanzahl pro Anordnung

Anordnung	Leuchtencode/-Anzahl		Leistung (kW)
	A	B	
Eckmasten	0	12	16.50
Masten Mitte	4	0	5.50
Masten Mitte1	2	0	2.75

Code	Schaltstufe	Wartungsfaktor
1	Wartungswert	0.89
2	Neuwert	1.00

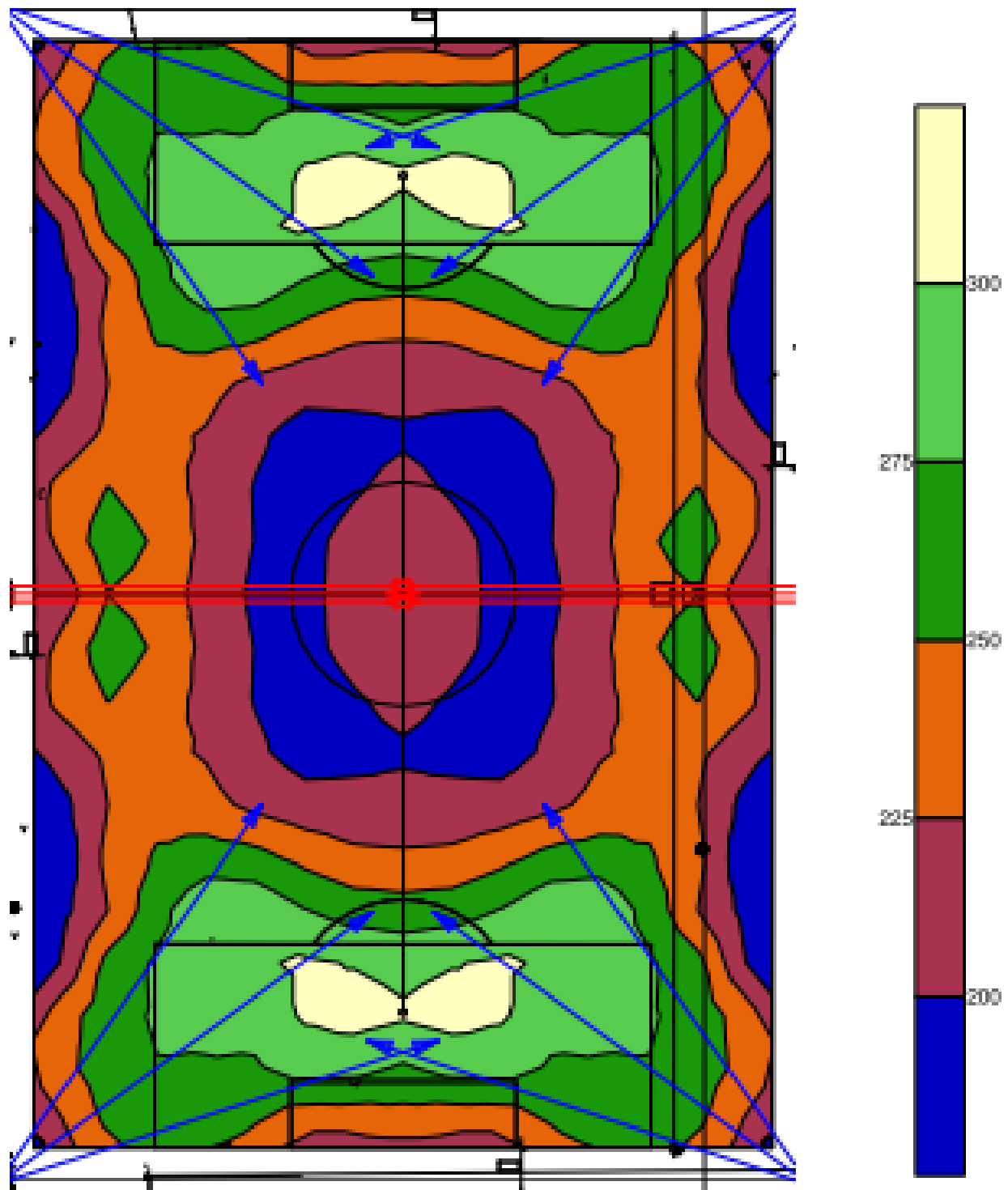
Beleuchtungsstärke / Leuchtdichte:

Berechnung	Schaltstufe	Typ	Einheit	Mitt	Max	Min/Mitt	Min/Max
Spielfeld-PA, Eh	1	Horizontale Beleuchtungsstärke	lx	242		0.75	0.59
Spielfeld-TA, Eh	1	Horizontale Beleuchtungsstärke	lx	236		0.64	0.49

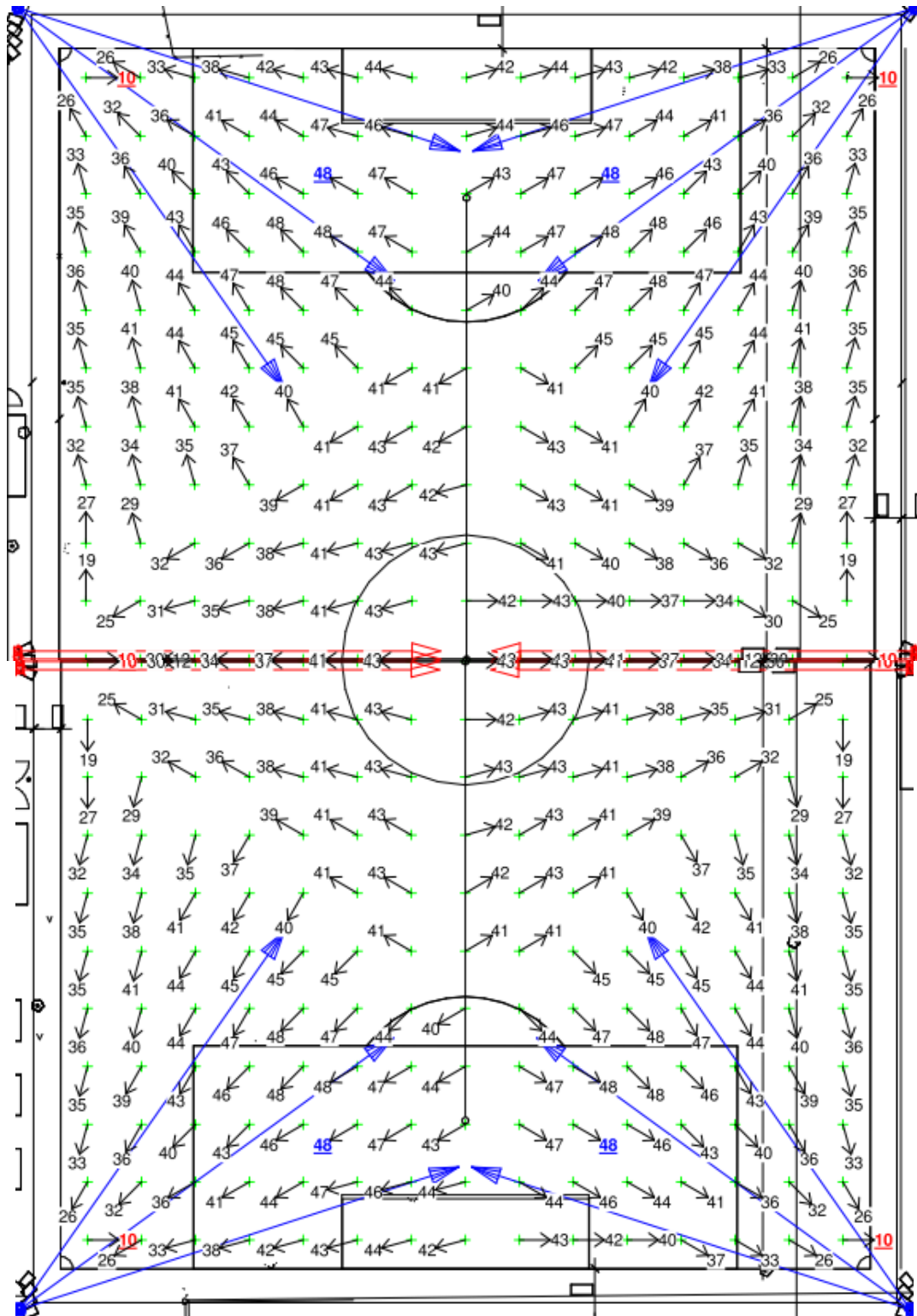


Horizontale Beleuchtungsstärken auf dem Spielfeld, Emmittel = 242 lx

Die geforderten 200 lx auf dem Spielfeld werden eingehalten.



Horizontale Beleuchtungsstärken, Emittel = 242 lx



Glare-Rating-Index GRmax = 48,5 < 55 = maximal zulässiger Wert

Der Glare-Rating-Index soll nach den UEFA-Richtlinien kleiner als 55 sein. Die Pfeile zeigen die Blickrichtung des Spielers zum Fußball an. (-2° Grad nach unten gegen die Horizontale)

Installationsdaten

Code	Anzahl	Leuchtentyp	Lampentyp	Lichtstrom (lm)
A	6	BVP525 OUT T20 50K A-WB/30 +LO	1 * LED1940/740	1 * 183674
B	12	BVP525 OUT T20 50K A-NB/30 +LO	1 * LED1940/740	1 * 183674

Anordnungen:

Code	Anordnung
1	Eckmasten
2	Masten Mitte
3	Masten Mitte1

Schaltstufen:

Code	Schaltstufe
1	Wartungswert
2	Neuwert

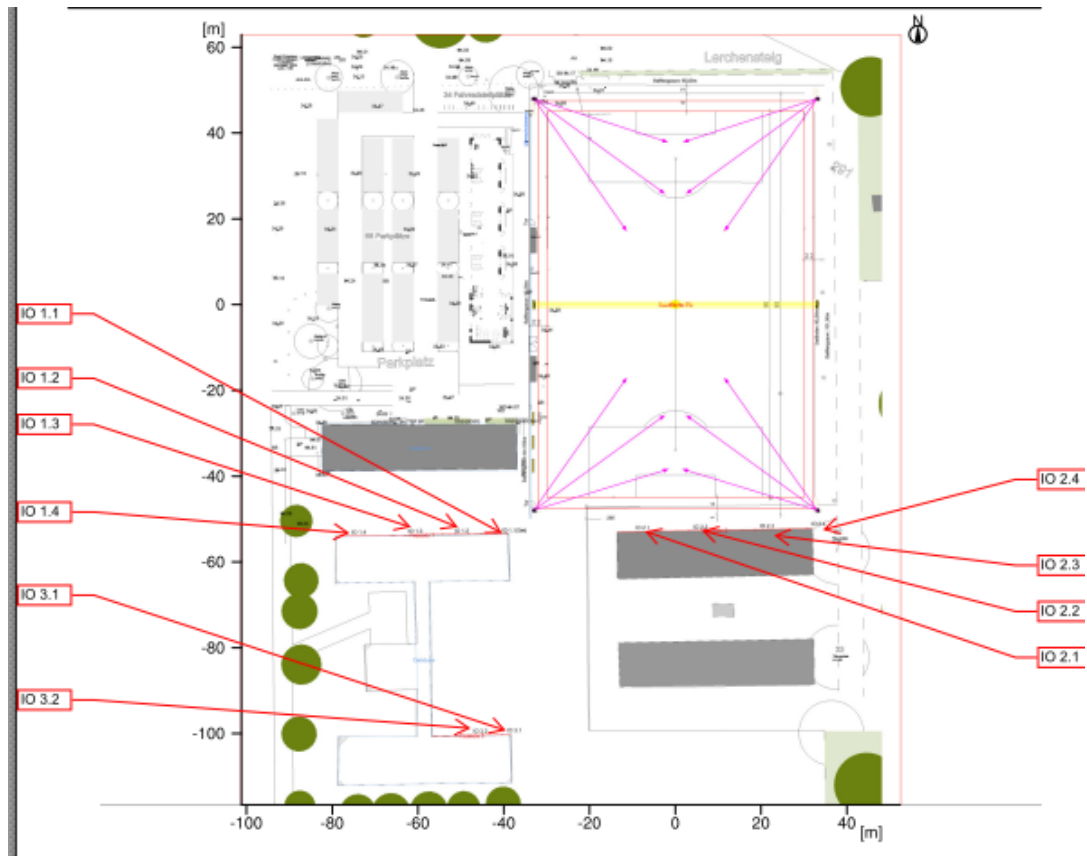
5.2 Leuchtenanordnung und Ausrichtung

Anz. * Code	Position			Zielpunkte			Ausrichtwinkel			Anord.	Schaltstufen	
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Dreh.C	Neig.A	Neig.B		1	2
1 * B	-33.00	-48.00	16.00	-2.51	-25.84	0.00	36.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * B	-33.00	-48.00	16.00	2.85	-36.35	0.00	18.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * B	-33.00	-48.00	16.00	-11.38	-17.12	0.00	55.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * B	-33.00	48.00	16.00	-2.51	25.84	0.00	-36.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	-33.00	48.00	16.00	2.85	36.35	0.00	-18.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	-33.00	48.00	16.00	-11.38	17.12	0.00	-55.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	33.00	-48.00	16.00	2.51	-25.84	0.00	144.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	33.00	-48.00	16.00	-2.85	-36.35	0.00	162.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	33.00	-48.00	16.00	11.38	-17.12	0.00	125.0	67.0	-0.0	1	+	+
1 * B	33.00	48.00	16.00	2.51	25.84	0.00	-144.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * B	33.00	48.00	16.00	-2.85	36.35	0.00	-162.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * B	33.00	48.00	16.00	11.38	17.12	0.00	-125.0	67.0	0.0	1	+	+
1 * A	-33.00	-0.60	16.00	1.31	-0.60	0.00	-0.0	65.0	-0.0	2	+	+
1 * A	-33.00	0.60	16.00	1.31	0.60	0.00	0.0	65.0	0.0	2	+	+
1 * A	33.00	-0.60	16.00	-1.31	-0.60	0.00	180.0	65.0	0.0	2	+	+
1 * A	33.00	0.60	16.00	-1.31	0.60	0.00	180.0	65.0	-0.0	2	+	+
1 * A	-33.00	-0.00	16.00	1.31	0.00	0.00	0.0	65.0	0.0	3	+	+
1 * A	33.00	-0.00	16.00	-1.31	0.00	0.00	180.0	65.0	-0.0	3	+	+

Berechnung der Lichtimmissionen

Die Berechnung der vertikalen Beleuchtungsstärken und der k-Werte (Leuchtdichten) für die betroffenen Häuserfassaden wurde mit dem RELUX-Computerprogramm durchgeführt.

Die Immissionsbewertung wird für die Anlage in Neuzustand erstellt.
Eine evtl. Abschirmung durch Baumlaub wird nicht berücksichtigt.



**Fußballplatz, Ansicht von oben mit
10 Immissionsorten (IO, rote Pfeile)**

Für die Immissionsorten IO 1.1 bis 1.4, IO 2.1 bis 2.4 sowie IO 3.1 und 3.2 wurden die vertikalen Beleuchtungsstärken in den Fensterebenen berechnet (Raumaufhellung).

Raumaufhellung durch die horizontalen Beleuchtungsstärken auf den Fassaden-Flächen:

				Min	Max
Fassade H1	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	0.16	0.66
Fassade H3	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	0.08	0.13
Fassade H2	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	36.7	70.5

Zulässig sind für allgemeine Wohngebiete von

6:00 Uhr bis 22:00 Uhr 3 lx
und von 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr 1 lx

Die zulässigen Immissionswerte (3 lx bzw. 1 lx) an den Fassadenflächen H1 und H3 (vgl. Bilder 6 und 7) werden deutlich unterschritten.

Die zulässigen Immissionswerte an der Fassadenfläche H2 werden **signifikant überschritten**.

Leider ist eine Einhaltung der LAI Richtlinie für die Anwohner H2 nicht möglich. Da sich die Fenster des Flachbaus nur ca. 7-8 m hinter der Torauslinie befinden, ist die Raumaufhellung sehr hoch, d.h. die 3 lx im Mittel in der Fensterebene einzuhalten, ist hier nicht möglich.

Die Abschattung mit Blenden würde eine Verbesserung bringen, allerdings wäre dann der Torbereich auf dem Spielfeld ebenfalls von dieser Abschattung betroffen und würde somit auch nicht mehr normgerecht ausgeleuchtet sein.

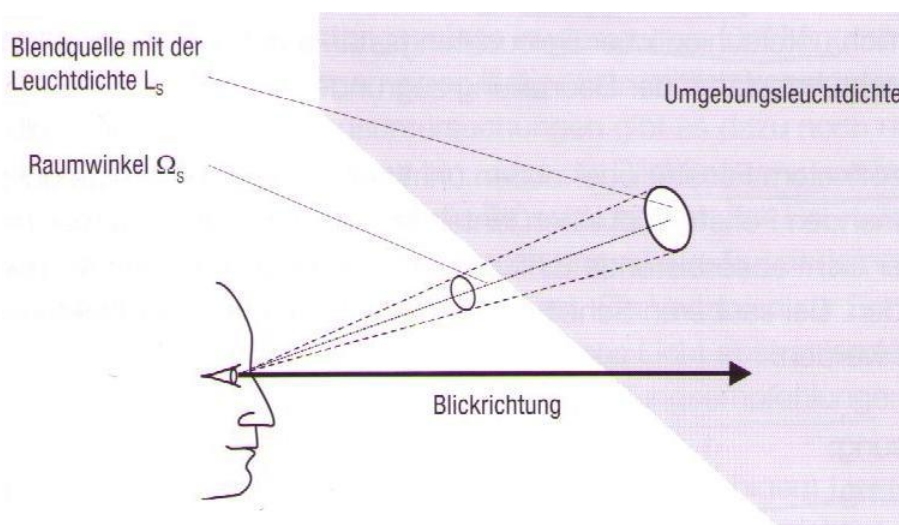
Man könnte sich evtl. mit den Bewohnern bzgl. der hohen Immissionswerte vor der Installation der Flutlichtanlage arrangieren, z.B. durch eine kostenlose Anbringung von lichtdichten Rollos an den Fenstern.

Psychologische Blendung durch Lichtquellen

Für die Störwirkung sind die Leuchtdichte L der Blendlichtquelle, die Umgebungsleuchtdichte und der Raumwinkel, vom Betroffenen aus gesehen, maßgebend.

Die Beurteilung der Blendung - verursacht durch die Leuchtdichte – gilt nur unter der Voraussetzung, dass vom Immissionsort aus bei üblicher Position des Beobachters 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 diese häufig das auffälligste Sehobjekt im Gesichtsfeld ist.



Skizze zur psychologischen Blendung

Als Konvention zur Berechnung von Werten für die maximale tolerable mittlere Leuchtdichte $\bar{L}_{\max}$ einer technischen Blendlichtquelle wird für den Bereich des Immissionsschutzes folgende Beziehung festgelegt:

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

Es bedeuten:

- $\bar{L}_{\max}$ maximal tolerable Leuchtdichte einer Blendlichtquelle in cd/m^2 , gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel Ω_s
- L_U Maßgebende Leuchtdichte der Umgebung der Blendlichtquelle in cd/m^2 . Falls die aus Messungen ermittelte Umgebungsleuchtdichte $\bar{L}_{U, \text{mess}}$ kleiner als $0,1 \text{ cd/m}^2$ ist, wird mit $L_U = 0,1 \text{ cd/m}^2$ gerechnet
- Ω_s Raumwinkel der vom Immissionsort aus gesehenen Blendlichtquelle in sr
- k Proportionalitätsfaktor; er dient zur Festlegung der Immissionsrichtwerte $\bar{L}_{\max}$

Der Anwendungsbereich der Gleichung wird auf

$$0,1 \text{ cd/m}^2 \leq L_U \leq 10 \text{ cd/m}^2 \quad \text{und} \quad 10^{-7} \text{ sr} \leq \Omega_s \leq 10^{-2} \text{ sr} \quad \text{beschränkt.}$$

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

**Proportionalitätsfaktor k zur Festlegung der maximal zulässigen
mittleren Leuchtdichte $L_{\max}$ technischer Lichtquellen während
der Dunkelstunden**

Diese Werte beziehen sich auf Beleuchtungsanlagen die mehrmals in der Woche, jeweils länger als eine Stunde eingeschaltet sind.

Eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte k gemäß Tabelle 2 als Anlass für behördliche Anordnungen kann wegen der Fehlergrenzen der zugrunde gelegten Messtechnik und bei sorgfältiger Messdurchführung messtechnisch erst dann festgestellt werden, wenn das Blendmaß der zu beurteilenden Lichtquelle k_s mindestens 40 % oberhalb des entsprechenden Immissionsrichtwertes liegt. Dabei ist für die Messgrößen $\bar{L}_s$, Ω_s , $\bar{L}_{U, \text{mess}}$ ein relativer Fehler von jeweils 20 % zugrunde gelegt.

Berechnung der psychologischen Blendung für K = 64 nach LAI

Für jeden der 10 Immissionsorte (IO) wurden die Blendleuchtdichten und die k-Werte, die von den 18 LED-Leuchten erzeugt werden, berechnet.

Es ergeben sich $10 \times 18 = 180$ k-Werte. Beispielhaft werden die maximalen k-Werte auf den Fassaden berechnet:

Fassaden H1 und H3:

Nr.	Leuchte	I	Ls	Omega-S	k-Wert	x	y	z
IO 1.1, limit: k = 64, Lu = 0.5 cd/m²								
5	Leuchte 12	1.11 kcd	7749.85 cd/m²	(-41.52m / -53.64m / 2.00m) 2.4848e-05 sr	55.0	33 m	-48 m	16 m

$$\bar{L}_{max} = k \cdot \sqrt{\frac{L_U}{\Omega_S}}$$

hieraus folgt

$$k_{max} = \frac{\bar{L}_{max}}{\sqrt{\frac{L_U}{\Omega_S}}} = \frac{7749,85}{\sqrt{\frac{0,5}{2.4848E-05 sr}}} = 54,63 \approx 55$$

Ergebnis:

Für die IOs auf den Fassaden H1 und H3 sind die k-Werte kleiner als der maximal zulässige Immissionwert k = 64 für die Blendung. (k_{max} = 55)

Fassade H2:

IO 2.2, limit: k = 64, Lu = 0.5 cd/m²								
1	Leuchte 12	159.32 kcd	945861.94 cd/m²	(3.09m / -52.89m / 2.00m) 1.5131e-04 sr	16454.0	33 m	-48 m	16 m

$$k_{max} = \frac{\bar{L}_{max}}{\sqrt{\frac{L_U}{\Omega_S}}} = \frac{945861,94}{\sqrt{\frac{0,5}{1.5131E-04 sr}}} = 16454$$

Ergebnis:

Für die IOs auf der Fassade H2 sind die k-Werte z. T. sehr viel größer als der maximal zulässige Immissionwert k = 64 für die Blendung. (k_{max} = 16454!)

Zusammenfassende Bewertung

Raumaufhellung durch vertikale Beleuchtungsstärken

Fassade H1	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	0.16	0.66
Fassade H3	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	0.08	0.13
Fassade H2	1	Beleuchtungsstärke auf der Fläche	lx	36.7	70.5

In den Dunkelstunden zwischen 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr wird die maximal zulässige vertikale Beleuchtungsstärke von 3 lx (Raumaufhellung) auf den Fassaden H1 und H3 **signifikant unterschritten**.

Die zulässigen Immissionswerte an der Fassadenfläche H2 werden signifikant überschritten.

Begrenzung der psychologischen Blendung

Die berechneten k-Grenzwerte für Fassaden H1 und H3 liegen während der Dunkelstunden zwischen 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr unter dem zulässigen Grenzwert $k = 64$.

Die berechneten k-Grenzwerte für die Fassade H2 liegen während der Dunkelstunden zwischen 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr z.T. erheblich über dem zulässigen Grenzwert $k = 64$.

Nach Erstellung der Flutlichtanlage sollten ggf. Kontroll-Messungen mit Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten durchgeführt werden.

Hinweis: Diese Lichtimmissions-Berechnung gilt nur für die Errichtung der Flutlichtanlage gemäß Planung mit Philips LED-Flutlichtstrahlern. Wenn andere LED-Leuchten eingesetzt werden, muss ggf. eine Neuberechnung vorgenommen werden.

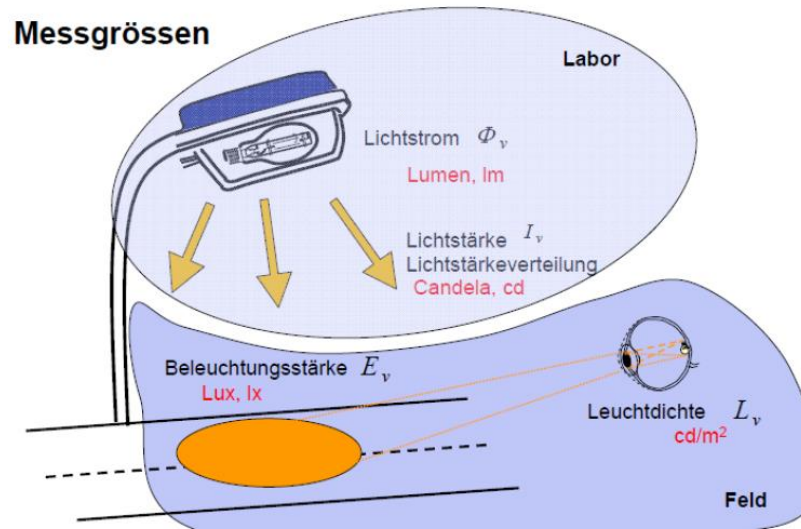


Prof. Dr.-Ing. Peter Marx
Sachverständiger für Lichttechnik

Beuth Hochschule Berlin
University of Applied Sciences

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx, i.R.
Fachbereich VII - Elektrotechnik und Feinwerktechnik
Labor für Elektronische Messtechnik
Luxemburger Str. 10
D-13353 Berlin – Germany

ANHANG



Zusammenhänge von Lichttechnischen Größen: Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte

Beispiel: Berechnung der k-Werte zur Lichtimmissions-Blendungsbewertung

Nr.	Leuchte	I	Ls	Omega-S	k-Wert	x	y	z
IO 1.1, limit: $k = 64$, $L_u = 0.5 \text{ cd/m}^2$								
				(-41.52m / -53.64m / 2.00m)				
1	Leuchte 17	1.59 kcd	10679.51 cd/m ²	9.2642e-06 sr	46.0	33 m	48 m	16 m
2	Leuchte 6	1.15 kcd	9623.10 cd/m ²	1.3785e-05 sr	51.0	33 m	0.6 m	16 m
3	Leuchte 2	1.15 kcd	9545.89 cd/m ²	1.3940e-05 sr	50.0	33 m	0 m	16 m
4	Leuchte 4	1.14 kcd	9447.21 cd/m ²	1.4097e-05 sr	50.0	33 m	-0.6 m	16 m
5	Leuchte 12	1.11 kcd	7749.85 cd/m ²	2.4848e-05 sr	55.0	33 m	-48 m	16 m
6	Leuchte 16	0.82 kcd	5724.95 cd/m ²	8.8746e-06 sr	24.0	33 m	48 m	16 m
7	Leuchte 13	0.28 kcd	2166.60 cd/m ²	2.2101e-05 sr	14.0	33 m	-48 m	16 m
8	Leuchte 14	0.12 kcd	1260.61 cd/m ²	1.6393e-05 sr	7.0	33 m	-48 m	16 m
9	Leuchte 20	0.12 kcd	945.77 cd/m ²	1.1507e-05 sr	5.0	-33 m	48 m	16 m
10	Leuchte 15	0.10 kcd	832.28 cd/m ²	7.3521e-06 sr	3.0	33 m	48 m	16 m
11	Leuchte 19	0.10 kcd	1098.42 cd/m ²	8.3960e-06 sr	5.0	-33 m	48 m	16 m
12	Leuchte 3	0.09 kcd	3767.07 cd/m ²	7.4636e-06 sr	15.0	-33 m	-0.6 m	16 m
13	Leuchte 1	0.09 kcd	3775.51 cd/m ²	7.2370e-06 sr	14.0	-33 m	0 m	16 m
14	Leuchte 5	0.09 kcd	3782.81 cd/m ²	7.0193e-06 sr	14.0	-33 m	0.6 m	16 m
15	Leuchte 8	0.04 kcd	730.15 cd/m ²	1.9318e-04 sr	14.0	-33 m	-48 m	16 m
16	Leuchte 10	0.03 kcd	584.90 cd/m ²	1.6702e-04 sr	11.0	-33 m	-48 m	16 m
17	Leuchte 18	0.03 kcd	582.52 cd/m ²	4.7085e-06 sr	2.0	-33 m	48 m	16 m
18	Leuchte 9	0.02 kcd	552.61 cd/m ²	1.4920e-04 sr	10.0	-33 m	-48 m	16 m