

**Stellungnahme zu den Lichtimmissionen
hervorgerufen durch die
Sportanlagen des HTC Uhlenhorst in Mülheim**

Revision 01

TÜV-Auftrags-Nr. 8000681831 / 122IPG088

Auftraggeber: Stadt Mülheim
Hans-Böckler-Platz 5
45468 Mülheim an der Ruhr

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (Fh) Gerhard Puhlmann
Tel. 040 8557-2305
E-Mail gpuhlmann@tuev-nord.de

Berichtsumfang: 24 Seiten
1 Anlage

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Anlass und Auftrag	3
2 Ausgangssituation und örtliche Verhältnisse	3
3 Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise	5
4 Ermittlung von Lichtimmissionen	7
4.1 Blendung	7
4.2 Raumaufhellung	7
5 Bewertungsmaßstäbe für Lichtimmissionen	8
5.1 Psychologische Blendung	8
5.2 Raumaufhellung	9
5.3 Maßgebliche Immissionsrichtwerte	10
6 Berechnungen	10
6.1 Eingangsgrößen und Berechnungsansätze	10
6.2 Ergebnisübersicht Platzbeleuchtung	13
6.3 Ergebnisübersicht Wohnnutzungen und Bewertung	14
6.3.1 Aufhellung	15
6.3.2 Blendung	16
7 Fazit	22
8 Abkürzungsverzeichnis	23
9 Unterlagen	24

Anlage

Lichttechnische Berechnungen – Dokumentation RELUX®

1 Anlass und Auftrag

Im Westen des Mülheimer Stadtgebietes befinden sich im Broich-Speldorfer-Wald neben einzelnen Wohnhäusern und einer zurzeit nicht genutzten Reitanlage auch die Sportanlagen des Hockey- und Tennisclubs HTC Uhlenhorst Mülheim e.V. (HTCU). Mit der Aufstellung des Bauungsplans „Sportanlage Uhlenhorstweg – K 22“ soll die bestehende Sportanlage durch entsprechende Festsetzungen gesichert und die städtebauliche Entwicklung unter Berücksichtigung der bestehenden Grün- und Gehölzstrukturen gesteuert werden. Hinsichtlich der Lichtimmissionen sind zwei beleuchtete Hockeyplätze relevant.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist zu untersuchen, ob eine Beleuchtung der beiden Hockeyplätze nach Maßgabe der DIN EN 12193 (Klasse II) /1/ möglich ist, ohne an den benachbarten Wohnhäusern im Plangebietsumfeld erhebliche Belästigungen hervorzurufen.

Die Stadt Mülheim beauftragte die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co KG mit dem rechnerischen Nachweis für eine beispielhafte und aktuell verfügbare Beleuchtungsanlage /2/. Dafür werden lichttechnische Berechnungen mit dem Programm RELUX® durchgeführt und zugleich geprüft, ob die Beurteilungswerte für die Aufhellung und Blendung der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (Licht-Leitlinie) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) eingehalten werden.

Gegenüber der Fassung vom 12.07.2023 enthält die vorliegende Revision 01 redaktionelle Textänderungen. Die in ././ gestellten Ziffern beziehen sich auf den Abschnitt 9 „Unterlagen“.

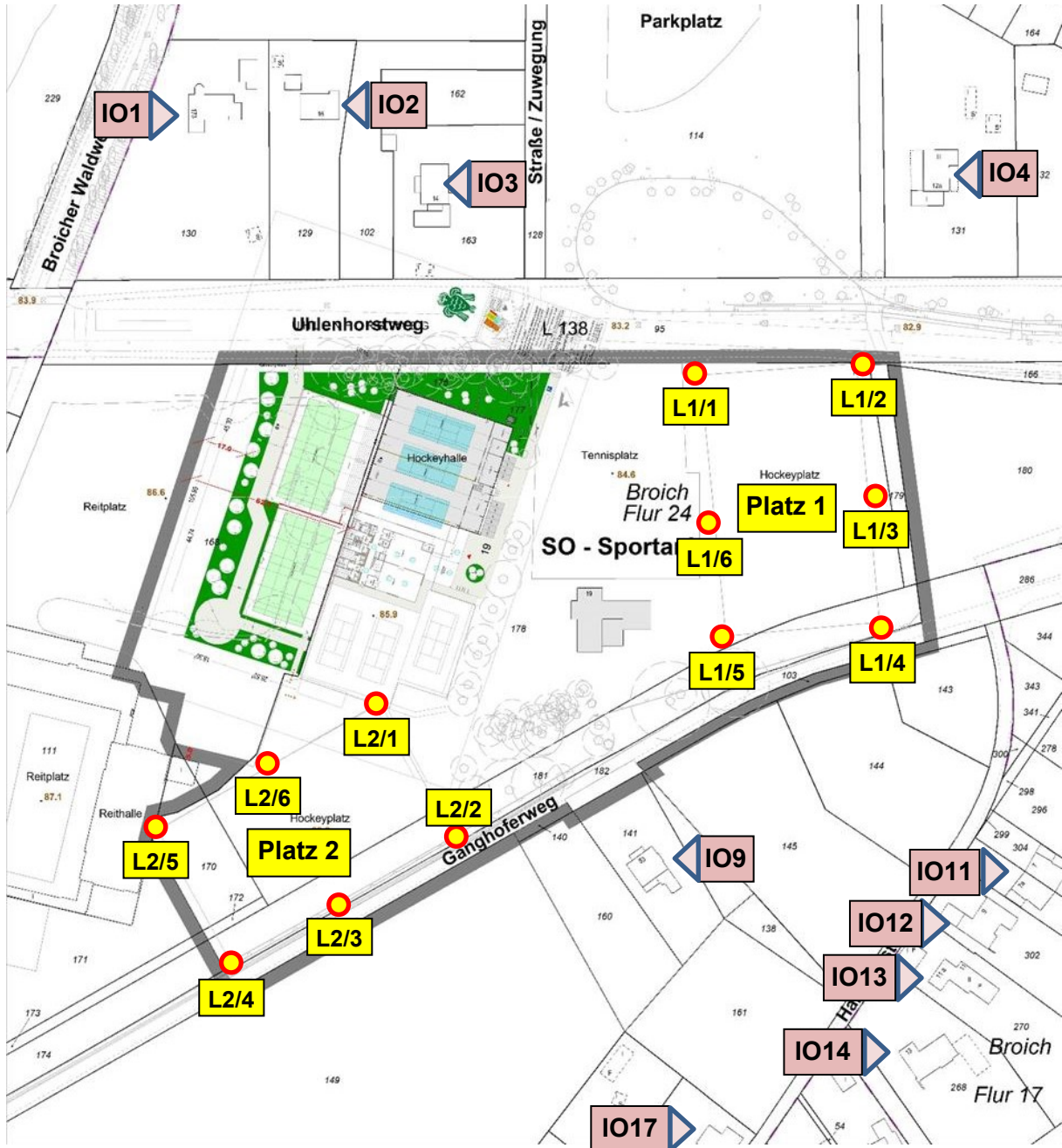
2 Ausgangssituation und örtliche Verhältnisse

Das Plangebiet befindet sich im Westen des Mülheimer Stadtgebietes im Broich-Speldorfer-Wald, der zwischen der Stadt Duisburg und der Stadt Mülheim an der Ruhr die westliche Grenze der Stadt Mülheim bildet. Es umfasst auf einer Fläche von ca. 4,7 ha neben den bestehenden Sportflächen des Hockey- und Tennisclubs HTC Uhlenhorst Mülheim e.V. im Westen einen Teil des Reitplatzes des Mülheimer Reit- und Fahrvereins am Uhlenhorst e.V. Der derzeitige Reitplatz ist von der Sportanlage des HTC Uhlenhorst durch einen bewaldeten Wall optisch und räumlich getrennt. Aufgrund der bestehenden Sportfläche des HTC Uhlenhorst Mülheim und der Anlage des Reit- und Fahrvereins ist das Plangebiet selbst durch die Sportanlagen mit teilweise befestigten Sportplätzen baulich geprägt. Gegliedert werden die Bereiche durch alte Baumbestände.

Die Umgebung des Plangebiets ist geprägt durch Waldflächen, die teilweise von locker bebauter Wohnbebauung auf großzügigen und stark durchgrünten Grundstücken durchsetzt sind. Es handelt sich bauleitplanerisch um Außenbereich.

Die folgende **Abbildung 1** zeigt einen Lageplan des Geltungsbereichs und der angrenzenden Flächen mit Markierung der maßgebenden Immissionsorte. Weitere Immissionsorte sind in **Abbildung 2** auf Seite 15 gekennzeichnet.

Abbildung 1 : Lageplan mit Geltungsbereich und umgebender Bebauung



Die Außenanlagen des HTC Uhlenhorst Mülheim umfassen derzeit zehn Tennisplätze und zwei Hockeyplätze. Die Hockeyplätze sind mit Beleuchtungsanlagen an jeweils sechs Masten ausgestattet. Der östliche Platz 1 wurde im Jahre 2022 mit neuen LED-Leuchten ausgestattet. Jeder Mast trägt vier Leuchten in einer Lichtpunkthöhe von 16 m. Die Ortsbesichtigung zeigte eine Aufneigung im Bereich von 45°.

Für den sportlichen Betrieb ist nach Auskunft des Vereins eine Beleuchtung der beiden Hockeyplätze nach Maßgabe der DIN EN 12193 Klasse 2 erforderlich. Dies bedeutet eine mittlere Beleuchtungsstärke von 300 lx und eine Gleichmäßigkeit U_0 von mindestens 0,7. Messungen der Beleuchtungsstärke, die nach Installation der derzeitigen Leuchten vom Verein veranlasst wurden, ergaben eine nicht zufriedenstellende Gleichmäßigkeit, so dass geplant ist, die Ausrichtung der Leuchten noch zu ändern.

Am Mast L 1/6 sind zusätzlich zu den vorgenannten zum Hockeyplatz ausgerichteten Leuchten auch zwei Leuchten installiert, die zu den westlich angrenzenden Tennisplätzen ausgerichtet sind.

Am westlichen Platz 2 tragen alle Masten jeweils drei Leuchten mit Halogen-Metall dampflampen und geringfügiger Aufneigung in einer Lichtpunkthöhe von 12 m. Die elektrische Aufnahmeleistung wird mit 2.000 W angegeben, die Gehäuse lassen auf Planflächenstrahler mit asymmetrischer Lichtverteilung schließen.

Geplant ist eine Umnutzung der derzeitigen Hockeyhalle zu einer Tennishalle – verbunden mit einer baulichen Erweiterung Richtung Süden. Ein bestehender Außentennisplatz, unmittelbar südlich an die bestehende Halle anschließend, soll hierfür entfallen. Westlich angrenzend an die bestehende Halle ist der Neubau zweier Hockeyhallen vorgesehen.

Die vorhandenen Flutlichtanlagen erfüllen nur teilweise den Stand der Technik. Unabhängig von der derzeitigen Situation ist zu untersuchen, ob eine Beleuchtung der beiden Hockeyplätze nach Maßgabe der DIN EN 12193 (Klasse II) /1/ möglich ist, ohne an den benachbarten Wohnhäusern erhebliche Belästigungen hervorzurufen.

3 Beurteilungsgrundlage und Vorgehensweise

Lichtimmissionen gehören nach § 3 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) /3/ 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”. Die im Immissionsschutz auftretenden Lichteinwirkungen bewegen sich im Bereich der Belästigung und stellen i.d.R. keine Gefahren oder erheblichen Nachteile dar /4/.

Die „Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen“ (Licht-Leitlinie) /4/, die die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) herausgegeben hat, beschreibt eine Vorgehensweise für die Ermittlung von Lichtimmissionen durch künstliche Lichtquellen und ihre Beurteilung hinsichtlich “erheblicher Belästigung” im Sinne des BImSchG. Sie gilt für stationäre Beleuchtungseinrichtungen von Anlagen im Sinne des § 3 Absatz 5 BImSchG /3/. Das Land Nordrhein-Westfalen hat die wesentlichen Inhalte in einem Runderlass den Behörden zur Anwendung auferlegt /5/.

Dabei sind für die Beurteilung von Lichtimmissionen zwei Kenngrößen maßgeblich:

- Die unerwünschte Aufhellung des Wohnbereichs, die lichttechnisch durch die *Beleuchtungsstärke* beschrieben wird, und
- die störende Blendung (psychologische Blendung) beim Aufenthalt im Wohnbereich. Sie wird aus der *Leuchtdichte der Lichtquelle*, der Leuchtdichte *des Umfeldes* und dem *Raumwinkel der Lichtquelle* (jeweils vom Betroffenen aus gesehen) berechnet.

Zur Frage der Blendung sind aus den geometrischen Abmessungen, den Positionen und den Ausrichtungen die sich aus Sicht des Immissionsortes (Nachbarn) ergebenden Raumwinkel zu messen oder zu berechnen. Außerdem ist die in die jeweilige Richtung abstrahlende photometrische Lichtstärke ist zu messen oder zu berechnen. Die Kenngrößen für den Belästigungsgrad werden daraus für die am höchsten beaufschlagten Immissionsorte nach den in /3/ festgelegten Auswertungsvorschriften berechnet und mit den dort genannten Immissionsrichtwerten verglichen. Die Anwendung des Beurteilungsverfahrens gilt 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 zugrunde gelegt, weil sich das Auge im Allgemeinen unwillkürlich zur Blendquelle hinwendet, da sie häufig das auffälligste Sehobjekt im Gesichtsfeld ist“ /3/.

Zur Untersuchung der Aufhellung ist die sich summarisch am Wohnhaus ergebende Beleuchtungsstärke relevant. Sie wird vor dem Fenster bzw. der Wohnnutzung photometrisch gemessen bzw. berechnet und mit den in /3/ genannten Immissionsrichtwerten verglichen.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist zu untersuchen, ob eine Beleuchtung der beiden Hockeyplätze nach Maßgabe der DIN EN 12193, Klasse 2 möglich ist, ohne an den benachbarten Wohnhäusern erhebliche Belästigungen hervorzurufen. Der rechnerische Nachweis erfolgt für eine beispielhafte, aktuell verfügbare und dem Stand der Technik entsprechende Beleuchtungsanlage.

Dafür werden lichttechnische Berechnungen mit dem Programm RELUX® durchgeführt. Basis sind die dreidimensionalen Lichtverteilungskurven von Leuchten verschiedener Hersteller. Die Auswerte-Software des Programms RELUX® ermöglicht in einem Lizenz-pflichtigen Modul die Berechnung der erforderlichen photometrischen Kenngrößen auch an den benachbarten Wohnnutzungen, um die Einhaltung von Beurteilungswerten für die Aufhellung und Blendung zu überprüfen. Dabei werden die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (Licht-Leitlinie) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zugrunde gelegt. Die mit dem vorgenannten Berechnungsprogramm ermittelten Kenngrößen entsprechen den Vorgaben der dort festgelegten Immissionsrichtwerte.

4 Ermittlung von Lichtimmissionen

Für die Beurteilung hinsichtlich "erheblicher Belästigung" sind also photometrische Kenngrößen maßgeblich. Den photometrischen Kenngrößen liegt die von der Wellenlänge des Lichtes abhängige Helligkeitsempfindung des menschlichen Auges zugrunde. Sie werden nicht wie physikalische Kenngrößen nach Energieinhalt oder Leistung bestimmt.

Am Immissionsort ist grundsätzlich der am stärksten beleuchtete Aufenthaltsort (Größe 1,5 m²) innerhalb des Wohnbereichs maßgeblich.

Die Lichtemissionen der zu beurteilenden Beleuchtungsanlagen sollen kennzeichnend für den regulären Betrieb sein.

4.1 Blendung

Zur Beurteilung der Blendung sind am Immissionsort zu messen bzw. zu berechnen:

- die Leuchtdichte L_S der zu beurteilenden Lichtquelle angegeben in Candela je m² [cd/m²], gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel,
- die Umgebungsleuchtdichte L_U in [cd/m²] im Winkelbereich $\pm 10^\circ$ um die Lichtquelle und
- der Raumwinkel Ω_S in Steradian [sr] der vom Immissionsort aus sichtbaren lichtabstrahlenden Leuchtenabmessungen (scheinbare Leuchtengröße).

Die Leuchtdichte L_S kann bei vorhandenen Beleuchtungsanlagen mit einem Leuchtdichtemessgerät gemessen werden. Dies enthält eine Messfeldblende, die einen Raumwinkel Ω_M erfasst. Lichttechnische Berechnungen fußen auf Leuchtdichte-Messungen der Hersteller, die auch das hier interessierende Streulicht in die Randbereiche umfassen. Diese dreidimensionalen Messdaten werden in elektronischer Form bereitgestellt und durch das Berechnungsprogramm ausgelesen.

Der Raumwinkel wird als das Verhältnis einer Kugeloberfläche zum Quadrat ihres Radius definiert. Für einen Kreiskegel mit dem vollen Öffnungswinkel α gilt:

$$(1) \quad \Omega = 2 \pi (1 - \cos \alpha/2)$$

Der Raumwinkel Ω_S der jeweiligen Lichtquelle aus dem jeweiligen Blickwinkel eines Wohnhauses wird aus den geometrischen Daten der Leuchte und den trigonometrischen Winkeln und Entfernungen berechnet.

4.2 Raumaufhellung

Zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die mittlere -Beleuchtungsstärke E_V , angegeben in Lux [lx], am Immissionsort zu berechnen bzw. messen, die durch die Summe aller Leuchten der zu untersuchenden Anlage hervorgerufen wird.

Bei vorhandenen Anlagen kann die Raumaufhellung direkt mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät am Immissionsort gemessen werden. Bei der Messung sind die Beleuchtungsstärkeanteile durch andere, nicht zu beurteilende Lichtquellen durch Ausblendung oder Differenzbildung auszuschalten. Sofern dies nicht möglich ist, kann die Aufhellung durch Differenzmessung mit ein- und ausgeschalteter Beleuchtungsanlage gemessen werden. Das Photometer muss die Anforderungen der Klasse B nach DIN 5032, Teil 7 /6/ mit einem Gesamtfehler von maximal 10 % erfüllen. Die Auflösung soll 0,01 lx betragen.

Für die rechnerische Ermittlung – z.B. bei geplanten Anlagen - stehen verschiedene Berechnungsprogramme zur Verfügung.

5 Bewertungsmaßstäbe für Lichtimmissionen

In /3/ werden Beurteilungsschemata und Immissionsrichtwerte für die Bewertung der Lichtimmissionen hinsichtlich erheblicher Belästigung im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) genannt.

Grundsätzlich sollen die Kenngrößen die nachfolgenden Immissionsrichtwerte nicht überschreiten. Die Anforderungen gelten für zeitlich konstantes, weißes Licht, das in der Regel mehrmals in der Woche länger als 1 Stunde eingeschaltet ist.

Bei geringerer Einschaltdauer oder -häufigkeit können im Einzelfall auch höhere Immissionsrichtwerte festgelegt werden. Wechselt die Lichtabstrahlung der Lichtquelle in weniger als 5 Minuten wesentlich, handelt es sich um Wechsellicht. Dann ist die zeitlich maximal gemessene Beleuchtungsstärke E_F bzw. Leuchtdichte L_S zu berücksichtigen. Bei schnellen Hell-Dunkel-Übergängen, blitzlichtartigen Vorgängen und schnellen Folgefrequenzen sind die gemessenen maximalen Kenngrößen mit einem Faktor von 2 bis 5 zu multiplizieren. Dafür besteht im vorliegenden Fall kein Anlass.

5.1 Psychologische Blendung

Der psychologische Eindruck der Blendung hängt nicht nur von der Leuchtdichte der Lichtquelle am Immissionsort ab. Der Eindruck wird mit größer werdendem Raumwinkel der sichtbaren Lichtquelle gesteigert und auf der anderen Seite mit zunehmender Helligkeit der unmittelbaren Umgebung im Sichtfeld um die Lichtquelle (Umgebungsleuchtdichte) gemildert.

Die psychologische Blendwirkung einer Lichtquelle wird gemäß /3/ durch das Blendmaß k_S beschrieben und mit folgender Formel ermittelt:

$$(4) \quad k_S = L_S \sqrt{(\Omega_S / L_U)}$$

Es bedeuten: L_S : mittlere gemessene Leuchtdichte der Lichtquelle

L_U : Umgebungsleuchtdichte in [cd / m²]

Ω_S : Raumwinkel der scheinbaren Leuchtengröße in [sr]

Das Blendmaß k_s kann mit den Immissionsrichtwerten der folgenden Tabelle 1 verglichen werden. Die dort genannten Immissionsrichtwerte sind von jeder Leuchte an jedem Immissionsort einzuhalten.

Diese Anforderung gilt für zeitlich konstantes, weißes Licht, das in der Regel mehrmals in der Woche länger als 1 Stunde eingeschaltet ist. Voraussetzung ist dabei, dass bei üblicher Nutzung des jeweiligen Ortes im Wohnbereich der Blick zur Blendquelle hin möglich ist.

Aufgrund der Ungenauigkeiten wird in /3/ bei Messungen empfohlen, erst Überschreitungen des Immissionsrichtwertes um mind.40% als Anlass für behördliche Anordnungen zu nehmen.

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte k zur Bewertung des Blendmaßes

Gebietsart bzw. Prägung des Immissionsortes n. BauNVO /7/	Immissionsrichtwert (k)		
	6:00 bis 20:00 Uhr	20:00 bis 22:00 Uhr	22:00 und 6:00 Uhr
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	32	32	32
Kleinsiedlungsgebiete (§2) reine, allgemeine und besondere Wohngebiete (§§ 3, 4, 4a) Erholungsgebiete (§10)	96	64	32
Dorfgebiete (§ 5), Mischgebiete (§ 6)	160	160	32
Kerngebiete (§ 7), Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	--	--	160

5.2 Raumaufhellung

Zur Beurteilung der Raumaufhellung ist die mittlere Vertikal-Beleuchtungsstärke \dot{E}_F maßgeblich. Die durch die zu beurteilende Beleuchtungsanlage auf der Terrasse bzw. am Fenster hervorgerufene mittlere Vertikal-Beleuchtungsstärke soll gemäß /3/ die in der folgenden Tabelle 2 genannten Immissionsrichtwerte E_F nicht überschreiten.

Aufgrund der Ungenauigkeiten wird bei Messungen empfohlen, erst Überschreitungen des Immissionsrichtwertes um mindestens 10 % als Anlass für behördliche Anordnungen zu nehmen.

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte für die Vertikal-Beleuchtungsstärke \dot{E}_F in [lx] während der Dunkelstunden

Gebietsart bzw. Prägung des Immissionsortes n. BauNVO /7/	max. Vertikal-Beleuchtungsstärke \dot{E}_F	
	6:00 und 22:00 Uhr	22:00 und 6:00 Uhr
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten	1 lx	1 lx
Kleinsiedlungsgebiete (§2) reine Wohngebiete (§ 3) allgemeine Wohngebiete (§ 4) besondere Wohngebiete (§ 4a) Erholungsgebiete (§10)	3 lx	1 lx
Dorfgebiete (§ 5), Mischgebiete (§ 6)	5 lx	1 lx
Kerngebiete (§ 7) Gewerbegebiete (§ 8) Industriegebiete (§ 9)	15 lx	5 lx

5.3 Maßgebliche Immissionsrichtwerte

Die benachbarte und hier beurteilungsrelevante Wohnbebauung ist nicht bauleitplanerisch festgesetzt, daher ist eine Zuordnung anhand der tatsächlichen Nutzung erforderlich. Auf den beurteilungsrelevanten Grundstücken handelt es sich um Wohnnutzungen. Allerdings weist der Bereich aufgrund der großen, zum Teil unbebauten Grundstücke und ebenfalls vorhandenen Nutzungen der Sport- und Reitanlagen nicht die Prägung einer geschlossenen Wohnbebauung auf. Zudem befindet sie sich im Außenbereich. Insofern erscheint im Sinne der Licht-Leitlinie /4/ und des Runderlasses /5/ die Zuordnung zur Kategorie „Dorfgebiete / Mischgebiete“ sachgerecht. Lediglich für den Bereich südöstlich des Ganghoferwegs kommt eine Zuordnung als Wohngebiet in Betracht, da der Bereich durch eine Klarstellungssatzung gemäß § 34 Abs. 4 Baugesetzbuch als im Zusammenhang bebauter Ortsteil festgelegt wird /8/.

Der Spielbetrieb der Hockeyplätze beschränkt sich nach Auskunft des HTCÜ auf Zeiten bis 20.00 Uhr. Der Trainingsbetrieb erfolgt bis spätestens 22.00 Uhr. Damit sind folgende Immissionsrichtwerte der Licht-Leitlinie /4/ bzw. des Runderlasses /5/ für die Dunkelstunden zwischen 6:00 und 22:00 Uhr angezeigt.

Tabelle 3: Maßgebliche Immissionsrichtwerte für Aufhellung und Blendung

Kategorie	Aufhellung	Blendung	
		Blendmaß k_s 6.00 – 20.00 Uhr	Blendmaß k_s 20.00 – 22.00 Uhr
Dorfgebiete / Mischgebiete	5 lx	160	160
Wohngebiete	3 lx	96	64

Nach 22.00 Uhr gelten in beiden Kategorien für die Blendung ein Immissionsrichtwert von 32 und für die Aufhellung ein Wert von 1 lx. Ein gelegentliches späteres Abschalten der Platzbeleuchtung führt nicht zur Anwendung dieser Immissionsrichtwerte, soweit dies nicht mehrmals in der Woche bis 23 Uhr oder darüberhinaus vorkommt.

6 Berechnungen

6.1 Eingangsgrößen und Berechnungsansätze

Für das Bauleitplanverfahren ist auftragsgemäß eine beispielhafte, aktuell verfügbare und dem Stand der Technik entsprechende Beleuchtungsanlage zu untersuchen. Mit dieser soll für beide Plätze die Anforderung der DIN EN 12193, Klasse II für Hockeyplätze erfüllt werden. Diese umfasst im Wesentlichen eine mittlere Beleuchtungsstärke E_m von mindestens 300 lx und eine Gleichmäßigkeit U_0 von mindestens 0,7. Zugleich sind die im Abschnitt 5 aufgeführten Immissionsrichtwerte an allen benachbarten Wohnhäusern einzuhalten.

Dafür wurden lichttechnische Berechnungen mit dem Programm RELUX® /9/ durchgeführt. Basis sind die dreidimensionalen Lichtverteilungskurven von Leuchten verschiedener Hersteller. Die Auswerte-Software des Programms RELUX® ermöglicht in einem Lizenz-pflichtigen Modul die Berechnung der erforderlichen photometrischen Kenngrößen, um die Einhaltung von Beurteilungswerten für die Aufhellung und Blendung zu überprüfen.

Die Berechnungen erfolgten iterativ mit verschiedenen Leuchten verschiedener Hersteller. Der hier dokumentierte rechnerische Nachweis wird mit folgenden Leuchten des Typs „OptiVision LED gen 3.5“ des Herstellers Philips Lightning geführt:

1. BVP528 OUT T35, bestückt mit 1 LED-Element 2590-4S WB LO
2. BVP528 OUT T35, bestückt mit 1 LED-Element 2590-4S WNB LO

Für die geforderte Ausleuchtung werden an beiden Plätzen beiderseits der Mittellinie jeweils drei Leuchten des Typs 1 und an den vier Eckpunkten des Hockeyfeldes je zwei Leuchten des Typs 2 positioniert. Damit ergeben sich je Platz 6 Leuchten des Typs 1 und 8 Leuchten des Typs 2.

Die Lichtpunkthöhen wurden einheitlich mit 16 m über Grund angesetzt. Die Aufneigungen und jeweiligen Ausrichtungen sind der folgenden Tabelle 4 der Berechnungen in der Anlage zu entnehmen.

Bei den Berechnungen sind keine Gebäude oder Bewuchs und deren Verschattung berücksichtigt. Dieser Ansatz überschätzt die tatsächlichen Verhältnisse und stellt für die Untersuchung der Blendung und der Aufhellung einen Ansatz zur sicheren Seite dar.

Leuchte	Interne Nr.	x [m] ¹⁾	y [m] ¹⁾	z [m]	z [°]	c0 [°]
L1/6-2	2	352,7	312,8	15,9	274,0	29,0
L1/6-3	1	352,7	314,0	15,9	284,0	29,0
L1/6-1	3	352,7	311,5	15,9	264,0	29,0
L1/3-1	6	415,5	316,0	15,9	104,0	29,0
L1/3-3	4	415,1	319,1	15,9	84,0	29,0
L1/3-2	5	415,3	317,5	15,9	94,0	29,0
L1/1-1	8	350,7	356,1	15,9	236,0	28,0
L1/1-2	7	350,7	357,0	15,9	260,0	27,0
L1/2-1	9	412,0	360,2	15,9	107,0	27,0
L1/2-2	10	412,0	359,5	15,9	133,0	28,0
L1/5-2	11	357,1	271,7	15,9	312,0	28,0
L1/5-2	12	357,4	269,8	15,9	288,0	27,0
L1/4-2	13	418,8	276,2	15,9	57,0	28,0
L1/4-1	14	419,0	274,6	15,9	81,0	27,0
L2/1-1	15	225,2	240,1	15,9	202,0	27,0
L2/1-2	16	224,0	239,6	15,9	183,0	28,0
L2/2-1	17	257,2	186,6	15,9	40,0	27,0
L2/2-2	18	256,5	186,1	15,9	62,0	28,0
L2/5-1	19	151,4	197,3	15,9	220,0	27,0
L2/5-2	20	152,6	197,8	15,9	243,0	28,0
L2/4-1	21	182,7	144,6	15,9	23,0	27,0
L2/4-2	22	183,8	145,0	15,9	0,0	28,0
L2/6-1	23	186,4	220,3	15,9	200,0	29,0
L2/6-2	24	187,6	220,8	15,9	210,0	29,0
L2/6-3	25	188,9	221,5	15,9	220,0	29,0
L2/3-1	26	218,9	163,5	15,9	40,0	29,1
L2/3-2	27	220,4	164,3	15,9	30,0	29,1
L2/3-3	28	221,5	165,1	15,9	20,0	29,1

1) bezogen auf den Referenzpunkt: 349455 / 5697195 (UTM 32N)

Tabelle 4: Position und Ausrichtung der Leuchten

6.2 Ergebnisübersicht Platzbeleuchtung

Für den Platz 1 ergeben die Berechnungen folgende Kenngrößen:

Allgemein		
Verwendeter Rechenalgorithmus		mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche		0.00 m
Höhe (phot. Zentrum) [m]:		15.95 m
Wartungsfaktor		0.92
Gesamtlichtstrom		7252000 lm
Gesamtleistung		42165.2 W
Gesamtleistung pro Fläche (175729.50 m ²)		0.24 W/m ²
Beleuchtungsstärke		
Mittlere Beleuchtungsstärke	Em	334 lx
Minimale Beleuchtungsstärke	Emin	240 lx
Maximale Beleuchtungsstärke	Emax	435 lx
Gleichmäßigkeit U _o	Emin/Em	1:1.4 (0.72)
Ungleichmäßigkeit U _d	Emin/Emax	1:1.82 (0.55)

Für den Platz 2 ergeben die Berechnungen folgende Kenngrößen:

Allgemein		
Verwendeter Rechenalgorithmus		mittlerer Indirektanteil
Höhe der Bewertungsfläche		0.00 m
Höhe (phot. Zentrum) [m]:		15.95 m
Wartungsfaktor		0.92
Gesamtlichtstrom		7252000 lm
Gesamtleistung		42165.2 W
Gesamtleistung pro Fläche (175729.50 m ²)		0.24 W/m ²
Beleuchtungsstärke		
Mittlere Beleuchtungsstärke	Em	327 lx
Minimale Beleuchtungsstärke	Emin	243 lx
Maximale Beleuchtungsstärke	Emax	412 lx
Gleichmäßigkeit U _o	Emin/Em	1:1.35 (0.74)
Ungleichmäßigkeit U _d	Emin/Emax	1:1.7 (0.59)

6.3 Ergebnisübersicht Wohnnutzungen und Bewertung

Die Dokumentation der Berechnungen und die detaillierten Ergebnisse sind der Anlage zu entnehmen. Im Folgenden werden die wesentlichen Kenngrößen zusammengefasst und anhand der Immissionsrichtwerte bewertet. Die untersuchten Immissionsorte sind der folgenden Tabelle und der Abbildung 2 zu entnehmen.

Tabelle 5: Adressen der Immissionsorte (Quelle: openstreetmap.de)

Immissionsort	Adresse
IO 1	Broicher Waldweg 173
IO 2	Uhlenhorstweg 16
IO 3	Uhlenhorstweg 14
IO 4	Uhlenhorstweg 12a
IO 5	Uhlenhorstweg 6
IO 6	Ganghoferweg 17 c
IO 7	Ganghoferweg 17 b
IO 8	Ganghoferweg 77
IO 9	Ganghoferweg 83
IO 10	Hammerstein 3
IO 11	Hammerstein 7 / 7a
IO 12	Hammerstein 9
IO 13	Hammerstein 11
IO 14	Hammerstein 13
IO 15	Hammerstein 15
IO 16	Hammerstein 22
IO 17	Hammerstein 24

Die Lage der ausgewiesenen Immissionsorte ist in der folgenden Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: Luftbild mit Kennzeichnung der untersuchten Immissionsorte



© GEO-Portal, Landesvermessung Nordrhein-Westfalen

6.3.1 Aufhellung

Es wurde an jedem der 16 Immissionsorte eine vertikale Fläche mit einer Breite von 10 m und einer Höhe von 6 m ausgewertet. Die Höhe entspricht dabei in etwa zwei Wohngeschossen. Die Rasterweite der Ergebniswerte beträgt 1 m. Gegenüber dem Hinweis in /4/ und /5/, die Beleuchtungsstärke über ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 1,5 m zu mitteln, führt diese Vorgehensweise zu höheren Kenngrößen. Die folgende Tabelle 6 führt die höchsten Einzelwerte für die Beleuchtungsstärke auf. Die gesamten Einzelwerte sind der Anlage im Kapitel 2.3 ¹ ab Seite 37 zu entnehmen.

¹ Das Kapitel 2.2 führt außerdem die minimalen und mittleren Beleuchtungsstärken sowie Kennziffern zur Gleichmäßigkeit jeder vertikalen Fläche auf. Diese sind für die Aufgabenstellung und Bewertung jedoch ohne Belang.

Tabelle 6 : Berechnungsergebnisse zur Aufhellung

Immissionsort	Beleuchtungsstärke [lx]
IO 1	0,32
IO 2	0,40
IO 3	0,77
IO 4	2,87
IO 5	0,86
IO 6	0,48
IO 7	0,23
IO 8	1,11
IO 9	2,62
IO 10	1,25
IO 11	1,06
IO 12	1,05
IO 13	0,81
IO 14	0,81
IO 15	0,5
IO 16	0,63
IO 17	0,67

Bewertung:

Der Vergleich mit dem Immissionsrichtwert von 5 lx ergibt, dass die Anforderung hinsichtlich Aufhellung zwischen 6:00 und 22:00 Uhr an allen benachbarten Wohnnutzungen mit der zugrunde gelegten Beleuchtungsanlage eingehalten wird.

Bei den Berechnungen wurde keine Verschattung durch Bewuchs und Gebäude berücksichtigt. Die Berechnungsergebnisse überschätzen damit die tatsächlich zu erwartende Aufhellung.

6.3.2 Blendung

Die folgende Tabelle 7 führt für jeden Immissionsort für alle relevanten Leuchten das jeweilige Blendmaß auf. Ebenso sind die Zwischenergebnisse (Leuchtdichte L_s und Raumwinkel der sichtbaren Leuchtenabmessungen Ω_s) dargestellt. Den berechneten Blendmaßen liegt außerdem die gemäß /4/ und /5/ minimale Umgebungsleuchtdichte L_U von 0,1 cd/m² zugrunde (vgl. Abschnitt 5.1).

Leuchten mit Blendmaßen von weniger als $k_s = 10$ werden zugunsten der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt. Die vollständigen Berechnungsergebnisse sind der Anlage im Kapitel 2.2.2 ab Seite 6 zu entnehmen.

IO	x [m]	y [m]	z [m]	Leuchte (interne Nr.)	Raumwinkel Ω_s [sr]	Leuchtdichte L_s [cd/m]	Blendmaß k_s
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,292E-06	4792	17,2
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,716E-06	4096	17,0
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	1,959E-06	3635	16,1
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	2,151E-06	3431	15,9
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-3-1 (26)	1,774E-06	3746	15,8
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-3-3 (28)	2,032E-06	3286	14,8
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-3-2 (27)	1,931E-06	3338	14,7
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	2,076E-06	3061	14,0
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-2-1 (17)	1,984E-06	2683	12,0
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	1,618E-06	2701	10,9
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-2-2 (18)	1,610E-06	2654	10,7
IO1	175,3	451,2	1,5	Leuchte 2-4-1 (21)	1,616E-06	2592	10,4
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	2,377E-06	4239	20,7
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	2,655E-06	3631	18,7
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 2-3-1 (26)	1,659E-06	4205	17,1
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	2,652E-06	3158	16,3
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,559E-06	4112	16,2
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 2-3-2 (27)	1,857E-06	3658	15,8
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	2,041E-06	3287	14,9
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 2-3-3 (28)	2,001E-06	3225	14,4
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 2-2-1 (17)	1,973E-06	2878	12,8
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	1,894E-06	2893	12,6
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 1-4-2 (13)	2,258E-06	2444	11,6
IO 2	211,3	452,8	1,5	Leuchte 2-4-1 (21)	1,509E-06	2720	10,6
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	3,535E-06	5681	33,8
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	4,380E-06	4125	27,3
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	4,864E-06	3838	26,8
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	3,795E-06	4094	25,2
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	5,388E-06	3224	23,7
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-2-2 (18)	1,695E-06	5285	21,8
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-3-2 (27)	2,181E-06	4312	20,1
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-3-3 (28)	2,443E-06	3699	18,3
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	3,177E-06	2906	16,4
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-4-2 (13)	3,795E-06	2631	16,2
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-2-1 (17)	2,513E-06	3222	16,2
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-3-1 (26)	1,860E-06	3255	14,0
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-4-2 (22)	2,073E-06	2741	12,5
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 2-4-1 (21)	1,660E-06	3011	12,3
IO 3	258,3	415,3	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	1,435E-06	2876	10,9
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	8,785E-06	6758	63,3
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	5,982E-06	7885	61,0
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	1,354E-05	4388	51,1
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-4-2 (13)	4,950E-06	5831	41,0
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	7,451E-06	4279	36,9
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	8,052E-06	3914	35,1
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	6,098E-06	3076	24,0
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	3,596E-06	3655	21,9
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 2-3-3 (28)	8,853E-07	7200	21,4

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse zur Blendwirkung

IO	x [m]	y [m]	z [m]	Leuchte (interne Nr.)	Raumwinkel Ω_s [sr]	Leuchtdichte L_s [cd/m]	Blendmaß k_s
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	4,520E-06	2745	18,5
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	2,033E-06	2877	13,0
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 2-3-2 (27)	6,469E-07	5018	12,8
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	5,925E-07	4110	10,0
IO 4	426,8	421,0	1,5	Leuchte 2-4-1 (21)	5,564E-07	4237	10,0
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	3,940E-06	5709	35,8
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	4,607E-06	4462	30,3
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	5,133E-06	3861	27,7
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	5,890E-06	3481	26,7
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	3,968E-06	3804	24,0
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	4,045E-06	2722	17,3
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	3,350E-06	2861	16,6
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 2-3-3 (28)	5,587E-07	5703	13,5
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 1-4-2 (13)	1,730E-06	3133	13,0
IO 5	486,2	432,0	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	4,959E-07	4736	10,6
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	3,165E-06	3422	19,3
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	3,264E-06	3026	17,3
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	3,270E-06	2969	17,0
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	2,765E-06	2870	15,1
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	2,796E-06	2773	14,7
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	5,170E-07	6336	14,4
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	3,117E-06	2355	13,2
IO 6	584,5	306,4	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	2,898E-06	2224	12,0
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	3,163E-06	3583	20,2
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	2,997E-06	3542	19,4
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	2,633E-06	3439	17,7
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	5,963E-07	6938	16,9
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	3,238E-06	2933	16,7
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	3,154E-06	2671	15,0
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	2,736E-06	2843	14,9
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	2,706E-06	2291	11,9
IO 7	583,3	277,1	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	4,361E-07	5058	10,6
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	4,981E-06	4030	28,4
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	5,373E-06	3643	26,7
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	4,743E-06	3718	25,6
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	5,616E-06	3070	23,0
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	5,831E-06	2723	20,8
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	8,514E-07	6739	19,7
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	4,480E-06	2622	17,6
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	4,175E-06	2682	17,3
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	6,304E-07	5140	12,9
IO 8	525,0	265,1	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	5,890E-07	4902	11,9
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	6,686E-06	6111	50,0
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	8,313E-06	5399	49,2
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	3,818E-06	7721	47,7
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	5,737E-06	5936	45,0
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	1,109E-05	4156	43,8
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	5,531E-06	5660	42,1

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse zur Blendwirkung (Fortsetzung)

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG

Auftraggeber: Stadt Mülheim, Stellungnahme zu den Lichtimmissionen

29.08.2023

TÜV-Auftrags-Nr.: 8000681831 / 122IPG088

Textteil Rev. 01, Seite 18 von 24

IO	x [m]	y [m]	z [m]	Leuchte (interne Nr.)	Raumwinkel Ω_s [sr]	Leuchtdichte L_s [cd/m]	Blendmaß k_s
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	7,703E-06	4489	39,4
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	3,065E-06	5497	30,4
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	7,304E-06	3070	26,2
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	4,832E-06	3611	25,1
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	5,388E-06	3026	22,2
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-4-2 (13)	3,836E-06	3477	21,5
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-4-2 (22)	3,124E-06	3638	20,3
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	4,370E-06	2875	19,0
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	4,083E-06	2870	18,3
IO 9	326,9	185,3	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	3,235E-06	2566	14,6
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	4,371E-06	6012	39,8
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	5,055E-06	4273	30,4
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	5,591E-06	3929	29,4
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	4,389E-06	4178	27,7
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	6,462E-06	3323	26,7
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	9,565E-07	7056	21,8
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	4,270E-06	2691	17,6
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	3,587E-06	2885	17,3
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	1,070E-06	4604	15,1
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	2,021E-06	3308	14,9
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	6,891E-07	4996	13,1
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	1,204E-06	3096	10,7
IO 10	499,0	220,7	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	1,197E-06	2942	10,2
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	2,887E-06	7322	39,3
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	5,078E-06	5093	36,3
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	4,368E-06	5486	36,3
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	2,385E-06	5157	25,2
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	3,668E-06	3905	23,7
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	1,097E-06	6893	22,8
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	1,655E-06	4371	17,8
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	3,491E-06	2852	16,9
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-5-2 (11)	2,291E-06	2956	14,2
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	2,616E-06	2543	13,0
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	1,393E-06	3116	11,6
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	9,587E-07	3619	11,2
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	1,637E-06	2728	11,0
IO 11	470,1	177,4	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	1,525E-06	2756	10,8
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	3,197E-06	7819	44,2
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	4,468E-06	5209	34,8
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	2,570E-06	5660	28,7
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	1,356E-06	7283	26,8
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	2,355E-06	5071	24,6
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	3,978E-06	3535	22,3
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	1,960E-06	4184	18,5
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	3,303E-06	2959	17,0
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	1,281E-06	3859	13,8
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	1,678E-06	3216	13,2

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse zur Blendwirkung (Fortsetzung)

IO	x [m]	y [m]	z [m]	Leucht (interne Nr.)	Raumwinkel Ω_s [sr]	Leuchtdichte Ls [cd/m]	Blendmaß ks
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,185E-06	3442	11,9
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	2,331E-06	2412	11,7
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	1,752E-06	2622	11,0
IO 12	450,9	164,7	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	2,013E-06	2432	10,9
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	3,016E-06	6683	36,7
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	2,288E-06	5900	28,2
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	1,821E-06	5423	23,1
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	1,610E-06	5220	21,0
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	2,855E-06	3596	19,2
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	1,935E-06	4314	19,0
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	2,206E-06	3660	17,2
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	1,523E-06	4317	16,9
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	2,754E-06	2896	15,2
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	2,318E-06	3030	14,6
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,392E-06	3738	13,9
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	2,312E-06	2834	13,6
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	1,616E-06	3336	13,4
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	1,928E-06	2695	11,8
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	1,530E-06	2998	11,7
IO 13	437,3	143,2	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	9,606E-07	3288	10,2
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	2,119E-06	7369	33,9
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	1,725E-06	4725	19,6
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	1,528E-06	4949	19,3
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	1,362E-06	5112	18,9
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	1,994E-06	4082	18,2
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	2,219E-06	3579	16,9
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	2,308E-06	3051	14,7
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	2,158E-06	3123	14,5
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	1,716E-06	3253	13,5
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,114E-06	3950	13,2
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-5-1 (12)	1,551E-06	2923	11,5
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-6-3 (1) (1)	9,141E-07	3794	11,5
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	1,600E-06	2813	11,3
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	1,933E-06	2510	11,0
IO 14	433,4	116,0	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,867E-06	2434	10,5
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	1,958E-06	4330	19,2
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-6-1 (3)	1,367E-06	5158	19,1
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	2,199E-06	3732	17,5
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	2,378E-06	3224	15,7
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,060E-06	4418	14,4
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	2,453E-06	2783	13,8
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-6-2 (2) (2)	8,727E-07	4321	12,8
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-1-1 (7)	9,474E-07	4081	12,6
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	1,652E-06	3023	12,3
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	1,794E-06	2714	11,5
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	1,982E-06	2543	11,3
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	2,060E-06	2296	10,4

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse zur Blendwirkung (Fortsetzung)

IO	x [m]	y [m]	z [m]	Leuchte (interne Nr.)	Raumwinkel Ω_s [sr]	Leuchtdichte L_s [cd/m]	Blendmaß k_s
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	7,564E-07	3644	10,0
IO 15	415,0	85,2	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,579E-06	2514	10,0
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	4,370E-06	3540	23,4
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	1,147E-06	6647	22,5
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	4,548E-06	3040	20,5
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	4,588E-06	2863	19,4
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	4,296E-06	2933	19,2
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	4,024E-06	3027	19,2
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	4,472E-06	2361	15,8
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	3,941E-06	2514	15,8
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	9,255E-07	4574	13,9
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	7,941E-07	4712	13,3
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	1,155E-06	3788	12,9
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,475E-06	3261	12,5
IO 16	307,8	63,9	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,524E-06	2789	10,9
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-3-1 (6)	1,608E-06	7329	29,4
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-6-1 (23)	3,372E-06	3890	22,6
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-6-2 (24)	3,654E-06	3399	20,6
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-6-3 (25)	3,829E-06	3236	20,0
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-1-2 (16)	3,523E-06	3091	18,4
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-1-1 (15)	3,979E-06	2718	17,2
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-3-2 (5)	1,161E-06	5029	17,1
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-2-1 (9)	1,081E-06	5056	16,6
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-1-2 (8)	1,351E-06	4348	16,0
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-5-1 (19)	2,960E-06	2577	14,0
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 2-5-2 (20)	3,239E-06	2422	13,8
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-2-2 (10)	1,750E-06	2901	12,1
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-4-1 (14)	1,134E-06	3288	11,1
IO 17	351,3	82,0	1,5	Leuchte 1-3-3 (4)	6,940E-07	4040	10,6

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse zur Blendwirkung (Fortsetzung)

Für die Immissionsorte IO1 bis IO5 sowie IO9 gilt ein Immissionsrichtwert Blendmaß k von 160. Für die Immissionsorte IO6 bis IO8 sowie IO10 – IO17 kommt ein Immissionsrichtwert Blendmaß k von 64 für Wohngebiete in Betracht. Die Aufstellung der ermittelten Blendmaße in Tabelle 7 zeigt, dass alle Leuchten an allen untersuchten Immissionsorten den jeweiligen Immissionsrichtwert für die Blendung deutlich unterschreiten. Dies gilt auch, wenn die Leuchten eines Mastes für die Berechnung der Blendung am jeweiligen Immissionsort gemeinsam berücksichtigt werden.

7 Fazit

Die Berechnungen mit dem Programm zeigen für die beispielhafte, aktuell verfügbare und dem Stand der Technik entsprechende Beleuchtungsanlage, dass die Immissionsrichtwerte für die Aufhellung und Blendung der „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ (Licht-Leitlinie LAI) /4/ und des Runderlasses /5/ an allen benachbarten Wohnhäusern eingehalten werden.

Die durch die untersuchte Beleuchtungsanlage berechneten Licht-Immissionen sind nicht als erhebliche Belästigungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) /3/ zu bewerten.

Damit ist für den Betrieb der Hockeyplätze und ihre bauleitplanerische Absicherung die grundsätzliche Umsetzbarkeit einer immissionsverträglichen Beleuchtung aufgezeigt.

Dipl.-Ing. (Fh) Gerhard Puhlmann

**Sachverständiger der
TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co KG**

8 Abkürzungsverzeichnis

c_0	Aufneigung der Leuchte in [°]
\dot{E}_F	mittlere Beleuchtungsstärke am Immissionsort in der Fensterebene [lux]
f	Brennweite f des Fotoobjektivs in [mm]
k_S	Blendmaß der zu beurteilenden Lichtquelle
L_S	Leuchtdichte der zu beurteilenden Lichtquelle gemittelt über den zugehörigen Raumwinkel in [cd/m ²]
L_U	Umgebungsleuchtdichte im Winkelbereich $\pm 10^\circ$ um die Lichtquelle in [cd/m ²]
α_M	Öffnungswinkel der eingesetzten Messfeldblende in Radiant [rad] bzw. Grad [°]
Ω_S	Raumwinkel der vom Immissionsort aus sichtbaren lichtabstrahlenden Leuchtenabmessungen in Steradian [sr]
Ω_M	Raumwinkel der eingesetzten Messfeldblende in Steradian [sr]
z_0	Ausrichtung des Strahlers in der XY-Ebene in [°]

9 Unterlagen

- /1/ DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL) und DIN-Normenausschuss Veranstaltungstechnik, Bild und Film (NVBF)
DIN EN 12193 - Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung
Deutsche Fassung, 2018
- /2/ Stadt Mülheim an der Ruhr, Amt für Stadtplanung und Wirtschaftsförderung
Auftrag vom 09.06.2022 und Erweiterung vom 14.06.2023
- /3/ 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; 2021 I S. 123), zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146)
- /4/ „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)
Beschluss vom 13.09.2012, <http://www.lai-immissionsschutz.de>
- /5/ Lichtimmissionen, Messung, Beurteilung und Verminderung
Gem. RdErl. des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz –V-5 8800.4.11 – und des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr – VI.1 – 850 v. 11.12.2014
- /6/ DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
DIN 5032: Lichtmessung
Teil 2: Betrieb elektrischer Lampen und Messung der zugehörigen Größen, Januar 1992
Teil 4: Messungen an Leuchten, Januar 1999
Teil 7: Klasseneinteilung von Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemeßgeräten, Februar 2017
Teil 8: Datenblatt für Beleuchtungsstärkemeßgeräte, Februar 2017
- /7/ Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO)
"Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786)" - Neugefasst durch Bek. vom 21.11.2017 I 3786
- /8/ Stadt Mülheim an der Ruhr, Amt für Stadtplanung und Wirtschaftsförderung
Mail vom 11.07.2023, Frau Hahnen
- /9/ RELUX Informatik AG
RELUX® Desktop, Version 2023.1 vom 14.03.2023