

SIMULATION AUF MODELLBASIS VON VZP HILLEBRAND UND FINK ARCHITEKTEN PARTNERSCHAFT

INHALT

AUFGABENSTELLUNG UND GRUNDLAGEN .....	S.3	-	S.5
BEWERTUNG.....	S.6	-	S.8
SIMULATION			
A) SCHWIMMBADBELEUCHTUNG.....	S.9	-	S.13
B) SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT VERDUNKELUNG.....	S.14	-	S.18
C) AUSSENBELEUCHTUNG.....	S.19	-	S.23
ZUSAMMENFASSUNG UND OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN.....	S.24		

**Auftraggeber:**

BIG Städtebau GmbH  
Eckernförder Straße 212  
24119 Kronshagen

**Verfasser:**

Dipl.-Ing. (FH) Burkhard Wand  
Donnerstraße 10  
22763 Hamburg  
tel +49 40 18003470  
e-mail post@wand-lichtplanung.com

**Aufgabenstellung**

Im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 79 der Stadt Ratzeburg sind die zu erwartenden Lichtimmissionen durch den Neubau der Schwimmhalle Aqua Siwa zu bewerten, um die Auswirkungen der vorgesehenen Innen- und Außenbeleuchtung auf die angrenzenden Naturflächen beurteilen zu können.

**Festgelegt ist ein Streulichtgrenzwert von maximal 0,2 Lux im Bereich der Uferzone.**

Die Lichtimmissionssimulation erfolgt anhand eines 3D-Modell des Hochbaus und einer vereinfachten Topografie des Geländes mit der Software Relux 2024 im Raytracing Modus.

Die Ergebnisse sind auf der Seite 24 zusammengefasst und enthalten Optimierungsvorschläge, um den vorgegebenen Grenzwert einhalten zu können.

**Folgende Grundlagen und Annahmen sind den Berechnungen zugrunde gelegt:**

Architektur/Gebäudegeometrie

3D-Modell / VZP Hillebrand und Fink Architekten

Oberflächen und Reflexionsgrade

Innenraum vereinfacht: Decke 0,5 / Wände 0,5 / Boden 0,5  
Außenraum: Fassade 0,5 / Boden 0,2

Transmissionsgrad Verglasung

WSG 66%; RWA-Klappen 61% opal

Beleuchtungsstärke Innenräume

- Schwimmbad	gemäß DIN EN 12193 Sportstättenbeleuchtung / Beleuchtungsklasse II	
	Mittlere Beleuchtungsstärke	Eh 300lx
- Foyer	Mittlere Beleuchtungsstärke	Eh 200lx
- Multifunktionsraum	Mittlere Beleuchtungsstärke	Eh 500lx
- Umkleide / Flurzonen	Mittlere Beleuchtungsstärke	Eh 200lx / 100lx

Verwendete Beleuchtungskörper

Innenraum: Vorlage Elektroplanung Vorentwurf  
Dr. Scholz & Dalchow GmbH

Für die Simulation wurden die Leuchtenpositionen /Leuchtentypen gemäß der Elektroplanung (Stand Vorentwurf ) berücksichtigt, die eine relevante Lichtwirkung für den Außenraum darstellen; dies sind insbesondere Leuchten im Nahbereich der Fenster und Leuchten, die über Wand- bzw. Deckenreflexion Licht nach außen emittieren. Abweichend von der Elektroplanung wurde der Terrassen- und Treppenbereich mit Brüstungsleuchten simuliert.

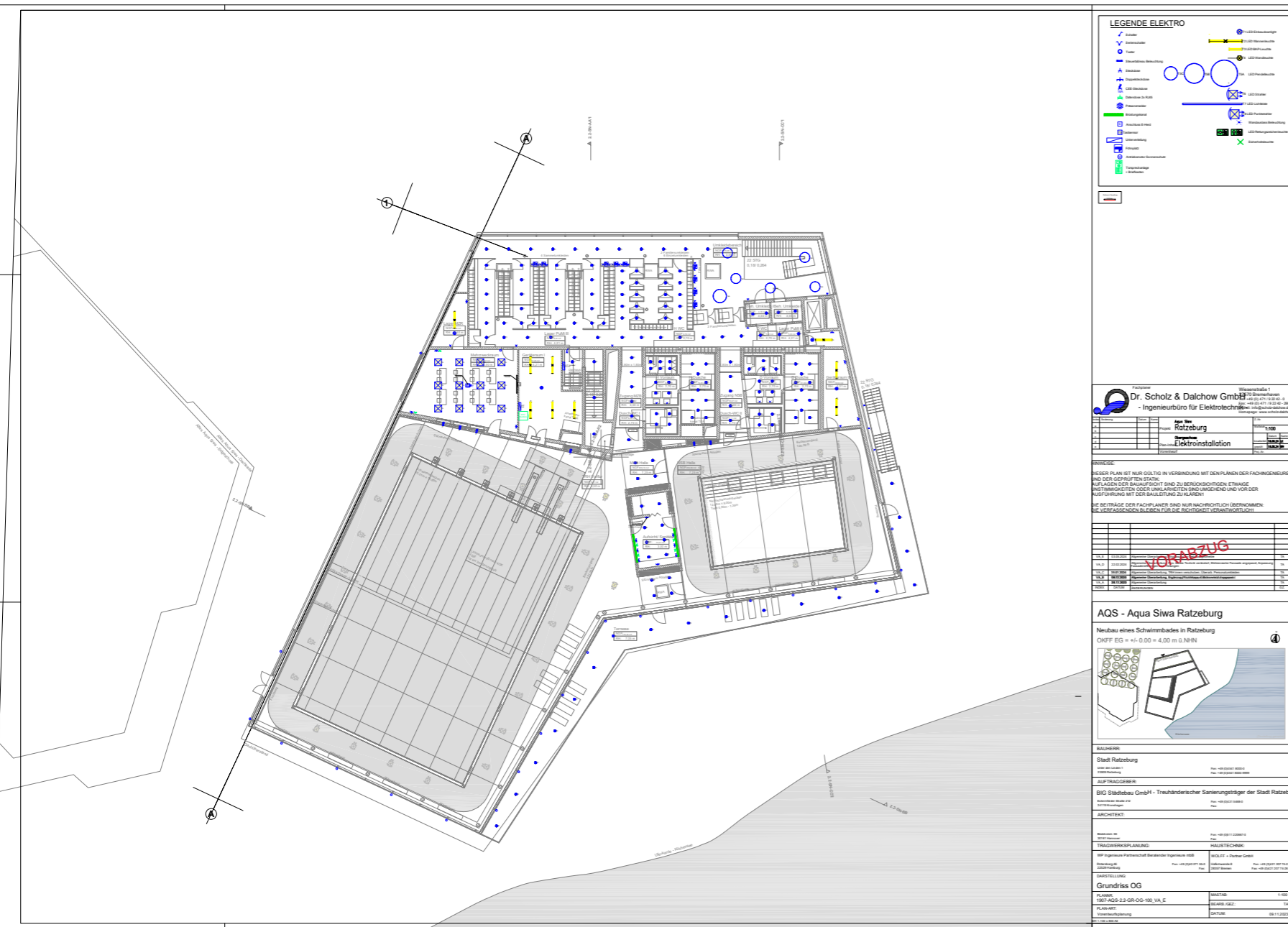
Außenraum: Vorlage Beleuchtungskonzept Vorentwurf  
Hannes Hamann Landschaftsarchitekten

Simuliert wurde eine 4m hohe Mastleuchte: Fa. Philips / Typ Luma gen2 Mini, asym mittelbreit strahlend

Die relevanten Leuchtenpositionen sind der Vorentwurfsplanung für den Außenraum entnommen.

GRUNDLAGE DER SCHWIMMBADBELEUCHTUNG

BELEUCHTUNGSPLÄNE NOVEMBER 2023  
HAUSTECHNIKBÜRO WOLFF & PARTNER GMBH



OBERGESCHOSS



ERDGESCHOSS

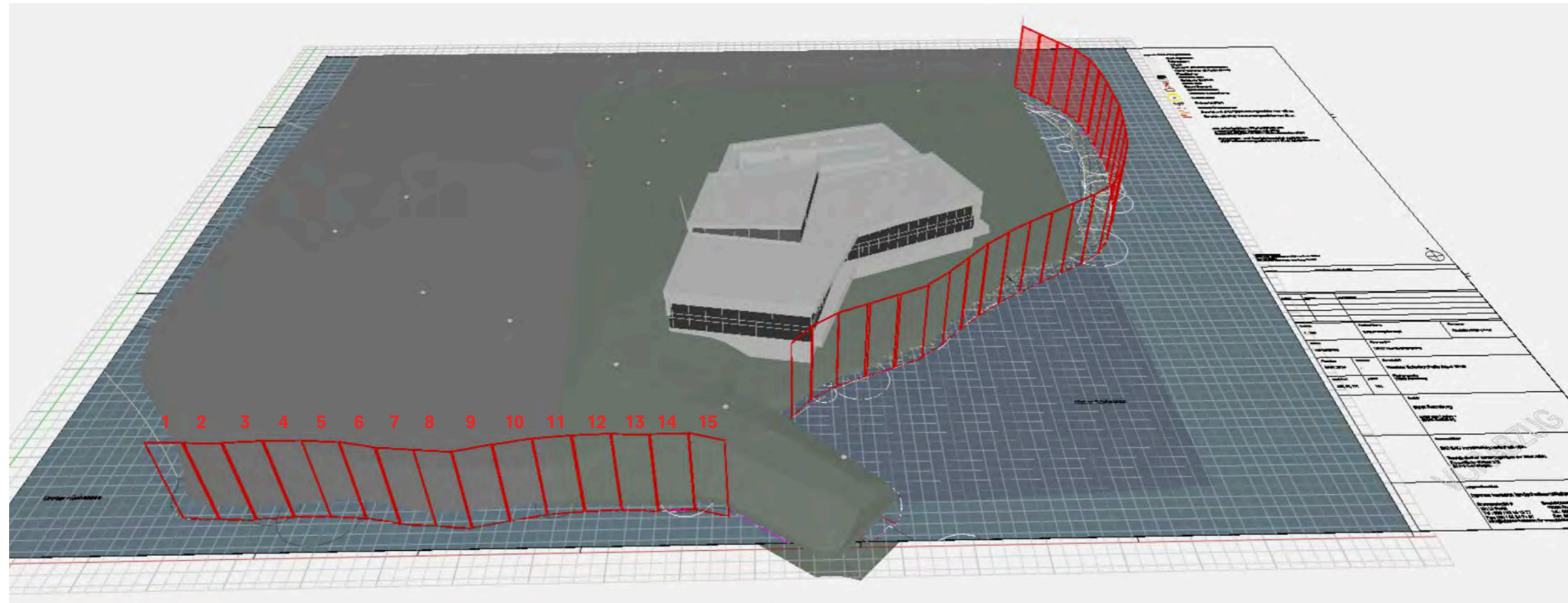
GRUNDLAGE DER AUSSENBELEUCHTUNG

BELEUCHTUNGSPLAN JULI 2024  
HANNES HAMANN LANDSCHAFTSARCHITEKTEN



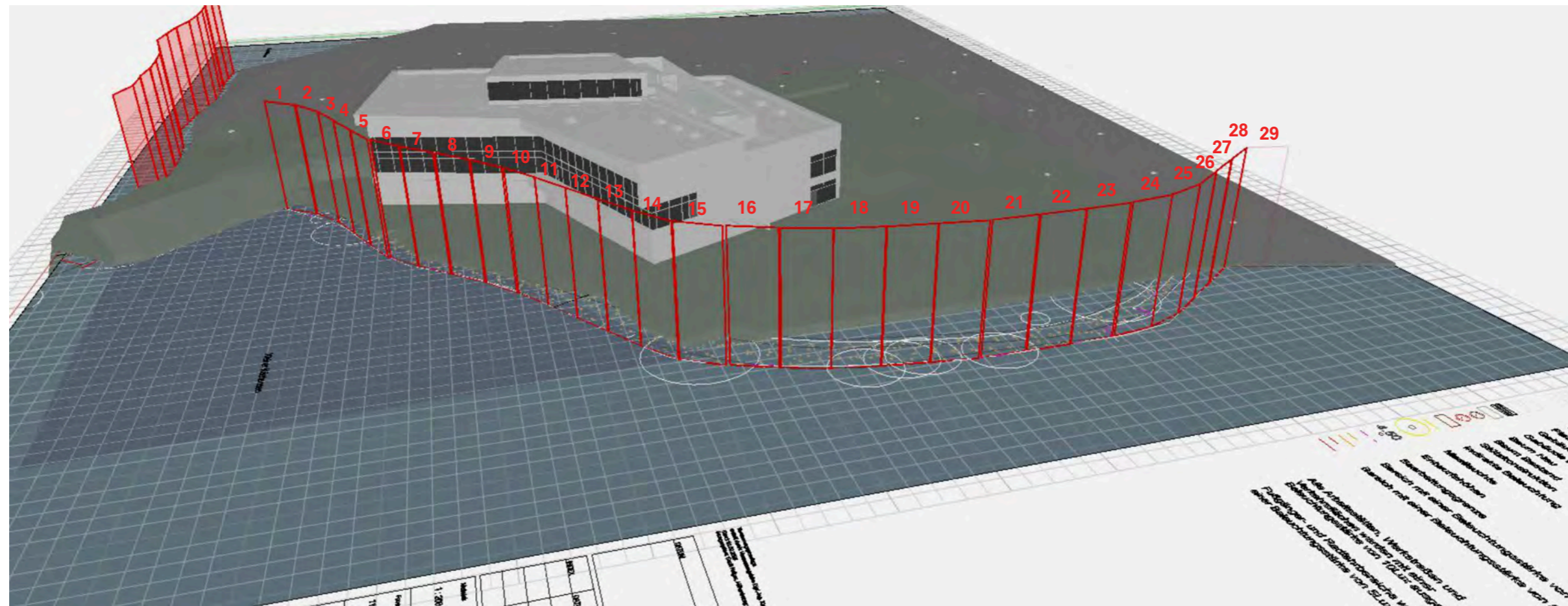
KONZEPT / VORABZUG

BEWERTUNGSFLÄCHEN / MESSFLÄCHEN AN DER UFERZONE DES GROSSEN KÜCHENSEES



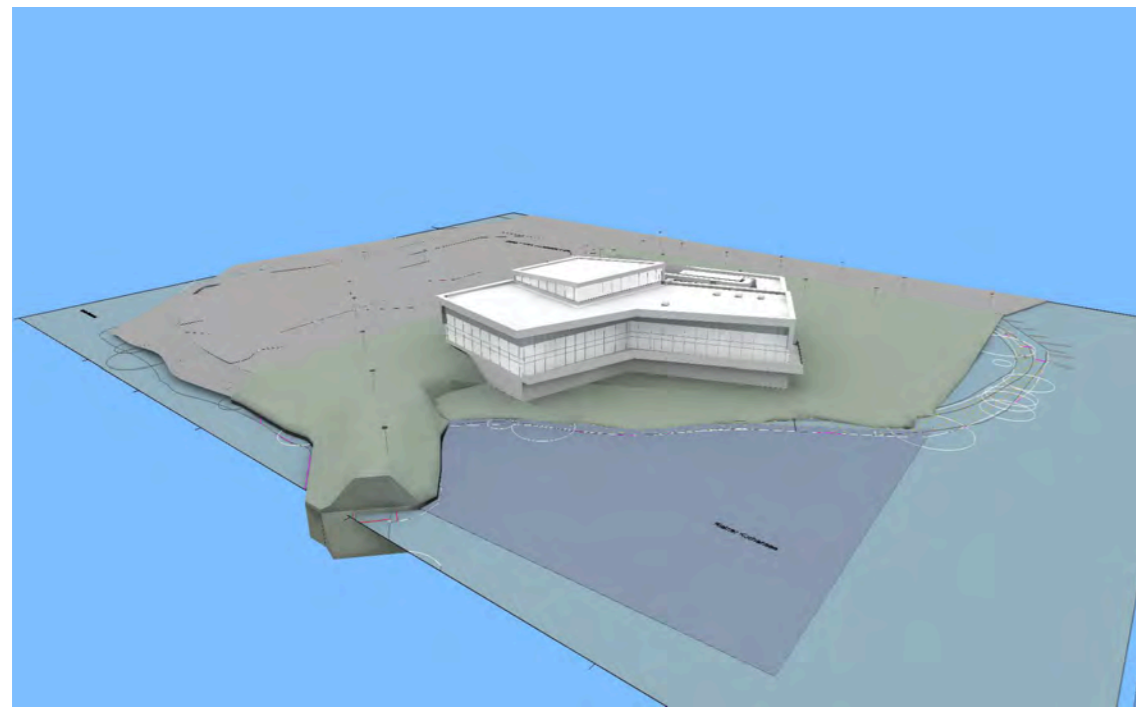
- 15 BERECHNUNGSFLÄCHEN ZUR ERMITTLUNG DER VERTIKALEN BELEUCHTUNGSSTÄRKEN AN DER UFERZONE DES GROSSEN KÜCHENSEES
- MESSFLÄCHEN JEWEILS 5M BREITE UND 15M HÖHE POLYGONAL ANGEORDNET.
- MESSRASTER 0,25 M X 0,25M
- 1.200 MESSPUNKTE PRO FLÄCHE ==> 18.000 MESSPUNKTE

BEWERTUNGSFLÄCHEN / MESSFLÄCHEN AN DER UFERZONE DES KLEINEN KÜCHENSEES

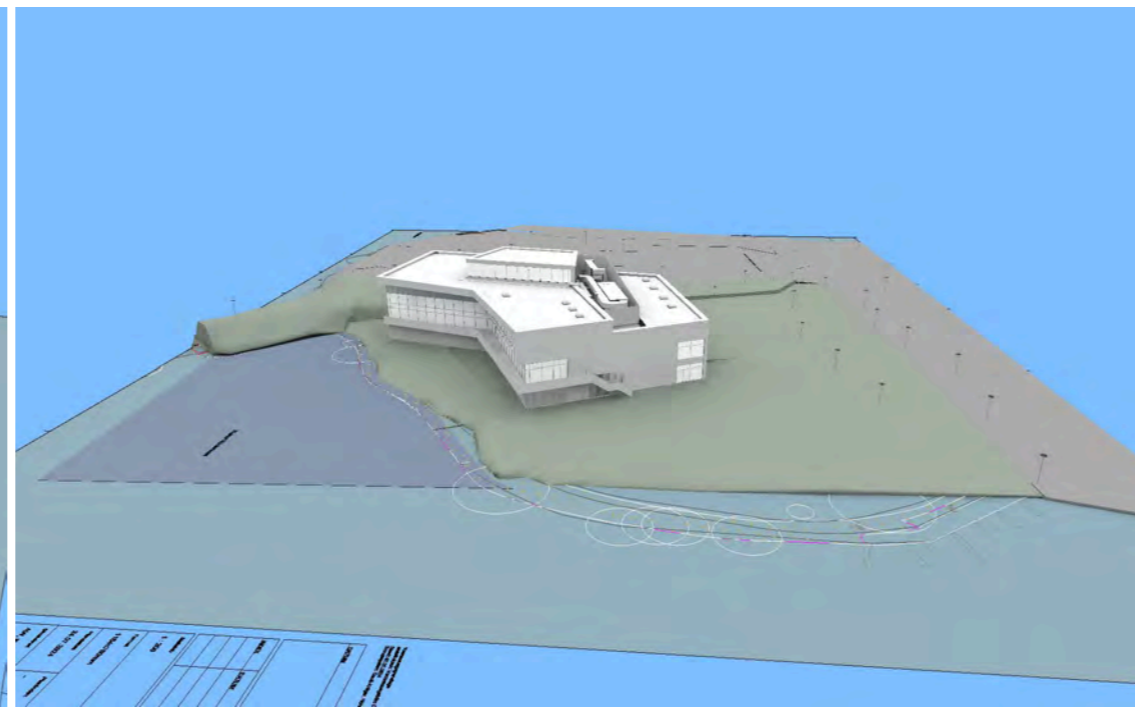


- 29 BERECHNUNGSFLÄCHEN ZUR ERMITTLUNG DER VERTIKALEN BELEUCHTUNGSSTÄRKEN AN DER UFERZONE DES KLEINEN KÜCHENSEES
- MESSFLÄCHEN JEWEILS 5M BREITE UND 15M HÖHE POLYGONAL ANGEORDNET
- MESSRASTER 0,25 M X 0,25M
- 1.200 MESSPUNKTE PRO FLÄCHE ==> 34.800 MESSPUNKTE

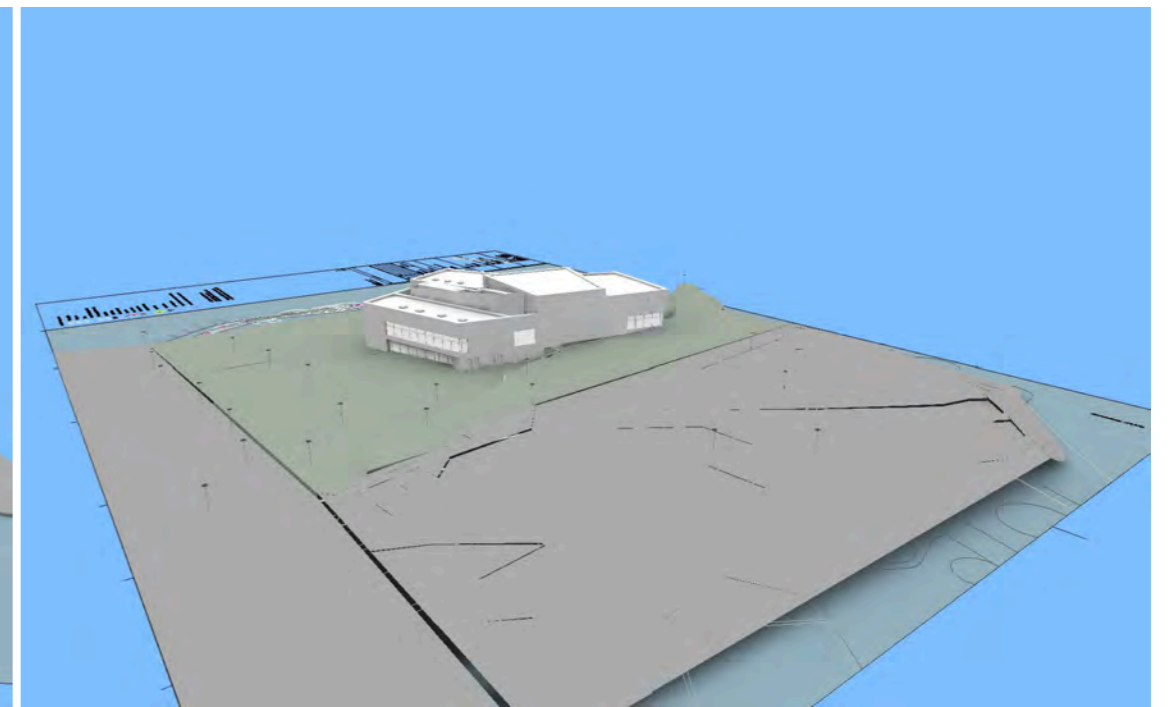
PRÜFBILDER / STANDORTE



SÜDOST



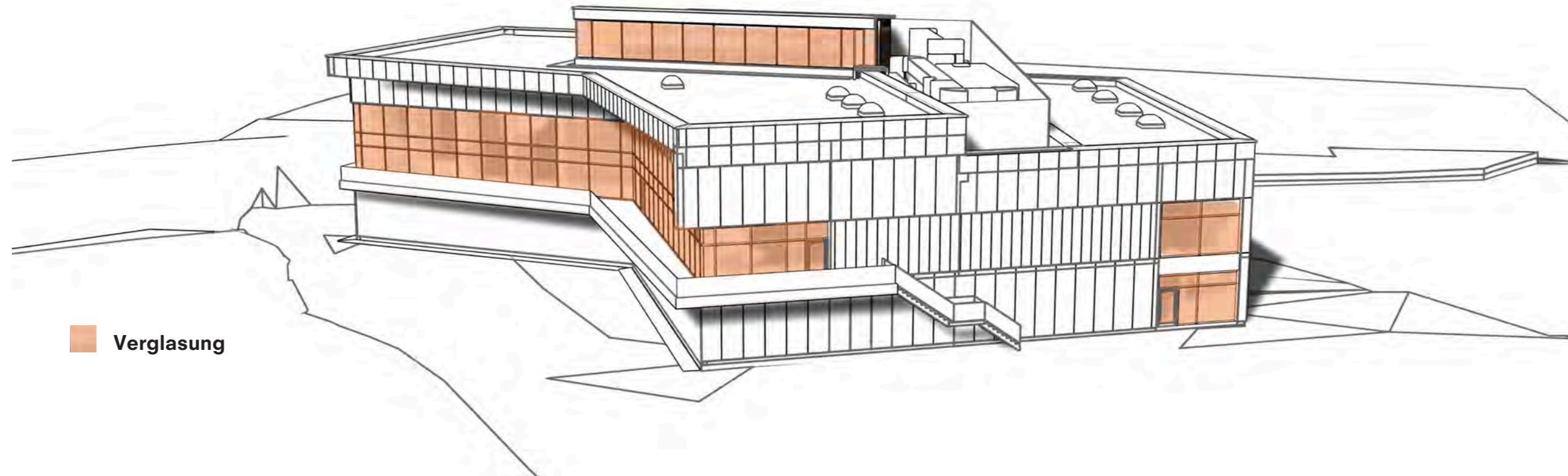
OST



NORDWEST



SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG **OHNE** ZUSÄTZLICHE VERSCHATTUNGSMASSNAHMEN



■ Verglasung

- VERGLASUNGEN ALS WÄRMESCHUTZVERGLASUNG (3-SCHEIBEN AUFBAU) LICHTTRANSMISSION 66%
- RWA-KLAPPEN IM FLACHDACHBEREICH SIND MIT EINEM LICHTTRANSMISSIONSGRAD VON 61% ANGENOMMEN

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG **OHNE** ZUSÄTZLICHE VERSCHÄTTUNGSMASSNAHMEN



PRÜFBILD **SÜDOST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE  
(MASTLEUCHE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG **OHNE** ZUSÄTZLICHE VERSCHATTUNGSMASSNAHMEN



PRÜFBILD **OST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE  
(MASTLEUCHE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

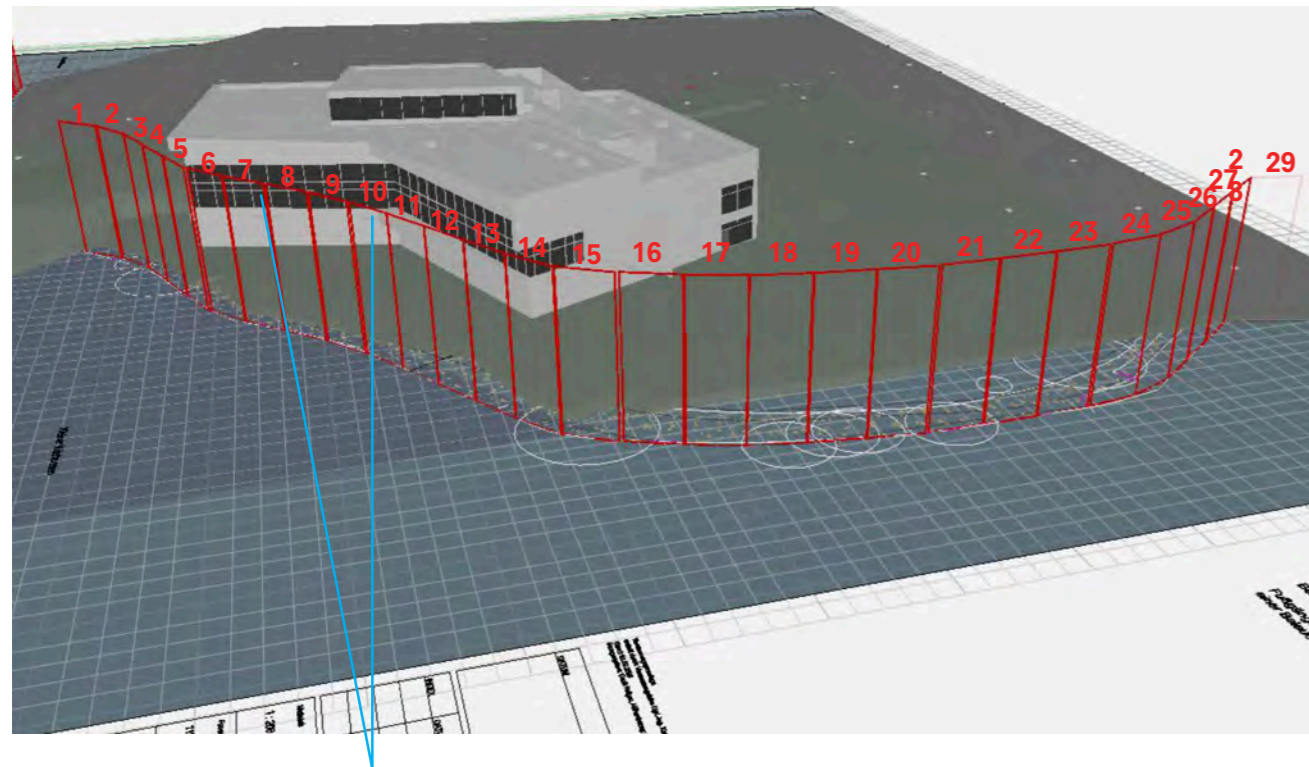
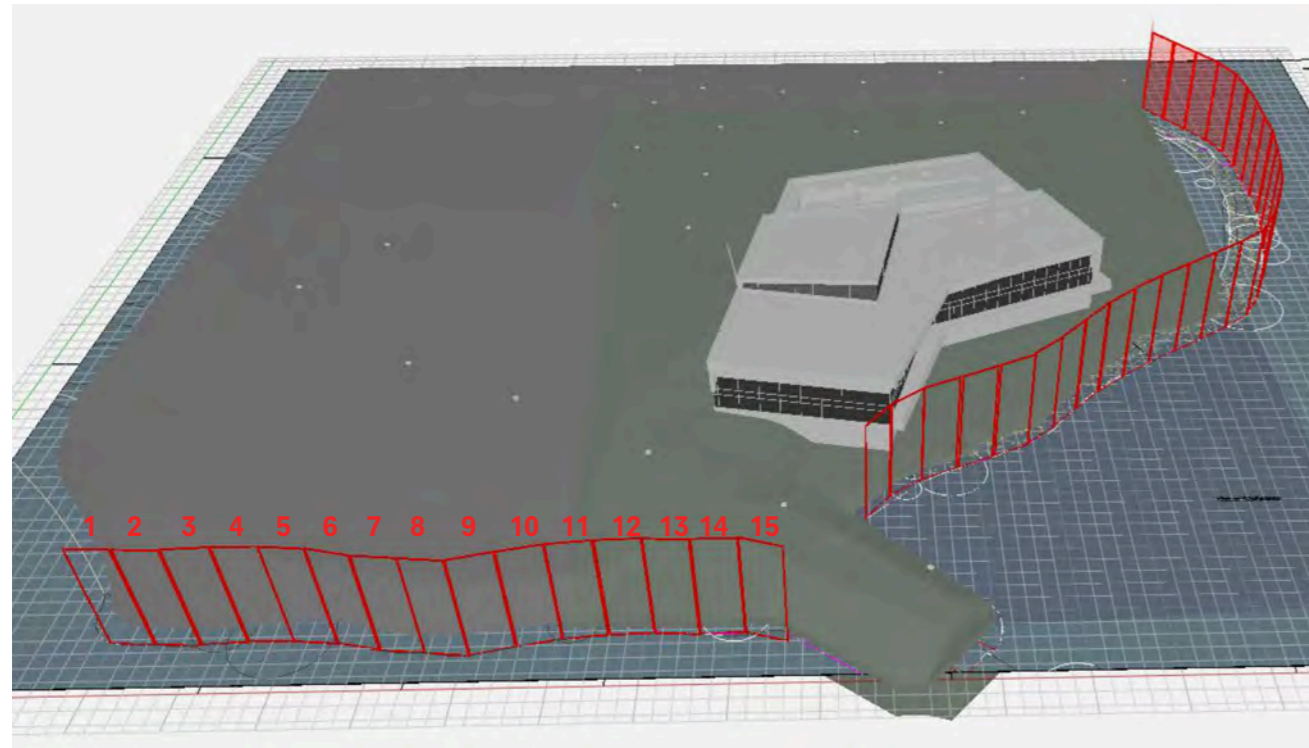
SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG **OHNE** ZUSÄTZLICHE VERSCHATTUNGSMASSNAHMEN



PRÜFBILD **NORDWEST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE  
(MASTLEUCHE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG OHNE ZUSÄTZLICHE VERSCHÄTTUNGSMASSNAHMEN

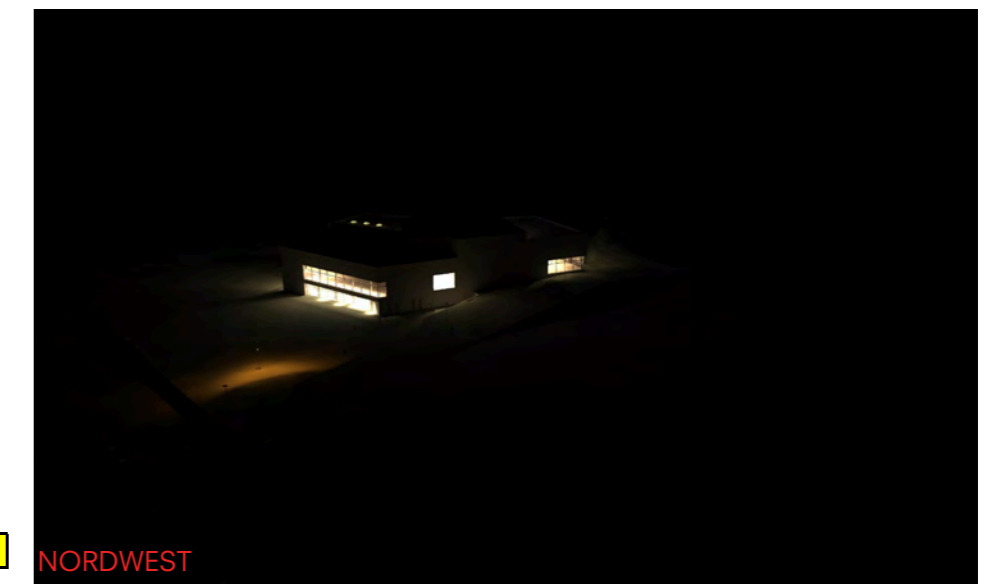


IM BEREICH DER MESSFLÄCHEN 7 BIS 10 WERDEN DIE HÖCHSTEN STREULICHTANTEILE NACHGEWIESEN (BIS ~7 LUX).

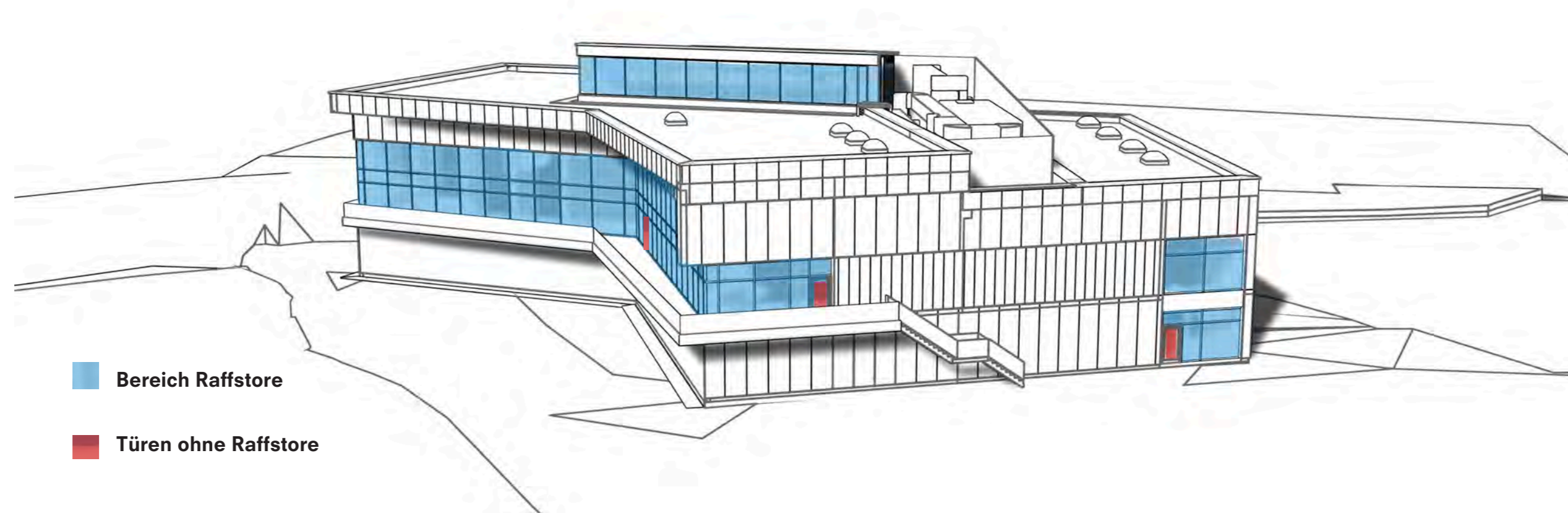
Beleuchtungsstärken vertikal [lux]			
#	Mittel	Min	Max
1	0,01	0,00	0,03
2	0,02	0,00	0,03
3	0,02	0,00	0,04
4	0,02	0,00	0,04
5	0,03	0,00	0,06
6	0,03	0,00	0,07
7	0,04	0,00	0,08
8	0,05	0,00	0,11
9	0,04	0,00	0,11
10	0,07	0,00	0,17
11	0,11	0,00	0,24
12	0,17	0,00	0,37
13	0,20	0,00	0,46
14	0,22	0,00	0,50
15	0,24	0,00	0,53
1	1,34	0,50	3,19
2	1,41	0,25	2,34
3	1,31	0,21	2,20
4	1,50	0,41	2,21
5	1,53	0,76	2,90
6	1,67	0,73	4,22
7	1,89	0,62	5,63
8	2,16	0,66	6,83
9	2,21	0,60	7,01
10	1,80	0,46	6,31
11	1,16	0,21	4,21
12	0,59	0,17	1,44
13	0,33	0,08	0,92
14	0,22	0,07	0,41
15	0,22	0,08	0,44
16	0,22	0,08	0,40
17	0,19	0,08	0,39
18	0,16	0,07	0,32
19	0,13	0,06	0,21
20	0,12	0,07	0,18
21	0,12	0,08	0,16
22	0,12	0,08	0,21
23	0,12	0,08	0,20
24	0,12	0,09	0,20
25	0,11	0,07	0,18
26	0,11	0,06	0,18
27	0,11	0,06	0,17
28	0,12	0,00	0,16
29	0,06	0,00	0,09

7,01 LUX Maximalwert

0,51 LUX Durchschnittswert für alle Messflächen



SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN RAFFSTORE / AUSSENJALOUSIE



- Bereich Raffstore
- Türen ohne Raffstore

BEISPIEL RAFFSTORE / Z-LAMELLE GESCHLOSSEN



Z-FÖRMIGE JALOUSIEN ERZIELEN IN EINER DUNKLEN AUSFÜHRUNG IN KOMBINATION MIT DUNKLEN FENSTERPROFILIEN / FENSTERRAHMEN EINE VERMINDERUNG UM MEHR ALS 95%. DER GESAMTLICHTDURCHLASS LIEGT RECHNERISCH MIT DER ANGENOMMENEN WÄRMESCHUTZVERGLASUNG BEI 3,3%.

RWA-KLAPPEN IM FLACHDACHBEREICH SIND MIT EINEM LICHTTRANSMISSIONSGRAD VON 61% ANGENOMMEN

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN RAFFSTORE / AUSSENJALOUSIE



PRÜFBILD **SÜDOST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE

TERRASSENBELEUCHTUNG: LICHTMENGE PRO LEUCHTE 235LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG

(MASTLEUCHTE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE PRO LEUCHTE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN RAFFSTORE / AUSSENJALOUSIE



PRÜFBILD **OST**

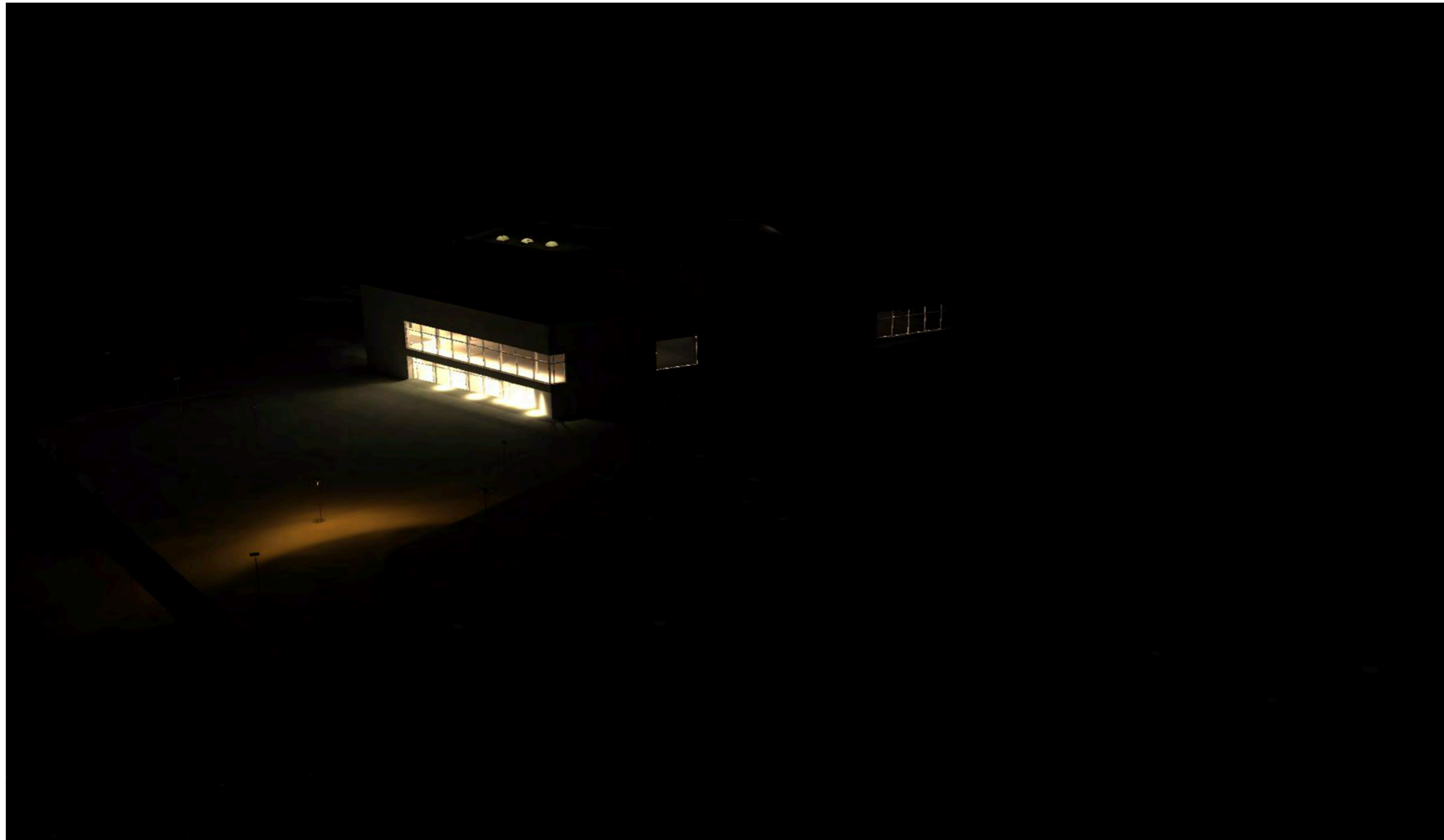
SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE

TERRASSENBELEUCHTUNG: LICHTMENGE PRO LEUCHTE 235LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG

(MASTLEUCHTE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE PRO LEUCHTE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)



SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN RAFFSTORE / AUSSENJALOUSIE

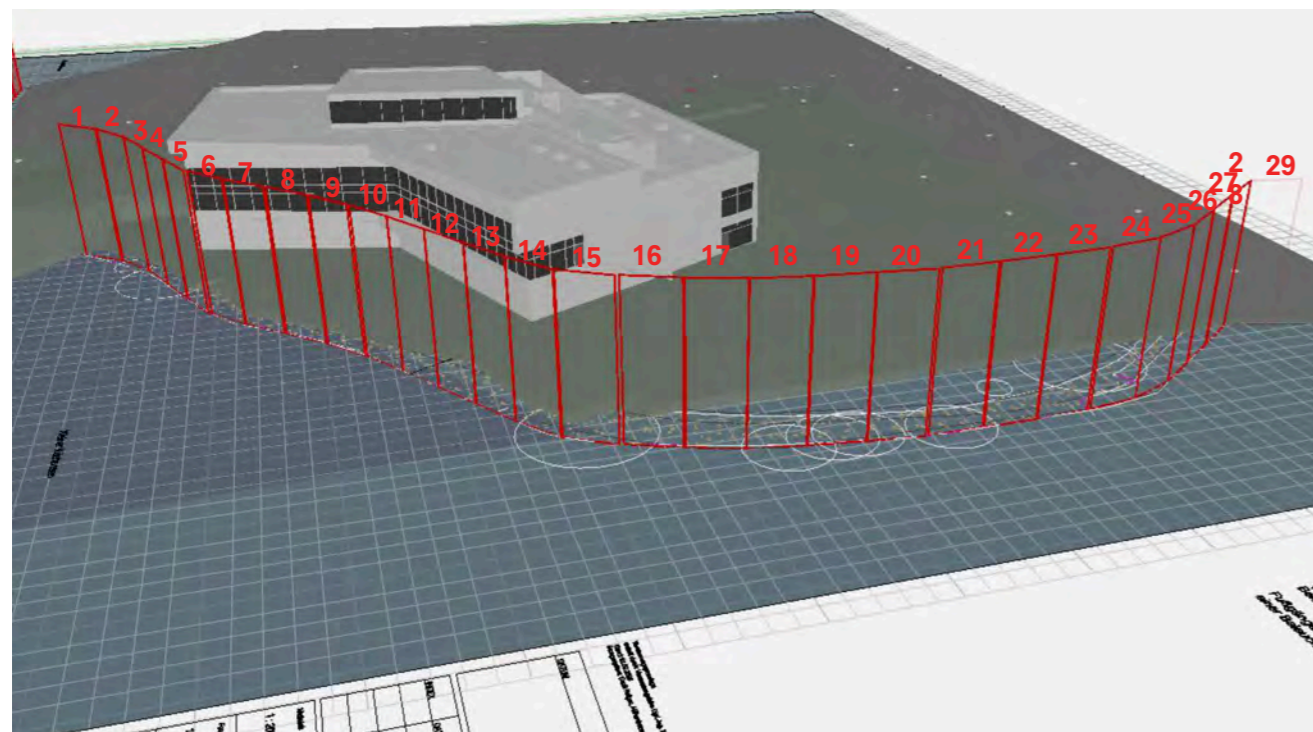
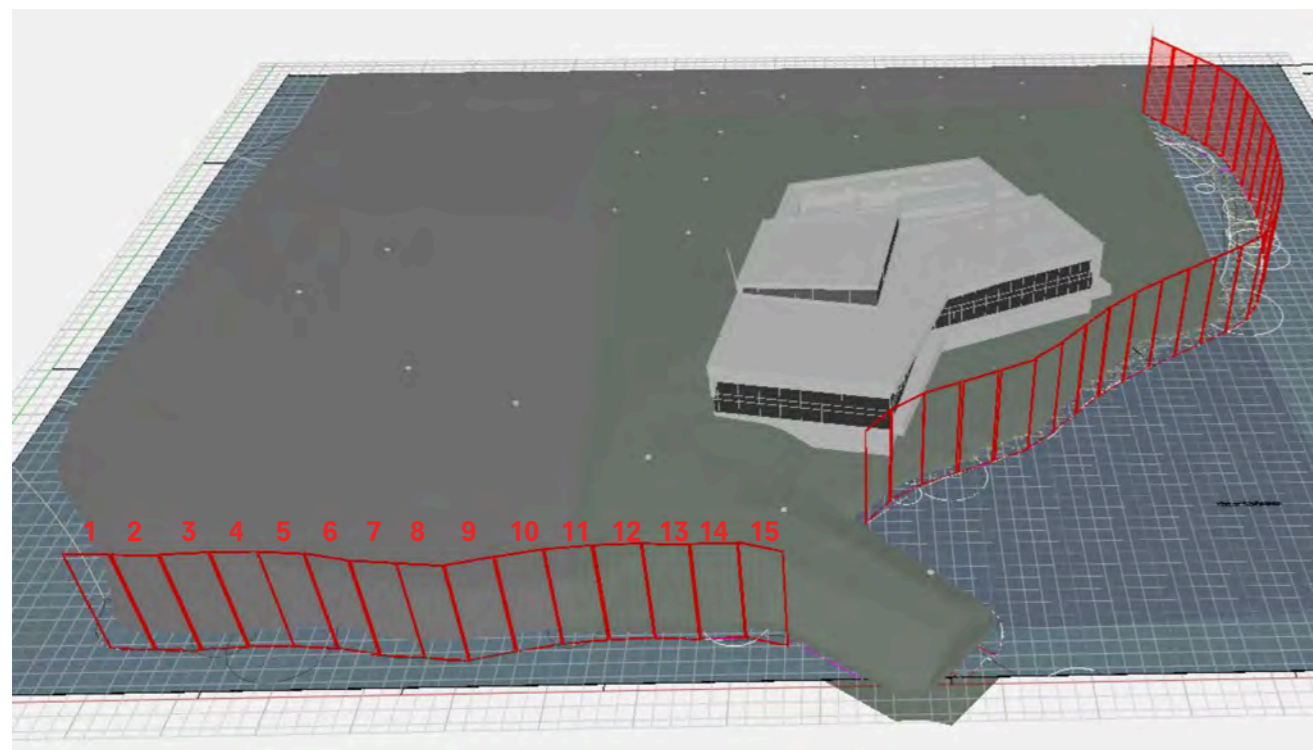


PRÜFBILD **NORDWEST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL INKL. EINER REFERENZLICHTQUELLE.

TERRASSENBELEUCHTUNG: LICHTMENGE PRO LEUCHTE 235LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG  
(MASTLEUCHTE LICHTPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION SCHWIMMBADBELEUCHTUNG MIT EINEM ZUSÄTZLICHEN RAFFSTORE / AUSSENJALOUSIE

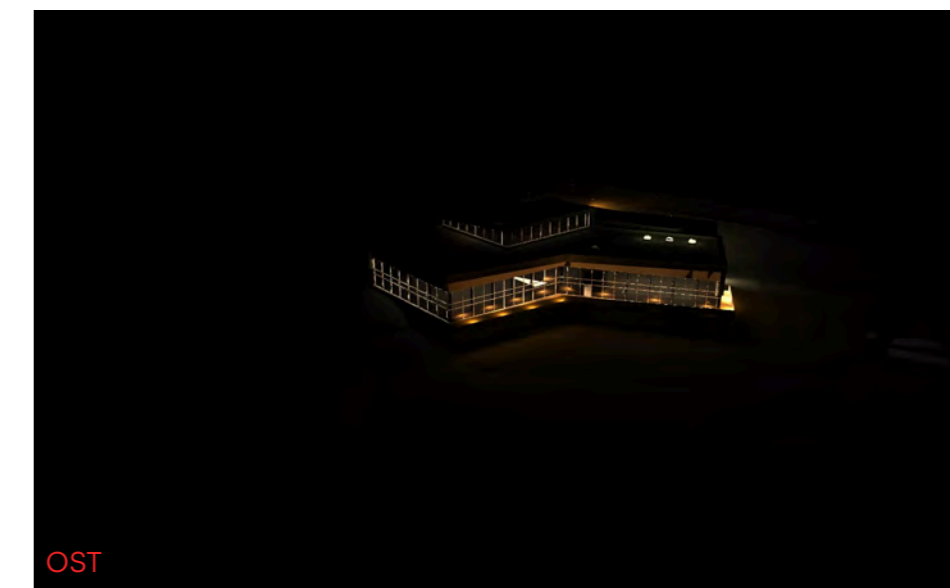


STREULICHTANTEILE PRIMÄR DURCH REFLEXLICHT IM BEREICH TERRASSEN UND TREPPE

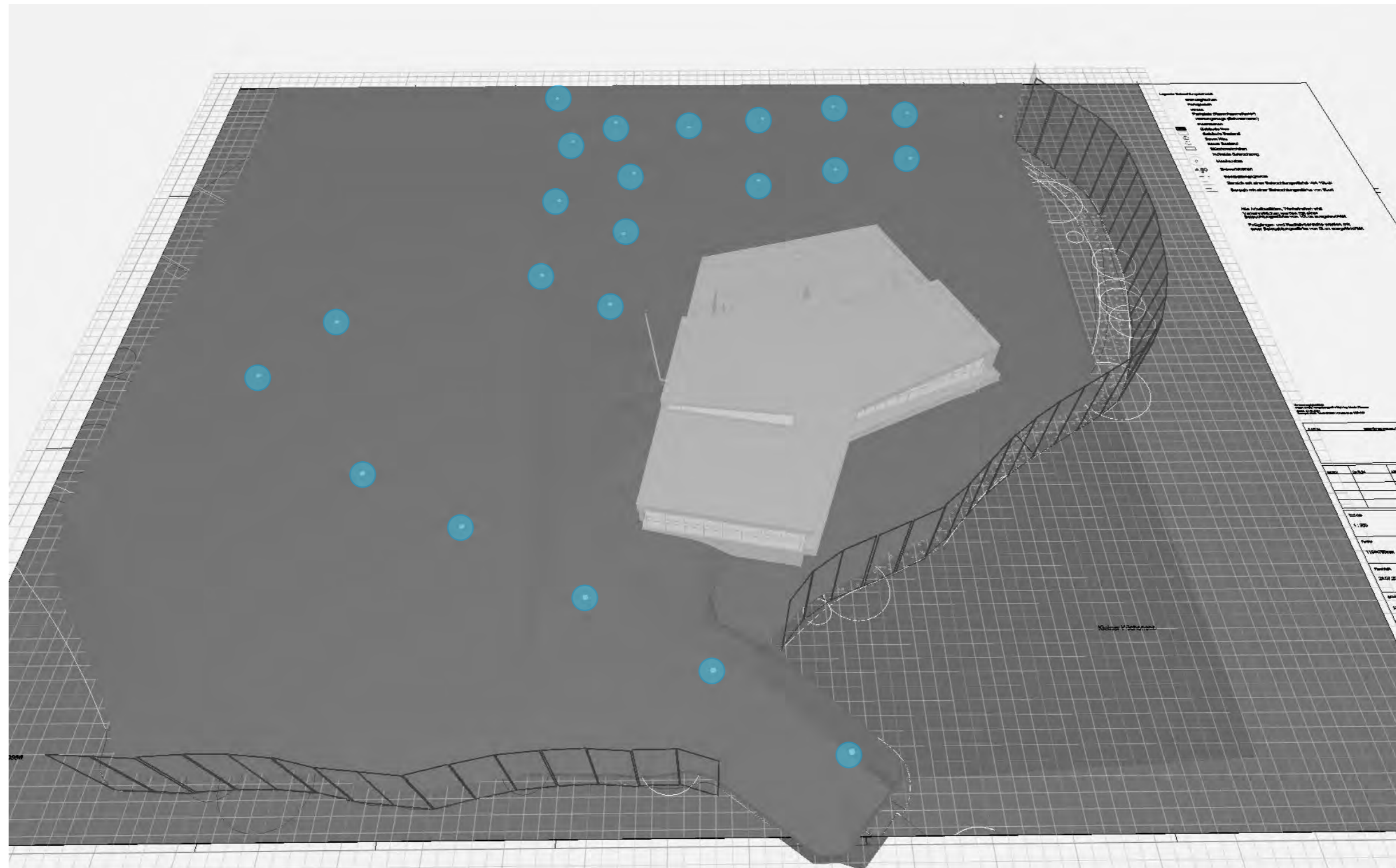
Beleuchtungsstärken vertikal [lux]			
#	Mittel	Min	Max
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,01
14	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,01
16	0,01	0,00	0,04
17	0,01	0,00	0,04
18	0,05	0,02	0,10
19	0,03	0,02	0,07
20	0,03	0,02	0,07
21	0,03	0,02	0,06
22	0,02	0,02	0,04
23	0,02	0,02	0,04
24	0,03	0,02	0,05
25	0,04	0,01	0,09
26	0,03	0,01	0,09
27	0,02	0,01	0,07
28	0,02	0,01	0,04
29	0,02	0,01	0,04
30	0,02	0,01	0,04
31	0,03	0,01	0,06
32	0,03	0,01	0,07
33	0,03	0,01	0,12
34	0,03	0,01	0,12
35	0,03	0,01	0,06
36	0,03	0,01	0,06
37	0,03	0,01	0,05
38	0,03	0,01	0,04
39	0,03	0,01	0,04
40	0,02	0,00	0,04
41	0,03	0,00	0,05
42	0,03	0,01	0,05
43	0,04	0,01	0,06
44	0,04	0,00	0,07
45	0,04	0,00	0,07
46	0,02	0,00	0,05

0,12 LUX Maximalwert

0,02 LUX Durchschnittswert für alle Messflächen

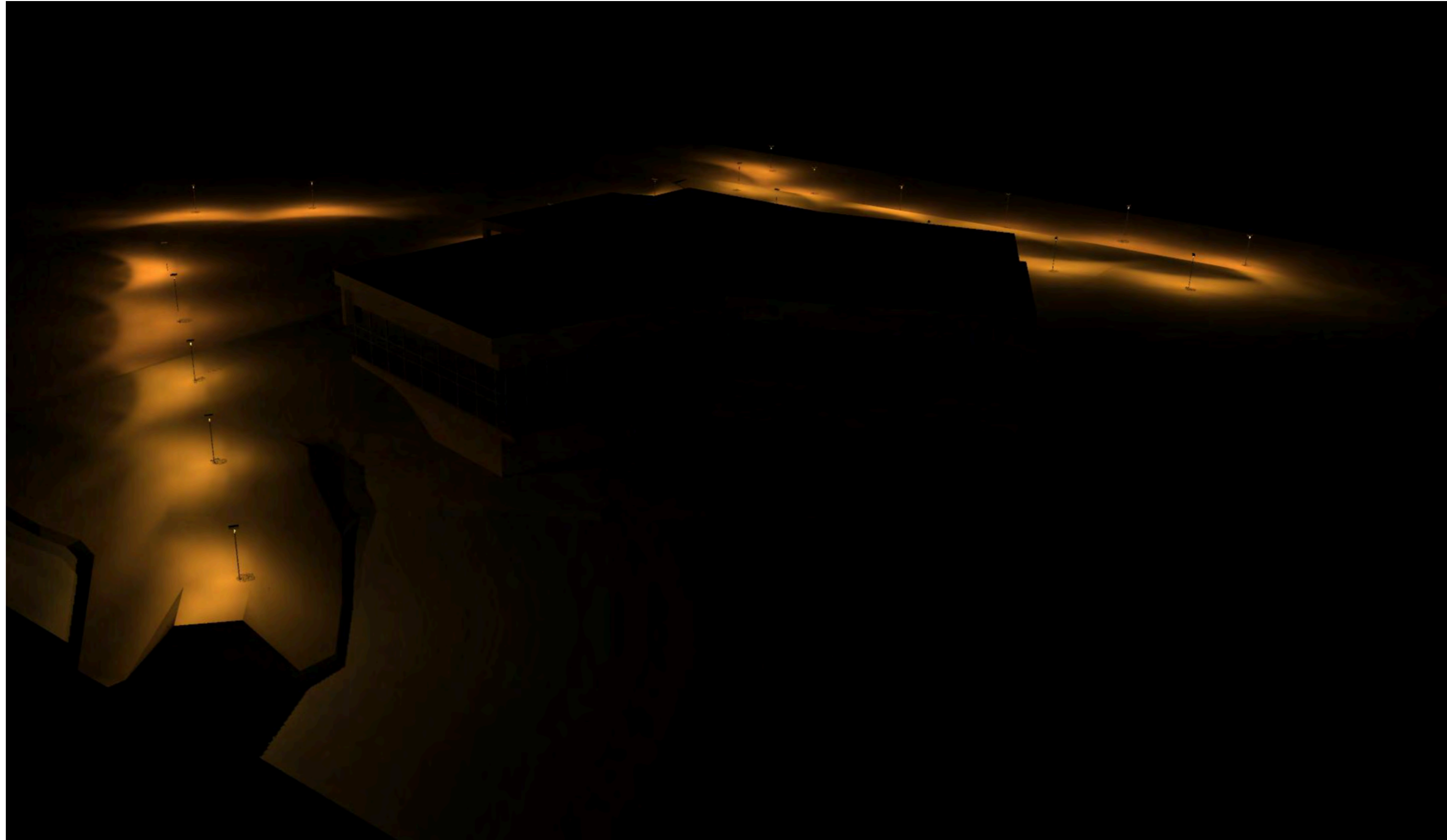


SIMULATION MASTLEUCHTEN / AUSSENBELEUCHTUNG



 MASTLEUCHTEN LICHTPUNKTHÖHE 4M 1.400LM 2.200K ASYM. LICHTVERTEILUNG

SIMULATION MASTLEUCHTEN / AUSSENBELEUCHTUNG



PRÜFBILD **SÜDOST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL

(MASTLEUCHE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE JE LEUCHE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION MASTLEUCHTEN / AUSSENBELEUCHTUNG



PRÜFBILD OST

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL,  
(MASTLEUCHE LICHPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE JE LEUCHE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

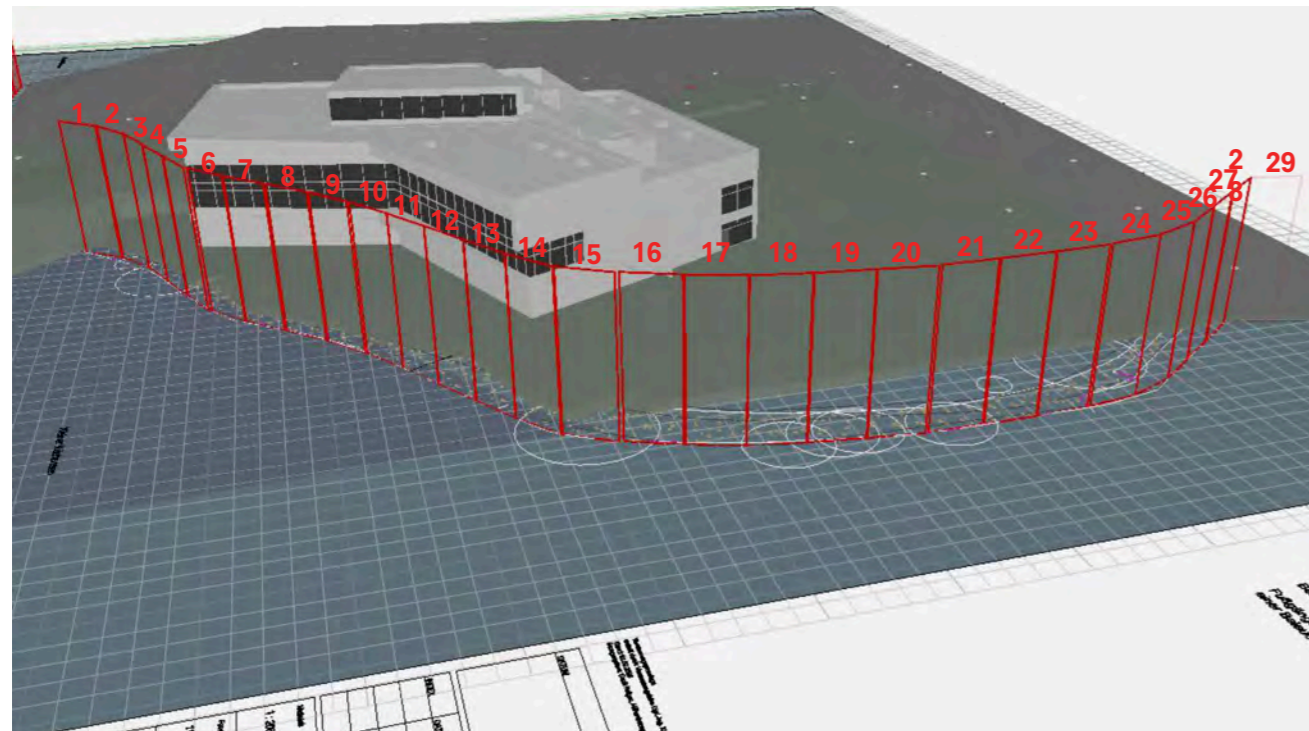
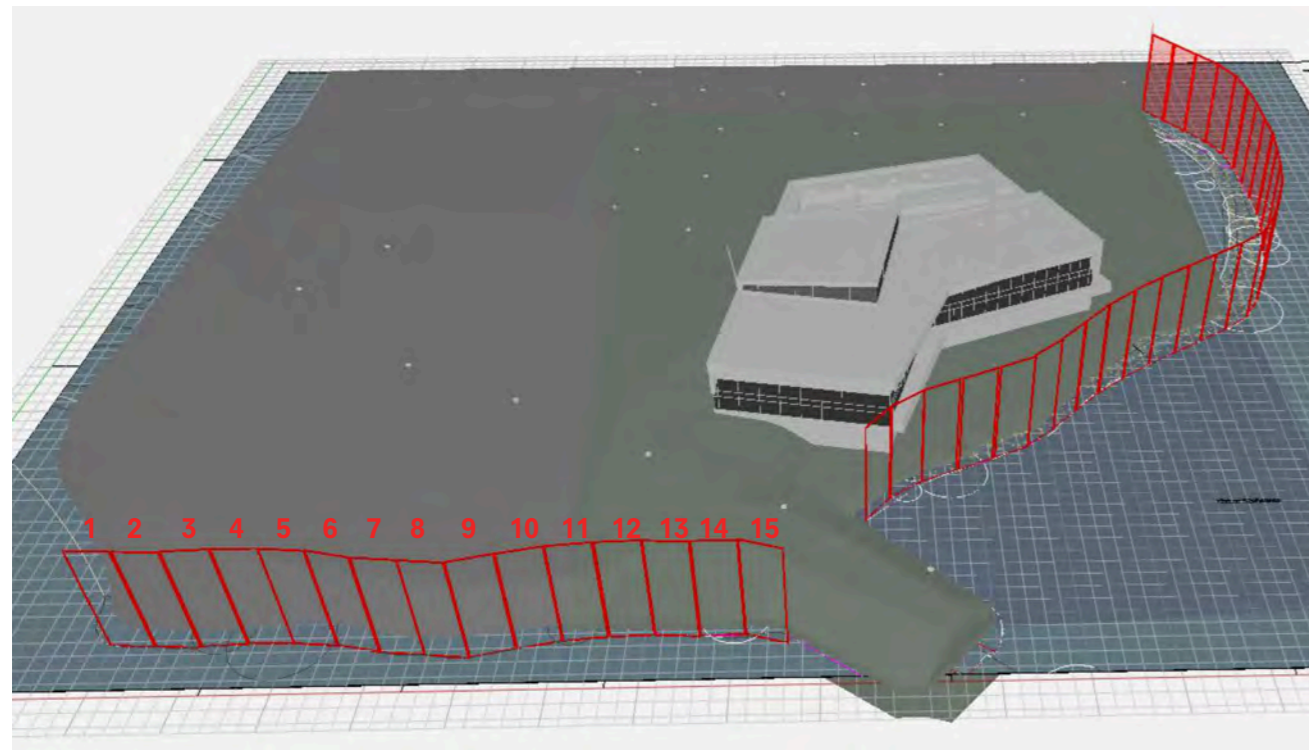
SIMULATION MASTLEUCHTEN / AUSSENBELEUCHTUNG



PRÜFBILD **NORDWEST**

SIMULATION ZEIGT DEN QUALITATIVEN STREULICHTANTEIL, REFERENZLICHTQUELLE WINDFANG  
(MASTLEUCHE LICHTPUNKTHÖHE 4M / LICHTMENGE JE LEUCHE 1.400LM / AMBER FARBENDES LICHTSPEKTRUM 2.200K; ASYM. LICHTVERTEILUNG)

SIMULATION MASTLEUCHTEN / AUSSENBELEUCHTUNG

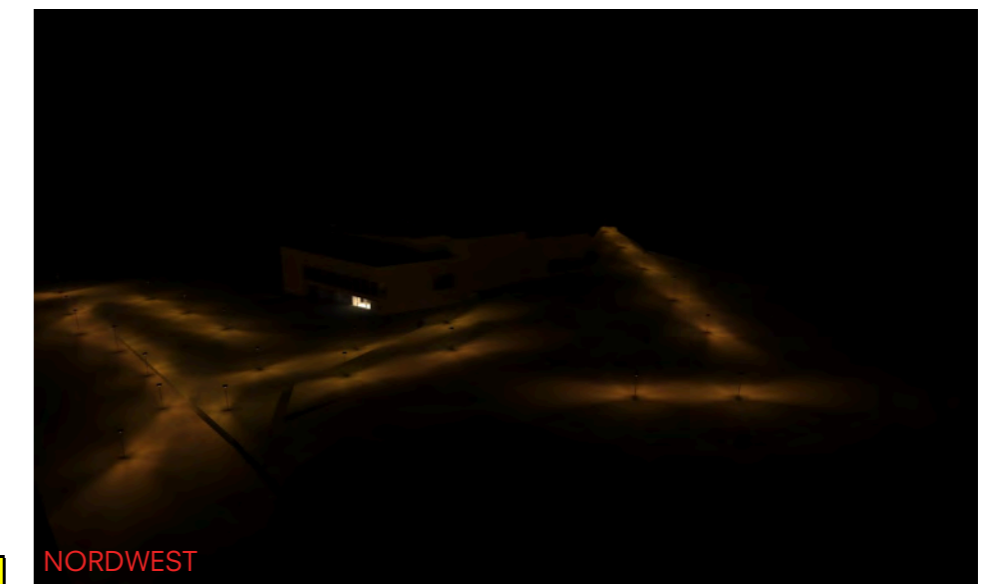
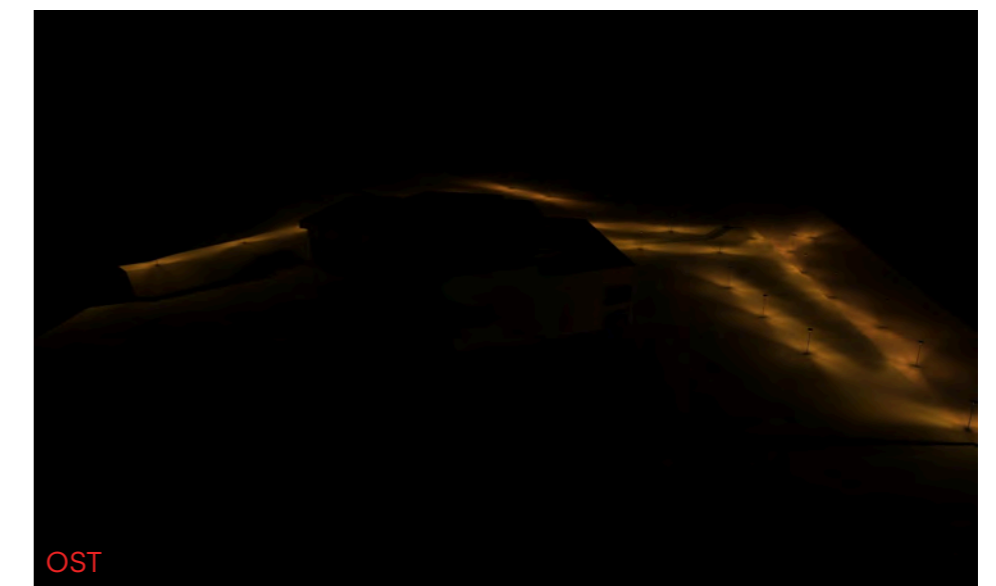
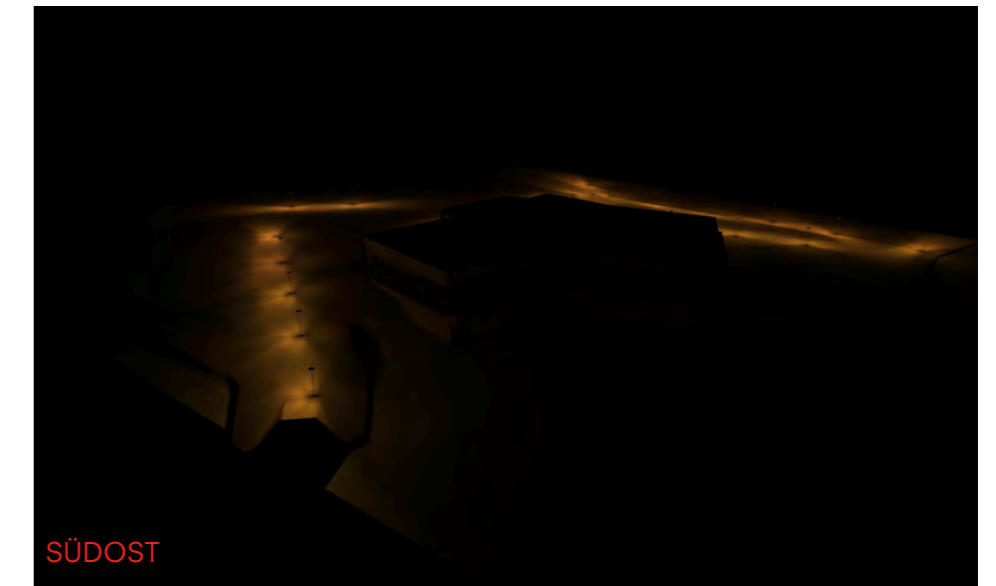


MASTLEUCHTEN MIT STANDORTEN IM NAHBEREICH DER UFERZONE VERURSACHEN ERHÖHTES STREULICHT TROTZ ABGEBLENDETER LICHTTECHNIK UND GERINGER LEISTUNGSSTUFE

#	Beleuchtungsstärken vertikal [lux]		
	Mittel	Min	Max
1	0,01	0,00	0,02
2	0,01	0,00	0,02
3	0,01	0,00	0,02
4	0,01	0,00	0,03
5	0,01	0,00	0,03
6	0,02	0,00	0,04
7	0,02	0,00	0,04
8	0,02	0,00	0,05
9	0,02	0,00	0,05
10	0,03	0,00	0,07
11	0,05	0,00	0,09
12	0,08	0,00	0,11
13	0,12	0,01	0,33
14	0,19	0,02	0,68
15	0,32	0,15	1,62
16	0,04	0,01	0,09
17	0,01	0,00	0,02
18	0,00	0,00	0,01
19	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01
21	0,00	0,00	0,01
22	0,00	0,00	0,01
23	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,02
26	0,00	0,00	0,01
27	0,00	0,00	0,01
28	0,00	0,00	0,01
29	0,01	0,00	0,01
30	0,01	0,00	0,02
31	0,01	0,00	0,02
32	0,01	0,00	0,02
33	0,01	0,00	0,02
34	0,01	0,00	0,03
35	0,02	0,00	0,03
36	0,02	0,00	0,04
37	0,02	0,00	0,05
38	0,03	0,01	0,05
39	0,04	0,01	0,07
40	0,06	0,00	0,11
41	0,07	0,00	0,13

1,62 LUX Maximalwert

0,03 LUX Durchschnittswert für alle Messflächen



## ZUSAMMENFASSUNG UND OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN

### Innenbeleuchtung

Ohne zusätzliche Verdunkelungsmaßnahmen im Fassadenbereich (siehe S. 9 ff) zeigt die Streulichtuntersuchung, dass eine unter normativen Vorgaben geplante Innenbeleuchtung des Schwimmbades, einen Streulichtanteil generiert, der die Grenzwerte von 0,2lux in der Uferzone deutlich überschreitet.

Es konnten in den Berechnungen maximale vertikale Beleuchtungsstärken von bis zu ~7 Lux an der Uferzone ermittelt werden.\*

Ursächlich für diesen hohen Wert sind die im Neubau seeseitig geplanten großflächigen Glasfassadenanteile. Die Streulichtmengen auf den Bewertungsflächen summieren sich aus den Reflexlichtanteilen der Innenraumoberflächen.

In der zweiten Streulichtuntersuchung (siehe S.14ff) wurde eine Reduzierung der Lichttransmission der Verglasungen durch einen zusätzlichen Raffstore simuliert. Diese außenliegende Jalousie, in einer Ausführung als sogenannte „Z-Lamelle“ mit dunkler Oberfläche, ermöglicht in Kombination mit dunklen Fassadenprofilen eine nahezu komplette Verschattung / Verdunkelung (>95%) nach außen. Es könnten zur zeitlich gesteuerten Verdunkelung auch grundsätzlich andere Systeme wie z.B. Rollos eingesetzt werden.

Eine Verdunkelungsanlage mit automatisierter Steuerung könnte gezielt, in den relevanten Zeiträumen, Lichtemissionen der Innenbeleuchtung verhindern.

Die Glasanteile der Türen und Fluchttüren können aufgrund des geringen Flächenanteils ohne zusätzliche Verdunkelung bei einer Lichttransmission  $\leq$  ~60%, ausgeführt werden. Bei der Planung der Innenbeleuchtung in Türnähe ist auf die Verwendung von abgeblendeten Lichtsystemen zu achten. Auch die seeseitig abgewandten Glasanteile (Nordfassade) und die Personal und Verwaltungsbereiche im EG - können aufgrund der Orientierung ohne zusätzliche Verdunkelungssysteme umgesetzt werden.

Der Streulichtanteil reduziert sich in den Berechnungen durch die zuvor beschriebene Verdunkelungsanlage auf maximale Werte  $\leq$  0,12 Lux (siehe S.18). Das Streulicht resultiert primär aus der Terrassenbeleuchtung.

### Außenbeleuchtung

Grundsätzlich sollte die Beleuchtung der südlichen, außenliegenden Terrasse mittels abgeblendeter Leuchten aus geringer Höhe erfolgen, z.B. aus dem Bereich der Brüstung und in Richtung Baukörper strahlend.

Aufgrund der z.T. direkt angrenzenden Uferzone ist die Lichtverteilung, Lichtmenge und der Transmissionsgrad der Glasbrüstung aufeinander abzustimmen. Bereits geringe Lichtmengen mit ungünstiger Lichtverteilung können Überschreitungen des Grenzwertes zur Folge haben.

Im Eingangsbereich der Schwimmhalle sind gemäß der Haustechnikplanung Downlights berücksichtigt. Simuliert sind entblendete Leuchten (UGR<19) in reduzierter Leistungsstufe.

Die Simulation der Außenbeleuchtung beschränkt sich im Wesentlichen auf relevante Mastleuchtenpositionen\*\* mit dem geplanten Mastleuchtentyp\*\*\* mit einer Lichtpunkthöhe von ca. 4m. Die Mastleuchten wurden in den Lichtberechnungen in einer geringen Leistungsstufe (1.200lm) und warmer Lichtfarbe (2.200K) simuliert.

Die Berechnungsergebnisse zeigen (siehe S. 23), dass dieser Leuchtentyp und die gewählte Lichtpunkthöhe das Umfeld mit Streulicht ungünstig beaufschlagen. Es ist davon auszugehen, dass die zusätzlich geplante indirekte Wegebeleuchtung das Streulichtniveau zusätzlich verschlechtert.

\*Wichtige Annahmen der Berechnung

Verglasung: Wärmeschutzverglasung (3-Fach Verglasung), Lichttransmissionsgrad 66% Verdunkelungsanlage Verminderung min 95%  
Reflexionsgrade: Rauminnenflächen 50% / Fassadenflächen 50% / Rauminnenflächen 50% / Boden 20%

\*\*vergl. Beleuchtungskonzept, Vorabzug 24. Juli 2024 Hannes Hamann Landschaftsarchitekten

\*\*\* Typ Luma gen 2 Mini BGP703 T25 DM30 /722 (1.400lm 2.200K)

### Optimierungsmaßnahmen

Eine Verbesserung (Verminderung) der bestehenden Streulichtsituation (vergl. hierzu 20240508\_Ratzeburg\_AquaSiwa\_Bestandsaufnahme\_Lichtimmission.PDF) und das Einhalten des Streulichtgrenzwertes von 0,2Lux an der Uferzone kann für den Neubau und die Aussenanlagen durch die nachfolgenden Maßnahmen erreicht werden:

### Hochbau

- Automatisierte Verdunkelungsanlage für die relevanten Fassadenöffnungen
- Verzicht von vermeidbarer Außenbeleuchtung, z.B. Werbung & Leuchtschriften
- Differenzierte Planung der Terrassenbeleuchtung in einem für die Natur wirkungsarmen Lichtspektrum ( $\leq$ 2.200K)
- Innenbeleuchtung, insbesondere in der Nähe von Glasfassadenanteilen, nur mittels abgeschirmter Lichtsysteme

### Außenraum

- Außenleuchten nur als abgeschirmte Leuchten (ohne Lichtanteil in den oberen Halbraum)
- Reduziertes Lichtniveau, bedarfsbedingt - nutzungsbezogen, kombiniert mit Nachtschaltung / Nachtabsenkung
- Niedrige Lichtpunkthöhen,
- Keine Mastleuchten in Ufernähe
- Wirkungsarmes LED-Lichtspektrum 1.800K - 2.200K
- Geschlossene Leuchten ab IP65
- Grundsätzlicher Verzicht von indirekter Beleuchtung und indirekt strahlenden Lichtsystemen





## Inhalt

Aufgabenstellung und Begriffserklärung.....	S.3
Übersicht Messstandorte.....	S.4
Messergebnisse Standorte A bis O.....	S.5 - S.27
Übersicht Messergebnisse.....	S.28
Messergebnisse Lichtspektren.....	S.29 - S.31
Zusammenfassung der Ergebnisse.....	S.32

## Aufgabenstellung

Im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 79 der Stadt Ratzeburg sind im Nahbereich des bestehenden Hallenbades AquaSiwa die vom Gebäude ausgehenden Lichtimmissionen zu ermitteln, die insbesondere auf die angrenzenden Naturflächen einwirken. Darüber hinaus wurden die Lichtmengen im Bereich des Parkplatzes und Wohnmobilstellplatzes erfasst. Das Schwimmbad befindet sich in exponierter Lage am östlichen Rand des Kurparks in Ufernähe des Kuchensees.

Der Vor-Ort-Termin zur lichttechnischen Messung fand am 26. April 2024 nach Monduntergang (06:20Uhr) und vor Mondaufgang (27. April/0:21Uhr) in der Zeit zwischen 21:45Uhr und 23:00Uhr statt.

Eine zuvor am 5. April 2024 durchgeführte Differenzmessung (Innenbeleuchtung im Schwimmbad ein-/ausgeschaltet) ist im nachfolgenden Dokument nicht weiter berücksichtigt worden. Die Messwertschwankungen waren aufgrund des niedrigen Lichtniveaus zu hoch.

Insgesamt wurden 15 **Beleuchtungsstärkemessungen** an festgelegten Standorten (s. Übersichtsplan S.4) vorgenommen. Erfasst wurden die horizontale Beleuchtungsstärke (Eh) in 2cm Höhe über Bodenniveau sowie die vertikale Beleuchtungsstärke (Ev) in 1,7m Höhe in 4 Richtungen, jeweils im 90° Winkel um die eigene Achse, zur Erfassung der Lichtmengenanteile im Raum.

Die Aufnahme einzelner für den Außenraum relevanter **Leuchtdichten** dient der Blendungsbewertung (Hell-Dunkel-Kontraste).

Ergänzend wurden die **Lichtspektren** von 3 unterschiedlichen Mastleuchten im Außenraum gemessen, um den Blauanteil der Lichtquellen zu ermitteln.

### Folgende Messgeräte wurden verwendet:

- Luxmeter Fa. Gossen, Typ Mavoprobe Lux, Klasse B gemäß DIN 5032-7
- Leuchtdichtemessgerät Fa. Gossen, Typ Mavo-Spot 2, Messwinkel 1°, Klasse B gemäß DIN 5032-7
- Spektrometer Fa. Gossen, Typ Mavospec Base

## Begriffserklärung

### Beleuchtungsstärke:

Die Beleuchtungsstärke E, gemessen in Lux, gibt das Verhältnis von Lichtstrom  $\Phi$  zu beleuchteter Fläche A wieder. Sie ist das Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht und wird i.d.R. horizontal (Eh) und vertikal (Ev) gemessen, da sie vom Einfallswinkel des Lichtes auf die Fläche abhängig ist.

### Exemplarische Beleuchtungsstärken:

- Sternennacht: 0,01lx
- Vollmondnacht: 0,3lx
- Bedeckter Himmel: 5.000 - 20.000lx
- Wolkenloser Himmel: 20.000 - 100.000lx

### Leuchtdichte:

Die Leuchtdichte L, gemessen in candela/m<sup>2</sup>, gibt den optisch-visuellen Helligkeitseindruck von Lichtquellen und materiellen Oberflächen wieder. Sie ist die einzige fotometrische Grundgröße, die vom menschlichen Auge direkt wahrgenommen wird. Sie bezieht sich auf reflektierende, transmittierende und selbstleuchtende Flächen, die der Betrachter effektiv wahrnimmt.

### Exemplarische Leuchtdichten:

- Sternenklarer Nachthimmel 0,001cd/m<sup>2</sup>
- Oberfläche Vollmond bis zu 2.500cd/m<sup>2</sup>
- Mittlerer bedeckter Himmel 2.000cd/m<sup>2</sup>
- Mittlerer klarer Himmel 8.000cd/m<sup>2</sup>
- Sonne bis zu  $1,6 \cdot 10^9$  cd/m<sup>2</sup>
- Kerze 7.500cd/m<sup>2</sup>
- Monitor PC 200-400cd/m<sup>2</sup>

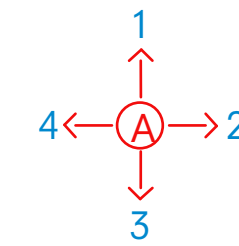
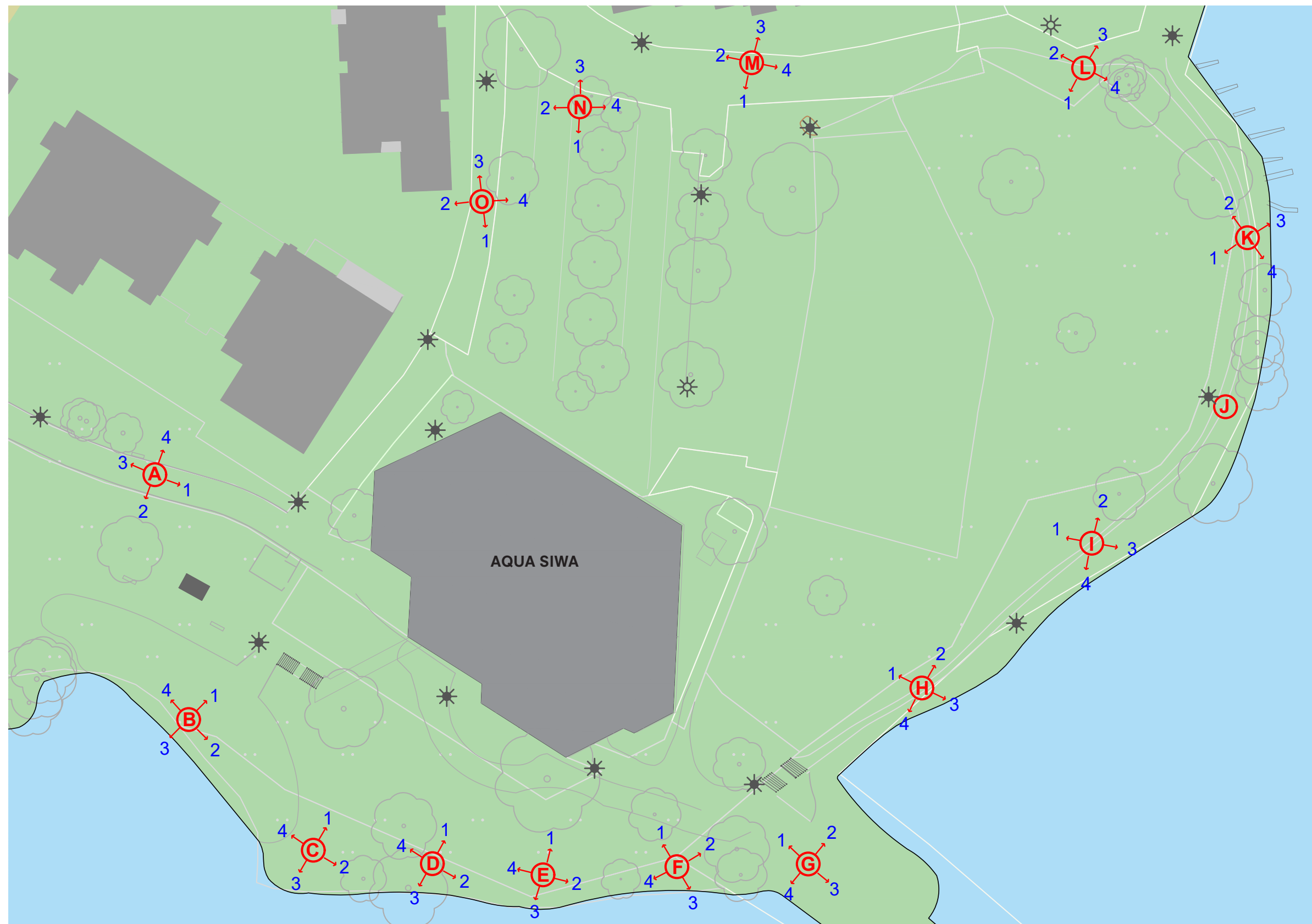
### Farbtemperatur / Lichtspektrum:

Die Farbtemperatur beschreibt die Lichtfarbe einer Lichtquelle, sie wird in Kelvin (K) angegeben. Je höher die Farbtemperatur desto kühler ist die Lichtfarbe; und umgekehrt, je niedriger die Farbtemperatur, desto wärmer ist sie. Gebräuchliche Leuchtmittel im privaten Umfeld haben Farbtemperaturen in den Größenordnungen von 2.500 K bis 3.000 K (Warmweiß). Leuchtmittel in Büronutzungen weisen häufiger eine neutralweiße Lichtfarbe auf (4.000K).

### Exemplarische Farbtemperaturen:

- Rote Glut beim Feuer 500K
- Kerze 1.500K
- Natriumdampf Lampe 2.000K
- Glühlampe 40W - 100W 2.600K - 2.800K
- Halogenglühlampe 3.000K
- Leuchtstofflampe neutralweiß 4.000K
- Mondlicht 4.100K
- Morgen / Abendsonne 5.000K
- Bedeckter Himmel 6.500K - 7.500K
- Blauer Himmel 9.000K - 12.000K

### Übersicht Messstandorte



Messstandort und Messrichtungen  
Horizontale und vertikale Beleuchtungsstärke



Messstandort  
Nur Horizontale Beleuchtungsstärke

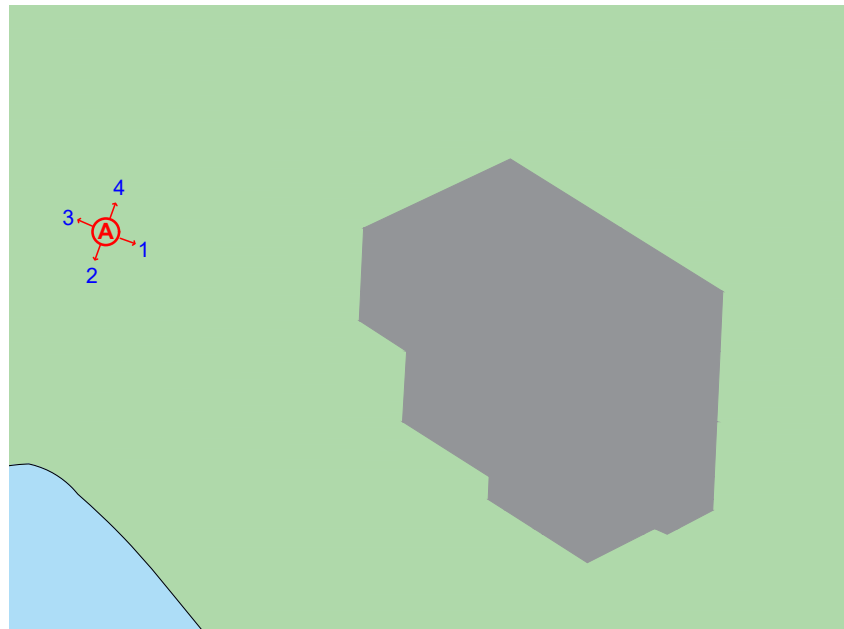


Mastleuchte in Betrieb



Mastleuchte nicht in Betrieb

**Standort A**



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

**Messwerte**



**Eh 0,44 Lux** **Ev 0,3 Lux**

Blickrichtung Schwimmbad

Hauptlichtanteil:  
Wegebeleuchtung, ergänzend angrenzende  
Wohnbebauung



**Ev 0,03 Lux**

Blickrichtung See



**Ev 0,46 Lux**

Blickrichtung Westen

Hauptlichtanteil:  
Wegebeleuchtung,  
ergänzend angrenzende Wohnbebauung



**Ev 0,15 Lux**

Blickrichtung Norden

Hauptlichtanteil:  
angrenzende Wohnbebauung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

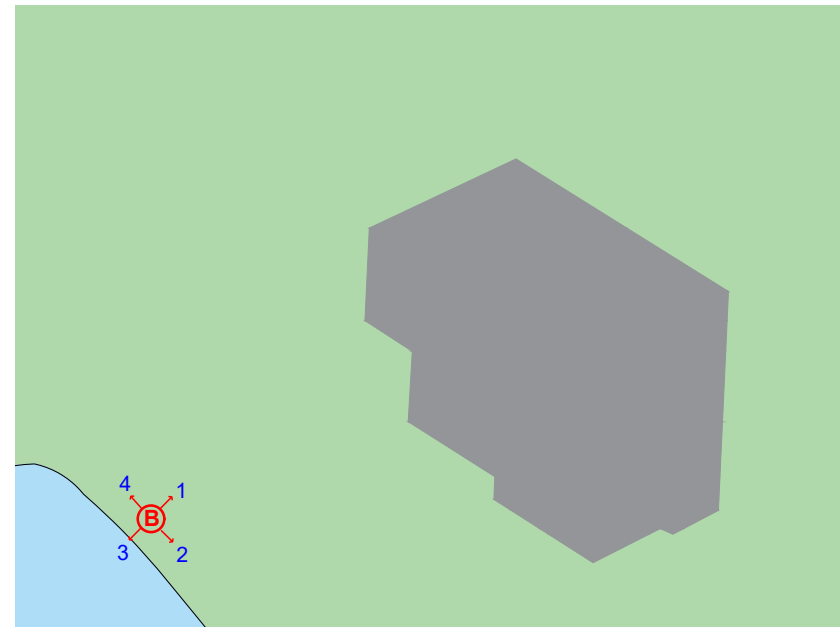
Standort A



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

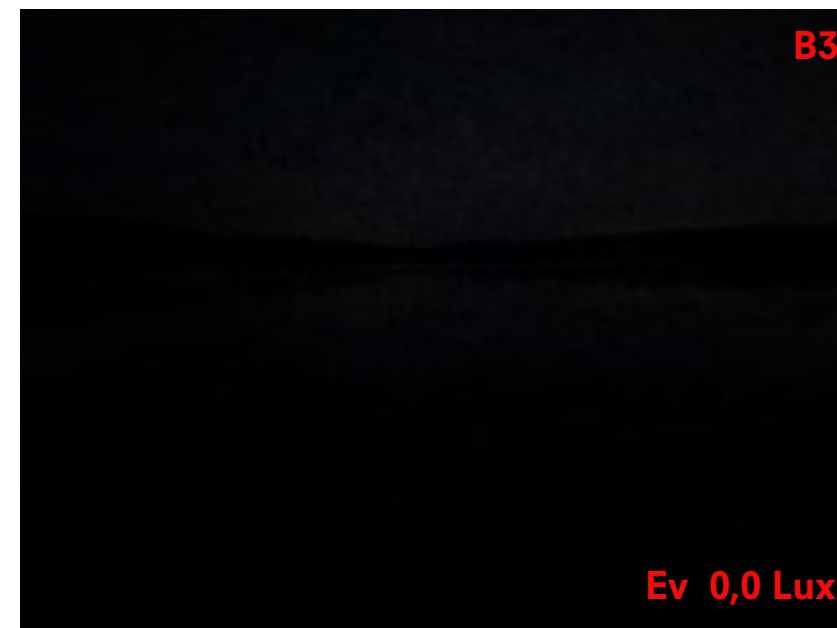
Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort B**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Südost

Blickrichtung See

Blickrichtung Nordwest

Hauptlichtanteile:  
Wegebeleuchtung, Innenbeleuchtung  
Schwimmbad

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

Standort B

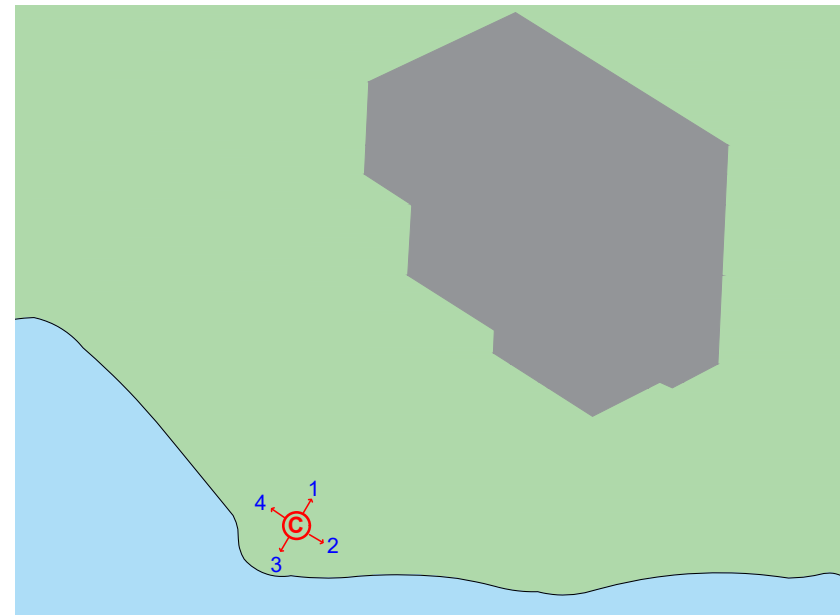


Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.



**Standort C**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Südost

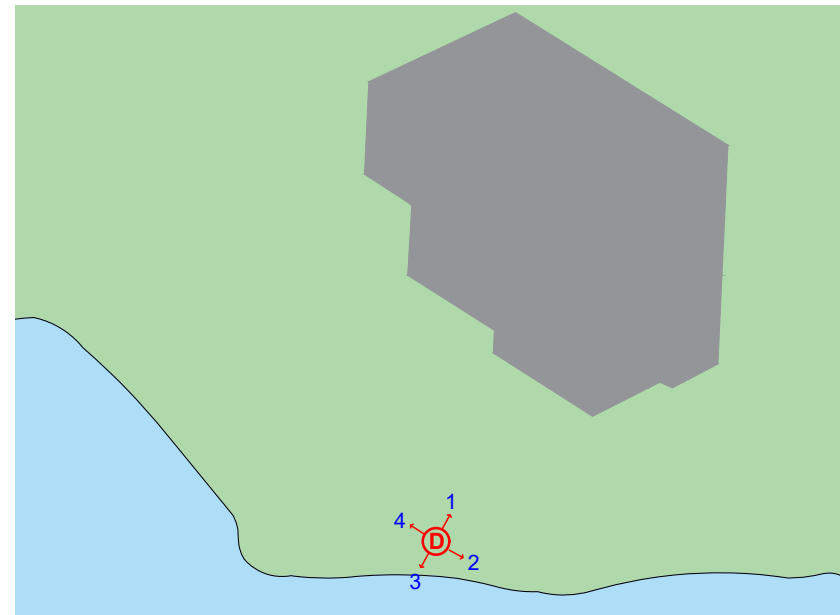
Blickrichtung See

Blickrichtung Nordwest

Hauptlichtanteil:  
Innenbeleuchtung Schwimmbad

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort D**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v = \text{Messhöhe } +1,7\text{m}$   
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h = \text{Messhöhe } + 2\text{cm}$

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Südost

Blickrichtung See

Blickrichtung Nordwest

Hauptlichtanteil:  
Innenbeleuchtung Schwimmbad

Hauptlichtanteil:  
Wegebeleuchtung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

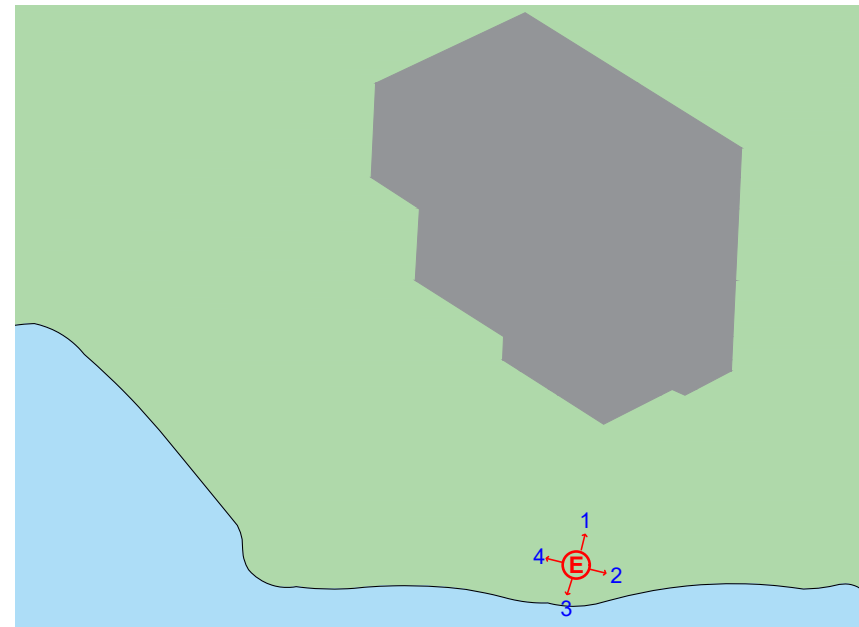
**Standort D**



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

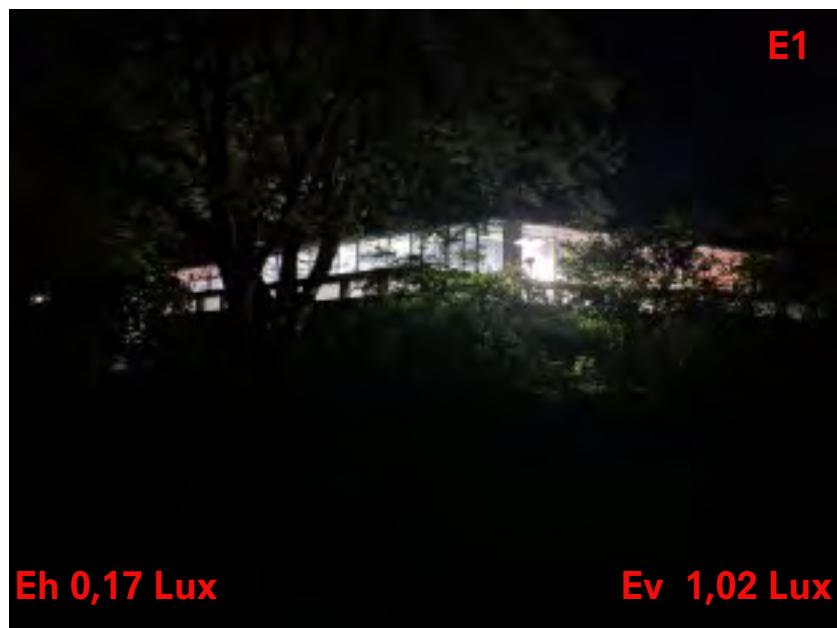
Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort E**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Ost

Blickrichtung See

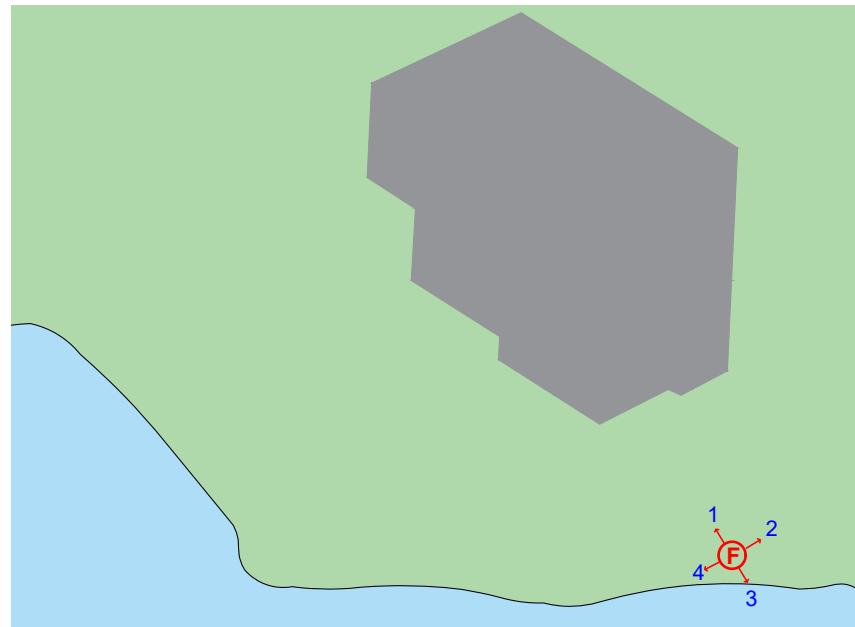
Blickrichtung West

Hauptlichtanteil:  
Innenbeleuchtung Schwimmbad und geringe  
Lichtbeaufschlagung durch Wegeleuchte

Hauptlichtanteil:  
Wegebeleuchtung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort F**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Nordost

Blickrichtung See

Blickrichtung Südwest

Hauptlichtanteil:  
Innenbeleuchtung Schwimmbad und geringe  
Lichtbeaufschlagung durch Wegebeleuchtung

Hauptlichtanteil:  
Wegebeleuchtung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

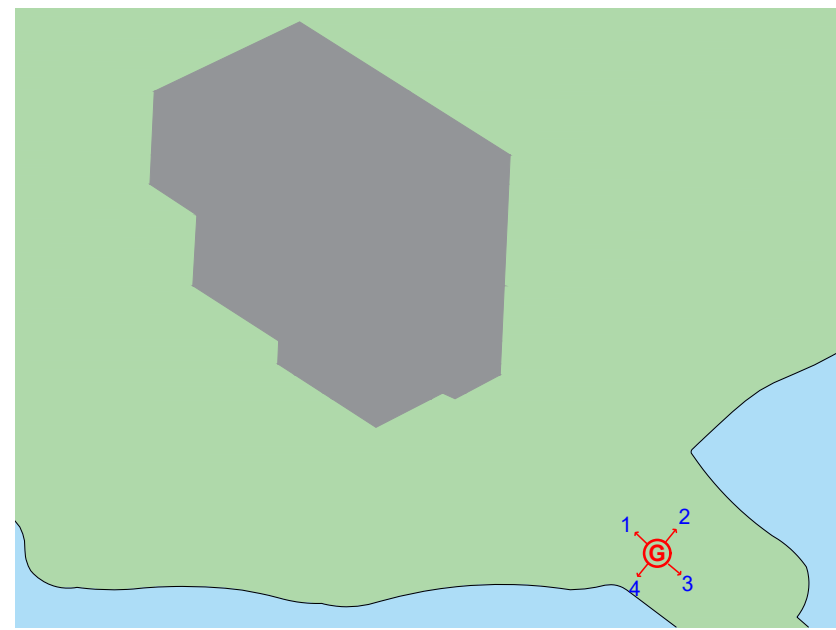
Standort F



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort G**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Nordost

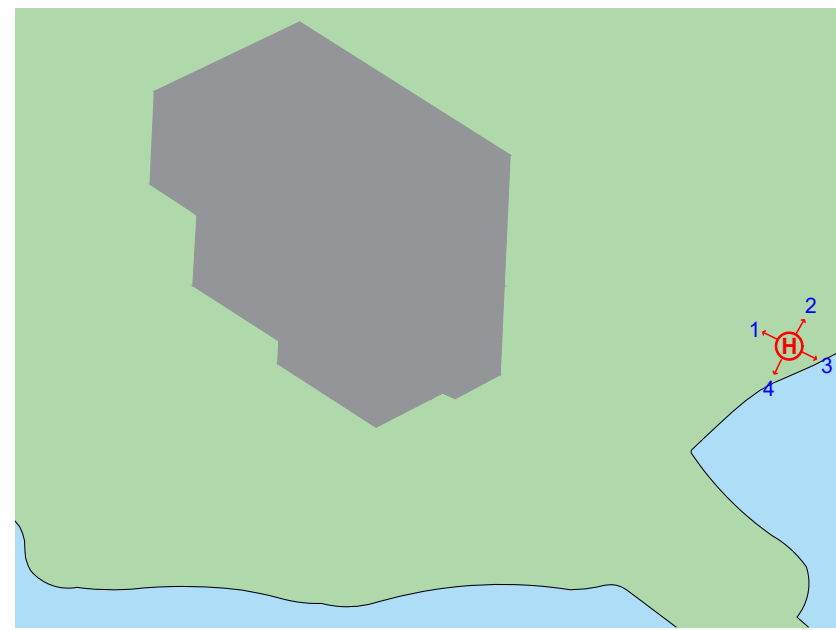
Blickrichtung See

Blickrichtung Südwest

Hauptlichtanteil horizontal durch das Wegelicht,  
vertikale Beleuchtungsstärke anteilig durch  
Mastleuchte und Schwimmbadbeleuchtung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

### Standort H



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

### Messwerte



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Nordost

Blickrichtung See

Blickrichtung Südwest

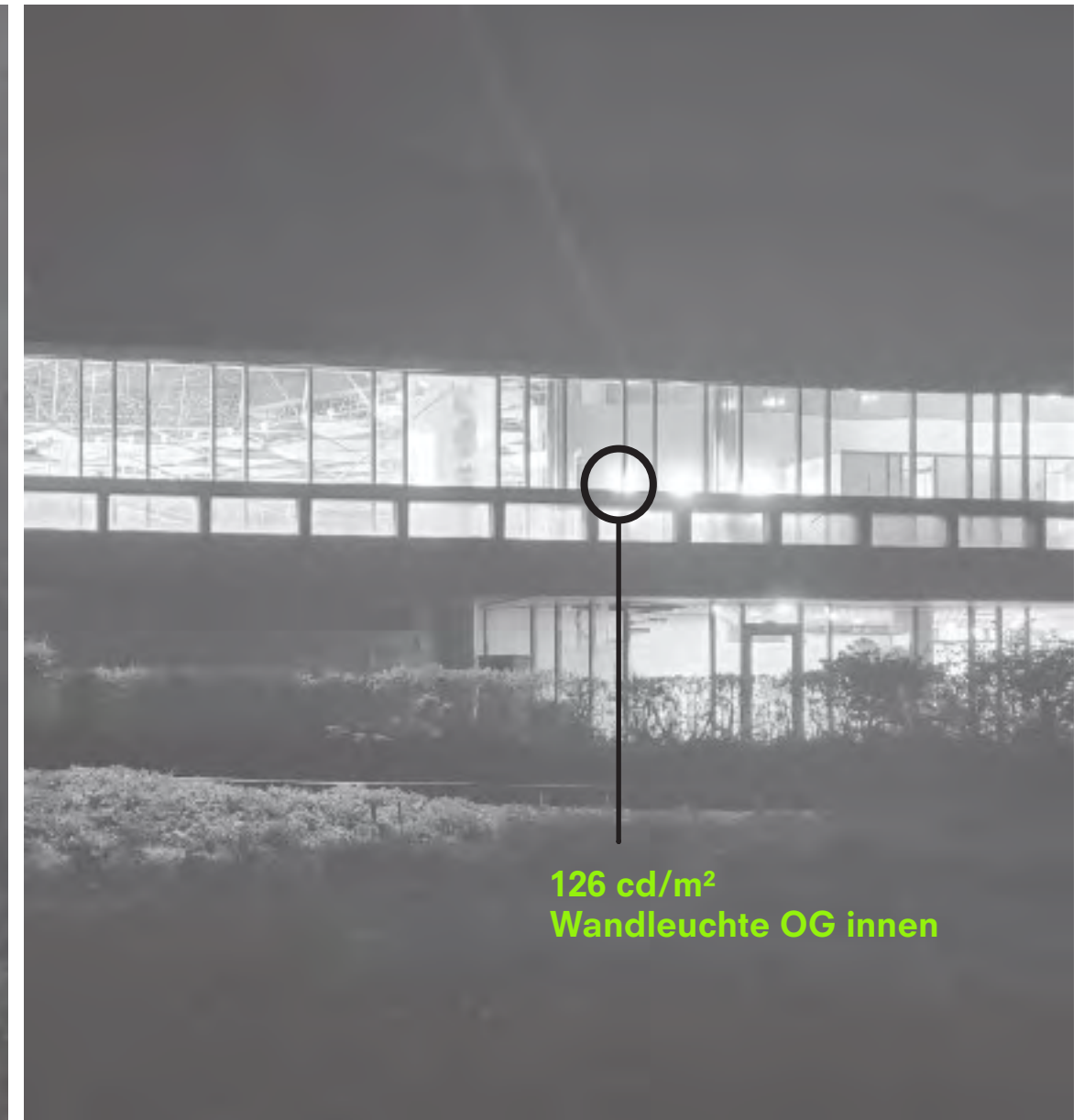
Hauptlichtanteil horizontal durch das Wegelicht, vertikale Beleuchtungsstärke anteilig durch Mastleuchte und Schwimmbadbeleuchtung

Hauptlichtanteil durch Mastleuchte

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.



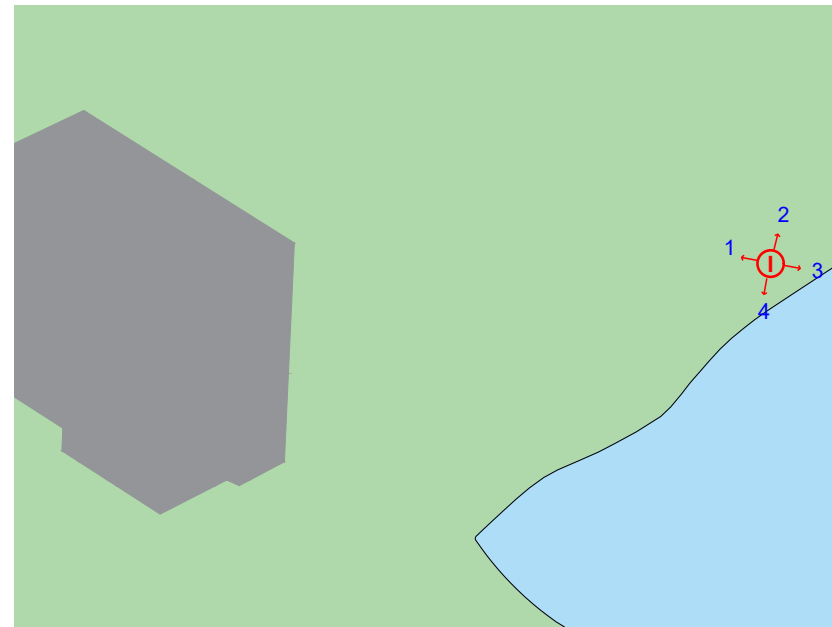
Standort H



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort I**



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Nordost

Blickrichtung See

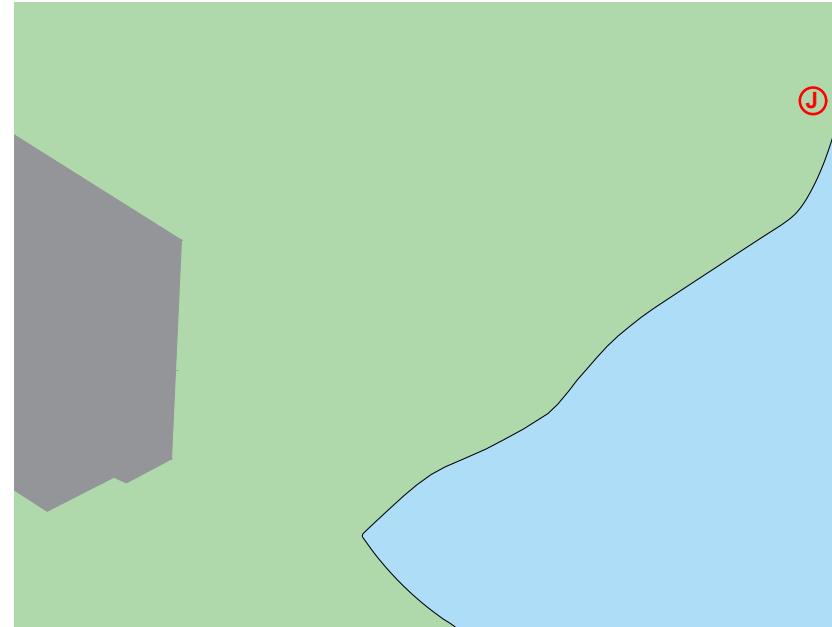
Blickrichtung Südwest

Hauptlichtanteil horizontal und vertikal durch Mastleuchten

Hauptlichtanteil durch Mastleuchte

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort J**



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

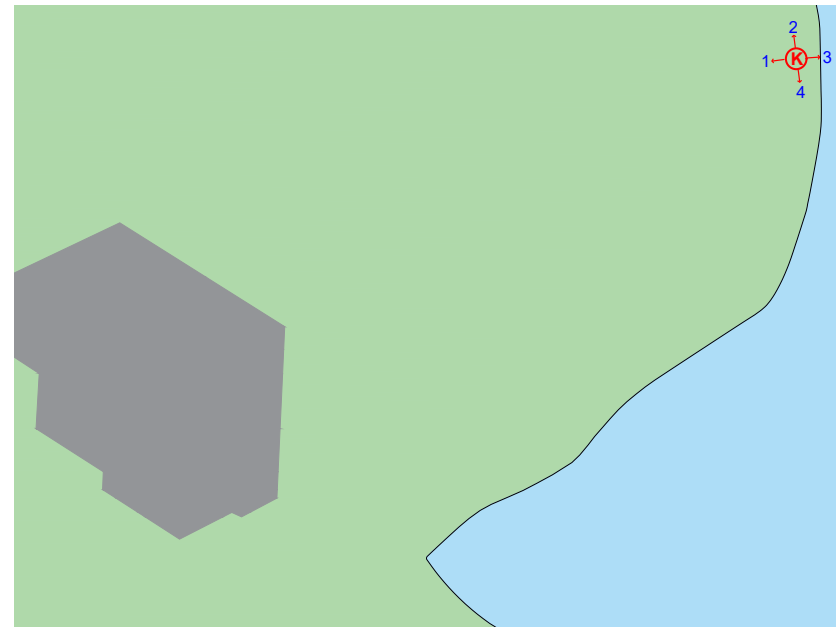
**Messwerte**



Gemessen im Lichtkegel Mastleuchte

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort K**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v = \text{Messhöhe } +1,7\text{m}$   
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h = \text{Messhöhe } + 2\text{cm}$

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Blickrichtung Nord

Blickrichtung See

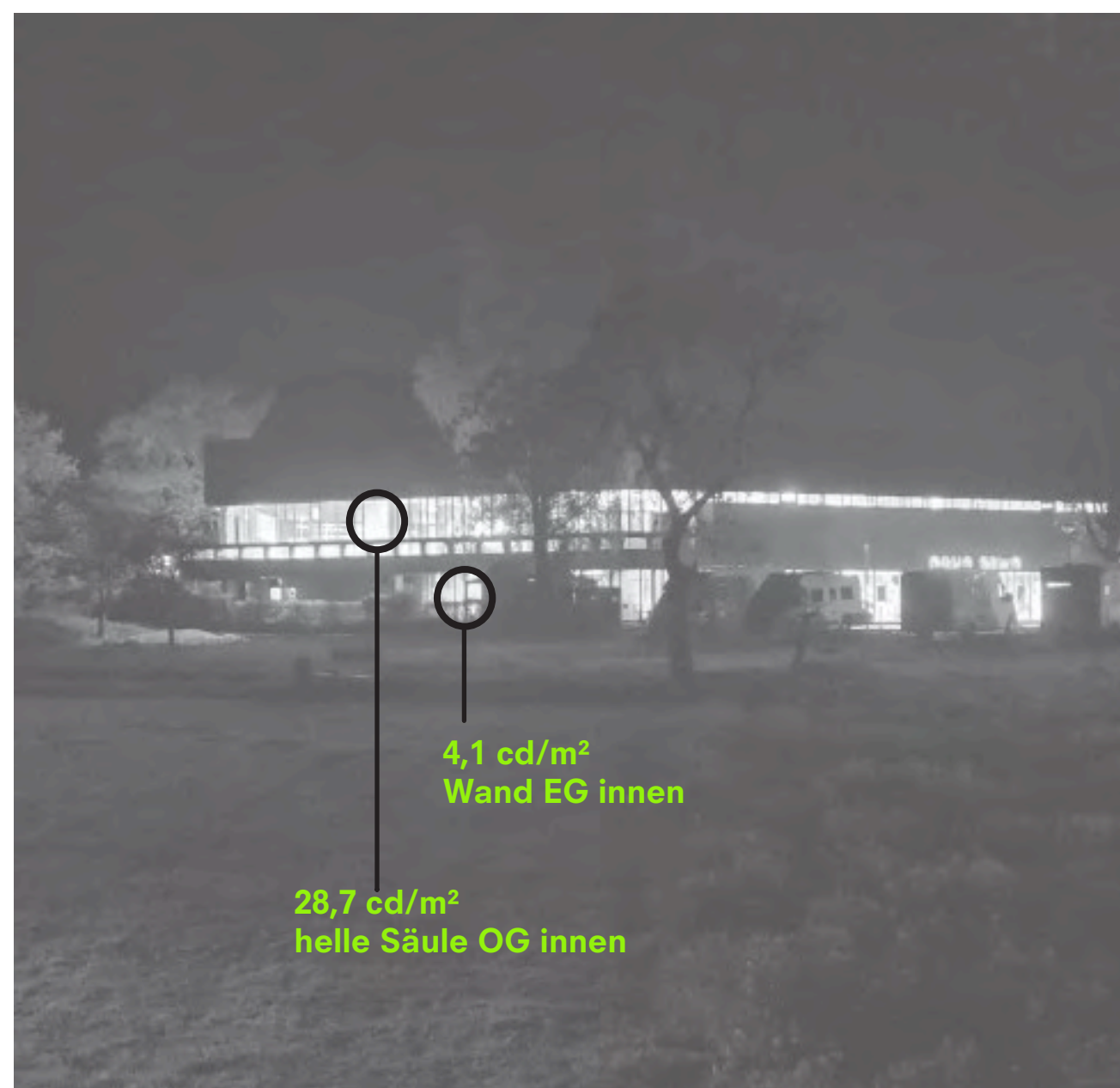
Blickrichtung Süd

Hauptlichtanteil horizontal und vertikal durch Mastleuchten

Hauptlichtanteil durch Mastleuchte

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

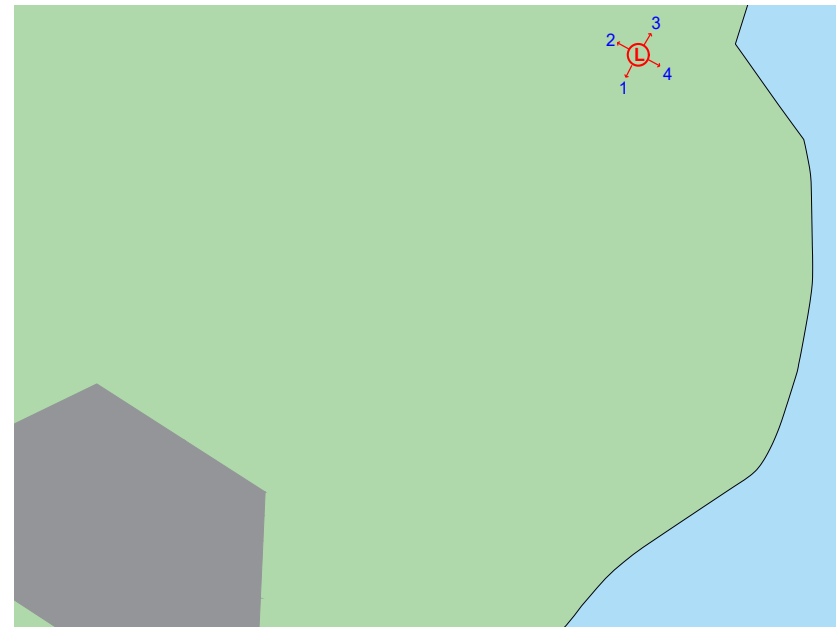
**Standort K**



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort L**



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Hauptlichtanteil horizontal und vertikal durch Mastleuchten

Blickrichtung Nordwest

Lichtanteil durch Wegebeleuchtung

Blickrichtung Nordost

Hauptlichtanteil durch Wegebeleuchtung

Blickrichtung See (Südost)

Hauptlichtanteil durch Wegebeleuchtung

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

Standort L



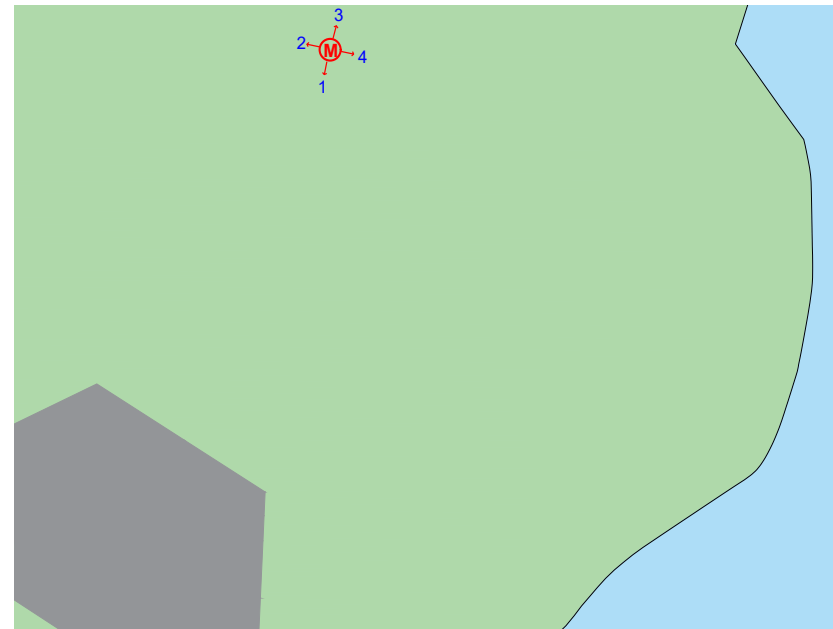
2,5 cd/m<sup>2</sup>  
Eckbereich OG innen

4.623 cd/m<sup>2</sup>  
Kopf Mastleuchte

Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort M**



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad  
Lichtanteil horizontal und vertikal durch Mastleuchten



Blickrichtung West  
Lichtanteill durch Mastleuchten



Blickrichtung Nord  
Lichtanteil durch Mastleuchten



Blickrichtung Ost  
Lichtanteil durch Mastleuchten

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.



**Standort N**



Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m  
Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Lichtanteil horizontal und vertikal durch Mastleuchten

Blickrichtung West

Lichtanteill durch Mastleuchten

Blickrichtung Nord

Lichtanteil durch Mastleuchten

Blickrichtung Ost

Lichtanteil durch Mastleuchten

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

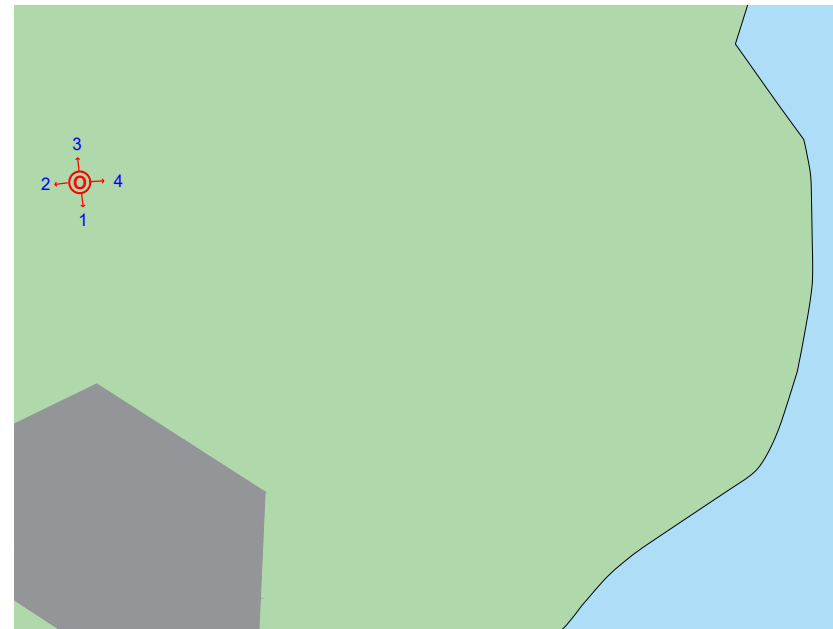
Standort N



Gemittelte Leuchtdichtewerte; Messwinkel 1° vom Betrachterstandort

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Standort** O



**Vertikale Beleuchtungsstärke  $E_v$  = Messhöhe +1,7m**  
**Horizontale Beleuchtungsstärke  $E_h$  = Messhöhe + 2cm**

**Messwerte**



Blickrichtung Schwimmbad

Hauptlichtanteil horizontal durch Mastleuchten, vertikal anteilig durch Mastleuchten und Schwimmbadbeleuchtung



Blickrichtung West

Lichtanteill durch Mastleuchten



Blickrichtung Nord

Lichtanteil durch Mastleuchten



Blickrichtung Ost

Lichtanteil durch Mastleuchten

Hinweis: Die Fotos geben nicht die tatsächlichen Helligkeiten wieder; die Kamera verstärkt z.T. Helligkeiten und Kontraste.

**Übersicht Messergebnisse Beleuchtungsstärke**

		Messrichtung				
		E horizontal (lx) Bodenniveau	E vertikal (lx) Messhöhe 1,7m Richtung Schwimmbad	E vertikal (lx) Messhöhe 1,7m	E vertikal (lx) Messhöhe 1,7m	E vertikal (lx) Messhöhe 1,7m
Messposition			1	2	3	4
A	Promenade	0,44	0,3	0,03	0,46	0,15
B		0,09	0,46	0,07	0	0,03
C	Kleinbahndamm	0,07	0,1	0,06	0	0,06
D		0,02	0,21	0,16	0	0,015
E		0,17	1,02	0,19	0	0,02
F		0,66	0,87	0,9	0	0,09
G		0,03	0,23	0,07	0	0
H	Palisadenweg	0,12	0,44	0,19	0	0,47
I		0,24	0,45	0,07	0	0,44
J		4,2	-	-	-	-
K		0,17	0,23	0,06	0	0,2
L		0,19	0,2	0,17	0,12	0,09
M		1,01	1,83	0,9	0,33	1,45
N	Fischerstraße	0,53	0,46	0,58	0,47	1,36
O		0,3	0,82	0,41	0,44	0,16

Spektren

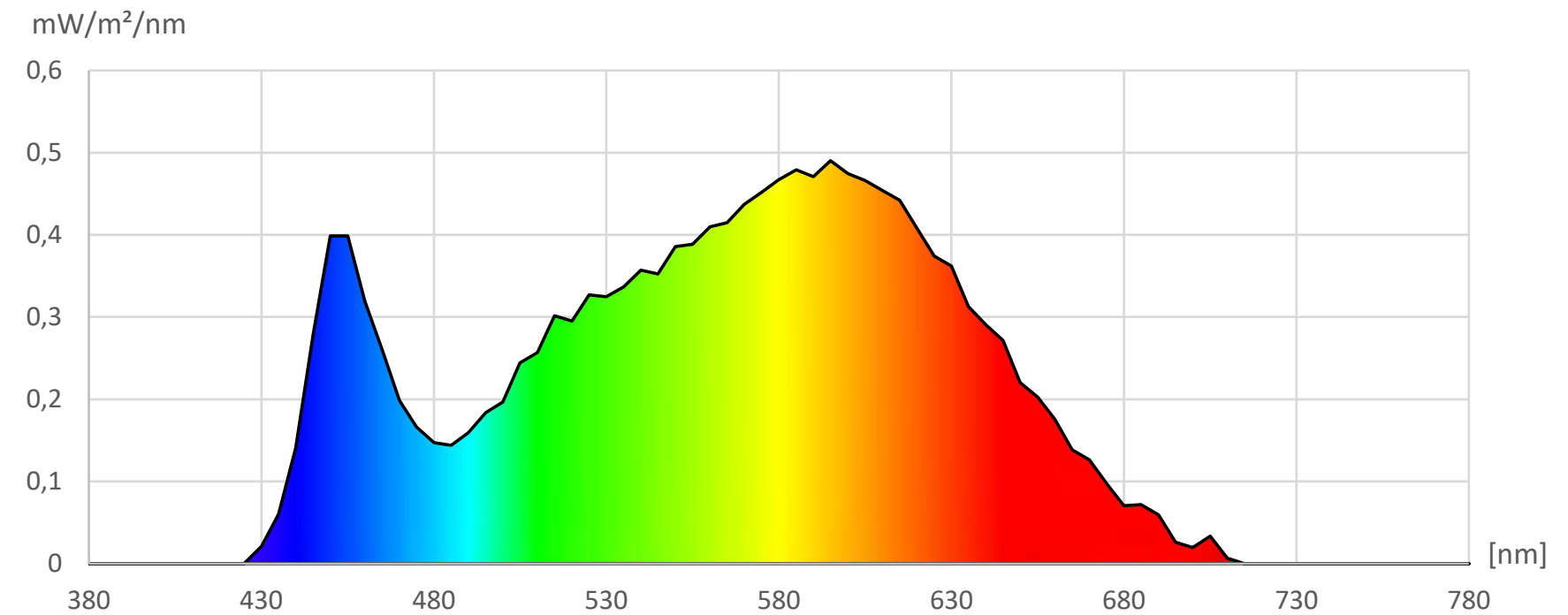


LED - Mastleuchte direkt-strahlend mit Wegeoptik

Lichtspektrum: Typischer Blaulichtanteil bei LED Leuchten, neutralweiße Lichtfarbe (3.800K)

Prüfling: Hersteller  
 Typ  
 Modell

Messdatei: 20-37-02.CSV  
 Datum der Messung: 05.04.2024  
 Uhrzeit der Messung: 20:37:02



R1 = 77,9	Ra = 80,6	Beleuchtungsstärke	27,24 lx	CIE1931
R2 = 88,3	Re = 72,8	Ee	0,077 W/m <sup>2</sup>	x = 0,3933
R3 = 96,2	GAI = 31,2	LER	354,5 lm/W	y = 0,3955
R4 = 77,8	TLCI = 64,0	Ähnlichste Farbtemperatur (CCT)	3.811 K	CIE1976
R5 = 77,7		Duv	0,0050	u' = 0,2261
R6 = 84,2	PPFD [μmol/m <sup>2</sup> s] 0,37	Farbreinheit	36,70 %	v' = 0,5115
R7 = 84,4		Dominante Wellenlänge	577 nm	CIE1960
R8 = 58,4	Peak-Wellenlänge	594 nm	u = 0,2261	
R9 = -5,9		Flickerfrequenz	94,30 Hz	v = 0,3410
R10 = 72,4		Prozent Flicker	1,0 %	TM30
R11 = 76,2		Flickerindex	0,00	Rf = 80,0
R12 = 56,0				Rg = 92,3
R13 = 80,5				
R14 = 98,1				
R15 = 69,7				

Spektren

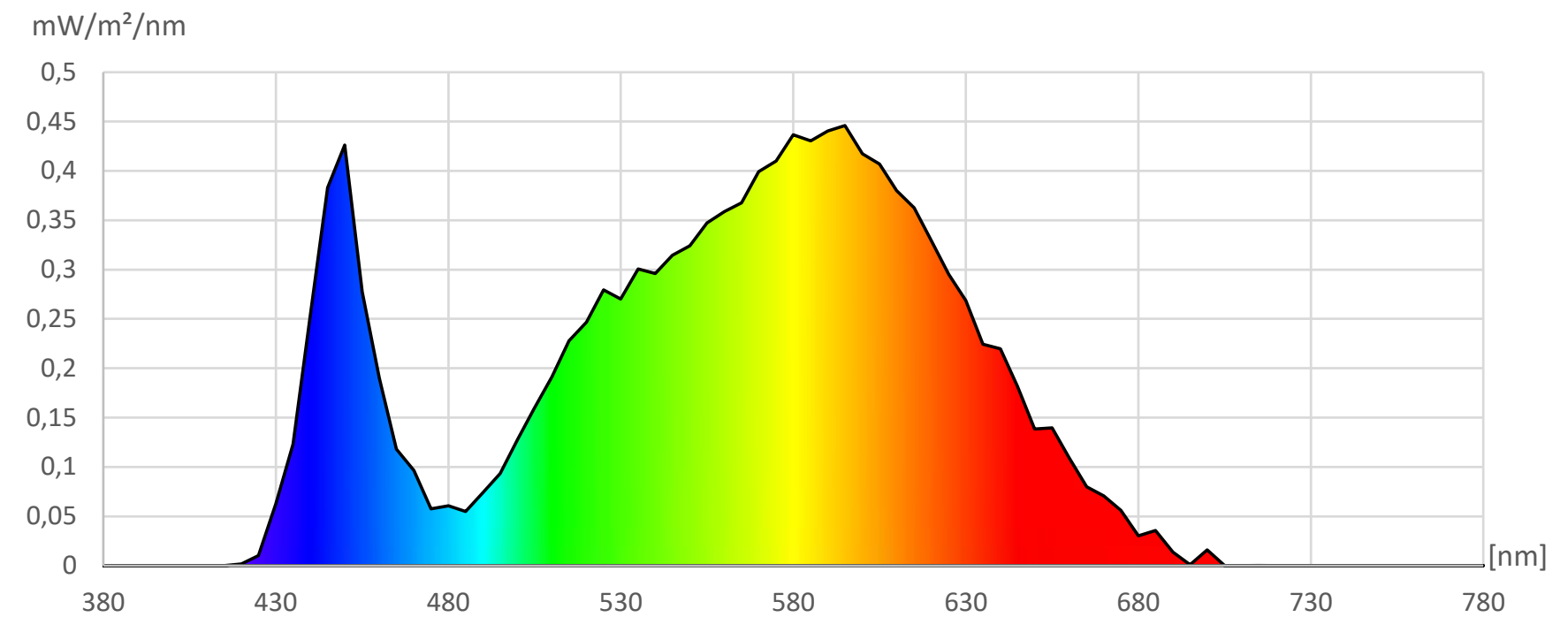


LED - Mastleuchte indirekt-strahlend

Lichtspektrum: Typischer Blaulichtanteil bei LED Leuchten, neutralweiße Lichtfarbe (3.740K)

Prüfling: Hersteller  
 Typ  
 Modell

Messdatei: 20-37-54.CSV  
 Datum der Messung: 05.04.2024  
 Uhrzeit der Messung: 20:37:54



R1 = 68,2	Ra = 71,9	Beleuchtungsstärke	23,22 lx	CIE1931
R2 = 80,0	Re = 61,4	Ee	0,062 W/m <sup>2</sup>	x = 0,3950
R3 = 90,5	GAI = 63,3	LER	373,7 lm/W	y = 0,3916
R4 = 70,8	TLCI = 44,0	Ähnlichste Farbtemperatur (CCT)	3.742 K	CIE1976
R5 = 68,4		Duv	0,0028	u' = 0,2287
R6 = 72,6	PPFD [µmol/m <sup>2</sup> s] 0,31	Farbreinheit	36,00 %	v' = 0,5101
R7 = 79,3		Dominante Wellenlänge	578 nm	CIE1960
R8 = 45,7		Peak-Wellenlänge	588 nm	u = 0,2287
R9 = -43,3		Flickerfrequenz	% < 1.0	v = 0,3401
R10 = 53,6		Prozent Flicker	< 1.0	TM30
R11 = 67,6		Flickerindex	% < 1.0	Rf = 72,0
R12 = 44,0				Rg = 93,0
R13 = 70,5				
R14 = 94,7				
R15 = 58,6				

Spektren

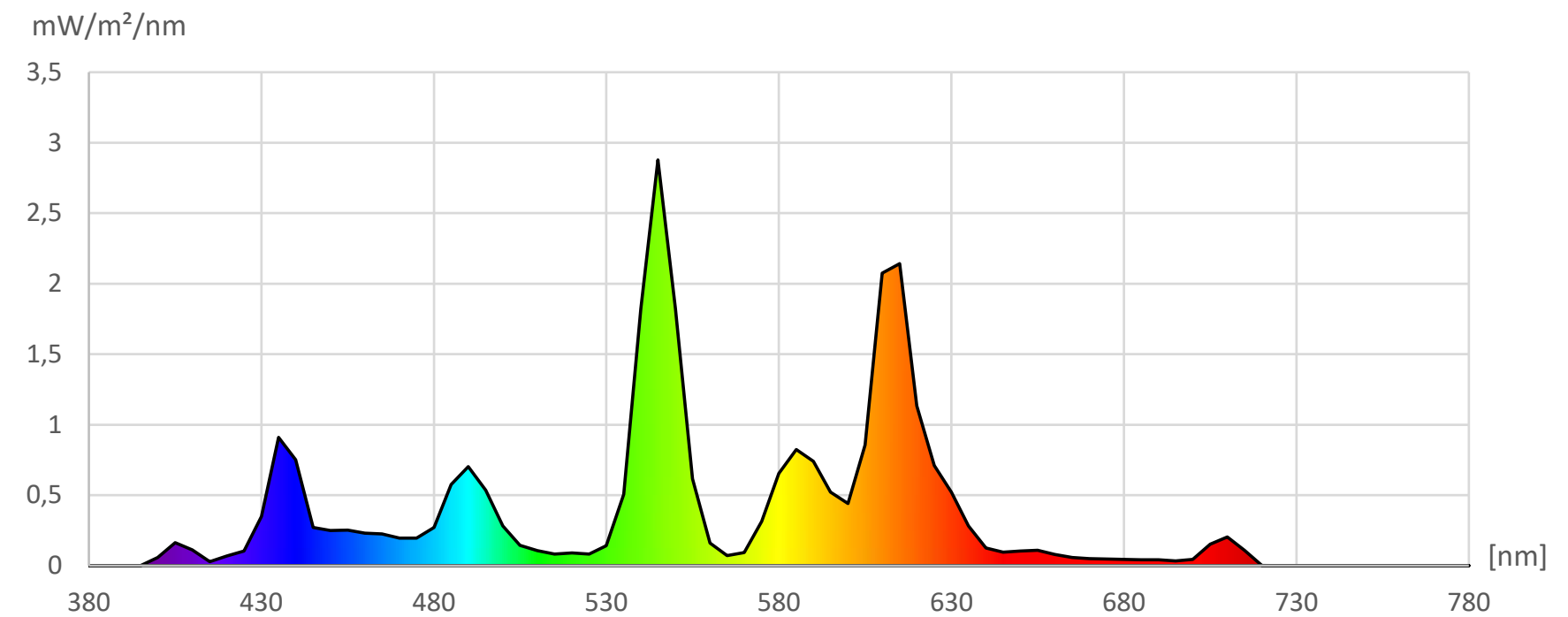


Mastleuchte mit Streuglas und rotationssymmetrischer Abstrahlung  
 Leuchtmittel: Leuchtstoff

Lichtspektrum: Leuchtstofftypisches bandenförmiges Lichtspektrum,  
 neutralweiße Lichtfarbe (3.700K)

Prüfling: Hersteller  
 Typ  
 Modell

Messdatei: 20-35-46.CSV  
 Datum der Messung: 05.04.2024  
 Uhrzeit der Messung: 20:35:46



R1 = 94,1	Ra = 81,8	Beleuchtungsstärke	51,19 lx	CIE1931
R2 = 91,2	Re = 72,6	Ee	0,138 W/m <sup>2</sup>	x = 0,3998
R3 = 57,1	GAI = 44,8	LER	369,9 lm/W	y = 0,4018
R4 = 88,6	TLCI = 56,0	Ähnlichste Farbtemperatur (CCT)	3.708 K	CIE1976
R5 = 83,8		Duv	0,0061	u' = 0,2278
R6 = 77,4	PPFD [µmol/m <sup>2</sup> s] 0,64	Farbreinheit	40,50 %	v' = 0,5150
R7 = 90,3		Dominante Wellenlänge	577 nm	CIE1960
R8 = 71,8	Peak-Wellenlänge	544 nm	u = 0,2278	v = 0,3433
R9 = 6,1	Flickerfrequenz	99,80 Hz	TM30	
R10 = 47,7	Prozent Flicker	23,2 %	Rf = 79,3	
R11 = 71,9	Flickerindex	0,07	Rg = 97,7	
R12 = 51,2				
R13 = 95,3				
R14 = 71,1				
R15 = 91,4				

## Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Lichtimmission, die von der Innenbeleuchtung des Schwimmbades ausgeht, wurden punktuell die horizontalen und vertikalen Beleuchtungsstärken gemessen. Insbesondere die vertikale Beleuchtungsstärke gibt Aufschluß über die Raumaufhellung und die Lichtrichtung am jeweiligen Standort. Im Nahbereich des Schwimmbades entlang der Uferzone des Kleinbahndamms/Kreuzungsbereich Palisadenweg ist der Einfluß der Innenbeleuchtung durch den hohen Verglasungsanteil der Fassadenflächen am größten (Standort C-I/O). Vor allem die direktstrahlenden, nicht abgeschirmten Deckenstrahler im Obergeschoß entwickeln hohe Helligkeiten, die in den Außenraum wirken und sich mit dem Licht der Wegeleuchten überlagern. Die gemessenen hohen Leuchtdichten an den Deckenstrahlern können aufgrund des dunklen Umfeldes zum See hin auch auf größere Distanzen noch wahrgenommen werden.

Mit zunehmender Entfernung wird die Raumaufhellung maßgeblich durch die Wege- bzw. Parkplatzbeleuchtung dominiert (Standort A/B/J-N).

Im Bereich Promenade, Kleinbahndamm und Palisadenweg wurden entlang der Uferzone direktstrahlende LED-Mastaufsatzleuchten mit Wegeoptik verwendet. Ihre Lichttechnik ist auf maximale Lichtpunktabstände optimiert; in Längsrichtung weisen die Leuchten einen höheren Streulichtanteil auf. Unter flachen Winkeln (größerer Entfernung) wird dies anhand der hohen Leuchtdichtewerte sichtbar.

LED-Mastaufsatzleuchten mit Reflektoroptik beleuchten den Gehwegbereich entlang der Fischerstraße. Ihre Lichtverteilung ist auf den unteren Halbraum begrenzt; am Leuchtschirm zeigen sich in der Untersicht hohe Leuchtdichten.

Die neutralweißen Lichtfarben (3.700K, 3.800K) der LED-Leuchten besitzen ein für das Leuchtmittel typisches Farbspektrum mit einem Pik im Blaulichtbereich. Mit einem Farbwiedergabewert von Ra70 und Ra80 bewegen sich die Leuchtmittel im Standardbereich für den Außenraum.

Die Parkplatzleuchten sind mit Leuchtstofflampen ausgestattet. In Kombination mit der streuenden Glasabdeckung ermöglicht die Lichttechnik keine abgeschirmte Lichtverteilung. Sie ist nicht mehr zeitgemäß und auch zukünftig nicht mehr zulässig (ausgenommen ist ein etwaiger Bestandsschutz).