D&L **Day & Light** Lichtplanung

**Entwurf** **ZOB Wiesdorf Leverkusen, Beleuchtung**

**Datum:** **12.12.2016**

**Auftraggeber:** **Stadt Leverkusen**

Fachbereich 61 - Stadtplanung
Hauptstraße 101
51373 Leverkusen

**Objektplanung:** **Pahl + Weber-Pahl (PWP)**

Spreestraße 3
64295 Darmstadt

**Lichtplanung:** **Day & Light Lichtplanung (D&L)**

Welserstraße 25
81373 München
Tel.: 089 - 62 14 67 52
Fax: 089 - 62 17 08 66
info@dayandlight.de
www.dayandlight.de

## Grundlagen

### Licht und Raum

Ziel einer Beleuchtungsanlage für einen Busbahnhof ist es, Nutzern und Betreibern eine sichere und angenehme Nutzung des Geländes zu bieten.

Aufgabe ist es, dies unter Berücksichtigung folgender Erfordernisse zu erreichen:

- sichere Verkehrsführung
- städtebauliche und architektonischen Konzeption
- angenehmes Ambiente mit hoher Aufenthaltsqualität
- energieeffizienter und wartungsfreundlicher Betrieb

### Normen und Forderungen

Als Grundlage der Lichtplanung sollten die gängigen Richtlinien als Regeln der Technik berücksichtigt werden.
Die Beleuchtungsstärkeforderungen sind ermittelt unter Berücksichtigung der DIN EN 13201 Teil1:

- Typische Geschwindigkeit des Hauptnutzers: Niedrig 5 km/h – 30 km/h
- Hauptnutzer: Motorisierter Verkehr und Fußgänger
- Andere zugelassene Nutzer: Langsam fahrende Fahrzeuge und Radfahrer
- Ausgeschlossene Nutzer: -
- Beleuchtungssituation: D2 für Bahnhofsvorplätze und Busbahnöfe
- Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung: Nicht vorhanden
- Kriminalitätsrisiko: Höher als normal
- Gesichtserkennbarkeit: Notwendig
- Schwierigkeit der Fahraufgabe: Höher als Normal
- Verkehrsfluss Fußgänger: Hoch
- Niveau der Umgebungshelligkeit: Mittel
- Beleuchtungsklasse: CE2

Daraus ergeben sich folgende empfohlenen Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$] und die Gleichmäßigkeit [$U_0$]:

| | | |
|---|---|---|
| - Bussteige | $E_m$ = min. 20 Lux, $U_0$ = 0,4 | (Beleuchtungsklasse CE2) |
| - Fahrwege Busse und Taxen | $E_m$ = min. 20 Lux, $U_0$ = 0,4 | (Beleuchtungsklasse CE2) |
| - Aufenthalts- und Serviceflächen | $E_m$ = min. 10 Lux, $E_{min}$ = 3 Lux | (Beleuchtungsklasse S2) |
| - Fußwege | $E_m$ = min. 10 Lux, $E_{min}$ = 3 Lux | (Beleuchtungsklasse S2) |
| - Platzfläche | $E_m$ = min. 10 Lux, $E_{min}$ = 3 Lux | (Beleuchtungsklasse S2) |

Die komplexe Form des Bauwerkes und die unregelmäßige Anordnung der Stützenelemente und Einbauten bedingen, dass die empfohlene Gleichmäßigkeit physikalisch bedingt nicht durchgängig über die gesamte Fläche unter dem Überdachungsbauwerk möglich ist. Abweichungen auf kleinen Teilflächen sind möglich und werden als unkritisch betrachtet.
Es werden ausschließlich Lichtquellen mit guten Farbwiedergabeeigenschaften ($R_a$ > 70) gewählt

Da es sich bei einem Busbahnhof um eine Arbeitsstätte für die Fahrzeugführer handelt, ist die DIN EN 12464, Teil 2 (Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien) zu berücksichtigen. Entsprechend sollten folgende Werte zur Blendungsbegrenzung nicht durchgängig überschritten werden:

Fußgänger-Passagen, Fahrzeug-Wendepunkte, Be- und Entladestellen: GR < 50

### Sicherheitsbeleuchtung

Eine Sicherheitsbeleuchtung für das Überdachungsbauwerk wird als nicht erforderlich erachtet. Ob für die Sanitär- und Aufenthaltsbereiche der Busfahrer/innen eine Sicherheitsbeleuchtung gefordert wird, ist bauseitig mit dem Nutzer abzustimmen.

### Anforderung an die Leuchten

Die Leuchten sollten folgende technischen Anforderungen erfüllen:

- Schutzart: min. IP55
- Schutzklasse: II
- regelbar
- Farbwiedergabe: > CRI 70

Um Beschädigungen durch Vandalismus entgegen zu wirken, sollten die Leuchten außerhalb der Reichweite von Personen angebracht (H= min. 2,50 m), oder entsprechend stabil ausgeführt werden.

Um den Energie- und Wartungsaufwand gering zu halten, werden Leuchten mit LED-Leuchtmitteln und Betriebsgeräte mit hoher Lebensdauer eingesetzt.

Seitens des Betreibers gibt es den Wunsch, die Beleuchtungsanlage der Straßen- und Wegebeleuchtung mit Produkten renommierter Hersteller umzusetzen. Entscheidend sind hierbei die Produktqualität, Garantiebedingungen und die Ersatzteil- und Nachlieferungsverfügbarkeit. Mit fortschreitender Planung wird dieser Wunsch geprüft und notwendige Abweichungen abgestimmt.

### Wirtschaftlichkeit

Zur Ermittlung der Wartungsfaktoren und um den wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen, ist es notwendig die Betriebszeiten des ZOB bereits im frühen Planungsstadium festzulegen.
Es empfiehlt sich, die Beleuchtung außerhalb der Betriebszeit zu reduzieren. Eine gewisse Grundhelligkeit solle gewahrt bleiben, um das Begehen weiter zu ermöglichen und Vandalismus vorzubeugen.

### Schnittstellen

Die Beleuchtungslösung betrachtet das Überdachungsbauwerk, die Fahrwege und Bussteige des Busbahnhofes, sowie die Platzfläche im Süden des Geländes. Die Schnittstelle zur Elektrotechnik ist die Klemme der Leuchte. Die Schnitttstelle zur Architektur ist der Befestigungsbügel oder der Befesitungsflansch der Leuchte. Lichtmasten zur alleinigen Aufnahme von Mastleuchten (ohne DFI-Anzeigen) sind ebenfalls Bestandteil der Lichtplanung.

### Regelwerke

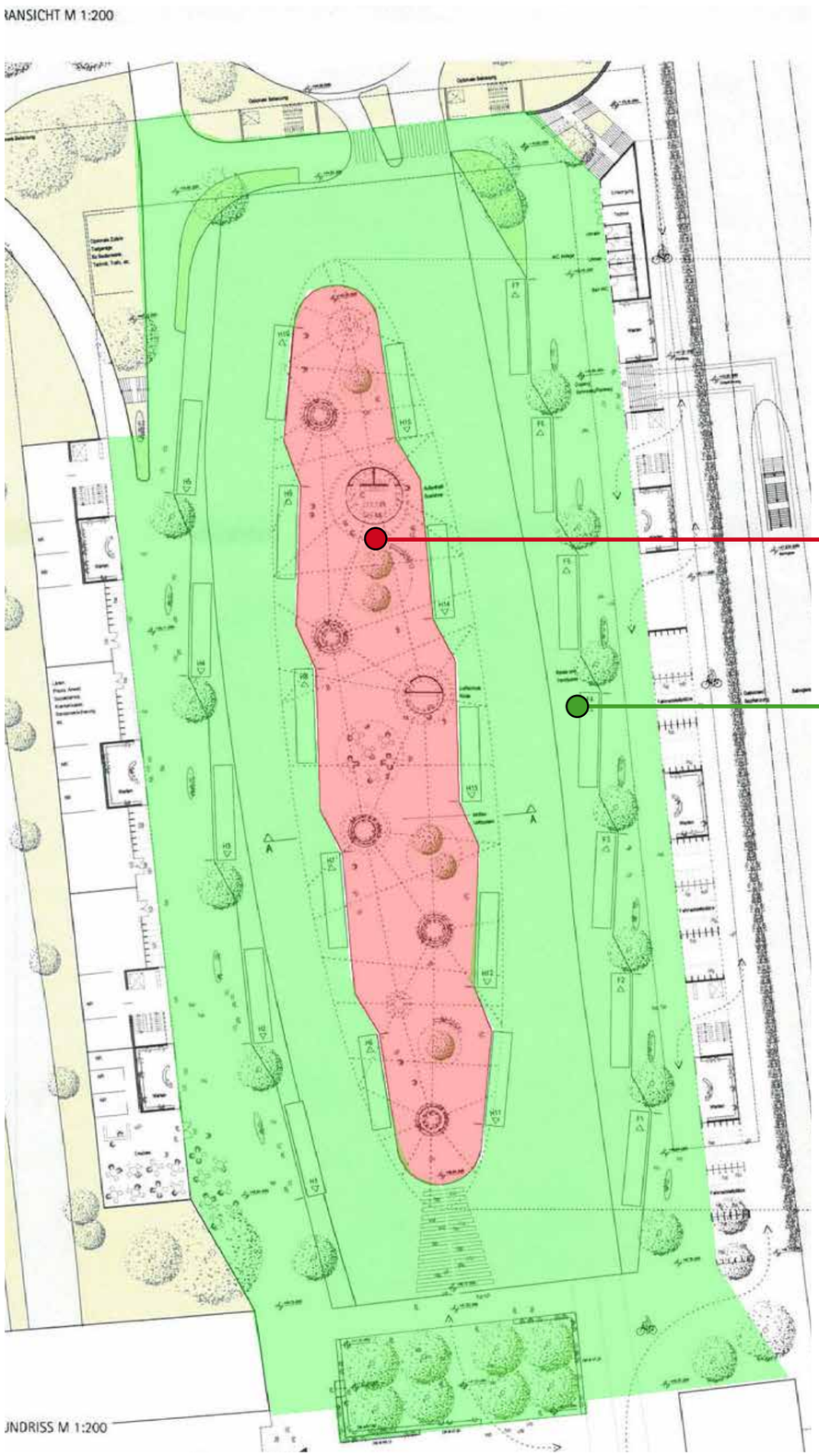
Bei der Planung der Verkehrsflächen und Bussteige werden die DIN EN 13201 (Stand November 2005) und die DIN EN 12464-2 (Stand August 2014) berücksichtigt. Fußgängerüberwege sind entsprechend Verkehrsplanung und DIN 67523 zu beleuchten.

### Überdachungsbauwerk Materialien

Das Überdachungsbauwerk setzt sich aus einer Tragkonstuktion aus Stahlträgern und einer flächig gespannten Membrane in weißer Farbe zusammen. Zusätzlich sind 2 geschlossen ausgeführte Bauelemente als Servicebauwerke in die Fläche eingefügt.

Für die Membrane wurden folgende lichttechnisch Relevanten Daten angesetzt:

Lichttransmission: 1 % (PTFE-Glasfaser weiß)
Reflexionsgrad: 50 % (PTFE-Glasfaser weiß)



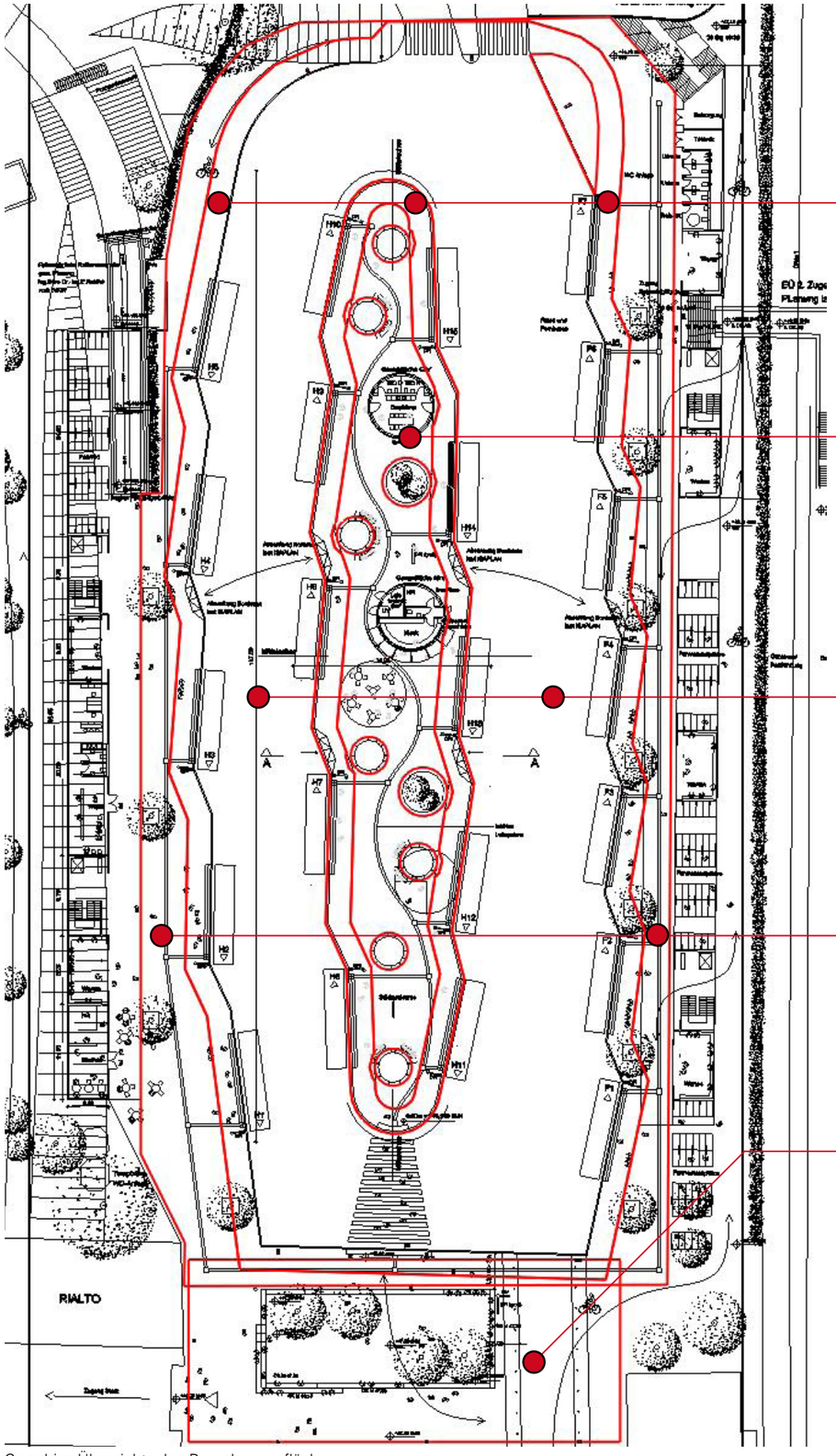

**Planungsumgriff**

Die Stuktur des ZOB lässt sich untereilen in das zentrale Überdachungsbauwerk, Bussteige / Haltestellen, befahrene Verkehrwege für Busse und Radfahrer, Verkehrswege für Fußgänger, Umgebungsflächen, Servicebauwerke und Grünflächen. Die Flächen sind entsprechend ihrer Nutzung zu beleuchten. Für einen der jeweiligen Nutzung entsprechenden und wirtschaftlichen Betrieb empfiehlt sich die weitere Unterteilung in Teilflächen.

**Überdachungsbauwerk**

Reflexionsgrad Membranfläche: Rho = 50%
Transmission Membranfläche: Tau = 1%

**Freiflächenplanung**




Grundriss Übersichtsplan Berechnungsflächen

**Flächendefinition Kunstlicht**

Die Dachfläche vereint unter sich verschiedene Nutzungen. Dementsprechend lassen sich auch die zu beleuchtenden Flächen aufteilen und ihnen unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung zuweisen:

**A) Bussteige**

Die Haltestellen säumen die Fahrfläche und dienen als Zu- und Ausstieg als auch als Wartefläche. Um das sichere An- und Abfahren der Busse, sowie die barrierefreie Nutzung zu ermöglichen, sollte die Beleuchtung dieser Linie optisch folgen und sie gleichmäßig mit ausreichend Helligkeit versorgen.

Es empfehlen sich folgende Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$] und die Gleichmäßigkeit [$U_0$]:

$E_m$ = min. 25 Lux; $U_0$ = min. 0,25

**B) Aufenthalts- und Serviceflächen**

Entlang der Dachmitte sind Sitzflächen, Stützenkonstruktionen, ein Kiosk und Begrünung geplant. Der Sicherheitsanspruch an diese Fläche ist geringer, daher kann das Niveau der Beleuchtungsstärke und der Gleichmäßigkeit gegenüber dem Bussteig leicht abgesenkt werden. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke kann für diese Fläche als zweitrangig betrachtet werden, da sie durch zahlreiche Unterbrechungen (Bepflanzung, Sitzmöbel, Stützen, Wände) geprägt ist.

Es empfehlen sich folgende Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$]:

$E_m$ = min. 10 Lux; $E_{min}$ = 3 Lux

**C) Fahrfläche**

Die Fahrfläche wird im Osten und Westen durch Bussteige, im Süden und Norden durch Zufahrten gesäumt. Es ist auf eine gute Erkennbarkeit von querenden Fußgängern zu achten. Eine gleichmäßige Ausleuchtung unterstützt die schwierige Sehaufgabe der Busfahrer.

Es empfehlen sich folgende Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$] und die Gleichmäßigkeit [$U_0$]:

$E_m$ = min. 20 Lux, $U_0$ = min. 0,4 Lux,

**A) Fußwege**

Die Beleuchtung ermöglicht eine gute Orientierung und die sichere Zuwegung zu den Bussteigen. Entsprechend DIN EN 13201 kann das Niveau der Beleuchtungsstärke auf diesen Flächen reduziert werden.

Es empfehlen sich folgende Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$] und die Gleichmäßigkeit [$U_0$]:

$E_m$ = min. 10 Lux; $E_{min}$ = 3 Lux

**D) Platzfläche Süd**

Der Platz ist zentrale Fläche zwischen Busbahnhof, DB-Bahnhof, sowie der Zugangspassage zur Altstadt (Rialto). Die Beleuchtung ermöglicht eine gute Orientierung und schafft gleichzeitig Aufenthaltsqualität. Im Baumkarree wird das Beleuchtungsniveau reduziert gehalten.

Es empfehlen sich folgende Wartungswerte für die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke [$E_m$]:

Verkehrsfläche: $E_m$ = min. 10 Lux, $E_{min}$ = min. 1 Lux

Platzfläche: $E_m$ = min. 5 Lux, $E_{min}$ = min. 1 Lux

Schnittschema Beleuchtung Überdachnungsbauwerk

Visualisierung indirektes Licht

**Lichtkonzept Überdachungsbauwerk**

Über die sichere Nutzung des Busbahnhofes hinaus, ist es wichtig ein für den Aufenthalt während der Wartezeit angenehmes Ambiente und einen Kontrast zwischen den unterschliedlichen Nutzungsflächen zu schaffen. Durch die Kombination unterschiedlicher Lichtsysteme und Lichtfarben wird die Aufenthaltsqualität erhöht und die Wertigkeit der Architektur unterstrichen:

**1. Indirektes Licht, Lichtfarbe Neutralweiß**

Indirekt strahlende Leuchten, ringförmig um die Stützenkonstruktionen und die Kernbauten angeordnet, heben die Dachfläche hervor und machen den Aufbau und Materialität der Konstruktion erfahrbar. Die neutrale Lichtfarbe setzt die Dachfläche in Kontrast zur wärmeren direkten Beleuchtung und bringt sie einer himmel- oder wolkenähnlichen Anmutung näher.
Zum effizienten Betrieb der indirekten Beleuchtung ist ein helles, mattes Material mit hohem Reflexionsgrad notwendig. Je geringer der Reflexionsgrad, desto mehr Energie ist notwendig, um die erforderliche Ausleuchtung zu erreichen. Eine glatte, spiegelnde Oberfläche ist zu vermeiden um keine blendenden Reflexionen der Lichtaustrittsfläche zu erzeugen.
Nach außen zur Dachkante reduziert sich die Helligkeit und das Licht läuft langsam aus. Daher werden für die Kante des Bussteiges und die Fahrfläche davor zusätzliche Leuchten notwendig.

**2. Direktes Licht, Lichtfarbe Warmweiß**

Direkt strahlende Leuchten zur Ergänzung der indirekten Beleuchtung werden an den Mastkonstruktionen der DFI-Anzeigen befestigt. Die Ausrichtung der Leuchte sollte der DFI-Anzeige gegenüber liegen, um die Gefahr der Blendung für den Betrachter zu reduzieren. Um die Fahrfläche und die Kante des Bussteiges ausreichend zu beleuchten, ist eine breitstrahlende Lichtverteilung und eine Höhe der Leuchte von mindestens 4 m notwendig.

**3. Effektbeleuchtung**

Die dezente Anstrahlung der Bäume aus dem Boden heraus fördert das gepflegte Erscheingungsbild des Ortes und sorgt durch die Aufwertung für Atmosphäre.

**4. Tagesbelichtung**

Der Tageslichteindruck unter der Dachfläche ist in hohem Maße abhängig von der Materialität und Farbe der Membrane. Je höher die Lichttransmission des Materials, desto länger bleibt zu Zeiten der Dämmerung ein freundlicher, heller Eindruck erhalten. Je weniger durchlässig das Material gewählt wird, desto mehr ergänzendes Kunstlicht wird während der Morgen- und Abentstunden benötigt werden.

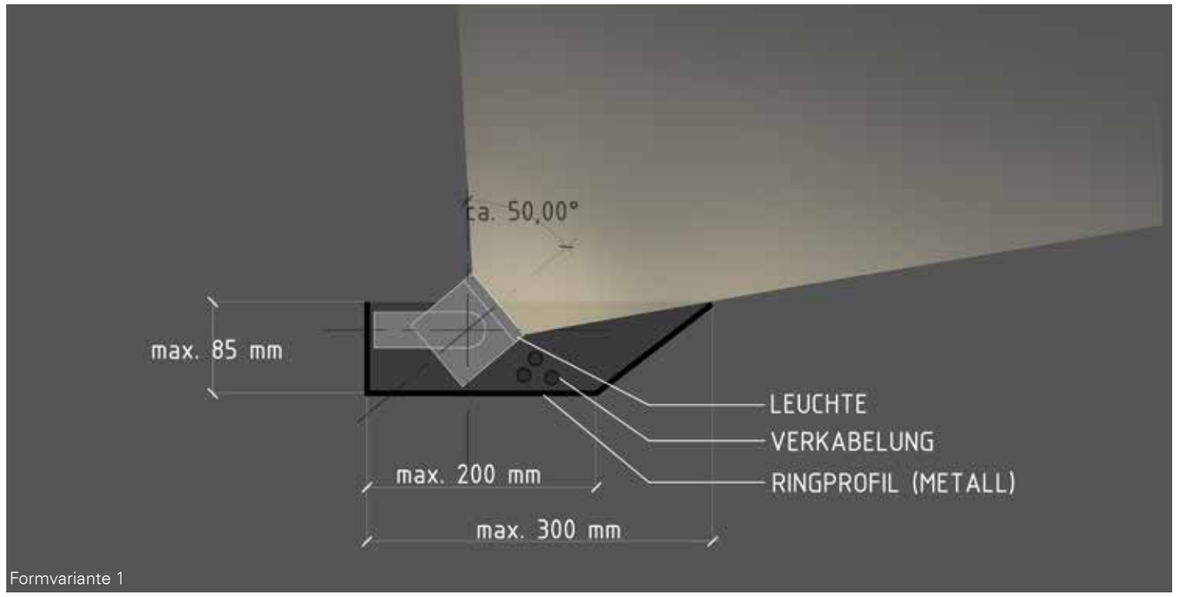
**5. Steuerung / Lichtszenen**

Für den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage wird die Helligkeit außerhalb der Betriebszeit reduziert:

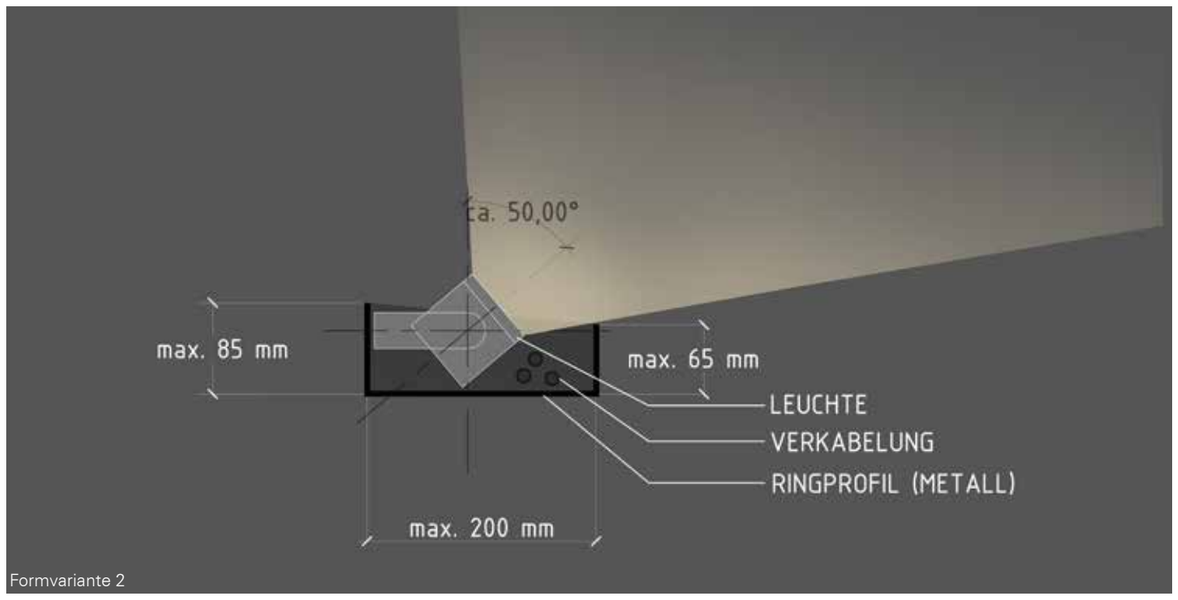
- Abschaltung der direkt strahlenden Leuchten auf den mittleren Bussteigen
- Dimmung der indirekten Beleuchtung

Die gedimmte indirekte Beleuchtung sorgt für die gleichmäßige Ausleuchtung der Dachflächen. Dies dient der Orientierung auch während der Nachtstunden, der Vandalismusprävention, sowie erhöhtem Sicherheitsempfinden.

**Schematischer Querschnitt „Lichtring“**




Formvariante 1



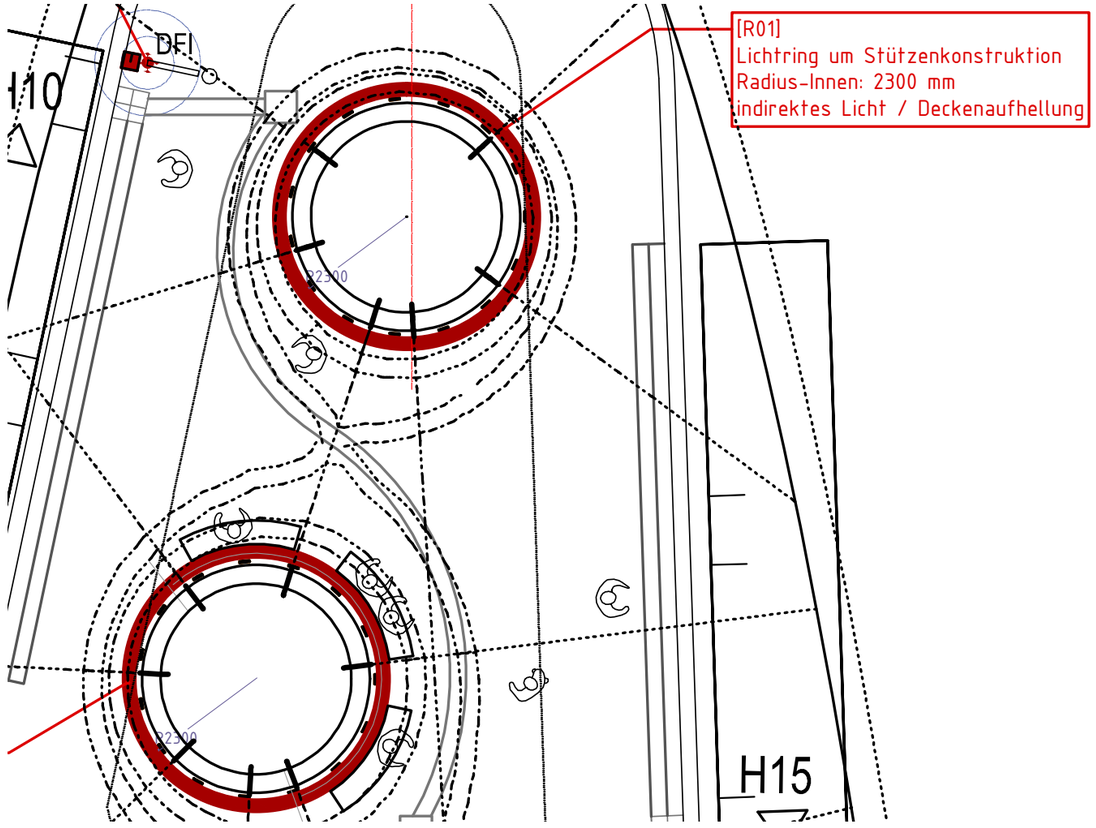

Formvariante 2

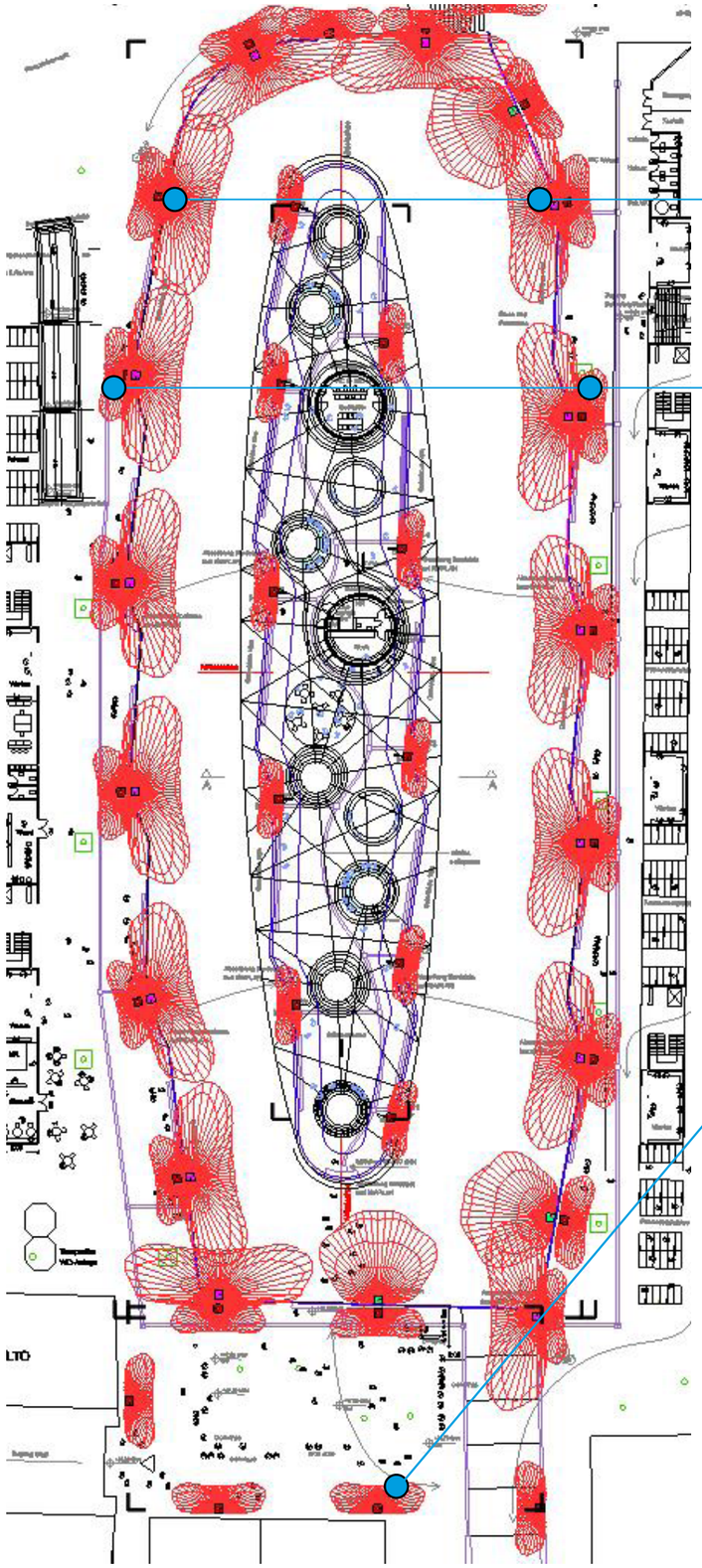
**Schematischer Grundriss „Lichtring“**

Umlaufend um die Stützenkonstruktion nimmt ein Stahlprofil Leuchten zur indirekten Ausleuchtung der Dachfläche auf. Der Lichtring wird jeweils am unteren Ende des sich verjüngenden Membrantrichters angesetzt. Hierdurch haben die Lichtringe jeder Stütze unterschiedliche Abstände zur horizontalen Dachfläche.
Die schwenkbaren, dimmbaren Leuchten sind im Stahlprofil polygonal angeordnet. Je nach Entfernung zur Dachfläche müssen die Ausrichtung, die Lichtleistung, sowie der Lichtkegel dem variierenden Dachabstand angepasst werden.

**Schnittstellendefinition**

| | |
|---|---|
| Leistungsbild Lichtplanung: | - Leuchte inkl. Betriebsgerät<br>- Befestigungsbügel |
| Leistungsbild Objektplanung: | - Lichtring zur Aufnahme der Leuchten<br>- Befestigung Lichtring an Bauwerk<br>- Stahlrohre zur Führung der Elektrozuleitungen |
| Leistungsbild Elektroplanung: | - Unterverteilung / Schaltschränke<br>- Elektrozuleitungen<br>- Lichtsteuerung / Dimmung der Leuchten |





Grundriss Übersicht Beleuchtung Freiflächen

**Lichtkonzept Freiflächen**

Über die sichere Nutzung des Busbahnhofes für Fußgänger und Fahrzeugführer hinaus, ist es wichtig ein für den Aufenthalt während der Wartezeit angenehmes Ambiente zu schaffen.

**1. Fahrfläche**

Direkt strahlende Mastleuchten in warmweißer Lichtfarbe leuchten die Fahrfläche und den Bussteig mit der notwendigen Helligkeit aus. Um das Licht in erforderlichem Maße über die Fläche zu verteilen, ist eine Lichtpunkthöhe von 9-10 m notwendig. Rückseitig werden in geringerer Höhe Leuchten für die Beleuchtung der Fußwege vorgesehen. Entlang der Bussteige im Osten und Westen werden die DFI-Anzeigen so ausgeführt, dass Leuchtenstandorte und DFI-Anzeigen miteinander kombiniert werden können.

**2. Bussteige Ost + West und Fußwege**

Direkt strahlende Mastleuchten in warmweißer Lichtfarbe werden in einer Höhe von ca. 4,50 m rückseitig an die Lichtmasten zur Ausleuchtung der Fahrfläche gesetzt. Durch die Wahl der Lichtpunkthöhe lässt sich das Licht unter den Baumkronen hindurch auf die Fläche verteilen. Die Beleuchtungsstärke nimmt zum Randbereich des Planungsumgriffs deutlich ab. Entlang der zukünftig geplanten Servicegebäude, Fahrradständer und Zuwegungen wird eine gesonderte Beleuchtung notwendig werden.

**3. Platzfläche Süd**

Die Leuchtenstandorte mit direkt strahlenden Mastleuchten in warmweißem Licht säumen den Platz entlang seiner befestigten Fußwege mit einer reduzierten Lichtpunkthöhe von 4,50 m. Durch die Lichtverteilung wird der Platz gefasst, die Orientierung entlang der Verkehrswege gefördert, das Bindeglied zwischen Bahn und Stadt erfahrbar gemacht. Das Baumkarre in Platzmitte wird in der Helligkeit erkennbar abgesenkt. Bodeneinbaustrahler beleuchten die Bäume, wodurch ein attraktiver Blickfang erzeugt wird.

**5. Lichtregelung**

Für den wirtschaflichen Betrieb der Anlage empfiehlt sich das Beleuchtungsniveau auf der Fahrfläche den Angrenzenden Verkehrswegen über eine Nachtabsenkung zu reduzieren. Dies ist möglich durch:

- Automatische Mitternachtserkennung (autark in Leuchten verbaut)
- Steuerphase (nur 2 Niveaus regelbar)
- Steuersignal (Lichtsteuerung)

Die Ermittlung einer geeigneten Lösung erfolgt in Abstimmung mit Betreiber, Nutzer und Amt für Straßenbeleuchtung

## ZOB Wiesdorf Leverkusen

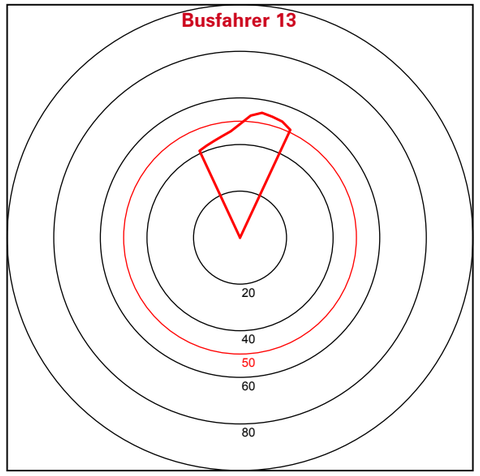
**1. Fahrfläche**

Direkt strahlende Mastleuchten in warmweißer Lichtfarbe leuchten die Fahrfläche und den Bussteig mit der notwendigen Helligkeit aus. Um das Licht in erforderlichem Maße über die Fläche zu verteilen, ist eine Lichtpunkthöhe von 9-10 m notwendig. Rückseitig werden in geringerer Höhe Leuchten für die Beleuchtung der Fußwege vorgesehen. Entlang der Bussteige im Osten und Westen werden die DFI-Anzeigen so ausgeführt, dass Leuchtenstandorte und DFI-Anzeigen miteinander kombiniert werden können.

**2. Bussteige Ost + West und Fußwege**

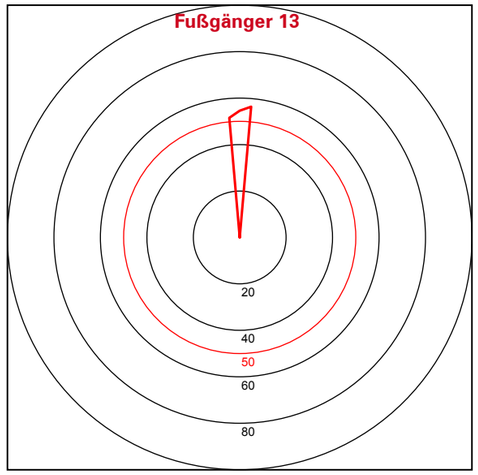
Direkt strahlende Mastleuchten in warmweißer Lichtfarbe werden in einer Höhe von ca. 4,50 m rückseitig an die Lichtmasten zur Ausleuchtung der Fahrfläche gesetzt. Durch die Wahl der Lichtpunkthöhe lässt sich das Licht unter den Baumkronen hindurch auf die Fläche verteilen. Die Beleuchtungsstärke nimmt zum Randbereich des Planungsumgriffs deutlich ab. Entlang der zukünftig geplanten Servicegebäude, Fahrradständer und Zuwegungen wird eine gesonderte Beleuchtung notwendig werden.

Schnittschema Beleuchtung ZOB



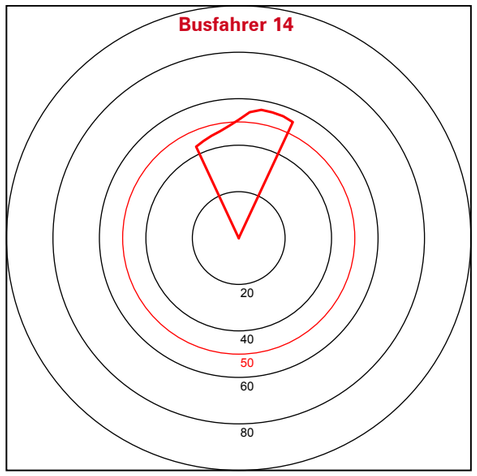

Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 13 | Busfahrer [13] | -13 m/6 m/2 m | 54.4 | 10° (-2°) |



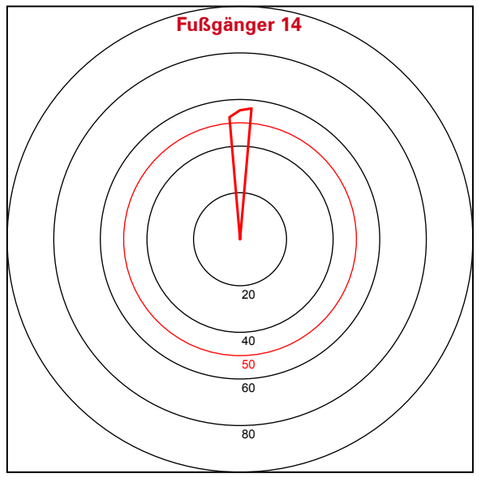

Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 88 | Fahrgast [13] | -11.5 m/6 m/1.5 m | 56.5 | 5° (3°) |



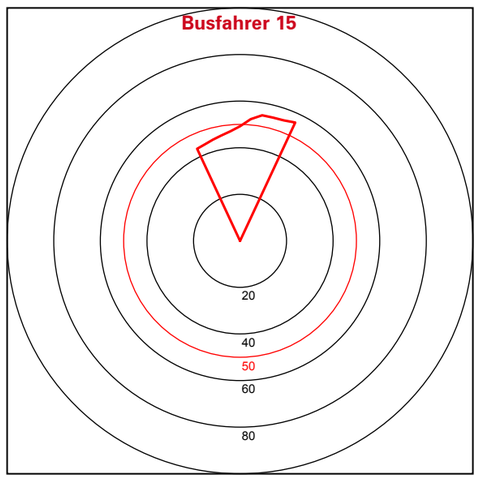

Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 14 | Busfahrer [14] | -13 m/8 m/2 m | 56.1 | 10° (-2°) |



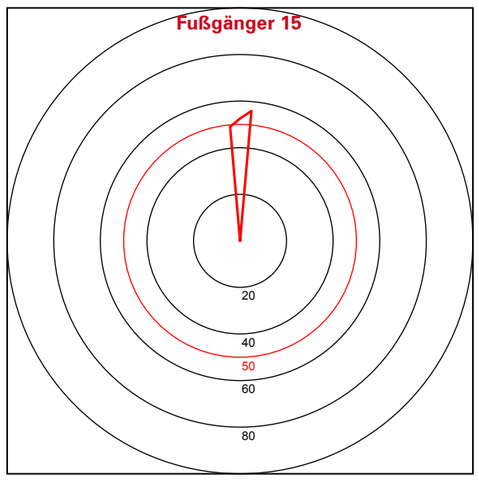

Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 89 | Fahrgast [14] | -11.5 m/8 m/1.5 m | 56.4 | 5° (3°) |




Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 15 | Busfahrer [15] | -13 m/10 m/2 m | 56.1 | 25° (-2°) |




Lve = 0.04 cd/m², Ehav(MF:1.0) = 35 lx, ρ = 10 %

| Nr. | Bezeichung | Position | Max GR | Richtung |
|---|---|---|---|---|
| 90 | Fahrgast [15] | -11.5 m/10 m/1.5 m | 56 | 5° (3°) |

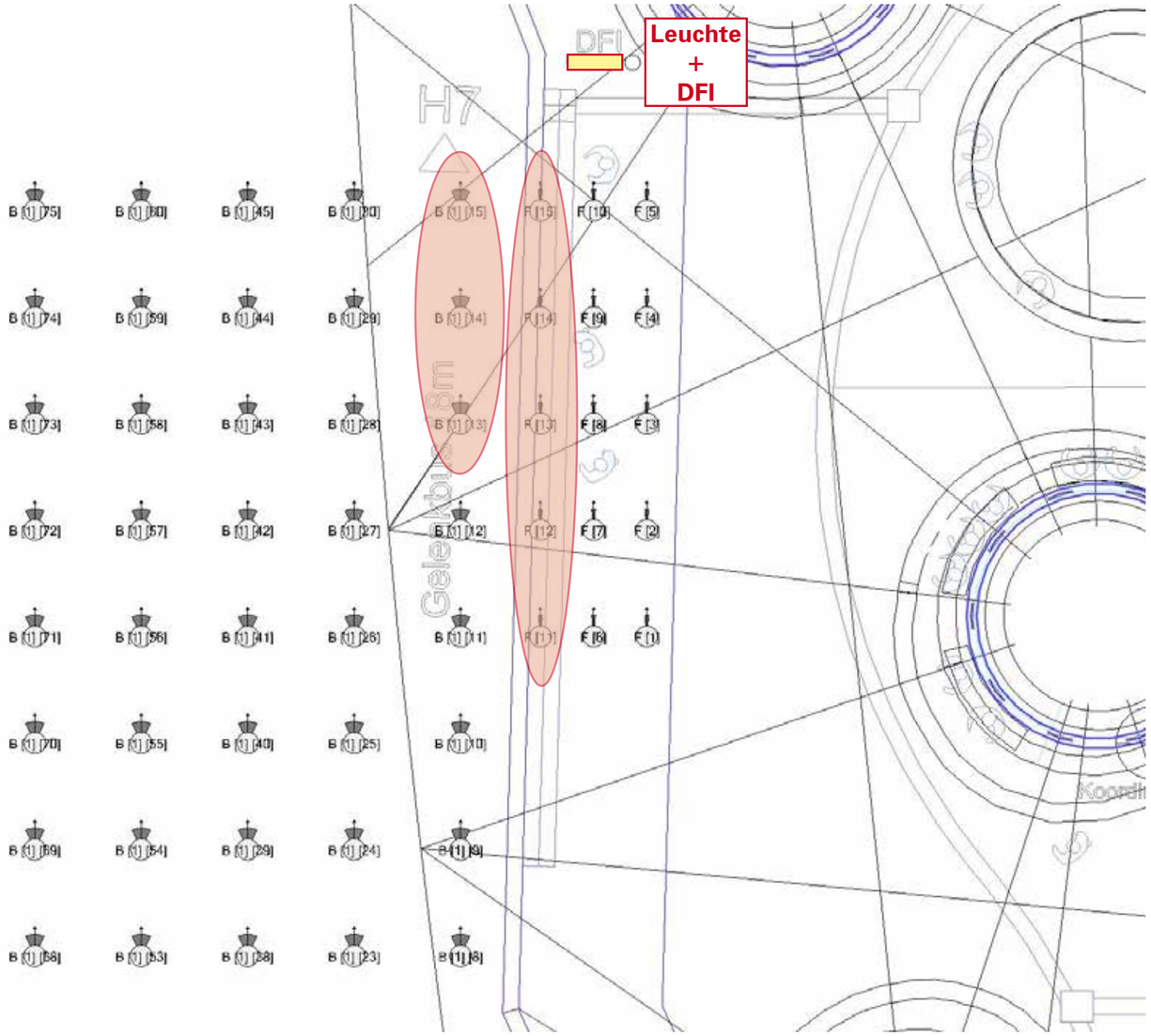
**Blendungsbewertung**

Die Bewertung der Blendungsgefahr erfolgt durch die Berechnung in Blickrichtung von mehreren Beobachterstandorten. Entpsrechend der Richtlinien sollte bei der Blendungsbewertung (= Glare Rating = GR) der Wert 50 nicht überschrittten werden.

DIN EN 12464, Teil 2, Stand November 2010: Glare Rating, GR < 50

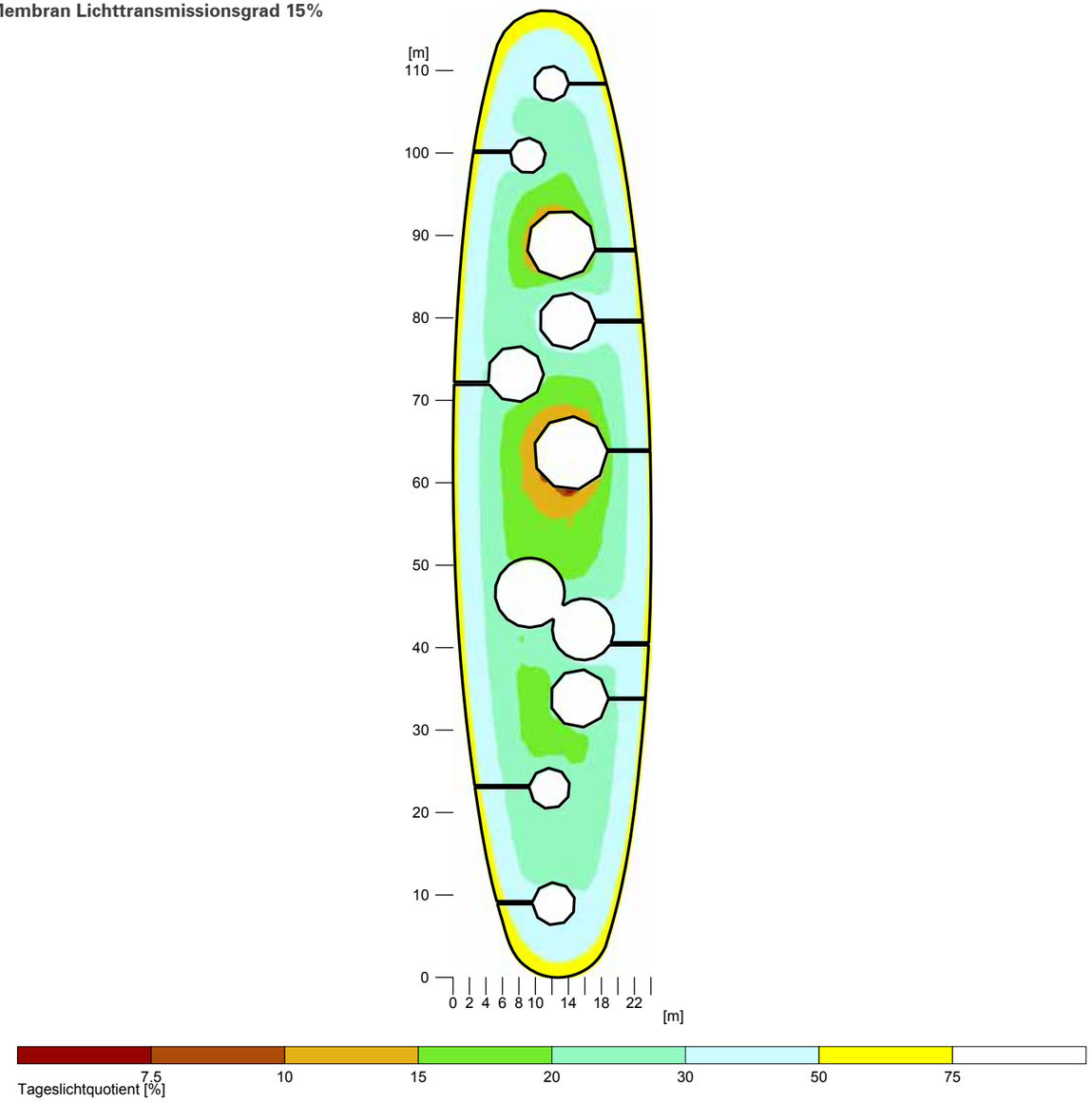
Die Untersuchtung zeigt, dass für den Fahrgast, als auch für den Busfahrer an einigen wenigen Standorten, unter einem bestimmten Blickwinkel auf die DFI-Anzeigen die Gefahr der blendung besteht und der GR-Wert überschritten wird.

In unten gezeigtem Grundrissausschnitt sind die betroffenen Standorte markiert.



**Tageslicht - quantitativ**

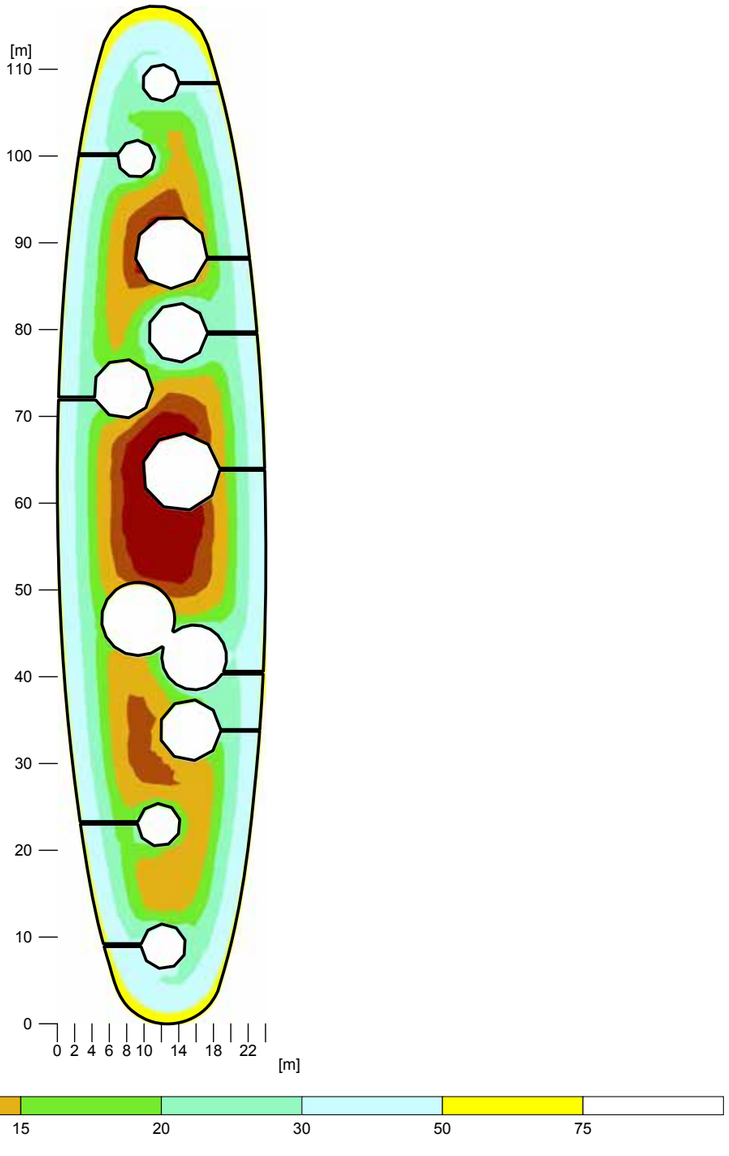
**Membran Lichttransmissionsgrad 15%**




| | | |
|---|---|---|
| Mittlerer Tageslichtquotient | Dm | : 31.7 |
| Minimaler Tageslichtquotient | Dmin | : 9.3 |
| Maximaler Tageslichtquotient | Dmax | : 67.3 |
| Außenbeleuchtungsstärke | Ea | :15600 lx |
| Gleichmäßigkeit Uo | Dmin/Dm | : 1 : 3.41 (0.29) |
| Ungleichmäßigkeit Ud | Dmin/Dmax | : 1 : 7.24 (0.14) |
| Datum, Uhrzeit | | : 21.06. 10:30 (WOZ 09:03) |

**Tageslicht - quantitativ**

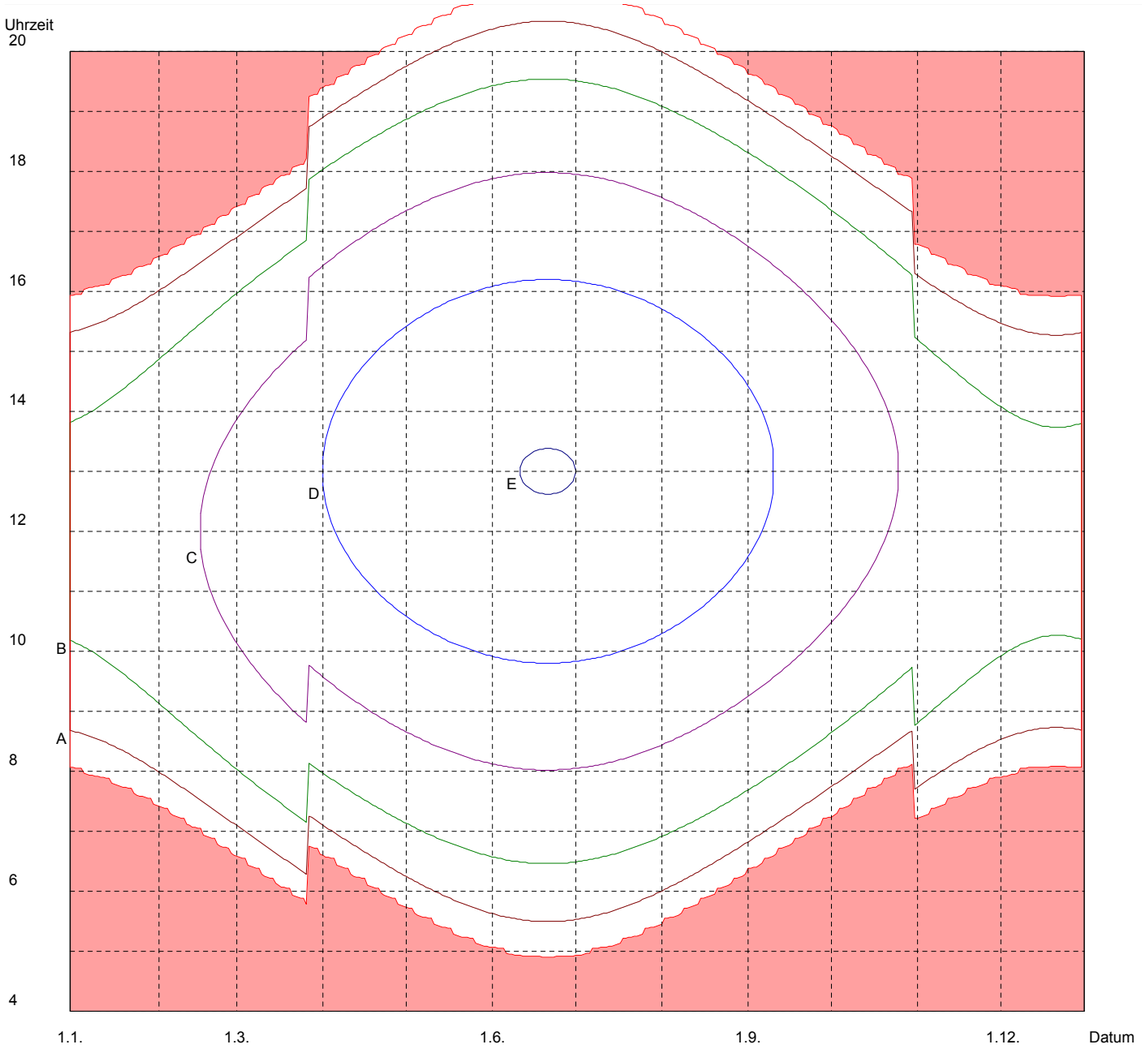
**Membran Lichttransmissionsgrad 1%**




| | | |
|---|---|---|
| Mittlerer Tageslichtquotient | Dm | : 24.6 |
| Minimaler Tageslichtquotient | Dmin | : 4.3 |
| Maximaler Tageslichtquotient | Dmax | : 63.8 |
| Außenbeleuchtungsstärke | Ea | :15600 lx |
| Gleichmäßigkeit Uo | Dmin/Dm | : 1 : 5.67 (0.18) |
| Ungleichmäßigkeit Ud | Dmin/Dmax | : 1 : 14.72 (0.07) |
| Datum, Uhrzeit | | : 21.06. 10:30 (WOZ 09:03) |

**Tageslicht - quantitativ**

**Wirtschaftlichkeit: Membran Lichttransmissionsgrad 15%**




Kurve A: 2000 Lux
Kurve B: 5000 Lux
Kurve C: 10000 Lux
Kurve D: 15000 Lux
Kurve E: 19000 Lux

Grenzkurven
Gruppe 1: 268 Lux

Frankfurt (50.2° N, 8.6° O)
Koln (Sonnenscheinwahrscheinlichkeiten)

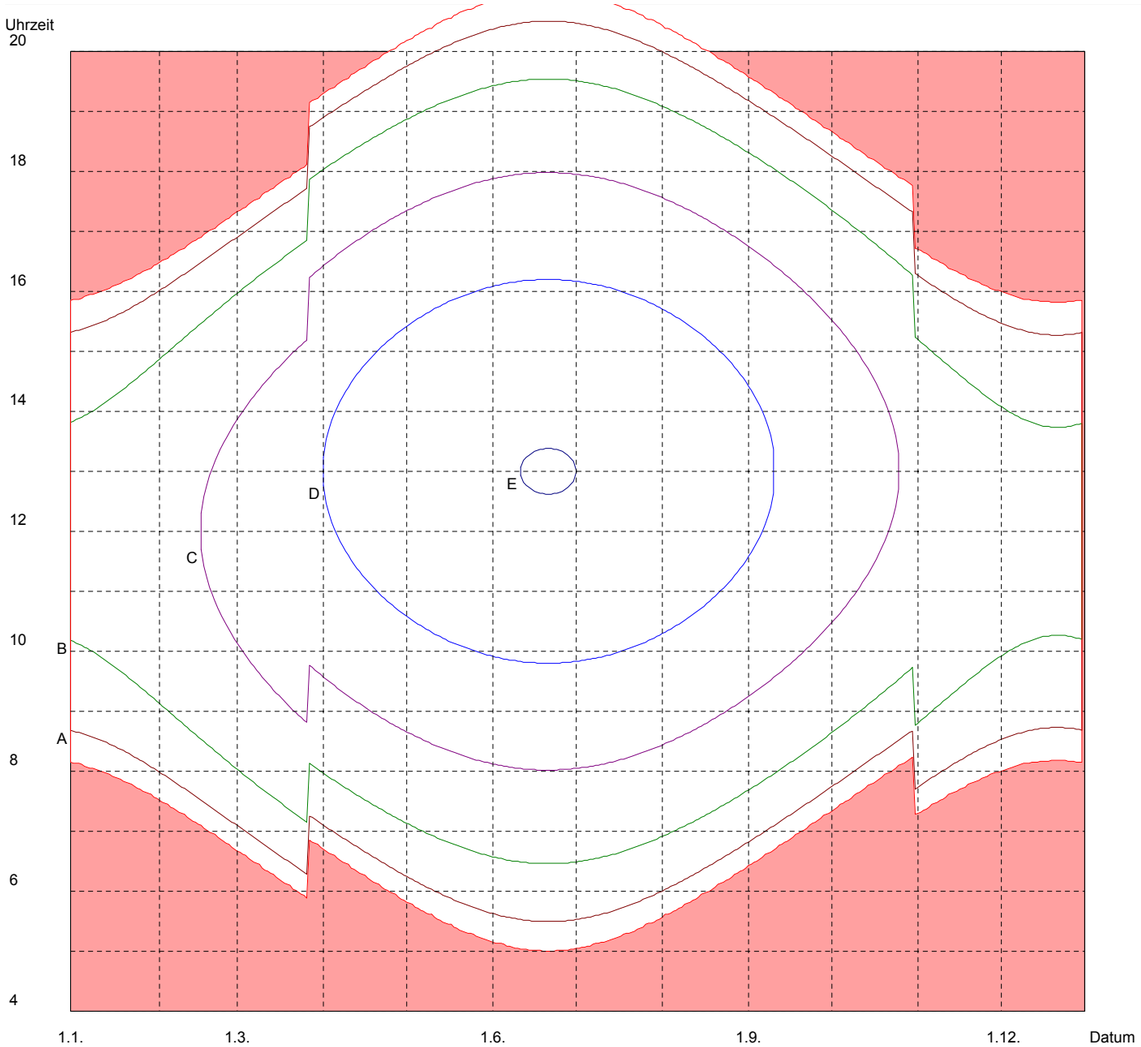
| | |
|---|---|
| Tageslichtquotient [%] | 9.30 |
| gewählte Mindestbeleuchtungsstärke [Lux] | 25 |
| erforderliche Außenbeleuchtungsstärke [Lux] | 269 |

tägliche Arbeitszeit: 00:01 - 23:59

Sommerzeit: 28.03. - 31.10.

**Tageslicht - quantitativ**

**Wirtschaftlichkeit: Membran Lichttransmissionsgrad 1%**




Kurve A: 2000 Lux
Kurve B: 5000 Lux
Kurve C: 10000 Lux
Kurve D: 15000 Lux
Kurve E: 19000 Lux

Grenzkurven
Gruppe 1: 581 Lux

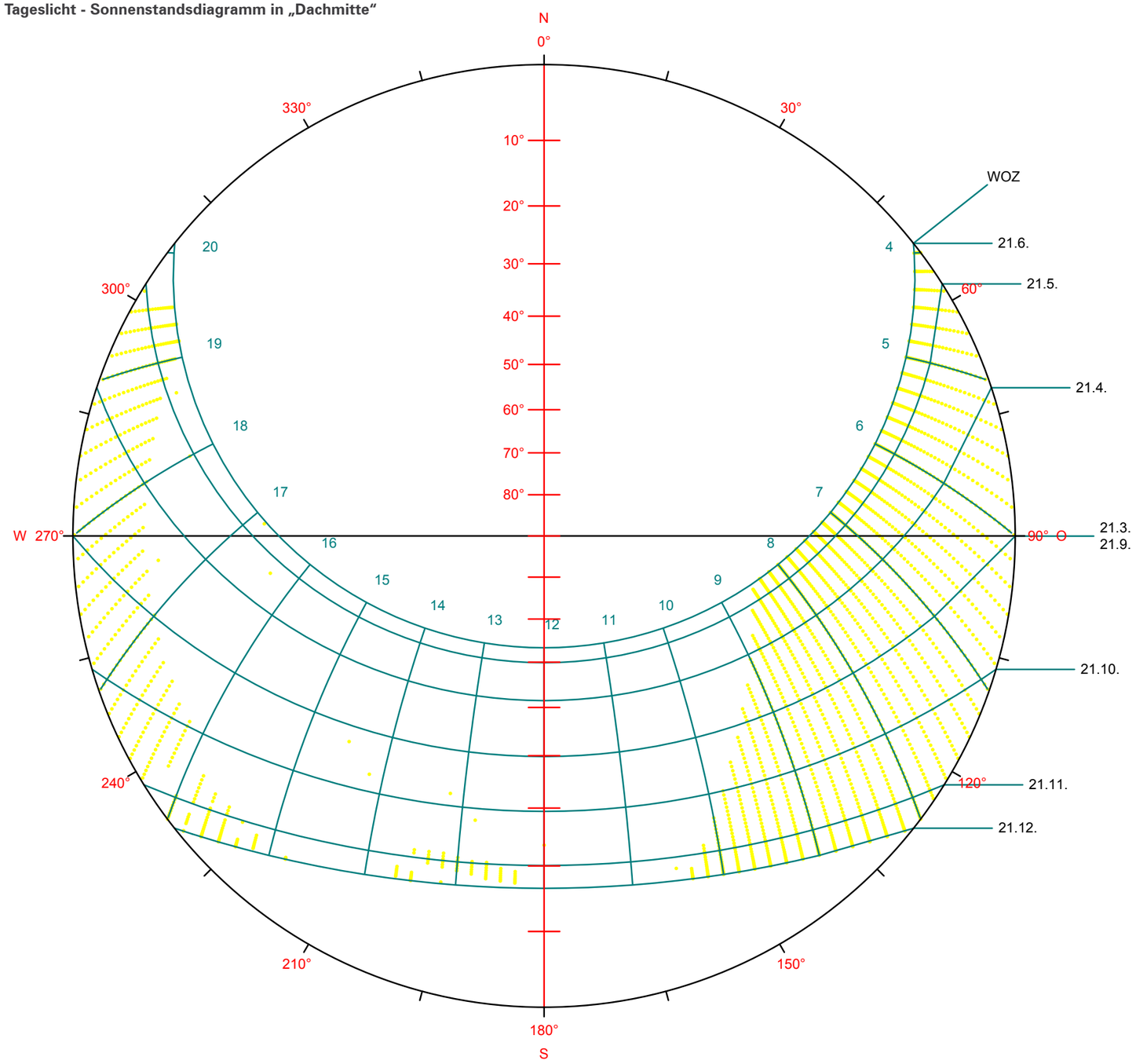
Frankfurt (50.2° N, 8.6° O)
Koln (Sonnenscheinwahrscheinlichkeiten)

| | |
|---|---|
| Tageslichtquotient [%] | 4.30 |
| gewählte Mindestbeleuchtungsstärke [Lux] | 25 |
| erforderliche Außenbeleuchtungsstärke [Lux] | 581 |

tägliche Arbeitszeit: 00:01 - 23:59

Sommerzeit: 28.03. - 31.10.

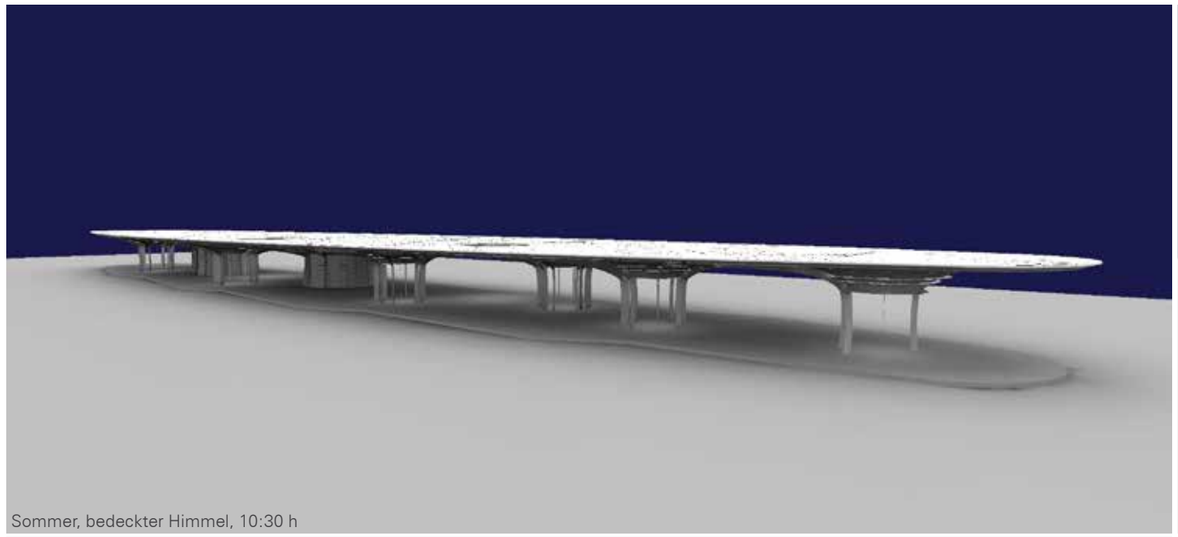
**Tageslicht - Sonnenstandsdiagramm in „Dachmitte“**



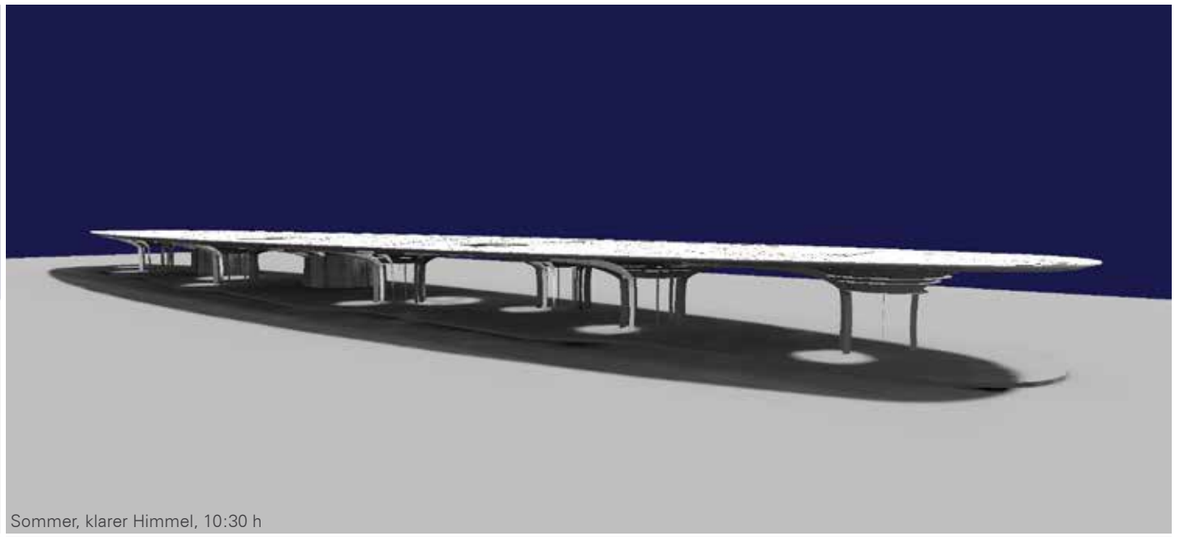

Ort : Frankfurt
Geographische Breite : 50.15 °
Geographische Länge : 8.65 °
Nordwinkel : 8.80 °

Testpunkt:
x = 4.00 m
y = 22.00 m
z = 1.50 m

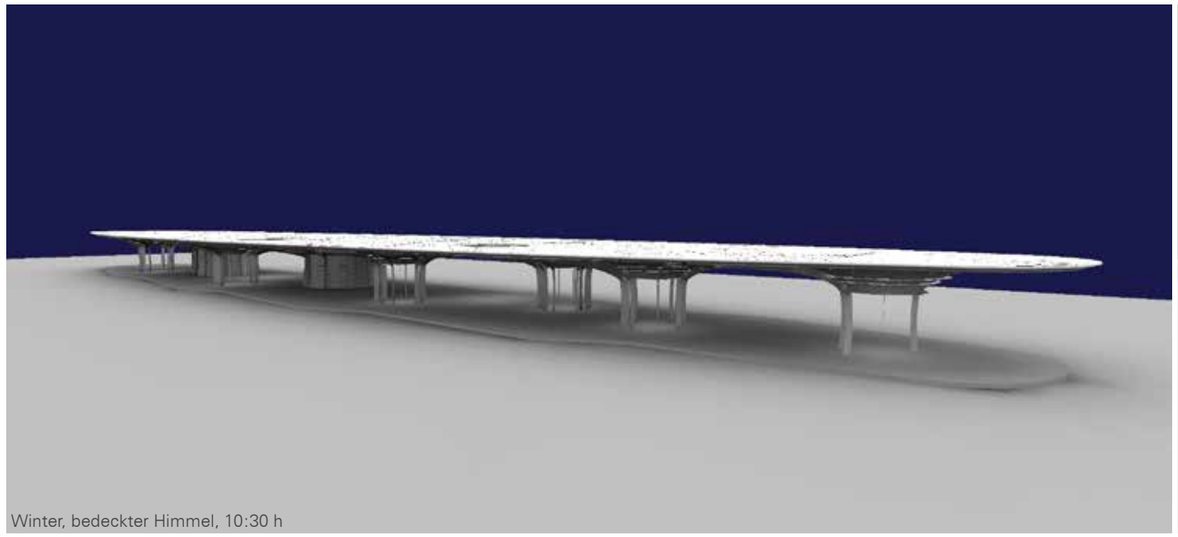
**Tageslicht - qualitativ**
**Ansicht 1**



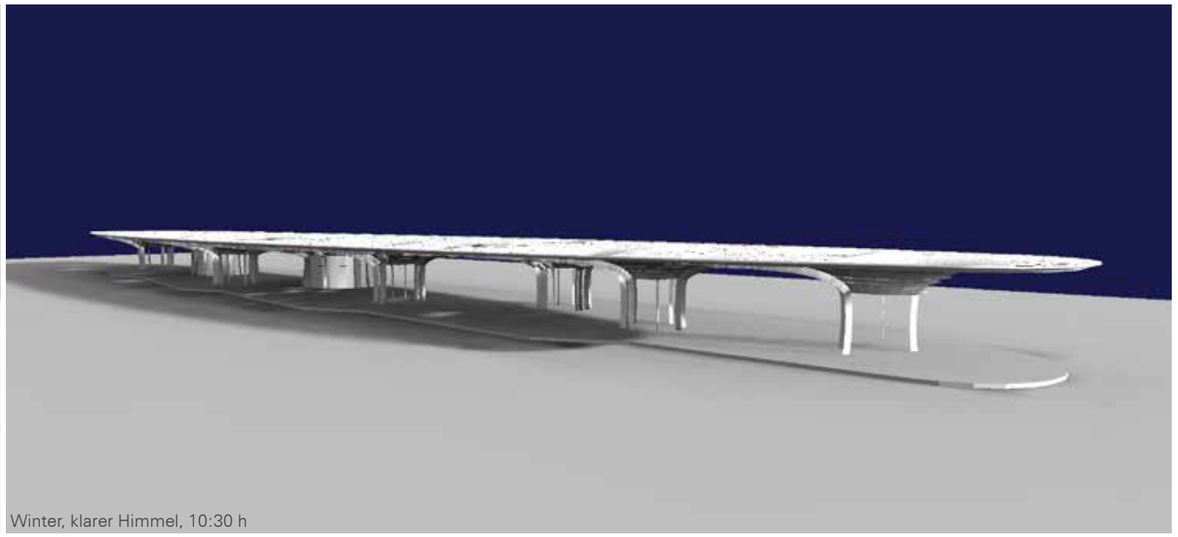
Sommer, bedeckter Himmel, 10:30 h



Sommer, klarer Himmel, 10:30 h

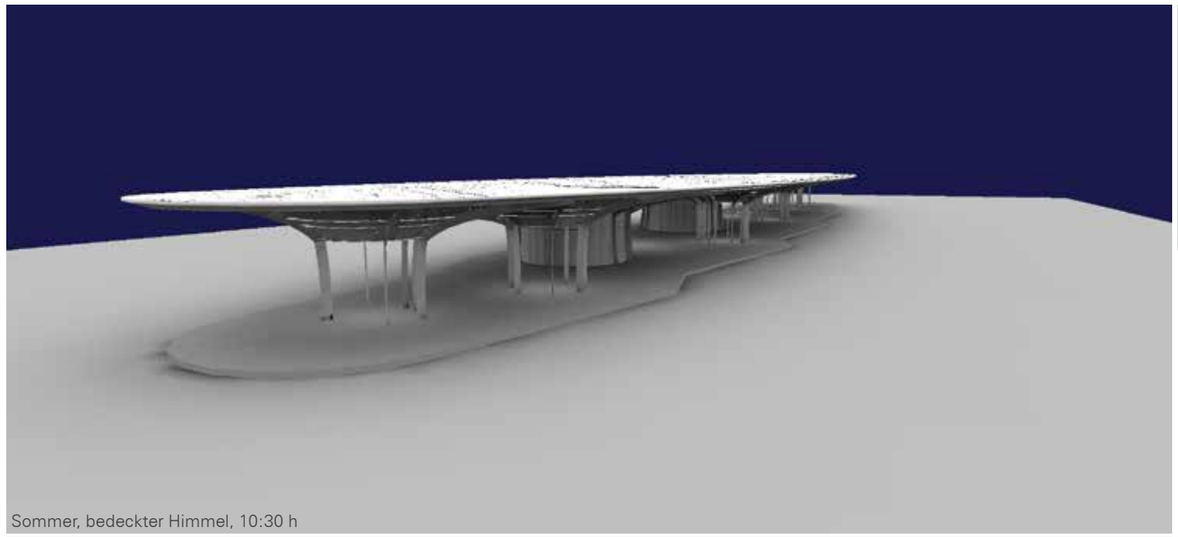


Winter, bedeckter Himmel, 10:30 h

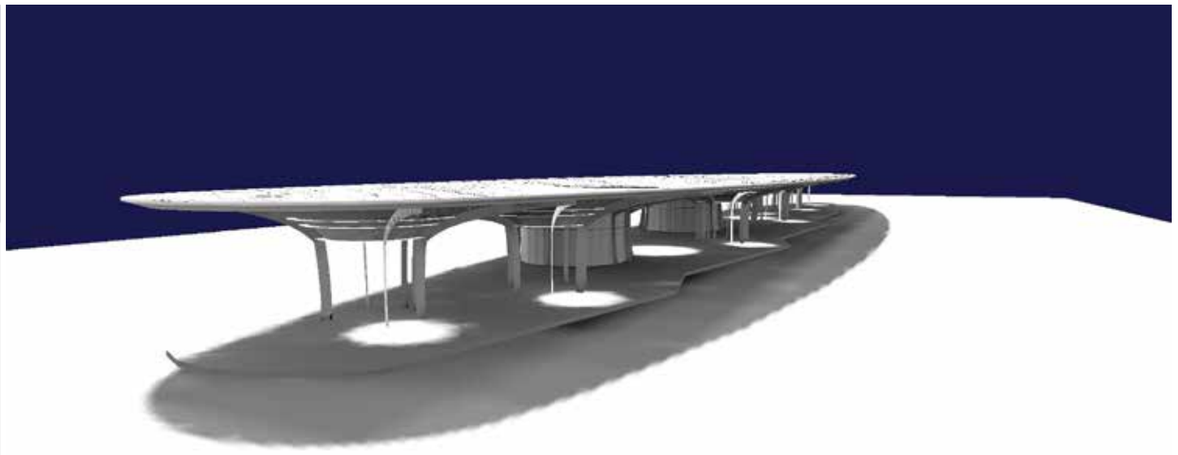


Winter, klarer Himmel, 10:30 h

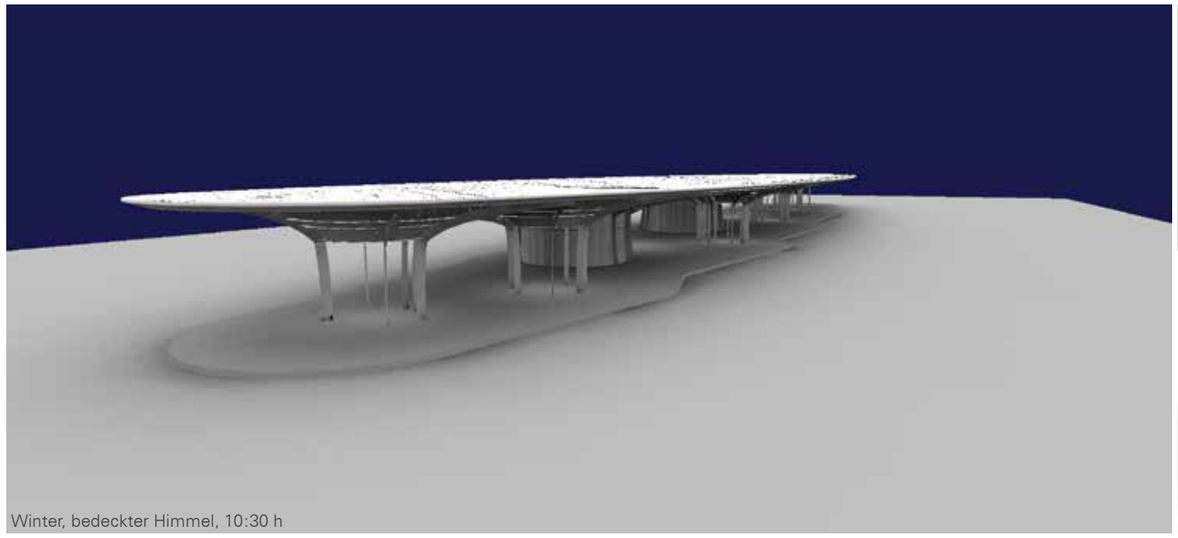
**Tageslicht - qualitativ**
**Ansicht 2**



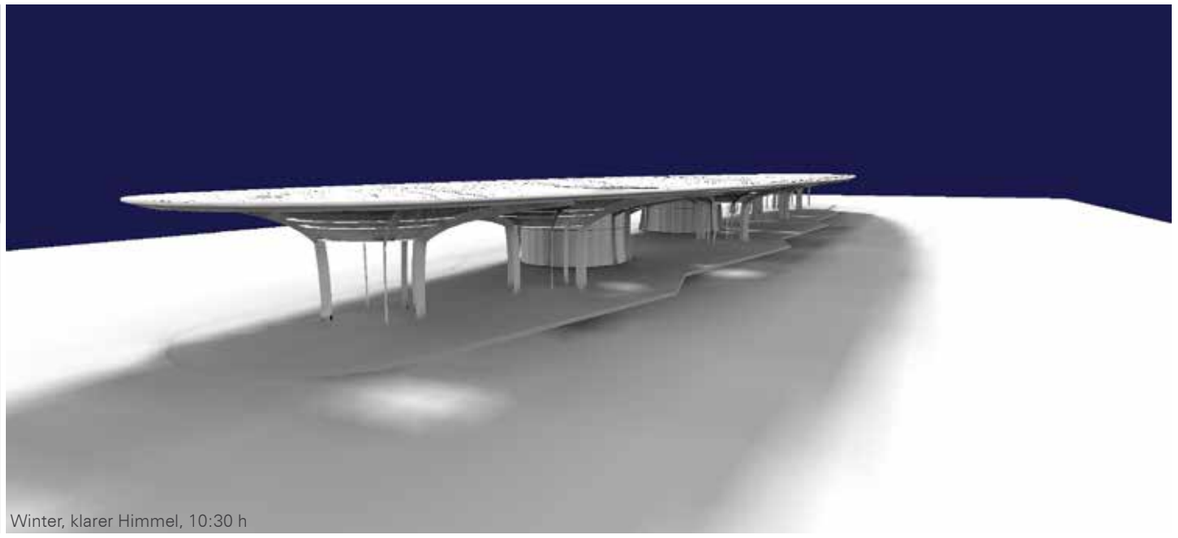
Sommer, bedeckter Himmel, 10:30 h



Sommer, klarer Himmel, 10:30 h

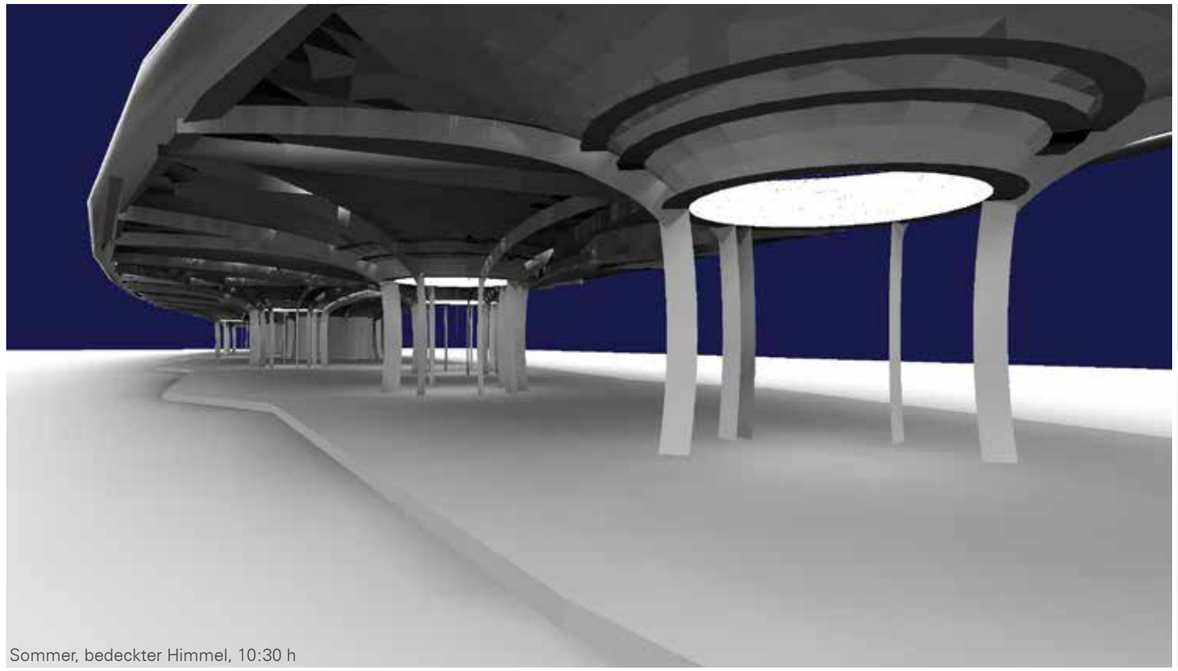


Winter, bedeckter Himmel, 10:30 h

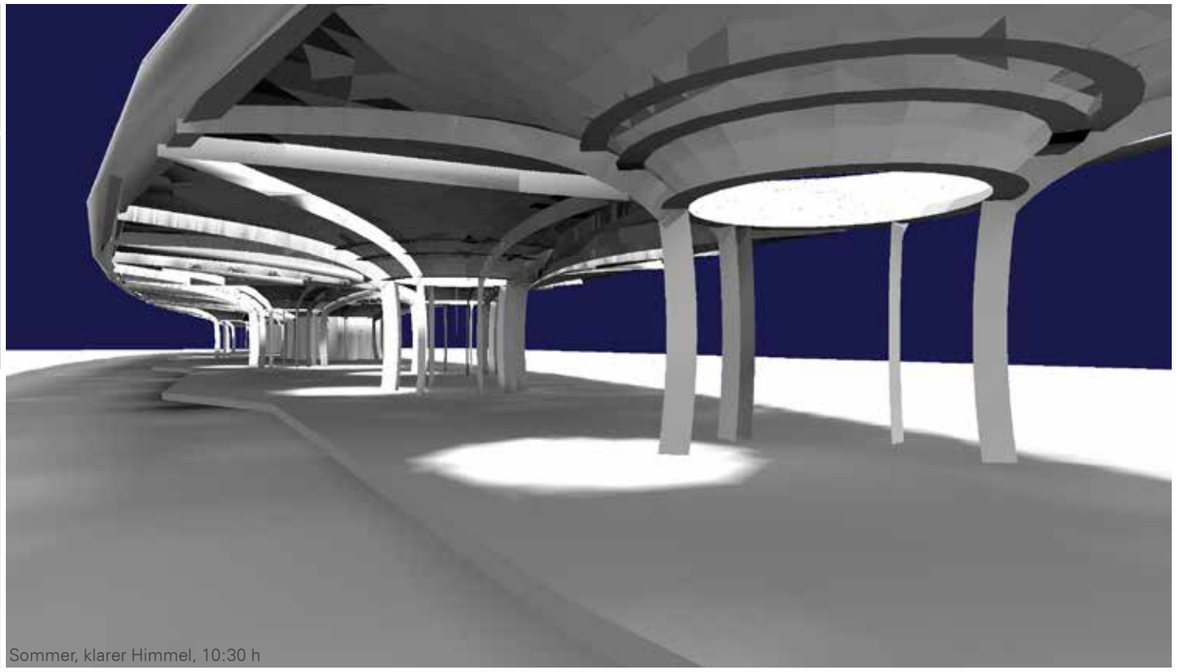


Winter, klarer Himmel, 10:30 h

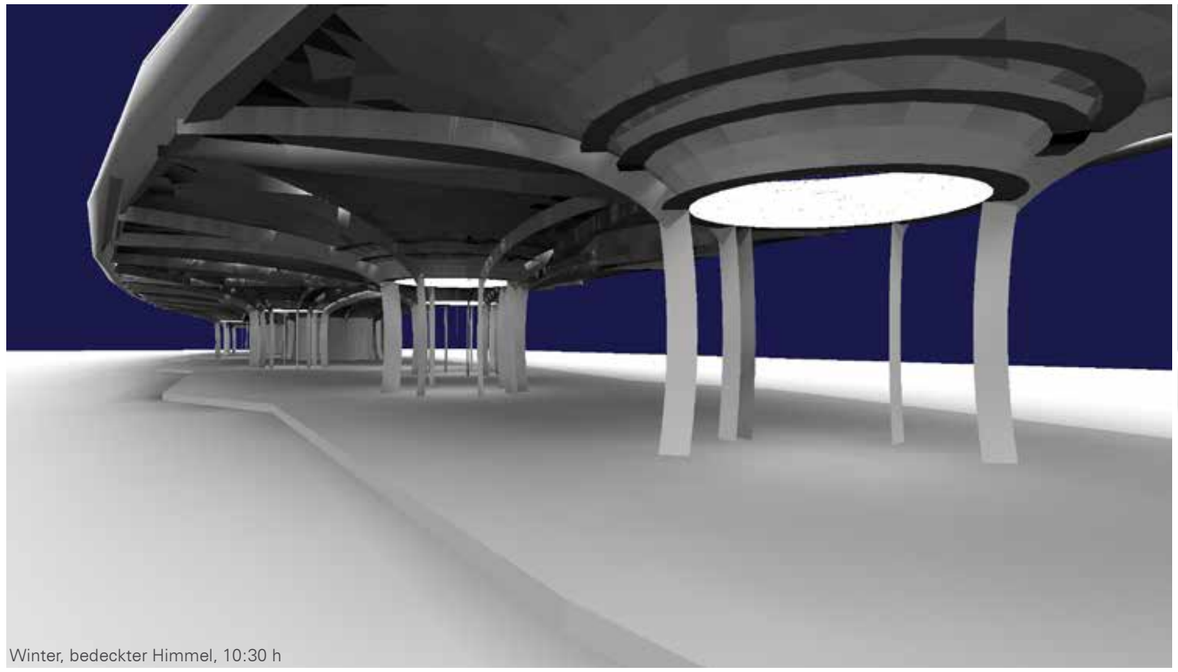
**Tageslicht - qualitativ**
**Ansicht 3**



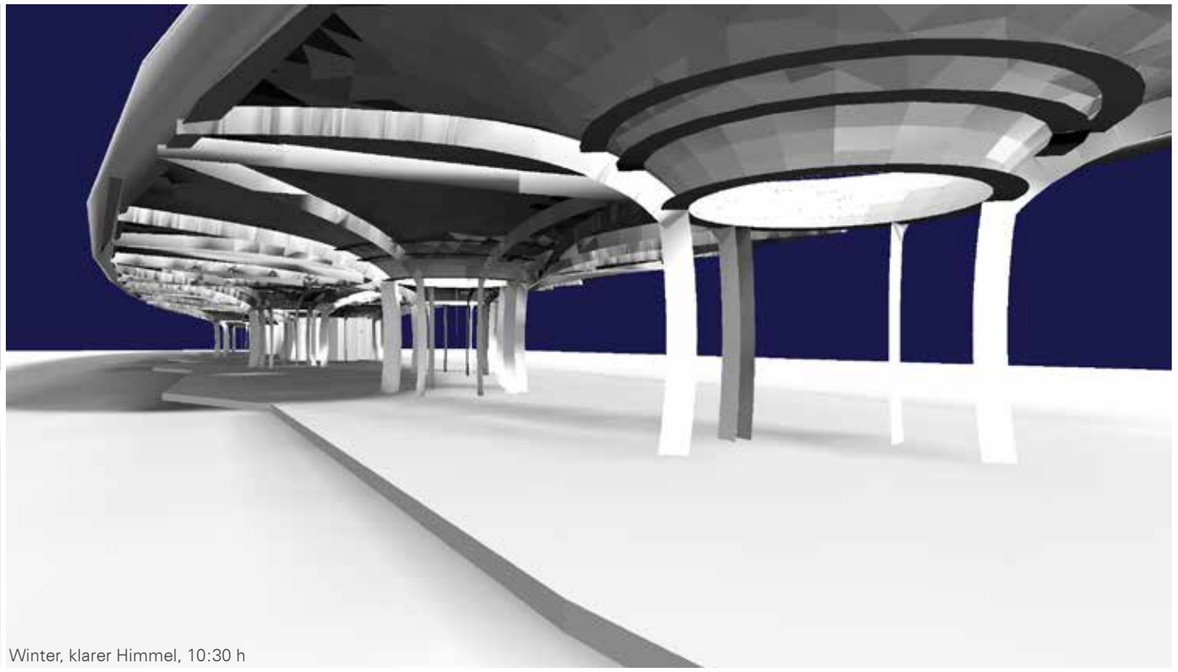
Sommer, bedeckter Himmel, 10:30 h



Sommer, klarer Himmel, 10:30 h

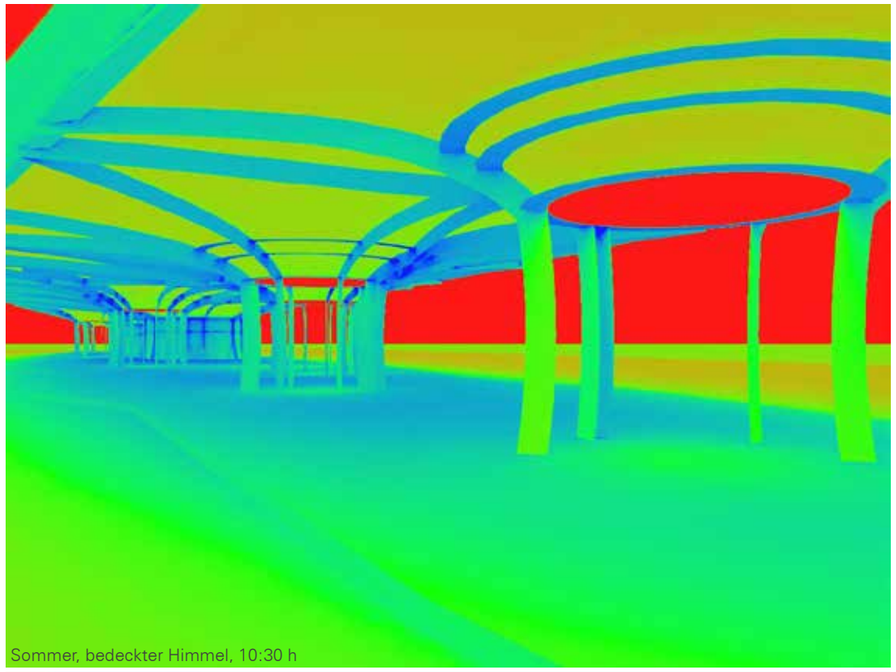


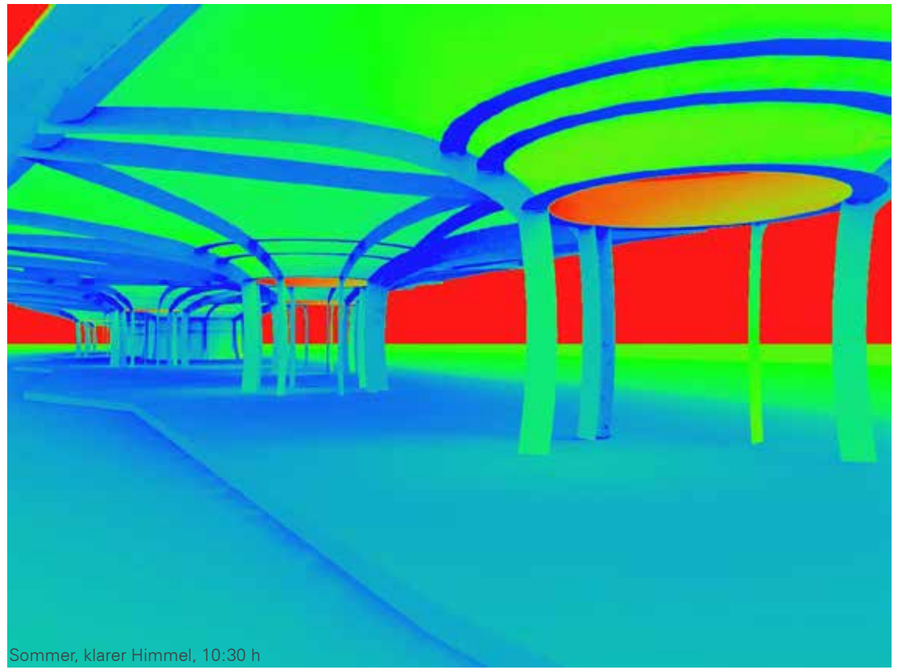
Winter, bedeckter Himmel, 10:30 h

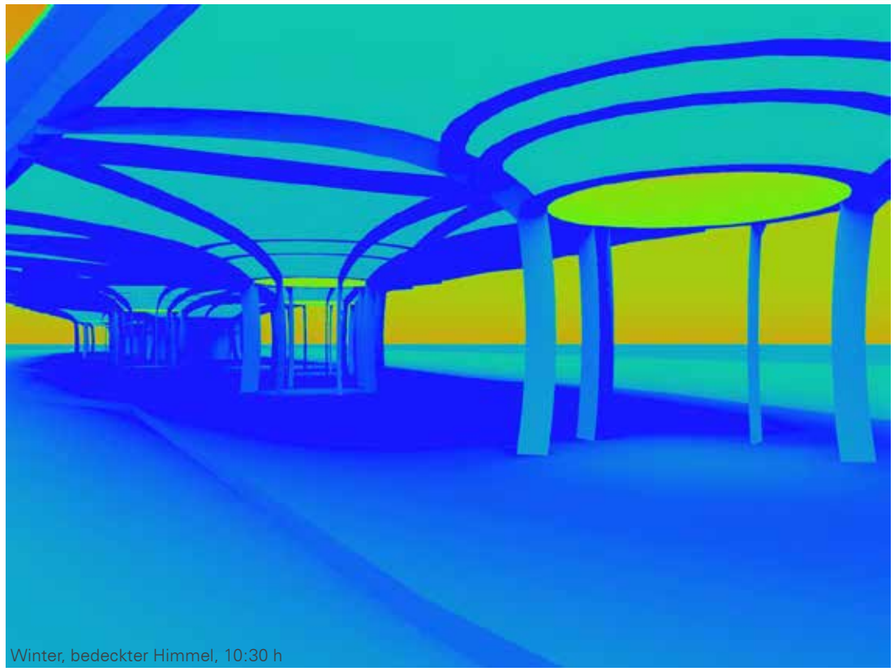


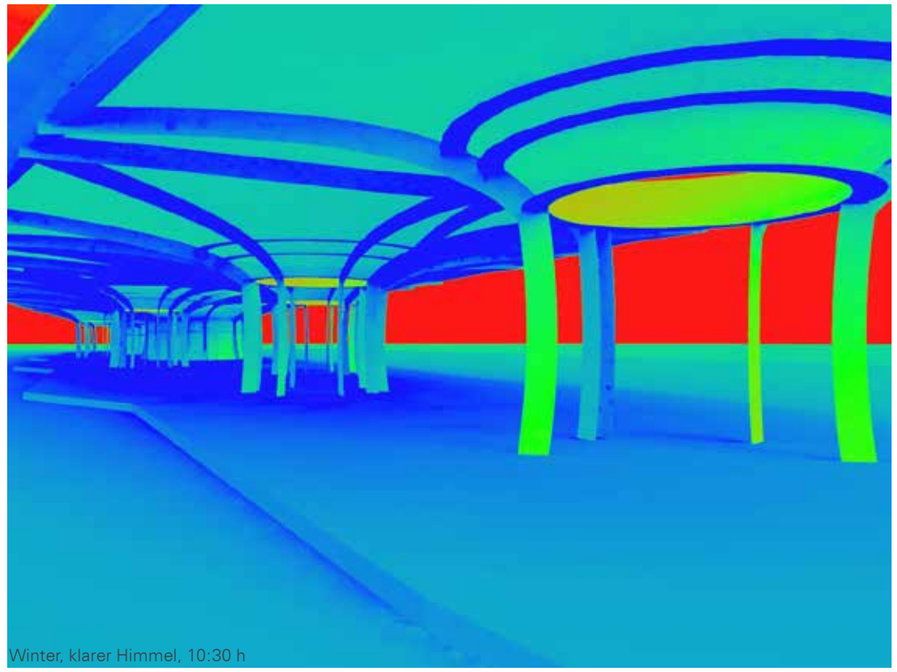
Winter, klarer Himmel, 10:30 h

**Tageslicht - Falschfarben Leuchtdichte**
**Ansicht 3**

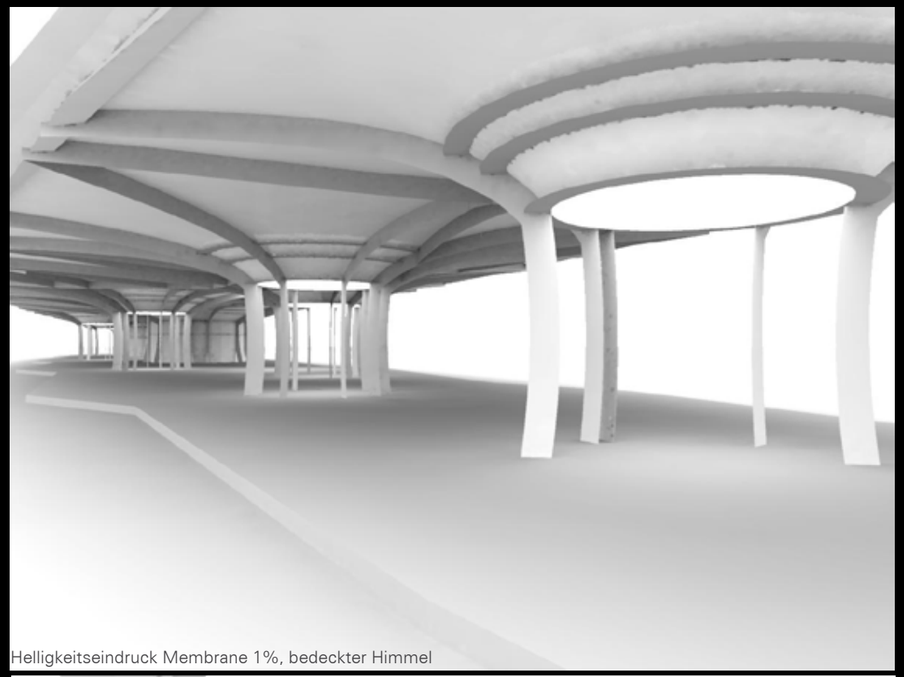


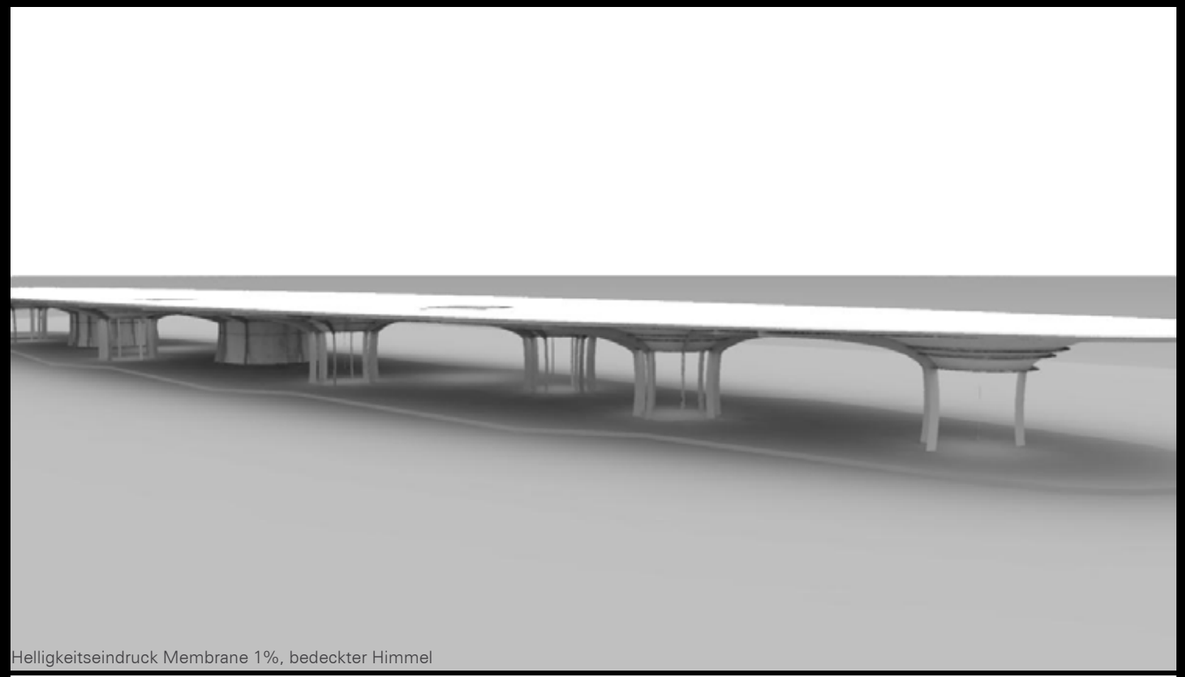



**Visualisierung Materialien mit Tageslicht - bedeckter Himmel**

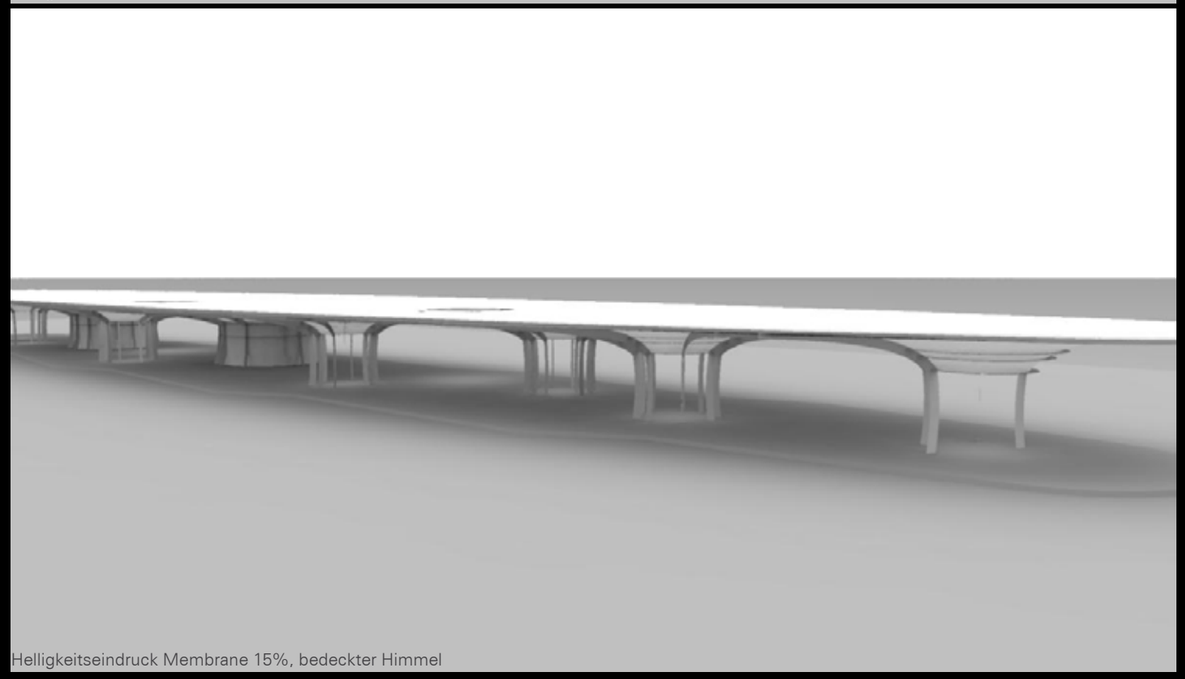


Helligkeitseindruck Membrane 1%, bedeckter Himmel



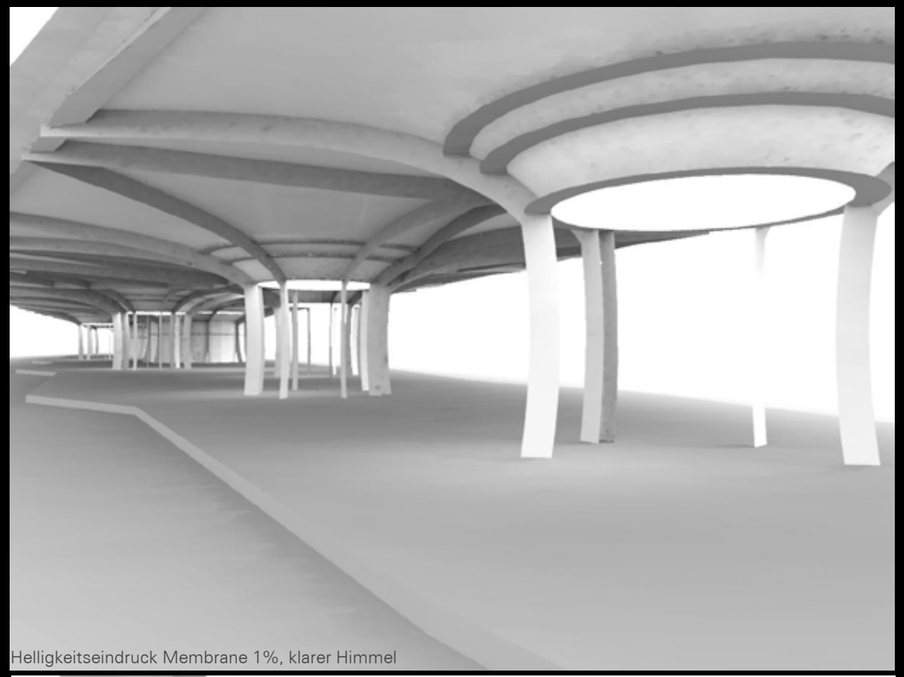
Helligkeitseindruck Membrane 1%, bedeckter Himmel

Helligkeitseindruck Membrane 15%, bedeckter Himmel

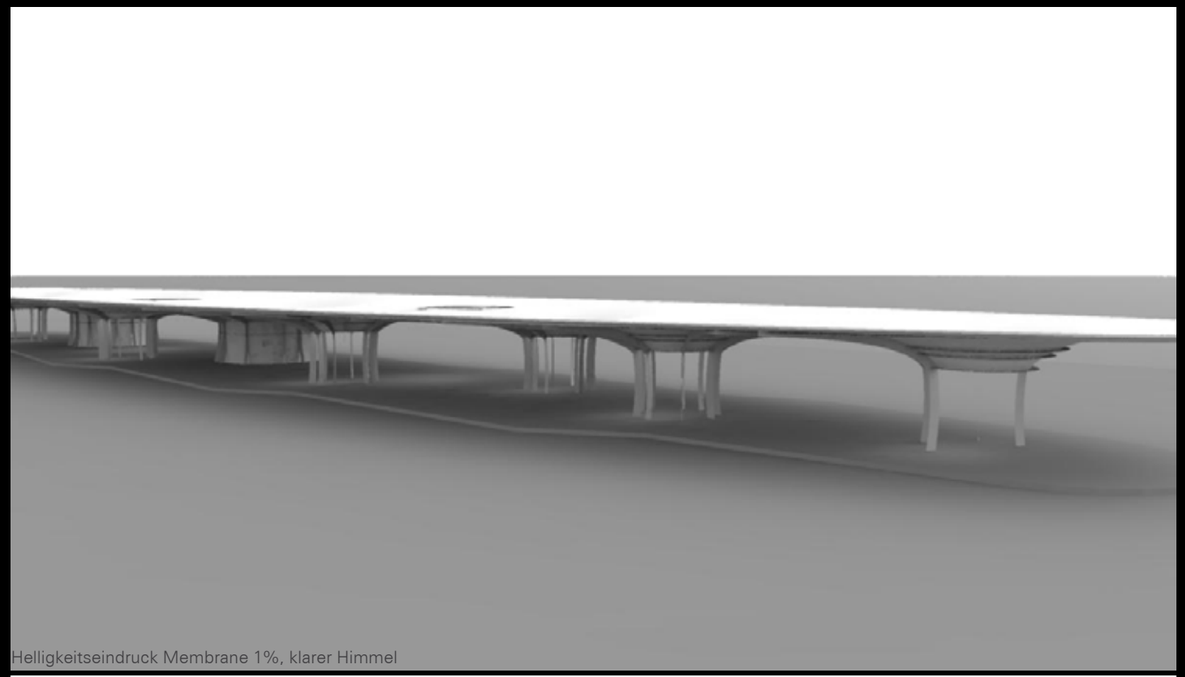


Helligkeitseindruck Membrane 15%, bedeckter Himmel

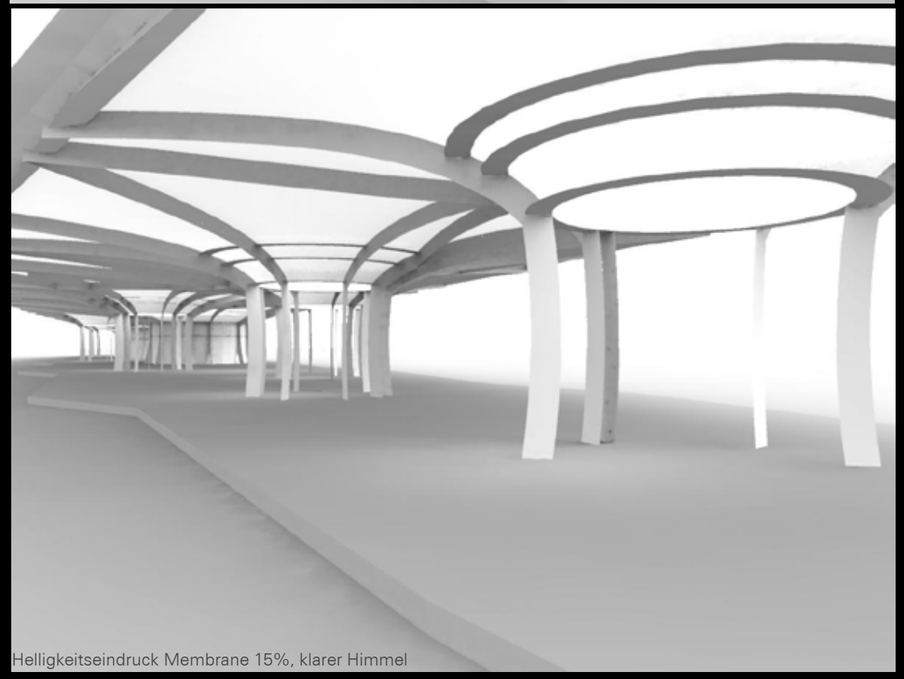
**Visualisierung Materialien mit Tageslicht - klarer Himmel**



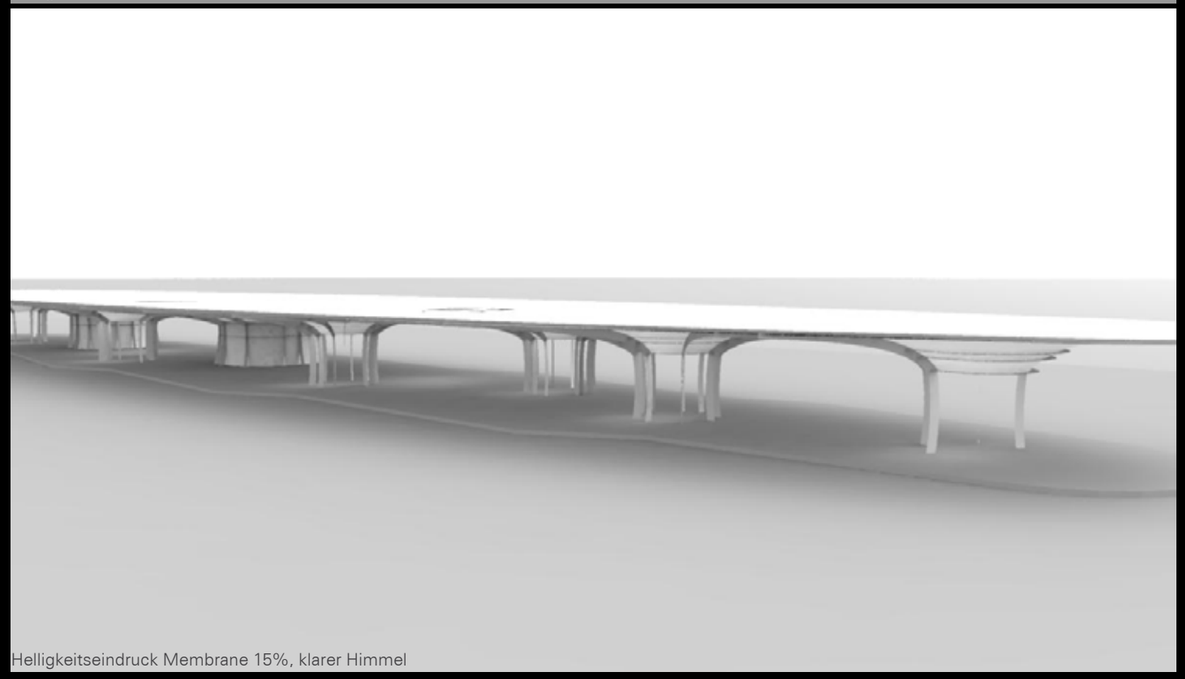
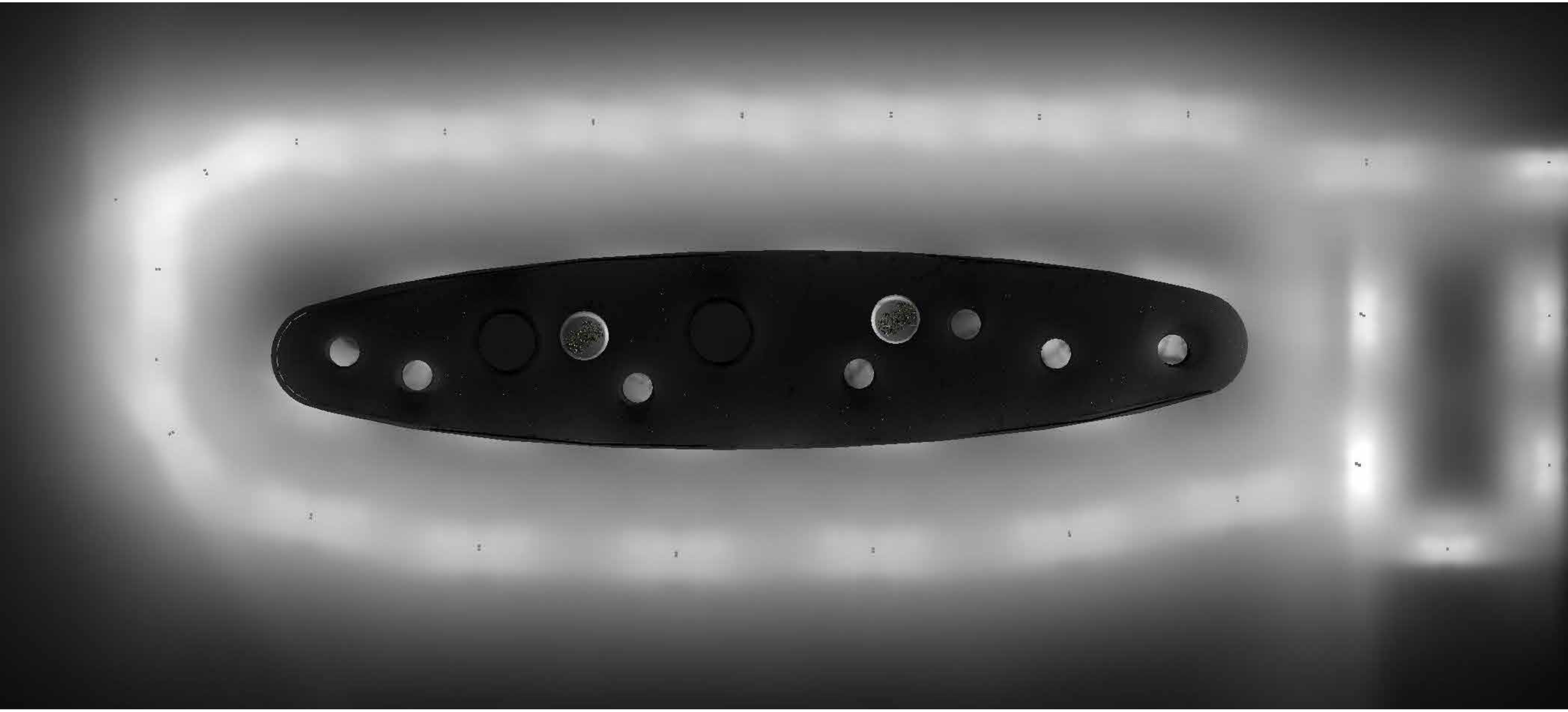
Helligkeitseindruck Membrane 1%, klarer Himmel



Helligkeitseindruck Membrane 1%, klarer Himmel



Helligkeitseindruck Membrane 15%, klarer Himmel



Helligkeitseindruck Membrane 15%, klarer Himmel