

## **Prognose von Lichtimmissionen**

<b>Auftraggeber:</b>	Stadt Paderborn Amt für Umweltschutz und Grünflächen Pontanusstraße 55 33102 Paderborn
<b>Vorhaben:</b>	Aufstellung des B-Plans Nr. 307 "ZOH-Westernmauer"
<b>Standort des Vorhabens:</b>	Friedrichstraße/Westernmauer Paderborn (NRW)
<b>Projektnummer:</b>	553391122
<b>Durchgeführt von:</b>	DEKRA Automobil GmbH Industrie, Bau und Immobilien Dr. rer. nat. Lutz Boberg Oldentruper Straße 131 D-33605 Bielefeld Telefon: +49.521.92795-84 E-Mail: lutz.boberg@dekra.com BO
<b>Auftragsdatum:</b>	25.08.2017
<b>Berichtsumfang:</b>	13 Seiten Textteil und 5 Seiten Anhang
<b>Aufgabenstellung:</b>	Lichttechnische Untersuchung zur Verlagerung der Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) in Paderborn an die Friedrichstraße / Bereich Westernmauer

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1 Zusammenfassung	3
2 Beauftragung	4
3 Aufgabenstellung	4
4 Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen	4
5 Beschreibung der Örtlichkeiten	5
6 Immissionspunkte und Immissionsrichtwerte	5
7 Beschreibung der geplanten ZOH	6
7.1 Beleuchtungsanlage	6
7.2 Zahl der zu erwartenden Busbewegungen	7
8 Ermittlung der Lichtimmissionen	8
8.1 Allgemeines	8
8.2 Berechnungsverfahren Beleuchtungsstärke	9
8.3 Ergebnisse Beleuchtungsstärke	9
8.4 Berechnungsverfahren Leuchtdichte	10
8.5 Ergebnisse Blendmaße	12
9 Schlusswort	13

Anlagen: I - IV

## **1 Zusammenfassung**

Die Stadt Paderborn plant im Zusammenhang mit der Aufstellung des B-Plans Nr. 307 „ZOH-Westernmauer“ die Verlagerung der Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) an die Friedrichstraße in Paderborn, Bereich Westernmauer. Relevante Lichtimmissionen sind nach Inbetriebnahme durch die Beleuchtungsanlage der ZOH (Bereich Promenade) sowie durch die Scheinwerfer der an- und abfahrenden sowie parkenden Busse zu erwarten.

Beidseitig der Friedrichstraße liegen mehrgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser sowie ein Hotel. Für diese Bereiche besteht gemäß Bebauungsplan der Schutzanspruch eines Kerngebietes.

Im Rahmen einer lichttechnischen Untersuchung sind die Lichtimmissionen durch die o. g. Emittenten auf der Grundlage der Lichtleitlinie der LAI [2] zu ermitteln, wobei zum einen die Beleuchtungsstärke und zum anderen die Blendmaße an den relevanten Immissionspunkten zu prognostizieren sind. Die ermittelten Werte sind mit den Immissionsrichtwerten des Lichtimmissionserlasses des Landes NRW zu vergleichen.

Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Die Immissionsrichtwerte für die Beleuchtungsstärke sowie für das Blendmaß können durch die vorgesehene Beleuchtungsanlage im Bereich der ZOH (Bereich Promenade) unter Berücksichtigung des vorliegenden Beleuchtungskonzeptes während der Tages- und Nachtzeit eingehalten werden.
- Die Immissionsrichtwerte für das Blendmaß können durch die an- und abfahrenden sowie parkenden Busse unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Bewegungszahlen ebenfalls während der Tages- und Nachtzeit eingehalten werden.

Eine abschließende immissionsschutzrechtliche Beurteilung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

## 2 Beauftragung

Am 25.08.2017 wurde die DEKRA Automobil GmbH von der Stadt Paderborn aus 33102 Paderborn mit der Durchführung der vorliegenden lichttechnischen Untersuchung beauftragt.

## 3 Aufgabenstellung

Die Stadt Paderborn plant im Zusammenhang mit der Aufstellung des B-Plans Nr. 307 „ZOH-Westernmauer“ die Verlagerung der Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) an die Friedrichstraße in Paderborn, Bereich Westernmauer. Relevante Lichtimmissionen sind nach Inbetriebnahme durch die Beleuchtungsanlage der ZOH (Bereich Promenade) sowie durch die Scheinwerfer der an- und abfahrenden sowie parkenden Busse zu erwarten.

Beidseitig der Friedrichstraße liegen mehrgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser sowie ein Hotel. Für diese Bereiche besteht gemäß Bebauungsplan der Schutzanspruch eines Kerngebietes.

Im Rahmen einer lichttechnischen Untersuchung sind die Lichtimmissionen durch die o. g. Emittenten auf der Grundlage der Lichtleitlinie der LAI [2] zu ermitteln, wobei zum einen die Beleuchtungsstärke und zum anderen die Blendmaße an den relevanten Immissionspunkten zu prognostizieren sind. Die ermittelten Werte sind mit den Immissionsrichtwerten des Lichtimmissionserlasses des Landes NRW zu vergleichen.

## 4 Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen

Der Bearbeitung liegen die folgenden Richtlinien und Vorschriften und weitere, projektbezogene Unterlagen zugrunde:

- |                |   |
|----------------|---|
| [1] Richtlinie | Rd. Erlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz – V-5 8800.4.11 – und des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr – VI.I – 850 (12/2014) |
| [2] Richtlinie | Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen – Lichtleitlinie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (10/2014)   |

- |              |  |
|--------------|--|
| [3] Bericht  | Verkehrstechnischer Bericht des Ingenieurbüros brenner BERNHARD ingenieure GmbH, vom 21.04.2017                    |
| [4] Bericht  | Beleuchtungskonzept der Westfalen Weser Netz GmbH vom 14.11.2017 für die geplante ZOH Paderborn, Bereich Promenade |
| [5] Lageplan | Entwurfsplanung der brenner BERNHARD ingenieure GmbH, von 23.05.2016 (Basisvariante 6.3)                           |

## **5 Beschreibung der Örtlichkeiten**

Die Lage der geplanten Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) an der Friedrichstraße in Paderborn, Bereich Westernmauer ist der Anl. I zu entnehmen. Ebenso ist die Lage der Promenade gekennzeichnet, die eine eigene Beleuchtungsanlage erhalten wird.

Westlich der ZOH verläuft die Friedrichstraße, östlich die Straße Westernmauer. Beide Straßen sind gesäumt durch mehrgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser sowie ein nordöstlich gelegenes Hotelgebäude.

Das Gelände weist keine lichttechnisch relevanten Steigungen auf.

## **6 Immissionspunkte und Immissionsrichtwerte**

Im Hinblick auf Lichtimmissionen sind Wohn- und Büronutzungen im EG (gegenüber den Nutzungen in den OG) als die ungünstigere Situation anzusehen, da sie zum einen von den Mastleuchten der geplanten Beleuchtungsanlage durch die Abstrahlcharakteristik am meisten betroffen sind und zum anderen vorwiegend in einem möglichen Fokus von Scheinwerfern der an- und abfahrenden bzw. parkenden Busse liegen. Da weiterhin durch Wohnnutzungen (gegenüber Büro- oder Geschäftsnutzungen) der höhere Schutzanspruch ausgelöst wird (nämlich der Schutzanspruch für die Nachtzeit, der bei Büro- und Geschäftsräumen nicht zum Tragen kommt) wird sich die Untersuchung im Folgenden auf die Prognose der Lichteinwirkungen im Bereich der Wohnnutzungen beschränken.

Mögliche betroffene Wohnnutzungen im EG im Umfeld der geplanten ZOH sind in Anl. I und II gekennzeichnet. Als ungünstigste Immissionspunkte, die darüber hinaus als exemplarisch und repräsentativ angesehen werden können, da sich die Ergebnisse auf weitere Wohnnutzungen übertragen lassen, werden die Immissionspunkte IP1 - IP3

betrachtet (s. Anl. I).

Für die o. g. Immissionspunkte ergibt sich gemäß B-Plan sowie in Abstimmung mit der Stadt Paderborn der Schutzanspruch eines Kerngebietes (s. a. schalltechnische Untersuchung). Die Immissionsrichtwerte für ein Kerngebiet gemäß Lichtimmissionserlass [2] sind der folgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1 – Betrachtung Immissionspunkte und –richtwerte**

Immissionspunkt	Schutzanspruch	Immissionsrichtwert	
<b>Beleuchtungsstärke E [Ix]</b>			
		tags 06.00 – 22.00 Uhr	nachts 22.00 – 06.00 Uhr
IP1, IP2, IP3	Kerngebiet	15	5
<b>Blendmaß k</b>			
		tags 06.00 – 22.00 Uhr	nachts 22.00 - 06.00 Uhr
IP1, IP2, IP3	Kerngebiet	---	160

Anmerkung:

In Kerngebieten ist während der Tageszeit für das Blendmaß k kein Immissionsrichtwert vorgegeben.

## 7 Beschreibung der geplanten ZOH

Die Lage der geplanten Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) an der Friedrichstraße in Paderborn, Bereich Westernmauer ist der Anl. I zu entnehmen. Die Haltestellen für Busse sind grau hinterlegt. Im Bereich der Promenade befinden sich 6 Haltestellen auf der Westseite, die von der Friedrichstraße aus angefahren werden. Auf der Ostseite befinden sich weitere 6 Haltestellen, die von Norden aus über die Straße Westernmauer im Einbahnstraßenverkehr angefahren werden. Weiterhin sind im südlichen Bereich (südlich der Anschlussstelle Alte Torgasse) 2 Halteplätze vorhanden.

### 7.1 Beleuchtungsanlage

Die Beleuchtung des öffentlichen Verkehrsraumes, insbesondere im Bereich Friedrichstraße und Westernmauer, dient der Verkehrssicherungspflicht und fällt grundsätzlich nicht in den Anwendungsbereich des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Sie fällt damit

auch nicht in den Beurteilungsbereich des Lichtimmissionserlasses NRW. Auf eine Untersuchung wird daher im Folgenden verzichtet.

Gemäß Angaben der Stadt Paderborn soll es sich allerdings bei der geplanten Zentralen Omnibus Haltestelle (ZOH) um eine Verkehrsfläche mit besonderer Zweckbestimmungen handeln. Unter diesem Gesichtspunkt wird daher die geplante Beleuchtungsanlage entlang der Promenade (obwohl auch öffentlicher Verkehrsraum) auf der Grundlage des Lichtimmissionserlasses NRW einer entsprechenden Prüfung unterzogen. Hiermit ist jedoch keine Aussage darüber verbunden, dass ein entsprechender Schutzanspruch der Nachbarschaft im Hinblick auf die Beleuchtungsanlage tatsächlich existiert.

Das Konzept der Beleuchtungsanlage nach derzeitigem Stand ist der Anl. II zu entnehmen. Es handelt sich um insgesamt 8 Mastleuchten mit einer Lichtpunkthöhe von  $h = 5,06$  m. Geometrie und Leuchtentyp gemäß vorliegendem lichttechnischen Konzept sind der Anl. III zu entnehmen. Es wird davon ausgegangen, dass die Beleuchtungsanlage auch während der Nachtzeit betrieben wird.

## **7.2 Zahl der zu erwartenden Busbewegungen**

Auch für Verkehrsbewegungen im öffentlichen Raum gilt, dass die hierdurch bedingten Lichtimmissionen nicht in den Anwendungsbereich des Bundesimmissionsschutzgesetzes fallen und somit nicht gemäß Lichtimmissionserlass zu beurteilen bzw. zu bewerten sind. Mit der gleichen Argumentation wie unter Pkt. 7.1 sollen jedoch davon unabhängig die durch die ZOH bedingten Busbewegungen sowie die damit verbundenen Lichteinwirkungen auf der Grundlage des Lichtimmissionserlasses [2] geprüft und bewertet werden. Auch in diesem Fall ist hiermit keine Aussage verbunden, dass ein Schutzanspruch gegen Lichteinwirkungen durch an- und abfahrende sowie parkende Busse tatsächlich gegeben ist.

Gemäß verkehrstechnischer Untersuchung ist im Hinblick auf den Busverkehr der ZOH von folgenden Bewegungszahlen auszugehen.

### **Tageszeit**

- Westernmauer: 935 Kfz/16 h
- Anteil des Lkw- und Busverkehrs: 75 %
- Anteil der hier verkehrenden Busse: ca. 70 %

- Somit 655 Busbewegungen/16 h
- Somit 41 Busbewegungen/h im Durchschnitt
- Da auf der Seite der Friedrichstraße verteilt auf den gesamten Tag etwa 18 % mehr Busfahrten zu verzeichnen sind, wird dieser Prozentsatz auch für die Tageszeit zwischen 06.00 – 22.00 Uhr zugrunde gelegt, so dass sich an der Friedrichstraße 48 Busbewegungen/h ergeben.

### **Nachtzeit**

- Westernmauer: 57 Kfz/8 h
- Lkw- und Busanteil: 81 %. Es wird davon ausgegangen, dass während der Nachtzeit praktisch nur noch Busse verkehren, so dass sich ein Busanteil von 81 % ergibt.
- Somit 46 Busbewegungen/8 h
- Im Hinblick auf die stündlichen Busbewegungen wird davon ausgegangen, dass das höchste Aufkommen zwischen 22.00 – 23.00 Uhr liegen dürfte. Hier wird zur Abschätzung auf der sicheren Seite angenommen, dass 50 % der nächtlichen Busbewegungen in diesem Zeitraum stattfinden, somit 23 Busbewegungen zwischen 22.00 – 23.00 Uhr.
- Auf der Seite der Friedrichstraße ergibt sich mit der gleichen Argumentation wie während der Tageszeit eine Zahl von 27 Busbewegungen zwischen 22.00 – 23.00 Uhr.

## **8 Ermittlung der Lichtimmissionen**

### **8.1 Allgemeines**

Lichtimmissionen gehören nach dem BImSch-Gesetz zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß und Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile und/oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft herbeizuführen.

Z. Zt. werden die Auswirkungen von Lichtimmissionen in den o. g. Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz und im Lichtimmissionserlass NRW geregelt.

Lichtimmissionen als Umwelteinwirkungen machen sich für die Betroffenen in folgender Weise bemerkbar:

- **Raumaufhellung:** Aufhellung des Wohnbereiches, insbesondere des Schlafzimmers, aber auch des Wohnzimmers, der Terrasse oder des Balkons durch die in der

Nachbarschaft vorhandene Beleuchtungsanlage, die zu einer eingeschränkten Nutzung dieser Wohnbereiche führt. Die Aufhellung wird durch die mittlere Beleuchtungsstärke  $E_F$  beschrieben.

- **Blendung:** Eine Störwirkung durch Blendung durch starke Lichtquellen in der Nachbarschaft kann auch dann gegeben sein, wenn aufgrund großer Entfernungen der Lichtquelle keine übermäßige Aufhellung erzeugt wird (s. o.). Für die Störwirkung ist die mittlere Leuchtdichte  $L_s$ , die Umgebungsleuchtdichte  $L_u$  und der Raumwinkel (vom Betroffenen aus gesehen) maßgebend.

Anmerkung:

- Bei Lichtimmissionen durch Kfz-Scheinwerfer sind aufgrund der nur kurzfristigen Lichteinwirkung im Allgemeinen keine relevanten Aufhellungen der untersuchten Nutzungsbereiche gegeben. Aus lichttechnischer Sicht ist die Blendwirkung die entscheidende Größe. Bei der Berechnung der Beleuchtungsstärke an den betrachteten Immissionspunkten kann daher im Folgenden ein Beitrag durch die Kfz-Scheinwerfer unberücksichtigt bleiben.

## 8.2 Berechnungsverfahren Beleuchtungsstärke

Die durch die Beleuchtungsanlage für die Promenade bedingten Beleuchtungsstärken an den betrachteten Immissionspunkten wurden mit Hilfe der Rechensoftware Calculux der Firma Phillips Lighting ermittelt. Zugrunde liegen die aus Anl. III ersichtlichen Beleuchtungsparameter und die den Leuchten zugeordneten Lichtemissionen gemäß Emissions-Datenfile der Firma Siteko (Leuchtenhersteller). Nach Angaben der Westfalen Weser Netz GmbH wird weiterhin für die Berechnungen ein Lichtstrom von 2.040 lm/Leuchte zugrunde gelegt.

## 8.3 Ergebnisse Beleuchtungsstärke

Die Ergebnisse der Beleuchtungsstärkeprognose an den Immissionspunkten IP1 – IP3 sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst. Farbige Lichtanteile sind nicht zu erwarten. Ebenso handelt es sich um eine konstante, nicht veränderliche Lichteinwirkung. Störwirkungen durch farbige Lichtanteile oder durch Veränderungen der Lichtstärke sind damit nicht gegeben.

**Tabelle 2 – Beleuchtungsstärke an den betrachteten Immissionspunkten durch die Beleuchtungsanlage der Promenade in lx**

	IP1	IP2	IP3
tags 06.00 – 22.00 Uhr			
Beleuchtungsanlage	0,5	0,5	0,3
Immissionsrichtwert tags	15	15	15
nachts 22.00 – 06.00 Uhr			
Beleuchtungsanlage	0,5	0,5	0,3
Immissionsrichtwert nachts	5	5	5

Die Auswertung der Tabelle 2 zeigt, dass unter Berücksichtigung des zugrunde liegenden Beleuchtungskonzeptes für den Bereich der Promenade die jeweiligen Immissionsrichtwerte für die Beleuchtungsstärke während der Tages- und Nachtzeit eingehalten werden können. Auch bei einer Verdopplung der oben prognostizierten Lichtimmissionen ist nicht mit einer Überschreitung der jeweils vorgegebenen Immissionsrichtwerte zu rechnen. Diese Aussage ist auf die weiteren Wohn- und Büronutzungen im Umfeld übertragbar.

#### 8.4 Berechnungsverfahren Leuchtdichte

##### Beleuchtungsanlage der Promenade

Die durch die Beleuchtungsanlage der Promenade bedingten Leuchtdichten an den betrachteten Immissionspunkten ergeben sich mit Hilfe der Rechensoftware Calculux der Firma Phillips Lighting unter Berücksichtigung

- der in Anl. III aufgezeigten Beleuchtungsparameter
- der Lichtaustrittsfläche der Leuchten (0,032 m<sup>2</sup>)
- der Ausrichtung der Leuchten im Hinblick auf die jeweiligen Immissionspunkte
- der Entfernung der Leuchten von den Immissionspunkten
- und der Umgebungsleuchtdichte

Für die Umgebungsleuchtdichte wurde im vorliegenden Fall (Lichtquellenhöhe 5 m, innerstädtische Lage, mehrgeschossige Fassaden im Umfeld) ein Wert von  $L_U = 0,5 \text{ dc/m}^2$  angesetzt. Die durchgeführten Berechnungen sind in Anl. IV dokumentiert.

### **Busscheinwerfer**

Zur Beurteilung der durch Busscheinwerfer bedingten Lichtimmissionen existieren z. Zt. keine allgemein gültigen Beurteilungsgrundlagen. Der Lichtimmissionserlass bezieht sich schwerpunktmäßig auf stationäre Lichtquellen. Da der Lichtimmissionserlass jedoch in der Rechtsprechung zur Beurteilung von Kfz bedingten Lichtimmissionen herangezogen wurde und andere Beurteilungsgrundlagen nicht existieren, wird der Erlass im Folgenden zur Beurteilung der Lichtimmissionen durch Busscheinwerfer herangezogen.

Den Berechnungen liegen dabei folgende Voraussetzungen und Annahmen zugrunde:

- Berechnungsverfahren gemäß Lichtimmissionserlass bzw. Lichtleitlinie [2].
- Lichtemissionen der Scheinwerfer: gemäß Regelung Nr. 112 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen von Europa (UN/ECE) sowie typischen Iso-Lux-Diagrammen für Kfz-Scheinwerfer. Die jeweilige Leuchtdichte L des Scheinwerfers ergibt sich in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel.
- Mittlere Höhe eines Busscheinwerfers über Boden: ca. 90 cm
- Mittlere Lichtaustrittsfläche eines durchschnittlichen Busscheinwerfers: Kreisfläche mit einem Durchmesser von ca. 10 cm
- Für veränderliches Licht sind die ermittelten Blendmaße mit einem Faktor 2 – 5 zu multiplizieren. Im Folgenden wird lediglich der Faktor 2 zugrunde gelegt, da es sich nicht um blitzlichtartige Vorgänge bzw. schnelle Folgefrequenzen des Wechsellichtes handelt.
- Die nur kurzfristige Einwirkzeit der Busscheinwerfer auf einen bestimmten Immissionspunkt lässt sich wie folgt abschätzen (s. Anl. II):
  - Einwirkzeit auf den Immissionspunkt IP1 auf dem Fahrweg F1 durch rechts überhöhte Scheinwerfer (ungünstigster Fall): 1,5 sec./Bus
  - Ausscheren eines Busses in Richtung des Immissionspunktes IP3 auf Fahrweg F2 (keine Rechtsüberhöhung): ca. 5 sec./Bus
  - Einwirkzeit auf den Immissionspunkt IP3 durch einen parkenden Bus im Bereich P1 (keine Rechtsüberhöhung): max. 300 sec./Bus
  - Hieraus ergibt sich eine tatsächliche Lichteinwirkzeit für die einzelnen Immissionspunkte aus der Zahl der jeweils verkehrenden Busse, wobei die Gesamtzahl der pro Stunde verkehrenden Busse gleichmäßig auf die Haltestellen verteilt wird (s. Pkt. 7 und Anl. IV).
  - Gemäß Lichtimmissionserlass kann eine entsprechend angepasste Bewertung im Hinblick auf die verringerte Einwirkzeit der Busscheinwerfer (gegenüber konstantem Licht) vorgenommen werden. Im Folgenden werden die ermittelten Blendmaße daher mit der Lichteinwirkzeit je Immissionspunkt, bezogen auf 1 h,

gewichtet. Ein solches Verfahren wird gewählt, weil sich der Lichtimmissionserlass eigentlich auf konstantes Licht mit längerer Einwirkdauer bezieht.

- Umgebungsleuchtdichte:  $1,0 \text{ cd/m}^2$ , da die Lichtquellen aufgrund ihrer Höhe in einem relativ aufgehellten Bereich liegen.

Die durchgeführten Berechnungen mit den o. g. Parametern sind in Anl. IV dokumentiert.

## **8.5 Ergebnisse Blendmaße**

Die Ergebnisse der Berechnungen für das Blendmaß sind der Anl. IV zu entnehmen. Wie sich zeigt, werden die gemäß Lichtimmissionserlass vorgegebenen Blendmaße durch die Beleuchtungsanlage im Bereich der Promenade sowie durch die Busscheinwerfer unter Berücksichtigung des vorliegenden Beleuchtungs- und Verkehrskonzeptes eingehalten. Dies gilt auch bei einer Verdopplung der zugrunde liegenden Bus-Bewegungen. Die Aussage ist auf die weiteren Wohn- und Büronutzungen im Umfeld übertragbar.

## **9 Schlusswort**

Eine abschließende immissionsschutzrechtliche Beurteilung bleibt der zuständigen Behörde vorbehalten.

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das genannte Vorhaben im beschriebenen Zustand. Eine Übertragung auf andere Vorhaben ist nicht zulässig.

Eine auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes darf nur nach schriftlicher Genehmigung der DEKRA Automobil GmbH erfolgen.

Bielefeld, 27.11.2017

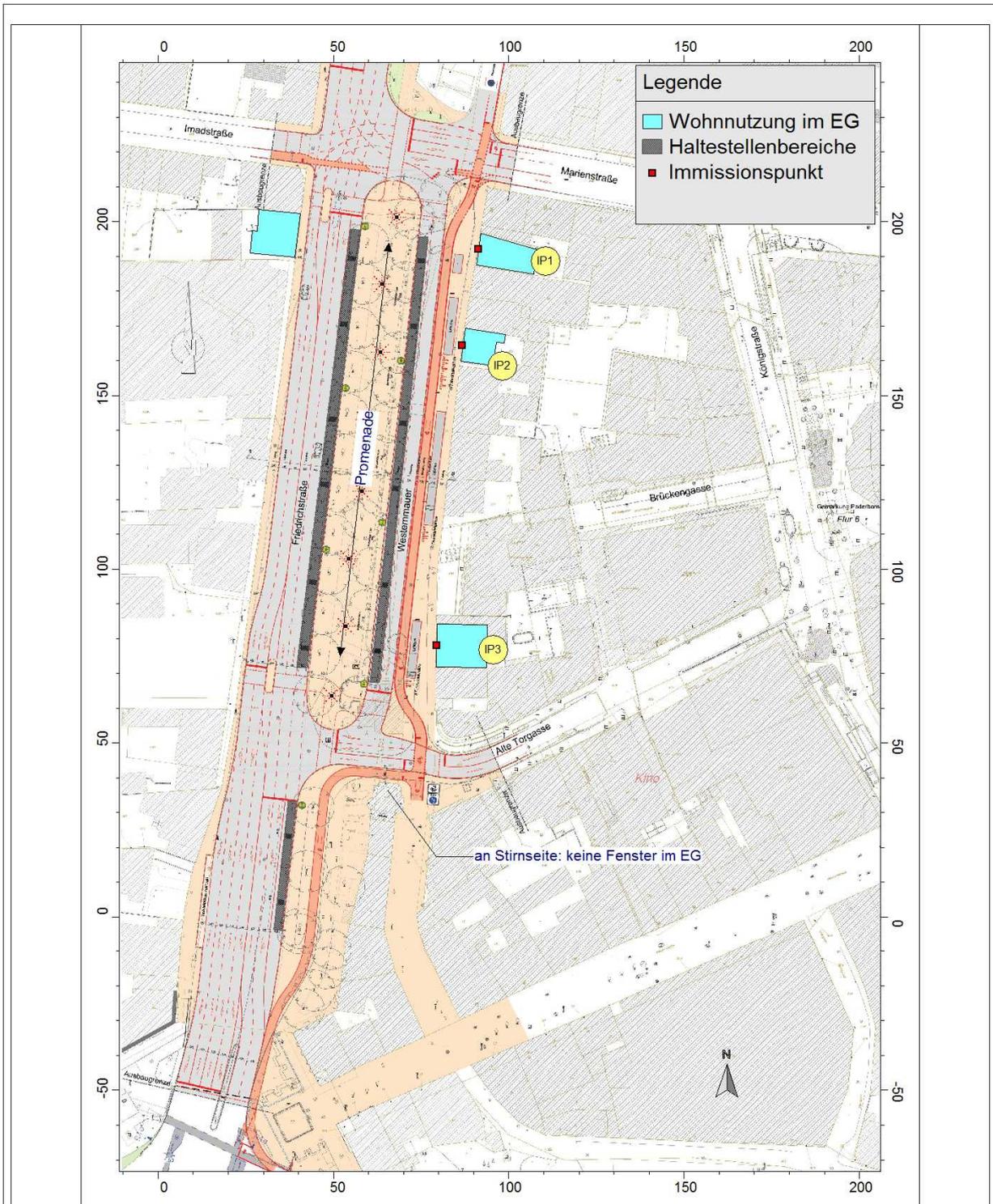
DEKRA Automobil GmbH  
Industrie, Bau und Immobilien

Sachverständiger

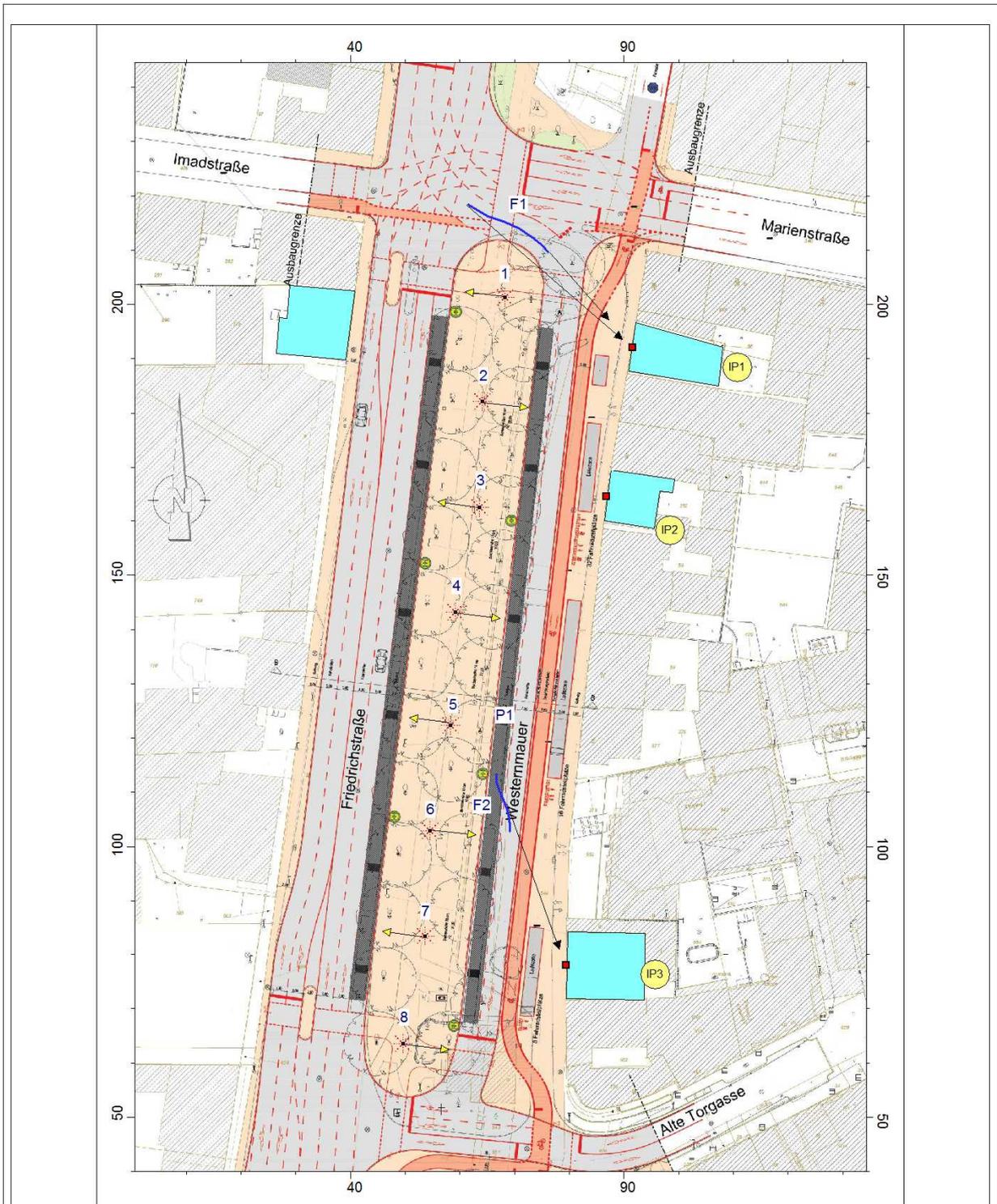
Projektleiter

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Möller

Dr. rer. nat. Lutz Boberg



Lageplan



**Fahrbereiche F1, F2 und P1  
Leuchtenpositionen 1 - 8 (Promenade)**

**Installationsdaten Beleuchtungsanlage**

Projektleuchten:				
Code	Anzahl	Leuchtyp	Lampentyp	Lichtstrom (lm)
A	8	Streetlight 10 mini LED, P1.0a	1 * LED 4000K / CRI >= 70	1 * 2040

**Leuchtenanordnung und Ausrichtung**

---

Anz. Code	Position			Ausrichtwinkel		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Dreh.C	Neig.A	Neig.B
1 * A	49.71	63.43	5.06	-7.0	0.0	0.0
1 * A	53.72	83.41	5.06	173.0	0.0	0.0
1 * A	54.63	102.77	5.06	-7.0	0.0	0.0
1 * A	58.33	122.18	5.06	173.0	0.0	0.0
1 * A	59.28	143.00	5.06	-7.0	0.0	0.0
1 * A	63.69	162.36	5.06	173.0	0.0	0.0
1 * A	64.10	182.10	5.06	-7.0	0.0	0.0
1 * A	68.30	201.20	5.06	173.0	0.0	0.0

### Leuchtdichteproggnose Außenbeleuchtung

Lichtstärke:  $I$

Leuchtdichte:  $L = I / F'$

Lichtaustrittsfläche / Projektion:  $F' = F \cdot \sin(\alpha)$

F: Lichtaustrittsfläche  
 $\alpha$ : Neigungswinkel Leuchte  
 $\alpha$ : Winkel Leuchte-Immissionspunkt /  $\alpha = \arctan((h_L - h_I) / s)$   
 $h_L$ : Höhe Leuchte  
 $h_I$ : Höhe Immissionspunkt IP  
s: Entfernung Leuchte-IP

Blendmaß:  $k_s = L \cdot s / L_U = L / s \cdot F' / L_U \cdot k$

k: Immissionsrichtwert  
 $L_U$ : Umgebungsleuchtdichte

Immissionspunkt IP	IP2	IP2	IP2	IP2	IP2	IP2
Zeitraum	nachts	nachts	nachts	nachts	nachts	nachts
Leuchte	1	2	3	4	5	6
Umgebungsleuchtdichte $L_U$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lichtstärke I	16	10	4	28	12	77
Entfernung Leuchte - IP s	41	29	24	35	51	70
Höhe IP $h_I$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Höhe Leuchte $h_L$	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Lichtaustrittsfläche F	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
Neigung Leuchte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Winkel Leuchte - IP	5,0	7,0	8,4	5,8	4,0	2,9
resultierende Fläche $F'$	0,0028	0,0039	0,0047	0,0032	0,0022	0,0016
Raumwinkel Leuchte	0,000016	0,000046	0,000082	0,000026	0,000010	0,000010
Leuchtdichte L	5780	2565	852	8647	4614	15714
Blendmaß $k_s$	10	8	3	20	7	22
Immissionrichtwert k	160	160	160	160	160	160

### Leuchtdichteprognose Busscheinwerfer

Lichtstärke Scheinwerfer:	$I = E_{25} \cdot s^2$	$s = 25\text{m}$
Leuchtdichte:	$L = I / F$	$F = \pi \cdot r^2$ F: Scheinwerferfläche mit $r = 0,05\text{ m}$
>>	$L = E_{25} \cdot s^2 / F = 79577 \cdot E_{25}$	
Zeitfaktor:	$k_t = n \times t / 3600\text{s}$	(wichtet L)
	n: Zahl der Fahrbewegungen Richtung IP pro Stunde	
	t: Einwirkzeit je Kfz auf den Immissionspunkt in s	
Wechsellicht:	$k_w = 2$	(wichtet L)
:	Winkel Scheinwerfer-Immissionspunkt / = $\arctan((h_i - h_L) / s)$	
$h_L$ :	Höhe Scheinwerfer	
$h_i$ :	Höhe Immissionspunkt IP	
s:	Entfernung Scheinwerfer-IP	
Blendmaß	$k_s = L \cdot$	$/ L_U = L / s \cdot F / L_U$ k
	k: Immissionsrichtwert	
	$L_U$ : Umgebungsleuchtdichte	

IP		IP1	IP3	IP3
Zeitraum		nachts	nachts	nachts
Fahrbereich		F1	F2	P1
Umgebungsleuchtdichte $L_U$ [cd/m <sup>2</sup> ]		1,0	1,0	1,0
Zahl der Fahrbewegungen n		23	4	4
Einwirkzeit / Kfz t [s]		1,5	5,0	300,0
Höhe Immissionspunkt $h_i$ [m]		1,3	1,5	1,5
Höhe Scheinwerfer $h_L$ [m]		0,90	0,90	0,90
Abstand Scheinwerfer-IP s [m]		30,0	38,0	38
		0,8	0,9	0,9
Beleuchtungsstärke $E_{25}$ [lx]		4,0	0,4	0,1
Leuchtdichte L [cd/m <sup>2</sup> ]		318308	31831	7958
Blendmaß $k_s$		940	74	19
$k_s$ gewichtet ( $K_s \cdot k_w \cdot k_t$ )		18	1	12
Immissionsrichtwert k		160	160	160