

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D – 01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

E-Mail: [info.dd@lohmeyer.de](mailto:info.dd@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG  
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

Gutachten vom 20.03.2019

## **PARKHAUS LÖBERTOR IN ERFURT**

### **- GUTACHTEN ZUR STÄNDIGEN QUERLÜFTUNG -**

Auftraggeber: Projektentwicklung  
Neuwerkstraße 17 GmbH & Co. KG  
Speicherstraße 55  
60327 Frankfurt am Main

Dipl.-Met. A. Moldenhauer  
Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

März 2019  
Projekt 71505-18-01\_Parkhaus  
Berichtsumfang 47 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>7</b>
	3.1 Betrachtete Schadstoffe .....	7
	3.2 Beurteilungsmaßstab für Luftschadstoffe in Tiefgaragen.....	7
	3.3 Berechnungsverfahren MISKAM .....	7
<b>4</b>	<b>EINGANGSDATEN .....</b>	<b>9</b>
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	9
	4.2 Verkehrsdaten als Mittelwerte über den gesamten Tag.....	10
	4.3 Verkehrsdaten für die Spitzenstunde.....	11
	4.4 Bebauungsinformationen .....	12
	4.5 Meteorologische Daten .....	14
<b>5</b>	<b>EMISSIONSBESTIMMUNG FÜR DIE SPITZENSTUNDE .....</b>	<b>16</b>
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	16
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	16
	5.3 Emissionen des untersuchten Parkhauses in der Spitzenstunde .....	18
<b>6</b>	<b>IMMISSIONEN.....</b>	<b>19</b>
	6.1 Vorgehensweise .....	19
	6.2 Vorabschätzung als Parametrisierungsgrundlage zur Abbildung der Lochbleche im Modell MISKAM.....	20
	6.3 Modellierung mit MISKAM unter Beachtung der Lochbleche.....	23
	6.4 Ergebnisse mit MISKAM.....	25
	6.5 Abschätzung unter Nutzung von Strömungsinformationen aus MISKAM .....	32
	6.6 Abschätzung der CO-Konzentrationen unter Nutzung plausibler Luftwechselraten .....	34
	6.7 Gesamtbewertung .....	36
<b>7</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>39</b>

---

**ANHANG A1: PARKHAUSPLANUNG, STAND: 23.01.2019**  
**(ARCHITEKTURBÜRO STADERMANN, 2019) .....40**

**Hinweise:**

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### **Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung**

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben.

### **Grenzwerte / Vorsorgewerte**

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z. B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

### **Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)**

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

### **Verkehrssituation**

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Projektgesellschaft Neuwerkstraße 17 GmbH & Co. KG plant die Errichtung eines Parkhauses am Löbertor (Löberstraße/Neuwerkstraße) in Erfurt. Das geplante Parkhaus hat in der untersten Etage eine Tiefgarage, die oberen Etagen sind in teilweise offener Bauweise ausgeführt. Insgesamt werden ca. 2/3 der Außenfläche des Parkhauses offen geplant. Die offenen Bereiche sollen eine poröse Außenwand erhalten (glattes bzw. gefaltetes Lochblech), welches je nach Lage verschiedene Werte für die Luftdurchlässigkeit aufweist. Auch die geplante wellenartige Struktur trägt zu Teilen zu einer Verbauung der offenen Bereiche bei.

Für das o. g. geplante Parkhaus soll ermittelt werden, ob auch bei ungünstigen äußeren Bedingungen eine ständige Querlüftung gewährleistet und der Mittelwert des Volumengehalts an Kohlenmonoxid in der Luft über jeweils eine halbe Stunde auch während der regelmäßigen Verkehrsspitzen im Mittel nicht mehr als 100 ppm ( $= 100 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \approx 119\,000 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) betragen wird.

Zu betrachten ist der Planfall im Prognosejahr 2021 für die Spitzenstunde, und zwar für zwei ungünstige meteorologische Situationen mit Winden aus Südwest und Nordost bei gleichzeitigen sehr geringen Windgeschwindigkeiten.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 3.3 (UBA, 2017) und unter Beachtung neuer Korrekturen für Diesel-EURO 6-Pkw wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten CO-Emissionen innerhalb des Parkhauses für die Spitzenstunde für das Bezugsjahr 2021 ermittelt.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (Eichhorn, 2014), wobei die in den offenen Bereichen geplanten Lochbleche und Verbauungen über eine Parametrisierung berücksichtigt wurde, die aus Voruntersuchungen abgeleitet wurde.

Da das verwendete Modell für die hier vorliegende Konfiguration nicht validiert ist, erfolgten weitere Abschätzungen, um die Ergebnisse zu plausibilisieren. Dafür wurden zunächst Strömungsergebnisse aus MISKAM genutzt. Außerdem erfolgte eine Abschätzung über den Ansatz gängiger Luftwechselraten. Mit Hilfe der letzteren Methodik wurden auch abschätzende Aussagen zur möglichen CO-Spitzenbelastung in der zugehörigen Tiefgarage ermöglicht.

Die Beurteilung erfolgt unter Berücksichtigung der Vorgaben der Thüringer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (Thüringer Garagenverordnung - ThürGarVO). Speziell

werden die im Parkhaus vorhandenen maximalen CO-Konzentrationen in den verschiedenen Etagen abgeschätzt und mit den Beurteilungswerten verglichen.

## **Ergebnisse**

Die mit allen drei Methoden berechneten CO-Belastungen innerhalb des Parkhauses liegen deutlich unterhalb des Grenzwertes der Thüringer Garagenverordnung. Dies trifft sowohl auf die mittleren Werte je Etage als auch die maximal ermittelten Werte an der höchst belasteten Stelle zu.

Die Berechnungen beinhalten konservative Ansätze, z. B. dass alle Emissionen aus der Tiefgarage in das Erdgeschoss hinein emittieren, obwohl sie tatsächlich in Teilbereichen durch zusätzliche Lüftungsschächte emittiert werden. Auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Etagen sind in der Modellierung nicht enthalten. Tatsächlich ist zu erwarten, dass ein Teil der Luft aus den unteren Geschossen in die oberen gelangt und dort effektiver abtransportiert werden kann.

Zudem wurden sehr ungünstige Emissionsbedingungen (Spitzenstunde gegen 17.00 - 18.00 Uhr) mit sehr ungünstigen meteorologischen Bedingungen verknüpft, obwohl diese eher in den Nachtstunden auftreten und nicht zum Zeitpunkt der Spitzenstunde des Verkehrs.

Deshalb sind die MISKAM-Rechnungen konservativ, so dass davon auszugehen ist, dass auch in der Stunde mit der Spitzenbelastung des Verkehrs kombiniert mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen der CO-Grenzwert in dem gesamten Parkhaus eingehalten werden kann.

Für das Untergeschoss unter dem Hotel wird eine mechanische Entlüftung geplant, so dass die dortigen Schadstoffbelastungen keine Grenzwerte überschreiten wird.

Für die Tiefgarage unter dem Parkhaus können mit MISKAM keine Aussagen getroffen werden, da das Modell nicht geeignet ist, Schadstoffbelastungen unter der Erde zu berechnen. Eine erste Abschätzung zeigte jedoch auf, dass die innerhalb der Tiefgarage zu erwartenden Belastungen im Mittel über die gesamte Fläche auch bei ungünstigen meteorologischen Bedingungen eine Größenordnung kleiner sind als der Grenzwert der Thüringer Garagenverordnung. Dies gilt für den Mittelwert. Aber selbst in ungünstigen Bereichen der Tiefgarage ist eine Überschreitung der CO-Grenzwerte unwahrscheinlich.

In jedem Falle sollte das Vorhaben so umgesetzt werden, dass die in der Anlage unterzubringenden Dauerparker in den Untergeschossen vorgesehen werden sollten (so ist es im hier vorliegenden Gutachten auch angesetzt wurden), da in diesem Falle die Emissionen in den Untergeschossen minimiert werden können.

Aus Sicht der CO-Belastung innerhalb des Parkhauses gibt es unter Zugrundelegung der aktuellen Planung (Stand: 23.01.2019) keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Die Projektgesellschaft Neuwerkstraße 17 GmbH & Co. KG plant die Errichtung eines Parkhauses am Löbertor (Löberstraße/Neuwerkstraße) in Erfurt. Das geplante Parkhaus hat in der untersten Etage eine Tiefgarage, die oberen Etagen sind in teilweise offener Bauweise ausgeführt. Insgesamt werden ca. 2/3 der Außenfläche des Parkhauses offen geplant. Die offenen Bereiche sollen eine poröse Außenwand erhalten (glattes bzw. gefaltetes Lochblech), welches je nach Lage verschiedene Werte für die Luftdurchlässigkeit aufweist.

Für das o. g. geplante Parkhaus soll ermittelt werden, ob auch bei ungünstigen äußeren Bedingungen eine ständige Querlüftung gewährleistet wird und der Mittelwert des Volumengehalts an Kohlenmonoxid in der Luft über jeweils eine halbe Stunde auch während der regelmäßigen Verkehrsspitzen im Mittel nicht mehr als 100 ppm (= 100 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) betragen wird.

Falls eine Gewährleistung der Querlüftung nicht gegeben ist, sollen Planungshinweise gegeben werden.

Zu betrachten ist der Planfall im Prognosejahr 2021 (Verkehrszahlen 2030 und Emissionsfaktoren 2021) für die Spitzenstunde.

Die Beurteilung erfolgt unter Berücksichtigung der Vorgaben der Thüringer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (Thüringer Garagenverordnung - ThürGarVO). Speziell werden die im Parkhaus vorhandenen maximalen CO-Konzentrationen abgeschätzt und mit den Beurteilungswerten verglichen.

### 3 VORGEHENSWEISE

#### 3.1 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden Querlüftungsgutachtens ist zu prüfen, ob die CO-Konzentrationen auch bei ungünstigen Bedingungen in Bezug auf Emissionen und Meteorologie innerhalb der einzelnen Etagen des Parkhauses unterhalb des Grenzwertes der Thüringer Garagenordnung liegen. CO ist zu betrachten, da sich bei sehr hohen CO-Konzentrationen innerhalb des Parkhauses für die Menschen, die sich innerhalb des Parkhauses befinden, eine unmittelbare Gesundheitsgefahr ableitet. Da sich die Menschen nur kurzfristig in dem Parkhaus aufhalten werden, muss analog zu den Forderungen der Garagenverordnung nur CO betrachtet werden.

#### 3.2 Beurteilungsmaßstab für Luftschadstoffe in Tiefgaragen

In der Thüringer Garagenverordnung ist unter §15 Absatz 3 Folgendes vermerkt:

„Für geschlossene Mittel- und Großgaragen genügt abweichend von den Absätzen 1 und 2 eine natürliche Lüftung, wenn im Einzelfall nach dem Gutachten eines Sachverständigen zu erwarten ist, dass der Mittelwert des Volumengehalts an Kohlenmonoxyd in der Luft, gemessen über jeweils eine halbe Stunde und in einer Höhe von 1,50 m über dem Fußboden (CO-Halbstundenmittelwert), auch während der regelmäßigen Verkehrsspitzen im Mittel nicht mehr als 100 ppm (= 100 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) betragen wird.“

Die genannten 100 ppm CO entsprechen einer Massenkonzentration von ca. 119 000 µg/m<sup>3</sup>.

#### 3.3 Berechnungsverfahren MISKAM

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle; VDI, 2017) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren. Offene Bereiche des Parkhauses werden mit Hilfe des Durchströmungsmoduls von MISKAM berücksichtigt. Um die Besonderheiten in Bezug auf die Teilverschließung der offenen Bereiche mit verschiedenen Lochblechen berücksichtigen zu können, werden im Rahmen einer Vorbetrachtung Parametrisierungen für diese Konfiguration abgeleitet und bei den Strömungsrechnungen explizit berücksichtigt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Aktivitätsdaten und Verkehrsmengen für die Spitzenstunde werden für das Prognosejahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten CO-Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 für prognostische Modelle beachtet (VDI, 2017). Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 350 m berücksichtigt. Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes.

Das Rechengebiet wird mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 1 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes (also im Parkhaus und dessen Umgebung) und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen  $10^\circ$  bis  $360^\circ$  sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für den betrachteten Schadstoff Kohlenmonoxid durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für Kohlenmonoxid werden für ausgewählte ungünstige Einzelsituationen (in Bezug auf die Meteorologie und die Emission) flächendeckend die CO-Belastung innerhalb des Parkhauses für die einzelnen Etagen berechnet.

## 4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen verkehrsspezifische Informationen für die Spitzenstunde von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten in der Spitzenstunde berechneten CO-Emissionen und die meteorologischen Daten. Diese Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

- Technische Planung in Form eines Lageplanes für das Parkhaus sowie Ansichten und Schnitte (Stand 23.01.2019, Architekturbüro Stadermann, 2019)
- Gebäudehöhen für die umgebenden Gebäude (Stadtverwaltung Erfurt, 2018)
- Verkehrsbelegungsdaten und Angaben zum Parkhaus (yverkehrsplanung GmbH, 2018a, b und c)
- Übergabe des LSA-Ausrüstungsplan Variante 1 (Signalkonzept), (verkehr<sup>plus</sup> Verkehrstechnik und Verkehrsmanagement GmbH (2018)

### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das zu planende Parkhaus in der Löberstraße soll an der Kreuzung Neuwerkstraße/Eichenstraße errichtet werden. Es liegt südlich der Innenstadt von Erfurt, aber nördlich des Juri-Gagarin-Ringes.

Die Zufahrt und Ausfahrt erfolgt zum Juri-Gagarin-Ring. Es ist als freistehendes Gebäude geplant und an allen Seiten von Gebäuden umgeben. Nordwestlich wird gleichzeitig ein Geschäftshaus und Hotel geplant, dass durch die dort im Untergeschoss befindliche Tiefgarage mit dem Parkhaus verbunden ist.

Die Zufahrt erfolgt vom Juri-Gagarin-Ring und ist mit einer Schrankenanlage, die sich im Inneren des Gebäude befindet, getrennt für Ein- und Ausfahrende geregelt. Im Inneren des Gebäudes befinden sich Kassen, womit sich die Wartezeit beim Ausfahren auf die Betätigung und Öffnung der Schranke reduziert.

Aus dem Gutachten zur Verkehrsuntersuchung Löbertor in Erfurt (yverkehrsplanung, 2018 c) wurde die Abfertigungszeit an der Schranke von 14 s je Gesamtvorgang je Fahrzeug berücksichtigt. Diese Zeit wird bei jedem einfahrenden und ausfahrendem Fahrzeug angesetzt.

Das geplante Parkhaus besitzt Etagen vom Untergeschoss (UG) bis 5. Obergeschoss. Jedes Geschoss kann in zwei Teile gegliedert werden, da jede Ebene ein Höhenversatz von ca. einer halben Geschosshöhe hat. Die Ebene 6 im 5. Obergeschoss weist nur eine Halbebene auf. Daraus resultieren 13 Halbebenen. Es wurden immer zwei Halbebenen zusammengefasst. Im Untergeschoss befinden sich 75 Dauerstellplätze sowie weitere 11 Stellplätze. Unterhalb des Geschäftshauses bzw. Hotels sind weitere 53 Stellplätze im Untergeschoß vorhanden, die ebenfalls fest vermietet sind. Die Anzahl der Stellplätze beträgt 634 und ist getrennt für die einzelnen Geschosse in **Tab. 4.1** aufgeführt.

<b>Geschoss</b>	<b>UG</b>	<b>EG</b>	<b>ZG</b>	<b>1. OG</b>	<b>2. OG</b>	<b>3. OG</b>	<b>4. OG</b>	<b>5. OG</b>
<b>Ebene</b>	-1	0	1	2	3	4	5	6
<b>Anzahl Stellplätze</b>	75 Dauer+11 +53 fest vermietet in Tiefgarage Ge- schäftshaus	39	78	84	84	84	84	42

Tab. 4.1: Anzahl der Stellplätze je Geschoss

#### **4.2 Verkehrsdaten als Mittelwerte über den gesamten Tag**

Es wurde davon ausgegangen, dass der Suchverkehr über die Obergeschosse und nicht das Untergeschoss erfolgt, da dort deutlich weniger Stellplätze vorhanden sind und diese überwiegend als Dauerstellplätze bzw. als festvermietete Stellplätze genutzt werden. Dies kann durch eine entsprechende Anzeige von freien Stellplätzen im Parkhaus reguliert werden. Die zurückzulegenden Strecken der parkenden und durchfahrenden PKW wurden entsprechend den örtlichen Gegebenheiten je Ebene festgelegt.

In dem Parkdeck „Ebene 0“ (= Erdgeschoss) befinden sich auch die Ein- und Ausfahrten. Mit der ansteigenden Zahl der Parkdecks nehmen die Durchfahrer nach oben hin ab.

Es wird weiter davon ausgegangen, dass 2 060 PKW/d das Parkhaus befahren und wieder ausfahren (4 120 Fahrbewegungen pro Tag). Für die Stellplätze wurde gegenüber den Dauerstellplätzen von einer doppelten Umschlagrate ausgegangen (yverkehrsplanung GmbH, 2018a und c). Dort wird eine Umschlagrate für die Kurzzeitparkplätze von 4.0 und für

die vermieteten Dauerparkplätze von 2.0 ausgegangen. Dieser Ansatz wurde ebenfalls übernommen. Mit dem Umrechnungsfaktor DTV Mo-Fr auf DTV Mo-So für PKW 0.93 erfolgte die Berechnung auf den mittleren Verkehr. Auf Grundlage der Anzahl der Stellplätze pro Etage und der vorgegebenen Verkehrsstärke von 2 060 PKW/d wurde die Verteilung der Parkenden je Etage ermittelt.

In der **Tab. 4.2** ist die Anzahl der parkenden und durchfahrenden PKW aufgeführt.

Geschoss	UG	UG	EG (Ein- und Ausfahrt)	EG	ZG	1. OG	2. OG	3. OG	4. OG	5. OG
Ebene	-1	-1 (unter Hotel)	0	0	1	2	3	4	5	6
Parkende [KfZ/24h]	174	95	2 060	141	282	304	304	304	304	152
Durchfahrer [KfZ/24h]	0	0		hoch 1 650 runter 269	1 368	1 064	760	456	152	0

Tab. 4.2: Anzahl der parkenden und durchfahrenden PKW je Ebene

Hinweis: Die Anzahl der Durchfahrer wird jeweils für die Einfahrt zum Parkplatz als auch für die Ausfahrt berücksichtigt.

### 4.3 Verkehrsdaten für die Spitzenstunde

Als Tagesverkehrsmenge werden 2 060 Fahrzeuge (Fz.) vom Verkehrsgutachten beschrieben, die in das Parkhaus einfahren. Die Spitzenstunde liegt in der Zeit von 17.00-18.00 Uhr und beträgt mit 9 % der Tagesmenge 185 Fz (yverkehrsplanung, 2018b). Die Verteilung der Fahrzeuge unterschieden nach Parkenden und Durchfahrer ist in **Tab. 4.3** aufgeführt.

Geschoss	UG	UG	EG (Ein- und Ausfahrt)	EG	ZG	1. OG	2. OG	3. OG	4. OG	5. OG
Ebene	-1	-1 (unter Hotel)	0	0	1	2	3	4	5	6
Parkende [KfZ/24h]	16	9	185	13	25	27	27	27	27	14
Durchfahrer [KfZ/24h]	0	0		hoch 147 runter 25	122	95	68	41	14	0

Tab. 4.3: Anzahl der parkenden und durchfahrenden PKW je Ebene für die Spitzenstunde zwischen 17.00-18.00 Uhr

Hinweis: Die Anzahl der Durchfahrer wird jeweils für die Einfahrt zum Parkplatz als auch für die Ausfahrt berücksichtigt.

#### 4.4 Bebauungsinformationen

Die für die Berechnung notwendige Bebauungsstruktur in der Umgebung des Parkhauses wurde von der Stadt Erfurt zur Verfügung gestellt (Stadtverwaltung Erfurt, 2018). Die geplante Bebauung wurde den zur Verfügung gestellten Plänen entnommen. Die **Abb. 4.1** zeigt eine dreidimensionale Darstellung der geplanten Gebäudekonfiguration.

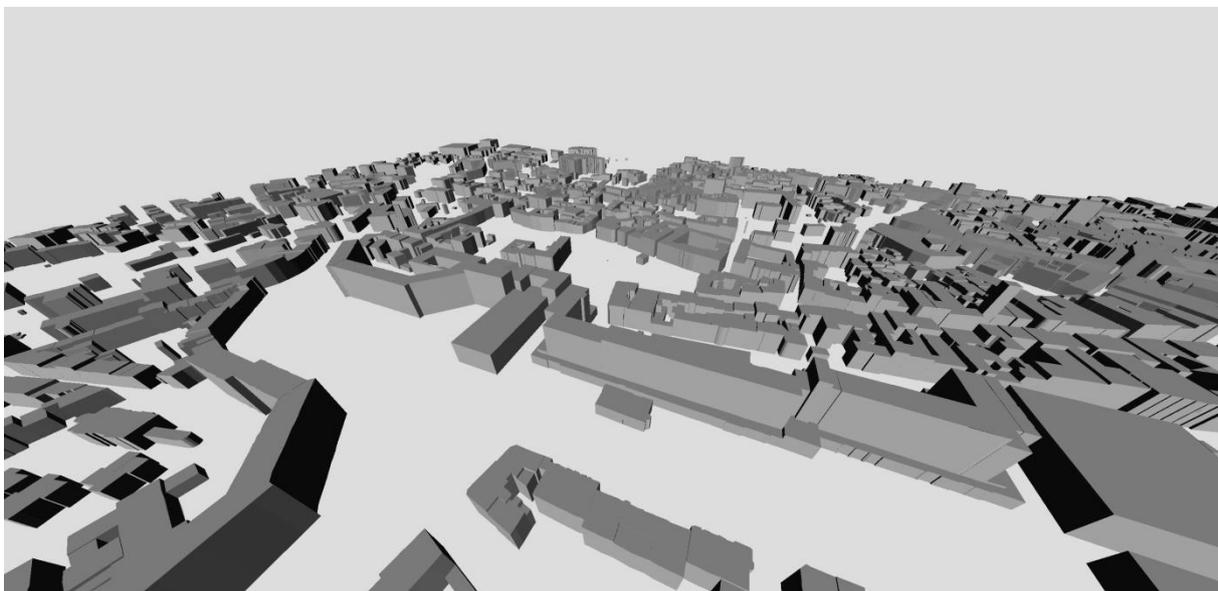


Abb. 4.1: Dreidimensionale Darstellung der geplanten Gebäudekonfiguration in der Umgebung des Parkhauses

Das dem geplanten Parkhaus benachbarte Gebäude Juri-Gagarin-Ring Nr. 9 weist in den unteren Etagen frei durchströmbare Bereiche auf. Dies ist in **Abb. 4.2** dargestellt und wurde bei der Ausbreitungsmodellierung entsprechend berücksichtigt.

Des Weiteren wurden durchströmbare Bereiche innerhalb des Parkhauses bei der Modellierung berücksichtigt, und zwar entsprechend den aktuellen Planungen vom 23.01.2019. Im Erdgeschoss des Parkhauses sind dies auf der Nordseite, der Ostseite und der Südseite ein ca. 90 cm hoher Freibereich (durch Lochbleche abgeschlossen), der fast durchgehend ist, sowie die vollkommen freien Bereiche der Ein- und Ausfahrt an der Südfassade. Als vollständig geschossen wird der unmittelbar an die Wohnscheibe angrenzende Bereich im Westen angesetzt, und zwar auf der gesamten Höhe. Zur genauen Planung siehe aktuelle Planungsgrundlagen vom 23.01.2019 (siehe Anhang A1).



Abb. 4.2: Schnitt zur schematischen Darstellung der durchströmbaren Bereiche (= Durchgang) in der Wohnscheibe Juri-Gagarin-Ring 9, Skizze ohne Maßstab

Das Parkhaus ist als offenes Parkhaus geplant. Große Teile der Fassaden des Parkhauses sind aus diesem Grund offen, jedoch wegen der Blendwirkung der Fahrzeuge nicht vollständig offen, sondern mit luftdurchlässigen Lochblechen versehen. Die Westfassade ist mit Ausnahme des nördlichen Bereiches ab dem Zwischengeschoss mit einem zu 90 % durchlässigen Lochblech versehen. Im Erdgeschoss und im Untergeschoss ist die Seite in diesem Bereich vollständig offen.

Die anderen drei Fassaden sind ab der 1. Etage mit einem Lochblech versehen, welches eine Durchlässigkeit von 40 % aufweist. Davor werden verschiedenen lange Verkleidungsteile gehangen, die für eine Wellenstruktur sorgen. Diese bewirken eine weitere Reduktion der offenen Bereiche um 20 %. Resultierend ergibt sich für diese Bereiche eine Luftdurchlässigkeit von ca. 32 %.

Die zusätzlich vorhandenen Lüftungsöffnungen im Erdgeschoss an der Nord- Ost- und Südfassade sind mit einem 80% durchlässigen Lochblech versehen. Die Ein- und Ausfahrt an der Südfassade ist frei.

Dies wurde bei der Strömungsmodellierung entsprechend berücksichtigt.

#### 4.5 Meteorologische Daten

Bei der hier durchzuführenden Sonderbetrachtung sollten ungünstige meteorologische Situationen betrachtet werden.

Im Mittel sind für das hier zu betrachtende Untersuchungsgebiet die meteorologischen Daten der Station Erfurt-Weimar repräsentativ, und zwar unter Reduktion der dortigen gemessenen Windgeschwindigkeit um ca. 30 %. Damit ergibt sich für das Untersuchungsgebiet noch ohne Berücksichtigung der dortigen Bebauung im Jahresmittel eine Windgeschwindigkeit von ca. 2.7 m/s. Die Hauptwindrichtung beträgt Südwest, ein Nebenmaximum tritt bei nordwestlichen Windrichtungen auf (**Abb. 4.3**). Dies sind die mittleren Windverhältnisse.

Bei geringen großräumigen Windgeschwindigkeiten sind auch die Luftaustauschbedingungen innerhalb der Tiefgarage ungünstiger. Deshalb wurden Situationen mit geringen Windgeschwindigkeiten ausgewählt. Speziell wurden Situationen betrachtet, in denen die Windgeschwindigkeit (ohne Berücksichtigung der Gebäude) in 10 m über Grund nur 0.5 m/s beträgt. Als Windrichtungen wurden die Hauptwindrichtung (230°) und das Nebenmaximum (50°) betrachtet.

Zusätzlich zur vorliegenden Wind- und Ausbreitungsstatistik werden an der DWD-Station Erfurt-Weimar auch Temperaturen gemessen. Die Station liegt ca. 5 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2008–2017) werden dort im Mittel 9.1 °C gemessen. Im Innerortsbereich (Station Erfurt-Krämpferstraße) liegen die Jahresmittelwerte mit 11.6°C erwartungsgemäß höher als an der Station am Flughafen. Da im hier vorliegenden Fall ausschließlich Innerortsbereiche zu betrachten sind, wurde deshalb in

Bezug auf die Jahresmitteltemperatur bei der Emissionsbestimmung mit den Daten der Station Erfurt-Krämpferstraße weiter gearbeitet.

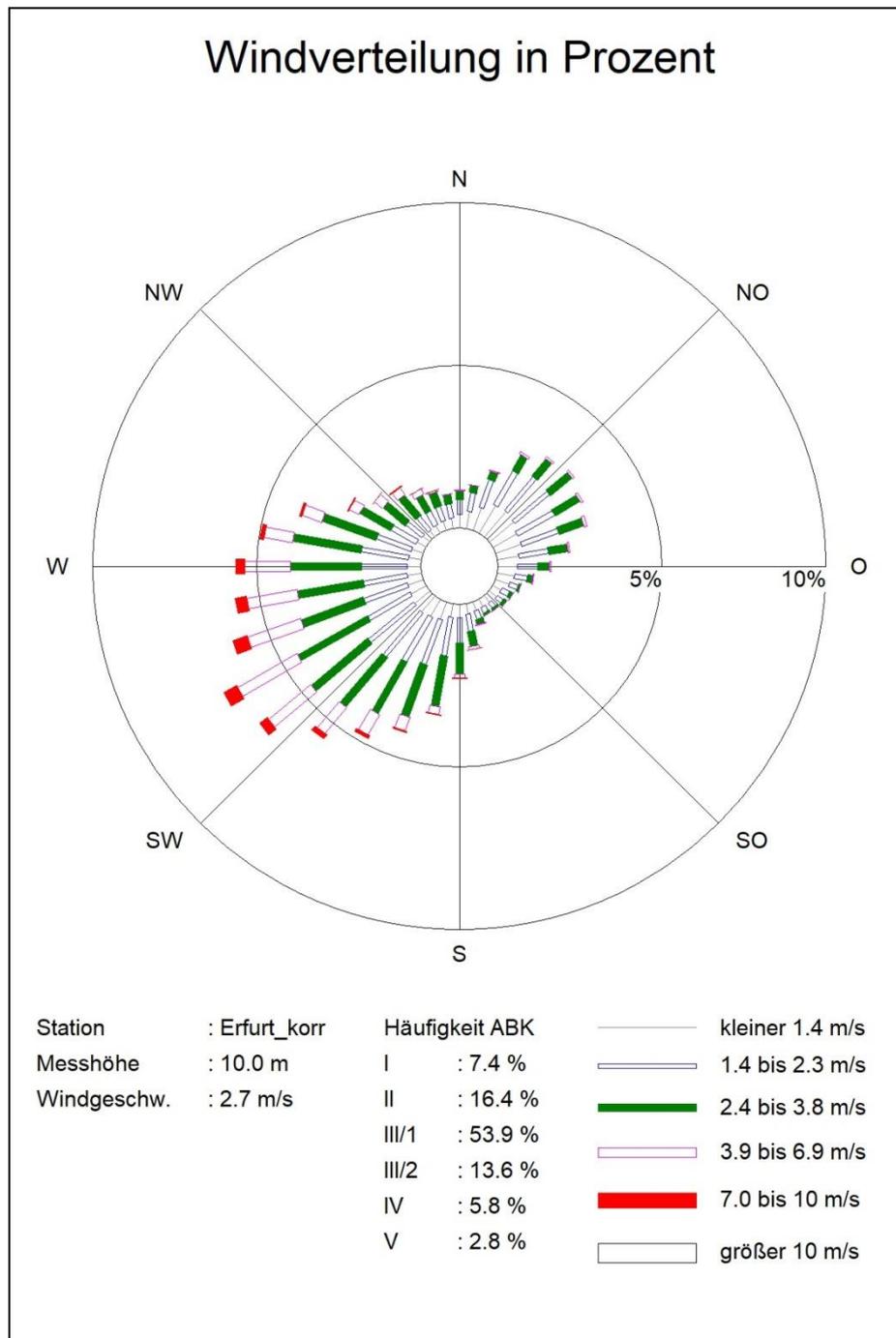


Abb. 4.3: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung repräsentativ für das Untersuchungsgebiet, Ursprüngliche Daten von DWD-Station Erfurt-Weimer, Windgeschwindigkeit angepasst  
 Quelle: DWD (2018), eigene Darstellung

## **5 EMISSIONSBESTIMMUNG FÜR DIE SPITZENSTUNDE**

### **5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren**

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugkategorie PKW ermittelt.

Aus fachlicher Sicht ist zu empfehlen, das Jahr der möglichen Inbetriebnahme des geplanten Parkhauses unter Berücksichtigung der übergebenen Verkehrsdaten zu untersuchen, da für zukünftige Jahre aus der Emissionsdatenbasis aufgrund fortschreitender Entwicklung der Kfz-Flotte geringere Emissionen ausgelesen werden. Mit solch einer Vorgehensweise wird bewirkt, dass die berechneten Immissionen für die Jahre ab der Inbetriebnahme nicht unterschätzt werden und eine mögliche, planungsbedingte Überschreitung von Beurteilungswerten nicht versehentlich unerkannt bleibt.

Im Folgenden wird der Planfall deshalb mit Planfall 2021 beschrieben. Dabei liegen aber dennoch die Verkehrszahlen des Prognosejahres 2030 zu Grunde.

### **5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren**

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet. Darin wurde eine Korrektur der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren für EURO 4- und EURO 6-Diesel-Pkw vorgenommen. Darüber hinaus wird in HBEFA 3.3 erstmals der Einfluss der Umgebungstemperatur berücksichtigt, der sich bei Temperaturen unter 20°C erhöhend auf die Stickoxid-Basisemissionsfaktoren auswirkt. Die Berücksichtigung dieses Temperatureinflusses erfolgt in HBEFA 3.3 bei allen Diesel-Pkw der Abgasnorm EURO 4-EURO 6.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der aus der Station Erfurt ermittelten langjährigen Jahresmitteltemperatur. Die Ermittlung des Mittelwertes wird unter Berücksichtigung des Abschneidekriteriums der Temperaturkurve entsprechend HBEFA und gewichtet nach dem Verkehrstagesgang verwendet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2017) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Für das Bezugsjahr 2021 wird eine angepasste Erfurter Flotte verwendet. Damit wird berücksichtigt, dass sich das Untersuchungsgebiet innerhalb der Umweltzone befindet.

Für das Parkhaus wird folgende Verkehrssituation herangezogen:

IOS-NS30s Städtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stau

Diese Verkehrssituation gilt für sog. Stop&Go-Ereignisse, bei dem von einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 13 km/h und einem Standanteil (Ein- und Aussteigen bei laufendem Motor, Wartezeiten usw.) von 27 % ausgegangen wird. Diese Verkehrssituation ist repräsentativ für das Fahrverhalten in Parkhäusern. Die Emissionsfaktoren sind für die Verkehrssituation in **Tab. 5.1** aufgeführt.

Straßenparameter		Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]
Verkehrssituation	Längsneigung	CO
		LV
IOS-NS30s	±0 %	2 392
IOS-NS30s	+6 %	2 550
IOS-NS30s	-6 %	2 297

Tab. 5.1: Mittlere CO-Emissionsfaktoren je Kfz für das Bezugsjahr 2021 für das Parkhaus

Im HBEFA sind die Längsneigungsklassen 0 %, 2 %, 4 % und 6 % verfügbar. Die betrachteten Rampen übersteigen diese Klassen und werden entsprechend durch eine Verlängerung der Fahrtstrecke auf der Rampe berücksichtigt. Die Emissionen, die bei der Rampenauffahrt entstehen, werden für die beiden Halbebenen zusammengefasst und auf die jeweils untere Ebene gelegt.

### 5.3 Emissionen des untersuchten Parkhauses in der Spitzenstunde

Die betrachteten CO-Emissionen werden für jede Ebene ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen der Quell- und Zielverkehre sowie der Durchfahrer in andere Parkebenen aus.

Die **Tab. 5.2** zeigt zusammenfassend für die einzelnen Parkebenen vom UG bis 5. OG die berechneten absoluten Emissionen in der angesetzten Spitzenstunde. Es wird davon ausgegangen, dass die Emissionen innerhalb der Stunde in etwa zeitlich gleichverteilt sind.

Geschoss	UG	UG	EG (Ein- und Aus- fahrt)	EG	ZG	1. OG	2. OG	3. OG	4. OG	5. OG
Ebene	-1	-1(unter Hotel)	0	0	1	2	3	4	5	6
CO-Emissionen [g/h]	5.1	7.4 nicht berück- sichtigt, da mech. belüftet	94.7	29.0	91.3	75.0	57.6	40.3	23.0	3.3

Tab. 5.2: CO-Emissionen je Etage im Parkhaus

Das Untergeschoss unter dem Hotel wird mechanisch entlüftet. Für diesen Gebäudeteil sind aus diesem Grund hier keine Berechnungen notwendig.

## 6 IMMISSIONEN

### 6.1 Vorgehensweise

Es wurde eine qualitative Abschätzung der Immissionen auf der Grundlage von empirischen Annahmen und einer Modellierung mit MISKAM durchgeführt.

Die vorliegenden aktuellen Planungen werden von uns aus dem lufthygienischen Gutachten (Lohmeyer, 2019) entsprechend übernommen.

Die CO-Emissionen für die Spitzenstunde wurden aus dem Kapitel 5 unverändert übernommen. Sie entsprechen dem Stand der Technik. Die Emissionen der gesamten Tiefgarage wurden für die MISKAM-Rechnungen konservativ gemeinsam mit den dortigen Emissionen in das Erdgeschoss des Parkhauses hinein gelegt.

Die Durchströmungsverhältnisse (inklusive der mittleren Windgeschwindigkeit) in dem Parkhaus wurden mit dem prognostischen Modell MISKAM mit Hilfe des Durchströmungsmoduls abgeschätzt. Das Modell ist für solche Aufgabenstellungen innerhalb von Gebäuden nicht validiert und hat in diesem Bereich gewisse Einschränkungen. So können beispielsweise Hindernisse innerhalb des Gebäudes (Pfeiler, Autos u.ä.) nur in parametrisierter Form berücksichtigt werden. Zudem können bei den Durchströmungsrechnungen die Lochbleche und sonstige Verbauungsmaterialien, die den Lüftungsquerschnitt verkleinern, nicht direkt ins Modell übernommen werden.

Im Modell besteht jedoch die Möglichkeit, Vegetation bei der Strömungsmodellierung explizit zu berücksichtigen. Dieses Modul wird dafür genutzt, um eine geeignete Parametrisierung des Lochblech-bedingten Druckverlustes vorzunehmen.

Die Stärke des konstruktionsbedingten Druckverlustes durch die Lochbleche wird anhand von Angaben aus der Literatur abgeschätzt. Um eine geeignete Parametrisierung der Werte mit Hilfe des Vegetationsmoduls von MISKAM ableiten zu können, wird im Rahmen einer Vorberechnung innerhalb eines Tunnels berechnet, bei welchem Blattflächenindex die Druckverluste durch die Lochbleche am besten wieder gegeben werden.

Mit dem so ermittelten Wert für den Blattflächenindex und zugehöriger Vegetationsbreite wird dann mit der tatsächlich vorliegenden Konfiguration gerechnet. Damit ist sichergestellt, dass das Modell die Wirkung der Lochblech-Bereiche in guter Näherung berücksichtigt.

Die geplanten offenen Bereiche im Parkhaus werden als durchströmbar definiert. Die Lochbleche werden durch davor gelagerte Vegetationsbereiche definiert, deren Parameter aus den Vorbetrachtungen übernommen werden.

Es werden für die zwei vom Umwelt- und Naturschutzamt geforderten ungünstigen meteorologischen Situationen (SW-Wind und NO-Wind mit geringen anliegenden Windgeschwindigkeiten von ca. 0.5 m/s in 10 m über Grund im Freiland) Strömungsmodellierungen mit MISKAM durchgeführt. Angeschlossen wird eine Ausbreitungsmodellierung für CO für die Spitzenstunde der Emission. Die maximal auftretenden Konzentrationen werden mit dem Beurteilungswert nach ThürGarVO für CO (100 ppm) verglichen.

Parallel erfolgt eine Abschätzung der maximalen Konzentrationen anhand der geplanten Lüftungsöffnungen und den Strömungsergebnissen aus MISKAM sowie von Informationen zu Luftwechselraten aus der Literatur. Dies soll zusätzliche Sicherheit geben, da wie oben beschrieben, dass Modell MISKAM nur bedingt für Innenraumströmungen validiert ist.

Unterschiede zwischen den Verfahren werden aufgezeigt und diskutiert. Bei letzterem Verfahren können auch Abschätzungen für die Tiefgarage erfolgen.

## **6.2 Vorabschätzung als Parametrisierungsgrundlage zur Abbildung der Lochbleche im Modell MISKAM**

Die offenen Bereiche des Parkhauses werden mit einer Vorkonstruktion verdeckt. Dabei handelt es sich an der Westfassade ab dem Zwischengeschoss um ein gebogenes Lochblech, welches 90 % luftdurchlässig ist. An den Nord-, Ost- und Südfassaden sind die offenen Bereiche ab dem Zwischengeschoss durch ein Lochblech abgedeckt, welches nur zu 40 % luftdurchlässig ist. Die geplanten wellenartigen Wandverkleidungen führen zu einer zusätzlichen Reduktion der Freibereiche. Resultierend beträgt an diesen Fassaden die Luftdurchlässigkeit nur ca. 32 %. Auf der Westseite im Erdgeschoss und im Untergeschoss sind keine relevanten Verbauungen vorhanden. Die weiteren Lüftungsöffnungen im Erdgeschoss in der Nord-, Ost- und Südfassade sind mit einem Lochblech versehen, welches 80 % durchlässig ist.

Der durch die Lochbleche bedingte Druckverlust kann in Abhängigkeit von der verbleibenden Luftdurchlässigkeit anhand des Druckverlustbeiwertes  $\zeta$  (= Zeta) abgeschätzt werden. Dieser Wert stammt aus der Strömungslehre und ist ein dimensionsloses Maß für den Druckverlust in einem durchströmten Bauteil.

Der Druckverlustbeiwert  $\zeta$  ist wie folgt definiert:

$$\zeta = \Delta p / (\rho / 2 v^2)$$

Dabei ist

- $\Delta p$ : Druckverlust im durchströmten Bauteil
- $V$ : Mittlere Windgeschwindigkeit im Bezugsquerschnitt
- $\rho$ : Dichte der Luft

Typische Zeta-Werte für Lochbleche betragen entsprechend Formelsammlung und Berechnungsprogramme Anlagenbau (<https://www.schweizer-fn.de/zeta/gitter/gitter.php>):

- Bei einer Lückigkeit des Lochbleches von 90 %: ca. -0.25
- Bei einer Lückigkeit des Lochbleches von 80 %: ca. -0.5
- Bei einer resultierenden Lückigkeit von ca. 32 %: ca. -18

Zur Ermittlung, welche Vegetation in das Modell integriert werden muss, um ähnliche Druckverluste zu erhalten, wurden separate MISKAM-Rechnungen für einen Tunnel vorgenommen, der die gleiche Höhenausdehnung wie eine Etage des hier betrachteten Parkhauses hat. Das Hindernis in Form der Vegetation wurde in die Mitte des Tunnels gelegt. Den Berechnungsergebnissen vor und nach dem Hindernis können die entsprechenden Druckverluste entnommen werden. Der simulierte Tunnel hat eine Breite von 10 m.

Die Druckverluste für das 80 % bzw. 90 % durchlässige Lochblech konnten mit einer Vegetationsbreite von 2 m am besten wiedergegeben werden. Bei einer Durchlässigkeit von 32 % musste eine Vegetationsbreite von 10 m simuliert werden.

Die Berechnungen erfolgten jeweils für mehrere Stützstellen für verschiedene Blattflächenindexe (LAI). Die Auswertung erfolgte jeweils direkt VOR und HINTER dem Hindernis.

Die Ergebnisse sind in **Abb. 6.1** bzw. **Abb. 6.2** dargestellt.

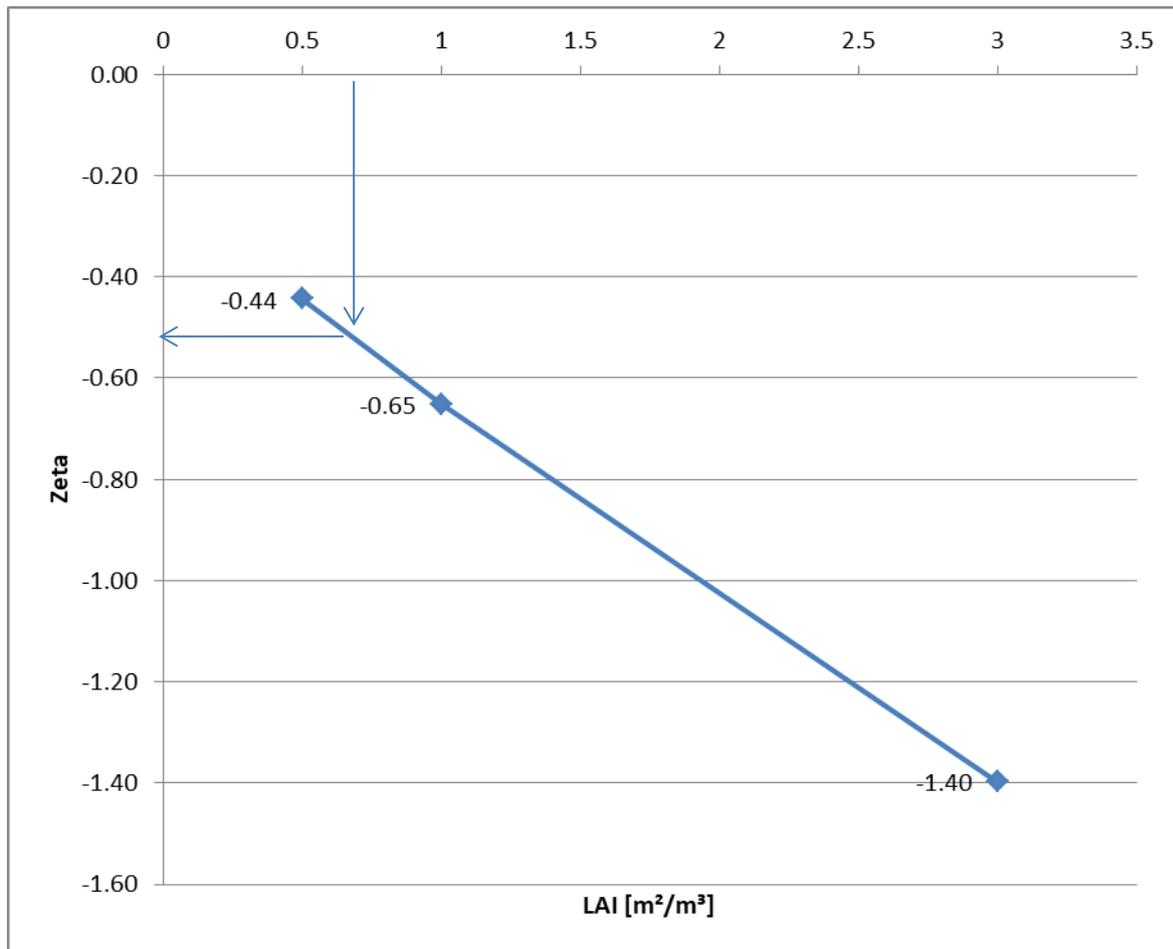


Abb. 6.1: Vorbetrachtung mit MISKAM: Druckverlust durch einen 2 m breiten Vegetationsgürtel in Abhängigkeit vom angesetzten Blattflächenindex (LAI)

Bei einer 2 m breiten Vegetation wird demnach bei einem LAI von ca.  $0.7 \text{ m}^2/\text{m}^3$  ein Druckverlustbeiwert von ca.  $-0.5$  berechnet. Dieser Wert ist zutreffend für das 80 % durchlässige Lochblech. Für das 90 % durchlässige Lochblech auf der Westseite am dem Zwischengeschoss wurde ein LAI von  $0.1 \text{ m}^2/\text{m}^3$  angesetzt.

Zur Simulation einer Durchlässigkeit von ca. 32 % ( $\zeta = -18$ ) ist eine 10 m breite Vegetation mit einem LAI von ca.  $5.5 \text{ m}^2/\text{m}^3$  notwendig. Mit diesen Einstellungen für die Vegetation kann ein Druckverlustbeiwert von ca.  $-18$  simuliert werden (**Abb. 6.2**).

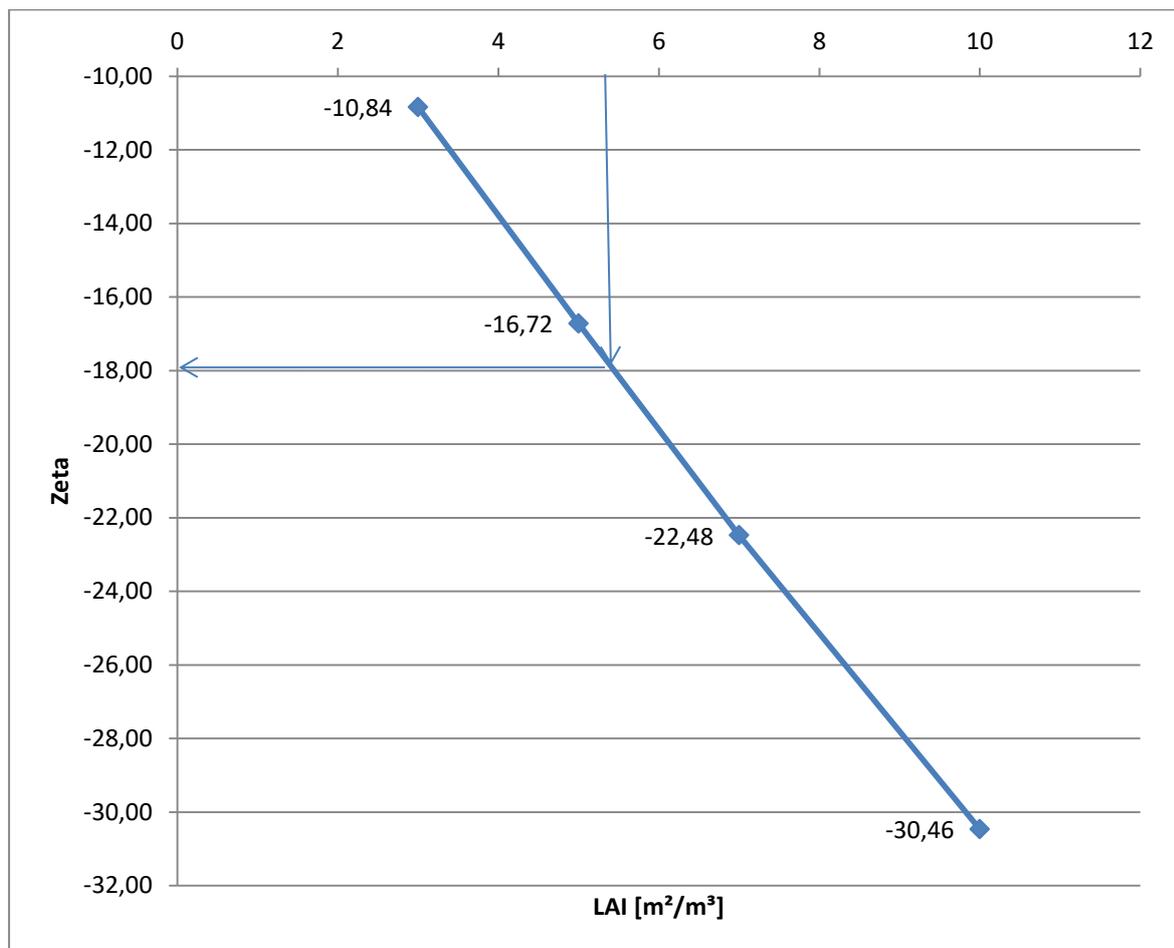


Abb. 6.2: Vorbetrachtung mit MISKAM: Druckverlust durch einen 10 m breiten Vegetationsgürtel in Abhängigkeit vom angesetzten Blattflächenindex (LAI)

### 6.3 Modellierung mit MISKAM unter Beachtung der Lochbleche

Für die Strömungsmodellierung mit MISKAM wurde das Parkhaus in denjenigen Bereichen, in denen Öffnungen geplant sind, als durchströmbar modelliert. Dies erfolgte in parametrisierter Form. Jede Etage besitzt mindestens drei durchströmbare Boxen (Höhe jeweils 0,3 m), die Halbetagen wurden jeweils konservativ nach unten gezogen. Tatsächlich gibt es im Bereich der Rampen und im Bereich der Außenwände Verbindungen zwischen den Etagen. Dies wird im konservativen Sinne vernachlässigt. Alle Emissionen der Tiefgarage unter dem Parkhaus werden bei der MISKAM-Rechnung im Erdgeschoss des Parkhauses freigesetzt.

Die Strömungswiderstände durch die verschiedenen Lochbleche bzw. Hindernisse an den Fassaden wurden entsprechend Abschnitt 6.2 angesetzt. Die Ein- und Ausfahrten an der

Südfassade wurden analog zur Planung auch im Modell frei gehalten. Gleiches gilt für die Westseite im Erdgeschoss.

Ab dem Zwischengeschoss ist das Parkhaus überwiegend frei durchströmbar und wurde auch so angesetzt. Ausnahmen bilden die beiden Treppenaufgänge im Norden und Süden, die sich an der Parkhauswand befinden und nicht durchströmt werden sowie der unmittelbare Bereich, der sich an das westlich gelegene Hochhaus anschließt.

Es wurden auftragsgemäß ungünstige Einzelsituationen betrachtet, und zwar Winde aus SW (230°) und Nordost (50°).

Die Berechnungen erfolgen für eine Anströmgeschwindigkeit in 10 m über Grund im Freiland von 0.5 m/s. Im Rechengebiet um das Parkhaus herum treten in diesem Falle deutlich geringere Windgeschwindigkeiten auf.

Im Parkhaus und um das Parkhaus herum beträgt die horizontale Auflösung des Rechengitters 1 m\*1 m. Die Ergebnisse (Kohlenmonoxid-Immissionen) werden innerhalb des Parkhauses für verschiedene Etagen getrennt ausgewiesen. Für einige Etagen erfolgte eine flächendeckende Auskunft über die Immissionssituation, zusätzlich wurden für weitere Etagen Mittelwerte und maximal berechnete Werte ausgewiesen. Die dargestellten Werte beziehen sich entsprechend Festlegung in der Garagenverordnung auf eine Höhe von 1.5 m über Grund.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) in der Spitzenstunde auf den jeweiligen Etagen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Parkhaus. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Diese wird jedoch im Parkhaus durch die kfz-bedingte Zusatzbelastung dominiert. CO-Vorbelastungen sind mehrere Größenordnungen kleiner als die Zusatzbelastung und werden daher vernachlässigt.

Die flächenhafte grafische Darstellung für einzelne Etagen erfolgt in Form von farbigen Quadraten. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Die Skalierung erfolgt in allen Abbildungen gleich. Besondere Kennwerte werden dargestellt (z. B. der Grenzwert für die CO-Konzentration von 119 000 µg/m<sup>3</sup> [entspricht 100 ppm]).

Für die Tiefgarage können mit MISKAM keine Aussagen getroffen werden. Diesbezüglich wurde unter Abschnitt 6.6 eine separate Abschätzung der zu erwartenden Belastungen durchgeführt.

## 6.4 Ergebnisse mit MISKAM

Die berechneten Verteilungen der CO-Belastung in ausgewählten Etagen sind in den **Abb. 6.3** bis **Abb. 6.7** dargestellt.

**Tab. 6.1** bzw. **Tab. 6.2** zeigen zudem die mit MISKAM berechneten mittleren bzw. maximalen Werte auf den unteren Etagen. Auf die Darstellung der oberen Etagen wurde vollständig verzichtet, da dort wegen der günstigeren meteorologischen Bedingungen kombiniert mit geringeren Emissionen geringere Belastungen auftreten als in den hier dargestellten Etagen.

Etage	Mittlere CO-Konzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	
	50°	230°
EG	1 200	3 500
ZG	1 500	1 400
1. OG	1 300	1 100
2. OG	1 100	700

Tab. 6.1: Mit MISKAM berechnete mittlere CO-Konzentration auf den unteren Etagen des Parkhauses. Alle Werte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , gerundet auf ganze Hunderter.

Etage	Maximale CO-Konzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	
	50°	230°
EG	6 200	7 400
ZG	10 700	4 700
1. OG	7 600	3 600
2. OG	6 600	2 400

Tab. 6.2: Mit MISKAM berechnete maximale CO-Konzentration auf den unteren Etagen des Parkhauses. Alle Werte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , gerundet auf ganze Hunderter.

Hinweis: Die zu erwartenden CO-Belastungen im Parkhaus sind bei einer Anströmrichtung aus Nordost mit Ausnahme des Erdgeschosses höher als bei einer Strömung aus Südwest. Im Erdgeschoss ist dies genau umgekehrt.

Dies erscheint plausibel, da im Erdgeschoss die Hauptemissionen in der Ein- und Ausfahrt (inklusive Wartezeiten) entstehen (also an der Westseite). Bei Winden aus Nordost werden diese Emissionen gleich aus dem Parkhaus heraus getragen und gelangen überwiegend nicht ins Innere desselben (siehe **Abb. 6.3**). Bei einer Anströmung aus 230° dient die offene

Westseite als Zuluftöffnung, so dass die Emissionen der Ein- und Ausfahrer zunächst ins Parkhaus hinein gelangen. In den darüber liegenden Etagen ist dies anders, da dort die Emissionen im Parkhaus eher gleichverteilt sind als im Erdgeschoss.

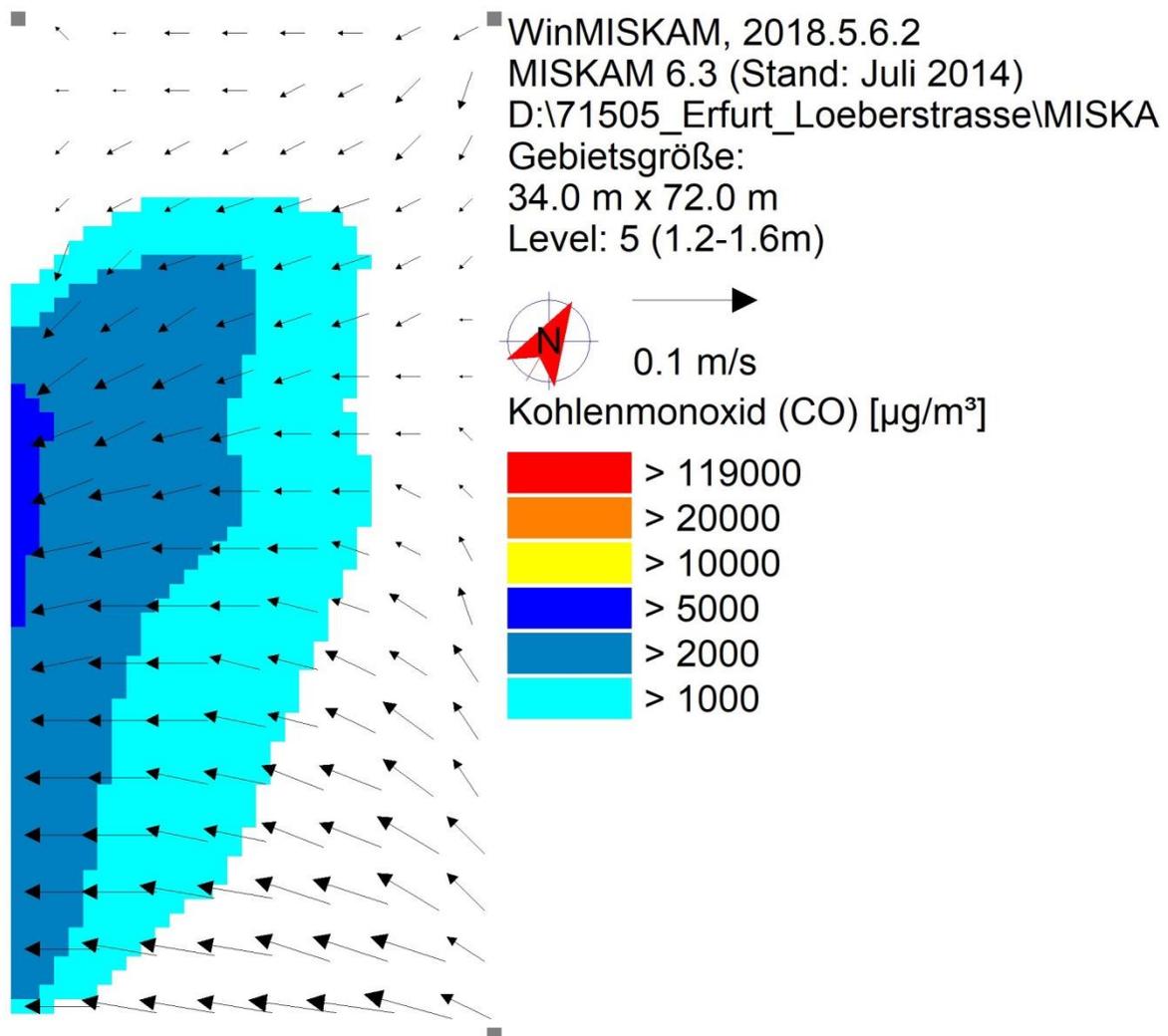


Abb. 6.3: Berechnete Verteilung der CO-Konzentration bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für eine Windrichtung von  $50^\circ$  im Erdgeschoss des Parkhauses

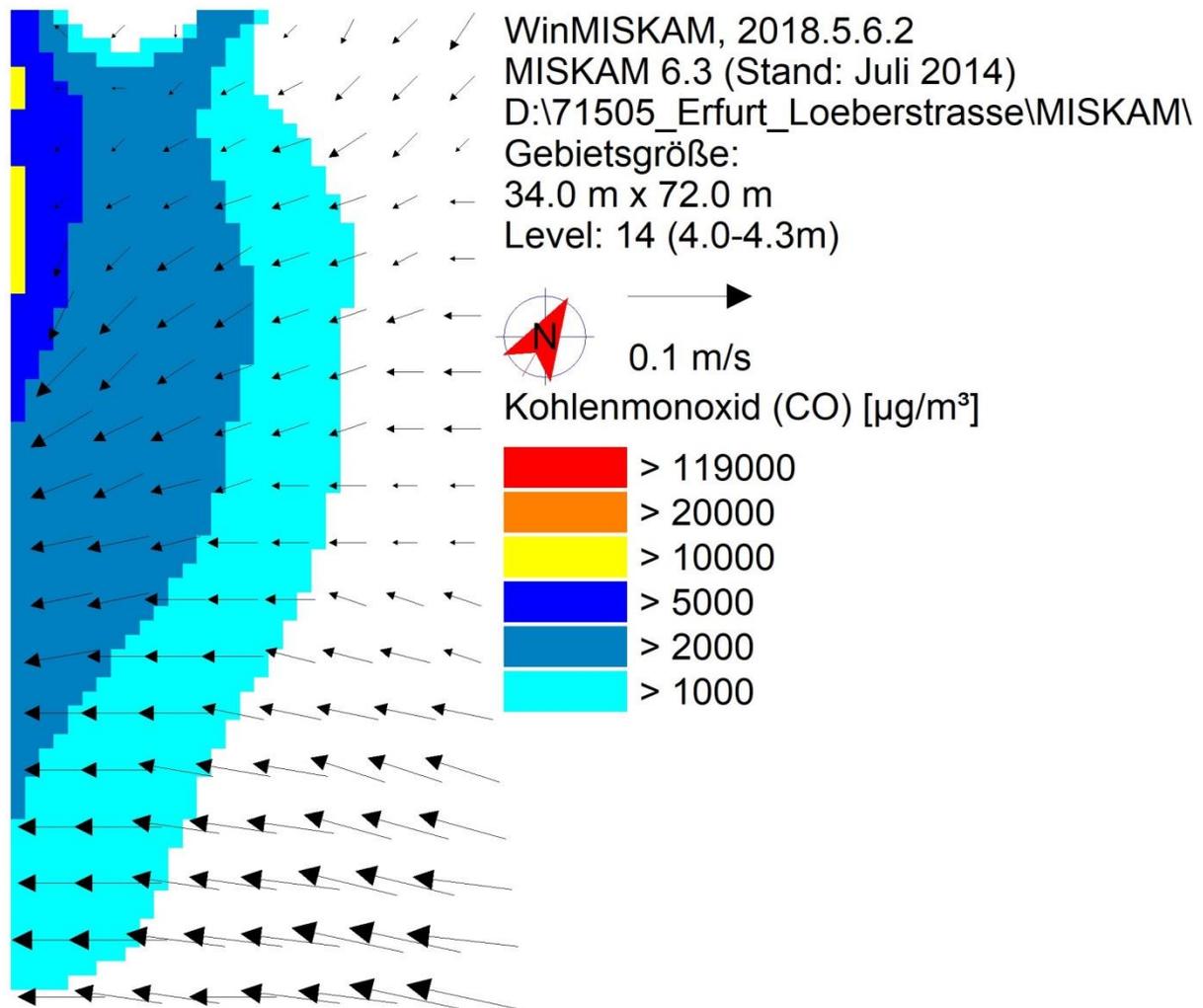


Abb. 6.4: Berechnete Verteilung der CO-Konzentration bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für eine Windrichtung von 50° im Zwischengeschoss des Parkhauses

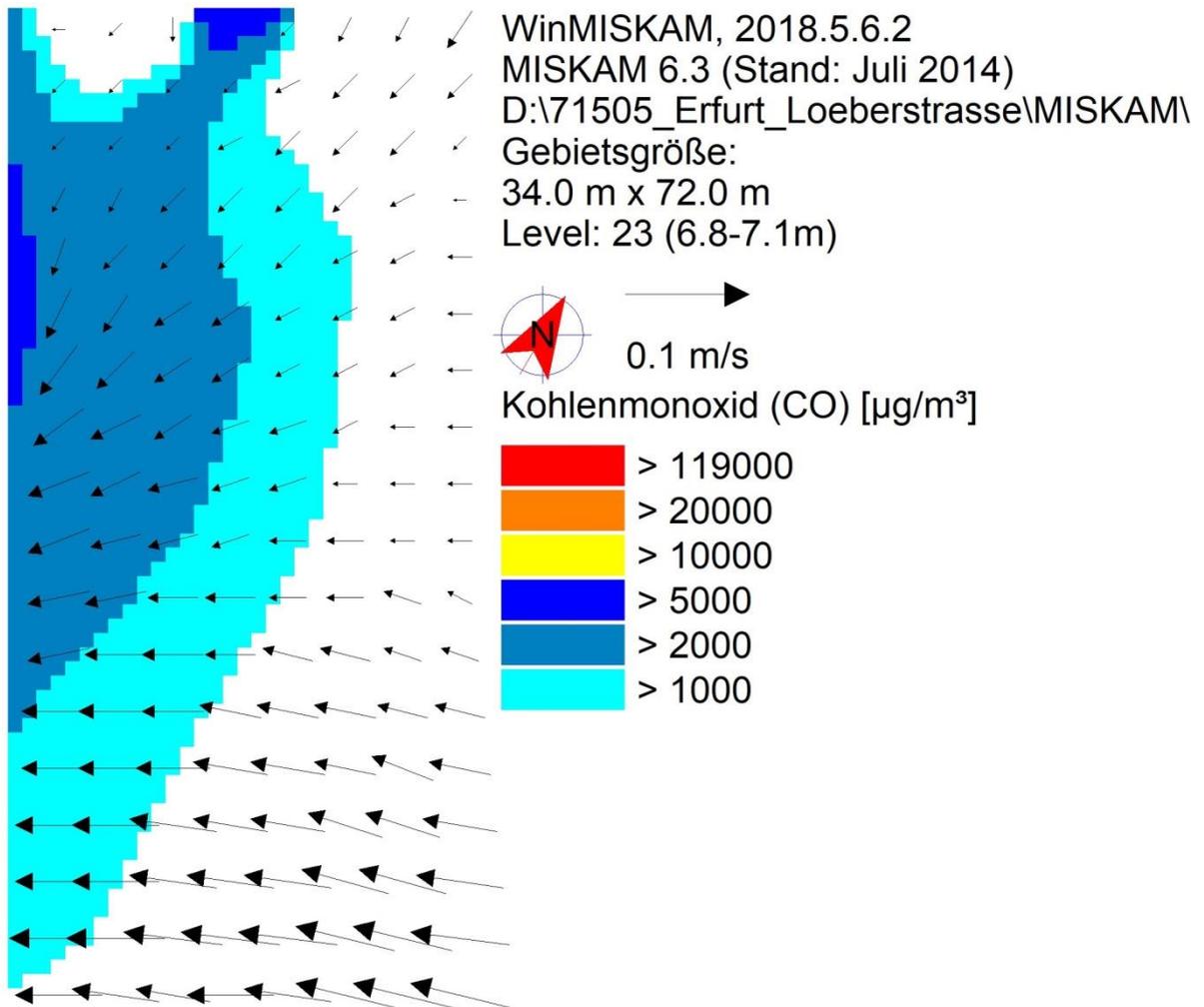


Abb. 6.5: Berechnete Verteilung der CO-Konzentration bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für eine Windrichtung von 50° im 1. OG des Parkhauses

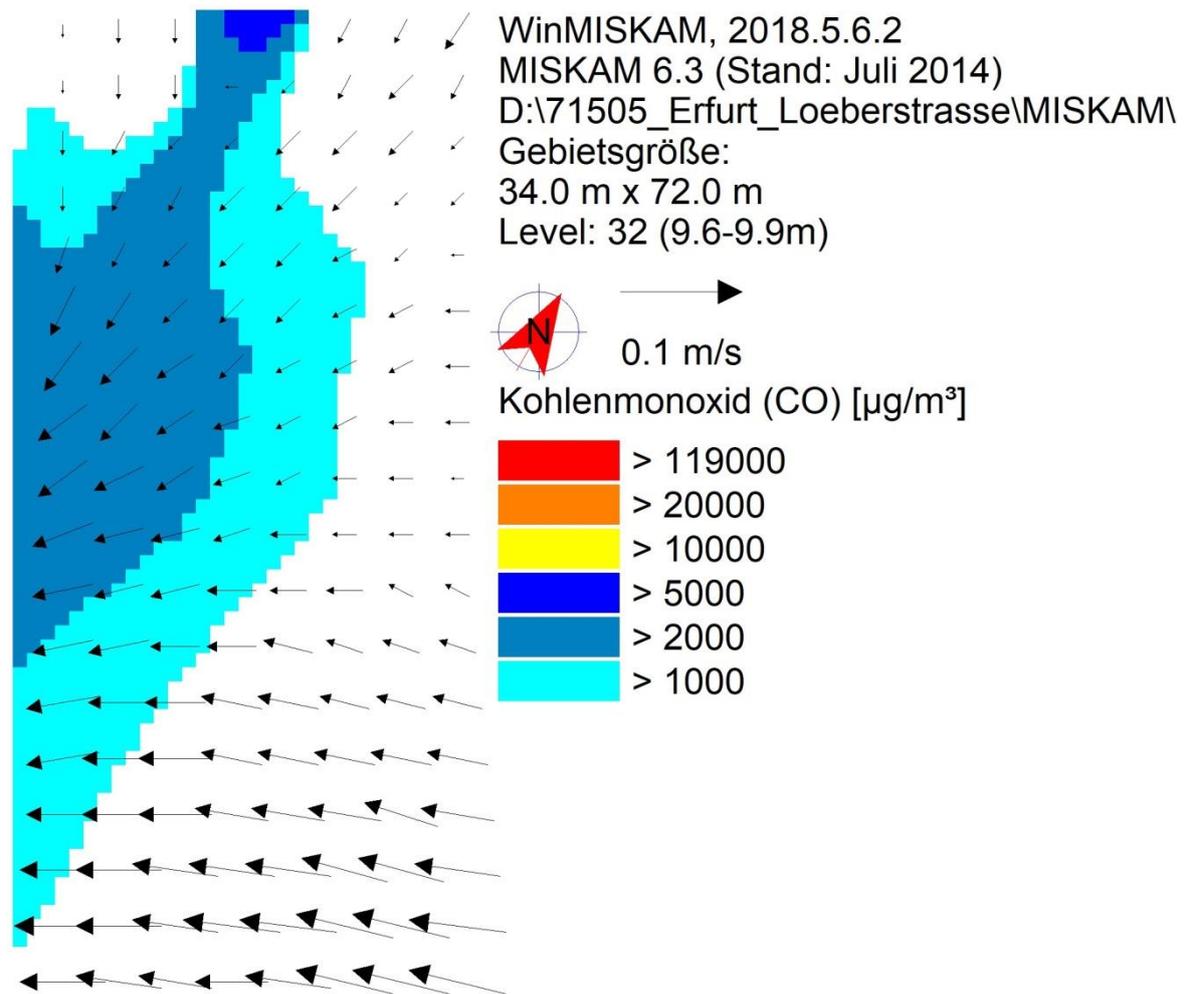


Abb. 6.6: Berechnete Verteilung der CO-Konzentration bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für eine Windrichtung von 50° im 2. OG des Parkhauses

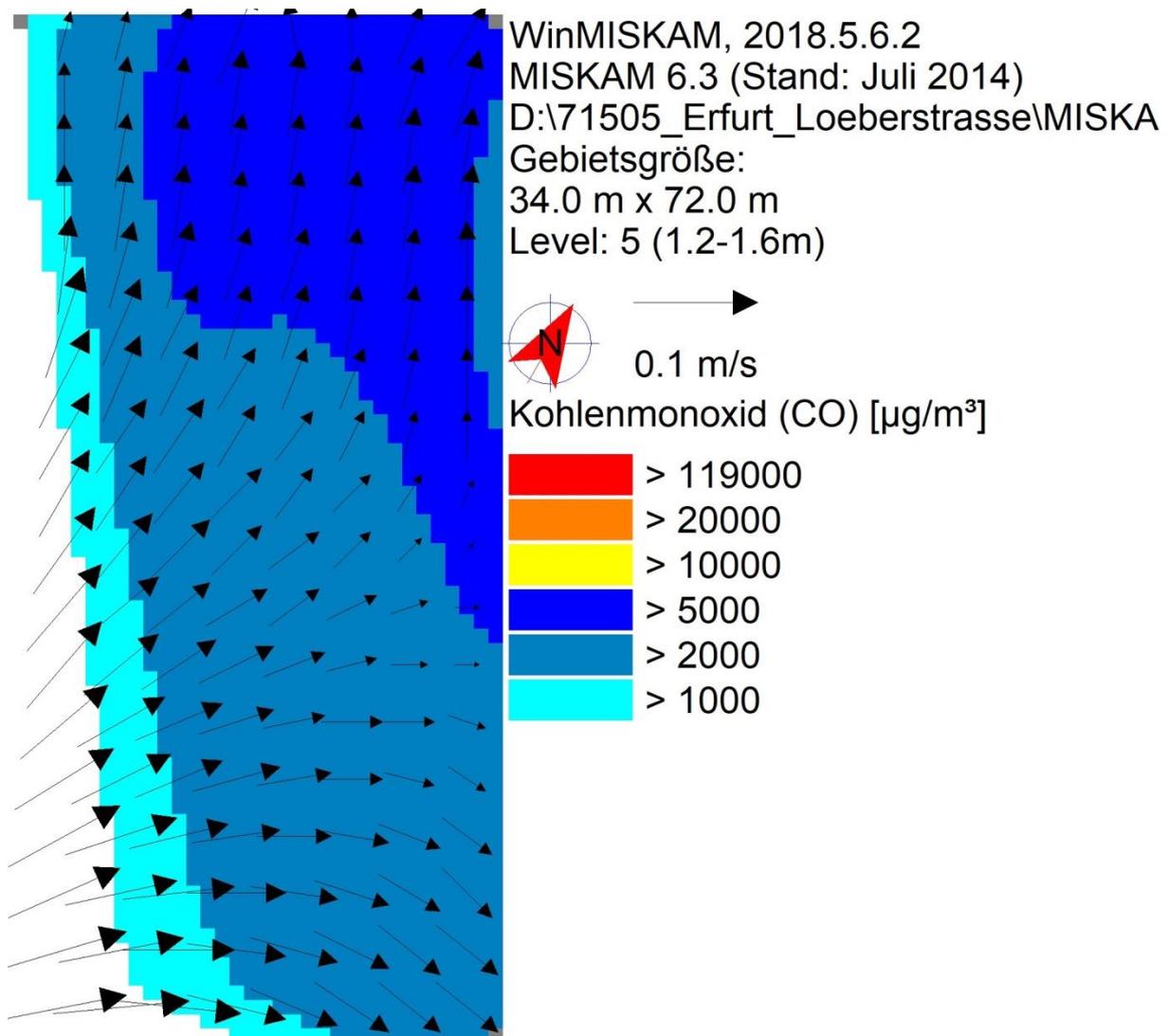


Abb. 6.7: Berechnete Verteilung der CO-Konzentration bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen für eine Windrichtung von  $230^\circ$  im Erdgeschoss des Parkhauses

Bei Windrichtungen aus Südwest (= Hauptwindrichtung) treten die höchsten Belastungen erwartungsgemäß im Erdgeschoss auf, da die Verdünnungsfähigkeit der Schadstoffe in den unteren Etagen am geringsten ist. Bei Winden aus Nordost ist dies überwiegend ebenso. Ausnahme bildet jedoch das Erdgeschoss. Dort werden etwas geringere CO-Belastungen erwartet als in dem darüber liegenden Zwischengeschoss und im ersten Obergeschoss. Dies ist damit zu begründen, dass bei Nordostwind die hauptsächlichen Emissionen des Erdgeschosses (Ein- und Ausfahrt) überwiegend durch die geöffnete Westseite sehr gut abtransportiert werden. In den oberen Etagen sind die Emissionen eher im Parkhaus gleichverteilt, da alle dortigen Fahrzeuge die Stellplatzbereiche einmal umrunden müssen, bis sie in die

nächste Etage gelangen können. Dort ist dieser Vorteil deshalb nicht gegeben und die günstigeren Durchströmungsbedingungen können dies nicht vollständig ausgleichen.

Bei Winden aus Nordost dienen die freien Bereiche der Nord- und Ostfassade als Zuluftbereiche. Im freien Bereich der Westfassade tritt die Luft wieder aus dem Parkhaus aus (**Abb. 6.3**).

Die berechneten CO-Konzentrationen betragen bei Winden aus 50° im Erdgeschoss im Mittel 1 200 µg/m<sup>3</sup>, im Maximum (auf der Westseite) werden CO-Konzentrationen von 6 200 µg/m<sup>3</sup> berechnet (**Tab. 6.2**).

Damit wird der Grenzwert von 119 000 µg/m<sup>3</sup> auch im Bereich der maximalen Belastung deutlich unterschritten. Im Maximum wird er nur um ca. 5 % ausgeschöpft. Insgesamt kann unter Beachtung der geplanten natürlichen Durchlüftungsbedingungen bereits das gesamte Erdgeschoss sehr gut durchlüftet werden. Die Belastungen sind im Westen im Bereich der Abluftöffnungen am größten. Dies ist auch plausibel. Die Luft dringt im Norden und Osten in das Parkhaus ein und nimmt auf dem Weg durch das Parkhaus in Richtung Westen die dortigen Emissionen mit. Auf dem Ausbreitungspfad bis zur Westfassade reichert sie sich somit mit Schadstoffen an. Deshalb sind die Belastungen an der Westfassade am größten zumal im Erdgeschoss auch in diesem Bereich die höchsten Emissionen auftreten.

Im Zwischengeschoss und darüber bilden sich an dem nicht durchlässigen Bereich in der Mitte der Nordfassade lokale Wirbel, die die dortige CO-Belastung in diesem Bereich erhöhen. Dieser Effekt tritt im Erdgeschoss nicht auf, da dort die Belüftung an dieser Fassade durchgängig gewährleistet ist.

Im Zwischengeschoss treten etwas höhere Belastungen als in Erdgeschoss auf, die im Maximum 10 700 µg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten und im Mittel bei ca. 1 500 µg/m<sup>3</sup> liegen (**Abb. 6.4**). Die Windgeschwindigkeiten sind im südlichen Bereich des Parkhauses größer als im Norden. Folgerichtig sind die berechneten Belastungen im nordwestlichen Bereich am größten.

Dies trifft auch auf die weiteren Etagen generell zu. Im 1. OG werden im Mittel ca. 1 300 µg/m<sup>3</sup> berechnet, das Maximum ist mit ca. 7 600 µg/m<sup>3</sup> etwas geringer als im Zwischengeschoss (**Abb. 6.5**).

Im 2. OG sind die mittleren Belastungen mit ca. 1 100 µg/m<sup>3</sup> erneut geringer als im darunter liegenden 1. OG (**Abb. 6.6**).

In den weiteren Etagen darüber werden noch geringere Belastungen berechnet. Auf eine Darstellung der Werte wird verzichtet.

Die berechneten Belastungen bei dem betrachteten meteorologischen Fall mit Winden aus Südwest ist flächendeckend für das Erdgeschoss in **Abb. 6.7** dargestellt.

Die Belastungen sind in diesem Geschoss höher als bei Winden aus Nordost. Der Bereich der Fassadenöffnung auf der Westseite dient als Zuluftöffnung, die Nordfassade, der südliche Teil der östlichen Öffnungen sowie der östliche Teil der Südfassade dienen als Abluftbereich. Der Weg der Luft durch das Parkhaus ist in Richtung Norden länger als in Richtung Osten und Süden. Deshalb kann die Luft in Richtung Norden am meisten Schadstoffe aufnehmen und die Belastungen sind im Norden am höchsten. Dies erscheint plausibel. Die maximalen CO-Belastungen betragen  $7\,400\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit wird auch im Erdgeschoss der CO-Grenzwert deutlich unterschritten. In den darüber liegenden Etagen sind die CO-Belastungen bei dieser Windrichtung in allen Bereichen geringer als im Erdgeschoss. Auf eine flächenhafte Darstellung der höheren Etagen wird aus diesem Grund verzichtet. Die jeweiligen Mittelwerte und Maximalwerte sind den **Tab. 6.1** und **Tab. 6.2** zu entnehmen.

Die für die beiden Windrichtungen innerhalb des Parkhauses in ca. 1.5 m über Grund berechneten CO-Belastungen liegen auch in den maximalen Bereichen mindestens eine Größenordnung unterhalb des Grenzwertes von  $119\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit ist auch bei anderen Windrichtungen nicht zu erwarten, dass Belastungen berechnet werden, die den o.g. Grenzwert auch nur annähernd erreichen. Die Betrachtung weiterer Windrichtungen ist aus diesem Grund aus Sicht des Gutachters nicht notwendig.

## 6.5 Abschätzung unter Nutzung von Strömungsinformationen aus MISKAM

Das Modell MISKAM ist für die Berechnung von Immissionen innerhalb von Parkhäusern nicht validiert. Außerdem kann das Parkhaus selbst nur in vereinfachter Form bei der Modellierung berücksichtigt werden. Deshalb wurden zusätzliche Abschätzungen der zu erwartenden CO-Konzentrationen durchgeführt. Zunächst wurde anhand der Ergebnisse des Strömungsmodells von MISKAM abgeschätzt, welche mittleren CO-Konzentrationen auf den einzelnen Etagen zu erwarten sind.

Dafür wurden die Längen der jeweiligen Einströmbereiche ( $L_{\text{einstr}}$ ) sowie die mittleren Einströmgeschwindigkeiten ( $v_{\text{quereinst}}$ ) für die beiden betrachteten ungünstigen meteorologischen Situationen ermittelt. Daraus kann unter Nutzung der lichten Fassadenfreibereiche

(Hoffen) der Volumenstrom ermittelt und durch Verschneidung mit den berechneten Emissionen in der Spitzenstunde (Emispitzenst) die mittlere zu erwartende CO-Konzentration berechnet werden. Dies wird getrennt für jede Etage durchgeführt. Die Ergebnisse sind gemeinsam mit den Eingangsdaten in **Tab. 6.3** dargestellt.

	C 50° [µg/m³]	C 230° [µg/m³]	Leinstr 50° [m]	Leinstr 230° [m]	Vquereinstr 50° [m/s]	Vquereinstr 230° [m/s]	Espitzenst [g/h]	Hoffen [m]
EG	6 000		95		0.07		128.8	0.9
EG		2 600		55		0.11	128.8	2.3
ZG	3 100	1 800	90	50	0.04	0.12	91.3	2.3
1. OG	3 400	1 700	90	40	0.03	0.13	75.0	2.3
2. OG	2 400	1 200	95	40	0.03	0.14	57.6	2.3

Tab. 6.3: Abschätzung der auftretenden mittleren CO-Belastungen in den einzelnen Etagen unter Nutzung der MISKAM-Strömungsrechnung

Bei der Anströmung aus Nordost (50°) dient überwiegend die Ostseite und der östliche Teil der Nordfassade als Einströmbereich (siehe **Abb. 6.4**, Länge ca. 90 bis 95 m). Die mittleren Einströmgeschwindigkeiten betragen oberhalb des Erdgeschosses im Mittel 0.03 m/s bis 0.04 m/s. Im Erdgeschoss ist die Lüftungsöffnung auf der Nord- Süd und Ostseite überwiegend nur 0.9 m hoch. Die Zuluftbereiche sind ähnlich lang wie in den oberen Etagen (ca. 95 m, siehe **Abb. 6.3**).

Damit ergibt sich bei einer Anströmung aus Nordwest und ungünstigen meteorologischen Bedingungen eine mittlere CO-Konzentration im Erdgeschoss von ca. 6 000 µg/m³ [ $128.8 / (95 \text{ m} \cdot 0.9 \text{ m} \cdot 0.07 \text{ m/s}) \cdot 1000000 \text{ µg} / 3600 \text{ s}$ ]. Bei einer Anströmung aus Südwest sind die Belastungen mit ca. 2 600 µg/m³ wegen der deutlich höheren Einströmgeschwindigkeiten verbunden mit mehr Einströmfläche (wegen der größeren Höhe des Einströmbereiches) geringer. In den darüber liegenden Etagen werden mit dieser Methode jeweils geringere Belastungen berechnet.

Tendenziell haben die mit dieser Methode berechneten CO-Konzentrationen die gleiche Größenordnung wie diejenigen, die mit MISKAM berechnet werden.

## 6.6 Abschätzung der CO-Konzentrationen unter Nutzung plausibler Luftwechselraten

Die Berechnungsergebnisse aus Abschnitt 6.4 und 6.5 beruhen auf dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell bzw. nur auf dem Strömungsmodell von MISKAM. Eine dritte Methode zur Ermittlung von Innenraumbelastungen besteht darin, eine Abschätzung unter Nutzung von gängigen Luftwechselraten durchzuführen. Mit dieser Methode können auch Abschätzungen für das Untergeschoss durchgeführt werden, wobei nur das Untergeschoss unter dem Parkhaus betrachtet wird. Das Untergeschoss unter dem geplanten Hotel im Norden wird mechanisch entlüftet. Dort ist somit durch eine technische Lösung eine ausreichende Durchlüftung gewährleistet.

Gängige Luftaustauschgrade können aus der TRGS 554 (2009) entnommen werden.

Der Luftaustauschgrad  $L$  beschreibt die örtliche Lüftungseffizienz. Er basiert auf der Luftwechselzahl  $L_W$  und einem Korrekturwert Luftaustauschfaktor  $L_A$ , der die räumlichen und lufttechnischen Bedingungen berücksichtigt.

$$L [1/h] = L_W [1/h] \cdot L_A [-]$$

Die Luftwechselzahl  $L_W$  gibt den stündlichen Austausch der Raumluft durch Außenluft (Frischluft) an. Sie ist alleine kein Kriterium für die Beurteilung der Wirksamkeit einer Raumlüftung.

Der Luftaustauschfaktor  $L_A$  gibt an, wie sich die örtlichen und räumlichen Bedingungen sowie die Art der Raumlüftung, und hier insbesondere die Luftführung, auf eine Konzentrationsverteilung auswirken.

Die tatsächlichen Luftaustauschraten sind sehr stark von der gegebenen Konfiguration des Gebäudes selbst sowie dessen unmittelbarem Umfeld abhängig. In der TRGS 554 werden folgende Vorgaben gegeben (**Tab. 6.4**). Hierbei ist zu beachten, dass es sich um mittlere Werte handelt, die nicht von der Überdach-Windrichtung abhängig ist.

Raumart		Luftwechselzahl $L_w$ [1/h]	Luftaustauschfaktor $L_A$ [-]	
Gebäude	Lage		Situation	Wert
offene Hallen	–	10	–	1
geschlossene Hallen mit häufigen Transportvorgängen (z.B. Lagerhallen)	freistehendes Gebäude	8	Durchfahrten (Tore) ständig geöffnet	1
			Durchfahrten (Tore) nur zur Ein- und Ausfahrt geöffnet	0,8
	nicht freistehendes Gebäude (grenzt an andere Gebäude)	3	Durchfahrten (Tore) ständig geöffnet	1
			Durchfahrten (Tore) nur zur Ein- und Ausfahrt geöffnet	0,5
geschlossene Hallen mit gelegentlichen Transportvorgängen (z.B. Fertigungshallen)	freistehendes Gebäude	1	ohne Einrichtungen zur freien Lüftung (z.B. Dachreiter)	0,3
			mit Einrichtungen zur freien Lüftung	1
	nicht freistehendes Gebäude (grenzt an andere Gebäude)	0,5	ohne Einrichtungen zur freien Lüftung	0,3
			mit Einrichtungen zur freien Lüftung	0,8

Tab. 6.4: Luftwechselzahl  $L_w$  und Luftaustauschfaktor  $L_A$  bei freier Lüftung  
Quelle (TRGS 554)

Für offene Hallen wird eine mittlere Luftwechselrate von 10/h bei einem Luftaustauschfaktor von 1 angegeben. Dies trifft zu auf diejenigen Geschosse, die nach allen Seiten hin offen sind. Im hier vorliegenden Fall soll jedoch eine besonders ungünstige Situation betrachtet werden. Dies wird durch die Angaben in der TRGS 554 nicht abgedeckt. Überschlägig wurden deshalb die angegebenen Luftwechselraten mit dem Faktor 0,5/2,7 (Verhältnis der Windgeschwindigkeiten in Freiland in 10 m über Grund für die ungünstige Situation/Jahresmittelwert) multipliziert.

Im Untergeschoss unter dem Parkhaus liegen vergleichsweise ungünstige Bedingungen vor. Die TRGS gilt auch nur für überirdische Hallen. Die dortige Tiefgarage wird jedoch fast durchgängig über Lüftungsöffnungen entlüftet. Deshalb wurde dort mit einer Luftwechselrate (gültig für geschlossene Hallen, nicht freistehende Gebäude mit Einrichtungen zur freien Lüftung) gerechnet. Dies erscheint konservativ, da es sich nicht um eine geschlossene Halle handelt.

In allen anderen Geschossen wird mit einem  $L_w$  von  $10 \cdot 0,5/2,7$  gearbeitet, der typisch ist für offene Hallen.

Im Erdgeschoss ergibt sich eine mittlere CO-Konzentration von 12 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tab. 6.5). Dies ist etwa Faktor 3.5 größer als der mit MISKAM berechnete mittlere Wert für eine Anströmrichtung von 230°, also für die ungünstigsten Bedingungen. Die MISKAM-Ergebnisse können durch diese Abschätzung aber in der Größenordnung bestätigt werden.

	CO-Konz [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Lw [1/h]	LA [-]	Volumen [ $\text{m}^3$ ]	Vol-Strom [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Emispitzenst [g/h]
UG (nur Süd)	12 000	0.09	0.8	5 600	415	5.1
EG	12 000	1.85	1	5 600	10 370	128.8
ZG	9 000	1.85	1	5 600	10 370	91.3
1. OG	7 000	1.85	1	5 600	10 370	75
2. OG	6 000	1.85	1	5 600	10 370	57.6

Tab. 6.5: Abschätzung der auftretenden mittleren CO-Belastungen in den einzelnen Etagen unter Nutzung plausibler Luftwechselraten

Dies gilt auch für die darüber liegenden Etagen.

Im Untergeschoss ergeben sich durch die Abschätzung CO-Konzentrationswerte von 12 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Damit wäre auch dort der Grenzwert eingehalten. Dies stellt jedoch nur eine grobe Abschätzung dar, die Anhaltspunkte dafür liefern, dass die Grenzwerte möglicherweise eingehalten werden können. Da die angesetzten Luftwechselraten aber nicht für Tiefgaragen gültig sind, sondern für oberirdische Hallen, sind die damit verbundenen Aussagen nicht gerichtsfest.

Die Abschätzung ergibt aber Werte, die im Mittel eine Größenordnung unterhalb des Grenzwertes liegen. Nimmt man an, dass die horizontale Verteilung der CO-Belastung innerhalb des Untergeschosses ähnlich wie im Erdgeschoss bei einer Anströmung aus Nordost ist, ist auch an den höchstbelasteten Stellen mit ca. 60 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert im Untergeschoss bei ungünstigen meteorologischen Bedingungen nur zu 50 % ausgeschöpft. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die CO-Grenzwerte im Untergeschoss unter dem Parkhaus mit dem jetzigen Lüftungskonzept eingehalten werden können.

## 6.7 Gesamtbewertung

Die mit allen drei Methoden berechneten CO-Belastungen innerhalb des Parkhauses liegen deutlich unterhalb des Grenzwertes der Thüringer Garagenverordnung. Dies trifft sowohl auf

die mittleren Werte je Etage als auch die maximal ermittelten Werte an der höchst belasteten Stelle zu.

Die Berechnungen beinhalten konservative Ansätze, z. B. dass alle Emissionen aus der Tiefgarage in das Erdgeschoss hinein emittieren, obwohl sie tatsächlich in Teilbereichen durch zusätzliche Lüftungsschächte emittiert werden. Auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Etagen sind in der Modellierung nicht enthalten. Tatsächlich ist zu erwarten, dass ein Teil der Luft aus den unteren Geschossen in die oberen gelangt und dort effektiver abtransportiert werden kann.

Zudem wurden sehr ungünstige Emissionsbedingungen (Spitzenstunde gegen 17.00 - 18.00 Uhr) mit sehr ungünstigen meteorologischen Bedingungen verknüpft, obwohl diese eher in den Nachtstunden auftreten und nicht zum Zeitpunkt der Spitzenstunde des Verkehrs.

Deshalb sind die MISKAM-Rechnungen konservativ, so dass davon auszugehen ist, dass auch in der Stunde mit der Spitzenbelastung des Verkehrs kombiniert mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen der CO-Grenzwert in dem gesamten Parkhaus eingehalten werden kann.

Für das Untergeschoss unter dem Hotel wird eine mechanische Entlüftung geplant, so dass die dortige CO-Belastung keine Grenzwerte überschreiten wird.

Für die Tiefgarage unter dem Parkhaus können mit MISKAM keine Aussagen getroffen werden, da das Modell nicht geeignet ist, Schadstoffbelastungen unter der Erde zu berechnen. Eine erste Abschätzung zeigte jedoch auf, dass die innerhalb der Tiefgarage zu erwartenden Belastungen im Mittel über die gesamte Fläche auch bei ungünstigen meteorologischen Bedingungen eine Größenordnung kleiner sind als der Grenzwert der Thüringer Garagenverordnung. Dies gilt für den Mittelwert. Aber selbst in ungünstigen Bereichen der Tiefgarage ist eine Überschreitung der CO-Grenzwerte unwahrscheinlich.

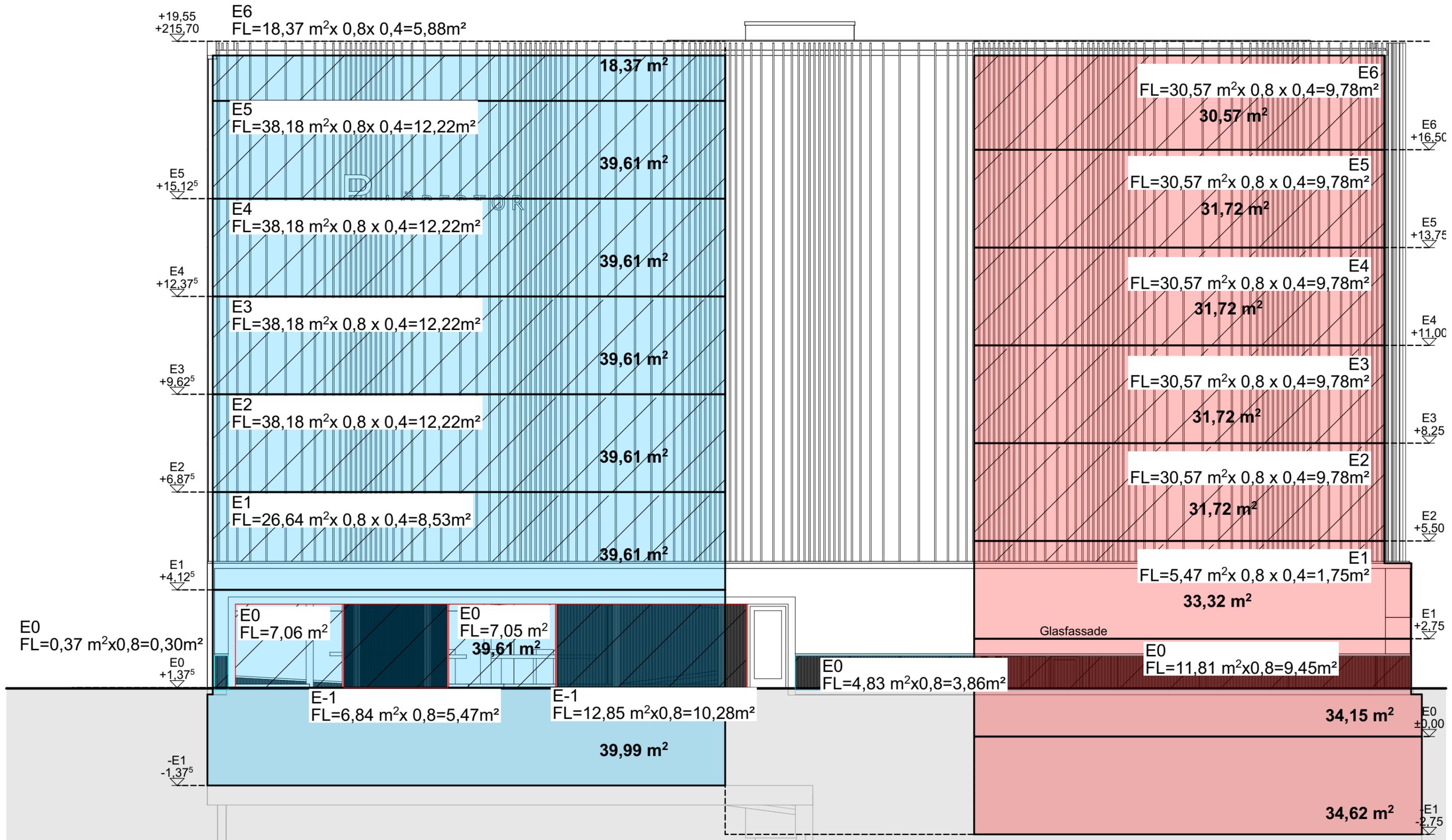
In jedem Falle sollte das Vorhaben so umgesetzt werden, dass die in der Anlage unterzubringenden Dauerparker in den Untergeschossen vorgesehen werden sollten (so ist es im hier vorliegenden Gutachten auch angesetzt wurden), da in diesem Falle die Emissionen in den Untergeschossen minimiert werden können.

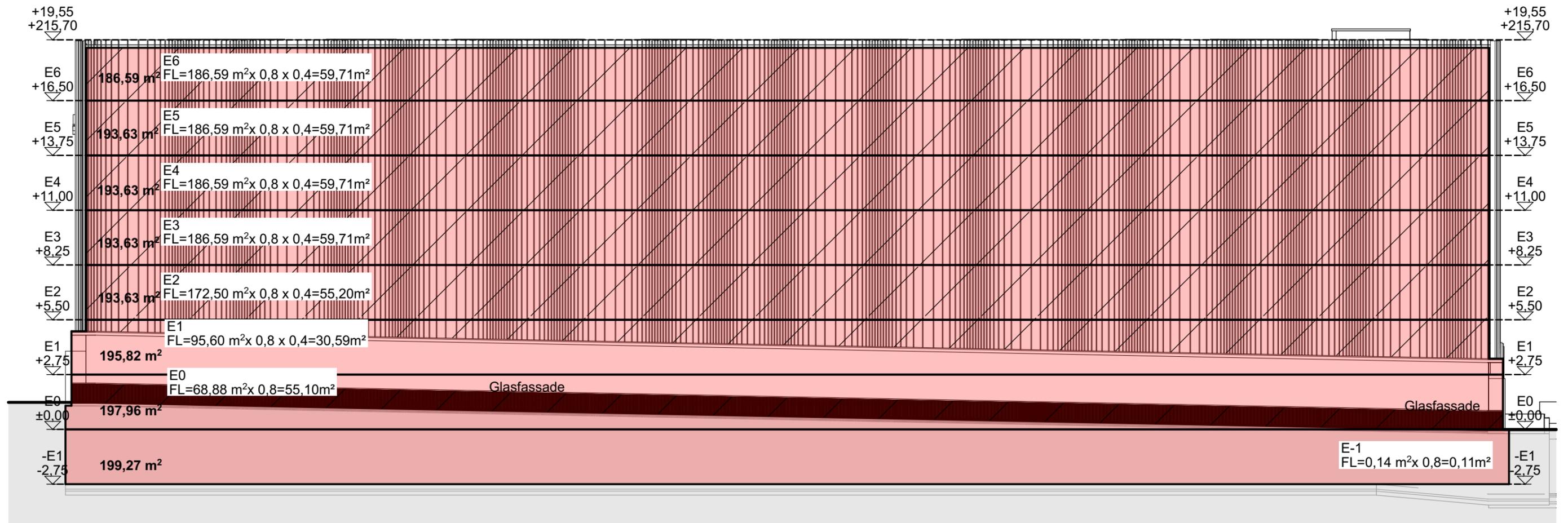
Aus Sicht der CO-Belastung innerhalb des Parkhauses gibt es unter Zugrundelegung der aktuellen Planung (Stand: 23.01.2019) keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens.

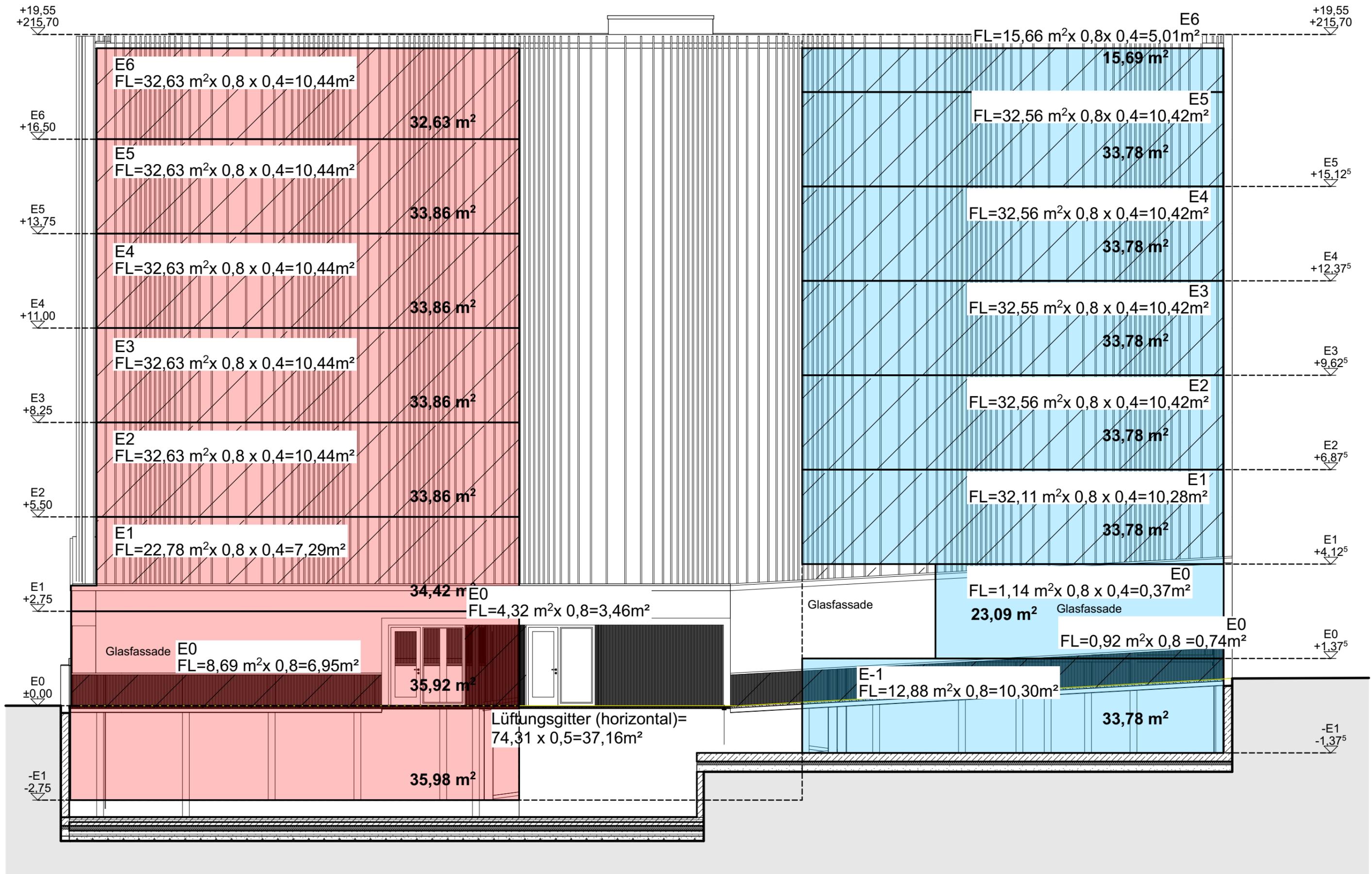
## 7 LITERATUR

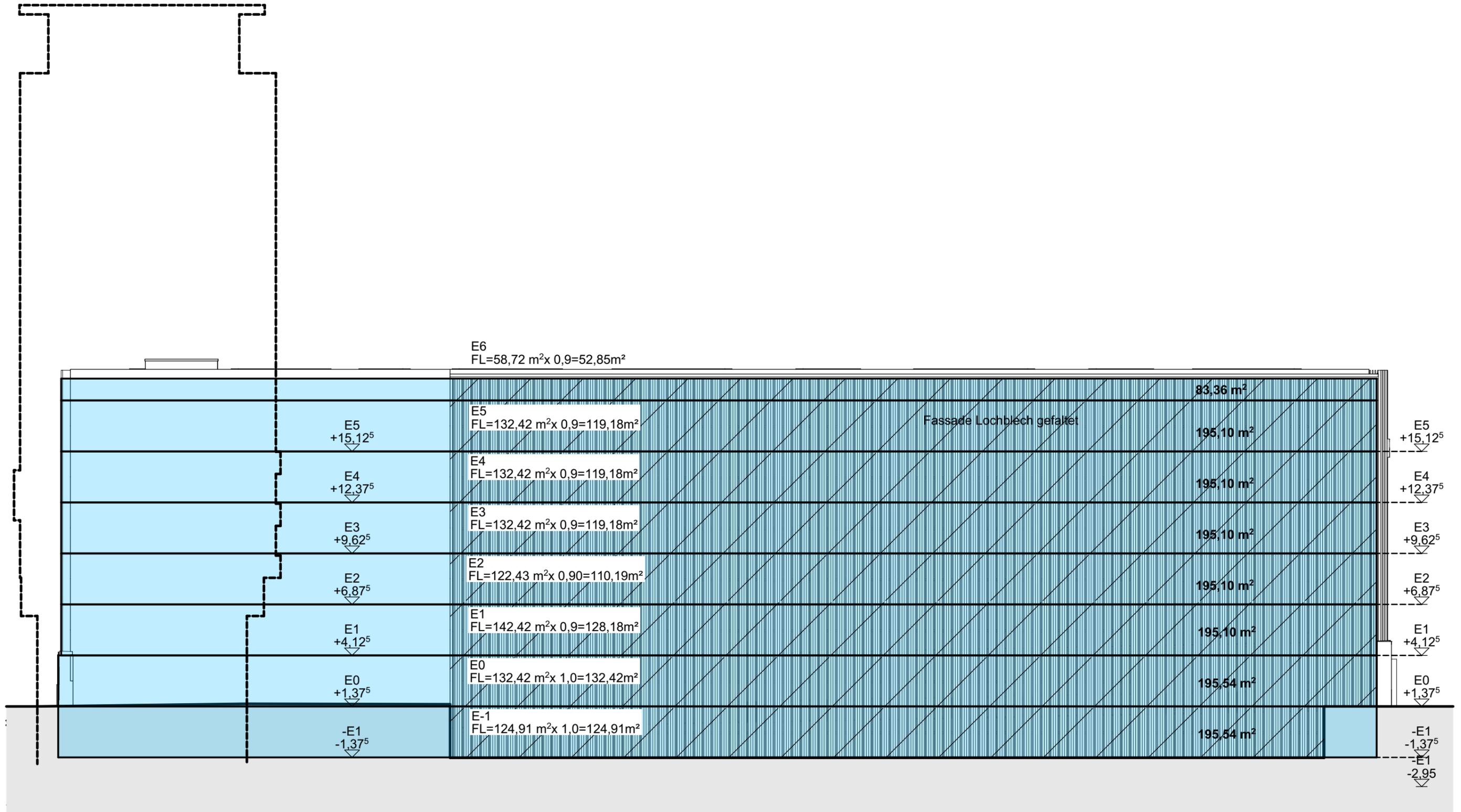
- Architekturbüro Stadermann (2019): Übergabe der Lagepläne, Ansichten und Schnitte. E-Mail von Frau Brand am 31.01.2019, Stand 23.01.2019.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- DWD (2018): Meteorologische Daten der Station Erfurt-Weimar, heruntergeladen unter: [http://www.dwd.de/DE/Home/home\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html).
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Lohmeyer (2019): Parkhaus Löbertor in Erfurt, Luftschadstoffgutachten. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71505-18-01, Entwurf vom 08.03.2019. Gutachten im Auftrag von Projektentwicklung Neuwerkstraße 17 GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main.
- Stadtverwaltung Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt (2018): Digitale Gebäudedaten der Stadt Erfurt. E-Mail vom 30.07.2018 von Herrn Riediger an Frau Moldenhauer.
- TRGS 554 (2009): Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 554) „Abgase von Dieselmotoren“. Ausgabe Juli 2009.
- ThürGarVO (1995): Thüringer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (Thüringer Garagenverordnung – ThürGarVO) vom 28. März 1995 (GVBl S. 185).
- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3. (HBEFA 3.3) (aktualisierte Version vom 02.05.2017). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- verkehr<sup>plus</sup> Verkehrstechnik und Verkehrsmanagement GmbH (2018): Übergabe des LSA-Ausrüstungsplan Variante 1 (Signalkonzept). E-Mail von Herrn Eweleit vom 29.08.2018.
- yverkehrsplanung GmbH (2018a): Übergabe der Verkehrsdaten und Angaben zum Parkhaus. E-Mail von Herrn Selz vom 19.07.2018, 21.08.2018, 27.08.2018, 28.08.2018.
- yverkehrsplanung GmbH (2018b): Angaben zur Spitzenstunde des Parkhauses. E-Mail von Herrn Selz vom 29.08.2018.
- yverkehrsplanung GmbH (2018c) und Verkehrplus: BV 634 – Neuwerkstraße 17, 99084 Erfurt, Verkehrsuntersuchung Löbertor in Erfurt, Erfurt/ Weimar 19.11.2018.

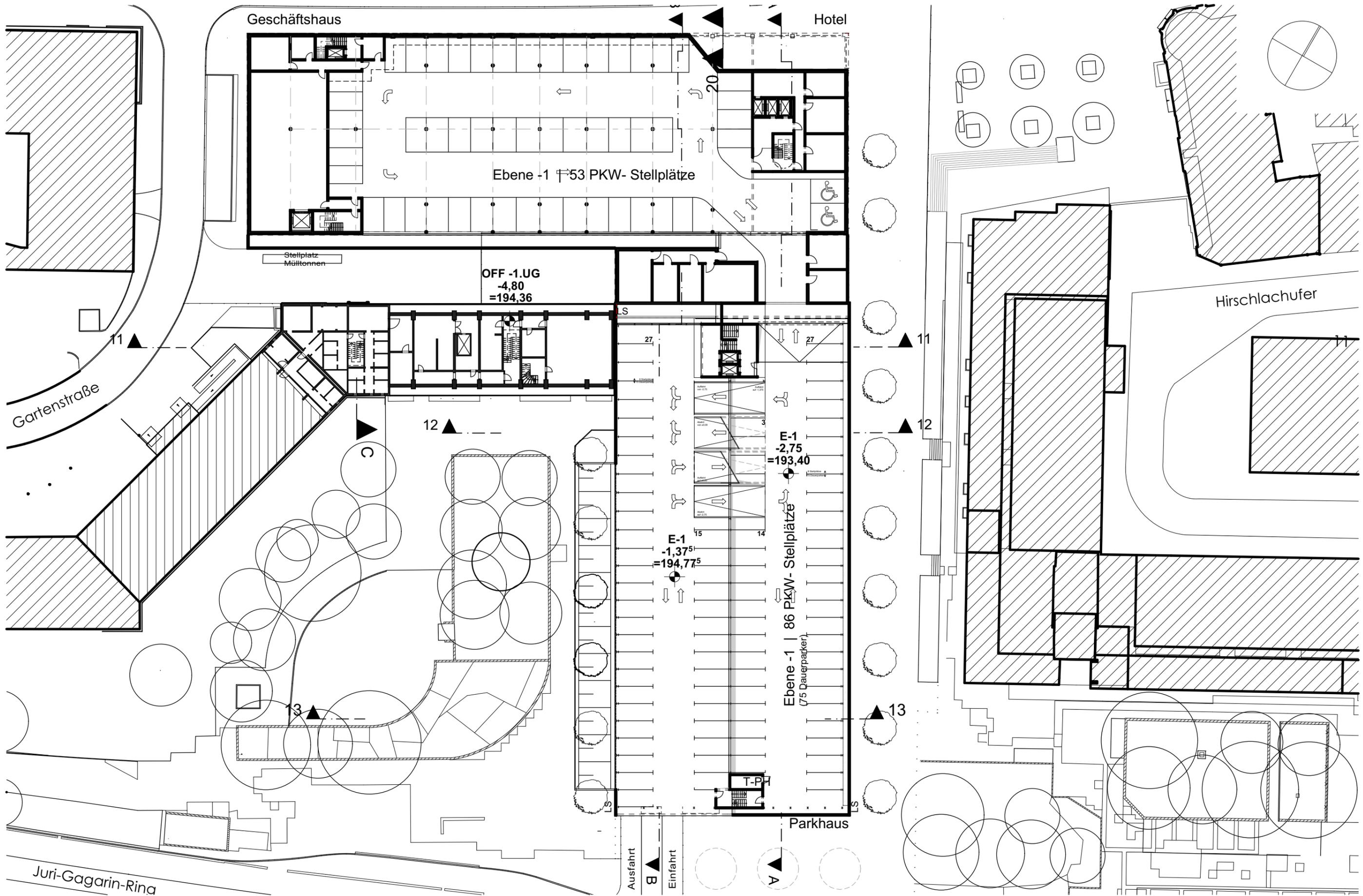
**A N H A N G A1:**  
**PARKHAUSPLANUNG, STAND: 23.01.2019**  
**(ARCHITEKTURBÜRO STADERMANN, 2019)**

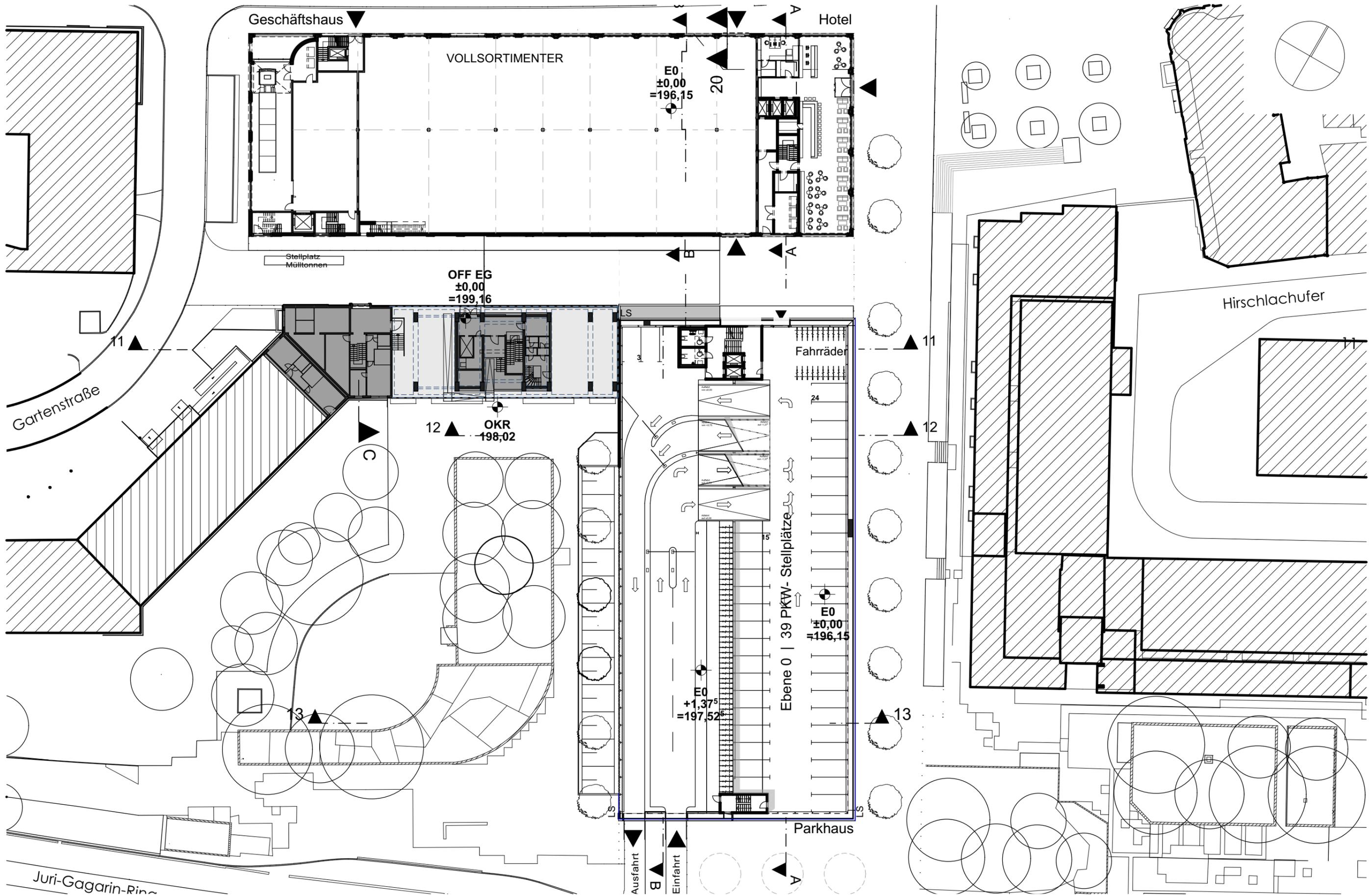


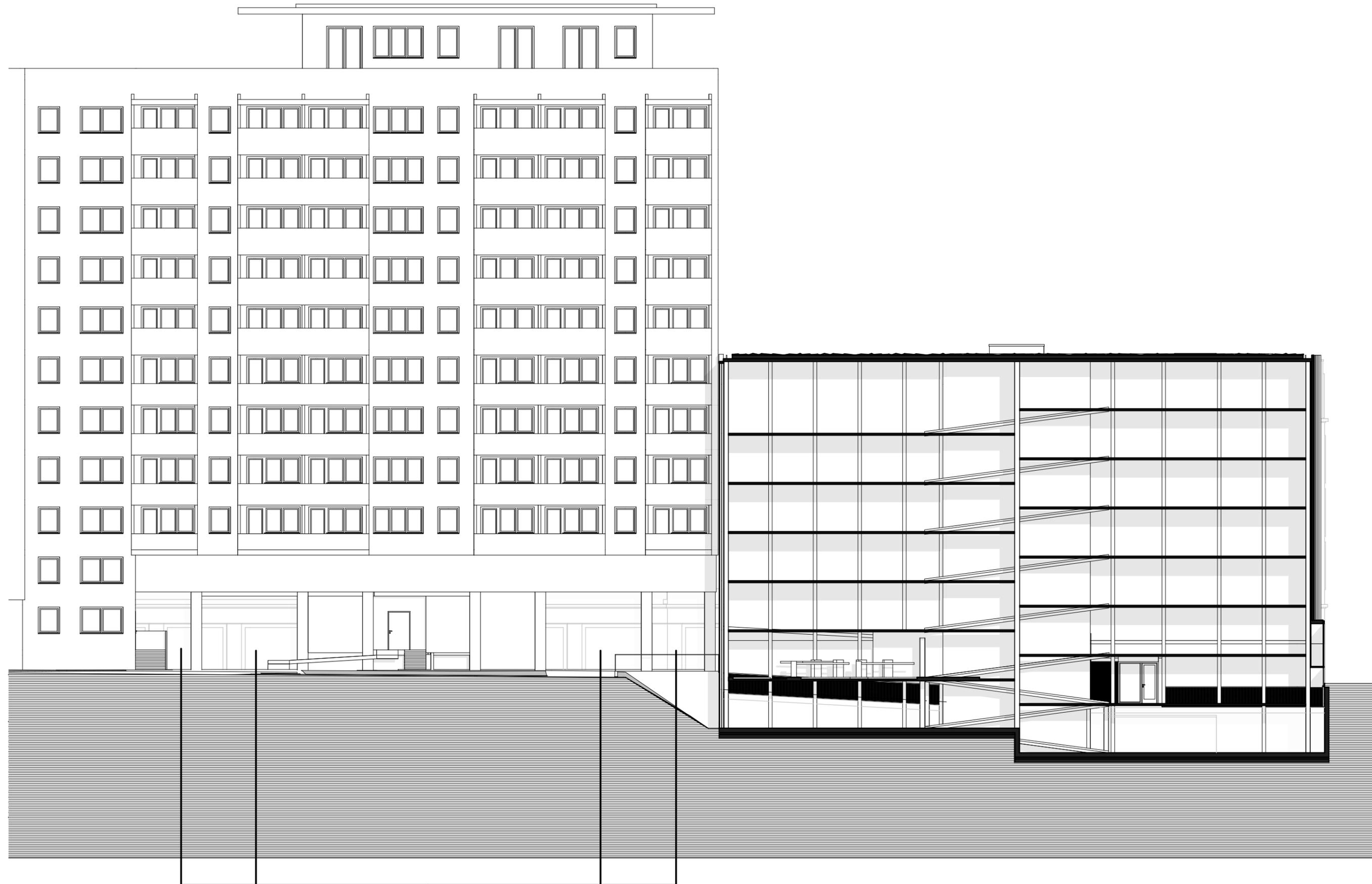




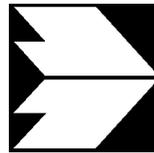








Durchgang



**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D - 01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

E-Mail: [info.dd@lohmeyer.de](mailto:info.dd@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG  
für den Aufgabenbereich O – Gerüche**

71505/Löberstraße Erfurt

## **Parkhaus Löbertor in Erfurt – Gutachten zur ständigen Querlüftung Stellungnahme zur Planungsänderung**

Nach Fertigstellung des Gutachtens erfolgten Planungsänderungen auf Grund von einer Vielzahl von vorhandenen Leitungen im Bereich zwischen Parkhaus und Juri-Gagarin-Straße. Dies hat zur Folge, dass es zu einer Verkleinerung des Parkhauses kommt. Es ist geplant, das Gebäude in südliche Richtung um 2.50 m zu kürzen. Die konstruktiven Ausführungen des Parkhauses bleiben davon unberührt. Es werden jedoch die Anzahl der Stellplätze von 581 auf 553 Stellplätze reduziert, und zwar genau um die, die sich in dem zu kürzenden Gebäudeteil befinden. Die Anzahl der Stellplätze in der Tiefgarage ändert sich nicht.

Diese Reduzierung der Gebäudegröße und damit der Stellplatzanzahl führt zu keiner Erhöhung der CO-Belastung innerhalb des Parkhauses.

So wird durch die geringere Anzahl der Stellplätze eine Reduzierung der parkenden Fahrzeuge und der Durchfahrer erreicht, was zu einer CO-Emissionsminderung im Parkhaus führt. Des Weiteren wird sich der Fahrweg je Ebene und Fahrzeug verkürzen, was ebenfalls eine Reduzierung der CO-Emissionen innerhalb des Parkhauses bewirkt. Durch die geringere Anzahl an Fahrzeugen werden auch die Emissionen bei der Ein- und Ausfahrt innerhalb des Gebäudeteils reduziert, da die Standzeiten für diese Fahrzeuge an der Schranke entfallen.

Die Reduzierung der Emissionen im Erdgeschoß wird sich bei der Anströmung aus 230° bei ungünstigen Ausbereiungsbedingungen positiv auf die CO-Belastung im Parkhaus auswirken. Dort dient die offene Westseite als Zuluftöffnung, so dass die Emissionen der Ein- und Ausfahrer zunächst ins Parkhaus hinein gelangen, die nun geringer sind, da sowohl eine kürzere Fahrstrecke für alle Fahrzeuge vorhanden ist, als auch die Anzahl der Fahrzeuge geringer ist.

Der Einfluss bei Windrichtungen aus Nordosten wird etwas geringer sein als bei 230°, da die Hauptemissionen der Ein- und Ausfahrt bei beiden Planvarianten gleich nach außen transportiert werden und den Innenbereich des Parkhauses gar nicht passieren.

Die Reduzierungen der Fahrstrecken und auch die Reduzierung der Fahrzeuge führen zu einer Reduzierung der CO-Emissionen. Zudem wird der Baukörper verringert, was zu einer leicht verbesserten Durchlüftung führt. Beide Effekte führen zu einer Verringerung der CO-Belastung innerhalb des Parkhauses.

Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG,  
Sitz ist Karlsruhe  
Amtsger. Mannheim, HRA 104948  
Prök.: Dr.-Ing. Thomas Flassak

Pers. haftende Gesellschafterin:  
Lohmeyer GmbH, Karlsruhe,  
Amtsger. Mannheim, HRB 107455  
Geschäftsführer:  
Dipl.-Ing. Helmut Lorentz

Büro Karlsruhe:  
An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0, Fax: - 30  
E-Mail: [info.ka@lohmeyer.de](mailto:info.ka@lohmeyer.de)  
Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

Sparkasse Meißen  
Kto.: 3 000 051 677, BLZ: 850 550 00  
IBAN: DE11 8505 5000 3000 0516 77  
BIC (SWIFT): SOLADES1MEI  
USt-IdNr.: DE813768755

Ihre Daten werden nach den Richtlinien der Europäischen Datenschutzgrundverordnung verwaltet. Weitere Informationen siehe: [www.lohmeyer.de/datenschutz](http://www.lohmeyer.de/datenschutz)

Aus lufthygienischer Sicht gibt es keine Bedenken für die Verkürzung des Gebäudes und damit die Reduzierung der Stellplätze. Eine Neuberechnung der CO-Belastung innerhalb des Parkhauses unter Einbeziehung der Planungsänderungen ist aufgrund der überwiegenden allseitigen Verbesserung der Situation aus fachlicher Sicht nicht notwendig. Die bisherigen Rechenergebnisse sind für die neue Planung konservativ und können auch für die Beurteilung der neuen Planung unverändert heran gezogen werden.

Radebeul, den 11.06.2019

i.A. *E. Nitzsche*  
Dipl.-Ing. (FH) Eva Nitzsche

i.A. *Antje Moldenhauer*  
Dipl.-Met. Antje Moldenhauer