

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main

TÜV-Bericht Nr.: EuL/21260304/A2

Köln, 21.09.2023

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energy GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz für die Arbeitsgebiete:

- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen und Emissionen von Geruchsstoffen;
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmessgeräte einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung;
- Feuerraummessungen;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung
- Bestimmung der Schornsteinhöhen und Immissionsprognosen für Schadstoffe und Geruchsstoffe;
- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen und Vibrationen, Bestimmung von Schalleistungspegeln und Durchführung von Schallmessungen an Windenergieanlagen

nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.

Die Akkreditierung hat die DAkKS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

**TÜV Rheinland Energy GmbH
D-51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221 806-5200, Fax: 0221 806-1349**

Leerseite



Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines
Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main

Name der akkreditierten Stelle:	TÜV Rheinland Energy GmbH
Berichtsnummer / Datum:	EuL/21260304/A2 21.09.2023 Dieser Bericht ersetzt den Berichte EuL/21260304/A2 vom 01.09.2023.
Betreiber:	Betreiber, nicht festgelegt
Standort:	Sindlinger Weg 3, 65835 Liederbach Koordinaten: UTM Zone 32, 32 U 464.457 m, 5551460 m
Art der Begutachtung:	Beurteilung der Immissionssituation
Auftraggeber:	kua dc solutions GmbH Grüneburgweg 115, 60323 Frankfurt am Main
Auftragsdatum:	27.07.2023
Auftragsnummer: (des Auftraggebers)	k.A.
Kundennummer:	1968930
Bearbeiter:	Dr. rer. nat. Kai Born +49 221 806 4230 Email: kai.born@de.tuv.com
Berichtsumfang:	insgesamt 105 Seiten Anhang ab Seite 49
Aufgabenstellung:	Emissionsberechnung und Immissionsprog- nose für Luftschadstoffe

Leerseite

Zusammenfassung

Es wird die Errichtung eines Rechenzentrumskomplexes geplant, bestehend aus zwei Rechenzentren (RZ), hier benannt als „Gebäude A“ (nördliches Gebäude) und „Gebäude B“ (südliches Gebäude). Die RZ sind grundsätzlich technisch unabhängig voneinander zu betreiben, sollen aber als Gesamtanlage genehmigt werden.

Für die Aufrechterhaltung der Stromversorgung im Notfall sind dieselmotorbetriebene Generatoren vorgesehen. Die RZ sollen je 26 (Gebäude A) und 22 (Gebäude B) Generatoren mit entsprechenden NDMA erhalten. Zusätzlich ist für jedes RZ ein Hausgenerator (*life safety generator*, LSG) vorgesehen.

Die Feuerungswärmeleistung (FWL) der Notstromdieselmotoranlagen (NDMA) jedes der beiden RZ liegt über 50 MW, wodurch sie nach 4. BImSchV Anhang Nr. 1.1 als Gesamtanlage genehmigungsbedürftig im Sinne des BImSchG werden.

Die konkrete Auswahl der Motortypen für die Generatoren ist noch offen. In diesem Gutachten wird geprüft, wie eine Rechenzentrumsentwicklung mit verschiedenen NDMA genehmigungsfähig sein könnte, wobei es sich nicht um die finalen Daten handelt. Auf dieser Grundlage werden drei Generatorvarianten untersucht:

Tabelle 1.1: Geplante Varianten der Bestückung der Generatoren. V1-V3: Alternative NDMA-Bestückung, LSG1-LSG3: Alternative Brandschutzgenerator-Bestückung.

Beschreibung	Typ	Anzahl Plan	FWL Einzelmotor (Standby)	FWL Gesamt Plan
V1	Cummins QSK 95-G4	48	6,7 MW	322,8 MW
V2	MTU 20V4000 G94	48	8,3 MW	396,6 MW
V3	CAT 175-20	48	7,3 MW	351,8 MW
LSG1	MTU 12V2000G86F	2	2,4 MW	4,7 MW
LSG2	CAT 3412C	2	1,9 MW	3,8 MW
LSG3	Cummins QSK 23-G3	2	1,9 MW	3,8 MW

Die luftseitigen Einwirkungen wurden mittels Immissionsprognose mit AUSTAL3.1 erfasst.

Gemäß Leitfaden zur Schornsteinhöhenberechnung an Rechenzentren [1] des RP Darmstadt ist aufgrund der Lage außerhalb des eigentlichen Ballungsraumes, und nicht in der Nähe anderer RZ gelegenen Standorts, nicht mit einer erhöhten Vorbelastung zu rechnen, so dass als Beurteilungswert für eine relevante Zusatzbelastung 3% des Immissionsjahreswerts festgesetzt werden.

Die Kaminhöhen für den Bestand wurden mit 36 m Höhe, erforderlich durch die Gebäudegeometrie, festgelegt. Die Immissionsbelastung wurde getrennt für den Test- und Wartungsbetrieb und den Betrieb im Notfall berechnet. Für den geplanten Test- und Wartungsbetrieb, der allein die Einsatzfähigkeit der Generatoren aufrecht erhält, sind jeweils etwa 31 h im Einzelbetrieb (Funktionstests und Emissionsmessungen) und pro RZ 7 h im gemeinsamen Betrieb (Infrastruktur- und Schalterwartungen) vorgesehen.

Das Ziel ist, die Betriebszeiten der Anlage so einzugrenzen, dass die luftseitige Zusatzbelastung in jedem Fall irrelevant im Sinne der TA Luft 2021 Nr. 4.1 ist. Dazu wird die Belastung durch den geplanten Test- und Wartungsbetriebs berechnet und zusätzlich bestimmt, wie lange alle Generatoren im Notbetrieb höchstens betrieben werden dürfen, damit Schwellenwerte der irrelevanten Zusatzbelastung nicht überschritten werden.

Der Notbetrieb ohne Abgasreinigung würde unzulässig hohe Kurzzeitwerte für NO₂ erzeugen und wäre so weder praktikabel noch genehmigungsfähig. Die weiteren Berechnungen erfolgen für eine Abgasreinigung zur Entstickung (SCR) mit einer Reduktion auf 1000 mg/m³ NO_x als NO₂ im Abgas.

Der Test- und Wartungsbetrieb mit Abgasreinigung ist für alle Komponenten unterhalb des Schwellenwerts für eine irrelevante Zusatzbelastung.

Der Notbetrieb mit Abgasreinigung könnte zusätzlich zum Test- und Wartungsbetrieb für eine **maximale Betriebszeit von 300 h/a** erfolgen.

Bei einer Notbetriebszeit von 300 h/a und dem vollständig durchgeführten Test- und Wartungsbetrieb würde sich folgende Gesamtzusatzbelastung durch die Anlage ergeben:

Tabelle 1.2: Zusatzbelastung bei 300 Betriebsstunden.

Komponente	Beurteilungswerte	
	Beurteilungswert	Immissionskennzahl bei max. Betriebszeit von 300 h/a
NO ₂	1,20 µg/m ³	0,17 µg/m ³
NO _x	3,00 µg/m ³	0,93 µg/m ³
SO ₂	1,50 µg/m ³	0,01 µg/m ³
HCOH	3,72 µg/m ³	0,09 µg/m ³
NH ₃	2,00 µg/m ³	0,05 µg/m ³
PM ₁₀	0,40 µg/m ³	0,08 µg/m ³
PM _{2,5}	0,25 µg/m ³	0,02 µg/m ³
N-Dep	0,30 kg/(ha*a)	0,30 kg/(ha*a)
S-Dep	0,030 keq/(ha*a)	0,023 keq/(ha*a)

Die Test- und Wartungsszenarien müssen gegebenenfalls an die Anforderungen des Betreibers bzw. der Kunden angepasst werden und können sich im Planungsverfahren noch ändern. Die hier gewählten Zeiten sind allerdings konservativ bemessen und liegen im oberen Bereich des bei anderen Rechenzentren üblichen Umfangs.

Durch weitere Planänderungen können sich die zu gestattenden Betriebszeiten noch ändern. Die Betriebszeiten, die sich im finalen Planzustand ergeben, würden in der Genehmigung als rechtsverbindliche Betriebszeit genannt werden.

Revisionen:

Bericht-Nr.	Datum	Änderungen
EuL/21260304/A	28.08.2023	Erstfassung
EuL/21260304/A1	01.09.2023	Textliche Anpassungen
EuL/21260304/A2	21.09.2023	Textliche Anpassungen. In Variante 3 (Notbetrieb aller Anlagen) wurden die Emissionen der Brandschutzgeneratoren („Hausgeneratoren“) gemeinsam mit den Notstromversorgungsgeneratoren für die Rechenzentren berücksichtigt.

Inhalt

1	Aufgabenstellung	9
1.1	Allgemeine Informationen und beteiligte Parteien	9
1.2	Vorhabensbeschreibung	9
1.3	Zielsetzung und Vorgehensweise	9
1.4	Verwendete Hilfsmittel und Programme	10
2	Örtliche Verhältnisse	11
2.1	Geländestruktur	11
2.2	Nutzungsstruktur in der Umgebung	12
2.3	Schutzgebiete	13
2.4	Ortsbesichtigung	14
3	Anlagenbeschreibung	15
3.1	Art der Anlage	15
3.2	Beschreibung der Anlage (nach Betreiberangaben)	15
3.3	Bewertungsgrundlage Emissionswerte	17
3.4	Betriebszeiten nach Betreiberangaben	17
3.5	Betrachtete Luftschadstoffe	17
3.6	Angaben zum Stand der Technik / Beste verfügbare Technik (BVT)	17
4	Bestimmung der Emissionen	18
4.1	Liste der Quellen	18
4.2	Abgasparameter	20
4.3	Emissionswerte	22
4.4	Bestimmung der Emissionsmassenströme aller Quellen	23
4.5	Zeitlich variable Emissionen	25
4.6	Windinduzierte Emissionen	25
5	Bestimmung der Schornsteinmindestbauhöhe nach TA Luft 2021	26
5.1	Berechnung der Kaminhöhe nach TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1	26
5.2	Zusammenfassung aller Kriterien zur Bestimmung der Schornsteinmindestbauhöhe	28
5.3	Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft 2021 Anhang 7 - Geruch	28
6	Immissionsprognose	29
6.1	Berechnungsmethode	29
6.2	Eingabedaten	30
6.3	Bewertungsgrundlage: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV und TA Luft 2021	39
6.4	Bewertungsgrundlage: Stickstoff- und Säuredeposition	40
6.5	Bewertungsgrundlage: Geruch nach TA Luft 2021 Anhang 7	40
6.6	Ergebnisse der Immissionsprognose	41
7	Zusammenfassung der Ergebnisse	47
8	Anhänge	49
A1	Literatur und verwendete Unterlagen	50
A3	Schornsteinhöhenberechnung nach VDI 3781 Blatt 4	51
A4	Grafiken: Ergebnisse der Immissionsprognose	55
A5	Rechenprotokolle	94
A6	Darstellung der Szenarien für den Test- und Wartungsbetrieb	105

Abkürzungsverzeichnis

BImSchG	<i>Bundesimmissionsschutzgesetz</i>
BImSchV	<i>Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz</i>
BM	<i>Bagatellmassenstrom</i>
FWL	<i>Feuerungswärmeleistung</i>
LSG	<i>life safety generator</i>
NDMA	<i>Notstromdieselmotoranagen</i>
RP	<i>Regierungspräsidium</i>
RZ	<i>Rechenzentrum</i>
SCR	<i>Selective catalytic reduction</i>

Leerseite

1 Aufgabenstellung

1.1 Allgemeine Informationen und beteiligte Parteien

Auftraggeber:	kua dc solutions GmbH Grüneburgweg 115, 60323 Frankfurt am Main
Betreiber:	Betreiber, nicht festgelegt
Ansprechpartner:	Daniela Solic, solic@kuadc.com
Standort:	Sindlinger Weg 3, 65835 Liederbach Koordinaten: UTM Zone 32, 32 U 464.457 m, 5551460 m
Anlage:	Anlagen zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas durch den Einsatz von Brennstoffen in einer Verbrennungseinrichtung (wie Kraftwerk, Heizkraftwerk, Heizwerk, Gasturbinenanlage, Verbrennungsmotoranlage , sonstige Feuerungsanlage), einschließlich zugehöriger Dampfkessel, mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 Megawatt oder mehr, gemäß 4. BImSchV Anhang Nr. 1.1, genehmigungsbedürftig im Sinne des BImSchG
Aufgabenstellung:	Emissionsberechnung und Immissionsprognose für Luftschadstoffe
Bearbeiter:	Dr. rer. nat. Kai Born
Beteiligte weitere Institute:	nein

1.2 Vorhabensbeschreibung

Es wird die Errichtung eines Rechenzentrumskomplexes eines RZ Komplexes mit zwei unabhängigen Gebäuden, hier als „Gebäude A“ und „Gebäude B“ bezeichnet, vor. Die FWL ist für jedes der RZ größer als 50 MW, damit werden die RZ genehmigungsbedürftig nach 4. BImSchV Anhang 1 Nr. 1.1. Sie sollen gemeinsam als eine BImSch-Anlage bewertet werden.

Für eine zukünftige Genehmigung ist eine lufthygienische Untersuchung erforderlich.

Die TÜV Rheinland Energy GmbH wurde beauftragt, eine lufthygienische Untersuchung für die RZ durchzuführen.

1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise

Das Ziel der Untersuchung ist (a) der Nachweis, dass der Test- und Wartungsbetrieb aus lufthygienischer Sicht unbedenklich ist, (b) die Bestimmung der maximal zu gestattenden Betriebszeit, damit die Einhaltung §5 BImSchG - keine schädliche Umwelteinwirkung – gewährleistet ist. Als Hinweis für eine relevante schädliche Umwelteinwirkung wird die Überschreitung des Schwellenwerts für eine irrelevante Zusatzbelastung nach TA Luft Nr. 4.1 bzw. eines gleichwertigen Beurteilungswerts durch die Gesamtzusatzbelastung der Anlage, bestehend aus Test- und Wartungsbetrieben und Notbetriebszeiten beider RZ, verstanden.

Da bislang drei Motortypen für die Realisierung favorisiert werden und noch keine Festlegung erfolgte, wird die Berechnung hier mit einem hypothetischen Motor mit den ungünstigsten Eigenschaften („worst case hybrid“) durchgeführt.

Dafür wird eine Immissionsprognose nach TA Luft 2021 Anhang 2 [2] und eine Auswertung gemäß dem Leitfaden zur Schornsteinhöhenberechnung für Rechenzentren [1] durchgeführt. Eine Kaminhöhenberechnung nach TA Luft 2021 wird an dieser Stelle nicht dokumentiert, weil diese regelmäßig unverhältnismäßig hohe Kamine erfordert. Die Kaminhöhen werden gemäß VDI 3781 Bl. 4 [3] so bestimmt, dass die Kaminmündungen sich – zur Gewährleistung eines freien Abströmens der Abgase – nicht innerhalb gebäudebedingter Wirbelzonen befinden.

Die Immissionsprognose erfolgt getrennt für den geplanten Test- und Wartungsbetrieb, und für den nicht planbaren Notbetrieb. Im Test- und Wartungsbetrieb werden die NDMA einzeln betrieben, lediglich für 7 h/a findet ein gemeinsamer Betrieb der NDMA jeweils eines einzelnen RZ statt. Im Notbetrieb laufen alle NDMA am Rechenzentrums-campus gleichzeitig. In der Planung ist zunächst keine Redundanz des Notbetriebs vorgesehen, daher wird hier vom Vollast auch im Notbetrieb ausgegangen.

Es wird ermittelt, wie hoch die Belastung durch den Wartungsbetrieb ist und welcher Anteil des Schwellenwertes bzw. Beurteilungswertes nach Durchführung der Wartungslaufzeiten noch für den reinen Notbetrieb zur Verfügung steht. Dieser Anteil kann dann maximal durch die Notfallbetriebszeiten ausgeschöpft werden. Die Berechnung erfolgt auch für die Geruchsbelastung durch den Test- und Wartungsbetrieb. Für den Notbetrieb wird davon ausgegangen, dass die Geruchsbelastung hinzunehmen ist.

Eine besondere Belastung durch Bioaerosole durch die Kühlsysteme besteht nicht, da es sich um geschlossene Systeme gemäß VDI 4250 Blatt 2 handelt.

1.4 Verwendete Hilfsmittel und Programme

Verwendete Hilfsmittel

AUSTAL3 in der aktuellen Version 3.1

AUSTAL View in der aktuellen Version 10.1 Die verwendeten Gesetze, Verwaltungsvorschriften, Richtlinien, Merkblätter und sonstige Literatur sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

2 Örtliche Verhältnisse

Das Betriebsgelände befindet sich im Westen von Frankfurt etwa 10 km westlich des Stadtkerns. Im Nordwesten befinden sich Ausläufer des Taunus mit höheren Erhebungen, im Norden der Taunus selbst. Die Lage ist in einer Übersichtskarte (siehe **Abbildung 2.2**) verdeutlicht.

2.1 Geländestruktur

Die Region wird der westlichen Untermainebene, der östliche Teil der Hanau-Seligenstädter Senke, zugeordnet. Das Gelände ist schwach gegliedert. Der Campus befindet sich auf ~ 100 m über Normalnull auf der nördlichen Seite des Mains ~ 650 m vom Flussufer entfernt (siehe **Abbildung 2.2**). Die maximalen Geländesteigungen liegen bei ca. 17,4 % (etwa 1,2 km nordwestlich der Anlage abseits der Hauptwindrichtung, siehe Kapitel 6.2.2). Ansonsten liegen die Geländesteigungen im Nahbereich der Anlage unter 10 %.

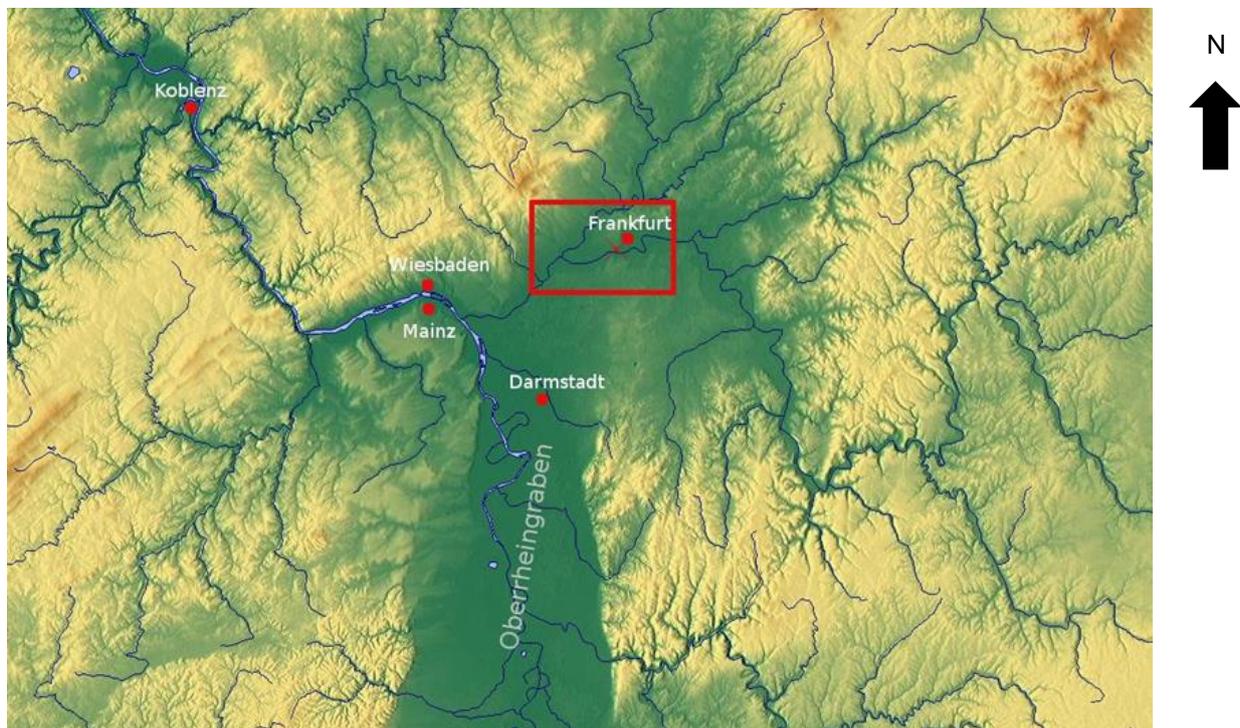


Abbildung 2.1: Reliefkarte: Lage des Untersuchungsgebietes (rotes Rechteck) (Quelle: Maps-For-Free.com).

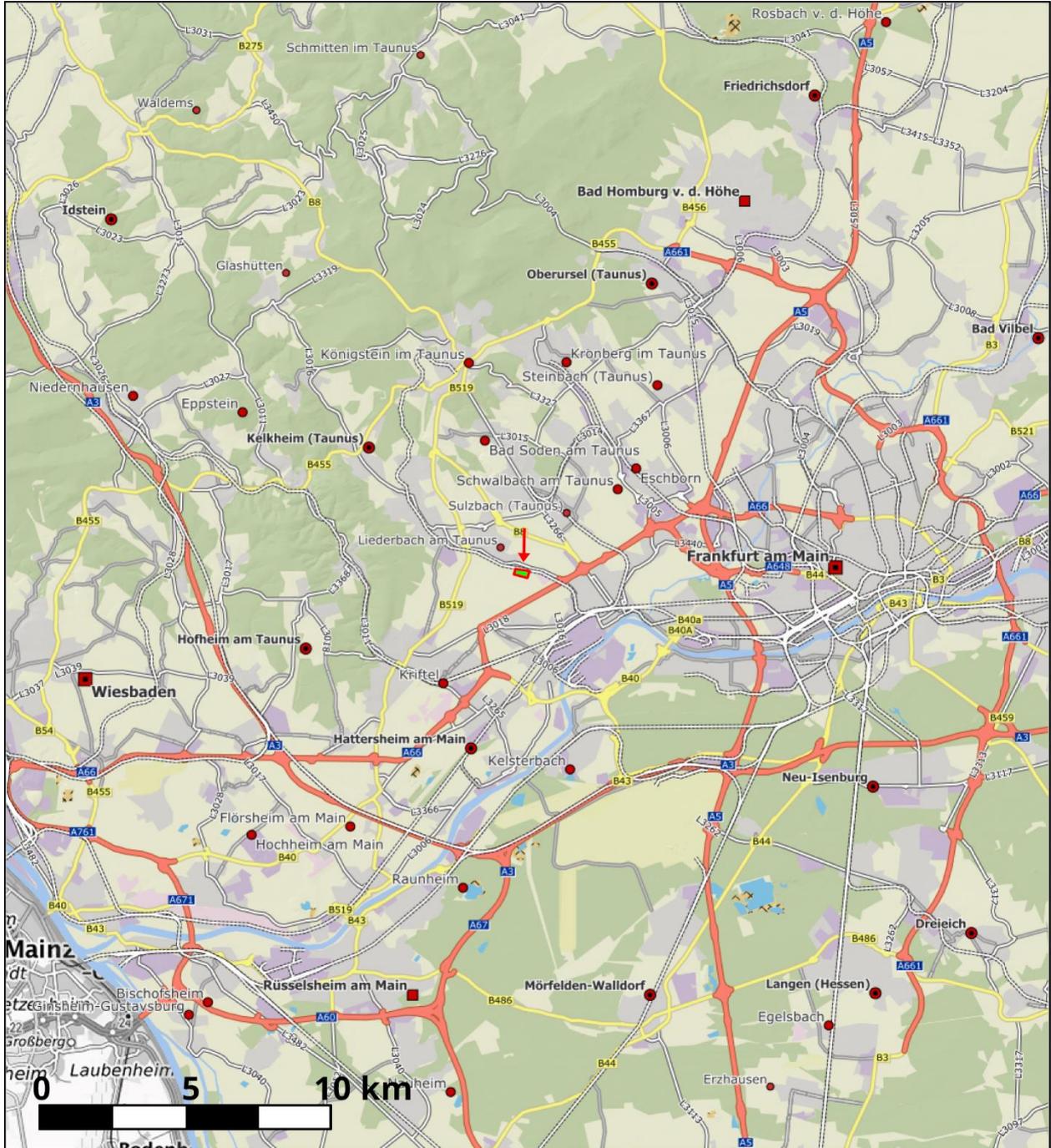


Abbildung 2.2: Übersichtskarte, Lage des geplanten Betriebsgeländes (rot-grüne Markierung, Pfeil) (Quelle: Geoportal Hessen).

2.2 Nutzungsstruktur in der Umgebung

Das Umfeld der Anlage ist im Norden und Westen überwiegend durch gewerbliche und städtische Wohnbebauung mit einer mittleren Höhe von 10-15 m geprägt. Direkt am Betriebsgelände liegt ein bewirtschafteter Pferdehof mit Wohnhaus.

Das geplante Gebiet ist im Lageplan in **Abbildung 2.3** dargestellt.

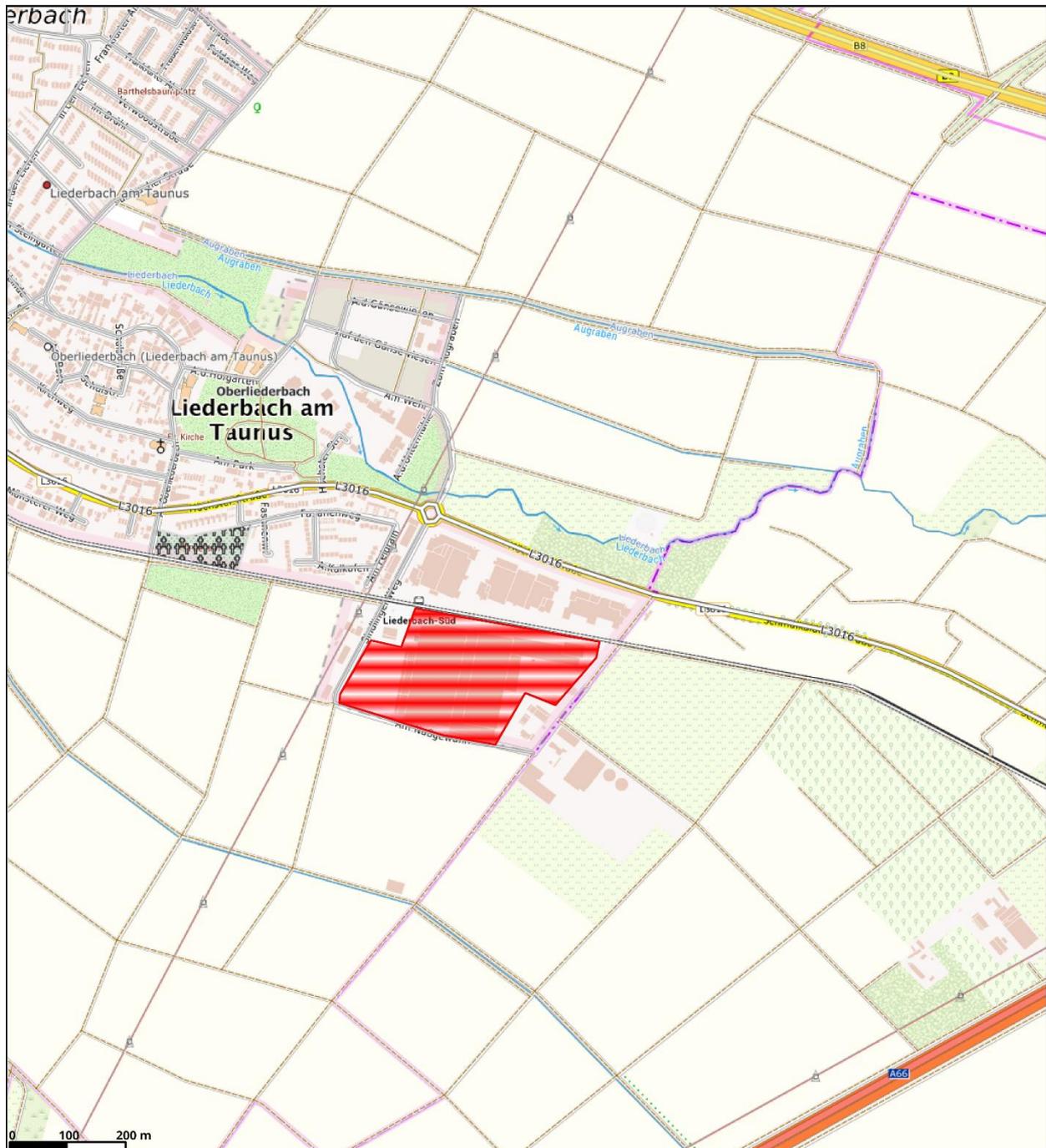


Abbildung 2.3: Betriebsgelände (rot schraffiert).

2.3 Schutzgebiete

Die nächstgelegenen FFH-Gebiete liegen in mittlerer Entfernung (vgl. **Abbildung 2.4**). Allerdings liegen Hinweise auf geschützte Biotope in direkter Umgebung vor. Weil deren Bewertung bislang rechtlich unklar ist werden sie mit dem höchstmöglichen Schutzstatus, also wie FFH-Gebiete, bewertet.

Die Stickstoff- und Säuredeposition in die Schutzgebiete wird in der vorliegenden Untersuchung ermittelt.

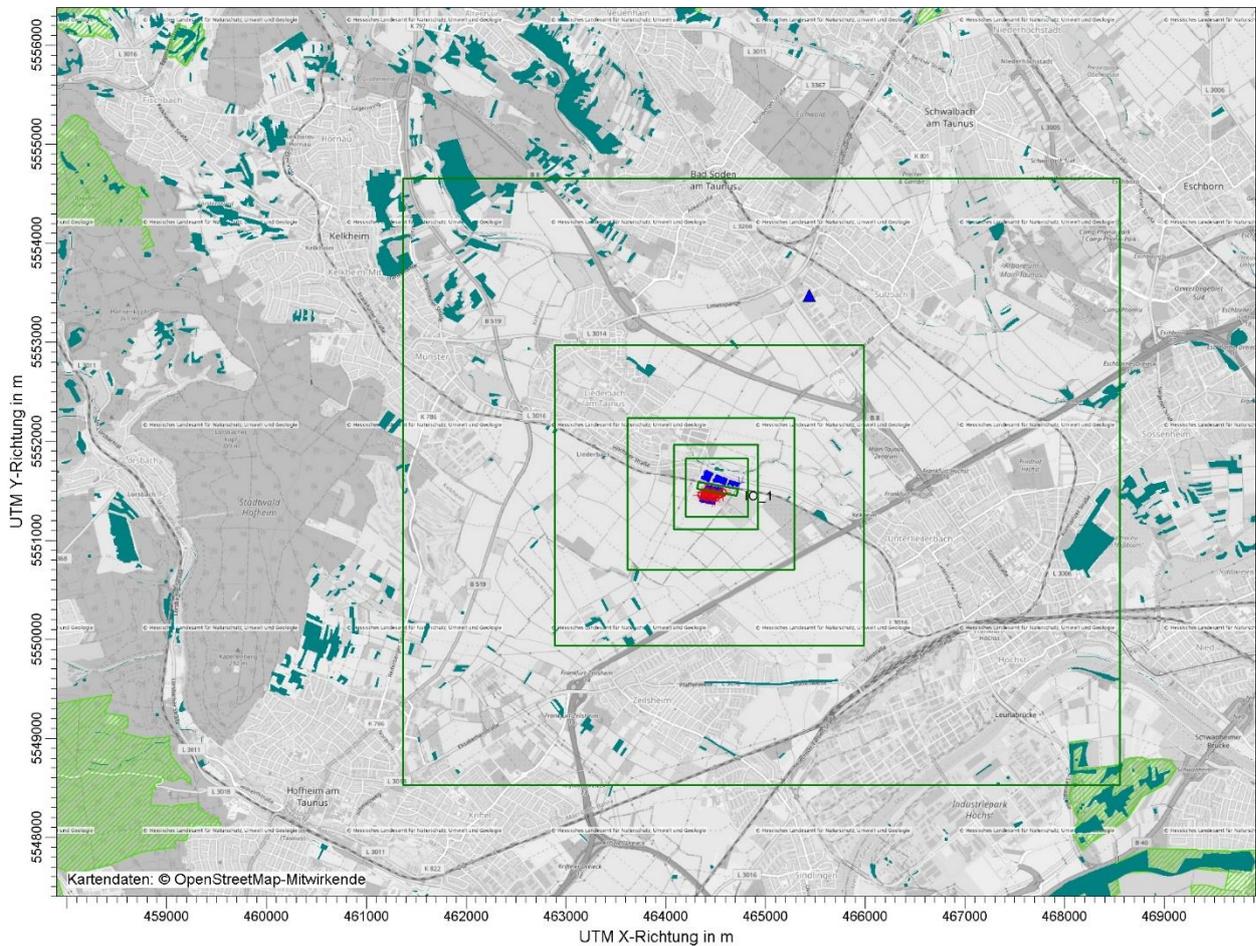


Abbildung 2.4: Lage Schutzgebiete (Hellgrün: FFH-Gebiete, dunkelgrün: Hinweise auf geschützte Biotope) im Einflussbereich der Anlage (Bundesamt für Naturschutz, Natureg-Viewer Hessen)

Die genaue Lage der Quellen inklusive grafischer Dokumentation wird in Kapitel 4 gegeben.

2.4 Ortsbesichtigung

Eine Ortsbesichtigung erfolgte durch den Lärmgutachter (Frank Zickmantel, TÜV Rheinland Energy GmbH) im Rahmen dieses Projekts.

3 Anlagenbeschreibung

3.1 Art der Anlage

Anlagen zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas durch den Einsatz von Brennstoffen in einer Verbrennungseinrichtung (wie Kraftwerk, Heizkraftwerk, Heizwerk, Gasturbinenanlage, **Verbrennungsmotoranlage**, sonstige Feuerungsanlage), einschließlich zugehöriger Dampfkessel, mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 Megawatt oder mehr, gemäß 4. BImSchV Anhang Nr. 1.1, genehmigungsbedürftig im Sinne des BImSchG.

3.2 Beschreibung der Anlage (nach Betreiberangaben)

3.2.1 Bestand

Zuletzt befand sich eine ehemalige Produktionsstätte von Coca-Cola auf dem Betriebsgelände.

3.2.2 Planung

Die folgenden Anzahlen der NDMA sind geplant:

Tabelle 3.1: Geplante Varianten der Bestückung der Generatoren. V1-V3: Alternative NDMA-Bestückung, LSG1-LSG3: Alternative Brandschutzgenerator-Bestückung.

Beschreibung	Typ	Anzahl Plan	FWL Einzelmotor (Standby)	FWL Gesamt Plan
V1	Cummins QSK 95-G4	48	6,7 MW	322,8 MW
V2	MTU 20V4000 G94	48	8,3 MW	396,6 MW
V3	CAT 175-20	48	7,3 MW	351,8 MW
LSG1	MTU 12V2000G86F	2	2,4 MW	4,7 MW
LSG2	CAT 3412C	2	1,9 MW	3,8 MW
LSG3	Cummins QSK 23-G3	2	1,9 MW	3,8 MW

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 17 von 105

3.3 Bewertungsgrundlage Emissionswerte

Die Gesamt-FWL der Motoren übersteigt 50 MW. Als solches unterläge die Gesamtanlage der 13. BImSchV. Nach 13. BImSchV §4 (Aggregationsregel) sind Einzelaggregate < 15 MW allerdings bei der Summation zur Gesamt-FWL ausgenommen und die Grenzwerte der 13. BImSchV finden keine Anwendung. Damit liegen die NDMA als Verbrennungsmotoren im Anwendungsbereich der 44. BImSchV §16.

3.4 Betriebszeiten nach Betreiberangaben

Regelbetrieb

Tabelle 3.2: Geplante Betriebszeiten.

Bechreibung	Anzahl Motoren	Betriebszeiten	Einzelbetrieb	Gemeinsamer Betrieb
NEA: Testzeiten Einzelmotor Funktionstest	48	2 h / Monat 12 Monate	1152 h/a	
NEA: Testzeiten Einzelmotor Inspektion	48	2 h / Jahr	96 h/a	
NEA: Emissionsmessungen	48	5 h / Jahr	240 h/a	
Black Building Test	2 RZ	1 h / Jahr		2 h/a
Schalter- und Batteriewartungen	2 RZ	6 h / Jahr		12 h/a
Brandschutz: Testzeiten Einzelmotor	2	1 h / Monat	24 h/a	
Brandschutz: Emissionsmessungen	2	3 h / Jahr	6 h/a	
Summe Einzelbetrieb			1518 h/a	
Summe gemeinsamer Betrieb				14 h/a
Laufzeit jedes Einzelmotors			16 h/a	
Gesamtbetriebszeit (Geruch), in der mindestens 1 NDMA im Betrieb ist				1532 h/a

Notbetrieb

Die maximale zu gestattende Betriebsdauer für vollumfänglichen Notbetrieb (gleichzeitiger Betrieb aller NDMA) wird hier ermittelt.

3.5 Betrachtete Luftschadstoffe

Im Folgenden werden die zu betrachtenden Stoffe aufgelistet:

Tabelle 3.3: Betrachtete Stoffe.

Stoff	Quelle
NOx	Alle Quellen
CO	Alle Quellen
SO ₂	Alle Quellen
Staub	Alle Quellen
CH ₂ O	Alle Quellen
NH ₃	Alle Quellen
Geruch	Alle Quellen

3.6 Angaben zum Stand der Technik / Beste verfügbare Technik (BVT)

Die Anforderungen an den Stand der Technik werden durch die in der 44. BImSchV §16 genannten Emissionswerte beschrieben.

4 Bestimmung der Emissionen

4.1 Liste der Quellen

Die Emissionen stammen aus der Verbrennung von Heizöl EL / schwefelarm oder Diesel in Verbrennungsmotoren. Da Heizöl die höheren Schwefelanteile besitzt, die Kraftstoffqualität ansonsten allerdings vergleichbar ist, werden die folgenden Berechnung für Heizöl durchgeführt. Die Emissionsmassenströme werden auf Basis der Emissionswerte nach 44. BImSchV §16 berechnet. Da Anlagen, die dem Notbetrieb oder nicht mehr als 300 h pro Jahr der Abdeckung der Spitzenlast in der Energieerzeugung dienen von den Grenzwerten der 44. BImSchV für CO und für NO_x als NO₂ ausgenommen sind, werden hier Angaben der Hersteller verwendet. Die Datenblätter hierzu werden dem Antrag beigelegt.

Somit finden in der Immissionsprognose insgesamt 15 Quellen Berücksichtigung, deren Koordinaten und Höhen in **Tabelle 4.1** angegeben sind. In **Abbildung 4.1** ist der Lageplan der Quellen dargestellt.

Tabelle 4.1: *Koordinaten der Quellen in UTM und Höhen über Grund.*

Kamin	UTM x in m	UTM y in m	h in m	Motoren
F145.01	464362	5551455	36,0	4
F145.02	464406	5551447	36,0	4
F145.03	464423	5551444	36,0	4
F145.04	464467	5551436	36,0	4
F145.05	464497	5551431	36,0	4
F145.06	464501	5551430	36,0	2
F145.07	464397	5551487	36,0	2
F145.08	464401	5551487	36,0	4
F145.09	464431	5551482	36,0	4
F145.10	464476	5551474	36,0	4
F145.11	464492	5551471	36,0	4
F145.12	464536	5551463	36,0	4
F145.13	464574	5551481	36,0	4
F145.06B	464501	5551430	36,0	1
F145.07B	464397	5551487	36,0	1

Aufgrund von Verzerrungen von Karten bzw. ungenauer Georeferenzierung kann es zu Abweichungen der Koordinaten um bis zu einigen Metern kommen. Diese Ungenauigkeit ist nicht bewertungsrelevant, solange die relativen Abstände zu den Gebäuden erhalten bleiben.

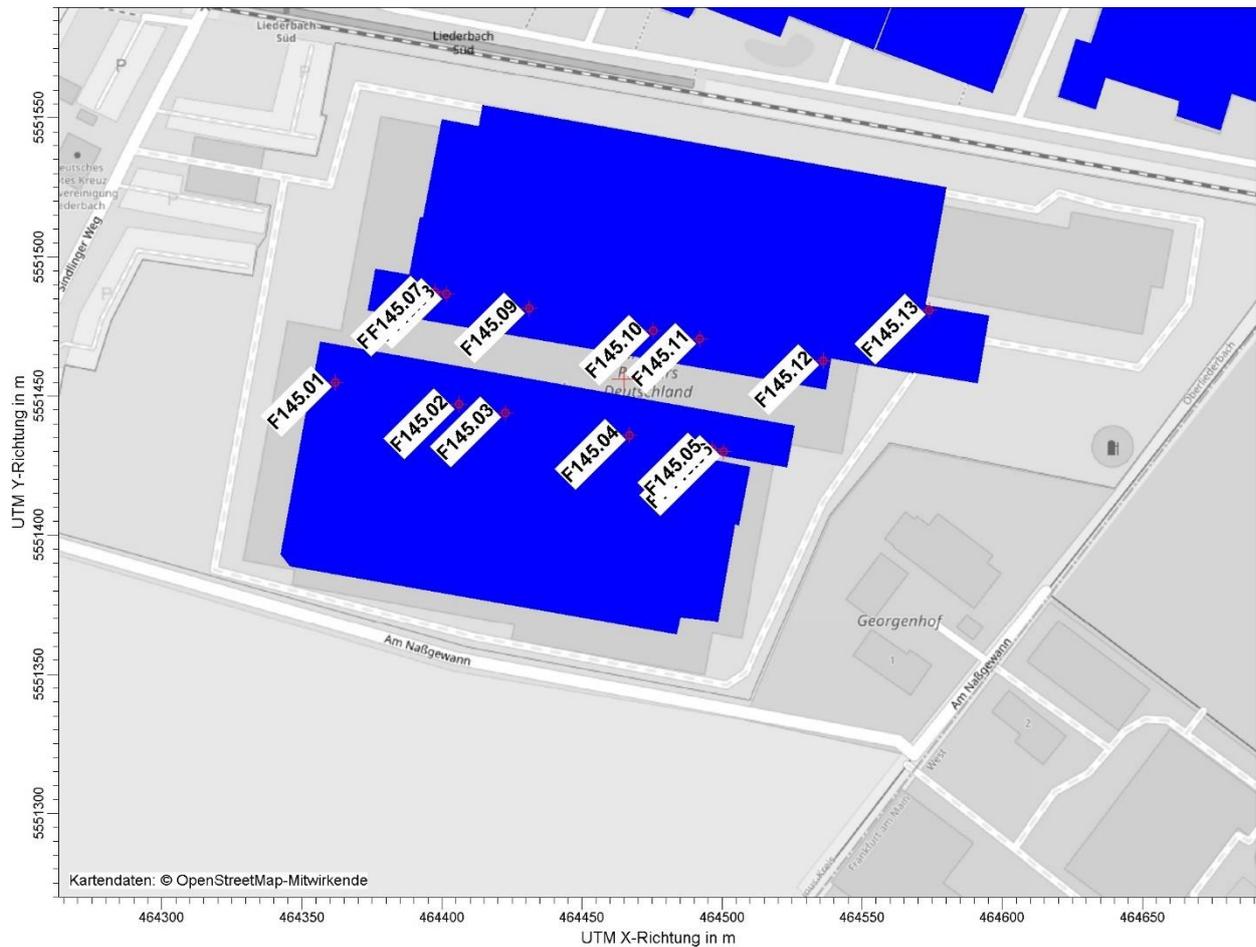


Abbildung 4.1: Lageplan der Quellen (rote Markierungen), Übersicht.

Die Quellen FRA14507B und FRA145.07B sind identisch mit den Quellen FRA145.06 und FRA145.07. Hier werden lediglich die beiden Brandschutzgeneratoren abgeleitet.

4.2 Abgasparameter

Im Folgenden werden die Anlagenparameter dargestellt. Die Betreiberangaben werden übernommen und auf Plausibilität geprüft, die fehlenden Größen werden berechnet bzw. aufgrund von Annahmen, Literaturwerten oder Erfahrungswerten angesetzt.

Es werden drei Generatoren dargestellt. Für die vorliegende Untersuchung werden Abgasparameter eines hypothetischen Motors mit den ungünstigsten Eigenschaften („worst case hybrid“) erstellt.

Tabelle 4.2: Abgasparameter für die Einzelmotoren (Vollastbetrieb).

	Aggregate	Worst case hybrid	CAT 175-20	Cummins QSK95-G4	MTU 20V4000G94 F
Brennstoff		Dieselöl	Dieselöl	Dieselöl	Dieselöl
Feuerungswärmeleistung	kW	6724,25	7329,53	6724,25	8263,60
Brennstoffverbrauch	kg/h	567,00	618,03	567,00	696,80
Heizwert	kWh/kg	11,86	11,86	11,86	11,86
Sauerstoffgehalt im Abgas	Vol-%	10,8%	10,6%	10,0%	10,3%
Sauerstoffbezugswert	Vol-%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Feuchte im Abgas Betrieb - O2	Vol-%	7,16	7,27	7,61	7,50
Feuchte im Abgas Bezugs - O2	Vol-%	10,34	10,34	10,34	10,34
Rauchgaskonstante (trocken) bei Betriebs - O2	m³/kg	21,5048	21,0888	19,9322	20,3034
Rauchgaskonstante (feucht) bei Betriebs - O2	m³/kg	23,1622	22,7420	21,5737	21,9486
Rauchgaskonstante (trocken) bei Bezugs - O2	m³/kg	13,6800	13,6800	13,6800	13,6800
Rauchgaskonstante (feucht) bei Bezugs - O2	m³/kg	15,2583	15,2583	15,2583	15,2583
Druck im Betriebsvolumenstrom	hPa	1013,25	1013,25	1013,25	1013,25
Abgastemperatur am Motorauslass	°C	403	447	403	453
Abkühlzahl	°C/m	1,000	1,000	1,000	1,000
Temperatur am Kaminauslass	°C	359	403	359	409
Wärmestrom am Kaminauslass	MW	1,731	2,087	1,613	2,305
Betriebsvolumenstrom bei Betriebs-O2	m³/h	30393	34791	28308	38193
Betriebsvolumenstrom bei Bezugs-O2	m³/h	20021	23343	20021	26551
Normvolumenstrom feucht	m³/h	13133	14055	12232	15294
Normvolumenstrom trocken	m³/h	12193	13034	11301	14147
Normvolumenstrom feucht, O2-bez.	m³/h	8651	9430	8651	10632
Normvolumenstrom trocken, O2-bez.	m³/h	7756	8455	7756	9532
Kamindurchmesser	m	0,50	0,50	0,50	0,50
Kaminfläche	m²	0,1963	0,1963	0,1963	0,1963
Länge des Abgasrohres	m	44,0	44,0	44,0	44,0
Kaminhöhe	m über Grund	36,0	36,0	36,0	36,0
Abgasgeschwindigkeit bei Betriebsvolumenstrom	m/s	43,0	49,2	40,0	54,0

Die Emissionen der Motoren werden über Kamine abgeleitet. Die Abgasparameter an den Kaminmündungen sind:

Tabelle 4.3: Abgasparameter an den Kaminmündungen für den Vollastbetrieb.

	Anlage	FRA145.01-05 FRA145.08-13	FRA145.06 FRA145.07	FRA145.06B FRA145.07B
	Quellen	Worst case hybrid	Worst case hybrid	Worst Case hybrid
	Aggregate pro Quelle	4	2	1
	Einheiten			
Brennstoff		Heizöl	Heizöl	Heizöl
Feuerungswärmeleistung	kW	26896,98	13448,49	2354,27
Brennstoffverbrauch	kg/h	2267,98	1133,99	200,02
Heizwert	kWh/kg	11,86	0,00	11,77
Sauerstoffgehalt im Abgas	Vol-%	10,80%	10,80%	10,0%
Sauerstoffbezugswert	Vol-%	5,00%	5,00%	5,0%
Feuchte im Abgas Betrieb - O2	Vol-%	7,16	7,16	7,95
Feuchte im Abgas Bezugs - O2	Vol-%	10,34	10,34	10,82
Raughgaskonstante (trocken) bei Betriebs - O2	m³/kg	21,5048	21,5048	20,1885
Raughgaskonstante (feucht) bei Betriebs - O2	m³/kg	23,1622	23,1622	21,9330
Raughgaskonstante (trocken) bei Bezugs - O2	m³/kg	13,6800	13,6800	13,8558
Raughgaskonstante (feucht) bei Bezugs - O2	m³/kg	15,2583	15,2583	15,5364
Druck im Betriebsvolumenstrom	hPa	1013,25	1013,25	1013,25
Temperatur am Kaminauslass	°C	359	359	456
Betriebsvolumenstrom bei Betriebs-O2	m³/h	121570	60785	11710
Betriebsvolumenstrom bei Bezugs-O2	m³/h	80086	40043	8295
Normvolumenstrom feucht	m³/h	52531	26266	4387
Normvolumenstrom trocken	m³/h	48772	24386	4038
Normvolumenstrom feucht, O2-bez.	m³/h	34605	17303	3108
Normvolumenstrom trocken, O2-bez.	m³/h	31026	15513	2771
Kamindurchmesser	m	1,00	0,71	0,40
Kaminfläche	m²	0,7854	0,3927	0,1257
Länge des Abgasrohres	m	44,00	44,00	44,0
Kaminhöhe	m über Grund	36,00	36,00	36,0
Abgasgeschwindigkeit bei Betriebsvolumenstrom	m/s	43,0	43,0	25,9

4.3 Emissionswerte

Für die Anlagenteile gelten die in **Tabelle 4.4** aufgelisteten Grenzwerte für die Massenkonzentrationen im Abgas. Die Geruchskonzentration wird im Leitfaden [1] festgelegt.

Da ein Betrieb ohne Abgasreinigung (SCR) keinen genehmigungsfähigen Zustand erzeugt, wird zusätzlich eine Abgasreinigung durch SCR geprüft.

Tabelle 4.4: Grenzwerte bzw. Emissionswerte gemäß 44. BImSchV bzw. den Herstellerangaben für den Volllastbetrieb, ohne SCR. Unten stehend die Brandschutzgeneratoren.

		Worst case hybrid	CAT 175-20	Cummins QSK95-G4	MTU 20V4000G94F
Bewertung nach		44. BImSchV §16	44. BImSchV §16	44. BImSchV §16	44. BImSchV §16
Bezugssauerstoff in Vol.-%		5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
NO _x angegeben als NO ₂	g/m ³	3,81	2,27	3,81	2,31
CO	mg/m ³	400	400	250	350
SO _x	mg/m ³	7,23	7,23	7,23	7,23
NH ₃	mg/m ³	0	0	0	0
HCHO	mg/m ³	60	60	60	60
Staub	mg/m ³	50	50	50	50

		MTU 12V2000G86F	CAT 3412C	Cummins QSK23-G3
Bewertung nach		44. BImSchV §16	44. BImSchV §16	44. BImSchV §16
Bezugssauerstoff in Vol.-%		5,0%	5,0%	5,0%
NO _x	g/m ³	2,96	3,17	3,51
CO	mg/m ³	150	450	1555
SO _x	mg/m ³	1,46	1,46	1,46
NH ₃	mg/m ³	30	30	30
HCHO	mg/m ³	60	60	60
Staub	mg/m ³	50	50	50

Tabelle 4.5: Grenzwerte bzw. Emissionswerte gemäß 44. BImSchV bzw. den Herstellerangaben für den Volllastbetrieb, mit SCR 1000 mg/m³ NO_x. Es wurden Angaben für die Brandschutzgeneratoren (LSG) hinzugefügt, die ohne SCR betrieben werden.

		Worst case hybrid	Worst case hybrid - LSG
Bewertung nach		44. BImSchV §16	44. BImSchV §16
Bezugssauerstoff in Vol.-%		5,0%	5,0%
NO _x angegeben als NO ₂	g/m ³	1,00	3,51
CO	mg/m ³	400	1555
SO _x	mg/m ³	7,23	1,46
NH ₃	mg/m ³	30	30
HCHO	mg/m ³	60	60
Staub	mg/m ³	50	50

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 23 von 105

4.4 Bestimmung der Emissionsmassenströme aller Quellen

Die Emissionsmassenströme werden gemäß der Angaben im vorigen Kapitel für die Einzelquellen (**Tabelle 4.6**) und für die Gesamtanlage (**Tabelle 4.8**) dargestellt.

Tabelle 4.6: Emissionsquellstärken in kg/h bei Ausschöpfung der Grenzwerte für den Volllastbetrieb.

		FRA145.01-05 FRA145.08-13	FRA145.06 FRA145.07	FRA145.06B FRA145.07B
Gasförmige Komponenten	Bagatell- massenstrom	Worst case hybrid	Worst case hybrid	Worst case hybrid - LSG
NO _x	15	118,271	59,135	9,717
NO ₂ Ausbreitung ¹⁾		11,827	5,914	0,972
NO ¹⁾		69,420	34,710	5,703
NO _x als NO ₂ Schornsteinhöhe ²⁾		75,693	37,847	6,219
CO		12,410	6,205	4,310
SO ₂	15	0,224	0,023	0,004
HCHO		1,862	0,931	0,166
Staub	1	1,551	0,776	0,139

1) In der Regel liegt der NO₂-Anteil des Gemisches zwischen 5 % und 10 %. Als konservativer Ansatz wird im vorliegenden Fall ein NO₂-Anteil von 10 % angenommen. Als NO-Gehalt resultiert somit eine Emissionsrate von $0,9 \cdot 30/46 \cdot \text{NO}_x$.

2) Für die Schornsteinhöhenberechnung wird zusätzlich ein Umsetzungsfaktor von NO zu NO₂ auf dem Ausbreitungsweg in der Atmosphäre angenommen, der in der Ausbreitungsrechnung durch die Modellphysik abgedeckt ist. Daher ist bei der Bestimmung des NO₂-Wertes für die Schornsteinhöhenberechnung folgender Ansatz zu berücksichtigen: Die Emissionsmassenströme Q in kg/h werden unter Verwendung der Grenzwerte nach Genehmigungsbescheid / TA Luft bestimmt. Bei der Emission von Stickstoffmonoxid ist ein Umwandlungsgrad von 60 % zu Stickstoffdioxid zugrunde zu legen. Hiermit und mit einem Erfahrungswert für die Abgaszusammensetzung an der Schornsteinmündung von

$$Q_{(\text{NO})} / Q_{(\text{NO}_2)} = 90 \% / 10 \%$$

beträgt der bei der Schornsteinhöhenberechnung zu berücksichtigende Stickstoffdioxidmassenstrom

$$Q_{(\text{NO}_2)} = Q_{(\text{NO}_x)} \cdot (0,1 + 0,6 \cdot 0,9).$$

Tabelle 4.7: Emissionsquellstärken in kg/h bei Ausschöpfung der Grenzwerte für den Volllastbetrieb mit SCR.

		FRA145.01-05 FRA145.08-13	FRA145.06 FRA145.07	FRA145.06B FRA145.07B
Gasförmige Komponenten	Bagatell- massenstrom	Worst case hybrid	Worst case hybrid	Worst case hybrid - LSG
NO _x	15	31,026	59,135	9,717
NO ₂ Ausbreitung ¹⁾		3,103	5,914	0,972
NO ¹⁾		18,211	34,710	5,703
NO _x als NO ₂ Schornsteinhöhe ²⁾		19,857	37,847	6,219
CO		12,410	6,205	4,310
SO ₂	15	0,224	0,023	0,004
HCHO		1,862	0,931	0,166
Staub	1	1,551	0,776	0,139

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 25 von 105

Tabelle 4.8: Emissionsquellstärken der Gesamtanlage in kg/h, im Vergleich zu Bagatellmassenströmen (BM), für Volllast und Volllast mit SCR.

Gasförmige Komponenten	Bagatell-massenstrom	Summe	Summe SCR
NO _x	15	1438,681	478,989
NO ₂ Ausbreitung ¹⁾		143,868	47,899
NO ¹⁾		844,443	281,146
NO _x als NO ₂ Schornsteinhöhe ²⁾		920,756	306,553
CO		157,543	157,543
SO ₂	15	2,521	2,521
HCHO		22,671	22,671
Staub	1	18,893	18,893

Die Bagatellmassenströme sind für die Stoffe NO_x als NO₂ und Staub überschritten.

4.5 Zeitlich variable Emissionen

Der Notbetrieb wird zunächst als Vollbetrieb für 8.760 h/a berechnet.

Der Test- und Wartungsbetrieb wird in Szenarien berechnet, die sich aus den in Kap. 3.4 ergeben.

4.6 Windinduzierte Emissionen

Die Quellen haben keine windinduzierte Emissionscharakteristik.

5 Bestimmung der Schornsteinmindestbauhöhe nach TA Luft 2021

Die Kaminhöhenberechnung nach TA Luft Nr. 5.5 erfolgt hier informativ, da die Kaminhöhenberechnung aufgrund der Fahnenüberlagerungen unverhältnismäßig hohe Kaminhöhen erzeugt. Die Kaminhöhen für die Immissionsprognose werden so festgelegt, dass sie sich nicht im Nachlauf benachbarter, höherer Gebäude befinden (Nachlauf hinter Gebäuden nach VDI 3781 Bl. 4). Das ist eine Voraussetzung, um bei der Immissionsprognose die Fahnenüberhöhung berücksichtigen zu können. Die Kaminhöhen werden nur für die im Antrag behandelten RZ betrachtet.

Nach TA Luft 2021 ([2]) erfolgt die Kaminhöhenberechnung in folgenden Schritten:

- (1) Anforderungen für die freie Abströmung und ausreichenden Verdünnung der Abgase nach VDI 3781 Blatt 4 [3],
- (2) Berechnung der Mindestkaminhöhe zur Einhaltung der S-Werte (TA Luft 2021 Nr.5.5.2.2, Programm BestAL 1.0),
- (3) Berücksichtigung der mittleren Bebauung und des Bewuchses im Beurteilungsgebiet (TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.3),
- (4) Berechnung der erforderlichen Schornsteinhöhe aufgrund der Geländeform nach TA Luft (2021) Nr. 5.5.2.3 (15°-Regel für Geländehorizont).

Die Schritte (2)-(4) werden hier nicht dargestellt, da sie für das Ergebnis nicht relevant sind.

5.1 Berechnung der Kaminhöhe nach TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1

Die Bestimmung der erforderlichen Kaminhöhe zur Einhaltung des ungestörten Abtransportes und der ausreichenden Verdünnung soll gemäß VDI Richtlinie 3781 Bl. 4 [3] erfolgen.

5.1.1 Mindestkaminhöhe nach VDI 3781 Bl. 4

Nahe stehende hohe Einzelgebäude und Dachaufbauten können die Strömung negativ beeinflussen, so dass die freie Ableitung der Abluft nicht mehr gewährleistet ist. TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.2 schlägt zur Bewertung der freien Abströmung die Richtlinie VDI 3781 Bl. 4 [3] vor. Die Bestimmung der Mündungshöhe unterteilt sich in VDI 3781 Bl. 4 in die Berechnung der Mindestkaminhöhe für den ungestörten Abtransport der Abgase (Kap 6.2) und für die ausreichende Verdünnung der Abgase (Kap 6.3). Details der Berechnung sind im Anhang A3 dargestellt.

5.1.1.1 Mindestkaminhöhe für den ungestörten Abtransport der Abgase nach VDI 3781 Blatt 4 Kap. 6.2

Nach VDI 3781 Blatt 4 [3] hängt die notwendige Mündungshöhe von den Abmessungen der Rezirkulationszone eines Gebäudes und der Position der Abgasableitungsanlage ab. Die Mündung der Abgasableitungsanlage muss außerhalb der Rezirkulationszone eines Gebäudes liegen.

Nachfolgend sind die Werte von H_{S1} , $H_{A1,F}$ und H_{A1} für die geplanten Quellen zusammengefasst.

Als additiver Term $H_{Ü}$ wird der Wert 3,0 m angesetzt.

Dabei beziehen sich die Angaben H_{S1} , $H_{A1,F}$ und H_{A1} jeweils auf die Höhe über First.

Als relevante Gebäude werden jeweils die Gebäude betrachtet, an oder auf denen die Kamine installiert sind.

Für dieses Antragsverfahren wurden Gebäudepläne zur Verfügung gestellt. Es liegt ein atypischer Fall vor, weil es Dachaufbauten (Lüftungsanlagen mit Ventilatoren) gibt, die nicht flächendeckend sind, sondern in Reihen von 1,9 m breiten Containern auf dem Dach aufgestellt und über Stahlplattformen zu erreichen sind. Diese sind als vorgelagerte Dachaufbauten zu interpretieren. Ebenso sind die Dachaufbauten von

einer Schall- und Sichtschutzwand umgeben, der aufgrund ihrer geringen Breite keine Dachhöhe zugeordnet werden kann. Die höchste Kaminhöhe berechnet sich in diesem Teil tatsächlich aus der Grundfläche des Dachs, die das ganze Gebäude einnimmt.

Tabelle 5.1: Quellhöhen aufgrund der Geometrie der Gebäude, auf oder an denen die Kamine installiert sind.

Beschreibung	Parameter	Rechenzentrumsgebäude
Firsthöhe	H_{First}	22,5 m
Additiver Term	$H_{\text{Ü}}$	3,0 m
Breite Gebäudeschmalseite	b	66,0 m
Abstand Kamin-First	a	0,0 m
Dachneigungswinkel	α	0,0°
Höhe des Dachs ab Traufe	H_{Dach}	0,0 m
Traufhöhe	H_{Traufe}	22,5 m
Hilfsgrößen f. Berechnung	H_1	12,0 m
	H_2	12,0 m
	γ	0,0°
	f	0,00
	H_{S1}	12,0 m
	$H_{A1,F}$	13,4 m
	H_{A1}	15,0 m
Kaminhöhe über First, $\min(H_{A1}, H_{A1,F})$	H'	13,4 m
Kaminhöhe über Grund $\min(2 \cdot H_{\text{First}}, H_{\text{First}} + H')$	H	35,9 m

Berücksichtigung höherer vorgelagerter Gebäudeteile gemäß VDI 3781 Blatt 4

In der VDI Richtlinie 3781 Blatt 4 [3] wird für den ungestörten Abtransport der Abgase eine Rezirkulationszone definiert, in der im Lee von vorgelagerten Gebäuden oder Dachaufbauten Abgase zum Boden hinuntergemischt werden können. Die Ausdehnung der Rezirkulationszone an der windabgewandten Seite wird berechnet.

Im vorliegenden Fall sind keine höheren vorgelagerten Gebäude vorhanden.

5.1.1.2 Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung gemäß VDI 3781 Blatt 4 Kap. 6.3

Der Einwirkungsbereich ist für andere als Feuerungsanlagen bei nicht geringen Emissionsmassenströmen auf 50 m festzusetzen.

Im Einwirkungsbereich liegen keine Räume mit Fensteroberkanten höher als 5 m unterhalb der Höhe der Kaminmündungen, in denen sich dauerhaft Menschen aufhalten. Daher ist keine weitere Korrektur erforderlich.

5.2 Zusammenfassung aller Kriterien zur Bestimmung der Schornsteinmindestbauhöhe

Tabelle 5.2: Kaminhöhe auf Basis der in den oben genannten Anforderungen.

	alle Kamine
TA Luft 21 Nr. 5.5.2.1 (Gebäude), nachfolgend VDI 3781 Bl. 4	36,0 m
TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1 (Nachlauf vorgelagertes Gebäude), nachfolgend VDI 3781 Bl. 4	--
TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1 VDI 3781 Blatt 4 (ausreichende Verdünnung)	--
TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.2 (Ausbreitungsrechnung Maximalkonzentration)	--
TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.3 (Bewuchs und Bebauung)	--
TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.3 (Gelände)	--

5.3 Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft 2021 Anhang 7 - Geruch

Zur Bestimmung der Schornsteinhöhe nach Nr. 2 der des Anhangs 7 der TA Luft ist eine Ausbreitungsrechnung erforderlich. Die Schornsteinmindesthöhe ist so zu bemessen, dass die Kenngrößen der zu erwartenden Zusatzbelastung (Geruchsstundenhäufigkeit) auf der Beurteilungsfläche maximaler Beaufschlagung den Wert 0,06 nicht überschreiten.

Bei mehreren Schornsteinen ist für jeden einzelnen Schornstein dieser Nachweis mittels einer Ausbreitungsrechnung zu führen.

Die Auswertung der Test- und Wartungsszenarien bezüglich der Geruchsimmissionen zeigt, dass diese keine relevante Geruchsbelastung erzeugen. Daher kann auch ein einzelner Kamin nicht mehr als 6% der Jahresstunden Geruchsstundenhäufigkeit erzeugen.

6 Immissionsprognose

Die Untersuchung wird mittels Ausbreitungsrechnungen mit Hilfe des Lagrange-Partikelmodells AUSTAL Version 3.1 durchgeführt.

6.1 Berechnungsmethode

Für die Immissionsprognosen wurde das Rechenprogramm AUSTAL in der aktuellen Version 3.1 eingesetzt [4]. Im Anhang 2 der im Dezember 2021 in Kraft getretenen TA Luft 2021 [2] wird für die Ausbreitungsrechnung ein Lagrange'sches Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 [5] festgelegt. Das Rechenprogramm AUSTAL wurde als beispielhafte Umsetzung der TA Luft 2021 Anhang 2 zusammen mit einer Dokumentation im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellt.

6.1.1 Strategie der Bewertung

Zur Bewertung der anlagenbedingten Umwelteinflüsse wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Ermittlung der Belastung durch Test- und Wartungsbetrieb, mit Zeitfenstern des Einzelbetriebs von Motoren und des gemeinsamen Betriebs der Motoren jeweils eines RZ,
2. Berechnung der Belastung im Notbetriebsmodus, in dem alle Motoren aller RZ gleichzeitig laufen, die die Anlage bei durchgehendem, ganzjährigem Betrieb erzeugen würde,
3. Berechnung der Betriebsstundenzahl für den Notbetrieb, bei der die Summe aus Test- und Wartungsbetrieb unterhalb der Schwellenwerte für eine irrelevante Zusatzbelastung liegen.

Im Test- und Wartungsbetrieb werden die Motoren teilweise mit Volllast an Lastbänken betrieben. Im Notbetrieb muss die Leistung durch die Verbraucher abgenommen werden. Da für die Notstromversorgung eine Redundanz vorgesehen ist, kann der Notbetrieb folglich nur im Teillastmodus erfolgen. Zur Abschätzung der Unsicherheit werden die Berechnungen für beide Szenariotypen in Volllast und Teillast dargestellt. Allerdings werden die nicht realistischen Szenarien (Testbetrieb mit Teillast und Notbetrieb in Volllast) nur im Anhang dargestellt.

Die Maxima der Berechnungsergebnisse werden im Test- und Wartungsbetrieb nicht an denselben Orten liegen. Konservativ werden für die Berechnung der Summe aus Test- und Notbetrieb jeweils die Maxima addiert, unabhängig vom Ort ihres Auftretens.

6.1.2 Durchgeführte Berechnungsvarianten

Für die hier zu bearbeitenden Aufgabenstellung werden drei Untersuchungen durchgeführt.

Tabelle 6.1: Berechnungsvarianten.

Varianten	Windmodell	Bezeichnung	Emissionen und Abgasparameter	Bewertete Parameter
Variante 1	TALDIA	Notbetrieb	Volllast	Luftschadstoffe
Variante 2	TALDIA	Test- und Wartungsbetrieb	Volllast, mit SCR	Luftschadstoffe
Variante 3	TALDIA	Notbetrieb	Volllast, mit SCR	Luftschadstoffe

6.2 Eingabedaten

6.2.1 Modellgebiete – Rechengitter

Das Beurteilungsgebiet nach TA Luft umfasst eine Region, deren Radius größer oder gleich dem 50fachen der höchsten Kaminhöhe ist. Das Beurteilungsgebiet zur Prüfung der FFH-Verträglichkeit umfasst das Gebiet innerhalb der Isolinien für die Abschneidekriterien von Stickstoff- und Säureeintrag und ist häufig größer als das Beurteilungsgebiet nach TA Luft. Das Modellgebiet (Ausdehnung des Rechenmodells) sollte die jeweiligen Beurteilungsgebiete umfassen. Falls kein Schornstein vorhanden ist, sollte der Radius des Beurteilungsgebiets mindestens 1 km betragen.

Für die Berechnung wurde ein 5fach geschichtetes Rechengitter verwendet.

In den folgenden Tabellen sind die Ausdehnungen des Rechengitters dargestellt.

Tabelle 6.2: Beurteilungsgebiet TALDIA.

Modellgebiet		
Rechte untere Ecke	UTMx in m	32 U 461393
	UTMy in m	5548512
Linke obere Ecke	UTMx in m	32 U 468561
	UTMy in m	5554656
Länge W-O	m	7168
Länge S-N	m	6144

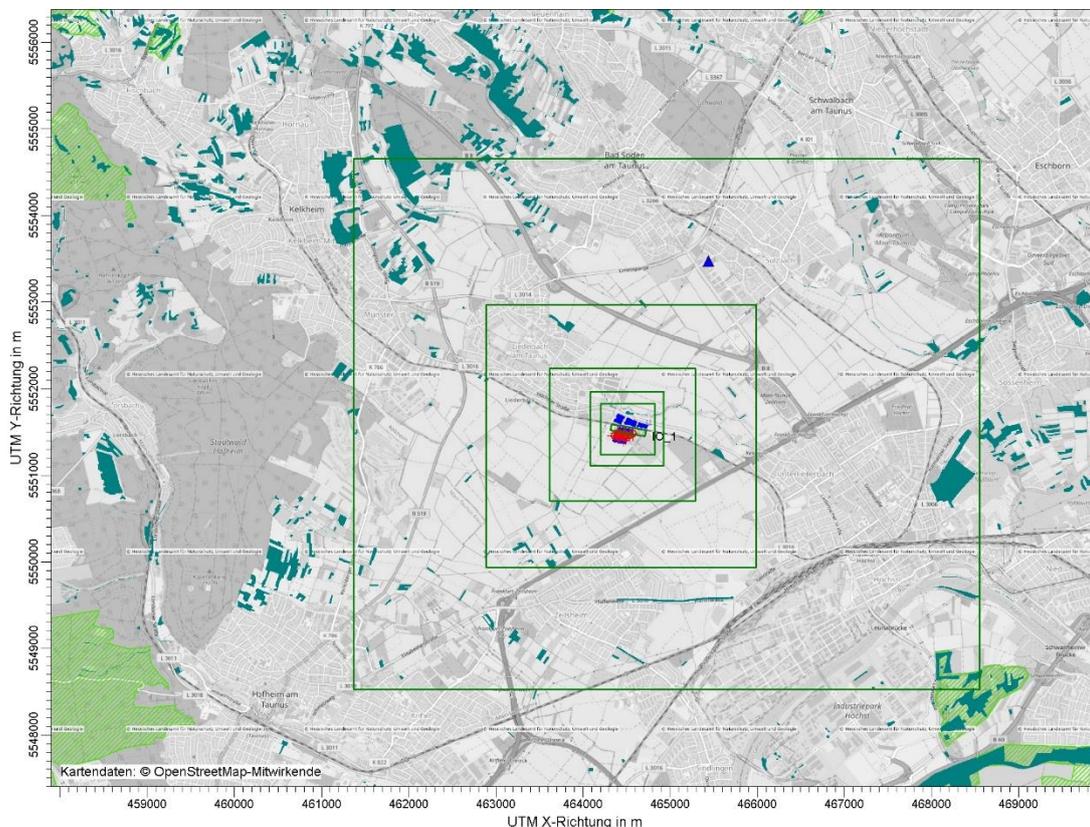


Abbildung 6.1: Lage der FFH-Gebiete (hellgrün) und geschützten Biotope (dunkelgrün) im Rechengebiet (grüne Rechtecke für die Ränder des geschichteten Rechengitters).

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 31 von 105

Tabelle 6.3: Informationen zum Rechengitter.

Gitterstufe	UTMx in m	UTMy in m	Gitterweite in m	nx	ny	nz
1	32 U 464209	5551232	8	78	74	30
2	32 U 464081	5551104	16	52	54	30
3	32 U 463633	5550688	32	52	48	30
4	32 U 462929	5549920	64	48	48	30
5	32 U 461393	5548512	128	56	48	30

¹⁾ bezogen auf den linken unteren (südwestlichen) Eckpunkt des Modellgitters. Die Angaben beziehen sich auf UTM Zone 32.

Tabelle 6.4: Vertikales Gitter, für Variante TALDIA.

Schicht	Höhe der Fläche in m über Grund	Schicht	Höhe der Fläche in m über Grund
1	0 - 3 m	16	45 - 49 m
2	3 - 6 m	17	49 - 55 m
3	6 - 9 m	18	55 - 65 m
4	9 - 12 m	19	65 - 100 m
5	12 - 15 m	20	100 - 150 m
6	15 - 18 m	21	150 - 200 m
7	18 - 21 m	22	200 - 300 m
8	21 - 24 m	23	300 - 400 m
9	24 - 27 m	24	400 - 500 m
10	27 - 30 m	25	500 - 600 m
11	30 - 33 m	26	600 - 700 m
12	33 - 36 m	27	700 - 800 m
13	36 - 39 m	28	800 - 1000 m
14	39 - 42 m	29	1000 - 1200 m
15	42 - 45 m	30	1200 - 1500 m

6.2.2 Berücksichtigung der Orographie und der Rauigkeit

Unebenes Gelände muss bei der Immissionsprognose berücksichtigt werden, wenn innerhalb des Rechengebietes Geländesteigungen vorkommen, die größer als 1:20 sind oder Höhendifferenzen im Untersuchungsgebiet auftreten, die größer sind als das 0,7fache der Schornsteinhöhe. Beide Kriterien sind im vorliegenden Fall gegeben. Geländeunebenheiten können mit einem mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodell berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes das Verhältnis 1:5 nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können oder diese implizit in den verwendeten Wetterdaten enthalten sind (vgl. Kapitel 6.2.4).

Das betrachtete Gebiet liegt nicht im Bereich der Steigungen. Daher wird hier ohne Gelände gerechnet.

Geländemodell

Das digitale Geländemodell wurde auf Grundlage der *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM)-Daten des *US Geological Survey* (USGS) [6] (1 Bogensekunde Auflösung, entspricht ca. 30 m Auflösung) erstellt. Die dem Modellgebiet zugrunde liegende Geländehöhen sind in **Abbildung 6.2** für das Rechengitter von Variante 1 dargestellt. Die Lage der Gitter im Geländemodell ist in ebenfalls in **Abbildung 6.2** abgebildet.

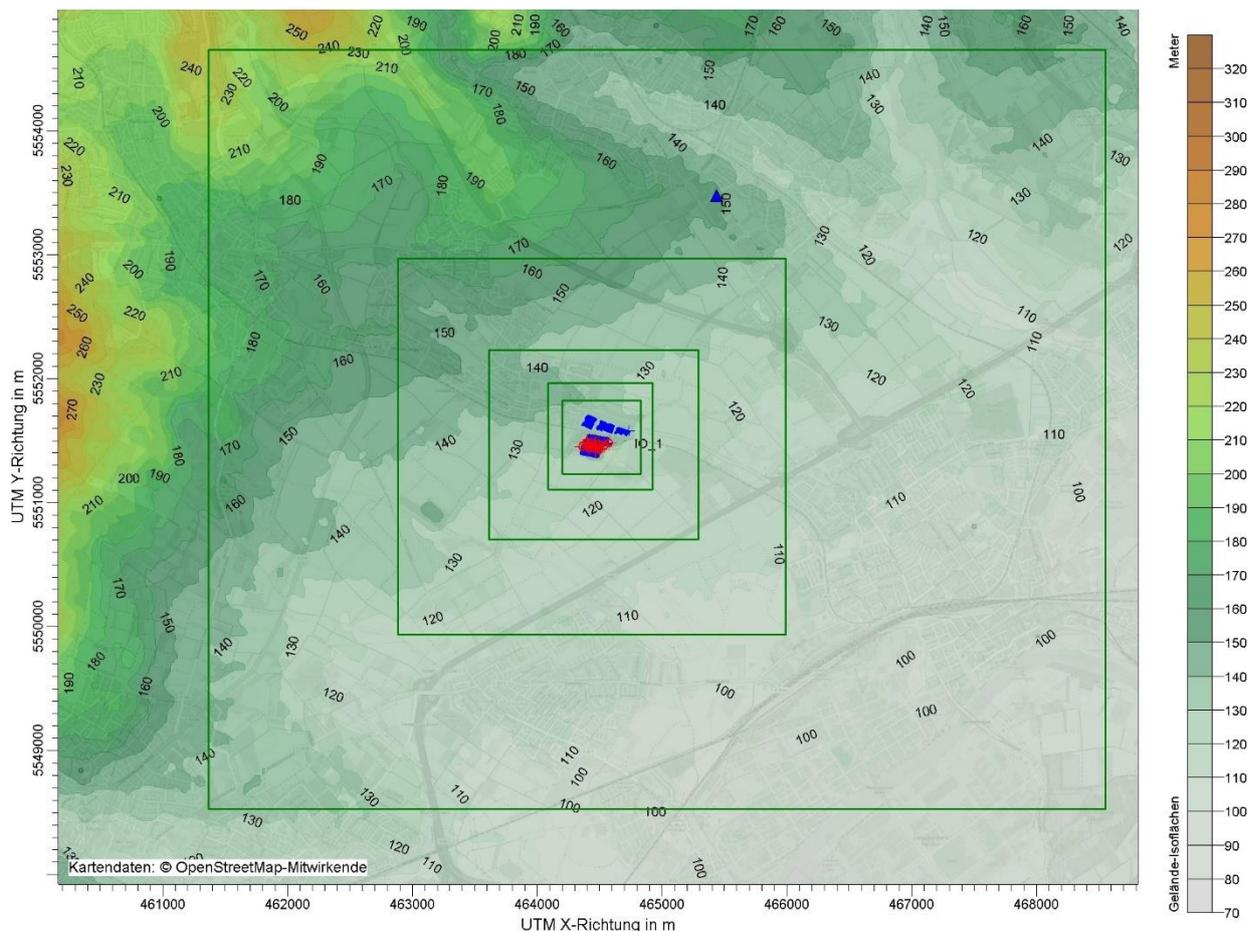


Abbildung 6.2: Digitales Geländemodell und Ränder des geschachtelten Rechengitters.

Geländesteigung

Die Geländesteigung wird nicht betrachtet, weil die Geländehöhen nicht berücksichtigt werden.

Rauigkeitslänge

Die Rauigkeitslänge wird aus den CORINE-Daten [7] und der daraus abgeleiteten nationalen Weiterentwicklung LBM-DE des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie bestimmt. Nach Vorgabe der TA Luft 2021 Anhang 2 Nr. 6 ist sie für ein kreisförmiges Gebiet um den Schornstein festzulegen, dessen Radius das 15fache der Bauhöhe des Schornsteins beträgt. Sie beträgt nach Rundung 0,5 m, was aufgrund der Lage im Stadtgebiet plausibel ist (s. **Abbildung 6.3**).

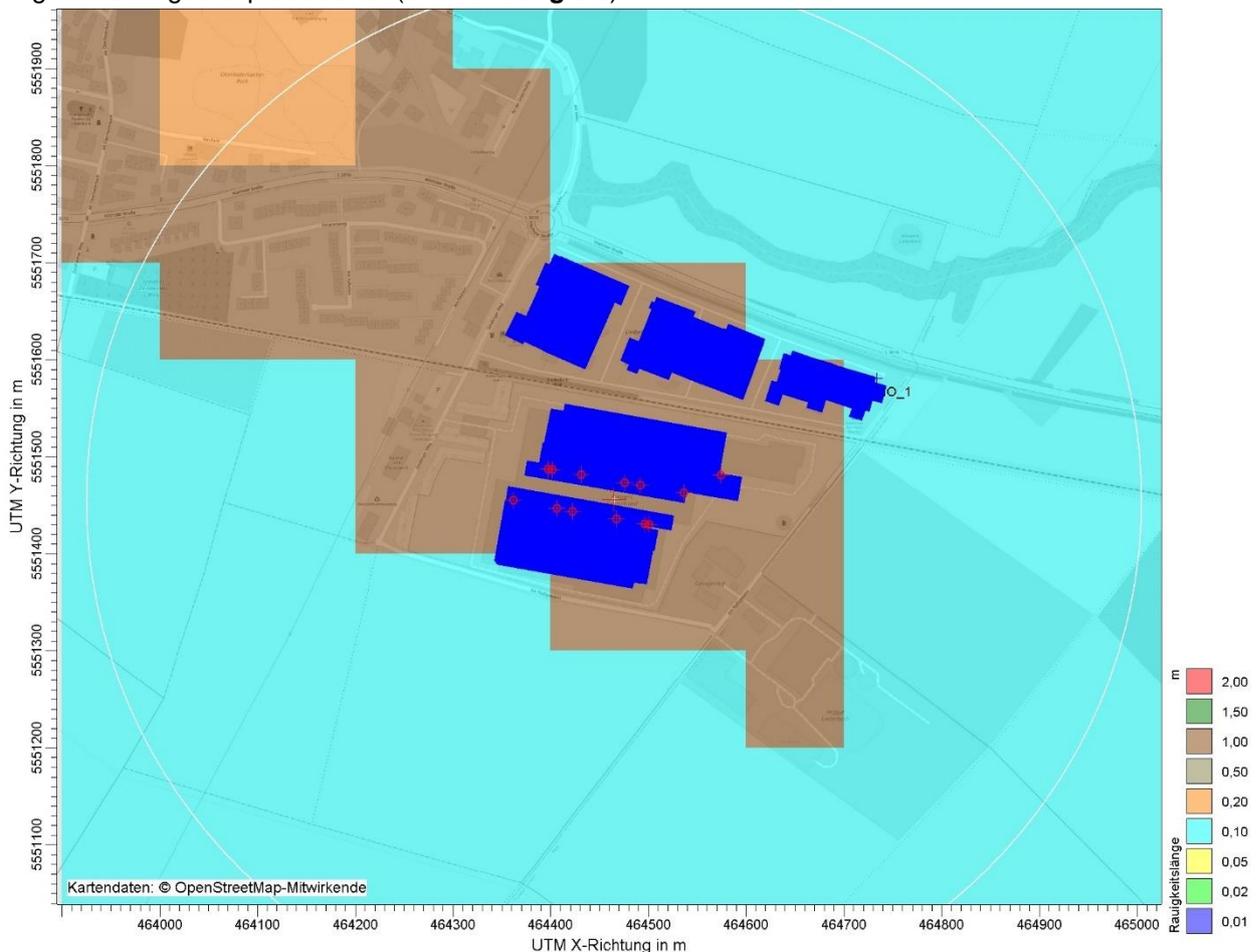


Abbildung 6.3: Rauigkeitslängen aus dem CORINE-Landnutzungskataster.

6.2.3 Berücksichtigung von Bebauung

Gemäß Anhang 2 Nr. 11 der TA Luft gilt:

„Einflüsse von Bebauung auf die Immission im Rechengebiet sind zu berücksichtigen. Für die folgende Betrachtung können Gebäude, deren Entfernung vom Schornstein größer als das Sechsfache ihrer Höhe und größer als das Sechsfache der Schornsteinbauhöhe ist, vernachlässigt werden.

Beträgt die Schornsteinbauhöhe mehr als das 1,7-fache der Gebäudehöhen, ist die Berücksichtigung der Bebauung durch eine geeignet gewählte Rauigkeitslänge und Verdrängungshöhe ausreichend. Bei geringerer Schornsteinbauhöhe kann folgendermaßen verfahren werden:

Befinden sich die immissionsseitig relevanten Aufpunkte außerhalb des unmittelbaren Einflussbereiches der quellenahen Gebäude (beispielsweise außerhalb der Rezirkulationszonen, siehe Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017)), können die Einflüsse der Bebauung auf das Windfeld und die Turbulenzstruktur mit Hilfe des im Abschlussbericht zum UFOPLAN Vorhaben FKZ 203 43 256 dokumentierten diagnostischen Windfeldmodells für Gebäudeumströmung berücksichtigt werden. Anderenfalls sollte hierfür der Einsatz eines prognostischen Windfeldmodells für Gebäudeumströmung, das den Anforderungen Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Ausgabe Mai 2017) genügt, geprüft werden.

Sofern die Gebäudegeometrie in einem diagnostischen oder prognostischen Windfeldmodell auf Quaderform reduziert wird, ist als Höhe des Quaders die Firsthöhe des abzubildenden Gebäudes zu wählen.“

Es werden alle Gebäude in der Umgebung digitalisiert, deren Abstand zu einem der Kamine kleiner als das 6fache der Kaminhöhe ist und für die die Schornsteinhöhe weniger als das 1,7fache ihrer Höhe beträgt (siehe **Abbildung 6.4**):

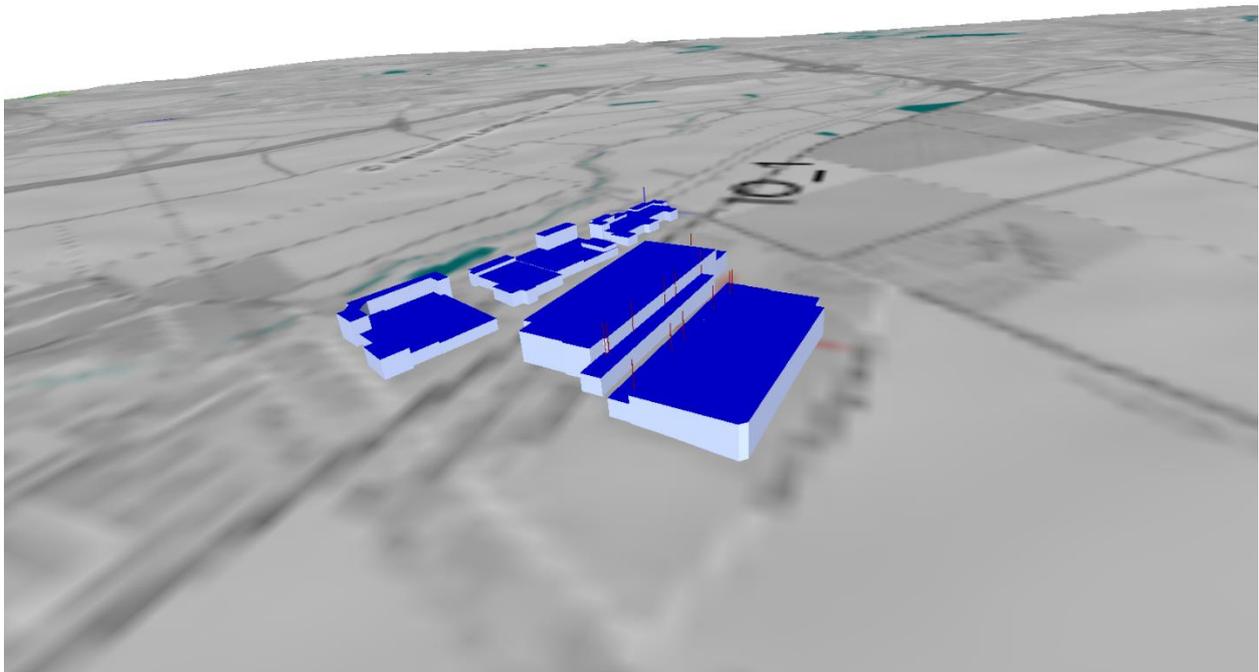


Abbildung 6.4: Digitalisierte Gebäude in der Umgebung der Anlage. Blick von S. (Quelle: Google Earth).

6.2.4 Meteorologische Daten

Als übertragbare Wetterdaten wurde von der IfU GmbH übertragene Wetterdaten des Flughafens Frankfurt / Main benutzt. Als repräsentatives Jahr wurde der Zeitraum 14.10.2010 – 13.10.2011 bestimmt. Windrose, Ausbreitungsklassenrose, Regenrose sowie Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeiten, Ausbreitungsklassen und Regenraten werden im Folgenden grafisch dargestellt: Eine Übertragbarkeitsprüfung ist in Anhang A3 dargestellt.

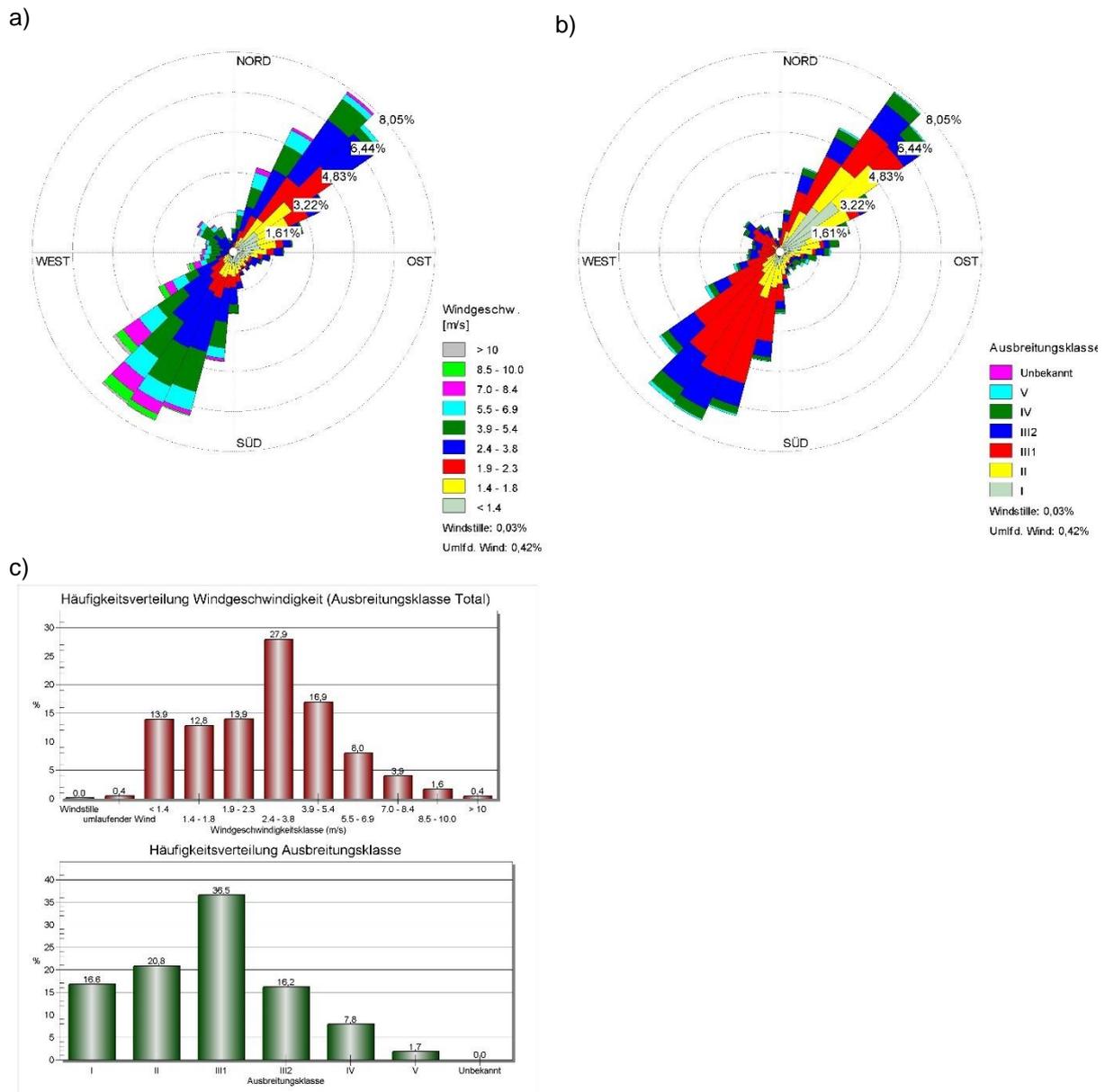


Abbildung 6.5: a) Windrose, b) richtungsbezogene Verteilung der Ausbreitungsklassen c) Windgeschwindigkeits- sowie Stabilitätsklassenhistogramm für das Jahr 2012 .

Der Anemometerstandort wird auf eine frei angeströmte Ersatzanemometerposition im Modellgebiet übertragen. Die Ersatzanemometerposition hat die UTM-Koordinaten 32U 479300 m, 5553763 m.

Tabelle 6.5: Kenndaten der meteorologischen Station.

DWD Stationsnummer	1421 Frankfurt Flughafen
Lage der Station	50,05°N 8,60°O, Höhe 112 m ü. NN
Repräsentatives Jahr	14.10.2010-13.10.2011
Hauptwindrichtung	SSW
Nebenmaxima	NNO
Niederschlagsmenge UBA (skaliert auf zehnjähriges Mittel)	693 mm
Anemometerhöhe	10 m ü. Gr
Referenz-Rauigkeitslänge am Anemometerstandort	0,2 m

Lokale Windsysteme

Lokale Windsysteme sind im Untersuchungsgebiet aufgrund der nur mäßigen orographischen Gliederung nicht zu erwarten.

Niederschlagsdaten

Es werden die Niederschlagsdaten des UBA für das Jahr und für den Standort verwendet. Die Jahressumme liegt bei 693 mm.

6.2.5 Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung

Die Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung erfolgt gemäß TA Luft 2021 nach VDI 3945 Bl. 3. Die Richtlinie VDI 3782 Bl. 3 [8] gibt Bedingungen für die Anwendbarkeit des Fahnenüberhöhungsmodells an. Diese sind aufgrund der Wahl der Höhen der Kaminmündungen außerhalb der gebäudebedingten Rezirkulationszonen erfüllt.

Für nahestehende Quellen ist davon auszugehen, dass die Fahnen sich durchmischen und so eine höhere Fahnenüberhöhung erzeugen. Es werden folgende Fälle unterschieden:

1. Abstand der Mündungen $\leq 2 \cdot d$ (d = Durchmesser der Kaminmündung):
Die Quellen können zu einer Einzelquelle mit Äquivalentparametern (Summe der Massenströme, Addition der Austrittsflächengröße) zusammengefasst werden. Bei mehr als 2 Quellen sollte eine kompakte Bauweise, z. B. kreisförmig vorliegen.
2. $2 \cdot d < \text{Abstand der Mündungen} \leq 5 \cdot d$:
Dieser Bereich ist ungeregelt. Es findet wohl eine Durchmischung der heißen Abluft statt, die Anwendungsvoraussetzungen für das Fahnenüberhöhungsmodell sind allerdings nicht mehr gegeben. In diesem Fall kann mit einer begründet reduzierten Fahnenüberhöhung vorgegangen werden.
3. $5 \cdot d < \text{Abstand der Kaminmündungen}$:
Die Quellen werden als Einzelquellen behandelt.

Im vorliegenden Fall sind die Kamine kompakt angeordnet. Es wird die volle Fahnenüberhöhung angewandt.

6.2.6 Berücksichtigung von Korngrößenverteilungen bei Stäuben

Für die Ausbreitungsrechnung für Staub sind Sedimentation und Deposition zu berücksichtigen. Für die unterschiedlichen Staubklassen, nach mittlerer Korngröße (=aerodynamischer Durchmesser der Staubpartikel) eingeteilt, werden folgende Sedimentations- und Depositionsparameter verwendet:

Tabelle 6.6: Sedimentations- und Depositionsparameter für Staubfraktionen.

Klasse	d_a in μm	v_s in m/s	v_d in m/s	λ in 1/s	κ
1	< 2,5	0,00	0,001	$0,3 \cdot 10^{-4}$	0,8
2	2,5...10	0,00	0,01	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,8
3	10...50	0,04	0,05	$4,4 \cdot 10^{-4}$	0,8
4	>50	0,15	0,2	$4,4 \cdot 10^{-4}$	0,8

Ist die Korngrößenverteilung nicht im Einzelnen bekannt, dann ist PM₁₀ aus diffusen Quellen wie Staub der Klasse 2, PM₁₀ aus gefassten Quellen zu 30 Massenprozent wie Staub der Klasse 1 und zu 70 Massenprozent wie Staub der Klasse 2 zu behandeln. Für Staub mit einem aerodynamischen Durchmesser größer als 10 μm ist für v_s der Wert 0,06 m/s, für v_d der Wert 0,07 m/s, für λ der Wert $4,4 \cdot 10^{-4}$ 1/s und für κ der Wert 0,8 zu verwenden.

Im vorliegenden Fall ist die Korngrößenverteilung nicht bekannt.

6.2.7 Deposition

Für nahe gelegene FFH-Gebiete und geschützte Biotope wird der Eintrag von Stickstoff und Säure (durch trockene und nasse Deposition) berechnet.

Für die Berechnung der Deposition werden die Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten gemäß VDI Richtlinie 3782 Bl. 5 verwendet. Zusätzlich zu den Sedimentations- und Depositionsgeschwindigkeiten werden noch *Washout*-Raten berücksichtigt, die die Deposition im Niederschlagsfall erhöhen.

Es wird unterschieden:

- Depositionsgeschwindigkeit v_d :
Rate, mit der ein Anteil des Gases oder Aerosols zum Boden hin ausgeschieden wird, nur in der untersten Rechenfläche.
- Sedimentation v_s :
Absinkrate aufgrund der Gewichtskraft in der ganzen Atmosphäre, nur für Aerosole, da die gasförmigen Einzelkomponenten als ideales Gas als gut durchmischt betrachtet werden.
- Washout-Rate λ und Washout-Exponent κ :
Die Auswaschrage Λ durch den Niederschlag berechnet sich aus der Niederschlagsrate I in mm/h, den stoffbezogenen Größen der Washout-Rate λ in 1/s und dem Washout-Exponenten κ

$$\Lambda = \lambda \cdot I^\kappa$$

Tabelle 6.7: Depositions- und Sedimentationsparameter für Gase.

Stoff	v_d	v_s	λ	κ
NO ₂	0,003 m/s	--	$1 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$	1
NO	0,0005 m/s	--	0 s^{-1}	1
NH ₃	0,010 m/s	--	$1,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$	0,6
SO ₂	0,01 m/s	--	$2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$	1
Hg (elem.)	0,0003 m/s	--	$2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$	1
Hg (oxid.)	0,005 m/s	--	$1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$	0,7

Es ist neben den Immissionskenngrößen auch zu prüfen, ob durch die Immissionsprognose Hinweise auf die Notwendigkeit einer FFH-Verträglichkeitsprüfung gegeben sind. Daher sind Werte für die Nitrifizierung und den Säureeintrag zu untersuchen. Die Lage der Schutzgebiete ist in **Abbildung 2.2** dargestellt. Die Rechenergebnisse des Rechenlauf mit AUSTAL3 („Variante 3“) werden hierzu ausgewertet.

Die Depositionsgeschwindigkeiten werden gemäß VDI 3782 Bl. 5 [9] bzw. nachfolgend Straub et al. (2013) [10] zur Berechnung der Stickstoff- und Säuredeposition in Schutzgebiete mit stark unterschiedlichen Oberflächen durch Anwendung der Methode 3 aus [10] angepasst. Das geschieht durch Nachberechnung, indem das Verhältnis aus der Depositionsgeschwindigkeit der charakteristischen Oberfläche zur mittleren Depositionsgeschwindigkeit als Faktor verwendet wird. Die Anpassung betrifft allein die trockenen Depositionsgeschwindigkeiten von NH_3 und SO_2 : Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass diese Berechnung allein auf Nachfrage der Fachbehörde erfolgt. In der TA Luft sind keine weiteren Annahmen an die Depositionsgeschwindigkeiten vorgesehen.

Tabelle 6.8: Depositionsgeschwindigkeiten nach Staub et al. (2013).

Stoff	AUSTAL Standard	Gras	Wald	Meso
NH_3	0,010 m/s	0,015 m/s	0,020 m/s	0,012 m/s
SO_2	0,01 m/s	0,01 m/s	0,015 m/s	0,01 m/s

In der Immissionsprognose werden die Depositionen der Einzelstoffe bestimmt. Die Gesamt-Stickstoffdeposition und die Schwefeldeposition wird anhand der Molgewichte gemäß der Anteile des Stickstoffs und des Schwefels an dem Stoff mit folgenden Faktoren berechnet:

Tabelle 6.9: Als Stickstoff bzw. Schwefel zu zählende Anteile der Depositionen der Einzelstoffe an der Gesamt-Stickstoffdeposition (N-dep) und der Schwefeldeposition (S-dep).

Stoff	AUSTAL Standard		Gras		Wald		Meso	
	N_{dep}	S_{dep}	$N_{dep, dry}$	$S_{dep, dry}$	$N_{dep, dry}$	$S_{dep, dry}$	$N_{dep, dry}$	$S_{dep, dry}$
NO	0,467	0	0,467	0	0,467	0	0,467	0
NO_2	0,304	0	0,304	0	0,304	0	0,304	0
NH_3	0,824	0	$0,824 \cdot 1,5$	0	$0,824 \cdot 2,0$	0	$0,824 \cdot 1,2$	0
SO_2	0	0,500	0	0,500	0	$0,500 \cdot 1,5$	0	0,500

Damit ist beispielsweise für AUSTAL Standard:

$$N_{dep} = 0,467 \cdot \text{NO} + 0,304 \cdot \text{NO}_2 + 0,824 \cdot \text{NH}_3$$

$$S_{dep} = 0,5 \cdot \text{SO}_2$$

Für die Oberflächen Gras, Wald und Meso werden die Komponenten der trockenen Deposition jeweils mit den in **Tabelle 6.9** angegebenen Faktoren gewichtet.

Der Säureeintrag wird anhand der prognostizierten Deposition von Stickstoff aus gasförmigen Komponenten (NO_x , NH_3) sowie von Schwefel aus SO_2 betrachtet. Es wird das Säureäquivalent anhand des vorkommenden Molgewichts von N bzw. S und deren Fähigkeit, Wasserstoffatome zu binden, bewertet (1 eq = 14 g N bzw. 2 eq = 32 g S). Damit ergeben sich die Berechnungsfaktoren:

$$\text{Säureäquivalent in } \frac{\text{keq}}{\text{ha} \cdot \text{a}} = 0,0743 \cdot N_{dep} + 0,0625 \cdot S_{dep}$$

6.2.8 Berücksichtigung der statistischen Unsicherheit

Die Berechnung mit Hilfe eines Lagrange'schen Partikelmodells unterliegt einer statistischen Unsicherheit (vgl. VDI 3783, Blatt 13). Gemäß Anhang 2, Abschnitt 10 der TA Luft ist

„... darauf zu achten, dass die modellbedingte statistische Unsicherheit, berechnet als statistische Streuung des berechneten Werts, beim Jahresimmissionskennwert 3 Prozent des Jahresimmissionswertes und beim Tages-Immissionskennwert 30 Prozent des Tages-Immissionswertes nicht überschreitet...“

Liegen die Beurteilungspunkte an den Orten der maximalen Gesamtzusatzbelastung oder Zusatzbelastung, braucht die statistische Unsicherheit nicht gesondert berücksichtigt zu werden. Andernfalls sind die berechneten Jahres-, Tages- und Stunden-Immissionskennwerte um die jeweilige statistische Unsicherheit zu erhöhen. Die relative statistische Unsicherheit des Stunden-Immissionswerts ist dabei der relativen statistischen Unsicherheit des Tages-Immissionskennwerts gleichzusetzen.“

Die Unsicherheit wird in den tabellarisch dargestellten Ergebnissen für Beurteilungspunkte, die nicht am Ort des rechnerischen Maximums der Zusatzbelastung liegen, berücksichtigt. Die Unsicherheit liegt für NO₂ bei 0,7% des Jahreswerts und für SO₂ bei 0,2% des Tageswerts.

6.3 Bewertungsgrundlage: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV und TA Luft 2021

In Teil 2 der 39. BImSchV sowie in Kapitel 4 der TA Luft 2021 [2] sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation und der Ökosysteme Grenzwerte für Immissionen von Schadstoffen festgelegt. Neben Jahresmittelwerten ist für die Komponente Stickstoffdioxid ein Kurzzeitwert, gemittelt über 1 Stunde, formuliert. Für diesen Kurzzeitgrenzwert ist auch die zulässige Überschreitungshäufigkeit angegeben. Für Schwebstaub ist zusätzlich ein Tagesmittelwert zuzüglich seiner maximalen Überschreitungshäufigkeit formuliert. Für Schwefeloxid sind neben dem Jahresmittelwert Kurzzeitwerte für eine Stunde und Tagesmittelwerte zuzüglich der zulässigen Überschreitungshäufigkeit festgeschrieben. Für Kohlenmonoxid ist lediglich ein Grenzwert für den 8h-Mittelwert genannt. Werte für die Zusatzbelastung, unterhalb derer eine Genehmigung der Anlage auch bei erwarteter Überschreitung der Immissionswerte nicht versagt werden darf („Irrelevanzkriterium“), sind nur für Jahreswerte genannt. Eine Zusammenfassung der in der TA Luft und der 39. BImSchV verankerten Grenzwerte ist in den nachfolgenden Tabellen gegeben.

Tabelle 6.10: Grenzwerte der 39. BImSchV (Teil 2) und der TA Luft 2021.

Stoff	Zeitbezug	Immissionswert	Zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr	Irrelevanzschwelle	Beurteilungswert
TA Luft Nr. 4.2 Schutz der menschlichen Gesundheit, 39. BImSchV §2-9					
NO ₂	Jahr	40 µg/m ³		1,2 µg/m ³	0,4 µg/m ³
	1 h	200 µg/m ³	18		
SO ₂	Jahr	50 µg/m ³		1,5 µg/m ³	0,5 µg/m ³
	24 h	125 µg/m ³	3		
	1 h	350 µg/m ³	24		
CO	8h Mittelwert ¹⁾	10 mg/m ³			
PM ₁₀	Jahr	40 µg/m ³		1,2 µg/m ³	0,4 µg/m ³
	24 h	50 µg/m ³	35		
PM _{2,5}	Jahr	25 µg/m ³		0,75 µg/m ³	0,25 µg/m ³
TA Luft Nr. 4.3 Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen					
Staubniederschlag, nicht gefährdender Staub	Jahr	0,35 g/(m ² d)		10,50 mg/(m ² d)	10,50 mg/(m ² d)
TA Luft Nr. 4.4 Schutz vor erheblichen Nachteilen, Schutz der Vegetation und von Ökosystemen					
SO ₂	Jahr und Winter (1. Okt. Bis 31. März)	20 µg/m ³		2 µg/m ³	2 µg/m ³
NO _x	Jahr	30 µg/m ³		3 µg/m ³	3 µg/m ³
NH ₃ (TA Luft Anhang 1)	Jahr			2 µg/m ³	2 µg/m ³

Bei Kurzzeitbelastungen sind keine Kriterien der irrelevanten Zusatzbelastung genannt. Für Tageswerte ist TA Luft Nr. 4.7.2, bei Überschreitung der Stundenwerte TA Luft Nr. 4.7.3 zu beachten. In TA Luft Nr. 4.7.2 ist geregelt, dass die Tageskenngröße als eingehalten gilt:

- (1) Wenn die Kenngröße für die Immissions-Jahres-Vorbelastung (IJV) nicht höher ist als 90 vom Hundert des Immissions-Jahreswertes und

- (2) Wenn die Kenngröße Immissions-Tages-Vorbelastung die zulässige Überschreitungshäufigkeit des Immissions-tageswertes zu maximal 80 vom Hundert erreicht und
- (3) Wenn sämtliche für alle Aufpunkte berechneten Immissions-Tageswerte der Zusatzbelastung (ITZ) nicht größer sind, als es der Differenz zwischen dem Immissions-Tageswert (Konzentration) und dem Immissions-Jahreswert entspricht.

TA Luft Nr. 4.7.3 regelt analog die Bewertung der Stundenwerte.

Im Übrigen ist der Immissions-Tageswert bzw. der Stunden-Immissionswert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung – ermittelt durch die Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für den Tag bzw. für die Stunde – an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissionskonzentrationswert für 24 Stunden bzw. 1 Stunde ist oder eine Auswertung ergibt, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit eingehalten ist, es sei denn, dass durch besondere Umstände des Einzelfalles, z.B. selten auftretende hohe Emissionen eine abweichende Beurteilung geboten ist.

6.4 Bewertungsgrundlage: Stickstoff- und Säuredeposition

Der Stickstoff- und Säureeintrag in geschützte Biotope und in FFH-Gebiete ist gering zu halten. Deshalb wird bei Vorhaben geprüft, ob es einen hinreichenden Anhaltspunkt dafür gibt, dass es zu schädlichen Umwelteinwirkungen auf diese Gebiete kommen kann.

Ein Kriterium dafür, dass die Auswirkung eines Vorhabens gering ist, ist die Unterschreitung des Abschneidekriteriums für den Stickstoff- und Säureeintrag. Diese wurden in der TA Luft 2021 Anhang 8 auf die in **Tabelle 6.11** aufgeführten Werte festgesetzt:

Tabelle 6.11: Abschneidekriterien zur Festlegung des Untersuchungsgebietes.

Stoffeintrag	Abschneidekriterium Hessen
Stickstoffeintrag	0,3 kg N / (ha·a)
Säureeintrag	0,04 keq / (ha·a)

In Fällen kumulierender Vorhaben wird für den Säureeintrag das reduzierte Abschneidekriterium von 0,03 keq/(ha·a). Bei Stickstoffeinträgen ist nach BVG-Urteil (<https://www.bverwg.de/de/pm/2019/38>) festzustellen, „dass für eine Modifizierung des naturschutzfachlich allgemein anerkannten projektbezogenen Abschneidekriteriums von 0,3 kg N/ha/a auch bei kumulativen Belastungen kein Anlass besteht.“

Die Berechnung des Säureäquivalents basiert auf der Bindungsfähigkeit für Protonen in einer Säure und wird üblicherweise in keq (= 1000 eq "mol acid charge") pro ha und Jahr angegeben. 1 mol N kann 1 mol Protonen (H⁺) in einer Säure (z. B. salpetrige Säure HNO₂) binden, somit entsprechen 14 kg N genau 1 keq oder 1000 eq. 1 mol S kann 2 mol Protonen (H⁺) in einer Säure (z. B. Schwefelsäure H₂SO₄) binden, somit entsprechen 32 kg Schwefel 2 keq.

6.5 Bewertungsgrundlage: Geruch nach TA Luft 2021 Anhang 7

Laut TA Luft 2021 Anhang 7 sind Geruchsimmissionen in der Regel als erhebliche Belästigung zu werten, wenn die Gesamtbelastung (Vorbelastung + Gesamtzusatzbelastung) die in **Tabelle 6.12** angegebenen Immissionswerte überschreitet. Bei den Immissionswerten handelt es sich um relative Häufigkeiten der Geruchsstunden bezogen auf ein Jahr.

Tabelle 6.12: Immissionswerte IW für verschiedene Nutzungsgebiete, Irrelevante Zusatzbelastung.

Wohn-/Mischgebiete, Kerngebiete mit Wohnen, urbane Gebiete	Gewerbe-/Industriegebiete, Kerngebiete ohne Wohnen	Dorfgebiete	Irrelevante Zusatzbelastung
0,10	0,15	0,15	0,02

Nach Anhang 7 der TA Luft gilt

„Die Genehmigung für eine Anlage soll auch bei Überschreitung der Immissionswerte der dieses Anhangs auf einer Beurteilungsfläche nicht wegen der Geruchsimmissionen versagt werden, wenn der von dem zu beurteilenden Vorhaben zu erwartende Immissionsbeitrag (Kenngröße der Zusatzbelastung) auf keiner Beurteilungsfläche, auf der sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, den Wert 0,02 überschreitet. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass das Vorhaben die belästigende Wirkung der Vorbelastung nicht relevant erhöht (Irrelevanzkriterium).“

Das bedeutet im Umkehrschluss, wenn in keinem Punkt außerhalb des Firmengeländes die Geruchshäufigkeit von 2 % der Jahresstunden überschritten wird, geht von der Anlage lediglich eine irrelevante Zusatzbelastung aus.

6.6 Ergebnisse der Immissionsprognose

Im Folgenden werden die prognostizierten Immissionskennwerte diskutiert und den Grenzwerten gemäß 39 BImSchV [11] bzw. TA Luft [2] gegenübergestellt.

Es wurden die Emissionen der Gesamtanlage berücksichtigt.

Die Maxima der Belastungen im gesamten Modellgebiet („globale Maxima“) für die unterschiedlichen Berechnungsvarianten werden tabellarisch dargestellt.

In Anhang A3 sind Farbrasterkarten zu den einzelnen Immissionskenngrößen dargestellt.

6.6.1 Variante 1: Notbetrieb ohne Abgasreinigung, Volllast.

6.6.1.1 Luftschadstoffkonzentrationen

Die Luftschadstoffkonzentrationen wurden an den maximal belasteten Punkten außerhalb des Betriebsgeländes ermittelt. Der Test- und Wartungsbetrieb wurde in dieser Variante ohne Abgasreinigung nicht berechnet.

Die hier gezeigten Tabellen enthalten nur die Immissionskennzahlen inkl. Unsicherheit.

Tabelle 6.13: Immissionskennzahlen für den Notbetrieb, ohne Abgasreinigung.

Komponente	Zusatzbelastung		Beurteilungswerte		Max. Betriebszeit Notbetrieb
	Test und Wartung	Notbetrieb	Beurteilungswert	Beurteilungswert minus IJW Testbetrieb	
NO ₂ J00	0,000 µg/m ³	12,67 µg/m ³	1,20 µg/m ³	1,20 µg/m ³	829 h
NO _x	0,000 µg/m ³	71,79 µg/m ³	3,00 µg/m ³	3,00 µg/m ³	366 h
SO ₂	0,0000 µg/m ³	0,21 µg/m ³	1,50 µg/m ³	1,50 µg/m ³	8760 h
HCOH	0,000 µg/m ³	1,79 µg/m ³	3,72 µg/m ³	3,72 µg/m ³	8760 h
NH ₃	0,000000 µg/m ³	0,00 µg/m ³	2,00 µg/m ³	2,00 µg/m ³	8760 h
PM ₁₀	0,0000 µg/m ³	1,46 µg/m ³	1,20 µg/m ³	1,20 µg/m ³	7200 h
PM _{2,5}	0,0000 µg/m ³	0,45 µg/m ³	0,75 µg/m ³	0,75 µg/m ³	8760 h
PM Dep	0,0000 g/(m ² d)	0,0016 g/(m ² d)	0,35 g/(m ² d)	0,0105 g/(m ² d)	8760 h
N-Dep	0,0000 kg/(ha*a)	9,66 kg/(ha*a)	0,30 kg/(ha*a)	0,30 kg/(ha*a)	272 h
S-Dep	0,00000 keq/(ha*a)	0,726 keq/(ha*a)	0,030 keq/(ha*a)	0,030 keq/(ha*a)	361 h
NO ₂ S18		487,40 µg/m ³	160 µg/m ³		18 h

In dieser Betriebsweise bilden die Kurzzeitwerte das Hindernis hinsichtlich einer Genehmigung. Der S18-Wert von NO₂ (höchstes Stundenmittel mit 18 Überschreitungen) erlaubt maximal 18 Betriebsstunden. Zusätzlich ist der höchste Stundenwert S00 für NO₂ mit 5264 µg/m³ etwa um das 5,5-Fache oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwerts von 950 µg/m³.

Damit würde sich keine Genehmigungsfähigkeit ergeben.

Die Immissionskennzahlen der Immissionszusatzbelastung durch die Gesamtanlage liegt für alle Komponenten deutlich unter den Schwellenwerten für eine irrelevante Zusatzbelastung.

Die Kurzzeitwerte zeigen für NO₂ keine Überschreitungen der Beurteilungswerte.

6.6.2 Variante 2: Test- und Wartungsbetrieb mit Abgasreinigung

6.6.2.1 Luftschadstoffkonzentrationen

Die Luftschadstoffkonzentrationen wurden an den maximal belasteten Punkten außerhalb des Betriebsgeländes bzw. an den höheren Gebäuden ermittelt.

In den nachfolgenden Tabellen sind Immissionskennwerte folgendermaßen gekennzeichnet:

- Überschreitung von 1% des Jahresimmissionswerts (Beurteilungswert) – **schwarz, fett**
- Überschreitung des vorgegebenen Immissionswerts abzüglich der Vorbelastung (Immissionswert) – **schwarz, fett, rot hinterlegt**

Die hier gezeigten Tabellen enthalten nur die Immissionskennzahlen inkl. Unsicherheit. Detaillierte Tabellen sind im Bildteil des Berichts aufgeführt.

Tabelle 6.14: Immissionskennzahlen für den Test- und Wartungsbetrieb unter Volllast.

	NO2 J00+	NO2 S18+	CO T00+	PM J00+	PM T35+	PM25 J00+	SO2 J00+	HCOH J00 +	NH3 J00 +
Immissionswert	40 µg/m³	100 µg/m³ ¹⁾	3333 µg/m³	40 µg/m³	10 µg/m³	25 µg/m³	50 µg/m³	124 µg/m³	
Irrelevanz	1,2 µg/m³			1,2 µg/m³		0,75 µg/m³	1,5 µg/m³	3,72 µg/m³	2 µg/m³
Beurteilungswert	1,2 µg/m³			1,2 µg/m³		0,75 µg/m³	1,5 µg/m³	3,72 µg/m³	
100% load									
0 - 3 m	0,04 µg/m³	4,3 µg/m³	243 µg/m³	0,02 µg/m³	0,1 µg/m³	0,01 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
3 - 6 m	0,04 µg/m³	3,6 µg/m³	201 µg/m³	0,02 µg/m³	0,1 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
6 - 9 m	0,04 µg/m³	3,5 µg/m³	239 µg/m³	0,01 µg/m³	0,1 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
9 - 12 m	0,04 µg/m³	4,2 µg/m³	209 µg/m³	0,01 µg/m³	0,1 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
12 - 15 m	0,04 µg/m³	5,2 µg/m³	225 µg/m³	0,02 µg/m³	0,1 µg/m³	0,01 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
15 - 18 m	0,04 µg/m³	5,3 µg/m³	217 µg/m³	0,02 µg/m³	0,1 µg/m³	0,01 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
18 - 21 m	0,05 µg/m³	4,7 µg/m³	261 µg/m³	0,02 µg/m³	0,1 µg/m³	0,01 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
21 - 24 m	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	8 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
24 - 27 m	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	4 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
27 - 30 m	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	5 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
Betriebszeit max.	8760 h			8760 h		8760 h	8760 h	8760 h	8760 h

Die Immissionskennzahlen der Immissionszusatzbelastung durch die Gesamtanlage liegt für alle Komponenten für den Test- und Wartungsbetrieb deutlich unter den Schwellenwerten für eine irrelevante Zusatzbelastung.

6.6.2.2 Stickstoff- und Säuredeposition

Der Test- und Wartungsbetrieb erzeugt keine Stoffeinträge oberhalb der Abschneidekriterien.

6.6.2.3 Geruch

Die Geruchsimmissionen, als Geruchsstundenhäufigkeit pro Jahr, liegen überall außerhalb des Betriebsgeländes, auch in den höheren Schichten, unterhalb der Irrelevanzschwelle von 2% der Jahresstunden.

Tabelle 6.15; Geruchsstundenhäufigkeit in Prozent der Jahresstunden, alle Punkt außerhalb des Betriebsgeländes.

Schicht	Maximum außerhalb des Betriebsgeländes
0 - 3 m	0,39%
3 - 6 m	0,36%
6 - 9 m	0,39%
9 - 12 m	0,45%
12 - 15 m	0,49%
15 - 18 m	0,57%
18 - 21 m	0,62%
21 - 24 m	0,63%
24 - 27 m	0,79%
27 - 30 m	0,96%

6.6.3 Variante 3: Notstrombetrieb mit Abgasreinigung

6.6.3.1 Luftschadstoffkonzentrationen

Die Luftschadstoffkonzentrationen wurden an den maximal belasteten Punkten außerhalb des Betriebsgeländes bzw. an den höheren Gebäuden ermittelt.

In den nachfolgenden Tabellen sind Immissionskennwerte folgendermaßen gekennzeichnet:

- Überschreitung von 1% des Jahresimmissionswerts (Beurteilungswert) – **schwarz, fett**
- Überschreitung des vorgegebenen Immissionswerts abzüglich der Vorbelastung (Immissionswert) – **schwarz, fett, rot hinterlegt**

Die hier gezeigten Tabellen enthalten nur die Immissionskennzahlen inkl. Unsicherheit. Detaillierte Tabellen sind im Bildteil des Berichts aufgeführt.

Tabelle 6.16: Immissionskennzahlen für den Notbetrieb mit Abgasreinigung unter Volllast.

	NO2 J00+	NO2 S18+	CO T00+	PM J00+	PM T35+	PM25 J00+	SO2 J00+	HCOH J00+	NH3 J00+
Immissionswert	40 µg/m³	160 µg/m³ ¹⁾	3333 µg/m³	40 µg/m³	10 µg/m³	25 µg/m³	50 µg/m³	124 µg/m³	
Irrelevanz	1,2 µg/m³			1,2 µg/m³		0,75 µg/m³	1,5 µg/m³	3,72 µg/m³	2 µg/m³
Beurteilungswert	1,2 µg/m³			1,2 µg/m³		0,75 µg/m³	1,5 µg/m³	3,72 µg/m³	
100% load									
0 - 3 m	4,02 µg/m³	152,6 µg/m³	254 µg/m³	1,53 µg/m³	6,1 µg/m³	0,47 µg/m³	0,21 µg/m³	1,9 µg/m³	0,9 µg/m³
3 - 6 m	3,47 µg/m³	127,5 µg/m³	223 µg/m³	1,29 µg/m³	6,4 µg/m³	0,39 µg/m³	0,17 µg/m³	1,6 µg/m³	0,7 µg/m³
6 - 9 m	3,73 µg/m³	134,6 µg/m³	255 µg/m³	1,39 µg/m³	6,6 µg/m³	0,42 µg/m³	0,19 µg/m³	1,7 µg/m³	0,8 µg/m³
9 - 12 m	3,63 µg/m³	144,6 µg/m³	221 µg/m³	1,36 µg/m³	6,1 µg/m³	0,41 µg/m³	0,18 µg/m³	1,6 µg/m³	0,7 µg/m³
12 - 15 m	4,33 µg/m³	152,3 µg/m³	242 µg/m³	1,55 µg/m³	6,7 µg/m³	0,46 µg/m³	0,20 µg/m³	1,9 µg/m³	0,8 µg/m³
15 - 18 m	4,42 µg/m³	136,2 µg/m³	237 µg/m³	1,61 µg/m³	6,2 µg/m³	0,48 µg/m³	0,21 µg/m³	1,9 µg/m³	0,8 µg/m³
18 - 21 m	5,22 µg/m³	147,1 µg/m³	287 µg/m³	1,94 µg/m³	6,6 µg/m³	0,58 µg/m³	0,26 µg/m³	2,3 µg/m³	1,0 µg/m³
21 - 24 m	0,10 µg/m³	21,2 µg/m³	7 µg/m³	0,01 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
24 - 27 m	0,10 µg/m³	15,0 µg/m³	5 µg/m³	0,01 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³
27 - 30 m	0,10 µg/m³	17,4 µg/m³	7 µg/m³	0,01 µg/m³	0,0 µg/m³	0,00 µg/m³	0,00 µg/m³	0,0 µg/m³	0,0 µg/m³

Die Immissionskennzahlen der Immissionszusatzbelastung durch die Gesamtanlage liegt für NO₂ und PM₁₀ für den Notbetrieb oberhalb der Schwellenwerte für eine irrelevante Zusatzbelastung, so dass eine Einschränkung der maximalen Betriebszeit erforderlich ist.

Die Kurzzeitwerte für NO₂ zeigen keine Überschreitungen des erlaubten Wertes von 160 µg/m³.

6.6.3.2 Stickstoff- und Säuredeposition

Der Notbetrieb erzeugt bei einer Laufzeit von 8760 h/a Stoffeinträge oberhalb der Abschneidekriterien.

Tabelle 6.17: Maxima der Stoffeinträge in Schutzgebiete, Notbetrieb bei 8.760 h/a.

Volllast	Parameter	Stoffeinträge		Max. Betriebszeit	
		Standard	Wald	Standard	Wald
Stickstoffdeposition	Max GB	5,33 kg/(ha*a)	6,92 kg/(ha*a)	452 h	274 h
Säuredeposition	Max GB	0,398 keq/(ha*a)	0,519 keq/(ha*a)	618 h	400 h

Stickstoffeintrag

Abbildung 6.6 zeigt beispielhaft die Verteilung der berechneten Stickstoffdeposition (Zusatzbelastung) für den Notbetrieb im Rechengebiet. Zur Information wird das mit den für die Landoberfläche „Wald“ gewichteten Depositionsgeschwindigkeiten für NH₃ und SO₂ dargestellt. Das maßgebliche Schutzgebiet (Biotop, derzeitiger Zustand und Schutzstatus unbekannt) ist eine Wiese, so dass hier die nicht erhöhte Depositionsgeschwindigkeit Anwendung finden sollte.

Säureeintrag

Der Säureeintrag wird anhand der prognostizierten Deposition von Stickstoff aus gasförmigen Komponenten (NO_x, NH₃) sowie von Schwefel aus SO₂ betrachtet.

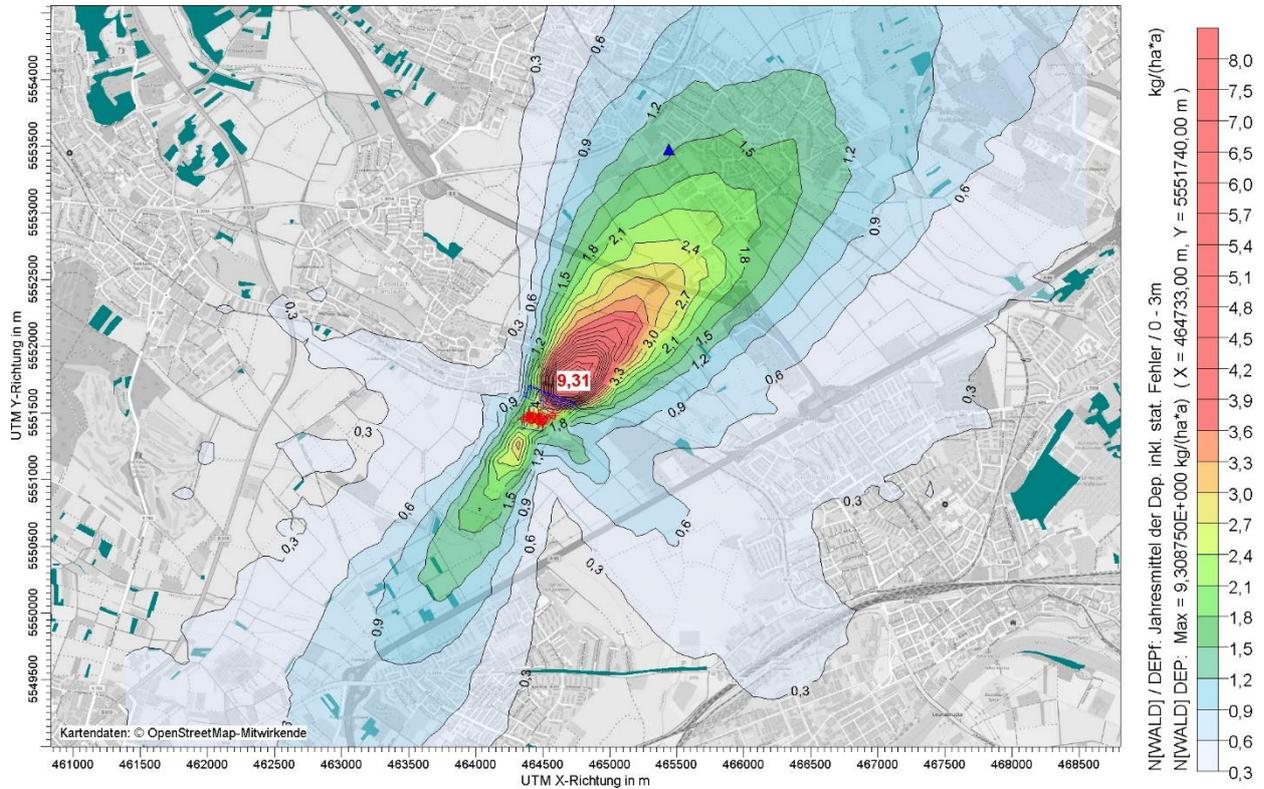


Abbildung 6.6: Variante 3 (100%), Motortyp „worst case hybrid“, Betriebszeit 8760 h/a: Lage des Maximums der Stickstoffdeposition im Rechengebiet. Schutzgebiete sind als hellgrün (FFH) und dunkelgrün (Biotope) eingefärbte Flächen gekennzeichnet.

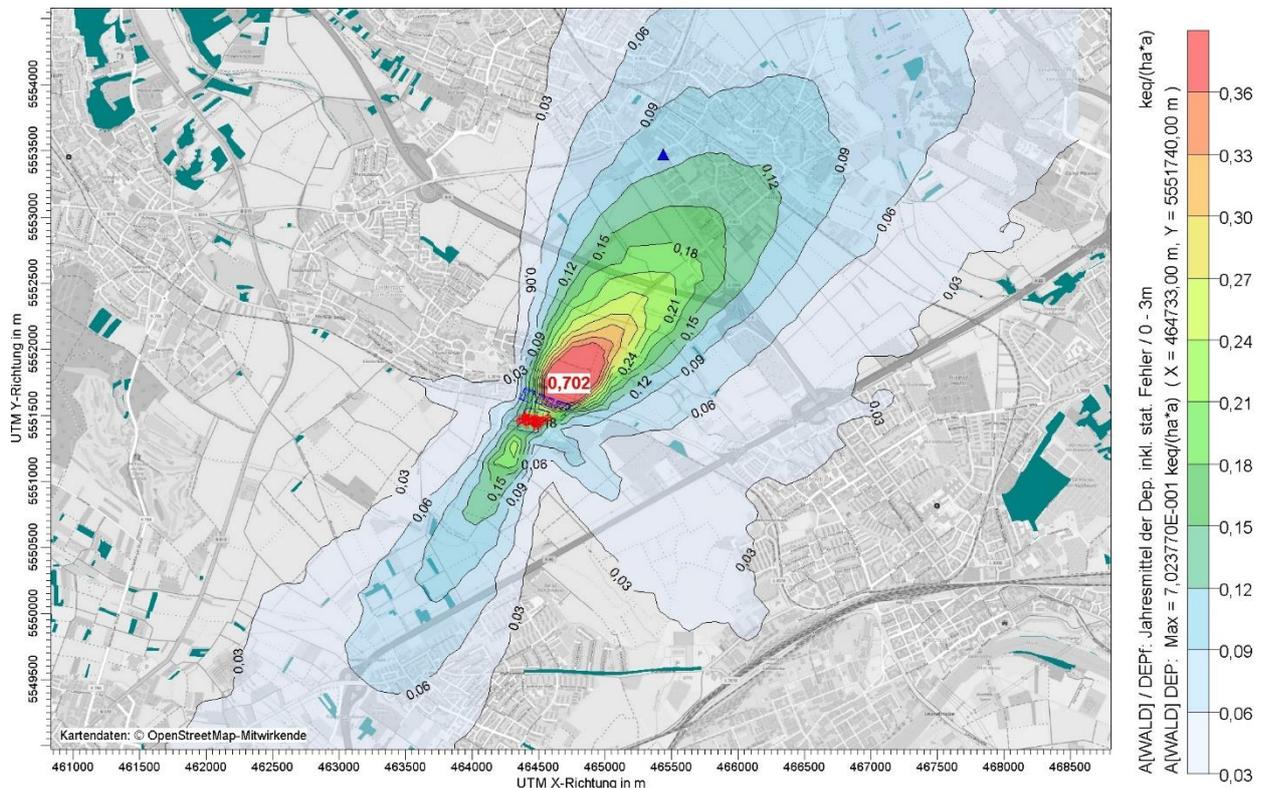


Abbildung 6.7: Variante 1 (100% Last), Betriebszeit 8760 h/a: Isolinien des Säureeintrags im Rechengebiet.

6.6.3.3 Geruch

Die Geruchsimmissionen des Notbetriebs werden nicht bewertet.

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den verschiedenen Szenarien der Ausbreitungsrechnungen werden für alle Parameter maximale Betriebszeiten für den Notbetrieb bestimmt:

Tabelle 7.1: Maximal zu gestattende Betriebszeiten des Notbetriebs, bei denen die Schwellenwerte für eine irrelevante Zusatzbelastung nicht überschritten werden.

Komponente	Zusatzbelastung		Beurteilungswerte		Max. Betriebszeit Notbetrieb
	Test und Wartung	Notbetrieb	Beurteilungswert	Beurteilungswert minus IJW Testbetrieb	
NO ₂	0,045 µg/m ³	5,22 µg/m ³	1,20 µg/m ³	1,16 µg/m ³	1938 h
NO _x	0,303 µg/m ³	36,97 µg/m ³	3,00 µg/m ³	2,70 µg/m ³	639 h
SO ₂	0,0027 µg/m ³	0,26 µg/m ³	1,50 µg/m ³	1,50 µg/m ³	8760 h
HCOH	0,023 µg/m ³	2,34 µg/m ³	3,72 µg/m ³	3,70 µg/m ³	8760 h
NH ₃	0,010920 µg/m ³	1,01 µg/m ³	2,00 µg/m ³	1,99 µg/m ³	8760 h
PM ₁₀	0,0188 µg/m ³	1,89 µg/m ³	0,40 µg/m ³	0,38 µg/m ³	1763 h
PM _{2,5}	0,0057 µg/m ³	0,58 µg/m ³	0,25 µg/m ³	0,24 µg/m ³	3664 h
N-Dep	0,0831 kg/(ha*a)	6,92 kg/(ha*a)	0,30 kg/(ha*a)	0,22 kg/(ha*a)	274 h
S-Dep	0,00626 keq/(ha*a)	0,519 keq/(ha*a)	0,030 keq/(ha*a)	0,024 keq/(ha*a)	400 h

Bei einer maximalen Betriebszeit von **274 h/a** werden keine Schwellenwerte für irrelevante Zusatzbelastungen überschritten.

Bei Einhaltung dieser Betriebszeit kommt es zu folgenden maximalen Gesamtzusatzbelastungen:

Tabelle 7.2: Maximale Gesamtzusatzbelastung bei durchgeführten Test- und Wartungsarbeiten und einem 274-stündigen Notbetrieb.

Komponente	Beurteilungswerte	
	Beurteilungswert	Immissionskennzahl bei max. Betriebszeit von 274 h/a
NO ₂	1,20 µg/m ³	0,21 µg/m ³
NO _x	3,00 µg/m ³	1,46 µg/m ³
SO ₂	1,50 µg/m ³	0,01 µg/m ³
HCOH	3,72 µg/m ³	0,10 µg/m ³
NH ₃	2,00 µg/m ³	0,04 µg/m ³
PM ₁₀	0,40 µg/m ³	0,08 µg/m ³
PM _{2,5}	0,25 µg/m ³	0,02 µg/m ³
N-Dep	0,30 kg/(ha*a)	0,30 kg/(ha*a)
S-Dep	0,030 keq/(ha*a)	0,022 keq/(ha*a)

Abteilung Immissionsschutz / Luftreinhaltung (EuL)

Der Bearbeiter:



Dr. rer. nat. Kai Born

Der Prüfer:



Dr.-Ing. Tobias Schäfer

Köln, 21.09.2023

EuL/21260304/A2

8 Anhänge

A1	Literatur und verwendete Unterlagen.....	50
A3	Schornsteinhöhenberechnung nach VDI 3781 Blatt 4.....	51
A3.1	Mindestkaminhöhe für den ungestörten Abtransport der Abgase nach VDI 3781 Blatt 4 Kap. 6.2....	51
A3.2	Berücksichtigung höherer vorgelagerter Gebäude(teile) gemäß VDI 3781 Blatt 4.....	52
A3.3	Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung gemäß VDI 3781 Blatt 4 Kap. 6.3	54
A4	Grafiken: Ergebnisse der Immissionsprognose.....	55
A4.1	Variante 1: Notbetrieb ohne Abgasreinigung	55
A4.2	Variante 2: Test- und Wartungsbetrieb mit Abgasreinigung	67
A4.3	Variante 3: Notbetrieb mit Abgasreinigung	81
A5	Rechenprotokolle	94
Variante 1.....		94
Variante 2.....		96
Variante 3.....		100
A6	Darstellung der Szenarien für den Test- und Wartungsbetrieb.....	105

A1 Literatur und verwendete Unterlagen

- [1] Regierungspräsidium Darmstadt, „Leitfaden zur Ermittlung von Schornsteinmindesthöhen und zulässiger maximaler Betriebszeiten durch Immissionsprognosen in Genehmigungsverfahren für Rechenzentren (RZ) mit Notstromdieselmotoranlagen (NDMA),“ 2017.
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), „Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft),“ 18 August 2021.
- [3] VDI, *Richtlinie VDI 3781 Blatt 4: Umweltmeteorologie. Ableitbedingungen bei Abgasen - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen.*, 2017.
- [4] Janicke, „AUSTAL3 - Programmbeschreibung zu Version 3.1,“ Überlingen, 2011.
- [5] VDI, „Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 - Umweltmeteorologie: Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Partikelmodell,“ 2000.
- [6] T. G. Farr und andere, „The shuttle radar topography mission,“ *Rev. Geophys.* 45, doi:10.1029/2005RG000183, 2007.
- [7] EEA, „European Environment Agency: CORINE Landcover,“ [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>. [Zugriff am 16 Januar 2014].
- [8] VDI, „Richtlinie 3782 Bl. 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre - Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung,“ 2022.
- [9] VDI, *VDI Richtlinie 3782 Blatt 5: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle: Depositionsparameter*, 2006.
- [10] W. Straub, H. Hebbinghaus, A. Sowa und S. Wurzler, „Ermittlung von Stickstoff- und Säureeinträgen in Wäldern mit Lagrange'schen Ausbreitungsmodellen: Vergleich unterschiedlicher Berechnungsmethoden,“ *Immissionsschutz 1*, pp. 16-20, 2013.
- [11] Bundesgesetzblatt, „39. BImSchV: Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065),“ Bonn, 2010.
- [12] VDI, „Richtlinie: VDI 3783 Blatt 10 Umweltmeteorologie - Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle,“ 2010.

$$H_1 = \left(a + \frac{b}{2} \right) \cdot \tan 20^\circ - H_{\text{Dach}}$$

$$H_2 = (1 + f) \cdot \frac{b}{2} \cdot \tan 20^\circ - H_{\text{Dach}}$$

In den beiden Gleichungen bedeuten b die Breite der Giebelseite des Gebäudes und H_{Dach} die Höhe des realen Dachs (Abstand zw. First- und Traufhöhe).

Bei Flachdächern und Dächern mit Dachneigung $< 20^\circ$ ist die Mündungshöhe zusätzlich nach folgender Gleichung zu berechnen. Die geringere Höhe aus H_{A1} und $H_{A1,F}$ ist anschließend zu verwenden.

$$H_{A1,F} = G \cdot \sqrt[3]{H_{\text{First}}^2} + H_{\text{Ü}}$$

Dabei ist

$H_{A1,F}$ die erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableitinrichtung über First für den ungestörten Abtransport der Abgase für ein Einzelgebäude mit Flachdach in m

G der Skalierungsparameter: $G = 1,3 \text{ m}^{1/3}$

Die Gesamthöhe der Abgasableitinrichtung (Geländeoberfläche bis Mündungshöhe) sollte nicht größer sein als die doppelte Gebäudehöhe. Bei Flachdächern wird die Firsthöhe der Traufhöhe gleichgesetzt.

A3.2 Berücksichtigung höherer vorgelagerter Gebäude(teile) gemäß VDI 3781 Blatt 4

In der VDI Richtlinie 3781 Blatt 4 [3] wird für den ungestörten Abtransport der Abgase eine Rezirkulationszone definiert, in der im Lee von vorgelagerten Gebäuden oder Dachaufbauten Abgase zum Boden hinuntergemischt werden können. Die Ausdehnung der Rezirkulationszone ab der windabgewandten Seite berechnet sich in Anlehnung an VDI 3783 Blatt 10 [12] wie folgt:

$$l_{\text{RZ}} = \frac{1,75 \cdot l_{\text{eff}}}{1 + 0,25 \cdot \frac{l_{\text{eff}}}{H_{\text{First,V}}}}$$

mit $l_{\text{eff}} = l_v \cdot \sin(\beta) + b_v \cdot \cos(\beta)$

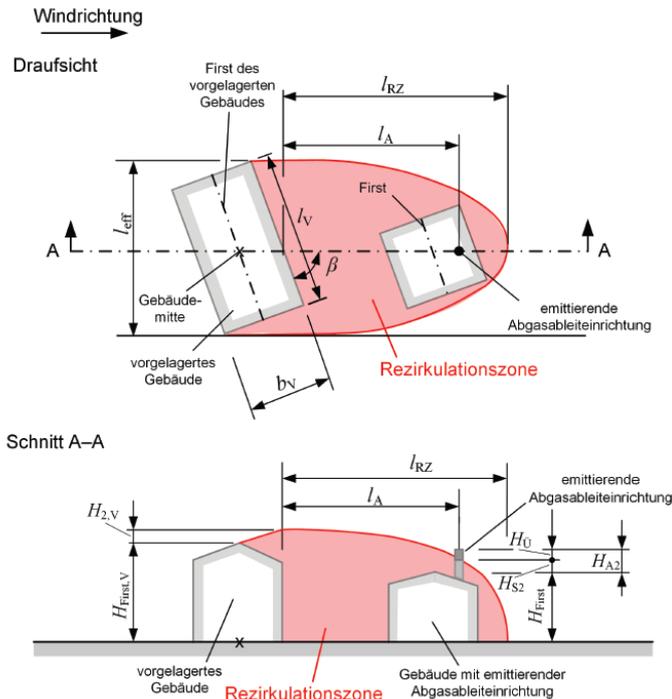


Abbildung 8.2: Schematische Darstellung der Rezirkulationszone nach VDI 3781 Blatt 4 [3]

Dabei ist

- H_{A2} Höhe des Kamins über dem First, mit additivem Term $H_{\ddot{U}}$ in m
- H_{S2} Höhe der Rezirkulationszone über dem First in m
- H_{First} Firsthöhe des Gebäudes am Kamin in m (bei Flachdach Traufhöhe)
- $H_{First,V}$ Firsthöhe des vorgelagerten Gebäudes in m
- $H_{2,V}$ Höhe der Rezirkulationszone über dem First des vorgelagerten Gebäudes in m
- $H_{\ddot{U}}$ Additiver Term in m, berücksichtigt den Übergangsbereich an der Rezirkulationszone
- l_A Abstand Kamin-vorgelagertes Gebäude in m
- l_{RZ} die horizontale Ausdehnung der Rezirkulationszone eines Gebäudes in m,
- l_{eff} die effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (quer zur Verbindungslinie Quelle-Gebäude-mitte) in m,
- l_V Länge des vorgelagerten Gebäudes in m,
- b_V Breite des vorgelagerten Gebäudes in m,
- β der horizontale Winkel zwischen einem vorgelagerten Gebäude und Richtung der Abgasableiteneinrichtung ($\beta \leq 90^\circ$) in °

Ist die horizontale Entfernung der Abgasableiteneinrichtung von der ihr zugewandten Seite des vorgelagerten Gebäudes $l_A \geq l_{RZ}$, muss der Einfluss des vorgelagerten Gebäudes nicht berücksichtigt werden.

Ein Vertikalschnitt (Schnitt A–A, siehe **Abbildung 8.2**) durch die Rezirkulationszone des vorgelagerten Gebäudes wird als Vierteilellipse beschrieben. Damit berechnet sich die Höhe der Rezirkulationszone über First (H_{S2}) zu:

$$H_{S2} = p \cdot (H_{First,V} + H_{2,V}) - H_{First}$$

mit dem dimensionslosen Interpolationsparameter :

$$p = \sqrt{1 - \frac{l_A^2}{l_{RZ}^2}}$$

Dabei ist

- H_{S2} die berechnete Abgasableiteinrichtungshöhe über First ohne additiven Term bei vorgelagerten Gebäuden in m
 $H_{2,V}$ die Höhe H_2 der Rezirkulationszone am vorgelagerten Gebäude über First des Gebäudes in m
 H_{First} die Firsthöhe des Gebäudes mit der Abgasableiteinrichtung in m
 l_A die horizontale Entfernung der Abgasableiteinrichtung von einem vorgelagerten Gebäude in m

Für Abgasableiteinrichtungen im Abstand l_A innerhalb der Rezirkulationszone ($l_A \leq l_{RZ}$) ergibt sich die erforderliche Mündungshöhe H_{A2} für den ungestörten Abtransport der Abgase aufgrund vorgelagerter Bebauung durch Addition der Höhe eines Übergangsbereichs $H_{\bar{U}}$ zwischen verwirbelter Strömung in der Rezirkulationszone und laminarer Strömung darüber zu dem Wert für H_{S2} zu

$$H_{A2} = H_{S2} + H_{\bar{U}}$$

A3.3 Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung gemäß VDI 3781 Blatt 4 Kap. 6.3

Berücksichtigung des Einwirkungsbereichs:

Im Einwirkungsbereich einer Abgasableiteinrichtung ist bei ungestörtem Abtransport der Abgase von einer ausreichenden Verdünnung auszugehen, falls die Mündung der Abgasableiteinrichtung

- die höchste Ebene, auf der Nachbarschaft und Allgemeinheit den Abgasen ausgesetzt werden (Bezugsniveau) und
- gegebenenfalls die Geländeoberfläche um bestimmte Mindesthöhen überragt

Als Einwirkungsbereich der Abgasableiteinrichtung gilt eine Kreisfläche um den Mittelpunkt der Mündungsfläche. Der Radius R des Einwirkungsbereichs von Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV beträgt 15 m oder 8 m und vergrößert sich wie folgt:

- 15 m bei Feuerstätten für feste Brennstoffe mit einer Gesamtnennwärmeleistung bis 50 kW. Der Radius R vergrößert sich um 2 m je weitere angefangene 50 kW bis auf höchstens 50 m
- 8 m bei Feuerstätten für flüssige oder gasförmige Brennstoffe mit einer Gesamtnennwärmeleistung bis 50 kW. Der Radius R vergrößert sich um 1 m je weitere angefangene 50 kW bis auf höchstens 50 m

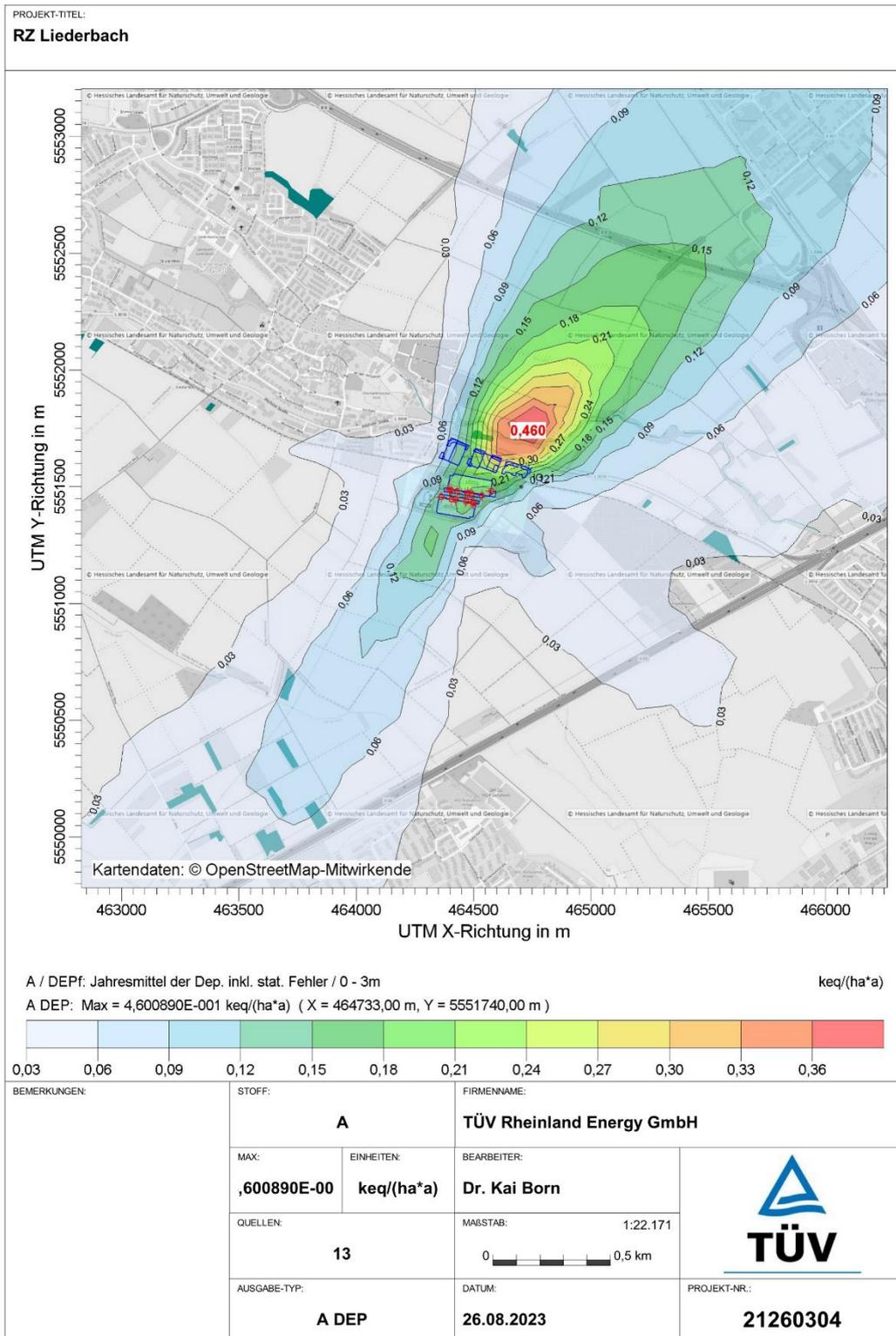
Bei anderen Anlagen beträgt der Radius grundsätzlich $R = 50$ m [3].

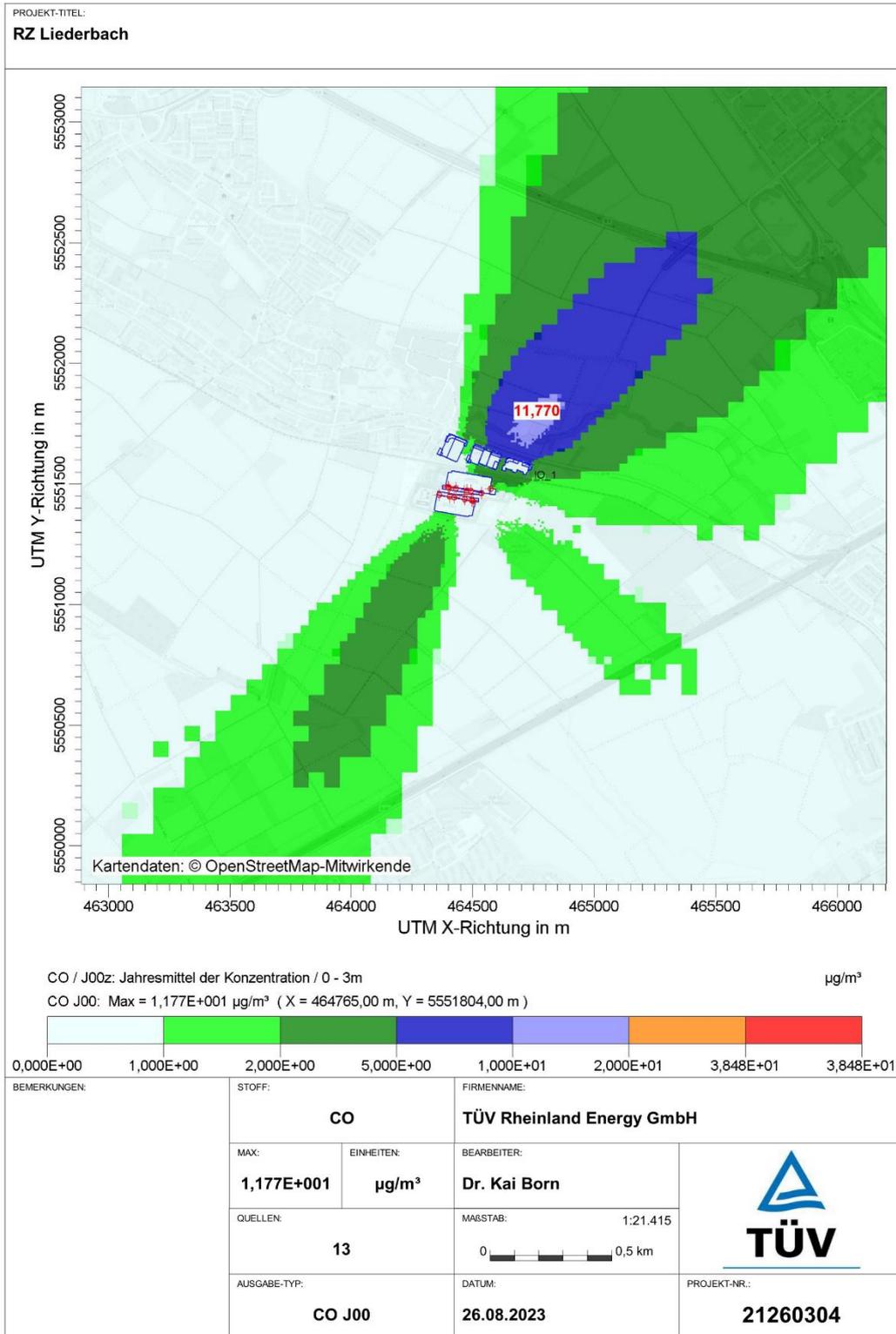
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 55 von 105

A4 Grafiken: Ergebnisse der Immissionsprognose

A4.1 Variante 1: Notbetrieb ohne Abgasreinigung

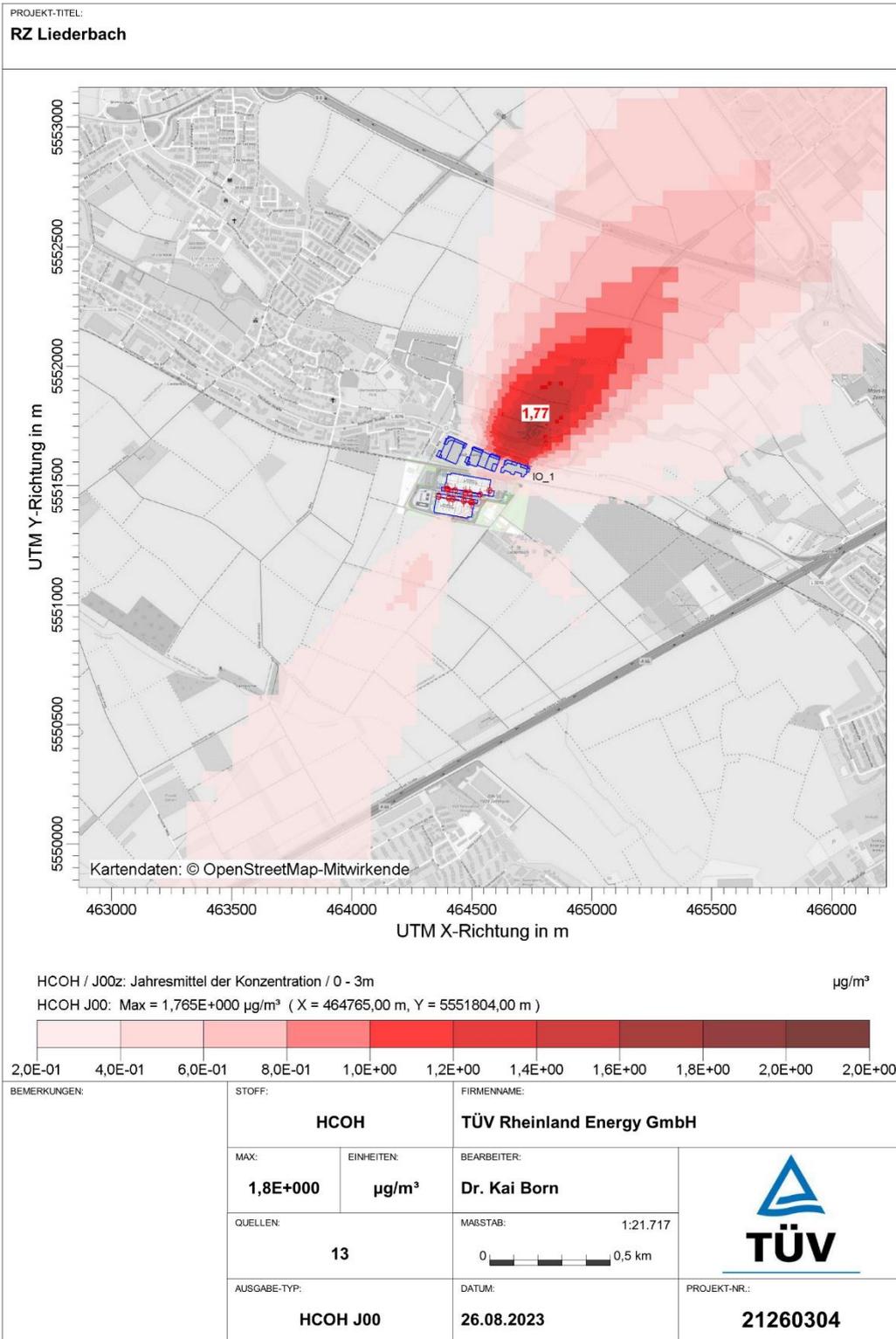


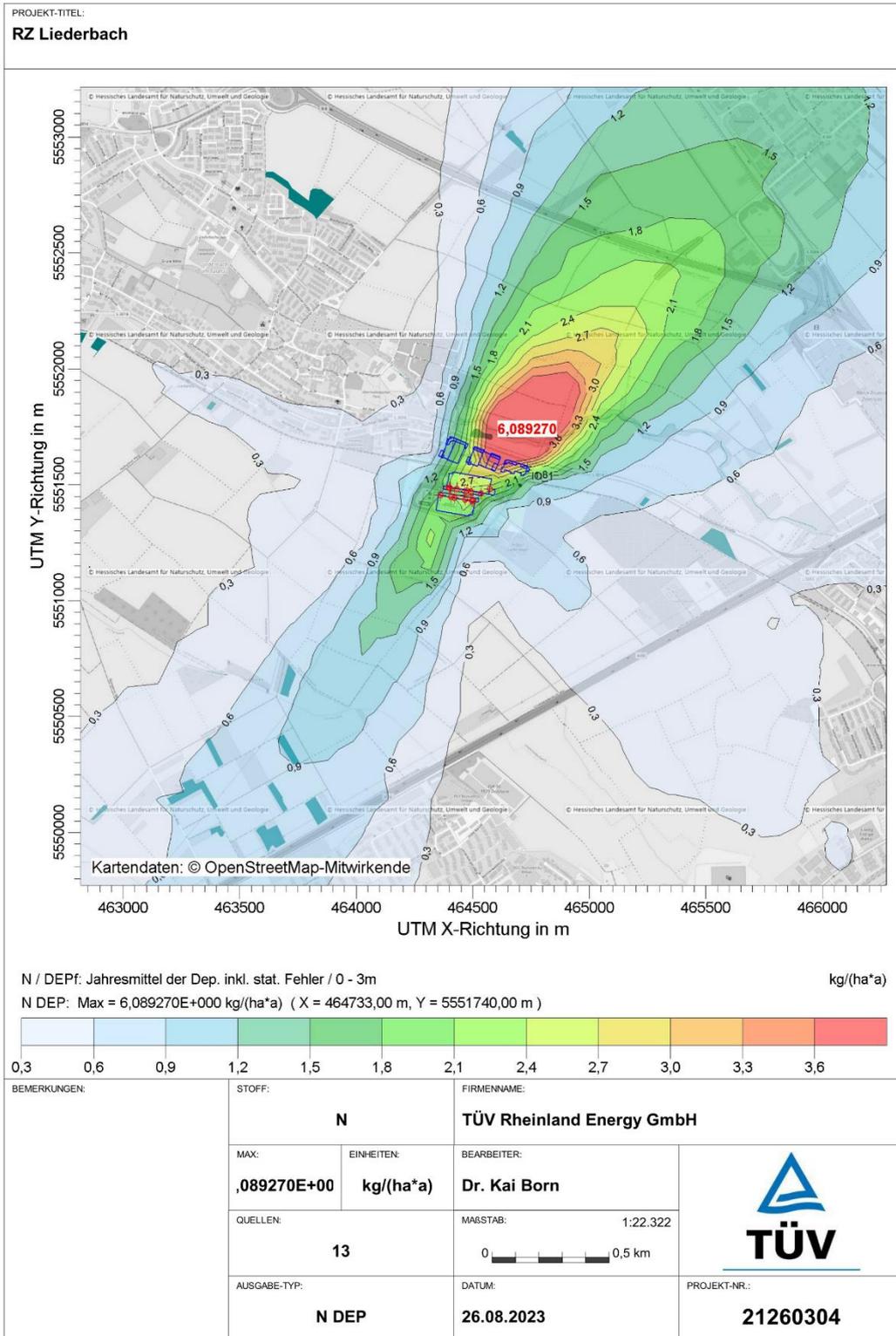


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

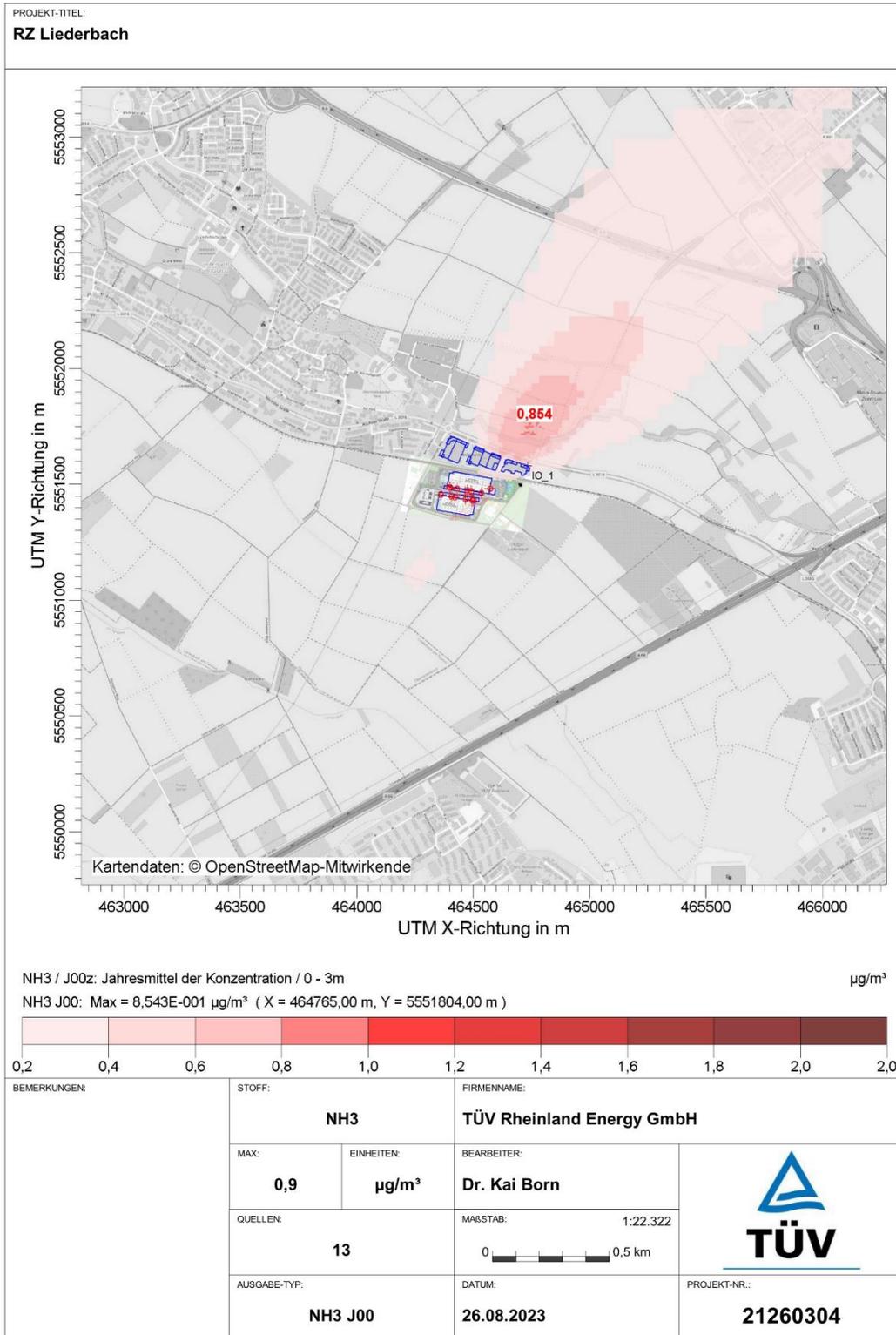




AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

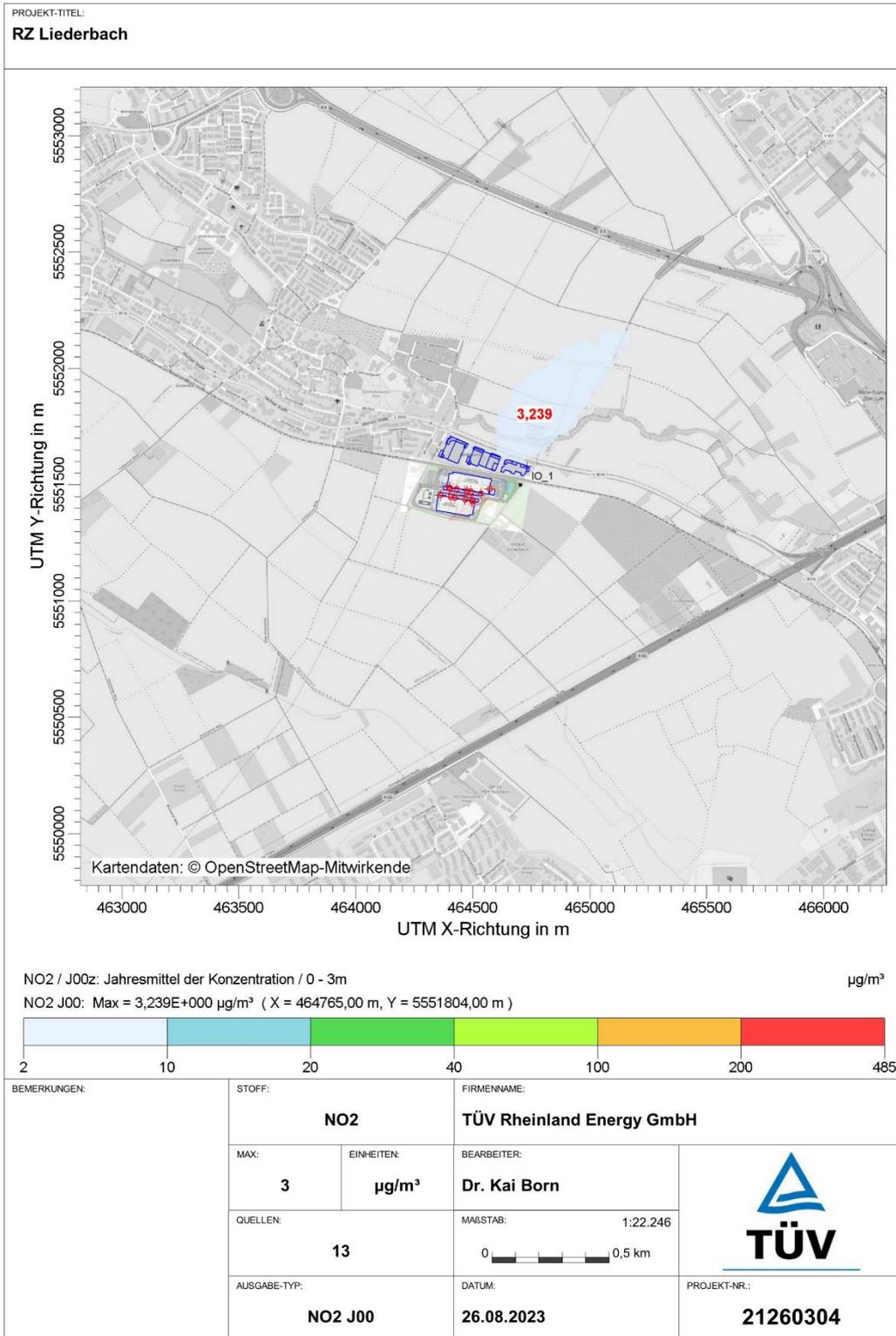
D:\AustalStackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

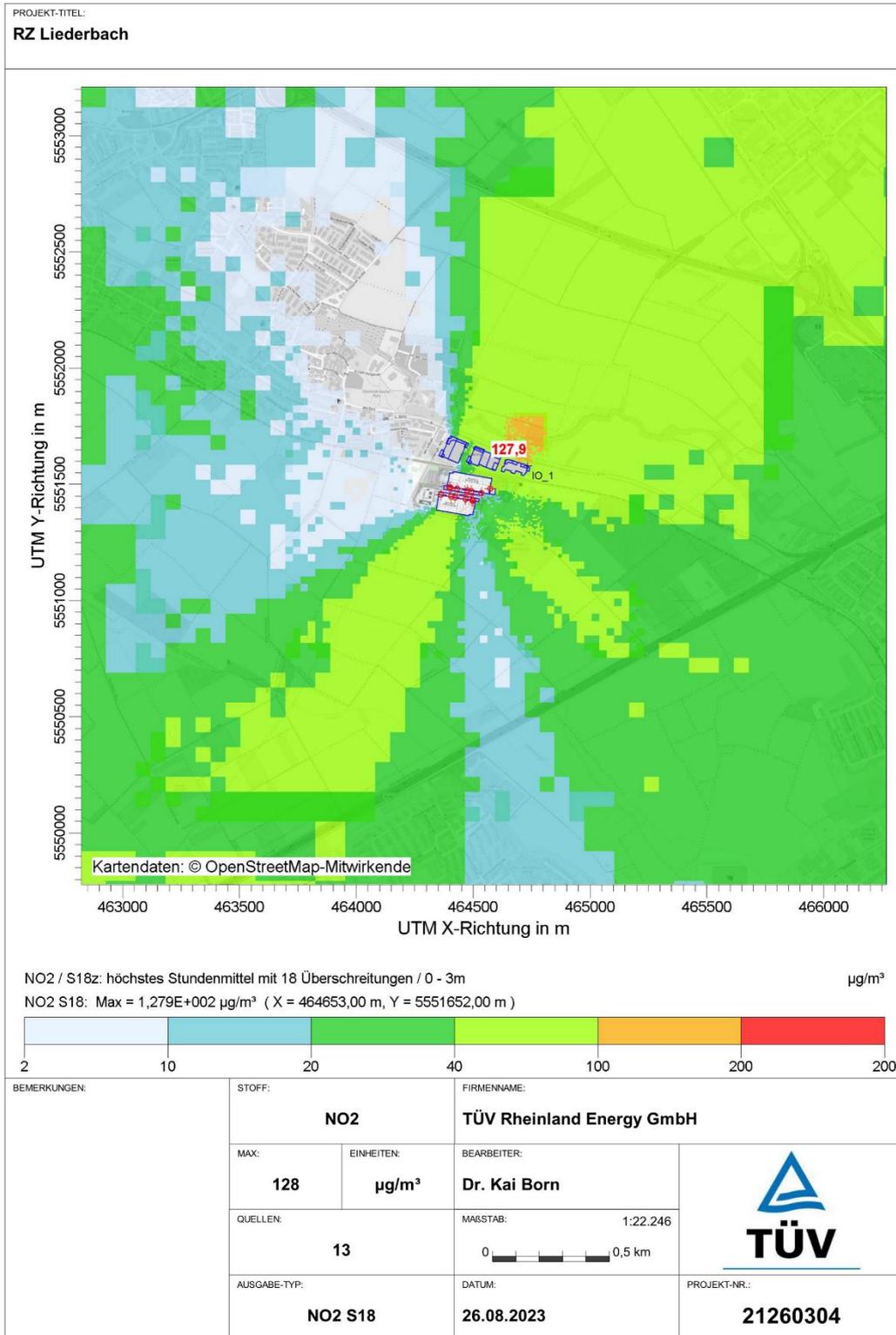
D:\AustalStackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

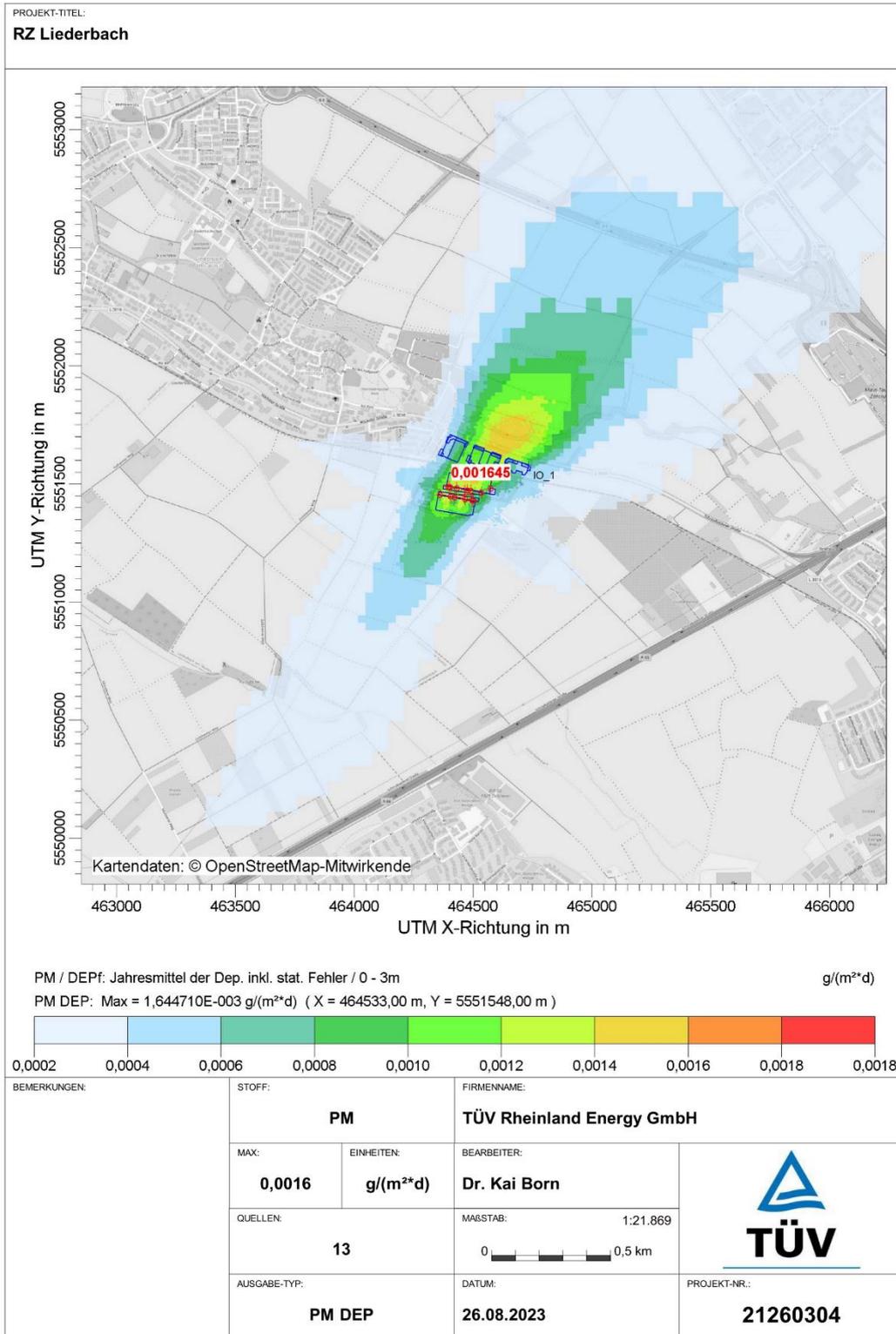
D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

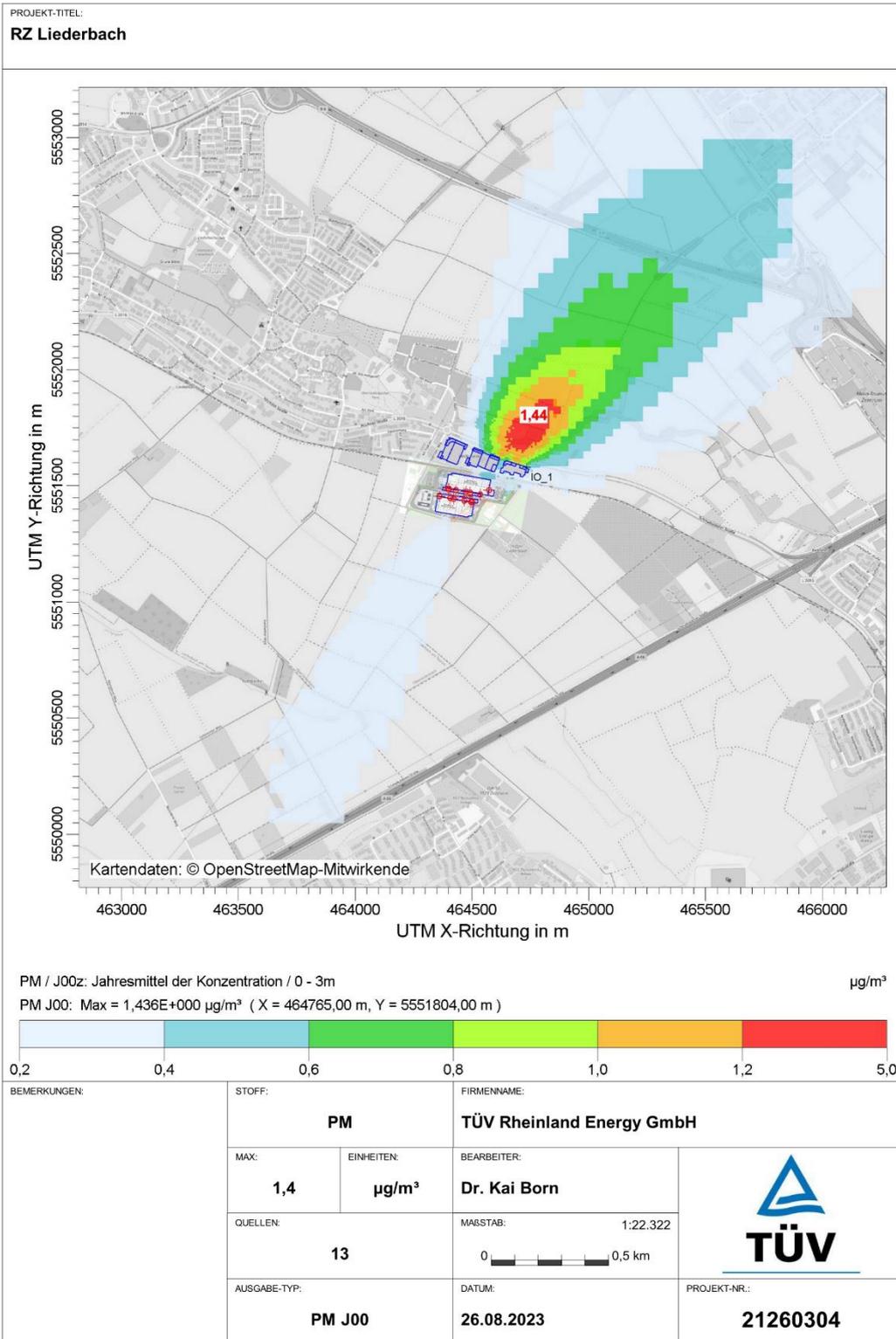
D:\AustalStackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL_aus

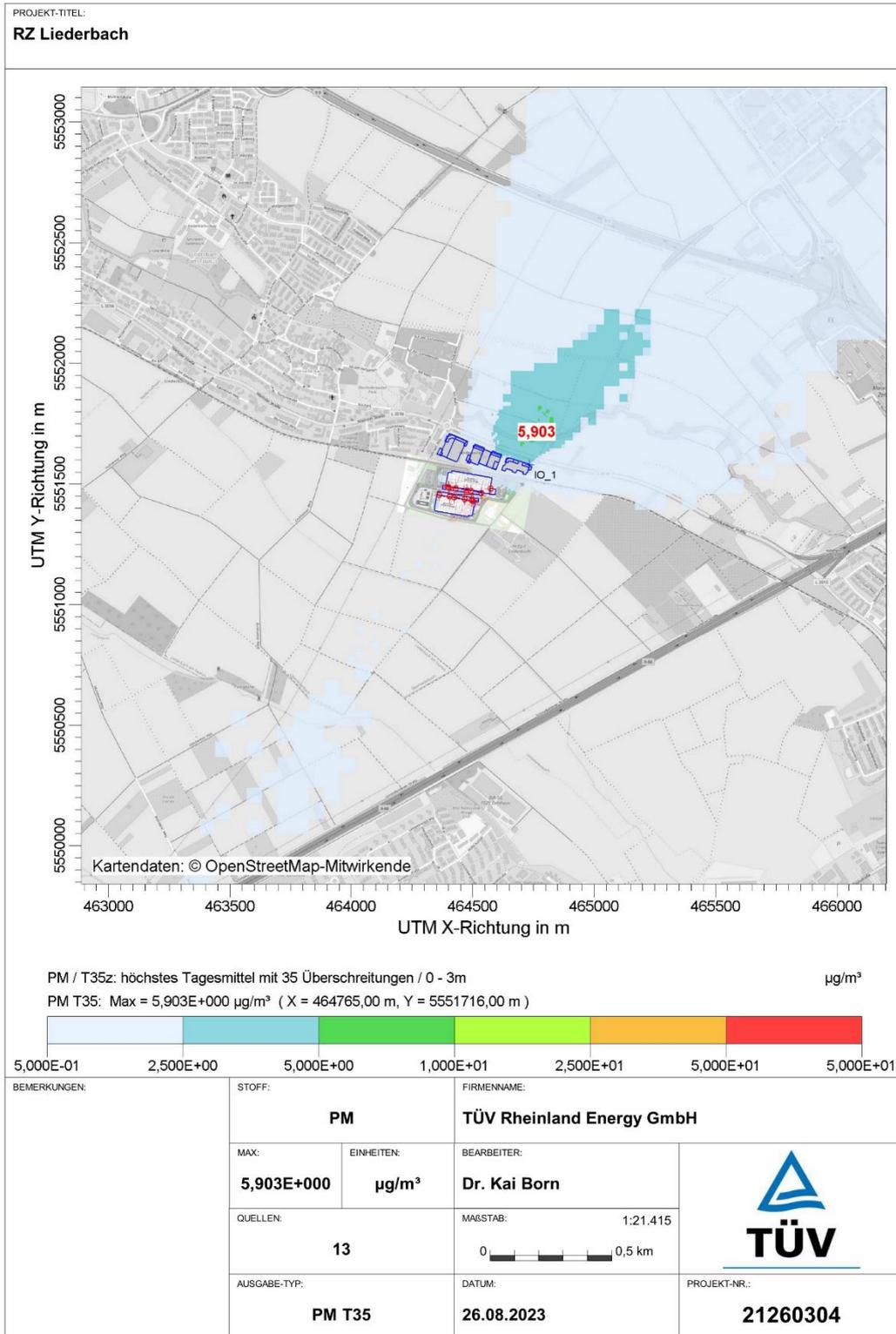


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\AustalStack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

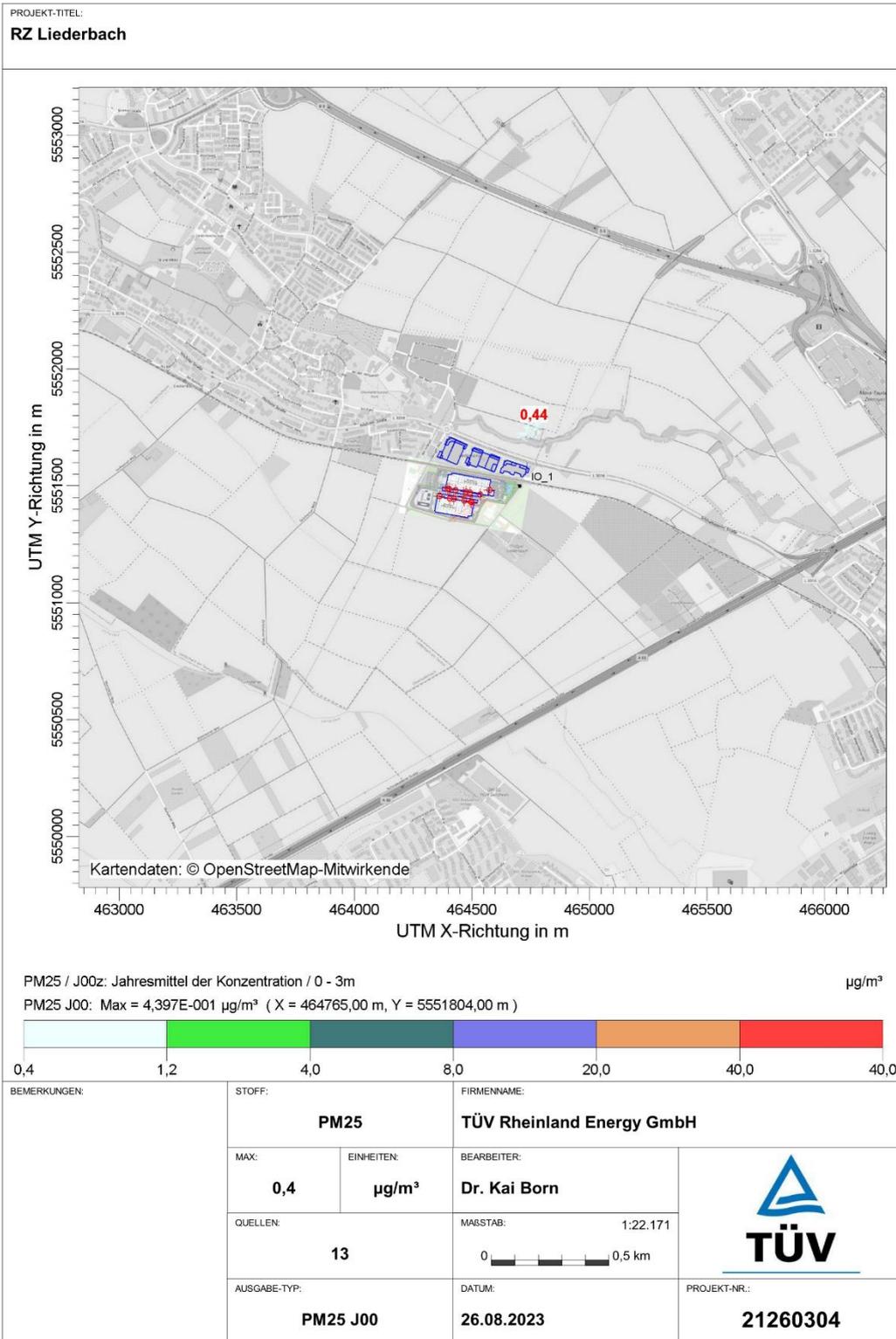


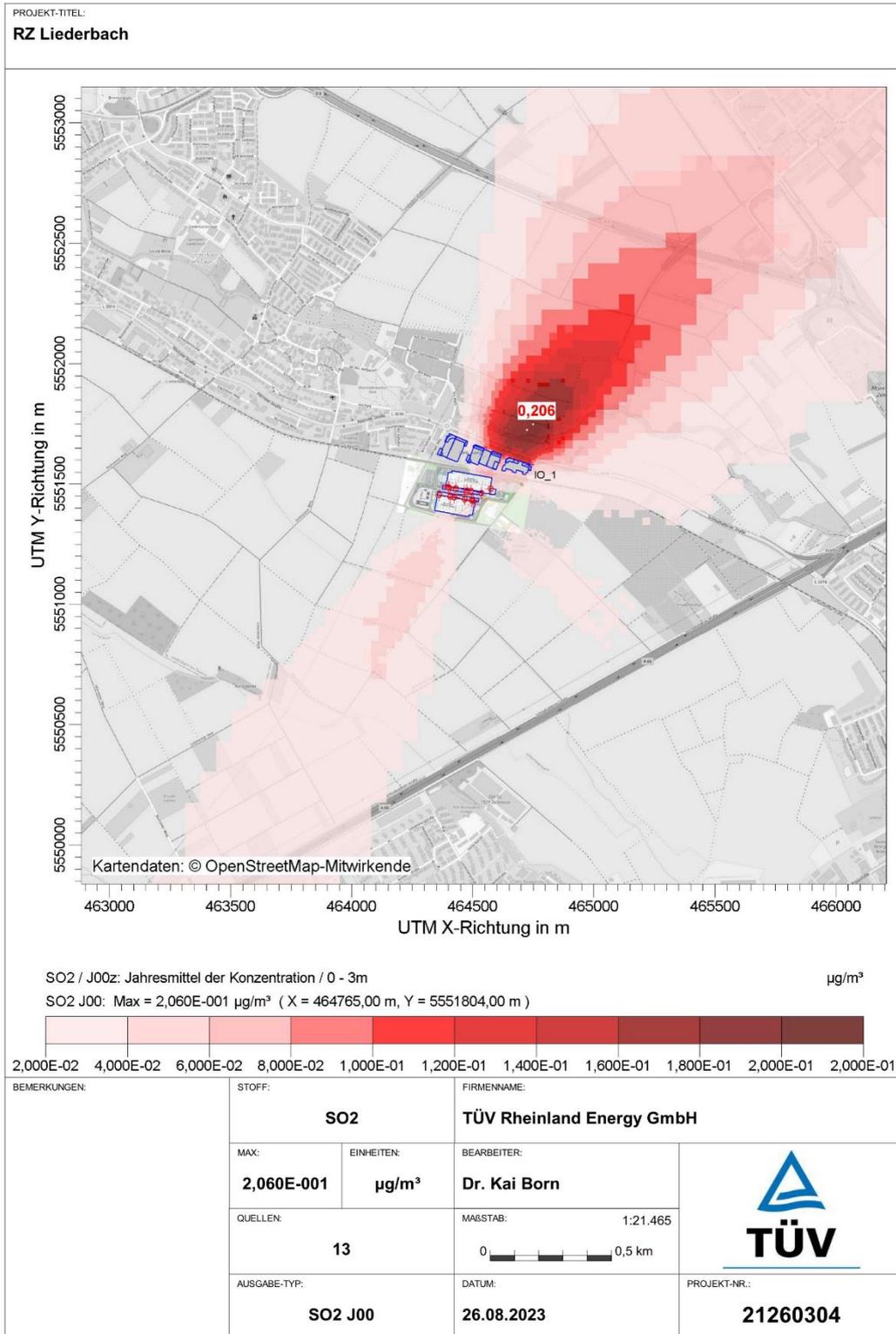


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2





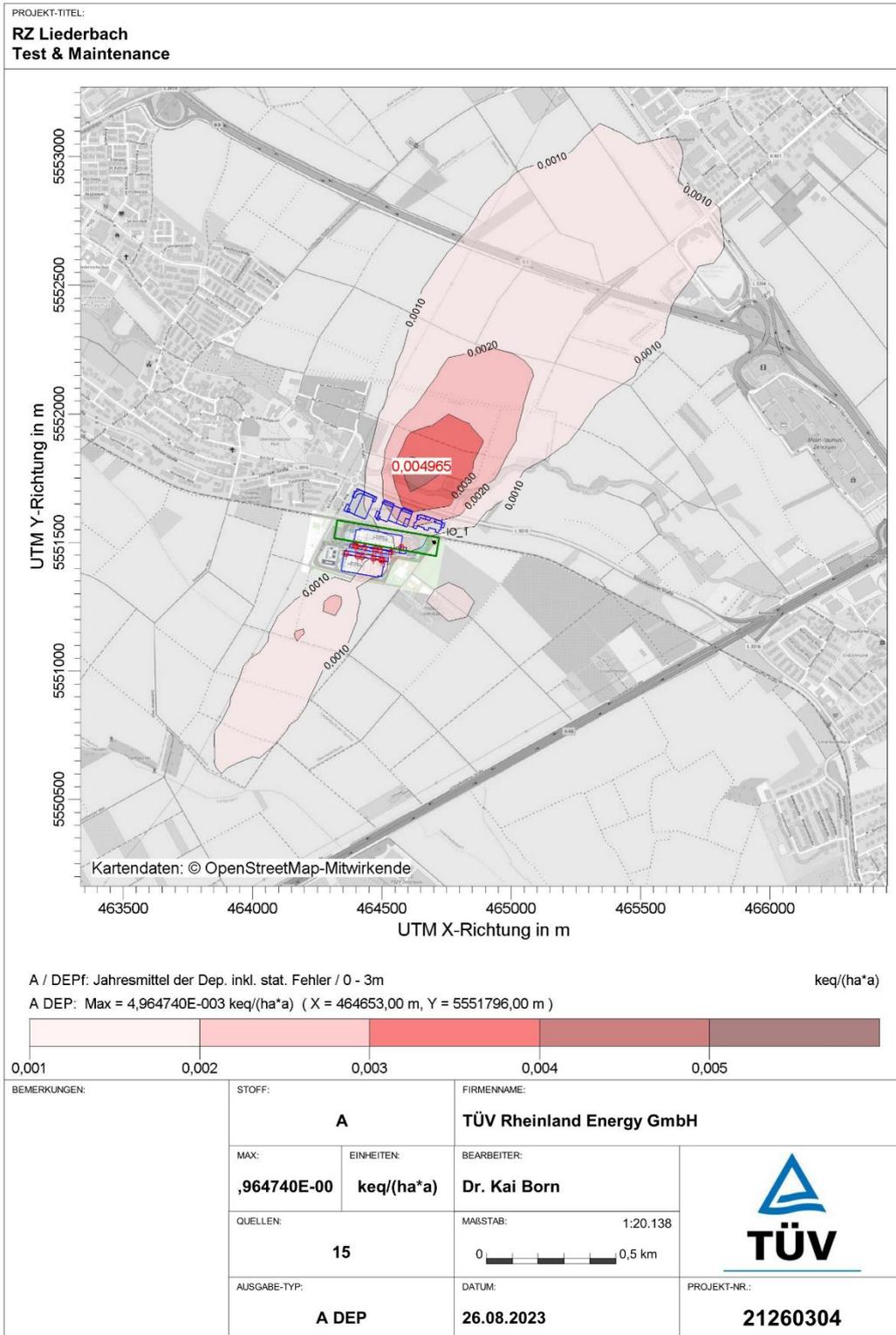
AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

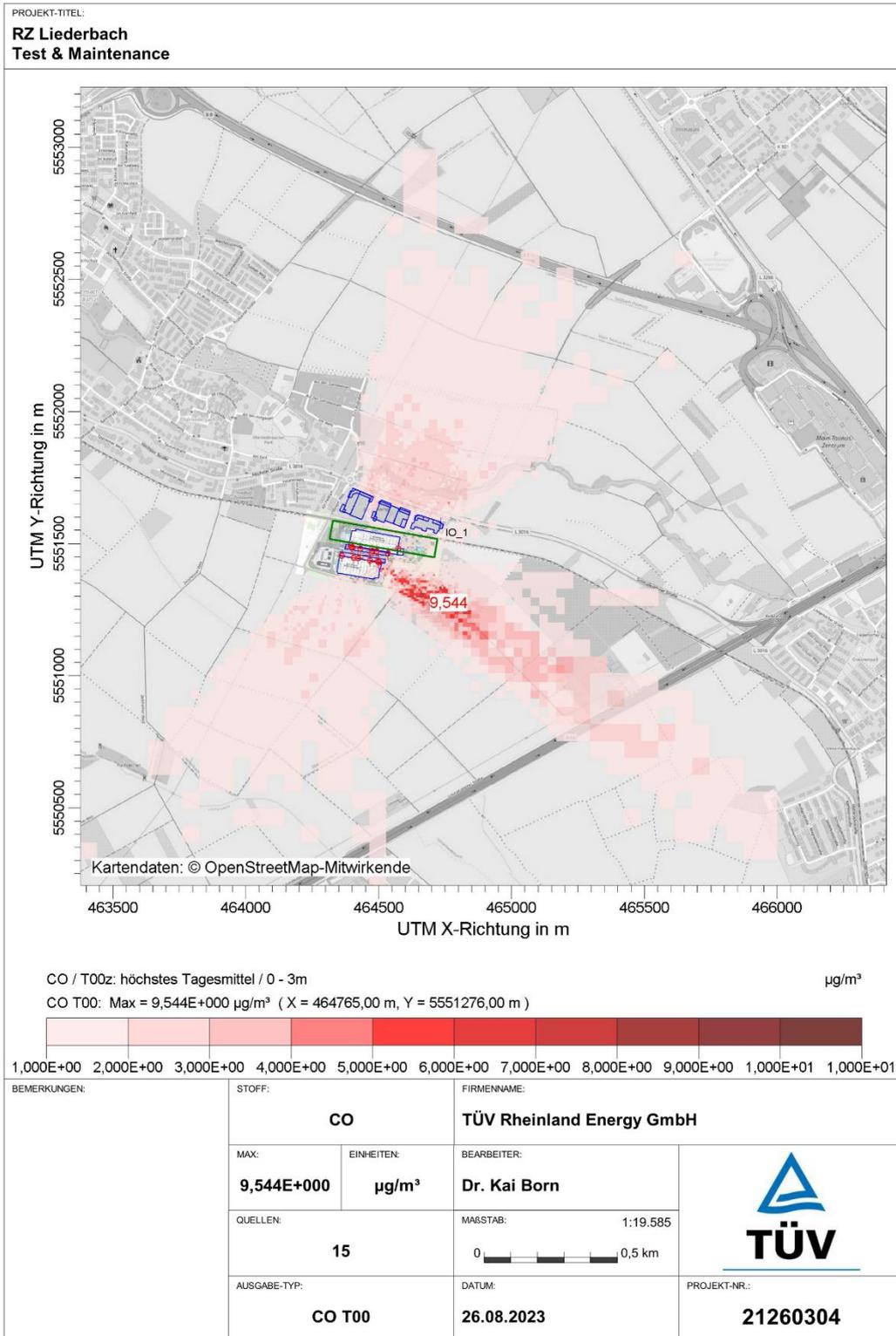
Seite 67 von 105

A4.2 Variante 2: Test- und Wartungsbetrieb mit Abgasreinigung



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

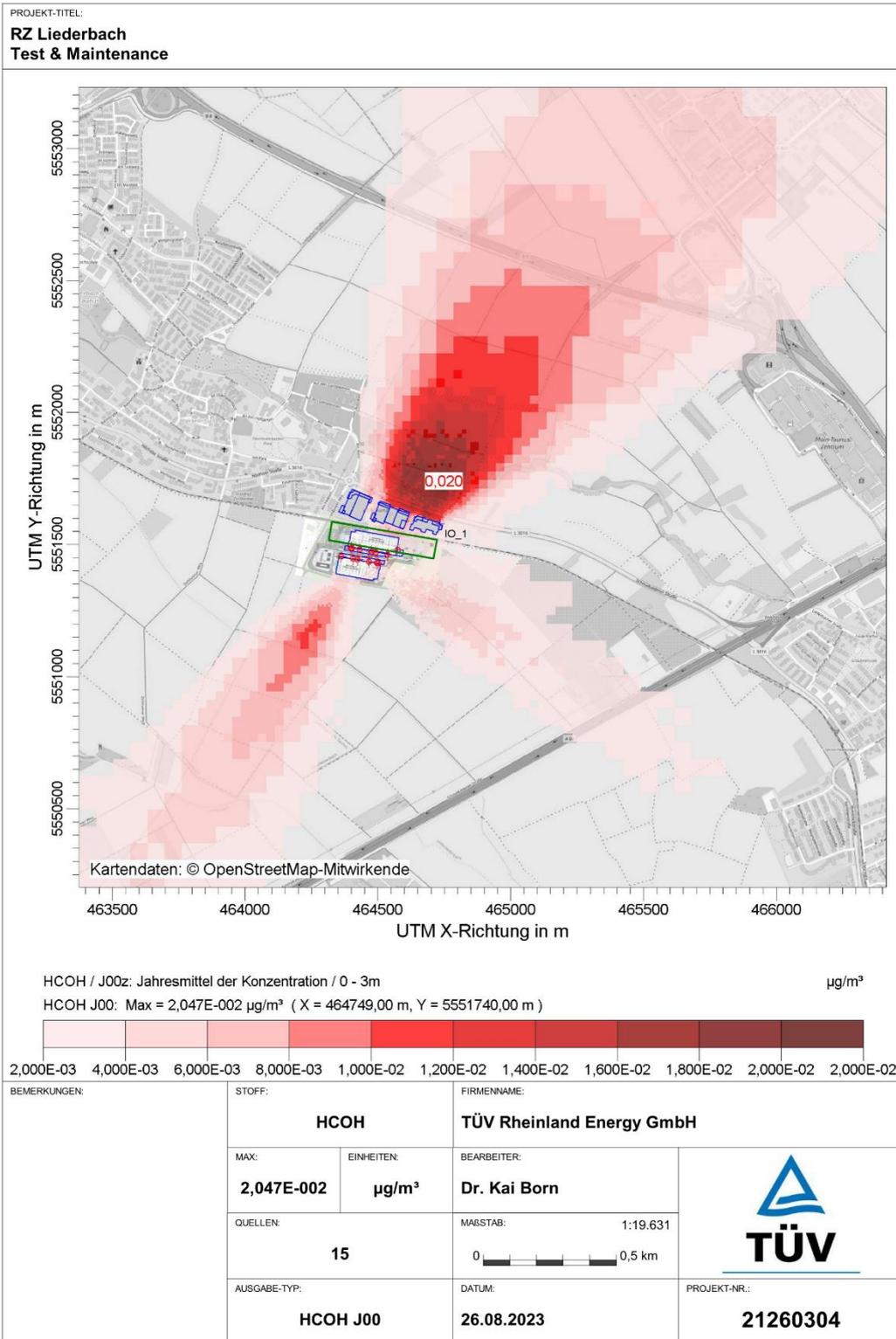
D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

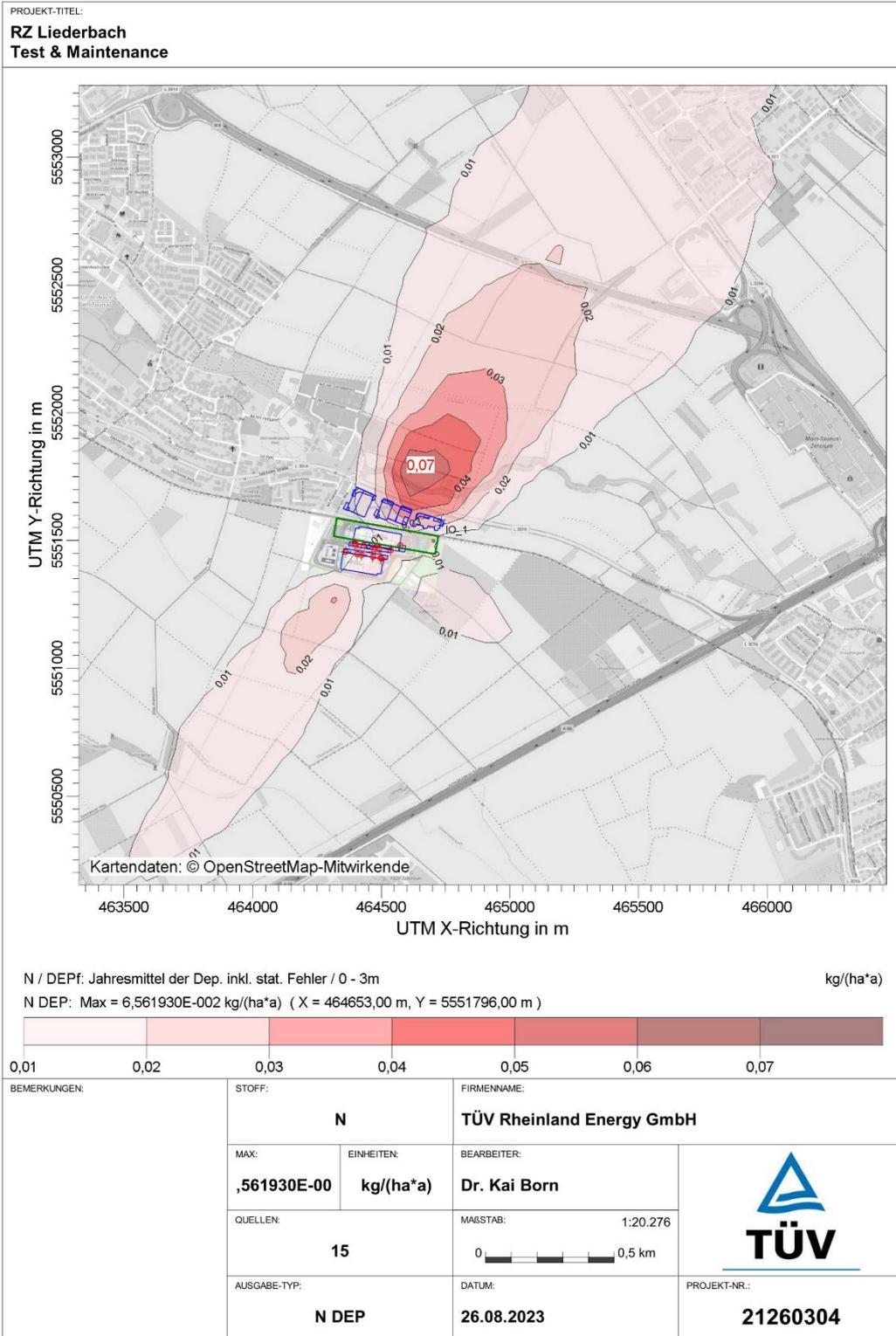
D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

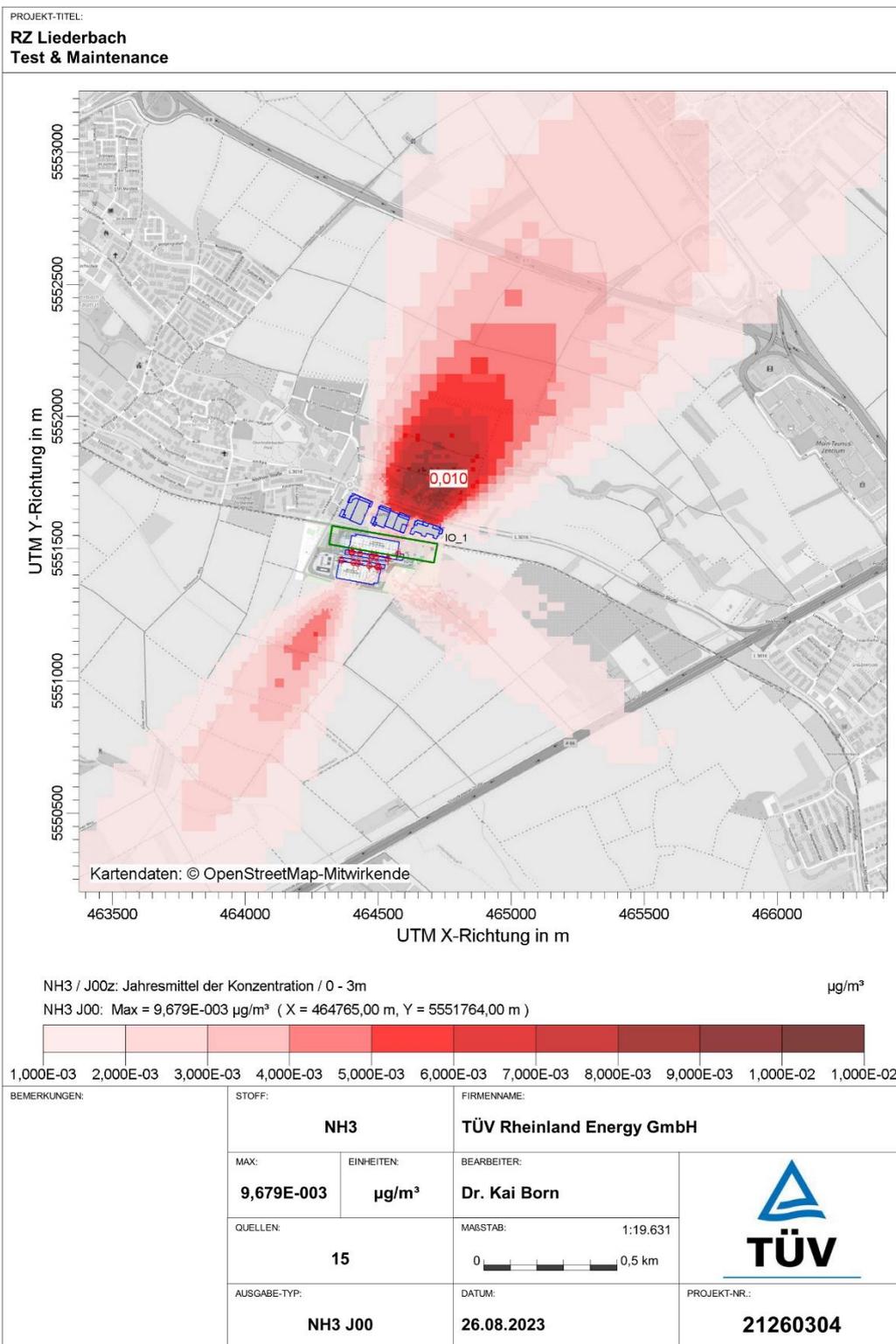


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

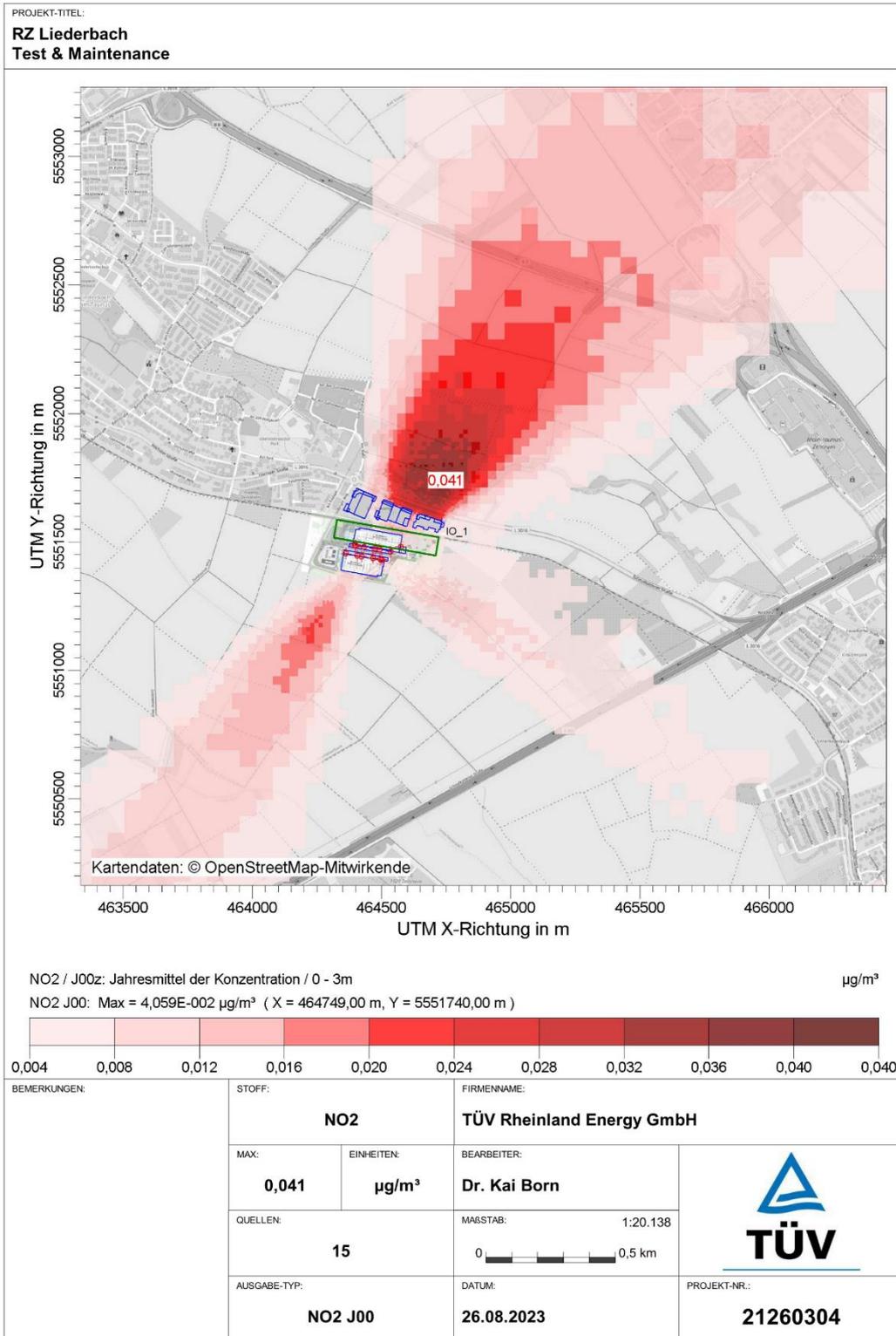
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 71 von 105



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

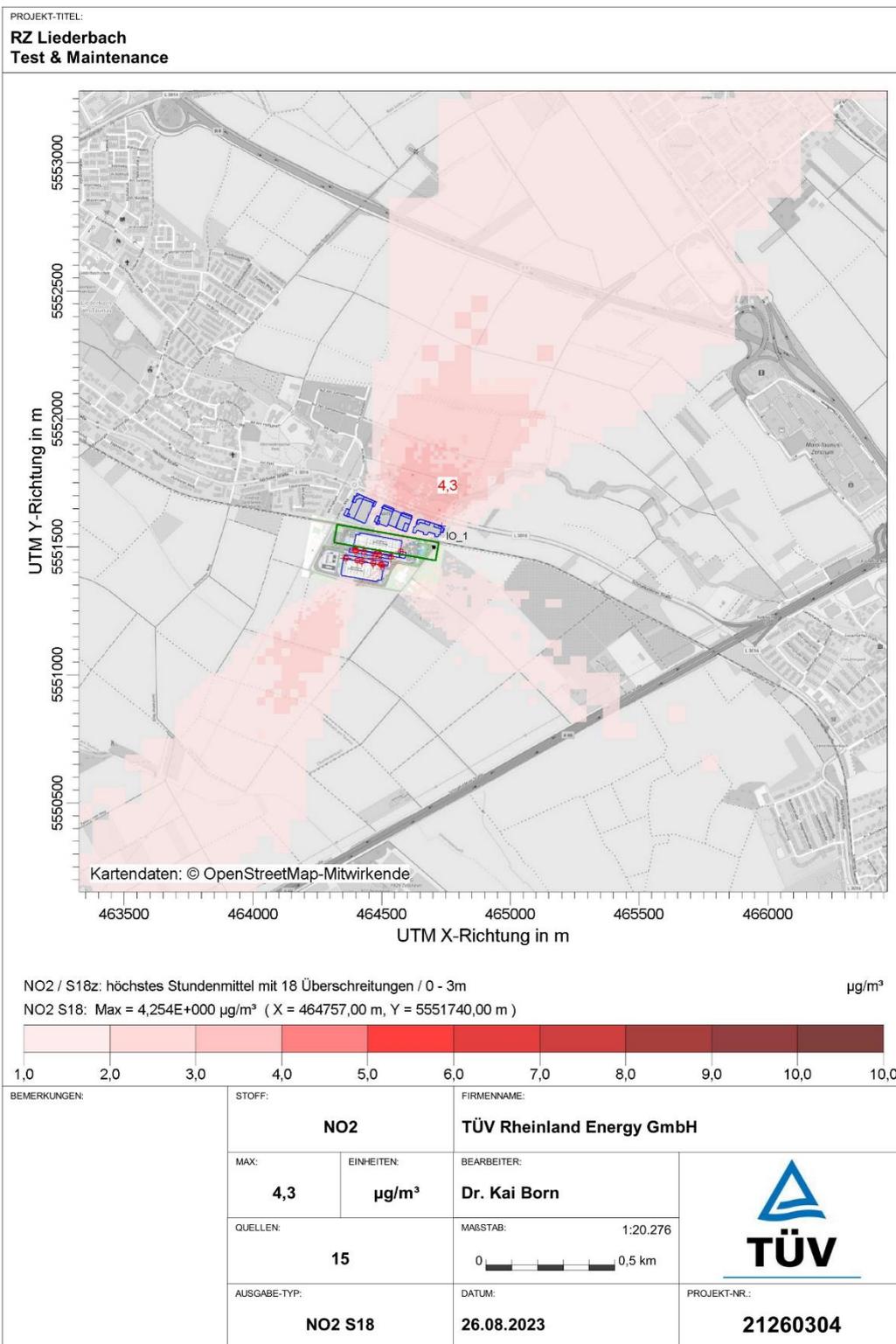


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

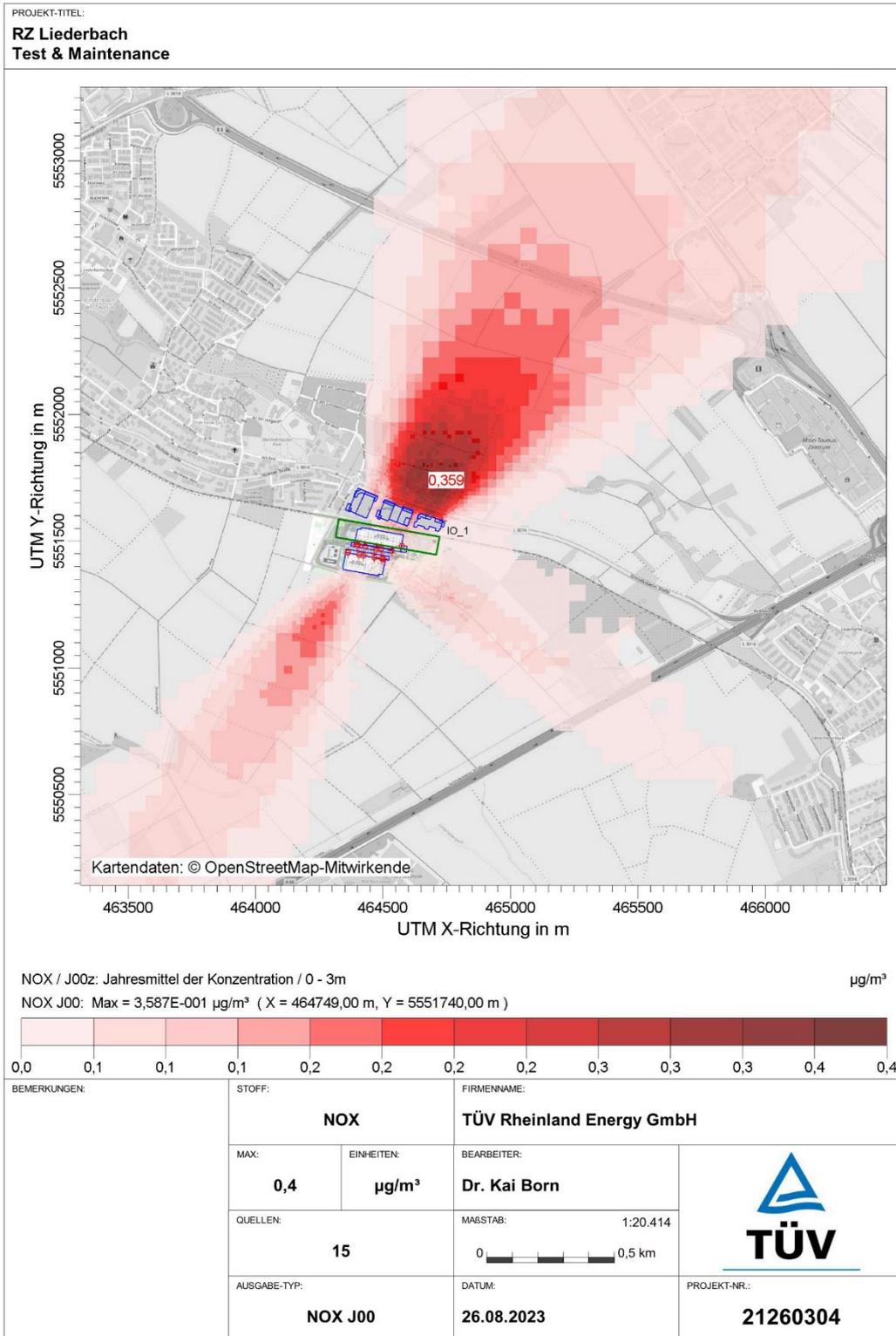
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 73 von 105



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

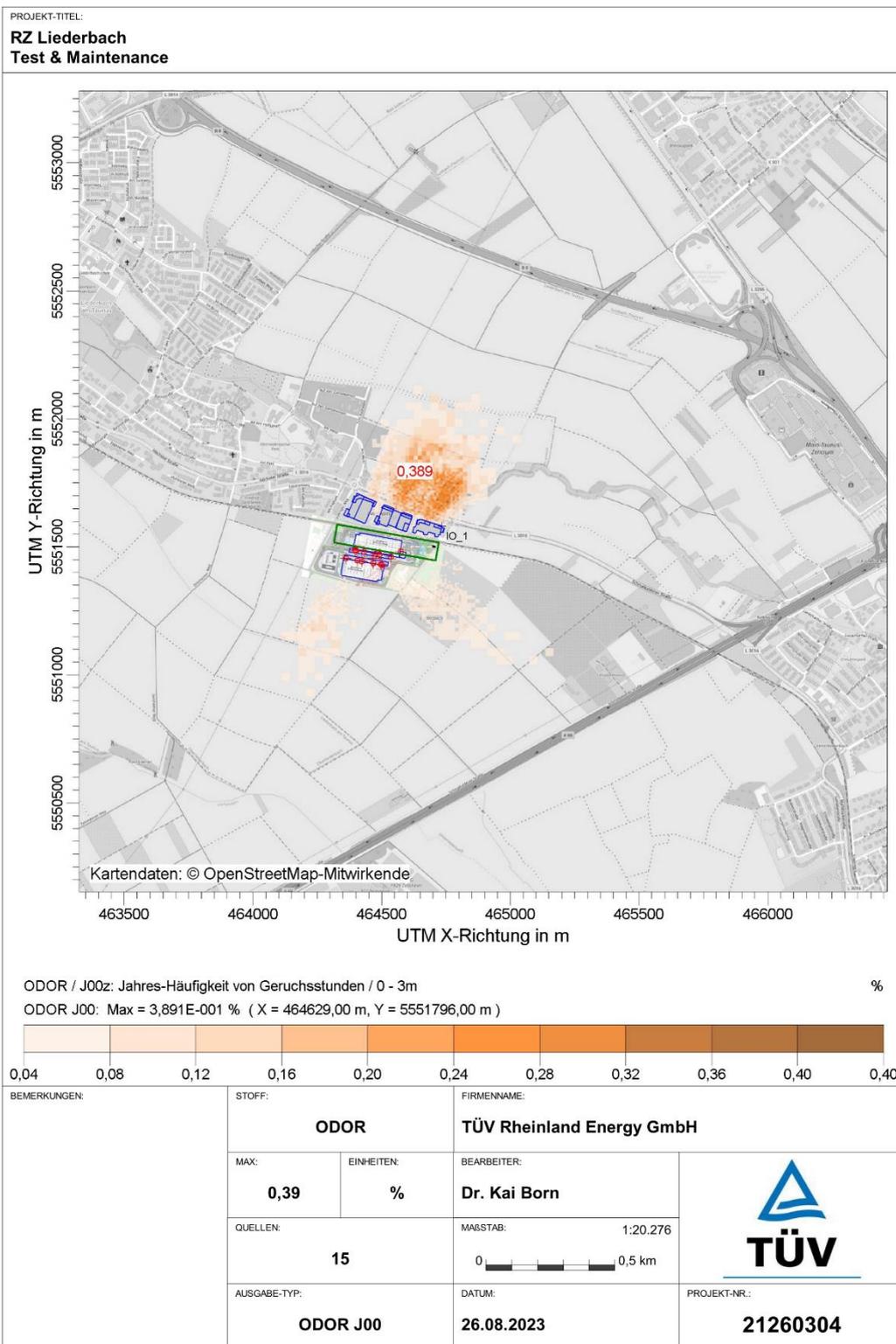


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

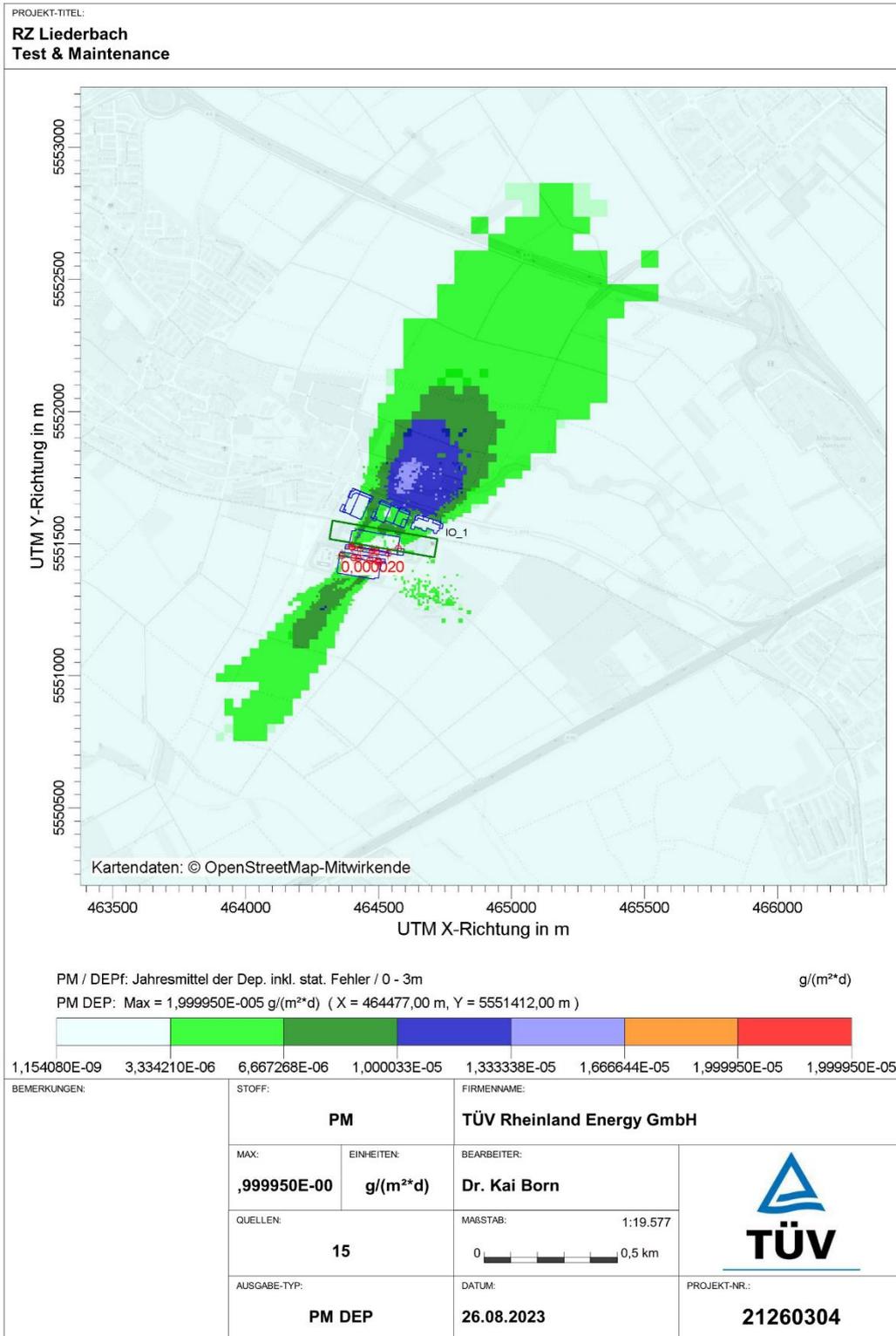
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 75 von 105

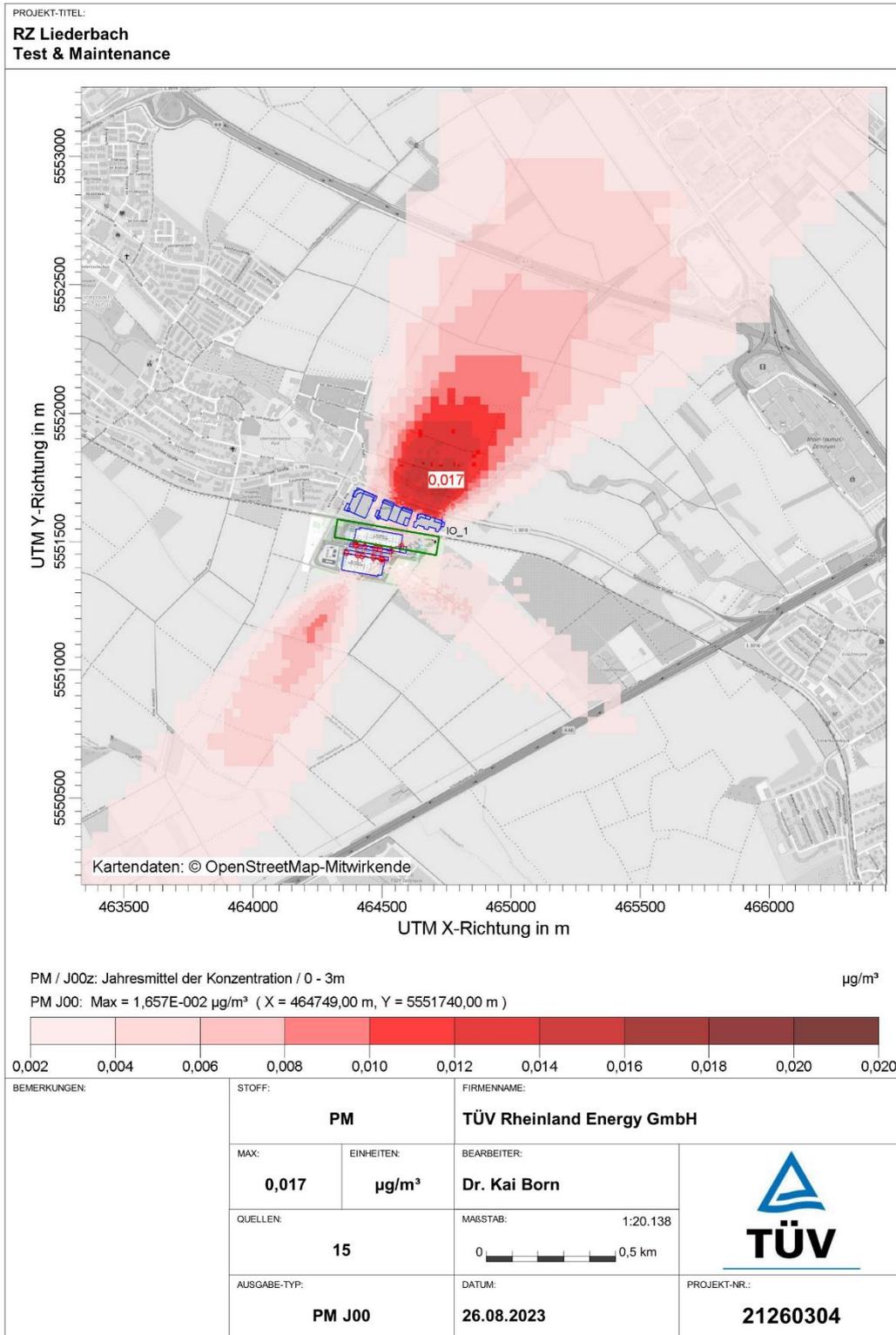


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

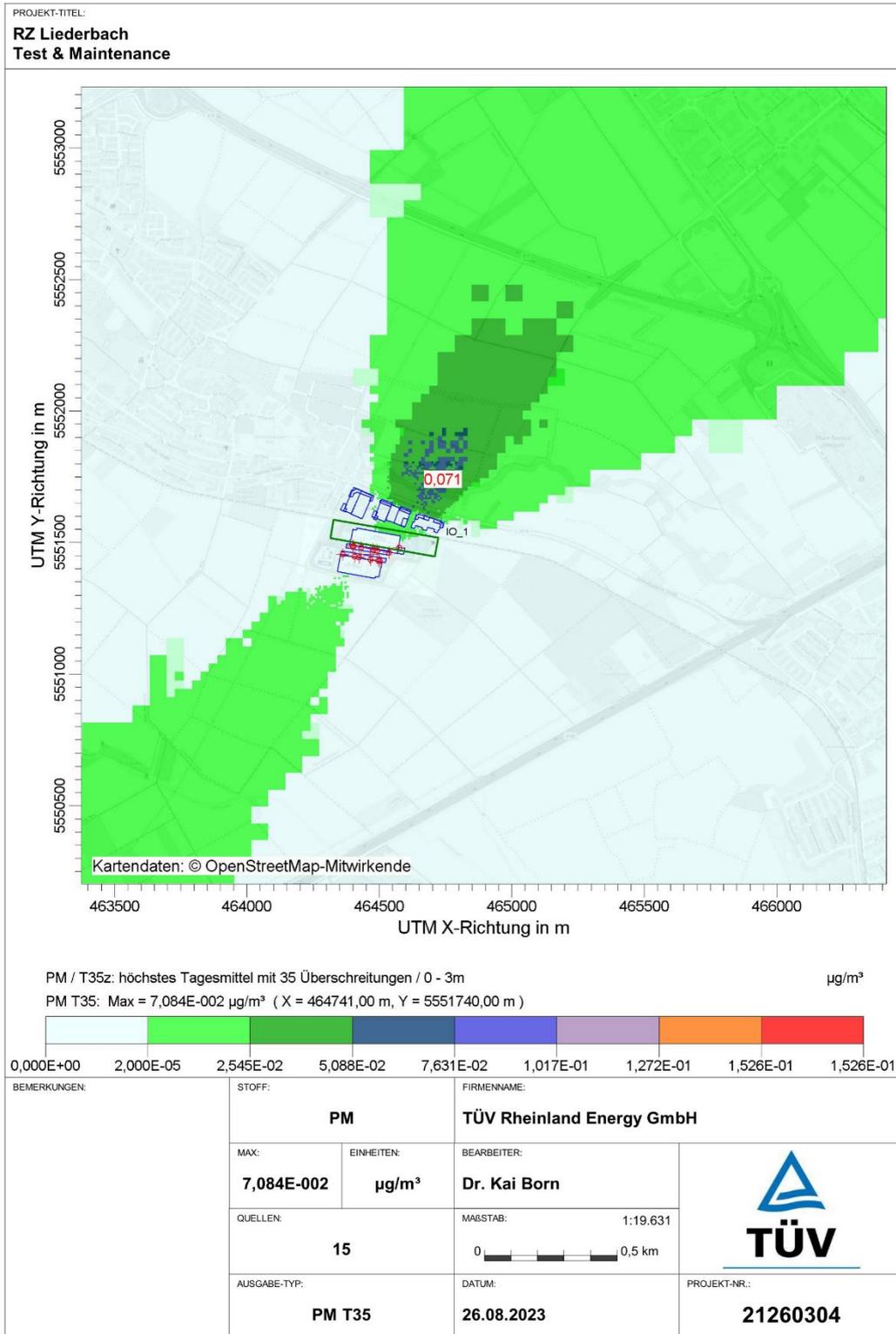


Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

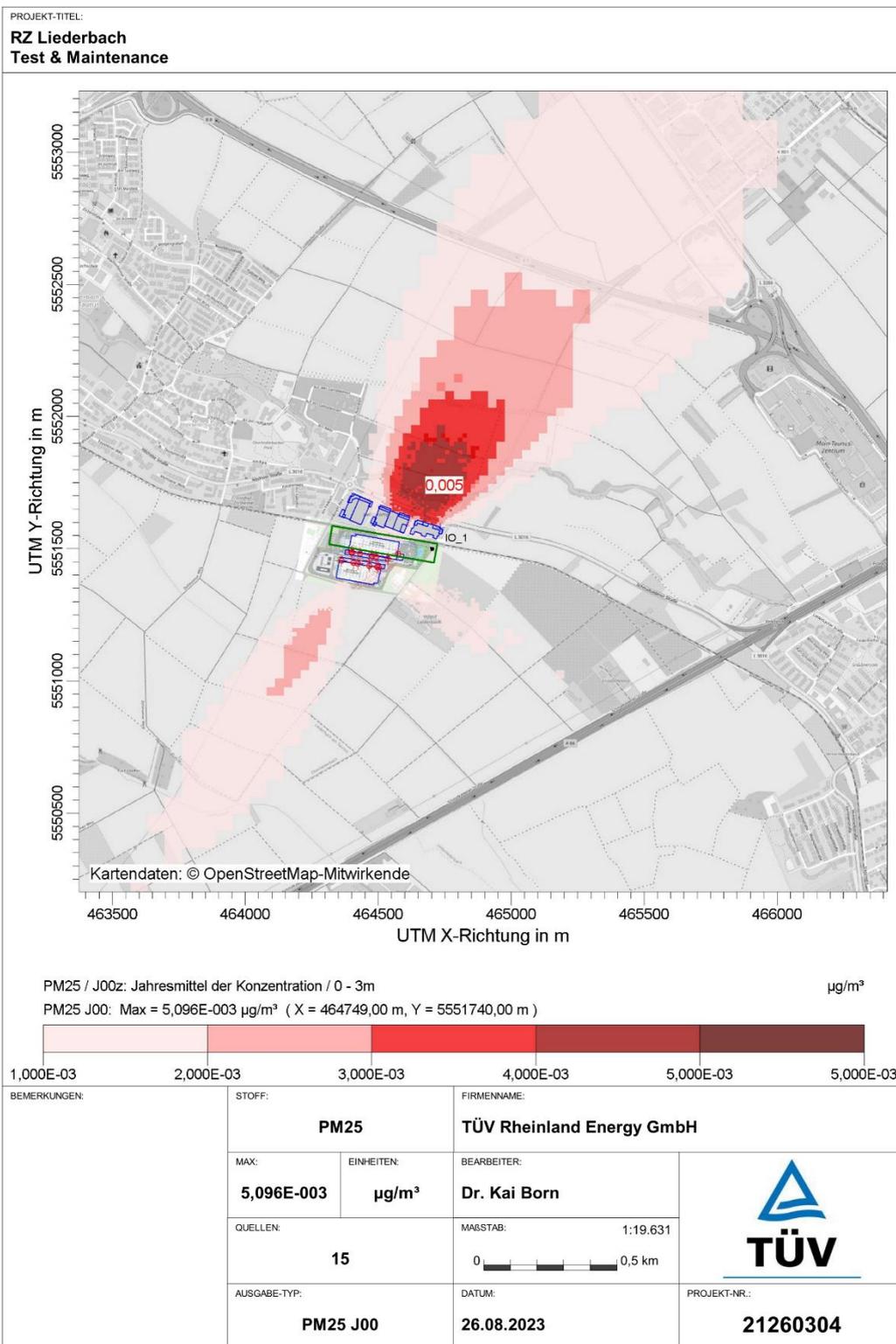


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

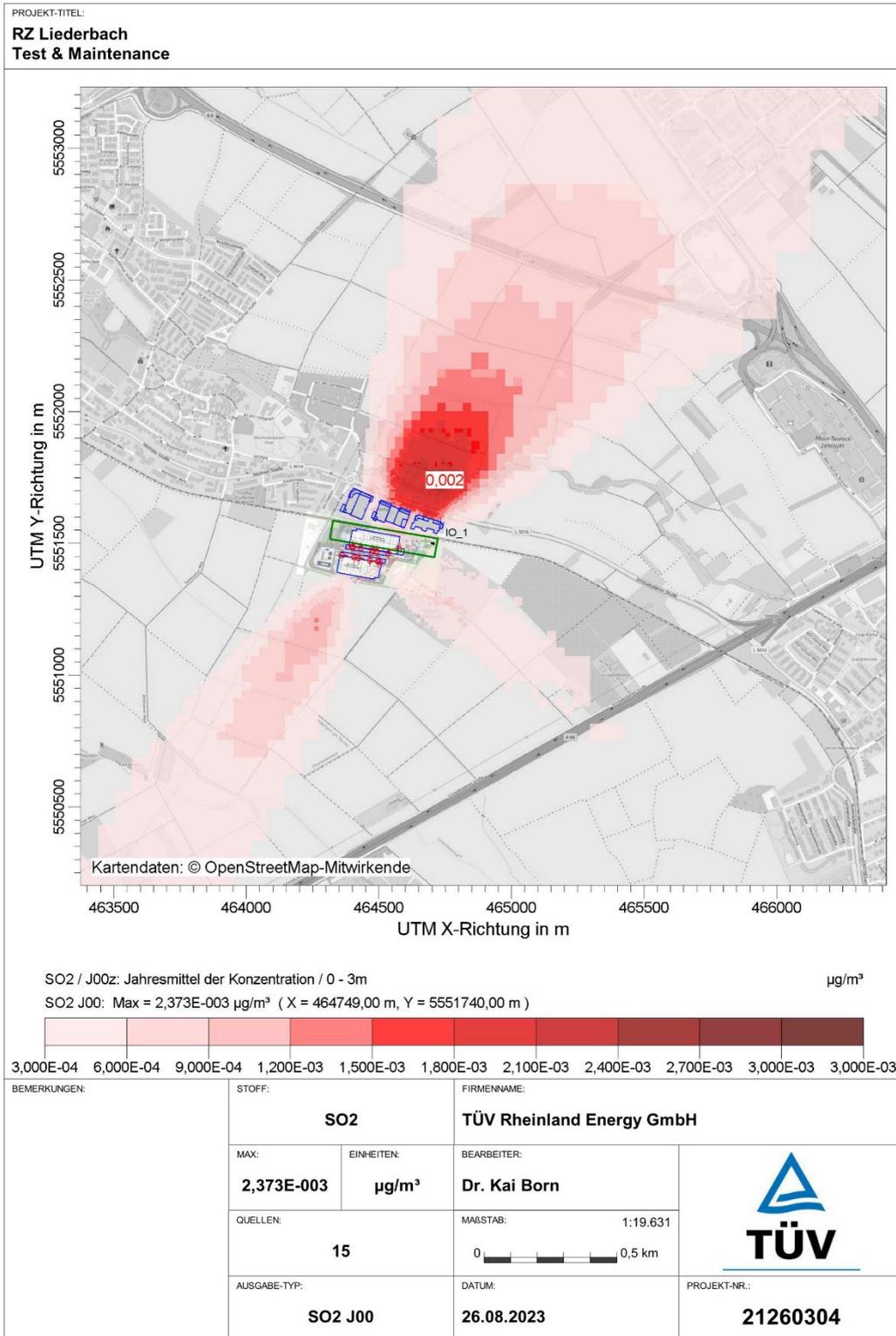
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 79 von 105



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\StackLiederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

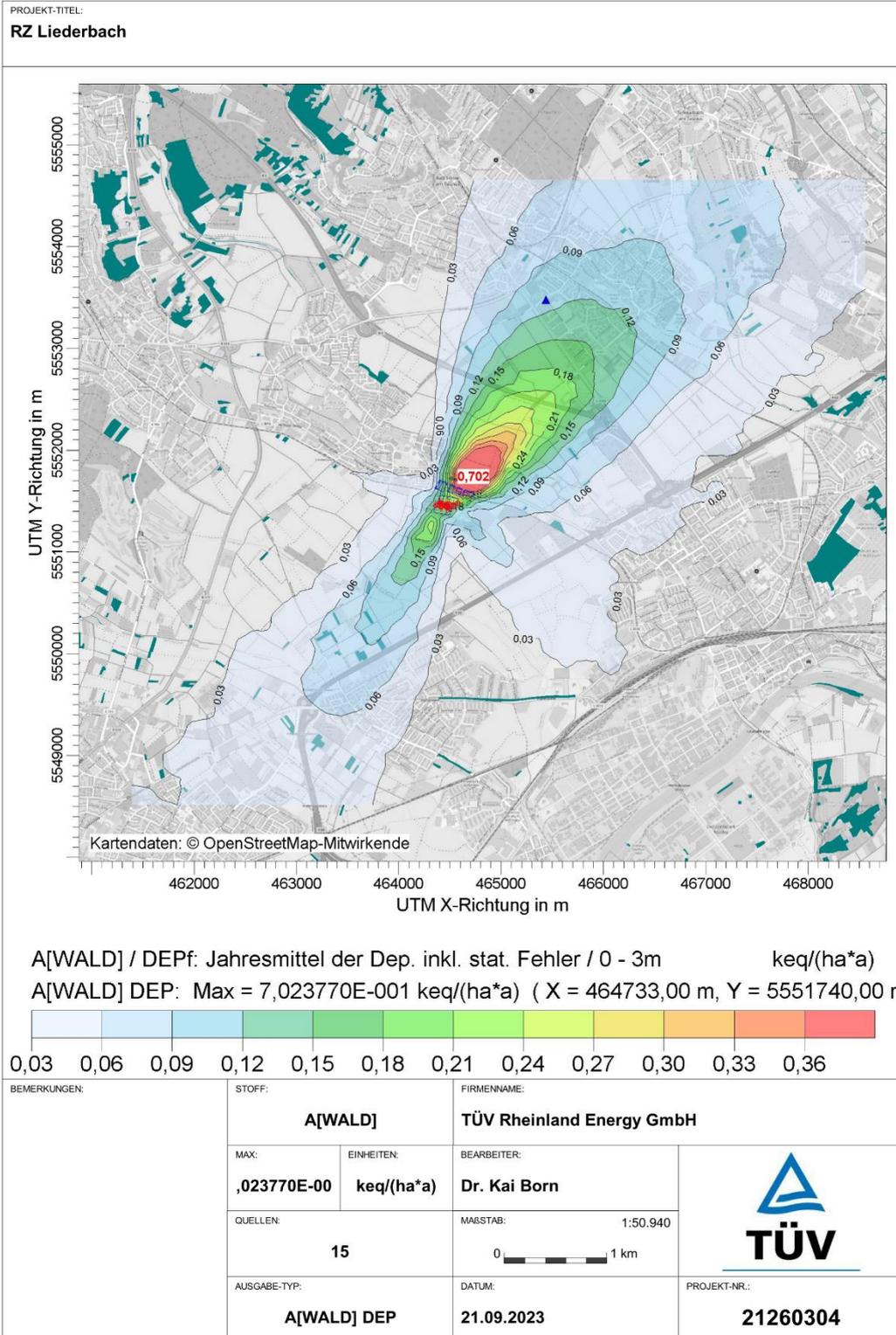


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_TM_SCR\FRA145_TM.aus

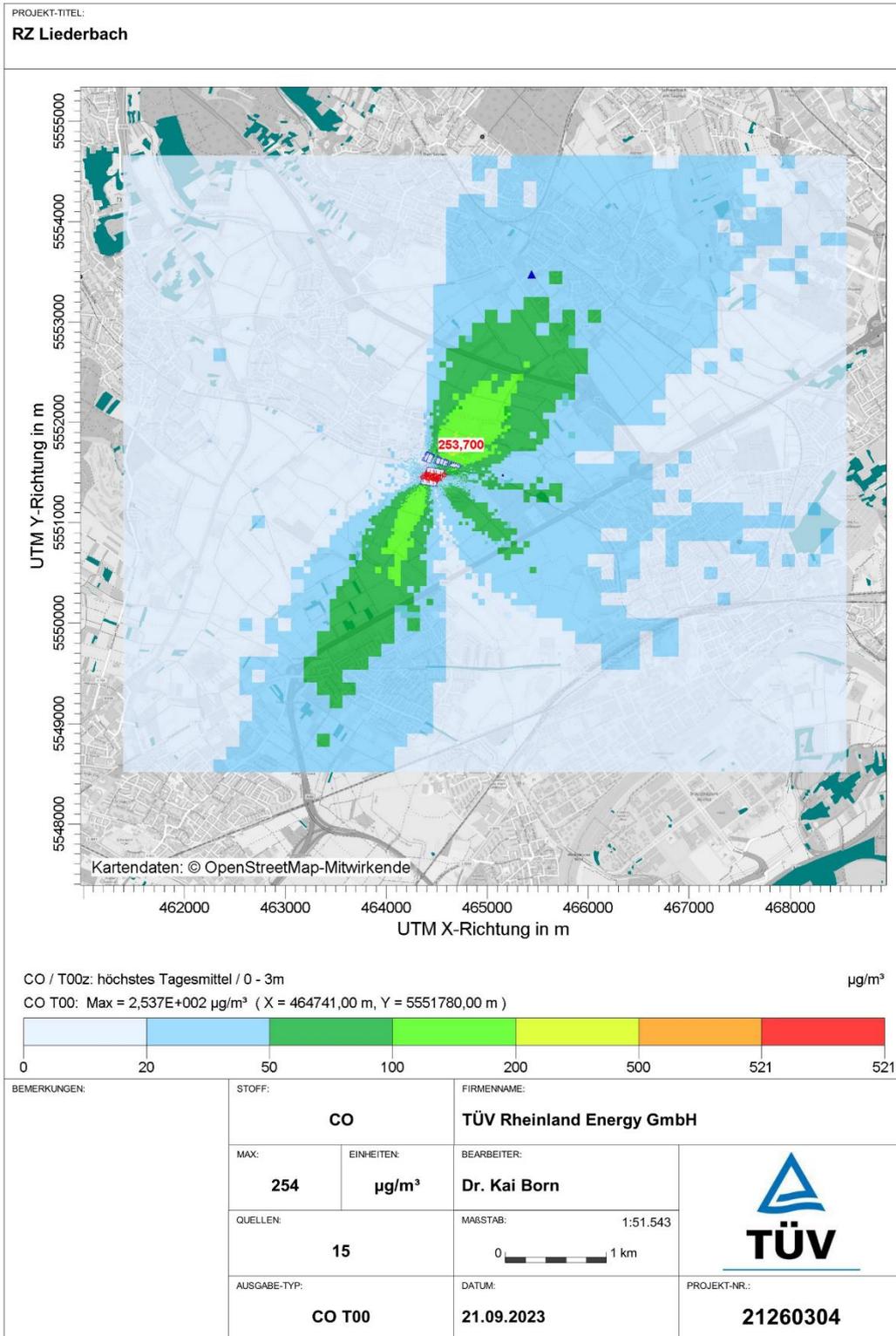
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

A4.3 Variante 3: Notbetrieb mit Abgasreinigung



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\AustalStackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

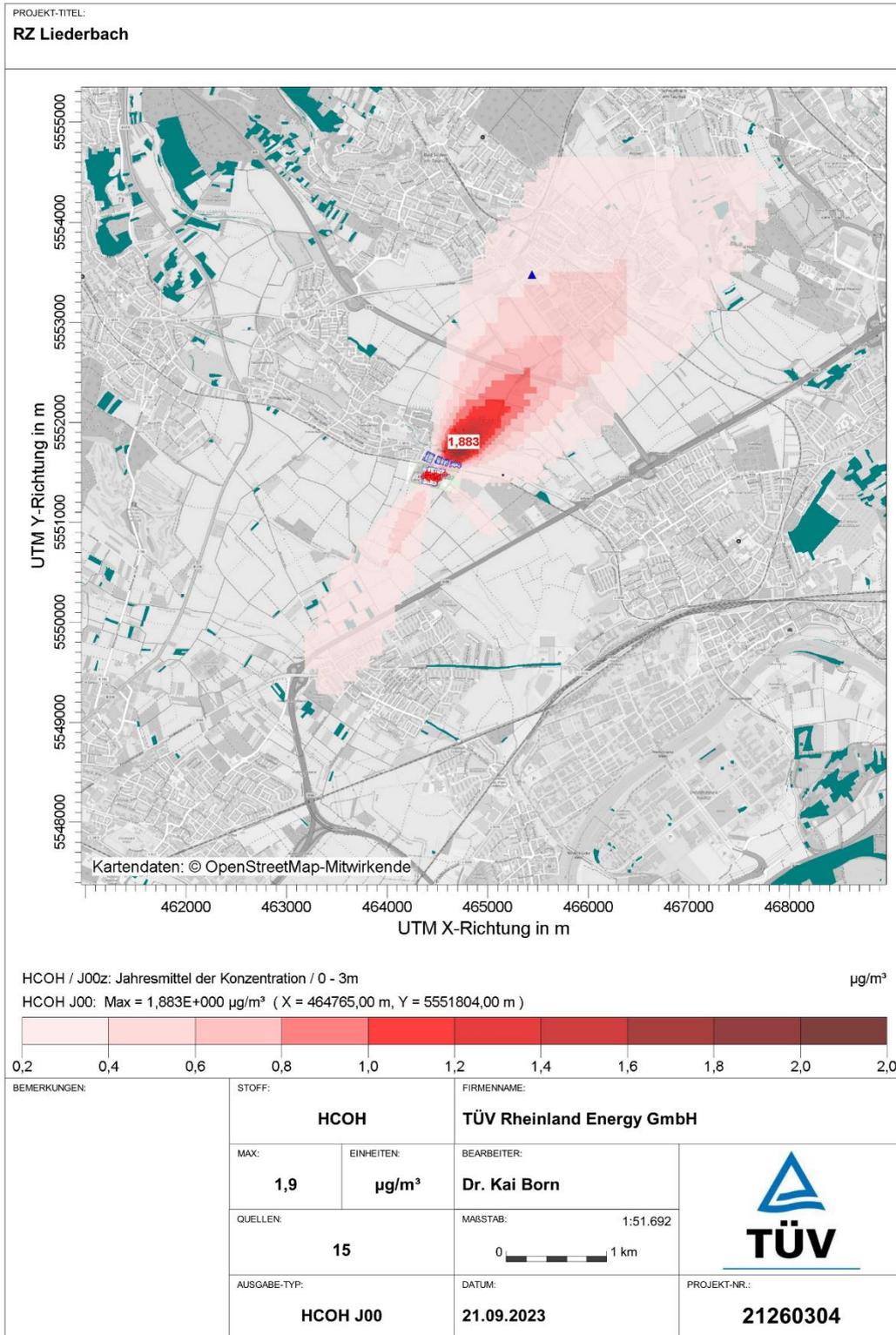


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

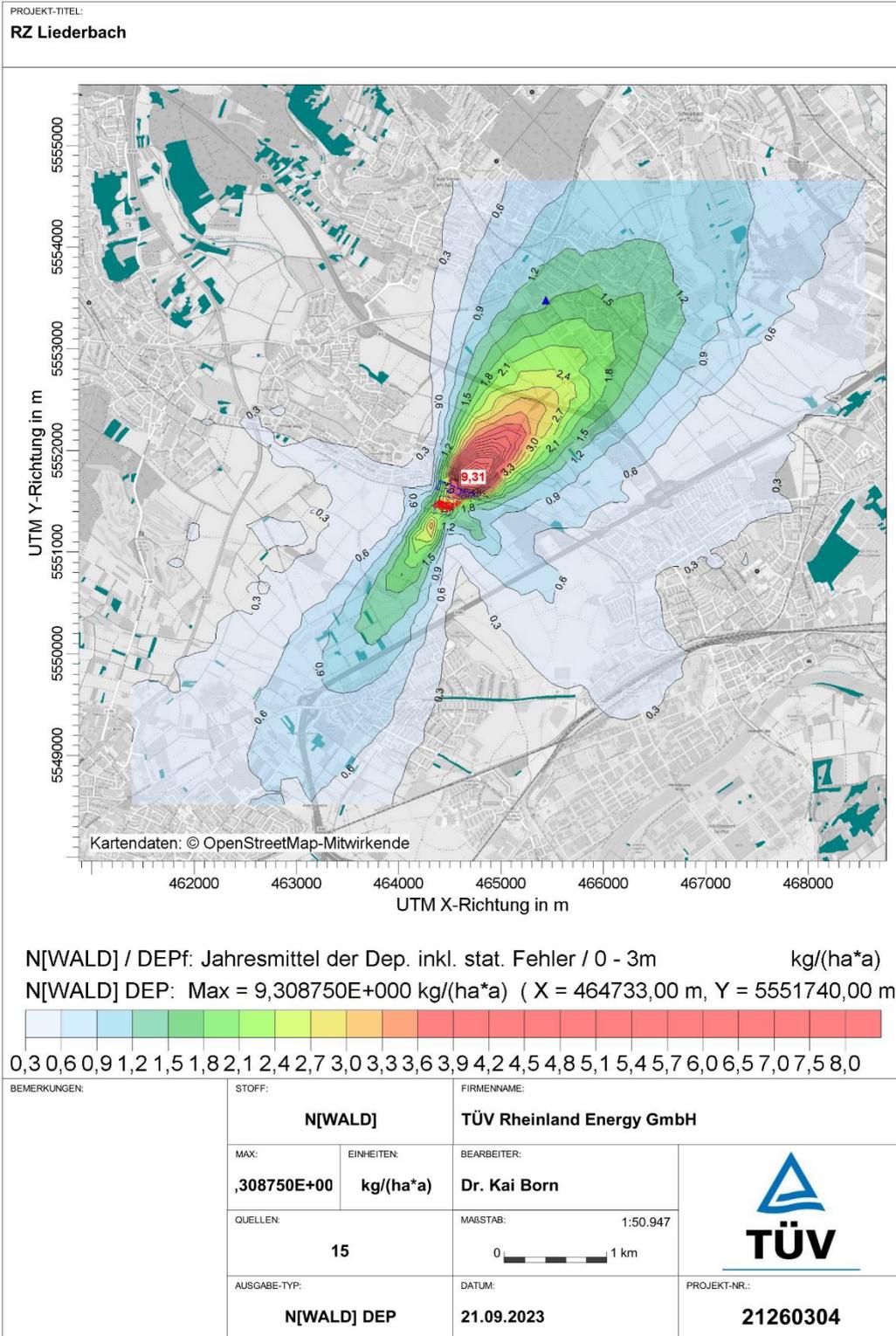
Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 83 von 105

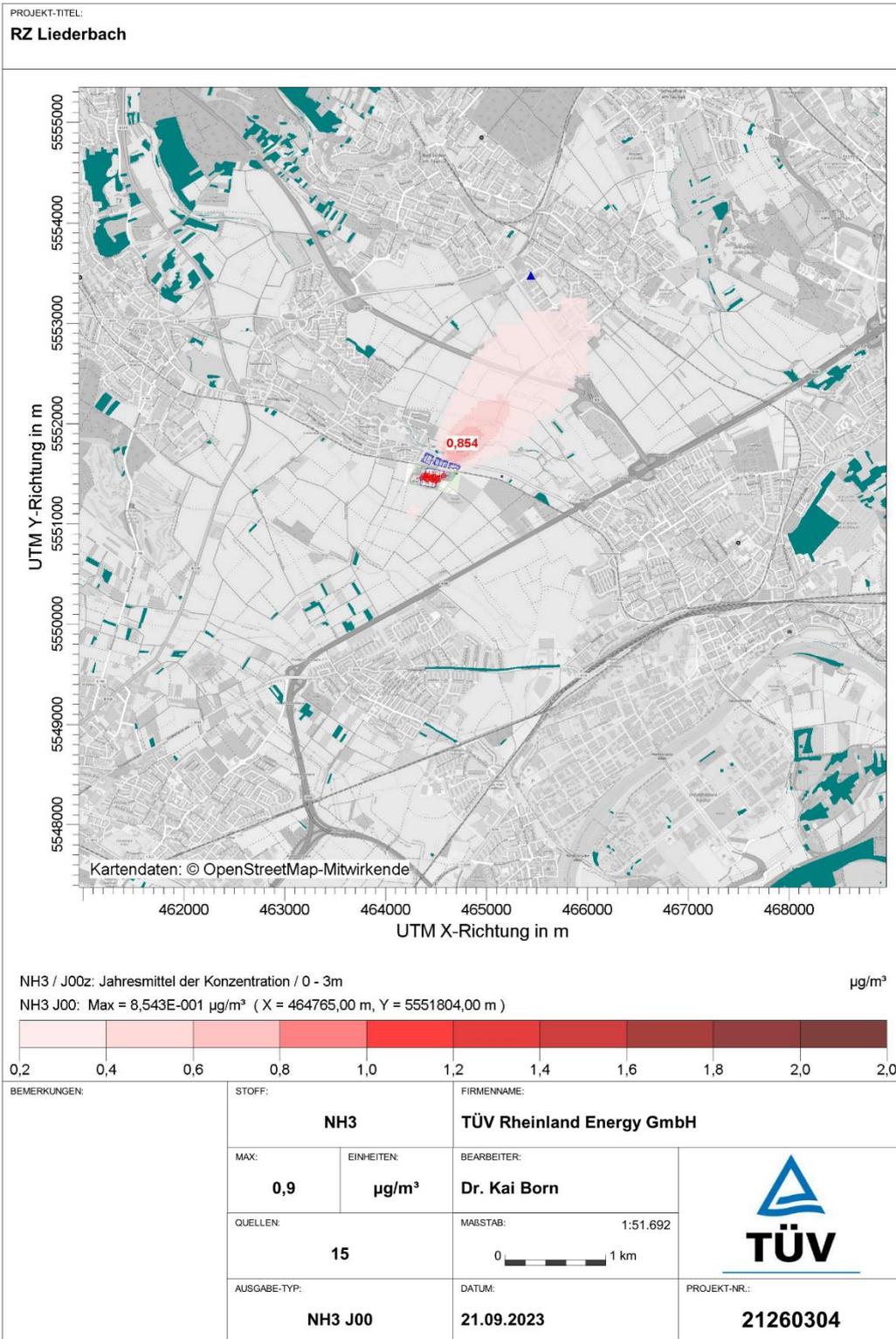


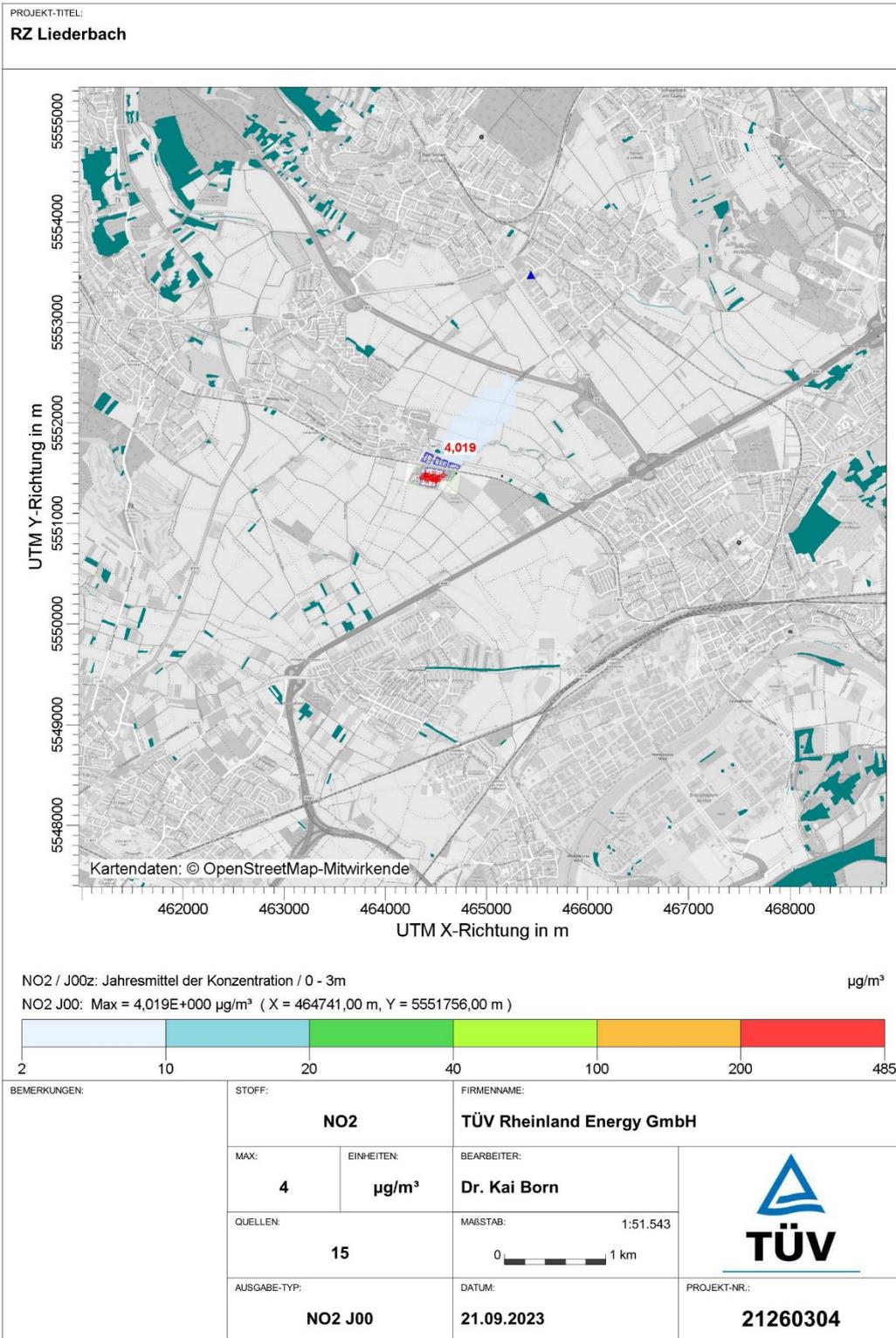
AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\austal\StackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus



Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

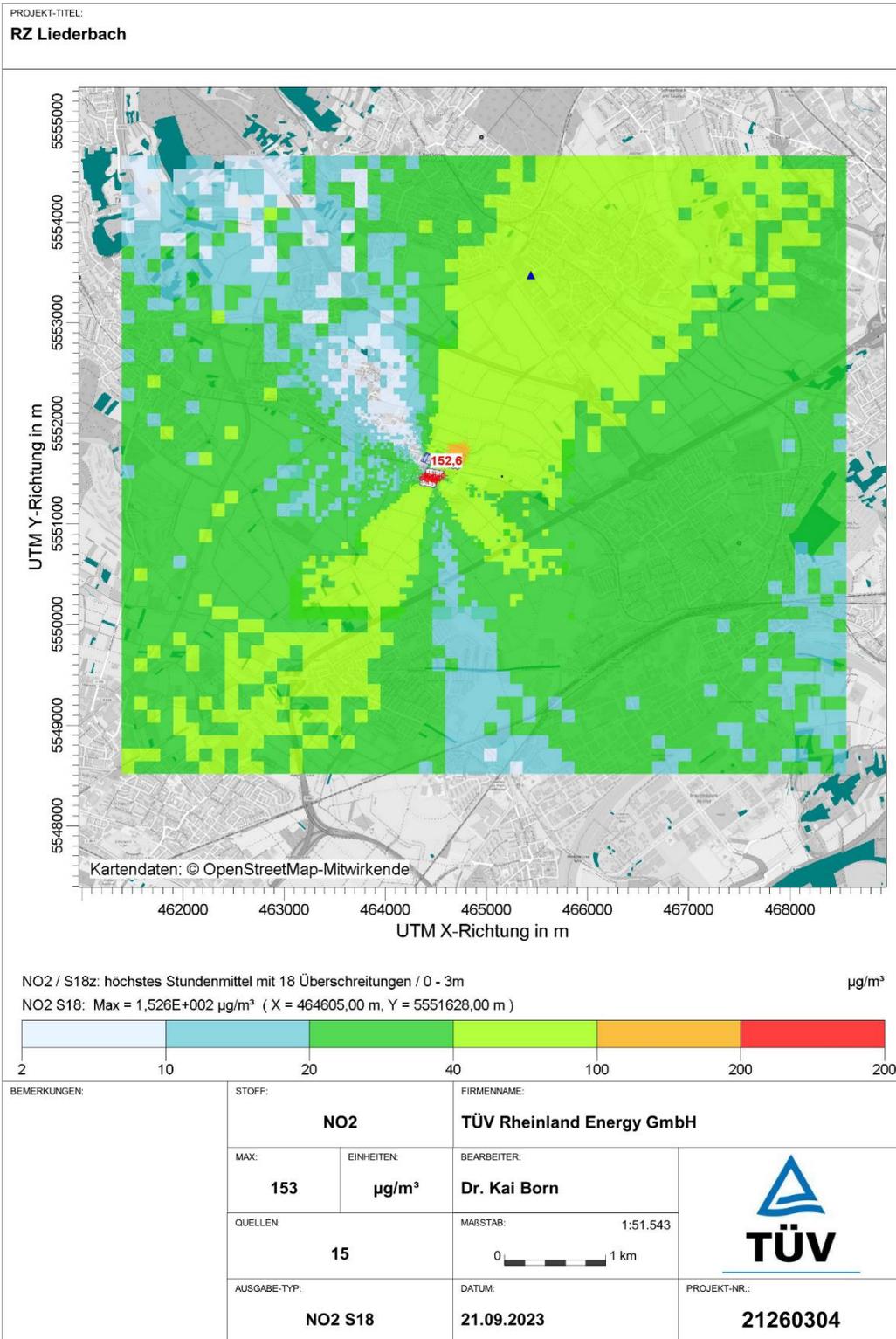




AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

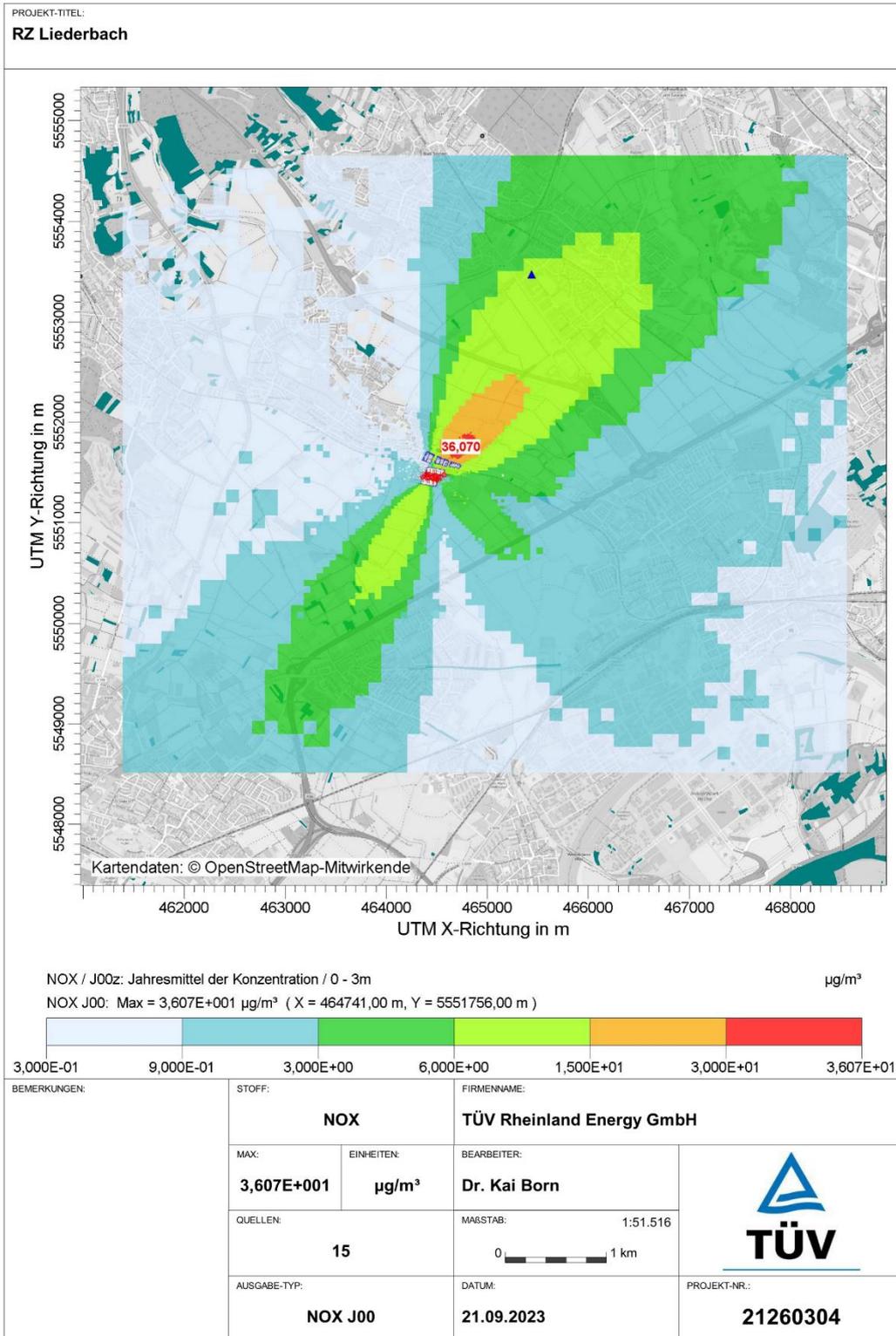
D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

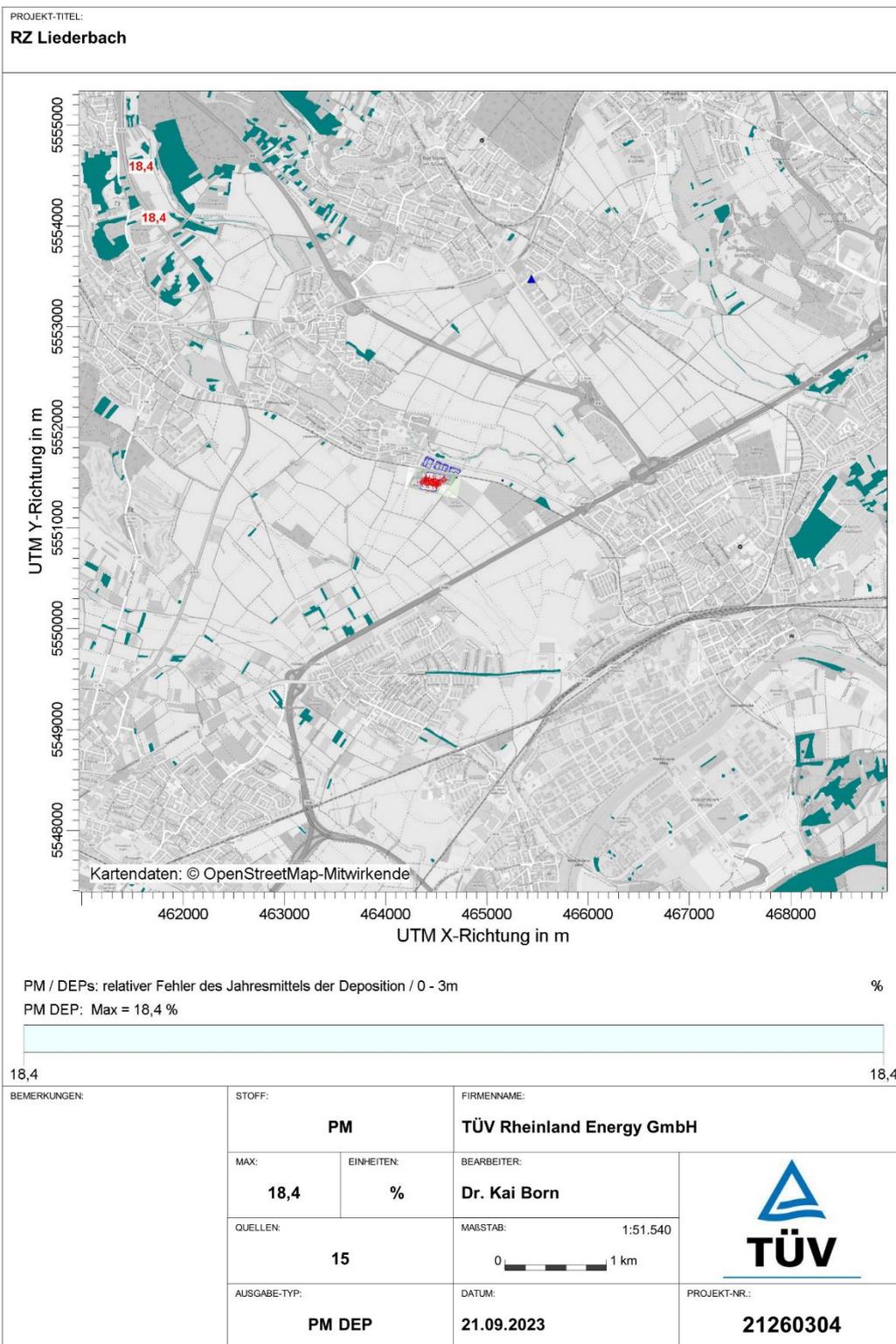


AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\AustalStackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

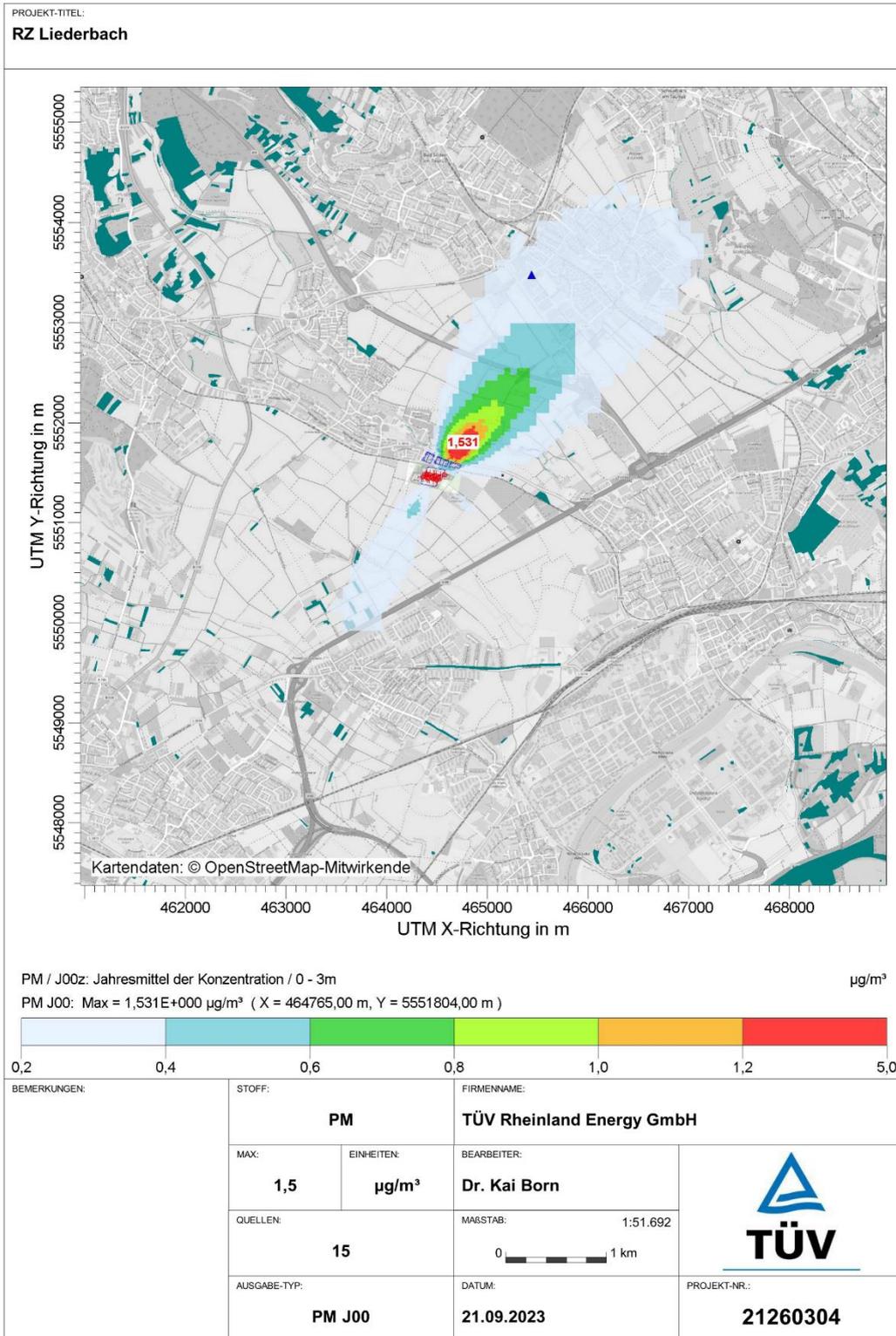


Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

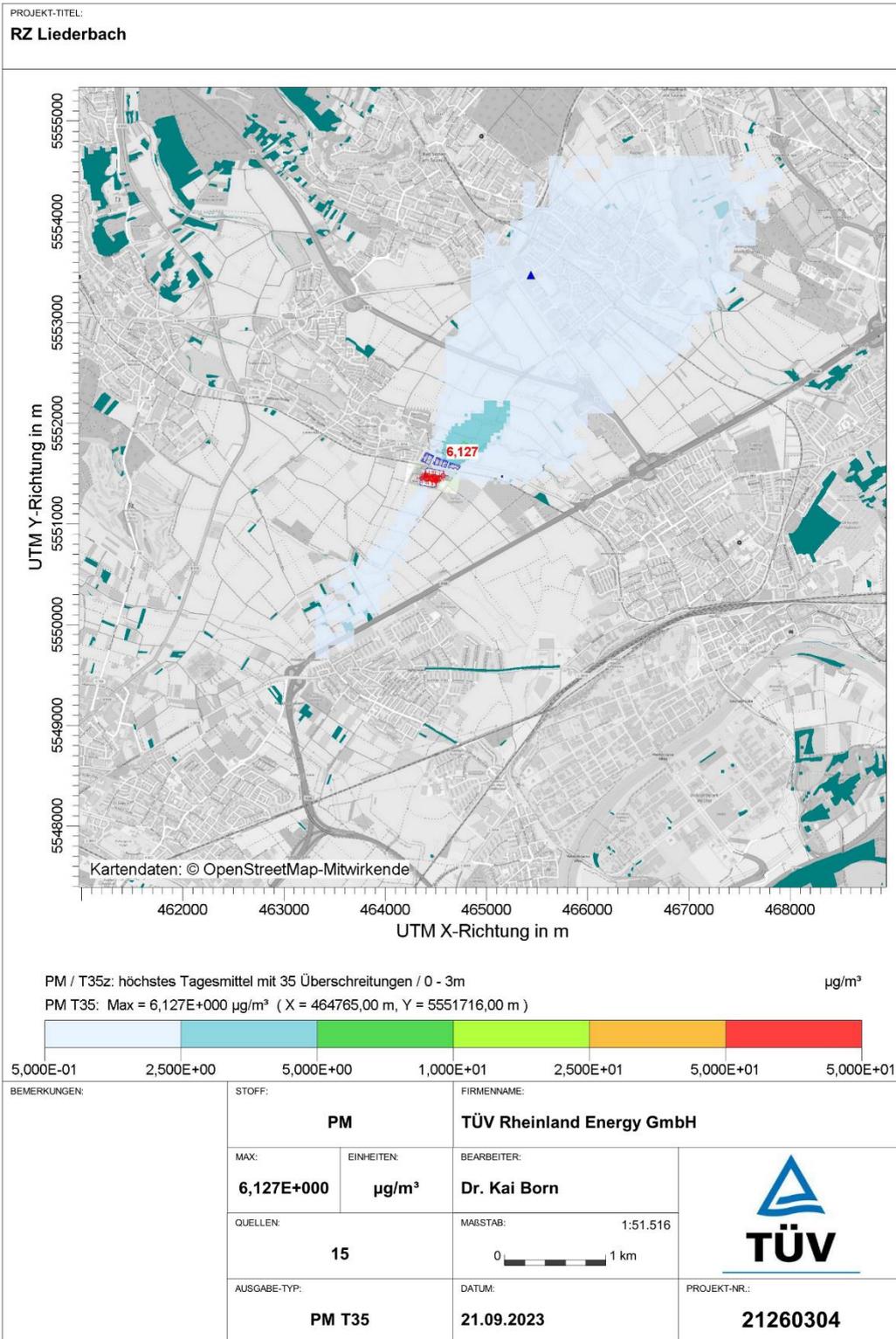


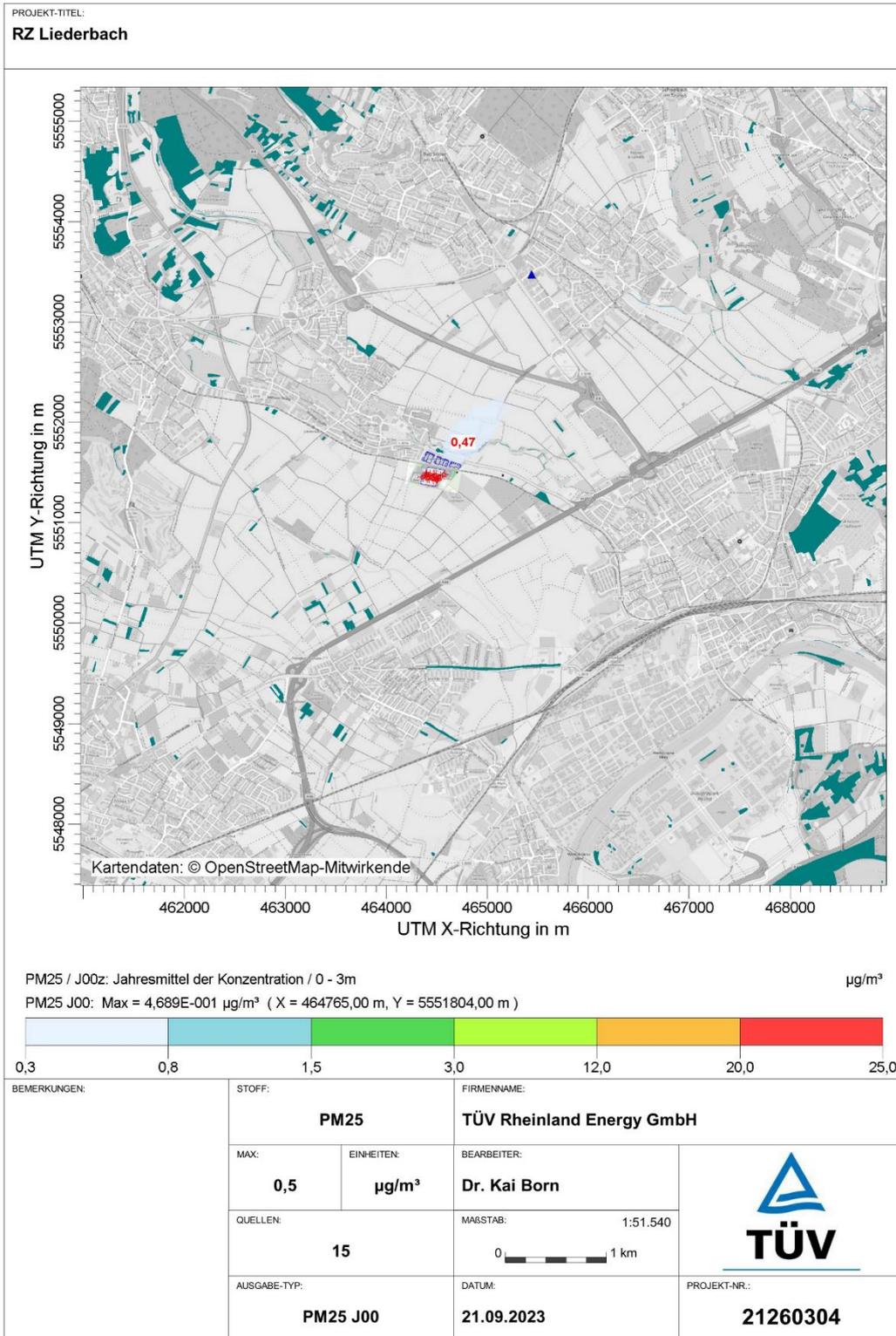
AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\austal\StackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus



Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

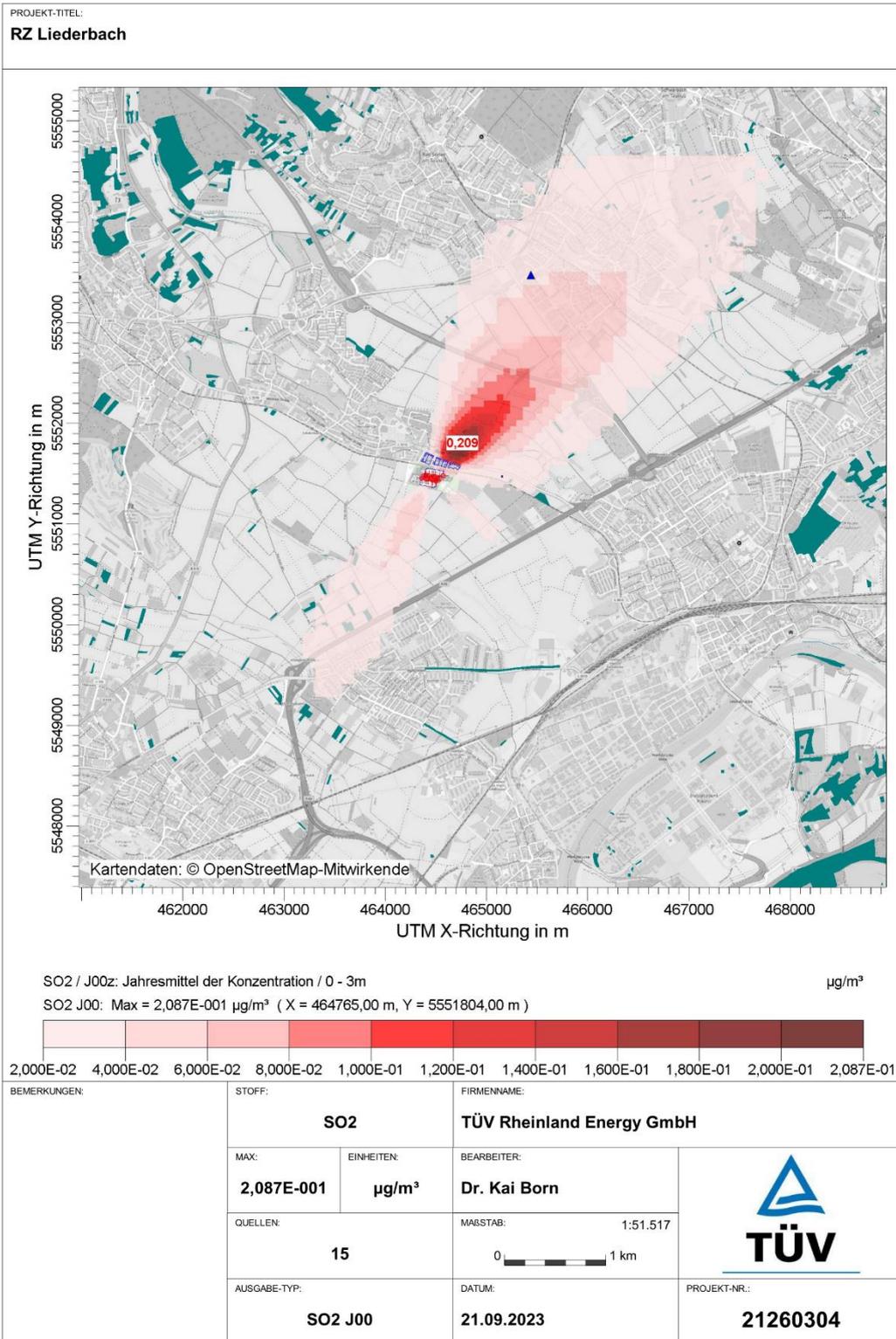




AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\Austal\Stack\Liederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL.aus

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main, Berichts-Nr. EuL/21260304/A2



AUSTAL View - Lakes Environmental Software & ArguSoft

D:\austal\StackLiederbach\FRA145_EO_SCR\FRA145_VL_aus

A5 Rechenprotokolle

Variante 1

2023-08-30 00:17:02 AUSTAL gestartet

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.2.1-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2023
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2023

```
=====
Modified by Petersen+Kade Software , 2023-08-15
=====
```

Arbeitsverzeichnis: D:/Austal/StackLiederbach/FRA145/erg0004

Erstellungsdatum des Programms: 2023-08-15 10:31:12
Das Programm läuft auf dem Rechner "DE-TRE-936-ABB1".

>>> Abweichung vom Standard (geänderte Einstellungsdatei C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings)!

```
===== Beginn der Eingabe =====
> settingspath "C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings"
> settingspath "C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings"
> ti "FRA145" 'Projekt-Titel
> ux 32464465 'x-Koordinate des Bezugspunktes
> uy 5551456 'y-Koordinate des Bezugspunktes
> z0 0.10 'Rauigkeitslänge
> qs 0 'Qualitätsstufe
> az 1420.akterm
> xa 975.00 'x-Koordinate des Anemometers
> ya 2020.00 'y-Koordinate des Anemometers
> ri ?
> dd 8.0 16.0 32.0 64.0 128.0 'Zellengröße (m)
> x0 -256.0 -384.0 -832.0 -1536.0 -3072.0 'x-Koordinate der l.u. Ecke
des Gitters
> nx 78 52 52 48 56 'Anzahl Gitterzellen in X-
Richtung
> y0 -224.0 -352.0 -768.0 -1536.0 -2944.0 'y-Koordinate der l.u. Ecke
des Gitters
> ny 74 54 48 48 48 'Anzahl Gitterzellen in Y-
Richtung
> nz 30 30 30 30 30 'Anzahl Gitterzellen in Z-
Richtung
> os +NOSTANDARD+SCINOTAT+WETDRIFT
> hh 0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 49.0 55.0 65.0 100.0
150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
> xq -103.00 -59.00 -42.50 2.00 31.50 35.50 -67.60 -63.53
-34.00 10.50 27.00 71.00 109.00
> yq -1.00 -9.00 -12.00 -20.00 -25.00 -26.00 31.30 30.65
25.50 17.50 14.50 6.80 25.00
> hq 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00
36.00 36.00 36.00 36.00 36.00
> aq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> bq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines
Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main,
Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 95 von 105

```
> cq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> wq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> dq 1.00      1.00      1.00      1.00      1.00      1.00      1.00      0.71      0.71      1.00
1.00      1.00      1.00      1.00      1.00      1.00
> vq 43.00     43.00     43.00     43.00     43.00     43.00     43.00     43.00     43.00     43.00
43.00     43.00     43.00     43.00     43.00
> tq 359.00    359.00    359.00    359.00    359.00    359.00    359.00    359.00    359.00    359.00
359.00    359.00    359.00    359.00    359.00
> lq 0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
> rq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> zq 0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
> sq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> so2 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.031155275 0.031155275 0.06231055
0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055
> no  19.28783  19.28783  19.28783  19.28783  19.28783  19.28783  9.643915  9.643915  19.28783
19.28783  19.28783  19.28783  19.28783  19.28783
> no2 3.2853087 3.2853087 3.2853087 3.2853087 3.2853087 3.2853087 1.6426543 1.6426543 3.2853087
3.2853087 3.2853087 3.2853087 3.2853087 3.2853087
> nox 32.853087 32.853087 32.853087 32.853087 32.853087 32.853087 16.426543 16.426543 32.853087
32.853087 32.853087 32.853087 32.853087 32.853087
> nh3 0         0         0         0         0         0         0         0         0
0         0         0         0         0
> pm-1 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.0646375 0.0646375 0.129275
0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275
> pm-2 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.15082083 0.15082083 0.30164167
0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167
> pm25-1 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.0646375 0.0646375 0.129275
0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275
> hcoH 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.25855 0.25855 0.5171
0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171
> co  3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 1.7236667 1.7236667 3.4473333
3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333
> rb "poly_raster.dmna" "Gebäude-Rasterdatei"
> LIBPATH "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145/lib"
===== Ende der Eingabe =====
```

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.
>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

Anzahl CPUs: 4
Die maximale Gebäudehöhe beträgt 22.0 m.

AKTerm "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145/erg0004/1420.akterm" mit 8760 Zeilen, Format 3
Niederschlags-Datei D:/Austal/StackLiederbach/FRA145/erg0004/niederschlag.dmna eingelesen
[1,8760].
Es wird die Anemometerhöhe ha=7.5 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 99.6 %.

Prüfsumme AUSTAL d4279209
Prüfsumme TALDIA 7502b53c
Prüfsumme SETTINGS dff33903
Prüfsumme AKTerm f86aef92
Gesamtniederschlag 682 mm in 879 h.

Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).

Auswertung der Ergebnisse:

=====

DEP: Jahresmittel der Deposition
 DRY: Jahresmittel der trockenen Deposition
 WET: Jahresmittel der nassen Deposition
 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition

=====

SO2	DEP	:	7.721e-001	kg/(ha*a)	(+/- 4.2%)	bei x=	268 m,	y=	284 m	(1: 66, 64)
SO2	DRY	:	7.190e-001	kg/(ha*a)	(+/- 4.5%)	bei x=	268 m,	y=	284 m	(1: 66, 64)
SO2	WET	:	1.548e-001	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	-12 m,	y=	-12 m	(1: 31, 27)
NO2	DEP	:	1.292e+001	kg/(ha*a)	(+/- 5.1%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
NO2	DRY	:	1.291e+001	kg/(ha*a)	(+/- 5.1%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
NO2	WET	:	4.160e-002	kg/(ha*a)	(+/- 0.7%)	bei x=	-4 m,	y=	28 m	(1: 32, 32)
NO	DEP	:	1.134e+001	kg/(ha*a)	(+/- 4.5%)	bei x=	268 m,	y=	284 m	(1: 66, 64)
NO	DRY	:	1.134e+001	kg/(ha*a)	(+/- 4.5%)	bei x=	268 m,	y=	284 m	(1: 66, 64)
NH3	DEP	:	0.000e+000	kg/(ha*a)	(+/- 0.0%)					
NH3	DRY	:	0.000e+000	kg/(ha*a)	(+/- 0.0%)					
NH3	WET	:	0.000e+000	kg/(ha*a)	(+/- 0.0%)					
PM	DEP	:	1.622e-003	g/(m²*d)	(+/- 1.4%)	bei x=	68 m,	y=	92 m	(1: 41, 40)
PM	DRY	:	9.949e-004	g/(m²*d)	(+/- 4.5%)	bei x=	268 m,	y=	284 m	(1: 66, 64)
PM	WET	:	1.526e-003	g/(m²*d)	(+/- 0.4%)	bei x=	36 m,	y=	68 m	(1: 37, 37)

=====

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

=====

SO2	J00	:	2.060e-001	µg/m³	(+/- 2.5%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
SO2	T03	:	2.985e+000	µg/m³	(+/- 11.9%)	bei x=	220 m,	y=	324 m	(1: 60, 69)
SO2	T00	:	4.281e+000	µg/m³	(+/- 9.5%)	bei x=	276 m,	y=	324 m	(1: 67, 69)
SO2	S24	:	7.793e+000	µg/m³	(+/- 46.3%)	bei x=	172 m,	y=	212 m	(1: 54, 55)
SO2	S00	:	2.420e+001	µg/m³	(+/- 61.5%)	bei x=	172 m,	y=	148 m	(1: 54, 47)
NOX	J00	:	1.121e+002	µg/m³	(+/- 2.6%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
NO2	J00	:	1.235e+001	µg/m³	(+/- 2.6%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
NO2	T10	:	1.150e+002	µg/m³	(+/- 7.6%)	bei x=	296 m,	y=	344 m	(2: 43, 44)
NO2	T00	:	2.440e+002	µg/m³	(+/- 9.5%)	bei x=	276 m,	y=	324 m	(1: 67, 69)
NO2	S18	:	4.874e+002	µg/m³	(+/- 48.1%)	bei x=	188 m,	y=	196 m	(1: 56, 53)
NO2	S00	:	5.243e+003	µg/m³	(+/- 99.9%)	bei x=	-196 m,	y=	-204 m	(1: 8, 3)
NH3	J00	:	0.000e+000	µg/m³	(+/- 0.0%)					
HCOH	J00	:	1.765e+000	µg/m³	(+/- 2.6%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
CO	J00	:	1.177e+001	µg/m³	(+/- 2.6%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
CO	T360	:	0.000e+000	µg/m³	(+/- 0.0%)					
CO	T00	:	2.427e+002	µg/m³	(+/- 9.5%)	bei x=	276 m,	y=	324 m	(1: 67, 69)
CO	S24	:	4.372e+002	µg/m³	(+/- 40.6%)	bei x=	172 m,	y=	212 m	(1: 54, 55)
CO	S00	:	1.405e+003	µg/m³	(+/- 62.5%)	bei x=	172 m,	y=	148 m	(1: 54, 47)
PM	J00	:	1.436e+000	µg/m³	(+/- 2.5%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)
PM	T35	:	5.903e+000	µg/m³	(+/- 21.6%)	bei x=	300 m,	y=	260 m	(1: 70, 61)
PM	T00	:	2.980e+001	µg/m³	(+/- 9.5%)	bei x=	276 m,	y=	324 m	(1: 67, 69)
PM25	J00	:	4.397e-001	µg/m³	(+/- 2.5%)	bei x=	300 m,	y=	348 m	(1: 70, 72)

=====

2023-08-30 03:33:39 AUSTAL beendet.

Variante 2

2023-08-24 09:20:00 AUSTAL gestartet


```

> tq 359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      359.00
359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      359.00      456.00      456.00
> lq 0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
> rq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> zq 0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
> sq 0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
> so2 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> no ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> no2 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> nox ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> nh3 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> odor ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-1 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-2 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm25-1 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> hcoh ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> co ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> xp 268.88
> yp 124.55
> hp 30.00
> rb "poly_raster.dmna"      'Gebäude-Rasterdatei
> LIBPATH "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_TM_SCR/lib"
===== Ende der Eingabe =====

```

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.
>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

Anzahl CPUs: 4
Die maximale Gebäudehöhe beträgt 22.0 m.
Die Zeitreihen-Datei "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_TM_SCR/erg0004/zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=7.5 m verwendet.
Die Angabe "az 1420.akterm" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL d4279209
Prüfsumme TALDIA 7502b53c
Prüfsumme SETTINGS dff33903
Prüfsumme SERIES f6a472d0
Gesamtniederschlag 682 mm in 879 h.

Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).

Auswertung der Ergebnisse:
=====

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines
Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main,
Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 99 von 105

DEP: Jahresmittel der Deposition
 DRY: Jahresmittel der trockenen Deposition
 WET: Jahresmittel der nassen Deposition
 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition

```

=====
SO2      DEP : 8.288e-003 kg/(ha*a) (+/- 7.2%) bei x= 188 m, y= 340 m (1: 56, 71)
SO2      DRY : 8.033e-003 kg/(ha*a) (+/- 6.9%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
SO2      WET : 2.046e-003 kg/(ha*a) (+/- 0.5%) bei x= 12 m, y= -44 m (1: 34, 23)
NO2      DEP : 4.200e-002 kg/(ha*a) (+/- 7.9%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
NO2      DRY : 4.199e-002 kg/(ha*a) (+/- 7.9%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
NO2      WET : 1.425e-004 kg/(ha*a) (+/- 0.5%) bei x= 12 m, y= -44 m (1: 34, 23)
NO       DEP : 3.533e-002 kg/(ha*a) (+/- 6.8%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
NO       DRY : 3.533e-002 kg/(ha*a) (+/- 6.8%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
NH3      DEP : 4.250e-002 kg/(ha*a) (+/- 5.4%) bei x= 140 m, y= 308 m (1: 50, 67)
NH3      DRY : 3.306e-002 kg/(ha*a) (+/- 7.6%) bei x= 220 m, y= 332 m (1: 60, 70)
NH3      WET : 4.151e-002 kg/(ha*a) (+/- 0.4%) bei x= 12 m, y= -44 m (1: 34, 23)
PM       DEP : 1.990e-005 g/(m²*d) (+/- 0.5%) bei x= 12 m, y= -44 m (1: 34, 23)
PM       DRY : 1.111e-005 g/(m²*d) (+/- 6.9%) bei x= 244 m, y= 292 m (1: 63, 65)
PM       WET : 1.989e-005 g/(m²*d) (+/- 0.4%) bei x= 12 m, y= -44 m (1: 34, 23)
=====
  
```

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

```

=====
SO2      J00 : 2.373e-003 µg/m³ (+/- 4.2%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
SO2      T03 : 3.963e-002 µg/m³ (+/- 18.7%) bei x= 164 m, y= 340 m (1: 53, 71)
SO2      T00 : 1.652e-001 µg/m³ (+/- 21.2%) bei x= 300 m, y= -180 m (1: 70, 6)
SO2      S24 : 2.301e-001 µg/m³ (+/- 37.2%) bei x= 156 m, y= 324 m (1: 52, 69)
SO2      S00 : 2.649e+000 µg/m³ (+/- 44.2%) bei x= 92 m, y= -76 m (1: 44, 19)
NOX      J00 : 3.587e-001 µg/m³ (+/- 4.2%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
NO2      J00 : 4.059e-002 µg/m³ (+/- 5.0%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
NO2      T10 : 4.016e-001 µg/m³ (+/- 22.7%) bei x= 132 m, y= 340 m (1: 49, 71)
NO2      T00 : 2.721e+000 µg/m³ (+/- 21.2%) bei x= 300 m, y= -180 m (1: 70, 6)
NO2      S18 : 4.254e+000 µg/m³ (+/- 35.0%) bei x= 292 m, y= 284 m (1: 69, 64)
NO2      S00 : 4.301e+001 µg/m³ (+/- 32.7%) bei x= 348 m, y= -204 m (1: 76, 3)
NH3      J00 : 9.679e-003 µg/m³ (+/- 4.2%) bei x= 300 m, y= 308 m (1: 70, 67)
HCOH     J00 : 2.047e-002 µg/m³ (+/- 4.3%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
CO       J00 : 1.446e-001 µg/m³ (+/- 4.2%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
CO       T360 : 0.000e+000 µg/m³ (+/- 0.0%)
CO       T00 : 9.544e+000 µg/m³ (+/- 21.1%) bei x= 300 m, y= -180 m (1: 70, 6)
CO       S24 : 1.359e+001 µg/m³ (+/- 31.6%) bei x= 156 m, y= 324 m (1: 52, 69)
CO       S00 : 1.507e+002 µg/m³ (+/- 44.2%) bei x= 92 m, y= -76 m (1: 44, 19)
PM       J00 : 1.657e-002 µg/m³ (+/- 4.2%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
PM       T35 : 7.084e-002 µg/m³ (+/- 35.8%) bei x= 276 m, y= 284 m (1: 67, 64)
PM       T00 : 1.156e+000 µg/m³ (+/- 21.2%) bei x= 300 m, y= -180 m (1: 70, 6)
PM25     J00 : 5.096e-003 µg/m³ (+/- 4.3%) bei x= 284 m, y= 284 m (1: 68, 64)
  
```

Maximalwert der Geruchsstundenhäufigkeit bei z=1.5 m

```

=====
ODOR     J00 : 3.891e-001 % (+/- 0.0) bei x= 164 m, y= 340 m (1: 53, 71)
=====
  
```

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

```

=====
PUNKT    01
xp       269
yp       125
hp       30.0
-----+-----
  
```

SO2	DEP	2.714e-003	12.0%	kg/(ha*a)
SO2	DRY	2.571e-003	12.7%	kg/(ha*a)
SO2	WET	1.437e-004	2.0%	kg/(ha*a)
SO2	J00	2.464e-003	2.6%	µg/m³
SO2	T03	6.110e-002	7.8%	µg/m³
SO2	T00	1.161e-001	5.4%	µg/m³
SO2	S24	2.574e-001	15.6%	µg/m³
SO2	S00	1.053e+000	8.5%	µg/m³
NOX	J00	3.466e-001	2.6%	µg/m³
NO2	DEP	1.430e-002	14.2%	kg/(ha*a)
NO2	DRY	1.429e-002	14.2%	kg/(ha*a)
NO2	WET	1.074e-005	2.0%	kg/(ha*a)
NO2	J00	3.728e-002	2.8%	µg/m³
NO2	T10	3.866e-001	14.0%	µg/m³
NO2	T00	1.648e+000	5.4%	µg/m³
NO2	S18	4.957e+000	18.5%	µg/m³
NO2	S00	1.497e+001	8.5%	µg/m³
NO	DEP	1.256e-002	14.0%	kg/(ha*a)
NO	DRY	1.256e-002	14.0%	kg/(ha*a)
NH3	DEP	1.406e-002	9.3%	kg/(ha*a)
NH3	DRY	9.946e-003	13.2%	kg/(ha*a)
NH3	WET	4.115e-003	1.5%	kg/(ha*a)
NH3	J00	1.015e-002	2.6%	µg/m³
HCOH	J00	2.045e-002	2.6%	µg/m³
CO	J00	1.391e-001	2.6%	µg/m³
CO	T360	0.000e+000	0.0%	µg/m³
CO	T00	6.422e+000	5.4%	µg/m³
CO	S24	1.456e+001	100%	µg/m³
CO	S00	5.825e+001	8.5%	µg/m³
PM	DEP	5.179e-006	8.7%	g/(m²*d)
PM	DRY	3.558e-006	12.7%	g/(m²*d)
PM	WET	1.621e-006	1.7%	g/(m²*d)
PM	J00	1.703e-002	2.6%	µg/m³
PM	T35	3.263e-002	39.1%	µg/m³
PM	T00	8.026e-001	5.4%	µg/m³
PM25	J00	5.113e-003	2.6%	µg/m³
ODOR	J00	3.319e-001	0.0	%

=====
=====
2023-08-24 12:53:25 AUSTAL beendet.

Variante 3

2023-09-20 12:49:29 AUSTAL gestartet

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.2.1-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2023
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2023

=====
Modified by Petersen+Kade Software , 2023-08-15
=====

Arbeitsverzeichnis: D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_EO_SCR/erg0004

Erstellungsdatum des Programms: 2023-08-15 10:31:12
Das Programm läuft auf dem Rechner "DE-TRE-936-ABB1".

>>> Abweichung vom Standard (geänderte Einstellungsdatei C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings)!

```

===== Beginn der Eingabe =====
> settingspath "C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings"
> settingspath "C:\Program Files (x86)\Lakes\AUSTAL_View\Models\ austal.settings"
> ti "RZ Liederbach" 'Projekt-Titel
> ux 32464465 'x-Koordinate des Bezugspunktes
> uy 5551456 'y-Koordinate des Bezugspunktes
> z0 0.10 'Rauigkeitslänge
> qs 0 'Qualitätsstufe
> az 1420.akterm
> xa 975.00 'x-Koordinate des Anemometers
> ya 2020.00 'y-Koordinate des Anemometers
> ri ?
> dd 8.0 16.0 32.0 64.0 128.0 'Zellengröße (m)
> x0 -256.0 -384.0 -832.0 -1536.0 -3072.0 'x-Koordinate der l.u. Ecke
des Gitters
> nx 78 52 52 48 56 'Anzahl Gitterzellen in X-
Richtung
> y0 -224.0 -352.0 -768.0 -1536.0 -2944.0 'y-Koordinate der l.u. Ecke
des Gitters
> ny 74 54 48 48 48 'Anzahl Gitterzellen in Y-
Richtung
> nz 30 30 30 30 30 'Anzahl Gitterzellen in Z-
Richtung
> os +NOSTANDARD+SCINOTAT+WETDRIFT
> hh 0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 49.0 55.0 65.0 100.0
150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
> xq -103.00 -59.00 -42.50 2.00 31.50 35.50 -67.60 -63.53
-34.00 10.50 27.00 71.00 109.00 35.50 -67.60
> yq -1.00 -9.00 -12.00 -20.00 -25.00 -26.00 31.30 30.65
25.50 17.50 14.50 6.80 25.00 -26.00 31.30
> hq 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00
36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00 36.00
> aq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> bq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> cq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> wq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> dq 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.71 0.71 1.00
1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.40 0.40
> vq 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00
43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 43.00 20.00 20.00
> tq 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 359.00
359.00 359.00 359.00 359.00 359.00 456.00 456.00
> lq 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
> rq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> zq 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
> sq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> so2 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.031155275 0.031155275 0.06231055
0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.06231055 0.0011097222 0.0011097222
> no 5.0589617 5.0589617 5.0589617 5.0589617 5.0589617 2.5294808 2.5294808 5.0589617
5.0589617 5.0589617 5.0589617 5.0589617 5.0589617 1.3191667 1.3191667

```

```
> no2 0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.43091667 0.43091667 0.86183333
0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.86183333 0.22472222 0.22472222
> nox 8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 4.3091667 4.3091667 8.6183333
8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 8.6183333 2.2475 2.2475
> nh3 0.25855 0.25855 0.25855 0.25855 0.25855 0.25855 0.129275 0.129275 0.25855
0.25855 0.25855 0.25855 0.25855 0.25855 0 0
> pm-1 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.0646375 0.0646375 0.129275
0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.011388889 0.011388889
> pm-2 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.15082083 0.15082083 0.30164167
0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.30164167 0.026666667 0.026666667
> pm25-1 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.0646375 0.0646375 0.129275
0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.129275 0.011388889 0.011388889
> hcoH 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.25855 0.25855 0.5171
0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.5171 0.045555556 0.045555556
> co 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 1.7236667 1.7236667 3.4473333
3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 3.4473333 0.93027778 0.93027778
> xp 268.88
> yp 124.55
> hp 30.00
> rb "poly_raster.dmna" 'Gebäude-Rasterdatei
> LIBPATH "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_EO_SCR/lib"
===== Ende der Eingabe =====
```

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.
>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

Anzahl CPUs: 4
Die maximale Gebäudehöhe beträgt 22.0 m.

AKTerm "D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_EO_SCR/erg0004/1420.akterm" mit 8760 Zeilen, Format 3
Niederschlags-Datei D:/Austal/StackLiederbach/FRA145_EO_SCR/erg0004/niederschlag.dmna eingelesen
[1,8760].
Es wird die Anemometerhöhe ha=7.5 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 99.6 %.

Prüfsumme AUSTAL d4279209
Prüfsumme TALDIA 7502b53c
Prüfsumme SETTINGS dff33903
Prüfsumme AKTerm f86aef92
Gesamtniederschlag 682 mm in 879 h.

Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).

```
=====
*
*** Das Protokoll der Dateiausgabe wird nicht dargestellt
*
=====
```

Auswertung der Ergebnisse:
=====

DEP: Jahresmittel der Deposition
DRY: Jahresmittel der trockenen Deposition
WET: Jahresmittel der nassen Deposition
J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines
Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main,
Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 103 von 105

```

=====
SO2      DEP : 7.844e-001 kg/(ha*a) (+/- 4.1%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
SO2      DRY : 7.312e-001 kg/(ha*a) (+/- 4.4%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
SO2      WET : 1.553e-001 kg/(ha*a) (+/- 0.6%) bei x= -12 m, y= -12 m (1: 31, 27)
NO2      DEP : 4.248e+000 kg/(ha*a) (+/- 4.4%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
NO2      DRY : 4.244e+000 kg/(ha*a) (+/- 4.4%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
NO2      WET : 1.145e-002 kg/(ha*a) (+/- 0.6%) bei x= -12 m, y= -12 m (1: 31, 27)
NO       DEP : 3.715e+000 kg/(ha*a) (+/- 4.3%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
NO       DRY : 3.715e+000 kg/(ha*a) (+/- 4.3%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
NH3      DEP : 4.217e+000 kg/(ha*a) (+/- 2.8%) bei x= 180 m, y= 252 m (1: 55, 60)
NH3      DRY : 2.982e+000 kg/(ha*a) (+/- 4.5%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
NH3      WET : 3.517e+000 kg/(ha*a) (+/- 0.3%) bei x= 36 m, y= 68 m (1: 37, 37)
PM       DEP : 1.711e-003 g/(m²*d) (+/- 1.4%) bei x= 68 m, y= 92 m (1: 41, 40)
PM       DRY : 1.079e-003 g/(m²*d) (+/- 4.3%) bei x= 268 m, y= 284 m (1: 66, 64)
PM       WET : 1.549e-003 g/(m²*d) (+/- 0.5%) bei x= -12 m, y= -12 m (1: 31, 27)
=====

```

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

```

=====
SO2      J00 : 2.087e-001 µg/m³ (+/- 2.5%) bei x= 300 m, y= 348 m (1: 70, 72)
SO2      T03 : 3.009e+000 µg/m³ (+/- 11.8%) bei x= 220 m, y= 324 m (1: 60, 69)
SO2      T00 : 4.293e+000 µg/m³ (+/- 9.5%) bei x= 276 m, y= 324 m (1: 67, 69)
SO2      S24 : 7.793e+000 µg/m³ (+/- 46.3%) bei x= 172 m, y= 212 m (1: 54, 55)
SO2      S00 : 2.420e+001 µg/m³ (+/- 61.5%) bei x= 172 m, y= 148 m (1: 54, 47)
NOX      J00 : 3.607e+001 µg/m³ (+/- 2.5%) bei x= 276 m, y= 300 m (1: 67, 66)
NO2      J00 : 4.019e+000 µg/m³ (+/- 2.6%) bei x= 276 m, y= 300 m (1: 67, 66)
NO2      T10 : 3.369e+001 µg/m³ (+/- 13.5%) bei x= 300 m, y= 300 m (1: 70, 66)
NO2      T00 : 7.068e+001 µg/m³ (+/- 99.9%) bei x= 36 m, y= -28 m (1: 37, 25)
NO2      S18 : 1.526e+002 µg/m³ (+/- 61.9%) bei x= 140 m, y= 172 m (1: 50, 50)
NO2      S00 : 1.696e+003 µg/m³ (+/- 99.9%) bei x= 36 m, y= -28 m (1: 37, 25)
NH3      J00 : 8.543e-001 µg/m³ (+/- 2.5%) bei x= 300 m, y= 348 m (1: 70, 72)
HCOH     J00 : 1.883e+000 µg/m³ (+/- 2.4%) bei x= 300 m, y= 348 m (1: 70, 72)
CO        J00 : 1.454e+001 µg/m³ (+/- 2.5%) bei x= 276 m, y= 300 m (1: 67, 66)
CO        T360 : 0.000e+000 µg/m³ (+/- 0.0%)
CO        T00 : 2.537e+002 µg/m³ (+/- 9.3%) bei x= 276 m, y= 324 m (1: 67, 69)
CO        S24 : 5.222e+002 µg/m³ (+/- 74.5%) bei x= 148 m, y= 140 m (1: 51, 46)
CO        S00 : 5.909e+003 µg/m³ (+/- 99.9%) bei x= 36 m, y= -28 m (1: 37, 25)
PM        J00 : 1.531e+000 µg/m³ (+/- 2.4%) bei x= 300 m, y= 348 m (1: 70, 72)
PM        T35 : 6.127e+000 µg/m³ (+/- 21.0%) bei x= 300 m, y= 260 m (1: 70, 61)
PM        T00 : 3.024e+001 µg/m³ (+/- 9.4%) bei x= 276 m, y= 324 m (1: 67, 69)
PM25     J00 : 4.689e-001 µg/m³ (+/- 2.4%) bei x= 300 m, y= 348 m (1: 70, 72)
=====

```

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

```

=====
PUNKT          01
xp              269
yp              125
hp              30.0
=====

```

```

-----+-----
SO2      DEP 3.317e-001 7.4% kg/(ha*a)
SO2      DRY 2.902e-001 8.5% kg/(ha*a)
SO2      WET 4.148e-002 0.9% kg/(ha*a)
SO2      J00 3.528e-001 1.3% µg/m³
SO2      T03 3.798e+000 6.9% µg/m³
SO2      T00 5.402e+000 4.9% µg/m³
SO2      S24 1.143e+001 13.7% µg/m³
SO2      S00 1.582e+001 17.5% µg/m³
NOX      J00 5.491e+001 1.2% µg/m³
NO2      DEP 1.835e+000 8.9% kg/(ha*a)
NO2      DRY 1.832e+000 8.9% kg/(ha*a)
NO2      WET 3.201e-003 1.0% kg/(ha*a)

```

NO2	J00	5.857e+000	1.3%	µg/m³
NO2	T10	4.455e+001	7.1%	µg/m³
NO2	T00	8.121e+001	5.0%	µg/m³
NO2	S18	1.725e+002	16.2%	µg/m³
NO2	S00	2.264e+002	17.4%	µg/m³
NO	DEP	1.586e+000	8.4%	kg/(ha*a)
NO	DRY	1.586e+000	8.4%	kg/(ha*a)
NH3	DEP	2.155e+000	4.8%	kg/(ha*a)
NH3	DRY	1.177e+000	8.7%	kg/(ha*a)
NH3	WET	9.780e-001	0.7%	kg/(ha*a)
NH3	J00	1.450e+000	1.3%	µg/m³
HCOH	J00	3.034e+000	1.2%	µg/m³
CO	J00	2.205e+001	1.2%	µg/m³
CO	T360	0.000e+000	0.0%	µg/m³
CO	T00	3.155e+002	5.0%	µg/m³
CO	S24	6.580e+002	13.0%	µg/m³
CO	S00	8.750e+002	17.5%	µg/m³
PM	DEP	8.671e-004	4.1%	g/(m²*d)
PM	DRY	4.367e-004	8.1%	g/(m²*d)
PM	WET	4.304e-004	0.8%	g/(m²*d)
PM	J00	2.528e+000	1.2%	µg/m³
PM	T35	8.181e+000	9.8%	µg/m³
PM	T00	3.791e+001	5.0%	µg/m³
PM25	J00	7.584e-001	1.2%	µg/m³

=====

=====

2023-09-20 17:12:11 AUSTAL beendet.

Immissionsprognose für Luftschadstoffe und Geruch für die Errichtung eines
Rechenzentrums in Liederbach bei Frankfurt am Main,
Berichts-Nr. EuL/21260304/A2

Seite 105 von 105

A6 Darstellung der Szenarien für den Test- und Wartungsbetrieb

Die Darstellung der Emissionsszenarien kann auf Nachfrage digital zur Verfügung gestellt werden.