

Auftraggeber: TTSP HWP Planungsgesellschaft mbH
Hanauer Landstraße 181-185
60314 Frankfurt am Main

**Ermittlung der Schornsteinhöhen sowie Ausbreitungs-
rechnungen zur Ermittlung der Immissionen im Rahmen
des Genehmigungsverfahrens für die geplanten
Notstromaggregate eines Rechenzentrum-Campus in
03222 Lübbenau / Spreewald**

Datum: 07.03.2025 Rev01
Projekt-Nr.: 23-07-18-FR
Berichtsumfang: 201 Seiten
Bearbeiter: Katharina Knapp, Diplom-Mathematikerin
Sachverständige, Projektleiterin
Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer
Stephan Ruh, M.Sc. Sustainable Systems Engineering
Sachverständiger

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG

**Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel. 0761/ 4000 77-10
Fax. 0761/ 4000 77-08
eMail: knapp@ima-umwelt.de**

INHALT

1	Situation und Aufgabenstellung	7
2	Örtliche Verhältnisse	8
3	Beschreibung der geplanten Anlage	13
3.1	Notstrombetrieb	16
3.2	Testbetrieb.....	18
3.3	Inbetriebnahme.....	20
4	Emissionsseitige Eingangsdaten für die Immissionsprognose.....	21
4.1	Betriebsweisen	21
4.2	Betrachtete Schadstoffe	21
4.3	Massenkonzentrationen und Massenströme.....	22
4.3.1	Modul-Generator MTU 20V4000G94LF	22
4.3.2	Hausgenerator Volvo TAD1382GE	26
4.4	Zusammenfassung der Massenströme	28
4.5	Ermittlung der Abgasfahnenüberhöhung.....	30
4.5.1	Eingangsdaten zur Ermittlung der Abgasfahnenüberhöhung	30
4.5.2	Berücksichtigung der Quellkonfigurationen bei der Abgasfahnenüberhöhung.....	31
5	Vergleich mit den Bagatellmassenströmen nach TA Luft	33
6	Schornsteinhöhenberechnung.....	35
6.1	Allgemeines	35
6.2	Anforderungen an den ungestörten Abtransport der Abgase	36
6.3	Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen	41
7	Beurteilungsgrundlagen	45
7.1	Stickstoffdioxid und Feinstaub.....	45
7.2	Stickstoffdeposition und Säuredeposition	46
7.3	Gerüche	46
7.3.1	Allgemeines.....	46
7.3.2	Irrelevanzregelung.....	47
7.3.3	Beurteilungsflächen.....	47

8	Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung	48
8.1	Allgemeines	48
8.2	Verwendete Daten	48
8.3	Lokale Windsysteme	51
8.4	Anemometerposition.....	51
8.5	Niederschlagsdaten.....	51
9	Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der Immissionen	52
9.1	Allgemeines	52
9.2	Verwendetes Windfeld- und Ausbreitungsmodell.....	52
9.3	Vorbelastung.....	53
9.4	Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der maximal möglichen Betriebszeit	53
9.5	Beurteilungspunkte.....	54
10	Ermittlung der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2,5}-Immissionen.....	58
10.1	Allgemeines	58
10.2	Jahresmittelwert	58
	10.2.1 Lastfall A.....	60
	10.2.2 Lastfall B.....	62
10.3	Kurzzeitwerte	64
	10.3.1 Lastfall A.....	66
	10.3.2 Lastfall B.....	67
10.4	Zwischenfazit	67
11	Ermittlung der Stickstoffdeposition und Säuredeposition.....	68
11.1	Lastfall A	69
11.2	Lastfall B.....	73
12	Zusammenfassung der maximal möglichen Betriebsstundenzeit.....	77
13	Geruchsimmissionen.....	78
14	Zusammenfassung.....	85
	Literatur	87
	Anhang 1: Ergebnisabbildungen Jahresmittelwerte.....	90

A1.1	NO ₂ -Immissionen.....	90
	Kontinuierlicher Betrieb	90
	Lastfall A	91
	Lastfall B	95
	Betrieb mit reduzierter Betriebsstundenzahl	99
	Lastfall A	99
	Lastfall B	100
A1.2	Partikel-Immissionen	101
	Kontinuierlicher Betrieb	101
	Lastfall A	102
	Lastfall B	106
	Betrieb mit reduzierter Betriebsstundenzahl	110
	Lastfall A	110
	Lastfall B	111
A1.3	Stickstoffdeposition.....	112
	Kontinuierlicher Betrieb	112
	Lastfall A	113
	Lastfall B	114
A1.4	Säuredeposition.....	115
	Kontinuierlicher Betrieb	115
	Lastfall A	116
	Lastfall B	117
	Anhang 2: Ergebnisabbildungen Kurzzeitwerte.....	118
A2.1	NO ₂ -S18-Immissionen bei kontinuierlichem Betrieb	118
	Lastfall A	119
	Lastfall B	123
	PM ₁₀ -T35-Immissionen kontinuierlicher Betrieb	127
	Lastfall A	127

Lastfall B	131
Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate	135
Anhang 4: Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft und VDI 3781, Blatt 4	137
A4.1 Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften	137
A4.2 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (Ungestörter Abtransport der Abgase)	137
A4.3 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft (Ausreichende Verdünnung der Abgase)	140
Datengrundlage	140
Einhaltung der S-Werte der Einzelschornsteine.....	141
Einhaltung der S-Werte bei Emissionen aus mehreren Schornsteinen	146
Zuschlag aufgrund von Bebauung und Bewuchs sowie unebenem Gelände.....	147
A4.4 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach VDI 3781, Blatt 4 – Protokolldatei WinSTACC	149
Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen.....	174
A5.1 Verwendetes Ausbreitungsmodell.....	174
A5.2 Windfeldmodell	174
A5.3 Rechengebiete	175
A5.4 Geländeeinfluss	177
A5.5 Rauigkeitslänge	177
A5.6 Berücksichtigung von Gebäuden.....	177
A5.7 Quellen	178
A5.8 Zeitliche Charakteristik der Emissionen im Modell.....	180
A5.9 Korngrößenverteilung der Staub-Emissionen	180
A5.10 Überhöhung.....	180
A5.11 Qualitätsstufe (statistische Sicherheit)	181
Anhang 6: Berechnung der Stickstoffdeposition und der Säuredeposition	182
A6.1 Depositionsgeschwindigkeiten	182
A6.2 Auswaschraten	183
Anhang 7: Berechnung des CO₂- Ausstoßes durch die Notstromaggregate	185
Anhang 8: Ermittlung des repräsentativen Jahres der Fa. IfU	186

Anhang 9: Auszüge aus den Eingabedateien für AUSTAL und LASAT	189
Lastfall A	189
Lastfall B	192
Geruch Testbetrieb	196

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Fa. Schwarz Immobilien Service GmbH & Co. KG plant die Errichtung und den Betrieb eines Rechenzentrum-Campus „An der Kraftwerkstraße“ in 03222 Lübbenau. Der Campus soll im Endausbau aus sechs Rechenzentrumsgebäuden bestehen.

Zur Sicherstellung der unterbrechungsfreien Stromversorgung im Fall eines Stromausfalls sind Notstromdieselmotoranlagen (NDMA) vorgesehen, die bei einem Ausfall der primären Stromversorgung automatisch in Betrieb gehen. Je Gebäude sind 12 NDMA (Modul-Generatoren) mit einer maximalen Feuerungswärmeleistung von 7,91 MW geplant. Insgesamt ergeben sich dadurch 72 NDMA.

Zur Versorgung des Verwaltungsgebäudes ist ein Hausgenerator mit einer Feuerungswärmeleistung von 0,90 MW vorgesehen.

Die Abgasrohre der NDMA (Modul-Generatoren) werden jeweils in Dreiergruppen gebündelt. Die Abgase sollen über Schornsteine mit einer Bauhöhe von 48,5 m über Grund abgeleitet werden.

Bei einem Ausfall der primären Stromversorgung starten zunächst alle Modul-Generatoren mit 25 % Last. („Lastfall A“). Falls bis zu 2 Modul-Generatoren eines Gebäudes ausfallen, werden die restlichen NDMA des Gebäudes auf 100 % Last hochgefahren („Lastfall B“).

Für die Modul-Generatoren und den Hausgenerator sind SCR-Katalysatoren zur Abgasreinigung vorgesehen.

Weiterhin ist ein regelmäßiger Testbetrieb der NDMA geplant. Der Testbetrieb wird für jedes NDMA separat durchgeführt. Lediglich beim jährlich stattfindenden Black Building Test werden alle NDMA eines Gebäudes während 300 Minuten gleichzeitig betrieben.

Die maximal installierte Gesamtfeuerungswärmeleistung aller Notstromdieselaggregate beträgt im Endausbau ca. 571 MW. Damit sind die NDMA genehmigungspflichtig nach § 4 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG (2024)).

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens ist ein Prognosegutachten zur Luftreinhaltung zu erstellen.

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, Messstelle nach § 29b BImSchG und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2021) und Geruchsimmisionsrichtlinie, wurde mit der Erstellung des Gutachtens beauftragt.

Ziel des Gutachtens ist die Herleitung einer maximal möglichen Betriebszeit der NDMA im Parallelbetrieb, sodass alle geltenden Immissionswerte sicher eingehalten werden.

2 Örtliche Verhältnisse

Das Rechenzentrum soll auf den Flurstücken 343 und 457 auf dem Baugrundstück 'Kraftwerkstraße 1' in 03222 Lübbenau, Gemarkung Groß-Klessow, errichtet werden.

Die Koordinaten des Betriebsgeländes betragen in UTM 32N in etwa:

Rechtswert: 32 841 630 bis 32 842 095

Hochwert: 57 55 575 bis 57 55 885

Höhe über NN: 58 m.

Die Umgebung ist geprägt von einer flachen, teilweise sumpfigen Landschaft. Die Region ist bekannt für ihre vielen Wasserwege, Kanäle und Seen, die durch eine charakteristische Auenlandschaft gekennzeichnet sind.

Die Höhe über dem Meeresspiegel ist in Lübbenau relativ niedrig, typischerweise zwischen 40 und 60 Metern. Die Umgebung wird von sanften Hügeln und Moränenlandschaften dominiert, die während der letzten Eiszeit entstanden sind. Diese geologischen Formationen bieten einen Kontrast zu den weitläufigen Wasserflächen und den dichten Wäldern, die die Region prägen. Abbildung 2-1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Lageplan, in dem das Betriebsgelände des geplanten Rechenzentrums rot markiert ist.

Das Betriebsgelände wird im Osten von der Eisenbahnlinie Senftenberg – Borkheide und im Norden von einem Gleis der Preßnitzalbahn und einer angrenzenden Spedition begrenzt. Im Osten und Süden wird das Gelände von einzelnen Gewerbebetrieben begrenzt. Abbildung 2-2 zeigt die nähere Umgebung des geplanten Rechenzentrums im Luftbild.



Abbildung 2-1: Lage des geplanten Rechenzentrums in Lübbenau (rot markiert) und Umgebung.
Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024.



Abbildung 2-2: Luftbild von der näheren Umgebung des geplanten Rechenzentrums (rot umrandet).
(DOP20 Luftbild: © GeoBasis-DE/BKG 2024).

Etwa 350 m östlich des Betriebsgeländes beginnt das Vogelschutzgebiet ‚Spreewald und Lieberoser Endmoräne‘ (DE 4151-421) und das ‚Biosphärenreservat Spreewald‘ (4150-201). Das nächstgelegene FFH-Gebiet ‚Innerer Oberspreewald‘ (Nr. DE 4150-301) ist gleichzeitig ein Naturschutzgebiet und befindet sich etwa 1,7 km Nordöstlich der Betriebsgrenze.

Die Lage der Schutzgebiete ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Die Lage der umliegenden gesetzlich geschützten Biotope ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

Weitere Informationen können der Umweltverträglichkeits-Untersuchung entnommen werden.

Am 25.02.2024 wurden die Örtlichkeiten von uns besichtigt. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Umgebungsbedingungen erfasst.

Schutzgebiete

-  Vogelschutzgebiet
-  Daten aktuell
-  aktuelle Daten noch nicht eingearbeitet
-  Flora-Fauna-Habitat-Gebiet
-  Biosphaerenreservat
-  Naturpark
-  Nationalpark
-  Landschaftsschutzgebiet
-  Naturschutzgebiet

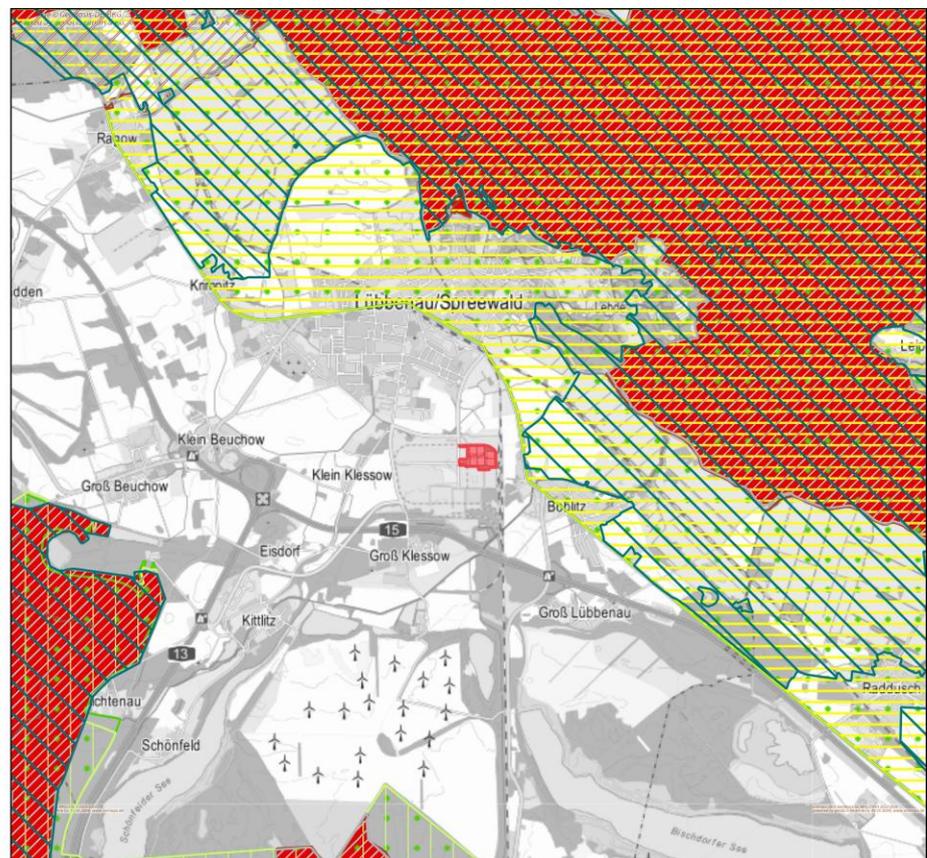
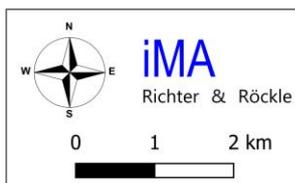


Abbildung 2-3: Lage der Schutzgebiete in der Umgebung des geplanten Rechenzentrums (Betriebsgelände rot umrandet).

Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024.

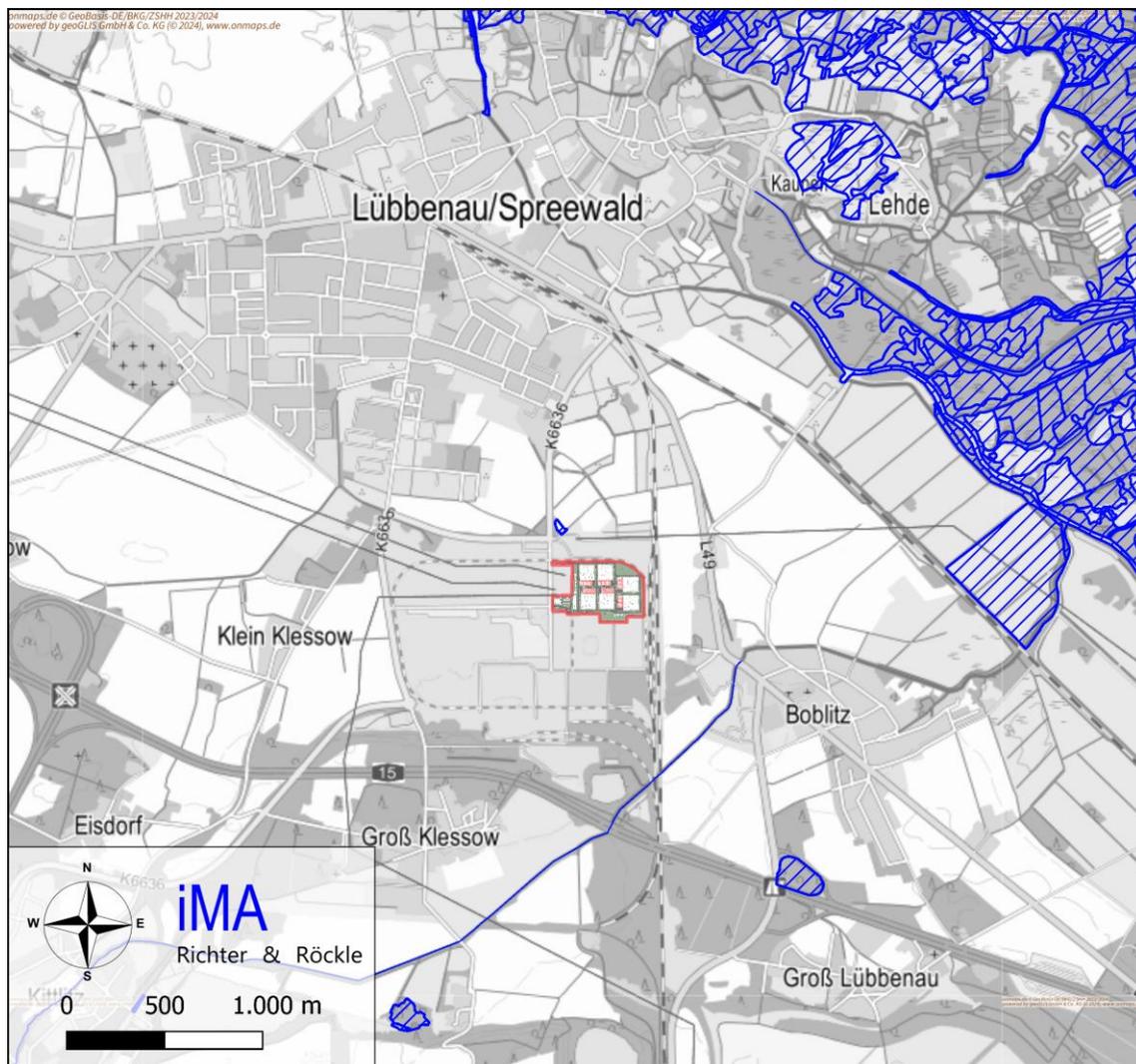


Abbildung 2-4: Lage der gesetzlich geschützten Biotope (blau schraffiert) in der Umgebung des geplanten Rechenzentrums (Betriebsgelände rot umrandet).
Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024.

3 Beschreibung der geplanten Anlage

Der geplante Rechenzentrum-Campus umfasst im Endausbau sechs Gebäude sowie ein Verwaltungsgebäude. Der Campus wird mit insgesamt 73 Notstromdieselmotoranlagen (NDMA) zur Sicherstellung der unterbrechungsfreien Stromversorgung bei einem Ausfall der primären Stromversorgung ausgerüstet. Jedes Gebäude soll über 12 Modul-Generatoren verfügen. Zur Notstrom-Versorgung des Verwaltungsgebäudes ist außerdem ein Hausgenerator vorgesehen.

Die Anzahl der geplanten NDMA sowie die Feuerungswärmeleistung pro Generator sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Die maximal installierte Feuerungswärmeleistung der Anlage beträgt im Endausbau 571 MW (aufgerundet, vgl. Tabelle 3-1).

Bei einem Ausfall der primären Stromversorgung starten zunächst alle 12 Generatoren eines Moduls. Die Leistung des einzelnen Generators wird dabei an den aktuellen Strombedarf des Rechenzentrums zu diesem Zeitpunkt angepasst. Sollten bis zu zwei Generatoren eines Moduls ausfallen, übernehmen die anderen Generatoren. Die Steuerung regelt die verbliebenen 10 Generatoren auf bis zu 100 % Last hoch, um die erforderliche Leistung zur Stromversorgung der angeschlossenen Datenhallen des Rechenzentrums zu erbringen. Die Feuerungswärmeleistung der Notstromgeneratoren ist damit nicht konstant, sondern wechselt, je nach den betrieblichen Anforderungen im Fall eines Ausfalls der Netzstromversorgung.

Die im tatsächlichen Notstrombetrieb nutzbare Feuerungswärmeleistung beträgt damit 475,5 MW.

Tabelle 3-1: Anzahl NDMA und maximal installierte Feuerungswärmeleistung.

Modul	Anzahl NDMA	FWL [MW] bei 100 % Last pro NDMA	FWL [MW] bei 100 % Last Summe
Gebäude 31			
Modul-Generator	12	7,91	94,9
Gebäude 32			
Modul-Generator	12	7,91	94,9
Gebäude 33			
Modul-Generator	12	7,91	94,9
Gebäude 34			
Modul-Generator	12	7,91	94,9
Gebäude 35			
Modul-Generator	12	7,91	94,9

Gebäude 36			
Modul-Generator	12	7,91	94,9
Verwaltungsgebäude			
Hausgenerator	1	0,90	0,90
Gesamt	73	-	571 (aufgerundet)

Die Netzersatzanlagen sollen angrenzend an das jeweilige Gebäude positioniert werden. Die Abgasrohre werden je Gebäude zu 4 Schornsteingruppen mit je 3 Schornsteinen gebündelt.

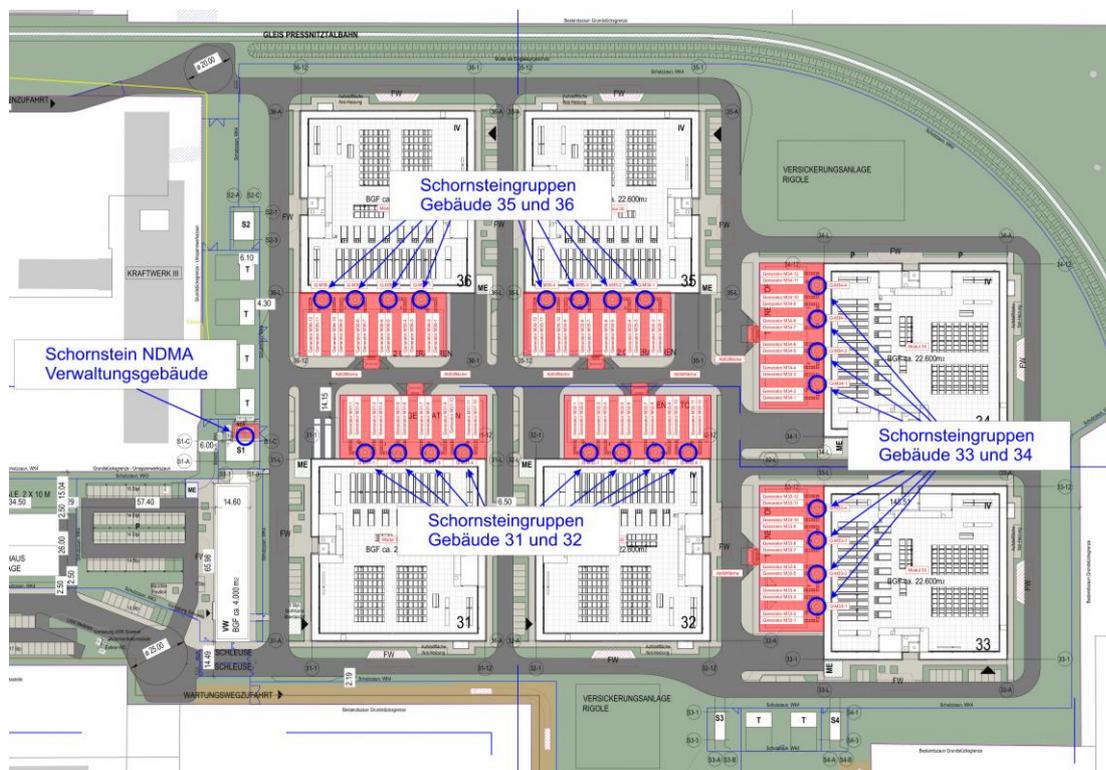


Abbildung 3-1: Lage der Gebäude und der Schornsteingruppen auf dem Betriebsgelände.
Kartengrundlage: 1178_ZZ.XX_AAEHS_GR.XX_P.RUP_1002_3.01.zP.pdf

Die Modul-Generatoren und der Hausgenerator werden mit SCR-Katalysatoren ausgestattet. Partikelfilter sind weder für die Modul-Generatoren, noch für den Hausgenerator geplant. Die Abgasrohre der Modul-Generatoren werden jeweils zu Dreier-Schornsteingruppen gebündelt. Die Abluft des Hausgenerators wird einzeln abgeführt. Die genaue Geometrie der Bündelungen ist in Kapitel 4.5 beschrieben. Im Folgenden wird die Betriebsweise der NDMA im Notstrombetrieb beschrieben.

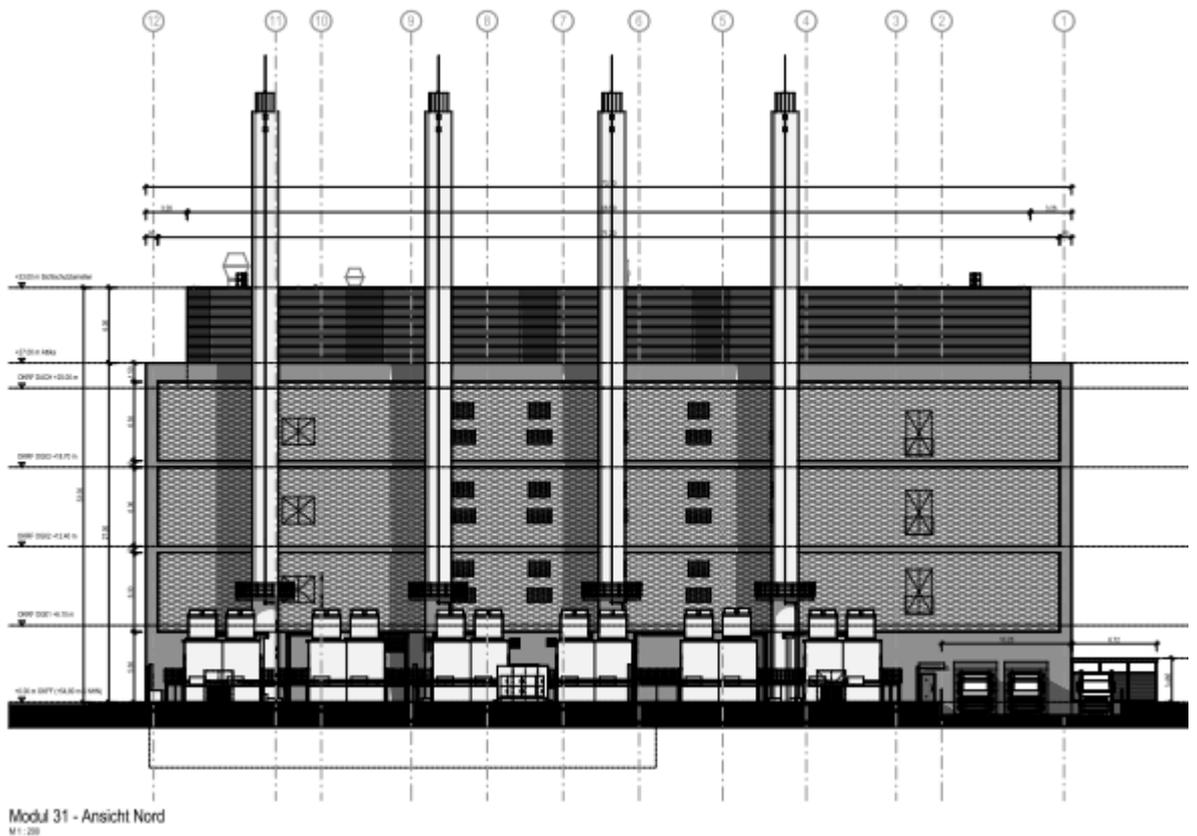


Abbildung 3-2: Ansicht Nordfassade von Gebäude 31.

3.1 Notstrombetrieb

Bei einem Ausfall der primären Stromversorgung gehen zunächst alle 72 Modul-Generatoren mit bis zu 25 % Last in Betrieb und übernehmen die Stromversorgung des Rechenzentrums („Lastfall A“). Der Hausgenerator dient zur Stromversorgung des Verwaltungsgebäudes bei einem Stromausfall. Er startet mit bis zu 100% Last.

Falls bis zu 2 Modul-Generatoren eines Gebäudes ausfallen, werden die restlichen 10 NDMA des Gebäudes auf 100 % Last hochgefahren („Lastfall B“). Der Hausgenerator startet mit bis zu 100 % Last.

In Tabelle 3-2 sind die Lastfälle A und B für alle Gebäude beschrieben.

In Kapitel 3.2 werden die Betriebsweisen der Aggregate im Testbetrieb beschrieben.

Tabelle 3-2: Beschreibung Lastfall A und Lastfall B mit Angabe der Feuerungswärmeleistungen (FWL).

Generator	Netzersatzbetrieb		Netzersatzbetrieb		Schornstein- gruppe
	Lastfall A		Lastfall B		
	Last	MW	Last	MW	
Data Hall Generator 31-1	25%	2,21	0%	0,0	Q-31-1
Data Hall Generator 31-2	25%	2,21	0%	0,0	
Data Hall Generator 31-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-4	25%	2,21	100%	7,91	Q-31-2
Data Hall Generator 31-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-31-3
Data Hall Generator 31-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-31-4
Data Hall Generator 31-11	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 31-12	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-1	25%	2,21	100%	0,0	Q-32-1
Data Hall Generator 32-2	25%	2,21	100%	0,0	
Data Hall Generator 32-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-4	25%	2,21	100%	7,91	Q-32-2
Data Hall Generator 32-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-32-3
Data Hall Generator 32-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 32-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-32-4
Data Hall Generator 32-11	25%	2,21	100%	7,91	

Generator	Netzersatzbetrieb		Netzersatzbetrieb		Schornstein- gruppe
	Lastfall A		Lastfall B		
	Last	MW	Last	MW	
Data Hall Generator 32-12	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-1	25%	2,21	0%	0,0	Q-33-1
Data Hall Generator 33-2	25%	2,21	0%	0,0	
Data Hall Generator 33-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-4	25%	2,21	100%	7,91	Q-33-2
Data Hall Generator 33-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-33-3
Data Hall Generator 33-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-33-4
Data Hall Generator 33-11	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 33-12	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-1	25%	2,21	0%	0,0	Q-34-1
Data Hall Generator 34-2	25%	2,21	0%	0,0	
Data Hall Generator 34-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-4	25%	2,21	100%	7,91	Q-34-2
Data Hall Generator 34-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-34-3
Data Hall Generator 34-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-34-4
Data Hall Generator 34-11	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 34-12	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-1	25%	2,21	0%	0,0	Q-35-1
Data Hall Generator 35-2	25%	2,21	0%	0,0	
Data Hall Generator 35-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-4	25%	2,21	100%	7,91	Q-35-2
Data Hall Generator 35-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-35-3
Data Hall Generator 35-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-35-4
Data Hall Generator 35-11	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 35-12	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-1	25%	2,21	0%	0,0	Q-36-1

Generator	Netzersatzbetrieb		Netzersatzbetrieb		Schornstein- gruppe
	Lastfall A		Lastfall B		
	Last	MW	Last	MW	
Data Hall Generator 36-2	25%	2,21	0%	0,0	Q-36-2
Data Hall Generator 36-3	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-4	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-5	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-6	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-7	25%	2,21	100%	7,91	Q-36-3
Data Hall Generator 36-8	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-9	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-10	25%	2,21	100%	7,91	Q-36-4
Data Hall Generator 36-11	25%	2,21	100%	7,91	
Data Hall Generator 36-12	25%	2,21	100%	7,91	
Hausgenerator	100 %	0,90	100%	0,90	Q-VW
FWL Lastfall A:		160,02	FWL Lastfall B:	475,5	

3.2 Testbetrieb

Die NDMA werden regelmäßig getestet. Die Häufigkeit, Dauer und der Lastzustand des jeweiligen Testbetriebs sind in Tabelle 3-3 dargestellt.

Für jedes Modul-Gebäude ist ein Black Building Test über fünf Stunden pro Jahr geplant, in dem alle Generatoren eines Moduls gleichzeitig betrieben werden. Somit findet bei sechs Module-Gebäuden während 30 h/a ein Parallelbetrieb von Aggregaten statt.

Bei den anderen Testbetrieben werden die Generatoren einzeln betrieben.

In den nach 44. BImSchV vorgeschriebenen Abständen finden außerdem Emissionsmessungen statt. Wenn Emissionsmessungen durchgeführt werden, wird der reguläre monatliche Testlauf auf eine Dauer von 150 Minuten verlängert. Auch bei den Emissionsmessungen läuft jeder Generator einzeln.

Aus dem vorgesehenen Testbetrieb ergibt sich eine Testbetriebszeit von insgesamt 20 Stunden pro Jahr (inklusive Emissionsmessung) je Generator (vgl. Tabelle 3-4). Von diesen 20 h/a laufen während fünf Stunden alle Generatoren eines Gebäudes parallel (Black Building Test pro Gebäude).

Bei insgesamt 73 Data Hall-Generatoren am Standort errechnet sich daraus in Summe über alle Generatoren eine jährliche Betriebszeit im Regelbetrieb der NDMA (Testbetrieb und Emissionsmessungen) von 1.125 h/a (15 h/a Einzelbetrieb der Generatoren ergibt in Summe 1.095 h/a und zusätzlich 5 h/a Parallel-Testbetrieb pro Gebäude ergibt zusätzlich 30 h/a).

Tabelle 3-3: Beschreibung des Testbetriebs je Generator.

Testbetrieb Modul-Generator			
Testzeiten	Dauer	Lastzustand	Art
	Minuten	%	
1 x pro Monat	60	30	Funktionstest
1 x pro Quartal	90	30	Funktionstest
1 x pro Jahr	150	100	Emissionsmessung
1 x pro Jahr	300	100	Black Building Test pro Gebäude
Testbetrieb Haus-Generator			
1 x pro Monat	60	30	Funktionstest
1 x pro Quartal	90	30	Funktionstest
1 x pro Jahr	150	100	Emissionsmessung

Eine mögliche zeitliche Verteilung des Testbetriebs kann Tabelle 3-4 entnommen werden.

Tabelle 3-4: Mögliche zeitliche Verteilung des Testbetriebs (Beispiel für einen Generator).

Testbetrieb Generator			
Testzeiten	Dauer	Lastzustand	einzel/zusammen
	Minuten	%	
Januar	60	30	einzel
Februar	60	30	einzel
März	90	30	einzel
April	60	30	einzel
Mai	60	30	einzel
Juni	150	100	Emissionsmessung, einzel
Juli	60	30	einzel
August	60	30	einzel
September	90	30	einzel
Oktober	60	30	einzel
November	60	30	einzel

Testbetrieb Generator			
Testzeiten	Dauer	Lastzustand	einzeln/zusammen
	Minuten	%	
Dezember	90	30	einzeln
	300	100	Black Building Test pro Gebäude
Testbetriebszeit pro Generator: 20 h/a			

3.3 Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme der NDMA müssen diese einer einmaligen Inbetriebnahmeprüfung unterzogen werden.

Da es sich um ein einmaliges Ereignis handelt, ist die Inbetriebnahme in der Immissionsprognose nicht zu betrachten.

Außerdem zählt die Inbetriebnahme der Generatoren zur Errichtungsphase des Rechenzentrums.

4 Emissionsseitige Eingangsdaten für die Immissionsprognose

4.1 Betriebsweisen

Zur Herleitung der Anzahl an Betriebsstunden ist gemäß Leitfaden des Regierungspräsidiums Darmstadt (2017)¹ nur der Parallelbetrieb der NDMA, wie er zum Beispiel im Notbetrieb stattfindet, zu berücksichtigen.

Im Testbetrieb findet nur während des Black Building Tests je Gebäude ein Parallelbetrieb von NDMA statt. Dieser beträgt in Summe 30 h/a und muss von der für den Notbetrieb der Aggregate ermittelten Betriebszeit abgezogen werden.

Für die anderen Testbetriebe liegen keine zeitlichen Überschneidungen von Generatorlaufzeiten vor.

Zur Herleitung der Anzahl an zulässigen Betriebsstunden der NDMA wird nur der Notbetrieb betrachtet.

In der Immissionsprognose werden zwei Lastfälle untersucht:

- **Lastfall A:** 72 Modul Generatoren werden mit 25 % Last betrieben, 1 Hausgenerator mit 100 % Last.
- **Lastfall B:** 60 Modul Generatoren werden mit 100 % Last betrieben, 12 Modul Generatoren mit 0 % Last, 1 Hausgenerator mit 100 % Last.

In Lastfall B werden höhere Emissionen als in Lastfall A freigesetzt. Allerdings steigt in Lastfall A die Abgasfahne weniger hoch auf, sodass auch dieser Fall zu betrachten ist.

4.2 Betrachtete Schadstoffe

Beim Betrieb der Notstromdieselmotoranlagen sind folgende Schadstoffe immissionsseitig von Bedeutung:

- Stickstoffoxide (NO_x) sowie die Einzelstoffe NO₂ und NO,
- Staub,
- Schwefeldioxid (zur Ermittlung des Säureeintrags in die FFH-Gebiete und in die gesetzlich geschützten Biotope/Biotopkomplexe),

¹ **Leitfaden des RP Darmstadt** (2017): Leitfaden zur Ermittlung von Schornsteinmindesthöhen und zulässiger maximaler Betriebszeiten durch Immissionsprognosen in Genehmigungsverfahren für Rechenzentren (RZ) mit Notstromdieselmotoranlagen (NDMA).
https://rp-darmstadt.hessen.de/sites/rp-darmstadt.hessen.de/files/2022-03/leitfaden_zur_ermittlung_von_schornsteinmindesthoeehen.pdf

- Ammoniak (wegen des Einsatzes eines SCR-Katalysators und zur Ermittlung des Stickstoff- und Säureeintrags in die FFH-Gebiete und in die gesetzlich geschützten Biotope/Biotopkomplexe) und
- Gerüche.

Die Emissionskonzentrationen der o.g. Stoffe werden auf Basis der Herstellerangaben der NDMA (vgl. Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate auf S. 135 ff.) unter Berücksichtigung der 44. BImSchV und des Leitfadens des Regierungspräsidiums Darmstadt (2017) angesetzt. Die weiteren emissionsseitigen Eingangsdaten werden ebenfalls den Angaben des Motorherstellers entnommen.

Die eingesetzten Motortypen sind in Tabelle 4-1 aufgeführt.

Tabelle 4-1: Eingesetzte Motortypen.

	Modul-Generator und redundante Modul-Generatoren	Hausgenerator
Hersteller	MTU	Volvo
Motortyp	20V4000G94LF	TAD1382GE
Max. Feuerungswärmeleistung	7,91 MW	0,90 MW
Abgasreinigung	SCR-Katalysator	SCR-Katalysator

Die Motoren werden ausschließlich mit Dieselmotoren betrieben. Schwefelarmes Heizöl kommt gemäß Angabe des Betreibers nicht zum Einsatz.

Die Abgasableitungen der Aggregate werden in insgesamt 24 Dreier-Schornsteingruppen gebündelt (siehe Kapitel 3). Die Abluft des Hausgenerators wird über einen einzelnen freistehenden Schornstein abgeleitet.

4.3 Massenkonzentrationen und Massenströme

4.3.1 Modul-Generator MTU 20V4000G94LF

Der Massenstrom eines Schadstoffes errechnet sich folgendermaßen:

$$\text{Massenstrom (mg/h)} = \text{Emissionskonzentration (mg/m}^3\text{)} \times \text{trockener Volumenstrom i.N. (m}^3\text{/h)}$$

Durch Multiplikation mit dem Faktor 10^{-6} erhält man den Massenstrom in kg/h.

Tabelle 4-2 enthält die Abgas-Volumenströme, Emissionskonzentrationen („not to exceed“) und Emissionsmassenströme einer NDMA vom Typ MTU 20V4000G94LF beim Notstrombetrieb

- a) mit 100 % Last und
- b) mit 25 % Last.

Die Angaben in Tabelle 4-2 in schwarzer Schrift wurden uns vom Motorhersteller MTU übermittelt und können „Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate“ ab Seite 135 ff. entnommen werden. Die Angaben in blauer Schrift wurden von uns berechnet oder basieren auf konservativen Ansätzen von uns.²

Konservativ werden die berechneten Emissionsmassenströme mit einem Sicherheitszuschlag von 10 % versehen. Diese Emissionsmassenströme fließen in die Ausbreitungsrechnung ein. Sie sind in Tabelle 4-2 gelb unterlegt.

Für Formaldehyd werden nur die Emissionsmassenströme ausgewiesen. Eine Ausbreitungsrechnung für diesen Stoff entfällt, da keine belastbaren Immissionsbeurteilungswerte vorliegen.

Tabelle 4-2: Volumenströme und Emissionskonzentrationen je Modul-Generator im **Notbetrieb**, **Motortyp 20V4000G94LF** (schwarze Schrift: Angaben der Fa. MTU, blaue Schrift: von uns berechnete Werte).

	Einheit	Modul-Generator	
		MTU 20V4000G94LF	
		Lastfall 100 %	Lastfall 25 %
Feuerungswärmeleistung	MW	7,91	2,21
Kraftstoffverbrauch	kg/h	668	188
Betriebs-O ₂ -Gehalt	%	9,8	12,9
Bezugs-O ₂ -Gehalt	%	5	5
Volumenstrom i. N. tr. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	13 464	5076
Volumenstrom i. N. tr. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	13 000	5030
Volumenstrom i. N. f. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	14 544	5364
Volumenstrom i. N. f. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	14 000	5310
Volumenstrom im Betrieb (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	41 004	13 500
Volumenstrom im Betrieb (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	38 820	13 270

² Die im Rahmen einer eigenen Verbrennungsrechnung hergeleiteten Volumenströme sind nahezu identisch mit den vom Motorhersteller angegebenen. Konservativ wurde zur Berechnung der Emissionsmassenströme der jeweils höhere der beiden Volumenströme verwendet.

	Einheit	Modul-Generator	
		MTU 20V4000G94LF	
		Lastfall 100 %	Lastfall 25 %
Abgastemperatur Ausgang Motor	°C	483,9	409
Stickstoffoxide (NO_x)			
NO _x - Emissionskonzentration* (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt) vor SCR	mg/m ³	3430	3011
NO _x - Emissionskonzentration* (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt) nach SCR	mg/m ³	250*	250*
NO _x - Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt) vor SCR	mg/m ³	2401	1524
NO _x - Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt) nach SCR	mg/m ³	175	127
NO _x -Massenstrom vor SCR	kg/h	32,33	7,74
NO _x -Massenstrom nach SCR	kg/h	2,36	0,64
NO _x -Massenstrom vor SCR (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	35,56	8,51
NO _x -Massenstrom nach SCR (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	2,59	0,71
Schwefeldioxid (SO₂)			
SO ₂ - Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	1,47****	1,47****
SO ₂ - Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	1,03	0,74
SO ₂ -Massenstrom	kg/h	0,014	0,004
SO ₂ -Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,015	0,004
Staub			
Staub- Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	50**	50**
Staub- Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	35,0	25,3
Staub-Massenstrom	kg/h	0,47	0,13
Staub-Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,52	0,14
Ammoniak (NH₃)			
NH ₃ -Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	15*	15*

	Einheit	Modul-Generator	
		MTU 20V4000G94LF	
		Lastfall 100 %	Lastfall 25 %
NH ₃ -Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	10,5	7,6
NH ₃ -Massenstrom	kg/h	0,141	0,039
NH ₃ -Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,156	0,042
Formaldehyd (HCOH)			
HCOH- Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	20***	20***
HCOH- Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	14,0	10,1
HCOH-Massenstrom	kg/h	0,19	0,051
HCOH-Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,21	0,057
Kohlenmonoxid (CO)			
CO- Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	181*	432*
HCOH- Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	126,7	218,7
CO-Massenstrom	kg/h	1,71	1,11
CO-Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	1,88	1,22

* „Not to exceed“-Werte laut Herstellerangabe

** Emissionsgrenzwert nach §16, (5) der 44. BImSchV

*** Emissionsgrenzwert nach §16, (10) der 44. BImSchV

**** Gemäß Kapitel 3.1.2 im Leitfaden des RP Darmstadt (2017)

Hinweis: Bei den in dieser und den folgenden Tabellen dargestellten Emissionswerten handelt es sich um Garantiewerte des Herstellers, die nicht überschritten werden. Konservativ werden für die Ausbreitungsrechnung die um 10 % höheren Massenströme angesetzt. Diese sind in den Tabellen gelb unterlegt.

Gemäß Angaben des Herstellers der Abgasbehandlungsanlagen MTU beträgt der Primär-NO₂-Anteil der Modul-Generatoren unter Berücksichtigung des SCR-Katalysators < 25 % für alle Lastzustände.

Auch für den Hausgenerator wird ein NO₂-Anteil von < 25 % angesetzt.

Der NO₂-Emissionsmassenstrom für die Ausbreitungsrechnung wird demnach unter der Annahme berechnet, dass 25 % der emittierten Stickoxide in Form von NO₂ vorliegen.

Die Umwandlung von NO zu NO₂ während der Ausbreitung wird vom Rechenmodell berücksichtigt. Zur Berechnung des NO-Massenstroms muss der entsprechende Anteil (hier: 75 %) mit dem Verhältnis der Molmassen von NO und NO₂ von 30/46 multipliziert werden.

4.3.2 Hausgenerator Volvo TAD1382GE

Tabelle 4-3 enthält die Abgas-Volumenströme und Emissionsmassenströme einer NDMA vom Typ Volvo TAD1382GE beim Notstrombetrieb mit 100 % Last.

Für den Hausgenerator liegen nur Eckdaten wie die Feuerungswärmeleistung vom Motorhersteller vor. Deshalb wurden die Werte von uns berechnet oder basieren auf konservativen Annahmen.

Ein Datenblatt zum Hausgenerator mit Angaben zu den Emissionen kann „Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate“ ab Seite 135 ff entnommen werden. Dem Datenblatt kann entnommen werden, dass die im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen angesetzten und im Folgenden dargestellten Emissionsmassenströme höher als die vom Hersteller ausgewiesenen Massenströme sind.

Die berechneten Emissionsmassenströme wurden zusätzlich mit einem Sicherheitszuschlag von 10 % versehen. Diese Emissionsmassenströme sind in Tabelle 4-3 gelb unterlegt und fließen in die Ausbreitungsrechnung ein.

Für den Hausgenerator ist ebenfalls ein SCR-Katalysator vorgesehen, der die NO_x-Emissionskonzentration im Abgas auf 250 mg/m³ reduziert.

Für die Staub-Emissionen wird eine Emissionskonzentration von 50 mg/m³ angenommen. Dies entspricht dem Emissionsgrenzwert nach § 16, (5) der 44. BImSchV. Der Hausgenerator unterliegt auf Grund seiner Feuerungswärmeleistung von < 1 MW zwar nicht der 44. BImSchV, die vorliegenden Daten des Motors in Anhang 3 zeigen jedoch, dass die Emissionskonzentration von 50 mg/m³ unterschritten wird.

Auch für die Ammoniak-Emissionskonzentration wird der Emissionsgrenzwert der 44. BImSchV von 30 mg/m³ angesetzt.

Tabelle 4-3: *Volumenströme und Emissionskonzentrationen für den Hausgenerator im **Notbetrieb**, **Motortyp 12V1600 G10F** (blaue Schrift: von uns berechnete Werte).*

	Einheit	Hausgenerator Volvo TAD1382GE Lastfall 100%
Feuerungswärmeleistung	MW	0,90
Kraftstoffverbrauch	kg/h	77
Betriebs-O ₂ -Gehalt	%	9,43
Volumenstrom i. N. tr. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	1440

	Einheit	Hausgenerator Volvo TAD1382GE Lastfall 100%
Volumenstrom i. N. f. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	1550
Volumenstrom im Betrieb (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	4190
Abgastemperatur Ausgang Motor	°C	465
Stickstoffoxide (NO_x)		
NO _x - Emissionskonzentration* (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt) nach SCR	mg/m ³	250
NO _x - Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt) nach SCR	mg/m ³	180,8
NO _x -Massenstrom nach SCR	kg/h	0,26
NO _x -Massenstrom nach SCR (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,29
Schwefeldioxid (SO₂)		
SO ₂ - Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	1,47****
SO ₂ - Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	1,06
SO ₂ -Massenstrom	kg/h	0,002
SO ₂ -Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,002
Staub		
Staub- Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	50**
Staub- Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	36,2
Staub-Massenstrom	kg/h	0,05
Staub-Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,06
Ammoniak (NH₃)		
NH ₃ -Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	30*****
NH ₃ -Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	21,7
NH ₃ -Massenstrom	kg/h	0,031

	Einheit	Hausgenerator Volvo TAD1382GE Lastfall 100%
NH ₃ -Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,034
Formaldehyd (HCOH)		
HCOH- Emissionskonzentration (bezogen auf Bezugs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	60***
HCOH- Emissionskonzentration (bezogen auf Betriebs-O ₂ -Gehalt)	mg/m ³	43,4
HCOH-Massenstrom	kg/h	0,062
HCOH-Massenstrom (10 % Sicherheitszuschlag)	kg/h	0,069

* „Not to exceed“-Werte laut Herstellerangabe

** Emissionsgrenzwert nach §16, (5) der 44. BImSchV

*** Emissionsgrenzwert nach §16, (10) der 44. BImSchV

**** Gemäß Kapitel 3.1.2 im Leitfaden des RP Darmstadt (2017)

***** Emissionsgrenzwert 44. BImSchV

Der Primär-NO₂-Anteil wird in Analogie zu den Data Hall-Generatoren beim Hausgenerator mit 25 % der NO_x-Emission angesetzt.

4.4 Zusammenfassung der Massenströme

Für die Schornsteingruppen des Rechenzentrums in Lübbenau ergeben sich in der Summe die in Tabelle 4-4 aufgeführten Emissionsmassenströme beim Notstrombetrieb in den zwei Lastfällen A und B.

Auf die Darstellung der Formaldehyd-Emissionen wird verzichtet, da für Formaldehyd keine Ausbreitungsrechnung durchgeführt wird.

Tabelle 4-4: Volumenströme und Emissionsmassenströme der Schornsteingruppen des Rechenzentrums im Notstrombetrieb im **Lastfall A** und **Lastfall B**.

	Einheit	Lastfall A		Lastfall B		
		3 NDMA	Hausgenerator	3 NDMA	1 NDMA	Hausgenerator
		(25 % Last)	100 % Last	(100 % Last)	(100 % Last)	(alle 100 % Last)
Volumenstrom i. N. tr. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	15 228	1440	40 392	13 464	1440
Volumenstrom i. N. f. (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	16 092	1550	43 632	14 544	1550
Volumenstrom im Betrieb (beim Betriebs-O ₂ -Gehalt)	m ³ /h	40 500	4190	123 012	41 004	4190
NO_x						
NO _x -Massenstrom	kg/h	2,12	0,29	7,78	2,59	0,29
SO₂						
SO ₂ -Massenstrom	kg/h	0,01	0,002	0,05	0,02	0,002
NH₃						
NH ₃ -Massenstrom	kg/h	0,13	0,03	0,47	0,16	0,03
Staub						
Staub-Massenstrom	kg/h	0,42	0,06	1,56	0,52	0,06

4.5 Ermittlung der Abgasfahnenüberhöhung

Die Berücksichtigung einer Abgasfahnenüberhöhung im Notbetrieb ist bei der geplanten Anlage für die Data Hall Generatoren nach VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 (2022) sachgerecht, da bei der in Kapitel 6 ermittelten Schornsteinbauhöhe von 48,5 m über Grund ein ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung vorliegt.

Die Abgasfahnenüberhöhung für die Data Hall Generatoren wird mit dem Überhöhungsmodell PLURIS, das im Ausbreitungsmodell der TA Luft (2021) integriert ist, berücksichtigt.

Für den freistehenden Schornstein des Hausgenerators muss auf Grund statischer und technischer Gründe eine niedrigere Schornsteinhöhe realisiert werden, die nicht die Anforderung nach einem ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung erfüllt.

Für den Hausgenerator wird deswegen keine Abgasfahnenüberhöhung in den Berechnungen angesetzt.

4.5.1 Eingangsdaten zur Ermittlung der Abgasfahnenüberhöhung

Eingangsdaten für das Überhöhungsmodell sind der lichte Mündungsdurchmesser, die Abgas-Austrittsgeschwindigkeit und die Austrittstemperatur des Abgases an der Schornsteinmündung.

Lichter Mündungsdurchmesser

Die Schornsteine der Modul- Generatoren besitzen einen lichten Mündungsdurchmesser von 0,7 m. Der Außendurchmesser inklusive Wärmedämmung beträgt 0,86 m.

Das Abgasrohr des Hausgenerators weist einen lichten Mündungsdurchmesser von 0,8 m auf. Wir empfehlen, den lichten Mündungsdurchmesser des Hausgenerators an der Schornsteinmündung auf 0,4 m zu verjüngen, um eine bessere Ablösung des Abgases zu ermöglichen.

Abgastemperatur an der Schornsteinmündung

Die Abgastemperaturen an der Schornsteinmündung werden gemäß Kapitel 3.2.1 des Leitfadens des RP Darmstadt (2017) ermittelt. Die mittlere Länge der wärme gedämmten Abgasleitungen vom Motor zur Schornsteinmündung kann mit maximal 65 m abgeschätzt werden.

Damit ergibt sich nach der Formel in Kapitel 3.2.1 des Leitfadens des RP Darmstadt (2017) eine Reduzierung der Abgastemperatur vom Motor bis zur Schornsteinmündung von ca. 20 °C, bezogen auf die Temperatur am Eintritt in die Abgasleitung.

Konservativ werden die so berechneten Temperaturen an der Schornsteinmündung nochmals reduziert, was eine geringere Abgasfahnenüberhöhung und – wegen der Ausbreitung in geringeren Höhen – höhere bodennahe Immissionen zur Folge hat.

Abgas-Austrittsgeschwindigkeit

Zur Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit des Abgases an der Schornsteinmündung wird der feuchte Volumenstrom im Normzustand (in m³/h) auf den Volumenstrom bei der Abgastemperatur

an der Schornsteinmündung hochgerechnet (Volumenstrom im Betriebszustand) und durch die lichte Austrittsfläche dividiert.

Wasserbeladung des Abgases

Der Wassergehalt des Abgases wird aus dem feuchten und trockenen Volumenstrom im Normzustand berechnet.

Die Abgastemperaturen an der Schornsteinmündung, die Abgas-Austrittsgeschwindigkeit sowie der Wassergehalt des Abgases der Modul-Generatoren bei 100 % Last sowie im Leerlauf können Tabelle 4-5 entnommen werden.

Tabelle 4-5: Abgastemperatur, Abgasaustrittsgeschwindigkeit und Wassergehalt des Abgases je Modul-Generator bei 100 % Last und 25 % Last.

	Einheit	Modul-Generator bei 100 % Last	Modul-Generator bei 25 % Last
Temperatur Ausgang Motor	°C	483,9	409
Temperatur Schornsteinmündung *	°C	464,4*	389,5
Angesetzte Temperatur	°C	430	350
Lichter Mündungsdurchmesser	m	0,7	
Lichte Austrittsfläche	m ²	0,385	
Volumenstrom i.N. f.	m ³ /h	14 000	5310
Volumenstrom im Betrieb (Schornsteinmündung)	m ³ /h	36 051	12 118
Abgas-Austrittsgeschwindigkeit	m/s	26,0	8,7
Wasserbeladung	kg/kg tr.	0,0478	0,0346

* Gemäß Leitfaden des RP Darmstadt (2017) für eine wärmegeämmte Abgasleitung.

4.5.2 Berücksichtigung der Quellkonfigurationen bei der Abgasfahnenüberhöhung

Abbildung 4-1 zeigt die Schornsteinanordnung der Dreier-Schornsteingruppen für den geplanten Rechenzentrum-Campus in Lübbenau. Der Abbildung können die Abstände zwischen den Abgasrohren innerhalb der Schornsteingruppe sowie der Durchmesser der Umhüllenden (fiktive Baufläche) entnommen werden.

Der Abstand zwischen den Schornsteinen der Modul-Generatoren beträgt 0,12 m. Somit ist der Abstand zwischen den Abgasrohren geringer als zwei Abgasrohr-Durchmesser. Außerdem erfüllt die Anordnung die Anforderung der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 (2022) nach einer kompakten Anordnung (alle äußeren Schornsteine berühren einen Kreis, der die angenommene Baufläche umschreibt).

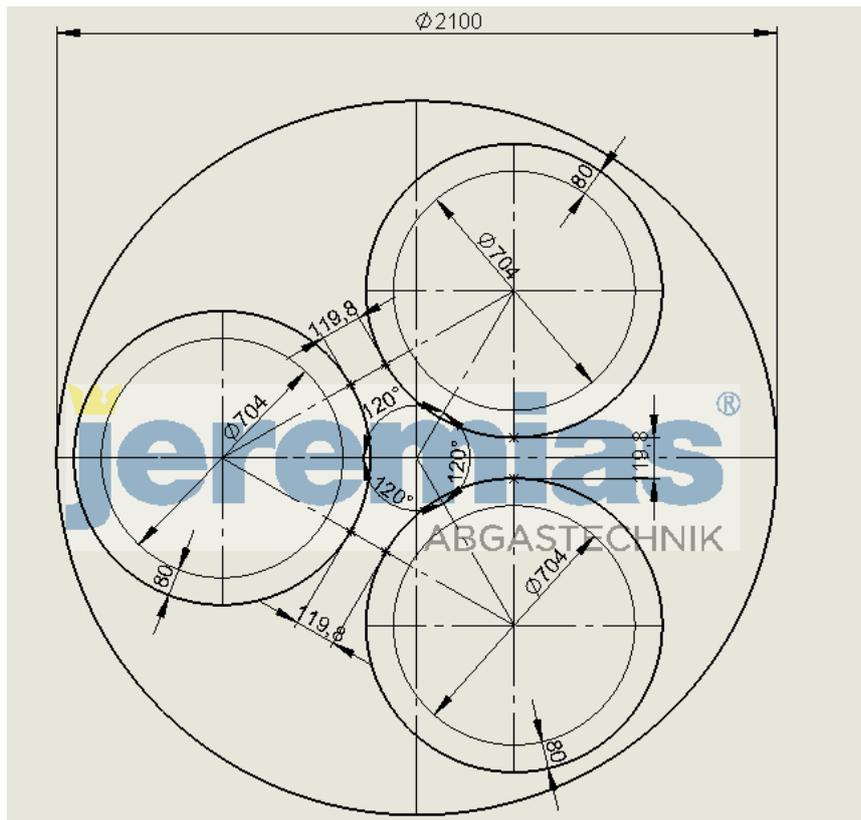


Abbildung 4-1: Anordnung der Schornsteine in den Dreier-Gruppen.

Gemäß VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 kann somit eine Überhöhungsberechnung wie bei Einzelschornsteinen auf Basis der Äquivalenzwerte erfolgen.

Nach Fließbild 4 in der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 ist zudem zu prüfen, ob der Schornstein als Baukörper explizit modelliert werden muss. Da die gedachte Baufläche um die Abgasrohre einen Durchmesser von 2,1 m aufweist, ist dies nach Abfrage A4 (Breite des Schornsteins < 4 m) nicht der Fall.

Abfrage A5 des Fließbilds 4 der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 (2022) sieht eine Bestimmung der aktiven Austrittsfläche der Schornstein-Cluster vor. Die aktive Austrittsfläche der Generatoren je Gruppe sollte größer als 25 % der (fiktiven) Baufläche sein.

Die fiktive Baufläche berechnet sich mit einem Durchmesser der Umhüllenden von 2,1 m zu 3,46 m². Für die Dreier-Schornsteingruppen errechnet sich bei drei aktiven Abgaszügen eine

aktive Austrittsfläche von ca. 33 % der Baufläche. Beim Ausfall von zwei Generatoren in der Gruppe beträgt die aktive Austrittsfläche noch ca. 11 % der Baufläche.

In diesem Fall sieht die VDI 3782, Blatt 3 eine „individuelle Erhöhung des Stack-tip Downwash“ vor. Ein „Stack-tip Downwash“ kann auftreten, wenn sich im Lee von Schornsteinen eine Unterdruckzone ausbildet, die einen Teil der Abgasfahne herabzieht. Gemäß VDI 3782, Blatt 3 tritt dieser Effekt auf, wenn „das Verhältnis von Austrittsgeschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit in Höhe der Schornsteinmündung kleiner als ein kritischer Wert ist.“

Die VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 führt in der „Entscheidung E5“ aus, dass wenn die aktive Austrittsfläche < 25 % der Baufläche beträgt und mit einem „Stack-tip Downwash“ zu rechnen ist, „*der im Modell integrierte Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Stack-tip Downwashes weiter abzumindern ist, um den Einfluss des Baukörpers auf die Abgasfahne angemessen zu berücksichtigen. Der Wert ist im Einzelfall festzulegen*“.

Bei nur noch einer aktiven NDMA in einer Schornsteingruppe wird deshalb der modellinterne Reduktionsfaktor „rf“ in der AUSTAL-Version 3.3.0 in der Ausbreitungsrechnung angepasst. Die VDI 3782, Blatt 3 enthält keine Vorgaben wie der Reduktionsfaktor in diesen Fällen anzupassen ist.

Konservativ wird der Reduktionsfaktor „rf“ mit 0,01 angesetzt. Dies bedeutet, dass in den Jahrestunden, in denen ein „Stack-tip Downwash“ auftreten kann, praktisch keine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt wird. In Lastfall B wird somit jeweils für die Schornsteingruppe, bei der zwei NDMA auf Ausfall gesetzt sind, der Reduktionsfaktor für den „Stack-tip Downwash“ auf 0,01 reduziert. Für die anderen Schornsteingruppen in Lastfall B ist jedoch keine Anpassung des Reduktionsfaktors notwendig.

5 Vergleich mit den Bagatellmassenströmen nach TA Luft

Tabelle 5-1 enthält die Massenströme von NO_x, Partikel (PM_{2,5}) und SO₂ sowie die zugehörigen Bagatellmassenströme für den Endausbau (72 NDMA zzgl. ein Hausgenerator).

Tabelle 5-1: Vergleich der Emissionsmassenströme mit den Bagatellmassenströmen nach Nr. 4.6.1.1 TA Luft (2021) im **Lastfall A** und **Lastfall B**.

Stoff	Bagatellmassenstrom TA Luft	Lastfall A	Lastfall B
		Emissionsmassenstrom	Emissionsmassenstrom
	kg/h	kg/h	kg/h
NO _x	15	51,2	155,8
Partikel (PM _{2,5})	0,5	10,2	31,2
SO ₂	15	0,30	0,92

Die Bagatellmassenströme werden von NO_x und Staub überschritten. Da es sich beim Staub um motorische Emissionen handelt, wird er vollständig in Form von Partikeln mit einem Korngrößendurchmesser zwischen 0 und $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) freigesetzt.

SO_2 unterschreitet den Bagatellmassenstrom.

Für die verbleibenden Stoffe sind in der TA Luft keine Bagatellmassenströme ausgewiesen.

Gemäß Nummer 4.6.1.1 der TA Luft kann die Bestimmung der Immissionskenngrößen für Stoffe, die den Bagatellmassenstrom unterschreiten, entfallen, soweit sich nicht wegen der besonderen örtlichen Lage oder besonderer Umstände etwas anderes ergibt.

Die Immissionskenngrößen sind somit für NO_x und Partikel zu ermitteln.

Zusätzlich wird eine Ausbreitungsrechnung für SO_2 durchgeführt. Dies ermöglicht zusammen mit NH_3 die vollständige Ermittlung der Stickstoff- und Säureeinträge.

6 Schornsteinhöhenberechnung

6.1 Allgemeines

Gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (2021) muss die Lage und Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) genügen. Die Ermittlung der Mindesthöhe zielt auf einen ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung. Deshalb soll die Mündung außerhalb der Rezirkulationszonen von Gebäuden liegen.

Zusätzlich zu den in Nr. 5.5.2.1 der TA Luft definierten Mindestanforderungen muss die Schornsteinhöhe auch den Anforderungen der Nummern 5.5.2.2 und 5.5.2.3 – sowie bei mehreren Schornsteinen – Nr. 5.5.2.1, Absatz 5 genügen, um eine ausreichende Verdünnung der Abgase zu gewährleisten.

In Nr. 5.5.2.1 der TA Luft, letzter Absatz ist ausgeführt: „[...] in Fällen, in denen nur innerhalb weniger Stunden aus Sicherheitsgründen Abgase emittiert werden, kann die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind eine ausreichende Verdünnung und ein ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung anzustreben.“

Da es sich um Notstromaggregate handelt, die nur bei einem Ausfall der primären Stromversorgung in Betrieb gehen sollen, wurde im Bundesland Hessen der „Leitfaden zur Ermittlung von Schornsteinmindesthöhen und zulässiger maximaler Betriebszeiten durch Immissionsprognosen in Genehmigungsverfahren für Rechenzentren (RZ) mit Notstromdieselmotoranlagen (NDMA)“ (RP Darmstadt/HLNUG, 2017) entwickelt.

Gemäß Kapitel 3.2.2 des Leitfadens des Regierungspräsidiums Darmstadt ist eine Ermittlung der Schornsteinbauhöhe nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft (2021) nicht erforderlich, wenn durch eine Ausbreitungsrechnung nachgewiesen wird, dass für die in der Immissionsprognose angenommenen Schornsteinhöhen zur Ableitung der Emissionen keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des § 5 bzw. § 22 BImSchG im Einwirkungsbereich der Abgasfahnen auftreten.

Im Folgenden wird die Schornsteinbauhöhe nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) bestimmt. Die so ermittelte Schornsteinhöhe wird den Ausbreitungsrechnungen zugrunde gelegt.

In Kapitel 9 wird beschrieben, wie die Immissionsprognose gemäß den Anforderungen des Leitfadens des RP Darmstadt (2017) durchgeführt wird.

Die Schornsteinhöhe zur ausreichenden Verdünnung der Abgase die nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft (2021) für die gesamte Anlage bestehend aus 72 Modul-Generatoren und einem Haus-Generator im Endausbau wird in Kapitel A4.3 in Anhang 4 ab Seite 140 hergeleitet. Diese beträgt 80 m über Grund.

Diese Höhe erscheint für Notstromdieselmotoranlagen, die nur während des jährlichen Black Building Tests über fünf Stunden je Gebäude und des seltenen Ereignisses eines Stromausfalls

der primären Stromversorgung parallel in Betrieb gehen und zudem mit dieser Bauhöhe das Landschaftsbild beeinträchtigen, unverhältnismäßig.

Mit dem LfU Brandenburg, Referat T14 wurde in vergleichbaren Projekten vereinbart, zusätzlich zur Ermittlung der Schornsteinhöhe zum ungestörten Abtransport der Abgase auch die Schornsteinhöhe zur ausreichenden Verdünnung der Abgase für eine einzelne NDMA (und nicht die gesamte Anlage bestehend aus 72 Modul-Generatoren und einem Haus-Generator) heranzuziehen. Damit ist zumindest für die regelmäßigen Testbetriebe, in denen jeweils nur eine NDMA in Betrieb ist, die ausreichende Verdünnung der Abgase sichergestellt. Die Ermittlung dieser Schornsteinhöhe erfolgt in Kapitel 6.4.

Zur Ermittlung der Schornsteinhöhe werden folgende Vorschriften, Regelwerke und Berechnungsmodelle zugrunde gelegt:

1. TA Luft 2021: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 18.08.2021.
2. VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4: Ableitbedingungen für Abgase. Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Juli 2017.
3. BESTAL: Hilfsprogramme BESMIN und BESMAX zur TA Luft, Version 1.1.0. UBA (2024), Dessau-Roßlau u. Ingenieurbüro Janicke, Überlingen.
4. WinSTACC: Programm zur Berechnung der Schornsteinhöhe nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017), Ing.-Büro Lohmeyer.
5. LAI (2023): Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung zur TA Luft 2021, 04.07.2023.

6.2 Anforderungen an den ungestörten Abtransport der Abgase

Gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (2021) sind Abgase so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Ferner sollen die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume in einem Umkreis von 50 m um 5 m überragt werden.

Die Anforderung an den ungestörten Abtransport der Abgase wird in der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) konkretisiert. Danach ist sowohl der Einfluss des Gebäudes, auf dem sich der Schornstein befindet, als auch der Einfluss von vorgelagerten Gebäuden zu prüfen.

Die Rezirkulationszonen (Wirbelzonen) der vorgelagerten Gebäude werden auf Basis der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) ermittelt. Der Schornstein muss die Grenze der Rezirkulationszone um eine vorgegebene Höhe überschreiten. Die folgende Abbildung illustriert diese Vorgehensweise.

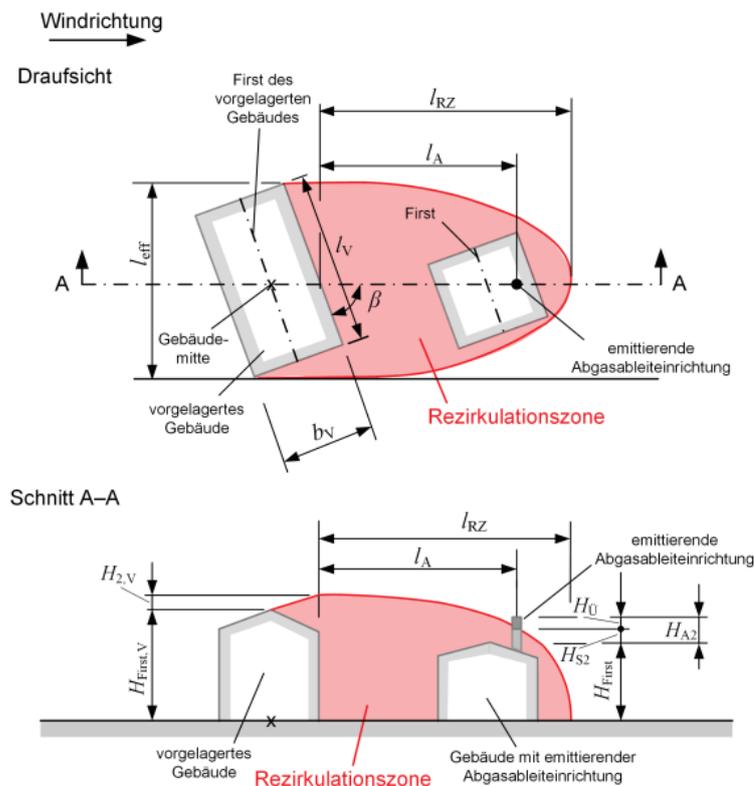


Abbildung 6-1: Prinzipien-Skizze zur erforderlichen Mindesthöhe aufgrund vorgelagerter Bebauung aus der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017).

Die Lage der Rechenzentrum-Gebäude und die Gebäudehöhen sind in Abbildung 6-2 grafisch dargestellt.

Die Gebäude des Rechenzentrums weisen eine Höhe von 27 m über Grund auf. Auf dem Dach befinden sich Dachaufbauten in einer Höhe bis 33 m über Grund. Das Verwaltungsgebäude weist eine Höhe von 21,6 m auf.

Die Modul-Generatoren befinden sich in Generatorhöfen (in Abbildung 6-2 grün markiert), welche an die Rechenzentrumsgebäude angrenzen und eine Höhe von etwa 6 m über Grund aufweisen. Die Schornsteine der Modul-Generatoren werden an der Außenfassade der Rechenzentrumsgebäude hochgezogen. Der Schornstein des Generators des Verwaltungsgebäudes befindet sich nördlich des Verwaltungsgebäudes zwischen dem ca. 6 m hohen Schaltheus und dem Aufstellort des Hausgenerators.

Die Lage der Schornsteine bzw. Schornsteingruppen ist in Abbildung 6-2 durch rote Kreise gekennzeichnet.



Abbildung 6-2: Höhen der Bebauung und Lage der Netzersatzanlagen sowie der Schornsteingruppen (rote Kreise).
(Kartengrundlage: 1178_ZZ.XX_AAEHS_GR.XX_P.RUP_1002_3.01.zP-Übersicht NEA-Anlagen.pdf, Stand 13.12.2024).

Westlich des Betriebsgeländes befindet sich das Kraftwerksgebäude des Heizkraftwerk SÜLL mit einer Höhe von 14 m und westlich daran anschließend ein Bürogebäude des Heizkraftwerks mit einer Höhe von ca. 11,5 m. Weitere Bauwerke, die auf Grund ihrer Ausdehnung oder Höhe einen Einfluss auf die Schornsteinhöhe haben könnten, sind am Standort nicht vorhanden.

In Tabelle 6-1 auf Seite 39 f sind die geometrischen Berechnungsgrößen dokumentiert, die zur Bestimmung der Rezirkulationszone des maßgeblichen Gebäudes und der daraus resultierenden Schornsteinhöhe verwendet werden. Aufgeführt sind die Parameter des Gebäudes, das zur größten berechneten Höhe des Schornsteins führt. Im vorliegenden Fall sind dies die Dachaufbauten auf den Gebäuden des Rechenzentrum-Campus. Die Dachaufbauten werden in der Schornsteinhöhenberechnung als den Schornsteinen vorgelagertes Gebäude mit einer Höhe von 33 m über Grund angenommen.

Die Schornsteinhöhenberechnung wird mit dem Programm WinSTACC Version 1.0.8.8 durchgeführt, das die Formeln der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 umsetzt.

Die Abgasrohre der NDMA werden in Gruppen von je drei Abgasrohren zusammengefasst. Das Abgasrohr des Hausgenerators zur Versorgung des Verwaltungsgebäudes ist alleinstehend.

Modul-Generatoren

Abbildung 6-3 zeigt grafisch die Ermittlung der Schornsteinhöhe für die Schornsteingruppen der Modul-Generatoren, für die sich die maximal erforderliche Schornsteinhöhe berechnet. Die Schornsteinhöhenberechnung wurde für jede Schornsteingruppe der Modul-Generatoren durchgeführt. Die Abweichungen in der mit dem Programm WinSTACC ermittelten Schornsteinhöhe betragen weniger als 1 m. Die höchste berechnete Schornsteinhöhe wird als erforderliche Schornsteinhöhe für alle Schornsteingruppen der Modul-Generatoren ausgewiesen.

Tabelle 6-1 bezieht sich exemplarisch auf die in Abbildung 6-3 dargestellte Schornsteingruppe an Modul-Gebäude M33. Dort sind die Berechnungsgrößen der Schornsteinhöhenberechnungen dargestellt.

Tabelle 6-1: Berechnungsgrößen des maßgeblichen vorgelagerten Gebäudes zur Bestimmung der Höhe des Schornsteins für die Schornsteingruppe an der Westfassade von Gebäude 33. Bezeichnungen gemäß VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017).

Größe	Erläuterung	Einheit	Wert
l_v	Länge des Gebäudes	m	70,2
b_v	Breite des Gebäudes	m	66,6
$H_{\text{Tauf,V}}$	Traufhöhe des vorgelagerten Gebäudes	m	33,0
$H_{\text{First,V}}$	Firsthöhe des vorgelagerten Gebäudes	m	33,0
	Dachform		Flachdach
β	Winkel zwischen Verbindungslinie und l_v	°	18
l_A	Abstand Schornstein-Gebäude	m	5,7
	Hanglage		nein
	Höhendifferenz zum Einzelgebäude mit Schornstein	m	0
l_{eff}	effektive Länge des Gebäudes (Wirkungsquerschnitt senkrecht zur Verbindungslinie Schornstein – Mittelpunkt des vorgelagerten Gebäudes)	m	85
l_{RZ}	Länge Rezirkulationszone	m	90,5
P	Interpolationsparameter Gl. (18)		1
$H_{2,V}$	Höhe der Rezirkulationszone	m	12,1

Größe	Erläuterung	Einheit	Wert
H_{First}	Firsthöhe des Gebäudes, auf dem / an dem der Schornstein steht	m	0
H_{S2}	Berechnete Abgasableiteneinrichtungshöhe über First bei vorgelagerten Gebäuden	m	44,5
$H_{Ü}$	Additiver Term	m	3
H_{A2}	erforderliche Höhe Schornstein über First H_{First}	m	47,5

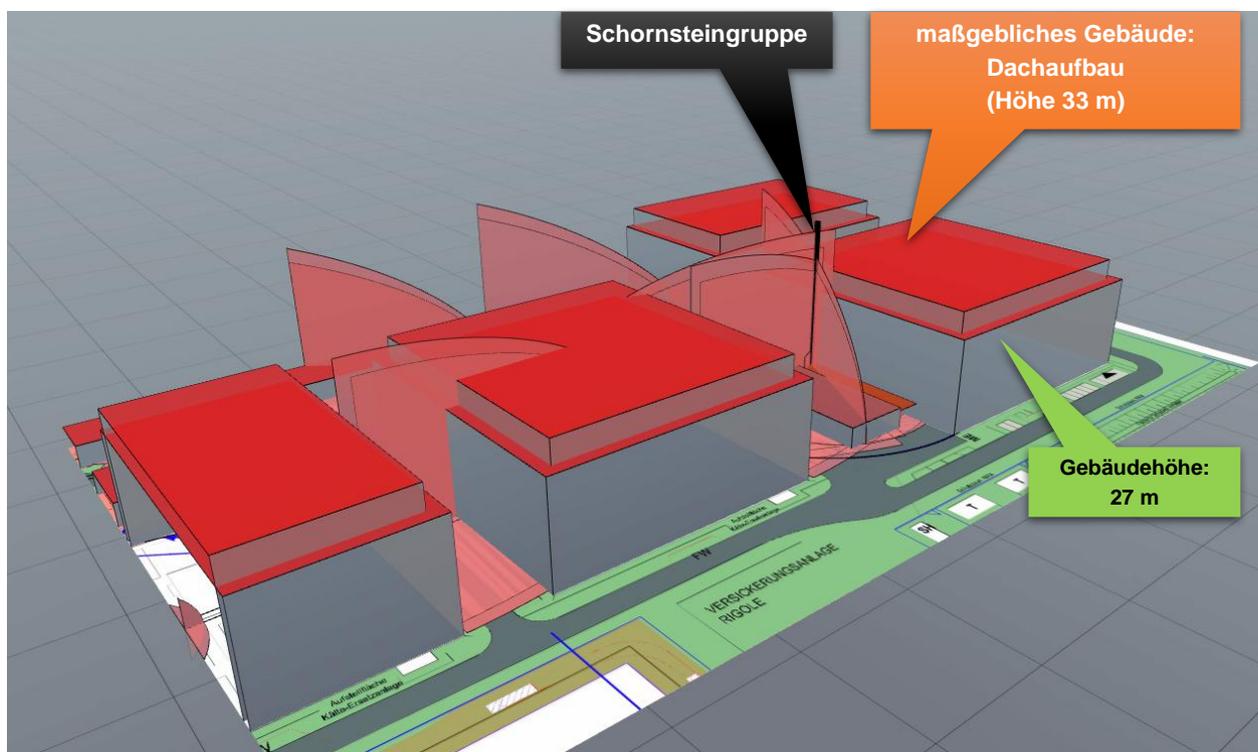


Abbildung 6-3: Berücksichtigte vorgelagerte Gebäude im Umfeld der Schornsteingruppe an der Westfassade von Gebäude M33.

Schornsteingruppe (schwarz) und Ausdehnung der Rezirkulationszonen der berücksichtigten Gebäude (hellrote Viertel-Ellipsen) gemäß VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017). Blick aus Südwesten.

Nach den Gleichungen (17) bis (19) der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) ergibt sich mit den in Tabelle 6-1 aufgelisteten Zahlenwerten die erforderliche Höhe des Schornsteins H_{A2} über dem Bauwerk, auf dem oder an dem der Schornstein steht, zu

$$H_{A2} = p \cdot (H_{First,V} + H_{2,V}) - H_{First} + H_{Ü} = 1 \cdot (33,0 + 12,1) - 0,5 + 3 = 47,5 \text{ m}$$

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

Zur Ermittlung der *Schornsteinhöhe über Grund* muss die Firsthöhe des Bauwerkes, auf dem der Schornstein errichtet wird, zur Höhe von 47,5 m addiert werden (hier: 0,5 m hoher Sockel):

Höhe des Schornsteins (Kriterium zum ungestörten Abtransport der Abgase) = 48 m.

Wir empfehlen, die Schornsteinhöhe auf **48,5 m über Umgebungsniveau** zu erhöhen.

Diese Höhe gilt für alle zu betrachtenden Abgasrohre der Modul-Generatoren des Rechenzentrum-Campus Lübbenau.

Die Protokolldatei des Programms WinSTACC ist in "Anhang 4: Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft und VDI 3781, Blatt 4" dieses Gutachtens aufgeführt.

Hausgenerator

Die Ermittlung der Schornsteinhöhe des Hausgenerators kann "Anhang 4: Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft und VDI 3781, Blatt 4" entnommen werden.

Nach dem Programm WinSTACC ist für den Hausgenerator eine Schornsteinhöhe von 41,7 m über Grund erforderlich.

Ausschlaggebend für diese Schornsteinhöhe sind die Dachaufbauten des Modul-Gebäudes M31.

Da diese Höhe für den Hausgenerator aus technischen und statischen Gründen nicht zu realisieren ist, wird die Schornsteinhöhe auf **27 m über Grund** festgelegt. In dieser Höhe befindet sich die Schornsteinmündung noch innerhalb der Rezirkulationszone von Gebäude M31. Aus diesem Grund wird für den Hausgenerator keine Abgasfahnenüberhöhung bei den Berechnungen angesetzt (vgl. Kapitel 4.5 auf Seite 30 ff.).

6.3 Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen

Zusätzlich ist zu prüfen, ob die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume im Einwirkungsbereich der Anlage um mindestens 5 m überragt werden (Anforderung an die ausreichende Verdünnung).

Hierfür ist zunächst der Einwirkungsbereich der Anlage zu bestimmen. Dieser ergibt sich für die Modul-Generatoren nach Kapitel 6.3.2 der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 zu 50 m um die Schwerpunkte der Schornsteingruppen.

Die Kreise mit einem Radius von 50 m um die Schwerpunkte der Schornsteingruppen sind in Abbildung 6-4 blau dargestellt. Innerhalb dieser Kreise befinden sich nur die Datenhallen sowie die nordöstlichste Ecke des Verwaltungsgebäudes. In den Datenhallen befinden sich keine Bereiche zum ständigen Aufenthalt von Menschen, sodass nur das Verwaltungsgebäude mit einer Höhe von 21,6 m betrachtet werden muss.

Die erforderliche Schornsteinbauhöhe zur Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume beträgt damit

$21,6 \text{ m} + 5 \text{ m} = 26,6 \text{ m}$ über Umgebungsniveau.

Die von uns empfohlenen Schornsteinhöhen für die NDMA von 48,5 m über Grund für die Modul-Generatoren (siehe Kapitel 6.2) sind höher, so dass die Anforderungen der VDI 3781, Blatt 4 zur Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen erfüllt werden.

Für den Hausgenerator umfasst der Einwirkungsbereich der Anlage auf Grund seiner geringeren Leistung nach Kapitel 6.3.2 der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 15 m um den Schwerpunkt des Schornsteins (vgl. auch Protokolldatei in Anhang A4.4). Innerhalb dieses Radius von 15 m befinden sich nur das Schalthaus mit einer Höhe von ca. 6 m, das zudem keinen dauerhaften Aufenthaltsbereich von Menschen darstellt.

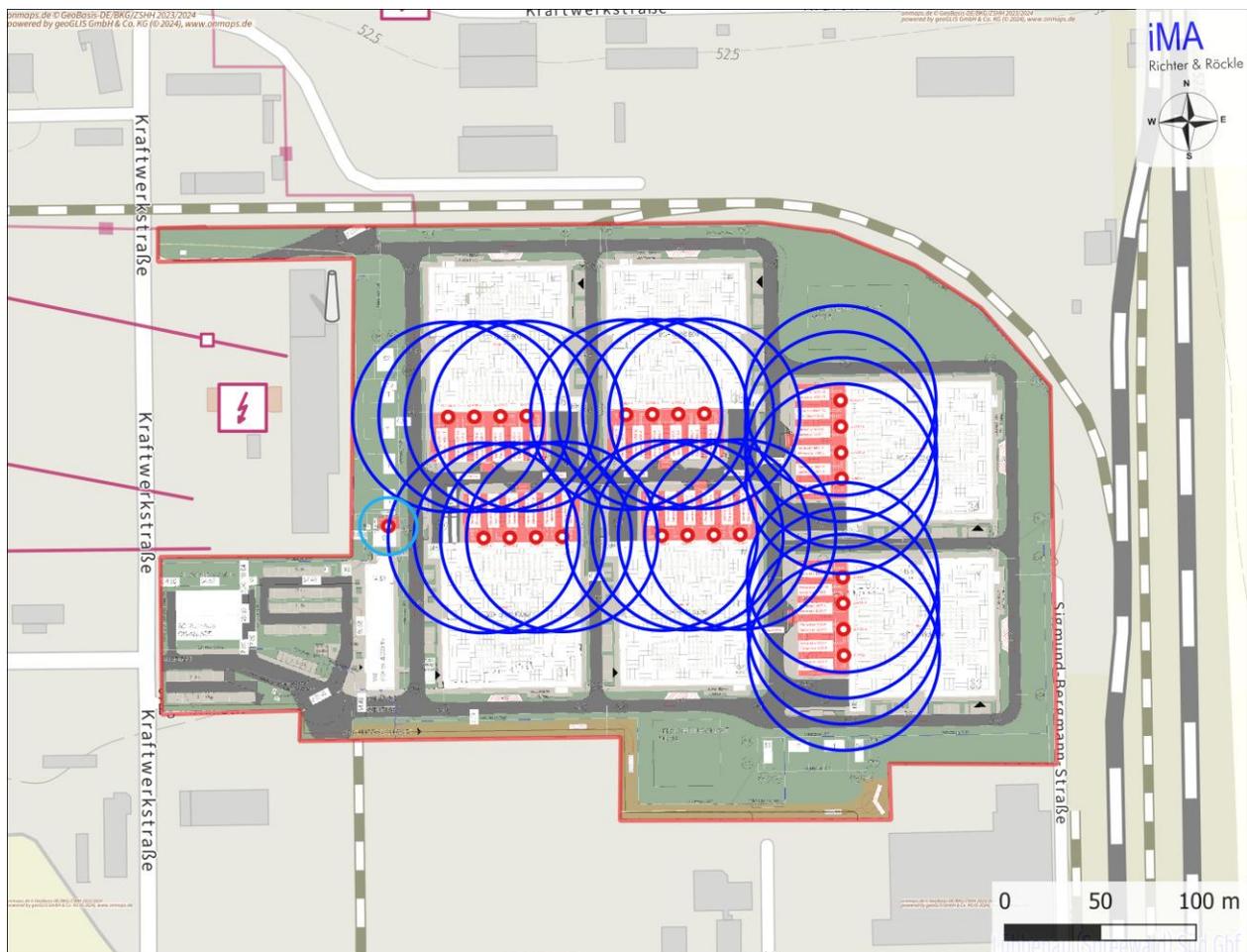


Abbildung 6-4: Kreise mit einem Radius von 50 m um die Schornsteine bzw. Schornsteingruppen der Modul-Generatoren (dunkelblau) und Kreis mit einem Radius von 15 m um den Schornstein des Hausgenerators (hellblau).
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2024).

6.4 Anforderungen an die ausreichende Verdünnung für eine einzelne NDMA

Die Prüfung der Einhaltung der S-Werte erfolgt für den Spezialfall der Notstromaggregate nur für eine einzelne NDMA. Dieses Vorgehen wurde bereits in vergleichbaren Projekten in Abstimmung mit dem LfU Brandenburg angewendet.

Für die Schornsteinhöhenberechnung wird nicht der NO_x -, sondern der NO_2 -Massenstrom herangezogen, da im Anhang 6 der TA Luft nur für NO_2 ein S-Wert angegeben ist.

In Anhang 4, Kapitel A4.3 ab Seite 137 ff. wird für eine einzelne NDMA bei Vollast eine maximale Schornsteinhöhe zur ausreichenden Verdünnung der Abgase von 6,4 m hergeleitet (vgl. Tabelle A4-2).

Diese ist um den Zuschlag für Bebauung und Bewuchs sowie ggf. unebenem Gelände zu erhöhen.

Gemäß Nr. 5.5.2.3 der TA Luft soll die Wirkung der Bebauung und des Bewuchses im Umfeld des Schornsteins durch Zuschläge berücksichtigt werden, da diese zu einer Verdrängung der Windströmung führen.

Die Bebauung und der Bewuchs sind in einem Radius um den Schornstein zu berücksichtigen, welcher der 15-fachen nach Nummer 5.5.2.2 bestimmten Schornsteinhöhe, mindestens aber dem Radius 150 m, entspricht. Da $h_B = 6,4$ m für eine einzelne NDMA bei Volllast berechnet wurde, beträgt der Radius 150 m.

Abbildung 6-5 zeigt den Kreis mit einem Radius von 150 m um die Abgasrohre. In den Kreisflächen befinden sich hauptsächlich die Modul-Gebäude und vereinzelte Gebäude außerhalb des Betriebsgeländes.

Innerhalb dieser Kreise ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der 5 Prozent der Kreisfläche umfasst und in dem die Bebauung oder der Bewuchs die größte mittlere Höhe über Grund aufweist.

Die Datenhallen umfassen bereits mehr als 5 % der Kreisfläche, sodass zu der für eine einzelne NDMA bei Volllast ermittelten Schornsteinhöhe von 6,4 m ein Zuschlag von 27 m zu addieren ist.

Damit ergibt sich folgende Schornsteinhöhe, bei der eine ausreichende Verdünnung für eine einzelne NDMA gewährleistet ist:

Schornstein: **33,4 m (6,4 m + 27 m) über Grund.**

Ein Zuschlag aufgrund von unebenem Gelände kann aufgrund des weitgehend ebenen Geländes entfallen.

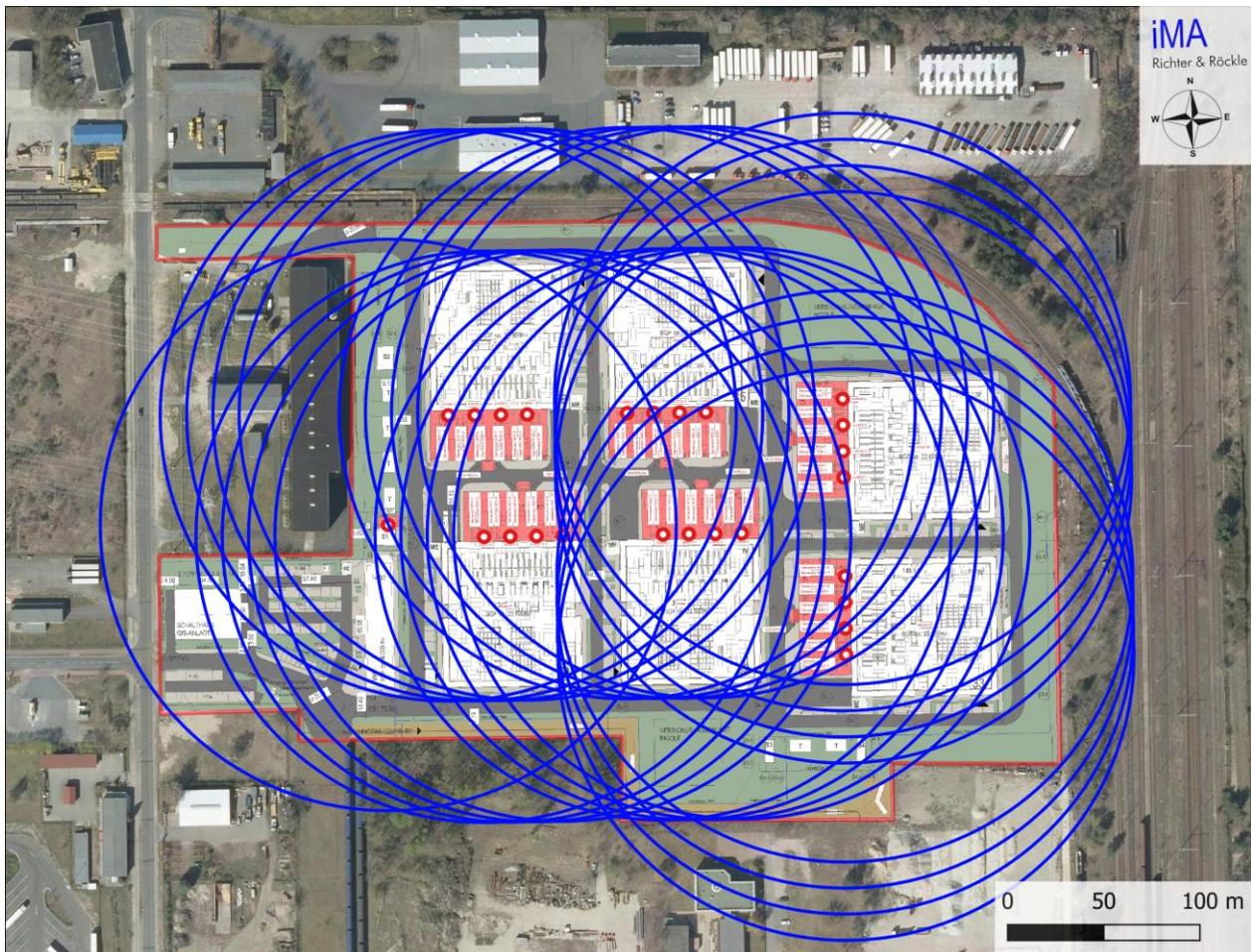


Abbildung 6-5: Kreise in blau mit einem Radius von 150 m zur Festlegung des Zuschlags aufgrund von Bebauung und Bewuchs. (DOP20 Luftbild: © GeoBasis-DE/BKG 2024)

6.5 Zusammenfassung der Schornsteinhöhenermittlung

Zum ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung ist eine Schornsteinmindesthöhe von 48,5 m über Grund erforderlich (vgl. Kapitel 6.2).

Zur ausreichenden Verdünnung der Abgase einer einzelnen NDMA ist eine Schornsteinmindesthöhe von 33,4 m erforderlich (vgl. Kapitel 6.4).

Zusammenfassend ergibt sich eine Schornsteinmindesthöhe von

48,5 m über Grund.

Mit dieser Schornsteinhöhe werden die Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Informativ ist die berechnete Schornsteinhöhe bei Berücksichtigung des gesamten Rechenzentrum-Campus mit 72 Modul-Generatoren und einem Haus-Generator in Anhang 4, Kapitel A4.3 ab Seite 137 ff. aufgeführt.

7 Beurteilungsgrundlagen

7.1 Stickstoffdioxid und Feinstaub

Zur Beurteilung der NO₂- und Staubimmissionen wird auf die Immissionswerte der TA Luft (2021) zurückgegriffen. Wenn die Immissionswerte eingehalten werden, ist der Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit sichergestellt.

In Nr. 4.1 der TA Luft sind Irrelevanzschwellen aufgeführt. Liegt die Gesamtzusatzbelastung³ am höchst beaufschlagten Beurteilungspunkt nicht über der Irrelevanzschwelle, so kann gemäß Nummer 4.1 der TA Luft davon ausgegangen werden, dass von der geplanten Anlage keine schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftschadstoffe hervorgerufen werden können und die Immissionskenngrößen daher nicht ermittelt werden müssen. In der Praxis bedeutet dies, dass die Gesamtbelastung nur für diejenigen Schadstoffe ermittelt werden muss, deren Zusatzbelastung die Irrelevanzschwelle überschreitet.

Die Irrelevanzschwelle beträgt nach Nr. 4.1 der TA Luft drei Prozent des Immissionswerts. Im vorliegenden Fall der Vorbelastungsfall B des Leitfadens des RP Darmstadt (2017) angewendet.

Die Immissionswerte und Irrelevanzschwellen sind in Tabelle 7-1 aufgeführt.

Tabelle 7-1: Immissionswerte und Irrelevanzschwellen zur Beurteilung des Schadstoffimmissionen.

Schadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Irrelevanzschwelle	Literatur
NO ₂	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	1,0 % des Immissionswerts (Jahresmittelwert)	TA Luft, Nr. 4.2
	200 µg/m ³	Konzentration, die von maximal 18 Stundenmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf		
Feinstaub (PM ₁₀)	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	1,0 % des Immissionswerts (Jahresmittelwert)	TA Luft, Nr. 4.2
	50 µg/m ³	Konzentration, die von maximal 35 Tagesmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf		
Feinstaub (PM _{2,5})	25 µg/m ³	Jahresmittelwert	1,0 % des Immissionswerts (Jahresmittelwert)	TA Luft, Nr. 4.2

³ Da es sich im vorliegenden Fall um eine Neuanlage handelt, ist die Gesamtzusatzbelastung identisch zur Zusatzbelastung

7.2 Stickstoffdeposition und Säuredeposition

Zur Beurteilung der Stickstoffdeposition wird der Anhang 8 der TA Luft 2021 herangezogen.

Danach ist zunächst die vorhabenbedingte Zusatzbelastung an Stickstoffeinträgen zu prüfen. Der Einwirkungsbereich der Anlage umfasst diejenige Fläche, in der das Abschneidekriterium von **0,3 kg N/(ha a)** überschritten ist. Liegen Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (hier: FFH-Gebiete) innerhalb des Einwirkbereichs, so ist für diese Gebiete eine Prüfung gemäß § 34 BNatSchG durchzuführen.

Für die **Säureeinträge** ist in Anhang 8 der TA Luft ein Abschneidekriterium von 0,04 keq/(ha a) angegeben. Im Bundesland Hessen wird für diese Art von Anlagen für die Säuredeposition in der Regel ein verschärftes Abschneidekriterium von 30 eq/(ha a) gefordert. Konservativ wird dieser Wert auch im Folgenden angewendet, sodass der Einwirkungsbereich der Säuredeposition durch eine Zusatzbelastung $\geq 30 \text{ eq(N+S)/(ha Jahr)}$ abgegrenzt wird.

Befindet sich innerhalb des Einwirkungsbereiches ein stickstoff- bzw. säureempfindlicher Lebensraum, so sieht § 34 BNatSchG weitere Prüfschritte vor. Dies erfolgt durch den UVU-Gutachter.

7.3 Gerüche

7.3.1 Allgemeines

Der Belästigungsgrad durch Gerüche wird gemäß Anhang 7 der TA Luft anhand der mittleren jährlichen Häufigkeit von "Geruchsstunden" beurteilt. Eine „Geruchsstunde“ liegt vor, wenn anlagen-typischer Geruch während mindestens 6 Minuten innerhalb der Stunde wahrgenommen wird.

Auf den Beurteilungsflächen sind die in Tabelle 7-2 aufgeführten Immissionswerte einzuhalten. Wenn diese Werte eingehalten werden, ist üblicherweise von keinen erheblichen und somit keinen schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG auszugehen.

Tabelle 7-2: Immissionswerte für Geruch entsprechend Anhang 7 der TA Luft:
Relative Häufigkeiten von Geruchsstunden pro Jahr.

Immissionsort	Geruchsstunden-Häufigkeit
Wohn-/Mischgebiete	10 %
Gewerbe-/Industriegebiete	15 %

Gemäß Anhang 7, Nr. 3.1 der TA Luft bezieht sich der Immissionswert von 15 % auf Wohnnutzungen in Gewerbe- bzw. Industriegebieten (z.B. Betriebsleiterwohnungen). Für Beschäftigte benachbarter Anlagen oder für Büros sind i.d.R. höhere Immissionen zumutbar, da sich diese im Regelfall nur etwa 8 Stunden im Betrieb aufhalten. Die Höhe der zumutbaren Immissionen ist gemäß Anhang 7, Nr. 3.1 der TA Luft im Einzelfall zu beurteilen. Ein Immissionswert von 25 % soll jedoch nicht überschritten werden.

7.3.2 Irrelevanzregelung

In Anhang 7, Nr. 3.3 der TA Luft wird ausgeführt, dass die Genehmigung einer Anlage auch bei Überschreitung der Immissionswerte aus Tabelle 7-2 nicht versagt werden soll, wenn der Immissionsbeitrag (Zusatzbelastung) der zu beurteilenden Anlage irrelevant ist. Eine Zusatzbelastung wird als irrelevant bezeichnet, wenn sie auf keiner Beurteilungsfläche den Wert von **2 %** überschreitet. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass die Anlage die belästigende Wirkung einer etwaigen vorhandenen Belastung nicht relevant erhöht. In der Praxis bedeutet dies, dass die Vorbelastung, die durch andere Geruchsemitenten hervorgerufen wird, nicht ermittelt werden muss.

7.3.3 Beurteilungsflächen

Beurteilungsflächen sind gemäß Anhang 7, Nr. 4.4.3 der TA Luft solche Flächen, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten. Waldgebiete, Flüsse und Ähnliches sind nicht zu betrachten.

Nach Anhang 7, Nr. 4.4.3 der TA Luft ist zur Beurteilung von Geruchsimmissionen ein Netz aus quadratischen Beurteilungsflächen über das Untersuchungsgebiet zu legen, „*deren Seitenlänge bei weitgehend homogener Geruchsbelastung i. d. R. 250 m beträgt*“. Von diesem Wert ist abzuweichen, „*wenn außergewöhnlich ungleichmäßig verteilte Geruchsimmissionen auf Teilen von Beurteilungsflächen zu erwarten sind*“.

Im vorliegenden Fall wird die Größe der Beurteilungsflächen mit 250 m × 250 m gewählt.

8 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

8.1 Allgemeines

Die Ausbreitung der Luftschadstoffe wird wesentlich von den meteorologischen Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Turbulenzzustand der Atmosphäre und Niederschlagsintensität bestimmt.

Für die Ausbreitungsrechnung sind die meteorologischen Randbedingungen in Form einer Zeitreihe (AKTerm) der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten, Niederschlagsintensität und Ausbreitungsklassen erforderlich, die einen ganzjährigen Zeitraum repräsentieren.

8.2 Verwendete Daten

Da in der näheren Umgebung keine meteorologischen Messungen durchgeführt werden, die als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen geeignet sind, wurde die IfU GmbH (akkreditiertes Fachbüro nach DIN 17025 für Übertragbarkeitsprüfungen nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20) damit beauftragt, eine Übertragbarkeitsstudie für den Anlagenstandort in Lübbenau durchzuführen⁴. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Station „Cottbus“ des Deutschen Wetterdienstes (DWD) die zu erwartenden meteorologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet am besten wiedergibt.

Die Messstation Cottbus wird vom Deutschen Wetterdienst ca. 26 km südwestlich des geplanten Rechenzentrum-Campus in Lübbenau betrieben. Tabelle 8-1 enthält eine Beschreibung der Station.

Tabelle 8-1: Beschreibung der meteorologischen Messstation.

Bezeichnung	Cottbus
Stationsnummer	880
Datenbasis (DPR)	02.02.2009 – 20.08.2023
Koordinaten (UTM32)	Ostwert: 866 695 Nordwert: 5 749 497
Höhe über NN	69 m
Messhöhe über Grund	16 m

⁴ IfU GmbH: Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft an einem Anlagenstandort in Lübbenau/Spreewald. DPR.20240202-01. 7. Februar 2024.

Zur Berücksichtigung der nassen Deposition der stickstoffhaltigen Gase und der Säurebildner soll entsprechend Anhang 2, Nr. 9.7 der TA Luft (2021) eine Zeitreihe der Niederschlagsintensität, die vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wird, verwendet werden. Die Zeitreihe soll für das Bezugsjahr der meteorologischen Daten und den Standort gültig sein.

Derzeit liegen die Niederschlagsdaten beim Umweltbundesamt nur für den Zeitraum 2006 bis 2015 vor. Die Expertise der IfU GmbH kommt zum Ergebnis, dass das Jahr 2015 die durchschnittlichen meteorologischen Verhältnisse aus einem Gesamtzeitraum vom 02.02.2009 bis zum 20.08.2023 am besten wiedergibt. Das repräsentative Jahr liegt somit innerhalb des Zeitraums, in dem die Niederschlagsdaten verfügbar sind.

Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen zeichnet sich durch zwei ausgeprägte Maxima bei Winden aus südsüdwestlichen und nordöstlichen Richtungen aus.

Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2,8 m/s (Abbildung 8-2).

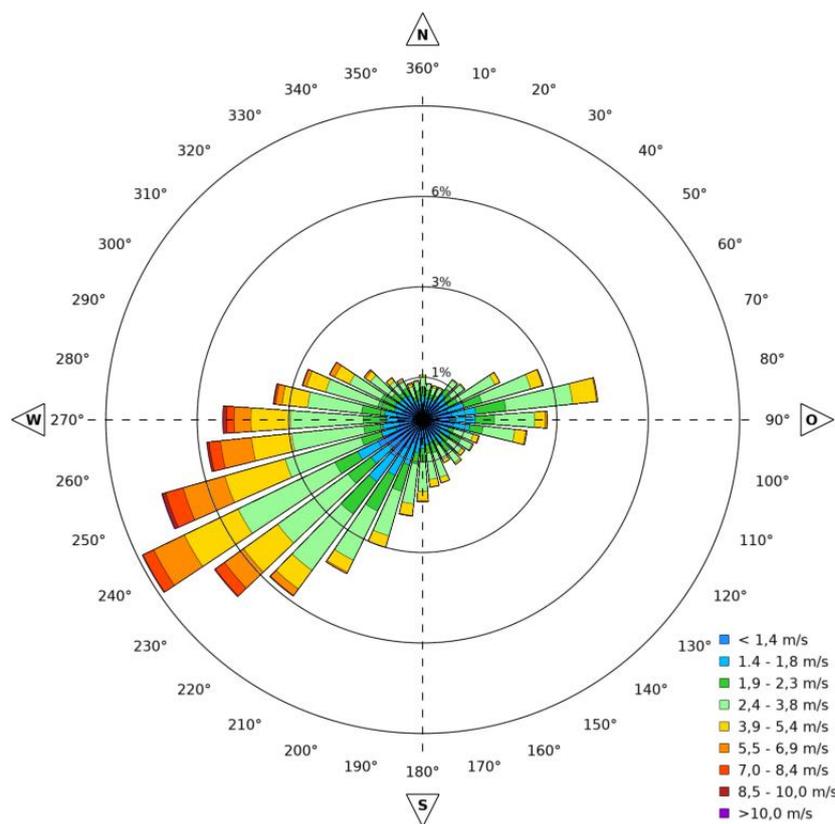


Abbildung 8-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und -geschwindigkeiten an der Station „Cottbus“ für das Jahr 2015.

Aus der Farbkodierung der Windrose geht hervor, dass bei Winden aus West-Südwest die höchsten Windgeschwindigkeiten auftreten, die häufig mit bedecktem Himmel verbunden sind. Winde aus östlichen Richtungen weisen dagegen eher Schwachwindcharakter auf, der häufig bei geringerer Bewölkung vorliegt.

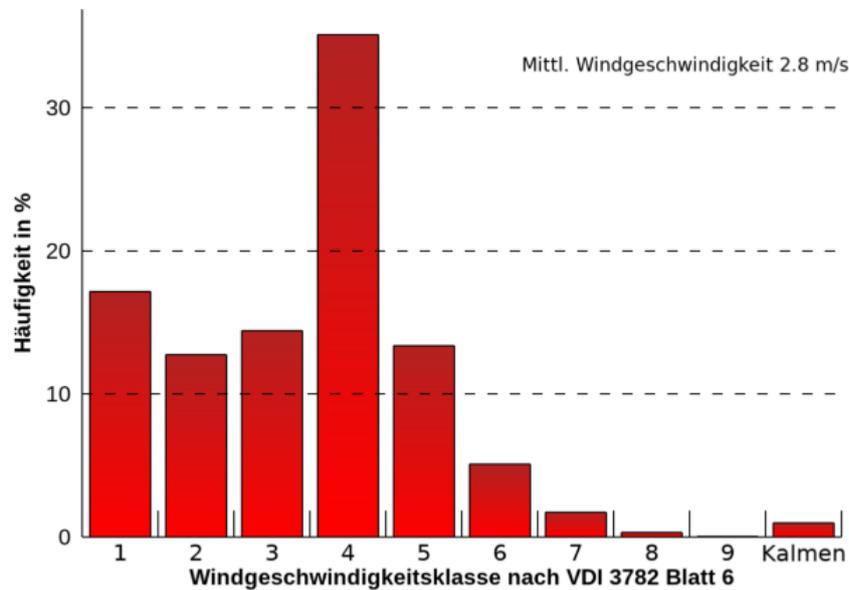


Abbildung 8-2: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an der Station „Cottbus“ für das Jahr 2015, klassiert nach TA Luft.

Der Turbulenzzustand der Atmosphäre wird durch Ausbreitungsklassen beschrieben, die ein Maß für das „Verdünnungsvermögen“ der Atmosphäre sind. Eine Beschreibung der Ausbreitungsklassen kann Tabelle 8-2 entnommen werden.

Tabelle 8-2: Eigenschaften der Ausbreitungsklassen.

Ausbreitungsklasse	Atmosphärischer Zustand, Turbulenz
I	sehr stabile atmosphärische Schichtung, ausgeprägte Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
II	stabile atmosphärische Schichtung, Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
III ₁	stabile bis neutrale atmosphärische Schichtung, zumeist windiges Wetter
III ₂	leicht labile atmosphärische Schichtung
IV	mäßig labile atmosphärische Schichtung
V	sehr labile atmosphärische Schichtung, starke vertikale Durchmischung der Atmosphäre

Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen ist in Abbildung 8-3 dargestellt. Die neutralen Ausbreitungsklassen (III₁ + III₂) sind mit etwa 51 % am häufigsten vertreten, gefolgt von den neutralen Ausbreitungsklassen (I + II), deren Häufigkeit etwa 39 % beträgt. Labile atmosphärische Verhältnisse (IV + V) kommen mit ca. 10 % am seltensten vor.

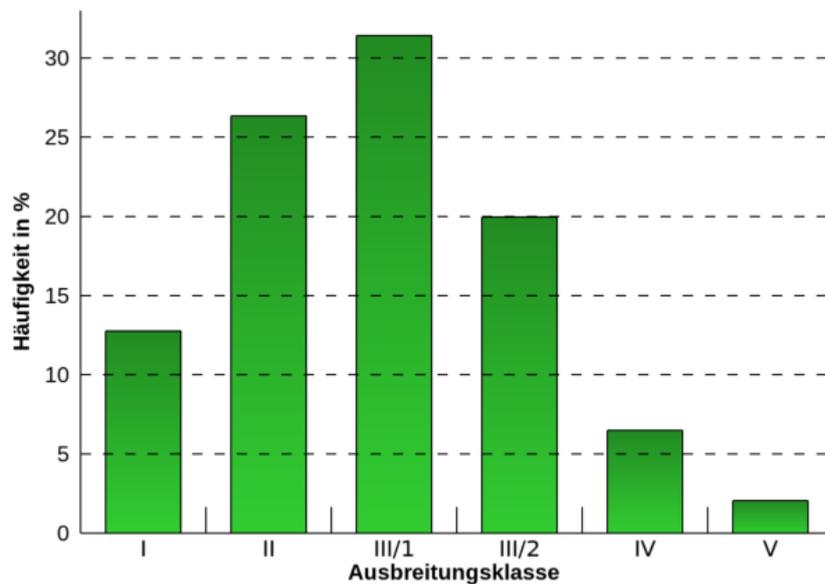


Abbildung 8-3: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen an der Station „Cottbus“ für das Jahr 2015.

8.3 Lokale Windsysteme

Da das Untersuchungsgebiet orographisch nur wenig gegliedert ist und die Emissionen in einer Höhe von 48,5 m über Grund freigesetzt werden, sind Einflüsse kleinräumiger thermischer Windsysteme nicht von Bedeutung.

8.4 Anemometerposition

Gemäß der Übertragbarkeitsprüfung der IfU GmbH sollen die Daten der Station „Cottbus“ auf folgenden Standort übertragen werden (UTM32):

Ostwert_{Zielort}: 842 450 Nordwert_{Zielort}: = 5 754 050

Die Anemometerhöhe beträgt 19,5 m über Grund. Diese Höhe gilt für die Rauigkeitslänge von 0,5 m, die vom Ausbreitungsmodell für das Simulationsgebiet verwendet wird.

8.5 Niederschlagsdaten

Zur Berücksichtigung der nassen Deposition soll entsprechend Anhang 2, Nr. 9.1 TA Luft eine Zeitreihe der Niederschlagsintensität, die vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wird, verwendet werden. Die Zeitreihe soll für das Bezugsjahr der meteorologischen Daten und den Standort gültig sein.

Derzeit liegt beim Umweltbundesamt nur der Zeitraum 2006 bis 2015 vor. Der vom Umweltbundesamt am Anlagenstandort berechnete Gesamtniederschlag beträgt 584 mm pro Jahr. Regenereignisse liegen im Jahr 2015 während 714 Stunden vor.

9 Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der Immissionen

9.1 Allgemeines

Ziel der Immissionsprognose ist die Ermittlung der maximalen jährlichen Betriebsstunden, in denen die NDMA bei Ausfall der primären Stromversorgung betrieben werden können, ohne dass die in Kapitel 7 dargestellten Immissionswerte überschritten werden. Die Methode hierzu ist im Leitfaden des RP Darmstadt (2017) beschrieben.

9.2 Verwendetes Windfeld- und Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit den Ausbreitungsmodellen AUSTAL (Version 3.3.0) und „LASAT“ durchgeführt (siehe Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen‘). Das Modell „LASAT“ entspricht den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021) und liefert bei gleichen Eingangsdaten identische Ergebnisse wie AUSTAL (Version 3.3.0).

Allerdings ist die Rechenzeit bei dem Programm „LASAT“ geringer, da mehr Prozessoren für die Berechnungen verwendet werden können.

Dies ist bei Rechnungen mit hoher Partikelrate vorteilhaft. Die höhere Partikelrate ist im vorliegenden Fall erforderlich, weil die S18-Werte der NO₂-Konzentration mit einer ausreichend hohen statistischen Sicherheit ermittelt werden müssen (für die Ausbreitungsrechnungen wird eine Partikelrate gewählt, die der **Qualitätsstufe ,+7‘** bei AUSTAL entspricht).

Die Windfeldberechnungen werden mit dem in AUSTAL bzw. LASAT integrierten diagnostischen Windfeldmodell durchgeführt (vgl. Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen‘, Abschnitt A5.2).

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die emissionsseitigen Randbedingungen (vgl. Kapitel 4.3 bis 4.5).
- Die meteorologischen Randbedingungen (vgl. Kapitel 8).
- Die orographische Gliederung im Simulationsgebiet (vgl. Anhang 5, A5.4).
- Die Lage und Höhe der Bebauung auf dem Betriebsgelände und der Umgebung (vgl. Anhang 5, A5.6).
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Kapitel 3 und Anhang 5, A5.7).

9.3 Vorbelastung

Die Vorbelastung für die Kurzzeitwerte der Stoffe NO₂ und PM₁₀ wird gemäß Kapitel 3.2.3, Fall B, b) des Leitfadens des Regierungspräsidiums Darmstadt (2017) angesetzt. Danach ist für die Kurzzeitbelastung eine Vorbelastung von 50 % des Immissionswertes der TA Luft anzunehmen.

In Tabelle 9-1 sind die Vorbelastungswerte dargestellt.

Tabelle 9-1: Vorbelastung für die Kurzzeitwerte von NO₂ und PM₁₀ an den Beurteilungspunkten.

	Einheit	NO ₂	PM ₁₀
Kurzzeitwert	µg/m ³	100	25

9.4 Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der maximal möglichen Betriebszeit

Zur Ermittlung der Immissionen beim Notstrombetrieb werden die Emissionen zunächst kontinuierlich, d.h. während 8760 h/a, freigesetzt.

Aus den damit berechneten Immissionen wird iterativ die maximal mögliche Betriebsstundenzahl pro Jahr abgeleitet, ab der die in Kapitel 7 aufgeführten Immissionswerte eingehalten werden. Folgende Immissionskenngrößen werden für den Notstrombetrieb ermittelt:

1. Jahresmittelwerte von NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} (Schutzgut „menschliche Gesundheit“, siehe Tabelle 7-1).
2. Kurzzeitwerte von NO₂ und PM₁₀ (Schutzgut „menschliche Gesundheit“, siehe Tabelle 7-1).
3. Jahresmittelwerte der Stickstoffdeposition und Säuredeposition (Schutzgut „Ökosysteme und Vegetation“, siehe Kapitel 7.2).

Tabelle 9-2 enthält die Vorbelastung (Spalte 4) sowie den Immissionsbeitrag, der vom Notstrombetrieb verursacht werden darf, damit die Beurteilungswerte sicher eingehalten werden (letzte Spalte). Bei den Stoffen NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} darf der Immissionsbeitrag gemäß Vorgabe des Regierungspräsidiums Darmstadt nicht höher als die im Leitfaden des RP Darmstadt (2017) definierte Irrelevanzschwelle von 3,0 % des Immissionsbeurteilungswerts sein.

Die Betriebsstundenzahl der NDMA im Notbetrieb muss iterativ so weit reduziert werden, bis alle in der letzten Spalte der Tabelle 9-2 angegebenen Werte unterschritten werden.

Tabelle 9-2: Maximale Immissionsbeiträge, die durch den Parallelbetrieb der NDMA verursacht werden dürfen.

Statistische Definition	Stoff	Einheit	Vorbelastung	Immissionswert	Maximal möglicher Immissionsbeitrag durch den Parallelbetrieb
Jahresmittelwert	NO ₂	µg/m ³	-	40	0,4 (Irrelevanz)
	PM ₁₀		-	40	0,4 (Irrelevanz)
	PM _{2,5}		-	25	0,25 (Irrelevanz)
Kurzzeitwert (Konzentration, die von maximal 18 Stundenmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf)	NO ₂	µg/m ³	100	200	100
Kurzzeitwert (Konzentration, die von maximal 35 Tagesmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf)	PM ₁₀	µg/m ³	25	50	25
Jahresmittelwert	Stickstoffdeposition	kg/(ha a)	-	-	0,3 (Abschneidekriterium)
	Säuredeposition	eq/(ha a)	-	-	30 (Abschneidekriterium)

Die maximal zulässige Betriebszeit der NDMA ergibt sich aus dem Minimum der zulässigen Betriebszeiten, die für die Schutzgüter „menschliche Gesundheit“ und „Ökosysteme und Vegetation“ ermittelt werden.

9.5 Beurteilungspunkte

Die NO₂-, PM₁₀- und PM_{2,5}-Immissionen werden an den maßgebenden Beurteilungspunkten (Aufpunkten) ermittelt. Als Beurteilungspunkte gelten nach Nr. 4.6.2.6 der TA Luft Punkte mit mutmaßlich höchster relevanter Belastung für dort nicht nur vorübergehend exponierte Schutzgüter.

Da die Abgase aus den NDMA in einer Höhe von 48,5 m emittiert werden, sind an den Beurteilungspunkten jeweils mehrere Höhenschichten (je nach Gebäudehöhe) festzulegen. Dabei erfolgt die Auswertung in vertikalen Schichten von 3 m entsprechend der vertikalen Auflösung des Rechengitters.

Die Beurteilungspunkte werden für die Leitkomponenten NO₂ und Staub so festgelegt, dass durch sie die höchsten Immissionen in der Umgebung des geplanten Rechenzentrums abgedeckt sind und damit auch die geringste Anzahl an jährlichen Betriebsstunden im Notstrombetrieb hergeleitet wird. An anderen Orten wird eine höhere jährliche Betriebsstundenzeit ermittelt.

Bei Beurteilungspunkten, die anteilig in zwei oder mehr Gitterzellen liegen, wird die Gitterzelle mit der höchsten Immission zur Auswertung herangezogen.

Es werden Höhenschichten bis in 12 m über Grund betrachtet, da dies die maximale Gebäudehöhe in der Umgebung darstellt, in der sich Beurteilungspunkte befinden.

Die Beurteilungspunkte decken die maximalen Immissionen ab, die für das Schutzgut „menschliche Gesundheit“ von Bedeutung sind.

Abbildung 9-1 zeigt die Lage der maximalen Jahresmittelwerte und Kurzzeitwerte für beide Lastfälle in der Höhenschicht 0 bis 3 m. Die Maxima liegen mit Ausnahme des NO₂-S18-Werts von Lastfall A im Bereich der Bahngleise östlich des geplanten Rechenzentrums.

Weitere Aufpunkte, die beurteilungsrelevant sind, sind in Abbildung 9-2 blau markiert und nummeriert.

Die Beschreibung und die Koordinaten der Beurteilungspunkte sind in Tabelle 9-3 aufgeführt. Die angegebene Höhe bezieht sich auf die Mitte der vertikalen Rechenflächen.

Tabelle 9-3: Beschreibung sowie Koordinaten und Höhen der Beurteilungspunkte.

Beurteilungspunkt	Beschreibung	Koordinaten in UTM 32N		Betrachtete Höhen in m (Mitte der vertikalen Rechenfläche)
		RW	HW	
1	Kraftwerkstraße 12, (Südbrandenburger Nahverkehrs GmbH)	841837	5755915	1,5 m bis 7,5 m
2	Kraftwerkstraße 14 (Südbrandenburger Nahverkehrs GmbH)	842077	5755953	1,5 m bis 7,5 m
3	Boblitzer Chausseestraße 1a (Volkswagen Service)	842464	5755965	1,5 m bis 4,5 m
4	Boblitzer Chausseestraße 2 (Wohnhaus)	842380	5755914	1,5 m bis 10,5 m
5	Boblitzer Chausseestraße 2a (Hotel)	842403	5755814	1,5 m bis 10,5 m
6	Kraftwerkstraße 20 (Heizkraftwerk der SÜLL)	841665	5755787	1,5 m bis 10,5 m
7	Kraftwerkstraße 18	841657	5755903	1,5 m bis 4,5 m
8	Kraftwerkstraße 26	841653	5755590	1,5 m bis 4,5 m
9	Kraftwerkstraße 19	841555	5755675	1,5 m bis 7,5 m
10	Kraftwerkstraße 21	841613	5755587	1,5 m bis 7,5 m

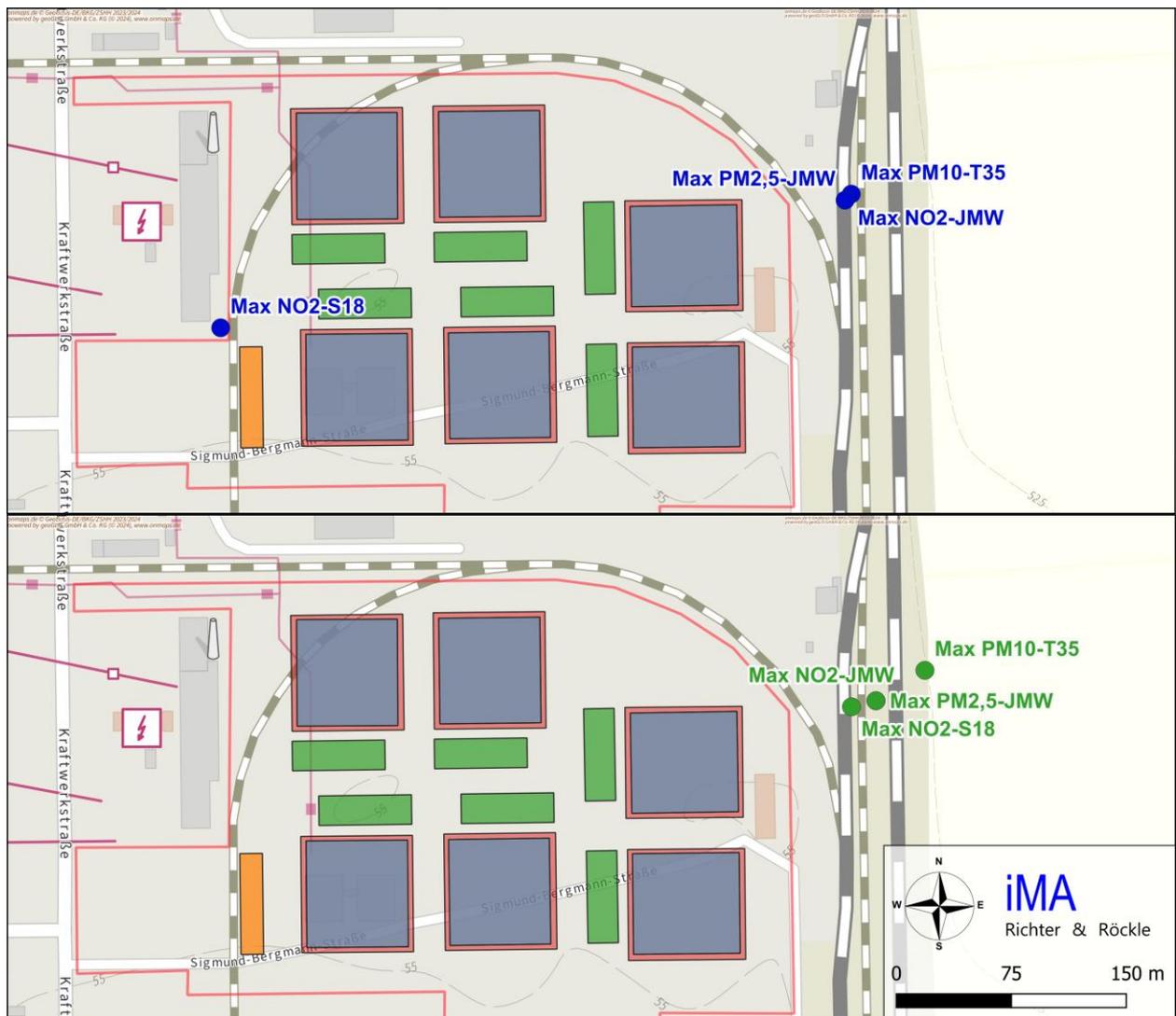


Abbildung 9-1: Lage der bodennahen maximalen Konzentrationen für die Lastfälle A (oben im Bild, blau) und B (unten im Bild, grün). Das Betriebsgelände ist rot umrandet dargestellt. (Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024).



Abbildung 9-2: Lage der Beurteilungspunkte. Das Betriebsgelände des geplanten Rechenzentrum-Campus Lübbenau ist rot umrandet.
(DOP20 Luftbild: © GeoBasis-DE/BKG 2024)

10 Ermittlung der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2,5}-Immissionen

10.1 Allgemeines

Für Stickstoffdioxid (NO₂), PM₁₀ und PM_{2,5} ist die Einhaltung der Jahresmittelwerte zu prüfen. Bei Stickstoffdioxid und PM₁₀ ist zusätzlich die Einhaltung des Kurzzeit-Immissionswerts zu prüfen.

Stellvertretend für die möglichen Betriebszustände und die modelltechnischen Anforderungen werden die Lastfälle A und B unterschieden. Die Ergebnisse werden jeweils separat dargestellt.

10.2 Jahresmittelwert

In Abbildung 10-1 ist die Vorgehensweise zur Ermittlung der maximalen Betriebszeit des Notbetriebs auf Basis der Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung dargestellt.

Danach darf der höchste Jahresmittelwert aller Beurteilungspunkte die Irrelevanzschwelle von 3,0 % des Immissionswerts nicht überschreiten.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der beiden betrachteten Betriebszustände dargestellt.

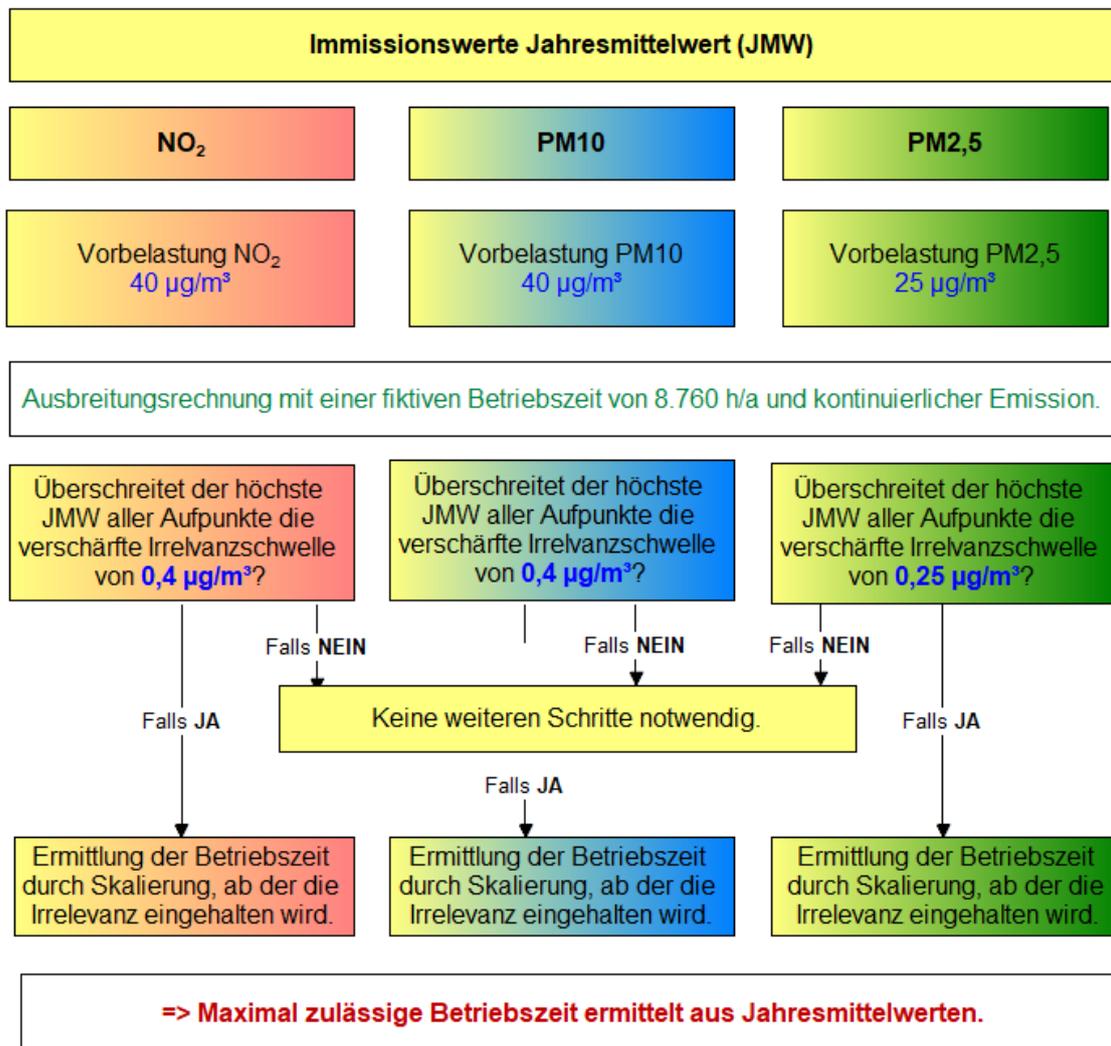


Abbildung 10-1: Herleitung der maximalen Betriebsstundenzahl des Notstrombetriebs für das Schutzgut „menschliche Gesundheit“ anhand der Jahresmittelwerte der NO₂-, PM_{2,5} und PM₁₀-Zusatzbelastung.

10.2.1 Lastfall A

10.2.1.1 Jahresmittelwerte NO₂

In Tabelle 10-1 sind in der zweiten Spalte die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte je Beurteilungspunkt (Aufpunkt) bei kontinuierlicher Emission der NDMA im Parallelbetrieb dargestellt. An jedem Beurteilungspunkt werden die NO₂-Jahresmittelwerte in mehreren Höhenschichten ausgewertet. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist in Tabelle 10-1 nur der maximale NO₂-Jahresmittelwert aus allen Höhenschichten an einem Gebäude dargestellt.

Die flächenhafte Verteilung der NO₂-Jahresmittelwerte bei kontinuierlicher Emission ist in Anhang 1, Kapitel A1.1 ab S. 90 ff. für die Höhenschichten bis 12 m über Grund dargestellt.

Der höchste Jahresmittelwert (JMW) aller Beurteilungspunkte soll die verschärfte Irrelevanzschwelle von 0,4 µg/m³ nicht überschreiten. Durch eine Skalierung der Betriebsstunden im Notbetrieb der NDMA lässt sich aus Tabelle 10-1 eine maximal mögliche Betriebszeit von

750 h/a

im Notbetrieb ableiten. Maßgebend für diese Betriebszeit ist das bodennahe Maximum außerhalb des Betriebsgeländes. Die entsprechende Zelle ist in Tabelle 10-1 gelb unterlegt. Das Maximum befindet sich an den Bahngleisen östlich des Betriebsgeländes (siehe Abbildung 9-1).

Tabelle 10-1: Maximale NO₂-Zusatzbelastungen beim Parallelbetrieb sowie durch Skalierung hergeleitete maximale Betriebszeit je Beurteilungspunkt. **Lastfall A.**

Aufpunkt	NO ₂ -Immission (Jahresmittelwert) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**
	µg/m ³	h/a
Bodennahes Maximum	4,5	750
1	1,1	3150
2	2,7	1300
3	2,8	1200
4	3,4	1000
5	3,0	1150
6	1,2	3000
7	0,7	5050
8	0,9	4000
9	1,5	2250
10	0,9	3700

* Maximum über alle Höhenschichten

**abgerundet auf ein Vielfaches von 50

10.2.1.2 Jahresmittelwerte der $PM_{2,5}$ - und PM_{10} -Konzentration

Die Ermittlung der maximal möglichen Betriebszeit auf Basis der Jahresmittelwerte der $PM_{2,5}$ - und PM_{10} -Konzentration erfolgt analog zu NO_2 .

Da es sich um motorische Emissionen handelt, liegen die Korngrößendurchmessern zwischen 0 und 2,5 μm . Damit ist die PM_{10} -Konzentration identisch zur $PM_{2,5}$ -Konzentration.

Die flächenhafte Verteilung der $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte bei kontinuierlicher Emission ist in Anhang 1, Kapitel A1.2 ab S. 101 ff. für die Höhenschichten bis 12 m über Grund dargestellt.

Der höchste Jahresmittelwert (JMW) aller Beurteilungspunkte für den Notbetrieb soll die Irrelevanzschwelle von 1,2 $\mu g/m^3$ bei PM_{10} und 0,75 $\mu g/m^3$ bei $PM_{2,5}$ nicht überschreiten. Durch eine Skalierung der Betriebsstunden im Notbetrieb der NDMA lässt sich aus Tabelle 10-2 eine maximal mögliche Betriebszeit von (abgerundet)

600 h/a

im Notbetrieb ableiten. Maßgebend für diese Betriebszeit ist ebenfalls das bodennahe Maximum. Die entsprechende Zelle ist in Tabelle 10-2 gelb unterlegt.

Tabelle 10-2: Maximale $PM_{2,5}/PM_{10}$ - Zusatzbelastungen beim Parallelbetrieb je Beurteilungspunkt.
Lastfall A.

Aufpunkt	PM ₁₀ -Immission (JMW) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**	PM _{2,5} -Immission (JMW) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**
	$\mu g/m^3$	h/a	$\mu g/m^3$	h/a
Bodennahes Maximum	3,4	1000	3,41	600
1	0,8	4250	0,82	2650
2	2,0	1700	2,03	1050
3	2,1	1650	2,08	1050
4	2,5	1350	2,51	850
5	2,2	1550	2,20	950
6	0,8	4100	0,85	2550
7	0,5	7050	0,50	4400
8	0,6	5500	0,63	3450
9	1,1	3100	1,13	1900
10	0,7	5100	0,69	3150

* Maximum über alle Höhenschichten

**abgerundet auf ein Vielfaches von 50

10.2.2 Lastfall B

10.2.2.1 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration

Tabelle 10-3 zeigt die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte je Beurteilungspunkt bei kontinuierlicher Emission der NDMA im Parallelbetrieb für Lastfall B. Analog zu Kapitel 10.2.1 werden nur die maximalen NO₂-Jahresmittelwerte aller Höhengschichten betrachtet.

Durch Skalierung der Betriebsstunden lässt sich aus Tabelle 10-3 eine maximal mögliche Betriebszeit von

700 h/a

im Notbetrieb ableiten, damit die Irrelevanzschwelle von 1,2 µg/m³ nicht überschritten wird.

Maßgebend für diese Betriebszeit ist wie in Lastfall A das bodennahe Maximum außerhalb des Betriebsgeländes. Die entsprechende Zelle ist in Tabelle 10-3 gelb unterlegt.

In Lastfall B wird für den NO₂-Jahresmittelwert eine geringere maximale Betriebszeit ermittelt als in Lastfall A. Dies hängt damit zusammen, dass die Generatoren in Lastfall B insgesamt mit höherer Last in Betrieb gehen als in Lastfall A.

*Tabelle 10-3: Maximale NO₂- Zusatzbelastungen beim Parallelbetrieb und durch Skalierung hergeleitete maximale Betriebszeit je Beurteilungspunkt. **Lastfall B.***

Aufpunkt	NO ₂ -Immission (Jahresmittelwert) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**
	µg/m ³	h/a
Bodennahes Maximum	4,8	700
1	0,8	4400
2	2,5	1400
3	3,7	950
4	4,3	800
5	3,7	950
6	0,9	4000
7	0,6	6000
8	0,7	5150
9	1,3	2650
10	0,7	4650

* Maximum über alle Höhengschichten

**abgerundet auf ein Vielfaches von 50

10.2.2.2 Jahresmittelwerte der $PM_{2,5}$ - und PM_{10} -Konzentration

Aus Tabelle 10-4 kann für den PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwert eine maximal mögliche Betriebszeit von (abgerundet)

550 h/a

im Notbetrieb abgeleitet werden. Maßgebend für diese Betriebszeit ist wie in Lastfall A das bodennahe Maximum der $PM_{2,5}$ -Zusatzbelastung außerhalb des Betriebsgeländes. Die entsprechende Zelle ist in Tabelle 10-4 gelb unterlegt.

Die für den Lastfall B aus den PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwert hergeleitete Betriebszeit ist etwas niedriger als für den Lastfall A.

Tabelle 10-4: Maximale $PM_{2,5}/PM_{10}$ - Zusatzbelastungen beim Parallelbetrieb je Beurteilungspunkt.
Lastfall B.

Aufpunkt	PM ₁₀ -Immission (JMW) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**	PM _{2,5} -Immission (JMW) bei 8760 h/a Emissionszeit*	Maximale Betriebszeit zur Einhaltung der Irrelevanzschwelle**
	µg/m ³	h/a	µg/m ³	h/a
Bodennahes Maximum	3,7	950	3,69	550
1	0,6	6000	0,58	3750
2	1,9	1800	1,90	1150
3	2,7	1250	2,75	750
4	3,2	1050	3,24	650
5	2,8	1250	2,76	750
6	0,6	5450	0,64	3400
7	0,4	8400	0,42	5250
8	0,5	7150	0,49	4450
9	0,9	3650	0,95	2300
10	0,5	6500	0,54	4050

* Maximum über alle Höhengschichten

**abgerundet auf ein Vielfaches von 50

10.3 Kurzzeitwerte

In Abbildung 10-2 ist die Vorgehensweise zur Ermittlung der maximalen Betriebszeit des Notbetriebs auf Basis der Kurzzeit-Immissionswerte dargestellt.

Die Kurzzeit-Immissionsgrenzwerte betragen:

- NO_2 : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Konzentration, die von 18 Stundenmittelwerten im Jahr überschritten werden darf – „ NO_2 -S18“)
- PM_{10} : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Konzentration, die von 35 Tagesmittelwerten im Jahr überschritten werden darf – „ PM_{10} -T35“).

Zur Ermittlung der maximal möglichen Zusatzbelastung ist bei den Kurzzeitwerten eine NO_2 -Vorbelastung von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und eine PM_{10} -Vorbelastung von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anzusetzen (siehe Kapitel 9.3).

Der Notbetrieb der Aggregate darf demnach folgende Immissionsbeiträge nicht überschreiten:

- NO_2 : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM_{10} : $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Die flächenhafte Verteilung der NO_2 -S18-Zusatzbelastung bei kontinuierlicher Emission ist in Anhang 2, Kapitel A2.1 ab S. 118 für die Höhenschichten bis 12 m über Grund dargestellt. Die S18-Werte in jeder Gitterzelle geben den 19-höchsten Stundenmittelwert des gesamten Jahres an.

Die Berechnungen wurden mit der Qualitätsstufe **qs = + 7** durchgeführt. Dies entspricht einer Partikelrate von 256/s (s. Anhang A5.11). Diese Qualitätsstufe ist notwendig, da erst ab einer Partikelrate von 256/s die Anforderung des Anhangs 2, Nr. 7 der TA Luft erfüllt ist, dass die modellbedingte statistische Unsicherheit 30 vom Hundert des Stunden-Immissionswerts nicht überschreitet.

Da die Notstromaggregate nicht kontinuierlich während des gesamten Jahres, sondern nur während eines beschränkten Zeitintervalls emittieren, dienen die Grafiken zur Veranschaulichung der Ausbreitung der Abgasfahnen und nicht zur Beurteilung der NO_2 - und PM_{10} -Immissionen.

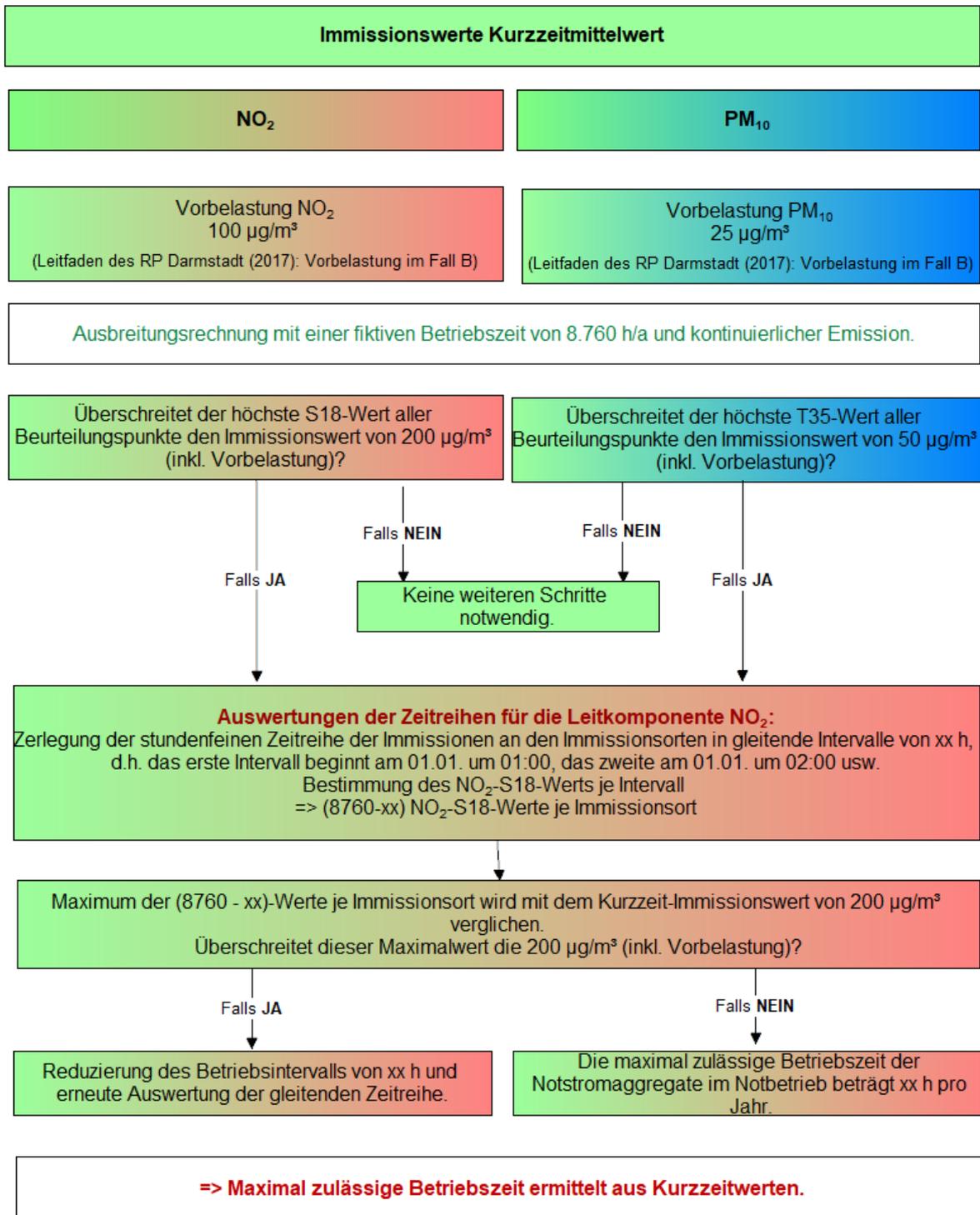


Abbildung 10-2: Herleitung der maximalen Betriebsstundenzahl des Notbetriebs für das Schutzgut „menschliche Gesundheit“ anhand der **Kurzzeitwerte**.

10.3.1 Lastfall A

In Tabelle 10-5 sind die berechneten NO₂-S18-Werte und PM₁₀-T35-Werte bei kontinuierlicher Emission im Parallelbetrieb der Aggregate dargestellt. Aus Übersichtlichkeitsgründen sind in der Tabelle nur die maximalen Werte aus allen Höhenschichten vom Boden bis ins Dach-Niveau der Gebäude aufgeführt.

Der höchsten NO₂-S18-Werte werden bodennah in der Nähe des Heizkraftwerks westlich des Betriebsgeländes ausgewiesen (siehe Abbildung 9-1).

Der höchste PM₁₀-T35-Wert wird in der bodennahen Schicht östlich des Betriebsgeländes an den Bahngleisen ausgewiesen.

Tabelle 10-5: PM₁₀- und NO₂-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung als Kurzzeitwerte bei kontinuierlicher Emission im **Parallelbetrieb. Lastfall A.**

Aufpunkt	NO ₂ *	NO ₂	Staub (PM ₁₀)*	Staub (PM ₁₀)
	(Zusatzbelastung)	(Gesamtbelastung)	(Zusatzbelastung)	(Gesamtbelastung)
	S18-Wert (Jahr)**	S18-Wert (Jahr)**	T35-Wert***	T35-Wert***
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Bodennahes Maximum	49,0	149,0	11,2	36,2
1	33,4	133,4	3,1	28,1
2	33,4	133,4	5,9	30,9
3	30,4	130,4	6,9	31,9
4	34,1	134,1	8,0	33,0
5	34,2	134,2	7,2	32,2
6	34,6	134,6	3,1	28,1
7	31,1	131,1	1,5	26,5
8	33,3	133,3	2,3	27,3
9	37,7	137,7	3,9	28,9
10	32,6	132,6	2,7	27,7
Immissionswert (µg/m³):		200		50

* Maximum über alle relevanten Höhenschichten am Beurteilungspunkt.

** Konzentration, die von 18 Stundenmittelwerten im Jahr überschritten wird.

*** Konzentration, die von 35 Tagesmittelwerten im Jahr überschritten wird.

Aus Tabelle 10-5 geht hervor, dass die Kurzzeitwerte beim kontinuierlichen Betrieb der Aggregate an allen Beurteilungspunkten eingehalten werden.

10.3.2 Lastfall B

Die Auswertungen erfolgen analog zu Kapitel 10.3.1. Tabelle 10-6 enthält die maximalen NO₂-S18- und PM₁₀-T35-Werte bei kontinuierlicher Emission aller Aggregate im Parallelbetrieb.

Der NO₂-S18-Immissionswert sowie der PM₁₀-T35-Immissionswert werden beim kontinuierlichen Parallelbetrieb der Aggregate an allen Beurteilungspunkten eingehalten.

Nach Abbildung 10-2 sind somit keine weiteren Berechnungen notwendig. Auch bei einem kontinuierlichen Dauerbetrieb von 8760 h/a aller NDMA gleichzeitig werden die Kurzzeit-Immissionswerte der TA Luft somit eingehalten.

Tabelle 10-6: PM₁₀- und NO₂-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung als Kurzzeitwerte bei kontinuierlicher Emission im **Parallelbetrieb. Lastfall B.**

Aufpunkt	NO ₂ *	NO ₂	Staub (PM ₁₀)*	Staub (PM ₁₀)
	(Zusatzbelastung)	(Gesamtbelastung)	(Zusatzbelastung)	(Gesamtbelastung)
	S18-Wert (Jahr)**	S18-Wert (Jahr)**	T35-Wert***	T35-Wert***
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Bodennahes Maximum	87,2	187,2	14,1	39,1
1	33,4	133,4	2,1	27,1
2	58,7	158,7	5,9	30,9
3	61,1	161,1	10,0	35,0
4	68,7	168,7	11,6	36,6
5	68,1	168,1	9,3	34,3
6	48,2	148,2	1,8	26,8
7	38,0	138,0	1,4	26,4
8	39,5	139,5	1,6	26,6
9	56,3	156,3	2,6	27,6
10	42,1	142,1	1,9	26,9
Immissionswert (µg/m³):		200		50

* Maximum über alle relevanten Höhenschichten am Beurteilungspunkt.

** Konzentration, die von 18 Stundenmittelwerten im Jahr überschritten wird.

*** Konzentration, die von 35 Tagesmittelwerten im Jahr überschritten wird.

10.4 Zwischenfazit

Aus den Berechnungen in Kapitel 10.2 und 10.3 ergibt sich eine maximale Betriebszeit der NDMA von

550 h/a.

Maßgebend für diese Betriebszeit sind die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte in Lastfall B.

11 Ermittlung der Stickstoffdeposition und Säuredeposition

In den nächstgelegenen FFH-Gebieten, Vogelschutzgebieten, Biosphärenreservaten und gesetzlich geschützten Biotopen und Biotopkomplexen ist die Einhaltung der Abschneidekriterien von 0,3 kg/(ha a) für die Stickstoffeinträge und 30 eq/(ha a) für die Säureeinträge zu prüfen (siehe Kapitel 7.2).

In Abbildung 11-1 ist die Vorgehensweise zur Ermittlung der maximal möglichen Betriebsstundenzahl dargestellt, die sich aus dem Kriterium „Schutz von Ökosystemen und Vegetation“ ergibt.

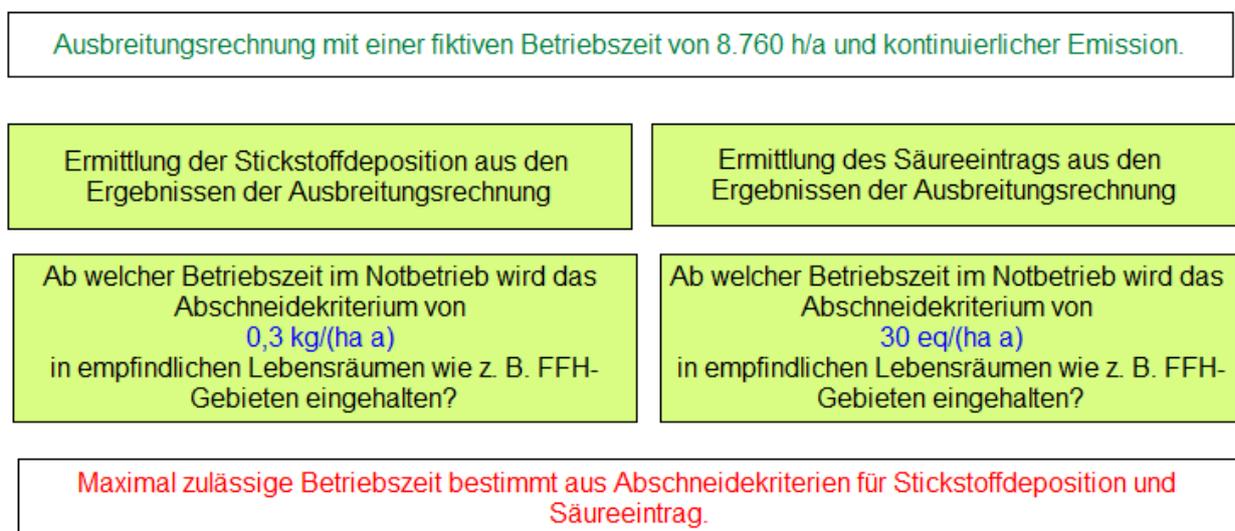


Abbildung 11-1: Herleitung der maximalen Betriebsstundenzahl im Parallelbetrieb der NDMA für das Kriterium „Schutz von Ökosystemen und Vegetation“.

Die Stickstoffdeposition und der Säureeintrag werden aus den Beiträgen der Stoffe NO, NO₂, NH₃ und SO₂ ermittelt. Für diese Stoffe wird sowohl die trockene als auch die nasse Deposition berechnet.

Die *trockene Deposition* hängt von der Depositionsfähigkeit des betrachteten Luftschadstoffs ab. Diese ist u.a. abhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes.

Als *nasse Deposition* wird das Auswaschen von Luftschadstoffen aus dem Luftraum durch Niederschlag bezeichnet. Sie wird in Abhängigkeit von der Niederschlagsintensität und den stoffspezifischen Auswaschraten entsprechend der Ansätze in der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 (2006) berechnet. Zur Berechnung der nassen Deposition werden die standortrepräsentativen Niederschlagsdaten des Umweltbundesamts verwendet (siehe Kapitel 8.5).

Die Ermittlung der Stickstoff- und Säuredeposition aus den Beiträgen der Stoffe NO, NO₂, NH₃ und SO₂ wird gemäß den folgenden Veröffentlichungen und Regelwerken durchgeführt:

- Straub et al. (2013), Methode 3.

- VDI KRdL-Sachstandsbericht (2014).
- TA Luft (2021), Anhang 2.

Die Berechnung erfolgt für die Lastfälle A und B.

Zur Bestimmung der Säuredeposition wird davon ausgegangen, dass ausschließlich Dieseldieselkraftstoff verwendet wird.

Für NH₃ und SO₂ werden die Beiträge zur Stickstoff- und Säuredeposition konservativ mit der Depositionsgeschwindigkeit für Wald berechnet (vgl. Straub et al. (2013), Methode 3).

Am nächsten zum Anlagenstandort liegt das gesetzlich geschützte Biotop LU09016 "Grünlandbrache feuchter Standorte, von rasigen Großseggen dominiert" (ca. 250 m nordnordwestlich der Anlage).

Da sich das Biotop jedoch nicht in Hauptwindrichtung zu den Quellen befindet, werden dort trotz der geringen Entfernung geringere Depositionen berechnet als in dem ca. 450 m östlich liegenden Biosphärenreservat "Spreewald" (Nr. 4150-201) und dem Vogelschutzgebiet "Spreewald und Lieberoser Endmoräne" (Nr. DE 4151-421).

Auf die Darstellung der gesetzlich geschützten Biotope wird aus Übersichtlichkeitsgründen in den folgenden Abbildungen verzichtet. Genauere Untersuchungen dazu können der Umweltverträglichkeitsprüfung entnommen werden.

In einer Entfernung von ca. 1,8 km nordöstlich zum Anlagenstandort befindet sich außerdem das FFH-Gebiet "Innerer Oberspreewald" (Nr. DE 4150-301).

In allen genannten Gebieten werden im Folgenden die höchsten berechneten Depositionen ausgewiesen.

11.1 Lastfall A

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass die Stickstoff- und Säuredeposition die Abschneidekriterien in den nächstgelegenen relevanten Schutzgebieten bei einer maximalen jährlichen Betriebszeit im Notbetrieb der NDMA von (abgerundet)

500 h/a

unterschreiten. Maßgebend ist die Stickstoffdeposition, während die Säuredeposition auch bei einer Betriebsdauer von 700 h/a das Abschneidekriterium in den relevanten Schutzgebieten noch einhält.

Tabelle 11-1 und Tabelle 11-2 enthalten die maximalen Stickstoff- und Säuredepositionen in den nächstgelegenen Schutzgebieten und den am höchsten beaufschlagten Biotopen (siehe Abbildung 2-3) für den Lastfall A. Die Ergebnisse sind für mehrere Betriebszeiten dargestellt.

Tabelle 11-1: Maximale Stickstoffdeposition innerhalb der nächstgelegenen Schutzgebiete in kg/(ha a) im **Parallelbetrieb** bei kontinuierlicher Emission (8760 h/a) und bei maximaler Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums. Werte gerundet. **Lastfall A.**

Schutzgebiet	Max. Stickstoffdeposition in kg/(ha a) bei einer Betriebszeit von		
	Dauerbetrieb	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums (Stickstoff, Lastfall B)
	8760 h/a	500 h/a	350 h/a
Vogelschutzgebiet			
DE 4151-421	4,36	0,25	0,17
Biosphärenreservat			
4150-201	5,12	0,29	0,20
FFH-Gebiet			
DE 4150-301	5,07	0,29	0,20
Gesetzlich geschützte Biotope			
LU09016-4149SO0002	1,14	0,07	0,05

Tabelle 11-2: Maximale Säuredeposition innerhalb der nächstgelegenen Schutzgebiete in Seq/(ha a) im **Parallelbetrieb** bei kontinuierlicher Emission (8760 h/a) und bei maximaler Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums. Werte gerundet. **Lastfall A.**

Schutzgebiet	Max. Säuredeposition in eq/(ha a) bei einer Betriebszeit von		
	Dauerbetrieb	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums (Säure)	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums (Stickstoff, Lastfall B)
	8760 h/a	700 h/a	350 h/a
Vogelschutzgebiet			
DE 4151-421	319,7	25,5	12,8
Biosphärenreservat			
4150-201	371,7	29,3	14,9
FFH-Gebiet			
DE 4150-301	86,5	6,9	3,5
Gesetzlich geschützte Biotope			
SP18015-4150SW0007	86,5	6,9	3,5

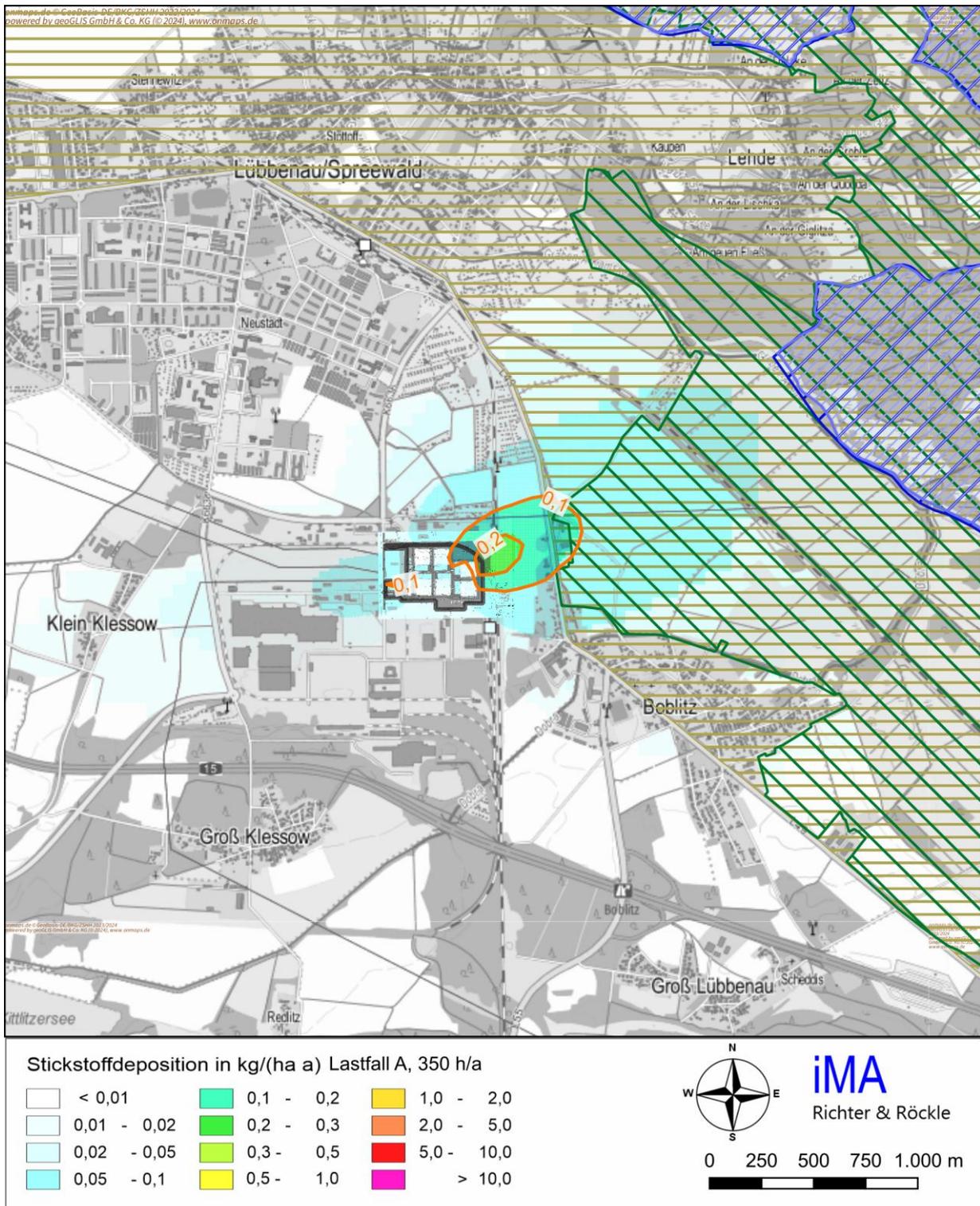


Abbildung 11-2: Stickstoffdeposition in kg (N)/(ha · a) bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall A.** Isolinen gleicher Stickstoffdeposition in orange eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

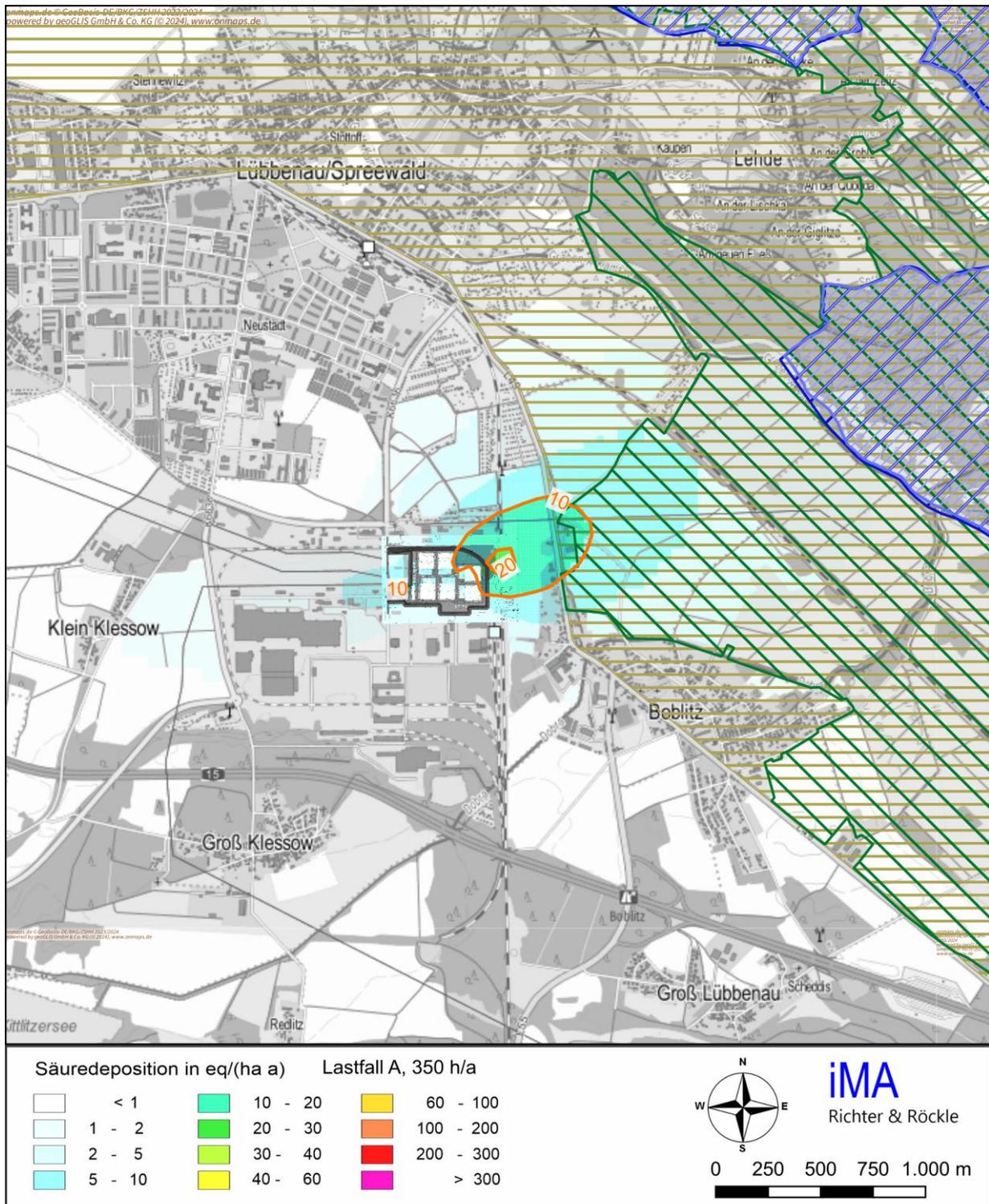


Abbildung 11-3: Säuredeposition in eq (N+S)/(ha · a) bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall A.** Isolinien gleicher Säuredeposition in orange eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

11.2 Lastfall B

Im Lastfall B werden die Abschneidekriterien für die Stickstoff- und Säuredeposition in den nächstgelegenen relevanten Schutzgebieten bei einer maximalen jährlichen Betriebszeit im Notbetrieb der NDMA von

350 h/a

unterschritten. Maßgebend ist wie in Lastfall A die Stickstoffdeposition, während die Säuredeposition auch bei einer Betriebsdauer von 500 h/a das Abschneidekriterium in den relevanten Schutzgebieten einhält.

Tabelle 11-3 und Tabelle 11-4 enthalten die maximalen Stickstoff- und Säuredepositionen in den nächstgelegenen Schutzgebieten und den am höchsten beaufschlagten Biotopen (siehe Abbildung 2-3) für den Lastfall B. Die Ergebnisse sind für mehrere Betriebszeiten dargestellt.

*Tabelle 11-3: Maximale Stickstoffdeposition innerhalb der nächstgelegenen Schutzgebiete in kg/(ha a) im **Parallelbetrieb** bei kontinuierlicher Emission (8760 h) und bei maximaler Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums. Werte gerundet. **Lastfall B.***

Schutzgebiet	Max. Stickstoffdeposition in kg/(ha a) bei einer Betriebszeit von	
	Dauerbetrieb	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums
	8760 h/a	350 h/a
Vogelschutzgebiet		
DE 4151-421	6,19	0,25
Biosphärenreservat		
4150-201	7,12	0,28
FFH-Gebiet		
DE 4150-301	2,18	0,09
Gesetzlich geschützte Biotope		
SP18015-4150SW0007	2,32	0,09

Tabelle 11-4: Maximale Säuredeposition innerhalb der nächstgelegenen Schutzgebiete in Seq/(ha a) im **Parallelbetrieb** bei kontinuierlicher Emission (8760 h) und bei maximaler Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums. Werte gerundet. **Lastfall B**.

Schutzgebiet	Max. Säuredeposition in eq/(ha a) bei einer Betriebszeit von		
	Dauerbetrieb	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums (Säure)	Max. Betriebszeit zur Einhaltung des Abschneidekriteriums (Stickstoff, Lastfall B)
	8760 h/a	500 h/a	350 h/a
Vogelschutzgebiet			
DE 4151-421	453	25,9	18,1
Biosphärenreservat			
4150-201	521,7	29,8	20,8
FFH-Gebiet			
DE 4150-301	159,7	9,1	6,4
Gesetzlich geschützte Biotope			
SP18015-4150SW0007	169,6	9,7	6,8

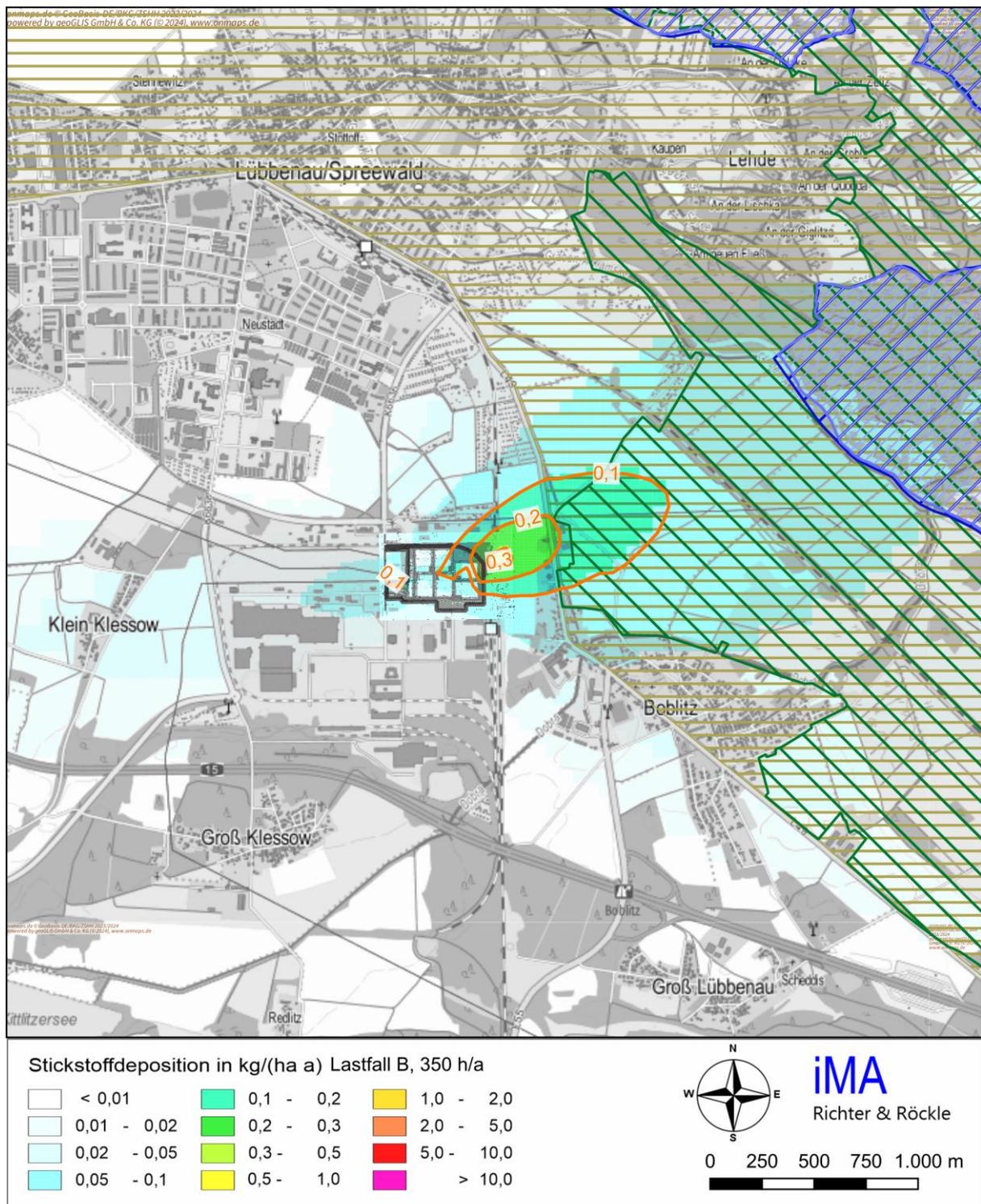


Abbildung 11-4: Stickstoffdeposition in kg (N)/(ha · a) bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall B.** Isolinen gleicher Stickstoffdeposition in blau eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

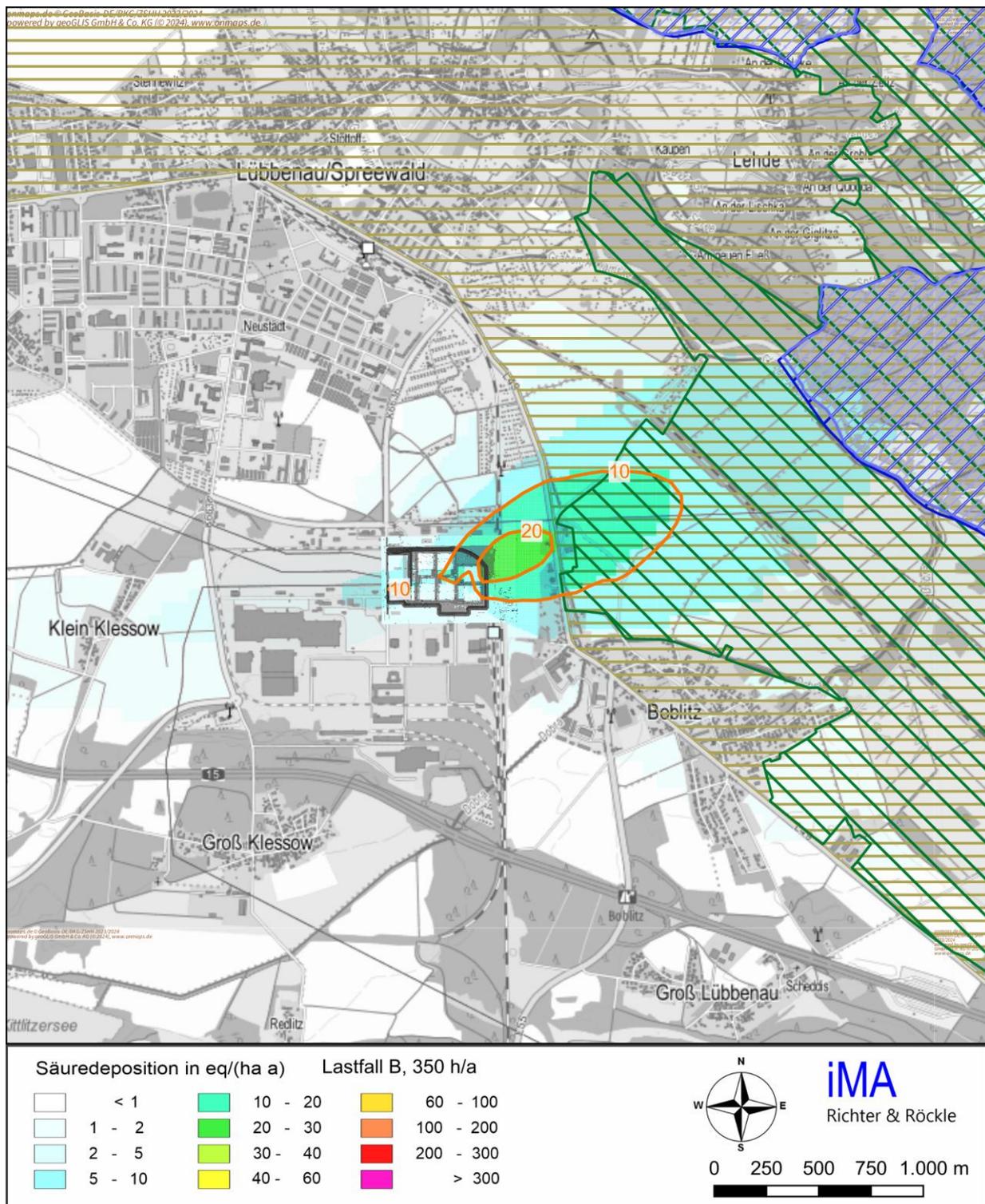


Abbildung 11-5: Säuredeposition in eq (N+S)/(ha · a) bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall B.** Isolinien gleicher Säuredeposition in blau eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

12 Zusammenfassung der maximal möglichen Betriebsstundenzeit

Maßgebend für die maximal zulässige Betriebszeit der NDMA im Parallelbetrieb ist die Stickstoffdeposition in Lastfall A. Tabelle 12-1 enthält die Übersicht der ermittelten Betriebszeiten.

Tabelle 12-1: Zusammenfassende Darstellung der Betriebsstunden im Notbetrieb für die verschiedenen Auswertungen.

Fall	Herleitung aus	Einheit	Maximale Betriebsstundenzahl
Lastfall A	NO ₂ -Jahresmittelwert	h/a	750
	NO ₂ -Kurzzeitwert	h/a	8760
	PM _{2,5} -Jahresmittelwert	h/a	600
	PM ₁₀ -Kurzzeitwert	h/a	8760
	Stickstoffdeposition und Säureeintrag	h/a	500
Lastfall B	NO ₂ -Jahresmittelwert	h/a	700
	NO ₂ -Kurzzeitwert	h/a	8760
	PM _{2,5} -Jahresmittelwert	h/a	550
	PM ₁₀ -Kurzzeitwert	h/a	8760
	Stickstoffdeposition und Säureeintrag	h/a	350
Maximale Betriebszeit im Notbetrieb:		h/a	350

Die zu erwartenden NO₂-Immissionen und PM_{2,5}-Immissionen bei einer maximalen Betriebszeit von 350 h/a sind in „Anhang 1: Ergebnisabbildungen Jahresmittelwerte“ ab Seite 90 ff. graphisch dargestellt. Grafiken der Stickstoff- und Säuredeposition bei dieser Betriebszeit können Kapitel 11 entnommen werden.

Von dieser maximalen Betriebszeit für den Notstrombetrieb sind nach Anforderung des Leitfadens des Regierungspräsidium Darmstadt (2017) diejenigen Testbetriebsstunden abzuziehen, in denen ein Parallelbetrieb von Aggregaten stattfindet. Im vorliegenden Fall trifft dies auf die jährlich stattfindenden Black Building Tests pro Gebäude zu (siehe Abschnitt 3.2). Dafür ist für jedes Gebäude ein fünfstündiger Parallelbetrieb der NDMA pro Jahr geplant, sodass in Summe 30 Stunden pro Jahr von der ermittelten Betriebszeit abzuziehen sind.

13 Geruchsimmissionen

Gemäß Nr. 3.3 des Leitfadens des Regierungspräsidiums Darmstadt (2017) sind die Geruchsimmissionen für den Testbetrieb der Anlage zu bewerten. Der Notbetrieb ist bzgl. Geruch nicht zu betrachten.

In Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4 auf S. 19 f. sind die Testbetriebszeiten pro Modul-Generator, aufgeführt sowie eine exemplarische Verteilung über das Jahr.

Bei der exemplarischen Verteilung des Testbetriebs pro Generator auf das Jahr wird konservativ angenommen, dass im betrachteten Jahr Emissionsmessungen stattfinden.

Aus dem vorgesehenen Testbetrieb ergibt sich eine Testbetriebszeit von insgesamt 20 Stunden pro Jahr je Generator (inklusive Emissionsmessung). Diese teilt sich auf in 15 h/a, in denen jeder Generator einzeln läuft und 5 h/a, in denen alle Generatoren eines Gebäudes parallel betrieben werden (Black Building Test).

Insgesamt ergibt sich unter Berücksichtigung der Emissionsmessungen eine Betriebszeit von 1.125 h/a in Summe über alle 73 NDMA (vgl. Kapitel 3.2). Dies entspricht ca. 12,8 % der Jahresstunden, in denen theoretisch Geruchsstunden in der Umgebung der Anlagen auftreten könnten.

Da der Testbetrieb im Verlauf des Jahres unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen durchgeführt wird, ist die tatsächliche Geruchs-Zusatzbelastung in der Umgebung der Anlage geringer.

Nach Anhang 7, Nr. 3.3 der TA Luft (2021) ist bei einer zu erwartenden Gesamtzusatzbelastung der Geruchsstundenhäufigkeit bis 2 % davon auszugehen, dass der Betrieb einer Anlage eine bereits vorhandene Belastung nicht relevant erhöht (Irrelevanzkriterium, vgl. Kapitel 7.3.2 auf Seite 47).

Zur Beurteilung, ob durch den Testbetrieb der Anlage eine relevante Geruchs-Gesamtzusatzbelastung entstehen kann, werden die Geruchsimmissionen mittels Ausbreitungsrechnungen ermittelt.

Das Ergebnis der Geruchsausbreitungsrechnung ist die nach Anhang 7, Nr. 3 der TA Luft (2021) geforderte relative Häufigkeit von Geruchsstunden, angegeben in Prozent der Jahresstunden. Eine „Geruchsstunde“ liegt vor, wenn anlagentypischer Geruch während mindestens 6 Minuten innerhalb der Stunde wahrgenommen wird.

Pro Quartal ist ein 90-minütiger Testbetrieb jeder NDMA einzeln mit 30 % Last vorgesehen. Pro Schornsteingruppe bestehend aus drei NDMA kann der zweiwöchentliche Test also innerhalb von 4,5 Stunden für alle NDMA der Schornsteingruppe durchgeführt werden. In der Ausbreitungsrechnung für Gerüche wird konservativ die Freisetzungszeit der Geruchsemissionen für den zweiwöchentlichen Testbetrieb bei 30 % Last auf 6 Stunden je Schornsteingruppe erhöht. Somit werden die Geruchsstoffkonzentrationen im Modell über einen längeren Zeitraum freigesetzt als im realen Betrieb (4,5 Stunden Freisetzungszeit).

Die jährlich stattfindende Emissionsmessung findet während 2,5 Stunden pro Generator statt. Pro Schornsteingruppe bestehend aus drei NDMA wird die Freisetzungzeit während der Emissionsmessung auf 9 Stunden pro Gruppe erhöht.

Die Geruchsstoffkonzentrationen im Abgas der NDMA werden für den Testbetrieb mit 8.000 GE/m³ angesetzt (siehe Leitfaden des RP Darmstadt (2017)).

Für den Lastzustand 30 % Last wird der feuchte Volumenstrom zur Berechnung des Geruchsstoffstroms interpoliert. Die Austrittstemperatur und die Austrittsgeschwindigkeit werden konservativ wie bei dem Lastzustand 25 % Last angesetzt. Damit wird ein geringerer Aufstieg der Abgasfahne und damit höhere Geruchsimmissionen berechnet.

Für den Hausgenerator wird auch für die Testbetriebe bei 30 % Last der höhere Geruchsstoffstrom bei 100 % Last angesetzt. Da für den Hausgenerator keine Abgasfahnenüberhöhung in der Berechnung berücksichtigt wird, ist dies konservativ.

Die Geruchsstoffströme sind in Tabelle 13-1 dargestellt. Sie errechnen sich aus dem Produkt der Geruchsstoffkonzentration und dem feuchten Volumenstrom bei 20 °C und 1013 hPa. Der so berechnete Geruchsstoffstrom wird konservativ mit einem Sicherheitszuschlag von 10 % versehen.

Tabelle 13-1: Berechnete Geruchsstoffströme im Testbetrieb.

Generator und Lastzustand	Geruchsstoffkonzentration	Volumenstrom i.N. f.	Volumenstrom f. 20°C	Geruchsstoffstrom	Geruchsstoffstrom + 10%
	GE/m ³	Nm ³ /h	m ³ /h	MGE/h	MGE/h
Modul-Generatoren					
Modul-Generator 30% Last	8 000	5 364	6 344	50,8	55,8
Modul-Generator 100% Last	8 000	14 544	15 609	124,9	137,4
Haus-Generator					
Haus-Generator 100% Last	8 000	1 550	1 664	13,3	14,6

Die Geruchsimmissionen werden als Mittelwert über ein vertikales Intervall vom Erdboden bis 3 m Höhe berechnet und sind damit repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Grund. Zusätzlich erfolgt eine Auswertung in weiteren Höhenschichten.

Die Berechnungen zu Gerüchen werden mit dem Programm AUSTAL (Version 3.3.0 vom 28.03.2024) durchgeführt.

In Abbildung 13-1 bis Abbildung 13-4 sind die relativen Geruchsstunden-Häufigkeiten, die durch den Testbetrieb der Notstromaggregate verursacht werden, exemplarisch für die Höhenschichten in 1,5 m über Grund, 4,5 über Grund, 7,5 m über Grund und 10,5 m über Grund auf einem 250 m x 250 m-Raster dargestellt. Die Unterschiede in den berechneten Geruchsstunden-Häufigkeiten zwischen den einzelnen Höhenschichten sind gering.

Die Irrelevanzschwelle von 2,49 % (gerundet 2 %) wird in allen Höhenschichten auf allen Beurteilungsflächen, auf denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, eingehalten.

Die höchste berechnete Geruchsstundenhäufigkeit liegt bei 0,5 % und befindet sich in Hauptwindrichtung direkt östlich an das Betriebsgelände anschließend.

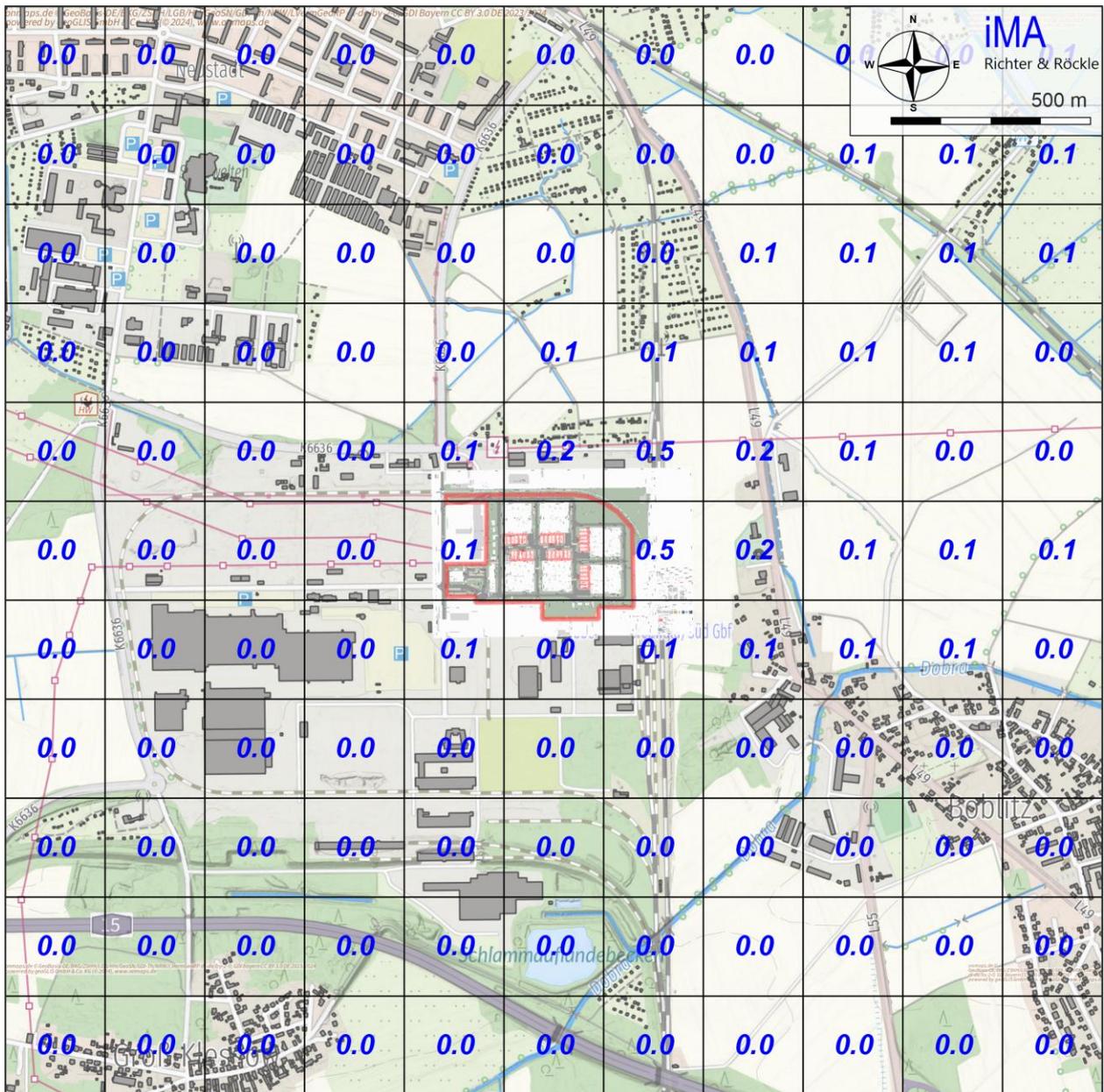


Abbildung 13-1: Geruchsstundenhäufigkeiten in Prozent der Jahresstunden, verursacht durch den Testbetrieb der NDMA in 1,5 m über Grund. Das Betriebsgelände ist rot umrandet.

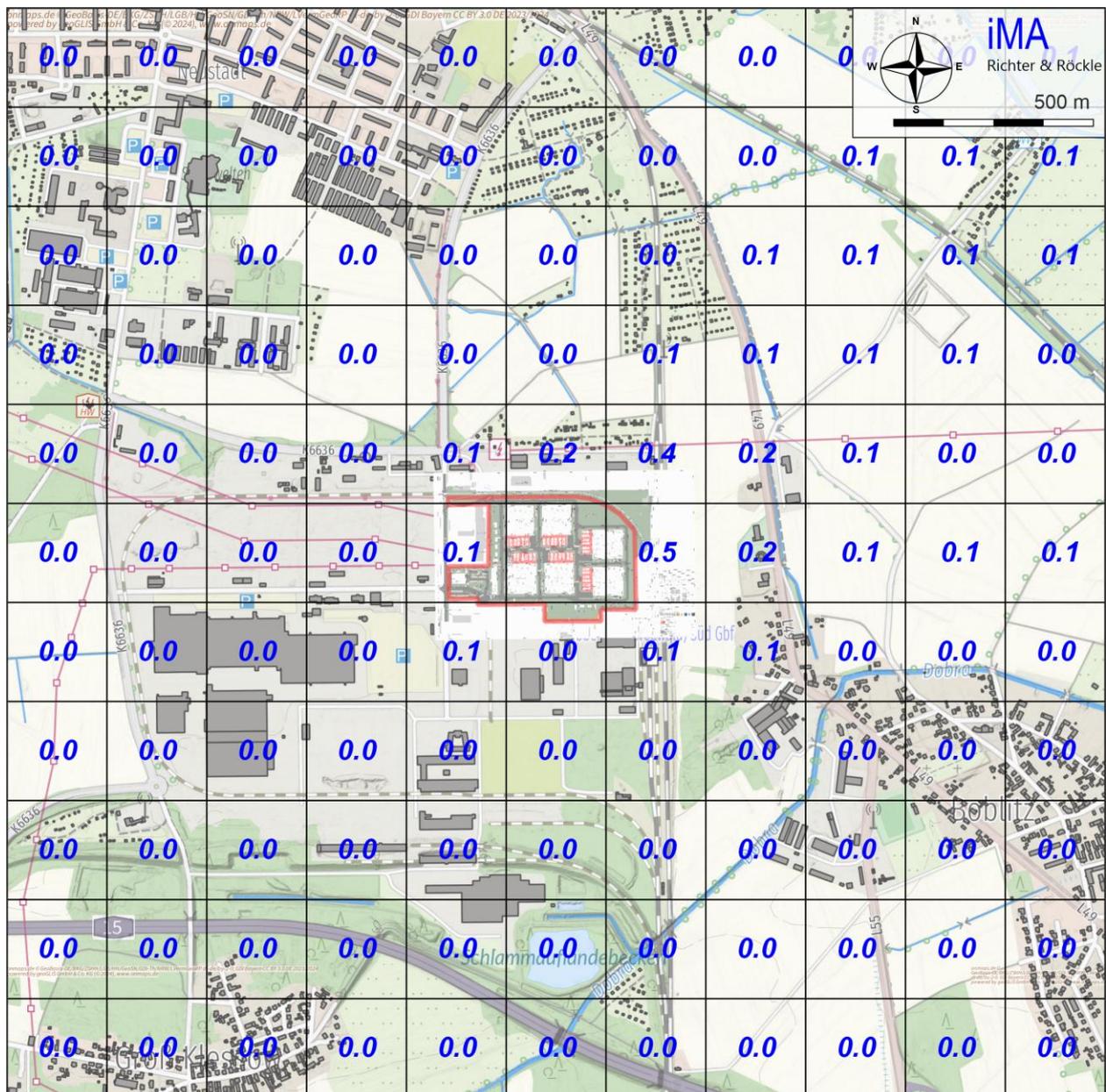


Abbildung 13-2: Geruchsstundenhäufigkeiten in Prozent der Jahresstunden, verursacht durch den Testbetrieb der NDMA in 4,5 m über Grund. Das Betriebsgelände ist rot umrandet.

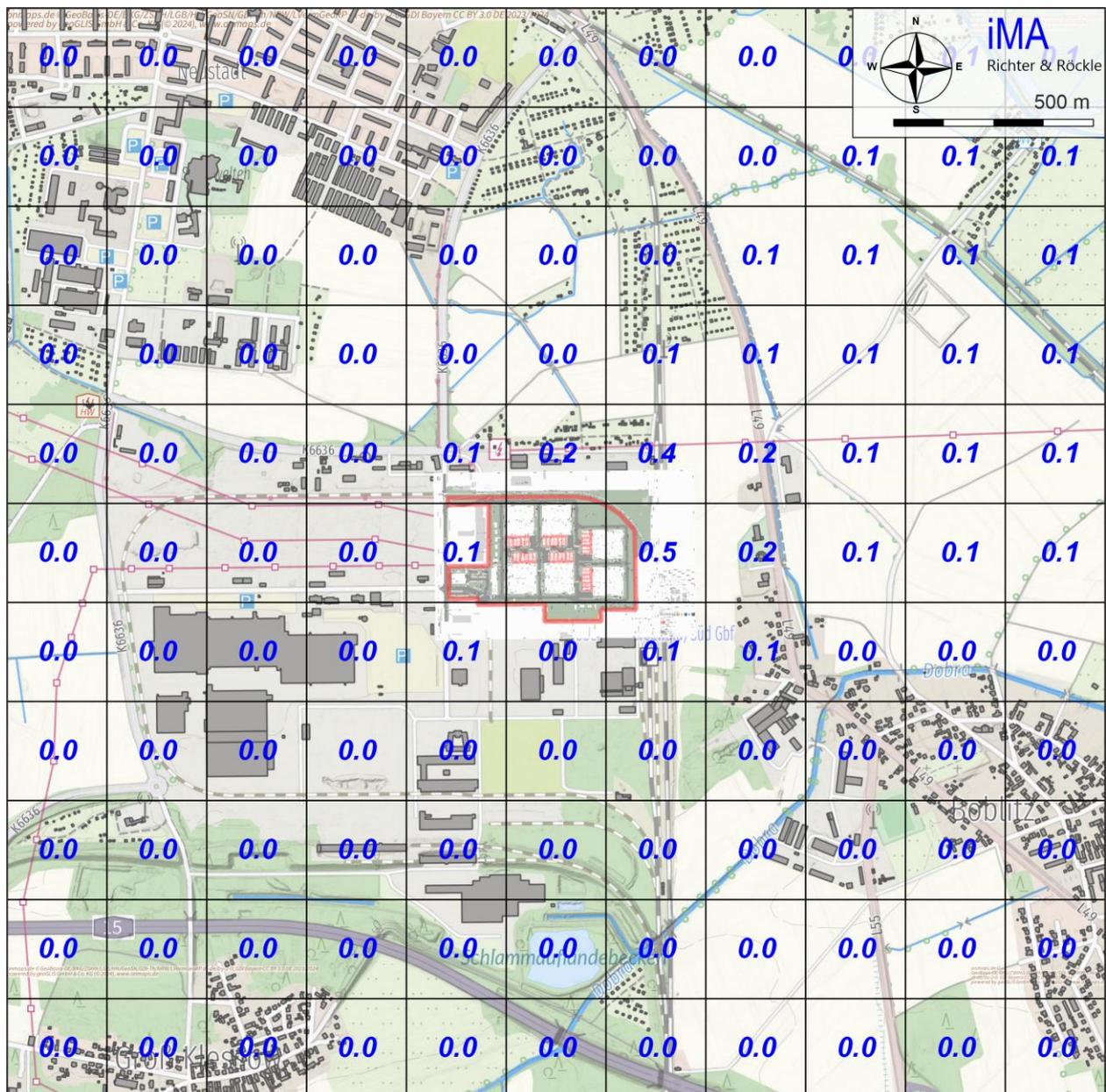


Abbildung 13-3: Geruchsstundenhäufigkeiten in Prozent der Jahresstunden, verursacht durch den Testbetrieb der NDMA in 7,5 m über Grund. Das Betriebsgelände ist rot umrandet.

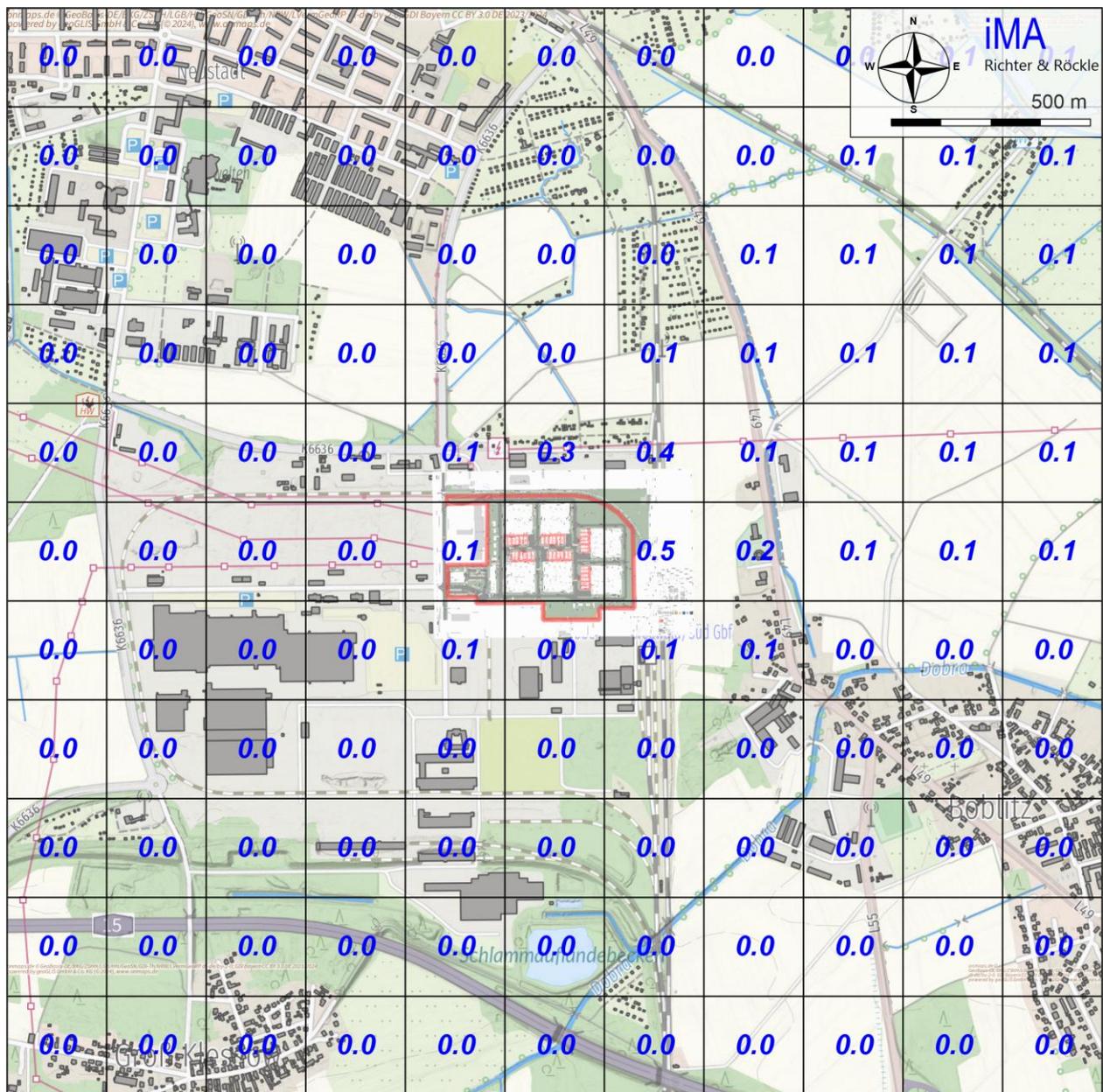


Abbildung 13-4: Geruchsstundenhäufigkeiten in Prozent der Jahresstunden, verursacht durch den Testbetrieb der NDMA in 10,5 m über Grund. Das Betriebsgelände ist rot umrandet.

14 Zusammenfassung

Die Fa. Schwarz Immobilien Service GmbH & Co. KG plant die Errichtung und den Betrieb eines Rechenzentrum-Campus „An der Kraftwerkstraße“ in 03222 Lübbenau. Der Campus soll im Endausbau aus sechs Rechenzentrumsgebäuden bestehen.

Zur Sicherstellung der unterbrechungsfreien Stromversorgung im Fall eines Stromausfalls sind Notstromdieselmotoranlagen (NDMA) vorgesehen, die bei einem Ausfall der primären Stromversorgung automatisch in Betrieb gehen. Je Gebäude sind 12 NDMA (Modul-Generatoren) mit einer maximalen Feuerungswärmeleistung von 7,91 MW geplant. Insgesamt ergeben sich dadurch 72 NDMA.

Zur Versorgung des Verwaltungsgebäudes ist ein Hausgenerator mit einer Feuerungswärmeleistung von 0,90 MW vorgesehen.

Die Abgasrohre der NDMA (Modul-Generatoren) werden jeweils in Dreiergruppen gebündelt. Die Abgase sollen über Schornsteine mit einer Bauhöhe von 48,5 m über Grund abgeleitet werden.

Für den Hausgenerator ost eine Schornsteinhöhe von 27 m über Grund vorgesehen.

Bei einem Ausfall der primären Stromversorgung starten zunächst alle Modul-Generatoren mit 25 % Last. Und der Hausgenerator mit 100 % Last („Lastfall A“). Falls bis zu 2 Modul-Generatoren eines Gebäudes ausfallen, werden die restlichen NDMA des Gebäudes auf 100 % Last hochgefahren („Lastfall B“).

Für die Modul-Generatoren und den Hausgenerator sind SCR-Katalysatoren zur Abgasreinigung vorgesehen.

Weiterhin ist ein regelmäßiger Testbetrieb der NDMA geplant. Der Testbetrieb wird für jedes NDMA separat durchgeführt. Lediglich beim jährlich stattfindenden Black Building Test werden alle NDMA eines Gebäudes während 5 Stunden gleichzeitig betrieben.

Die maximal nutzbare Gesamtfeuerungswärmeleistung aller Notstromdieselaggregate beträgt im Endausbau ca. 475,5 MW. Damit sind die NDMA genehmigungspflichtig nach § 4 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG (2024)).

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens wurde ein Prognosegutachten zur Luftreinhaltung erstellt. Antragsgegenstand nach § 4 BImSchG ist die Genehmigung für die NDMA.

Im Bundesland Hessen wurde für den Spezialfall der Immissionsprognosen für Notstromdieselmotoranlagen bei Rechenzentren der „Leitfaden zur Ermittlung von Schornsteinmindesthöhen und zulässiger maximaler Betriebszeiten durch Immissionsprognosen in Genehmigungsverfahren für Rechenzentren (RZ) mit Notstromdieselmotoranlagen (NDMA)“ (RP Darmstadt/HLNUG, 2017) entwickelt. Die dort beschriebene Vorgehensweise wurde in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde in Brandenburg bei der vorliegenden Immissionsprognose angewandt.

Ziel der Immissionsprognose war die Herleitung einer maximal möglichen Betriebszeit der Notstromgeneratoren im Parallelbetrieb, sodass alle geltenden Immissionswerte sicher eingehalten werden. Die Methode hierzu ist im Leitfaden des RP Darmstadt (2017) beschrieben.

In der vorliegenden Immissionsprognose wurden bereits die Auswirkungen der späteren Gesamtanlage mit sechs Modulen untersucht. Dieses Vorgehen erlaubt die Ermittlung der maximal möglichen Betriebsstunden für den Endausbau.

Die Berechnungen zeigen, dass bei einer maximalen Betriebszeit im Notbetrieb von

350 h/a

alle vorgegebenen Immissionsgrenzwerte eingehalten werden.

Von dieser Betriebszeit sind Testbetriebe abzuziehen, bei denen ein Parallelbetrieb von Aggregaten stattfindet. Pro Modul sind fünf Stunden Parallelbetrieb pro Jahr zu Testzwecken geplant (Black Building Test pro Gebäude).

Für den Testbetrieb wurden zusätzlich die von den NDMA verursachten Geruchsimmissionen ermittelt. Die Berechnungen zeigen, dass auf allen Beurteilungsflächen die Irrelevanzschwelle für Gerüche von 2 % Geruchsstundenhäufigkeit pro Jahr eingehalten wird.

Für den Inhalt



Katharina Knapp
Diplom-Mathematikerin
Projektleiterin, Sachverständige



Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer



Stephan Ruh
M.Sc. Sustainable Systems Engineering
Sachverständiger

Freiburg, den 07.03.2025 **Rev01**

Dieser Bericht wurde nach den Anforderungen unseres Qualitätsmanagementsystems nach DIN 17025 erstellt. Der Bericht oder Teile daraus dürfen nur für das vorliegende Projekt vervielfältigt oder weitergegeben werden.

Literatur

44. BImSchV (2022): Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1801) geändert worden ist.

BImSchG (2024): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist.

Hartmann, U. (2013): Abschätzung der maximalen Geruchshäufigkeiten im Nahbereich.

Janicke, L. (2000): A random walk model for turbulent diffusion. Berichte zur Umweltphysik, Nummer 1, Auflage 1.

Janicke, L. & U. Janicke (2000): Vorschlag eines meteorologischen Grenzschichtmodells für Lagrangesche Ausbreitungsmodelle. Berichte zur Umweltphysik 2.

Janicke, U. (2024): AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.3. Stand 2024-03-22. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).

Janicke, U. & L. Janicke (2004): Weiterentwicklung eines diagnostischen Windfeldmodells für den anlagenbezogenen Immissionsschutz (TA Luft). Ing.-Büro Janicke, Dunum, Oktober 2004, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Förderkennz. (UFOPLAN) 203 43 256.

Janicke, U. & L. Janicke (2021): AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.1. Stand 2021-08-09. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).

LAI (2023): Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung zur TA Luft 2021; Juli 2023.

Leitfaden des RP Darmstadt (2017): Leitfaden zur Ermittlung von Schornsteinmindesthöhen und zulässiger maximaler Betriebszeiten durch Immissionsprognosen in Genehmigungsverfahren für Rechenzentren (RZ) mit Notstromdieselmotoranlagen (NDMA).

Straub, W., H. Hebbinghaus, A. Sowa & S. Wurzler (2013): Ermittlung von Stickstoff- und Säure-Einträgen in Wäldern mit Lagrange'schen Ausbreitungsmodellen: Vergleich unterschiedlicher Berechnungsmethoden. 1: 16–20.

TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.

UBA (2024): Umweltbundesamt: Rechenprogramme Besmin und Besmax (kurz BESTAL) für die Schornsteinhöhenbestimmung nach der Nummer 5.5 der TA Luft (2021).

Umweltbundesamt (2021): Ausbreitungsmodelle für anlagenbezogene Immissionsprognosen - BESTAL.

VDI KRdL-Sachstandsbericht (2014): KRdL-Sachstandsbericht Ermittlung der Deposition mithilfe von Ausbreitungsrechnungen im Rahmen der Prüfung der FFH-Verträglichkeit.

VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017): Umweltmeteorologie - Ableitung für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen. VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4:2017-07.

VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 (2022): Umweltmeteorologie - Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre - Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung. VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3:2022-09.

VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 (2006): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5:2006-04.

WinSTACC (2024): PC-Programm für Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“.

Anhang:

Anhang 1: Ergebnisabbildungen Jahresmittelwerte

Anhang 2: Ergebnisabbildungen Kurzzeitwerte

Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate

Anhang 4: Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft und VDI 3781, Blatt 4

Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen

Anhang 6: Berechnung der Stickstoffdeposition und der Säuredeposition

Anhang 7: Berechnung des CO₂- Ausstoßes durch die Notstromaggregate

Anhang 8: Ermittlung des repräsentativen Jahres der Fa. IfU

Anhang 9: Auszüge aus den Eingabedateien für AUSTAL

Anhang 1: Ergebnisabbildungen Jahresmittelwerte

In konservativer Betrachtungsweise wird die statistische Streuung zu den Ergebnissen addiert. Die Markierung im Bild zeigt jeweils die Position und den Wert der berechneten Konzentrationsmaxima. Blaue Punkte in den Abbildungen markieren die Position der Beurteilungspunkte.

Befinden sich die Maxima innerhalb von Gebäuden werden diese trotzdem dargestellt. Die Auswertungen an den Beurteilungspunkten in Kapitel 10 berücksichtigen jedoch nur Aufpunkte an den Gebäudefassaden.

A1.1 *NO₂-Immissionen*

Kontinuierlicher Betrieb

Es folgen die Ergebnisabbildungen für die NO₂-Jahresmittelwerte bei einer Betriebszeit von 8760 h/a.

Für beide Lastfälle sind alle Höhenschichten bis einschließlich 12 m ü. Grund (entsprechend der Schicht von 9 bis 12 m und Zellmitte in 10,5 m ü. Grund) dargestellt. Maßgebend für die maximal mögliche Anzahl an Betriebsstunden im Parallelbetrieb der Aggregate ist Lastfall B.

Beurteilungspunkte in Schichten über 12 m ü. Grund sind in der näheren Umgebung nicht vorhanden.

Lastfall A

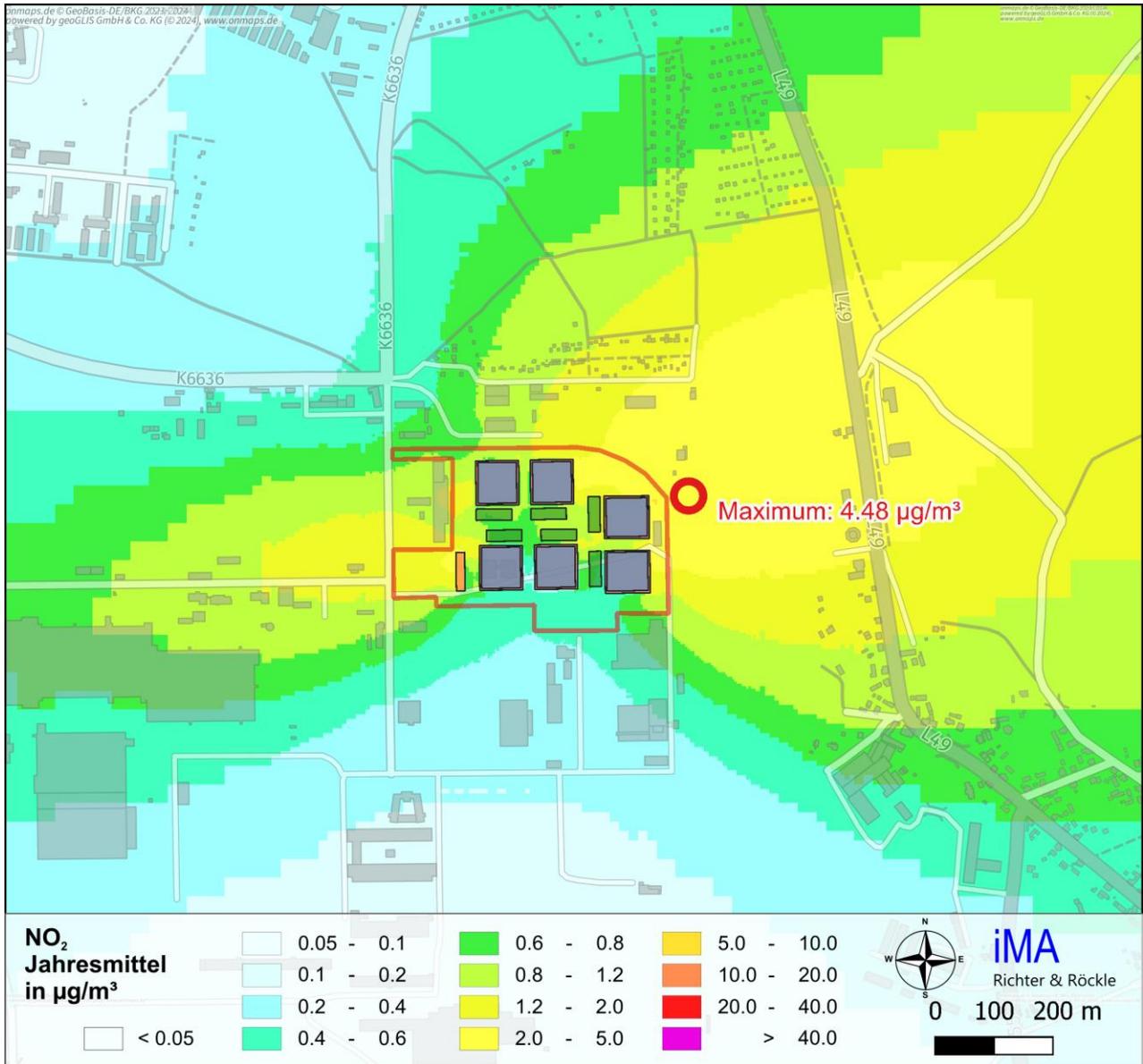


Abbildung A1-1: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

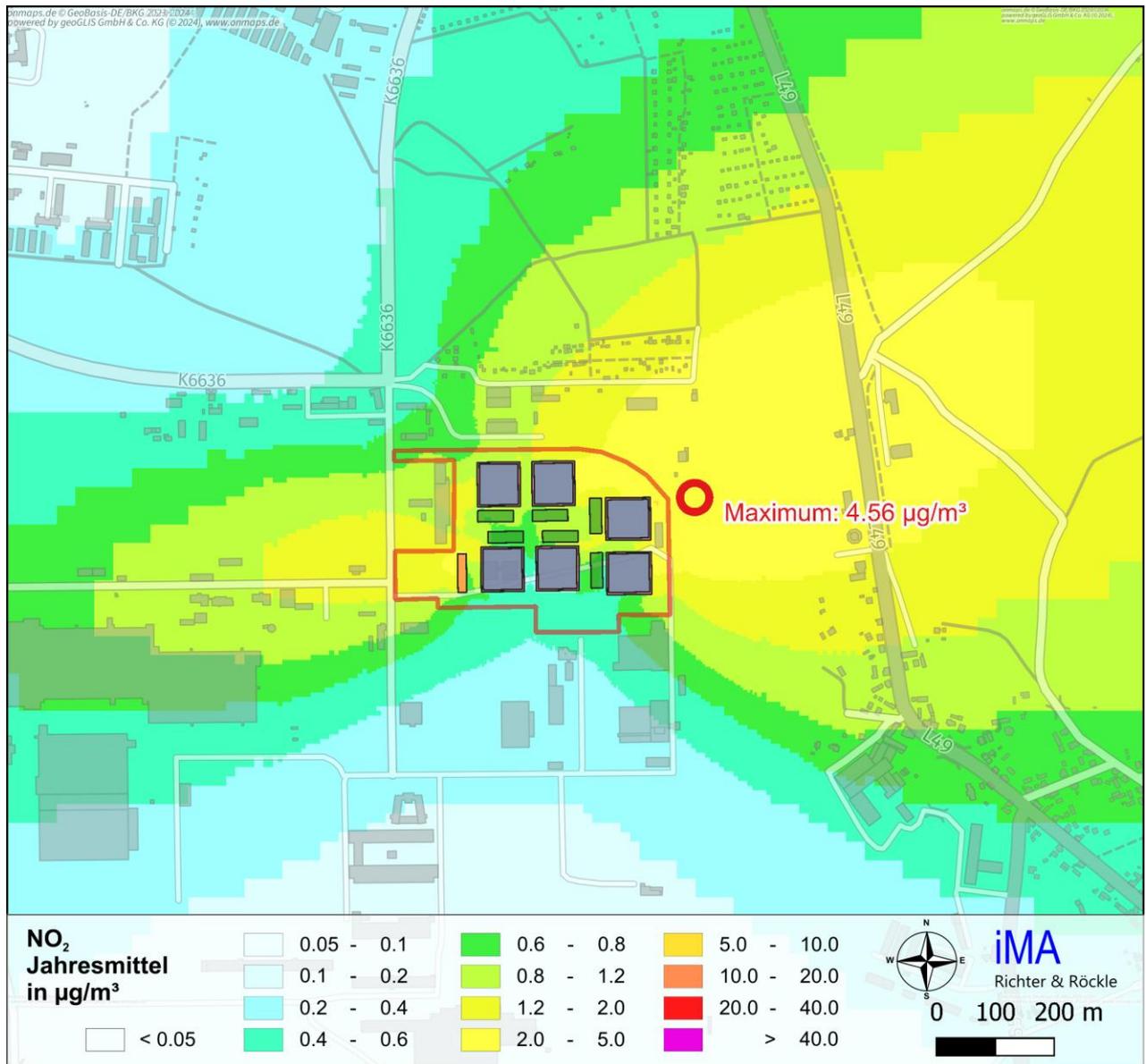


Abbildung A1-2: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

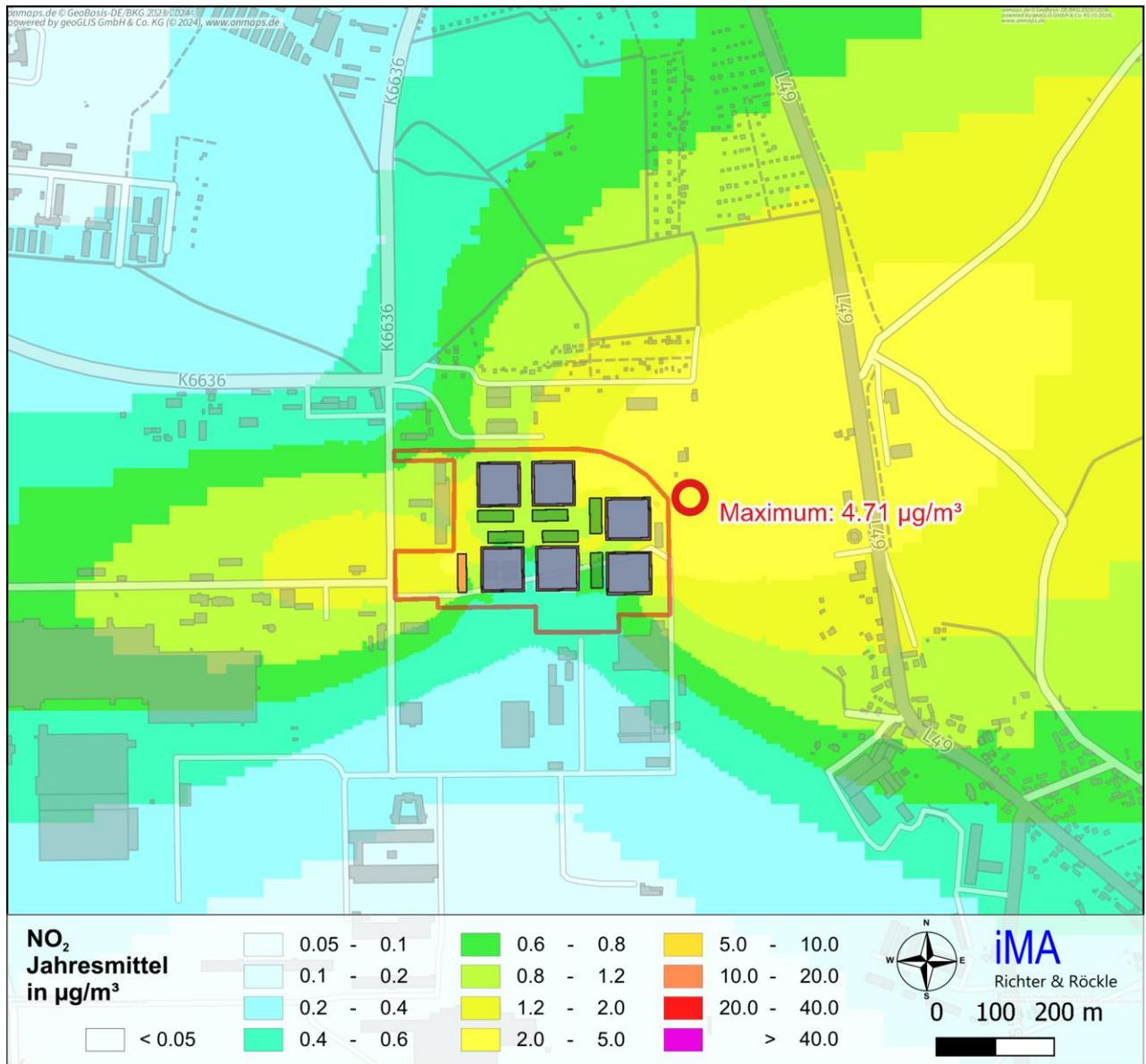


Abbildung A1-3: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

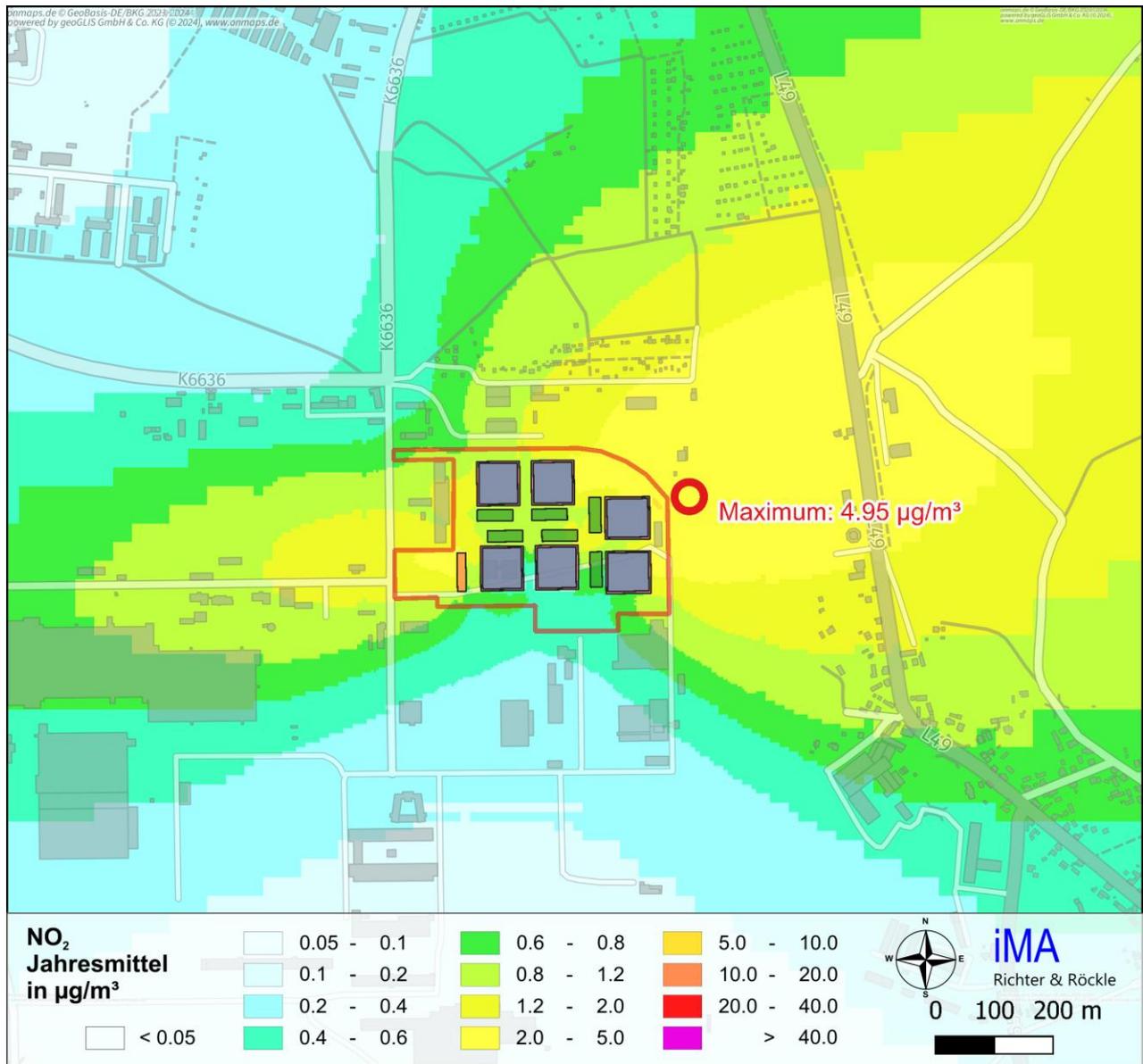


Abbildung A1-4: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Lastfall B

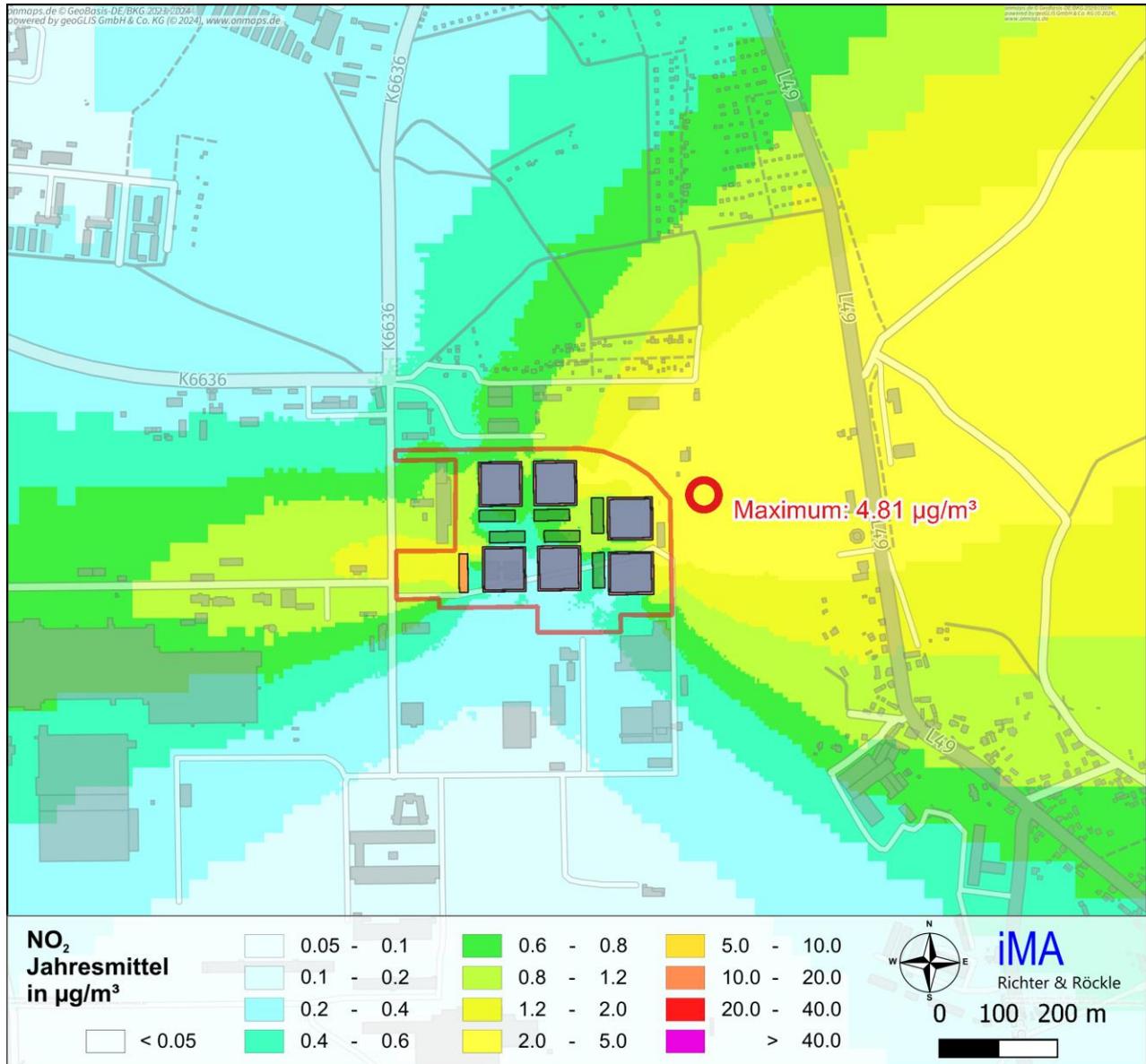


Abbildung A1-5: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

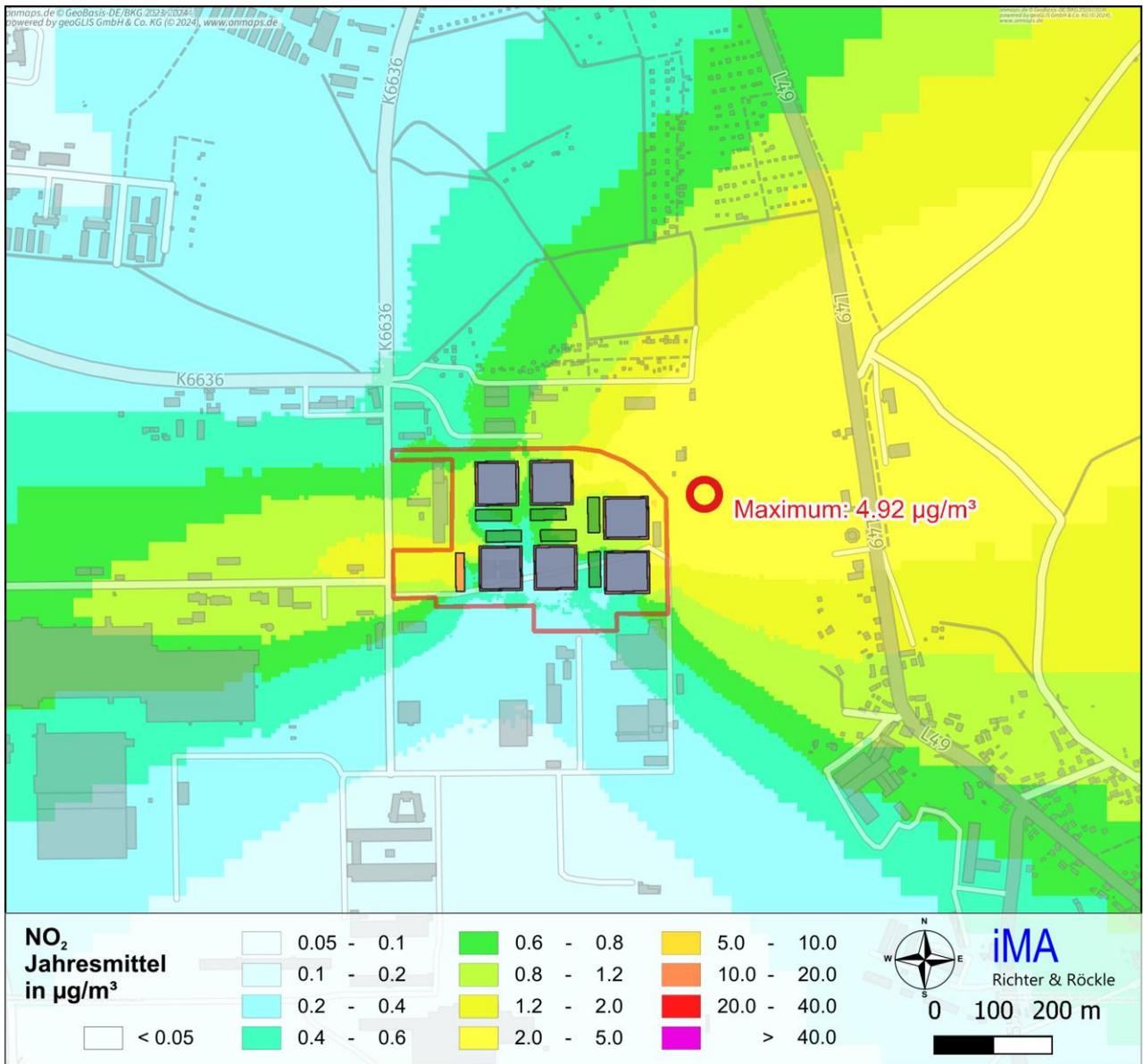


Abbildung A1-6: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

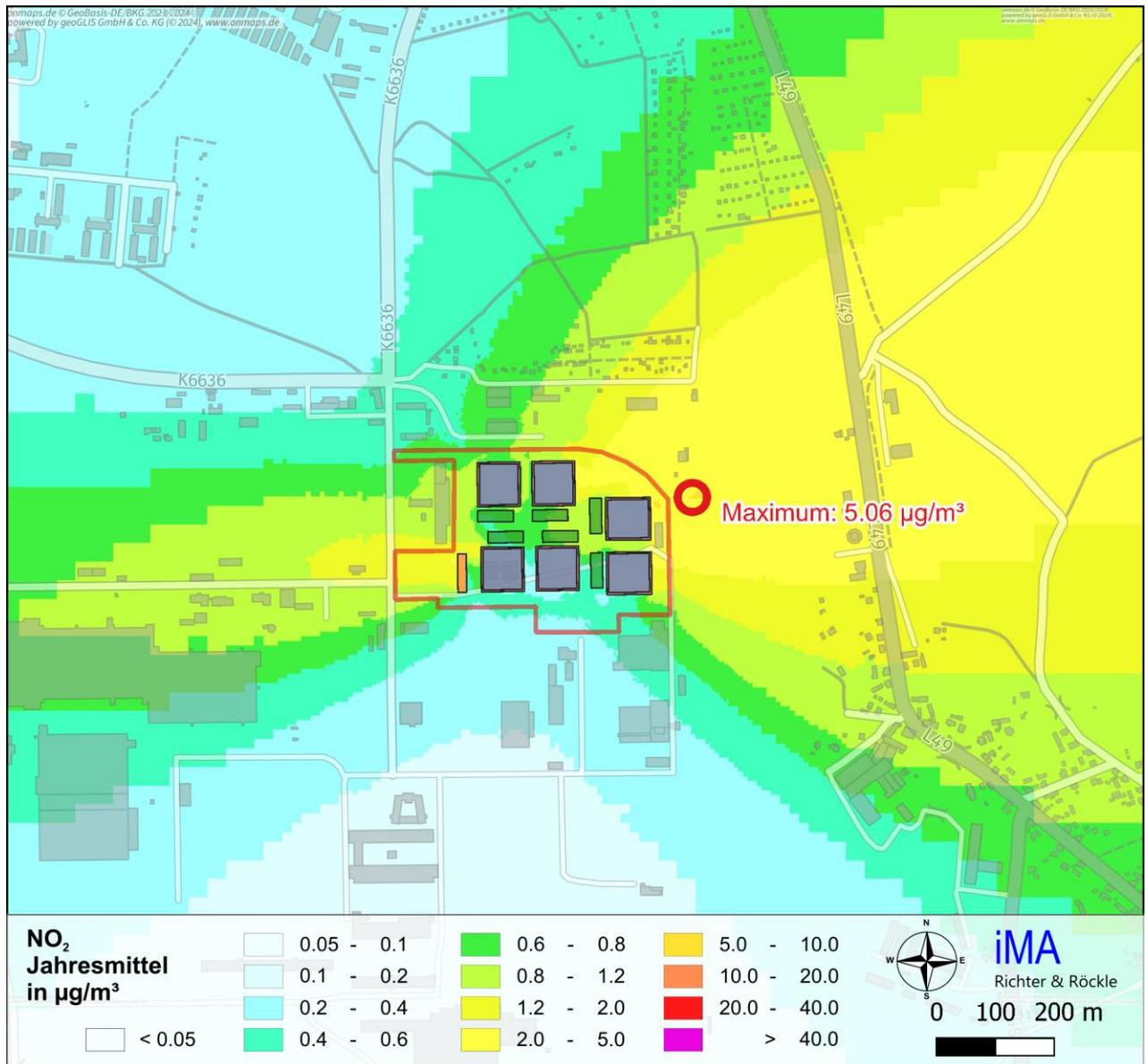


Abbildung A1-7: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

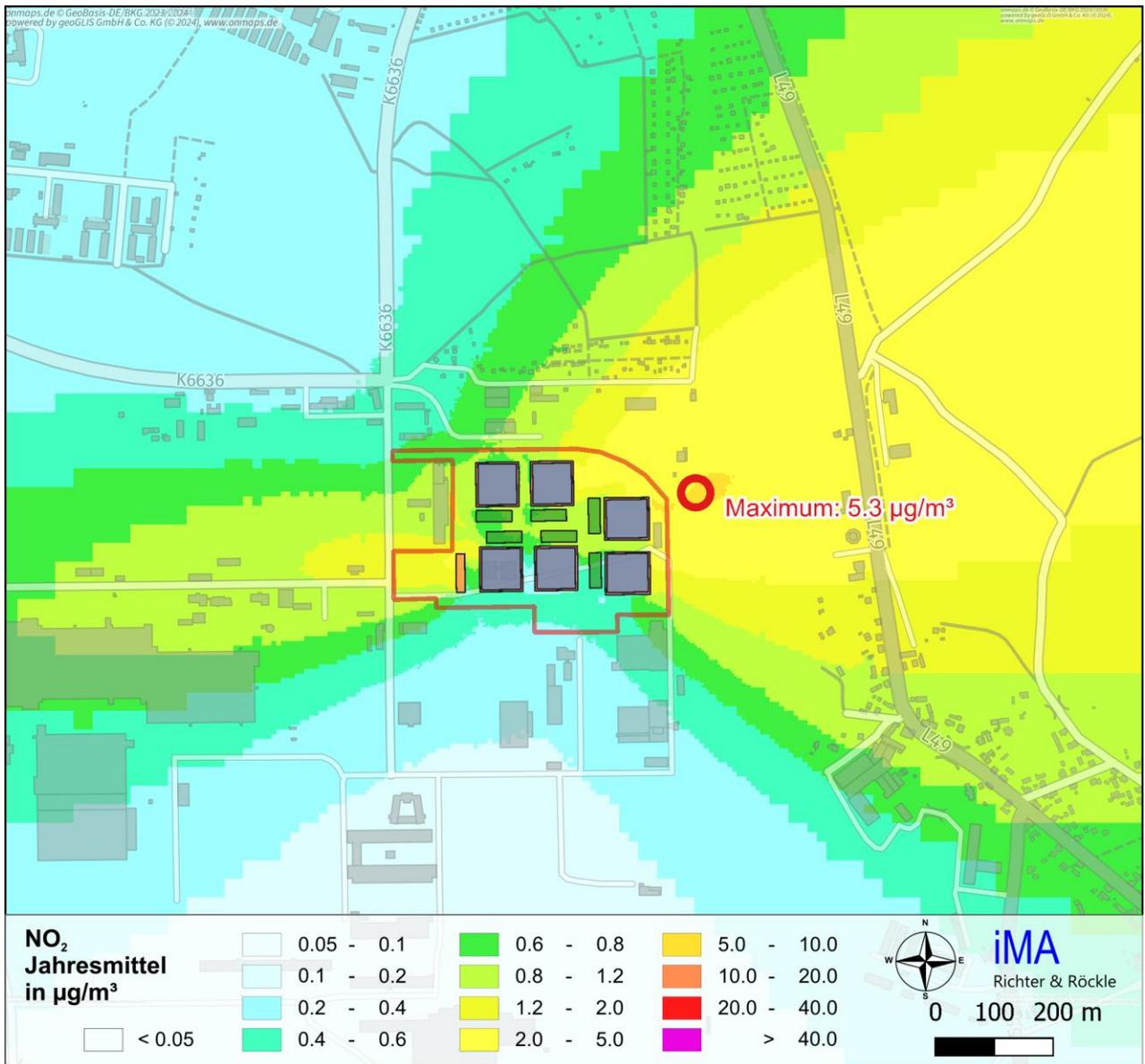


Abbildung A1-8: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Betrieb mit reduzierter Betriebsstundenzahl

Nachfolgend werden die Ergebnisabbildungen für die NO₂-Jahresmittelwerte bei der ermittelten maximalen Betriebszeit im Notbetrieb von 350 h/a zur Prüfung der Einhaltung des Immissionswerts für das Jahresmittel dargestellt.

Die Abbildungen zeigen die bodennahe Schicht.

Lastfall A

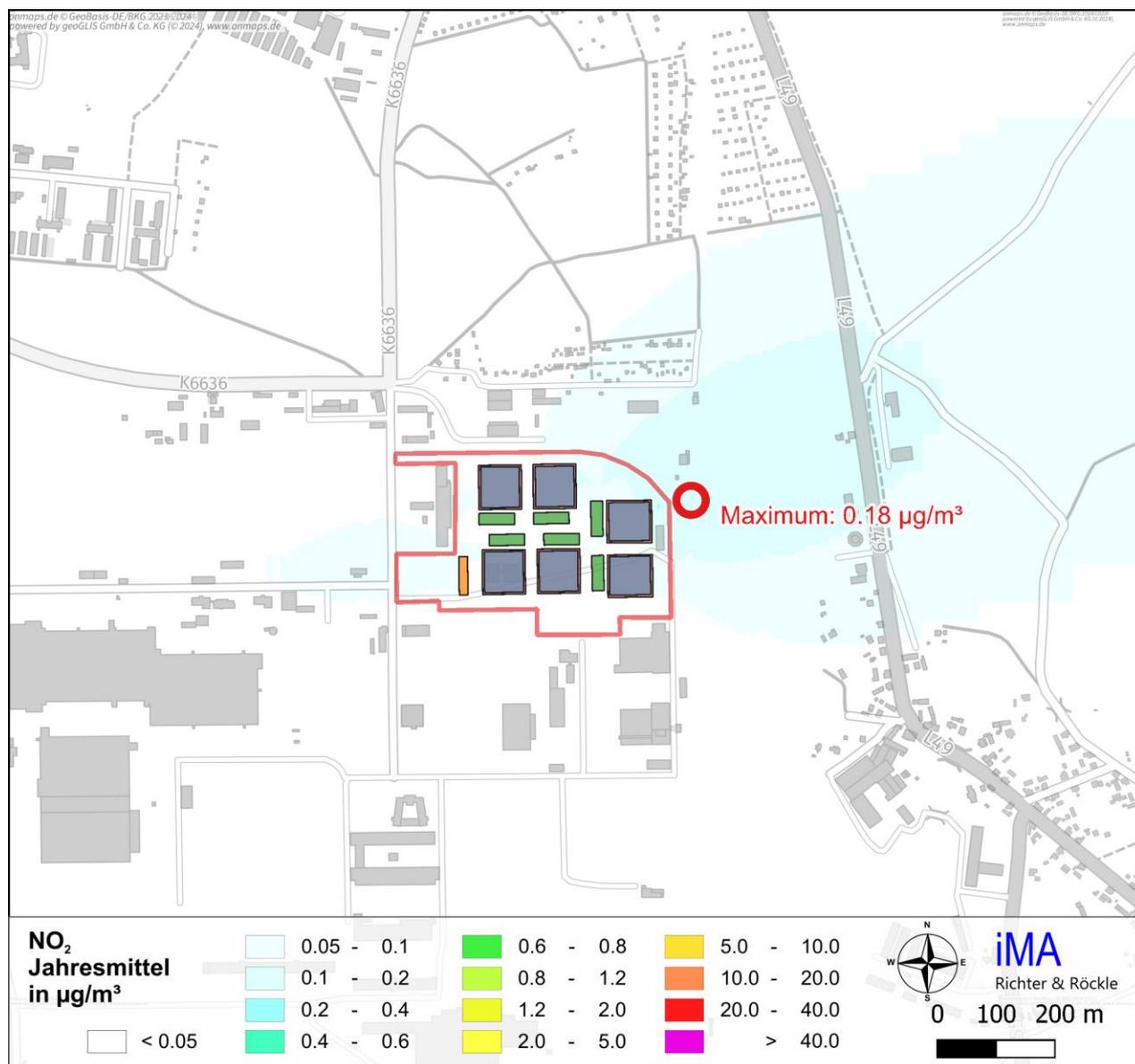


Abbildung A1-9: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 350 h/a. Lastfall A. Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Lastfall B

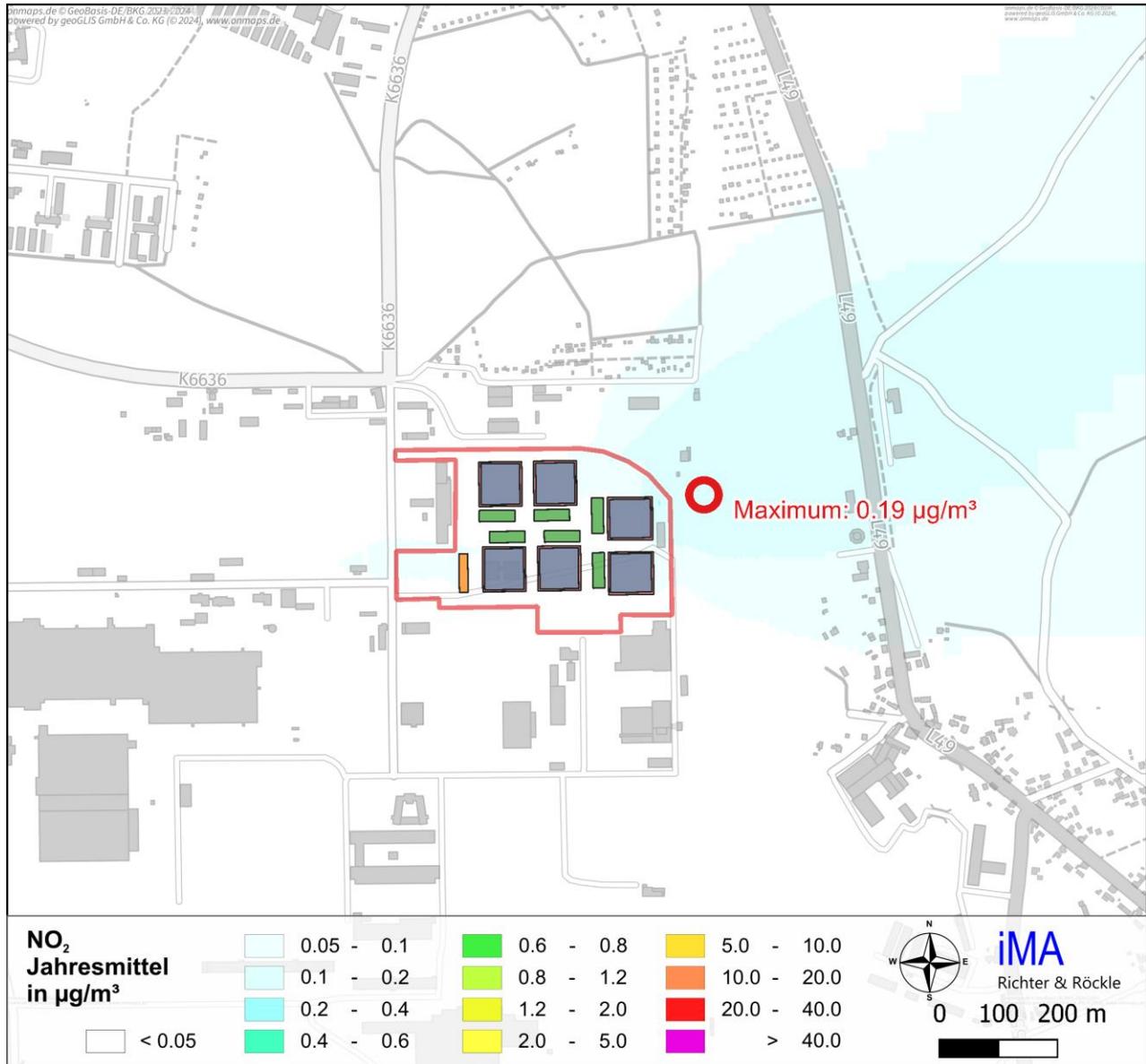


Abbildung A1-10: NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von **350 h/a. Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

A1.2 Partikel-Immissionen

Die nachfolgenden Grafiken enthalten die Ergebnisabbildungen der $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. Die Verteilung der PM_{10} -Jahresmittelwerte ist identisch, jedoch beträgt bei $PM_{2,5}$ der Beurteilungswert $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ist somit niedriger als bei PM_{10} . Die Legende in den Grafiken ist auf den Beurteilungswert für $PM_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skaliert.

Die dargestellten Ergebnisse wurden auf Basis des Emissionsgrenzwerts der 44. BImSchV (§ 16, (5)) für Anlagen ohne Rußfilter von $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ berechnet. Der Motorhersteller weist im Volllast- und Teillastbetrieb niedrigere Partikelemissionen für die NDMA aus (vgl. Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate). Die Ergebnisse sind somit konservativ.

Kontinuierlicher Betrieb

Maßgebend zur Ermittlung der maximalen Betriebszeit im Parallelbetrieb der Aggregate ist Lastfall B. Für beide Lastfälle werden die Höhenschichten bis in 10,5 m über Grund dargestellt.

Lastfall A

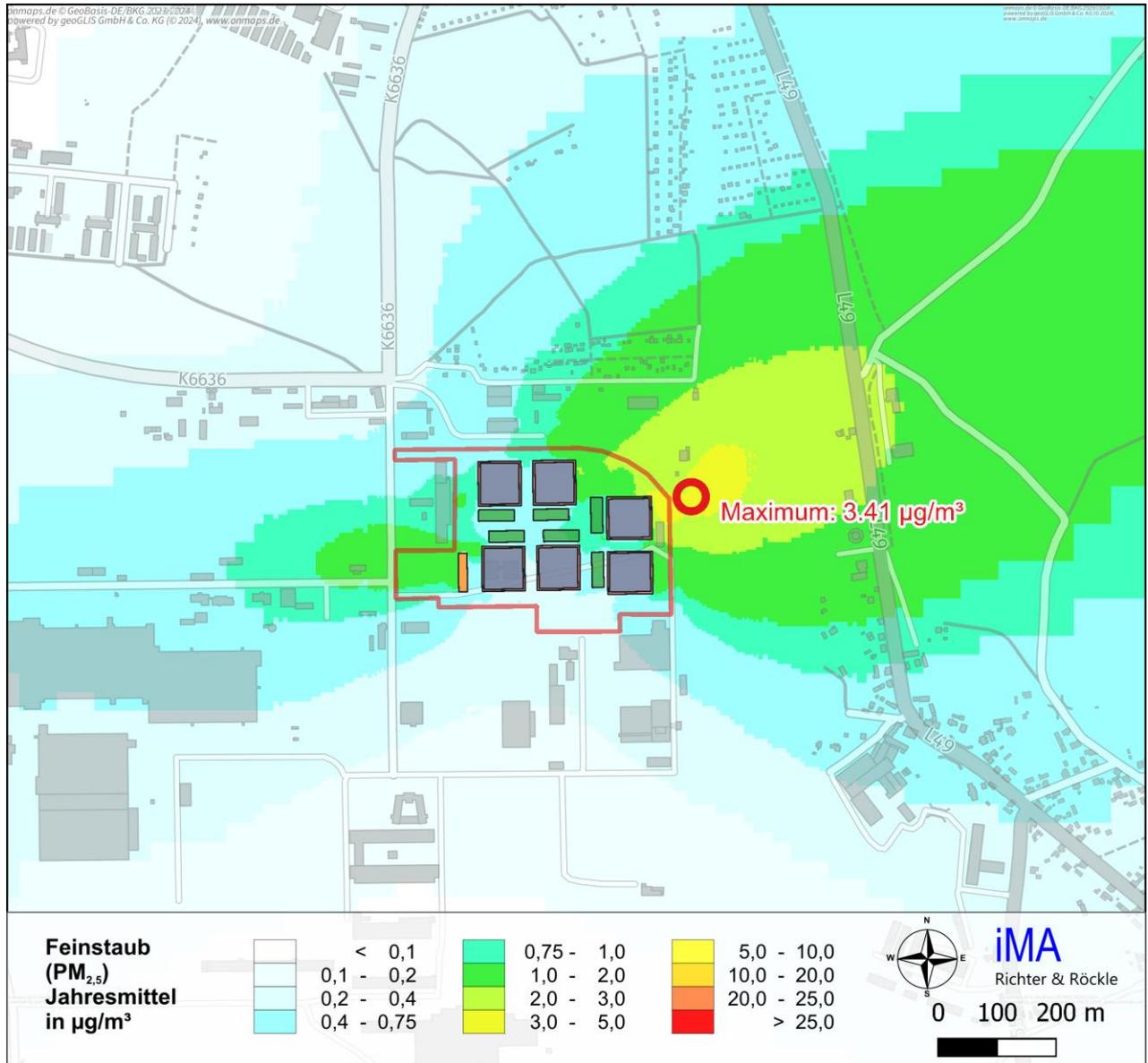


Abbildung A1-11: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

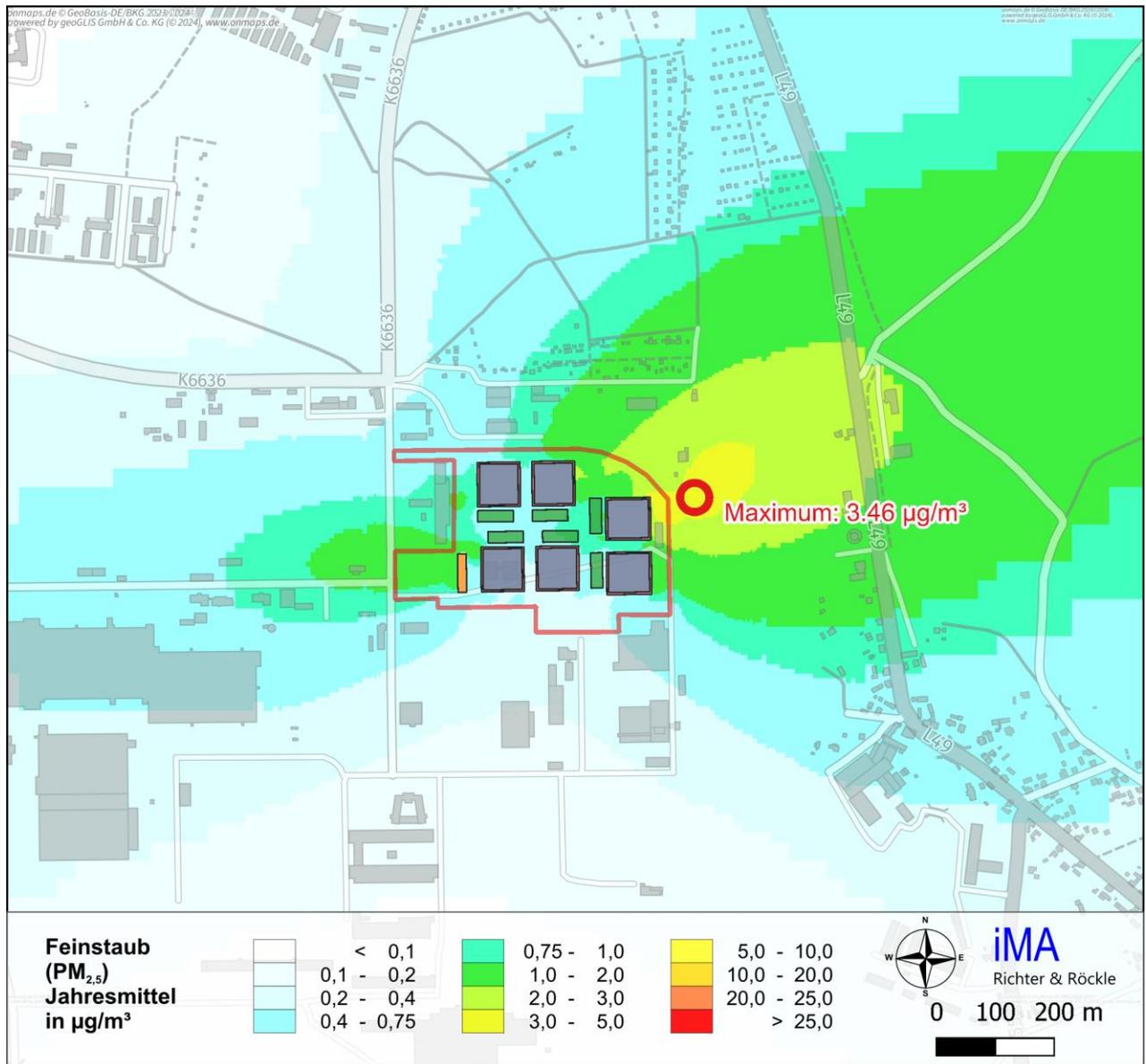


Abbildung A1-12: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

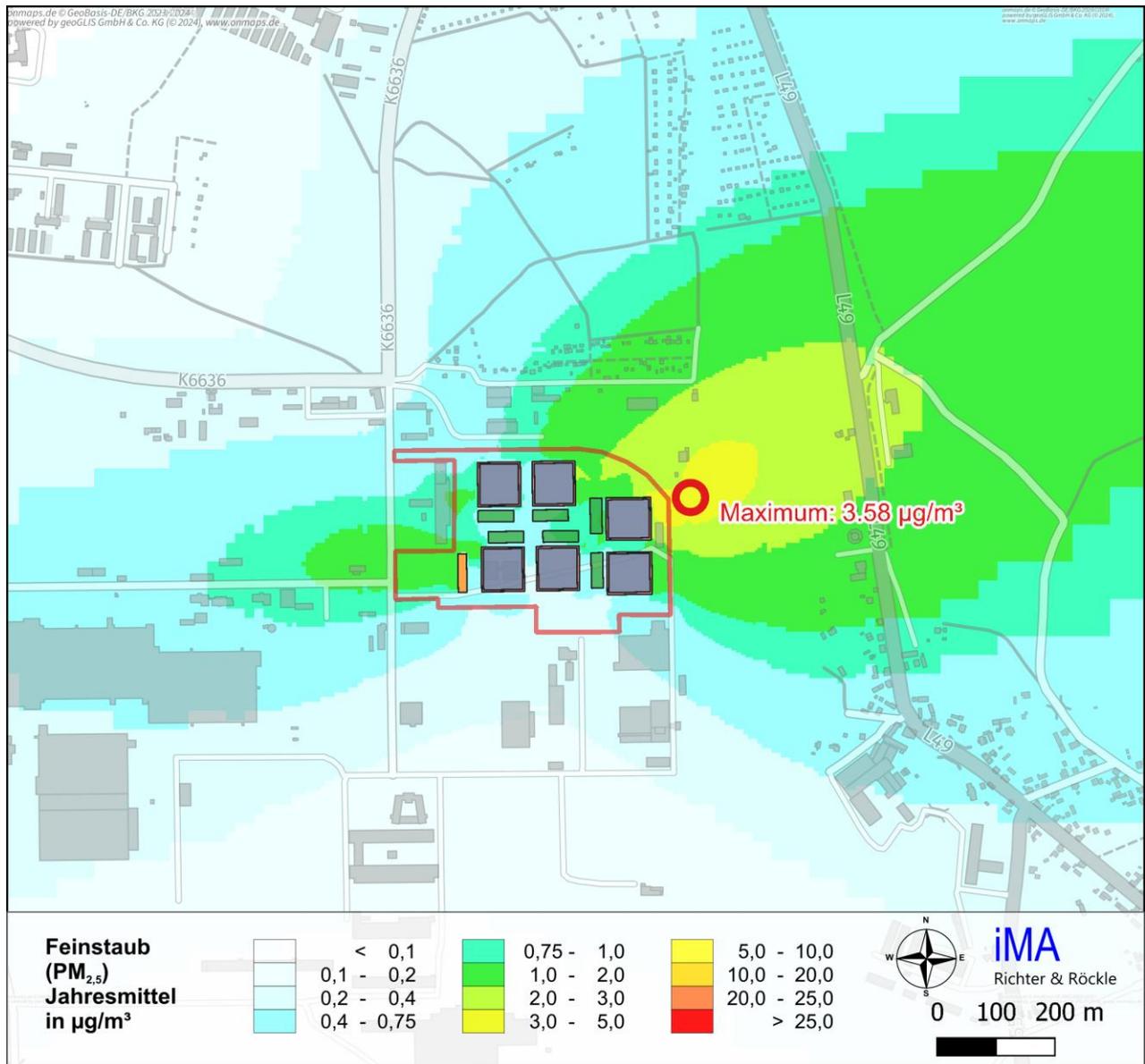


Abbildung A1-13: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

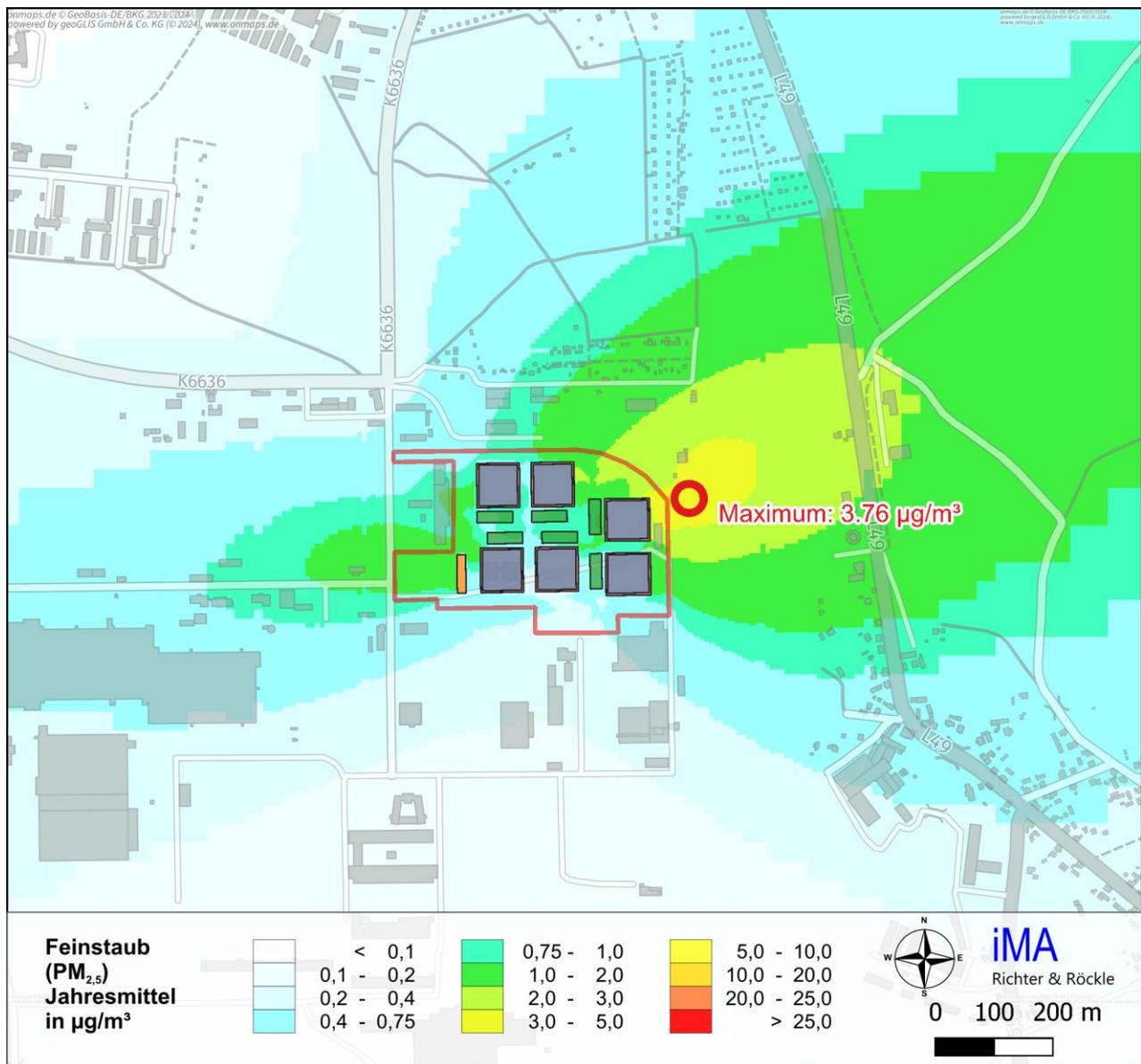


Abbildung A1-14: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Lastfall B

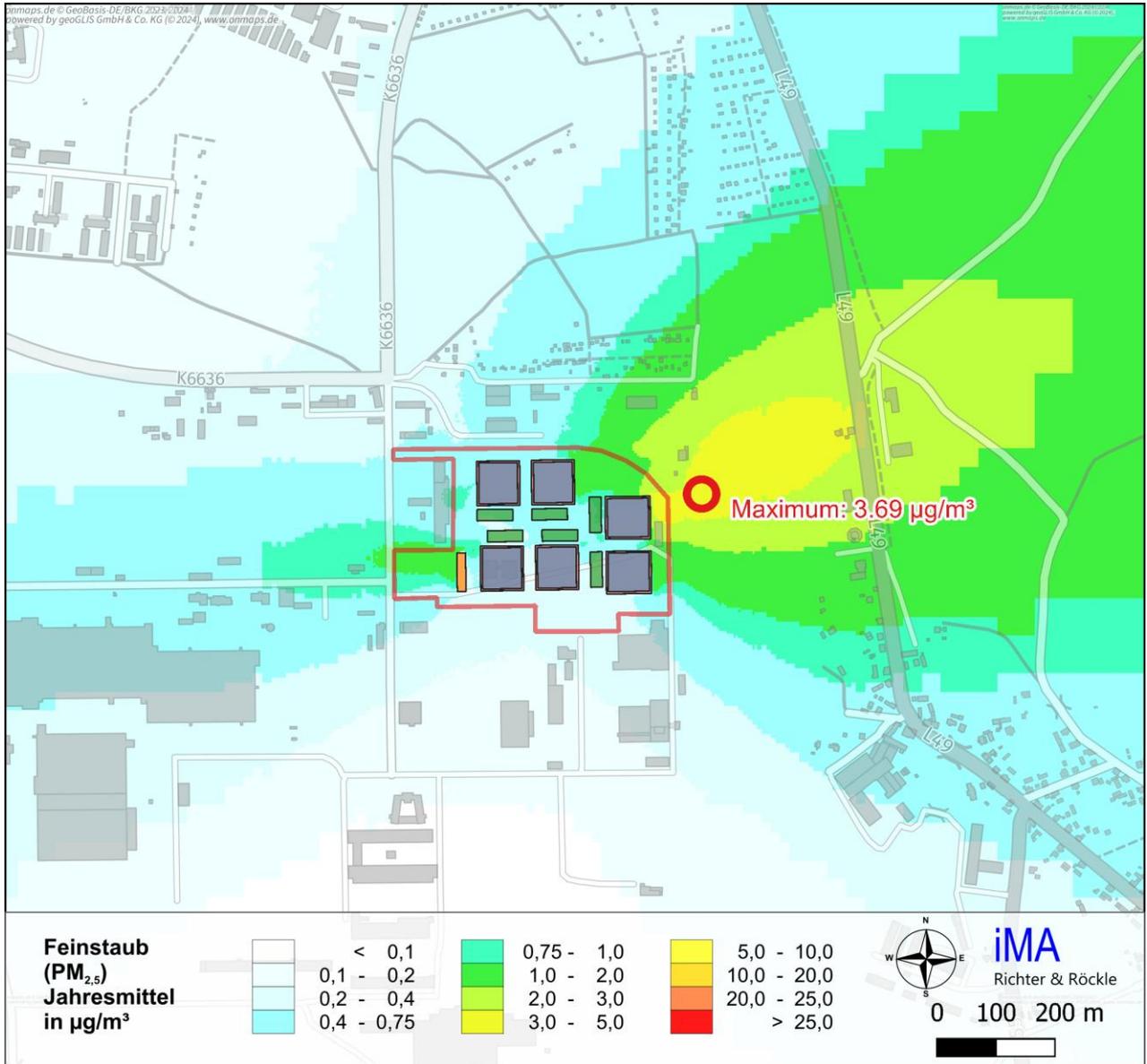


Abbildung A1-15: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

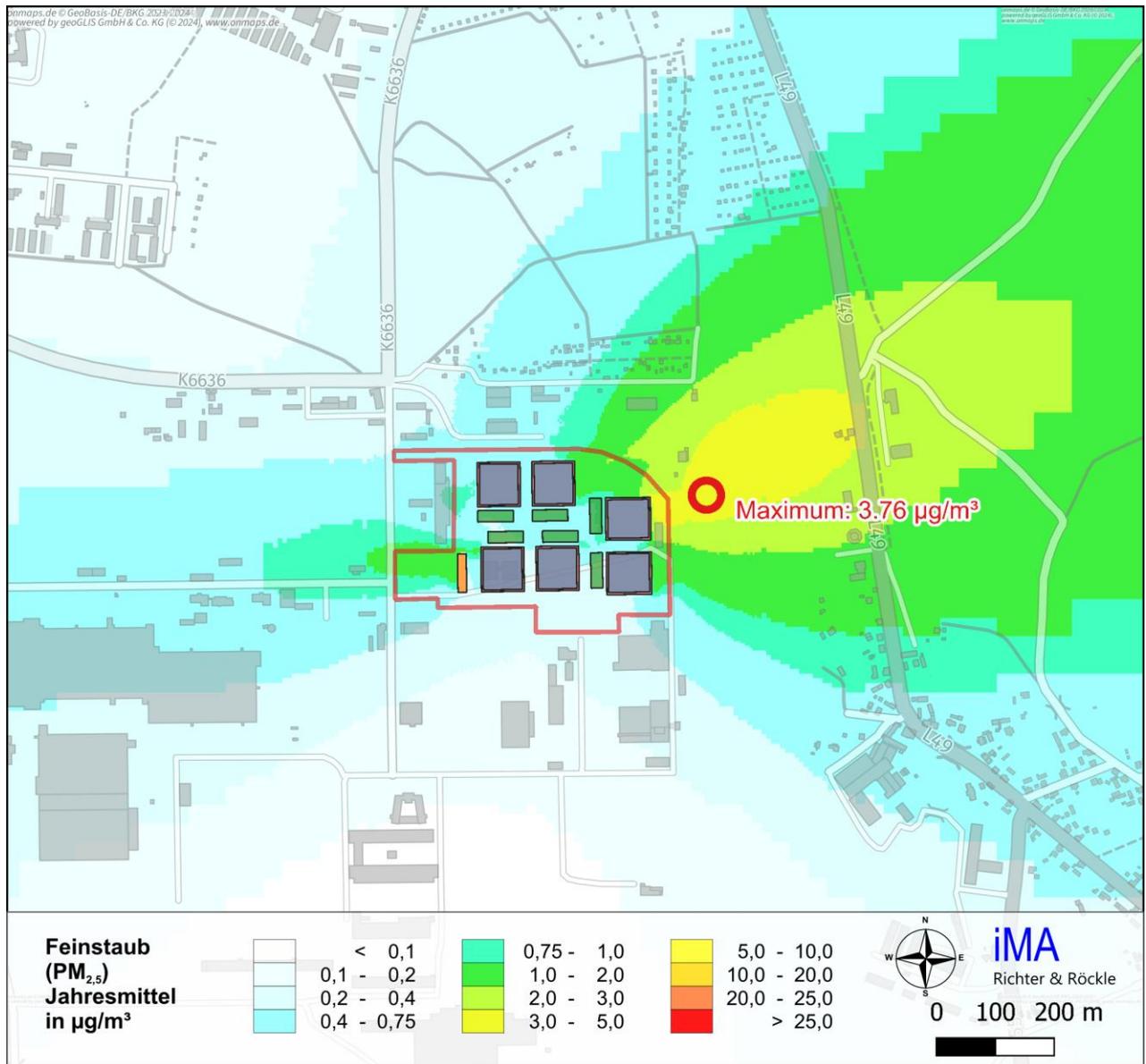


Abbildung A1-16: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

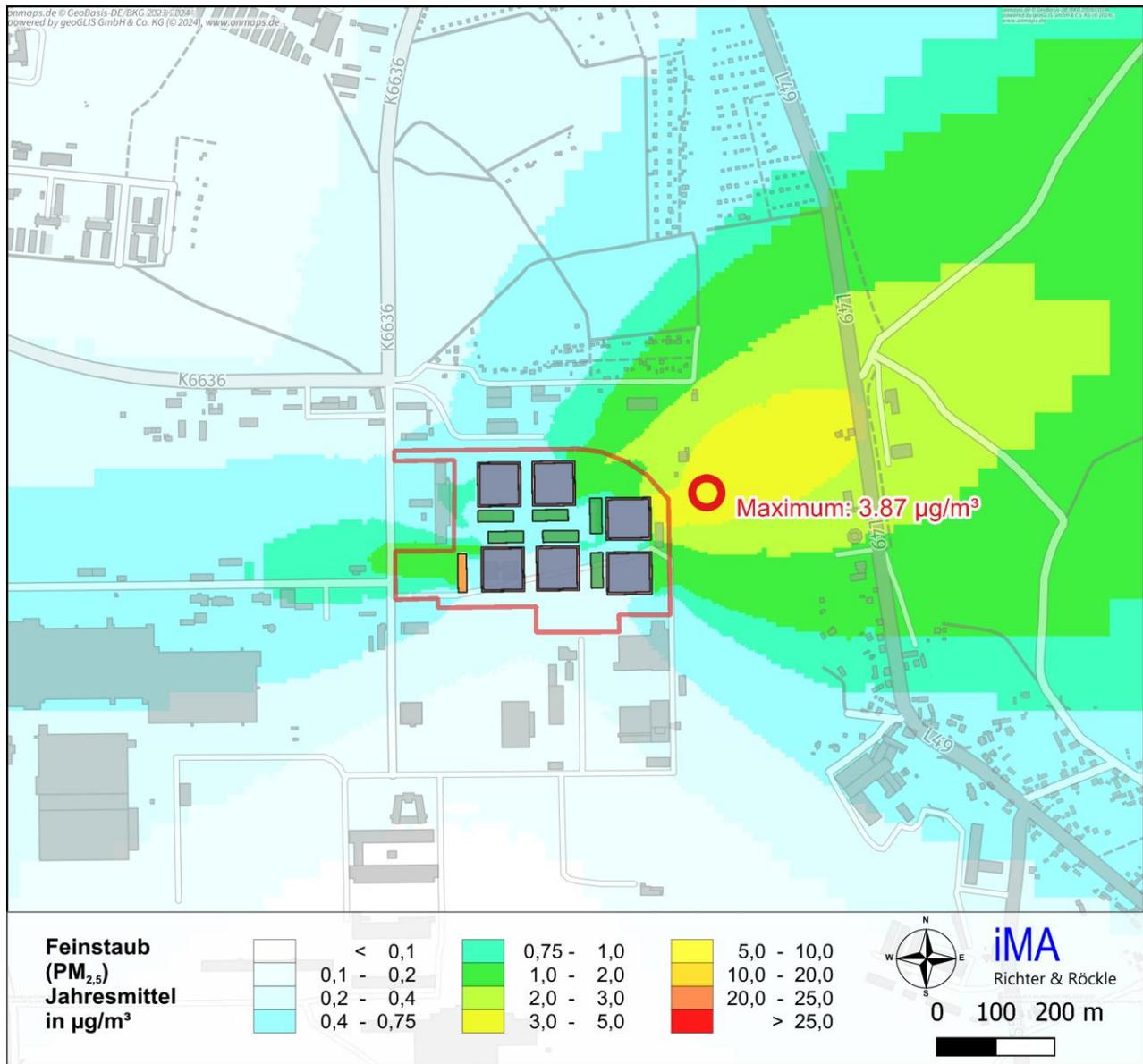


Abbildung A1-17: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. . **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

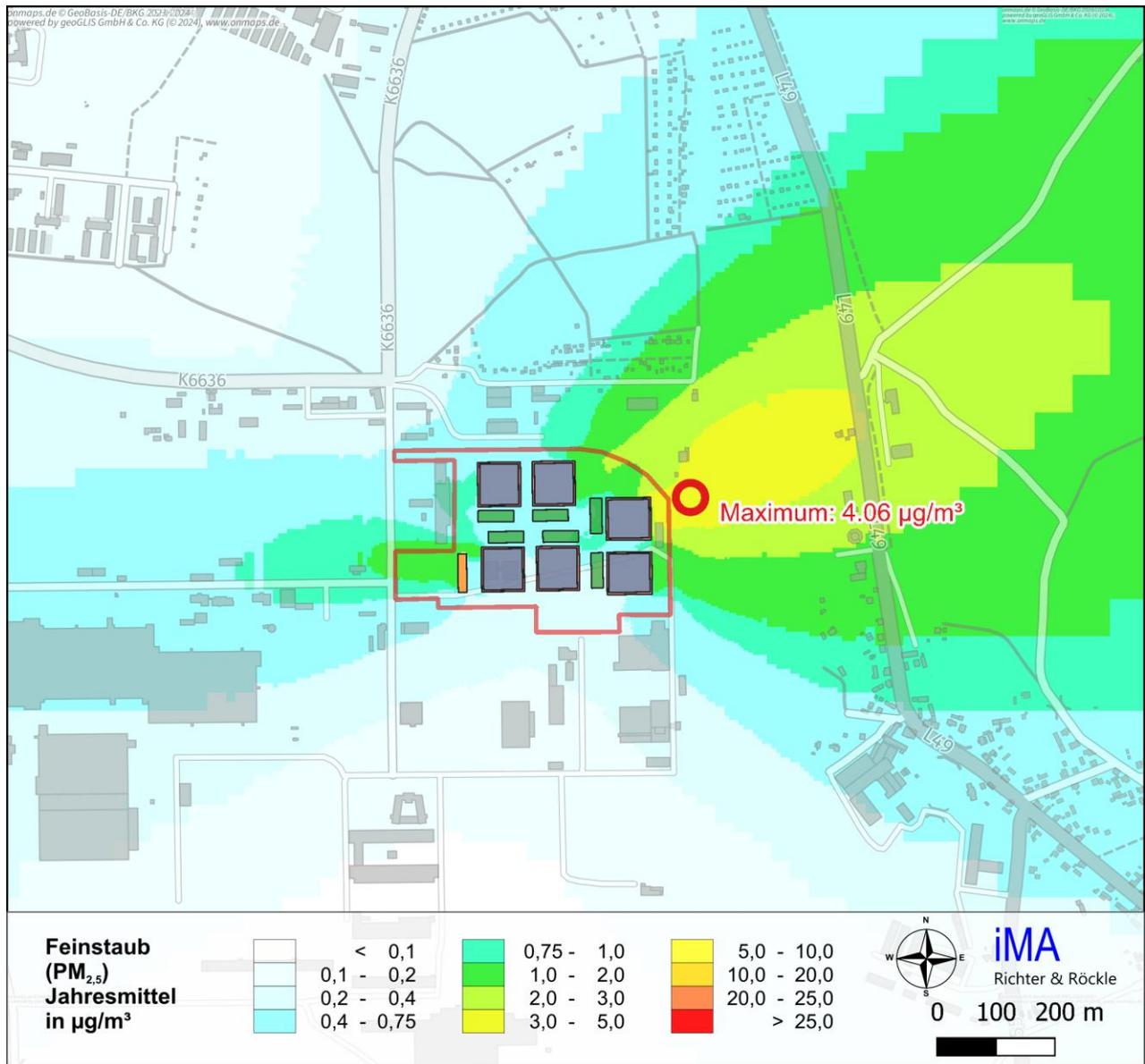


Abbildung A1-18: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. . **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Betrieb mit reduzierter Betriebsstundenzahl

Nachfolgend werden die Ergebnisabbildungen für die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte bei der ermittelten maximalen Betriebszeit im Notbetrieb von 350 h/a zur Prüfung der Einhaltung des Immissionswerts für das Jahresmittel dargestellt. Dargestellt ist jeweils die bodennahe Schicht.

Lastfall A

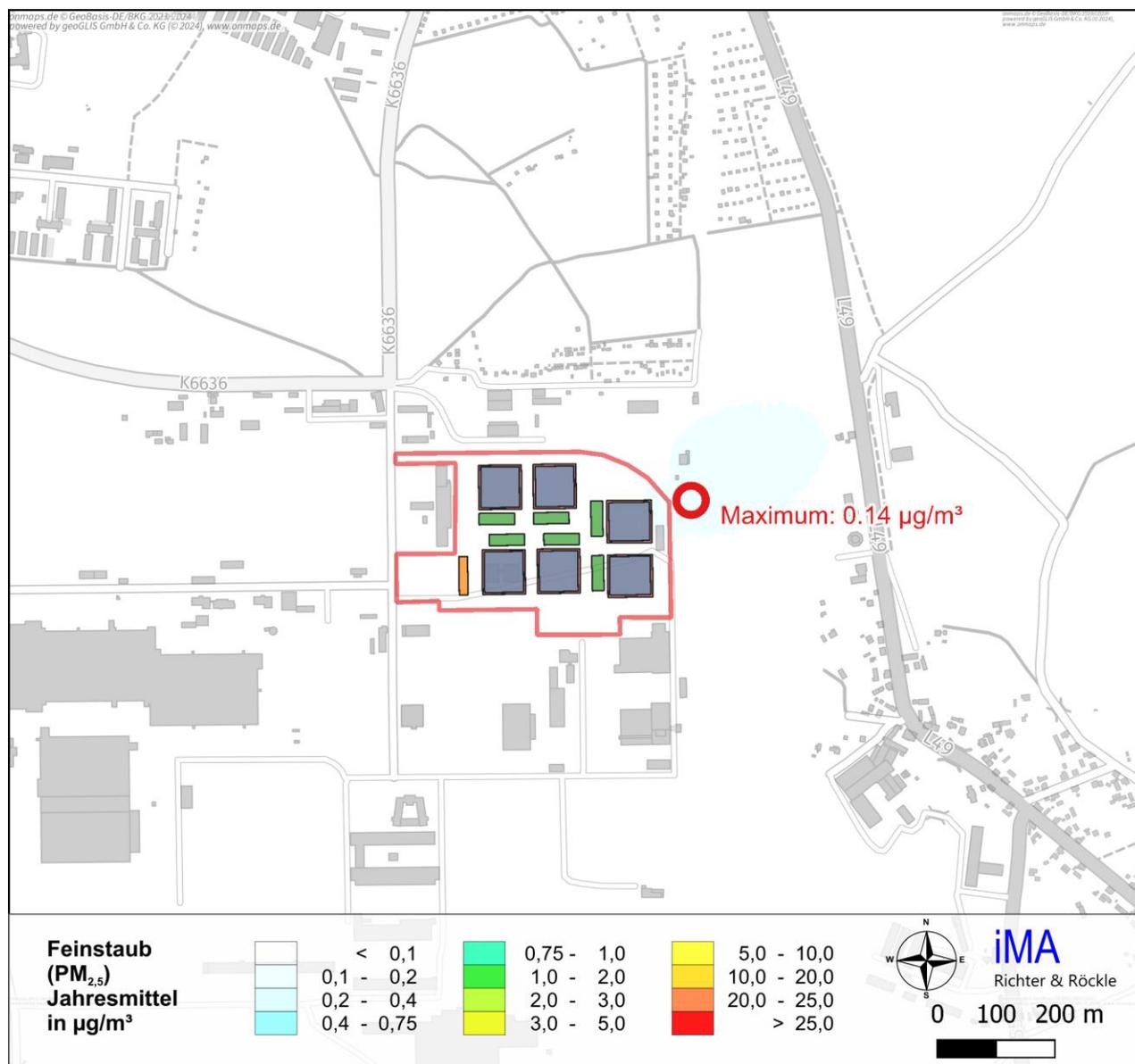


Abbildung A1-19: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall A.**

Lastfall B

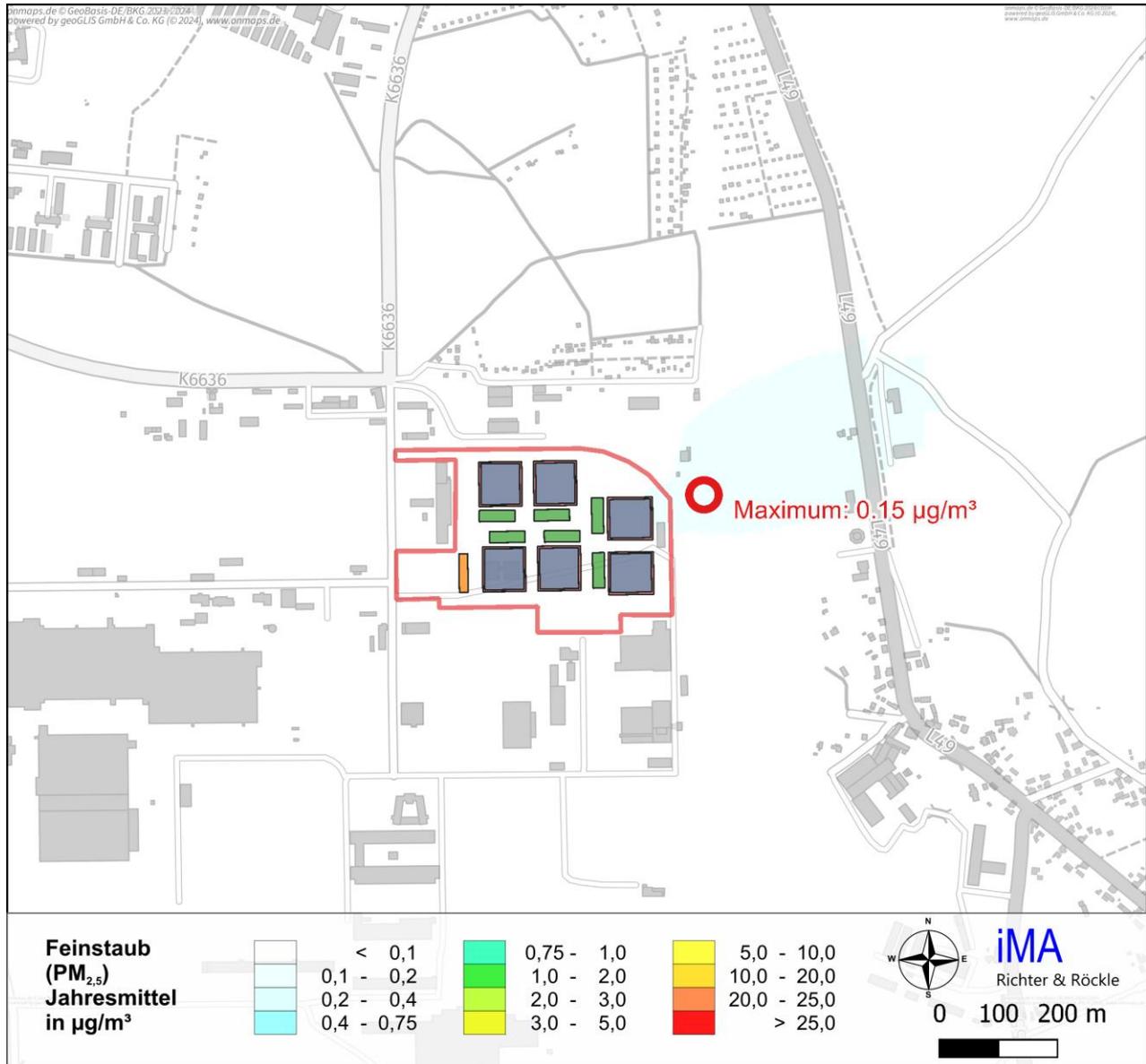


Abbildung A1-20: PM_{2,5}-Jahresmittelwert in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 350 h/a. **Lastfall B.**

A1.3 Stickstoffdeposition

Kontinuierlicher Betrieb

Im Folgenden werden die Ergebnisabbildungen der Stickstoffdeposition bei einer Betriebszeit von 8760 h/a dargestellt.

Isolinien gleicher Stickstoffdeposition sind violett eingezeichnet.

Die FFH-Gebiete sind blau schraffiert eingezeichnet, das Vogelschutzgebiet ist grün schraffiert und das Biosphärenreservat ist ocker schraffiert dargestellt.

Lastfall A

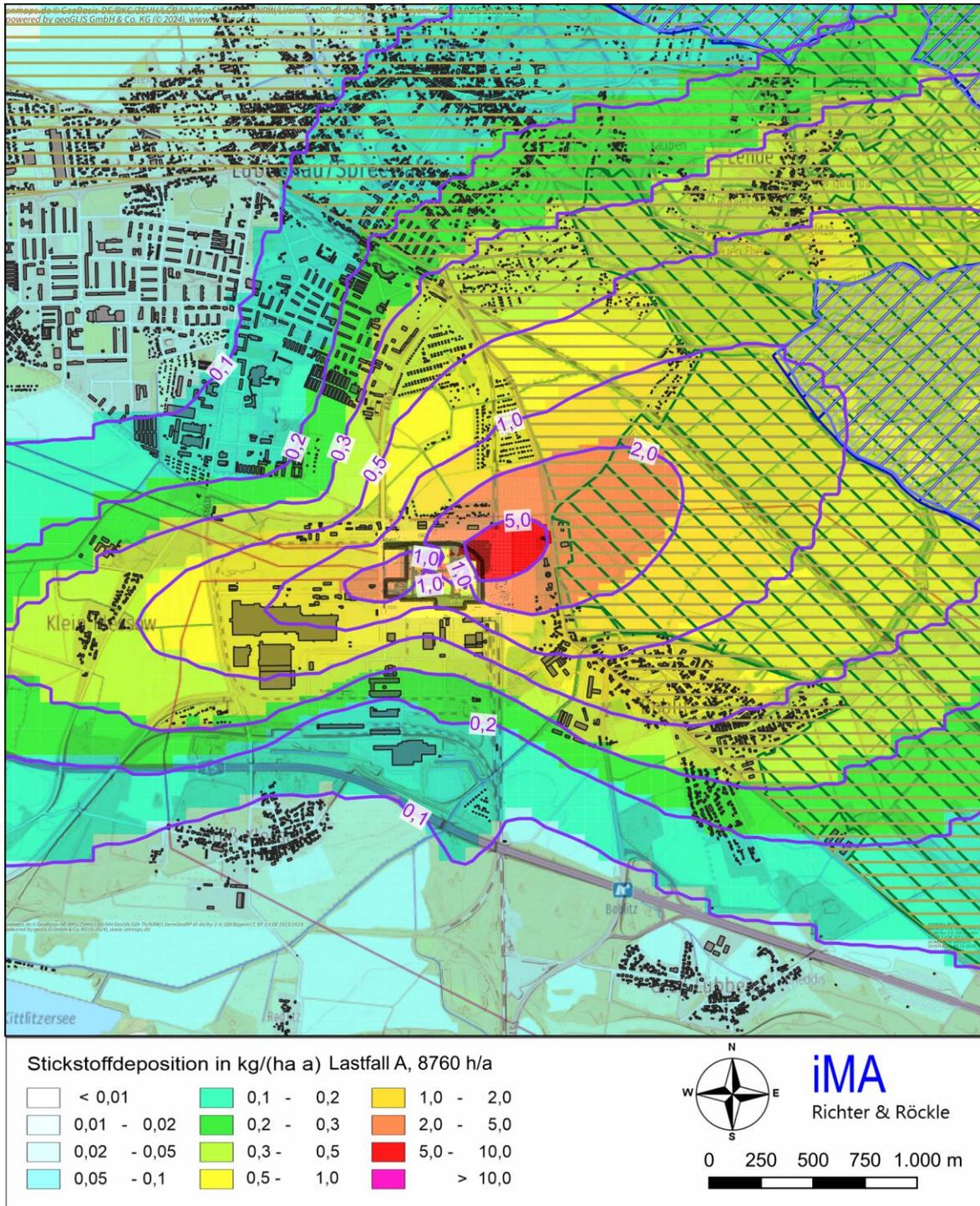


Abbildung A1-21: Stickstoffdeposition in kg/(ha a) bei einer jährlichen Betriebszeit von 8760 h/a. Anlage schwarz umrandet. Isolinien gleicher Stickstoffdeposition in violett eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

Lastfall B

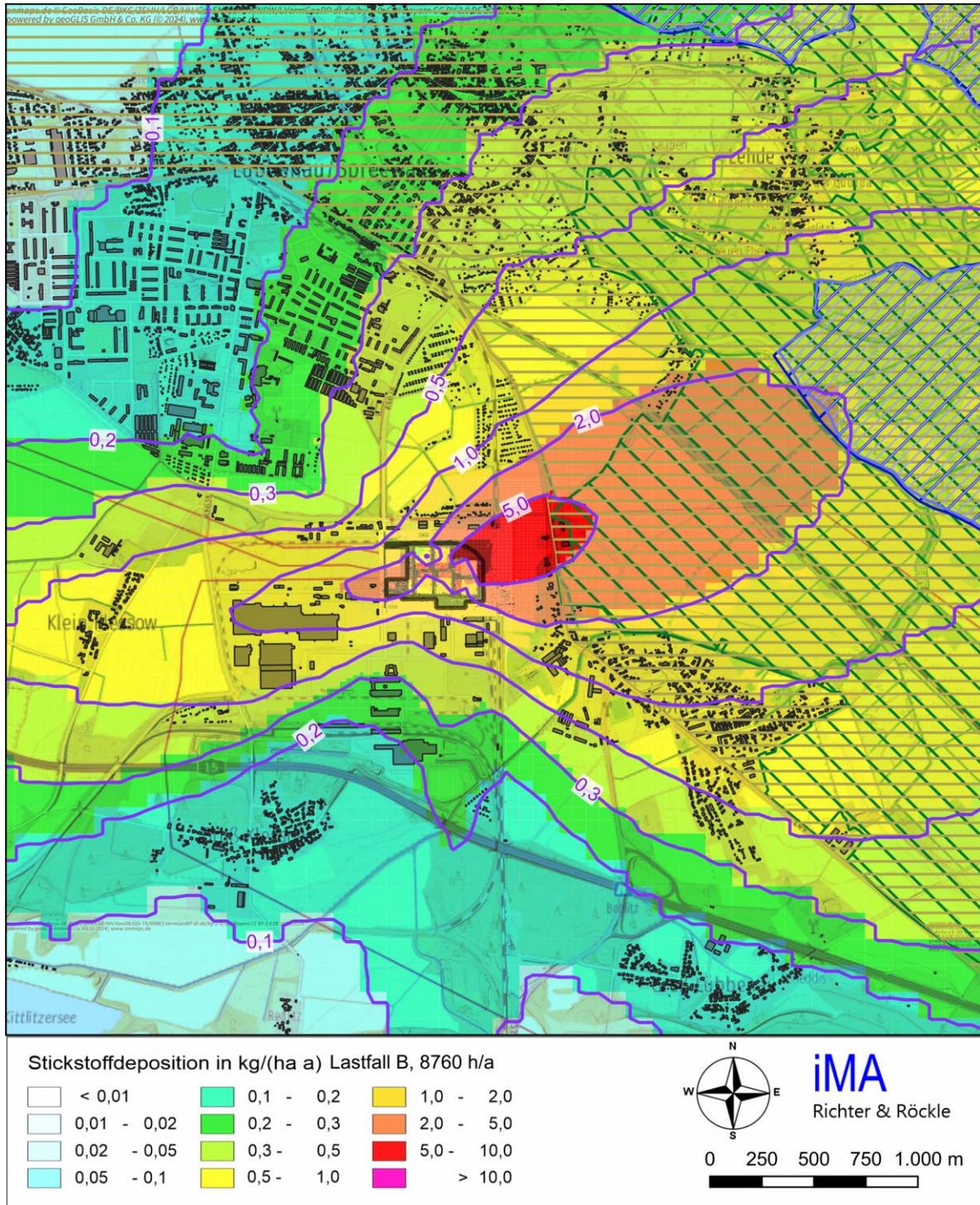


Abbildung A1-22: Stickstoffdeposition in kg/(ha a) bei einer jährlichen Betriebszeit von 8760 h/a. Anlage schwarz umrandet. Isolinien gleicher Stickstoffdeposition in violett eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

A1.4 Säuredeposition

Kontinuierlicher Betrieb

Im Folgenden werden die Ergebnisabbildungen der Säuredeposition bei einer Betriebszeit von 8760 h/a dargestellt.

Isolinien gleicher Stickstoffdeposition sind violett eingezeichnet.

Die FFH-Gebiete sind blau schraffiert eingezeichnet, das Vogelschutzgebiet ist grün schraffiert und das Biosphärenreservat ist ocker schraffiert dargestellt.

Lastfall A

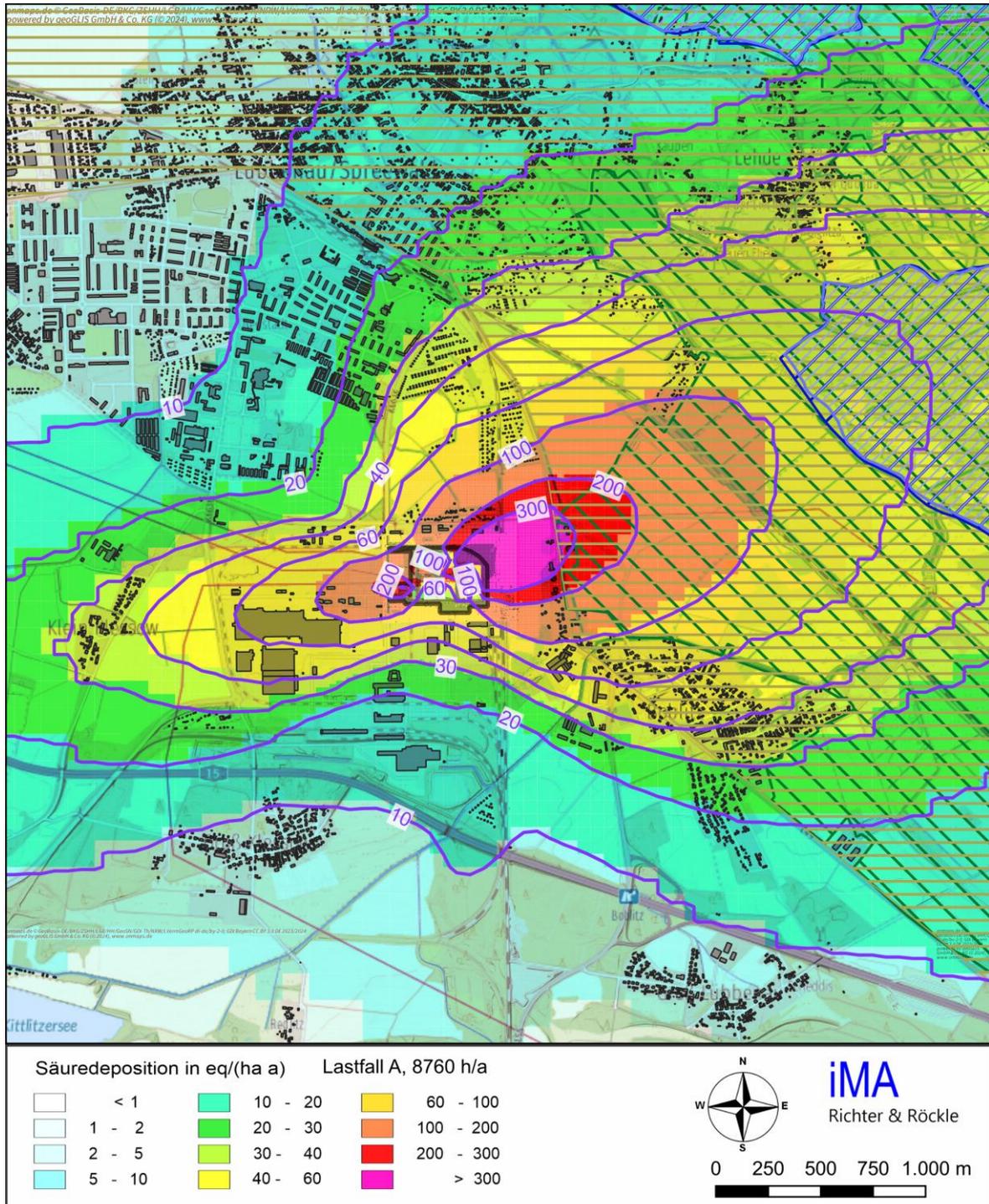


Abbildung A1-23: Säuredeposition in $S_{eq}/(ha a)$ bei einer jährlichen Betriebszeit von 8760 h/a. Anlage schwarz umrandet. Isolinien gleicher Säuredeposition in violett eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

Lastfall B

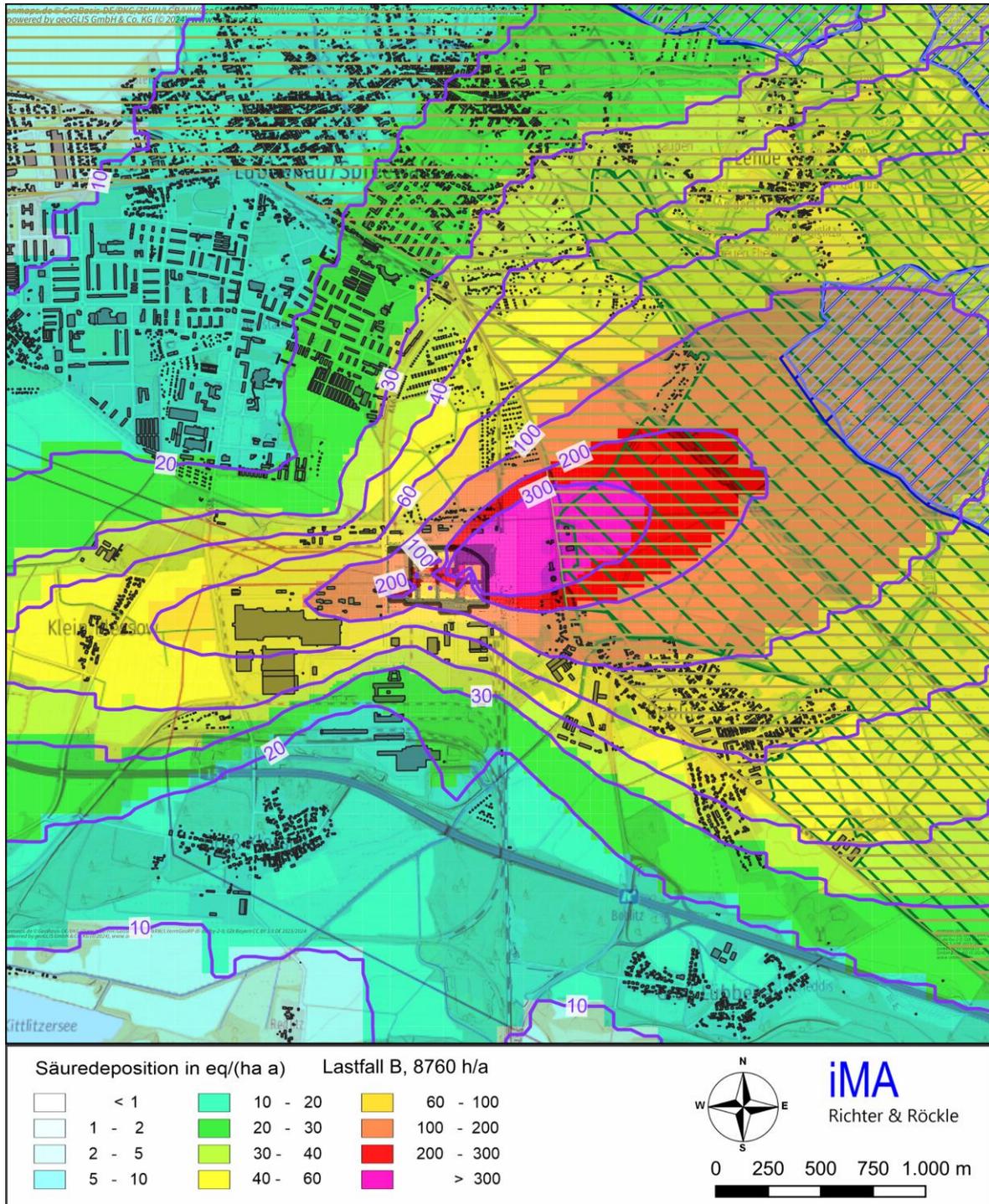


Abbildung A1-24: Säuredeposition in $S_{eq}/(ha\ a)$ bei einer jährlichen Betriebszeit von 8760 h/a. Anlage schwarz umrandet. Isolinien gleicher Säuredeposition in violett eingetragen. Vogelschutzgebiet grün schraffiert, FFH-Gebiet blau Schraffiert, Biosphärenreservat ocker schraffiert.

Anhang 2: Ergebnisabbildungen Kurzzeitwerte

A2.1 NO₂-S18-Immissionen bei kontinuierlichem Betrieb

Die folgenden Grafiken enthalten die Ergebnisse für den S18-Stundenmittelwert von NO₂ bei einer Betriebszeit von 8760 h/a.

Wie für die Jahresmittelwerte sind für beide Lastfälle alle Höhenschichten bis einschließlich 12 m ü. Grund (entsprechend der Schicht von 9 bis 12 m und Zellmitte in 10,5 m ü. Grund) dargestellt.

Beurteilungspunkte in höheren Schichten sind in der näheren Umgebung nicht vorhanden.

Lastfall A

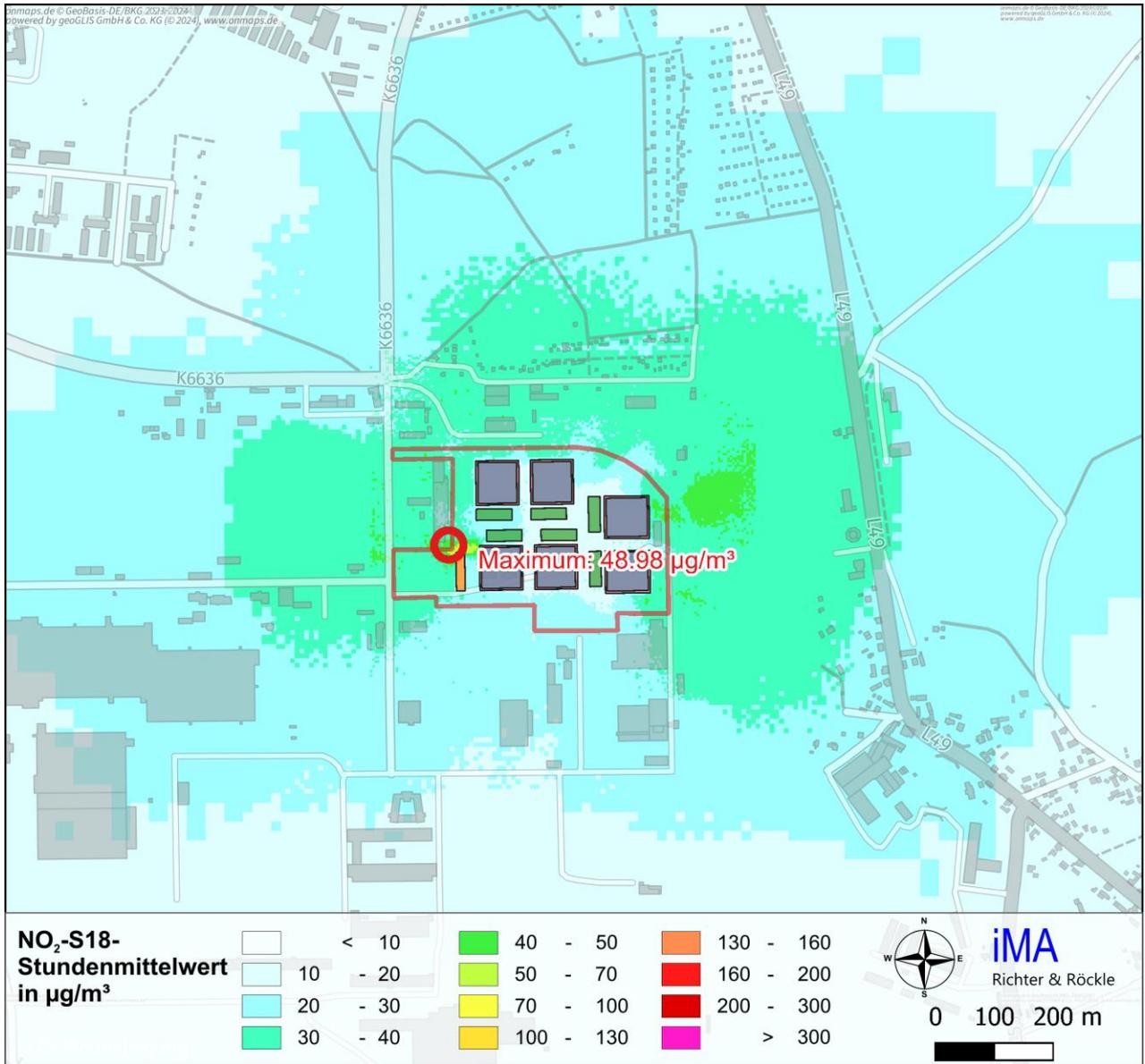


Abbildung A2-1: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

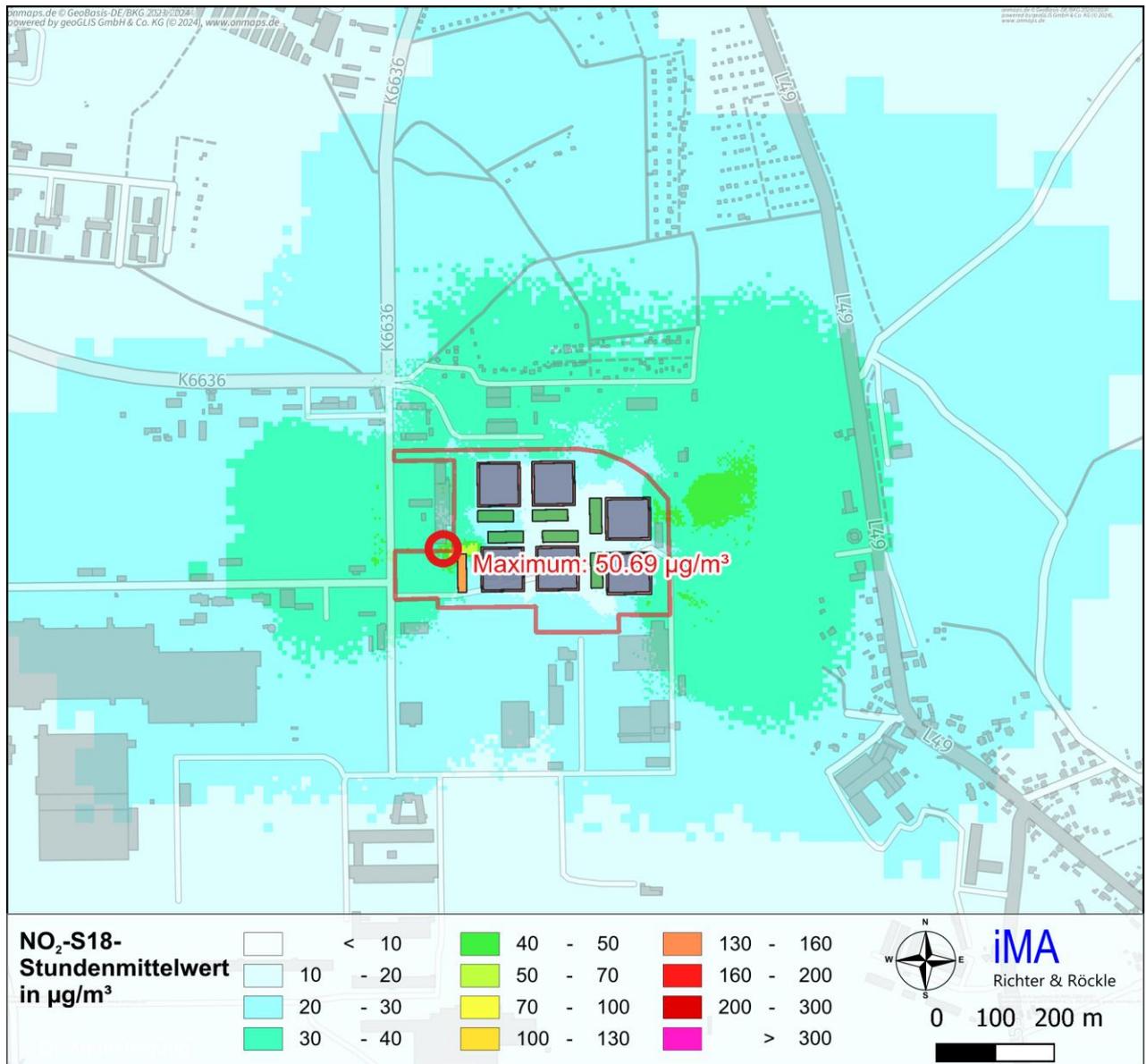


Abbildung A2-2: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

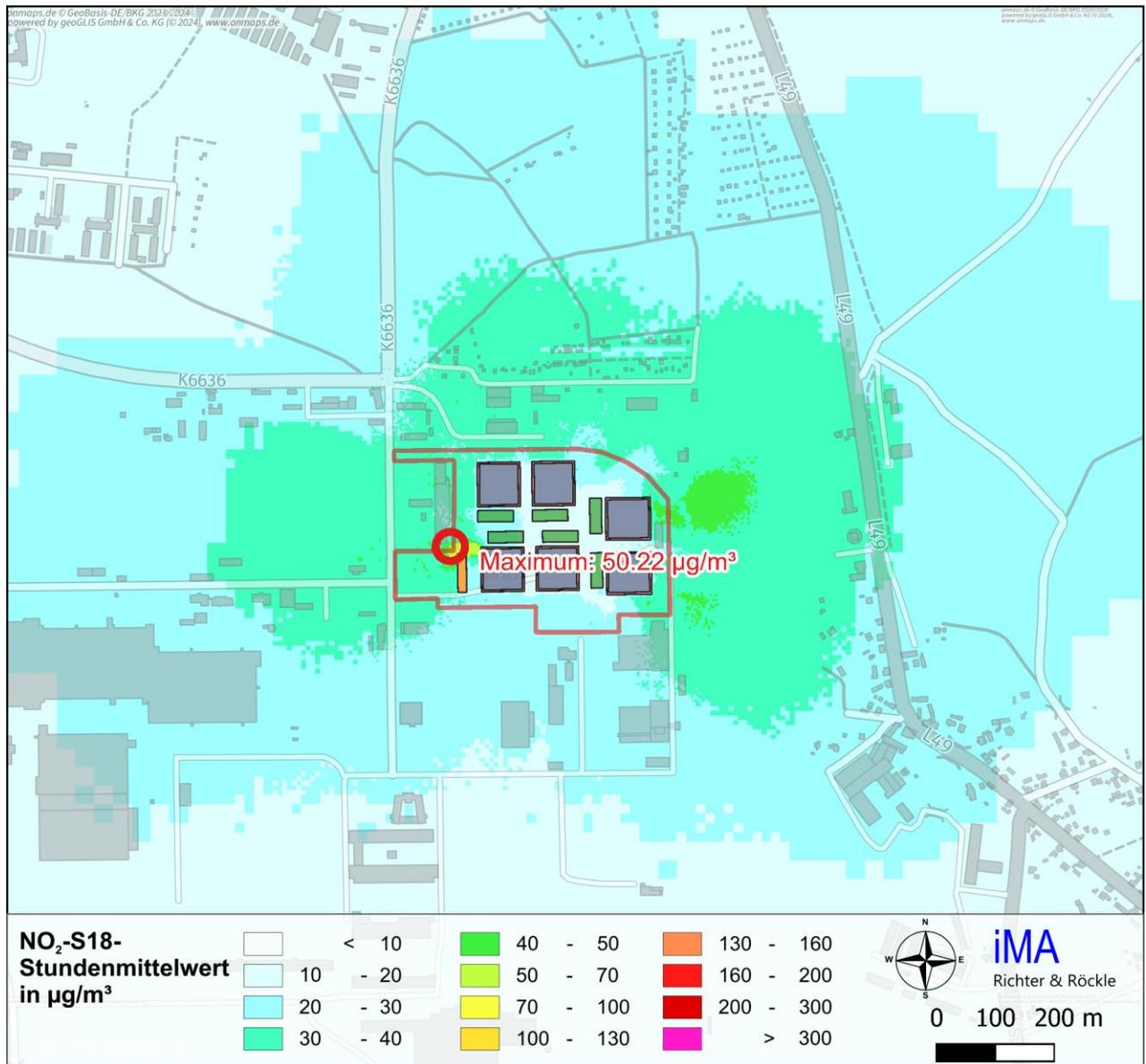


Abbildung A2-3: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

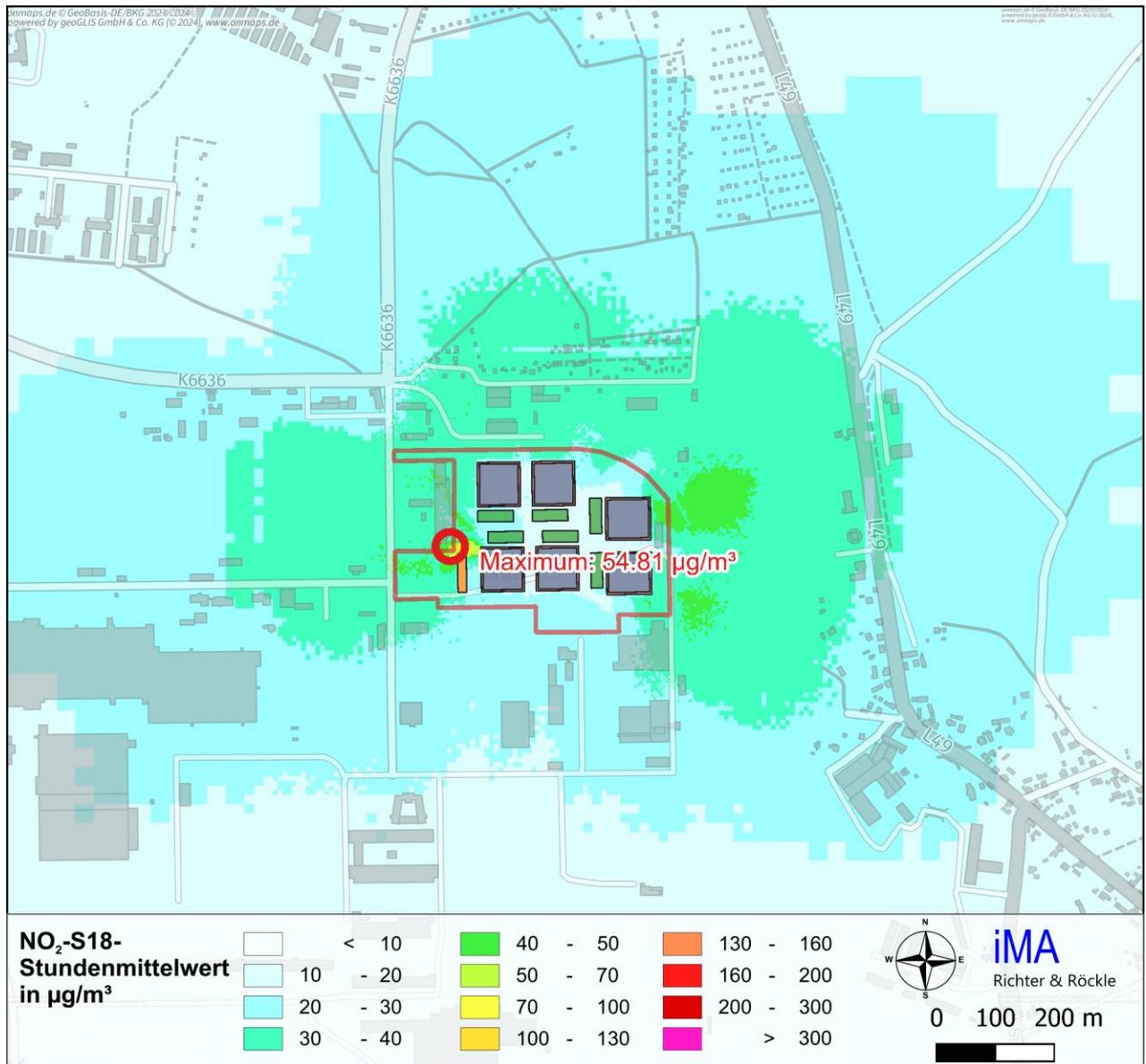


Abbildung A2-4: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Lastfall B

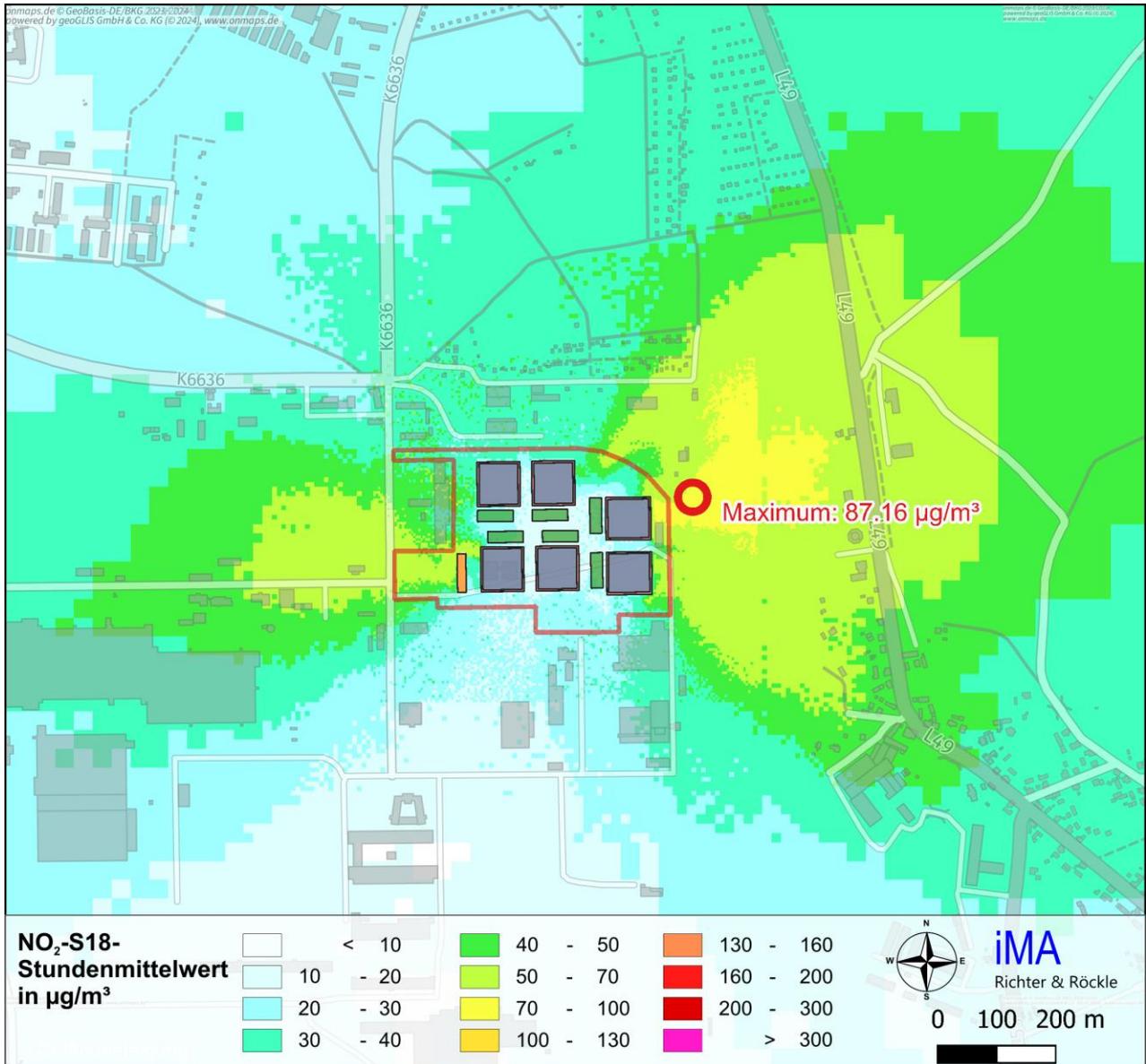


Abbildung A2-5: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

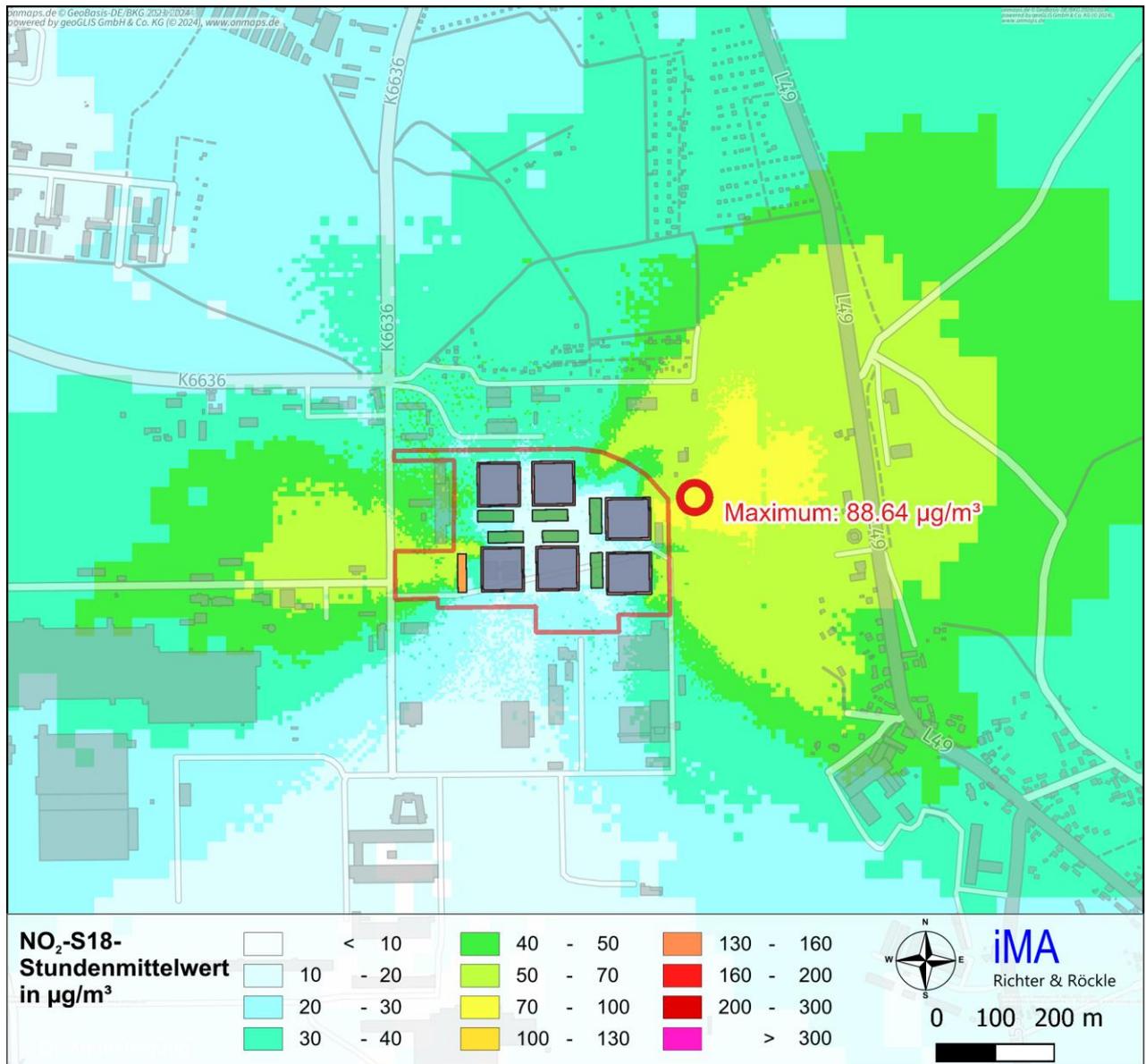


Abbildung A2-6: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

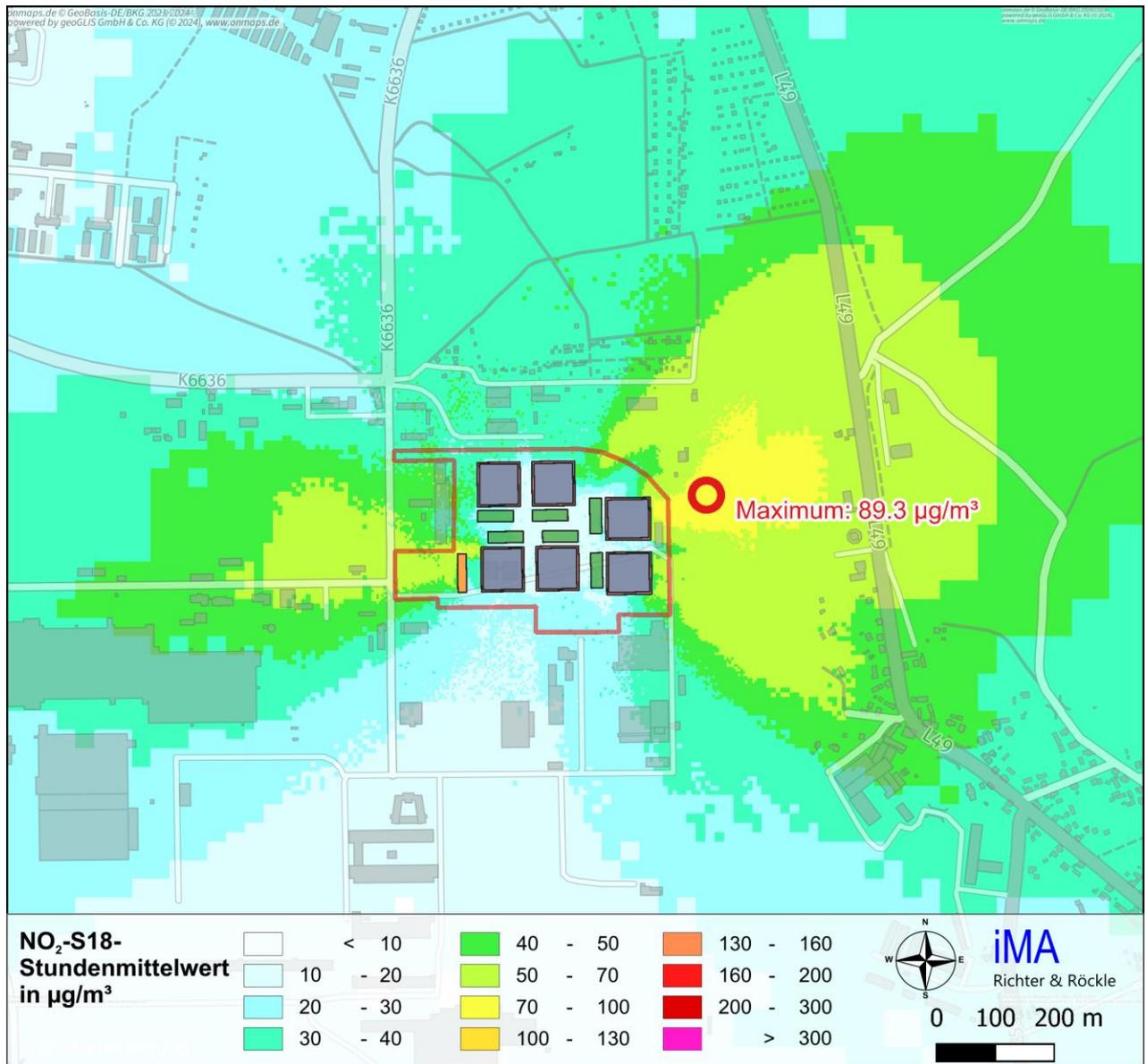


Abbildung A2-7: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

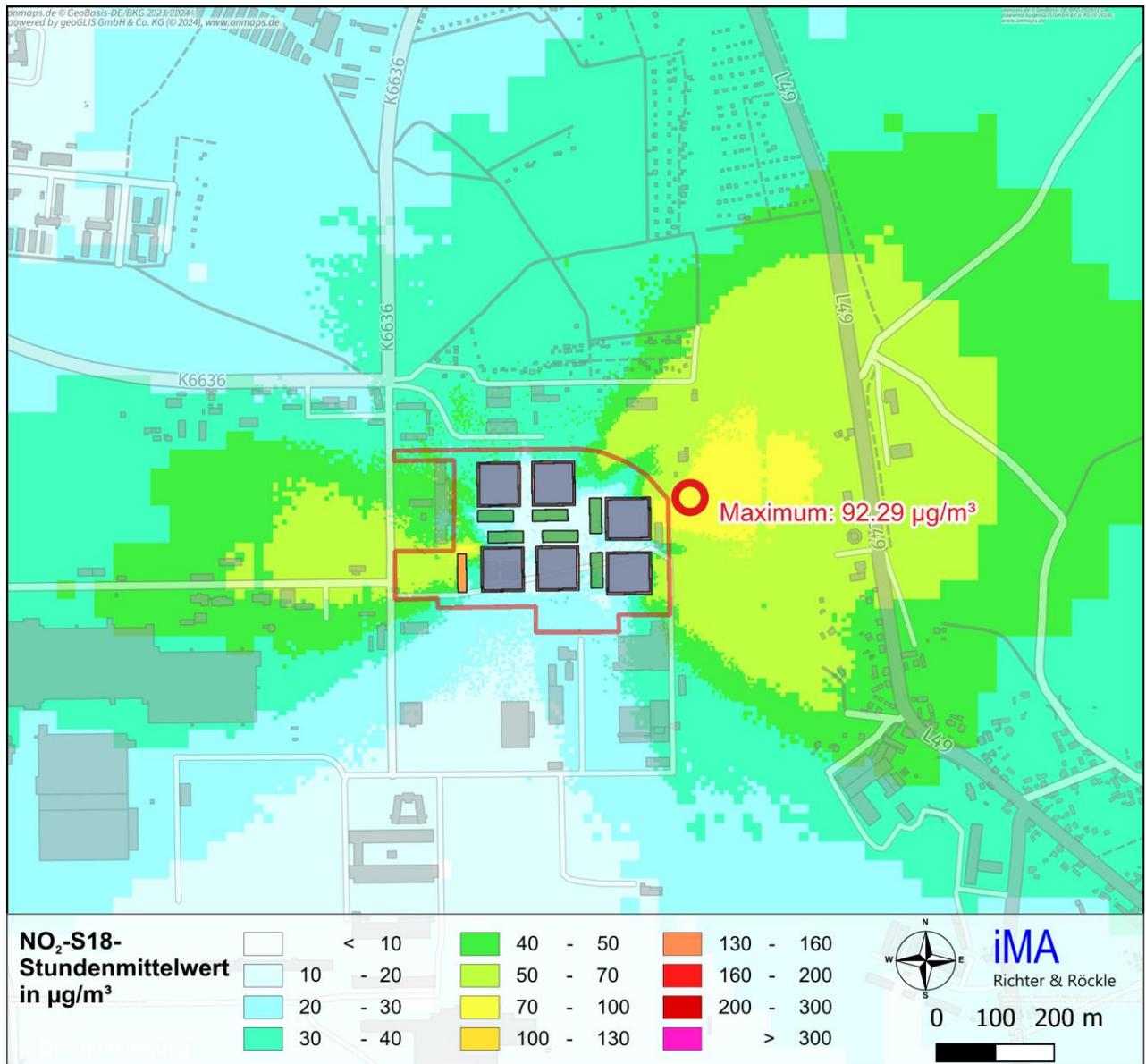


Abbildung A2-8: NO₂- S18-Stundenmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 25,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

PM₁₀-T35-Immissionen kontinuierlicher Betrieb

Die folgenden Abbildungen enthalten die Ergebnisse für den T35-Tagesmittelwert von PM₁₀ bei einer Betriebszeit von 8760 h/a für die Lastfälle A und B.

Lastfall A

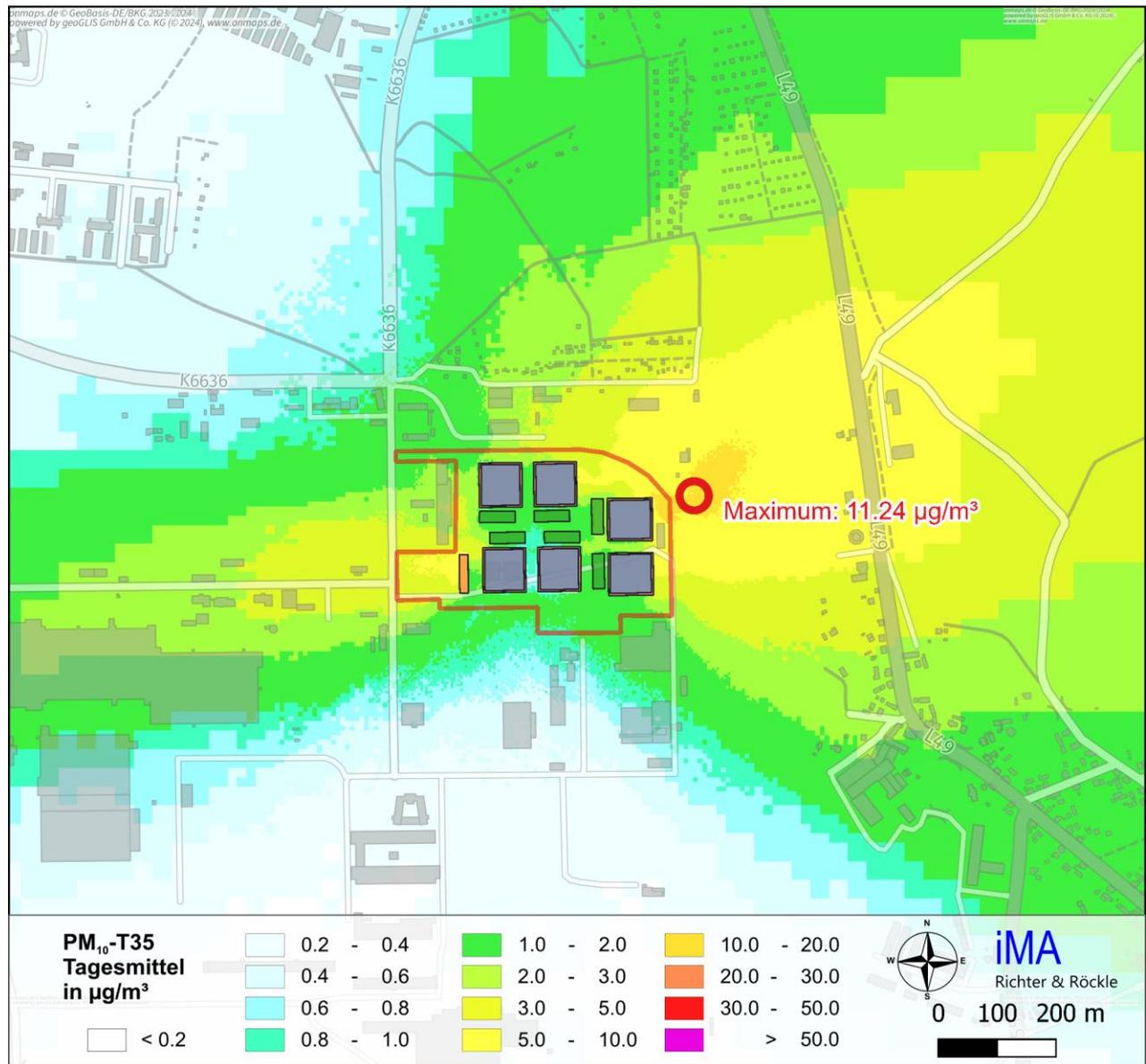


Abbildung A2-9: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

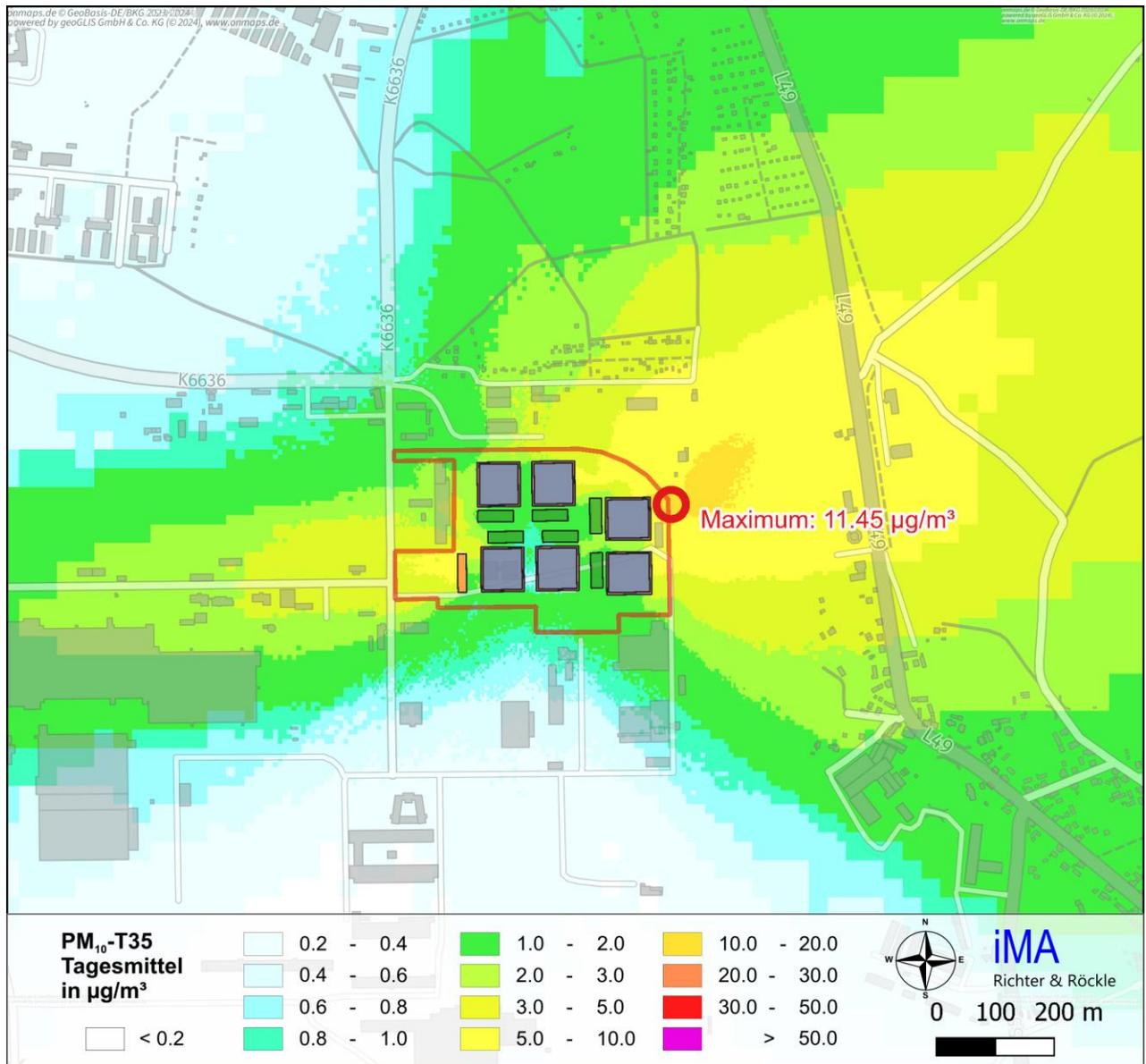


Abbildung A2-10: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**

Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

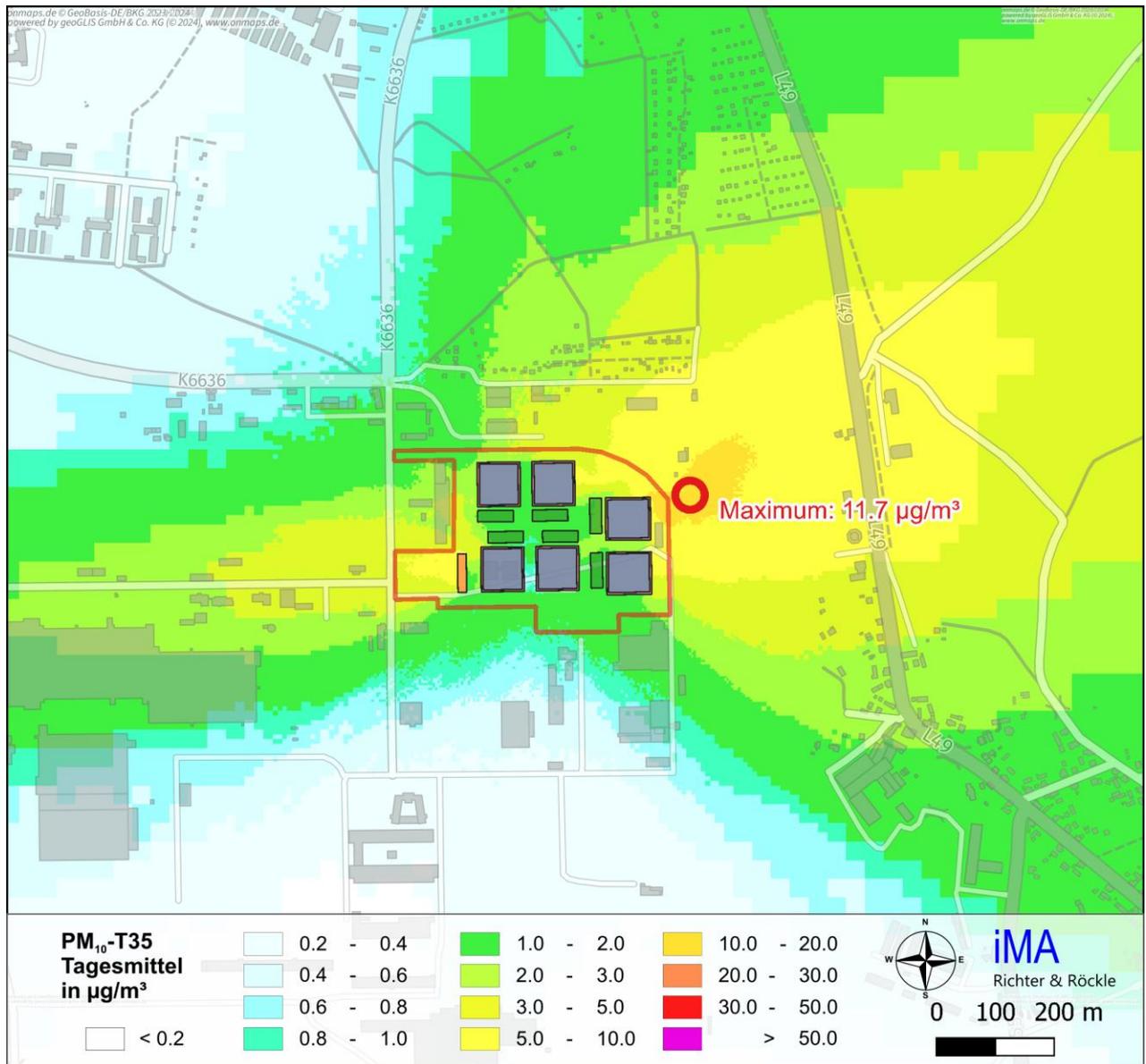


Abbildung A2-11: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**

Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

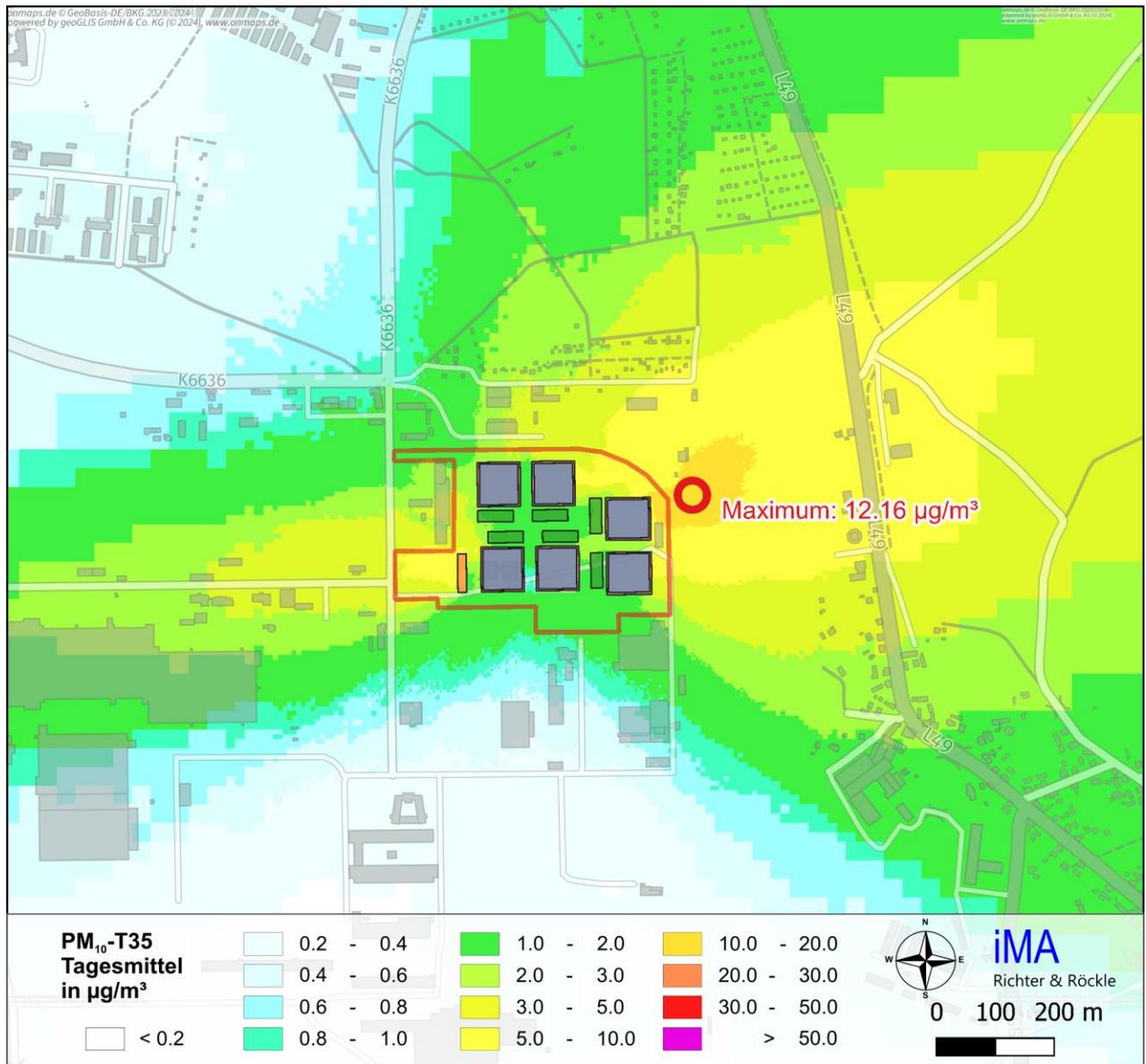


Abbildung A2-12: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 25,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall A.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Lastfall B

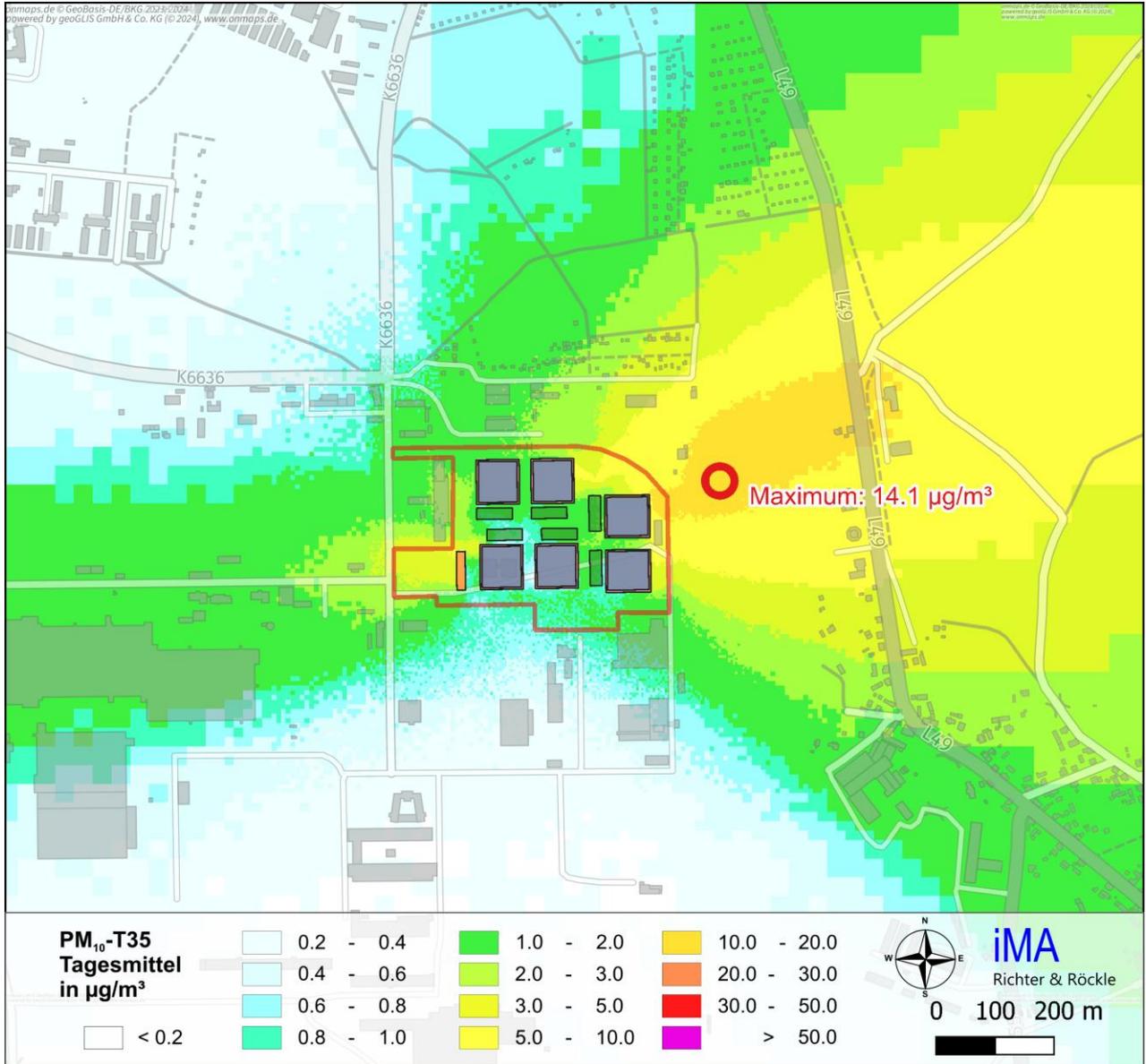


Abbildung A2-13: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 1,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

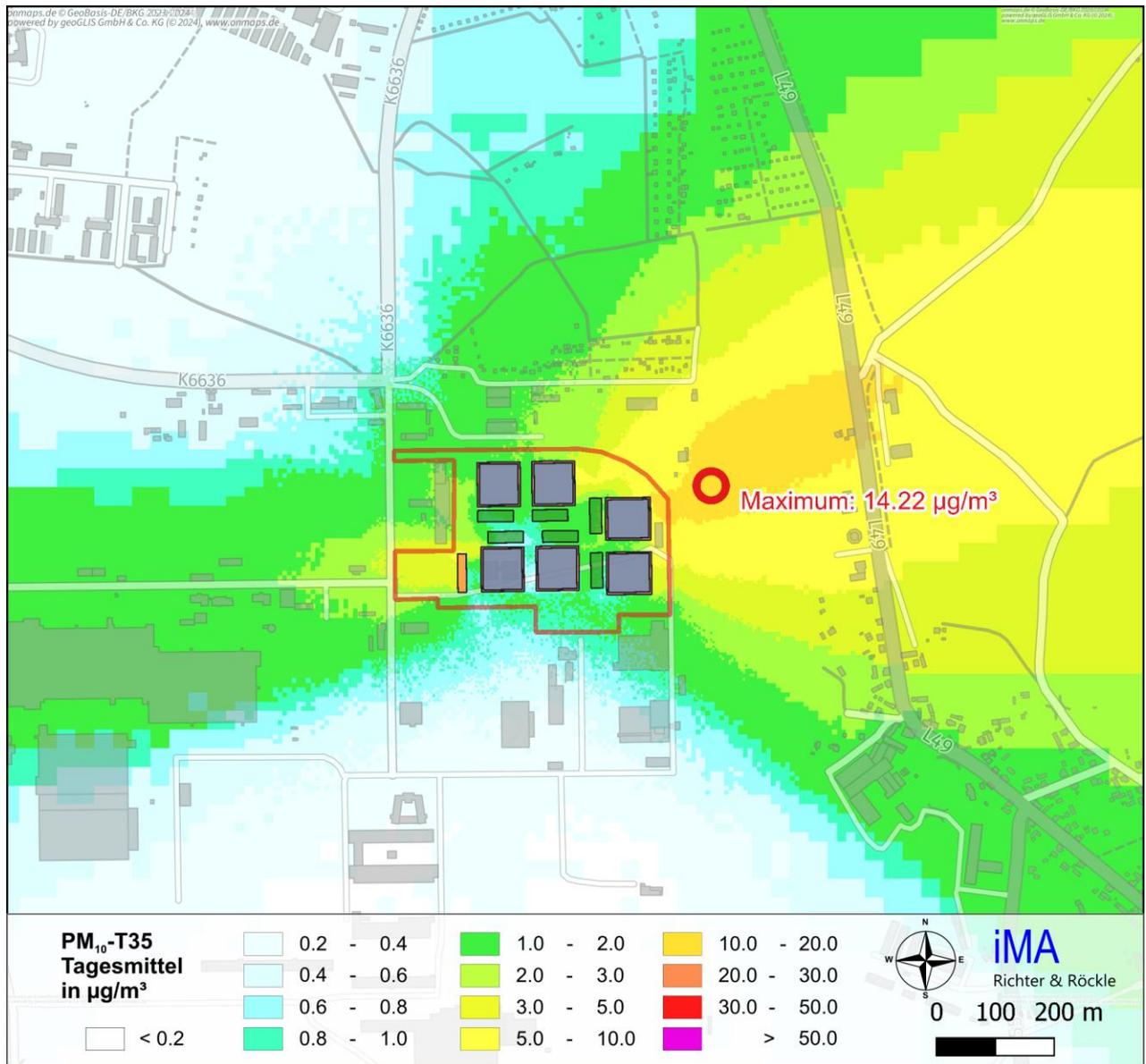


Abbildung A2-14: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 4,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

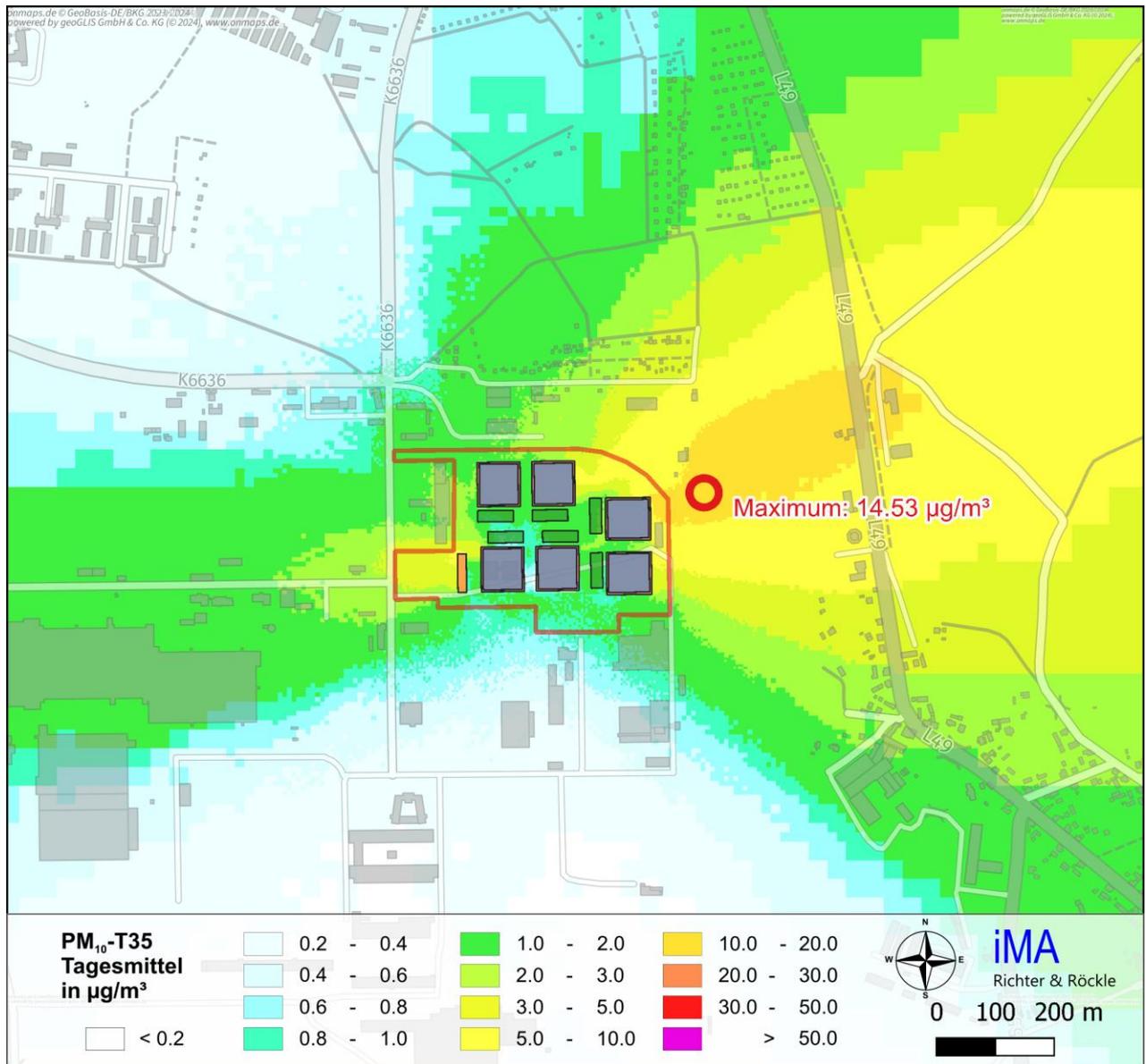


Abbildung A2-15: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 7,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**

Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

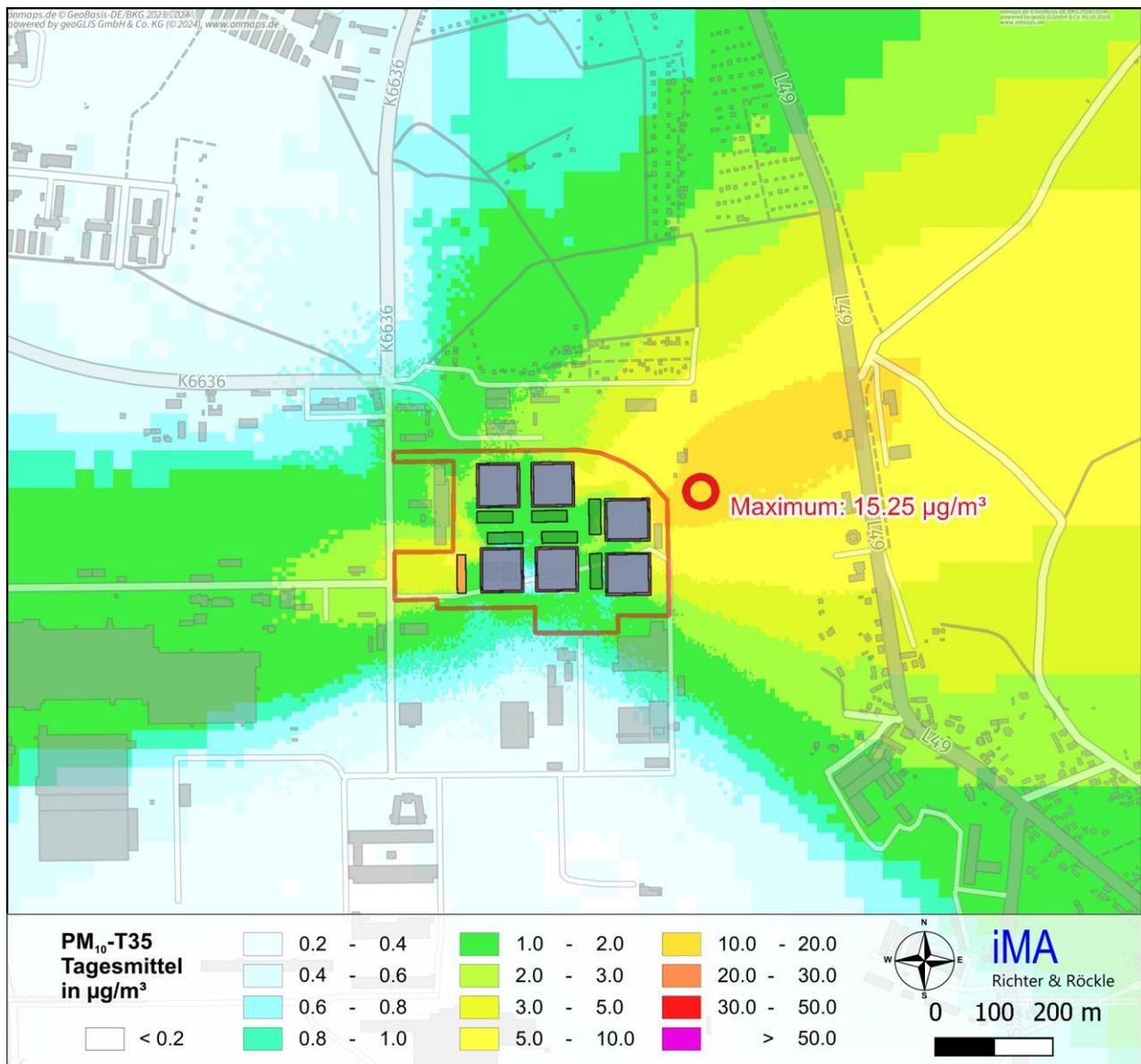


Abbildung A2-16: PM₁₀-T35-Tagesmittelwerte in µg/m³: Zusatzbelastung in 10,5 m über Grund bei einer Betriebszeit von 8760 h/a. **Lastfall B.**
Dargestellt ist der maximale Wert außerhalb des Betriebsgeländes.

Anhang 3: Technische Daten der Notstromaggregate

Auf der folgenden Seite befindet sich das Motordatenblatt der Firma MTU mit Angaben zu den Modul-Generatoren (MTU 20V4000G94LF) und die Angaben der Firma Volvo Penta zum Hausgenerator (Volvo TAD1382GE). Dargestellt sind die technischen Daten für alle im Test- und Notbetrieb der NDMA auftretenden Lastzustände.

Die Original-Motordatenblätter können den Antragsunterlagen entnommen werden.

Modul-Generatoren:

Stand: 2024/09/30

Angaben	Einheit	Modulgenerator			
Eindeutige Typbezeichnung - Modellnummer des Herstellers für Generator und Abgasreinigung	N/A	MTU 20V4000G94LF			
Abgasbehandlungsanlage (DPF, SCR-Katalysator,...)?	N/A	SCR-Katalysator			
Art des Kraftstoffs (Diesel oder Heizöl EL)	N/A	Heizöl EL			
Maximaler Schwefelgehalt des Kraftstoffs	mg/kg				
Voraussichtliche Lastzustände der Generatoren im Notstrombetrieb	% Last	100%	75%	50%	25%
Maximaler Kraftstoffverbrauch	kg/h	668	469	335	188
Durchschnittlicher Heizwert des verbrauchten Brennstoffs	kWh/kg	11,9	11,9	11,9	11,9
Maximale Feuerungswärmeleistung	MW	7,91	5,55	3,95	2,21
Trockener Volumenstrom im Normzustand (0 °C, 1013 mbar) beim Bezugssauerstoffgehalt von 5 %	m³/h	14.544	10.908	8.100	5.364
Betriebssauerstoffgehalt	%	9,8	10,5	11,2	12,9
Trockener Volumenstrom im Normzustand (0 °C, 1013 mbar) beim Betriebssauerstoffgehalt	m³/h	13.464	10.152	7.560	5.076
Feuchter Volumenstrom im Normzustand (0 °C, 1013 mbar) beim Betriebssauerstoffgehalt	m³/h	14.544	10.908	8.100	5.364
Betriebsvolumenstrom (bei Abgastemperatur, 1013 mbar) beim Betriebssauerstoffgehalt	m³/h	41.004	29.016	21.564	13.500
Abgastemperatur - Ausgang Motor	°C	483,9	440	447	409
NOx- Emissionskonzentration (vor SCR) (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded")	mg/m³	3.430	4.775	3.653	3.011
NOx- Emissionskonzentration (nach SCR) (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded")	mg/m³	250	250	250	250
NO2-Anteil an Nox im Abgas	%	< 25	< 25	< 25	< 25
Staub- Emissionskonzentration (bezogen auf O2-Gehalt von 5 %, "not to be exceeded") [ohne DPF]	mg/m³	8,2	12,4	20,6	42,1
CO- Emissionskonzentration (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded")	mg/m³	181	190	323	432
NH3- Emissionskonzentration (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded")	mg/m³	15	15	15	15
SO2- Emissionskonzentration (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded") [SO2-Emission hängt vom Schwefelanteil des Kraftstoffs ab]	mg/m³				
Formaldehyd- Emissionskonzentration (bezogen auf O2-Gehalt von 5%, "not to be exceeded")	mg/m³	20	20	20	20

Hausgenerator:

VOLVO PENTA

NO: 128085

EXHAUST EMISSION DECLARATION

The emission data in this declaration are measured according to the test procedures specified below and on one member engine of the engine type. Emission data may vary among production engines.

TECHNICAL SPECIFICATION

Engine type: TAD 1382GE
 Rated crankshaft power *): 371 kW
 Rated speed: 1500 rpm
 *) The engine performance corresponds to ISO 3046.

TEST INFORMATION

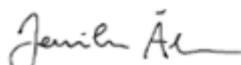
Test conditions: EU 2016/1628 Stage V
 Test identification: 31003465
 Test date: September 28, 2020
 Test cycle: D2
 Test fuel: Euro VI B7

EXHAUST EMISSIONS (weighted cycle)

CO (g/kWh)	0,002
HC (g/kWh)	0,002
NOx (g/kWh)	0,095
PM (g/kWh)	0,0012
PN (#/kWh)	56,2x10 ⁹

EXHAUST EMISSIONS (per cycle mode)

Mode	#	1	2	3	4	5
Speed	(rpm)	1500	1500	1500	1500	1500
Test Power	(kW)	371	278,2	185,5	92,68	37,09
NOx	(g/h)	15,11	48,79	1,678	3,573	21,16
HC	(g/h)	0,352	0,299	0,29	0,402	0,426
CO	(g/h)	0,99	0,572	0,301	0,275	0,389
CO ₂	(kg/h)	200	200	100	62	32
NOx wet	(ppm)	5,14	19,8	0,877	2,655	24,88
HC wet	(ppm)	0,467	0,471	0,573	1,046	1,699
CO dry	(ppm)	0,611	0,421	0,293	0,367	0,786
CO ₂ dry	(%)	8,814	7,542	6,546	4,939	4,085

DATE AND SIGNATURE


Jennifer Ahlberg
 Director Emission Compliance
 Quality, Environment, Product Compliance
 AB Volvo Penta

Anhang 4: Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft und VDI 3781, Blatt 4

A4.1 Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften

Zur Ermittlung der Schornsteinhöhe werden folgende Vorschriften, Regelwerke und Berechnungsmodelle zugrunde gelegt:

6. TA Luft (2021): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 18.08.2021.
7. VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017): Ableitbedingungen für Abgase. Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Juli 2017.
8. BESTAL: Hilfsprogramme BESMIN und BESMAX zur TA Luft, Version 1.2.0 UBA (2024), Dessau-Roßlau u. Ingenieurbüro Janicke, Überlingen.
9. WinSTACC (2024): Programm zur Berechnung der Schornsteinhöhe nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017), Ing.-Büro Lohmeyer.
10. LAI (2023): Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung zur TA Luft 2021, 04.07.2023.

A4.2 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (Ungestörter Abtransport der Abgase)

Modulgeneratoren

Gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft muss die Lage und Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) genügen. Die Ermittlung der Mindesthöhe nach dieser Richtlinie zielt auf einen ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung und eine ausreichende Verdünnung. Deshalb soll die Mündung außerhalb des Einflussbereichs der Gebäude, der sogenannten Rezirkulationszone, liegen.

Die Schornsteinhöhenberechnung nach VDI 3781, Blatt 4 kann Kapitel 6 auf Seite 35 ff. entnommen werden. Die Berechnung wird mit Programm WinSTACC (2024) durchgeführt. Die Protokolldatei des Programms kann Kapitel A4.4 auf Seite 149 ff. entnommen werden.

Die höchste Schornsteinhöhe, die nach Nr. 5.5.2.1 der TA Luft berechnet wird, beträgt

48 m über Umgebungsniveau und wird auf **48,5 m** aufgerundet (vgl. Kapitel 6).

Diese Höhe wird für die Modulgeneratoren den Ausbreitungsrechnungen zu Grunde gelegt.

Hausgenerator

Die grafische Ermittlung der Schornsteinhöhe des Hausgenerators ist in Abbildung A4-1 dargestellt.

In Tabelle A4-1 sind die Berechnungsgrößen der Schornsteinhöhenberechnung für den Hausgenerator dargestellt.

Tabelle A4-1: Berechnungsgrößen des maßgeblichen vorgelagerten Gebäudes zur Bestimmung der Höhe des Schornsteins für den Hausgenerator nördlich des Verwaltungsgebäudes. Bezeichnungen gemäß VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017).

Größe	Erläuterung	Einheit	Wert
l_v	Länge des Gebäudes	m	70,2
b_v	Breite des Gebäudes	m	66,6
$H_{\text{Tauf},V}$	Traufhöhe des vorgelagerten Gebäudes	m	33,0
$H_{\text{First},V}$	Firsthöhe des vorgelagerten Gebäudes	m	33,0
	Dachform		Flachdach
β	Winkel zwischen Verbindungslinie und l_v	°	53
l_A	Abstand Schornstein-Gebäude	m	39
	Hanglage		nein
	Höhendifferenz zum Einzelgebäude mit Schornstein	m	0
l_{eff}	effektive Länge des Gebäudes (Wirkungsquerschnitt senkrecht zur Verbindungslinie Schornstein – Mittelpunkt des vorgelagerten Gebäudes)	m	96,1
l_{RZ}	Länge Rezirkulationszone	m	97,3
P	Interpolationsparameter Gl. (18)		0,92
$H_{2,V}$	Höhe der Rezirkulationszone	m	12,1
H_{First}	Firsthöhe des Gebäudes, auf dem / an dem der Schornstein steht	m	0,5
H_{S2}	Berechnete Abgasableiteneinrichtungshöhe über First bei vorgelagerten Gebäuden	m	40,8
$H_{\text{Ü}}$	Additiver Term	m	0,4
H_{A2}	erforderliche Höhe Schornstein über First H_{First}	m	41,2

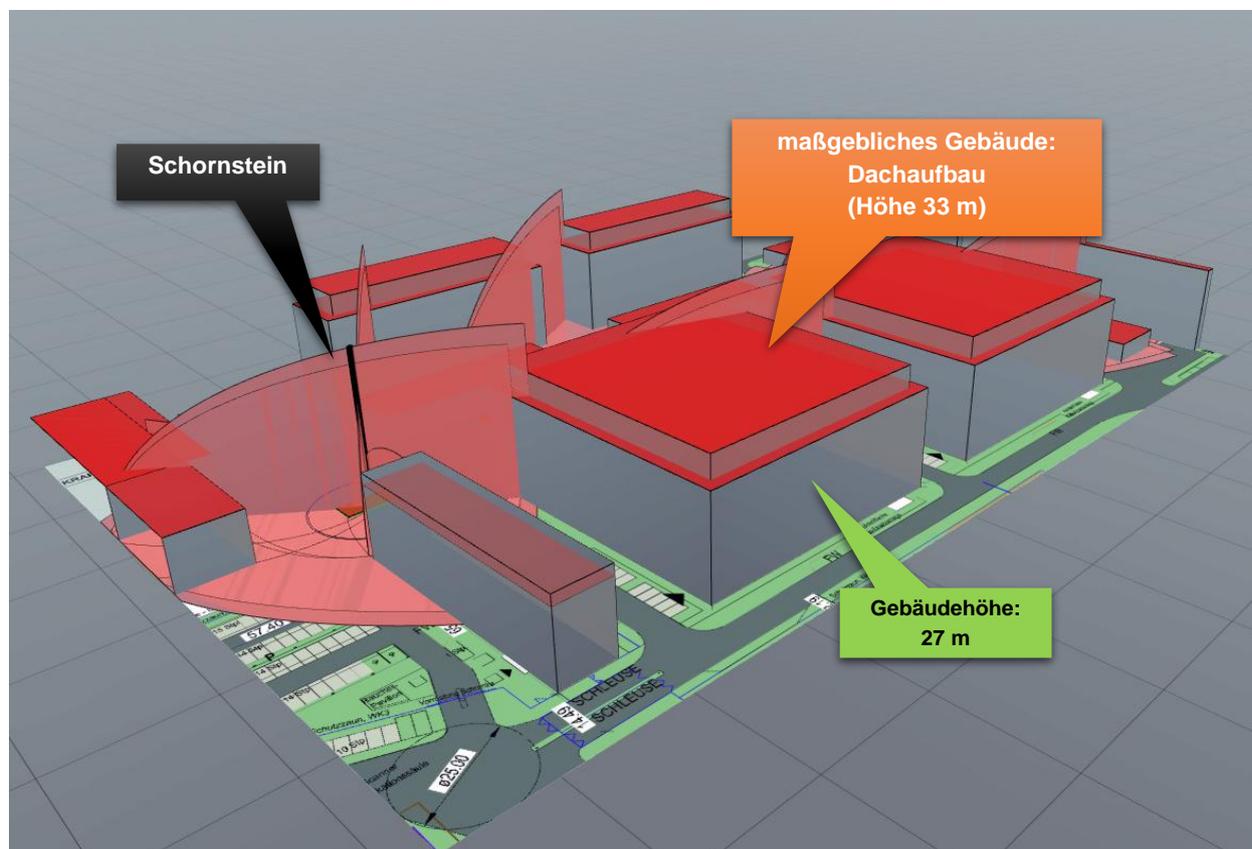


Abbildung A4-1: Berücksichtigte vorgelagerte Gebäude im Umfeld des Schornsteins nördlich des Verwaltungsgebäudes.

Schornsteingruppe (schwarz) und Ausdehnung der Rezirkulationszonen der berücksichtigten Gebäude (hellrote Viertel-Ellipsen) gemäß VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017). Blick aus Südwesten.

Nach den Gleichungen (17) bis (19) der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) ergibt sich mit den in Tabelle 6-1 aufgelisteten Zahlenwerten die erforderliche Höhe des Schornsteins H_{A2} über dem Bauwerk, auf dem oder an dem der Schornstein steht, zu

$$H_{A2} = p \cdot (H_{First,V} + H_{2,V}) - H_{First} + H_{\dot{U}} = 0,92 \cdot (33,0 + 12,1) - 0,5 + 0,4 = 41,2 \text{ m}$$

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

Höhe des Schornsteins (Kriterium zum ungestörten Abtransport der Abgase) = 41,7 m.

Aus technischen und statischen Gründen ist die höchste umsetzbare Schornsteinhöhe für den freistehenden Schornstein 27 m über Grund. Ein ungestörter Abtransport der Abgase ist bei dieser Höhe nicht gewährleistet. Eine Abgasfahnenüberhöhung wird für den Schornstein des Hausgenerators in den Ausbreitungsrechnungen nicht berücksichtigt.

A4.3 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft (Ausreichende Verdünnung der Abgase)

Zusätzlich zu den in Nr. 5.5.2.1 der TA Luft definierten Mindestanforderungen muss die Schornsteinhöhe auch den Anforderungen der Nummern 5.5.2.2 und 5.5.2.3 – sowie bei mehreren Schornsteinen – Nr. 5.5.2.1, Absatz 5 genügen, um eine ausreichende Verdünnung der Abgase zu gewährleisten.

Der Leitfaden des Regierungspräsidium Darmstadt (2017) erlaubt bei der Ermittlung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft (2021) eine Ausnahme für Notstromdieselmotoranlagen von Rechenzentren, wenn durch eine Ausbreitungsrechnung nachgewiesen wird, dass für die in der Immissionsprognose angenommene Schornsteinhöhe zur Ableitung der Emissionen keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des § 5 bzw. 22 BImSchG im Wirkungsbereich der Abgasfahnen auftreten.

Für die Ausbreitungsrechnungen im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens für die Notstromaggregate werden die in Kapitel 6 ermittelten Schornsteinhöhen angesetzt. Für die in Kapitel 6 ermittelte Schornsteinhöhe der Modulgeneratoren ist ein Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung gegeben. Für den Hausgenerator muss aus technischen und statischen Gründen eine niedrigere Schornsteinbauhöhe realisiert werden. Aus diesem Grund wird für den Hausgenerator keine Abgasfahnenüberhöhung angesetzt.

Die folgende Ermittlung der Schornsteinhöhen nach Nr. 5.5.2.2 und Nr. 5.5.2.3 der TA Luft (2021) erfolgt lediglich informativ.

Demnach ist der Maßstab für eine ausreichende Verdünnung die maximale bodennahe Konzentration jedes emittierten Stoffes in einer stationären Ausbreitungssituation. Die Schornsteinhöhe wird so ermittelt, dass ein maximaler Stundenmittelwert der Konzentration (S-Wert) nicht überschritten wird. Dabei muss in einer Vielzahl von meteorologischen Einzelsituationen⁵ die Konzentration mit Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Festlegungen nach Anhang 2, Nummer 14 der TA Luft bestimmt und der Fall mit der höchsten bodennahen Konzentration ausgewertet werden. Für den S-Wert sind die in Anhang 6 der TA Luft (2021) festgelegten Werte einzusetzen.

Diese Vorgaben werden im Hilfsprogramm BESMIN (UBA (2024)) umgesetzt. Für die Schornsteinhöhenberechnung wird nicht das emissionsseitig begrenzte NO_x, sondern NO₂ betrachtet, da im Anhang 6 der TA Luft nur für NO₂ ein S-Wert angegeben ist.

Datengrundlage

Die Bearbeitung erfolgt auf der Grundlage der in Tabelle 4-4 auf Seite 29 ff. sowie Tabelle 4-5 auf Seite 31 ff. aufgeführten Daten für jede Schornsteingruppe.

⁵ In der Datenbank sind 72 Windrichtungen, 4 Ausbreitungsklassen und 9 Windgeschwindigkeiten berücksichtigt.

Einhaltung der S-Werte der Einzelschornsteine

Jede Schornsteingruppe wird gemäß VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3 (2022) als Einzelquelle betrachtet. Die Schornsteinhöhenberechnung erfolgt für jede in Tabelle 4-4 (Lastfall A und Lastfall B) aufgeführte Gruppierung von Schornsteinen.

Alle Generatoren werden mit SCR- Katalysatoren zur Abgasreinigung ausgestattet.

NO_x wird als Stickstoffmonoxid (NO) und als Stickstoffdioxid (NO₂) emittiert. Der Anteil, der direkt als NO₂ freigesetzt wird, wird als „Primär-NO₂-Anteil“ *p* bezeichnet. Vom Motorhersteller wird unter Berücksichtigung der Abgasreinigungsanlagen ein NO₂-Primär-Anteil im Abgas von < 25 % angegeben. Der NO₂-Massenstrom wird deswegen unter der Annahme berechnet, dass 25 % (*p* = 0,25) der primär emittierten Stickoxide in Form von NO₂ vorliegen. Bei den NO-Emissionen wird gemäß Nr. 5.5.2.2 Abs. 5 der TA Luft ein Umwandlungsgrad NO in NO₂ von 60 % angesetzt.

Fasst man beide Anforderungen zusammen, so ergibt sich der Emissionsmassenstrom für NO₂ aus dem Emissionsmassenstrom von NO_x mit der Gleichung:

$$NO_2 = (0,6 + 0,4 \cdot p) \cdot NO_x = 0,7 \cdot NO_x$$

In Tabelle A4-2 sind die S-Werte und die mit BESMIN berechneten Schornsteinhöhen nach Nr. 5.5.2.2 für alle Schornsteingruppen bei 100 % Last angegeben. Die Bildschirmausgabe von BESMIN für jede Schornsteingruppe ist in Abbildung A4-3 für die Stoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Partikel, Schwefeldioxid (SO₂), Formaldehyd (HCOH) und Kohlenmonoxid (CO) dargestellt.

Für Staub (Partikel) wurden die Emissionsmassenströme auf Basis des Emissionsgrenzwerts der 44. BImSchV (2022) berechnet. Im realen Betrieb liegen die Emissionskonzentrationen voraussichtlich niedriger.

Tabelle A4-2: S-Werte und berechnete Schornsteinhöhen nach Nr. 5.5.2.2 für jede Schornsteingruppe bei 100 % Last. Die Leitkomponente ist gelb unterlegt.

Schadstoff	S-Wert (mg/m ³)	Dreiergruppe		Hausgenerator
		Schornsteinhöhe (m)		Schornsteinhöhe (m)
Lastfall A				
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,10	7,3		6,0
Partikel	0,08	6,0		6,0
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,14	6,0		6,0
Kohlenmonoxid (CO)	7,5	6,0		6,0
Formaldehyd (HCOH)	0,025	6,0		6,0
Lastfall B				
		3x 100 % Last	1x 100 % Last	
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,10	9,0	6,4	6,0
Partikel	0,08	6,0	6,0	6,0

Schadstoff	S-Wert (mg/m ³)	Dreiergruppe		Hausgenerator
		Schornsteinhöhe (m)		Schornsteinhöhe (m)
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,14	6,0	6,0	6,0
Kohlenmonoxid (CO)	7,5	6,0	6,0	6,0
Formaldehyd (HCOH)	0,025	6,0	6,0	6,0

BESMIN - Version 1.2.0

Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 TA Luft (2021)

Stoff: Formaldehyd S: 0,025 mg/m³

Emissionsmassenstrom eq: 0,171 kg/h

Innendurchmesser dq: 1,212 m

Austrittstemperatur tq: 350 °C

Austrittsgeschwindigkeit vq: 8,746 m/s

Wasserbeladung zq: 0,03462 kg/(kg tr)

Flüssigwasser lq: 0,0000 kg/kg

Normvolumenstrom (f) nf: 15923 m³/h

Normvolumenstrom (t) nt: 15083 m³/h

Schornsteinhöhe berechnen

Berechnete Schornsteinhöhe hb: 6,0 m

Stoff	S	eq	dq	tq	vq	zq	lq	nf	nt	hb
Stickstoffdioxid	0,1	1,47E+00	1,2	350	8,75	0,0346	0,0000	15923	15083	7,3
Partikel	0,08	4,24E-01	1,2	350	8,75	0,0346	0,0000	15923	15083	6,0
Schwefeldioxid	0,14	1,25E-02	1,2	350	8,75	0,0346	0,0000	15923	15083	6,0
Kohlenmonoxid	7,5	3,66E+00	1,2	350	8,75	0,0346	0,0000	15923	15083	6,0
Formaldehyd	0,025	1,71E-01	1,2	350	8,75	0,0346	0,0000	15923	15083	6,0

Abbildung A4-2: Bildschirmausgabe BESMIN für die 3er-Schornsteingruppen im **Lastfall A** (3 Modul-Generatoren bei 25 % Last).
S: S-Wert in mg/m³, eq: Emissionsmassenstrom in kg/h, dq: Mündungsdurchmesser in m, vq: Austrittsgeschwindigkeit in m/s, zq: Wasserbeladung in kg/kg, hb: berechnete Schornsteinhöhe in m.

BESMIN - Version 1.2.0

Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 TA Luft (2021)

Stoff: Formaldehyd S: 0,025 mg/m³

Emissionsmassenstrom eq: 0,621 kg/h

Innendurchmesser dq: 1,212 m

Austrittstemperatur tq: 430 °C

Austrittsgeschwindigkeit vq: 26,021 m/s

Wasserbeladung zq: 0,04784 kg/(kg tr)

Flüssigwasser lq: 0,0000 kg/kg

Normvolumenstrom (f) nf: 41983 m³/h

Normvolumenstrom (t) nt: 38985 m³/h

Schornsteinhöhe berechnen

Berechnete Schornsteinhöhe hb: 6,0 m

Stoff	S	eq	dq	tq	vq	zq	lq	nf	nt	hb
Stickstoffdioxid	0,1	5,43E+00	1,2	430	26,02	0,0478	0,0000	41983	38985	9,0
Partikel	0,08	1,56E+00	1,2	430	26,02	0,0478	0,0000	41983	38985	6,0
Schwefeldioxid	0,14	4,57E-02	1,2	430	26,02	0,0478	0,0000	41983	38985	6,0
Kohlenmonoxid	7,5	5,63E+00	1,2	430	26,02	0,0478	0,0000	41983	38985	6,0
Formaldehyd	0,025	6,21E-01	1,2	430	26,02	0,0478	0,0000	41983	38985	6,0

Abbildung A4-3: Bildschirmausgabe BESMIN für die 3er-Schornsteingruppen im **Lastfall B** (3 Modul-Generatoren mit 100 % Last).
 S: S-Wert in mg/m³, eq: Emissionsmassenstrom in kg/h, dq: Mündungsdurchmesser in m, vq: Austrittsgeschwindigkeit in m/s, zq: Wasserbeladung in kg/kg, hb: berechnete Schornsteinhöhe in m.

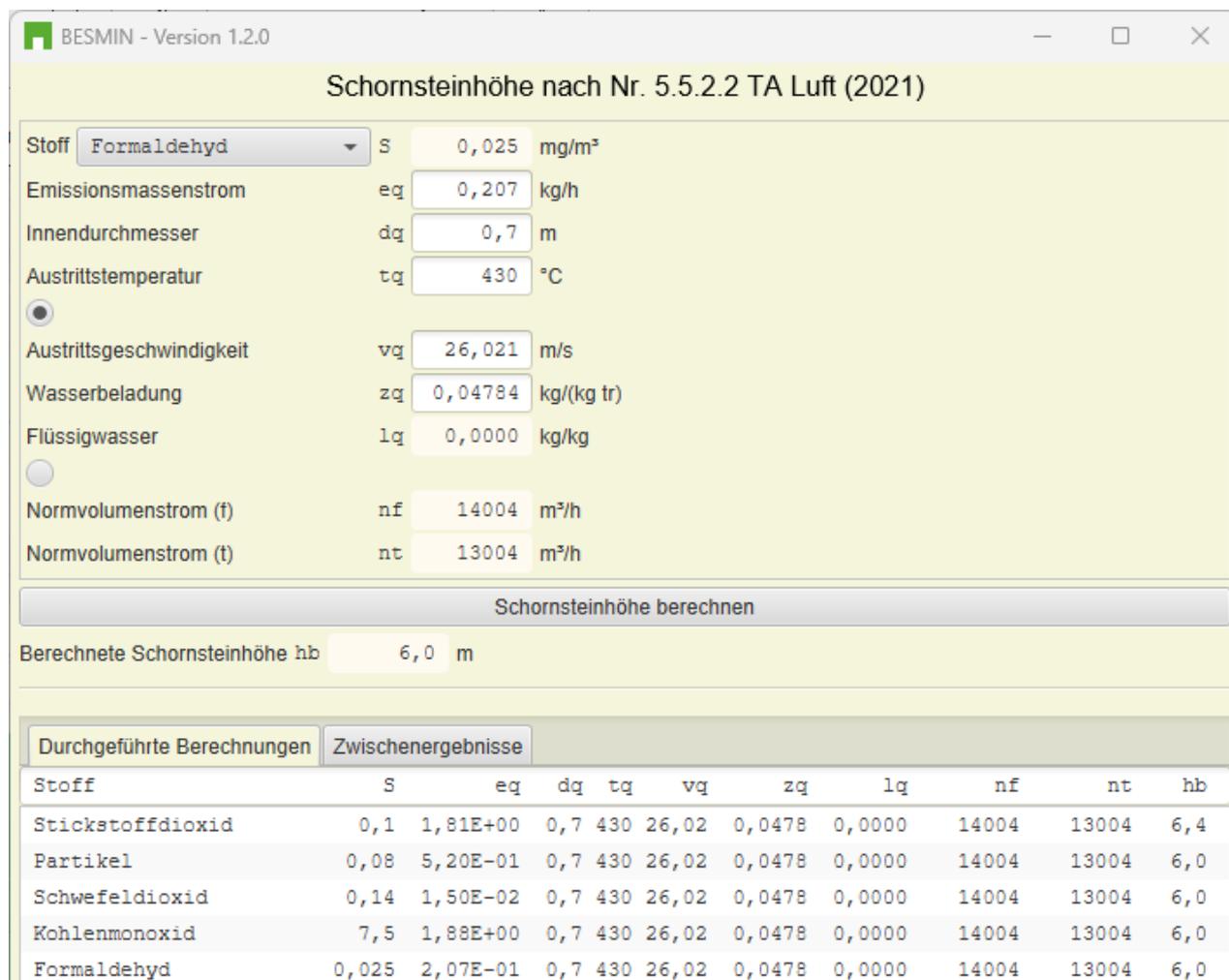


Abbildung A4-4: Bildschirmausgabe BESMIN für die 3er-Schornsteingruppen im **Lastfall B** (1 Modul-Generator mit 100 % Last, 2 Modul-Generatoren im Stillstand).
S: S-Wert in mg/m³, eq: Emissionsmassenstrom in kg/h, dq: Mündungsdurchmesser in m, vq: Austrittsgeschwindigkeit in m/s, zq: Wasserbeladung in kg/kg, hb: berechnete Schornsteinhöhe in m.

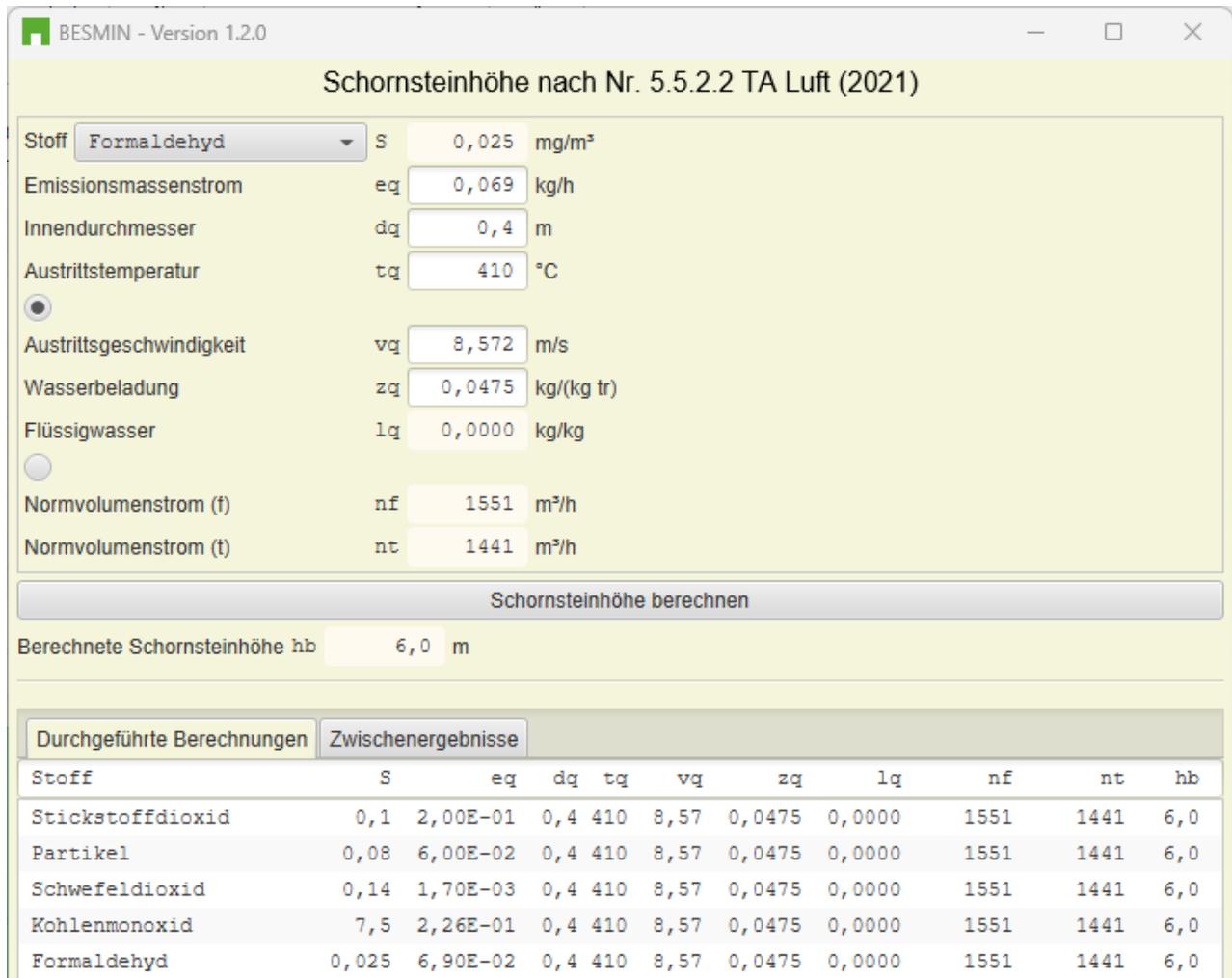


Abbildung A4-5: Bildschirmausgabe BESMIN für den Hausgenerator bei 100 % Last (**Lastfall A und B**).

S: S-Wert in mg/m³, eq: Emissionsmassenstrom in kg/h, dq: Mündungsdurchmesser in m, vq: Austrittsgeschwindigkeit in m/s, zq: Wasserbeladung in kg/kg, hb: berechnete Schornsteinhöhe in m.

Aus Tabelle A4-2 geht hervor, dass die Dreier-Schornsteingruppe in Lastfall B für die Schornsteinhöhenberechnung maßgebend ist. Aufgrund der Formaldehydemissionen ergibt sich eine Mindesthöhe von

$$H_b = 9,0 \text{ m}$$

Einhaltung der S-Werte bei Emissionen aus mehreren Schornsteinen

Bei mehreren Schornsteinen soll gemäß Nr. 5.5.2.1 Abs. 5 der TA Luft die Einhaltung des S-Wertes gemäß Nummer 5.5.2.2 auch bei der Überlagerung der Konzentrationsfahnen der Schornsteine geprüft werden. Diese Vorgaben werden im Hilfsprogramm BESMAX (Umweltbundesamts (2021)) umgesetzt.

Im vorliegenden Fall gibt es 24 Quellen, die wie mehrzügige Schornsteine betrachtet werden können (Modul-Generatoren). Inklusive Hausgenerator ist die Einhaltung des S-Wertes bei Überlagerung der Konzentrationsfahnen von 25 Quellen zu prüfen.

Der Stoff SO₂ fehlt in Tabelle A4-3 und Tabelle 4-4 aufgrund seines geringen Emissionsmassenstroms im Vergleich zum S-Wert. Der Stoff Kohlenmonoxid CO fehlt ebenfalls aufgrund seines vergleichsweise hohen S-Werts. Deswegen kann bei beiden Stoffen davon ausgegangen werden, dass sie nicht für die Bestimmung der Schornsteinhöhe ausschlaggebend sind.

In Tabelle A4-3 sind die S-Werte und die mit BESMAX berechnete Konzentration für Lastfall A angegeben. Maßgebend zur Bestimmung der Schornsteinhöhe im Lastfall A ist NO₂. Die Schornsteinhöhen wurden iterativ solange erhöht, bis der S-Wert von 0,10 mg/m³ eingehalten war. Dies ist ab einer Schornsteinhöhe von H_b = 23,0 m der Fall.

Tabelle A4-3: S-Werte und berechnete Schornsteinhöhen nach Nr. 5.5.2.2 **Lastfall A**.

Schadstoff	Konzentration bei Schornsteinhöhe H _b = 23 m (mg/m ³)	S-Wert (mg/m ³)
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,10	0,10
Partikel	0,03	0,08
Formaldehyd	0,012	0,025

Tabelle A4-4 enthält die S-Werte und die mit BESMAX berechnete Konzentration für Lastfall B. Maßgebend zur Bestimmung der Schornsteinhöhe in Lastfall B ist ebenfalls Stickstoffdioxid. Ab einer Schornsteinhöhe von H_b = 53 m wird der S-Wert für Stickstoffdioxid eingehalten.

Tabelle A4-4: S-Werte und berechnete Schornsteinhöhen nach Nr. 5.5.2.2 **Lastfall B**.

Schadstoff	Konzentration bei Schornsteinhöhe H _b = 53 m (mg/m ³)	S-Wert (mg/m ³)
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,10	0,10
Partikel	0,03	0,08
Formaldehyd	0,012	0,025

Aus Tabelle A4-3 und Tabelle A4-4 geht hervor, dass Stickstoffdioxid im Lastfall A für die Schornsteinhöhenberechnung maßgebend ist. Um den S-Wert von Stickstoffdioxid einzuhalten, ist eine Schornsteinmindesthöhe von

53 m

für die 24 Schornsteingruppen der Modul-Generatoren erforderlich.

Zuschlag aufgrund von Bebauung und Bewuchs sowie unebenem Gelände

Die Bebauung und der Bewuchs führen zu einer Verdrängung des Windfeldes nach oben. Sie sind in einem Radius um den Schornstein zu berücksichtigen, welcher der 15-fachen nach Nummer 5.5.2.2 bestimmten Schornsteinhöhe, mindestens aber dem Radius 150 m, entspricht. Im vorliegenden Fall beträgt der Radius $15 \cdot 53 \text{ m} = 795 \text{ m}$.

Die resultierenden kreisförmigen Gebiete sind in Abbildung A4-6 für die Schornsteingruppen dargestellt.

Innerhalb dieses Kreises ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der 5 Prozent der Fläche des genannten Kreises (Kreisfläche 198,6 ha, 5 % entsprechend 9,9 ha) umfasst und in dem die Bebauung oder der Bewuchs die größte mittlere Höhe über Grund aufweist.

Maßgebend sind die Gebäude auf dem Gelände des geplanten Rechenzentrum-Campus sowie die westlich angrenzenden Gebäude des Heizkraftwerks der SÜLL. Die mittlere Höhe wird konservativ mit 27 m abgeschätzt.

Somit ergibt sich gemäß den Nummern 5.5.2.1 bis 5.5.2.3 der TA Luft eine Schornsteinhöhe

$$H = 53 \text{ m} + 27 \text{ m} = 80 \text{ m}.$$

Ein Zuschlag aufgrund von unebenem Gelände kann aufgrund des weitgehend ebenen Geländes entfallen.

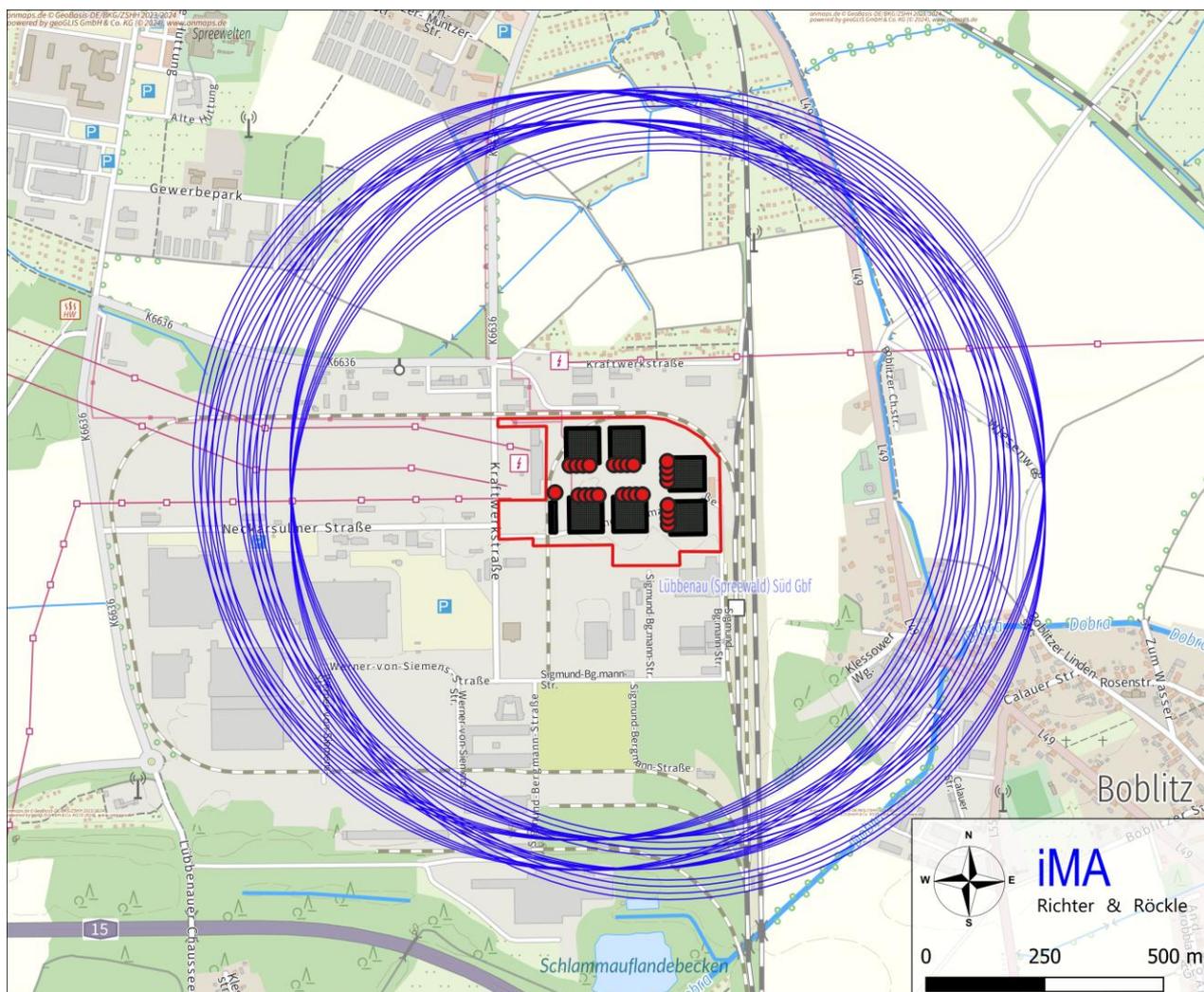


Abbildung A4-6: Kreisförmige Gebiete mit Radius 795 m um die Schornsteingruppen (blau umrandet). Die Lage der Schornstein ist durch rote Kreise gekennzeichnet. (Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024).

A4.4 Ermittlung der Schornsteinhöhe nach VDI 3781, Blatt 4 – Protokolldatei WinSTACC

Die Protokolldatei des Programms WinSTACC ist im Folgenden für die Modul-Generatoren und den Hausgenerator aufgeführt. Für die Modul-Generatoren ist zur Ableitung der Abgase eine Schornsteinhöhe von **48 m** über Grund erforderlich. Konservativ wird diese Höhe auf **48,5 m** aufgerundet.

Für den Hausgenerator ist zur Ableitung der Abgase eine Schornsteinhöhe von **41,2 m** über Grund erforderlich. Konservativ wird diese Höhe auf **41,7 m**

Log-Datei WinSTACC Modul-Generator

```

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH
*****
***** Programmbibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase
*****
  Programmversion                = 1.0.8.8
  dll-Version                    = 1.0.5.1

[Start]
  Datum Rechnung                = 06.11.2024 12:10
  Steuerdatei                   = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
  Längenangaben                 = Meter
  Winkelangaben                 = Grad
  Leistungsangaben              = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]
  Anlagentyp                    = Feuerungsanlage
  Brennstoff                     = flüssig
  Nennwärmeleistung_Q_N         = 3164
  Feuerungswärmeleistung_Q_F   = 7910
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
  H_Ü                            = 3
Radius des Einwirkungsbereichs R für flüssige und gasförmige Brennstoffe aus Tabelle 4 Abschnitt 6.3.2
  R                              = 50

[Einzelgebäude]
  Länge_l                       = 60.6
  Breite_b                      = 5.9
  Traufhöhe_H_Traufe            = 0.5
  Firsthöhe_H_First             = 0.5
  Dachform                      = Flachdach
  Dachhöhe_H_Dach               = 0
  BreiteGiebelseite_b           = 5.9
  HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 5.3
Berechnung von H_A1...
Glg. 8
  H_A1F                         = 3.8
  a                             = 0
  alpha                         = 0
Glg. 5
  H_1                           = 1.1
Glg. 7
  f                             = 0
Glg. 6
  H_2                           = 1.1
Glg. 3

```

H_S1	= 1.1
Glg. 4	
H_A1`	= 4.1
H_A1 ist lt. Abschnitt 6.2.1.2.3 durch H_A1F zu begrenzen	
H_A1``	= 3.8
H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:	
H_A1	= 0.5
Berechnung von H_E1...	
H_E1	= 9.5
[VorgelagertesGebäude1]	
Länge_l	= 76.7
Breite_b	= 73.1
Traufhöhe_H_Traufe	= 27
Firsthöhe_H_First	= 27
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 89
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 138
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 78
Glg. 15	
l_RZ	= 79.2
H_A2 für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.	
H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.	
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 13.3
[VorgelagertesGebäude2]	
Länge_l	= 70.2
Breite_b	= 66.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 89
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 141.2
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 71.4
Glg. 15	
l_RZ	= 81.1

H_A2 für VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 12.1

[VorgelagertesGebäude3]

Länge_l	= 76.7
Breite_b	= 73.1
Traufhöhe_H_Traufe	= 27
Firsthöhe_H_First	= 27
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 87
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 44.8
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 80.4
Glg. 15	
l_RZ	= 80.7
Glg. 18	
p	= 0.83
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 13.3
Glg. 17	
H_S2	= 33
Glg. 19	
H_A2	= 36

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude3 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude3 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude4]

Länge_l	= 70.2
Breite_b	= 66.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 87
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 48.1
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 73.6
Glg. 15	
l_RZ	= 82.7
Glg. 18	
p	= 0.81
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 12.1
Glg. 17	
H_S2	= 36.2
Glg. 19	
H_A2	= 39.2

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude4 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude5]

Länge_l	= 76.7
Breite_b	= 73.1
Traufhöhe_H_Traufe	= 27
Firsthöhe_H_First	= 27
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 18
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 2.3
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 93.2
Glg. 15	
l_RZ	= 87.6
Glg. 18	
p	= 1
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 13.3
Glg. 17	
H_S2	= 39.8
Glg. 19	
H_A2	= 42.8

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude5 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude6]

Länge_l	= 76.7
Breite_b	= 73.1
Traufhöhe_H_Traufe	= 27

Firsthöhe_H_First = 27
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 73.1
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 63
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 48.4
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_eff = 101.5
 Glg. 15
 l_RZ = 91.6
 Glg. 18
 p = 0.85
 alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 13.3
 Glg. 17
 H_S2 = 33.7
 Glg. 19
 H_A2 = 36.7

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude6 kein Fenster oder Lüftungsschlitze im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude7]

Länge_l = 70.2
 Breite_b = 66.6
 Traufhöhe_H_Traufe = 33
 Firsthöhe_H_First = 33
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 66.6
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 63
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 52.1
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_eff = 92.8
 Glg. 15
 l_RZ = 95.4
 Glg. 18
 p = 0.84
 alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 12.1
 Glg. 17
 H_S2 = 37.3

Glg. 19

H_A2 = 40.3

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude7 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude7 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude8]

Länge_l = 76.7
 Breite_b = 73.1
 Traufhöhe_H_Traufe = 27
 Firsthöhe_H_First = 27
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 73.1
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 31
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 121.8
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 102.2

Glg. 15

l_RZ = 91.9

H_A2 für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7

f = 0

Glg. 6

H_2V = 13.3

[VorgelagertesGebäude9]

Länge_l = 70.2
 Breite_b = 66.6
 Traufhöhe_H_Traufe = 33
 Firsthöhe_H_First = 33
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 66.6
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 31
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 125.6
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 93.2

Glg. 15

l_RZ = 95.6

H_A2 für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 12.1

[VorgelagertesGebäude10]

Länge_l = 76.7
 Breite_b = 73.1
 Traufhöhe_{H_Traufe} = 27
 Firsthöhe_{H_First} = 27
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_{H_Dach} = 0
 BreiteGiebelseite_b = 73.1
 H_{2V} mit H_{A1F} begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_{H_F} = 0
 WinkelGebäudeMündung_{beta} = 51
 AbstandGebäudeMündung_{l_A} = 182
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_{Delta_h} = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

 Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
 l_{eff} = 105.6
 Glg. 15
 l_{RZ} = 93.4

H_{A2} für VorgelagertesGebäude10 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_{E2} bzw. H_{E2T} für VorgelagertesGebäude10 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 13.3

[VorgelagertesGebäude11]

Länge_l = 70.2
 Breite_b = 66.6
 Traufhöhe_{H_Traufe} = 33
 Firsthöhe_{H_First} = 33
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_{H_Dach} = 0
 BreiteGiebelseite_b = 66.6
 H_{2V} mit H_{A1F} begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_{H_F} = 0
 WinkelGebäudeMündung_{beta} = 52
 AbstandGebäudeMündung_{l_A} = 186.2
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_{Delta_h} = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

 Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
 l_{eff} = 96.3
 Glg. 15
 l_{RZ} = 97.5

H_{A2} für VorgelagertesGebäude11 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_{E2} bzw. H_{E2T} für VorgelagertesGebäude11 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 12.1$

[VorgelagertesGebäude12]

Länge_l = 61.1
 Breite_b = 18.8
 Traufhöhe_H_Traufe = 6
 Firsthöhe_H_First = 6
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 18.8
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 64
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 6.2
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 63.2$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 30.4$
 Glg. 18
 $p = 0.98$
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 3.4$
 Glg. 17
 $H_{S2} = 8.7$
 Glg. 19
 $H_{A2} = 11.7$

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude12 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude12 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude13]

Länge_l = 61.1
 Breite_b = 18.8
 Traufhöhe_H_Traufe = 6
 Firsthöhe_H_First = 6
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 18.8
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 10
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 56.1
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 29.1$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 23$

H_A2 für VorgelagertesGebäude13 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude13 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.4

[VorgelagertesGebäude14]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 18.3
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 18.3
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 25
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 182.8
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 42.3
Glg. 15	
l_RZ	= 26.8

H_A2 für VorgelagertesGebäude14 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude14 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.3

[VorgelagertesGebäude15]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 19
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 19
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 34
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 74.3
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 49.8
Glg. 15	
l_RZ	= 28.3

H_A2 für VorgelagertesGebäude15 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude15 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.5

[VorgelagertesGebäude16]

Länge_l	= 70.2
Breite_b	= 66.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 18
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 5.7
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 85
Glg. 15	
l_RZ	= 90.5
Glg. 18	
p	= 1
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 12.1
Glg. 17	
H_S2	= 44.5
Glg. 19	
H_A2	= 47.5

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude16 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude16 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

[VorgelagertesGebäude17]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 18.2
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 18.2
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 43
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 113.4
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 54.8

Glg. 15
l_RZ = 29.2

H_A2 für VorgelagertesGebäude17 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude17 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_2V = 3.3

[VorgelagertesGebäude18]

Länge_l = 60.8

Breite_b = 19

Traufhöhe_H_Traufe = 6

Firsthöhe_H_First = 6

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 19

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 17

AbstandGebäudeMündung_l_A = 144.3

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 35.9

Glg. 15
l_RZ = 25.2

H_A2 für VorgelagertesGebäude18 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude18 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_2V = 3.5

[VorgelagertesGebäude19]

Länge_l = 66

Breite_b = 14.6

Traufhöhe_H_Traufe = 18.9

Firsthöhe_H_First = 18.9

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 14.6

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 88

AbstandGebäudeMündung_l_A = 236.2

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 66.5$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 61.9$
 H_A2 für VorgelagertesGebäude19 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude19 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 2.7$

[VorgelagertesGebäude20]

$Länge_l = 12$
 $Breite_b = 8$
 $Traufhöhe_H_{Traufe} = 6$
 $Firsthöhe_H_{First} = 6$
 $Dachform = \text{Flachdach}$
 $Dachhöhe_H_{Dach} = 0$
 $BreiteGiebelseite_b = 8$
 $H_{2V_mit_H_A1F_begrenzen} = \text{nein}$
 $HöheObersteFensterkante_H_F = 0$
 $WinkelGebäudeMündung_beta = 10$
 $AbstandGebäudeMündung_l_A = 237.8$
 $Hanglage = \text{nein}$
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0$
 $GeschlosseneBauweise = \text{nein}$
 Berechnung von H_A2
 Glg. 16
 $l_{eff} = 10$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 12.3$
 H_A2 für VorgelagertesGebäude20 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude20 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 1.5$

[VorgelagertesGebäude21]

$Länge_l = 138.8$
 $Breite_b = 18.4$
 $Traufhöhe_H_{Traufe} = 14$
 $Firsthöhe_H_{First} = 14$
 $Dachform = \text{Flachdach}$
 $Dachhöhe_H_{Dach} = 0$
 $BreiteGiebelseite_b = 18.4$
 $H_{2V_mit_H_A1F_begrenzen} = \text{nein}$
 $HöheObersteFensterkante_H_F = 0$
 $WinkelGebäudeMündung_beta = 69$
 $AbstandGebäudeMündung_l_A = 289.8$
 $Hanglage = \text{nein}$
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0$
 $GeschlosseneBauweise = \text{nein}$
 Berechnung von H_A2
 Glg. 16

l_{eff} = 136.2
 Glg. 15
 l_{RZ} = 69.4
 H_A2 für VorgelagertesGebäude21 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude21 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 α = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 3.3

[VorgelagertesGebäude22]

$Länge_l$ = 78.5
 $Breite_b$ = 24.4
 $Traufhöhe_H_{Traufe}$ = 14
 $Firsthöhe_H_{First}$ = 14
 $Dachform$ = Flachdach
 $Dachhöhe_H_{Dach}$ = 0
 $BreiteGiebelseite_b$ = 24.4
 $H_{2V_mit_H_{A1F}_begrenzen}$ = nein
 $HöheObersteFensterkante_H_F$ = 0
 $WinkelGebäudeMündung_beta$ = 68
 $AbstandGebäudeMündung_l_A$ = 284.2
 $Hanglage$ = nein
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h$ = 0
 $GeschlosseneBauweise$ = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_{eff} = 81.9
 Glg. 15
 l_{RZ} = 58.2
 H_A2 für VorgelagertesGebäude22 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude22 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 α = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 4.4

[Ergebnis]

Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...

H_A = 47.5

Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...

H_E = 9.5

freistehender Schornstein (Firsthöhe kleiner oder gleich 1 m)!

----- Mündungshöhe über Grund = 48

Log-Datei WinSTACC Hausgenerator

```

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH
*****
***** Programmbibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase
*****
  Programmversion                = 1.0.8.8
  dll-Version                    = 1.0.5.1

[Start]
  Datum Rechnung                = 29.11.2024 13:38
  Steuerdatei                   = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
  Längenangaben                = Meter
  Winkelangaben                = Grad
  Leistungsangaben              = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]
  Anlagentyp                    = Feuerungsanlage
  Brennstoff                    = flüssig
  Nennwärmeleistung_Q_N        = 360
  Feuerungswärmeleistung_Q_F  = 900
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
  H_Ü                          = 0.4
Radius des Einwirkungsbereichs R für flüssige und gasförmige Brennstoffe aus Tabelle 4 Abschnitt 6.3.2
  R                             = 15

[Einzelgebäude]
  Länge_l                      = 12.7
  Breite_b                     = 9.4
  Traufhöhe_H_Traufe          = 0.5
  Firsthöhe_H_First           = 0.5
  Dachform                    = Flachdach
  Dachhöhe_H_Dach             = 0
  BreiteGiebelseite_b         = 9.4
  HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 4.6
Berechnung von H_A1...
Glg. 8
  H_A1F                        = 1.2
  a                            = 0
  alpha                        = 0
Glg. 5
  H_1                          = 1.7
Glg. 7
  f                            = 0
Glg. 6
  H_2                          = 1.7
Glg. 3
  H_S1                         = 1.7
Glg. 4
  H_A1`                        = 2.1
H_A1 ist lt. Abschnitt 6.2.1.2.3 durch H_A1F zu begrenzen
  H_A1``                       = 1.2
H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:
  H_A1                         = 0.5
Berechnung von H_E1...
Q_F < 1 MW
  H_E1                         = 0

[VorgelagertesGebäude1]

```

Länge_l	= 76.7
Breite_b	= 73.1
Traufhöhe_H_Traufe	= 27
Firsthöhe_H_First	= 27
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 53
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 34.9
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 105.2
Glg. 15	
l_RZ	= 93.3
Glg. 18	
p	= 0.93
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 13.3
Glg. 17	
H_S2	= 36.9
Glg. 19	
H_A2	= 37.3
H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.	
[VorgelagertesGebäude2]	
Länge_l	= 70.2
Breite_b	= 66.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 53
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 39
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 96.1
Glg. 15	
l_RZ	= 97.3
Glg. 18	
p	= 0.92
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 12.1
Glg. 17	

H_S2 = 40.8

Glg. 19

H_A2 = 41.2

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

[VorgelagertesGebäude3]

Länge_l = 76.7

Breite_b = 73.1

Traufhöhe_H_Traufe = 27

Firsthöhe_H_First = 27

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 73.1

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 73

AbstandGebäudeMündung_l_A = 126.6

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 94.7

Glg. 15

l_RZ = 88.3

H_A2 für VorgelagertesGebäude3 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude3 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7

f = 0

Glg. 6

H_2V = 13.3

[VorgelagertesGebäude4]

Länge_l = 70.2

Breite_b = 66.6

Traufhöhe_H_Traufe = 33

Firsthöhe_H_First = 33

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 66.6

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 73

AbstandGebäudeMündung_l_A = 130

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 86.6

Glg. 15

l_RZ = 91.5

H_A2 für VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0
Glg. 6
H_{2V} = 12.1

[VorgelagertesGebäude5]

Länge_l = 76.7
Breite_b = 73.1
Traufhöhe_H_Traufe = 27
Firsthöhe_H_First = 27
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 73.1
H_{2V} mit H_{A1F} begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 12
AbstandGebäudeMündung_l_A = 246.1
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
l_{eff} = 87.4
Glg. 15
l_{RZ} = 84.6

H_{A2} für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_{E2} bzw. H_{E2T} für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
Glg. 7
f = 0
Glg. 6
H_{2V} = 13.3

[VorgelagertesGebäude6]

Länge_l = 76.7
Breite_b = 73.1
Traufhöhe_H_Traufe = 27
Firsthöhe_H_First = 27
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 73.1
H_{2V} mit H_{A1F} begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 7
AbstandGebäudeMündung_l_A = 242.7
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
l_{eff} = 81.9
Glg. 15
l_{RZ} = 81.5

H_{A2} für VorgelagertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_{E2} bzw. H_{E2T} für VorgelagertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
Glg. 7

f = 0
Glg. 6
H_2V = 13.3

[VorgelagertesGebäude7]

Länge_l = 70.2
Breite_b = 66.6
Traufhöhe_H_Traufe = 33
Firsthöhe_H_First = 33
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 7
AbstandGebäudeMündung_l_A = 246
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 74.7

Glg. 15
l_RZ = 83.5

H_A2 für VorgelagertesGebäude7 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude7 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_2V = 12.1

[VorgelagertesGebäude8]

Länge_l = 76.7
Breite_b = 73.1
Traufhöhe_H_Traufe = 27
Firsthöhe_H_First = 27
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 57
AbstandGebäudeMündung_l_A = 137.6
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 104.1

Glg. 15
l_RZ = 92.8

H_A2 für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_{2V} = 13.3

[VorgelagertesGebäude9]

Länge_l = 70.2
Breite_b = 66.6
Traufhöhe_H_Traufe = 33
Firsthöhe_H_First = 33
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 57
AbstandGebäudeMündung_l_A = 141.4
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
l_{eff} = 95.1

Glg. 15
l_{RZ} = 96.8

H_{A2} für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_{E2} bzw. H_{E2T} für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_{2V} = 12.1

[VorgelagertesGebäude10]

Länge_l = 76.7
Breite_b = 73.1
Traufhöhe_H_Traufe = 27
Firsthöhe_H_First = 27
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 73.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 32
AbstandGebäudeMündung_l_A = 69.1
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
l_{eff} = 102.6

Glg. 15
l_{RZ} = 92.1

Glg. 18
p = 0.66

alpha = 0

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_{2V} = 13.3

Glg. 17

H_S2 = 26.1

Glg. 19

H_A2 = 26.5

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude10 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

[VorgelagertesGebäude11]

Länge_l = 70.2

Breite_b = 66.6

Traufhöhe_H_Traufe = 33

Firsthöhe_H_First = 33

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 66.6

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 32

AbstandGebäudeMündung_l_A = 72.9

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 93.7

Glg. 15

l_RZ = 95.9

Glg. 18

p = 0.65

alpha = 0

Glg. 7

f = 0

Glg. 6

H_2V = 12.1

Glg. 17

H_S2 = 28.8

Glg. 19

H_A2 = 29.2

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude11 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

[VorgelagertesGebäude12]

Länge_l = 61.1

Breite_b = 18.8

Traufhöhe_H_Traufe = 6

Firsthöhe_H_First = 6

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 18.8

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 77

AbstandGebäudeMündung_l_A = 220.2

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_eff = 63.8

Glg. 15

l_RZ = 30.5

H_A2 für VorgelagertesGebäude12 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude12 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 3.4

[VorgelagertesGebäude13]

Länge_l = 61.1
 Breite_b = 18.8
 Traufhöhe_H_Traufe = 6
 Firsthöhe_H_First = 6
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 18.8
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 80
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 217.8
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_eff = 63.4
 Glg. 15
 l_RZ = 30.5

H_A2 für VorgelagertesGebäude13 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude13 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 3.4

[VorgelagertesGebäude14]

Länge_l = 60.8
 Breite_b = 18.3
 Traufhöhe_H_Traufe = 6
 Firsthöhe_H_First = 6
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 18.3
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 38
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 53
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_eff = 51.9
 Glg. 15
 l_RZ = 28.7

H_A2 für VorgelagertesGebäude14 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude14 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.3

[VorgelagertesGebäude15]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 19
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 19
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 2
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 133.1
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 21.1
Glg. 15	
l_RZ	= 19.7

H_A2 für VorgelagertesGebäude15 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude15 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.5

[VorgelagertesGebäude16]

Länge_l	= 70.2
Breite_b	= 66.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 66.6
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 12
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 249.5
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 79.7
Glg. 15	
l_RZ	= 87

H_A2 für VorgelagertesGebäude16 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude16 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 12.1

[VorgelagertesGebäude17]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 18.2
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 18.2
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 16
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 120.7
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 34.3
Glg. 15	
l_RZ	= 24.7

H_A2 für VorgelagertesGebäude17 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude17 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.3

[VorgelagertesGebäude18]

Länge_l	= 60.8
Breite_b	= 19
Traufhöhe_H_Traufe	= 6
Firsthöhe_H_First	= 6
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 19
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 5
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 40.1
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 24.2
Glg. 15	
l_RZ	= 21.1

H_A2 für VorgelagertesGebäude18 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude18 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 3.5

[VorgelagertesGebäude19]

Länge_l = 66
 Breite_b = 14.6
 Traufhöhe_H_Traufe = 18.9
 Firsthöhe_H_First = 18.9
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 14.6
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 5
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 21.5
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 l_eff = 20.3
 Glg. 15
 l_RZ = 28
 Glg. 18
 p = 0.64
 alpha = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_2V = 2.7
 Glg. 17
 H_S2 = 13.3
 Glg. 19
 H_A2 = 13.7

H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude19 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

[VorgelagertesGebäude20]

Länge_l = 138.8
 Breite_b = 18.4
 Traufhöhe_H_Traufe = 14
 Firsthöhe_H_First = 14
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 18.4
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 32
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 58.7
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16

l_{eff} = 89.2
 Glg. 15
 l_{RZ} = 60.2
 Glg. 18
 p = 0.22
 α = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 3.3
 Glg. 17
 H_{S2} = 3.3
 Glg. 19
 H_{A2} = 3.7
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude20 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

[VorgelagertesGebäude21]

$Länge_l$ = 78.5
 $Breite_b$ = 24.4
 $Traufhöhe_H_{Traufe}$ = 14
 $Firsthöhe_H_{First}$ = 14
 $Dachform$ = Flachdach
 $Dachhöhe_H_{Dach}$ = 0
 $BreiteGiebelseite_b$ = 24.4
 $H_{2V_{mit}H_{A1F}_{begrenzen}}$ = nein
 $HöheObersteFensterkante_H_F$ = 0
 $WinkelGebäudeMündung_beta$ = 30
 $AbstandGebäudeMündung_l_A$ = 51.1
 $Hanglage$ = nein
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h$ = 0
 $GeschlosseneBauweise$ = nein
 Berechnung von H_A2
 Glg. 16
 l_{eff} = 60.4
 Glg. 15
 l_{RZ} = 50.8
 H_A2 für VorgelagertesGebäude21 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäude21 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 α = 0
 Glg. 7
 f = 0
 Glg. 6
 H_{2V} = 4.4

[Ergebnis]

Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...
 H_A = 41.2
 Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...
 H_E = 0

freistehender Schornstein (Firsthöhe kleiner oder gleich 1 m)!

----- Mündungshöhe über Grund = 41.7

Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen

A5.1 *Verwendetes Ausbreitungsmodell*

Die Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Immissionen werden mit dem Ausbreitungsmodell „AUSTAL“ (Janicke (2024)), Version 3.3.0-WI-x vom 22.03.2024, und dem Ausbreitungsmodell „LASAT“ (Janicke (2000); Janicke & Janicke (2000)), Version 3.5.4 Beta vom 31.07.2023 durchgeführt (siehe „Anhang 5: Windfeldsimulationen und Ausbreitungsrechnungen“). Die Modelleinstellungen des Modells „LASAT“ wurden konform zum Programmsystem AUSTAL, Version 3.3.0 getroffen, so dass beide Modelle den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021) entsprechen.

Das Ausbreitungsmodell wird mit einer Partikelrate von 256 Teilchen pro Sekunde betrieben. Dies entspricht der **Qualitätsstufe '+7'** des Ausbreitungsmodells AUSTAL. Diese Partikelzahl ist notwendig, um für Kurzzeitwerte (z.B. 1h-Werte) eine ausreichende statistische Genauigkeit zu erhalten.⁶

A5.2 *Windfeldmodell*

Zur Berechnung der Ausbreitung müssen dem verwendeten Ausbreitungs-Modell LASAT flächendeckende Informationen zu den Windfeldern im Untersuchungsgebiet bereitgestellt werden. Als Windfeldmodell wurde das im Modellsystem LASAT integrierte diagnostische Windfeldmodell Lprwnd (Version 3.4.24) bzw. das in AUSTAL integrierte diagnostische Windfeldmodell Taldia (Version 3.3.0-WI-x vom 15.08.2023) eingesetzt (Janicke & Janicke (2004)).

Die Verwendung des diagnostischen Windfeldmodells entspricht der Vorgabe des Anhangs 2 der TA Luft (2021). Dort wird unter Nr. 11 folgendes ausgeführt: "*Befinden sich die immissionsseitig relevanten Aufpunkte außerhalb des unmittelbaren Einflussbereiches der quellnahen Gebäude (beispielsweise außerhalb der Rezirkulationszonen, siehe Richtlinie VDI 3781 Blatt 4), können die Einflüsse der Bebauung auf das Windfeld und die Turbulenzstruktur mit Hilfe des im Abschlussbericht zum UFOPLAN Vorhaben FKZ 203 43 256 (Janicke et al., 2004) dokumentierten diagnostischen Windfeldmodells für Gebäudeströmung berücksichtigt werden. [...]*"

Da die Abgase der Modulgeneratoren in die freie Luftströmung abgeleitet werden, kann aus gutachterlicher Sicht auf die Anwendung eines prognostischen Windfeldmodells verzichtet werden, so dass das zum Programmsystem AUSTAL gehörende diagnostische Windfeldmodell Lprwnd bzw. Taldia angewendet werden kann.

⁶ Nach Nr. 10, Anhang 2 der TA Luft soll die modellbedingte statistische Unsicherheit beim Jahres-Immissionskennwert 3 % des Jahres-Immissionswerts und beim Tages-Immissionskennwert 30 % des Tages-Immissionswerts nicht überschreiten. Die relative statistische Unsicherheit des Stunden-Immissionskennwerts ist dabei der relativen statistischen Unsicherheit des Tages-Immissionskennwerts gleichzusetzen.

A5.3 Rechengebiete

Das Beurteilungsgebiet wird bei den vorliegenden Quellen nach TA Luft (2021), Anhang 2 durch einen Kreis beschrieben, dessen Radius dem 50-fachen der Schornsteinhöhe entspricht. Bei einer Schornsteinhöhe von 48,5 m besteht das Beurteilungsgebiet nach TA Luft aus einem Kreis mit dem Radius $R = 2425$ m um den Standort der Anlage. Im vorliegenden Fall wurde das Rechengebiet darüber hinaus erweitert, um den Bezugspunkt der meteorologischen Daten (siehe Kapitel 8.4) in das Rechengebiet zu integrieren.

Die Ausdehnung des Modellgebiets in der Ausbreitungsrechnung beträgt rund 4860 m x 5250 m. Durch mehrere ineinander geschachtelte Rechengitter wird das Beurteilungsgebiet um die Anlage hoch aufgelöst (vgl. Abbildung A5-1).

Tabelle A5-1: Rechengitter der Windfeld- und Ausbreitungsrechnung. Angaben von Maschenweiten und Ausdehnungen in Meter. Koordinatenangaben im UTM32-System.

Bezugspunkt	841 631	5 755 630				
Nummer	Maschenweite [m]	Anzahl Maschen West-Ost	Anzahl Maschen Süd-Nord	Ausdehnung West-Ost	Ausdehnung Süd - Nord	Koordinaten LUE
1	4	168	152	672	608	841 583 5 755 446
2	8	128	120	1024	960	841 407 5 755 278
3	16	76	72	1216	1152	841 311 5 755 182
4	32	54	50	1728	1600	840 991 5 754 926
5	64	50	48	3200	3072	840 223 5 754 222
6	128	44	44	5632	5632	839 327 5 752 942

Der vertikale Abstand der Rechenflächen wird gemäß Anhang 2 der TA Luft mit 3 m angesetzt (bodennahes Gittervolumen, repräsentativ für 1,5 m über Grund.). Darüber beträgt die vertikale Auflösung bis zur doppelten Gebäudehöhe 3 m, um dann kontinuierlich anzusteigen. Das Modellgebiet reicht bis in eine Höhe von 1.500 m über Grund.

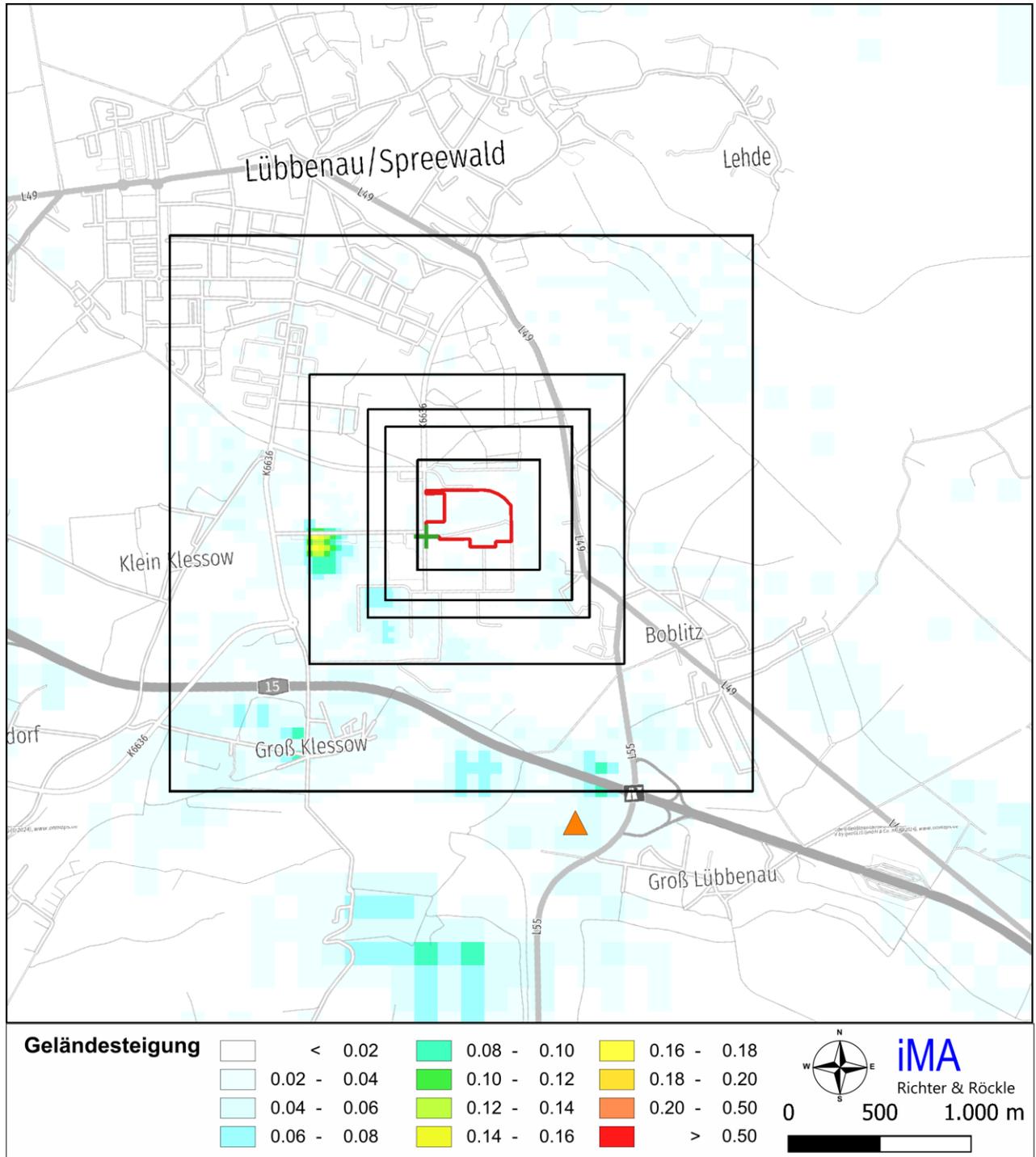


Abbildung A5-1: Geländesteigung und Ausdehnung der verwendeten Modellgitter (schwarz). Der Anemometerstandort (orange-farbenes Dreieck) und Gitterursprung (grünes Kreuz) sind ebenfalls dargestellt. Der Bereich der Planung ist rot umrandet.

A5.4 Geländeeinfluss

Nach Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft (2021) müssen in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen berücksichtigt werden, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionssort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe (hier: Quellhöhe) und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten.

Dieses Kriterium wird im Rechengebiet erfüllt, so dass der Geländeeinfluss zu berücksichtigen ist.

Zur Abbildung der Geländesituation werden die Daten des Höhenmodells GlobDEM50 im 50-Meter-Raster verwendet. GlobDEM50 basiert auf Rohdaten der Shuttle Radar Topography Mission von NASA, NIMA, DLR und ASI aus dem Jahr 2000.

Gemäß Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft (2021) können Geländeunebenheiten mit Hilfe des in AUSTAL integrierten mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 (0,20) nicht überschreitet.

Das Steigungskriterium wird im gesamten Rechengebiet eingehalten. Somit kann das diagnostische Windfeldmodell verwendet werden.

Zur Anwendung des Windfeldmodells sollte die maximale skalierte Restdivergenz nicht größer als 0,05 sein (Janicke & Janicke (2021)). Im vorliegenden Fall wird für das Rechengebiet eine maximale Restdivergenz von 0,009 ausgegeben.

Die Geländesteigung ist in Abbildung A5-1 dargestellt.

A5.5 Rauigkeitslänge

Als Maß für die Bodenrauigkeit im Beurteilungsgebiet wird die Rauigkeitslänge z_0 verwendet. Sie wird automatisch vom Modell aus dem Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie mit $z_0 = 0,66$ m bestimmt und auf $z_0 = 0,50$ m gemittelt. Die automatisch bestimmte Rauigkeit ist aufgrund der Verhältnisse vor Ort (landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Gewerbebebauung) plausibel.

Die geplante Bebauung auf dem Betriebsgelände wird im Ausbreitungsmodell explizit berücksichtigt (siehe Kapitel A5.6).

A5.6 Berücksichtigung von Gebäuden

Baulichkeiten beeinflussen als Strömungshindernisse die Verfrachtung der Emissionen unmittelbar nach Freisetzung durch Um- und Überströmungs-Effekte. Entsprechend Anhang 2, Nr. 11 TA Luft muss der Gebäudeeinfluss explizit berücksichtigt werden, wenn die Quellhöhe niedriger als das 1,7-fache der Gebäudehöhe ist. Maßgeblich für die Beurteilung der Gebäudehöhen sind dabei alle Gebäude, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6-fache der Gebäudehöhe und geringer als das 6-fache der Quellhöhe.

Zur realistischen Ermittlung der Immissionsverhältnisse werden die Baulichkeiten der Rechenzentrum-Module sowie des Verwaltungsgebäudes als Baukörper und Strömungshindernisse daher

explizit im Modelllauf berücksichtigt. Auf Basis eines Lageplanes wurden die Gebäude-Geometrien digitalisiert. Die Höhen der einzelnen Bauwerke über Grund wurden vom Auftraggeber bereitgestellt. Mit der Auflösung von 4 m im inneren Gitter können die Baulichkeiten mit ihrer Wirkung auf die Strömung und Turbulenz realistisch erfasst werden (Abbildung A5-2).

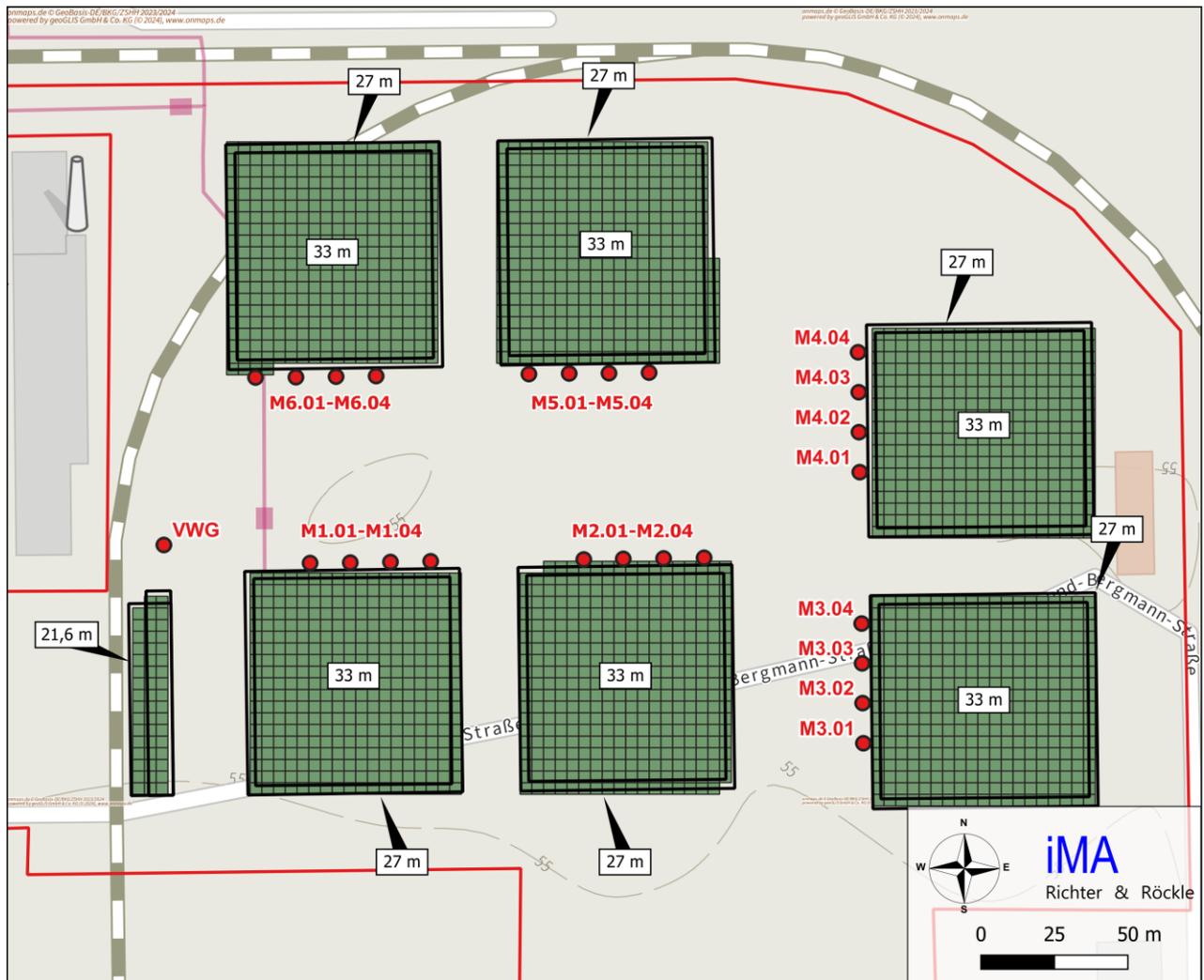


Abbildung A5-2: Gebäuderaster im innersten Gitter. Das Betriebsgelände ist rot umrandet. Quellen sind rot eingezeichnet.

Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024

A5.7 Quellen

Jede der Schornsteingruppen der Modul-Gebäude M31 bis M36 geht als Punktquelle mit einer Emissionshöhe von 48,5 m (siehe Kapitel 6) in die Ausbreitungsrechnung ein.

Der Schornstein des Hausgenerators geht als Punktquelle mit einer Emissionshöhe von 27 m in die Ausbreitungsrechnung ein.

Im Notbetrieb werden für jede Gruppe die Emissionsmassenströme der jeweiligen NDMA addiert. Die folgende Tabelle enthält die relativen Koordinaten, Ausdehnung und Ausrichtung der Emissionsquellen. Abbildung A5-2 zeigt diese Quellen in einem Lageplan.

Tabelle A5-2: Quellgeometrien. Alle Koordinaten bezogen auf den Bezugspunkt des Modells bei RW 841 631 und HW 5 755 630 (UTM-32N) und in Meter. (PQ = Punktquelle).

Quellbezeichnung im Projekt	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Art
	x-Wert	y-Wert		horizontal		vertikal	
				a	b	c	
Q-M31-1	168,46	91,28	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M31-2	182,18	91,39	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M31-3	195,89	91,65	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M31-4	209,58	91,8	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M32-1	261,57	92,43	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M32-2	275,25	92,73	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M32-3	288,94	92,84	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M32-4	302,7	93,1	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M33-1	357,01	29,22	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M33-2	356,88	43,1	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M33-3	356,66	56,73	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M33-4	356,44	70,44	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M34-1	355,83	122,58	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M34-2	355,57	136,14	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M34-3	355,39	150,1	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M34-4	355,26	163,91	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M35-1	243,07	156,07	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M35-2	256,81	156,17	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M35-3	270,47	156,38	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M35-4	284,17	156,64	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M36-1	149,96	154,94	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M36-2	163,65	155	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M36-3	177,31	155,2	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-M36-4	191,06	155,3	48,5	0	0	0	Punktquelle
Q-VW	118,51	97,62	27	0	0	0	Punktquelle

A5.8 Zeitliche Charakteristik der Emissionen im Modell

Da der Zeitraum möglicher Notbetriebsphasen nicht bekannt ist, werden die Emissionen kontinuierlich im Modell vorgegeben. Die Dauer der möglichen Emissionen wird dann anschließend ermittelt (siehe Kap. 10).

A5.9 Korngrößenverteilung der Staub-Emissionen

In der Ausbreitungsrechnung werden die verschiedenen Staubkorngrößen gemäß der TA Luft mit verschiedenen Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten belegt, so dass eine Berechnung der Deposition auf Basis der TA Luft erfolgt.

Zur Ermittlung der PM₁₀- und PM_{2,5}-Zusatzbelastung wird den emittierten Stäuben einheitlich die Korngrößenfraktion pm-1 (Partikeldurchmesser < 2,5 µm) zugeordnet. Hierdurch ist der Massenverlust durch Sedimentation gering und es werden etwas höhere Staubkonzentrationen berechnet.

Tabelle A5-3: Sink- und Depositionsgeschwindigkeiten von Stäuben gemäß TA Luft, Anhang 2, Tabelle 14.

TA-Luft-Klasse	mittl. aerodyn. Durchmesser	Sedimentationsgeschwindigkeit	Depositionsgeschwindigkeit
pm-1	< 2,5 µm	0,00 m/s	0,001 m/s

Die berechneten PM₁₀-Immissionen entsprechen damit auch den PM_{2,5}-Immissionen.

Zusätzlich wird gemäß Anhang 2, Nr. 4 der TA Luft die nasse Deposition der Stäube berücksichtigt. Dazu wird der in Anhang 2, Tabelle 14 der TA Luft angegebene Auswaschfaktor f und der Auswaschexponent e verwendet (siehe dazu auch Kapitel A6.2).

Tabelle A5-4: Stoffspezifische Größen zur Berücksichtigung der Auswaschraten bei der Berechnung der nassen Deposition in der Ausbreitungsrechnung. Ansatz gemäß Tabelle 14, Anhang 2 TA Luft.

Stoff	Faktor f	Exponent e
pm-1	$0.3 \cdot 10^{-4}$	0.8

A5.10 Überhöhung

Angaben zur Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung können Kapitel 4.5 auf Seite 30 ff. entnommen werden.

A5.11 Qualitätsstufe (statistische Sicherheit)

Die Qualitätsstufe wird - entsprechend der AUSTAL2000-Nomenklatur - mit „+7“ (256 Partikel/Sekunde) gewählt. Eine hohe Partikelzahl ist notwendig, um für Kurzzeitwerte (z.B. 1h-Werte) eine ausreichende statistische Genauigkeit zu erhalten. Die statistische Schwankung der Berechnungsergebnisse hält an den Beurteilungspunkten die in TA Luft Anhang 2, Nr. 10 definierte Bedingung von höchstens 3 von Hundert des Jahresimmissionswerts bzw. von höchstens 30 von Hundert des Stundenimmissionswerts ein:

Die statistische Streuung wird zu den Konzentrationen an den Beurteilungspunkten addiert.

Anhang 6: Berechnung der Stickstoffdeposition und der Säuredeposition

Zur Berechnung der Stickstoffdeposition und der Säuredeposition wird die Methode 3 aus Straub et al. (2013) verwendet. Bei dieser Methode wird die Ausbreitungsrechnung zur Bestimmung der Deposition mit den geringsten Werten der Depositionsgeschwindigkeit der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 (2006) durchgeführt – in der Regel mit den Werten der Mesoskala. Die trockene Deposition wird dann nachträglich je nach Landnutzung bestimmt durch Multiplikation der berechneten Deposition mit dem Faktor „Depositionsgeschwindigkeit gemäß Landnutzung / Depositionsgeschwindigkeit in der Berechnung“.

Die verwendeten Depositionsgeschwindigkeiten zur Ermittlung der trockenen Deposition können Tabelle A6-1 und Tabelle A6-2 auf den folgenden Seiten entnommen werden. Die Auswaschraten zur Ermittlung der nassen Deposition sind in Tabelle A6-3 dargestellt.

Als Ergebnis der Ausbreitungsrechnung werden die Beiträge der trockenen und nassen Deposition in $g/(m^2 \cdot s)$ für jeden Stoff ausgewiesen. Sie werden in die Einheit $kg/(ha \cdot Jahr)$ umgerechnet.

Der Stickstoff-Anteil aus der NO -Deposition errechnet sich durch Anwendung des Faktors 14/30, der Stickstoff-Anteil aus der NO_2 -Deposition durch Anwendung des Faktors 14/46, der Stickstoffanteil aus der NH_3 -Deposition durch Anwendung des Faktors 14/17. Die Summe der beiden Stoffbeiträge ergibt die Gesamt-Stickstoffdeposition (N_{Dep}).

Die Gesamt-Stickstoffdeposition wird somit folgendermaßen berechnet:

$$N_{Dep} = NO_{Dep} \cdot 14/30 + NO_{2Dep} \cdot 14/46 + NH_{3Dep} \cdot 14/17$$

mit N_{Dep} , NO_{Dep} , NO_{2Dep} und NH_{3Dep} in $kg/(ha \cdot a)$.

Analog wird zur Ermittlung des Schwefelanteils an der SO_2 -Deposition verfahren (Faktor 32/64).

Das Säureäquivalent wird in der Einheit $eq (N+S)/(ha \cdot Jahr)$ bestimmt als:

$$eq (N+S)/(ha \cdot a) = N_{Dep} \cdot 1000/14 + S_{Dep} \cdot 1000/16$$

mit N_{Dep} und S_{Dep} in $kg/(ha \cdot a)$.

A6.1 Depositionsgeschwindigkeiten

Die in der Ausbreitungsrechnung verwendeten Depositionsgeschwindigkeiten (trockene Deposition) richten sich nach dem Vorschlag des LANUV (Straub et al., 2013). Sie entstammen für NO , NO_2 , NH_3 und SO_2 der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 (2006). Dem Vorschlag des LANUV folgend werden für die Anwendung der konservativen „Methode 3“ (Straub et al. (2013)) für NO , NO_2 , NH_3 und SO_2 die Werte der „Mesoskala“ aus der VDI 3782 Bl. 5 verwendet.

Tabelle A6-1: Depositionsgeschwindigkeiten (trockene Deposition) gemäß VDI 3782 Bl. 5, **Mesoskala**.

Komponente	Quelle	Depositionsgeschwindigkeit in m/s
NO	VDI 3782 Bl. 5, Mesoskala	0,0005
NO ₂	VDI 3782 Bl. 5, Mesoskala	0,003
NH ₃	VDI 3782 Bl. 5, Mesoskala	0,01
SO ₂	VDI 3782 Bl. 5, Mesoskala	0,01

Die folgende Tabelle A6-2 listet die bei der Auswertung gemäß „Methode 3“ (Straub et al., 2013) verwendeten Depositionsgeschwindigkeiten für die Landnutzung „Wald“ für die Komponenten NH₃ und SO₂ auf.

Tabelle A6-2: Depositionsgeschwindigkeiten (trockene Deposition) gemäß VDI 3782 Bl. 5, **Wald**.

Komponente	Quelle	Depositionsgeschwindigkeit in m/s
NH ₃	VDI 3782 Bl. 5, Wald	0,02
SO ₂	VDI 3782 Bl. 5, Wald	0,015

Gemäß „Methode 3“ (Straub et al., 2013) werden demzufolge bei der Auswertung der Stickstoffdeposition und der Säureeinträge für die Landnutzung „Wald“ die berechneten Beiträge der trockenen Deposition durch NH₃ mit einem Faktor 2 (0,02/0,010) und durch SO₂ mit einem Faktor 1,5 (0,015/0,010) multipliziert.

Im vorliegenden Fall werden konservativ für NH₃ und SO₂ die Beiträge zur Stickstoff- und Säuredeposition mit der Depositionsgeschwindigkeit für Wald berechnet. In allen Abbildungen in Kapitel 11 sowie Kapitel A1.3 und A1.4 ist die Depositionsgeschwindigkeit für Wald berücksichtigt.

A6.2 Auswaschraten

Die Berechnung der nassen Deposition ist im Modell LASAT gemäß den Ansätzen in der VDI 3782 Bl. 5 umgesetzt. Darin wird die nasse Deposition mit Hilfe einer stoffspezifischen Auswaschraten beschrieben. Der Ansatz lautet:

$$A = f \cdot (I / I_r)^e \cdot s^{-1}$$

mit

A: Auswaschraten (in s⁻¹)

f: stoffspezifischer Faktor (Zahlenwert)

I: Niederschlagsintensität (in mm/h)

I_r: 1 mm/h

e:Exponent (Zahlenwert)

Die in der Ausbreitungsrechnung verwendeten Zahlenwerte für f und e entstammen der VDI 3782 Bl. 5 und sind stoffspezifisch in der Tabelle A6-3 aufgelistet. Die Niederschlagsintensität I wurde stundenfein den vom UBA bereitgestellten Niederschlagsdaten am Standort entnommen (siehe Abschnitt 8.5).

Tabelle A6-3: Stoffspezifische Größen zur Berücksichtigung der Auswaschraten bei der Berechnung der nassen Deposition in der Ausbreitungsrechnung. Ansatz gemäß VDI 3782 Bl. 5.

Stoff	Faktor f	Exponent e
NO	0	nicht erforderlich
NO ₂	$1 \cdot 10^{-7}$	1
NH ₃	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,6
SO ₂	$2 \cdot 10^{-5}$	1

Anhang 7: Berechnung des CO₂- Ausstoßes durch die Notstromaggregate

Der CO₂-Ausstoß der sechs Rechenzentrum-Module wird für den Betrieb der Notstromaggregate im Testbetrieb berechnet (Tabelle A7-1 und Tabelle A7-2).

Angaben zum Testbetrieb können Kapitel 3.2 auf Seite 18 f. entnommen werden.

Der Kraftstoffverbrauch für den Hausgenerator wird mit 80 kg/h abgeschätzt. Ferner wird beim Hausgenerator konservativ angenommen, dass der Testbetrieb jeweils bei 100 % Last erfolgt.

Tabelle A7-1: Berechnung des Dieserverbrauchs der NDMA in Abhängigkeit von der Auslastung und den Betriebsstunden pro Jahr im Testbetrieb.

Auslastung	Art	Anzahl Aggregate	Dauer (min)	Häufigkeit pro Jahr	Betriebsstunden (h/a)	Dieserverbrauch (kg/h) pro Aggregat	Dieserverbrauch (kg/a)
MTU 20V4000 G94LF (Data Hall-Generatoren)							
30 %	Funktion	72	60	12	864	217.4	187 834
30 %	Funktion	72	90	3	324	217.4	70 438
100%	Emissionsmessung	72	150	1	180	668	120 240
100%	Black Building Test	72	300	1	360	668	240 480
Volvo TAD1382GE (Hausgenerator)							
100 %	Funktion	1	60	12	12	80	960
100 %	Funktion	1	90	3	4.5	80	360
100%	Emissionsmessung	1	150	1	2.5	80	200
Summe Dieserverbrauch Data Hall-Generatoren im Testbetrieb (kg/a):							620 511

Aus dem jährlichen Dieserverbrauch werden die anfallenden CO₂-Emissionen berechnet (Tabelle A7-2). Der CO₂-Emissionsfaktor beträgt 3,2 kg CO₂/kg Diesel (UBA 2016⁷).

Tabelle A7-2: Dieserverbrauch der NDMA und daraus berechneter CO₂-Ausstoß pro Jahr.

	Dieserverbrauch (kg/a)	Dieserverbrauch (t/a)	CO ₂ -Ausstoß (t/a)
Testbetrieb	620 511	620,5	1 986

⁷ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/co2-emissionsfaktoren_fur_fossile_brennstoffe_korrektur.pdf

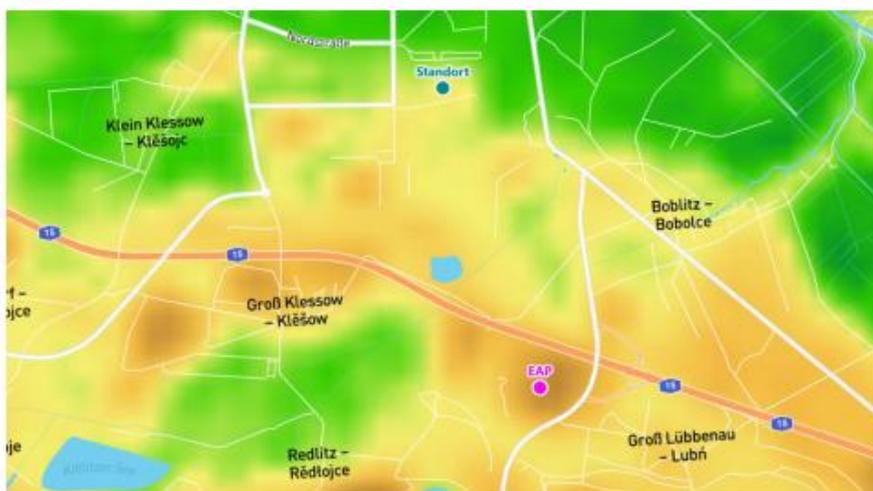
Anhang 8: Ermittlung des repräsentativen Jahres der Fa. IfU

Im Folgenden werden Auszüge aus der Ermittlung des Repräsentativen Jahres der Fa. IfU GmbH dargestellt.



Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft

an einem Anlagenstandort in Lübbenau/Spreewald



Auftraggeber:	IMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG Standort Stuttgart Hauptstraße 54 70839 Gerlingen	Tel.: 07156-5018-23
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Thomas Köhler Tel.: 037206 8929-44 Email: Thomas.Koehler@ifu-analytik.de	Dr. Ralf Petrich Tel.: 037206 8929-40 Email: Ralf.Petrich@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	DPR.20240202-01	
Ort, Datum:	Frankenberg, 7. Februar 2024	
Anzahl der Seiten:	57	
Anlagen:	-	



Akkreditiert für die Bereitstellung meteorologischer Daten für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

IFU GmbH
Privates Institut für Analytik
An der Autobahn 7
09669 Frankenberg/Sa.

tel +49 (0) 37206 89 29 0
fax +49 (0) 37206 89 29 99
e-mail info@ifu-analytik.de
www.ifu-analytik.de

HRB Chemnitz 21046
USt-ID DE233500178
Geschäftsführer Axel Delan

iban DE27 8705 2000 3310 0089 90
bic WELADED3FGX
bank Sparkasse Mittelsachsen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Beschreibung des Anlagenstandortes	6
2.1 Lage	6
2.2 Landnutzung	7
2.3 Orographie	9
3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition	12
3.1 Hintergrund	12
3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition	12
3.3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition im konkreten Fall	13
4 Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten	16
4.1 Allgemeine Betrachtungen	16
4.2 Meteorologische Datenbasis	16
4.3 Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort	20
4.4 Vergleich der Windrichtungsverteilungen	24
4.5 Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilungen	31
4.6 Auswahl der Bezugswindstation	32
5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation	33
6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres	36
6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums	36
6.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse sowie der Nacht- und Schwachwinde	40
6.3 Prüfung auf Plausibilität	42
7 Beschreibung der Datensätze	47
7.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge	47
7.1.1 Theoretische Grundlagen	47
7.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall	50
7.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse	51
7.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe	52
8 Hinweise für die Ausbreitungsrechnung	53
9 Zusammenfassung	54
10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung	55
11 Schrifttum	57

9 Zusammenfassung

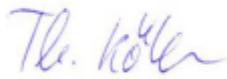
Für den zu untersuchenden Standort in Lübbenau/Spreewald wurde überprüft, ob sich die meteorologischen Daten einer oder mehrerer Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zum Zweck einer Ausbreitungsrechnung nach Anhang 2 der TA Luft übertragen lassen.

Als Ersatzanemometerposition empfiehlt sich dabei ein Punkt mit den UTM-Koordinaten 32842450, 5754050.

Von den untersuchten Stationen ergibt die Station Cottbus die beste Eignung zur Übertragung auf die Ersatzanemometerposition. Die Daten dieser Station sind für eine Ausbreitungsrechnung am betrachteten Standort verwendbar.

Als repräsentatives Jahr für diese Station wurde aus einem Gesamtzeitraum vom 02.02.2009 bis zum 20.08.2023 das Jahr vom 01.01.2015 bis zum 31.12.2015 ermittelt.

Frankenberg, am 7. Februar 2024



Dipl.-Phys. Thomas Köhler
- erstellt -



Dr. Ralf Petrich
- freigegeben -

Anhang 9: Auszüge aus den Eingabedateien für AUSTAL und LASAT

Die Berechnungen für Lastfall A wurden mit dem Ausbreitungsmodell LASAT durchgeführt.

Die Dateien mit zeitabhängigen Größen sind in Auszügen wiedergegeben, da der Umfang den Rahmen dieser Textdokumentation übersteigt.

Für die Geländehöhen wurden 6 Dateien srfa0i1.dmna, i=1,..6 für jedes Rechengitter vorgegeben, die wegen ihres Umfangs hier in der Text-Dokumentation ebenfalls keine Aufnahme finden konnten.

Der Lastfall B wurde mit dem Programm AUSTAL Version 3.3.0 berechnet, da der Faktor zur Berücksichtigung des "Stack-tip Downwash" derzeit noch nicht in LASAT verfügbar ist. Für den Lastfall B wird deswegen die Eingabedatei des Programmsystem AUSTAL View dargestellt.

Weitere Eingabe- und Ausgabedateien können bei Bedarf digital zur Verfügung gestellt werden.

Lastfall A

- Input file created by AUSTAL 3.3.0-WI-x

===== param.def

```
.
Ident = "23-07-18-FR_Fall09-LastfallA"
Seed = 11111
Interval = 01:00:00
RefDate = 2015-01-01.00:00:00
Start = 00:00:00
End = 365.00:00:00
Average = 24
Flags = +MAXIMA+PLURIS+CHEM+WETDRIFT+MNT
```

===== grid.def

```
.
RefX = 32841631
RefY = 5755630
GGCS = UTM
Sk = { 0.0 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 48.0 51.0 54.0 57.0 60.0 63.0 66.0 70.0 76.0 85.0
100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0 }
Nzd = 10
Flags = +NESTED+BODIES
```

```
! Nm | NI Ni Nt Pt Dd Nx Ny Nz Xmin Ymin Rf Im le
-----
N 06 | 1 1 3 3 128.0 44 44 37 -2304.0 -2688.0 0.5 200 1.0e-04
N 05 | 2 1 3 3 64.0 48 48 37 -1280.0 -1408.0 0.5 200 1.0e-04
N 04 | 3 1 3 3 32.0 52 50 37 -576.0 -704.0 0.5 200 1.0e-04
N 03 | 4 1 3 3 16.0 72 68 37 -288.0 -416.0 0.5 200 1.0e-04
N 02 | 5 1 3 3 8.0 128 120 37 -224.0 -352.0 1.0 200 1.0e-04
N 01 | 6 1 3 3 4.0 168 152 23 -48.0 -184.0 1.0 200 1.0e-04
```

===== monitor.def

```
! Nr. | Xp Yp Hp
-----
M 01_1 | 206.0 285.0 7.5
M 01_2 | 206.0 285.0 4.5
M 01_3 | 206.0 285.0 1.5
M 02_1 | 446.0 323.0 7.5
M 02_2 | 446.0 323.0 4.5
M 02_3 | 446.0 323.0 1.5
M 03_1 | 833.0 335.0 4.5
```

M 03_2		833.0	335.0	1.5
M 04_1		749.0	284.0	10.5
M 04_2		749.0	284.0	7.5
M 04_3		749.0	284.0	4.5
M 04_4		749.0	284.0	1.5
M 05_1		772.0	184.0	10.5
M 05_2		772.0	184.0	7.5
M 05_3		772.0	184.0	4.5
M 05_4		772.0	184.0	1.5
M 06_1		34.0	157.0	10.5
M 06_2		34.0	157.0	7.5
M 06_3		34.0	157.0	4.5
M 06_4		34.0	157.0	1.5
M 07_1		26.0	273.0	4.5
M 07_2		26.0	273.0	1.5
M 08_1		22.0	-40.0	4.5
M 08_2		22.0	-40.0	1.5
M 09_1		-76.0	45.0	7.5
M 09_2		-76.0	45.0	4.5
M 09_3		-76.0	45.0	1.5
M 10_1		-18.0	-43.0	7.5
M 10_2		-18.0	-43.0	4.5
M 10_3		-18.0	-43.0	1.5

```

===== sources.def
.
!Nr | Xq Yq Hq Aq Bq Cq Wq Fq Fr Dq Vq Tt Wl Rh Vw Lw Ts Rt Iq Rf
-----
Q Q-M31-1| 168.5 91.1 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M31-2| 182.2 91.3 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M31-3| 195.9 91.5 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M31-4| 209.6 91.7 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M32-1| 261.7 92.3 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M32-2| 275.3 92.4 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M32-3| 289.0 92.7 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M32-4| 302.9 92.7 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M33-1| 357.9 29.4 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M33-2| 357.9 42.8 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M33-3| 357.5 56.7 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M33-4| 357.3 70.4 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M34-1| 356.2 122.6 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M34-2| 356.1 136.4 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M34-3| 355.9 150.1 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M34-4| 355.7 163.9 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M35-1| 242.6 157.3 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M35-2| 256.4 157.5 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M35-3| 270.0 157.7 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M35-4| 283.9 157.9 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000

```

```

Q Q-M36-1 | 150.1 156.1 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M36-2 | 163.7 156.3 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M36-3 | 177.3 156.5 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-M36-4 | 191.1 156.6 48.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 1.210 8.750 350.0 0.03460 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000
Q Q-VW | 118.5 97.6 27.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0.000 0.000 0.0 0.00000 0.0 0.00000 0.00000 -1.000
0.100 0 1.000

```

===== substances.def

```

Name = gas
Unit = g
Rate = 256.00000
Vsed = 0.0000

```

Substance	Vdep	Refc	Refd	Rfak	Rexp
K so2	1.000e-02	5.000e-05	3.171e-09	2.000e-05	1.00
K nox	0.000e+00	3.000e-05	0.000e+00	0.000e+00	1.00
K no2	3.000e-03	4.000e-05	3.171e-09	1.000e-07	1.00
K no	5.000e-04	0.000e+00	3.171e-09	0.000e+00	1.00
K nh3	1.000e-02	3.000e-06	3.171e-09	1.200e-04	0.60
K pm-1	1.000e-03	4.000e-05	4.051e-06	3.000e-05	0.80

===== chemics.def

```
! created from | gas.no
```

```

C gas.no2 | ?
C gas.no | ?

```

===== emissions.def

SOURCE	gas.so2	gas.nox	gas.no2	gas.no	gas.nh3	gas.pm-1
E Q-M31-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M31-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M31-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M31-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M32-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M32-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M32-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M32-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M33-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M33-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M33-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M33-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M34-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M34-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M34-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M34-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M35-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M35-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M35-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M35-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M36-1	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M36-2	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M36-3	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-M36-4	3.463e-03	5.889e-01	1.472e-01	2.880e-01	3.533e-02	1.178e-01
E Q-VW	4.677e-04	7.954E-02	1.989E-02	3.891E-02	9.545E-03	1.591e-02

===== variable.def

```
gas.no2-gas.no = R2
```

```
gas.no-gas.no = R1
-
!      T1      T2      R2      R1
-----
Z 00:00:00 01:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 01:00:00 02:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 02:00:00 03:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 03:00:00 04:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 04:00:00 05:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 05:00:00 06:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 06:00:00 07:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 07:00:00 08:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
...
Z 364.14:00:00 364.15:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 364.15:00:00 364.16:00:00 3.276e-04 -2.137e-04
Z 364.16:00:00 364.17:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 364.17:00:00 364.18:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 364.18:00:00 364.19:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 364.19:00:00 364.20:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 364.20:00:00 364.21:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 364.21:00:00 364.22:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 364.22:00:00 364.23:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
Z 364.23:00:00 365.00:00:00 1.704e-04 -1.111e-04
-----
```

Lastfall B

```
-- -- AUSTAL-Eingaben erzeugt mit:
-- AUSTAL View Ver. 11.0.27
-- (c) Lakes Environmental Software Inc.
-- ArguSoft GmbH & Co KG
-- Datum: 23.11.2024
-- Datei: G:\Rechnungen_Katharina\23-07-18-FR-NDMA-Luebbenau\5-Simulation\Ausbreitung\23-07-18-FR_Fall09-AUSTALView\23-
07-18-FR_Fall09-LastfallB\ austal.txt
--
=====
-- Optionen Projektion
=====
-- PROJCTN CoordinateSystemUTM
-- DESCPTN UTM: Universal Transverse Mercator
-- DATUM European Terrestrial Reference System 1989
-- DTMRGN Europe
-- UNITS m
-- ZONE 32
-- ZONEINX 0
--
=====
-- STEUERUNGS-OPTIONEN
=====
ti "23-07-18-FR_Fall02-LastfallB_AUSTALView" 'Projekt-Titel
ux 32841631 'x-Koordinate des Bezugspunktes
uy 5755630 'y-Koordinate des Bezugspunktes
qs 7 'Qualitätsstufe
--
=====
-- METEO-OPTIONEN
=====
-- Stations-ID: 880
-- Jahr: 01.01.2015 - 31.12.2015
-----
az "880.akterm" 'AKT-Datei
xa 819.00 'x-Koordinate des Anemometers
ya -1580.00 'y-Koordinate des Anemometers
ri ?
-----
```

-- RECHENGITTER

```

=====
dd 4.0      8.0      16.0     32.0     64.0     128.0    'Zellengröße (m)
x0 -48.0    -224.0   -320.0   -640.0   -1408.0  -2304.0  'x-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
nx 168      128      76       54       50       44       'Anzahl Gitterzellen in X-Richtung
y0 -184.0   -352.0   -448.0   -704.0   -1408.0  -2688.0  'y-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
ny 152      120      72       50       48       44       'Anzahl Gitterzellen in Y-Richtung
nz 22       37       37       37       37       37       'Anzahl Gitterzellen in Z-Richtung
os +NOSTANDARD+MntMax=30+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 48.0 51.0 54.0 57.0 60.0 63.0 66.0 70.0 76.0 85.0 100.0
150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
--

```

-- GELÄNDE-OPTIONEN

```

=====
gh "23-07-18-FR_Fall09-LastfallB.grid" 'Gelände-Datei
--

```

-- QUELLEN-PARAMETER

```

=====
-- xq = x-Koordinate der Quelle (m)
-- yq = y-Koordinate der Quelle (m)
-- hq = Höhe der Quelle (m)
-- aq = Länge in X-Richtung (m)
-- bq = Länge in Y-Richtung (m)
-- cq = Länge in Z-Richtung (m)
-- wq = Drehwinkel der Quelle (Grad)
-- dq = Durchmesser der Quelle (m)
-- vq = Abgasgeschw. der Quelle (m/s)
-- tq = Austrittstemperatur (°C)
-- lq = Flüssigwassergehalt (kg Wasser/kg feuchte Luft)
-- rq = Relative Feuchte des Schwadens (%)
-- zq = Wasserbeladung [kg Wasser/kg trockene Luft]
-- sq = Spezifische Feuchte [kg Wasserdampf/kg feuchte Luft]
-- rf = Faktor stack-tip downwash
--

```

Q-M31-1	Q-M31-2	Q-M31-3	Q-M31-4	Q-M32-1	Q-M32-2	Q-M32-3	Q-M32-4	Q-M35-1
M33-1	Q-M33-2	Q-M33-3	Q-M33-4	Q-M34-1	Q-M34-2	Q-M34-3	Q-M34-4	Q-M35-1
Q-M35-2	Q-M35-3	Q-M35-4	Q-M36-1	Q-M36-2	Q-M36-3	Q-M36-4	Q-VW	
xq 168.46	182.18	195.89	209.58	261.57	275.25	288.94	302.70	357.01
356.88	356.66	356.44	355.83	355.57	355.39	355.26	243.07	256.81
270.47	284.17	149.96	163.65	177.31	191.06	118.51		
yq 91.28	91.39	91.65	91.80	92.43	92.73	92.84	93.10	29.22
43.10								
56.73	70.44	122.58	136.14	150.10	163.91	156.07	156.17	156.38
156.64	154.94	155.00	155.20	155.30	97.62			
hq 48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50
48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50	48.50
48.50	48.50	48.50	48.50	27.00				
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	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	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	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
dq 0.70	1.21	1.21	1.21	0.70	1.21	1.21	1.21	0.70
1.21	1.21	0.70	1.21	1.21	1.21	0.70	1.21	1.21
0.70	1.21	1.21	1.21	0.00				
vq 26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02
26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02	26.02
26.02	26.02	26.02	26.02	0.00				
tq 430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00
430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00
430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	430.00	0.00		

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	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	0.00	0.00	0.00				
zq	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478
0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478
0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	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	0.00	0.00					
rf	0.0100	1.0000	1.0000	1.0000	0.0100	1.0000	1.0000	1.0000	0.0100
1.0000	1.0000	1.0000	0.0100	1.0000	1.0000	1.0000	0.0100	1.0000	
1.0000	1.0000	0.0100	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			

=====
-- EMISSIONEN

-- Q-M31-1 Q-M31-2 Q-M31-3 Q-M31-4 Q-M32-1 Q-M32-2 Q-M32-3 Q-M32-4 Q-									
M33-1	Q-M33-2	Q-M33-3	Q-M33-4	Q-M34-1	Q-M34-2	Q-M34-3	Q-M34-4	Q-M35-1	
Q-M35-2	Q-M35-3	Q-M35-4	Q-M36-1	Q-M36-2	Q-M36-3	Q-M36-4	Q-VW		
so2	0.004233306	0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.004233306	0.012699918	0.012699918	0.012699918	
0.012699918	0.004233306	0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.004233306	0.012699918	0.012699918	
0.012699918	0.012699918	0.004233306	0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.004233306		
0.012699918	0.012699918	0.012699918	0.00046771725						
no	0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	1.0564484
0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	1.0564484	0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	1.0564484
0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	0.35214946	1.0564484	1.0564484	1.0564484	1.0564484	
0.038907269									
no2	0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.5399625
0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.5399625
0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.5399625	0.1799875	0.5399625	0.5399625	0.5399625	
0.019885938									
nox	0.71995	2.15985	2.15985	2.15985	0.71995	2.15985	2.15985	2.15985	0.71995
0.71995	2.15985	2.15985	2.15985	0.71995	2.15985	2.15985	2.15985	2.15985	0.71995
2.15985	2.15985	2.15985	0.71995	2.15985	2.15985	2.15985	0.07954375		
nh3	0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.129591
0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.129591	
0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.043197	0.129591	0.129591	0.129591	0.129591	
0.00954525									
pm-1	0.14399	0.43197	0.43197	0.43197	0.14399	0.43197	0.43197	0.43197	0.14399
0.14399	0.43197	0.43197	0.43197	0.14399	0.43197	0.43197	0.43197	0.43197	0.14399
0.43197	0.43197	0.43197	0.14399	0.43197	0.43197	0.43197	0.43197	0.01590875	

=====
-- MONITOR-PUNKTE

-- xp = x-Koordinate des Monitor-Punktes (m)														
-- yp = y-Koordinate des Monitor-Punktes (m)														
-- hp = Höhe des Monitor-Punktes														

-- 01_1	01_2	01_3	02_1	02_2	02_3	03_1	03_2	04_1	04_2					
04_3	04_4	05_1	05_2	05_3	05_4	06_1	06_2	06_3	06_4					
07_1	07_2	08_1	08_2	09_1	09_2	09_3	10_1	10_2	10_3					
xp	206.00	206.00	206.00	446.00	446.00	446.00	833.00	833.00	749.00	749.00	749.00	749.00		
772.00	772.00	772.00	772.00	34.00	34.00	34.00	26.00	26.00	22.00	22.00	22.00	-76.00		
76.00	-76.00	-18.00	-18.00	-18.00										
yp	285.00	285.00	285.00	323.00	323.00	323.00	335.00	335.00	284.00	284.00	284.00	284.00		
184.00	184.00	184.00	184.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	273.00	273.00	-40.00	-40.00	45.00	
45.00	45.00	-43.00	-43.00	-43.00										
hp	7.50	4.50	1.50	7.50	4.50	1.50	4.50	1.50	10.50	7.50	4.50	1.50	10.50	7.50
4.50	1.50	10.50	7.50	4.50	1.50	4.50	1.50	4.50	1.50	7.50	4.50	1.50	10.50	7.50
4.50	1.50													

=====
-- GEBÄUDE-PARAMETER

-- xb = x-Koordinate des Gebäudes

-- yb = y-Koordinate des Gebäudes
 -- ab = Länge in X-Richtung (m)
 -- bb = Länge in Y-Richtung (m)
 -- cb = Länge in Z-Richtung (m)
 -- wb = Drehwinkel des Gebäudes (Grad)

	M31-01	M31-02	M32-01	M32-02	M33-01	M33-02	M34-01	M34-02	M35-01
M35-02	M36-01	M36-02	VWG	VWG-2					
xb 147.28	149.89	240.27	242.98	360.26	362.97	358.84	361.69	233.45	
236.29	140.76	143.60	106.61	112.53					
yb 11.76	14.98	13.12	16.43	7.00	10.43	100.33	103.44	159.36	
162.61	157.77	161.08	77.44	81.79					
ab 73.20	66.85	72.89	67.17	76.73	71.02	76.72	71.16	73.02	66.74
72.88	66.88	65.89	70.25						
bb 76.76	71.05	76.79	70.75	73.20	66.77	72.84	67.02	76.98	71.02
77.29	71.13	14.41	8.38						
cb 27.00	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00
27.00	33.00	21.60	21.60						
wb 0.85	0.53	0.73	0.61	0.75	0.58	0.64	0.57	0.78	0.61
0.78	0.61	270.74	270.75						

Geruch Testbetrieb

Die Berechnungen zur Ermittlung der jährlichen Geruchsstundenhäufigkeit wurden mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL durchgeführt.

Die Eingangsdatei "zeitreihe.dmna" mit den zeitabhängigen Geruchsemissionen ist wegen ihres Umfangs hier nicht dargestellt, kann jedoch in digitaler Form bei Bedarf nachgereicht werden.

```
-- AUSTAL-Eingaben erzeugt mit:
-- AUSTAL View Ver. 11.0.27
-- (c) Lakes Environmental Software Inc.
-- ArguSoft GmbH & Co KG
-- Datum: 04.12.2024
--      Datei:          G:\Rechnungen_Katharina\23-07-18-FR-NDMA-Luebbenau\5-Simulation\Ausbreitung\Geruch\23-07-18-
FR_Fall02_Geruch\ austal.txt
--
-- =====
-- Optionen Projektion
-- =====
-- PROJCTN CoordinateSystemUTM
-- DESCPTN UTM: Universal Transverse Mercator
-- DATUM   European Terrestrial Reference System 1989
-- DTMRGN  Europe
-- UNITS   m
-- ZONE    32
-- ZONEINX 0
--
-- =====
-- STEUERUNGS-OPTIONEN
-- =====
ti "23-07-18-FR_Fall02-LastfallB_AUSTALView" 'Projekt-Titel
ux 32841631          'x-Koordinate des Bezugspunktes
uy 5755630          'y-Koordinate des Bezugspunktes
qs 2                'Qualitätsstufe
--
-- =====
-- METEO-OPTIONEN
-- =====
-- Stations-ID: 880
-- Jahr: 01.01.2015 - 31.12.2015
--
-- =====
az "880.akterm"      'AKT-Datei
xa 819.00           'x-Koordinate des Anemometers
ya -1580.00         'y-Koordinate des Anemometers
--
-- RECHENGITTER & ERWEITERTE STEUERUNGS-OPTIONEN
-- =====
dd 4.0    8.0    16.0    32.0    64.0    128.0    'Zellengröße (m)
x0 -48.0  -224.0  -320.0  -640.0  -1408.0  -2304.0  'x-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
nx 168    128    76     54     50     44     'Anzahl Gitterzellen in X-Richtung
y0 -184.0  -352.0  -448.0  -704.0  -1408.0  -2688.0  'y-Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
ny 152    120    72     50     48     44     'Anzahl Gitterzellen in Y-Richtung
nz 22     37     37     37     37     37     'Anzahl Gitterzellen in Z-Richtung
os "NOSTANDARD;MntMax=30;SCINOTAT;MntMax=30"
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 48.0 51.0 54.0 57.0 60.0 63.0 66.0 70.0 76.0 85.0 100.0
150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
```

```

--
=====
-- GELÄNDE-OPTIONEN
=====
gh "23-07-18-FR_Fall02_Geruch.grid"      'Gelände-Datei'
--
=====
-- QUELLEN-PARAMETER
=====
-- xq = x-Koordinate der Quelle (m)
-- yq = y-Koordinate der Quelle (m)
-- hq = Höhe der Quelle (m)
-- aq = Länge in X-Richtung (m)
-- bq = Länge in Y-Richtung (m)
-- cq = Länge in Z-Richtung (m)
-- wq = Drehwinkel der Quelle (Grad)
-- dq = Durchmesser der Quelle (m)
-- vq = Abgasgeschw. der Quelle (m/s)
-- tq = Austrittstemperatur (°C)
-- lq = Flüssigwassergehalt (kg Wasser/kg feuchte Luft)
-- rq = Relative Feuchte des Schwadens (%)
-- zq = Wasserbeladung [kg Wasser/kg trockene Luft]
-- sq = Spezifische Feuchte [kg Wasserdampf/kg feuchte Luft]
-- rf = Faktor stack-tip downwash
=====
-- Q-M31-1_30F_1  Q-M31-1_30F_2  Q-M31-1_100M  Q-M31-1_100BB  Q-M31-2_30_F_1  Q-M31-2_30_F_2  Q-M31-
2_100_M  Q-M31-2_100_BB  Q-M31-3_30_F_1  Q-M31-3_30_F_2  Q-M31-3_100_M  Q-M31-3_100_BB  Q-M31-4_30_F_1
Q-M31-4_30_F_2  Q-M31-4_100_M  Q-M31-4_100_BB  Q-M32-1_30_F_1  Q-M32-1_30_F_2  Q-M32-1_100_M  Q-M32-
1_100_BB  Q-M32-2_30_F_1  Q-M32-2_30_F_2  Q-M32-2_100_M  Q-M32-2_100_BB  Q-M32-3_30_F_1  Q-M32-3_30_F_2
Q-M32-3_100_M  Q-M32-3_100_BB  Q-M32-4_30_F_1  Q-M32-4_30_F_2  Q-M32-4_100_M  Q-M32-4_100_BB  Q-M33-
1_30_F_1  Q-M33-1_30_F_2  Q-M33-1_100_M  Q-M33-1_100_BB  Q-M33-2_30_F_1  Q-M33-2_30_F_2  Q-M33-2_100_M
Q-M33-2_100_BB  Q-M33-3_30_F_1  Q-M33-3_30_F_2  Q-M33-3_100_M  Q-M33-3_100_BB  Q-M33-4_30_F_1  Q-M33-
4_30_F_2  Q-M33-4_100_M  Q-M33-4_100_BB  Q-M34-1_30_F_1  Q-M34-1_30_F_2  Q-M34-1_100_M  Q-M34-1_100_BB
Q-M34-2_30_F_1  Q-M34-2_30_F_2  Q-M34-2_100_M  Q-M34-2_100_BB  Q-M34-3_30_F_1  Q-M34-3_30_F_2  Q-M34-
3_100_M  Q-M34-3_100_BB  Q-M34-4_30_F_1  Q-M34-4_30_F_2  Q-M34-4_100_M  Q-M34-4_100_BB  Q-M35-1_30_F_1
Q-M35-1_30_F_2  Q-M35-1_100_M  Q-M35-1_100_BB  Q-M35-2_30_F_1  Q-M35-2_30_F_2  Q-M35-2_100_M  Q-M35-
2_100_BB  Q-M35-3_30_F_1  Q-M35-3_30_F_2  Q-M35-3_100_M  Q-M35-3_100_BB  Q-M35-4_30_F_1  Q-M35-4_30_F_2
Q-M35-4_100_M  Q-M35-4_100_BB  Q-M36-1_30_F_1  Q-M36-1_30_F_2  Q-M36-1_100_M  Q-M36-1_100_BB  Q-M36-
2_30_F_1  Q-M36-2_30_F_2  Q-M36-2_100_M  Q-M36-2_100_BB  Q-M36-3_30_F_1  Q-M36-3_30_F_2  Q-M36-3_100_M
Q-M36-3_100_BB  Q-M36-4_30_F_1  Q-M36-4_30_F_2  Q-M36-4_100_M  Q-M36-4_100_BB  Q-VW_30_F_1  Q-VW_30_F_2
Q-VW_100_M
xq 168.46      168.46      168.46      168.46      182.18      182.18      182.18      182.18      195.89
195.89      195.89      195.89      209.58      209.58      209.58      209.58      261.57      261.57      261.57
261.57      275.25      275.25      275.25      275.25      288.94      288.94      288.94      288.94      302.70
302.70      302.70      302.70      357.01      357.01      357.01      357.01      356.88      356.88      356.88
356.88      356.66      356.66      356.66      356.66      356.44      356.44      356.44      356.44      355.83
355.83      355.83      355.83      355.57      355.57      355.57      355.57      355.39      355.39      355.39
355.39      355.26      355.26      355.26      355.26      243.07      243.07      243.07      243.07      256.81
256.81      256.81      256.81      270.47      270.47      270.47      270.47      284.17      284.17      284.17
284.17      149.96      149.96      149.96      149.96      163.65      163.65      163.65      163.65      177.31
177.31      177.31      177.31      191.06      191.06      191.06      191.06      118.51      118.51      118.51
yq 91.28      91.28      91.28      91.28      91.39      91.39      91.39      91.39      91.65      91.65
91.65      91.65      91.80      91.80      91.80      91.80      92.43      92.43      92.43      92.43
92.73      92.73      92.73      92.73      92.84      92.84      92.84      92.84      93.10      93.10
93.10      93.10      29.22      29.22      29.22      29.22      43.10      43.10      43.10      43.10
56.73      56.73      56.73      56.73      70.44      70.44      70.44      70.44      122.58      122.58
122.58      122.58      136.14      136.14      136.14      136.14      150.10      150.10      150.10      150.10
163.91      163.91      163.91      163.91      156.07      156.07      156.07      156.07      156.17      156.17

```



```

xp 206.00  206.00  206.00  446.00  446.00  446.00  833.00  833.00  749.00  749.00  749.00  749.00
772.00  772.00  772.00  772.00  34.00  34.00  34.00  34.00  26.00  26.00  22.00  22.00  -76.00  -
76.00  -76.00  -18.00  -18.00  -18.00
yp 285.00  285.00  285.00  323.00  323.00  323.00  335.00  335.00  284.00  284.00  284.00  284.00
184.00  184.00  184.00  184.00  157.00  157.00  157.00  157.00  273.00  273.00  -40.00  -40.00  45.00
45.00  45.00  -43.00  -43.00  -43.00
hp 7.50    4.50    1.50    7.50    4.50    1.50    4.50    1.50    10.50   7.50    4.50    1.50    10.50   7.50
4.50    1.50    10.50   7.50    4.50    1.50    4.50    1.50    4.50    1.50    7.50    4.50    1.50    7.50    4.50
1.50
--

```

-- GEBÄUDE-PARAMETER

-- xb = x-Koordinate des Gebäudes
-- yb = y-Koordinate des Gebäudes
-- ab = Länge in X-Richtung (m)
-- bb = Länge in Y-Richtung (m)
-- cb = Länge in Z-Richtung (m)
-- wb = Drehwinkel des Gebäudes (Grad)

	M31-01	M31-02	M32-01	M32-02	M33-01	M33-02	M34-01	M34-02	M35-01
M35-02		M36-01	M36-02	VWG	VWG-2				
xb	147.28	149.89	240.27	242.98	360.26	362.97	358.84	361.69	233.45
	236.29	140.76	143.60	106.61	112.53				
yb	11.76	14.98	13.12	16.43	7.00	10.43	100.33	103.44	159.36
	157.77	161.08	77.44	81.79					162.61
ab	73.20	66.85	72.89	67.17	76.73	71.02	76.72	71.16	73.02
	72.88	66.88	65.89	70.25					66.74
bb	76.76	71.05	76.79	70.75	73.20	66.77	72.84	67.02	76.98
	77.29	71.13	14.41	8.38					71.02
cb	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00	33.00	27.00
	27.00	33.00	21.60	21.60					33.00
wb	0.85	0.53	0.73	0.61	0.75	0.58	0.64	0.57	0.78
	0.78	0.61	270.74	270.75					0.61

*