

Prognose der Geruchs- und VOC-Immissionen im Bebauungsplangebiet Nr. 08/002 „Nördlich Gerresheimer Landstraße“ in Düsseldorf – Unterbach, verursacht durch die Emissionen der Lackieranlage eines bestehenden Kfz-Reparaturbetriebes

Projekt-Nr.: 18-07-03-FR
Umfang: 53 Seiten
Datum: 21.03.2019
Bearbeiter: Gabriel Hinze, Diplom-Meteorologe
Dr. Peter Scherer, Diplom-Physiker
Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe

iMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg

Tel.: 0761/ 202 1661
E-mail: hinze@ima-umwelt.de

iMA cologne GmbH
Am Wassermann 36
50829 Köln

0221 / 94 528 500
scherer@ima-umwelt.de

INHALT

1	SITUATION UND AUFGABENSTELLUNG	5
2	ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE	5
3	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	10
3.1	GERÜCHE.....	10
3.2	VOC-GEMISCHE.....	10
4	KURZBESCHREIBUNG DER AUTOLACKIERANLAGE	12
4.1	ALLGEMEINES.....	12
4.2	LACKIERUNG	13
4.3	TROCKNUNG.....	13
5	ERMITTLUNG DER EMISSIONEN.....	13
5.1	GERUCHSEMISSIONEN	13
5.2	TVOC-EMISSIONEN.....	14
5.3	ABGASFAHNEN-ÜBERHÖHUNG.....	14
6	METEOROLOGISCHE EINGANGSDATEN FÜR DIE AUSBREITUNGSRECHNUNG	15
6.1	MITTLERE WINDVERHÄLTNISSE.....	15
6.2	KALTLUFTABFLÜSSE.....	17
7	IMMISSIONEN	20
7.1	GERUCHSIMMISSIONEN DURCH ABSCHÄTZUNG IM NAHBEREICH	20
7.2	GERUCHSIMMISSIONEN DURCH AUSBREITUNGSRECHNUNG	24
8	VORBELASTUNG	30
9	ZUSAMMENFASSUNG	31
	LITERATURVERZEICHNIS.....	32
	ANHANG:.....	34
	ANHANG 1: ERGEBNISABBILDUNGEN	35
	ANHANG 2: AUSBREITUNGSRECHNUNGEN.....	39
A2.1	VERWENDETES AUSBREITUNGSMODELL.....	39

A2.2	VERWENDETES WINDFELDMODELL	39
A2.3	SIMULATIONSGBIET	40
A2.4	GELÄNDEEINFLUSS	40
A2.5	BERÜCKSICHTIGUNG VON GEBÄUDEN	40
A2.6	QUELLEN.....	42
ANHANG 3:	REPRÄSENTATIVES JAHR.....	44
ANHANG 4:	PROTOKOLLDATEN	46
A4.1	EINGABEDATEI DER LASAT-SIMULATION	46
A4.2	PROTOKOLLDATEI DER LASAT-SIMULATION (AUSSCHNITT)	47
A4.3	PROTOKOLLDATEI DER KALTLUFTSIMULATION IN GAK.....	52

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Düsseldorf plant die Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 08/002 „Nördlich Gerresheimer Landstraße“ im Stadtteil Unterbach. Im Bebauungsplangebiet ist Wohnbebauung sowie Gewerbenutzung vorgesehen.

Innerhalb einer bestehenden Gewerbegebiets-Fläche nördlich der Einmündung der Erkrather Straße in die Gerresheimer Landstraße befindet sich ein Kfz-Reparaturbetrieb, der auch Lackierarbeiten in einer Lackierkabine durchführt. Nordwestlich der Gewerbegebiets-Fläche soll ein Mischgebiet, nordöstlich ein allgemeines Wohngebiet ausgewiesen werden.

Im Rahmen der Beteiligung der Träger öffentlicher Belange wurde die Frage aufgeworfen, ob die heranrückende Bebauung durch die Gerüche der Lackiererei unzumutbar belastet wird. Im Folgenden wird daher geprüft, welche Geruchsimmissionen im Bereich der geplanten Bebauung zu erwarten sind und ob die Immissionswerte der Geruchsimmissions-Richtlinie eingehalten werden. Zusätzlich wird zu den von der Lackieranlage ausgehenden flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) Stellung genommen.

Die iMA Richter & Röckle, Messstelle nach § 29b BImSchG und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft und Geruchsimmissions-Richtlinie, wurde über die iMA cologne GmbH mit der Erstellung des Gutachtens beauftragt. Das Gutachten wurde daraufhin in Zusammenarbeit beider Firmen erstellt.

Das vorliegende Gutachten gliedert sich in folgende Kapitel:

- Darstellung der örtlichen Verhältnisse (Kapitel 2)
- Darstellung der Beurteilungsgrundlagen (Kapitel 3)
- Kurzbeschreibung der Lackieranlage (Kapitel 4)
- Darstellung der Emissionen (Kapitel 5)
- Darstellung der meteorologischen Daten (Kapitel 6)
- Darstellung der Immissionen (Kapitel 7)
- Zusammenfassung (Kapitel 8)

2 Örtliche Verhältnisse

Das Bebauungsplangebiet und die Lage des Kfz-Reparaturbetriebs sind in Abbildung 2-1 dargestellt.

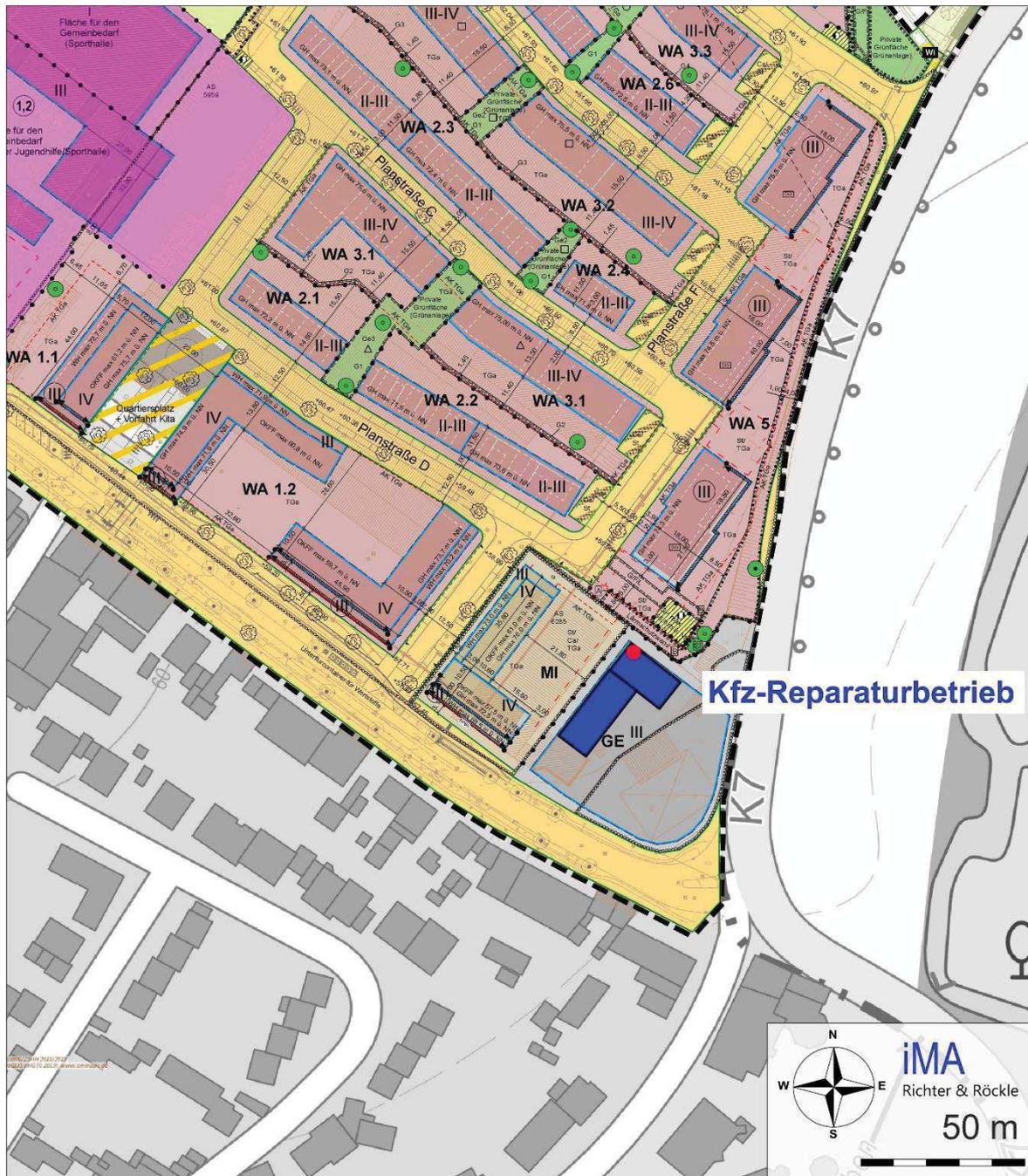


Abbildung 2-1: Südlicher Ausschnitt des Bebauungsplan-Entwurfes zum Bebauungsplan Nr. 08/002 „Nördlich Gerresheimer Landstraße“. Innerhalb des GE-Gebietes liegt der Kfz-Reparaturbetrieb (blau). Die Lage des Schornsteins der Lackierkabine ist rot markiert. Nördlich des GE-Gebietes ist innerhalb des MI- und WA 5-Gebietes Wohnbebauung geplant. Im Bestand war dort gewerbliche Nutzung. Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

Der Kfz-Reparaturbetrieb liegt an der Gerresheimer Landstraße 69 in Düsseldorf-Unterbach (siehe Abbildung 2-2). Die Koordinaten des Werkstattgebäudes, in dem die Lackierarbeiten durchgeführt werden, betragen im UTM-System näherungsweise:

Rechtswert: 32353625; Hochwert: 5674370; Höhe über NN: ca. 59 m

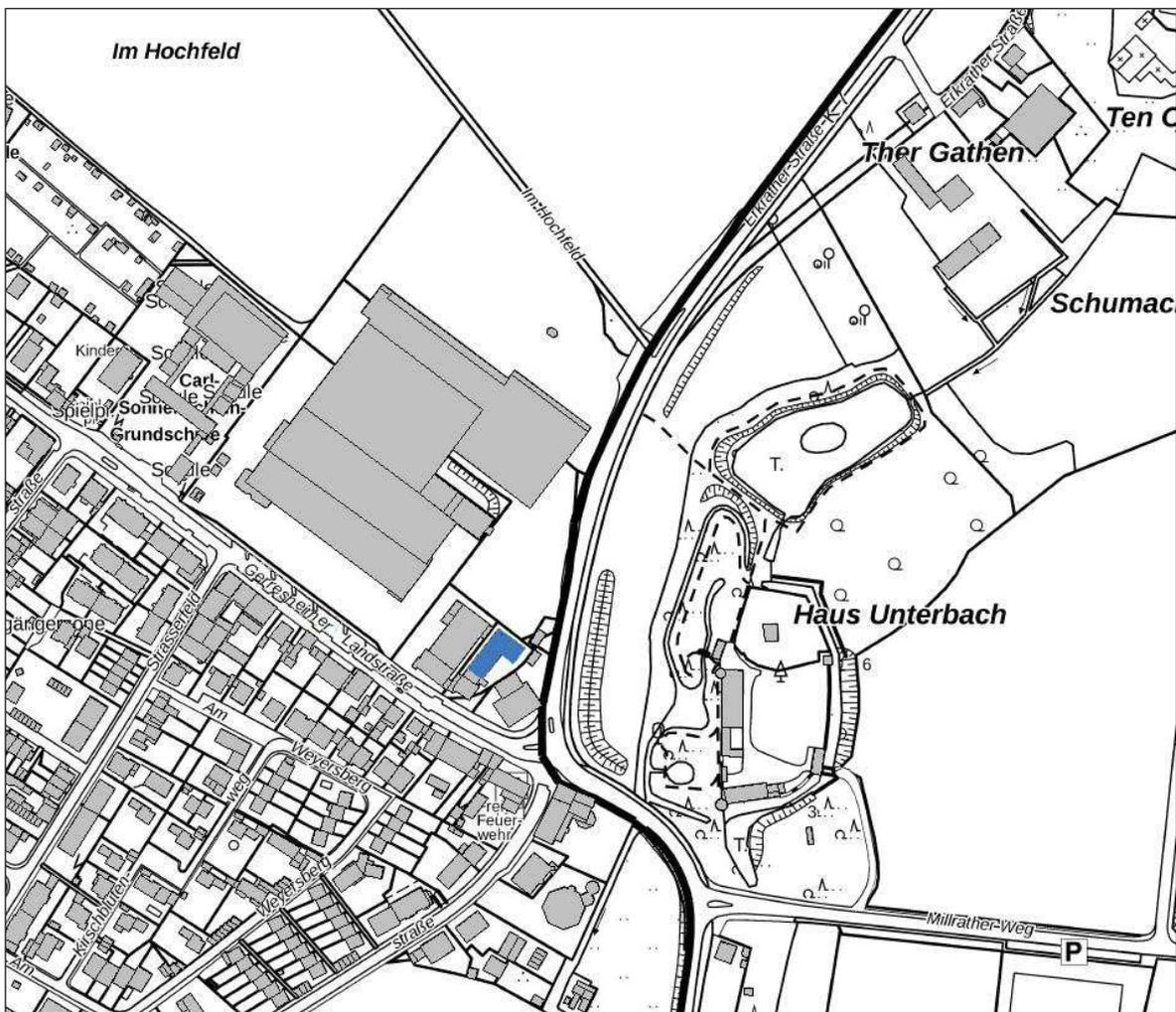


Abbildung 2-2: Lage der Kfz-Reparaturbetriebs, in dem Lackierarbeiten durchgeführt werden. Das Werkstattgebäude ist blau ausgefüllt. [Darstellung: genordet, UTM-Koordinaten; opengeodata.nrw.de; daraus Amtliche Basiskarte *abk_stern_32352_5672_4_nw* sowie LOD1-Gebäude-umringe: *LoD1_353_5674_1* Quelle: opengeodata.nrw.de]

Das Betriebsgelände liegt innerhalb des GE-Gebietes im südlichen Teil des Plangebiets zum Bebauungsplan Nr. 08/002 „Nördlich Gerresheimer Landstraße“ in Düsseldorf-Unterbach.

Am 28.06.2018 wurde die Umgebung des Betriebs vom Gutachter besichtigt und fotografisch dokumentiert. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Umgebungsbedingungen erfasst. Am 29.11.2018 wurde die Autolackierung besichtigt und die Vorgänge, die zur Ermittlung der Emissionen maßgebend sind, dokumentiert.

Abbildung 2-3 zeigt ein Foto vom 28.06.2018, in dem der Schornstein der Lackierkabine zu sehen ist. Abbildung 2-4 zeigt den Schornstein aus etwas größerer Entfernung.



Abbildung 2-3: Foto IMG_3432 des Ortstermins vom 28.06.2018. Das Foto zeigt aus Richtung Nordwesten den oberen Teil des Schornsteins (roter Pfeil) der Lackierkabine.



Abbildung 2-4: Foto DSC_1060.JPG des Ortstermins vom 29.11.2018. Das Foto wurde aus westlicher Richtung aufgenommen und zeigt den Schornstein der Lackierkabine (roter Pfeil). Die ursprüngliche Umgebungsbebauung auf dem Nachbargrundstück der Werkstatt ist bereits nicht mehr vorhanden.

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Gerüche

3.1.1 Immissionswerte

Zur Beurteilung der Geruchsimmissionen wird die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL, [3]) herangezogen, die in Nordrhein-Westfalen im Verwaltungsvollzug angewandt wird.

Der Belästigungsgrad durch Gerüche wird gemäß GIRL 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 für die Beurteilung maßgeblichen Flächen (Beurteilungsflächen) sind die in Tabelle 3-1 aufgeführten Immissionswerte einzuhalten. Wenn diese Werte eingehalten werden, ist üblicherweise von keinen erheblichen und somit keinen schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des §3 BImSchG auszugehen.

Tabelle 3-1: Immissionswerte für Geruch entsprechend Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL, [3]): Relative Häufigkeiten von Geruchsstunden pro Jahr

Nutzungskategorie	Immissionswert
Wohn-/Mischgebiete (WA, MI)	10 %
Gewerbe- /Industriegebiete (GE, GI)	15 %

3.1.2 Beurteilungsflächen

Die Beurteilungsflächen sollen im Regelfall eine Abmessung von 250 m x 250 m aufweisen. Bei niedrigen Quellen oder inhomogener Geruchsstoffverteilung innerhalb des Beurteilungsgebiets soll die Flächengröße verkleinert werden.

Im vorliegenden Gutachten wird eine Flächengröße von 10 m x 10 m verwendet, um die Verteilung der Geruchsimmissionen an den geplanten Wohnhäusern höher aufzulösen. Eine noch kleinere Maschenweite sollte aufgrund der Modellunsicherheiten nicht gewählt werden.

3.2 VOC-Gemische

Für VOC-Gemische existiert kein gesetzlicher Immissionswert. Zur Beurteilung der Immissionssituation für TVOC (= Gesamt-VOC bei VOC-Gemischen) wird daher hilfswise gemäß [6] auf zwei toxikologisch begründbare Richtwerte, die ursprünglich für eine TVOC-Exposition in Innenräumen abgeleitet wurden, zurückgegriffen.

Dem folgenden Zitat entnimmt man den medizinisch begründeten Vorschlag, die chronische Wirkschwelle von 200 µg/m³ als Langzeit-Richtwert für TVOC im Sinne des Gesundheitsschutzes zu übernehmen. Dieser Wert soll als Begrenzung für dauerhafte Innenraumkonzentrationen verwendet werden. Im Sinne einer konservativen Immissionsbewertung wird geprüft, ob der Wert vor den Fenstern der beurteilungsrelevanten Fassaden der potentiell heranrückenden Planbebauung im Jahresmittel eingehalten wird.

Zitat aus der Veröffentlichung [6] (Schlussabsatz „Recht“):

„Rechtlich muss die Schwelle von 200 µg/m³ als chronische Wirkschwelle der Gefahrenabwehr zugeordnet werden. Denn Gesundheitsgefahr ist stets der Gefahrenabwehr zuzuordnen. Die Gefährdung der Gesundheit löst sowohl den Anspruch auf Abwehr der Gefährdung als auch auf Schutz durch den Staat nach Art. 2 Abs. 2 GG aus. [...] Es ist erforderlich die chronische Wirkschwelle von 200 µg/m³ als Grenzwert zu etablieren und entsprechend rechtlich zu würdigen.“

Tabelle 3-2: Dosis-Wirkungsbeziehung für VOC-Richtwerte [Quelle: /14/]

Richtwerte µg TVOC/m ³	Reaktionen nach subakuter Belastung (Molhave) ²	Toxikologische Wirkschwelle	Gefahrenabwehr ⁵ / Handlungsbedarf
Innraumkommission des Umweltbundesamtes			
< 200	keine Reizung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens	chronisch	Vorsorge
200 - 300 ¹	IRK: „im langzeitigen Mittel ... nach Möglichkeit sogar unterschreiten“	chronisch	abstrakt - konkret ³ / Prüfbedarf
200 - 3000	Reizung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens möglich bei Wechselwirkung mit anderen Expositionsparametern		konkret / Prüfbedarf
1.000 - 3.000 ¹	IRK: „nicht auf Dauer“	sub-chronisch	konkret / erhöhter Prüfbedarf
3.000 - 25.000	Exposition führt zu einer Wirkung, Kopfschmerzen möglich		konkret - unmittelbar ³ / Nutzungseinschränkung
10.000 - 25.000 ¹	IRK: „Allenfalls vorübergehend täglich zumutbar“	akut	unmittelbar / Nutzungseinschränkung
25.000	Kopfschmerzen, neurotoxische Wirkungen möglich	akut	Alarmschwelle ⁴

Tab. 1: Dosis-Wirkungsbeziehung für VOC - Richtwerte

1) Die Bereiche der IRK-Grenzwerte sollen der unterschiedlichen Toxizität unterschiedlicher Gemische Rechnung tragen - wie wird allerdings nicht definiert.

2) Abgeleitet aus vierwöchigem Probandenversuch

3) je nach Belastungsdauer

4) Vorschlag wurde nicht umgesetzt, Belastung nach Renovierung möglich

5) Rechtlich ist zu unterscheiden in a) abstrakte, d.h. theoretisch mögliche, Gesundheitsgefahr, in der die Erkrankung nur noch vom Zufall abhängt, und schließlich c) unmittelbare Gefahrenabwehr, die sofortiges Eingreifen notwendig macht.

In Tabelle 3-2, die der Veröffentlichung [6] entnommen wurde, ist die Dosis-Wirkungsbeziehung für TVOC aufgeführt. Als TVOC-Langzeit-Richtwert wird der Schwellenwert von 200 µg/m³ übernommen. Für den Bereich 1.000 – 3.000 µg/m³ wird von der Innenraumkommission (IRK) des Umweltbundesamtes (UBA) laut Tabelle 3-2 empfohlen, diesen Werten „nicht auf Dauer“ ausgesetzt zu sein. Der Bereich 10.000 – 25.000 µg/m³ ist gemäß IRK „allenfalls vorübergehend täglich zumutbar“. Mit diesen Angaben kann begründet werden, dass sich eine Schwelle von 300 – 1.000 µg/m³ als „Kurzzeit-Richtwert“ für

Tagesmittelwerte eignet. Konservativ werden die rechnerisch ermittelten TVOC-Tagesmittelwerte mit der unteren Grenze dieses Bereichs, entsprechend $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verglichen.

Zusammenfassend werden somit folgende TVOC-Schwellenwerte als konservative Richtwerte zur Beurteilung der TVOC-Immissionen herangezogen:

- **TVOC-Langzeit-Richtwert für Jahresmittelwerte:** **$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$**
- **TVOC-Kurzzeit-Richtwert für Tagesmittelwerte:** **$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

Da die o.g. Werte gemäß [6] für zumutbare TVOC-Belastungen in Innenräumen gelten, ist das Einhalten der Werte vor Fenstern von Aufenthaltsräumen ausreichend für einen gesundheitlichen Vorsorgeschutz für Menschen, die sich in den beurteilungsrelevanten Gebäuden im Jahresverlauf überwiegend aufhalten (Wohnungen, Büros, et cetera).

4 Kurzbeschreibung der Autolackieranlage

4.1 Allgemeines

Die Lackieranlage wurde von uns am 29.11.2018 besichtigt. Dabei wurden die Betriebsbedingungen der Anlage mit dem am Besichtigungstag zuständigen Mitarbeiter der Firma abgestimmt. Im Nachgang zum vorstehend genannten Ortstermin wurde von uns ein Fragebogen an den Betreiber der Lackieranlage gesendet, in dem dezidierte Angaben zu der Anlage, den Lacken, Emissionen und eventuellen diffusen Emissionen abgefragt wurden. Der Fragebogen wurde vom Betreiber ausgefüllt und an uns rückübermittelt.

Die Lackierung und Trocknung erfolgen in einer geschlossenen Lackierkabine an der nördlichen Ecke des Betriebsgebäudes. Die Fortluft aus der Lackierkabine wird über einen Schornstein über Dach der Lackierkabine in die Atmosphäre abgeleitet. Die Ableithöhe beträgt gemäß vorliegenden Vermessungsdaten circa 8 m über Grund.

Die Lackierarbeiten können werktags während der Betriebszeit der Kfz-Reparaturbetriebs zwischen 7:00 Uhr und 17:00 Uhr durchgeführt werden. Innerhalb der Arbeitszeit wird die Lackieranlage nach Angaben des Betreibers maximal 4 Stunden pro Tag betrieben. Der stündliche Lackverbrauch beträgt dabei etwa $0,25 \text{ kg}/\text{h}$. Pro Jahr werden maximal $250 \text{ kg}/\text{a}$ an Lacken verarbeitet. Bei 95 % der eingesetzten Lacke handelt es sich um Wasserlacke, deren Lösemittelgehalt etwa 10 % beträgt. Maximal 5 % der eingesetzten Lacke sind laut Mitteilung des Betreibers Lacke auf VOC-Lösemittel-Basis zur Lackierung von Oldtimer-Kraftfahrzeugen.

Im Folgenden wird die Betriebsweise der Lackieranlage beschrieben.

4.2 Lackierung

Die Lackierarbeiten an den Fahrzeugen oder Fahrzeugteilen werden innerhalb der Lackierkabine bei geschlossenem Tor durchgeführt. Diffuse Emissionen sind daher nicht möglich.

Während der Lackierung ist die Lüftungsanlage in Betrieb. Diese saugt Außenluft über einen Ventilator an, erwärmt diese und bläst sie in die Lackierkabine ein. Je nach Bedarf steht zur Erwärmung der Außenluft zusätzlich ein Brenner zur Verfügung.

Zur Absaugung wird die Kabinenluft zur Abscheidung von Partikeln und Aerosolen über Gewebefilter abgezogen. Anschließend wird die Fortluft über den Schornstein senkrecht nach oben ausgeblasen.

4.3 Trocknung

Nach der Lackierung wird die Anlage in den Trocknungsbetrieb umgestellt. Die Kabinenluft wird weiterhin nach unten über den Gewebefilter abgesaugt. Anschließend wird sie im Wärmetauscher (je nach Bedarf mit Unterstützung des Brenners) auf die benötigte Trocknungstemperatur erwärmt und wieder der Lackierkabine zugeführt. Die Anlage arbeitet dabei im Umluftbetrieb, so dass bei diesem Betriebszustand keine Emissionen freigesetzt werden.

5 Ermittlung der Emissionen

5.1 Geruchsemissionen

Als Eingangsgröße für die Ausbreitungsrechnung muss der Geruchsstoffstrom, das heißt die Emission von Geruchsträgern pro Zeiteinheit, ermittelt werden. Der Geruchsstoffstrom wird in Geruchseinheiten¹ (GE) pro Stunde angegeben.

Die Geruchsstoffemissionen von Lackieranlagen werden hauptsächlich durch die eingesetzten Lösemittel verursacht [5]. Zur Ermittlung der Geruchsemissionen wird auf Ergebnisse, die im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg gewonnen und im Programmsystem im Projekt GERDA [5] zusammengestellt wurden, zurückgegriffen. Der maximale Emissionsfaktor beträgt für Lackieranlagen 3×10^6 GE pro kg

¹ Eine Geruchseinheit ist die Menge eines Geruchsstoffs, der in einem Kubikmeter geruchsbehaftetem Gas an der Kollektivschwelle vorhanden ist. Die Kollektivschwelle ist die Geruchswahrnehmungsschwelle für ein Kollektiv von Geruchsprüfern.

eingesetzter Lösemittel². Das heißt, je kg Lösemittel werden drei Million Geruchseinheiten freigesetzt.

Zur Ermittlung der Geruchsemissionen aus dem Schornstein wird somit der Verbrauch an Lösemitteln benötigt. Laut Betreiberangaben beträgt der Lackverbrauch maximal 0,25 kg pro Stunde. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wird diese Menge auf 0,5 kg/h verdoppelt. Ferner wird angenommen, dass der mittlere Lösemittelgehalt 50 % beträgt, woraus sich ein Lösemittelverbrauch von 0,25 kg/h errechnet. Da der Betreiber hauptsächlich Wasserlacke einsetzt, die einen deutlich geringeren Lösemittelanteil aufweisen, führt der Ansatz zu einer Überschätzung der Geruchsstoffemissionen.

Mit dem Geruchsemissionsfaktor von 3×10^6 GE/kg Lösemittel errechnet sich die stündliche Fracht an Geruchsstoffen zu $0,5 \text{ kg/h} \times 50 \% \times 3 \times 10^6 \text{ GE/kg} = 0,75 \times 10^6 \text{ GE/h}$ beziehungsweise **208 GE/s**.

Dieser Geruchsstoffstrom wird in der Ausbreitungsrechnung konservativ über 8 Stunden pro Arbeitstag (Mo. - Sa.) zwischen 7:00 Uhr und 17:00 Uhr angesetzt. Werden pro Kalenderjahr 314 Arbeitstage angenommen, somit also weder Urlaubs- noch Feiertage abgezogen, errechnet sich daraus eine Emissionszeit von 2.512 Stunden pro Jahr.

5.2 TVOC-Emissionen

Als Eingangsgröße für die Ausbreitungsrechnung muss der TVOC - Massenstrom, das heißt der Massenstrom von Gesamt-VOC, bestimmt werden. Der Massenstrom wird in der Einheit Gramm pro Sekunde (g/s) angegeben.

Zur Ermittlung des TVOC - Massenstroms wird der Verbrauch an Lösemitteln benötigt. Dieser wird analog zur Ermittlung der Geruchsemissionen (siehe Kapitel 5.1) mit 0,25 kg pro Stunde beziehungsweise **0,069 g/s TVOC** angesetzt.

Dieser TVOC - Massenstrom wird in der Ausbreitungsrechnung über 8 Stunden pro Arbeitstag (Mo. - Sa.) zwischen 7:00 Uhr und 17:00 Uhr angesetzt. Daraus ergibt sich eine Emissionszeit von 2.512 Stunden pro Jahr.

5.3 Abgasfahnen-Überhöhung

Die Abgasfahnen-Überhöhung aufgrund des Wärme- und Impulsstroms der Fortluft kann gemäß VDI 3782 Blatt 3 [13] in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden, wenn ein ungestörter Abtransport in die freie Luftströmung gewährleistet ist [8]. Im vorliegenden Fall wird konservativ auf eine Berücksichtigung der Überhöhung verzichtet.

² Für Kfz-Lackierungen werden $2,2 \times 10^6$ GE/kg eingesetzter Lösemittel angegeben. Wir verwenden konservativ 3×10^6 GE/kg eingesetzter Lösemittel

6 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

Die Ausbreitung der Gerüche wird wesentlich von den meteorologischen Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Turbulenzzustand der Atmosphäre bestimmt. Der Turbulenzzustand der Atmosphäre wird durch Ausbreitungsklassen beschrieben. Die Ausbreitungsklassen sind somit ein Maß für das ‚Verdünnungsvermögen‘ der Atmosphäre. Die Eigenschaften der Ausbreitungsklassen sind in Tabelle 6-1 beschrieben.

Tabelle 6-1: 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

6.1 Mittlere Windverhältnisse

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

Bei Verwendung einer Zeitreihe ist es möglich, die tageszeitliche Verteilung der Emissionen und die daran gekoppelten meteorologischen Ausbreitungssituationen zu berücksichtigen.

Die nächstgelegene meteorologische Station, an der die Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten kontinuierlich gemessen werden, befindet sich etwa 13 km nordwestlich der Anlage am 'Flughafen Düsseldorf'. Sie wird vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betrieben.

Die Aufstellung des Messgerätes entspricht den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3786, Blatt 2. Die Koordinaten der Station betragen:

Geogr. Breite: 51.2960° Nord
Geogr. Länge: 6.7686° Ost
Höhe über NN: circa 37 m
Höhe über Grund: 10 m

Um die meteorologischen Verhältnisse im Bereich des Kfz-Reparaturbetriebs zu berechnen, wurde eine Windfeldsimulation mit dem zu AUSTAL2000 gehörenden numerischen diagnostischen Windfeldmodell TALdia (Version 2.6.5-WI-x vom 02.09.2014) durchgeführt. Hierbei wurde das Simulationsgebiet so gewählt, dass sowohl der Standort der Messstation als auch der Standort des Kfz-Betriebs in das Rechengebiet eingeschlossen waren. Aus dem berechneten Windfeld, das den Einfluss der Geländeunebenheiten berücksichtigt, wurde die Zeitreihe am Standort des KFZ-Betriebs ermittelt. Die Häufigkeitsverteilung im Bereich des Kfz-Reparaturbetriebs unterscheidet sich nur unwesentlich von der am Flughafen Düsseldorf.

Ein für 10-jährige Verhältnisse repräsentatives Jahr wurde entsprechend den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] aus dem 10-Jahreszeitraum 01.01.2008 bis 31.12.2017 ermittelt. Die Vorgehensweise zur Bestimmung des repräsentativen Jahres ist in Anhang 2 dieses Gutachtens dargestellt. Die geringste Abweichung zum langjährigen Mittel weist das Jahr 2016 auf, so dass dieses Jahr für die Ausbreitungsrechnung verwendet wird.

Abbildung 6-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen für das Jahr 2016. Die Länge der Strahlen gibt an, wie häufig der Wind aus der jeweiligen Richtung weht.

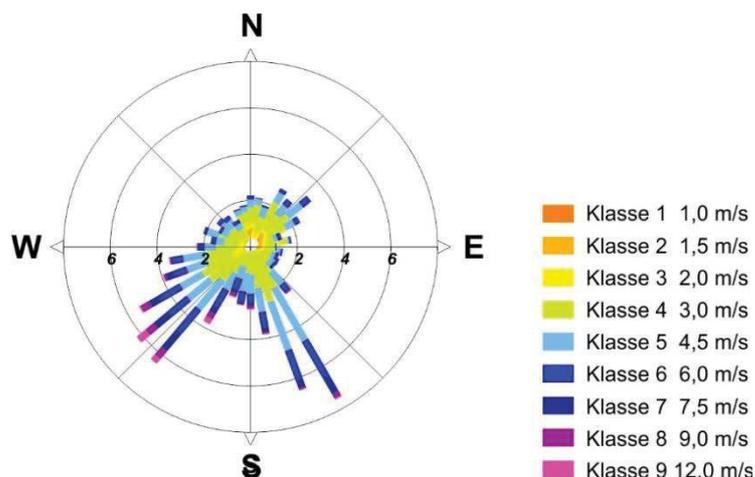


Abbildung 6-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen an der Messstation 'Flughafen-Düsseldorf' des Deutschen Wetterdienstes

Die Ausbreitungsklasse wird gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 anhand der Bedeckungsdaten des Deutschen Wetterdienstes, die an der Station 'Flughafen-Düsseldorf' gemessen werden, ermittelt.

Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen zeichnet sich durch zwei ausgeprägte Maxima bei Windrichtungen aus Südwest sowie Süd-Südost und ein sekundäres Windrichtungmaximum bei Nordost aus. Die südöstlichen Windrichtungen sind auf die Leitwirkung des Hangfußes des östlich gelegenen Bergischen Landes zurückzuführen. Bei höheren Windgeschwindigkeiten und neutralen bis leicht labilen Ausbreitungsklassen überwiegen Windrichtungen aus Südwest, da die Atmosphäre stärker durchmischt ist und die Leitwirkung des Bergischen Landes weniger ausgeprägt ist.

Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen ist in Abbildung 6-2 dargestellt. Die neutralen Ausbreitungsklassen (III/1 + III/2) sind mit etwa 74 % am häufigsten vertreten, gefolgt von den stabilen Ausbreitungsklassen (I + II), deren Häufigkeit etwa 19 % beträgt. Labile atmosphärische Verhältnisse (IV + V) kommen mit circa 7 % am seltensten vor.

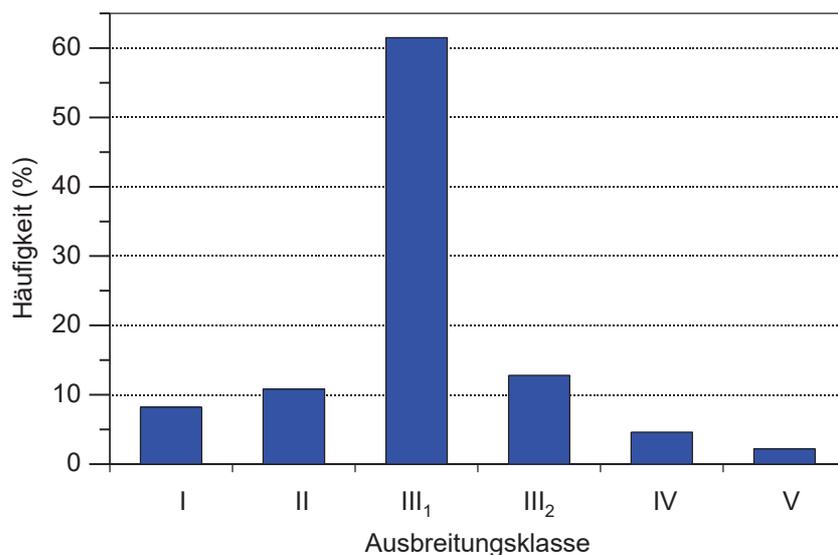


Abbildung 6-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

6.2 Kaltluftabflüsse

Für die Ausbreitung von Gerüchen können lokale Windsysteme, insbesondere Kaltluftabflüsse, von besonderer Bedeutung sein. Kaltluftabflüsse bilden sich in klaren, windschwachen Abenden, Nächten und Morgenstunden aus, wenn die Energieabgabe der Boden- und Pflanzenoberflächen aufgrund der Wärmeausstrahlung größer als die Gegenstrahlung der Luft ist. Dieser Energieverlust verursacht eine Abkühlung der Boden- und Pflanzenoberfläche, so dass die Bodentemperatur niedriger als die Lufttemperatur ist.

Durch den Kontakt zwischen dem Boden und der Umgebungsluft bildet sich eine bodennahe Kaltluftschicht.

In ebenem Gelände bleibt die bodennahe Kaltfluthaut an Ort und Stelle liegen. In geneigtem Gelände setzt sie sich infolge von horizontalen Dichteunterschieden (kalte Luft besitzt eine höhere Dichte als warme Luft) hangabwärts in Bewegung. Es bilden sich dann flache, oftmals nur wenige Meter mächtige Windströmungen aus, die aufgrund ihrer vertikalen Temperaturverteilung eine geringe vertikale Durchmischung aufweisen. Gerüche können so über größere Strecken transportiert werden.

Da es sich bei Kaltluftabflüssen um lokale, kleinräumige Phänomene handelt, entspricht die Fließrichtung am Standort der Planung gegebenenfalls nicht der Fließrichtung am Standort der Messstation. Daher müssen Sonderuntersuchungen durchgeführt werden. Wie oben beschrieben, treten Kaltluftabflüsse insbesondere in den Abend- und Nachtstunden nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang auf. Da die Lackieranlage nur tagsüber zwischen 7:00 Uhr und 17:00 Uhr betrieben wird, spielen Kaltluftabflüsse eine untergeordnete Rolle.

Um auf der sicheren Seite zu liegen, wurde eine Untersuchung mit dem Kaltluftabfluss-Modell GAK („Geruchsausbreitung in Kaltluftabflüssen“) durchgeführt (Röckle & Richter, 1998; Röckle & Richter, 2000; Röckle et al., 2012). Dieses Modell wurde in mehreren Bundesländern implementiert und zeigt eine gute Übereinstimmung mit den beobachteten Verhältnissen. Wesentliche Eingangsparameter für das Modell sind das Geländere Relief und die Nutzungsstruktur. Diese Größen steuern die aerodynamische Rauigkeit und die Kaltluftproduktion.

Die Berechnungen wurden für eine typische wolkenarme Nacht ohne übergeordneten Wind durchgeführt. Das Modell liefert, abhängig von Orographie und Landnutzung, die vertikal gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten und die Kaltluftmächtigkeit im Simulationsgebiet.

Die Simulationen zeigen, dass sich am Standort des Kfz-Betriebs ein schwach ausgeprägter Kaltluftabfluss ausbildet. Dieser erreicht in den ersten Nachtstunden eine Fließgeschwindigkeit von bis zu 0,2 m/s und eine vertikale Ausdehnung von < 8 m (siehe Protokolldatei in Anhang A4.3). Da die Ableitung über einen Schornstein in 8 m über Grund erfolgt, ist am Standort zu Beginn der Nacht keine Beeinflussung der Geruchsausbreitung durch Kaltluftabflüsse zu erwarten. Im weiteren Verlauf der Nacht erreicht die vertikale Ausdehnung des Kaltluftabflusses Höhen bis zu 16 m. Die Fließgeschwindigkeit bleibt mit 0,2 m/s unverändert. Abbildung 6-3 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer Kaltluftsimulation gegen Ende der Nacht. Hieraus geht hervor, dass die Kaltluftströmung im Nahbereich des Lackierbetriebs in Richtung Südwesten fließt. Das Bebauungsplangebiet wird somit von etwaigen Kaltluftabflüssen nicht beeinflusst.

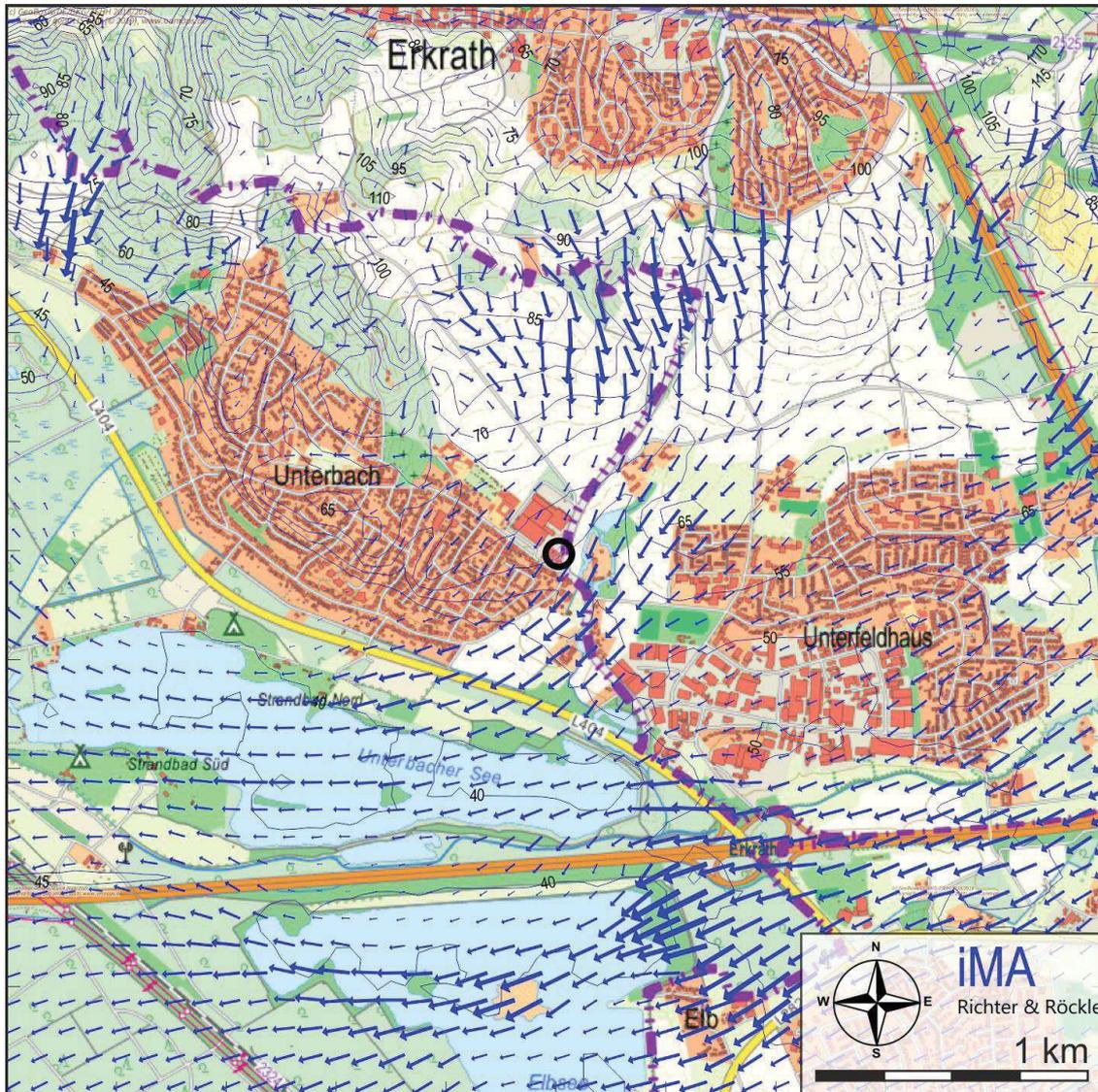


Abbildung 6-3: Simulationsergebnisse mit dem Kaltluftabflussmodell GAK gegen Ende der Nacht. Die Lackieranlage ist schwarz eingekreist. Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

Kaltluftabflüsse zeichnen sich durch eine turbulenzarme Strömung aus, die in der verwendeten meteorologischen Zeitreihe durch die ‚Ausbreitungsklasse I‘ repräsentiert wird (siehe Tabelle 6-1). Wenn aus der meteorologischen Zeitreihe nur die Ausbreitungsklasse I extrahiert wird, ergibt sich die Windrichtungsverteilung in Abbildung 6-4. Diese zeigt, dass bei der Ausbreitungsklasse I Winde aus nordöstlichen Richtungen auftreten. Diese Windrichtungen stimmen gut mit den Ergebnissen der Kaltluftsimulation überein. Die Verteilung des Flughafens Düsseldorf wird daher ohne Modifizierung übernommen.

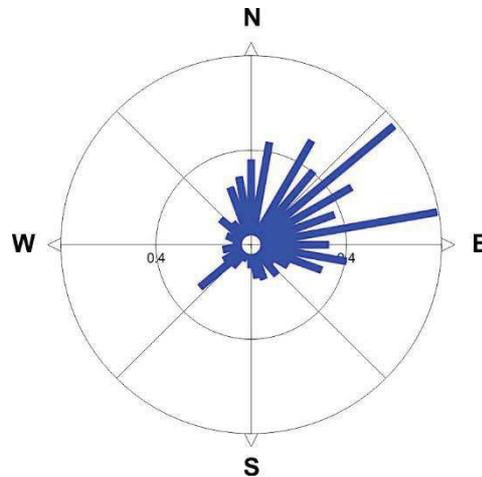


Abbildung 6-4: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen an der Messstation 'Flughafen-Düsseldorf' bei Ausbreitungsklasse I.

7 Immissionen

7.1 Geruchsmissionen durch Abschätzung im Nahbereich

Im Vorfeld einer mikroskaligen Geruchsausbreitungsrechnung wird an dieser Stelle zunächst eine Grobabschätzung für die zu erwartende Geruchsmissionshäufigkeit durch die Geruchsemissionen einer Punktquelle in deren Nahbereich in Anlehnung an eine Methode [14] des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Immissionspunkte mit weniger als 30 m Entfernung zur Punktquelle liegen im sogenannten extremen Nahbereich.

Wir beschränken uns in der Analyse auf eine punktförmige Quelle, da dies der zu untersuchenden Situation entspricht; denn es gibt einen Schornstein, über den die Abluft der Lackierkabine abgeführt wird. Diffuse Emissionen sind gemäß den Angaben des Betreibers der Lackierkabine nicht vorhanden.

Die Grobabschätzung geht konservativ davon aus, dass jede Windrichtung, die in Bezug zur Verbindungslinie zwischen Immissionspunkt I und Quelle Q innerhalb eines Sektors von $\pm 30^\circ$ um die Verbindungslinie liegt, zu einer Geruchsmission führt (siehe Abbildung 7-1). Somit sind die damit abgeschätzten Geruchsmissionshäufigkeiten unabhängig von der Geruchsstoffkonzentration, die dem Schornstein entweicht. Es kommt alleine darauf an, ob die potentiell beaufschlagende Windrichtung im entsprechenden 60° -Sektor liegt. Das Ergebnis wird als Windrichtungshäufigkeit h_w bezeichnet.

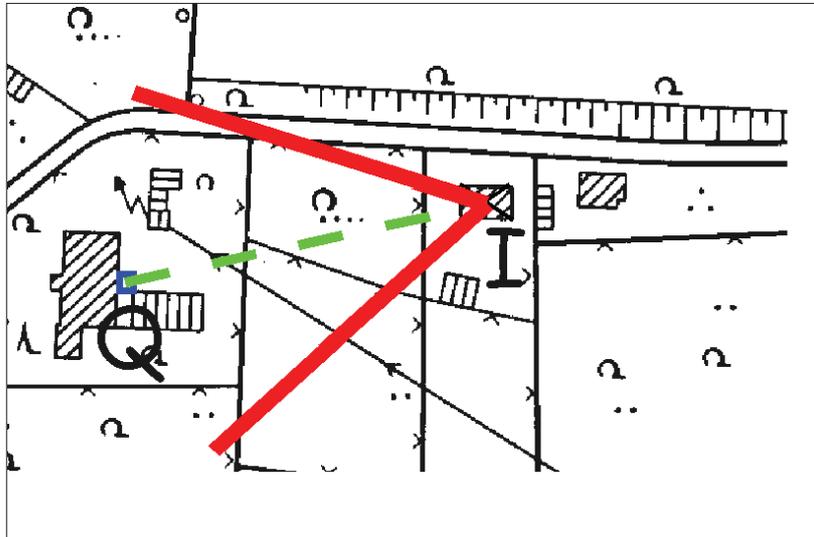


Abbildung 7-1: Prinzip-Skizze: Beaufschlagungssektor für eine Punktquelle Q und einen punktförmigen Immissionsort I. Die beaufschlagende Windrichtung ist mit der grünen, gestrichelten Linie gekennzeichnet. Rot markiert ist der relevante Beaufschlagungssektor. [Quelle: [14]]

Zusätzlich wird die sogenannte Emissionshäufigkeit h_e der Quelle berücksichtigt. Diese ist nach oben begrenzt durch die Anzahl der möglichen jährlichen Betriebsstunden der Anlage. Aufgrund der Angaben des Betreibers ist von 4 Lackierstunden während der werktäglichen 10 Betriebsstunden des Kfz-Reparaturbetriebes zwischen 7:00 Uhr und 17:00 Uhr auszugehen. Das entspricht im Kalenderjahr einer Anzahl Lackierstunden von 314 Werktagen / Jahr \times 4 Stunden / Tag = 1.256 Lackierstunden / Jahr.

Entsprechend werten wir konservativ ergänzend noch 6 beziehungsweise 8 werktägliche Lackierstunden aus, was insgesamt 1.884 beziehungsweise 2.512 Lackierstunden pro Jahr entspricht.

Damit ergeben sich bei insgesamt 8.760 Kalenderjahresstunden folgende Emissionshäufigkeiten h_e in Abhängigkeit von den täglichen Lackierstunden:

- 1) $h_e(4) = 1256 / 8760 = 0,143$
- 2) $h_e(6) = 1884 / 8760 = 0,215$
- 3) $h_e(8) = 2512 / 8760 = 0,287$

Aus der Windrichtungshäufigkeit h_w und der Emissionshäufigkeit h_e errechnet sich die sogenannte Beaufschlagungshäufigkeit H als Produkt der Emissionshäufigkeit und der Windrichtungshäufigkeit:

$$H = h_e \cdot h_w .$$

Die Windrichtungshäufigkeit h_w hängt von dem beaufschlagenden Windrichtungssektor der Jahreswindrose ab, der durch die Verbindungslinie zwischen Immissionspunkt und Punktquelle gegeben ist. Um in Bezug auf die Windrichtungshäufigkeit h_w eine konservative Abschätzung zu erhalten, ist somit in Anlehnung an die Veröffentlichung [14] der zusammenhängende 60°-Windrichtungssektor aus der Jahreswindrose zu bestimmen, der die höchste Windrichtungshäufigkeit aufweist.

In der folgenden Tabelle 7-1 sind die relativen Häufigkeiten der Windrichtungen innerhalb von 10° Grad-Sektoren der lokalen Windrose aufgelistet. Diese wurden aus der repräsentativen Windrose der Messstation Flughafen-Düsseldorf berechnet, die mittels TALdia (Version 2.6.5-WI-x vom 02.09.2014) auf das Untersuchungsgebiet übertragen wurde (siehe Kapitel 6). Die Auswertung ergab zusätzlich, dass in 0,053 = 5,3% der Jahresstunden Schwachwinde mit Windgeschwindigkeiten kleiner als 1 m/s auftreten.

In Tabelle 7-1 ist der maximal beaufschlagte 60°-Sektor rot markiert. Dessen Windrichtungshäufigkeit ergibt sich als Summe über die sechs markierten Sektoren zu 0,284. Das heißt, für alle Immissionspunkte innerhalb des Nahbereichs, die weiter als 30 m vom Schornstein entfernt liegen, ergibt sich maximal eine beaufschlagende Windrichtungshäufigkeit von $h_w = 0,284 = 28,4\%$.

Tabelle 7-1: Relative Häufigkeit der Windrichtungen je Windrichtungssektor. Der 60°-Sektor mit der höchsten Summenhäufigkeit liegt in den Richtungssektoren 210° - 260° ist zusammenhängend rot markiert. Die Summenhäufigkeit beträgt 0,284. Der Anteil der Schwachwinde < 1 m/s beträgt insgesamt 0,053.

Windrichtungssektor	Windrichtung in Grad	relative Häufigkeit
0	356-5	0,014
10	6-15	0,018
20	16-25	0,021
30	26-35	0,025
40	36-45	0,023
50	46-55	0,027
60	56-65	0,022
70	66-75	0,011
80	76-85	0,010
90	86-95	0,009
100	96-105	0,012
110	106-115	0,013
120	116-125	0,015
130	126-135	0,013
140	136-145	0,022
150	146-155	0,080
160	156-165	0,065
170	166-175	0,038
180	176-185	0,027
190	186-195	0,025
200	196-205	0,023

Windrichtungssektor	Windrichtung in Grad	relative Häufigkeit
210	206-215	0,038
220	216-225	0,064
230	226-235	0,060
240	236-245	0,053
250	246-255	0,038
260	256-265	0,031
270	266-275	0,022
280	276-285	0,018
290	286-295	0,018
300	296-305	0,016
310	306-315	0,015
320	316-325	0,016
330	326-335	0,013
340	336-345	0,017
350	346-355	0,015
Schwachwinde		0,053

Für Immissionspunkte innerhalb des extremen Nahbereichs mit Entfernungen vom Schornstein von unter 30 m wird diese Häufigkeit noch mit der Häufigkeit aller Schwachwindsituationen, die 5,3% der Jahresstunden ausmachen, beaufschlagt; denn im extremen Nahbereich muss mit Geruchswahrnehmungen auch bei schwachen Winden unabhängig von der Windrichtung gerechnet werden [14]. Somit erhält man für den extremen Nahbereich ein maximales $h_w = 0,284 + 0,053 = 0,337 = 33,7\%$.

Nun werden die maximal zu erwartenden Beaufschlagungshäufigkeiten für den Nahbereich und extremen Nahbereich, sowie getrennt für 4, 6 und 8 tägliche Lackierstunden, zusammengeführt.

Tabelle 7-2: Ergebnisse der Nahbereichsabschätzung: Maximale Beaufschlagungshäufigkeiten für den Nahbereich und extremen Nahbereich, getrennt für 4, 6 und 8 tägliche Lackierbetriebsstunden.

Anzahl Lackierstunden pro Tag	Emissionshäufigkeit h_e	Windrichtungshäufigkeit h_w	Maximale Beaufschlagungshäufigkeit H_{max}
Maximaler Immissionspunkt im Nahbereich über 30 m			
4	0,143	0,284	0,041
6	0,215	0,284	0,061
8	0,287	0,284	0,082
Maximaler Immissionspunkt im extremen Nahbereich bis 30 (inkl. Schwachwinde)			
4	0,143	0,337	0,048
6	0,215	0,337	0,072

Anzahl Lackierstunden pro Tag	Emissionshäufigkeit h_e	Windrichtungshäufigkeit h_w	Maximale Beaufschlagungshäufigkeit H_{max}
8	0,287	0,337	0,097

Die Werte der Beaufschlagungshäufigkeiten H aller Immissionspunkte im Nahbereich der Quelle liegen somit je nach Anzahl der Arbeitsstunden bei nicht mehr als den ausgewiesenen Häufigkeiten H_{max} . Da die maximalen Beaufschlagungshäufigkeiten H_{max} für bis zu 8 Lackierstunden pro Tag den Immissionswert (siehe Abschnitt 3.1.1) der Geruchsimmissions-Richtlinie [3] von $0,10 = 10\%$ für Wohn-/Mischgebiete und erst recht von $0,15 = 15\%$ für Gewerbe-/Industriegebiete einhalten, ist dies aufgrund des konservativen Ansatzes tatsächlich für alle Immissionspunkte im Nahbereich der Fall.

Von daher zeigt die vorgelegte Nahbereichsabschätzung, dass die Immissionswerte der Geruchsimmissions-Richtlinie für Wohn-/Mischgebiete an allen Immissionspunkten der geplanten heranrückenden Wohnbebauung innerhalb des Nahbereichs und extremen Nahbereichs des Schornsteins der Lackieranlage eingehalten werden.

7.2 Geruchsimmissionen durch Ausbreitungsrechnung

Die von der Anlage verursachten Geruchs- und TVOC-Immissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen ermittelt. Detaillierte Angaben zum Ausbreitungsmodell und zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung können Anhang 2 entnommen werden.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (siehe Kapitel 5)
- Die meteorologischen Randbedingungen (siehe Kapitel 6)
- Die Geländestruktur (vgl. Anhang 2, Abschnitt A2.1)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Anhang 2, Abschnitt A2.5)
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Anhang 2, Abschnitt A2.6)

7.2.1 Betrachtete Immissionsorte

Als Immissionsorte werden die nächstgelegenen geplanten Wohn- und Geschäftshäuser nordöstlich und nordwestlich der Lackieranlage betrachtet, da hier aufgrund der geringen Entfernung und der vorliegenden Hauptwindrichtung die höchsten Immissionen vorliegen. An allen weiter entfernt liegenden Gebäuden sind die Immissionen geringer. Werden die Immissionswerte an den nächstgelegenen Gebäuden eingehalten, so werden diese auch an allen weiter entfernt liegenden Gebäuden eingehalten.

Die Koordinaten der Immissionsorte (Aufpunkte ‚AP‘) können der Tabelle 7-3 entnommen werden. In Abbildung 7-2 ist die Lage der Aufpunkte grafisch dargestellt.

Die Immissionen werden zum einen für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Flur berechnet. Zum anderen werden die Immissionen in der Höhenschicht mit der höchsten Beaufschlagung ermittelt.

Tabelle 7-3: Betrachtete Immissionsorte in der Umgebung der Lackieranlage (Spalten 2 und 3: verkürzte UTM-Koordinaten)

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert
AP 1	353594	5674401
AP 2	353605	5674393
AP 3	353597	5674383
AP 4	353595	5674355
AP 5	353605	5674415
AP 6	353630	5674399
AP 7	353639	5674393
AP 8	353622	5674437
AP 9	353554	5674375

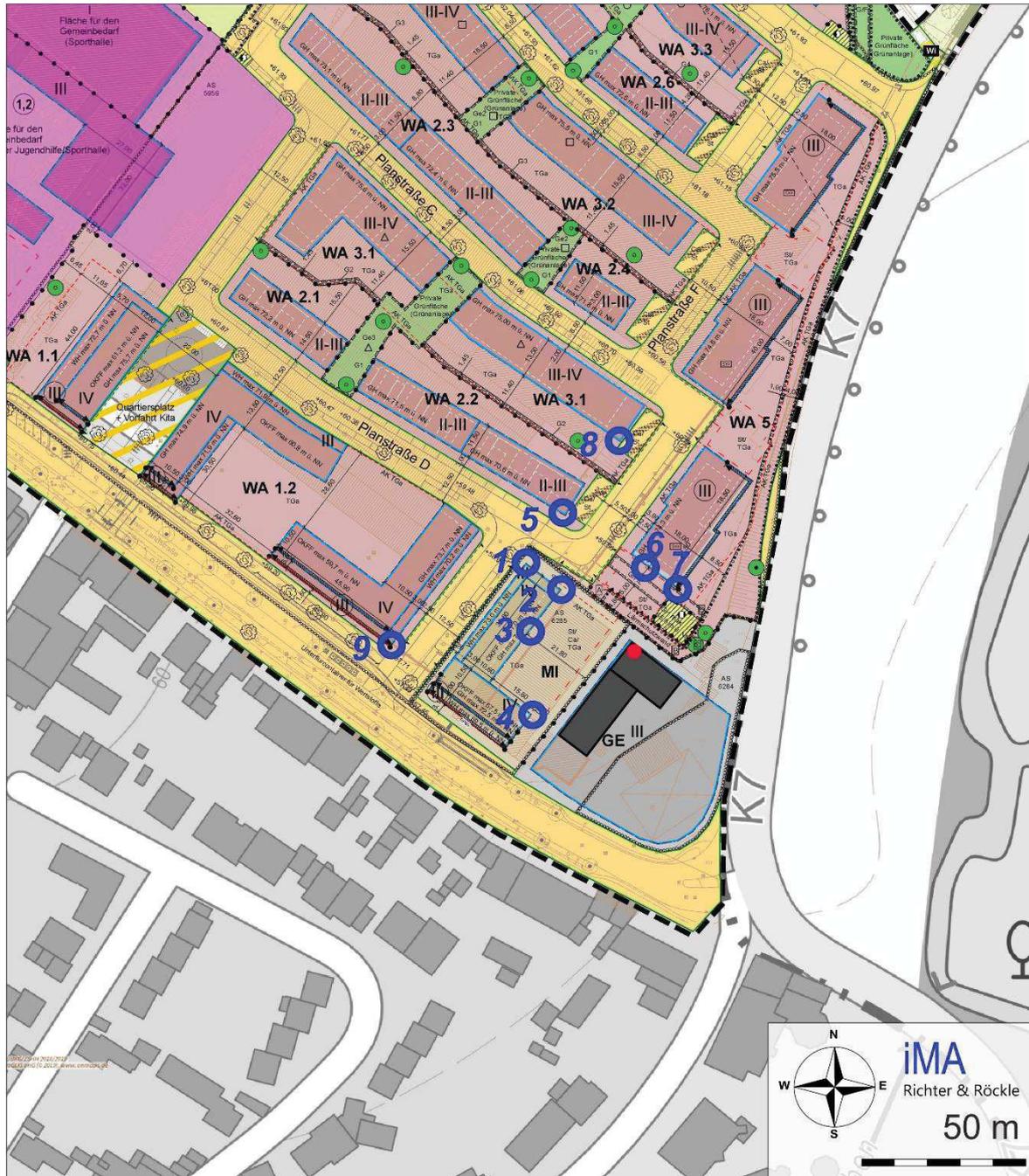


Abbildung 7-2: Lage der Immissionsorte. Der Schornstein ist durch einen roten Kreis markiert. Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

7.2.2 Geruchsimmissionen

Abbildung A1-1 in Anhang 1 zeigt die flächenhafte Verteilung der Geruchsimmissionen auf 10 m x 10 m - Beurteilungsflächen in der bodennahen Luftschicht (1,5 m).

Die höchsten Geruchsimmissionen werden in Schornsteinnähe in 8 m bis 9 m Höhe ermittelt. Die Geruchsimmissionen in diesem Höhengniveau sind in Abbildung A1-2 dargestellt.

Tabelle 7-4 und Tabelle 7-5 enthalten die Geruchsimmissionen innerhalb der geplanten Wohn- und Mischgebiete. Die dargestellten Geruchsstundenhäufigkeiten wurden um den Beitrag der statistischen Unsicherheit des Ausbreitungsmodells erhöht.

Tabelle 7-4: Relative Häufigkeit der Geruchsstunden in Prozent. Immissionsbeitrag der Lackieranlage in der bodennahen Luftschicht. Die Immissionswerte sind gelb unterlegt.

Aufpunkte in der bodennahen Schicht	Höhenschicht in m	Relative Häufigkeit der Geruchsstunden in %
1	1.2 m – 1,8 m	1
2	1.2 m – 1,8 m	1
3	1.2 m – 1,8 m	2
4	1.2 m – 1,8 m	1
5	1.2 m – 1,8 m	1
6	1.2 m – 1,8 m	2
7	1.2 m – 1,8 m	3
8	1.2 m – 1,8 m	0
9	1.2 m – 1,8 m	0
Immissionswert Wohngebiete:		10
Immissionswert Gewerbe-/Industriegebiete:		15

Tabelle 7-5: Relative Häufigkeit der Geruchsstunden in Prozent. Immissionsbeitrag der Lackieranlage in der Höhengschicht mit höchster Immission. Die Immissionswerte sind gelb unterlegt.

Aufpunkt in Höhengschicht mit höchster Immission	Höhenschicht in m	Relative Häufigkeit der Geruchsstunden in %
1	8 m – 9 m	1
2	8 m – 9 m	2
3	8 m – 9 m	1
4	8 m – 9 m	1
5	8 m – 9 m	1

Aufpunkt in Hörschicht mit höchster Immission	Hörschicht in m	Relative Häufigkeit der Geruchsstunden in %
6	8 m – 9 m	2
7	8 m – 9 m	5
8	8 m – 9 m	0
9	8 m – 9 m	0
Immissionswert Wohngebiete:		10
Immissionswert Gewerbe-/Industriegebiete:		15

Die Berechnungen zeigen, dass die Immissionswerte der GIRL an allen Aufpunkten unterschritten werden.

7.2.3 TVOC-Immissionen

In Abbildung A1-3 in Anhang 1 ist die flächenhafte Verteilung der TVOC-Konzentrationen in der bodennahen Luftschicht dargestellt, die durch die Aufpunkthöhe von 1,5 m über Grund repräsentiert wird.

Abbildung A1-4 zeigt die flächenhafte Verteilung der TVOC-Konzentrationen im Höhenniveau 8 m bis 9 m, in der die höchsten Immissionen ermittelt werden.

Tabelle 7-6 und Tabelle 7-7 enthalten die maximalen TVOC -Zusatzbelastungen an den Immissionsorten. Der Immissionsbeitrag in Tabelle 7-6 wurde um den Beitrag der statistischen Unsicherheit des Ausbreitungsmodells erhöht.

Tabelle 7-6: TVOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Immissionsbeitrag der Lackieranlage in der bodennahen Luftschicht. Die Immissionswerte sind gelb unterlegt.

Aufpunkte unterste Schicht	Hörschicht in m	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höchster Tagesmittelwert
1	1.2 m – 1,8 m	4.4	71.3
2	1.2 m – 1,8 m	6.8	73.3
3	1.2 m – 1,8 m	8.0	72.5
4	1.2 m – 1,8 m	5.4	84.0
5	1.2 m – 1,8 m	5.0	42.7
6	1.2 m – 1,8 m	6.7	46.0

Aufpunkte unterste Schicht	Höhenschicht in m	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höchster Tagesmittelwert
7	1.2 m – 1,8 m	10.0	53.1
8	1.2 m – 1,8 m	4.1	24.1
9	1.2 m – 1,8 m	0.3	10.3
Immissionswert:		200	300

Tabelle 7-7: TVOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Immissionsbeitrag der Lackieranlage in der Höhengschicht mit höchster Immission. Die Immissionswerte sind gelb unterlegt.

Aufpunkt in Höhengschicht mit höchster Immission	Höhenschicht in m	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert	TVOC in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höchster Tagesmittelwert
1	8 m – 9 m	4.5	60.6
2	8 m – 9 m	7.0	85.3
3	8 m – 9 m	6.8	52.3
4	8 m – 9 m	4.7	72.3
5	8 m – 9 m	5.2	41.6
6	8 m – 9 m	8.5	54.3
7	8 m – 9 m	10.3	52.5
8	8 m – 9 m	3.9	25.9
9	8 m – 9 m	0.3	9.0
Immissionswert:		200	300

Aus den Tabellen ergibt sich, dass die Immissionsrichtwerte (siehe Kapitel 6) an allen Aufpunkten und in allen Höhengschichten unterschritten werden. Insbesondere liegen auch die Kurzzeitwerte als jeweils höchster Tagesmittelwert unterhalb des Langzeit-Richtwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

8 Vorbelastung

Von der Tankstelle, die sich südlich des Kfz-Reparaturbetriebs befindet, sind aus gutachterlicher Sicht keine relevanten Geruchs- und TVOC-Emission zu erwarten. Tankstellen nutzen beim Befüllen ihrer Lagerbehälter die Gaspendingelung. Dabei wird über einen Schlauch die Flüssigkeit vom Tankfahrzeug in den Tank geleitet. Über einen zweiten Verbindungsschlauch werden die im Tank verdrängten Dämpfe oberhalb des Flüssigkeitsspiegels in den Tank des Straßentankfahrzeuges zurückgeführt. Bei der Betankung von Kraftfahrzeugen findet ebenfalls eine Gasrückführung mittels eines Gasrückführungssystem, das sich in der Zapfsäule befindet, statt. Die im Tank des betankten Fahrzeugs entstehenden Kraftstoffdämpfe werden in die Lagertanks der Tankstelle zurückgeführt.

Weitere Betriebe, von denen relevante Geruchs- und TVOC-Emission ausgehen und die somit zusätzlich zu den Geruchs- und TVOC-Immissionen im Bebauungsplan beitragen könnten, sind uns nicht bekannt.

Somit sind die ausgewiesenen Geruchs- und TVOC-Immissionen als Gesamtbelastung anzusehen und können mit den Immissionswerten verglichen werden.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen des Bauvorhabens „Wohnen im Hochfeld“ in Düsseldorf-Unterbach ist unter anderem die Errichtung von Wohnbebauung sowie Gewerbenutzung geplant. Das Vorhaben soll planungsrechtlich durch die Aufstellung des Bebauungsplans Nr. 08/002 „Nördlich Gerresheimer Landstraße“ in Düsseldorf abgesichert werden.

Innerhalb einer bestehenden GE-Fläche nördlich der Einmündung der Erkrather Straße in die Gerresheimer Landstraße befindet sich ein bestehender Kfz-Reparaturbetrieb, der auch Lackierarbeiten innerhalb einer Lackierkabine durchführt. Nördlich der GE-Fläche sind im aufzustellenden Bebauungsplan nordwestlich ein Mischgebiet und nordöstlich ein allgemeines Wohngebiet ausgewiesen.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens wurden die zu erwartenden Geruchs- und VOC-Immissionen³ im Bereich der geplanten Bebauung ermittelt.

Die Emissionen und Immissionen wurden konservativ abgeschätzt, so dass tatsächlich von geringeren Belastungen im Bebauungsplangebiet auszugehen ist. Trotz dieser Ansätze werden die Immissionswerte für Geruch und TVOC unterschritten.

Die verwaltungsrechtliche Bewertung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

Für den Inhalt

Gabriel Hinze
Diplom -Meteorologe

Dr. Peter Scherer
Diplom -Physiker

Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe

³ VOC = Volatile Organic Components (flüchtige organische Verbindungen)

Literaturverzeichnis

- [1] **BlmSchG:** Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BlmSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013, BGBl. I S. 1274, zuletzt geändert am 18. Juli 2017, BGBl. I S. 2771, 2773.
- [2] **TA Luft, 2002:** Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI Nr. 25-29 vom 30.07.2002 S. 511)
- [3] **GIRL, 2008:** Geruchsimmisionsrichtlinie – Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmisionen. Länderausschuss für Immissionsschutz, Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008
- [4] **VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:** Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz. Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. Januar 2010
- [5] **Lohmeyer, A., Bächlin, W., Rühling, A., 2002:** GERDA - EDV-Programm zur Abschätzung von Geruchsemissionen aus 5 Anlagentypen, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg, Projekt 1733, Stuttgart, 2002
- [6] **Merkblatt zur Bewertung von VOC-Gemischen:** Wissenschaftlich begründete Wirkschwellen und rechtliche Wertung der Richtwerte: T. Merz, K.-R. Fabig, W. Huber. P. Ohnesorge, umwelt medizin gesellschaft 18 4/2005, S.291-293
- [7] **VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20:** Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. März 2017.
- [8] **VDI-Richtlinie 3945, Blatt 3:** Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell, September 2009
- [9] **Janicke, U., 2017:** LASAT Version 3.4, Ingenieurbüro Janicke, Überlingen, April 2017.
- [10] **Eichhorn, J., 2013:** MISKAM - Handbuch zu Version 6, Giese-Eichhorn umweltmeteorologische Software, Wackernheim
- [11] **Eichhorn, J. (1994):** MISKAM – Numerische Immissionsprognose am PC.- In: Forschungsmagazin der Johannes Gutenberg Universität Mainz, Sonderausgabe 1994, S. 11 – 16.

- [12] **VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9:** Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung, 2005, Beuth-Verlag, Berlin.
- [13] **VDI-Richtlinie 3782 Bl. 3:** Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung. VDI Düsseldorf, Juni 1985. Beuth Verlag, Berlin.
- [14] **LANUV NRW:** Abschätzung der maximalen Geruchshäufigkeiten im Nahbereich, 2005

Anhang:

Anhang 1: Ergebnisabbildungen

Anhang 2: Ausbreitungsrechnungen

Anhang 3: Repräsentatives Jahr

Anhang 4: Protokolldateien

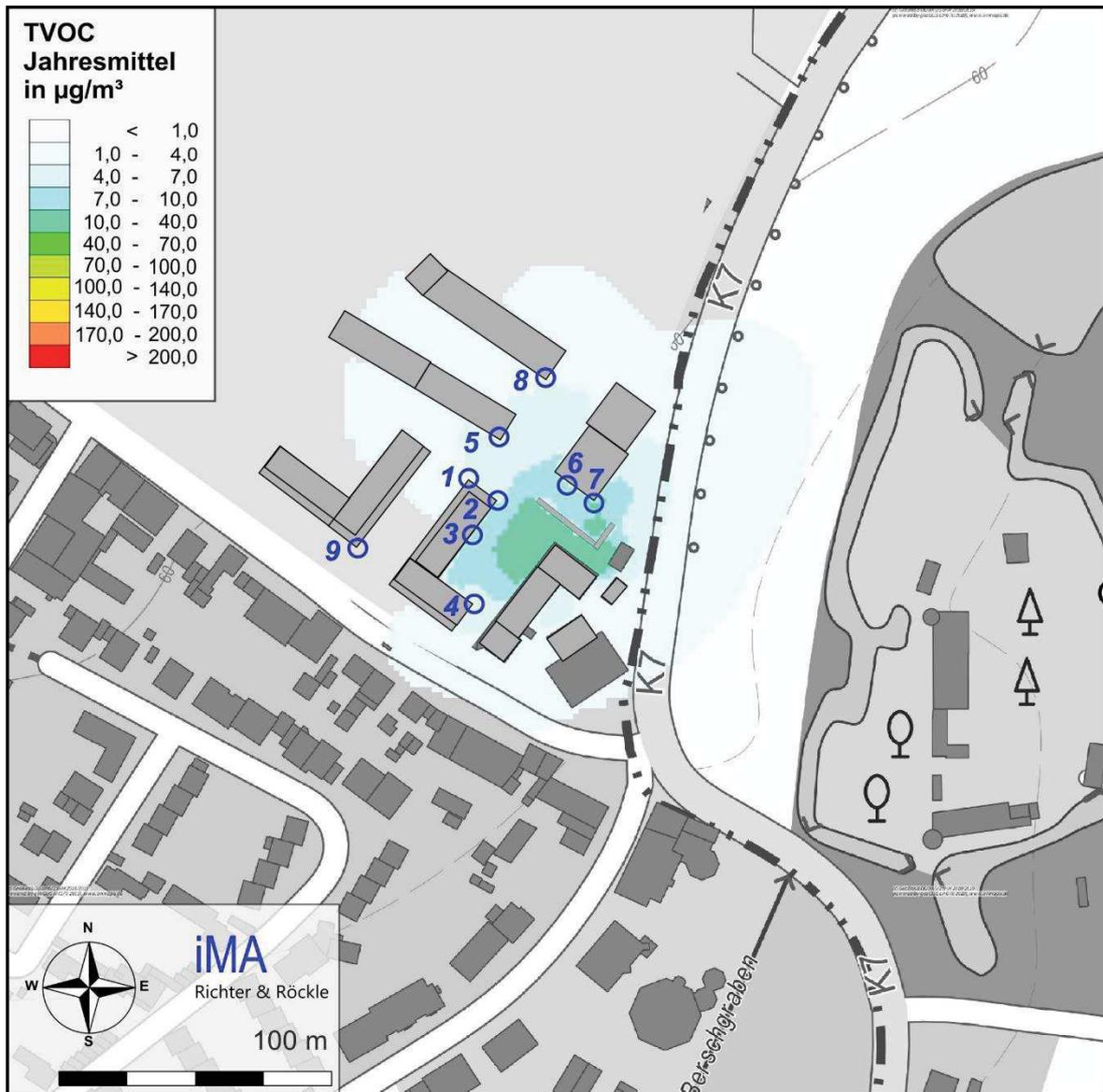


Abbildung A1-3: Langzeitwerte als Jahresmittelwerte der TVOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Bodennähe (1,5 m über Grund). Vergleich mit dem TVOC-Langzeit-Richtwert $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rote Klasse). Die Aufpunkte für die tabellarischen Ergebnisse sind blau markiert. Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

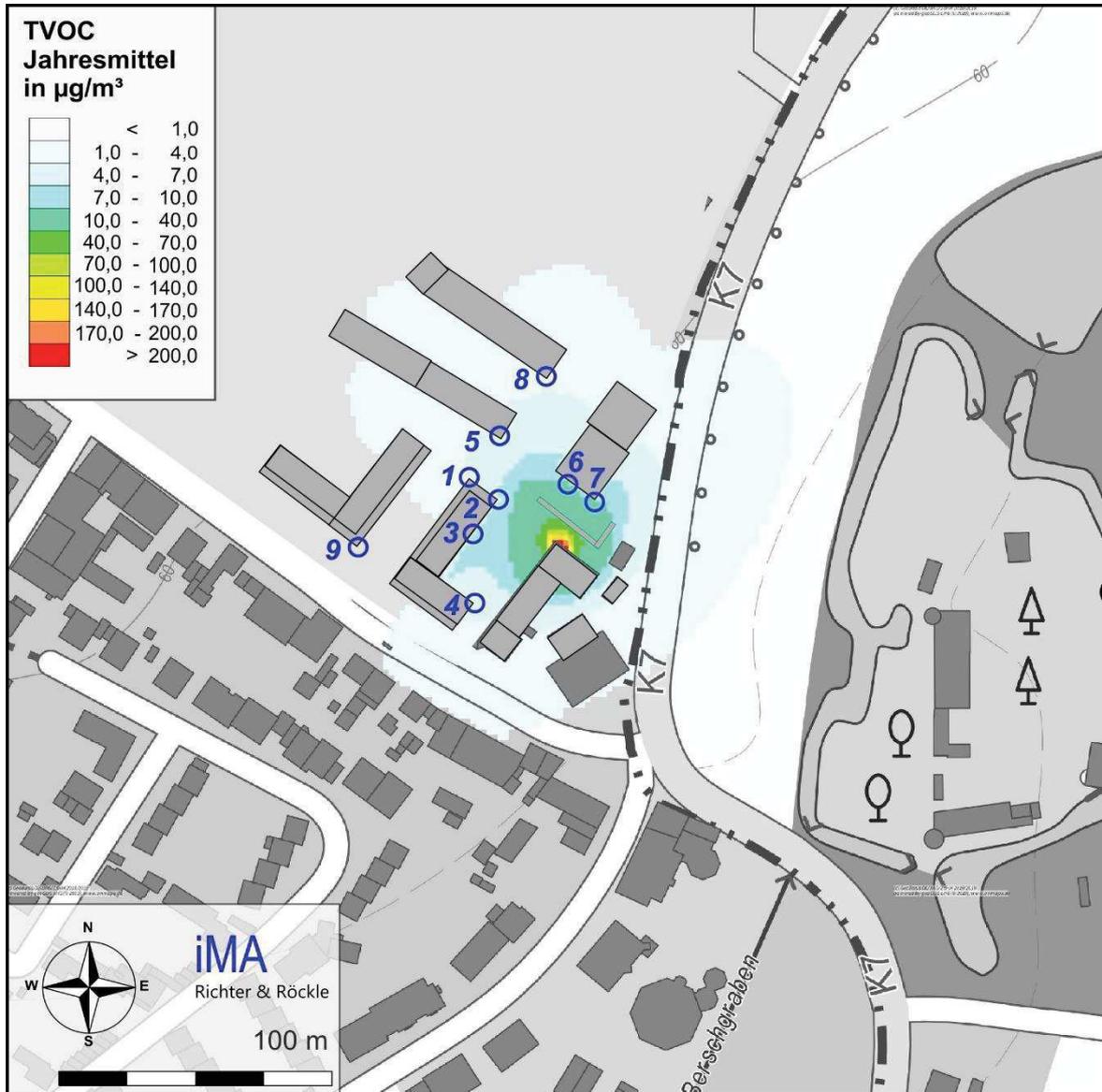


Abbildung A1-4: Langzeitwerte als Jahresmittelwerte der TVOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Höhenschicht mit den höchsten Immissionen (8,5 m über Grund). Vergleich mit dem TVOC-Langzeit-Richtwert $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rote Klasse). Die Aufpunkte für die tabellarischen Ergebnisse sind blau markiert. Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

Anhang 2: Ausbreitungsrechnungen

Die vom Kfz-Reparaturbetrieb verursachten Geruchs- und TVOC-Immissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen gemäß den Anforderungen der TA Luft und der GIRL ermittelt. Als Erkenntnisquelle wird die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 zur „Qualitätssicherung in der Immissionsprognose“ berücksichtigt. Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (siehe Kapitel 5)
- Die meteorologischen Randbedingungen (siehe Kapitel 6)
- Die Geländestruktur in Form eines digitalen Höhenmodells (vgl. Abschnitt A2.4)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Abschnitt A2.5)
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Abschnitt A2.6)

Ferner gehen in die Ausbreitungsrechnungen folgende Ansätze ein:

- Als Maß für die Bodenrauigkeit im Beurteilungsgebiet wird die mittlere Rauigkeitslänge z_0 verwendet. Diese wird aus dem CORINE-Kataster des Statistischen Bundesamtes mit 0,925 m angegeben. Die Bebauung im Umfeld der Emissionsquellen wurde digitalisiert (siehe Abschnitt A2.5). Entsprechend VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 [4] ist der Anteil der digitalisierten Bebauung bei der Bestimmung der Rauigkeitslänge zu berücksichtigen. Dem wird durch eine Reduzierung der Rauigkeitslänge auf 0,5 m Rechnung getragen.
- Zur Minimierung der statistischen Unsicherheit wird die Ausbreitungsrechnung mit der Qualitätsstufe +4 durchgeführt.

A2.1 Verwendetes Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem Ausbreitungsmodell LASAT, Version 3.4.16 vom 03.01.2019 [9], durchgeführt. Das Modell wurde im 'AUSTAL2000-Modus' entsprechend den Vorgaben des Anhangs 3 der TA Luft betrieben.

A2.2 Verwendetes Windfeldmodell

Gemäß Anhang 3 der TA Luft Abschnitt 10 kann ein diagnostisches Windfeldmodell ohne Einschränkungen angewandt werden, wenn die Quellhöhen höher als die 1,2-fache Gebäudehöhe sind. Bei bodennahen Emissionen weisen die Emissionsquellen eine geringere Höhe als die 1,2-fache Gebäudehöhe auf.

Für eine Reihe von Fragestellungen kann in solchen Fällen ebenfalls das diagnostische Windfeldmodell verwendet werden.

Im vorliegenden Fall liegt der Fokus jedoch gemäß der Aufgabenstellung auf dem unmittelbaren Umfeld der Emissionsquelle. Aus diesem Grund wurde für diese Untersuchung das prognostische Strömungsmodell MISKAM Version 6 verwendet [10], [11]. MISKAM erfüllt die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 [12].

A2.3 Simulationsgebiet

Die relevanten Immissionsorte befinden sich im nahen Umfeld der Emissionsquelle. Aus diesem Grund wurde ein kleines Modellgebiet zugunsten einer räumlich sehr hohen Auflösung gewählt. Die horizontale Auflösung und der vertikale Abstand der Rechenflächen in Bodennähe betragen im inneren Rechengitter 2,0 m (horizontal) und 0,6 m (vertikal). Mit dieser Auflösung können die Gebäude-Effekte im Nahfeld detailliert berechnet werden. Oberhalb der bodennahen Schicht wurde das vertikale Gitter gestreckt. Insgesamt wird das Modellgebiet durch 50 Rechenflächen bis in eine Höhe von 365 m erfasst. Das Berechnungsgebiet für das Modell LASAT umfasst insgesamt 2 ineinander geschachtelte Rechengitter (siehe Tabelle A2- 1)

Tabelle A2- 1: Dimensionierung der Modellgitter

Gitter	Maschenweite	Gebietsgröße	Gitterpunkte
1	2 m	312 m · 360 m	156 · 180
2	4 m	480 m · 512 m	120 · 128

A2.4 Geländeeinfluss

Aufgrund der Nahfeldproblematik wird zur Windfeldberechnung das Modell MISKAM eingesetzt. Da die Geländehöhenunterschiede im Untersuchungsgebiet relativ gering sind, wird von ebenem Gelände ausgegangen.

A2.5 Berücksichtigung von Gebäuden

Abhängig von der Anströmrichtung können sich an den Gebäuden Wirbel mit abwärts gerichteten Komponenten, Kanalisierungen, Düseneffekten und anderen strömungsdynamischen Effekten ergeben. Die Ausbreitung der Schadstoffe kann somit wesentlich von den umgebenden Gebäuden beeinflusst werden.

Aus diesem Grund wurden die quellenahen Bebauungsstrukturen explizit in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt.

Eine Berücksichtigung der Gebäude ist sachgerecht nur möglich, wenn räumlich eine hohe Auflösung (kleine Maschenweiten des Berechnungsgitters) gewählt wird. Mit einer

Auflösung von 2,0 m im inneren Modellbereich konnten die Gebäude mit ihrer Wirkung auf die Strömung und Turbulenz vergleichsweise detailliert erfasst werden.

Die Koordinaten der berücksichtigten Gebäudeteile sowie deren Dimensionen sind in Tabelle 3-1 angegeben. Abbildung A2-1 zeigt die Lage der berücksichtigten Gebäude.

Tabelle A2- 2: Gebäudedimensionen, relativ zum Koordinatenursprung bei RW 353400 und HW 5674400 (UTM-Koordinatensystem)

Gebäude	Ursprung [m]		Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
	x-Wert	y-Wert	horizontal		vertikal	
			a	b	c	
S4	193.57	0.81	36.2	12.88	14.5	-126.79
S5	174.14	-29.31	10.11	32.37	17.5	-37.25
S6	194.91	-45.27	28.76	12.52	10.5	143.16
S7	172.05	-28.34	9.78	28.57	13.5	-126.32
S8	234.19	-43.35	10.4	19.19	5	51.87
S9	211.89	-57.96	25.39	10.51	3.5	52.61
S10	203.8	-51.67	10.14	11.36	8	-128.12
S11	206.29	-113.78	13.67	21.78	13	61.12
S12	179.13	-98.9	9.67	13.5	12.5	-27.62
S13	239.69	-6.86	21.31	17.88	15.5	53.6
S14	251.25	11.26	18.63	17.88	15.5	53.51
S15	205.29	15.62	11.05	36.85	12	58.77
S16	152.38	-24.23	44.65	13.26	11.5	52.44
S17	177.06	13.22	10	41.48	15	142.64
S18	222.03	37.97	12.92	55.48	16	55.34
S19	170.36	75.57	9.06	12.88	16	-45.31
S20	173.78	34.73	11.42	36.89	12.5	59.03
S21	142.12	-16.25	12.65	32.23	11.5	52.58
S22	144.05	-13.71	9.56	31.91	15	52.97
S23	222.39	-58.2	10.16	15.52	1	-55.18
S24	246.25	-45.41	8.73	4.89	0.5	49.56
S25	218.34	-7.50	28.73	2.00	6.60	-38.32
S26	241.04	-25.31	11.07	2.00	6.60	54.54

A2.6 Quellen

Der Schornstein wird als Punktquelle digitalisiert. Die Quellkoordinaten sind in Tabelle A2-1 dargestellt. Die Lage des Schornsteins kann Abbildung A2-1 entnommen werden.

Tabelle A2-1: Lage der Quellen relativ zum Referenzpunkt bei RW 353400 und HW 5674400 (UTM-Koordinatensystem)

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unter- kante [m]	Ausdehnung [m]			Dreh- winkel [°]
	x-Wert	y-Wert		horizontal		vertikal	
				a	b	c	
Schornstein	226.62	-25.66	8	0	0	0	0

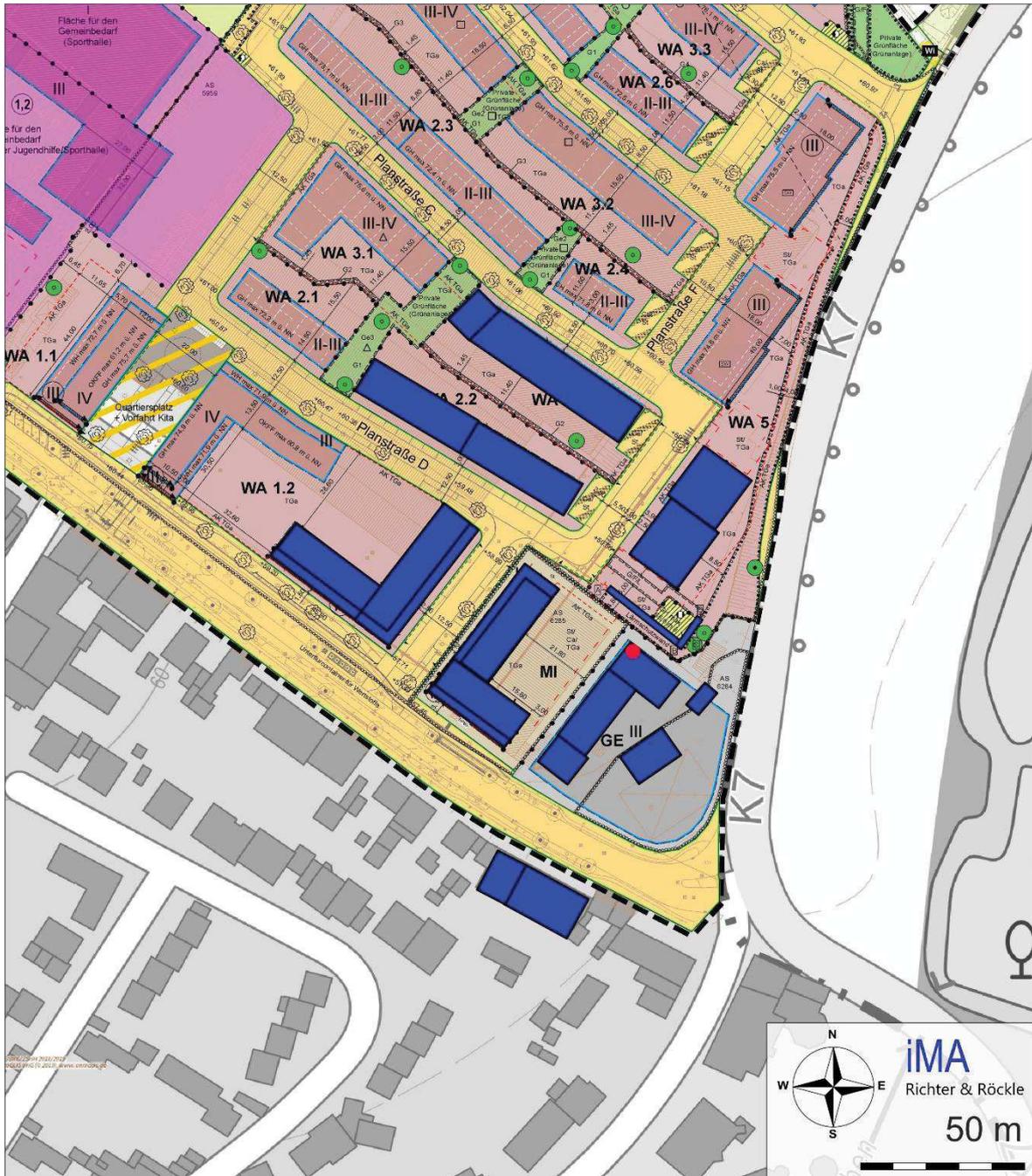


Abbildung A2-1: Lage der im Modell berücksichtigten Gebäude (blau) und der Emissionsquelle (rot). Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2019.

Anhang 3: Repräsentatives Jahr

Um das für mehrjährige Verhältnisse repräsentative Jahr zu ermitteln, wird die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in 12°-Sektoren und die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in den 9 TA-Luft-Klassen für den Zeitraum 2008 bis 2017 gebildet.

Das Abweichungsmaß der Einzeljahre von den mittleren Verhältnissen ergibt sich gemäß Anhang A3.2 der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 aus folgenden Beziehungen:

$$A_{WR,n} = \sum_{j=1}^{12} (x_{WR,j,rel} - x_{WR,j,n,rel})^2$$

$$A_{WG,n} = \sum_{j=1}^9 (x_{WG,j,rel} - x_{WG,j,n,rel})^2$$

- wobei $A_{WR,n}$: Abweichungsmaß der Windrichtung für das Jahr n
- $A_{WG,n}$: Abweichungsmaß der Windgeschwindigkeit für das Jahr n
- $x_{WR,j,rel}$: relativer Anteil je Windrichtungssektor j an der Anzahl der klassierten Stundenwerte für den vieljährigen Zeitraum
- $x_{WG,j,rel}$: relativer Anteil je Windgeschwindigkeitsklasse j an der Anzahl der klassierten Stundenwerte für den vieljährigen Zeitraum
- $x_{WR,j,n,rel}$: relativer Anteil je Windrichtungssektor j an der Anzahl der klassierten Stundenwerte für das Einzeljahr n
- $x_{WG,j,n,rel}$: relativer Anteil je Windgeschwindigkeitsklasse j an der Anzahl der klassierten Stundenwerte für das Einzeljahr n
- j : Index des Windrichtungssektors oder der Windgeschwindigkeitsklasse
- n : Index des Einzeljahres

Bezogen auf das Einzeljahr mit dem geringsten Abweichungsmaß sollen anschließend die Abweichungsmaße der Einzeljahre auf den Wert 100 normiert werden. Zur Beurteilung der Parameter „Windrichtung“ und „Windgeschwindigkeit“ sollen die normierten Abweichungsmaße im Verhältnis 3:1 gewichtet addiert werden.

Somit ergibt sich für jedes Einzeljahr die Beurteilungsgröße BG_n zu:

$$BG_n = \frac{3}{4} \cdot A_{WR,n} + \frac{1}{4} \cdot A_{WG,n}$$

Aus dem Vergleich der Beurteilungsgrößen wird bestimmt, welches Einzeljahr dem vieljährigen Gesamtzeitraum am ähnlichsten ist.

In Tabelle A2-1 sind die normierten Abweichungen der Einzeljahre zum langjährigen Mittel der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit zusammengestellt. In Spalte 4 sind zusätzlich die mittleren Windgeschwindigkeiten der Einzeljahre aufgeführt. Spalte 5 enthält die Beurteilungsgröße BG_n .

Tabelle A2-1: Abweichungen der Windrichtungen- und -geschwindigkeiten zum langjährigen Mittelwert

Zeitraum (Jahr)	Windrichtung	Windgeschwindigkeit		Bewertung
	Abweichung	Abweichung	Mittelwert	rel. 3 WR + WG
2008	375	177	4.01	310
2009	230	100	3.78	188
2010	736	486	3.64	642
2011	190	155	3.95	172
2012	252	139	3.88	213
2013	438	103	3.8	337
2014	605	230	3.78	487
2015	228	212	4.1	213
2016	100	120	3.99	100
2017	610	194	4.07	482

Die geringste Abweichung bzgl. der mittleren Windrichtungsverteilung und der mittleren Windgeschwindigkeit (im Gewichtungsverhältnis 3:1) tritt im Jahr 2016 auf, so dass dieses Jahr als repräsentativ für langjährige Verhältnisse verwendet wird.

Anhang 4: Protokolldateien

A4.1 Eingabedatei der LASAT-Simulation

```
-- Datum: Fri Mar 08 09:19:54 2019
-- Input file created by mis2las
===== param.def
--
.
  titel = "Lackierkabine"
  seed = 11111
  intervall = 01:00:00
  start = 00:00:00
  ende = 366.00:00:00
  average = 24
  Flags = +MAXIMA+ODOR+MNT
  kennung = pWFB
  odorThr = 0.250
--
-----
===== grid.def
--
.
  sk = { 0.0 0.6 1.2 1.8 2.4 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0 16.0
17.0 18.0 19.0 20.0 21.0 22.0 23.0 24.0 25.0 26.0 27.0 28.0 29.0 30.0 31.0 32.0 33.0 34.0
35.2 36.6 38.6 41.6 50.0 65.0 85.0 110.0 140.0 180.0 230.0 290.0 365.0 }
  nzd = 25      ' Mindestens bis Höhengschicht 3m ausgeben!
  refx = 32353400.0 ' X-Koordinate Referenzpunkt (absolut, m)
  refy = 5674400.0  ' Y-Koordinate Referenzpunkt (absolut, m)
  flags = +NESTED+BODIES
--
-----
! Nm | N1 Ni Nt Pt Dd Xmin Ymin Nx Ny Nz Rf
-----+-----
N N1 | 1 1 2 3 4.0 -4.0 -228.0 97 109 49 0.0
N N2 | 2 1 2 3 2.0 36.0 -188.0 156 180 49 1.0
-----+-----
-----
===== sources.def
.
! Nr. | Xq Yq Hq Aq Bq Cq Wq Dq Vq Qq Ts Lw Rh
Tt
-----+-----
Q 01 | 226.6 -25.7 8.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.000 -1.0 0.0000 0.0
0.0
-----+-----
-----
===== substances.def
.
  Name = gas
  Unit = g
  Rate = 32.00000
  vsed = 0.0000
--
-----
! Substance | Vdep Refc Refd Rfak Rexp
-----+-----
K so2 | 0.000e+000 5.000e-005 0.000e+000 0.000e+000 0.80
K odor | 0.000e+000 1.000e-001 0.000e+000 0.000e+000 0.80
-----+-----
-----
===== bodies.def
--
.
  rfile = "~\raster.dmna"
--
-----
===== emissions.def
.
! SOURCE | gas.so2 gas.odor
-----+-----
E 01 | ? ?
-----+-----
===== monitor.def
.
```

! Nr.	Xp	Yp	Hp
M 01	194.0	1.0	1.5
M 02	205.0	-7.0	1.5
M 03	197.0	-17.0	1.5
M 04	195.0	-45.0	1.5
M 05	205.0	15.0	1.5
M 06	230.0	-1.0	1.5
M 07	239.0	-7.0	1.5
M 08	222.0	37.0	1.5
M 09	154.0	-25.0	1.5
M 10	194.0	1.0	8.5
M 11	205.0	-7.0	8.5
M 12	197.0	-17.0	8.5
M 13	195.0	-45.0	8.5
M 14	205.0	15.0	8.5
M 15	230.0	-1.0	8.5
M 16	239.0	-7.0	8.5
M 17	222.0	37.0	8.5
M 18	154.0	-25.0	8.5

A4.2 Protokolldatei der LASAT-Simulation (Ausschnitt)

```
[ICL version = 1700]
[compile options = /O3 /Qopenmp /fp:source]
lasat_3.4.16 2019-01-03 14:00:06
2019-03-18 11:47:05 -----
Settings:
uamin=0.0
-----
Arguments:
./
-oVSMAX90m
-p
-v3
-----
TMN initialising locks, buffer count = 0
MST initializing thread 0
TMN_3.4.1 2019-01-03 13:59:57 70075ce1
MST initializing thread 1
MST starting background service
MST running MstServer

Dispersion Model LASAT, Version 3.4.16-64WI17-m4
Copyright (c) L. Janicke, 30 years LASAT 1989-2019

Licence/K: IMA Richter & Roeckle GmbH & Co.KG, Freiburg
Working directory: ./

Program is running on BERN
12 processors available, 12 used

Program creation date: 2019-01-03 14:00:06
MST_3.4.16 2019-01-03 13:59:42
GRD_3.4.11 2019-01-03 13:59:49
BDS_3.4.8 2019-01-03 13:59:53
reading grid.def ...
... grid.def evaluated
reading bodies.def ...
... bodies.def evaluated (23 bodies found)
GRD: surface of grid (1,1) : 0.00 <= 0.00 <=0.00
GRD: creating grda11.dmna ...
GRD: creating grda211.dmna ...
GRD: creating grda311.dmna ...
GRD: creating grda411.dmna ...
GRD: surface of grid (2,1) : 0.00 <= 0.00 <=0.00
GRD: creating grda121.dmna ...
GRD: creating grda221.dmna ...
GRD: creating grda321.dmna ...
GRD: creating grda421.dmna ...
PRM_3.4.13 2019-01-03 13:59:55
reading param.def ...
... param.def evaluated
```

```

reading substances.def|stoffe.def ...
... 2 species (1 groups) defined
reading sources.def|quellen.def ...
... 1 sources (1 groups) defined
reading emissions.def|staerke.def ...
... 1 emission definitions read
registering time series from variable.def ...
... time series registered
PTL_3.4.1 2019-01-03 13:59:56
MOD_3.4.1 2019-01-03 13:59:52
PRF_3.4.16 2019-01-03 13:59:54
BLM_3.4.17 2019-01-03 13:59:44
WND_3.4.16 2019-01-03 13:59:46
DMK_3.4.8 2019-01-03 14:00:03
WLB_3.4.1 2019-01-03 14:00:00
DOS_3.4.12 2019-01-03 13:59:43
SRC_3.4.7 2019-01-03 13:59:57
WRK_3.4.14 2019-01-03 13:59:59
PPM_3.4.4 2019-01-03 13:59:54
DTB_3.4.12 2019-01-03 13:59:44
MNP_3.4.1 2019-01-03 13:59:56
reading monitor.def ...
18 monitor points defined
2019-03-18 11:47:06 time: [00:00:00,01:00:00]
reading meteo.def|wetter.def ...
... meteo.def evaluated
registering time series from meteo.def ...
... time series registered
WLB: Uamin set to 0.00
WLB: library fields "new k" used
WLB: library fields "new Sigmas" used
library of wind fields:
No. ident Vx(A) Vy(A) K1 Lmo
1: 1001 -0.19 -1.10 1 0.0 07000000 07000000
2: 1002 -0.38 -1.05 1 0.0 07000000 07000000
3: 1003 -0.56 -0.97 1 0.0 07000000 07000000
4: 1004 -0.72 -0.86 1 0.0 07000000 07000000
5: 1005 -0.86 -0.72 1 0.0 07000000 07000000
6: 1006 -0.97 -0.56 1 0.0 07000000 07000000
7: 1007 -1.05 -0.38 1 0.0 07000000 07000000
8: 1008 -1.10 -0.19 1 0.0 07000000 07000000
9: 1009 -1.12 0.00 1 0.0 07000000 07000000
10: 1010 -1.10 0.19 1 0.0 07000000 07000000
11: 1011 -1.05 0.38 1 0.0 07000000 07000000
12: 1012 -0.97 0.56 1 0.0 07000000 07000000
13: 1013 -0.86 0.72 1 0.0 07000000 07000000
14: 1014 -0.72 0.86 1 0.0 07000000 07000000
15: 1015 -0.56 0.97 1 0.0 07000000 07000000
16: 1016 -0.38 1.05 1 0.0 07000000 07000000
17: 1017 -0.19 1.10 1 0.0 07000000 07000000
18: 1018 0.00 1.12 1 0.0 07000000 07000000
19: 1019 0.19 1.10 1 0.0 07000000 07000000
20: 1020 0.38 1.05 1 0.0 07000000 07000000
21: 1021 0.56 0.97 1 0.0 07000000 07000000
22: 1022 0.72 0.86 1 0.0 07000000 07000000
23: 1023 0.86 0.72 1 0.0 07000000 07000000
24: 1024 0.97 0.56 1 0.0 07000000 07000000
25: 1025 1.05 0.38 1 0.0 07000000 07000000
26: 1026 1.10 0.19 1 0.0 07000000 07000000
27: 1027 1.12 -0.00 1 0.0 07000000 07000000
28: 1028 1.10 -0.19 1 0.0 07000000 07000000
29: 1029 1.05 -0.38 1 0.0 07000000 07000000
30: 1030 0.97 -0.56 1 0.0 07000000 07000000
31: 1031 0.86 -0.72 1 0.0 07000000 07000000
32: 1032 0.72 -0.86 1 0.0 07000000 07000000
33: 1033 0.56 -0.97 1 0.0 07000000 07000000
34: 1034 0.38 -1.05 1 0.0 07000000 07000000
35: 1035 0.19 -1.10 1 0.0 07000000 07000000
36: 1036 -0.00 -1.12 1 0.0 07000000 07000000
37: 2001 -0.28 -1.60 2 0.0 07000000 07000000
38: 2002 -0.55 -1.52 2 0.0 07000000 07000000
39: 2003 -0.81 -1.40 2 0.0 07000000 07000000
40: 2004 -1.04 -1.24 2 0.0 07000000 07000000
41: 2005 -1.24 -1.04 2 0.0 07000000 07000000
42: 2006 -1.40 -0.81 2 0.0 07000000 07000000
43: 2007 -1.52 -0.55 2 0.0 07000000 07000000

```

44:	2008	-1.60	-0.28	2	0.0	07000000	07000000
45:	2009	-1.62	0.00	2	0.0	07000000	07000000
46:	2010	-1.60	0.28	2	0.0	07000000	07000000
47:	2011	-1.52	0.55	2	0.0	07000000	07000000
48:	2012	-1.40	0.81	2	0.0	07000000	07000000
49:	2013	-1.24	1.04	2	0.0	07000000	07000000
50:	2014	-1.04	1.24	2	0.0	07000000	07000000
51:	2015	-0.81	1.40	2	0.0	07000000	07000000
52:	2016	-0.55	1.52	2	0.0	07000000	07000000
53:	2017	-0.28	1.60	2	0.0	07000000	07000000
54:	2018	0.00	1.62	2	0.0	07000000	07000000
55:	2019	0.28	1.60	2	0.0	07000000	07000000
56:	2020	0.55	1.52	2	0.0	07000000	07000000
57:	2021	0.81	1.40	2	0.0	07000000	07000000
58:	2022	1.04	1.24	2	0.0	07000000	07000000
59:	2023	1.24	1.04	2	0.0	07000000	07000000
60:	2024	1.40	0.81	2	0.0	07000000	07000000
61:	2025	1.52	0.55	2	0.0	07000000	07000000
62:	2026	1.60	0.28	2	0.0	07000000	07000000
63:	2027	1.62	-0.00	2	0.0	07000000	07000000
64:	2028	1.60	-0.28	2	0.0	07000000	07000000
65:	2029	1.52	-0.55	2	0.0	07000000	07000000
66:	2030	1.40	-0.81	2	0.0	07000000	07000000
67:	2031	1.24	-1.04	2	0.0	07000000	07000000
68:	2032	1.04	-1.24	2	0.0	07000000	07000000
69:	2033	0.81	-1.40	2	0.0	07000000	07000000
70:	2034	0.55	-1.52	2	0.0	07000000	07000000
71:	2035	0.28	-1.60	2	0.0	07000000	07000000
72:	2036	-0.00	-1.62	2	0.0	07000000	07000000
73:	3001	-0.85	-4.80	3	0.0	07000000	07000000
74:	3002	-1.67	-4.58	3	0.0	07000000	07000000
75:	3003	-2.44	-4.22	3	0.0	07000000	07000000
76:	3004	-3.13	-3.73	3	0.0	07000000	07000000
77:	3005	-3.73	-3.13	3	0.0	07000000	07000000
78:	3006	-4.22	-2.44	3	0.0	07000000	07000000
79:	3007	-4.58	-1.67	3	0.0	07000000	07000000
80:	3008	-4.80	-0.85	3	0.0	07000000	07000000
81:	3009	-4.87	0.00	3	0.0	07000000	07000000
82:	3010	-4.80	0.85	3	0.0	07000000	07000000
83:	3011	-4.58	1.67	3	0.0	07000000	07000000
84:	3012	-4.22	2.44	3	0.0	07000000	07000000
85:	3013	-3.73	3.13	3	0.0	07000000	07000000
86:	3014	-3.13	3.73	3	0.0	07000000	07000000
87:	3015	-2.44	4.22	3	0.0	07000000	07000000
88:	3016	-1.67	4.58	3	0.0	07000000	07000000
89:	3017	-0.85	4.80	3	0.0	07000000	07000000
90:	3018	0.00	4.87	3	0.0	07000000	07000000
91:	3019	0.85	4.80	3	0.0	07000000	07000000
92:	3020	1.67	4.58	3	0.0	07000000	07000000
93:	3021	2.44	4.22	3	0.0	07000000	07000000
94:	3022	3.13	3.73	3	0.0	07000000	07000000
95:	3023	3.73	3.13	3	0.0	07000000	07000000
96:	3024	4.22	2.44	3	0.0	07000000	07000000
97:	3025	4.58	1.67	3	0.0	07000000	07000000
98:	3026	4.80	0.85	3	0.0	07000000	07000000
99:	3027	4.87	-0.00	3	0.0	07000000	07000000
100:	3028	4.80	-0.85	3	0.0	07000000	07000000
101:	3029	4.58	-1.67	3	0.0	07000000	07000000
102:	3030	4.22	-2.44	3	0.0	07000000	07000000
103:	3031	3.73	-3.13	3	0.0	07000000	07000000
104:	3032	3.13	-3.73	3	0.0	07000000	07000000
105:	3033	2.44	-4.22	3	0.0	07000000	07000000
106:	3034	1.67	-4.58	3	0.0	07000000	07000000
107:	3035	0.85	-4.80	3	0.0	07000000	07000000
108:	3036	-0.00	-4.87	3	0.0	07000000	07000000
109:	4001	-0.85	-4.80	4	0.0	07000000	07000000
110:	4002	-1.67	-4.58	4	0.0	07000000	07000000
111:	4003	-2.44	-4.22	4	0.0	07000000	07000000
112:	4004	-3.13	-3.73	4	0.0	07000000	07000000
113:	4005	-3.73	-3.13	4	0.0	07000000	07000000
114:	4006	-4.22	-2.44	4	0.0	07000000	07000000
115:	4007	-4.58	-1.67	4	0.0	07000000	07000000
116:	4008	-4.80	-0.85	4	0.0	07000000	07000000
117:	4009	-4.87	0.00	4	0.0	07000000	07000000
118:	4010	-4.80	0.85	4	0.0	07000000	07000000
119:	4011	-4.58	1.67	4	0.0	07000000	07000000

120:	4012	-4.22	2.44	4	0.0	07000000	07000000
121:	4013	-3.73	3.13	4	0.0	07000000	07000000
122:	4014	-3.13	3.73	4	0.0	07000000	07000000
123:	4015	-2.44	4.22	4	0.0	07000000	07000000
124:	4016	-1.67	4.58	4	0.0	07000000	07000000
125:	4017	-0.85	4.80	4	0.0	07000000	07000000
126:	4018	0.00	4.87	4	0.0	07000000	07000000
127:	4019	0.85	4.80	4	0.0	07000000	07000000
128:	4020	1.67	4.58	4	0.0	07000000	07000000
129:	4021	2.44	4.22	4	0.0	07000000	07000000
130:	4022	3.13	3.73	4	0.0	07000000	07000000
131:	4023	3.73	3.13	4	0.0	07000000	07000000
132:	4024	4.22	2.44	4	0.0	07000000	07000000
133:	4025	4.58	1.67	4	0.0	07000000	07000000
134:	4026	4.80	0.85	4	0.0	07000000	07000000
135:	4027	4.87	-0.00	4	0.0	07000000	07000000
136:	4028	4.80	-0.85	4	0.0	07000000	07000000
137:	4029	4.58	-1.67	4	0.0	07000000	07000000
138:	4030	4.22	-2.44	4	0.0	07000000	07000000
139:	4031	3.73	-3.13	4	0.0	07000000	07000000
140:	4032	3.13	-3.73	4	0.0	07000000	07000000
141:	4033	2.44	-4.22	4	0.0	07000000	07000000
142:	4034	1.67	-4.58	4	0.0	07000000	07000000
143:	4035	0.85	-4.80	4	0.0	07000000	07000000
144:	4036	-0.00	-4.87	4	0.0	07000000	07000000
145:	5001	-0.85	-4.80	5	0.0	07000000	07000000
146:	5002	-1.67	-4.58	5	0.0	07000000	07000000
147:	5003	-2.44	-4.22	5	0.0	07000000	07000000
148:	5004	-3.13	-3.73	5	0.0	07000000	07000000
149:	5005	-3.73	-3.13	5	0.0	07000000	07000000
150:	5006	-4.22	-2.44	5	0.0	07000000	07000000
151:	5007	-4.58	-1.67	5	0.0	07000000	07000000
152:	5008	-4.80	-0.85	5	0.0	07000000	07000000
153:	5009	-4.87	0.00	5	0.0	07000000	07000000
154:	5010	-4.80	0.85	5	0.0	07000000	07000000
155:	5011	-4.58	1.67	5	0.0	07000000	07000000
156:	5012	-4.22	2.44	5	0.0	07000000	07000000
157:	5013	-3.73	3.13	5	0.0	07000000	07000000
158:	5014	-3.13	3.73	5	0.0	07000000	07000000
159:	5015	-2.44	4.22	5	0.0	07000000	07000000
160:	5016	-1.67	4.58	5	0.0	07000000	07000000
161:	5017	-0.85	4.80	5	0.0	07000000	07000000
162:	5018	0.00	4.87	5	0.0	07000000	07000000
163:	5019	0.85	4.80	5	0.0	07000000	07000000
164:	5020	1.67	4.58	5	0.0	07000000	07000000
165:	5021	2.44	4.22	5	0.0	07000000	07000000
166:	5022	3.13	3.73	5	0.0	07000000	07000000
167:	5023	3.73	3.13	5	0.0	07000000	07000000
168:	5024	4.22	2.44	5	0.0	07000000	07000000
169:	5025	4.58	1.67	5	0.0	07000000	07000000
170:	5026	4.80	0.85	5	0.0	07000000	07000000
171:	5027	4.87	-0.00	5	0.0	07000000	07000000
172:	5028	4.80	-0.85	5	0.0	07000000	07000000
173:	5029	4.58	-1.67	5	0.0	07000000	07000000
174:	5030	4.22	-2.44	5	0.0	07000000	07000000
175:	5031	3.73	-3.13	5	0.0	07000000	07000000
176:	5032	3.13	-3.73	5	0.0	07000000	07000000
177:	5033	2.44	-4.22	5	0.0	07000000	07000000
178:	5034	1.67	-4.58	5	0.0	07000000	07000000
179:	5035	0.85	-4.80	5	0.0	07000000	07000000
180:	5036	-0.00	-4.87	5	0.0	07000000	07000000
181:	6001	-0.85	-4.80	6	0.0	07000000	07000000
182:	6002	-1.67	-4.58	6	0.0	07000000	07000000
183:	6003	-2.44	-4.22	6	0.0	07000000	07000000
184:	6004	-3.13	-3.73	6	0.0	07000000	07000000
185:	6005	-3.73	-3.13	6	0.0	07000000	07000000
186:	6006	-4.22	-2.44	6	0.0	07000000	07000000
187:	6007	-4.58	-1.67	6	0.0	07000000	07000000
188:	6008	-4.80	-0.85	6	0.0	07000000	07000000
189:	6009	-4.87	0.00	6	0.0	07000000	07000000
190:	6010	-4.80	0.85	6	0.0	07000000	07000000
191:	6011	-4.58	1.67	6	0.0	07000000	07000000
192:	6012	-4.22	2.44	6	0.0	07000000	07000000
193:	6013	-3.73	3.13	6	0.0	07000000	07000000
194:	6014	-3.13	3.73	6	0.0	07000000	07000000
195:	6015	-2.44	4.22	6	0.0	07000000	07000000

```

196:    6016   -1.67    4.58    6    0.0 07000000 07000000
197:    6017   -0.85    4.80    6    0.0 07000000 07000000
198:    6018    0.00    4.87    6    0.0 07000000 07000000
199:    6019    0.85    4.80    6    0.0 07000000 07000000
200:    6020    1.67    4.58    6    0.0 07000000 07000000
201:    6021    2.44    4.22    6    0.0 07000000 07000000
202:    6022    3.13    3.73    6    0.0 07000000 07000000
203:    6023    3.73    3.13    6    0.0 07000000 07000000
204:    6024    4.22    2.44    6    0.0 07000000 07000000
205:    6025    4.58    1.67    6    0.0 07000000 07000000
206:    6026    4.80    0.85    6    0.0 07000000 07000000
207:    6027    4.87   -0.00    6    0.0 07000000 07000000
208:    6028    4.80   -0.85    6    0.0 07000000 07000000
209:    6029    4.58   -1.67    6    0.0 07000000 07000000
210:    6030    4.22   -2.44    6    0.0 07000000 07000000
211:    6031    3.73   -3.13    6    0.0 07000000 07000000
212:    6032    3.13   -3.73    6    0.0 07000000 07000000
213:    6033    2.44   -4.22    6    0.0 07000000 07000000
214:    6034    1.67   -4.58    6    0.0 07000000 07000000
215:    6035    0.85   -4.80    6    0.0 07000000 07000000
216:    6036   -0.00   -4.87    6    0.0 07000000 07000000
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.7045, f2=0.4701
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
PRF: valid range of |Vs| increased to 90m/s!
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.7045, f2=0.4701
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna
2019-03-18 11:47:13 time: [01:00:00,02:00:00]
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.7169, f2=0.4784
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.7169, f2=0.4784
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna
2019-03-18 11:47:15 time: [02:00:00,03:00:00]
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.6802, f2=0.6802
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3015" and "3014" with f1=0.6802, f2=0.6802
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna
2019-03-18 11:47:17 time: [03:00:00,04:00:00]
WLB: adding fields "3016" and "3015" with f1=0.1383, f2=1.2393
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3016" and "3015" with f1=0.1383, f2=1.2393
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna
2019-03-18 11:47:19 time: [04:00:00,05:00:00]
WLB: adding fields "3017" and "3016" with f1=0.1156, f2=1.0358
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3017" and "3016" with f1=0.1156, f2=1.0358
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna

```

```

-----
2019-03-18 20:11:55 time: [365.22:00:00,365.23:00:00]
WLB: adding fields "3016" and "3015" with f1=0.6340, f2=0.2723
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3016" and "3015" with f1=0.6340, f2=0.2723
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna
2019-03-18 20:11:57 time: [365.23:00:00,366.00:00:00]
WLB: adding fields "3019" and "3018" with f1=0.2599, f2=0.6052
PRF: using new field ./lib/v0000121.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000121.dmna
WLB: adding fields "3019" and "3018" with f1=0.2599, f2=0.6052
PRF: using new field ./lib/v0000111.dmna
PRF: using new field ./lib/k0000111.dmna

```

Total Emissions:

gas.so2 : 6.239808e+05 g
gas.odor : 1.880986e+09 l

2019-03-18 20:12:09 program lasat finished

2019-03-18 20:12:09 =====

A4.3 Protokolldatei der Kaltluftsimulation in GAK

GAK Nordrhein-Westfalen V3.50 06.03.2019 09:50

Betrachtete Quelle 1 Quellbezeichnung: Schornstein
Punktquelle
Lage: x-Koordinate 353626 y-Koordinate 5674374
Höhe der Quelle über Grund: 8.0 m

Untersuchungsgebiet
Linke untere Ecke: 351600. 5672350.
Rechte obere Ecke: 355650. 5676400.

Ergebnis:

Kaltluftsituation ist bei Immissionsprognosen zu berücksichtigen.

Details:

1. Termin (0:10):
Wind aus NW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 1 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

2. Termin (0:20):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 1 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

3. Termin (0:30):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 2 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

4. Termin (0:40):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 3 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

5. Termin (0:50):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 3 m
Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

6. Termin (1:00):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

7. Termin (1:10):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m

Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit ($H < 10$ m, $v < 1$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

8. Termin (1:20):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

9. Termin (1:30):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

10. Termin (1:40):
Wind aus NNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

11. Termin (1:50):
Wind aus N, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

12. Termin (2:00):
Wind aus N, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

13. Termin (2:30):
Wind aus N, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 4 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

14. Termin (3:00):
Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 7 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

15. Termin (4:00):
Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 8 m
Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering ($H < 10$ m, $v < 0,25$ m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

16. Termin (5:00):
Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 11 m
Mäßige Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit ($H < 50$ m, $v < 0,25$ m/s)
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

17. Termin (6:00):
Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 14 m
Mäßige Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit ($H < 50$ m, $v < 1$ m/s)

18. Termin (7:00):
Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 16 m
Mäßige Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit ($H < 50$ m, $v < 1$ m/s)