

## **Luftschadstoffuntersuchung zum Bauvorhaben „Surfpark Krefeld“ (Bebauungsplan Nr. 836 – öst- lich Elfrather See, südlich Asberger Straße)**

Bericht F 8952-3 vom 04.06.2021

Auftraggeber: Elakari GmbH  
Rheinpromenade 6  
40789 Monheim am Rhein

Bericht-Nr.: F 8952-3

Datum: 04.06.2021

Ansprechpartner/in: Herr Streuber

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 54 Seiten,  
davon 40 Seiten Text und 14 Seiten Anlagen.

VMPA anerkannte  
Schallschutzprüfstelle  
nach DIN 4109

### **Leitung:**

Dipl.-Phys. Axel Hübner

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram  
Staatlich anerkannter  
Sachverständiger für  
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

### **Anschriften:**

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19  
40599 Düsseldorf  
Tel. +49 211 999 582 60  
Fax +49 211 999 582 70  
dus@peutz.de

Borussiastraße 112  
44149 Dortmund  
Tel. +49 231 725 499 10  
Fax +49 231 725 499 19  
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5  
10623 Berlin  
Tel. +49 30 92 100 87 00  
Fax +49 30 92 100 87 29  
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21  
90443 Nürnberg  
Tel. +49 911 477 576 60  
Fax +49 911 477 576 70  
nuernberg@peutz.de

### **Geschäftsführer:**

Dr. ir. Martijn Vercammen  
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans  
AG Düsseldorf  
HRB Nr. 22586  
Ust-IdNr.: DE 119424700  
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

### **Bankverbindungen:**

Stadt-Sparkasse Düsseldorf  
Konto-Nr.: 220 241 94  
BLZ 300 501 10  
DE79300501100022024194  
BIC: DUSSEDDXXX

### **Niederlassungen:**

Mook / Nimwegen, NL  
Zoetermeer / Den Haag, NL  
Groningen, NL  
Paris, F  
Lyon, F  
Leuven, B

**peutz.de**

## Inhaltsverzeichnis

|         |                                                                                             |    |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Situation und Aufgabenstellung.....                                                         | 4  |
| 2       | Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....                                | 6  |
| 3       | Beurteilungsgrundlagen.....                                                                 | 10 |
| 4       | Örtliche Gegebenheiten.....                                                                 | 12 |
| 5       | Ermittlung der Schadstoffemissionen.....                                                    | 13 |
| 5.1     | Straßenverkehr.....                                                                         | 13 |
| 5.1.1   | Eingangsdaten.....                                                                          | 14 |
| 5.1.1.1 | Verkehrsdaten.....                                                                          | 14 |
| 5.1.1.2 | Verkehrssituation und Störungsgrad.....                                                     | 15 |
| 5.1.1.3 | Flottenzusammensetzung.....                                                                 | 16 |
| 5.1.1.4 | Längsneigung.....                                                                           | 17 |
| 5.1.1.5 | Kaltstartzuschläge.....                                                                     | 18 |
| 5.1.1.6 | Zusätzliche PM <sub>2,5</sub> - und PM <sub>10</sub> -Emissionsfaktoren Straßenverkehr..... | 18 |
| 5.1.2   | Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten.....                                       | 19 |
| 5.1.3   | Ergebnisse der Emissionsberechnung.....                                                     | 19 |
| 5.2     | Emissionen aus der Industrie und dem Hausbrand.....                                         | 19 |
| 5.3     | Emissionen der Parkplätze.....                                                              | 20 |
| 6       | Weitere Eingangsdaten und Modellbildung.....                                                | 23 |
| 6.1     | Meteorologiedaten.....                                                                      | 23 |
| 6.2     | Hintergrundbelastung.....                                                                   | 24 |
| 6.3     | Berechnungsmodell.....                                                                      | 26 |
| 7       | Durchführung der Immissionsprognose.....                                                    | 30 |
| 7.1     | Allgemeine Hinweise.....                                                                    | 30 |
| 7.2     | Vorgehensweise Bildung NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung.....                                | 30 |
| 7.3     | Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen.....                                         | 31 |
| 7.4     | Ergebnisdarstellungen.....                                                                  | 32 |
| 8       | Ergebnisse der Luftschadstoffausbreitungsberechnungen.....                                  | 33 |
| 8.1     | Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....                                                    | 33 |
| 8.2     | Feinstaub (PM <sub>10</sub> ).....                                                          | 35 |
| 8.3     | Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ).....                                                         | 36 |
| 9       | Zusammenfassung.....                                                                        | 38 |



## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 3.1: Auszug Immissionsgrenzwerte (fett gedruckt) der verkehrsrelevanten Luftschadstoffe gemäß 39. BImSchV [10].....                                                   | 10 |
| Tabelle 5.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 4.1 [9].....                                                                                                                     | 15 |
| Tabelle 5.2: Zusatzbelastungen durch die Industrie und den Hausbrand innerhalb des Untersuchungsraums als Jahresmittelwerte mit Bezugsjahr 2010 [30].....                     | 20 |
| Tabelle 5.3: Pkw-Bewegungen/24h auf den Parkplätzen im Nullfall.....                                                                                                          | 21 |
| Tabelle 5.4: Pkw-Bewegungen/24h auf den Parkplätzen im Planfall.....                                                                                                          | 21 |
| Tabelle 5.5: Emissionen der Parkplätze im Untersuchungsgebiet für den Null- und Planfall.                                                                                     | 22 |
| Tabelle 6.1: EU-Jahreskenngößen gemessener Schadstoffkonzentrationen an den LUQS-Messstation STYR, KREF, RAT2 und WALS [33].....                                              | 26 |
| Tabelle 6.2: Gesamtluftschadstoffvorbelastung und Bezugsjahr.....                                                                                                             | 26 |
| Tabelle 8.1: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....                                                                                                       | 33 |
| Tabelle 8.2: Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auftretens von mehr als 18 Stunden mit 1-h Mittelwert Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) über 200 µg/m <sup>3</sup> ..... | 34 |
| Tabelle 8.3: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM <sub>10</sub> ).....                                                                                                             | 35 |
| Tabelle 8.4: Anzahl der Tage im Jahr mit einem PM <sub>10</sub> -Tagesmittelwert > 50 µg/m <sup>3</sup> .....                                                                 | 36 |
| Tabelle 8.5: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ).....                                                                                                            | 36 |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 6.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der DWD-Station 10400 Düsseldorf-Flughafen des Jahres 2012 [31]..... | 24 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## 1 Situation und Aufgabenstellung

In Krefeld soll nordöstlich des Elfrather Sees und südlich der Asberger Straße ein Surfpark errichtet werden. Der Surfpark soll in ein Gesamtkonzept mit umliegenden Sport- und Freizeitflächen (Beachvolleyball, Kletterpark, Bouldern, Slackline, Skate-Park, Yoga, Spa und so weiter) sowie einem Campingplatz integriert werden. Weitere ergänzende Bereiche des Surfparks sind eine Surfschule sowie Gastronomie inklusive der Möglichkeit, Veranstaltungen wie zum Beispiel Firmenevents stattfinden zu lassen. Südlich des Surfparks liegt ein derzeit stillgelegter Badensee, der künftig wieder reaktiviert werden soll. [18] Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung werden nur die Auswirkungen der Planungen zum Surfpark betrachtet. Die übrigen Planungen im Umfeld des Elfrather Sees sind nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

Ein Lageplan der örtlichen Gegebenheiten und des Plangebietes ist in Anlage 1.1 dargestellt, Anlage 1.2 zeigt das Planvorhaben.

Zur Beurteilung der zu erwartenden Luftqualität im Plangebiet sowie der Auswirkung der Planung auf die lufthygienische Belastungssituation im Umfeld der Planung wird eine lufthygienische Untersuchung mit Luftschadstoffausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) erstellt.

Die Windfeld- und Ausbreitungsberechnungen für die Luftschadstoffuntersuchung werden mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL in der aktuellen Version 20.09 [2][3] durchgeführt.

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden auf Grundlage des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA) in der Version 4.1 [9] bestimmt.

Die städtische Hintergrundbelastung im Plangebiet wird anhand von Messwerten umliegender Hintergrundmessstationen sowie Luftschadstoffscreeningdaten ermittelt.

Die berechneten Immissionen werden mit den Grenzwerten der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [10] verglichen und beurteilt.

Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z. B. Benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), Blei (Pb), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen auch an höchst belasteten „Hot Spots“ deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie werden daher nicht weiter betrachtet.

Als Prognosejahr für die zu untersuchenden Varianten wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber das Jahr 2024 als frühestmöglicher Realisierungszeitpunkt des gesamten Vorhabens verwendet.

Es werden nachfolgend die Fälle

Prognosenullfall: Bebauung gemäß Bestand, Verkehrsmengen ohne Umsetzung des Planvorhabens, Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzung für das Jahr 2024

Planfall: Umgebungsbebauung gemäß Bestand, geplante Bebauung gemäß dem Planvorhaben [1], Verkehrsmengen unter Berücksichtigung des Planvorhabens, Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzung für das Jahr 2024

unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung untersucht.

## 2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

| Titel / Beschreibung / Bemerkung |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             | Kat. | Datum                 |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|
| [1]                              | Lageplan zum Bauvorhaben „Surf-park Krefeld“                                                                                                                                     | MOLA Landschaftsarchitektur GmbH                                                                                                                                                            | P    | Planstand: 19.04.2021 |
| [2]                              | Documentation of the prognostic mesoscale model GRAMM (Graz Mesoscale Model) Version 20.09                                                                                       | Mag. Dr. Dietmar Oetli                                                                                                                                                                      | Lit. | September 2020        |
| [3]                              | Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Version 20.09                                                                                        | Mag. Dr. Dietmar Oetli                                                                                                                                                                      | Lit. | September 2020        |
| [4]                              | A cost-effective method for simulating city-wide air flow and pollutant dispersion at building resolving scale                                                                   | Berchet, A. et al.                                                                                                                                                                          | Lit. | März 2017             |
| [5]                              | Digitales Geländemodell (DTM Germany_Nordrhein-Westfalen, 20m ) des äußeren Untersuchungsgebietes                                                                                | <a href="http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/DTM_Germany_Nordrhein-Westfalen, 20m">http://data.opendataportal.at/dataset/dtm-germany/DTM Germany_Nordrhein-Westfalen, 20m</a> | P    | Stand: 27.02.2017     |
| [6]                              | CORINE Land Cover 10 ha – CLC10 (2018)                                                                                                                                           | Bundesamt für Kartographie und Geodäsie                                                                                                                                                     | P    | 2020                  |
| [7]                              | CORINE Land Cover 25 ha – CLC10 (2018)                                                                                                                                           | Bundesamt für Kartographie und Geodäsie                                                                                                                                                     | P    | 2020                  |
| [8]                              | GRAL – Graz Lagrangian Model–Description                                                                                                                                         | Technische Universität Graz: <a href="https://gral.tugraz.at/#">https://gral.tugraz.at/#</a>                                                                                                | Lit. | Abgerufen: 02.09.2020 |
| [9]                              | <b>HBEFA</b> , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1                                                                                                   | Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz                                                                                                                                               | Lit. | September 2019        |
| [10]                             | <b>39. BImSchV</b><br>39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen                    | Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 40 vom 05.08.2010, Seite 1065 ff                                                                                                                 | V    | 02.08.2010            |
| [11]                             | <b>EG-Richtlinie 96/62/EG</b><br>EG-Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität                                                                           | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 296 vom 21.11.1996, Seite 55                                                                                                                  | V    | 27.09.1996            |
| [12]                             | <b>EG-Richtlinie 1999/30/EG</b><br>EG-Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie), | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 163 vom 29.06.1999, Seite 41, geändert durch Entscheidung 2001/744/EG vom 17.10.2001                                                          | V    | 22.04.1999            |

| Titel / Beschreibung / Bemerkung |                                                                                                                                                              | Kat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Datum                    |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| [13]                             | <b>EG-Richtlinie 2000/69/EG</b><br>EG-Richtlinie über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (2. Tochterrichtlinie)                             | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 313 vom 13.12.2000, Seite 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | V 16.11.2000             |
| [14]                             | <b>EG-Richtlinie 2002/3/EG</b><br>EG-Richtlinie über den Ozongehalt in der Luft (3. Tochterrichtlinie)                                                       | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 67 vom 09.03.2002, Seite 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | V 09.03.2002             |
| [15]                             | <b>EG-Richtlinie 2008/50/EG</b><br>EG-Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa                                                               | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 152 vom 11.06.2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | V 11.06.2008             |
| [16]                             | <b>EG-Richtlinie 2004/107/EG</b> EG-Richtlinie über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft (4. TR) | Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 23 vom 26.01.2005, Seite 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | V 26.01.2005             |
| [17]                             | Handbuch IMMISem/luft/lärm zur Version 8                                                                                                                     | IVU Umwelt GmbH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Lit. Dezember 2019       |
| [18]                             | Verkehrsuntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße – der Stadt Krefeld                                          | Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Lit. Stand: März 2021    |
| [19]                             | Stellplatzbilanz zum Surfpark Krefeld / Elfrather See (Parkstraße / Asberger Straße)                                                                         | Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Lit. Stand: März 2021    |
| [20]                             | Aktualisierung der Verkehrsuntersuchung für die A 57 im Abschnitt AK Köln Nord bis AS Rheinberg                                                              | Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Lit. Stand: Februar 2018 |
| [21]                             | <b>HBEFA</b> , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2                                                                               | Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Lit. Juli 2014           |
| [22]                             | <b>HBEFA</b> , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3                                                                               | Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Lit. April 2017          |
| [23]                             | KBA-Zulassungsstatistik des Zulassungsbezirkes Krefeld, Stand 01.01.2020                                                                                     | Zur Verfügung gestellt durch das LANUV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | P Eingang: 13.04.2021    |
| [24]                             | Lkw-Verkehrsverbot und Umweltzone Krefeld – Stadtkarte 1:20.000                                                                                              | Stadt Krefeld;<br><a href="https://www.krefeld.de/C1257CB001F275F/files/strklassif_lkw-verbot_druckbogen_cmyk_2015_09_09.pdf/\$file/strklassif_lkw-verbot_druckbogen_cmyk_2015_09_09.pdf?OpenElement">https://www.krefeld.de/C1257CB001F275F/files/strklassif_lkw-verbot_druckbogen_cmyk_2015_09_09.pdf/\$file/strklassif_lkw-verbot_druckbogen_cmyk_2015_09_09.pdf?OpenElement</a> | P Stand: 01.09.2015      |

| Titel / Beschreibung / Bemerkung |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                      | Kat. | Datum                     |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|
| [25]                             | Digitales Geländemodell (DGM1) des Untersuchungsgebietes                                                                         | Geoportal.NRW<br><a href="https://www.geoportal.nrw/">https://www.geoportal.nrw/</a><br>Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0<br><a href="http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0">http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0</a>                      | P    | Abgerufen:<br>03.05.2021  |
| [26]                             | <b>VDI 3782, Blatt 7</b><br>Kfz-Emissionsbestimmung                                                                              | Kommission Reinhaltung der Luft, Kfz-Emissionsbestimmung                                                                                                                                                                                             | RIL  | Mai 2020                  |
| [27]                             | <b>VDI 3945, Blatt 3</b>                                                                                                         | Kommission Reinhaltung der Luft, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle                                                                                                                                                                                  | RIL  | September 2000            |
| [28]                             | Bericht zum Luftqualitätsmodell Krefeld - Grobscreening                                                                          | iMA Cologne GmbH                                                                                                                                                                                                                                     | Lit. | Februar 2007              |
| [29]                             | Emissionsdaten der Industrie und des Hausbrandes in Krefeld der Jahre 1999, 2000 und 2004                                        | iMA Cologne GmbH, zur Verfügung gestellt durch das Umweltamt der Stadt Krefeld                                                                                                                                                                       | Lit. | Stand: 1999 / 2000 / 2004 |
| [30]                             | Datenexport der Immissionskarten des Grobscreenings für das Stadtgebiet Krefeld                                                  | iMA Cologne GmbH, zur Verfügung gestellt durch das Umweltamt der Stadt Krefeld                                                                                                                                                                       | P    | Eingang:<br>30.01.2013    |
| [31]                             | AKTerm Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit des Jahres 2012 der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen                      | Deutscher Wetterdienst                                                                                                                                                                                                                               | P    | 2012                      |
| [32]                             | Bericht zum Luftqualitätsmodell Krefeld – Feinscreening für 12 ausgewählte Gebiete innerhalb des Stadtgebietes von Krefeld       | iMA Cologne GmbH                                                                                                                                                                                                                                     | Lit. | Januar 2009               |
| [33]                             | Jahreskenngrößen der LUQS-Messstationen des LANUV NRW für die Jahre 2018 – 2020                                                  | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz;<br><a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a>                                                                                                                                         | Lit. | 2019 – 2021               |
| [34]                             | Luftreinhalteplan Krefeld                                                                                                        | Bezirksregierung Düsseldorf                                                                                                                                                                                                                          | Lit. | i.d.F. vom<br>30.09.2010  |
| [35]                             | Luftqualität 2020: Nur noch wenige Städte über Stickstoffdioxid-Grenzwert – Corona-Pandemie beeinflusste Luftqualität nur leicht | Umweltbundesamt<br><a href="https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2020-nur-noch-wenige-staedte-ueber">https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2020-nur-noch-wenige-staedte-ueber</a> | Lit. | 16.02.2021                |
| [36]                             | Auswirkung der Covid-19-Schutzmaßnahmen auf die Luftschadstoffkonzentration – LANUV-Fachbericht 109                              | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz;<br><a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a>                                                                                                                                         | Lit. | März 2021                 |
| [37]                             | LOD2-Modell im CityGML-Format des Untersuchungsgebietes                                                                          | Geoportal.NRW<br><a href="https://www.geoportal.nrw/">https://www.geoportal.nrw/</a><br>Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0<br><a href="http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0">http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0</a>                      | P    | Abgerufen:<br>03.05.2021  |

| Titel / Beschreibung / Bemerkung |                                                                                                                      | Kat.                                                      | Datum     |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| [38]                             | Automatische Klassifizierung der Luftschadstoff-Immissionsmessungen aus dem LIMBA-Meßnetz, Anwendung, 3. Teilbericht | IVU Umwelt GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes<br>Lit. | Juli 2002 |

Kategorien:

|        |                       |     |                                  |
|--------|-----------------------|-----|----------------------------------|
| G      | Gesetz                | N   | Norm                             |
| V      | Verordnung            | RIL | Richtlinie                       |
| VV     | Verwaltungsvorschrift | Lit | Buch, Aufsatz, Bericht           |
| RdErl. | Runderlass            | P   | Planunterlagen / Betriebsangaben |

### 3 Beurteilungsgrundlagen

Grundlage der Bewertung bildet ein Vergleich der prognostizierten Schadstoffimmissionen für verschiedene Luftschadstoffe mit den vom Gesetzgeber festgelegten Immissionsgrenzwerten.

Im Rahmen der Harmonisierung der europäischen Normen und Richtlinien sind europaweit Rahmenrichtlinien zur Ermittlung und Beurteilung der Luftqualität festgesetzt worden. Grundlage hierfür ist die Luftqualitätsrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft Nr. 96/62/EG vom 27.09.1996 [11]. Die darin beschriebenen Ziele und Prinzipien werden in z.Z. vier „Tochterrichtlinien“ präzisiert.

Seit dem 11.06.2008 sind die Luftqualitätsrahmenrichtlinie [11] und die ersten drei Tochterrichtlinien [12][13][14] zur „Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ zusammengefasst worden [15]. Hierin wurden die bisherigen Immissionsgrenzwerte bestätigt und ein neuer Zielwert für Feinstaub ( $PM_{2,5}$ ) eingeführt.

Mit Einführung der 39. BImSchV [10] "39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen)" am 02.08.2010 erfolgte dann die Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG in deutsches Recht.

Die verkehrsrelevanten Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV sind als Auszug in der nachfolgenden Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tabelle 3.1: Auszug Immissionsgrenzwerte (**fett** gedruckt) der verkehrsrelevanten Luftschadstoffe gemäß 39. BImSchV [10]

| Jahr                                | Luftschadstoff        |                       |                       |                          |                          |                           |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                     | $NO_2$<br>$\mu g/m^3$ | $NO_2$<br>$\mu g/m^3$ | $NO_2$<br>$\mu g/m^3$ | $PM_{10}$<br>$\mu g/m^3$ | $PM_{10}$<br>$\mu g/m^3$ | $PM_{2,5}$<br>$\mu g/m^3$ |
| Ab 2015                             | <b>200</b>            | <b>40</b>             | <b>400</b>            | <b>50</b>                | <b>40</b>                | <b>25</b>                 |
| Typ                                 | IGW,<br>SMW           | IGW,<br>JMW           | ALM,<br>SMW           | IGW,<br>TMW              | IGW,<br>JMW              | IGW,<br>JMW               |
| Zulässige Überschreitungen pro Jahr | 18                    | keine                 | -                     | 35                       | keine                    | keine                     |

**IGW:** Immissionsgrenzwert bei 293 °K, 101,3 kPa; **ALM:** Alarmschwelle; **SCW:** Schwellenwert

**JMW:** Jahresmittelwert; **TMW:** Tagesmittelwert; **AMW:** Achtstundenmittelwert; **SMW:** Stundenmittelwert

Die zulässigen 35 Überschreitungstage des Tagesmittelwertes für  $PM_{10}$  von  $50 \mu g/m^3$  entsprechen in etwa einem 90-Perzentil-Wert von  $50 \mu g/m^3$ . Die zulässigen 18 Überschreitungen



gen pro Kalenderjahr des maximalen Stundenwertes von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  entsprechen in etwa dem 99,8-Perzentil-Wert von  $200 \mu/\text{m}^3$ .

Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV [10] zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden weiter gemäß Anlage 3 Punkt A.2.c der 39. BImSchV an folgenden Orten nicht beurteilt:

- *an Orten innerhalb von Bereichen, zu denen die Öffentlichkeit keinen Zugang hat und in denen es keine festen Wohnunterkünfte gibt;*
- *[...] auf dem Gelände von Arbeitsstätten, für die alle relevanten Bestimmungen über Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten;*
- *auf den Fahrbahnen der Straßen und, sofern Fußgänger und Fußgängerinnen für gewöhnlich dorthin keinen Zugang haben, auf dem Mittelstreifen der Straßen.*

## 4 Örtliche Gegebenheiten

In Krefeld soll nordöstlich des Elfrather Sees und südlich der Asberger Straße ein Surfpark errichtet werden. Der Surfpark soll in ein Gesamtkonzept mit umliegenden Sport- und Freizeitflächen (Beachvolleyball, Kletterpark, Bouldern, Slackline, Skate-Park, Yoga, Spa und so weiter) sowie einem Campingplatz integriert werden. Weitere ergänzende Bereiche sind eine Surfschule sowie Gastronomie inklusive der Möglichkeit Veranstaltungen wie zum Beispiel Firmenevents stattfinden zu lassen. Südlich des Surfparks liegt ein derzeit stillgelegter Badesee, der künftig wieder reaktiviert werden soll. [18] Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung werden nur die Auswirkungen der Planungen zum Surfpark betrachtet. Die übrigen Planungen im Umfeld des Elfrather Sees sind nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

Zur Erschließung des Surfparks sollen die umliegenden Straßen Kaldenhausener Straße, Giesenfeldstraße, Reitweg, Wildstraße, Asberger Straße, Parkstraße, Rather Straße, An der Elfrather Mühle und der Charlottenring genutzt werden. Die bestehenden Parkplätze an der Asberger Straße und der Parkstraße sollen ohne Kapazitätserweiterung für den Surfpark und das geplante Restaurant auf dem Plangebiet mitgenutzt werden. Auf dem bestehenden Parkplatz an der Parkstraße entstehen wenige Stellplätze für Wohnmobile.

Westlich des Plangebietes verläuft in ca. 1,5 km Entfernung die A57 in Nord-Süd Richtung.

## 5 Ermittlung der Schadstoffemissionen

### 5.1 Straßenverkehr

Die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt mithilfe des Emissionsprogramms IMMIS<sup>em</sup> in der Version 8.001 [17]. Das Emissionsprogramm verwendet hierbei die im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) Version 4.1 [9] hinterlegten Emissionsfaktoren.

Das im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, der Schweiz und Österreich sowie Schweden, Frankreich und Norwegen entwickelte HBEFA stellt Emissionsfaktoren für die gängigsten Fahrzeugtypen (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Linien- und Reisebusse sowie Motorräder), differenziert nach Emissionskonzepten (Euro 0 bis Euro VI) sowie nach verschiedenen Verkehrssituationen zur Verfügung. HBEFA liefert Emissionsfaktoren für alle reglementierten sowie eine Reihe von nicht-reglementierten Schadstoffen, einschließlich CO<sub>2</sub> und Kraftstoffverbrauch. Ebenso stehen seit der Version 4.1 des HBEFA auch Well-to-Tank (WTT) Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2e</sub>) zur Verfügung. Diese stellen die Emissionen aus der Kraftstoff- bzw. Energieerzeugung dar. Da diese in der Regel an anderen Orten als am Ort der lokalen Kraftfahrzeugemissionen auftreten, sind diese für lokale Luftschadstoffimmissionen irrelevant, können aber für Aussagen zu globalen Perspektiven des Klimawandels herangezogen werden.

Das Handbuch stellt den Benutzern Emissionsfaktoren pro km oder Verkehrsvorgang in Abhängigkeit verschiedener Parameter zur Verfügung. Nachfolgend sind die wichtigsten Parameter aufgeführt:

- nach Emissionsarten („warme Emissionsfaktoren“, Kaltstartzuschläge und Verdampfungsemissionen);
- nach Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge < 3,5t, schwere Nutzfahrzeuge > 3,5t, Linien- und Reisebusse, Motorräder);
- nach Bezugsjahr der Flottenzusammensetzung (Deutschland: 1994 – 2050);
- nach Schadstoff (z. B. NO<sub>x</sub>, Partikel, Benzol, CO<sub>2</sub>, Kraftstoffverbrauch u. a.);
- nach Verkehrssituation und Längsneigung;
- nicht abgasbedingte Feinstaubemissionen (PM<sub>10</sub>) aus z. B. Straßen- oder Reifenabrieb;
- Emissionsfaktoren für Elektro- und gasbetriebene Fahrzeuge.

Die Ergebnisse können in unterschiedlichem Detaillierungsgrad abgefragt werden:

- als „gewichteter Emissionsfaktor“: Darin sind die verschiedenen Fahrzeugschichten länderspezifisch entsprechend ihren Fahrleistungsanteilen gewichtet

- „je Emissionskonzept“: Diese Option gibt zusätzlich die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkonzepte an (z. B. nach EURO-Klassen)
- „je Kraftstoffkonzept“: Diese Option liefert zusätzlich die Emissionsfaktoren der Kraftstoffkonzepte Otto- und Diesel-Fahrzeuge
- „je Fahrzeugschicht“: Diese Option gibt zusätzlich die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugschichten an (z. B. Gkat-Pkw mit Hubraum < 1,4 l, mit Hubraum 1,4 – 2,0 l, mit Hubraum > 2,0 l etc.

### **5.1.1 Eingangsdaten**

#### **5.1.1.1 Verkehrsdaten**

Für die Berechnung der verkehrlichen Schadstoffemissionen werden Angaben zu den Verkehrsmengen auf den Straßen im Untersuchungsraum benötigt. Mindestens werden Angaben zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge (DTV-Wert) sowie zu den Anteilen leichter Nutzfahrzeuge < 3,5 t (INfz) und schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5t (sNfz) benötigt.

Die Verkehrsdaten für das umliegende Straßennetz für den Prognosenullfall und insgesamt vier Planvarianten wurden durch den Verkehrsgutachter zum Planvorhaben zur Verfügung gestellt [18]. Angaben zu den INfz-Anteilen liegen in diesen Daten nicht vor. Daher wurde ein pauschaler Anteil von leichten Nutzfahrzeugen von 5 % berücksichtigt, da leichte Nutzfahrzeuge in der Regel höhere Luftschadstoffemissionen als PKWs aufweisen und diese sonst unberücksichtigt bleiben würden. Allgemeine Verkehrszählungen haben gezeigt, dass ein solcher Anteil von leichten Nutzfahrzeugen repräsentativ ist.

Die Planvarianten betrachten verschiedene Anbindungen des Surfparks. Hierdurch ergeben sich im umliegenden Straßennetz leicht unterschiedliche Verkehrsbelastungen. Da diese Unterschiede relativ gering sind, wurden für die Emissionsberechnung des Planfalls in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Krefeld die jeweils höchste Verkehrsbelastung auf einem Straßenabschnitt aus den vier Varianten berücksichtigt (siehe Anlage 2.2.2).

In einem ergänzenden Gutachten wird der Stellplatzbedarf im Bestand und Planfall dargestellt [19]. Die hierin enthaltenen Angaben werden nachfolgend zur Ermittlung der auf den Parkplätzen freigesetzten Emissionen herangezogen.

Für die Streckenabschnitte der A 57 innerhalb des Untersuchungsgebietes werden die Verkehrsmengen für die Situation nach dem vorgesehenen 6-streifigen Ausbau berücksichtigt [20].

### 5.1.1.2 Verkehrssituation und Störungsgrad

Mit Einführung des HBEFA ab der Version 3.x [21][22] wurden als eine wesentliche Änderung gegenüber der Version 2.1 von 2004 die Verkehrssituationen neu definiert. Mit der Aktualisierung auf die Version 4.1 wurden weitere Verkehrssituationen eingeführt. Dies sind ein fünfter Level of Service (LOS 5, „Heavy Stop+go“, d. h. Stau mit Durchschnittsgeschwindigkeiten von 5 bis 10 km/h) sowie städtische Hauptverkehrsstraßen mit Geschwindigkeitsbegrenzungen auf 30 km/h.

Es liegen somit nun 365 differenzierte Verkehrssituationen vor, welche sich in ländliche oder städtische Prägung, den Straßentyp, das geltende Tempolimit, sowie fünf Verkehrsqualitäten gliedern. Für jede dieser Qualitätsstufen liegen ebenfalls Emissionsfaktoren vor.

Die sich hieraus ergebenden möglichen Verkehrssituationen des HBEFA 4.1 sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

Tabelle 5.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 4.1 [9].

| Gebiet                    | Straßentyp                     | Verkehrszustand;<br>(LOS)<br>Level of Service     | Tempolimit |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |      |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
|                           |                                |                                                   | 30         | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | >130 |
| Ländlich geprägt (rural)  | Autobahn                       | flüssig, gesättigt, dicht, Stop+go, Heavy Stop+go |            |    |    |    |    | x  | x  | x   | x   | x   | x   | x    |
|                           | Semi-Autobahn                  |                                                   |            |    |    |    |    |    | x  |     | x   |     |     |      |
|                           | Fern-, Bundesstraße            |                                                   |            |    |    | x  | x  | x  | x  | x   | x   |     |     |      |
|                           | Hauptverkehrsstraße, gerade    |                                                   |            |    | x  | x  | x  | x  | x  | x   |     |     |     |      |
|                           | Hauptverkehrsstraße, kurvig    |                                                   |            |    | x  | x  | x  | x  | x  | x   |     |     |     |      |
|                           | Sammelstraße, gerade           |                                                   |            |    | x  | x  | x  | x  |    |     |     |     |     |      |
|                           | Sammelstraße, kurvig           |                                                   |            |    | x  | x  | x  | x  |    |     |     |     |     |      |
|                           | Erschließungsstraße            |                                                   | x          | x  | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |      |
| Städtisch geprägt (Agglo) | Autobahn                       | flüssig, gesättigt, dicht, Stop+go, Heavy Stop+go |            |    |    |    |    | x  | x  | x   | x   | x   | x   |      |
|                           | Stadt-Autobahn                 |                                                   |            |    |    | x  | x  | x  | x  | x   | x   |     |     |      |
|                           | Fern-, Bundesstraße            |                                                   |            |    |    | x  | x  | x  | x  | x   |     |     |     |      |
|                           | Städt. Magistrale / Ringstraße |                                                   |            |    | x  | x  | x  | x  | x  |     |     |     |     |      |
|                           | Hauptverkehrsstraße            |                                                   | x          | x  | x  | x  | x  | x  |    |     |     |     |     |      |
|                           | Sammelstraße                   |                                                   | x          | x  | x  | x  |    |    |    |     |     |     |     |      |
|                           | Erschließungsstraße            |                                                   | x          | x  | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |      |

Für die mit einem Kreuz markierten Verkehrssituationen liegen Emissionsfaktoren vor.

Die Einordnung der Straßen im Untersuchungsgebiet zu einem Straßentyp erfolgte anhand der Straßenkategorie sowie des im Straßennetz geltenden Tempolimits.

Im Verlauf eines Tages liegen auf einem innerstädtischen Straßenabschnitt in der Regel verschiedene Verkehrsqualitäten (Level of Service, kurz LOS) vor. Die tageszeitlich wechselnde Verkehrsqualität wird mit den fünf Stufen „freier Verkehr“ (LOS1), „dichter Verkehr“ (LOS2), „gesättigter Verkehr“ (LOS3), „Stop&Go“ (LOS4) und „Heavy Stop+go“ (LOS5) durch entsprechend variierende Emissionsfaktoren im HBEFA 4.1 berücksichtigt. Mit höherem Level of Service, also abnehmender Verkehrsqualität nehmen die Luftschadstoffemissionen, also der Luftschadstoffausstoß der Kraftfahrzeuge, zu.

Die Verkehrsqualität in einem Straßenabschnitt hängt dabei von der Gebietseinstufung (ländlich oder städtisch), dem Straßentyp, der Anzahl vorhandener Fahrstreifen, dem Tagesgang, der Verkehrsmenge mit Schwerverkehrsanteil und einem Wichtungsfaktor für schwere Nutzfahrzeuge ab. Diese Faktoren bestimmen, welche Kapazität ein Straßenabschnitt in Fahrzeugen pro Stunde und Fahrstreifen hat. In Abhängigkeit von Schwellenwerten, welche weiter nach innerorts (IO), außerorts (AO) und Autobahn (AB) klassifiziert sind, ergeben sich die Kapazitäten bei deren Überschreitung die Verkehrsqualität in den nächsten LOS wechselt.

Im Emissionsmodell IMMIS<sup>em</sup> liegen hierzu entsprechende Angaben zu Kapazitäten, Schwellenwerten und Tagesgängen vor. Falls diese Angaben projektbezogen z. B. aus Verkehrszählungen bekannt sind, können auch benutzerdefinierte Einstellungen gewählt werden.

Für Tagesgänge stehen die vier standardisierten Tagesgänge „small peak“, „doublepeak“, „wide peak“ und „no peak“ zur Verfügung. Diese beschreiben im Wesentlichen das Auftreten keiner, einer oder zweier ausgeprägter Verkehrsspitzen im Tagesverlauf. Im Falle von Einfall- und Ausfallstraßen einer Stadt sind diese Tagesgänge, falls keine ausgeprägte Doppelspitze vorliegt, den Fahrtrichtungen aus bzw. in die Stadt entsprechend zuzuordnen (falls z. B. morgens deutlich mehr Pendler eine Stadt verlassen als in die Stadt einfahren und abends umgekehrt). Grundsätzlich können auch reale Tagesgänge aus entsprechenden Verkehrserfassungen im Untersuchungsgebiet berücksichtigt werden.

Im vorliegenden Fall wurde für alle Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet der standardisierte Tagesgang „doublepeak“ verwendet. Anhand typischer Straßenkapazitäten sowie den zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen wurde die LOS-Verteilung pro Straßenabschnitt von IMMIS<sup>em</sup> automatisiert berechnet. Die in HBEFA 4.1 neu hinzugekommene LOS-Stufe „heavy stop+go“ wird hierbei berücksichtigt, indem zwei Drittel des gesamten stop+go-Anteils dem LOS 4 (stop+go) und ein Drittel dem LOS 5 (heavy stop+go) zugewiesen wird.

#### **5.1.1.3 Flottenzusammensetzung**

Zur Berechnung der Schadstoffemissionen eines Straßenabschnittes sind Angaben zum Bezugsjahr der zu erstellenden Luftschadstoffberechnung, dem Prognosejahr, erforderlich, da die Zusammensetzung der Kraftfahrzeugflotte sich in Abhängigkeit des Prognosejahres auf-

grund von Gesetzgebung zu Emissionshöchstgrenzen ständig verändert. Neuere Fahrzeuge mit höheren Abgasnormen ersetzen dabei zunehmend alte Fahrzeuge, was insgesamt zu einer Abnahme des Luftschadstoffausstoßes der Gesamtflotte führt. Bei gleicher Anzahl von Kraftfahrzeugen in gleicher Zusammensetzung von PKW, INfz und sNfz sinken die Emissionen der Gesamtflotte somit von Jahr zu Jahr.

Die Zusammensetzung der PKW-Flotte im Plangebiet und dem umliegenden Straßennetz wird vor allem von dem regionalen Fahrzeugbestand bestimmt. Bei der Emissionsberechnung für die PKW und die leichten Nutzfahrzeuge wurde daher nicht auf den im HBEFA 4.1 hinterlegten mittleren bundesdeutschen Flottenmix „REF D HB41“, sondern auf die lokale Zulassungsstatistik (unterteilt nach Euro-Abgasgrenzwerten) für den Zulassungsbezirk Krefeld mit Stand 01.01.2020 [23] zurückgegriffen. Da die Flottenzusammensetzung auf der A57 von einem überregionalen Fahrzeugbestand geprägt ist, wurde hier auf eine Regionalisierung der Flottenzusammensetzung verzichtet.

Die in dieser Statistik enthaltenen Werte wurden anschließend in Anlehnung an die im HBEFA 4.1 enthaltene Flottenentwicklung auf den Prognosehorizont 2024 hochgerechnet. Da der Anteil einer Fahrzeuggruppe an den gemeldeten Fahrzeugen in der Regel nicht deren Anteil an der jährlichen Fahrleistung entspricht, wurden die Zulassungsstatistiken mit den im HBEFA hinterlegten Fahrleistungsanteilen normiert.

Da weiterhin auch die Flottenzusammensetzung der schweren Nutzfahrzeuge in der Regel vom überregionalen Fahrzeugbestand geprägt ist, wurde für die sNfz-Anteile ebenfalls auf eine weitere Regionalisierung der Flotte verzichtet.

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb der Krefelder Umwelt- und Lkw-Fahrverbotszone, die seit dem 31.07.2012 nur noch von Fahrzeugen mit grüner Schadstoffplakette (auch Feinstaubplakette genannt) befahren werden darf [24]. Eine weitere Anpassung der Fahrzeugflotte aufgrund von Umweltzonenregelungen erfolgt daher nicht.

#### **5.1.1.4 Längsneigung**

Die Längsneigung einer Straße hat einen großen Einfluss auf die Menge der ausgestoßenen Emissionen, da bergauf fahrende Kfz deutlich mehr Schadstoffe emittieren als bergab fahrende Kfz. Zur Berücksichtigung dieses Effekts liegen im HBEFA neigungsabhängige Emissionsfaktoren in 2 %-Schritten von -6 % bis +6 % vor. In IMMIS<sup>em</sup> kann die Neigung mit einer Nachkommastelle angegeben werden. Der entsprechende Emissionsfaktor wird, falls die Neigung innerhalb des Wertebereichs des HBEFA liegt, mithilfe der im HBEFA hinterlegten Stützstellen interpoliert und, falls die Neigung außerhalb des Wertebereichs liegt, extrapoliert.

Die Längsneigung der Straßen im Untersuchungsgebiet wurde mithilfe eines hochauflösten digitalen Geländemodells (DGM) [25] überprüft und bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

#### **5.1.1.5 Kaltstartzuschläge**

Ein Kraftfahrzeug stößt, nachdem es ab- bzw. ausgekühlt ist, mehr Luftschadstoffe aus als nach Erreichen der Betriebstemperatur. Im Durchschnitt ist davon auszugehen, dass ein Fahrzeug erst nach einer Standzeit von zwölf Stunden vollständig ausgekühlt, bzw. der Außentemperatur angeglichen ist.

Je nach Standzeit, Außentemperatur und Fahrstrecke (z. B. nur innerstädtisch, oder nach kurzer Zeit auf der Autobahn) ist die Betriebstemperatur nach kürzerer oder längerer Zeit bzw. Fahrstrecke erreicht. Die Differenz zwischen den erhöhten Emissionen während des Erreichens der Betriebstemperatur und den Emissionen im betriebswarmen Zustand wird als Kaltstartzuschlag bezeichnet. Maßgeblich für den erhöhten Luftschadstoffausstoß ist die Aufheizphase des Katalysators, welcher erst nach der Aufheizphase seine vollständige Reinigungsleistung erreicht.

Otto-Fahrzeuge ohne Katalysator können zu Beginn der Fahrt weniger Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) ausstoßen als bei betriebswarmem Zustand, da die hier niedrigere Verbrennungstemperatur dann zu geringeren  $\text{NO}_x$ -Emissionen führt (negativer Kaltstartzuschlag). Solche Fahrzeuge sind in der Kraftfahrzeugflotte in Deutschland aber praktisch nicht mehr vorhanden.

Das HBEFA stellt Kaltstartzuschläge in  $[\text{g}/\text{Start}]$  differenziert nach Luftschadstoffen und Emissionskonzepten und weiter aufgeteilt nach Fahrtweite, Standzeit und Temperatur zur Verfügung. Für das Emissionsmodell IMMIS<sup>em</sup> wurden diese gemäß VDI 3782 Blatt 7 von Mai 2020 [26] und den neuen Kaltstartzu- bzw. abschlägen aus dem HBEFA 4.1 [9] basierend auf typisierten Fahrtweitenverteilungen, Standzeitenverteilungen, Verkehrsverteilungen und Temperaturganglinien in Gramm pro Kilometer umgerechnet. Hieraus ergeben sich jeweils Kaltstartfaktoren für die drei funktionalen Straßentypen „Wohn-; residential“, „Geschäfts-; commercial“ und „Einfallstraßen; radial Streets“.

#### **5.1.1.6 Zusätzliche $\text{PM}_{2,5}$ - und $\text{PM}_{10}$ -Emissionsfaktoren Straßenverkehr**

Mit der Version 4.1 des HBEFA wurden auch nicht abgasbedingte  $\text{PM}_{2,5}$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionen durch Reifen- und Straßenabrieb, sowie Bremsbelags- und Kupplungsverschleiß eingeführt. Diese werden bei der Emissionsberechnung für Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) entsprechend mit berücksichtigt.



### **5.1.2 Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten**

In Anlage 2.2 sind die wichtigsten Eingangsparameter für die Emissionsberechnung der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet für den Prognosenull- und den Planfall tabellarisch aufgeführt. Die räumliche Einordnung der aufgelisteten Straßenabschnitte kann mit dem Lageplan in Anlage 2.1 vorgenommen werden.

### **5.1.3 Ergebnisse der Emissionsberechnung**

Mit der beschriebenen Methodik und den aufgeführten Eingangsdaten wurden die Emissionen der im Untersuchungsgebiet verlaufenden Straßenabschnitte für die zu untersuchenden Schadstoffe  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  mit dem Emissionsprogramm IMMIS<sup>em</sup> für den Prognosenull- und den Planfall mit dem Prognosehorizont 2024 berechnet.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung sind in der Anlage 2.2 dargestellt.

## **5.2 Emissionen aus der Industrie und dem Hausbrand**

Für die Emissionen von Luftschadstoffen aus der Industrie und dem Hausbrand liegen aus dem Grobscreening des Luftqualitätsmodells der Stadt Krefeld [28] Emissionsdaten für das gesamte Stadtgebiet von Krefeld mit einer genauen Positionsangabe und den Massenströmen für die Schadstoffe Feinstaub (nur  $\text{PM}_{10}$ ) und Stickstoffdioxid vor [29].

Da sich aber fast alle Quellen außerhalb des GRAL-Rechengebietes befinden, konnten sie nicht explizit mitberechnet werden.

Um die Immissionen durch die Industrie und den Hausbrand als Zusatzbelastung explizit berücksichtigen zu können, wurden die Daten der Immissionsberechnungen des Grobscreenings des Luftqualitätsmodells der Stadt Krefeld durch das Umweltamt der Stadt Krefeld als flächendeckende Rasterkarten der Zusatzbelastung separat für die verschiedenen Quellen und Luftschadstoffe zur Verfügung gestellt [30]. Diese Immissionsdaten liegen für Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Feinstaub (nur  $\text{PM}_{10}$ ) in einem  $100 \times 100 \text{ m}^2$  Raster als Zusatzbelastungen vor. Das Bezugsjahr für diese Daten ist das Jahr 2010. Aktuellere Daten hierzu liegen nicht vor. Da sich durch gesetzliche Vorgaben die Emissionen aus dem Hausbrand und der Industrie im Laufe der Zeit abmindern, liegen die für das Jahr 2010 ermittelten Immissionsdaten bei Berücksichtigung für den Prognosehorizont 2024 auf der sicheren Seite.

Für Feinstaub ( $\text{PM}_{2,5}$ ) liegen in den Immissionsdaten des Luftqualitätsmodells Krefeld keine Daten vor. Zur Bestimmung der  $\text{PM}_{2,5}$ -Zusatzbelastung durch den Hausbrand und die Industrie wurden daher die Verhältnisse von gemessenen  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen an umliegenden Hintergrundmessstationen gebildet. Typischerweise entspricht die jahresmittlere

PM<sub>2,5</sub>-Belastung an Hintergrundstationen etwa 70 % der jahresmittleren PM<sub>10</sub> -Belastung. Zur Abschätzung der PM<sub>2,5</sub>-Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet wurde daher die jahresmittlere PM<sub>10</sub> -Zusatzkonzentration mit dem Faktor 0,7 multipliziert.

Die aus der Auswertung der Rasterkarten der Zusatzbelastung für den Bereich des Bebauungsplangebietes hervorgehenden Zusatzbelastungen durch die Industrie und den Hausbrand sind in Tabelle 5.2 aufgelistet.

Tabelle 5.2: Zusatzbelastungen durch die Industrie und den Hausbrand innerhalb des Untersuchungsraums als Jahresmittelwerte mit Bezugsjahr 2010 [30].

| Quelle                      | Zusatzbelastung Jahresmittelwert 2010 |                  |                   |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|
|                             | [µg/m³]                               |                  |                   |
|                             | NO <sub>x</sub>                       | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> |
| Hausbrand                   | 1,0 – 6,3                             | 0,0 – 0,2        | Keine Angabe      |
| Industrie                   | 0,9 – 4,4                             | 0,2 – 0,7        | Keine Angabe      |
| <b>Summe (Maximalwerte)</b> | <b>10,7</b>                           | <b>0,9</b>       | <b>0,6</b>        |

Im Sinne eines konservativen Ansatzes werden die in Tabelle 5.2 angegebenen Summen der Maximalwerte des Jahres 2010 unverändert für das Prognosejahr 2024 übernommen und der Hintergrundbelastung gemäß Kapitel 6.2 zugeschlagen.

### 5.3 Emissionen der Parkplätze

Im Bereich des Surfparks befinden sich im Bestand (Nullfall) drei Parkplätze. Diese sind der Parkplatz P4 – Asberger Straße mit 109 Stellplätzen und die Parkplätze P2 + P3 – Parkstraße mit insgesamt 874 Stellplätzen [19].

In der Verkehrsuntersuchung [18] sowie der Stellplatzbilanz [19] zum Surfpark Krefeld sind keine direkten Angaben zu Kfz-Fahrten zu und von den Parkplätzen enthalten. In der Stellplatzbilanz wurde die derzeitige Parkraumnachfrage durch eine Zählung am 30.05.2020 im Zeitraum von 10 bis 18 Uhr stündlich erhoben (siehe Tabelle 1 in [19]). Für die Ermittlung der Kfz-Fahrten auf den Parkplätzen wurden für die nachfolgende Ermittlung der Luftschadstoffemissionen durch die Parkplätze die stündlich ermittelten Änderungen der Stellplatzbelegungen aufsummiert. In [19] ist nicht dokumentiert, wie viele Stellplatzwechsel innerhalb einer Stunde stattfinden. Daher wurde für Fahrten / Stellplatzwechsel innerhalb der jeweiligen Stunde ein Zuschlag von 50 % aufgeschlagen.

Im Rahmen der Verkehrsuntersuchung [18] sowie der Stellplatzbilanz [19] wird der südlich gelegene Badensee als reaktiviert angenommen. Hierdurch ergeben sich für die Parkplätze P2 + P3 im Nullfall und Planfall jeweils 150 Pkw/24h, welche dort parken.

Für den Nullfall ergeben sich somit die folgenden, in Tabelle 5.3 dargestellte Pkw-Bewegungen. Je Stellplatzwechsel werden zwei Pkw-Fahrten für die An- und Abfahrt berücksichtigt.

Tabelle 5.3: Pkw-Bewegungen/24h auf den Parkplätzen im Nullfall

| Parkplatz                     | P4 – Asberger Straße | Parkplatz P2 + P3 Parkstraße |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Zählung gemäß [19]            | 160                  | 604                          |
| Zuschlag von 50 % auf Zählung | 80                   | 302                          |
| Badensee                      | 0                    | 300                          |
| <b>Summe</b>                  | <b>240</b>           | <b>1206</b>                  |

Für den Planfall werden zusätzlich die sich durch die Nutzung des Surfparks ergebenden Pkw-Bewegungen gemäß [19] berücksichtigt. Hieraus folgen die in Tabelle 5.4 dargestellten Pkw-Bewegungen.

Tabelle 5.4: Pkw-Bewegungen/24h auf den Parkplätzen im Planfall

| Parkplatz                     | P4 – Asberger Straße | Parkplatz P2 + P3 Parkstraße | Parkplatz Camping |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------|
| Zählung gemäß [19]            | 160                  | 604                          | 0                 |
| Zuschlag von 50 % auf Zählung | 80                   | 302                          | 0                 |
| Badensee                      | 0                    | 300                          | 0                 |
| Mitarbeiter Surfpark          | 0                    | 84                           | 0                 |
| Restaurant Surfpark           | 54                   | 0                            | 0                 |
| Event im Restaurant Surfpark  | 170                  | 0                            | 0                 |
| Surfpark                      | 0                    | 1102                         | 0                 |
| Campingplatz                  | 0                    | 0                            | 38                |
| <b>Summe</b>                  | <b>464</b>           | <b>2392</b>                  | <b>38</b>         |

Die Ansätze zur Berechnung der Parkplatz-Emissionen berücksichtigen Zuschläge für Tankatmung und Verdunstungen des warmen Motors während der Parkdauer sowie Kaltstartzuschläge in Abhängigkeit der Parkdauer. Da für die Berechnung der Kaltstartzuschläge die durchschnittliche Parkdauer nicht bekannt ist, wird nachfolgend ein vollständiges Auskühlen der Fahrzeuge als Maximalannahme berücksichtigt. Dies entspricht einer Parkdauer von 12 Stunden.

Für die Fahrstrecken auf den Parkplätzen wurde das Fahrmuster urbane Erschließungsstraße, 30 km/h, Stop+Go (LOS 4) verwendet. Die Emissionen der Fahrzeugflotte, welche auf den Parkplatz einfahren, wurden gemäß der regionalen Flottenzusammensetzung angepasst. Für die einfahrenden Fahrzeuge mit warmem Motor und für die ausfahrenden Fahrzeuge mit abgekühltem Motor wurde für den Parkplatz P4 eine mittlere Fahrtlänge von 75 m,

für den Parkplatz P2 + P3 von 180 m und den Parkplatz zum Camping (Wohnmobil-Bereich auf dem geplanten Campingplatz) von 80 m zugrunde gelegt.

Mit den oben beschriebenen Ansätzen ergeben sich für die Parkplätze die in Tabelle 5.5 dargestellten Emissionen.

Tabelle 5.5: Emissionen der Parkplätze im Untersuchungsgebiet für den Null- und Planfall

| Quelle:                                      | Emissionen [g/d]              |                                |                               |
|----------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|                                              | Feinstaub (PM <sub>10</sub> ) | Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ) | Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) |
| Parkplatz P4 – Asberger Straße Nullfall      | 0,9                           | 0,3                            | 7,4                           |
| Parkplatz P4 – Asberger Straße Planfall      | 1,7                           | 0,6                            | 14,3                          |
| Parkplatz P2 + P3 Parkstraße Nullfall        | 10,4                          | 3,9                            | 89,3                          |
| Parkplatz P2 + P3 Parkstraße Planfall        | 20,7                          | 7,7                            | 177,1                         |
| Parkplatz Wohnmobil-Bereich Camping Planfall | 0,2                           | 0,1                            | 1,9                           |

In den Anlagen der Gesamtbelastungen sind diese Zusatzimmissionen entsprechend mit berücksichtigt worden.

## 6 Weitere Eingangsdaten und Modellbildung

### 6.1 Meteorologiedaten

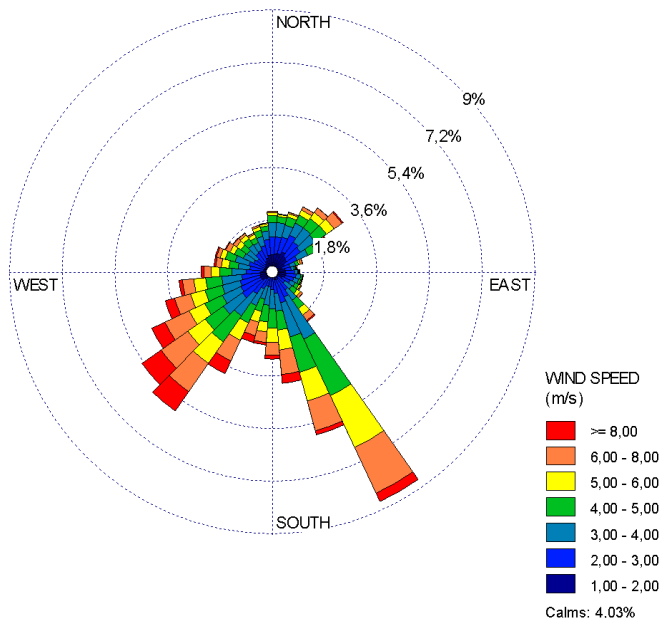
Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden Windstatistiken mit Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten benötigt, welche durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und thermische Schichtung der Atmosphäre definiert sind.

Für die vorliegende Untersuchung wurden Messwerte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen des Jahres 2012 [31] verwendet. Die Station liegt etwa 14,5 km südöstlich des Untersuchungsgebietes und gibt gemäß Umweltamt der Stadt Krefeld auf Grund ihrer räumlichen Nähe und des 10-jährigen Messzeitraums sehr gut die langjährigen übergeordneten Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet wieder. Ebenso wurden die Daten der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen im Rahmen des für das gesamte Stadtgebiet Krefeld durchgeführten Luftschadstoffgrobscreenings [28] sowie Feinscreenings für zwölf ausgewählte Bereiche [32] verwendet.

Für die Immissionsprognose wurde die Messreihe mit jeweils 1-Stunden-Mittelwerten in Windrichtungssektoren à 10° ausgewertet und deren Häufigkeiten ermittelt. Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind in der nachfolgenden Abbildung 6.1 dargestellt. Es dominieren südwestliche und – bedingt durch die Leitwirkung des Rheintals – südöstliche Windrichtungen bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 3,9 m/s in 10 m Höhe.

Zur fachgerechten Berücksichtigung von Überprägungen der Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet durch das Relief, wechselnde Geländerauigkeiten und lokale Kaltluftabflüsse wurde das GRAMM-Rechengebiet so groß dimensioniert, dass die Anemometerposition innerhalb des GRAMM-Rechengebietes (äußeres Untersuchungsgebiet) liegt (s. Anlage 3.1). Die mesoskaligen Überprägungen des Windfelds wurden anschließend mithilfe des im Programmsystem GRAMM/GRAL integrierten prognostischen mesoskaligen Windfeldmodells berechnet (s. hierzu auch Kapitel 6.3).

Abbildung 6.1 Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der DWD-Station 10400 Düsseldorf-Flughafen des Jahres 2012 [31]



Anemometerhöhe: 10 m über Gelände; Datenquelle: DWD [31]

## 6.2 Hintergrundbelastung

Die Schadstoffkonzentration an einem Immissionsort setzt sich aus der großräumig vorhandenen sogenannten Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung aus lokalem Verkehr zusammen.

Die Hintergrundbelastung wiederum setzt sich zusammen aus den Immissionen von Industrie/Gewerbe, Hausbrand und häuslichen Schadstoffimmissionen sowie außerhalb des Untersuchungsraumes liegendem Verkehr und weitläufigem Schadstofftransport. Die Hintergrundbelastung ist also diejenige Belastung, welche ohne die bei der Modellbildung berücksichtigten Straßen im Untersuchungsraum vorliegen würde.

Der Ansatz zur Bestimmung der Hintergrundbelastung hat eine bedeutende Auswirkung auf die Ergebnisse der Immissionsuntersuchung, da insbesondere bei Stickstoffdioxid und  $PM_{10}$  im innerstädtischen Bereich bereits mehr als die Hälfte der zulässigen Immissionen gemäß 39. BImSchV durch die Hintergrundbelastung vorliegt.

Messdaten zur (Hintergrund-)Belastung in NRW liegen durch das Luftqualitätsmessnetz (LUQS) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) an einer Vielzahl von Messstationen vor [33]. Die statistischen Kenngrößen der verkehrsrelevanten

Schadstoffe werden regelmäßig veröffentlicht. Zur Bestimmung der Hintergrundbelastung wurde analog zum Luftreinhalteplan der Stadt Krefeld [34] auf Messwerte der letzten drei vollständig vorliegenden Messjahre der Stationen Mülheim-Styrum [STYR], Krefeld-Linn [KREF], Ratingen-Tiefenbroich [RAT2] und Duisburg-Walsum [WALS] zurückgegriffen.

Gemäß einer Veröffentlichung des Umweltbundesamtes von Februar 2021 [35] hat die Corona-Pandemie die Luftqualität in Deutschland und somit die Messwerte im Jahr 2020 nur leicht beeinflusst, da sich der Verkehrsrückgang durch den Lockdown vor allem auf den Zeitraum von vier Wochen (23.3. bis 19.4.) beschränkte. Für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) wird der Einfluss der Corona-Pandemie auf den Jahresmittelwert mit  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben. Für Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) wird kein relevanter Einfluss auf die gemessenen Jahresmittelwerte beschrieben. Somit ist der im Jahr 2020 deutschlandweit zu beobachtende, zum Teil deutliche Rückgang der  $\text{NO}_2$ -Belastung gegenüber den Vorgängerjahren nicht ursächlich durch die Pandemie, sondern durch die Flottenentwicklung und weitere Luftreinhaltemaßnahmen begründet.

Ähnliches beschreibt eine Veröffentlichung des LANUV NRW von März 2021 [36]. Demnach zeigen die Auswertungen der Messwerte, dass „die Schutzmaßnahmen gegen die Covid-19-Pandemie im Jahr 2020 in NRW zeitweise eine deutliche Reduktion des Straßenverkehrs und der Immissionsbelastung durch Luftschadstoffe bewirkten. Der Effekt auf den Jahresmittelwert der Luftschadstoffbelastung ist eher gering, da die Phasen mit starken Verkehrsreduktionen nur wenige Wochen betrug und sich daher im Jahresmittelwert nur geringfügig auswirken.“

Nachfolgend werden daher auch die Messwerte des Jahres 2020 zur Ermittlung der Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet herangezogen. Der Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) wird dabei, um den Einfluss der Corona-Pandemie zu berücksichtigen, um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angehoben.

Tabelle 6.1 zeigt die zur Bestimmung der Hintergrundbelastung verwendeten Messwerte sowie die hieraus ermittelte Hintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet.

In Zukunft ist aufgrund von politischen Vorgaben zur Emissionsminderung von einer weiter allmählich zurückgehenden Hintergrundbelastung auszugehen. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wurde im Rahmen dieser Berechnung auf eine Reduktion der Hintergrundbelastung für das Prognosejahr 2024 verzichtet.

Tabelle 6.1: EU-Jahreskenngößen gemessener Schadstoffkonzentrationen an den LUQS-Messstation STYR, KREF, RAT2 und WALS [33].

| Messstation /Quelle                                 | Jahr                  | Immissionen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]   |                         |                          |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                                     |                       | JMW<br>$\text{NO}_2$                       | JMW<br>$\text{PM}_{10}$ | JMW<br>$\text{PM}_{2,5}$ |
| Mülheim-Styrum (STYR)                               | 2018                  | 23                                         | 19                      | 14                       |
|                                                     | 2019                  | 22                                         | 16                      | 12                       |
|                                                     | 2020                  | 19 (18)                                    | 15                      | 10                       |
| Krefeld-Linn (KREF)                                 | 2018                  | -                                          | 13                      | -                        |
|                                                     | 2019                  | -                                          | 14                      | -                        |
|                                                     | 2020                  | -                                          | 14                      | -                        |
| Ratingen-Tiefenbroich (RAT2)                        | 2018                  | 24                                         | 17                      | -                        |
|                                                     | 2019                  | 23                                         | 14                      | -                        |
|                                                     | 2020                  | 21 (20)                                    | 18                      | -                        |
| Duisburg-Walsum (WALS)                              | 2018                  | 26                                         | 20                      | -                        |
|                                                     | 2019                  | 25                                         | 18                      | -                        |
|                                                     | 2020                  | 23 (22)                                    | 17                      | -                        |
| <b>Hintergrundbelastung<br/>Untersuchungsgebiet</b> | <b>2018-<br/>2020</b> | <b>22,9</b><br>$\cong 36,5 \text{ NO}_x^*$ | <b>16,3</b>             | <b>12,0</b>              |

\*siehe Kapitel 7.2. Die Werte in Klammern stellen die Messwerte aus 2020 dar.

Zusätzlich zu der gemäß Tabelle 6.1 dargestellten Hintergrundbelastung werden die in Tabelle 5.2 dargestellten Zusatzimmissionen durch die Industrie und den Hausbrand berücksichtigt. Die sich ergebende Gesamtvorbelastung für das Untersuchungsgebiet ist in Tabelle 6.2 aufgelistet.

Tabelle 6.2: Gesamtluftschadstoffvorbelastung und Bezugsjahr

| Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]                                                               | $\text{NO}_x$ | $\text{NO}_2$ | $\text{PM}_{10}$ | $\text{PM}_{2,5}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|
| Hintergrundbelastung 2018–2020 (für 2024) zuzüglich Industrie und Hausbrand aus dem Luftschadstoffscreening | 47,2          | 27,5          | 17,2             | 12,6              |

\* siehe Kapitel 7.2

### 6.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung der Schadstoffimmissionen erfolgte mit der aktuellen Version 20.09 des Modellsystems GRAMM/GRAL. Es besteht aus dem mesoskaligen prognostischen Windfeldmodell GRAMM (Graz Mesoscale Model) [2] und dem mikroskaligen lagrangeschen Ausbreitungsmodell GRAL (Graz Lagrangian Model) [3]. Die Modelle wurden an der Technischen Universität Graz entwickelt und werden seit 2014 von den Landesregierungen Steiermark und Tirol weiterentwickelt.



Das mesoskalige Modell GRAMM wurde speziell für Windfeldberechnungen in topographisch gegliedertem Gelände bei hohen horizontalen Auflösungen (bis zu 50 m) konzipiert [4]. Typische Rechengebietsgrößen liegen bei 10–250 km. Das Ausbreitungsmodell GRAL berechnet die Ausbreitung chemisch passiver Spurenstoffe in der unteren Atmosphäre im lokalen und regionalen Bereich. Typische Rechengebietsgrößen betragen 50 m–100 km bei horizontalen Auflösungen bis zu 2 m. GRAL ist ein lagrangesches Partikelmodell nach der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 [27]. In diesem Modelltyp wird die Dispersion der Schadstoffpartikel in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert. Ausbreitungsrechnungen können für beliebig niedrige Windgeschwindigkeiten und alle Stabilitätsklassen ausgeführt werden [8]. Es werden folgende physikalische Vorgänge simuliert [8]:

- Ausbreitung chemisch passiver Spurenstoffe
- Quasi-stationäre (Standardmodus) und instantane (transienter Modus) Freisetzungen
- Trockene Deposition und Sedimentation
- Nasse Deposition und Sedimentation (nur transienter Modus)
- Ausbreitung in komplexen Gelände (Berücksichtigung von Topographie und Gebäuden)
- Ausbreitung von Schornsteinemissionen unter Berücksichtigung von Austrittstemperatur und -geschwindigkeit
- Ausbreitung von Emissionen aus Tunnelöffnungen
- Strömung und Ausbreitung innerhalb von Vegetationsschichten
- Ausbreitung von Gerüchen (Berechnung von Geruchsstunden)
- Zerfallsprozesse (z. B. radioaktive Umwandlungen)

Das Modellsystem GRAMM/GRAL ermöglicht durch Kopplung der beiden Modelle eine hochaufgelöste Simulation von Ausbreitungsprozessen im Interessensbereich (inneres Untersuchungsgebiet) unter gleichzeitiger Einbeziehung der Effekte von Topographie und Landnutzung auf das regionale Wettergeschehen in einem größeren, gröber aufgelösten Einflussbereich (äußeres Untersuchungsgebiet). Auf diese Weise können im topographisch gegliederten Gelände auftretende thermische Windsysteme wie Hangauf- und Hangabwinde berücksichtigt werden.

Die Kopplung von GRAMM und GRAL erfolgt über ein sogenanntes Nesting. Dabei werden zunächst mesoskalige Windfelder mit GRAMM für den Einflussbereich berechnet und anschließend zur Initialisierung der hochaufgelösten Simulationen mit GRAL für den Interessensbereich genutzt. Für die Initialisierung werden die GRAMM-Windfelder durch Interpolation auf das feinere GRAL-Modellgitter übertragen [3]. In Abhängigkeit von der Größe des Interessensgebiets und der Dichte zu berücksichtigender Strömungshindernisse, wie Gebäuden, kann GRAL im prognostischen oder diagnostischen Modus betrieben werden. Im prognostischen Modus wird die Umströmung der Hindernisse explizit berechnet, während im

diagnostischen Modus das interpolierte Windfeld durch Ansetzen eines logarithmischen Windprofils an den Hindernisoberflächen korrigiert wird [3].

Emissionsquellen sind in beliebiger Zahl als Punkt-, Linien-, Flächen- oder Tunnelquellen vorgebar. Flächen- und Linienquellen können zudem durch Vergabe einer vertikale Ausdehnung bzw. einer Weite und vertikale Ausdehnung in Volumenquellen umgewandelt werden.

Im vorliegenden Fall wurde zunächst eine prognostische mesoskalige Windfeldberechnung unter Berücksichtigung der Landnutzung und des Geländes mit dem Modell GRAMM und einer Gitterauflösung von 100 m durchgeführt. Das Gelände wurde hierbei auf Grundlage eines frei verfügbaren digitalen Geländemodells mit einer Gitterweite von 20 m abgeleitet. Die Landnutzung wurden dem CORINE-Land Cover (CLC) Kataster aus dem Jahr 2018 entnommen [7]. Die Größe des Rechengebietes sowie die berücksichtigten Eingangsdaten können den Anlagen 3.1 bis 3.3 entnommen werden.

Die mesoskalige Windfeldberechnung erfolgte anhand von katalogbasierten Vorsimulationen, die für alle physikalisch möglichen „Wettersituationen“ (definiert durch Windgeschwindigkeit, Windrichtung und atmosphärische Stabilität) durchgeführt wurden. Anschließend wurden die berechneten Windfelder mit der in GRAMM implementierten „Match-To-Observation“-Funktion unter Verwendung der AKTerm-Zeitreihe der Station Düsseldorf-Flughafen (vgl. Kapitel 6.1) postprozessiert. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik kann [3][4] entnommen werden.

Für die Anwendung der „Match-To-Observation“-Funktion auf die Messdaten der Station Düsseldorf-Flughafen muss für diese eine Mess-Referenzhöhe  $h_{ref}$  gefunden werden, die der Umgebungsrauigkeit  $z_0$  einer offenen Wiesenfläche ( $z_0 = 0,1$  m) entspricht. Die gesuchte Referenzhöhe wurde der AKTerm [31] entnommen und beträgt im vorliegenden Fall 10,0 m ü. Grund. Die Lage der Station Düsseldorf-Flughafen im Untersuchungsgebiet ist in Anlage 3.1 sowie Anlage 3.2 dargestellt.

Im Anschluss wurden die mikroskaligen Windverhältnisse sowie die Luftschadstoffausbreitung unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmung und der lokalen topographischen Verhältnisse mit dem Rechenmodell GRAL für die zwei Szenarien Prognosenull- und Planfall berechnet. Die mikroskalige Windfeldmodellierung wurde im diagnostischen Modus ausgeführt. Die Fläche des GRAL-Rechengebiets beträgt  $5,6 \times 7,3$  km<sup>2</sup>. bei einer horizontalen Auflösung von 3 m. In vertikaler Richtung besteht der Modellraum aus 99 mit zunehmender Höhe mächtiger werdenden Schichten bis zur Modelloberkante in 11,8 km Höhe gemäß den Anforderungen an die Modellentwicklung. Die Schichten in Bodennähe werden hierbei fein aufgelöst.

Die Effekte der Gebäudeumströmung wurden hierbei aufgrund der Größe des Untersuchungsraumes diagnostisch abgebildet. Die Bestandsgebäude im Untersuchungsraum so-

wie das lokale Gelände wurden aus den frei verfügbaren LOD2-Gebäudedaten und DTM20-Geländemodellen des Landes NRW [37][5] abgeleitet.

Die Emissionen des Straßenverkehrs wurden im Rechenmodell als Linienquellen definiert und mit der Weite des jeweiligen Straßenquerschnitts sowie einer vertikalen Ausdehnung (Autobahnabschnitte: 5 m, alle anderen Straßenabschnitte: 3 m) versehen. Auf diese Weise wird die fahrzeuginduzierte Turbulenz in der Ausbreitungssimulation berücksichtigt.

Die in den GRAL-Rechnungen berücksichtigten Eingangsdaten für den Prognosenull- und den Planfall können der Anlage 3.3 für das Rechengebiet entnommen werden.

## **7 Durchführung der Immissionsprognose**

### **7.1 Allgemeine Hinweise**

Die Ermittlung der Schadstoffimmissionen für die untersuchten Schadstoffe erfolgt auf der Basis von Einzelsimulationen für jede vom „Match-To-Observation“-Algorithmus bestimmte Wettersituation. Den Einzelsimulationen wird jeweils die mittlere stündliche Verkehrs- und Emissionsstärke zugrunde gelegt. Dabei wird für jede meteorologische Einzelsituation die Ausbreitung unter Berücksichtigung der jeweiligen Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse berechnet.

Die Jahresmittelwerte der verkehrsbedingten Zusatzbelastungen werden anschließend durch eine nach Häufigkeit des Auftretens der meteorologischen Einzelsituationen gewichtete Mittelwertbildung ermittelt. Zu dieser Zusatzbelastung wird die Hintergrundbelastung addiert, sodass sich die Gesamtbelastung ergibt, die mit den Immissionsgrenzwerten der 39. BImSchV verglichen wird.

### **7.2 Vorgehensweise Bildung NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung**

NO<sub>x</sub> (Summe aus NO und NO<sub>2</sub>) kann als chemisch inerte Stoff behandelt werden. Damit kann die Gesamtbelastung von NO<sub>x</sub> als Summe aus Vor- und Zusatzbelastung gebildet werden.

Nicht inerte Stoffe wie NO und NO<sub>2</sub> unterliegen in der Atmosphäre hingegen komplexen photochemischen Umwandlungsprozessen. Die chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten sind dabei von unterschiedlichen Komponenten, Konzentrationsniveaus und Umgebungsbedingung abhängig.

Die Einbindung dieser komplexen chemischen Vorgänge bei der Bestimmung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung erfolgt im vorliegenden Fall mithilfe einer von der IVU Umwelt GmbH [38] abgeleiteten Regressionsbeziehung zwischen NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>-Messwerten. Grundlage dieser Funktion sind ca. 45.000 jährlichen Immissionszeitreihen, welche nach den Stationstypen Land, Stadt und Verkehr differenziert wurden. Im Rahmen dieser Berechnungen erfolgte die Umwandlung der NO<sub>x</sub>- in eine NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung mithilfe der Regressionsfunktion des Typs „Stadt“.

### 7.3 Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen

Neben dem Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert ist in der 39. BImSchV ein Kurzzeitgrenzwert für PM<sub>10</sub> definiert. Demnach darf ein PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> an nicht mehr als 35 Tagen im Jahr überschritten werden.

Eine Möglichkeit zur Berechnung der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte wäre, die PM<sub>10</sub>-Zusatzimmissionen zu modellieren und daraus Tagesmittelwerte zu bestimmen. Hierzu ist es notwendig, Stundenmittelwerte der Emissionen, der Meteorologie und der Vorbelastung innerhalb einer Ausbreitungsberechnung zusammen zu betrachten. Die Zeitreihen der Emissionen und der Vorbelastung müssten hierbei zum repräsentativen meteorologischen Jahr, bzw. zum Prognosehorizont der Immissionsberechnung passen. Eine Zeitreihe der Vorbelastung für das Prognosejahr liegt allerdings nicht vor und kann auch nicht sinnvoll abgeschätzt oder modelliert werden.

In der Praxis werden die PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage daher in der Regel mithilfe einer parametrisierten Funktion des prognostizierten PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwertes abgeschätzt. Im vorliegenden Gutachten wurde zur Bestimmung der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage ein Ansatz der IVU GmbH [38] verwendet. Hierfür wurden die Anzahl der Überschreitungen im Jahr über dem Jahresmittelwert aktueller jahresmittlerer PM<sub>10</sub>-Daten (900 fehlerwertfreie Zeitreihen) aufgetragen. Aus diesen Daten wurde die folgende Beziehung zwischen dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert und der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage abgeleitet:

$$\text{Anzahl Tage PM}_{10} > 50 \mu\text{g/m}^3 = 10,51413 - 1,98711 \cdot \text{JMW PM}_{10} + 0,09389 \cdot \text{JMW PM}_{10}^2$$

Gemäß dieser Formel wird bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m<sup>3</sup> der Grenzwert von 35 Überschreitungstagen im Jahr erreicht.

Bezüglich der NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastung sieht die 39. BImSchV die Prüfung auf Überschreitung eines Stundenmittelwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> an maximal 18 Stunden im Jahr vor. Dies entspricht in etwa einem 99,8-Perzentil-Wert.

Die Berechnung von Perzentilwerten der Gesamtbelastung ist bei rechnerischen Simulationen aber mit großen Unsicherheiten behaftet, da die Vorbelastung, die einen großen Beitrag zur Gesamtmission liefert, nur als Jahresmittelwert berücksichtigt werden kann.

Statistische Auswertungen von Messwerten an Dauermessstationen [38] haben aber zu einer Formel geführt, mit deren Hilfe die Wahrscheinlichkeit, dass der Stundenmittelwert NO<sub>2</sub> von 200 µg/m<sup>3</sup> an mehr als 18 h im Jahr auftritt, abgeschätzt werden kann. Grundlage bildet der Jahresmittelwert der Stickoxidimmissionen (NO<sub>x</sub>). Dieses Verfahren wird im vorliegenden Fall angewendet.

#### **7.4 Ergebnisdarstellungen**

Die Luftschadstoffkonzentrationen werden in einer bodennahen Schicht ( $h = 1,5$  m über Geländeoberkante) flächendeckend ermittelt und in den Anlagen 4 bis 6 jeweils für den Prognose- sowie den Planfall dargestellt. Die Farbdarstellung wurde jeweils so gewählt, dass Grenzwertüberschreitungen mit roten Farbtönen gekennzeichnet werden. Blau eingefärbte Bereiche zeigen Konzentrationen an, die sich nur unwesentlich von der angesetzten Vorbelastung unterscheiden.

Darüber hinaus werden die Gesamtimmissionen für einzelne repräsentative Immissionsorte (vgl. Kennzeichnung in Anlagen) tabellarisch dargestellt. Die ausgewählten Immissionsorte zeigen die höchsten Immissionswerte oder die größten Veränderungen der Immissionen an Gebäuden im Untersuchungsgebiet auf.

## 8 Ergebnisse der Luftschadstoffausbreitungsberechnungen

### 8.1 Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) sind in der Anlage 5.1 für den Nullfall und 5.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.1 die berechneten NO<sub>2</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.1: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

| Immissionsort |                                       | Jahresmittelwerte [µg/m³]<br>Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) |                  |                  |                |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Nr.           | Beschreibung<br>(Nullfall / Planfall) | IGW<br>JMW                                                       | Nullfall<br>2024 | Planfall<br>2024 | Delta<br>2024* |
| 1             | Kaldenhausener Straße 47              | 40                                                               | 30,8             | 31,0             | +0,2           |
| 2             | Kaldenhausener Straße 114             | 40                                                               | 29,9             | 30,0             | +0,1           |
| 3             | Giesenfeldstraße 90                   | 40                                                               | 30,4             | 30,4             | ±0             |
| 4             | Asberger Straße 41                    | 40                                                               | 28,4             | 29,3             | +0,9           |
| 5             | Reitweg 50                            | 40                                                               | 28,9             | 29,0             | +0,1           |
| 6             | An der Elfrather Mühle 148            | 40                                                               | 29,1             | 29,2             | +0,1           |
| 7             | Breslauer Straße 155                  | 40                                                               | 30,4             | 30,5             | +0,1           |
| 8             | Erlenweinstraße 58                    | 40                                                               | 28,9             | 29,0             | +0,1           |
| 9             | Vennikelstraße 44a                    | 40                                                               | 33,1             | 33,1             | ±0             |

\* Planfall minus Nullfall;

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für den Nullfall 2024 zeigen, dass der Grenzwert zum Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ an allen Immissionsorten mit maximal 33,1 µg/m³ (Immissionsort 9) sowie im gesamten übrigen Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten wird. An den Immissionsorten 1 bis 8, welche an Straßen liegen, die zur Erschließung des geplanten Surfparks genutzt werden sollen, liegen am Immissionsort 1 mit einem Jahresmittelwert 30,8 µg/m³ die höchsten Stickstoffdioxid-Konzentrationen vor.

Durch die Planungen zum Bauvorhaben „Surfpark Krefeld“ (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) kommt es zu Mehrverkehr im umliegenden Straßennetz, insbesondere im Bereich der Asberger Straße und Wildstraße (Erschließungsvariante 2). Hieraus resultiert im Planfall 2024 eine Zunahme der Emissionen und Immissionen gegenüber dem Nullfall 2024 entlang der zukünftig zur Erschließung des Surfparks genutzten Straßen im Untersuchungsgebiet.

Die größte Zunahme von Stickstoffdioxidimmissionen im Untersuchungsgebiet ergeben sich im Verlauf der Wildstraße und der Asberger Straße (Immissionsort 4). Diese resultieren aus

der Verkehrsverteilung gemäß der Erschließungsvariante 2 der Verkehrsuntersuchung zum Planvorhaben [18]. Der Grenzwert zum Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)-Jahresmittelwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird dort mit maximal 29,3 µg/m<sup>3</sup> aber weiterhin deutlich eingehalten. Da für den Planfall die jeweils höchsten Verkehrsmengen aus den vier Erschließungsvarianten verwendet wurden (siehe Kapitel 5.1.1.1) liegt somit für jede Erschließungsvariante eine Einhaltung des Grenzwertes zum Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)-Jahresmittelwert im Untersuchungsgebiet vor.

Auf den Fahrbahnen sowie im unmittelbaren Nahbereich der A57 liegen zwar Konzentrationen über 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittelwert sowohl in Nullfall wie auch im Planfall vor, jedoch liegen hier keine Überschreitungen im Sinne der 39. BImSchV vor (siehe Kapitel 3).

Neben der jahresmittleren NO<sub>2</sub>-Belastung ist in der 39. BImSchV zusätzlich ein Grenzwert für kurzzeitige NO<sub>2</sub>-Belastungsspitzen definiert. Demnach darf ein Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup> an nicht mehr als 18 Stunden im Jahr überschritten werden. Ausgehend von den berechneten NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastungen beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Grenzwert nicht eingehalten wird, maximal 2,2 % im Nullfall 2024 und im Planfall 2024 (vgl. Kapitel 7.3).

Auswertungen von Messergebnissen an Verkehrsmessstationen des LANUV NRW zeigen, dass in den letzten Jahren auch bei NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten mit deutlich höheren Konzentrationen wie im vorliegenden Fall für das Untersuchungsgebiet ermittelt, das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV in ganz NRW eingehalten wurde. Daher kann davon ausgegangen werden, dass in der Realität das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV im gesamten Untersuchungsgebiet sicher eingehalten wird.

Tabelle 8.2: Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auftretens von mehr als 18 Stunden mit 1-h Mittelwert Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) über 200 µg/m<sup>3</sup>

| Immissionsort |                            | Wahrscheinlichkeit von mehr als 18 zulässigen Überschreitungen des 1-h Mittelwertes von 200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> pro Jahr in % |               |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Nr.           |                            | Nullfall 2024                                                                                                                               | Planfall 2024 |
| 1             | Kaldenhausener Straße 47   | 1,9                                                                                                                                         | 1,9           |
| 2             | Kaldenhausener Straße 114  | 1,8                                                                                                                                         | 1,8           |
| 3             | Giesenfeldstraße 90        | 1,9                                                                                                                                         | 1,9           |
| 4             | Asberger Straße 41         | 1,6                                                                                                                                         | 1,7           |
| 5             | Reitweg 50                 | 1,7                                                                                                                                         | 1,7           |
| 6             | An der Elfrather Mühle 148 | 1,7                                                                                                                                         | 1,7           |
| 7             | Breslauer Straße 155       | 1,9                                                                                                                                         | 1,9           |
| 8             | Erlenweinstraße 58         | 1,7                                                                                                                                         | 1,7           |
| 9             | Vennikelstraße 44a         | 2,2                                                                                                                                         | 2,2           |



## 8.2 Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) sind in der Anlage 5.1 für den Nullfall und 5.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.3 die berechneten PM<sub>10</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.3: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

| Immissionsort |                                       | Jahresmittelwerte [µg/m³]<br>Feinstaub (PM <sub>10</sub> ) |                  |                  |                |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Nr.           | Beschreibung<br>(Nullfall / Planfall) | IGW<br>JMW                                                 | Nullfall<br>2024 | Planfall<br>2024 | Delta<br>2024* |
| 1             | Kaldenhausener Straße 47              | 40                                                         | 18,4             | 18,5             | +0,1           |
| 2             | Kaldenhausener Straße 114             | 40                                                         | 18,2             | 18,2             | ±0             |
| 3             | Giesenfeldstraße 90                   | 40                                                         | 18,2             | 18,3             | +0,1           |
| 4             | Asberger Straße 41                    | 40                                                         | 17,5             | 17,7             | +0,2           |
| 5             | Reitweg 50                            | 40                                                         | 17,6             | 17,7             | +0,1           |
| 6             | An der Elfrather Mühle 148            | 40                                                         | 17,7             | 17,7             | ±0             |
| 7             | Breslauer Straße 155                  | 40                                                         | 18,3             | 18,4             | +0,1           |
| 8             | Erlenweinstraße 58                    | 40                                                         | 17,7             | 17,7             | ±0             |
| 9             | Vennikelstraße 44a                    | 40                                                         | 18,9             | 18,9             | ±0             |

\* Planfall minus Nullfall

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Nullfall 2024 und im Planfall an allen Immissionsorten mit maximal 18,9 µg/m³ (jeweils Immissionsort 9) sowie im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten wird.

Bezüglich der Konzentrationsentwicklungen in den beiden untersuchten Fällen gelten die gleichen generellen Aussagen wie für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert (siehe Kapitel 8.1). Auf eine detaillierte Ergebnisbesprechung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Neben dem Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein Kurzzeitgrenzwert für Feinstaub aufgeführt. Demnach darf an maximal 35 Tagen im Jahr der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert größer 50 µg/m³ sein. Die gemäß Kapitel 7.3 ermittelten Überschreitungshäufigkeiten sind in der nachfolgenden Tabelle 8.4 für die Immissionsorte im Untersuchungsgebiet dargestellt. Mehr als 35 Überschreitungstage liegen dabei ab einem Jahresmittelwert von 29,9 µg/m³ vor.

Tabelle 8.4: Anzahl der Tage im Jahr mit einem PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert > 50 µg/m<sup>3</sup>

| Immissionsort |                            | Anzahl Tage mit PM <sub>10</sub> -Tagesmittelwerten > 50 µg/m <sup>3</sup> |               |               |             |
|---------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| Nr.           | Beschreibung               | IGW                                                                        | Nullfall 2024 | Planfall 2024 | Delta 2024* |
| 1             | Kaldenhausener Straße 47   | 35                                                                         | 6             | 6             | ±0          |
| 2             | Kaldenhausener Straße 114  | 35                                                                         | 5             | 5             | ±0          |
| 3             | Giesenfeldstraße 90        | 35                                                                         | 6             | 6             | ±0          |
| 4             | Asberger Straße 41         | 35                                                                         | 4             | 5             | +1          |
| 5             | Reitweg 50                 | 35                                                                         | 5             | 5             | ±0          |
| 6             | An der Elfrather Mühle 148 | 35                                                                         | 5             | 5             | ±0          |
| 7             | Breslauer Straße 155       | 35                                                                         | 6             | 6             | ±0          |
| 8             | Erlenweinstraße 58         | 35                                                                         | 5             | 5             | ±0          |
| 9             | Vennikelstraße 44a         | 35                                                                         | 7             | 7             | ±0          |

\* Planfall minus Nullfall

Der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitgrenzwert von maximal 35 Überschreitungstagen mit einem PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert größer 50 µg/m<sup>3</sup> wird mit maximal 7 Überschreitungstagen im Nullfall 2024 und im Planfall 2024 an allen Immissionsorten sowie im gesamten übrigen Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten.

### 8.3 Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) sind in der Anlage 6.1 für den Nullfall und 6.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.5 die berechneten PM<sub>2,5</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.5: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)

| Immissionsort |                                       | Jahresmittelwerte [µg/m <sup>3</sup> ]<br>Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ) |                  |                  |                |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Nr.           | Beschreibung<br>(Nullfall / Planfall) | IGW<br>JMW                                                               | Nullfall<br>2024 | Planfall<br>2024 | Delta<br>2024* |
| 1             | Kaldenhausener Straße 47              | 25                                                                       | 13,2             | 13,2             | ±0             |
| 2             | Kaldenhausener Straße 114             | 25                                                                       | 13,0             | 13,1             | +0,1           |
| 3             | Giesenfeldstraße 90                   | 25                                                                       | 13,1             | 13,1             | ±0             |
| 4             | Asberger Straße 41                    | 25                                                                       | 12,7             | 12,9             | +0,2           |
| 5             | Reitweg 50                            | 25                                                                       | 12,8             | 12,8             | ±0             |
| 6             | An der Elfrather Mühle 148            | 25                                                                       | 12,8             | 12,8             | ±0             |
| 7             | Breslauer Straße 155                  | 25                                                                       | 13,0             | 13,1             | +0,1           |

| Immissionsort |                                       | Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]<br>Feinstaub ( $\text{PM}_{2,5}$ ) |                  |                  |                |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Nr.           | Beschreibung<br>(Nullfall / Planfall) | IGW<br>JMW                                                                        | Nullfall<br>2024 | Planfall<br>2024 | Delta<br>2024* |
| 8             | Erlenweinstraße 58                    | 25                                                                                | 12,8             | 12,8             | $\pm 0$        |
| 9             | Vennikelstraße 44a                    | 25                                                                                | 13,3             | 13,3             | $\pm 0$        |

\* Planfall minus Nullfall

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum  $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Nullfall 2024 und im Planfall 2024 mit maximal  $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (je-weils Immissionsort 9) an allen Immissionsorten sowie im gesamten übrigen Untersuchungs-gebiet deutlich eingehalten wird.

Bezüglich der Konzentrationsentwicklungen in den beiden untersuchten Fällen gelten die gleichen generellen Aussagen wie für den  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert (siehe Kapitel 8.1). Auf eine detaillierte Ergebnisbesprechung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

## 9 Zusammenfassung

Nordöstlich des Elfrather Sees, südlich der Asberger Straße soll ein Surfpark errichtet werden. Der Surfpark soll in ein Gesamtkonzept mit umliegenden Sport- und Freizeitflächen (Beachvolleyball, Kletterpark, Bouldern, Slackline, Skate-Park, Yoga, Spa und so weiter) sowie einem Campingplatz integriert werden. Weitere ergänzende Bereiche sind eine Surfschule sowie Gastronomie inklusive der Möglichkeit Veranstaltungen wie zum Beispiel Firmenevents stattfinden zu lassen. Südlich des Surfparks liegt ein derzeit stillgelegter Badesee, der künftig wieder reaktiviert werden soll. Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung wurden nur die Auswirkungen der Planungen zum Surfpark betrachtet. Die übrigen Planungen im Umfeld des Elfrather Sees sind nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

Zur Beurteilung der zu erwartenden Luftqualität im Plangebiet sowie der Auswirkung der Planung auf die lufthygienische Belastungssituation im Umfeld der Planung wurde eine lufthygienische Untersuchung mit Luftschadstoffausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) erstellt.

Die Windfeld- und Ausbreitungsberechnungen für die Luftschadstoffuntersuchung wurde mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL in der aktuellen Version 20.09 durchgeführt. Die Emissionen des Straßenverkehrs wurden auf Grundlage des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA) in der Version 4.1 bestimmt.

Die städtische Hintergrundbelastung im Plangebiet wurde anhand von Messwerten umliegender Hintergrundmessstationen sowie Luftschadstoffscreeningdaten ermittelt.

Die berechneten Immissionen wurden mit den Grenzwerten der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) verglichen und beurteilt.

Als Prognosejahr für die zu untersuchenden Varianten wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber das Jahr 2024 als frühestmöglicher Realisierungszeitpunkt des gesamten Vorhabens verwendet.

Es wurden nachfolgend die Fälle

Prognosenullfall: Bebauung gemäß Bestand; Verkehrsmengen ohne Umsetzung des Planvorhabens; Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzung für das Jahr 2024

Planfall: Umgebungsbebauung gemäß Bestand; geplante Bebauung gemäß dem Planvorhaben [1]; Verkehrsmengen unter Berücksichtigung des Planvorhabens; Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzung für das Jahr 2024

unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung untersucht.

Die Verkehrsdaten für das umliegende Straßennetz für den Prognosenullfall und insgesamt vier Planvarianten wurden durch den Verkehrsgutachter zum Planvorhaben zur Verfügung gestellt. Die Planvarianten betrachten verschiedene Anbindungen des Surfparks. Hierdurch ergeben sich im umliegenden Straßennetz leicht unterschiedliche Verkehrsbelastungen. Da diese Unterschiede relativ gering sind, wurden in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Krefeld für den im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung für den Planfall die jeweils höchste Verkehrsbelastung auf einem Straßenabschnitt aus den vier Varianten berücksichtigt.

Durch die Planungen zum Bauvorhaben „Surfpark Krefeld“ (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) kommt es zu Mehrverkehr im umliegenden Straßennetz, insbesondere im Bereich des Asberger Straße und Wildstraße (Erschließungsvariante 2). Hieraus resultiert im Planfall 2024 eine leichte Zunahme der Emissionen und Immissionen gegenüber dem Nullfall 2024 entlang der zukünftig zur Erschließung des Surfparks genutzten Straßen im Untersuchungsgebiet.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet, sowie dem Prognosehorizont 2024 mit entsprechend günstiger Flottenzusammensetzung werden die Grenzwerte der 39. BImSchV zu den Jahresmittelwerten und Kurzzeitgrenzwerten jedoch im gesamten Untersuchungsgebiet im Nullfall und im Planfall deutlich eingehalten.

Peutz Consult GmbH

i.V. Dipl.-Geogr. Björn Siebers  
(fachliche Verantwortung)

i.V. Dipl.-Ing. Oliver Streuber  
(Projektleitung / Projektbearbeitung)

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan mit Darstellung der Situation "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld
- Anlage 1.2 Übersichtslageplan mit Darstellung der Situation "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld
- Anlage 2.1 Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenquerschnitte für die Emissionsberechnungen zum Bauvorhaben "Surfpark"
- Anlage 2.2 Emissionsansätze und Eingangsdaten für die Situationen „Nullfall 2024“ und „Planfall 2024“ zum Bauvorhaben "Surfpark"
- Anlage 3.1 Eingangsdaten (Relief) für die GRAMM-Windfeldberechnungen
- Anlage 3.2 Eingangsdaten (Landnutzung) für die GRAMM-Windfeldberechnungen
- Anlage 3.3 Eingangsdaten (Relief) für die GRAL-Windfeldberechnungen
- Anlage 4.1 Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 27,5 µg/m<sup>3</sup>
- Anlage 4.2 Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" mit einer Hintergrundbelastung von 27,5 µg/m<sup>3</sup>
- Anlage 5.1 Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" mit einer Hintergrundbelastung von 17,2 µg/m<sup>3</sup>
- Anlage 5.2 Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" mit einer Hintergrundbelastung von 17,2 µg/m<sup>3</sup>
- Anlage 6.1 Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" mit einer Hintergrundbelastung von 12,6 µg/m<sup>3</sup>
- Anlage 6.2 Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" mit einer Hintergrundbelastung von 12,6 µg/m<sup>3</sup>



Anlage 1.1: Übersichtslageplan mit Darstellung der Situation "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark"  
(Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld

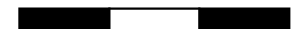


**Legende**

- Plangebietsgrenze
- Gebäude Bestand
- Parkplätze

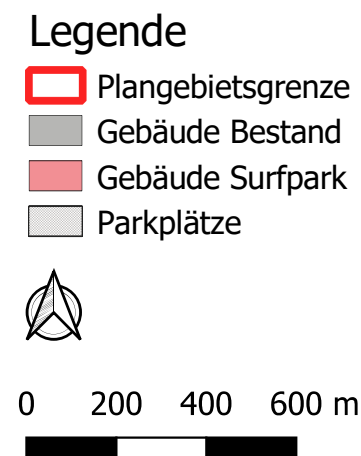


0 200 400 600 m



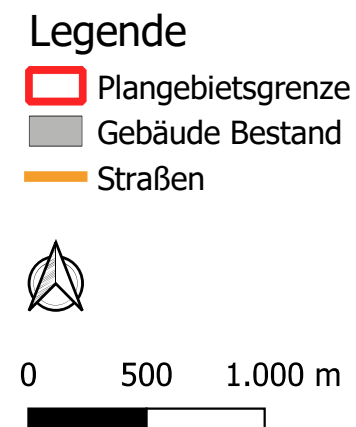
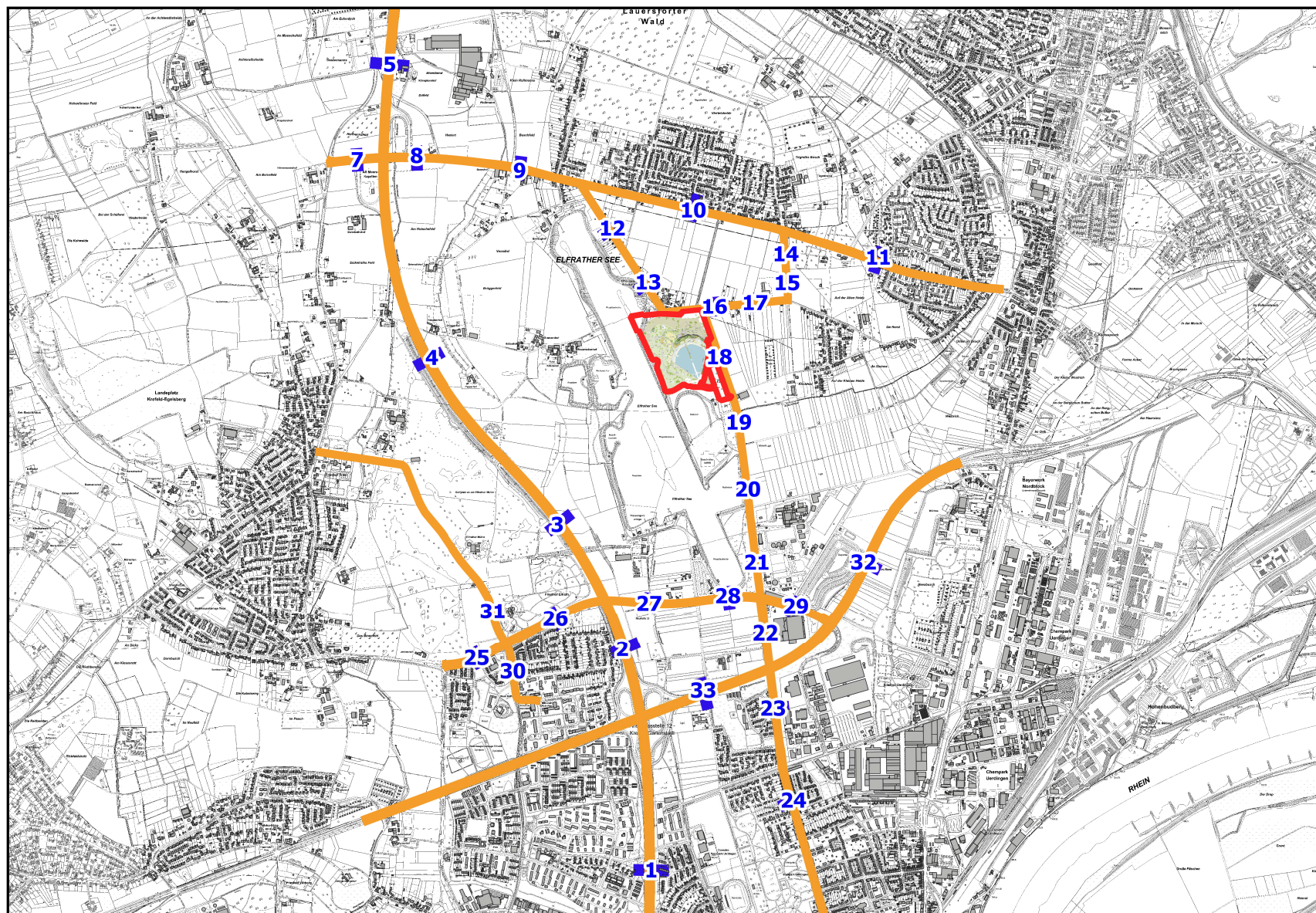


**PEUTZ**





Anlage 2.1: Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenquerschnitte für die Emissionsberechnungen zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld



**Nullfall 2024**

| Quer-<br>schnitt | Straßenname            | DTV       | Anteil<br>sNFz | Anteil<br>INFz | UWZ* | Verkehrssituation                             | Steigung | Anzahl<br>Fahr-<br>spuren | Typ<br>Kaltstart | Typ<br>Tagesgang | LOS1  | LOS2 | LOS3 | LOS4 | LOS5 | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> | NO <sub>x</sub> |
|------------------|------------------------|-----------|----------------|----------------|------|-----------------------------------------------|----------|---------------------------|------------------|------------------|-------|------|------|------|------|------------------|-------------------|-----------------|
| [-]              |                        | [Kfz/24h] | [%]            | [%]            |      |                                               | [%]      | [-]                       |                  |                  | [%]   | [%]  | [%]  | [%]  | [%]  | [g/m³d]          | [g/m³d]           | [g/m³d]         |
| 1                | A57                    | 89250     | 12,4           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,1;0,1 | 6                         | none             | doublepeak       | 55,0  | 45,0 | 0    | 0    | 0    | 4,212            | 1,675             | 35,867          |
| 2                |                        | 81000     | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,5;0,4 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,846            | 1,528             | 34,727          |
| 3                |                        | 81000     | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | 0,6;-0,5 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,849            | 1,532             | 35,285          |
| 4                |                        | 81000     | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,3;0,3 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,850            | 1,532             | 34,174          |
| 5                |                        | 80850     | 12,5           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,3;0,3 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,838            | 1,527             | 34,084          |
| 6                |                        | 80850     | 12,5           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | 0,6;-0,6 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,834            | 1,523             | 35,290          |
| 7                | Kaldenhausener Straße  | 12600     | 1,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | 1,8;-1,9 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,504            | 0,221             | 3,140           |
| 8                |                        | 12600     | 1,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | -2,1;2,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,505            | 0,221             | 3,186           |
| 9                |                        | 12600     | 1,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | -0,3;0,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,508            | 0,239             | 3,610           |
| 10               |                        | 10900     | 1,8            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | 0,1;-0,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,440            | 0,192             | 2,596           |
| 11               | Giesenfeldstraße       | 10300     | 1,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | -0,2;0,2 | 2                         | radial           | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,393            | 0,191             | 2,822           |
| 12               | Reitweg                | 2800      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,6      | 2                         | residential      | doublepeak       | 55,0  | 45,0 | 0    | 0    | 0    | 0,093            | 0,052             | 0,838           |
| 13               |                        | 2800      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,2      | 2                         | residential      | doublepeak       | 55,0  | 45,0 | 0    | 0    | 0    | 0,093            | 0,052             | 0,834           |
| 14               | Wildstraße             | 2000      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,6      | 2                         | residential      | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,072            | 0,034             | 0,582           |
| 15               |                        | 2000      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,2     | 2                         | residential      | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,072            | 0,034             | 0,578           |
| 16               | Asberger Straße        | 1900      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,9      | 2                         | residential      | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,055            | 0,035             | 0,551           |
| 17               |                        | 1900      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | -0,8     | 2                         | residential      | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,055            | 0,035             | 0,550           |
| 18               | Parkstraße             | 3700      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,1     | 2                         | residential      | doublepeak       | 18,7  | 81,3 | 0    | 0    | 0    | 0,142            | 0,07              | 1,348           |
| 19               |                        | 4000      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -1,3     | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,154            | 0,076             | 1,495           |
| 20               |                        | 4200      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,3      | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,162            | 0,08              | 1,552           |
| 21               |                        | 4400      | 4,5            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,3      | 2                         | commercial       | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,259            | 0,096             | 1,838           |
| 22               |                        | 7900      | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -1,3;1,4 | 2                         | commercial       | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,350            | 0,155             | 2,878           |
| 23               |                        | 7900      | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 1,4;-1,4 | 2                         | commercial       | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,350            | 0,154             | 2,867           |
| 24               |                        | 7900      | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,1;0,1 | 2                         | residential      | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,354            | 0,159             | 3,168           |
| 25               | Rather Straße          | 7500      | 2,7            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | 0,5;-0,5 | 2                         | radial           | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,324            | 0,148             | 2,285           |
| 26               |                        | 5100      | 3,9            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | 1,3;-1,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 18,7  | 81,3 | 0    | 0    | 0    | 0,230            | 0,102             | 1,337           |
| 27               |                        | 5400      | 5,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | -2,1;2,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,275            | 0,114             | 1,528           |
| 28               |                        | 5400      | 5,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | 0,3;-0,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,275            | 0,114             | 1,496           |
| 29               |                        | 5800      | 6,9            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | -0,5;0,5 | 2                         | radial           | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,323            | 0,128             | 1,692           |
| 30               | An der Elfrather Mühle | 4700      | 2,1            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,3      | 2                         | residential      | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,223            | 0,096             | 1,744           |
| 31               |                        | 2600      | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | -0,3     | 2                         | residential      | doublepeak       | 68,3  | 31,7 | 0    | 0    | 0    | 0,084            | 0,048             | 0,768           |
| 32               | Charlottenring         | 17200     | 16,3           | 5,0            | Nein | Agglomeration Fern-, Bundesstraße AO 100 km/h | 0,5;-0,5 | 4                         | radial           | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,859            | 0,323             | 4,969           |
| 33               |                        | 22800     | 13,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Fern-, Bundesstraße AO 100 km/h | -0,3;0,3 | 4                         | radial           | doublepeak       | 83,1  | 16,9 | 0    | 0    | 0    | 1,071            | 0,406             | 6,170           |

\* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)

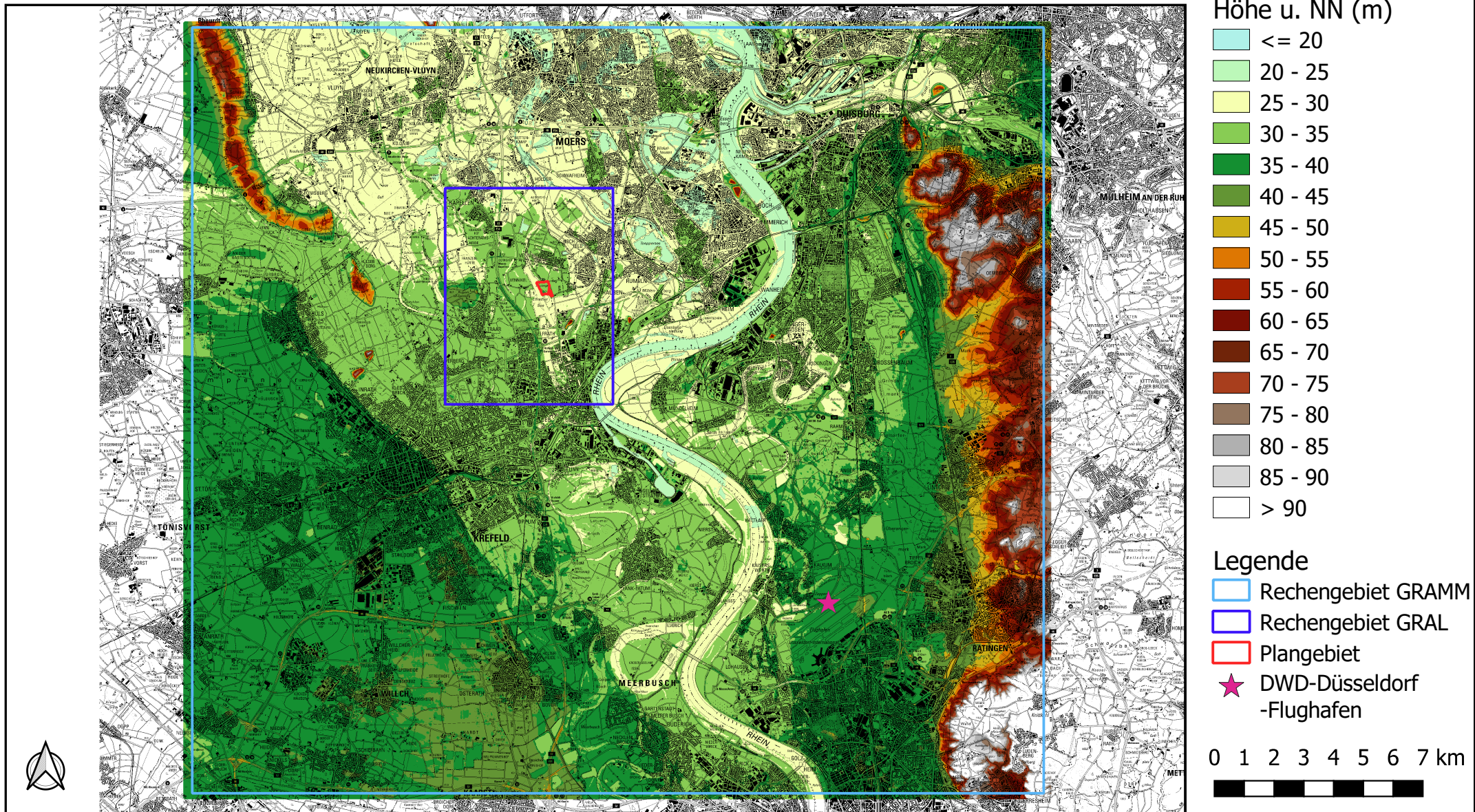
## Planfall 2024

| Quer-<br>schnitt | Straßenname              | Höchster<br>DTV-Wert<br>gemäß<br>Planfall-<br>Variante(n) | DTV   | Anteil<br>sNFz | Anteil<br>INFz | UWZ* | Verkehrssituation                             | Steigung | Anzahl<br>Fahr-<br>spuren | Typ<br>Kaltstart | Typ<br>Tagesgang | LOS1  | LOS2 | LOS3 | LOS4 | LOS5 | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> | NO <sub>x</sub> |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|----------------|----------------|------|-----------------------------------------------|----------|---------------------------|------------------|------------------|-------|------|------|------|------|------------------|-------------------|-----------------|
| [-]              |                          | [Kfz/24h]                                                 | [%]   | [%]            |                |      |                                               | [%]      | [-]                       |                  |                  | [%]   | [%]  | [%]  | [%]  | [%]  | [g/m³d]          | [g/m³d]           | [g/m³d]         |
| 1                | A57                      | -                                                         | 89250 | 12,4           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,1;0,1 | 6                         | none             | doublepeak       | 55,0  | 45,0 | 0    | 0    | 0    | 4,212            | 1,675             | 35,867          |
| 2                |                          | -                                                         | 81000 | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,5;0,4 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,846            | 1,528             | 34,727          |
| 3                |                          | -                                                         | 81000 | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | 0,6;-0,5 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,849            | 1,532             | 35,285          |
| 4                |                          | -                                                         | 81000 | 12,6           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,3;0,3 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,850            | 1,532             | 34,174          |
| 5                |                          | -                                                         | 80850 | 12,5           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | -0,3;0,3 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,838            | 1,527             | 34,084          |
| 6                |                          | -                                                         | 80850 | 12,5           | 5,0            | Nein | Agglomeration Autobahn AB 130 km/h            | 0,6;-0,6 | 6                         | none             | doublepeak       | 64,8  | 35,2 | 0    | 0    | 0    | 3,834            | 1,523             | 35,29           |
| 7                | Kaldenhausener<br>Straße | 1, 2, 4                                                   | 13100 | 1,5            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | 1,8;-1,9 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,520            | 0,229             | 3,242           |
| 8                |                          | 1, 2, 4                                                   | 13100 | 1,5            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | -2,1;2,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,520            | 0,229             | 3,290           |
| 9                |                          | 1, 2, 4                                                   | 13100 | 1,5            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | -0,3;0,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,524            | 0,248             | 3,728           |
| 10               |                          | 2, 4                                                      | 11400 | 1,8            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 70 km/h  | 0,1;-0,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 5,2   | 94,8 | 0    | 0    | 0    | 0,463            | 0,201             | 2,721           |
| 11               | Giesenfeldstraße         | 1, 2, 4                                                   | 10400 | 1,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | -0,2;0,2 | 2                         | radial           | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,397            | 0,193             | 2,847           |
| 12               | Reitweg                  | 1                                                         | 3300  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,6      | 2                         | residential      | doublepeak       | 49,4  | 50,6 | 0    | 0    | 0    | 0,112            | 0,062             | 0,991           |
| 13               |                          | 1                                                         | 3300  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,2      | 2                         | residential      | doublepeak       | 49,4  | 50,6 | 0    | 0    | 0    | 0,112            | 0,062             | 0,988           |
| 14               | Wildstraße               | 2                                                         | 4700  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,6      | 2                         | residential      | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,182            | 0,090             | 1,760           |
| 15               |                          | 2                                                         | 4700  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,2     | 2                         | residential      | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,182            | 0,090             | 1,751           |
| 16               | Asberger Straße          | 2                                                         | 4600  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,9      | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,171            | 0,086             | 1,423           |
| 17               |                          | 2                                                         | 4600  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | -0,8     | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,171            | 0,086             | 1,421           |
| 18               | Parkstraße               | 1, 2, 4                                                   | 4200  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,1     | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,162            | 0,080             | 1,548           |
| 19               |                          | 1, 2, 4                                                   | 4600  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -1,3     | 2                         | residential      | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,177            | 0,088             | 1,720           |
| 20               |                          | 1, 2, 4                                                   | 5000  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,3      | 2                         | residential      | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,193            | 0,095             | 1,865           |
| 21               |                          | 1, 2, 4                                                   | 5200  | 3,8            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 0,3      | 2                         | commercial       | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,291            | 0,111             | 2,119           |
| 22               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 7900  | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -1,3;1,4 | 2                         | commercial       | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,350            | 0,155             | 2,878           |
| 23               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 7900  | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | 1,4;-1,4 | 2                         | commercial       | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,350            | 0,154             | 2,867           |
| 24               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 7900  | 1,3            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 50 km/h | -0,1;0,1 | 2                         | residential      | doublepeak       | 7,3   | 92,7 | 0    | 0    | 0    | 0,354            | 0,159             | 3,168           |
| 25               | Rather Straße            | 1, 2, 3, 4                                                | 7600  | 2,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 50 km/h  | 0,5;-0,5 | 2                         | radial           | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,326            | 0,150             | 2,303           |
| 26               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 5200  | 3,8            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | 1,3;-1,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,237            | 0,104             | 1,359           |
| 27               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 5500  | 3,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | -2,1;2,1 | 2                         | radial           | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,247            | 0,109             | 1,442           |
| 28               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 5500  | 3,6            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | 0,3;-0,3 | 2                         | radial           | doublepeak       | 14,2  | 85,8 | 0    | 0    | 0    | 0,247            | 0,109             | 1,407           |
| 29               |                          | 3                                                         | 7000  | 5,7            | 5,0            | Nein | Agglomeration Hauptverkehrsstraße IO 60 km/h  | -0,5;0,5 | 2                         | radial           | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,364            | 0,149             | 1,955           |
| 30               | An der Elfrather Mühle   | 1, 2, 3, 4                                                | 4700  | 2,1            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | 0,3      | 2                         | residential      | doublepeak       | 10,3  | 89,7 | 0    | 0    | 0    | 0,223            | 0,096             | 1,744           |
| 31               |                          | 1, 2, 3, 4                                                | 2600  | 0,0            | 5,0            | Nein | Agglomeration Erschliessungsstraße IO 30 km/h | -0,3     | 2                         | residential      | doublepeak       | 68,3  | 31,7 | 0    | 0    | 0    | 0,084            | 0,048             | 0,768           |
| 32               | Charlottenring           | 3, 4                                                      | 17300 | 16,2           | 5,0            | Nein | Agglomeration Fern-, Bundesstraße AO 100 km/h | 0,5;-0,5 | 4                         | radial           | doublepeak       | 100,0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,862            | 0,324             | 4,986           |
| 33               |                          | 3                                                         | 24500 | 12,7           | 5,0            | Nein | Agglomeration Fern-, Bundesstraße AO 100 km/h | -0,3;0,3 | 4                         | radial           | doublepeak       | 68,3  | 31,7 | 0    | 0    | 0    | 1,127            | 0,433             | 6,611           |

\* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)

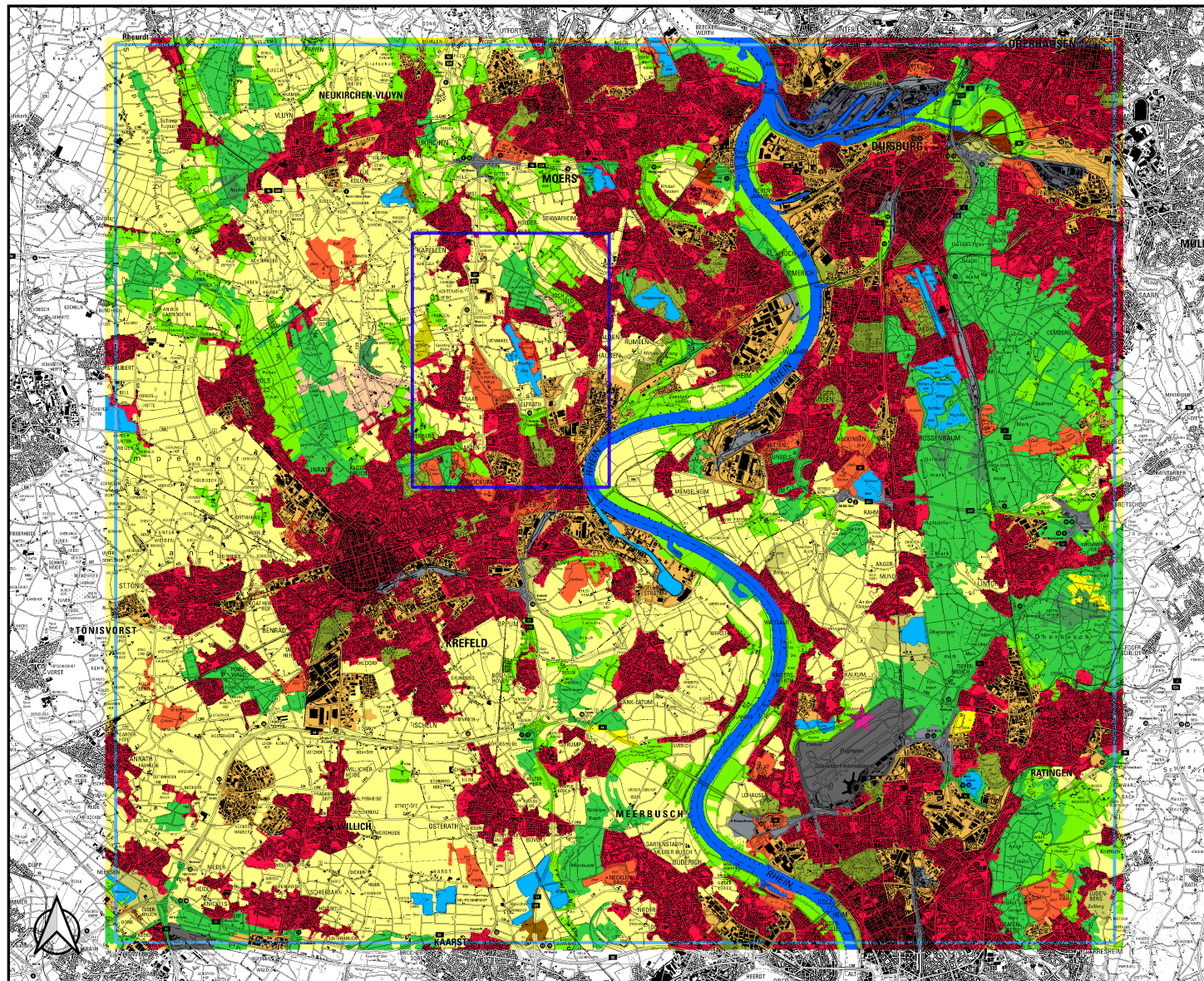


Anlage 3.1: Eingangsdaten (Relief) für die GRAMM-Windfeldberechnungen zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld





Anlage 3.2: Eingangsdaten (Landnutzung) für die GRAMM-Windfeldberechnungen zum Bauvorhaben  
 "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld



**Landnutzung**

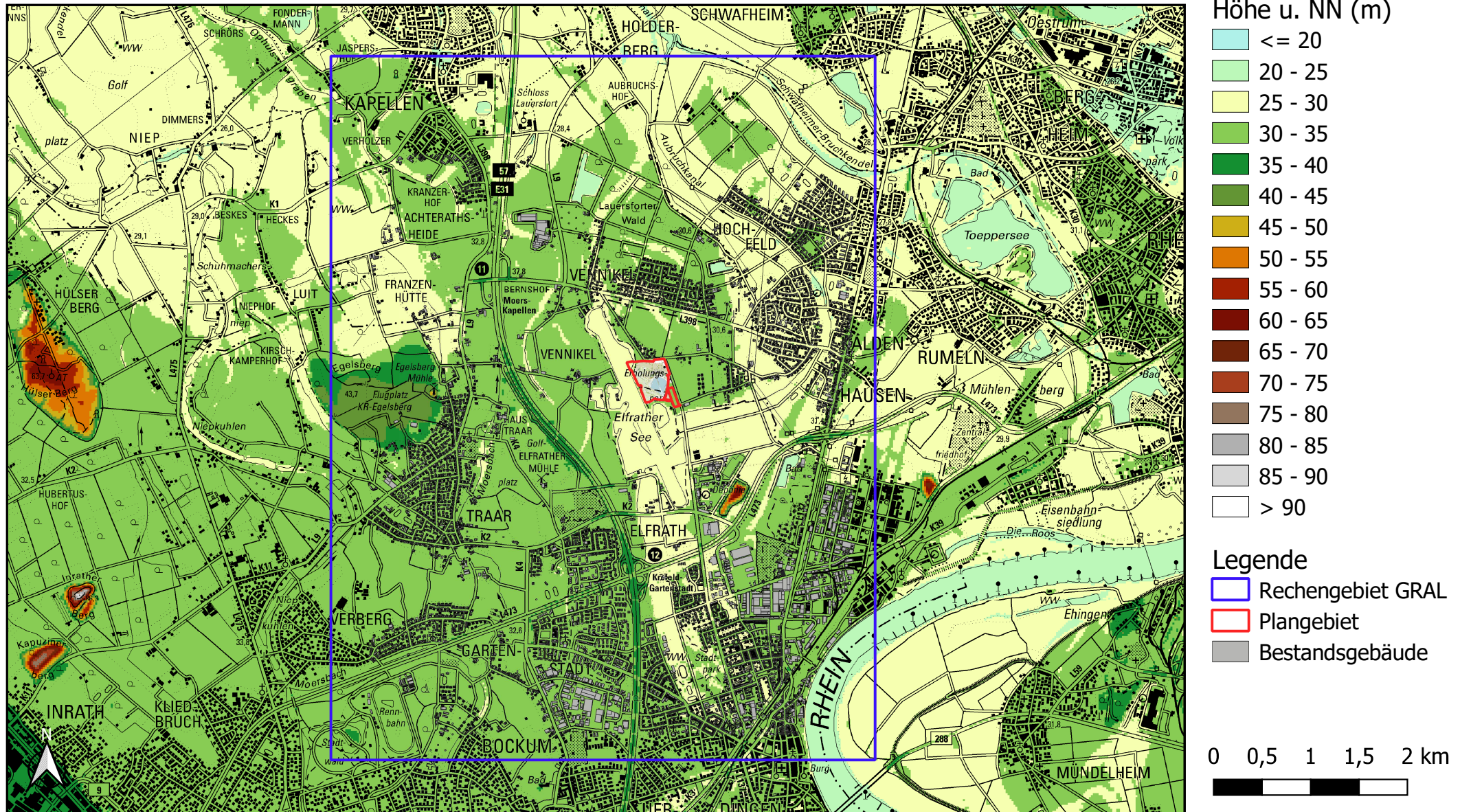
- Durchgängig städtische Prägung
- Nicht durchgängig städtische Prägung
- Industrie- und Gewerbeflächen
- Straßen, Eisenbahn
- Hafengebiete
- Flughäfen
- Abbauflächen
- Deponien und Abraumhalden
- Städtische Grünflächen
- Sport- und Freizeitanlagen
- Nicht bewässertes Ackerland
- Wiesen und Weiden
- Komplexe Parzellenstruktur
- Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung
- Laubwälder
- Nadelwälder
- Mischwälder
- Natürliches Grünland
- Heiden und Moorheiden
- Wald-Strauch-Übergangsstadien
- Gewässerläufe
- Wasserflächen

0 2 4 6 8 10 12 km



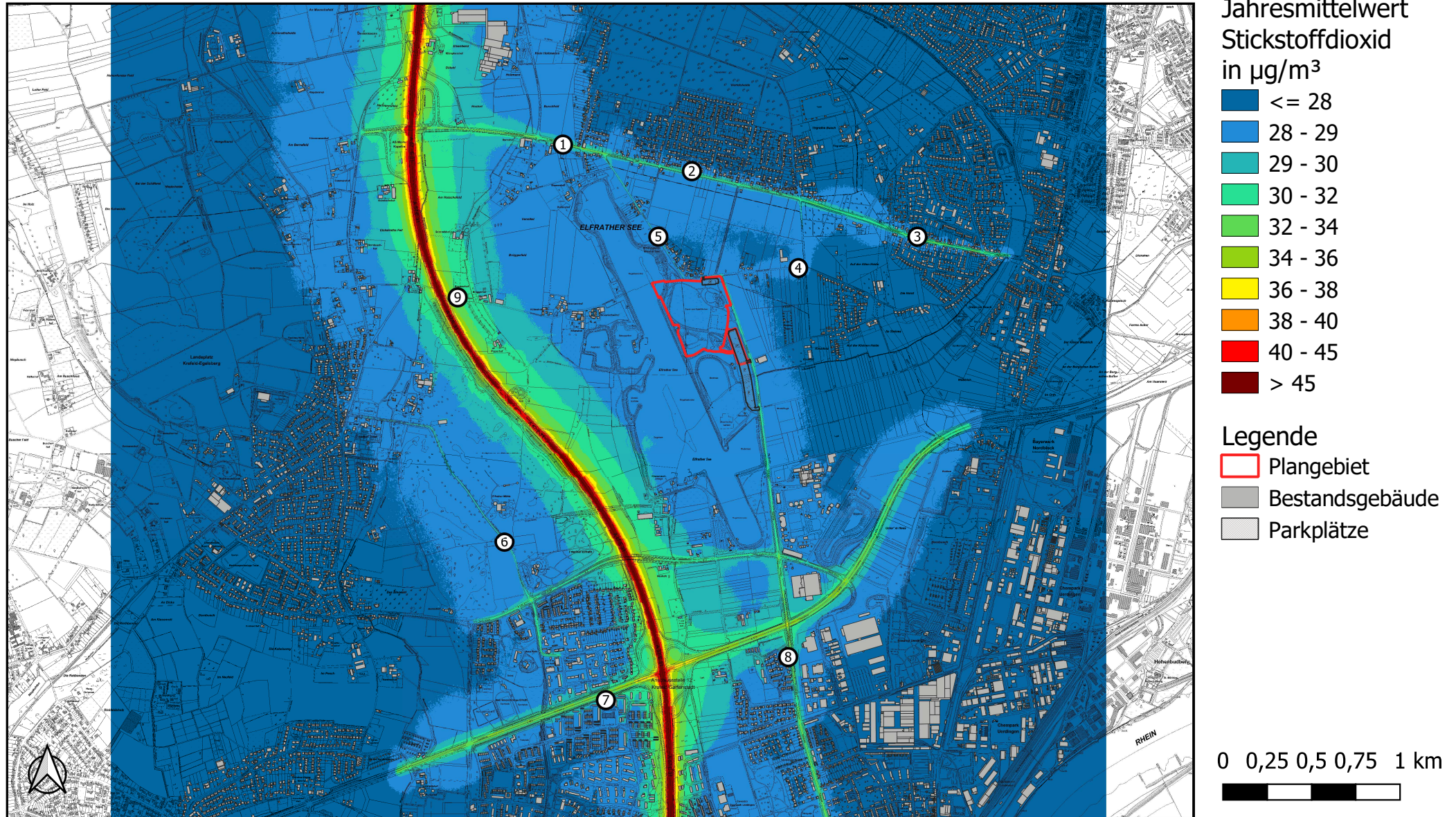


Anlage 3.3: Eingangsdaten (Relief) für die GRAL-Windfeldberechnungen zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld



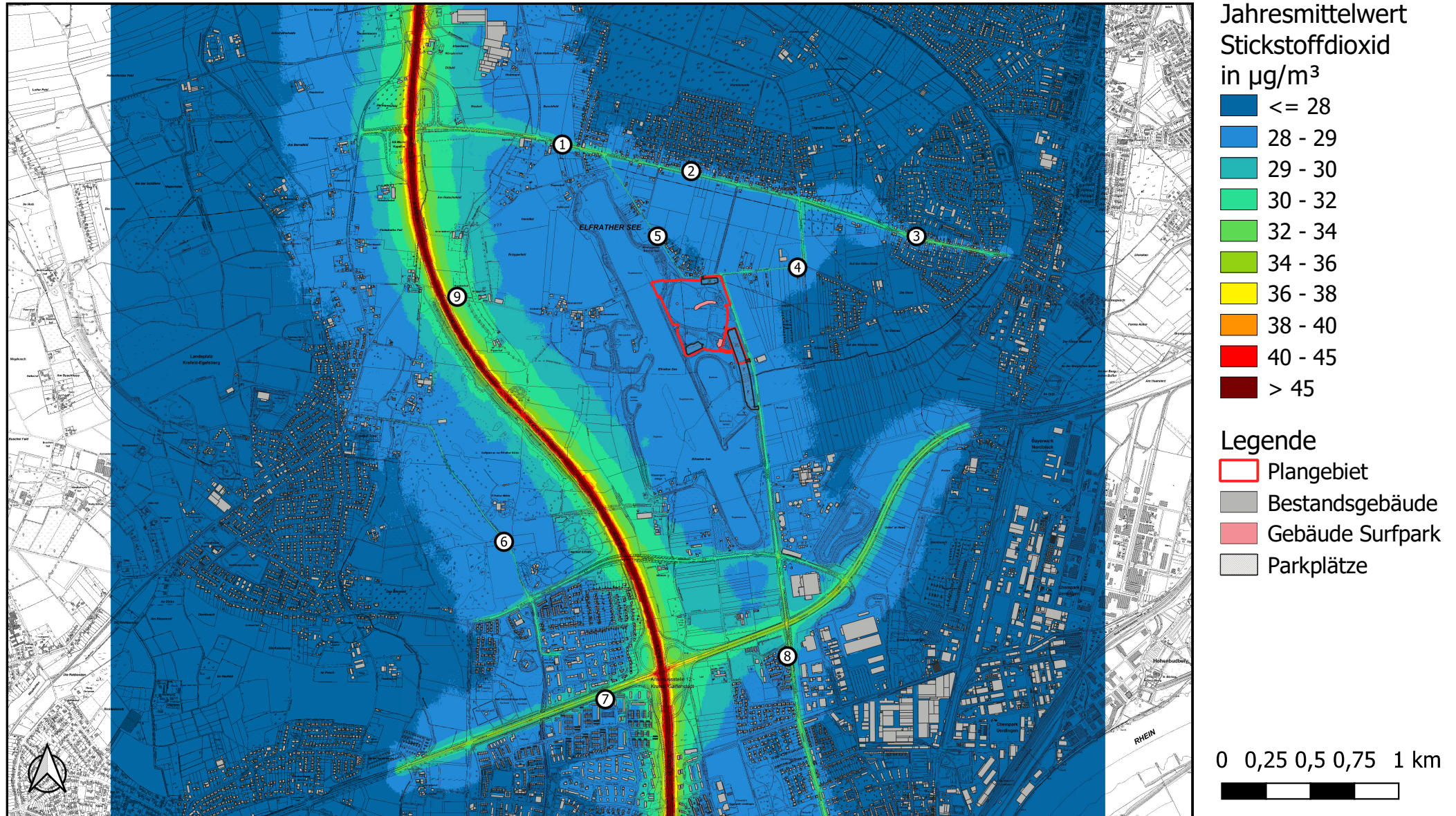


Anlage 4.1: Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) Gesamtbelastung (JMW,  $h=1,5\text{m}$ ) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von  $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - Grenzwert 39. BImSchV:  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$



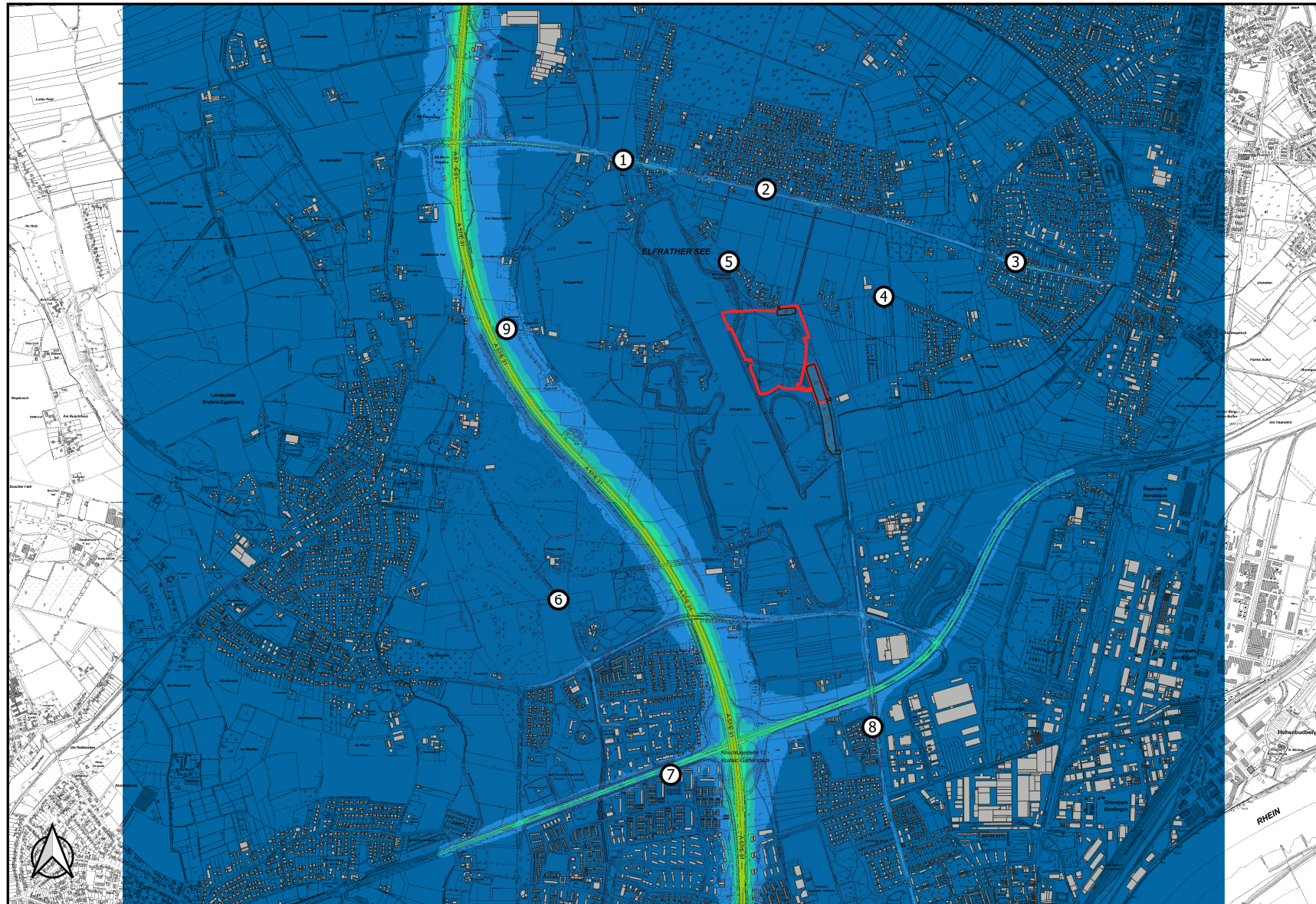


Anlage 4.2: Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) Gesamtbelastung (JMW,  $h=1,5\text{m}$ ) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von  $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - Grenzwert 39. BImSchV:  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$





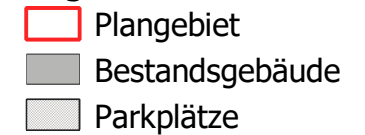
Anlage 5.1: Feinstaub (PM10) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von  $17,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - Grenzwert 39. BImSchV:  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Jahresmittelwert  
Feinstaub (PM10)  
in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Legende

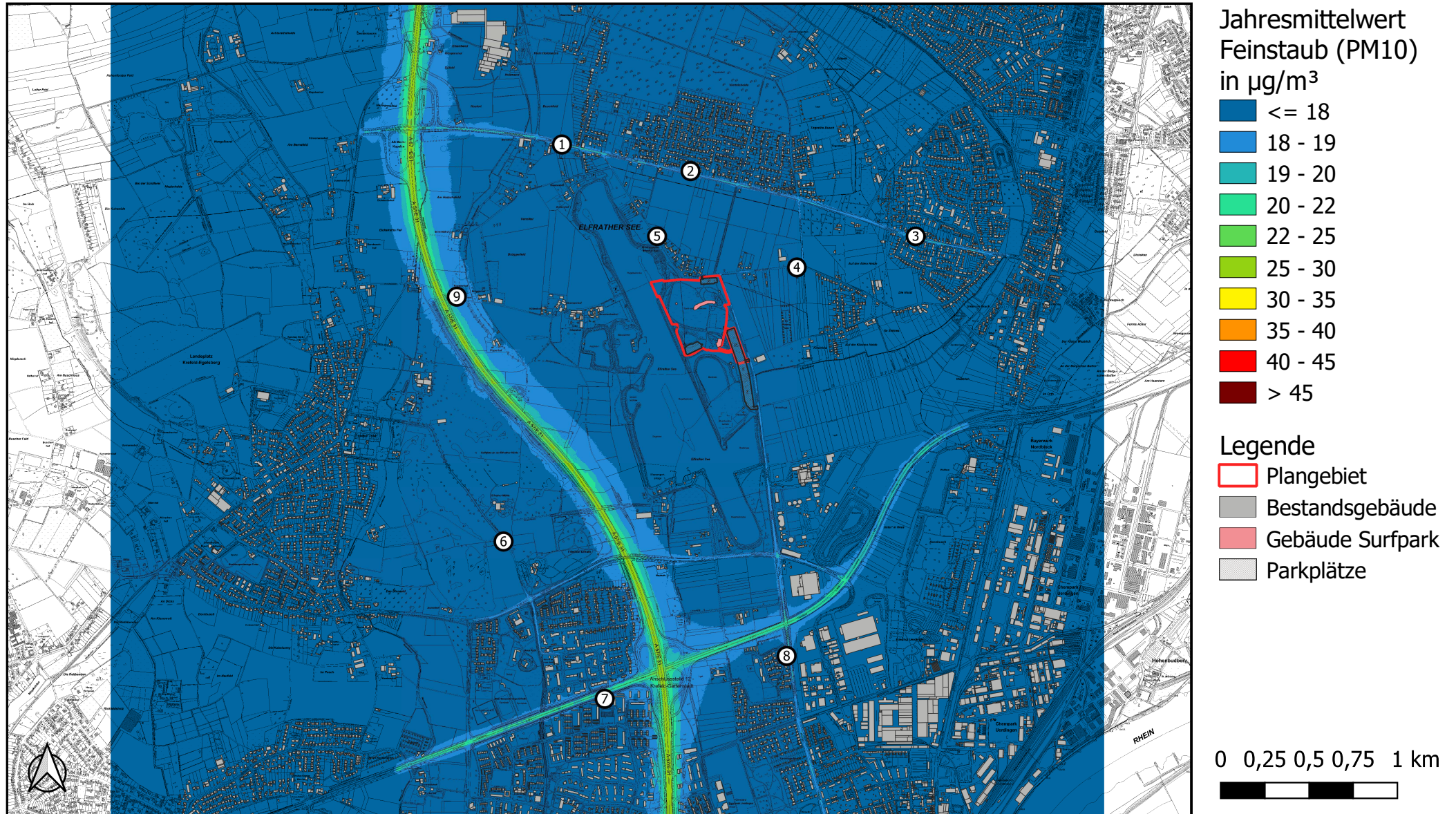


0 0,25 0,5 0,75 1 km



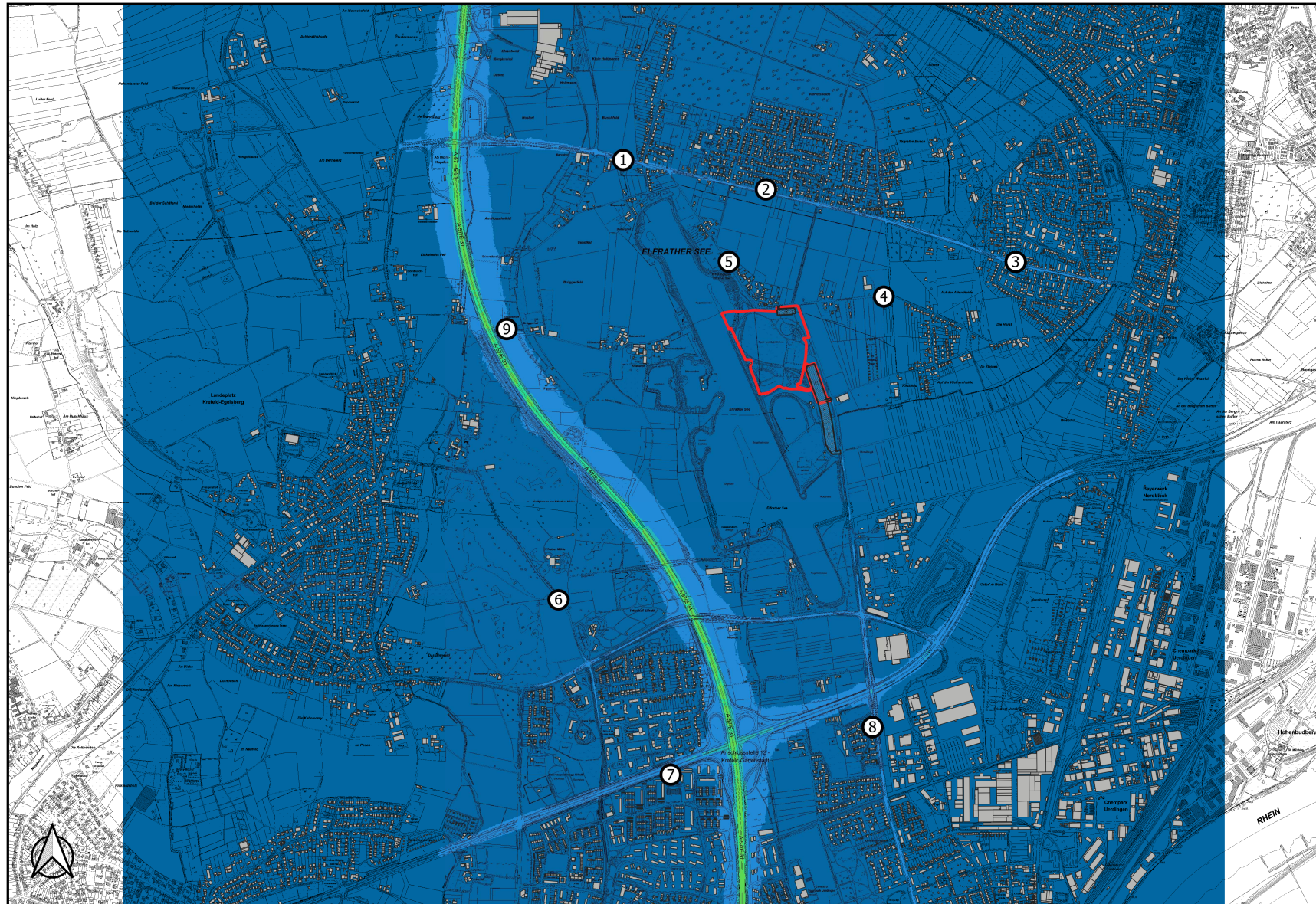


Anlage 5.2: Feinstaub (PM10) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von  $17,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - Grenzwert 39. BImSchV:  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

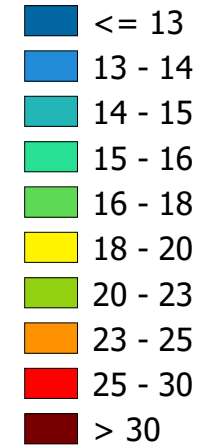




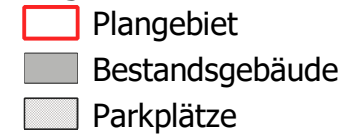
Anlage 6.1: Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Nullfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 12,6 µg/m<sup>3</sup> - Grenzwert 39. BImSchV: 25,0 µg/m<sup>3</sup>



Jahresmittelwert  
Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)  
in µg/m<sup>3</sup>



Legende

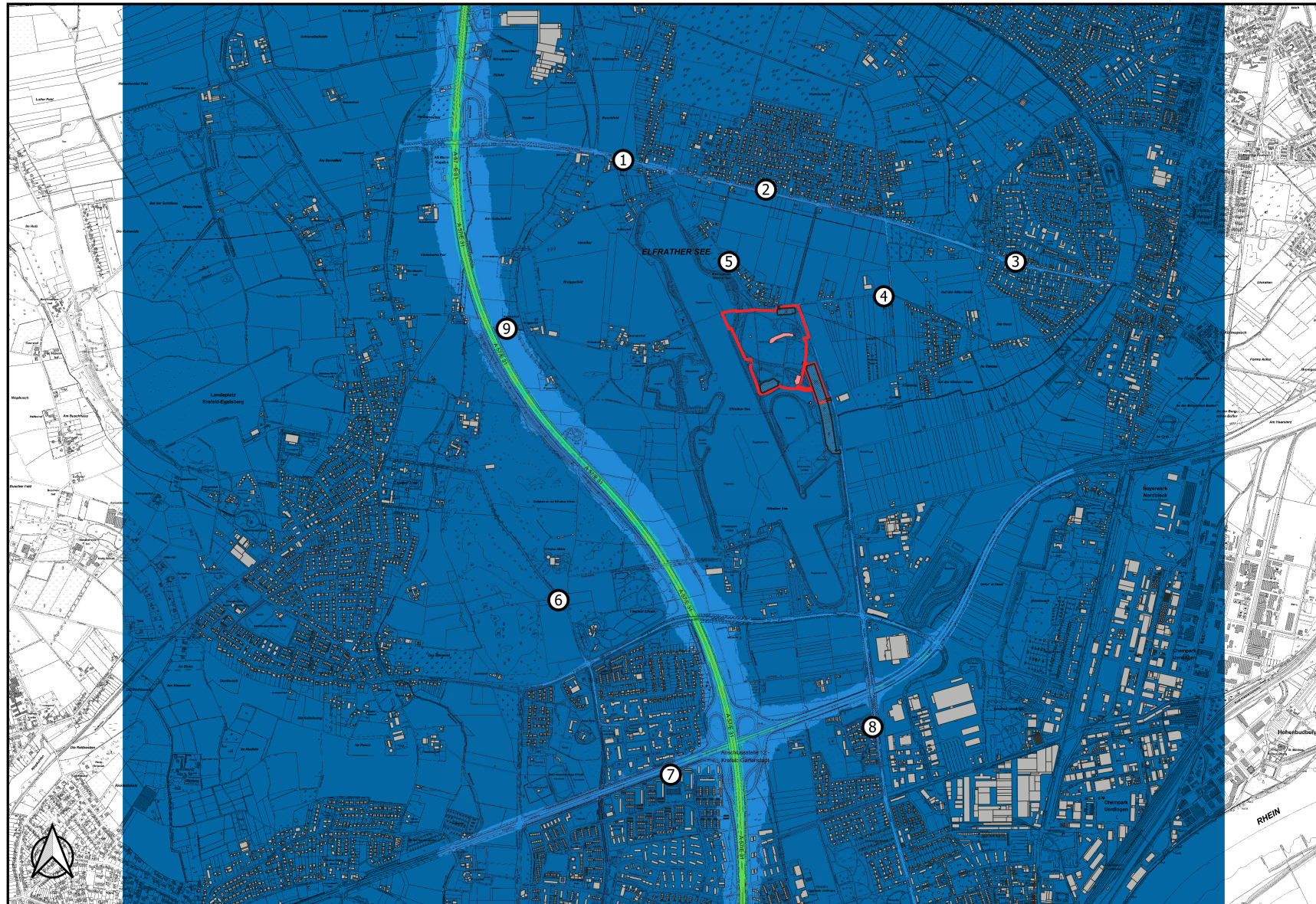


0 0,25 0,5 0,75 1 km

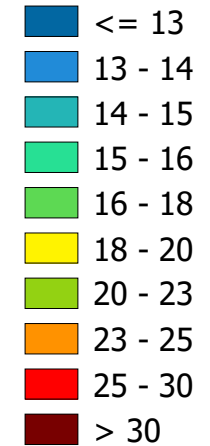




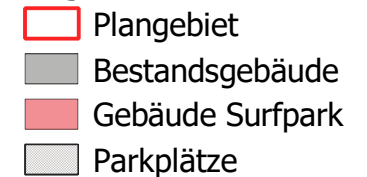
Anlage 6.2: Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (JMW, h=1,5m) für den "Planfall 2024" zum Bauvorhaben "Surfpark" (Bebauungsplan Nr. 836 – östlich Elfrather See, südlich Asberger Straße) in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 12,6 µg/m<sup>3</sup> - Grenzwert 39. BImSchV: 25,0 µg/m<sup>3</sup>



Jahresmittelwert  
Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)  
in µg/m<sup>3</sup>



Legende



0 0,25 0,5 0,75 1 km

