

# Endbericht

## Luftreinhalteplan Freiburg

### Wirkungsbetrachtungen / Maßnahmenblock 3.1

#### Betrachtung von verkehrslenkenden sowie verkehrsbeschränkenden Maßnahmen (ohne Änderung der Ausdehnung der Umweltzone)

für das

Regierungspräsidium Freiburg

von

IVU Umwelt GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2  
79110 Freiburg



# Endbericht

## Luftreinhalteplan Freiburg

### Wirkungsbetrachtungen / Maßnahmenblock 3.1

### Betrachtung von verkehrslenkenden sowie verkehrsbeschränkenden Maßnahmen (ohne Änderung der Ausdehnung der Umweltzone)

für das

Regierungspräsidium Freiburg

Bearbeitet von:

Volker Diegmann  
Anna Mahlau

IVU Umwelt GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2  
D-79110 Freiburg  
Tel: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 0  
Fax: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 12  
info@ivu-umwelt.de  
www.ivu-umwelt.de

vorgelegt am 17.09.2018

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>   | <b>15</b> |
| <b>2</b> | <b>Methoden</b>   | <b>17</b> |
| 2.1      | Allgemeines   | 17        |
| 2.2      | Kfz-Emissionen mit IMMIS <sup>em</sup>                                    | 17        |
| 2.3      | Hotspot-Analyse mit IMMIS <sup>luft</sup>                                 | 18        |
| 2.4      | Bestimmung des NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerts im Screening            | 19        |
| 2.5      | Immissionsberechnung mit IMMIS <sup>net</sup>                             | 19        |
| 2.6      | Betroffenenanalyse  | 20        |
| 2.7      | Annahmen zur Wirkung einer Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit | 20        |
| <b>3</b> | <b>Daten</b>  | <b>22</b> |
| 3.1      | Untersuchungsgebiet und Bezugspunkte                                      | 22        |
| 3.2      | Bezugsjahre   | 24        |
| 3.3      | Geographische Grundlagendaten   | 24        |
| 3.4      | Kfz-Verkehrsdaten   | 24        |
| 3.4.1    | Straßennetz   | 24        |
| 3.4.2    | Verkehrsbelastung der verschiedenen Kfz-Arten                             | 24        |
| 3.4.3    | Flottenzusammensetzung  | 25        |
| 3.4.4    | Verkehrssituation   | 25        |
| 3.5      | Abschnittsbildung für das Screening                                       | 26        |
| 3.6      | Vorbelastung  | 28        |
| 3.7      | Meteorologie  | 28        |
| <b>4</b> | <b>Ergebnisse</b>   | <b>33</b> |
| 4.1      | Screening Nullfälle   | 33        |
| 4.1.1    | Überschreitung der NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung                       | 38        |
| 4.1.2    | Notwendige DTV-Reduktion  | 40        |
| 4.2      | Planfall 1 „Blaue Umweltzone“   | 41        |
| 4.2.1    | Variantenbeschreibung   | 41        |
| 4.2.2    | Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs auf der B31          | 41        |
| 4.2.3    | Flottenzusammensetzung im Planfall 1                                      | 42        |
| 4.2.4    | Marktdurchdringung  | 45        |
| 4.2.5    | Wirkungsanalyse   | 45        |
| 4.2.6    | Notwendige DTV-Reduktion basierend auf Planfall 1                         | 49        |
| 4.3      | Planfall 2a „Tempolimit A5“   | 50        |
| 4.4      | Planfall 2b „Tempobeschränkung B31a“                                      | 52        |
| 4.5      | Planfall 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“                                    | 54        |

|          |                                     |           |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 4.6      | Kombination von Maßnahmen           | 55        |
| 4.7      | Betroffene und Überschreitungsängen | 57        |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung</b>              | <b>58</b> |
| <b>6</b> | <b>Literatur</b>                    | <b>60</b> |
| <b>7</b> | <b>Anlagen</b>                      | <b>62</b> |

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| Abbildung 2-1: | Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung  | 17 |
| Abbildung 3-2: | Untersuchungsgebiet mit Bezugspunkten   | 23 |
| Abbildung 3-3: | Screeningabschnitte des Hauptstraßennetzes von Freiburg, für die mit IMMIS <sup>luft</sup> Immissionsbelastungen berechnet werden | 27 |
| Abbildung 3-4: | Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Lehen und westliches Stadtgebiet  | 29 |
| Abbildung 3-5: | Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS im Gebiet Wiehre und St. Georgen  | 29 |
| Abbildung 3-6: | Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Gebiet Stühlinger und Stadtmitte  | 30 |
| Abbildung 3-7: | Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Gebiet Zähringen  | 30 |
| Abbildung 3-8: | Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS östliches Stadtgebiet   | 31 |
| Abbildung 4-1: | Modellierte NO <sub>2</sub> -Immissionsbelastung für den Nullfall 2018  | 34 |
| Abbildung 4-2: | Modellierte NO <sub>2</sub> -Immissionsbelastung für den Nullfall 2020  | 35 |
| Abbildung 4-3: | Modellierte NO <sub>2</sub> -Immissionsbelastung für den Nullfall 2022  | 36 |
| Abbildung 4-4: | Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO <sub>2</sub> für den Nullfall 2018    | 37 |
| Abbildung 4-5: | Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO <sub>2</sub> für den Nullfall 2020    | 37 |
| Abbildung 4-6: | Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO <sub>2</sub> für den Nullfall 2022    | 38 |
| Abbildung 4-7: | Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Jahresmittelgrenzwertes im Nullfall 2018                 | 39 |
| Abbildung 7-1: | E3414997-N5317506_Freiburg-Ost_Syn.aks  | 63 |
| Abbildung 7-2: | zaehringen_E3414500_N5320500-synAKS   | 64 |
| Abbildung 7-3: | stuehlinger_E3413000_N5319000-synAKS  | 65 |
| Abbildung 7-4: | wiehre_georgen_E3411000_N5316500-synAKS   | 66 |
| Abbildung 7-5: | lehen_E3410500_N5320500-synAKS  | 67 |

**TABELLENVERZEICHNIS**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Tabelle 3-1:  | Geographische Grundlagendaten für Freiburg  | 24 |
| Tabelle 3-2:  | Flottenzusammensetzungen für PKW, leichte Nfz und schwere Lkw differenziert nach Schadstoffklasse für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022   | 25 |
| Tabelle 3-3:  | Vorbelastungswerte für die Verkehrsmessstation  | 28 |
| Tabelle 4-1:  | Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Jahresmittel-Grenzwertes in den Nullfällen   | 39 |
| Tabelle 4-2:  | Schwellwerte und notwendige Reduktionen für den DTV zur Einhaltung des NO <sub>2</sub> -Jahresmittelgrenzwerts nach Screeningberechnungen ausgehend vom Nullfall 2018 unter Berücksichtigung der Kfz-Flotten für 2018, 2019 und 2020                                      | 40 |
| Tabelle 4-3:  | Verkehrsstärken auf Höhe der Verkehrsmessstation unterschieden nach Quellart aus RAU ET. AL. (2018) mit berechnetem Anteil am Durchgangsverkehr   | 42 |
| Tabelle 4-4:  | Verkehrsstärken bzw. Anteile am DTV für den Screeningabschnitt, der der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße zugeordnet ist, mit abgeleiteten Anteilen für den Durchgangsverkehr differenziert nach Fahrzeugart   | 42 |
| Tabelle 4-5:  | Flottenzusammensetzungen für PKW und leichte Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2020  | 43 |
| Tabelle 4-6:  | Flottenzusammensetzungen für schwere Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2020  | 44 |
| Tabelle 4-7:  | Flottenzusammensetzungen für PKW und leichte Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2022  | 44 |
| Tabelle 4-8:  | Flottenzusammensetzungen für schwere Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2022  | 44 |
| Tabelle 4-9:  | Anteil von der „Blauen Umweltzone“ betroffener Fahrzeuge am Bestand differenziert nach den Kfz-Gruppen Pkw sowie leichte und schwere Nfz  | 45 |
| Tabelle 4-10: | Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO <sub>x</sub> -Emissionen des Kfz-Verkehrs im untersuchten Stadtgebiet   | 46 |
| Tabelle 4-11: | Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO <sub>x</sub> -Emissionen des Kfz-Verkehrs in der Umweltzone und auf der B31   | 46 |
| Tabelle 4-12: | Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO <sub>x</sub> -Emissionen des Kfz-Verkehrs in der Umweltzone   | 47 |
| Tabelle 4-13: | Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation  | 47 |
| Tabelle 4-14: | Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an der Hintergrundmessstation DEBW084   | 48 |
| Tabelle 4-15: | Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Jahresgrenzwerts für den Planfall 1 mit den drei Varianten   | 49 |
| Tabelle 4-16: | Schwellwerte und notwendige Reduktionen für den DTV zur Einhaltung der NO <sub>2</sub> -Jahresgrenzwert nach Screeningberechnungen ausgehend vom Planfall 1 in der Variante 3 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ unter Berücksichtigung der Kfz-Flotten für 2020 und 2022 | 50 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Tabelle 4-17: | Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ auf die NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation  | 51 |
| Tabelle 4-18: | Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2018 auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten                   | 52 |
| Tabelle 4-19: | Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2020 auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten                   | 52 |
| Tabelle 4-20: | Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2022 auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten                   | 52 |
| Tabelle 4-21: | Wirkung des Planfalls 2b „Tempobeschränkung B31a“ auf die NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation  | 53 |
| Tabelle 4-22: | Wirkung des Planfalls 2b „Tempobeschränkung B31a“ auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten   | 53 |
| Tabelle 4-23: | Wirkung des Planfalls 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“ auf die NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation  | 54 |
| Tabelle 4-24: | Wirkung des Planfalls 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“ auf die NO <sub>x</sub> -Immissionsbelastung an der Hintergrundmessstation und am Bezugspunkt Am Hirschgarten 19 | 55 |
| Tabelle 4-25: | Wirkung der Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3 auf die NO <sub>2</sub> - Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation                         | 55 |
| Tabelle 4-26: | Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Jahresgrenzwerts in der Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3         | 56 |
| Tabelle 4-27: | Anzahl Betroffene und Überschreitungslängen für alle Null- und Planfälle sowie einer Maßnahmenkombination  | 57 |





## Abkürzungsverzeichnis und Glossar

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>AKS</b>                          | s. Ausbreitungsklassenstatistik  |
| <b>Anemometer</b>                   | Gerät zur Messung der Windgeschwindigkeit, im Regelfall kombiniert mit einem Gerät zur Messung der Windrichtung.   |
| <b>Anemometerhöhe</b>               | Höhe, in der der Wind gemessen wird. Bei Übertragung der Messdaten an einen anderen Standort muss die Rauigkeitslänge am Standort des Anemometers und am neuen Standort bekannt sein und die Anemometerhöhe gegebenenfalls angepasst werden.   |
| <b>ArcGIS</b>                       | Geographisches Informationssystem (GIS) der Esri GmbH.   |
| <b>Aufpunkt</b>                     | Punkt in einem Untersuchungsgebiet, an dem die Immissionskonzentration gemessen oder berechnet wird.   |
| <b>Ausbreitungsklassenstatistik</b> | Häufigkeitsverteilung der klassifizierten meteorologischen Größen Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der atmosphärischen Schichtung (Klug/Manier Stabilitätsklassen) nach VDI 3782 Blatt 1 (KRdL, 2009) und Blatt 6 (KRdL, 2015)   |
| <b>Ausbreitungsmodell</b>           | Modell zur Berechnung der Konzentrationswerte von in der Luft befindlichen Spurenstoffen in einem Modellgebiet.  |
| <b>Ausrichtung</b>                  | Orientierung einer Straße gegen Nord.  |
| <b>Autobuild</b>                    | ein dem Verfahren IMMIS <sup>build</sup> (s. IMMIS <sup>build</sup> ) nachgeschalteter Prozess zur Bildung von IMMISluft-Abschnitten (s. IMMIS <sup>luft</sup> )   |
| <b>Baulückenanteil</b>              | Anteil der unbebauten Bereiche eines nicht geschlossen bebauten Straßenabschnitts.   |
| <b>Bebauungsabstand</b>             | Abstand der Randbebauung eines Straßenabschnitts quer zur Straße. Auch als Straßenraumbreite bezeichnet.   |
| <b>Bezugsjahr</b>                   | Jahr, für das die Aussagen einer Modellierung ermittelt werden sollen.   |
| <b>BImSchG</b>                      | Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz)  |
| <b>BImSchV</b>                      | Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Bundes-Immissionsschutzverordnung)  |
| <b>DTV</b>                          | Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke. I. d. R. ein Jahresmittelwert, der in Kfz/d angegeben wird. Es existieren auch Angaben zu durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärken (DTV <sub>w</sub> ), die im Einzelfall mit geeigneten Faktoren in DTV-Werte umgewandelt werden müssen. |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Emission</b>                 | Freisetzung von Stoffen, im Allgemeinen Schadstoffen, in die Umwelt, i. d. R. angegeben in Masse pro Zeiteinheit.   |
| <b>Emissionsfaktor</b>          | Emission eines Stoffes durch ein Kfz auf einer Wegstrecke oder für eine Anzahl bzw. Zeiteinheit eines spezifischen Vorgangs. Wird für ein fahrendes Kfz z. B. in g/(Kfz x m) angegeben.   |
| <b>Euro-Stufe (Euro-Norm)</b>   | Aufgrund von EU-Richtlinien vorgegebene Einstufung der Kfz in Schadstoffklassen durch Festlegung von Emissionshöchst-mengen pro Fahrzeug.   |
| <b>Fahrleistung</b>             | Summe der von Kfz innerhalb eines Zeitraums zurückgelegten Wegstrecke in einem Bezugsgebiet (z. B. Straße, Straßennetz), gegebenenfalls differenziert nach Fahrzeugkategorien.  |
| <b>Fahrzeugkategorie</b>        | Einteilung der Fahrzeuge gemäß HBEFA in Pkw, Leichte Nutzfahrzeuge (LNfz), Schwere Nutzfahrzeuge (SLkw), Reisebusse, Linienbusse und Motorräder.  |
| <b>Fahrzeugschicht</b>          | Feinste Differenzierungsebene für Kfz im HBEFA, die die Kfz in Gruppen mit vergleichbarem Emissionsverhalten einteilt und nach Fahrzeugkategorie, Motortyp, Hubraum und Emissionskonzept (Fahrzeugalter bzw. Euro-Stufe) unterscheidet.   |
| <b>Flottenzusammen-setzung</b>  | Zusammensetzung des gesamten Fahrzeugbestandes, z. B. eines Bundeslandes, oder des fahrleistungsgewichteten Bestandes, z. B. auf einem Straßennetz, unterteilt nach z. B. Euro-Stufen oder Fahrzeugschichten.   |
| <b>Ganglinien</b>               | Anteilswerte an Gesamtwerten, wie z. B. Jahresmittelwerten, für bestimmte Zeiteinheiten, z. B. Tagesstunden, Wochentage, Monate, die die zeitliche Variation der Größe beschreiben. Ganglinien können z. B. für verschiedene Fahrzeugkategorien und / oder Straßenarten jeweils als Paket aus sieben Tagesganglinien von je 0 - 24 Uhr zur Aufteilung auf die Tagesstunden der einzelnen Wochentage, einer Wochenganglinie zur Aufteilung auf die Wochentage und einer Monatsganglinie zur Aufteilung auf die Monate vorliegen. |
| <b>Gaußmodell</b>               | Ausbreitungsmodell, das auf der Lösung der stationären Diffusionsgleichung unter einer Reihe einschränkender Randbedingungen beruht.  |
| <b>Gesamtbelastung</b>          | An einem verkehrlichen Hotspot ist die Gesamtbelastung die Summe aus regionalem Hintergrund, urbanem Hintergrund und Zusatzbelastung.   |
| <b>Gesamthintergrund-niveau</b> | s. Vorbelastung   |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>HBEFA</b>                 | Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Datenbank mit Informationen zu Flottenzusammensetzungen, Verkehrssituationen und Emissionsfaktoren in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die bei Redaktionsschluss des vorliegenden Gutachtens aktuelle Version 3.3 dient als Grundlage fast aller Berechnungen zu Kfz-Emissionen in Deutschland. |
| <b>Hotspot</b>               | Durch Luftschadstoffe hoch belasteter Bereich.  |
| <b>IMMIS<sup>cpb</sup></b>   | Immissionsmodell der IVU Umwelt GmbH, Freiburg, zur zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Schadstoffmodellierung bei komplexen Einzelfallbetrachtungen in Straßenquerschnitten.  |
| <b>IMMIS<sup>build</sup></b> | Programm der IVU Umwelt GmbH, um IMMIS <sup>luft</sup> -Straßenabschnitte (s. IMMIS <sup>luft</sup> ) durch ein automatisiertes Verfahren aus allgemein verfügbaren Datenquellen abzuleiten.  |
| <b>IMMIS<sup>em</sup></b>    | Emissionsmodell der IVU Umwelt GmbH, Freiburg, zur Berechnung von Emissionen des Straßenverkehrs, basierend auf dem Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA).   |
| <b>IMMIS<sup>luft</sup></b>  | Screeningmodell der IVU Umwelt GmbH, Freiburg, zur Berechnung der Luftschadstoff-Immissionen in innerstädtischen Straßenräumen.   |
| <b>IMMIS<sup>net</sup></b>   | Immissionsklimatologische Ausbreitungsmodell der IVU Umwelt GmbH, Freiburg, zur Berechnung und flächenhaften Darstellung der urbanen / regionalen Vorbelastung.   |
| <b>Immission</b>             | Einwirkung der Emissionen auf die Umwelt, i. d. R. als Konzentrationswert angegeben.  |
| <b>JMW</b>                   | Jahresmittelwert  |
| <b>k. A.</b>                 | keine Angabe  |
| <b>Kaltstart</b>             | Start eines Kfz nach einer Abstelldauer von mehr als acht Stunden (echter Kaltstart) und Start nach kürzeren Abstell-dauern (Kühlstart)   |
| <b>Kapazität</b>             | Größte Verkehrsstärke, die in einem bestimmten Straßenquerschnitt oder auf einer Fahrspur in einer Zeiteinheit erreicht werden kann, angegeben z. B. in Kfz/h.  |
| <b>Kfz</b>                   | Kraftfahrzeug; Sammelbegriff für motorgetriebene, nichtschie-nengebundene Landfahrzeuge.  |
| <b>km</b>                    | Kilometer   |

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Kopplungswerte</b>                | IMMIS <sup>luft</sup> (s. IMMIS <sup>luft</sup> ) bestimmt die Konzentration im Straßenraum an zwei definierten Aufpunkten (Rezeptoren) mit Hilfe von sog. Kopplungswerten, die den Zusammenhang zwischen den verkehrsbedingten Emissionen im Straßenraum und den Konzentrationen an den Aufpunkten darstellen. |
| <b>Level Of Service (LOS)</b>        | Verkehrszustand, der im HBEFA in die vier Stufen „flüssig“, „dicht“, „gesättigt“ und „Stop&Go“ differenziert wird.  |
| <b>LLkw</b>                          | Leichte LKW, s. LNfz (Leichte Nutzfahrzeuge)  |
| <b>LNfz</b>                          | Leichte Nutzfahrzeuge; Kfz bis einschließlich 3,5 t zulässiger Gesamtmasse  |
| <b>LOS</b>                           | s. Level of Service   |
| <b>LRP</b>                           | Luftreinhalteplan   |
| <b>LUBW</b>                          | Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg   |
| <b>Luftschadstoffe</b>               | Alle in der Umwelt vorkommenden Luftverunreinigungen, die auf den Menschen, auf andere Lebewesen, auf Ökosysteme oder auf Sachgüter schädlich wirken können.  |
| <b>µg/m<sup>3</sup></b>              | Mikrogramm pro Kubikmeter   |
| <b>µm</b>                            | Mikrometer  |
| <b>NO<sub>2</sub></b>                | Stickstoffdioxid  |
| <b>NO<sub>x</sub></b>                | Stickstoffoxid. Sammelbezeichnung für verschiedene gasförmige Verbindungen, die aus Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufgebaut sind, hier NO und NO <sub>2</sub> .   |
| <b>Nutzfahrzeuge, leichte (LNfz)</b> | Kfz bis einschließlich 3,5 t zulässiger Gesamtmasse   |
| <b>Nutzfahrzeuge, schwere (SNfz)</b> | Kfz über 3,5 t zulässiger Gesamtmasse   |
| <b>Pkw</b>                           | Personenkraftwagen  |
| <b>Rauigkeitslänge</b>               | z <sub>0</sub> ; Beschreibung der Bodenrauigkeit an einem Standort oder im Untersuchungsgebiet, abhängig von der Landnutzung.   |
| <b>Regionalmodell</b>                | Mesoskaliges Modell zur Berechnung der Schadstoffkonzentrationen für Regionen, Gebiete oder Städte.   |
| <b>Schadstoffminderungsstufe</b>     | s. Euro-Stufe   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Schichtanteil</b>           | Anteil einer Fahrzeugschicht innerhalb einer Fahrzeugkategorie.  |
| <b>Screeningmodell</b>         | Vereinfachter Modellierungsansatz zur Berechnung von Konzentrationen in bebauten Straßenabschnitten.   |
| <b>SLkw</b>                    | Schwere LKW, s. SNfz (Schwere Nutzfahrzeuge)   |
| <b>SNfz</b>                    | Schwere Nutzfahrzeuge; Kfz über 3,5 t zul. Gesamtmasse   |
| <b>Straßenraumbreite</b>       | s. Bebauungsabstand  |
| <b>SynAKS</b>                  | synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken  |
| <b>TA Luft</b>                 | Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft  |
| <b>Überdachkonzentration</b>   | Vorbelastung eines Straßenabschnitts, die z. B. mit einem Regionalmodell ohne Berücksichtigung von Gebäuden als gedachtes Konzentrationsniveau über den Dächern des Straßenabschnitts modelliert wird.   |
| <b>UWZ</b>                     | Umweltzone   |
| <b>VB</b>                      | Vorbelastung   |
| <b>Verkehrsbelastung</b>       | s. Verkehrsstärke  |
| <b>Verkehrssituation</b>       | Charakterisierung der verkehrlichen Merkmale eines Straßenabschnitts durch z. B. Verbindungstyp (Autobahn, Außer- oder Innerortsstraße), Ausbaugrad, Tempolimit, Kurvigkeit, usw. Im HBEFA sind die Verkehrssituationen durch Linearkombinationen von Fahrmustern definiert. |
| <b>Verkehrsstärke</b>          | Anzahl der Kfz, die pro Zeiteinheit einen Querschnitt einer Straße oder Fahrspur passieren, i. d. R. angegeben als DTV.  |
| <b>Verkehrszusammensetzung</b> | Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes nach Fahrzeugkategorien.   |
| <b>VISUM</b>                   | Software für Verkehrsanalysen und -prognosen der Firma PTV   |
| <b>Vorbelastung</b>            | Immissionsbelastung, die aus Emissionen resultiert, die bei der Ausbreitungsrechnung nicht explizit berücksichtigt wurden. Als alternativer Begriff wird für Vorbelastung häufig auch Gesamthintergrundniveau verwendet.   |
| <b>z<sub>0</sub></b>           | s. Rauigkeitslänge   |
| <b>Zusatzbelastung</b>         | Immissionsbelastung, die aus den bei einer Ausbreitungsrechnung explizit berücksichtigten Emissionen resultiert. Wird i. d. R. nur für Berechnungen mit Screening- und Detailmodellen verwendet.   |



# 1 Einführung

An der B 31 werden im Bereich der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße seit Jahren Immissionsbelastungen durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) über dem Jahresgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> gemessen.

Deshalb prüft das Regierungspräsidium Freiburg im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans Freiburg (LRP FR) derzeit zusätzliche Maßnahmen, um den NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert schnellstmöglich einhalten zu können.

Im Zuge des Verfahrens zur Fortschreibung des Luftreinhalteplans Freiburg hat das Regierungspräsidium Freiburg bereits mehrere Gutachten vergeben.

Im vorliegenden Gutachten wurden weitere verkehrliche Maßnahmen untersucht. Gemäß der Leistungsbeschreibung wurden folgende Fälle bearbeitet:

1. Aufbau eines stadtweiten Screeningmodells
2. Berechnung der NO<sub>2</sub>-Belastung in sogenannten Nullfällen für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022
3. Untersuchung eines Planfalls 1 mit den 3 Varianten „Blaue Umweltzone“, „Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen“ und „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ unter besonderer Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs auf der B31
4. Untersuchung zweier Planfälle zur Temporeduktion auf der A5 (Planfall 2a) und der B31a (Planfall 2b)
5. Untersuchung eines Planfalls 3 mit generellen Temporeduktionen im Stadtgebiet
6. Untersuchung von Kombinationen von Planfällen

## **Anmerkung:**

Im Text wird der Punkt als Dezimaltrennzeichen und das Hochkomma (‘) als 1000er-Trennzeichen verwendet. Schadstoff-Konzentrationen werden gemäß der EU-Richtlinie auf ganze Stellen gerundet. Eine Überschreitung wird dann angenommen, wenn dieser gerundete Wert den erlaubten Grenzwert überschreitet. Daraus folgt, dass z. B. bei NO<sub>2</sub> ein Jahresmittelwert von 40.4 µg/m<sup>3</sup> auf 40 µg/m<sup>3</sup> gerundet und damit nicht als Überschreitung des Grenzwertes gezählt wird. Dies wurde bei allen Berechnungen und Auswertungen berücksichtigt. Wegen der besseren Lesbarkeit wird im Text von der Anzahl der Überschreitungen von 40 µg/m<sup>3</sup> gesprochen.





## 2 Methoden

Die Berechnung der NO<sub>2</sub>-Belastung in den Nullfällen sowie die Wirkungen der Planfälle auf die Luftqualität wurden je nach Fragestellung mit dem Screeningmodell IMMIS<sup>em/luft</sup> Version 7 (IVU UMWELT 2017) oder mit dem Regionalmodell IMMIS<sup>net</sup> (IVU GmbH, 1997) berechnet. Die Arbeiten wurden dabei entsprechend dem „Leitfaden Modellierung verkehrsbedingter Immissionen“ (LUBW 2015) durchgeführt. Bei der Berechnung der Kfz-Emissionen mit IMMIS<sup>em</sup> wird nach VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7 (KRDL 2003) und bei der Screeningberechnung mit IMMIS<sup>luft</sup> bzw. der Regionalmodellierung mit IMMIS<sup>net</sup> nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 14 (KRDL 2013) vorgegangen.

### 2.1 Allgemeines

Eine schematische Darstellung, wie sich die Luftbelastung innerhalb einer Stadt zusammensetzt, zeigt Abbildung 2-1. An den verkehrlichen Hotspots ist die Gesamtbelastung die Summe aus regionalem Hintergrund, urbanem Hintergrund und Zusatzbelastung.

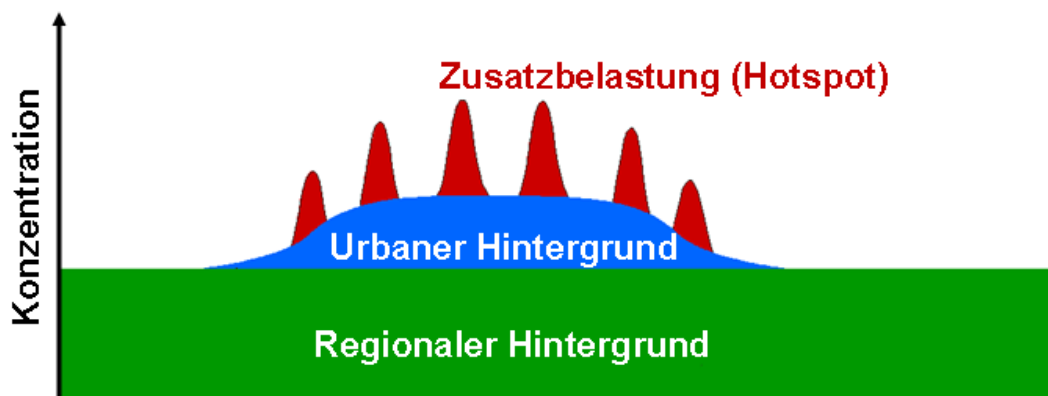


Abbildung 2-1: Schema der Zusammensetzung der städtischen Gesamtbelastung (nach Lenschow et al., 2001)

Das vorliegende Gutachten ist Teil der Untersuchungen zur dritten Fortschreibung des Luftreinhalteplans Freiburg. Um methodische und inhaltliche Brüche zum bereits bestehenden Gutachten „Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen mehrere verkehrlicher Maßnahmen – Gutachten Block 2.1“, vorliegend als Entwurf vom 22.01.2018 (Rau et. al 2018), zu vermeiden, wurde wenn möglich auf die dort verwendeten Eingangsdaten zurückgegriffen.

### 2.2 Kfz-Emissionen mit IMMIS<sup>em</sup>

Für das relevante Straßennetz im Untersuchungsgebiet wurden abschnittsweise Emissionen des Kfz-Verkehrs berechnet. Zum Einsatz kam das von IVU Umwelt kontinuierlich weiterentwickelte Modell IMMIS<sup>em</sup> Version 7 (IVU UMWELT, 2017).

Das Modell berechnet, basierend auf dem aktuellen Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA 3.3 (INFRAS 2017) und der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRDL 2003), die Emissionen des Straßenverkehrs. Dazu nötige Eingangsdaten, wie die Verkehrsbelastung durch die verschiedenen Kfz-Arten und die Festlegung der Verkehrssituationen als Kombinationen aus Gebiet, Straßentyp, Tempolimit und Level of Services (LOS), wurden, so weit vorhanden, aus den bestehenden Daten der Verkehrsuntersuchung „Luft-

reinhalteplanung Freiburg i.Br. – Aktualisierung Verkehrsdaten für Maßnahmenblock 3.1 (R+T VERKEHRSPLANUNG, 2018) übernommen bzw. aus dort vorhandenen Informationen abgeleitet. In IMMIS<sup>em</sup> ist ein Modell zur Bestimmung der Verkehrsqualität enthalten, das unter Zuhilfenahme von Kapazitäten die Aufteilung des Verkehrs auf die LOS berechnet.

Ergänzt wird die Emissionsberechnung in IMMIS<sup>em</sup> um ein Modell zur Abbildung von Kaltstartzuschlägen entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL 2003).

IMMIS<sup>em</sup> ist als IMMIS<sup>arc</sup> in das geographische Informationssystem ArcGIS integriert und erlaubt damit eine direkte Bearbeitung und Modellierung der Verkehrsemissionen im GIS. Dies gewährleistet zum einen die unmittelbare Kombination mit Basisdaten aller Art und der Visualisierung im Bezug zu diesen ein wichtiger Baustein zur Qualitätssicherung und erlaubt zum anderen eine sehr effektive Arbeitsweise, da die Daten so direkt für die Verwendung in Ausbreitungsmodellen und für die statistische und kartographische Auswertung und Darstellung zur Verfügung stehen.

### 2.3 Hotspot-Analyse mit IMMIS<sup>luft</sup>

Die Zusatz- und Gesamtbelastung in bebauten Straßenräumen wurden mit Hilfe des Screeningmodells IMMIS<sup>luft</sup> ermittelt. Das Modell berechnet für bebauungs- und verkehrshomogene Straßenabschnitte jeweils einen Wert der Zusatzbelastung auf Basis von sogenannten Kopplungswerten und den verkehrsbedingten Emissionen des jeweiligen Straßenabschnitts unter Berücksichtigung des Jahresmittelwerts der Windgeschwindigkeit. Die Kopplungswerte stellen den Zusammenhang zwischen den Emissionen im Straßenraum und der zu berechnenden Zusatzbelastung her. Sie werden auf der Basis einer meteorologischen Zeitreihe oder Statistik für verschiedene Straßenraumgeometrien mit dem Modell IMMIS<sup>cpb</sup> vorprozessiert (WIEGAND, G.; DIEGMANN, V. 1994).

Da von einem Screeningverfahren im Allgemeinen ein konservative Berechnung der Konzentration im Sinne einer tendenziellen Überschätzung verlangt wird, wird bei IMMIS<sup>luft</sup> die Zusatzbelastung pro Straßenabschnitt für zwei fest definierte Aufpunkte im Straßenquerschnitt in der minimal erlaubten Messhöhe von 1.5 m<sup>1</sup>, beidseits der Straße im Abstand von 15 % des Bebauungsabstandes (quer zur Straße) von der Bebauung, berechnet. Ausgegeben wird der größere der beiden berechneten Werte. Ein Straßenabschnitt wird als in sich homogen bezeichnet, wenn er auf beiden Seiten homogen, d. h. mit einer Höhendifferenz von bis zu  $\pm 10$  % der durchschnittlichen Höhe, und durchgehend bebaut und mindestens doppelt so lang wie breit ist. Um Baulücken in einem Straßenabschnitt zu berücksichtigen, kann eine Porosität vorgegeben werden, die sich aus Länge und Breite des Straßenabschnitts sowie der bebauten Länge berechnet. Für Porositäten  $> 90$  % wird von einem Straßenabschnitt ohne Bebauung ausgegangen, für den der Einsatz von IMMIS<sup>luft</sup> nicht gültig ist. Bei Abschnitten ohne Randbebauung ist von einer deutlich niedrigeren Luftschadstoffbelastung auszugehen als bei Abschnitten mit vergleichbarem Verkehrsaufkommen und einer vorhandenen Randbebauung. Außerdem liegt bei fehlender Bebauung auch keine direkte Betroffenheit vor. Straßenabschnitte ohne Randbebauung werden in der vorliegenden Untersuchung nicht

---

<sup>1</sup> Für den Screeningabschnitt, der der Messstation Freiburg-Schwarzwaldstraße zugeordnet ist, wird für einen direkten Vergleich mit den in 3 m Einlasshöhe stattfindenden Messung mittels einer Eichung auf das Ergebnis der Modellrechnungen für den Bestandsfall 2018 aus RAU ET. AL (2018) für diese Höhe gewährleistet, dass die Ergebnisse des Screenings für die Höhe 3 m gelten.

betrachtet. Die Bildung der Screening-Abschnitte und die Ermittlung der Straßenraumgeometrie für das Screening mit IMMIS<sup>luft</sup> wird in Abschnitt 3.5 beschrieben.

Bei einem Vergleich von mit einem Screening-Verfahren berechneten Konzentrationen mit realen Messwerten muss immer berücksichtigt werden, dass es sich bei einem Screeningverfahren um ein stark vereinfachtes Verfahren handelt.

## 2.4 Bestimmung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts im Screening

NO<sub>2</sub> ist ein chemisch aktiver Stoff, der in der Atmosphäre einer Reihe von Reaktionen mit unterschiedlichen Stoffen unterliegt. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration in der Straßenschlucht setzt sich daher zusammen aus der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung, dem durch den Kfz-Verkehr direkt emittierten NO<sub>2</sub> und dem durch chemische Umwandlungen produzierten oder eliminierten NO<sub>2</sub>. Die chemischen Reaktionen, an denen NO<sub>2</sub> beteiligt ist, unterscheiden sich dabei in ihrer Geschwindigkeit und ihrer Komplexität.

In der vorliegenden Untersuchung wurde für die Berechnung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts in Hotspots der Ansatz nach DÜRING & BÄCHLIN (2009) verwendet. Er beruht auf dem Ansatz nach HERTEL & BERKOWICZ (1989), arbeitet aber mit Jahresmittelwerten. Die Übertragbarkeit der Gleichungen aus HERTEL & BERKOWICZ (1989) auf Jahresmittelwerte wurde dabei nicht theoretisch abgeleitet, sondern empirisch durch den Vergleich mit Messdaten überprüft. Die bei HERTEL & BERKOWICZ zeitabhängigen Größen  $J$ ,  $k$  und  $\tau$  werden in DÜRING & BÄCHLIN (2009) als konstante Parameter wie folgt festgelegt:

$$J = 0.0045 \text{ s}^{-1}$$

$$k = 0.00039 \text{ (ppb s)}^{-1}$$

$$\tau = 100 \text{ s}$$

Als Eingangsdaten gehen die NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastung in der Straßenschlucht, die Hintergrundkonzentrationen von NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> sowie der Anteil der primären NO<sub>2</sub>-Emissionen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen als Jahresmittelwerte in die Berechnung ein. Als Ergebnis werden Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung berechnet.

## 2.5 Immissionsberechnung mit IMMIS<sup>net</sup>

Die Berechnung der Wirkungen der Planfälle auf ausgewählte Orte in Freiburg und auf die Vorbelastung in den einzelnen Screening-Abschnitten erfolgte mit dem Regionalmodell IMMIS<sup>net</sup>.

IMMIS<sup>net</sup> ist ein Ausbreitungsmodell zur Berechnung der regionalen Luftschadstoffbelastung (IVU GMBH, 1997). Auf der Basis der Gaußschen Rauchfahngleichung berechnet das Modell die Immissionsbeiträge aus den Emissionen aller erfassten Flächen-, Linien- und Punktquellen. Das Modell arbeitet chronologisch, d. h. für jede Stunde eines Jahres werden die Immissionsbeiträge aller betrachteten Quellen berechnet. Die für die jeweilige Stunde repräsentativen meteorologischen Bedingungen können entweder einer meteorologischen Zeitreihe entnommen oder, wie es hier angewendet wurde, zufällig aus einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) der betreffenden Stundengruppe gezogen werden.

Aus den für alle Stunden eines Jahres berechneten Einzelimmissionen wird für definierte Aufpunkte der Jahresmittelwert bestimmt.

Eingangsgößen in IMMIS<sup>net</sup> sind neben der Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) die Emissionsdaten für NO<sub>x</sub> der betrachteten Quellen, unterteilt in verschiedene

Verursachergruppen. Aus angegebenen Jahresemissionen der Quellen ermittelt das Modell über verursachergruppenspezifische Monats-, Wochen- und Tagesgänge die stündliche Emission.

Die Berechnung von Konzentrationen erfolgte für Jahresmittelwerte von NO<sub>x</sub>. Soweit erforderlich wurden NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastungen in NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen nach ROMBERG ET AL. (1996) umgerechnet. Soweit keine Informationen zur NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastung vorliegen, ist eine Berechnung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung nicht möglich.

## 2.6 Betroffenanalyse

Auf Basis der Ergebnisse der Screeningberechnungen wurden für Abschnitte mit einer modellierten Überschreitung des Jahresgrenzwertes von NO<sub>2</sub> die Anzahl der potentiell betroffenen Bevölkerung (Betroffene) abgeschätzt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die für die jeweiligen Screeningabschnitte ermittelte Immissionsbelastung für den ganzen Abschnitt gilt. Diese Prämisse entspricht dem Modellprinzip von IMMIS<sup>luft</sup>. Sogenannte „Aufenthaltsbetroffene“ (z. B. Beschäftigte oder Kunden von Geschäften im fraglichen Abschnitt) wurden nicht betrachtet, da bei einer Überschreitung eines Jahresgrenzwertes deren potenzielle Betroffenheit nur sehr gering ist. Zur Ermittlung der Betroffenen wurde die Anzahl aller gemeldeten Einwohner der Gebäude entlang des Abschnitts ermittelt.

Für die Anzahl der Einwohner pro Gebäude wurden die entsprechenden Informationen aus der Gebäudedatei, die von der Stadt Freiburg zur Verfügung gestellt wurde (siehe Abschnitt 3.3), verwendet.

## 2.7 Annahmen zur Wirkung einer Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

Im vorliegenden Gutachten wurde die Wirkung der Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf die Minderung der Kfz-Emissionen und damit auf Immissionsbelastung untersucht. Die getroffenen Annahmen, um diese Wirkung abzuschätzen, werden im Weiteren beschrieben.

Im Planfall 2a wurde die Wirkung der Reduktion des Tempolimits beidseitig und ganztägig auf der Bundesautobahn A5 zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Süd und Freiburg-Nord untersucht. Im Planfall 2b wurde die Wirkung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf dem Zubringer Mitte (B31a) zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Mitte und der Anschlussstelle Berliner Allee<sup>2</sup> ermittelt.

Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, wurde für die Emissionsabschnitte die Verkehrssituation nach HBEFA als Kombination aus den Parametern für Gebiet, Straßentyp, Tempolimit und Level of Services (LOS) festgelegt. Der Parameter Tempolimit wurde für die betreffenden Abschnitte für den Planfall 2a auf 120 km/h, 100 km/h bzw. 80 km/h und für 2b auf 80 km/h gesetzt. Die Emissionsberechnung für diese Abschnitte wurde dann mit den entsprechenden Emissionsfaktoren des HBEFA für die verwendeten Tempolimits durchgeführt.

<sup>2</sup> In der Leistungsbeschreibung wird von einem Tempolimit von 80 km/h bis zur Kronenstraße geschrieben. In der derzeitigen Situation besteht schon ein Tempolimit von 80 km/h ab der bzw. bis zur Anschlussstelle Berliner Allee je nach Richtung und ein Tempolimit von 60 km/h auf der B31a innerhalb der Ortsschilder von Freiburg.

Im Planfall 3 wurde die Wirkung einer ganztägigen Tempo 30 bzw. Tempo 40-Regelung auf allen Straßen im Stadtgebiet Freiburg mit einer aktuellen Tempo 50-Regelung auf die Änderung der Immissionsbelastung untersucht. Analog zur Methode zur Abschätzung der Emissionsänderung bei Tempo 40 auf Hauptverkehrsstraßen aus der dritten Fortschreibung des Luftreinhalteplans Stuttgart (RP STUTTGART, 2017) wurde für Emissionsabschnitte mit einer vorhandenen Längsneigung angenommen, dass sich die NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs gegenüber Abschnitten mit einem Tempolimit von 50 km/h um 5 % mindern. Auf Grund fehlender Grundlagen zur weiteren Differenzierung eines Tempolimits zwischen 40 km/h und 30 km/h, die für eine stadtweite pauschalen Betrachtung anwendbar wären, wurde in den vorliegenden Untersuchungen angenommen, dass die Wirkungen auf die NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen bei einem Tempolimit 30 km/h gleich zu den Wirkungen eines Tempolimits 40 km/h sind<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> In RAU ET AL. (2018) wird für Teilabschnitte der B31 mit der Maßnahme 3 die Wirkung eines geänderten Tempolimits 30 bzw. 40 km/h auf der B31/B31a. untersucht. Dazu wurden für dieses Teilgebiet detaillierte Untersuchungen durch Mitfahrten und mikroskaligen Emissions- und Verkehrsmodellierungen durchgeführt, die jeweils auch Anpassungen an die Koordinierungen der vorhandenen Lichtsignalanlagen beinhalten. Eine entsprechende Detaillierung für das gesamte Stadtgebiet war im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchungen nicht beauftragt.

## 3 Daten

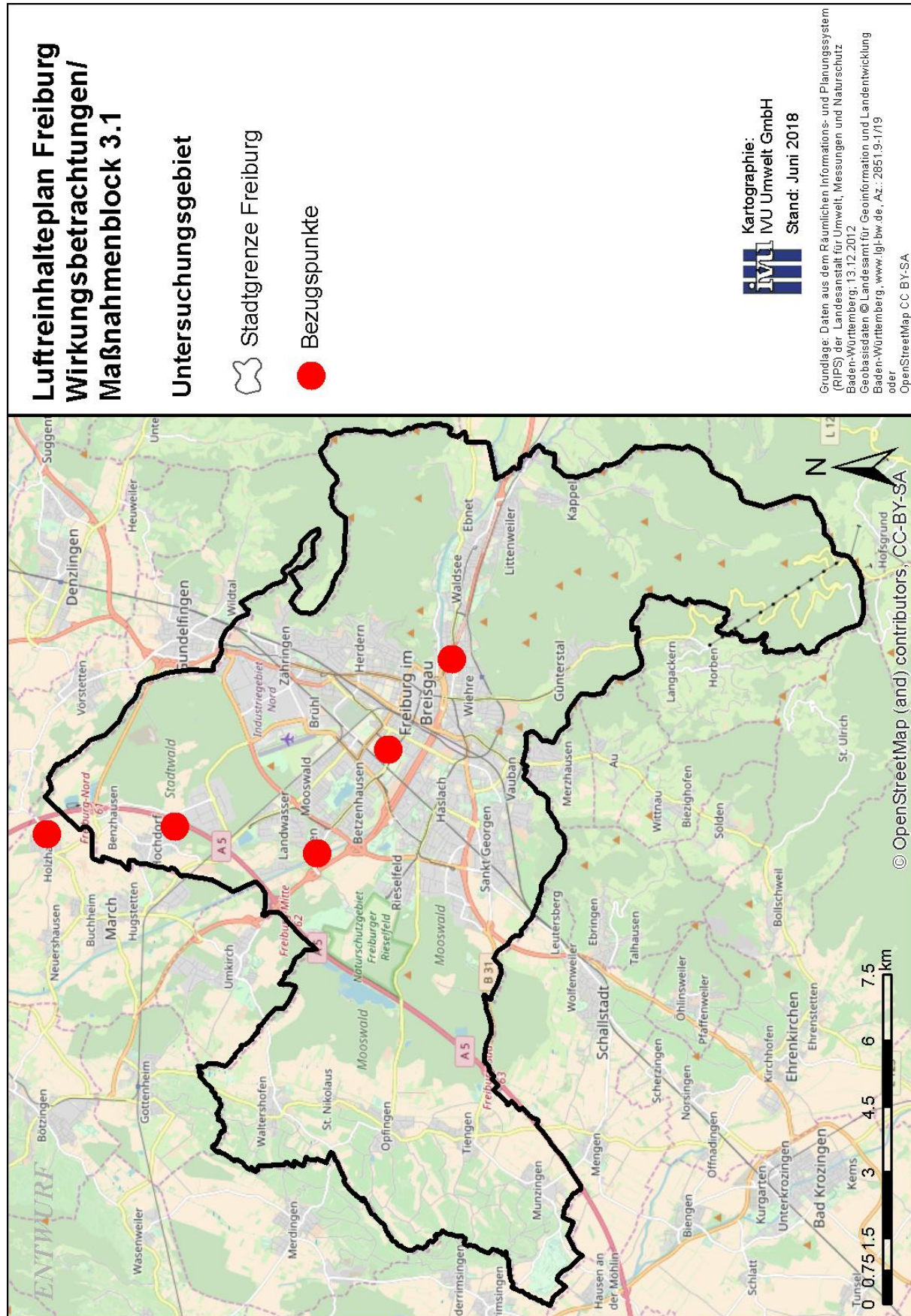
### 3.1 Untersuchungsgebiet und Bezugspunkte

Das in diesem Projekt betrachtete Gebiet umfasst das gesamte Stadtgebiet der Stadt Freiburg, wie es in Abbildung 3-1 dargestellt ist.

Wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, wird die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung für die bebauten Abschnitte des Hauptstraßennetzes mit dem Screeningverfahren berechnet.

Zusätzlich wurden die Wirkungen der Planfälle am Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße und am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg als auch an den zusätzlichen Bezugspunkten im Ortsteil March-Holzhausen (Mittelpunkt Nächstmaten 51), im Stadtteil Freiburg-Hochdorf (Mittelpunkt Anwesen Am Retzengraben 52A) sowie im Stadtteil Freiburg-Lehen (Mittelpunkt Anwesen Am Hirschgarten 19) untersucht. Die Bezugspunkte sind in Abbildung 3-1 kartographisch dargestellt.





**Abbildung 3-1: Untersuchungsgebiet mit Bezugspunkten**

### 3.2 Bezugsjahre

Die Bezugsjahre sowohl für die Nullfälle als auch die Planfälle sind die Prognosejahre 2018, 2020 und 2022. Dabei wird verkehrlich davon ausgegangen, dass 2018 noch die aktuelle Situation mit Baustelle Kronenbrücke besteht und ab 2020 die fertiggestellte Kronenbrücke für Verkehr und Stadtbahn freigegeben ist.

### 3.3 Geographische Grundlagendaten

Als geographische Grundlagen wurden die in Tabelle 3-1 aufgeführten Daten zur Verfügung gestellt und in der Untersuchung genutzt.

**Tabelle 3-1: Geographische Grundlagendaten für Freiburg**

| Beschreibung                                | Datentyp                                     | Quelle                              |
|---|--|-------------------------------------|
| Gelände                                     | GIS-Datensatz                                | Bereitstellung durch Stadt Freiburg |
| Gebäudemodell (LoD1)                        | GIS-Datensatz mit Gebäudeumrissen und -höhen | Bereitstellung durch Stadt Freiburg |
| Gebäudegeometrien aus ALKIS                 | GIS-Datensatz mit Einwohnerzahlen            | Bereitstellung durch Stadt Freiburg |
| Karten                                      | GIS-Dienst                                   | OpenStreetMap (OSM)                 |
| Digitales Straßennetz (Straßenkantenmodell) | GIS-Datensatz                                | Bereitstellung durch Stadt Freiburg |

### 3.4 Kfz-Verkehrsdaten

#### 3.4.1 Straßennetz

Grundlage für die Berechnung der netzbasierten Kfz-Emissionen (Emissionsnetz) war das für das Untersuchungsgebiet vom Verkehrsgutachter zur Verfügung gestellte grob georeferenzierte Straßennetz (R+T VERKEHRSPLANUNG, 2018). Aufgrund der für die Aufgabenstellung ungenügenden Lagegenauigkeit mussten händische Anpassungen an die genaue Lage vorgenommen werden. Dabei wurde ein lagegenaues sogenanntes Straßenkantenmodell verwendet, das von der Stadt Freiburg zur Verfügung gestellt wurde. Die Lageanpassung war grundlegende Voraussetzung für die Abschnittsbildung für das Screening, die in Abschnitt 3.5 beschrieben wird.

#### 3.4.2 Verkehrsbelastung der verschiedenen Kfz-Arten

Das gerichtete (aufgeteilt in Hin- und Rückrichtung) Straßennetz (siehe Abschnitt 3.4.1) wurde für zwei Fälle zur Verfügung gestellt. Das sind zum einen Verkehrsdaten für ein Netz mit der gesperrten Kronenbrücke für das Prognosejahr 2018 und zum anderen die Verkehrsdaten ab dem Prognosejahr 2020 für ein Netz mit fertiggestellter Kronenbrücke, die damit für Kfz-Verkehr und Stadtbahn freigegeben ist. Beide Verkehrsnetze enthielten Angaben zur Kfz-Gesamtbelastung und dem Anteil Schwerverkehr als werktäglichen Verkehr (DTVw). Für die Emissionsberechnung wird der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) verwendet. Die Umrechnung von DTVw in DTV erfolgte analog zu RAU ET. AL (2018) mit  $DTV_{PKW} = 0.97 \cdot DTVw$  und  $DTV_{Sikw} = 0.8 \cdot DTVw$ .



### 3.4.3 Flottenzusammensetzung

Für die Bestimmung der Kfz-Emissionen ist der dynamische Fahrzeugbestand ausschlaggebend, der als sogenannte Flottenzusammensetzung dem Emissionsmodell IMMIS<sup>em</sup> zur Verfügung gestellt werden kann. Die dazu notwendigen Informationen wurden für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 nach Vorgaben des Auftraggebers aus RAU ET. AL (2018) übernommen und sind in Tabelle 3-2 zusammengestellt.

**Tabelle 3-2: Flottenzusammensetzungen für PKW, leichte Nfz und schwere Lkw differenziert nach Schadstoffklasse für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 (Angaben in %)**

|             | Pkw   |       |       | Leichte Nfz |       |      | Schwere Lkw |       |      |
|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
|             | 2018  | 2020  | 2022  | 2018        | 2020  | 2022 | 2018        | 2020  | 2022 |
| Otto vor E1 | 0.6   | 0.5   | 0.4   | 0.3         | 0.1   | 0.1  |             |       |      |
| Otto E1     | 1.3   | 1.0   | 0.8   | 0.0         | 0.0   | 0.0  |             |       |      |
| Otto E2     | 2.4   | 1.8   | 1.4   | 0.1         | 0.0   | 0.0  |             |       |      |
| Otto E3     | 5.0   | 3.6   | 2.8   | 0.2         | 0.1   | 0.0  |             |       |      |
| Otto E4     | 16.5  | 12.9  | 10.0  | 1.0         | 0.7   | 0.4  |             |       |      |
| Otto E5     | 12.0  | 10.2  | 8.2   | 1.0         | 0.6   | 0.4  |             |       |      |
| Otto E6     | 12.8  | 19.1  | 24.6  | 2.1         | 2.6   | 2.8  |             |       |      |
| Ds vor E1   | 0.4   | 0.3   | 0.1   | 0.2         | 0.0   | 0.0  | 0.8         | 0.6   | 0.4  |
| Ds E1       | 0.2   | 0.2   | 0.1   | 0.1         | 0.0   | 0.0  | 0.4         | 0.3   | 0.2  |
| Ds E2       | 0.9   | 0.7   | 0.6   | 0.3         | 0.0   | 0.0  | 2.1         | 1.3   | 0.8  |
| Ds E3       | 3.8   | 3.0   | 2.3   | 3.5         | 1.1   | 0.3  | 6.0         | 3.8   | 2.4  |
| Ds E4       | 8.7   | 6.8   | 5.3   | 15.9        | 10.9  | 6.1  | 4.0         | 2.9   | 1.9  |
| Ds E5       | 19.4  | 15.1  | 11.1  | 47.5        | 32.0  | 20.1 | 28.1        | 19.4  | 13.6 |
| Ds E6       | 16.0  | 24.8  | 32.3  | 27.8        | 52.0  | 69.7 | 58.5        | 71.7  | 80.6 |
| Summe       | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0       | 100.1 | 99.9 | 99.9        | 100.0 | 99.9 |

### 3.4.4 Verkehrssituation

In den zur Verfügung gestellten Straßennetzen wurden abschnittsbezogenen Informationen zu Kapazitäten, Geschwindigkeiten und VISUM-Typen zur Verfügung gestellt, die zur Ableitung der Verkehrssituation nach HBEFA (INFRAS, 2017) verwendet wurden. Als weitere Datengrundlage wurde die, durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellte, abschnittsbezogene Verkehrssituation aus dem Emissionskataster der LUBW herangezogen. Die Daten zur Verkehrssituation wurden mit Ortskenntnissen plausibilisiert und teilweise angepasst.

Die Berechnung des Verkehrszustands (Level of Service) erfolgte auf Basis der Kapazitäten aus dem VISUM-Straßennetz. Die berechneten LOS-Verteilungen wurden auf Basis von Ortskenntnissen plausibilisiert und bei Bedarf die Kapazitäten entsprechend angepasst.

### 3.5 Abschnittsbildung für das Screening

Ziel der Abschnittsbildung für eine Screening-Untersuchung ist es, die für die Immissionsverhältnisse ungünstigsten Abschnitte zu identifizieren. Diese Bereiche sind durch stark reduzierte Austauschbedingungen der Straßenschlucht mit der Umgebung gekennzeichnet, die im Wesentlichen zunehmen, je höher und schmaler die Straßenschlucht ist. Weiter ist der Anteil der Bebauungslücken bzw. die Porosität maßgeblich.

Zur Berechnung der Zusatzbelastung im bebauten Straßenraum mit dem Screening-Modell IMMIS<sup>luft</sup> müssen als Eingangsdaten bebauungs- und verkehrshomogene, gerade Abschnitte vorliegen, die zusätzlich zu den Emissionsangaben die folgenden Attribute aufweisen müssen:

- Höhe der Randbebauung,
- Breite des Straßenraums (Abstand zwischen linker und rechter Randbebauung bzw. doppelter Bebauungsabstand bei einseitiger Bebauung) und
- Baulückenanteil (Porosität).

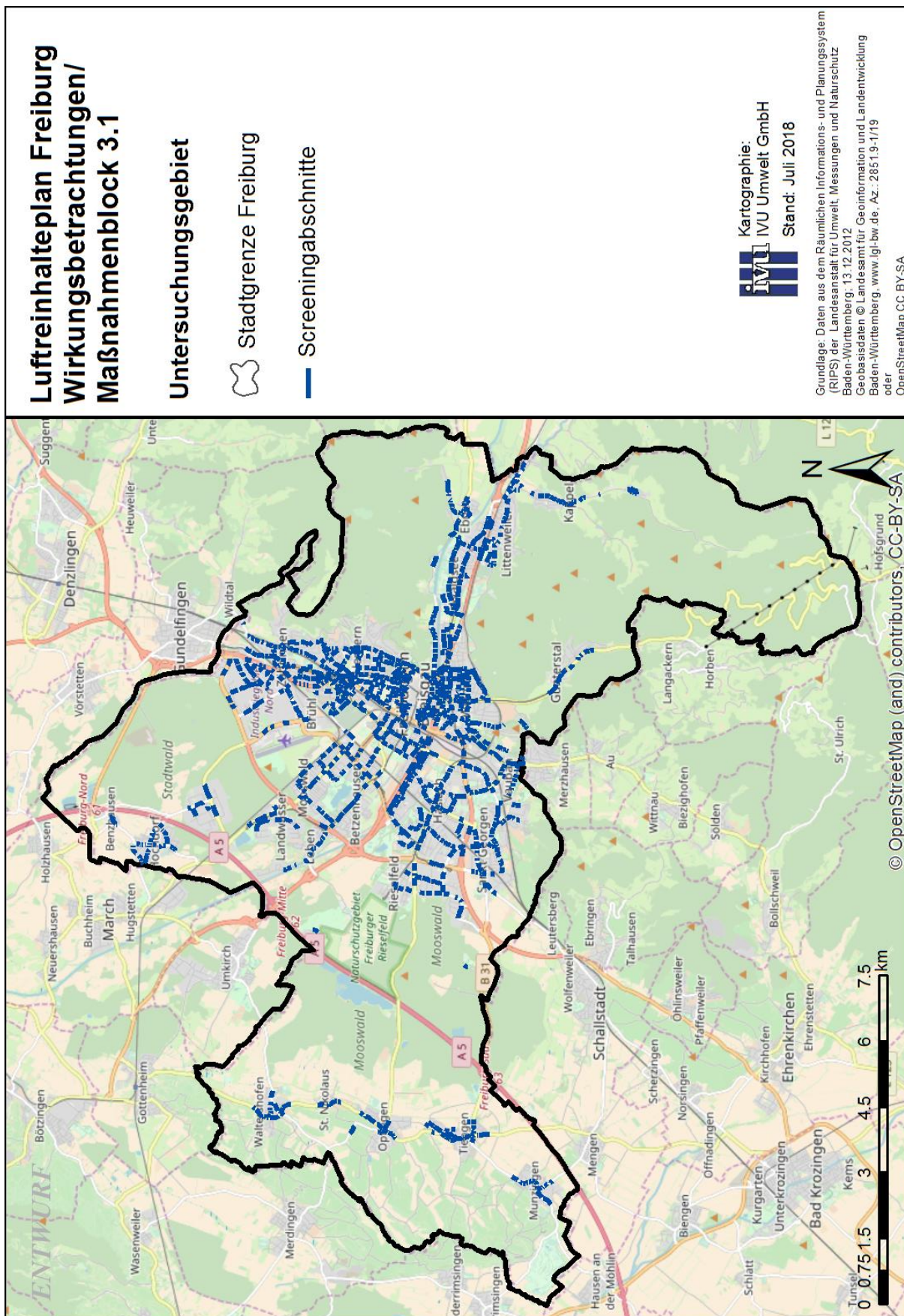
Zusätzlich müssen die Abschnitte für die Modellierung mindestens doppelt so lang wie breit sein (Längen-Breiten-Kriterium).

Zur Bildung von IMMIS<sup>luft</sup>-Abschnitten kann das halbautomatisches GIS-gestützte Verfahren IMMIS<sup>build</sup> (IVU UMWELT, 2012) eingesetzt werden. Dabei werden Bebauungsdaten (Bebauungshöhe, Bebauungsbreite und bebaute Länge) für Straßenteilabschnitte bestimmt (Teilabschnittserstellung).

Autobuild ist ein dem Verfahren IMMIS<sup>build</sup> nachgeschalteter Prozess. Dabei werden IMMIS<sup>build</sup>-Teilabschnitte zu größeren, IMMIS<sup>luft</sup>-konformen Abschnitten zusammengefasst. Dabei ergeben sich in der Bearbeitung bezüglich der Auswahl und der Anzahl der zu aggregierenden Teilabschnitte unterschiedliche mögliche Konfigurationen. Diese können durch eine „Vorab-Berechnung“ der Immissionssituation aller in Frage kommenden Kombinationen reduziert werden. Ziel des Verfahrens ist es, innerhalb einer verkehrshomogenen Strecke den Straßenabschnitt auszugeben, der bei normierten Emissionsbedingungen die höchste Zusatzkonzentration aufweist. Durch dieses Verfahren wird der Aggregationsschritt objektiviert.

Als Ergebnis der Abschnittsbildung wurden insgesamt 1'111 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 105 km gebildet, die in Abbildung 3-2 kartographisch dargestellt sind. Für diese Abschnitte werden mit dem Screeningmodell IMMIS<sup>luft</sup> NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert bestimmt und bei Überschreiten des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts Betroffene ermittelt.

Als zusätzliche Einflussgröße wird im HBEFA (INFRAS, 2017) die Längsneigung eines Straßenabschnitts berücksichtigt. Die Längsneigung wurde im Zuge der Abschnittsbildung auf der Grundlage eines digitalen Höhenmodells (s. Abschnitt 3.3) abschnittsbezogen ermittelt.



**Abbildung 3-2 Screeningabschnitte des Hauptstraßennetzes von Freiburg, für die mit IMMIS<sup>luft</sup> Immissionsbelastungen berechnet werden**



### 3.6 Vorbelastung

Zur Ermittlung der Gesamtbelastung für einen Screening-Abschnitt ist die Angabe einer NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Vorbelastung notwendig. Die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung für den Screening-Abschnitt am Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße wurde für 2018, 2020 und 2022 aus RAU ET AL. (2018) übernommen. Die räumliche Variation der Vorbelastung für alle weiteren Screening-Abschnitte wurde aus der landesweit vorliegenden Information zur Vorbelastung aus IVU UMWELT (2014) abgeleitet.

Die abschnittsbezogene NO<sub>x</sub>-Vorbelastung wurde aus der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung nach ROMBERG ET AL. (1996) berechnet. Für die zur Berechnung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts im Screening notwendige Ozon-Vorbelastung wurde auf Basis von Messungen ein Jahresmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet und für alle 3 Prognosejahre und Abschnitte angewendet. Die verwendeten Vorbelastungswerte für die Verkehrsmessstation sind in Tabelle 3-3 angegeben.

**Tabelle 3-3: Vorbelastungswerte für die Verkehrsmessstation**

| NO <sub>2</sub> Vorbelastung in [µg/m <sup>3</sup> ] |      |      |
|--|------|------|
| 2018   | 2020 | 2022 |
| 21.6   | 20.2 | 18.9 |

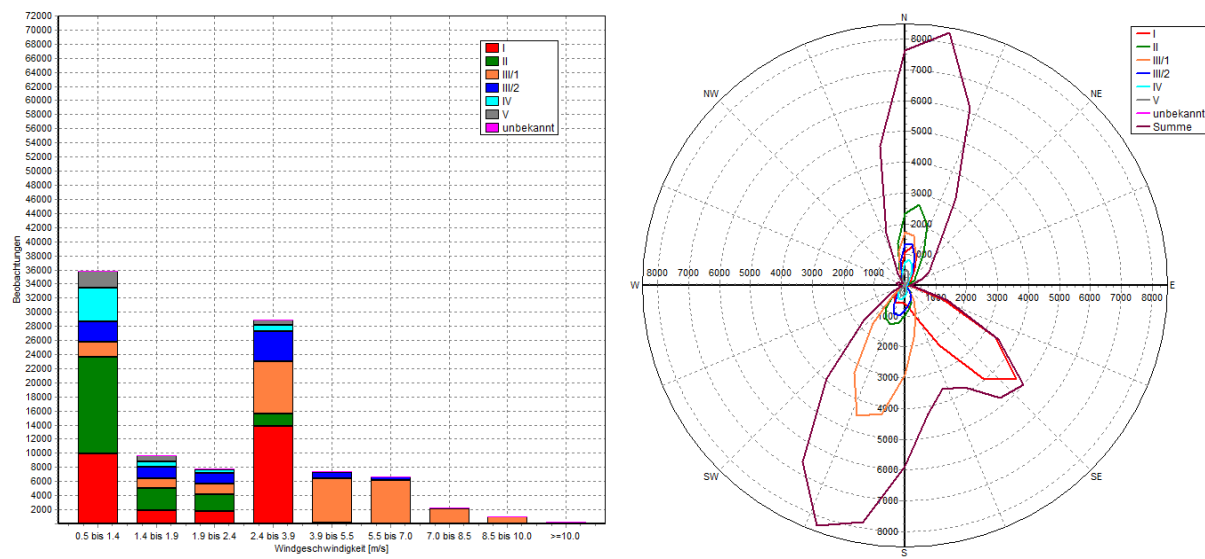
### 3.7 Meteorologie

Auf Grundlage der flächendeckend für Baden-Württemberg vorliegenden synthetischen Windstatistiken (LUBW, 2018) sind fünf repräsentative Statistiken (AKS) ausgewählt worden, die für verschiedene Bereiche des Stadtgebiets als Eingangsdaten im Screening und in der Regionalmodellierung verwendet wurden. Auf Anforderung wurden folgende synthetische AKS vom RP Freiburg zur Verfügung gestellt:

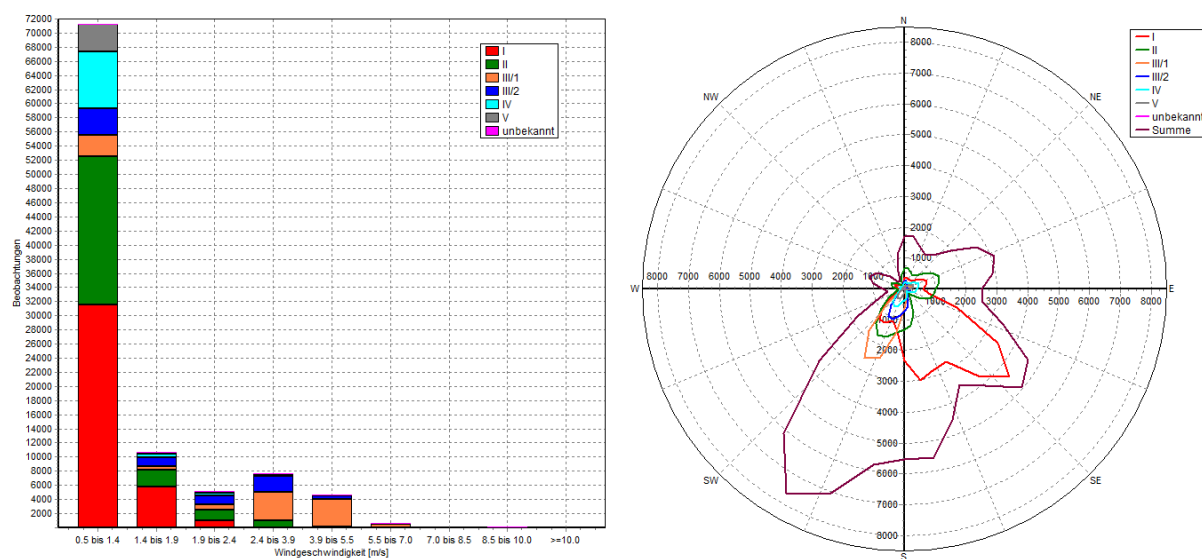
1. Für die Schwarzwaldstraße und das östliche Stadtgebiet bereits vorliegende AKS aus IVU UMWELT (2015) und analog verwendet in RAU ET AL. (2018).  
(Anlage: Abbildung 7-1)
2. Für Zähringen und nördliches Stadtgebiet:  
(Anlage: Abbildung 7-2)
3. Für Stühlinger und Stadtmitte:  
(Anlage: Abbildung 7-3)
4. Für Wiehre/St. Georgen und südliches Stadtgebiet:  
(Anlage: Abbildung 7-4)
5. Für Lehen, westliches Stadtgebiet und den Bezugspunkt an der A5:  
(Anlage: Abbildung 7-5)

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit und die Windrose der verwendeten AKS sind in Abbildung 3-3 bis Abbildung 3-7 dargestellt.

Für die Screeningberechnungen wurden die in den synthetischen AKS angegebene mittlere Windgeschwindigkeit als Windgeschwindigkeit im Überdachniveau verwendet. Für die Modellierung mit IMMIS<sup>net</sup> wurde die Anemometerhöhe mit Hilfe der mittleren Bodenrauigkeit aus den entsprechenden Angaben der synthetischen AKS ausgewählt. Dazu wurde die mittlere Bodenrauigkeit mit Hilfe von AUSTAL2000 (JANICKE, 2012) auf Basis des Bodenoberflächenkatasters des Corine Land Covers 2006 (EEA, 2007) bestimmt.



**Abbildung 3-3: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Lehen und westliches Stadtgebiet**



**Abbildung 3-4: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS im Gebiet Wiehre und St. Georgen**

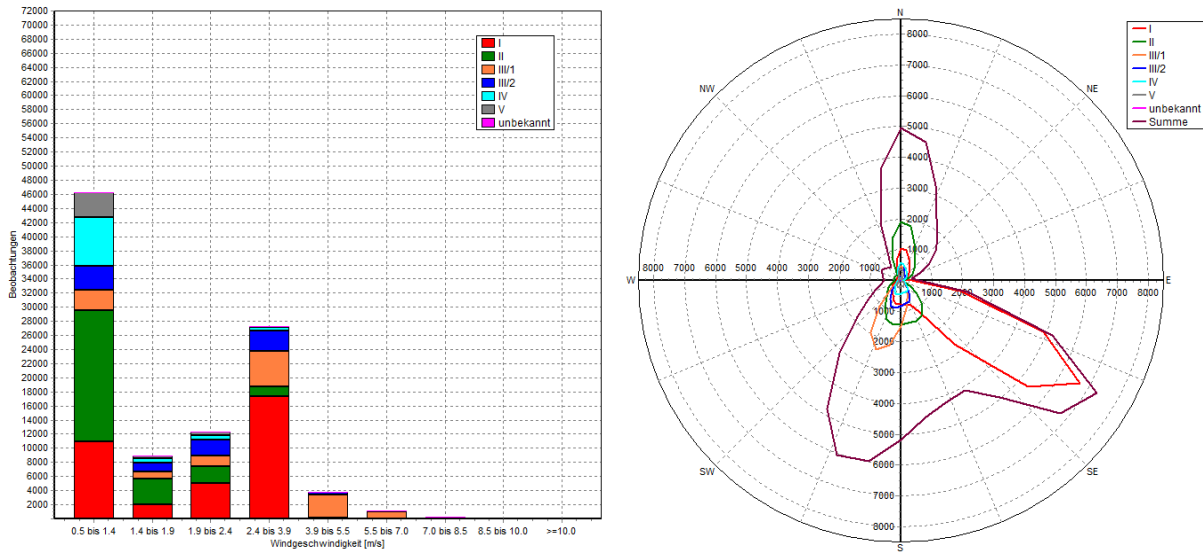


Abbildung 3-5: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Gebiet Stühlinger und Stadtmitte

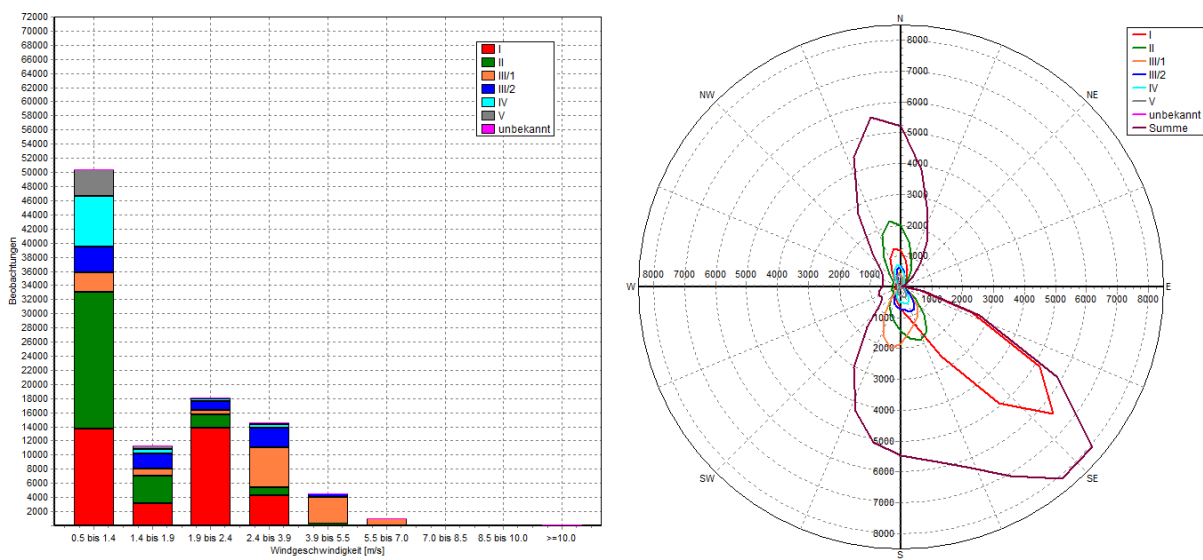
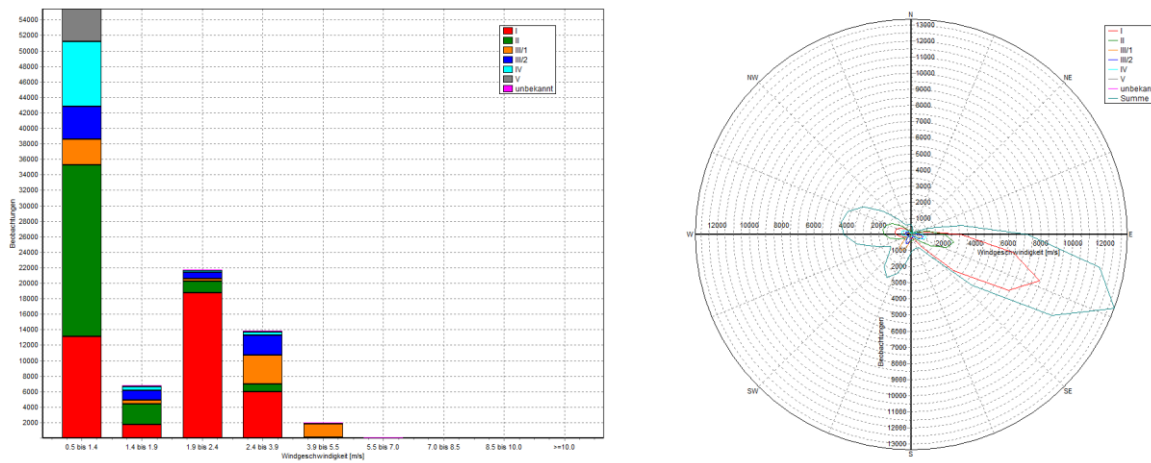


Abbildung 3-6: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS Gebiet Zähringen



**Abbildung 3-7: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung der AKS östliches Stadtgebiet**





## 4 Ergebnisse

### 4.1 Screening Nullfälle

Das Ergebnis der stadtweiten Screeningberechnungen für NO<sub>2</sub> für den Nullfall 2018 ist in Abbildung 4-1 kartographisch dargestellt. Eine Auswertung der Häufigkeit bzw. Länge von Abschnitten in bestimmten NO<sub>2</sub>-Konzentrationsklassen ist in Form von Histogrammen für die Nullfälle 2018, 2020 und 2022 in Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-7 angegeben.

Im Nullfall für 2018 werden durch das Screening 16 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 1'548 m mit einer potenziellen Grenzwertüberschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts ermittelt. Berücksichtigt man eine Fehlertoleranz für die Screeningergebnisse von 10 % kommen 28 Abschnitte mit einer Länge von 2.8 km und bei einer Fehlertoleranz von 20 % nochmal 37 Abschnitte mit einer Länge von 3.6 km hinzu.

Die Anzahl von potenziellen Überschreitungsfällen nimmt ohne Berücksichtigung von Fehlertoleranzen 2020 auf 9 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 902 m und 2022 auf 2 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 343 m ab. Eine Auflistung der berechneten Überschreitungsfälle findet sich in Abschnitt 4.1.1.

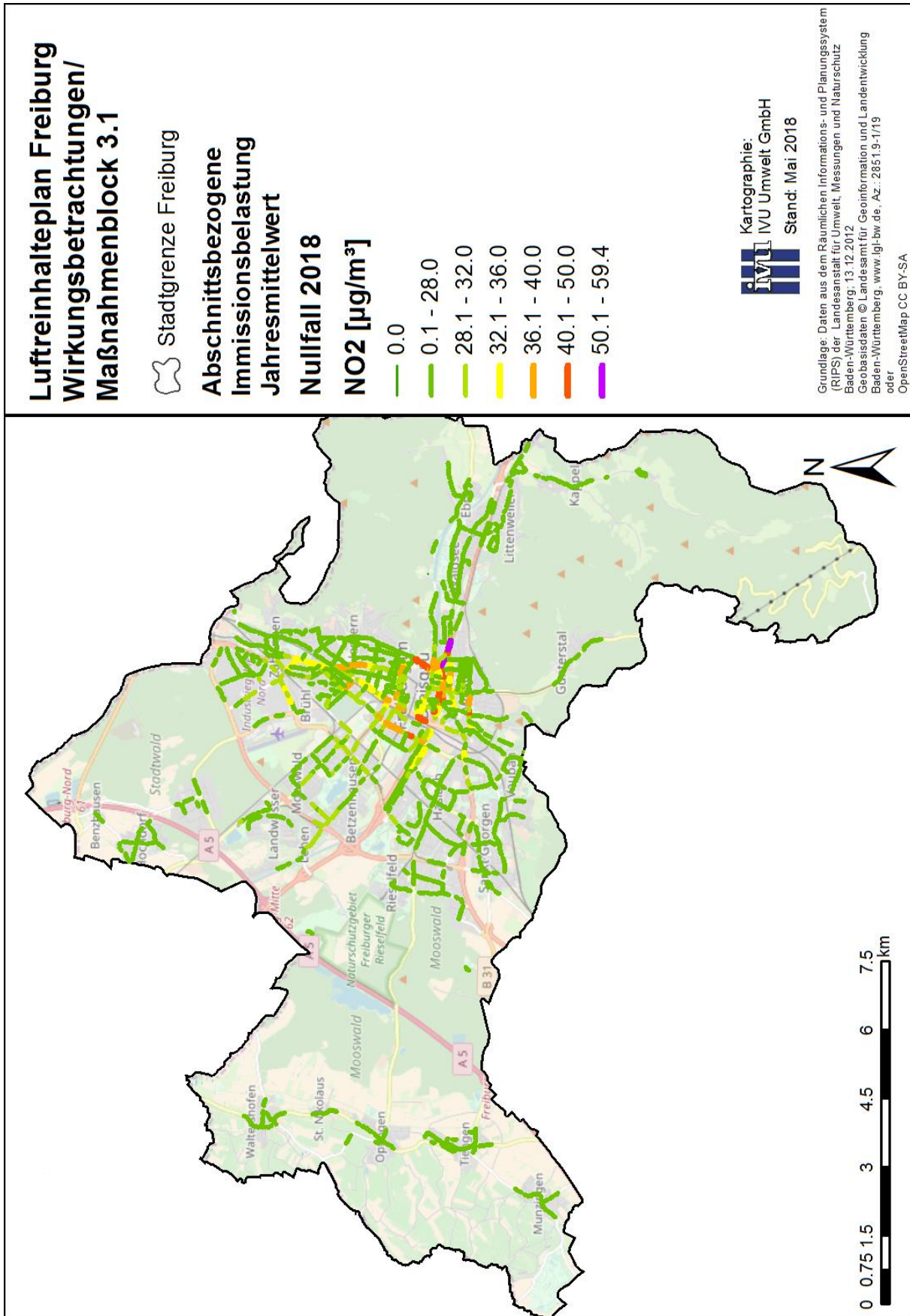


Abbildung 4-1 Modellierte NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung für den Nullfall 2018

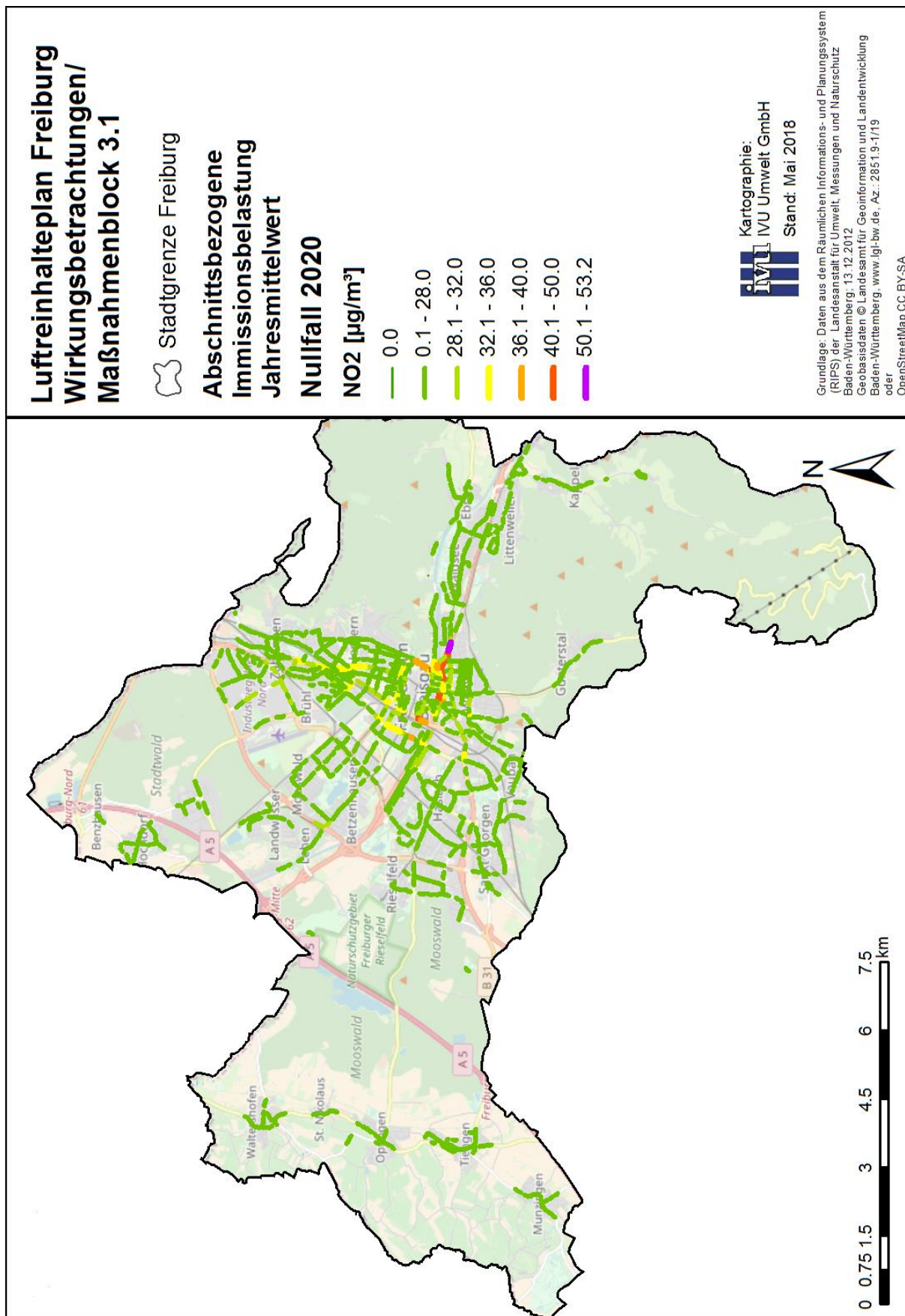


Abbildung 4-2 Modellierete NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung für den Nullfall 2020



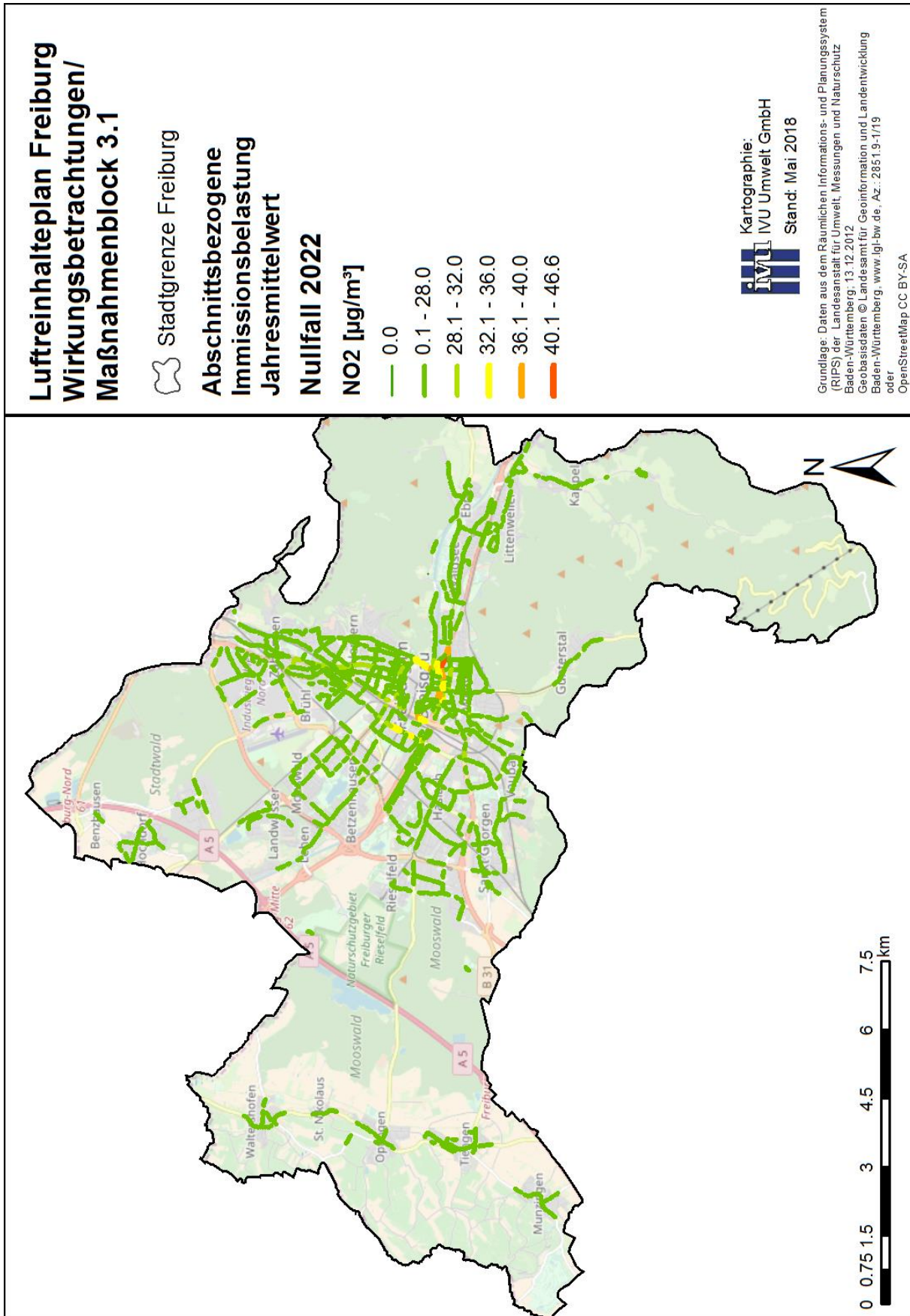
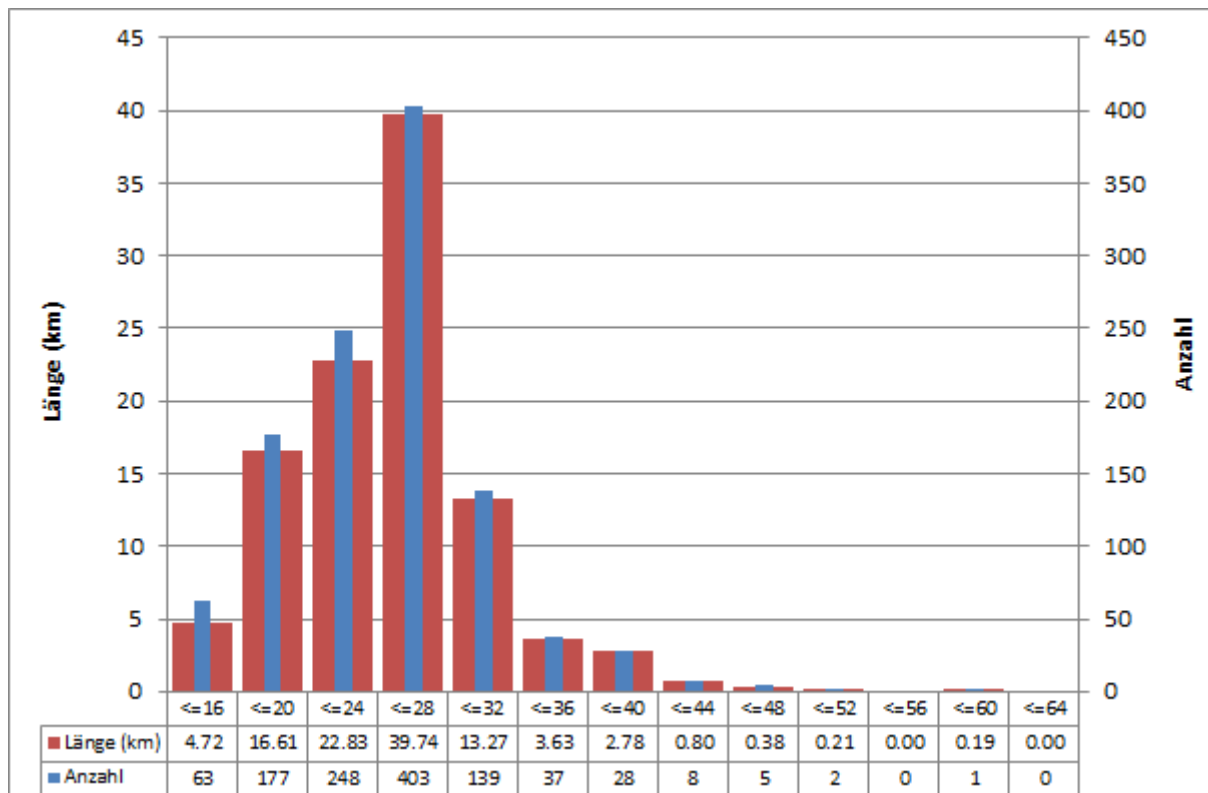
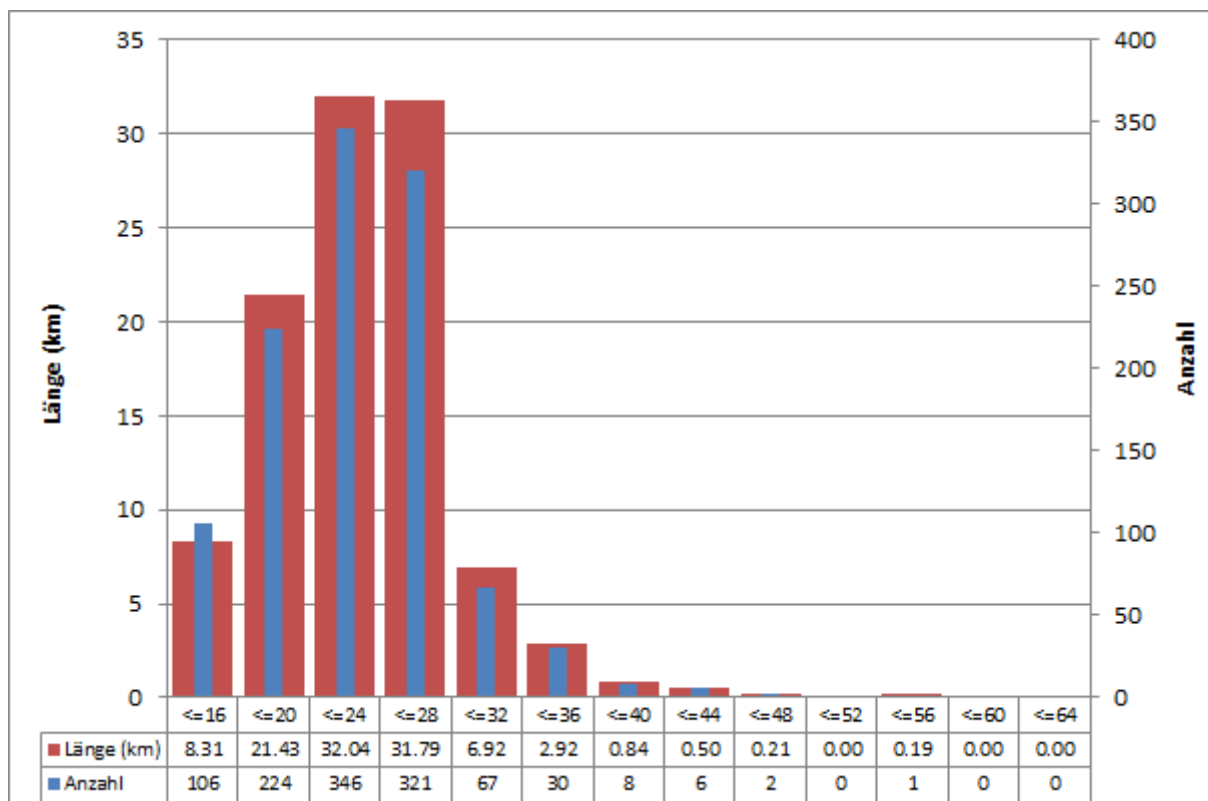


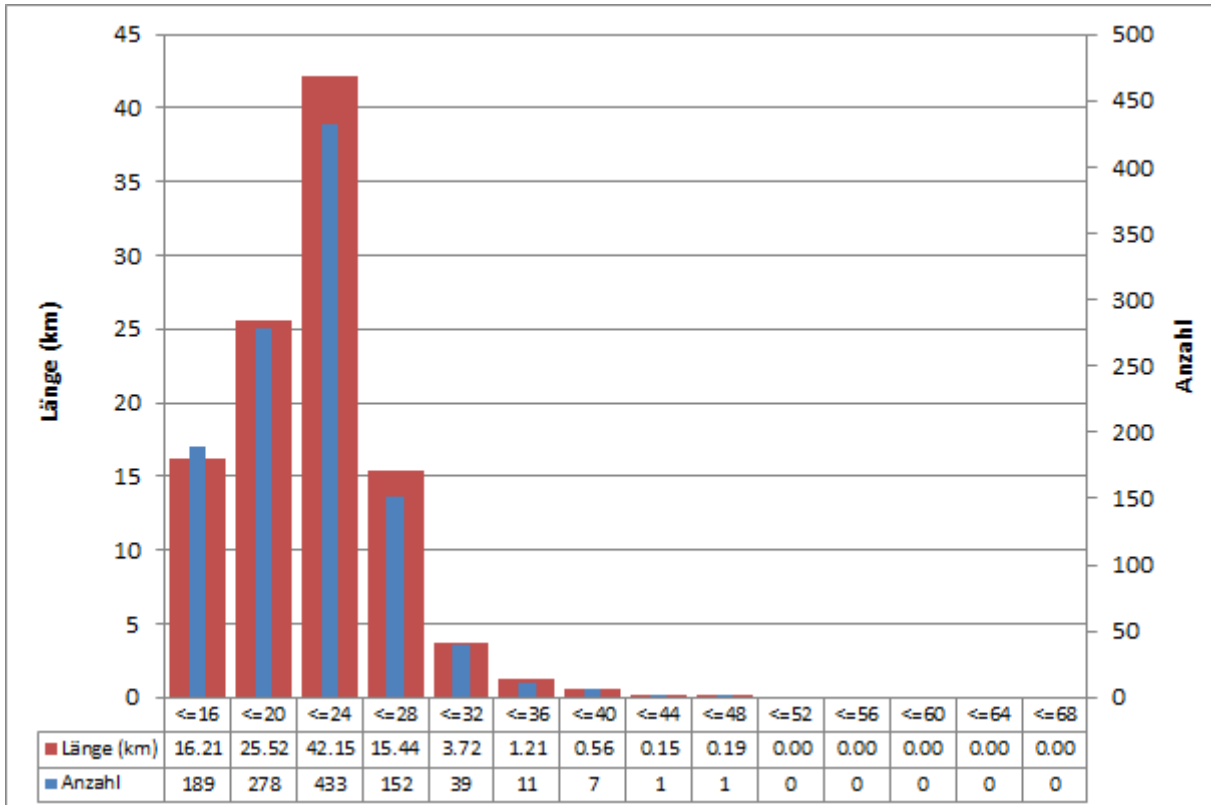
Abbildung 4-3 Modellierete NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung für den Nullfall 2022



**Abbildung 4-4** Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO<sub>2</sub> für den Nullfall 2018



**Abbildung 4-5** Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO<sub>2</sub> für den Nullfall 2020



**Abbildung 4-6** Histogramme der Anzahl bzw. Längen von Screeningabschnitten in Konzentrationsklassen für NO<sub>2</sub> für den Nullfall 2022

### 4.1.1 Überschreitung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung

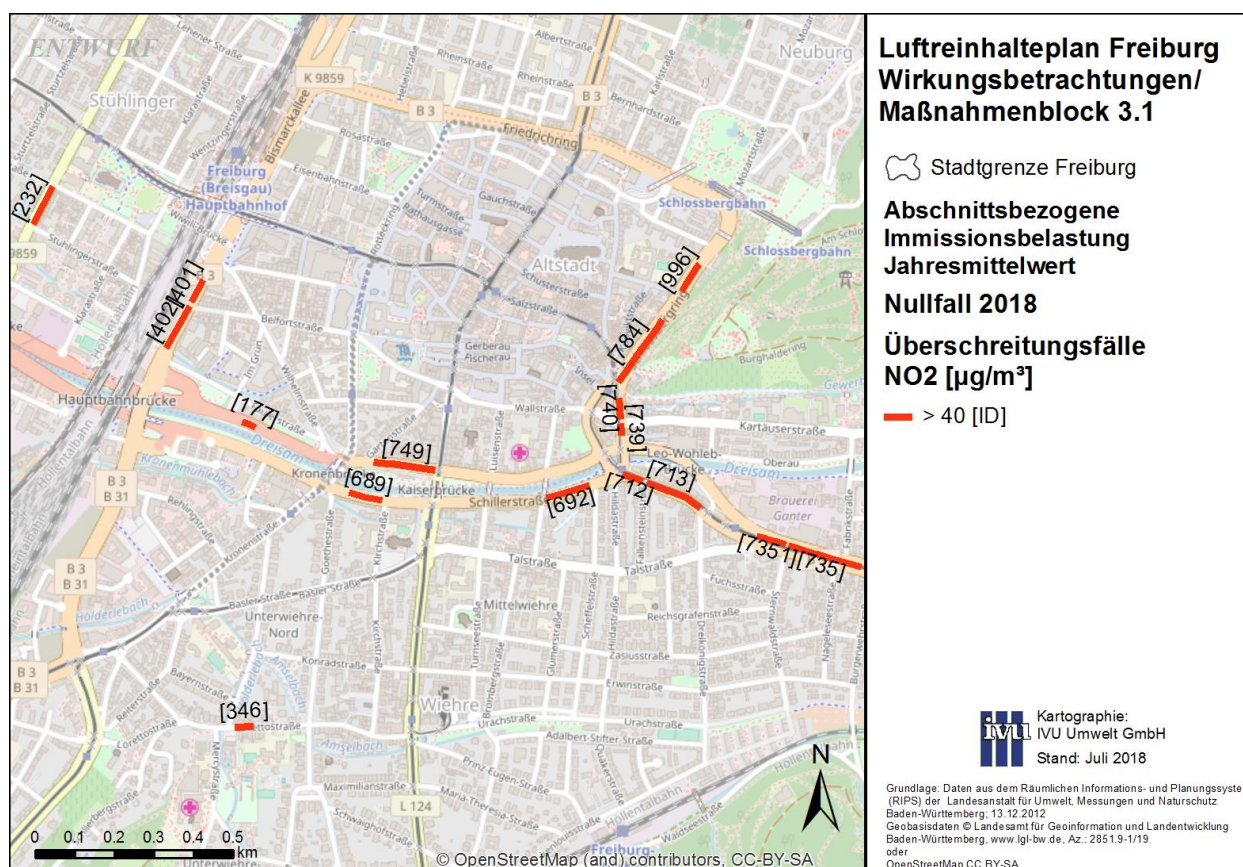
Für das Bezugsjahr 2018 wurden 16 Abschnitte ermittelt, für die eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes modelliert wurde. Diese Abschnitte sind mit ihrer ID und dem modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 in Tabelle 4-1 aufgeführt. Die Karte in Abbildung 4-7 erlaubt die geografische Zuordnung der Abschnitte an Hand der ID. Der Screeningabschnitt, der dem Ort der Messstation Schwarzwaldstraße zugeordnet ist (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), ist fett markiert.

Ursache der deutlichen Rückgänge der NO<sub>2</sub>-Belastungen und damit der Anzahl Überschreitungen von 2018 nach 2020 und 2022 ist die angenommene Flottenerneuerung (Abschnitt 3.4.3) und die durch das HBEFA (INFRAS, 2017) prognostizierte Emissionsminderung neuerer Abgaskonzepte wie Euro 6 für Pkw und Euro VI für Nutzfahrzeuge.

Nach diesen Prognoseberechnungen verbleiben 2022 in Freiburg nur noch zwei Abschnitte der Schwarzwaldstraße mit potenziellen NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen.

**Tabelle 4-1: Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittel-Grenzwertes in den Nullfällen**

| ID          | Nullfall NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |             |             |
|-------------|---|-------------|-------------|
|             | 2018  | 2020        | 2022        |
| 177         | 42.5  | 34.0        | 31.1        |
| 232         | 40.8  | 37.3        | 33.6        |
| 346         | 40.8  | 33.4        | 29.8        |
| 401         | 48.4  | 41.6        | 37.1        |
| 402         | 43.0  | 37.4        | 33.6        |
| 689         | 42.2  | 39.4        | 35.0        |
| 692         | 41.9  | 41.6        | 36.6        |
| 712         | 47.2  | 44.2        | 38.9        |
| 713         | 50.2  | 47.1        | 41.4        |
| 735         | 59.4  | 53.2        | 46.6        |
| 739         | 45.6  | 41.8        | 36.9        |
| 740         | 44.6  | 41.0        | 36.1        |
| 749         | 44.0  | 42.9        | 38.4        |
| 784         | 42.6  | 38.9        | 34.5        |
| 996         | 42.7  | 39.0        | 34.7        |
| <b>7351</b> | <b>47.7</b>   | <b>42.8</b> | <b>37.7</b> |



**Abbildung 4-7 Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes im Nullfall 2018**



### 4.1.2 Notwendige DTV-Reduktion

Für den Screeningabschnitt, der dem Ort der Messstation Schwarzwalstraße zugeordnet ist (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), wurden die DTV-Werte ermittelt, für die in den jeweiligen Bezugsjahren 2018 bis 2020 eine Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwertes mit dem Screeningmodell berechnet wird. Für eine Vergleichbarkeit der Ausgangssituation wurde das Ergebnis des Screeningmodells für diesen Abschnitt im Nullfall 2018 auf das Ergebnis im Bestandsfall 2018 aus RAU ET. AL (2018) angepasst. Für die drei Bezugsjahre wurde jeweils nur eine veränderte Kfz-Flotte angenommen, wobei die Flotte für 2019 aus den Flottendaten nach Abschnitt 3.4.3 aus den Daten für 2018 und 2020 interpoliert wurde. Die Vorbelastung wurde bei dieser Abschätzung auf dem Stand von 2018 beibehalten.

Für die zur Einhaltung notwendigen DTV-Reduktion wurden zwei Betrachtungen angestellt. Zum einen wurde der DTV-Wert ermittelt, bei dem der berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert 40.4 µg/m<sup>3</sup> beträgt (Schwellenwert 1), und zum anderen der, bei dem der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert 40.0 µg/m<sup>3</sup> beträgt (Schwellenwert 2). Für beide Betrachtungen wurde zum einen berücksichtigt, wie sich nach dem Kapazitätsmodell von IMMIS<sup>em</sup> die Verkehrsqualität (LOS) durch eine Reduktion der Verkehrsstärke verbessert (LOS variabel), und zum anderen, dass die Verkehrsqualität auch bei einer Verringerung des DTV unverändert bleibt (LOS fix). Bei der Ermittlung der Schwellenwerte wurden die DTV-Werte in Schritten von 100 Kfz/Tag variiert. Ausgangswert der Betrachtung war ein DTV-Wert von gerundet 54'600 Kfz/Tag aus dem Nullfall 2018.

Je nach Bezugsjahr, Einfluss des Verkehrszustands und Bezugsgröße (Schwellenwert) muss die Verkehrsstärke zum Teil deutlich reduziert werden. So beträgt die notwendige Reduktion des DTV in 2018 zwischen 17'900 Kfz/Tag und 11'400 Kfz/Tag. 2020 wäre noch eine Reduktion zwischen 11'600 Kfz/Tag und 6'800 Kfz/Tag erforderlich.

**Tabelle 4-2: Schwellenwerte und notwendige Reduktionen für den DTV zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwerts nach Screeningberechnungen ausgehend vom Nullfall 2018 unter Berücksichtigung der Kfz-Flotten für 2018, 2019 und 2020**

| Bezugsjahr | Schwellenwert 1 / Reduktion DTV in Kfz/Tag |                 | Schwellenwert 2 / Reduktion DTV in Kfz/Tag |                 |
|------------|--|-----------------|--|-----------------|
|            | LOS variabel                               | LOS fix         | LOS variabel                               | LOS fix         |
| 2018       | 43'200 / 11'400                            | 37'500 / 17'100 | 42'200 / 12'400                            | 36'700 / 17'900 |
| 2019       | 45'500 / 9'100                             | 40'500 / 14'100 | 45'100 / 9'500                             | 39'400 / 15'200 |
| 2020       | 47'800 / 6'800                             | 44'100 / 10'500 | 46'800 / 7'800                             | 43'000 / 11'600 |



## 4.2 Planfall 1 „Blaue Umweltzone“

### 4.2.1 Variantenbeschreibung

Im Planfall 1 „Blaue Umweltzone“ wurde in Variante 1 die Wirkung der Einführung einer „Blauen Umweltzone“ in der Ausdehnung der bestehenden Umweltzone Freiburg (ohne B31) auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen und auf den Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Immission untersucht. Dabei wurde angesetzt, dass auf den Abschnitten der B31<sup>4</sup>, die außerhalb dieser Zone liegen, die Vorgaben zur Variante 1 des Planfalls 1 (Abschnitt 4.2.3) für die Anteile der Kfz-Flotte für den Quell-/Ziel- und den Binnenverkehr gelten.

In Variante 2 „Blaue Umweltzone mit 20 % Ausnahmen“ wurde zudem die Wirkung auf die Immissionen auch unter Berücksichtigung einer Ausnahmekonzeption entsprechend RP STUTTGART (2017) ermittelt. Nach telefonischer Rücksprache mit der dort tätigen Gutachterin Frau Schneider (AVISO) wurde bei den entsprechenden Berechnungen ein Anteil von 20 % der von der „Blauen Umweltzone“ betroffenen Fahrzeuge als Ausnahme berücksichtigt, für die die Einfahrt weiterhin möglich ist. Diese Annahmen wurden auch in der vorliegenden Berechnung übernommen.

In Ergänzung zur Leistungsbeschreibung wurde für die „Blaue Umweltzone“ eine weitere Variante 3 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ berechnet, für die bei den Diesel-Kfz nur Euro 4/Euro IV und älter ausgeschlossen werden und Euro 5/Euro V weiterhin uneingeschränkt fahren dürfen. Bei der Flotte der Benzin-Kfz gelten die in Abschnitt 4.2.3 beschriebenen Vorgaben unverändert. Wie bei der Variante 2 „Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen“ wurde ein Anteil von 20% der von der „Blauen Umweltzone“ betroffenen Fahrzeuge als Ausnahme berücksichtigt, für die die Einfahrt weiterhin möglich ist.

Da davon auszugehen ist, dass die „Blaue Umweltzone“ frühestens am 01.01.2019 eingeführt wird, wurden die Untersuchungen für den Planfall 1 mit den drei Varianten „Blaue Umweltzone“, „Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen“ und „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ für die Prognosejahre 2020 und 2022 durchgeführt.

### 4.2.2 Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs auf der B31

Grundlage zur Bestimmung der Anteile der Kfz-Flotte für den Quell-/Ziel- und den Binnenverkehr ist die Auswertung aus dem Gutachten RAU ET. AL. (2018), wo in Kapitel 3.2.4 in Abb. 3-4 die Verkehrsstärken für einen Ausschnitt des Verkehrsnetzes getrennt nach Binnenverkehr, Quell-/Ziel und Durchgangsverkehr dargestellt werden. Für die weitere Auswertung werden die dort angegebenen Querschnittswerte auf Höhe der Verkehrsmessstation Freiburg-Schwarzwaldstraße verwendet (Tabelle 4-3). Anzumerken ist hierbei, dass die Summe der einzelnen Quellarten nicht mit der angegebenen Zahl unter „Gesamt“ übereinstimmt; summiert über den Querschnitt fehlen 700 Kfz/24h, was einem Anteil von 1.2 % an der Summe entspricht.

Als Anteil des Durchgangsverkehrs wurde damit ein Wert von 11.3 % ermittelt.

---

<sup>4</sup> Das betrifft Abschnitte der B31 von der Abfahrt Besançonallee bis zum östlichen Stadtausgang Richtung Kirchzarten.

**Tabelle 4-3: Verkehrsstärken auf Höhe der Verkehrsmessstation unterschieden nach Quellart aus RAU ET. AL. (2018) mit berechnetem Anteil am Durchgangsverkehr (fett)**

| Fahrtrichtung       | Kfz/24h |        |             | Anteil       |
|---------------------|---------|--------|-------------|--------------|
|                     | West    | Ost    | Querschnitt | an Gesamt    |
| Gesamt <sup>5</sup> | 28'100  | 28'300 | 56'400      | 100.0%       |
| Binnenverkehr       | 8'000   | 7'600  | 15'600      | 27.7%        |
| Quell-/Zielverkehr  | 16'500  | 17'200 | 33'700      | 59.8%        |
| Durchgangsverkehr   | 3'300   | 3'100  | 6'400       | <b>11.3%</b> |

Für eine Differenzierung des Anteils des Durchgangsverkehrs nach den einzelnen Fahrzeugarten wurden die Verkehrszahlen (R+T VERKEHRSPLANUNG, 2018), die in diesem Gutachten den Screeningberechnungen für den Nullfall 2018 zu Grunde lagen, verwendet. Ausgewertet wurden dazu die Verkehrsdaten des Screeningabschnitts, der der Verkehrsmessstation Freiburg-Schwarzwaldstraße zugeordnet ist. Die Daten sind in Tabelle 4-4 in den Spalten „Verkehr aus Nullfall 2018“ aufgeführt. In den beiden Spalten zum Durchgangsverkehr ist in der Spalte „Anteil an der Fahrzeugart im DTV“ mit 11.3 % der ermittelte Anteilswert aus Tabelle 4-3 übernommen worden (kursiv hervorgehoben), und in Spalte Kfz/24h die Anzahl der Fahrzeuge des Durchgangsverkehrs bezogen auf den DTV (gesamt) daraus berechnet worden. Nach Vorgaben des Auftraggebers beträgt der Durchgangsverkehr beim Schwerlastverkehr (SLkw) 2'000 Kfz/24h (kursiv hervorgehoben). Mit diesem Wert ergibt sich bezogen auf die 3'710 SLkw aus dem Nullfall 2018 (Spalte 2 in Tabelle 4-4) ein Anteil des Durchgangsverkehrs am Schwerlastverkehr von 53.9 %. Für die leichten Nutzfahrzeuge (LNfz) und PKW wurde die Differenz aus Durchgangsverkehr (DTV gesamt) und den 2'000 Kfz/24 für SLkw entsprechend der Aufteilung im Nullfall 2018 auf den Binnenverkehr verteilt.

**Tabelle 4-4: Verkehrsstärken bzw. Anteile am DTV für den Screeningabschnitt, der der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße zugeordnet ist, mit abgeleiteten Anteilen für den Durchgangsverkehr differenziert nach Fahrzeugart**

| Querschnittsdaten | Verkehr aus Nullfall 2018 |                | Durchgangsverkehr |                                  |
|-------------------|---------------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|
|                   | Kfz/24h                   | Anteile am DTV | Kfz/24h           | Anteil an der Fahrzeugart im DTV |
| DTV gesamt        | 54'566                    |                | 6'192             | <i>11.3%</i>                     |
| SLkw              | 3'710                     | 6.8%           | <i>2'000</i>      | <b>53.9%</b>                     |
| LNfz              | 3'274                     | 6.0%           | 288               | <b>8.8%</b>                      |
| PKW               | 47'582                    | 87.2%          | 3'903             | <b>8.2%</b>                      |

#### 4.2.3 Flottenzusammensetzung im Planfall 1

Für die Berechnungen des Planfalls 1 mit den drei Varianten wurden nur Verschiebungen in den Flottenzusammensetzungen für 2020 und 2022 im Gebiet der Zonenregelung und auf der B31 und keine Änderungen im Verkehrsaufkommen angenommen.

Analog zum RP STUTTGART (2017) wurde folgenden Fahrzeuge die Einfahrt in die Zone erlaubt: *„alle Kraftfahrzeuge mit Antrieb ohne Verbrennungsmotor (z. B. Elektro- und*

<sup>5</sup> Gesamt: in Abb. 3-4 in Rau et. al. (2018) als Kfz/24h bezeichnet

*Brennstoffzellenfahrzeuge), alle Kraftfahrzeuge mit Ottomotoren (benzin- und gasgetriebene Fahrzeuge), die mindestens der Schadstoffklasse Euro 3 / III genügen, und alle Dieselfahrzeuge der Schadstoffklasse Euro 6 / VI“.*

Für die in Tabelle 4-4 in der Spalte „Anteil an der Fahrzeugart im DTV“ für den Durchgangsverkehr angegebenen Anteilsszahlen je Fahrzeugart wird in der Ableitung der Kfz-Flotten angenommen, dass die Flotte unverändert aus den Angaben zur Flottenzusammensetzung nach RAU ET. AL. (2018) (siehe Tabelle 3-2) beibehalten wird und die restlichen Anteile entsprechend der Verbote angepasst werden.

Aufbauend auf den Basisflotten aus RAU ET AL. (2018) (siehe Tabelle 3-2) wurden folgende Flotten für die Berechnungen der Wirkung der „Blauen Umweltzone“ für die Bezugsjahre 2020 und 2022 abgeleitet, die in Tabelle 4-5 (Pkw/leichte Nfz) und Tabelle 4-6 (schwere Nfz) der Basisflotte 2020 und in Tabelle 4-7 (Pkw/leichte Nfz) und Tabelle 4-8 (schwere Nfz) der Basisflotte 2022 gegenübergestellt sind.

Die farbliche Kodierung der Liste korrespondiert mit der farblichen Kodierung in den nachfolgenden Tabellen Tabelle 4-5, Tabelle 4-6, Tabelle 4-7 und Tabelle 4-8:

- **Blaue Umweltzone (BU)**
- **B31 unter Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs (B31)**
- **Bereich der blauen Umweltzone mit 20% Ausnahmen (BU 20%)**
- **B31 unter Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs mit 20% Ausnahmen (B31 20%)**
- **Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV in der Umweltzone mit 20% Ausnahmen (FV E4 20%)**
- **Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV auf der B31 unter Berücksichtigung des Quell-/Ziel- und Binnenverkehrs mit 20% Ausnahmen (FV E4 B31 20%)**

**Tabelle 4-5: Flottenzusammensetzungen für PKW und leichte Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2020 (Angaben in %)**

|             | Pkw              |      |      |        |         |           |                | Leichte Nfz      |      |      |        |         |           |                |
|-------------|------------------|------|------|--------|---------|-----------|----------------|------------------|------|------|--------|---------|-----------|----------------|
|             | Basisflotte 2020 | BU   | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% | Basisflotte 2020 | BU   | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% |
| Otto vor E1 | 0.5              | 0.0  | 0.0  | 0.1    | 0.1     | 0.1       | 0.1            | 0.1              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E1     | 1.0              | 0.0  | 0.1  | 0.2    | 0.3     | 0.2       | 0.3            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E2     | 1.8              | 0.0  | 0.1  | 0.4    | 0.5     | 0.4       | 0.5            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E3     | 3.6              | 5.1  | 5.0  | 4.8    | 4.7     | 4.1       | 4.0            | 0.1              | 0.2  | 0.2  | 0.2    | 0.2     | 0.1       | 0.1            |
| Otto E4     | 12.9             | 18.3 | 17.8 | 17.2   | 16.8    | 14.6      | 14.5           | 0.7              | 1.3  | 1.2  | 1.1    | 1.1     | 0.8       | 0.8            |
| Otto E5     | 10.2             | 14.4 | 14.1 | 13.6   | 13.3    | 11.6      | 11.4           | 0.6              | 1.1  | 1.0  | 1.0    | 0.9     | 0.7       | 0.7            |
| Otto E6     | 19.1             | 27.1 | 26.4 | 25.5   | 24.9    | 21.6      | 21.4           | 2.6              | 4.6  | 4.5  | 4.2    | 4.1     | 2.9       | 2.9            |
| Ds vor E1   | 0.3              | 0.0  | 0.0  | 0.1    | 0.1     | 0.1       | 0.1            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E1       | 0.2              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.1     | 0.0       | 0.1            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E2       | 0.7              | 0.0  | 0.1  | 0.1    | 0.2     | 0.1       | 0.2            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E3       | 3.0              | 0.0  | 0.2  | 0.6    | 0.8     | 0.6       | 0.8            | 1.1              | 0.0  | 0.1  | 0.2    | 0.3     | 0.2       | 0.3            |
| Ds E4       | 6.8              | 0.0  | 0.6  | 1.4    | 1.8     | 1.4       | 1.8            | 10.9             | 0.0  | 1.0  | 2.2    | 2.9     | 2.2       | 2.9            |
| Ds E5       | 15.1             | 0.0  | 1.2  | 3.0    | 4.0     | 17.1      | 17.0           | 32.0             | 0.0  | 2.8  | 6.4    | 8.7     | 35.5      | 35.2           |
| Ds E6       | 24.8             | 35.1 | 34.3 | 33.1   | 32.4    | 28.1      | 27.8           | 52.0             | 92.9 | 89.2 | 84.7   | 81.8    | 57.7      | 57.2           |

**Tabelle 4-6: Flottenzusammensetzungen für schwere Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2020 (Angaben in %)**

| Schwere Nfz | Basisflotte 2020 | BU    | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% |
|-------------|------------------|-------|------|--------|---------|-----------|----------------|
| Ds vor E1   | 0.6              | 0.0   | 0.3  | 0.1    | 0.4     | 0.1       | 0.4            |
| Ds E1       | 0.3              | 0.0   | 0.2  | 0.1    | 0.2     | 0.1       | 0.2            |
| Ds E2       | 1.3              | 0.0   | 0.7  | 0.3    | 0.8     | 0.3       | 0.8            |
| Ds E3       | 3.8              | 0.0   | 2.0  | 0.8    | 2.4     | 0.8       | 2.4            |
| Ds E4       | 2.9              | 0.0   | 1.6  | 0.6    | 1.8     | 0.6       | 1.8            |
| Ds E5       | 19.4             | 0.0   | 10.5 | 3.9    | 12.2    | 20.9      | 20.1           |
| Ds E6       | 71.7             | 100.0 | 84.7 | 94.3   | 82.1    | 77.3      | 74.3           |

**Tabelle 4-7: Flottenzusammensetzungen für PKW und leichte Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2022 (Angaben in %)**

|             | Pkw              |      |      |        |         |           |                | Leichte Nfz      |      |      |        |         |           |                |
|-------------|------------------|------|------|--------|---------|-----------|----------------|------------------|------|------|--------|---------|-----------|----------------|
|             | Basisflotte 2022 | BU   | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% | Basisflotte 2022 | BU   | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% |
| Otto vor E1 | 0.4              | 0.0  | 0.0  | 0.1    | 0.1     | 0.1       | 0.1            | 0.1              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E1     | 0.8              | 0.0  | 0.1  | 0.2    | 0.2     | 0.2       | 0.2            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E2     | 1.4              | 0.0  | 0.1  | 0.3    | 0.4     | 0.3       | 0.4            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E3     | 2.8              | 3.6  | 3.5  | 3.4    | 3.4     | 3.1       | 3.1            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Otto E4     | 10.0             | 12.8 | 12.6 | 12.3   | 12.1    | 11.0      | 10.9           | 0.4              | 0.5  | 0.5  | 0.5    | 0.5     | 0.4       | 0.4            |
| Otto E5     | 8.2              | 10.5 | 10.3 | 10.1   | 9.9     | 9.0       | 8.9            | 0.4              | 0.5  | 0.5  | 0.5    | 0.5     | 0.4       | 0.4            |
| Otto E6     | 24.6             | 31.6 | 31.0 | 30.2   | 29.7    | 27.0      | 26.8           | 2.8              | 3.8  | 3.7  | 3.6    | 3.5     | 3.0       | 2.9            |
| Ds vor E1   | 0.1              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E1       | 0.1              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E2       | 0.6              | 0.0  | 0.0  | 0.1    | 0.2     | 0.1       | 0.2            | 0.0              | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0            |
| Ds E3       | 2.3              | 0.0  | 0.2  | 0.5    | 0.6     | 0.5       | 0.6            | 0.3              | 0.0  | 0.0  | 0.1    | 0.1     | 0.1       | 0.1            |
| Ds E4       | 5.3              | 0.0  | 0.4  | 1.1    | 1.4     | 1.1       | 1.4            | 6.1              | 0.0  | 0.5  | 1.2    | 1.6     | 1.2       | 1.6            |
| Ds E5       | 11.1             | 0.0  | 0.9  | 2.2    | 2.9     | 12.2      | 12.1           | 20.1             | 0.0  | 1.8  | 4.0    | 5.4     | 21.2      | 21.1           |
| Ds E6       | 32.3             | 41.5 | 40.7 | 39.6   | 39.0    | 35.5      | 35.2           | 69.7             | 95.1 | 92.9 | 90.0   | 88.2    | 73.7      | 73.3           |

**Tabelle 4-8: Flottenzusammensetzungen für schwere Nfz für die Basisflotte und die Flotten BU, B31, BU 20%, B31 20%, FV E4 20% und FV E4 B31 20% für das Prognosejahr 2022 (Angaben in %)**

| Schwere Nfz | Basisflotte 2022 | BU    | B31  | BU 20% | B31 20% | FV E4 20% | FV E4 B 31 20% |
|-------------|------------------|-------|------|--------|---------|-----------|----------------|
| Ds vor E1   | 0.4              | 0.0   | 0.2  | 0.1    | 0.3     | 0.1       | 0.3            |
| Ds E1       | 0.2              | 0.0   | 0.1  | 0.0    | 0.1     | 0.0       | 0.1            |
| Ds E2       | 0.8              | 0.0   | 0.4  | 0.2    | 0.5     | 0.2       | 0.5            |
| Ds E3       | 2.4              | 0.0   | 1.3  | 0.5    | 1.5     | 0.5       | 1.5            |
| Ds E4       | 1.9              | 0.0   | 1.0  | 0.4    | 1.2     | 0.4       | 1.2            |
| Ds E5       | 13.6             | 0.0   | 7.3  | 2.7    | 8.6     | 14.3      | 13.9           |
| Ds E6       | 80.6             | 100.0 | 89.6 | 96.1   | 87.8    | 84.6      | 82.5           |

#### 4.2.4 Marktdurchdringung

Die Basis der für die Berechnung des Planfalls 1 zu verwendenden Fahrzeugflotten bilden die Flotten aus Tabelle 3-2, aus denen sich auch die Fahrleistungsanteile der auszuschließenden Kfz-Gruppen ermitteln lassen. Um aus den Fahrleistungsanteilen entsprechende Anteile an der Anzahl der Fahrzeuge im Bestand ableiten zu können, wurde auf die Informationen deutschlandweiter Fahrleistungen und Bestandszahlen des HBEFA (INFRAS, 2017) für die zu betrachtenden Prognosejahre 2018, 2020 und 2022 zurückgegriffen. Die Frage nach der Marktdurchdringung erforderte eine Erweiterung der Betrachtung über 2022 hinaus auf die Prognosejahre bis 2027. Dafür erfolgte für die Prognosejahre bis 2027 eine Fortschreibung der Flotten aus Abschnitt 3.4.3 basierend auf den Prognosen des HBEFA.

Der Anteil der auszuschließenden Kfz-Gruppen im Bestand für die Prognosejahre 2020 und 2022 ist für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge sowie schwere Nutzfahrzeuge in Tabelle 4-9 dargestellt.

**Tabelle 4-9: Anteil von der „Blauen Umweltzone“ betroffener Fahrzeuge am Bestand differenziert nach den Kfz-Gruppen Pkw sowie leichte und schwere Nfz**

| Betroffene Fahrzeuge | 2018   | 2020   | 2022   | 2024   | 2025   | 2027   |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pkw                  | 34.4 % | 29.1 % | 23.2 % | 17.7 % |        |        |
| Leichte Nfz          | 74.2 % | 54.5 % | 37.3 % | 28.4 % | 24.6 % | 18.4 % |
| Schwere Nfz          | 55.1 % | 41.2 % | 30.1 % | 20.7 % | 17.1 % |        |

Nach Analyse der vorliegenden, für die Stadt Freiburg angepassten Flotten, wird ohne eine Veränderung der Marktentwicklung für keine der drei Kfz-Gruppen im Prognosejahr 2022 eine Marktdurchdringung von 20 % der durch die „Blaue Umweltzone“ auszuschließenden Kfz-Gruppen unterschritten. Für Pkw wird eine Unterschreitung von 20 % erst für das Jahr 2024, für schwere Nutzfahrzeuge für das Jahr 2025 und für leichte Nutzfahrzeuge erst für das Jahr 2027 prognostiziert. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass eine Einführung einer „Blauen Umweltzone“ zu einer Veränderung der Marktentwicklung führen würde, was ja auch ein Beweggrund für eine entsprechende Einführung wäre. Eine Angabe, wie diese Veränderung aussehen würde, auch unter Berücksichtigung von eventuellen Fördermaßnahmen z. B. für leichte Nutzfahrzeuge, kann hier nicht gemacht werden.

#### 4.2.5 Wirkungsanalyse

Für den Planfall 1 mit den drei Varianten wurde die Wirkung auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs untersucht.

Die Emissionsbilanzen mit relativen Änderungen im Vergleich zum Nullfall für die Prognosejahre 2020 und 2022 sind in Tabelle 4-10 bezogen auf das Stadtgebiet dargestellt. Demnach geht die stadtweite NO<sub>x</sub>-Emission mit der „Blauen Umweltzone“ 2020 um 12 % und 2022 um 11 % zurück. Mit der „Blauen Umweltzone, 20% Ausnahmen“ fallen mit 9 % in beiden Bezugsjahren die Rückgänge auf Grund der Ausnahmekonzeption erwartungsgemäß geringer aus. Mit der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ wird für beide Bezugsjahre nur ein Rückgang der stadtweiten NO<sub>x</sub>-Emission von 3 % berechnet.

**Tabelle 4-10: Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs im untersuchten Stadtgebiet**

| Fall   | 2018 | 2020 | 2022 |
|--|------|------|------|
| Nullfall (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                         | 742  | 620  | 500  |
| Blaue Umweltzone (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                 |      | 548  | 446  |
| Änderung zum Nullfall [%]  |      | -12% | -11% |
| Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])  |      | 563  | 457  |
| Änderung zum Nullfall [%]  |      | -9%  | -9%  |
| Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a]) |      | 604  | 486  |
| Änderung zum Nullfall [%]  |      | -3%  | -3%  |

Insgesamt sind die Änderungen zum Nullfall stadtweit auf Grund des Einflusses der im Stadtgebiet verlaufenden Autobahnabschnitte eher gering. Betrachtet man dagegen die Emissionsbilanzen im Bereich der Umweltzone und der B31 von der Abfahrt Besançonallee bis an den östlichen Stadtausgang mit Berücksichtigung des Durchgangsverkehrs (Tabelle 4-11), geht die stadtweite NO<sub>x</sub>-Emission mit der „Blauen Umweltzone“ 2020 um 38 % und 2022 um 35 % zurück. Mit der „Blauen Umweltzone, 20% Ausnahmen“ fallen mit 31 % in 2020 und 28 % in 2022 die Minderungen wieder geringer aus. Mit der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ wird für beide Bezugsjahre mit 9% ein Rückgang in den stadtweiten NO<sub>x</sub>-Emissionen berechnet.

**Tabelle 4-11: Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs in der Umweltzone und auf der B31**

| Fall   | 2020 | 2022 |
|--|------|------|
| Nullfall (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                         | 189  | 154  |
| Blaue Umweltzone (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                 | 117  | 100  |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -38% | -35% |
| Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])  | 131  | 111  |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -31% | -28% |
| Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a]) | 172  | 140  |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -9%  | -9%  |

In Tabelle 4-12 ist die Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs innerhalb der Umweltzone ohne B31 mit relativen Änderungen im Vergleich zum Nullfall für die Prognosejahre 2020 und 2022 dargestellt. Im Vergleich zu Tabelle 4-10 (gesamtes Stadtgebiet) und Tabelle 4-11 (Umweltzone mit B31) ergibt sich für alle Varianten des Planfalls 1 eine größere Minderungswirkung.



**Tabelle 4-12: Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs in der Umweltzone**

| Fall   | 2020 | 2022 |
|--|------|------|
| Nullfall (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                         | 112  | 93   |
| Blaue Umweltzone (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])                 | 61   | 53   |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -46% | -42% |
| Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a])  | 71   | 61   |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -37% | -34% |
| Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV (NO <sub>x</sub> -Emission [t/a]) | 100  | 82   |
| Änderung zum Nullfall [%]  | -11% | -11% |

Des Weiteren wurde die Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die Immissionsbelastung am Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße und am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg untersucht. Die Ergebnisse der Wirkung für den Planfall 1 am Ort der Verkehrsmessstation sind in Tabelle 4-13 für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert dem Nullfall mit Angabe der absoluten und relativen Änderung gegenübergestellt.

**Tabelle 4-13: Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation**

| Fall                             | NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung [µg/m <sup>3</sup> ] |        |
|----------------------------------|---|--------|
|                                  | 2020  | 2022   |
| Nullfall                         | 42.8  | 37.7   |
| Blaue Umweltzone                 | 30.5  | 28.3   |
| Änderung zum Nullfall            | -12.3   | -9.5   |
|                                  | -28.8%  | -25.1% |
| Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen  | 33.0  | 30.2   |
| Änderung zum Nullfall            | -9.8  | -7.5   |
|                                  | -22.9%  | -20.0% |
| Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV | 40.0  | 35.3   |
| Änderung zum Nullfall            | -2.8  | -2.5   |
|                                  | -6.5%   | -6.5%  |

Tabelle 4-14 stellt die Wirkung des Planfalls 1 an der Hintergrundmessstation als absolute Änderung der NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung, jeweils zum Nullfall für die Prognosejahre 2018, 2020 und 2022, dar. Die Wirkung auf den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert lässt sich nicht direkt angeben, da im Rahmen der hier angestellten Untersuchungen für den Ort der Hintergrundmessstation keine NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastung als Grundlage für die Ableitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert ermittelt wurde. Wie in Abschnitt 2.4 erläutert, ist NO<sub>2</sub> eine chemisch aktive Substanz. Da NO<sub>x</sub> größtenteils als NO emittiert wird und erst in der Atmosphäre zu NO<sub>2</sub> gewandelt wird, spielt die Entfernung zu den Quellen von NO<sub>x</sub> eine große Rolle bei der Umwandlung von NO zu NO<sub>2</sub>. Ebenso spielt das Konzentrationsniveau von NO<sub>x</sub> bzw. NO<sub>2</sub> eine große Rolle bei der Umwandlung von NO zu NO<sub>2</sub>. Allgemein gilt, dass die NO<sub>2</sub>-Minderung maximal die Höhe der NO<sub>x</sub>-Minderung erreichen kann. Nach ROMBERG ET AL. (1996) führt beispielsweise eine Minderung des NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerts um 3.7 µg/m<sup>3</sup> bei einem NO<sub>2</sub>-Niveau um 20 µg/m<sup>3</sup>, wie es an der Hintergrundstation in Freiburg herrscht, zu einer Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts um ca. 2 µg/m<sup>3</sup> also etwas mehr als 50 % der NO<sub>x</sub>-Minderung.



**Tabelle 4-14: Wirkung des Planfalls 1 mit den drei Varianten auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an der Hintergrundmessstation DEBW084**

| Fall                             | Änderung im NO <sub>x</sub> -Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]<br>im Vergleich zum Nullfall |      |
|----------------------------------|---|------|
|                                  | 2020  | 2022 |
| Blaue Umweltzone                 | -3.7  | -2.8 |
| Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen  | -2.9  | -2.2 |
| Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV | -0.9  | -0.7 |

An beiden Bezugspunkten ist ein deutlicher Minderungseffekt durch den Planfall 1 in allen drei Varianten erkennbar, der von 2020 nach 2022 abnimmt. Die Abnahme erklärt sich dadurch, dass die verwendete Flottenzusammensetzung für den Nullfall 2022 (Tabelle 3-2) bereits eine Erneuerung des Fahrzeugbestandes hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen aufweist (siehe Tabelle 4-9), so dass 2022 weniger Fahrzeuge von der Plakettenregelung betroffen sind.

In Tabelle 4-13 ist die Reduktion der Wirkung durch die Annahmen zur Ausnahmekonzeption („Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen“) bzw. in der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ im Vergleich zur „Blauen Umweltzone“ auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung deutlich zu sehen. In beiden Bezugsjahren 2020 und 2022 wird in allen 3 Varianten eine Einhaltung des Grenzwertes prognostiziert.

Alle Abschnitte mit potenziellen NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen für den Nullfall im Bezugsjahr 2018 aus Abschnitt 4.1.1 (Tabelle 4-1) sind mit ihrer ID und dem modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert für den Planfall 1 mit den drei Varianten für die Bezugsjahre 2020 und 2022 in Tabelle 4-15 aufgeführt. Der Screeningabschnitt, der dem Ort der Messstation Schwarzwaldstraße zugeordnet ist (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), ist fett markiert.

In beiden Bezugsjahren 2020 und 2022 wird in den Varianten „Blaue Umweltzone“ und „Blaue Umweltzone, 20 % Ausnahmen“ eine Einhaltung des Grenzwertes an allen Abschnitten prognostiziert. In der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ wird im Prognosejahr 2020 für 3 Abschnitte und im Prognosejahr 2022 noch für einen Abschnitt eine Überschreitung des Grenzwertes modelliert.

**Tabelle 4-15: Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts für den Planfall 1 mit den drei Varianten**

|   |           |           | NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |             |                                 |             |                                  |             |
|---|-----------|-----------|--|-------------|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
|   |           |           | Blaue Umweltzone   |             | Blaue Umweltzone, 20% Ausnahmen |             | Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV |             |
| ID                                      | Einwohner | Länge [m] | 2020   | 2022        | 2020                            | 2022        | 2020                             | 2022        |
| 177                                     | 0         | 38        | 24.8   | 24.0        | 26.7                            | 25.4        | 31.9                             | 29.2        |
| 232                                     | 193       | 109       | 28.0   | 26.4        | 29.9                            | 27.9        | 35.2                             | 31.7        |
| 346                                     | 66        | 49        | 25.6   | 23.7        | 27.2                            | 24.9        | 31.4                             | 28.0        |
| 401                                     | 44        | 64        | 29.1   | 27.5        | 31.6                            | 29.4        | 38.8                             | 34.6        |
| 402                                     | 78        | 123       | 26.5   | 25.2        | 28.7                            | 26.9        | 34.9                             | 31.4        |
| 689                                     | 72        | 86        | 28.6   | 26.7        | 30.8                            | 28.4        | 36.9                             | 32.9        |
| 692                                     | 92        | 115       | 29.2   | 27.1        | 31.8                            | 29.1        | 38.8                             | 34.2        |
| 712                                     | 111       | 56        | 29.2   | 27.4        | 32.3                            | 29.8        | 40.8                             | 36.0        |
| 713                                     | 246       | 151       | 30.9   | 28.9        | 34.2                            | 31.4        | 43.5                             | 38.2        |
| 735                                     | 175       | 192       | 36.3   | 33.6        | 39.8                            | 36.3        | 49.4                             | 43.3        |
| 739                                     | 32        | 33        | 26.7   | 25.4        | 29.8                            | 27.7        | 38.5                             | 34.0        |
| 740                                     | 155       | 54        | 27.0   | 25.5        | 29.9                            | 27.7        | 37.8                             | 33.4        |
| 749                                     | 51        | 158       | 30.6   | 28.9        | 33.1                            | 30.9        | 40.1                             | 36.0        |
| 784                                     | 86        | 194       | 27.9   | 26.1        | 30.2                            | 27.8        | 36.5                             | 32.4        |
| 996                                     | 98        | 84        | 29.0   | 27.1        | 31.0                            | 28.6        | 36.8                             | 32.8        |
| <b>7351</b>                             | <b>65</b> | <b>78</b> | <b>30.5</b>  | <b>28.3</b> | <b>33.0</b>                     | <b>30.2</b> | <b>40.0</b>                      | <b>35.3</b> |
| <b>Anzahl Abschnitte über Grenzwert</b> |           |           | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>0</b>                        | <b>0</b>    | <b>3</b>                         | <b>1</b>    |
| <b>Anzahl Betroffene über Grenzwert</b> |           |           | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>0</b>                        | <b>0</b>    | <b>532</b>                       | <b>175</b>  |
| <b>Abschnittslänge über Grenzwert</b>   |           |           | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>0</b>                        | <b>0</b>    | <b>400</b>                       | <b>192</b>  |

#### 4.2.6 Notwendige DTV-Reduktion basierend auf Planfall 1

Analog zu den Betrachtungen einer zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertgrenzwerts notwendigen DTV-Reduktion für die Nullfälle in den Prognosejahren 2018, 2019 und 2020 (siehe Abschnitt 4.1.2), wurde die notwendige DTV-Reduktion für die Prognosejahre 2020 und 2022 auf Basis des Planfalls 1 ermittelt. Wie in Tabelle 4-13 zu sehen, wird für den Screeningabschnitt, der am Ort der Messstation Schwarzwalstraße liegt (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), in beiden Bezugsjahren 2020 und 2022 in allen 3 Varianten eine Einhaltung des Grenzwertes prognostiziert.

Der Nachbarabschnitt mit der ID 735 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7, der durch eine geringere Porosität und einen schmaleren Bebauungsabstand gekennzeichnet ist, weist jedoch im Prognosejahr 2022 für die Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ noch einen modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 43.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf (Tabelle 4-15). Daher wurde die notwendige DTV-Reduktion für die Prognosejahre 2020 und 2022 auf Basis des Planfalls 1 für den Screeningabschnitt mit der ID 735 ermittelt.

Für die zur Einhaltung notwendigen DTV-Reduktion wurden, wie in Abschnitt 4.1.2, zwei Betrachtungen angestellt. Zum einen wurde der DTV-Wert ermittelt, bei dem der berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert zwischen 40.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und 40.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt (Schwellenwert 1), und zum anderen der, bei dem der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert 40.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt (Schwellenwert 2). Für beide Betrachtungen wurde zum einen berücksichtigt, dass sich nach dem Kapazitätsmodell von IMMIS<sup>em</sup> die Verkehrsqualität (LOS) durch eine Reduk-

tion der Verkehrsstärke verbessert (LOS variabel), und zum anderen, dass die Verkehrsqualität auch bei einer Verringerung des DTV unverändert bleibt (LOS fix). Bei der Ermittlung der Schwellenwerte wurden die DTV-Werte in Schritten von 100 Kfz/Tag variiert. Ausgangswert der Betrachtung war ein DTV-Wert von gerundet 54'300 Kfz/Tag im Prognosejahr 2020 aus dem Planfall 1, der unverändert vom Nullfall übernommen wurde. Die Vorbelastung aus dem Planfall 1 bleibt bei diesen Betrachtungen unverändert.

Die Ergebnisse der Betrachtungen auf Basis der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ sind in Tabelle 4-16 zusammengestellt. Für den Screeningabschnitt mit der ID 735 beträgt die notwendige Reduktion des DTV 2020 nach Einführung der „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ zwischen 12'600 Kfz/Tag und 18'700 Kfz/Tag. Bei Anwendung der selben Betrachtungen für 2020 beträgt nach Einführung der „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ die notwendige Reduktion des DTV, um den NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert an diesem Abschnitt einhalten zu können, zwischen 5'600 Kfz/Tag und 8'000 Kfz/Tag.

**Tabelle 4-16: Schwellenwerte und notwendige Reduktionen für den DTV zur Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert nach Screeningberechnungen ausgehend vom Planfall 1 in der Variante 3 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ unter Berücksichtigung der Kfz-Flotten für 2020 und 2022**

| Bezugsjahr | Schwellenwert 1 / Reduktion DTV in Kfz/Tag |                 | Schwellenwert 2 / Reduktion DTV in Kfz/Tag |                 |
|------------|--|-----------------|--|-----------------|
|            | LOS variabel                               | LOS fix         | LOS variabel                               | LOS fix         |
| 2020       | 41'700 / 12'600                            | 36'400 / 17'900 | 41'500 / 12'800                            | 35'600 / 18'700 |
| 2022       | 49'300 / 5'000                             | 47'400 / 6'900  | 48'400 / 5'900                             | 46'300 / 8'000  |

### 4.3 Planfall 2a „Tempolimit A5“

Im Planfall 2a wurde die Wirkung der Reduktion eines Tempolimits 80 km/h, 100 km/h sowie 120 km/h beidseitig und ganztägig auf der Bundesautobahn A5 zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Süd und Freiburg-Nord unter Verwendung der in Abschnitt 2.7 beschriebenen Methodik untersucht.

Bezugspunkte für die Berechnungen waren sowohl der Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße und der Ort der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084) als auch die Anwesen „Nächstmatten 51“ im Ortsteil March-Holzhausen, „Am Retzengraben 52A“ im Stadtteil Freiburg-Hochdorf sowie „Am Hirschgarten 19“ im Stadtteil Freiburg-Lehen.

Die Ergebnisse sind für die Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße in Tabelle 4-17 dem Nullfall mit Angabe der absoluten und relativen Änderung gegenübergestellt. An der autobahnfernen Verkehrsmessstation zeigen die Untersuchungsergebnisse im Planfall 2a für keines der Tempolimits eine relevante Wirkung auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung.

**Tabelle 4-17: Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation**

| Fall                          | NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |        |       |
|-------------------------------|---|--------|-------|
|                               | 2018  | 2020   | 2022  |
| Nullfall                      | 47.7  | 42.8   | 37.7  |
| Tempobeschränkung A5 80 km/h  | 47.7  | 42.8   | 37.7  |
| Änderung zum Nullfall         | 0.0   | 0.0    | 0.0   |
|                               | -0.02%  | -0.02% | 0.00% |
| Tempobeschränkung A5 100 km/h | 47.7  | 42.8   | 37.7  |
| Änderung zum Nullfall         | 0.0   | 0.0    | 0.0   |
|                               | -0.02%  | -0.01% | 0.00% |
| Tempobeschränkung A5 120 km/h | 47.7  | 42.8   | 37.7  |
| Änderung zum Nullfall         | 0.0   | 0.0    | 0.0   |
|                               | -0.01%  | -0.01% | 0.00% |

Für alle anderen Bezugspunkte sind die Wirkungen des Planfalls 2a auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung in Tabelle 4-18 für 2018, in Tabelle 4-19 für 2020 und in Tabelle 4-20 für 2022 dargestellt. Wie zur Wirkungsanalyse für die Hintergrundmessstation im Planfall 1 in Abschnitt 4.2.5 bereits beschrieben, lässt sich eine Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts aus der berechneten Minderung des NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerts unter den hier gegebenen Voraussetzungen nicht direkt ableiten. Bei sehr niedrigen Konzentrationen kann eine NO<sub>2</sub>-Minderung maximal einer NO<sub>x</sub>-Minderung gleichgesetzt werden, konservativ abgeschätzt liegt die Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts bei etwas mehr als der Hälfte der NO<sub>x</sub>-Minderung.

Am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084), die etwas näher an der Autobahn liegt als die Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße, ist der Effekt auf die NO<sub>x</sub>-Immission sehr gering.

An den Bezugspunkten in den an die Autobahn angrenzenden Wohngebieten sinken die NO<sub>x</sub>-Immissionen bei einer Reduktion des Tempolimits auf 120 km/h. Bei einer Reduktion auf 100 km/h steigen die Minderungen der NO<sub>x</sub>-Immissionen weiter und sind bei einer Reduktion auf ein Tempolimit auf 80 km/h am größten. Die größte Wirkung ist dabei für den Bezugspunkt „Am Retzengraben 52A“ im Stadtteil Freiburg-Hochdorf zu beobachten, der den betroffenen Abschnitten der BAB A5 am nächsten liegt. Die Wirkung des Planfalls 2a auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung sinkt im Prognosezeitraum von 2018 bis 2020 an allen Bezugspunkten und für alle Tempolimits.

**Tabelle 4-18: Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2018 auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten**

| Bezugspunkt                    | Änderung Planfall 2a – Nullfall [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |        |        |
|--------------------------------|--|--------|--------|
|                                | TL 80  | TL 100 | TL 120 |
| Nächstmatten 51                | -0.4   | -0.4   | -0.3   |
| Am Retzengraben 52A            | -3.8   | -3.3   | -2.3   |
| Am Hirschgarten 19             | -0.5   | -0.4   | -0.3   |
| Hintergrundmessstation DEBW084 | -0.1   | -0.1   | 0.0    |
| TL: Tempolimit                 |  |        |        |

**Tabelle 4-19: Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2020 auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten**

| Bezugspunkt                    | Änderung Planfall 2a - Nullfall in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |        |        |
|--------------------------------|---|--------|--------|
|                                | TL 80   | TL 100 | TL 120 |
| Nächstmatten 51                | -0.4  | -0.3   | -0.2   |
| Am Retzengraben 52A            | -3.2  | -2.8   | -2.0   |
| Am Hirschgarten 19             | -0.4  | -0.4   | -0.3   |
| Hintergrundmessstation DEBW084 | -0.1  | 0.0    | 0.0    |
| TL: Tempolimit                 |   |        |        |

**Tabelle 4-20: Wirkung des Planfalls 2a „Tempobeschränkung A5“ für das Bezugsjahr 2022 auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten**

| Bezugspunkt                    | Änderung Planfall 2a - Nullfall in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |        |        |
|--------------------------------|---|--------|--------|
|                                | TL 80   | TL 100 | TL 120 |
| Nächstmatten 51                | -0.3  | -0.3   | -0.2   |
| Am Retzengraben 52A            | -2.7  | -2.4   | -1.8   |
| Am Hirschgarten 19             | -0.3  | -0.3   | -0.2   |
| Hintergrundmessstation DEBW084 | 0.0   | 0.0    | 0.0    |
| TL: Tempolimit                 |   |        |        |

#### 4.4 Planfall 2b „Tempobeschränkung B31a“

Im Planfall 2b wurde die Wirkung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf dem Zubringer Mitte (B31a) zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Mitte und der Anschlussstelle Berliner Allee<sup>6</sup> unter Verwendung der in Abschnitt 2.7 beschriebenen Methodik untersucht.

<sup>6</sup> In der Leistungsbeschreibung wird von einem Tempolimit von 80 km/h bis zur Kronenstraße geschrieben. In der derzeitigen Situation besteht schon ein Tempolimit von 80 km/h ab der bzw. bis zur Anschlussstelle Berliner Allee je nach Richtung und ein Tempolimit von 60 km/h auf der B31a innerhalb der Ortsschilder von Freiburg.

Bezugspunkte für die Berechnungen waren wie beim Planfall 2a sowohl der Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße und der Ort der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084) als auch die Anwesen „Nächstmatten 51“ im Ortsteil March-Holzhausen, das Anwesen „Am Retzengraben 52A“ im Stadtteil Freiburg-Hochdorf sowie das Anwesen „Am Hirschgarten 19“ im Stadtteil Freiburg-Lehen.

Die Ergebnisse sind für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 für die Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße in Tabelle 4-21 dem Nullfall mit Angabe der absoluten und relativen Änderung gegenübergestellt. An der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße zeigen die Untersuchungsergebnisse im Planfall 2b in allen drei Bezugsjahren 2018, 2020 und 2022 keine Wirkung auf die NO<sub>2</sub>-Immission.

**Tabelle 4-21: Wirkung des Planfalls 2b „Tempobeschränkung B31a“ auf die NO<sub>2</sub>- Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation**

| Fall                   | NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung [µg/m <sup>3</sup> ] |      |      |
|------------------------|---|------|------|
|                        | 2018  | 2020 | 2022 |
| Nullfall               | 47.7  | 42.8 | 37.7 |
| Tempobeschränkung B31a | 47.7  | 42.8 | 37.7 |
| Änderung zum Nullfall  | 0.0   | 0.0  | 0.0  |
|                        | 0.0%  | 0.0% | 0.0% |

Für die anderen Bezugspunkte sind die Wirkungen des Planfalls 2b auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung in Tabelle 4-22 für 2018, 2020 und 2022 dargestellt. Wie zur Wirkungsanalyse für die Hintergrundmessstation im Planfall 1 in Abschnitt 4.2.5 bereits beschrieben, lässt sich eine Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts aus der berechneten Minderung des NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerts unter den hier gegebenen Voraussetzungen nicht direkt ableiten. Bei sehr niedrigen Konzentrationen kann maximal eine NO<sub>2</sub>-Minderung einer NO<sub>x</sub>-Minderung gleichgesetzt werden, konservativ abgeschätzt liegt die Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts bei etwas mehr als der Hälfte der NO<sub>x</sub>-Minderung.

Am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084) zeigen die Untersuchungsergebnisse im Planfall 2b, wie auch beim Planfall 2a, in allen drei Bezugsjahren 2018, 2020 und 2022 keine Wirkung auf die NO<sub>x</sub>-Immission. Auch an den Bezugspunkten in den angrenzenden Wohngebieten sind die Minderungen der NO<sub>x</sub>-Immissionen in allen drei Bezugsjahren 2018, 2020 und 2022 nur sehr gering. Die größte absolute Minderungswirkung ist dabei für den Bezugspunkt „Am Hirschgarten 19“ im Stadtteil Freiburg-Lehen zu beobachten, der den betroffenen Abschnitten der B31a am nächsten liegt.

**Tabelle 4-22: Wirkung des Planfalls 2b „Tempobeschränkung B31a“ auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an den weiteren Bezugspunkten**

| Bezugspunkt                    | Änderung Planfall 2b - Nullfall in [µg/m <sup>3</sup> ] |       |       |
|--------------------------------|---|-------|-------|
|                                | 2018  | 2020  | 2022  |
| Nächstmatten 51                | -0.01   | -0.01 | -0.01 |
| Am Retzengraben 52A            | -0.02   | -0.02 | -0.02 |
| Am Hirschgarten 19             | -0.16   | -0.14 | -0.11 |
| Hintergrundmessstation DEBW084 | 0.00  | 0.00  | 0.00  |



#### 4.5 Planfall 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“

Im Planfall 3 wurde die Wirkung einer ganztägigen Tempo 40-Regelung auf allen Straßen im Stadtgebiet Freiburg mit bisheriger Tempo 50-Regelung auf die Immissionsbelastung sowohl am Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße und am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084) als auch am Bezugspunkt im Stadtteil Freiburg-Lehen (Mittelpunkt Anwesen Am Hirschgarten 19) unter Verwendung der in Abschnitt 2.7 beschriebenen Methodik untersucht.

Wie in Abschnitt 2.7 erläutert, liegen für eine Differenzierung der Wirkungen eines Tempolimits zwischen 40 km/h und 30 km/h keine belastbaren Grundlagen vor, die bei einer stadtweiten Betrachtung anwendbar wären. Wie in Abschnitt 2.7 beschrieben, wurde deshalb keine unterschiedliche Wirkung für 30 km/h gegenüber 40 km/h angenommen, weshalb die hier für eine Tempolimit 40 km/h dargestellten Ergebnisse unverändert auch für ein Tempolimit 30 km/h gelten.

Die Ergebnisse des Planfalls 3 an dem Ort der Verkehrsmessstation sind in Tabelle 4-23 dem Nullfall mit Angabe der relativen Änderung gegenübergestellt. Am Ort der Verkehrsmessstation ist nur ein geringer Effekt auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung festzustellen, da der betroffene Abschnitt, der dem Ort der Verkehrsmessstation zugeordnet ist (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), nicht vom Planfall 3 betroffen ist, da er zwar eine Tempo 50 Regelung aber keine relevante Längsneigung aufweist<sup>7</sup>.

**Tabelle 4-23: Wirkung des Planfalls 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“ auf die NO<sub>2</sub>- Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation**

| Fall                      | NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |       |       |
|---------------------------|---|-------|-------|
|                           | 2018  | 2020  | 2022  |
| Nullfall                  | 47.7  | 42.8  | 37.7  |
| Tempolimit im Stadtgebiet | 47.5  | 42.6  | 37.6  |
| Änderung zum Nullfall     | -0.2  | -0.2  | -0.1  |
|                           | -0.4%   | -0.4% | -0.4% |

Tabelle 4-24 stellt die Wirkung des Planfalls 1 an der Hintergrundmessstation Freiburg (DEBW084) und am Bezugspunkt Am Hirschgarten 19 als absolute Änderung der NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung jeweils zum Nullfall für die Prognosejahre 2018, 2020 und 2022 dar. Wie zur Wirkungsanalyse für die Hintergrundmessstation im Planfall 1 in Abschnitt 4.2.5 bereits beschrieben, lässt sich eine Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts aus der berechneten Minderung des NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerts unter den hier gegebenen Voraussetzungen nicht direkt ableiten. Bei sehr niedrigen Konzentrationen kann maximal eine NO<sub>x</sub>-Minderung einer NO<sub>2</sub>-Minderung gleichgesetzt werden, konservativ abgeschätzt liegt die Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts bei etwas mehr als der Hälfte der NO<sub>x</sub>-Minderung.

An den untersuchten Bezugspunkten in Tabelle 4-24 ist für alle Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 die Wirkung des Planfalls 3 sehr gering.

<sup>7</sup> Detaillierte Betrachtungen der Wirkungen einer Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf diesem Abschnitt finden sich in Rau et al. (2018)

**Tabelle 4-24: Wirkung des Planfalls 3 „Tempolimit im Stadtgebiet“ auf die NO<sub>x</sub>-Immissionsbelastung an der Hintergrundmessstation und am Bezugspunkt Am Hirschgarten 19**

| Bezugspunkt                    | Änderung Planfall 3 - Nullfall in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |       |       |
|--------------------------------|--|-------|-------|
|                                | 2018   | 2020  | 2022  |
| Am Hirschgarten 19             | -0.06  | -0.05 | -0.04 |
| Hintergrundmessstation DEBW084 | -0.13  | -0.11 | -0.09 |

#### 4.6 Kombination von Maßnahmen

Die Planfälle 2a und 2b haben keine Auswirkungen auf die Anzahl von Überschreitungen von NO<sub>2</sub>-Grenzwerten im Stadtgebiet. Den größten Effekt auf eine Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung allgemein und auch in Bezug auf Grenzwertüberschreitungen 2020 und 2022 hat die Einführung einer „Blauen Umweltzone“ mit den drei Varianten gefolgt von einem stadtweiten Tempolimit auf 30/40 km/h.

In beiden Bezugsjahren 2020 und 2022 wird in den Varianten „Blaue Umweltzone“ und „Blaue Umweltzone, 20 % Ausnahmen“ eine Einhaltung des Grenzwertes an allen Abschnitten prognostiziert. Eine Kombination mit anderen Maßnahmen ist daher nicht mehr notwendig. In der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“, in der ein größerer Anteil an Fahrzeugen uneingeschränkt fahren darf, wird 2020 für 3 Abschnitte und in 2022 noch für einen Abschnitt eine Überschreitung des Grenzwertes modelliert.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde untersucht, ob in der Kombination der weniger restriktiven Variante 3 des Planfalls 1 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ mit einem stadtweiten Tempolimit (Planfall 3) die Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes erreicht wird. Da davon auszugehen ist, dass ein entsprechendes Fahrverbot frühestens am 01.01.2019 eingeführt wird, wurden die Untersuchungen für diese Kombination nur für 2020 und 2022 durchgeführt.

Die Wirkungen dieser Kombination auf die Immissionsbelastung an dem Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße sind in Tabelle 4-25 dem Nullfall mit Angabe der relativen Änderung gegenübergestellt.

**Tabelle 4-25: Wirkung der Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3 auf die NO<sub>2</sub>- Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation**

| Fall  | NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |       |
|---|---|-------|
|   | 2020  | 2022  |
| Nullfall  | 42.8  | 37.7  |
| Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3 | 39.8  | 35.1  |
| Änderung zum Nullfall                                       | -3.0  | -2.6  |
|   | -6.9%   | -6.9% |

Nach den Berechnungen verbleibt 2022 in Freiburg immer noch ein Abschnitt an der Schwarzwaldstraße mit potenziellen NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen. Alle Abschnitte mit potenziellen NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen im Nullfall im Bezugsjahr 2018 aus Abschnitt 4.1.1 (Tabelle 4-1) sind mit ihrer ID und dem modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert für die Kombination aus der Variante 3 des Planfalls 1 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ und einem stadtweiten Tempolimit (Planfall 3) für die Bezugsjahre

2020 und 2022 in Tabelle 4-26 aufgeführt. Der Screeningabschnitt, der dem Ort der Messstation Schwarzwaldstraße zugeordnet ist (ID 7351 aus Tabelle 4-1 und Abbildung 4-7), ist fett markiert.

**Tabelle 4-26: Screeningabschnitte mit modellierter Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts in der Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3**

|   |           |           | Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3<br>NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |             |
|---|-----------|-----------|---|-------------|
| ID                                      | Einwohner | Länge [m] | 2020  | 2022        |
| 177                                     | 0         | 38        | 31.8  | 29.1        |
| 232                                     | 193       | 109       | 35.1  | 31.6        |
| 346                                     | 66        | 49        | 31.4  | 28.0        |
| 401                                     | 44        | 64        | 38.7  | 34.5        |
| 402                                     | 78        | 123       | 34.8  | 31.3        |
| 689                                     | 72        | 86        | 36.8  | 32.8        |
| 692                                     | 92        | 115       | 38.5  | 33.9        |
| 712                                     | 111       | 56        | 40.6  | 35.8        |
| 713                                     | 246       | 151       | 43.3  | 38.0        |
| 735                                     | 175       | 192       | 49.1  | 43.1        |
| 739                                     | 32        | 33        | 38.3  | 33.8        |
| 740                                     | 155       | 54        | 37.6  | 33.2        |
| 749                                     | 51        | 158       | 39.9  | 35.8        |
| 784                                     | 86        | 194       | 36.4  | 32.3        |
| 996                                     | 98        | 84        | 36.7  | 32.7        |
| <b>7351</b>                             | <b>65</b> | <b>78</b> | <b>39.8</b>   | <b>35.1</b> |
| <b>Anzahl Abschnitte über Grenzwert</b> |           |           | <b>3</b>  | <b>1</b>    |
| <b>Anzahl Betroffene über Grenzwert</b> |           |           | <b>532</b>  | <b>175</b>  |
| <b>Abschnittslänge über Grenzwert</b>   |           |           | <b>400</b>  | <b>192</b>  |

#### 4.7 Betroffene und Überschreitungslängen

Basierend auf der Methodik aus Abschnitt 2.6 wurden für die Nullfälle und Planfälle sowie einer Maßnahmenkombination in den drei Bezugsjahren 2018, 2020 und 2022 die Anzahl der Betroffenen und die Überschreitungslängen für die Abschnitte potenzieller Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittel-Grenzwerts ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-27 zusammengefasst.

**Tabelle 4-27: Anzahl Betroffene und Überschreitungslängen für alle Null- und Planfälle sowie einer Maßnahmenkombination**

| Fall  | Anzahl Betroffene über Grenzwerte |      |      | Abschnittslänge über Grenzwert |      |      |
|---|-----------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|
|   | 2018                              | 2020 | 2022 | 2018                           | 2020 | 2022 |
| Nullfall  | 1'564                             | 971  | 421  | 1'584                          | 902  | 343  |
| PF 1 "Blaue Umweltzone"                                     | n.b.                              | 0    | 0    | n.b.                           | 0    | 0    |
| PF 1 "Blaue Umweltzone mit 20% Ausnahmen"                   | n.b.                              | 0    | 0    | n.b.                           | 0    | 0    |
| PF 1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV"                     | n.b.                              | 532  | 175  | n.b.                           | 400  | 192  |
| PF2a "A5 80 km/h"   | 1'564                             | 971  | 421  | 1'584                          | 902  | 343  |
| PF2a "A5 100 km/h"  | 1'564                             | 971  | 421  | 1'584                          | 902  | 343  |
| PF2a "A5 120 km/h"  | 1'564                             | 971  | 421  | 1'584                          | 902  | 343  |
| PF2b "B31a 80km/h"  | 1'564                             | 971  | 421  | 1'584                          | 902  | 343  |
| PF3 "Tempolimit Stadt"                                      | 1'371                             | 724  | 421  | 1'475                          | 733  | 343  |
| Kombination PF1 "Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV" und PF 3 | n.b.                              | 532  | 175  | n.b.                           | 400  | 192  |
| n.b. – nicht berechnet                                      |                                   |      |      |                                |      |      |

Die Planfälle 2a und 2b haben keine Auswirkungen auf die Anzahl von Überschreitungen von NO<sub>2</sub>-Grenzwerten im Stadtgebiet. Eine relevante Wirkung auf die Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung hat die Variante 3 des Planfalls 1 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ sowie eingeschränkt von einem stadtweiten Tempolimit auf 30/40 km/h. Eine Kombination dieser beiden Maßnahmen bringt allerdings keine weitere Verstärkung der Wirkung auf die NO<sub>2</sub>-Belastung in den Prognosejahren 2020 und 2022. Den größten Effekt auf eine Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung allgemein und auch in Bezug auf Grenzwertüberschreitungen in den Prognosejahren 2020 und 2022 hat die Einführung einer „Blauen Umweltzone“ mit den zwei Varianten „Blaue Umweltzone“ und „Blaue Umweltzone, 20 % Ausnahmen“, für die in beiden Prognosejahren eine Einhaltung des Grenzwertes an allen Abschnitten prognostiziert wird.

## 5 Zusammenfassung

An der B 31 werden im Bereich der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße seit Jahren Immissionsbelastungen durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) über dem Jahresgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> gemessen. Deshalb prüft das Regierungspräsidium Freiburg im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans Freiburg (LRP FR) derzeit zusätzliche Maßnahmen, um den NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzmittelwert schnellstmöglich einhalten zu können.

Das vorliegende Gutachten zeigt die Wirkungen verschiedener verkehrliche Maßnahmen auf die Luftschadstoffbelastung auf. Dabei wurde zunächst ein stadtweites Screeningmodell aufgebaut, mit dem der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert für bebaute Straßenräume für sogenannte Nullfälle für die Bezugsjahre 2018, 2020 und 2022 berechnet wurde. Darauf aufbauend wurden die Anzahl der Betroffenen und die Längen für die Abschnitte mit berechneten Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwerts ermittelt.

Im Nullfall 2018 werden mit dem Screening 16 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 1'548 m und 1'564 Betroffene mit einer potenziellen Grenzwertüberschreitung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts ermittelt. Die Anzahl von potenziellen Überschreitungsfällen nimmt 2020 auf 9 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 902 m und 971 Betroffene und 2022 auf 2 Abschnitte mit einer Gesamtlänge von 343 m und 421 Betroffene ab.

Im Planfall 1 „Blaue Umweltzone“ wurde in Variante 1 die Wirkung der Einführung einer „Blauen Umweltzone“ in der Ausdehnung der bestehenden Umweltzone Freiburg auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen und auf den Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Immission untersucht. In Variante 2 „Blaue Umweltzone mit 20 % Ausnahmen“ wurde zudem die Wirkung auf die Immissionen auch unter Berücksichtigung einer Ausnahmekonzeption ermittelt. Weiterhin wurde die Variante 3 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ untersucht, für die bei den Diesel-Kfz nur Euro 4/Euro IV und älter ausgeschlossen werden und Diesel-Kfz mit Euro 5/Euro V weiterhin uneingeschränkt einfahren dürfen.

Sowohl am Ort der Verkehrsmessstation Freiburg/Schwarzwaldstraße als auch am Ort der Hintergrundmessstation Freiburg wurde ein deutlicher Minderungseffekt durch den Planfall 1 in allen drei Varianten berechnet, der von 2020 nach 2022 gegenüber dem jeweiligen Nullfall abnimmt. In beiden Bezugsjahren 2020 und 2022 wird in den Varianten „Blaue Umweltzone“ und „Blaue Umweltzone, 20 % Ausnahmen“ eine Einhaltung des Grenzwertes an allen Abschnitten in Freiburg prognostiziert. In der Variante „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ wird im Prognosejahr 2020 für 3 Abschnitte und im Prognosejahr 2022 noch für einen Abschnitt auf der B31 eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes modelliert.

Im Planfall 2a wurde die Wirkung der Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h, 100 km/h sowie 120 km/h beidseitig und ganztägig auf der Bundesautobahn A5 zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Süd und Freiburg-Nord untersucht. Im Planfall 2b wurde die Wirkung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf dem Zubringer Mitte (B31a) zwischen den Anschlussstellen Freiburg-Mitte und der Anschlussstelle Berliner Allee untersucht.

Mit den Reduktionen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit sinken die NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>-Immissionen unterschiedlich stark. Dabei sind die Rückgänge größer, je niedriger die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist und je näher ein Bezugspunkt an der A5 liegt. Die größte Minderungswirkung wird für den Bezugspunkt „Am Retzengraben 52A“ im Stadtteil Freiburg-Hochdorf ermittelt, der den betroffenen Abschnitten der A5 am nächsten liegt. Hier beträgt die Minderung des NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwert bis zu 3.8 µg/m<sup>3</sup> was

überschlägig einer Minderung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerts um ca. 2 µg/m<sup>3</sup> entspricht. Beide Planfälle 2a und 2b haben aber keine Auswirkungen auf die Anzahl von Überschreitungen von NO<sub>2</sub>-Grenzwerten im Stadtgebiet.

Im Planfall 3 wurde die Wirkung einer ganztägigen Tempo 40-Regelung auf allen Straßen im Stadtgebiet Freiburg mit bisheriger Tempo 50-Regelung auf die Immissionsbelastung untersucht. Die ermittelte Minderungswirkung auf die NO<sub>2</sub>-Belastung an den untersuchten Bezugspunkten ist gering. Auf Grund fehlender Grundlagen wird bei der hier angewendeten pauschalen Betrachtung angenommen, dass sich die Wirkung einer Tempo 30-Regelung nicht von der Wirkung einer Tempo 40-Regelung unterscheidet.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde zusätzlich untersucht, ob in der Kombination der weniger restriktiven Variante 3 des Planfalls 1 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ mit einem stadtweiten Tempolimit (Planfall 3) die Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Grenzwerts erreicht wird. Nach den durchgeführten Berechnungen bleiben 2020 3 und 2022 damit noch ein Abschnitt mit potenziellen NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen bestehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Planfälle 2a, 2b und 3 keine Auswirkungen auf die Anzahl von Überschreitungen von NO<sub>2</sub>-Grenzwerten im Stadtgebiet haben. Eine relevante Wirkung auf die Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung wird mit den Varianten des Planfalls 1 erreicht. Den größten Effekt auf eine Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung allgemein und auch in Bezug auf Grenzwertüberschreitungen hat die Einführung einer „Blauen Umweltzone“ mit den zwei Varianten „Blaue Umweltzone“ und „Blaue Umweltzone, 20 % Ausnahmen“, für die in beiden Prognosejahren eine Einhaltung des Grenzwertes an allen Abschnitten prognostiziert wird. Die Kombination der Variante 3 des Planfalls 1 „Fahrverbote Diesel-Kfz Euro 4/IV“ mit einem stadtweiten Tempolimit auf 30/40 km/h führt nicht zu einer vollständigen Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts.



## 6 Literatur

39. BImSchV 2016: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). In der Fassung vom 10.10.2016. BGBl. I S. 2244. 2016.
- BAST, 2013: Aktualisierung des MLuS 02 - Erstellung der RLuS. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), Heft V 222. 2013.
- Diegmann, V.; Mahlau, A. 1999: Vergleich von Messungen der Luftschadstoffbelastungen im Straßenraum mit Berechnungen des Screening-Modells IMMISluft. Immissionsschutz Nr. 3, S. 76-83. 1999.
- Düring, I.; Bächlin, W., 2009: Tendenzen der NO<sub>2</sub>-Belastung im Land Brandenburg. Auftraggeber: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Unter Mitarbeit von IFEU GmbH, Heidelberg, Planungsbüro Dr. Hunger, Dresden und National Environmental Research Institute (NERI), Roskilde, Dänemark. 2009.
- DWD 2014: Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebenden Anemometerhöhe. Merkblatt. URL <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-2014101714948>.
- EEA 2007: Corine Land Cover 2006 technical guidelines. Technical report No 17/2007. European Environment Agency. Copenhagen, 2007.
- EEA, 2009: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009. EEA Technical report 2009. European Environment Agency. 2009.
- Hertel, O.; Berkowicz, R.; 1989: Modelling NO<sub>2</sub> concentrations in a street canyon. DMU Luft A-131. National Environmental Research Institute, Division of Emissions and Air pollution, Denmark. 1989.
- INFRAS, 2017: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.3. INFRAS AG, Bern. Auftraggeber: Umweltbundesamt, Berlin (Deutschland); Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern (Schweiz); Umweltbundesamt, Lebensministerium und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien (Österreich); Trafikverket (Schweden); ADEME (Frankreich); SFT (Norwegen) und JRC (Joint Research Center der Europäischen Kommission). 2014.
- IVU GmbH, 1997: Das Modellinstrumentarium IMMIS<sup>net/cpb</sup> zur immissionsseitigen Bewertung von Kfz-Emissionen im Rahmen der 23. BImSchV. In: UBA; FGU (Hrsg.): Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen. 23. BImSchV seit 1. März in Kraft - was nun? 465. Seminar des Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. 1997.
- IVU Umwelt, 2012: IMMIS<sup>build</sup>. GIS-gestützte Abschnittsbildung für IMMIS<sup>luft</sup>. IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2012.
- IVU Umwelt 2014: Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010. Ausbreitungsrechnungen unter Verwendung des landesweiten Emissionskatasters und unter Berücksichtigung von gemessenen Immissionsdaten. Auftraggeber: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) Baden-Württemberg. Veröffentlichung durch den Auftraggeber. 2014.

- IVU Umwelt 2015: Wirkungsuntersuchung zur Entwicklung der Schadstoffbelastung durch die Einbeziehung der B 31 in die bestehende Umweltzone. Luftreinhalteplan Freiburg. Auftraggeber: Regierungspräsidium Freiburg. Veröffentlichung durch den Auftraggeber. 2015
- IVU Umwelt, 2017: IMMIS<sup>em/luft/lärm</sup> - Handbuch zur Version 7. IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2017.
- Janicke 2012: AUSTAL2000. Programmbeschreibung zu Version 2.6. Stand 27.04.2012. Auftraggeber: Umweltbundesamt; LfU Baden-Württemberg; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Landesumweltamt NRW. 2012.
- KRdL, 2003: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. Düsseldorf, 2003.
- KRdL, 2013: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung - Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. VDI-Richtlinie 3783 Blatt 14. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. 2013.
- Lenschow, P.; Abraham, H. J.; Kutzner, K.; Lutz, M.; Preuss, J. - D.; Reichenbacher, W., 2001: Some ideas about the sources of PM10. Atmospheric Environment 35 Nr. Supplement 1, S. 23-33. 2001.
- LUBW, 2015: Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten. Aktualisiert auf HBEFA 3.2. Leitfaden. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Erarbeitet von IVU Umwelt GmbH, Freiburg. 2015.
- LUBW, 2018: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/luft/windstatistiken>, zuletzt abgerufen 28.06.18.
- Rau et. al 2018: 3. Fortschreibung Luftreinhalteplan Freiburg, Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen mehrerer verkehrlicher Maßnahmen, Gutachten Block 2.1, Erarbeitet von Ingenieurbüro Rau (Federführung), AVISO GmbH und R + T Ingenieure, Entwurf. Vertraulich. 2018.
- Romberg, E.; Bössinger, R.; Lohmeyer, A.; Ruhnke, R.; Röth, E., 1996: NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56 Nr. 6, S. 215-218. 1996.
- RP Stuttgart 2017: Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart.3. Fortschreibung des Luftreinhalteplanes zur Minderung der PM10- und NO<sub>2</sub>-Belastungen. Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Stuttgart. Entwurf. Regierungspräsidium Stuttgart. 2017.
- R+T Verkehrsplanung 2018: Luftreinhalteplanung Freiburg i. Br. – Aktualisierung Verkehrsdaten für den Maßnahmenblock 3.1. 2018.
- Wiegand, G.; Diegmann, V., 1994: Modellierung der Immissionsbelastung inerter Schadstoffe in Innenstädten durch den Kfz-Verkehr auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen. In: Ossing, F. (Hrsg.): EDV für Verkehrskonzepte in Stadt und Region. Praxis der Umweltinformatik, Band 3. Metropolis Verlag, Marburg, 1994.

## 7 Anlagen

Vertrieb durch:

**metSoft GbR**  
 Bottwarbahnstraße 4  
 74081 Heilbronn

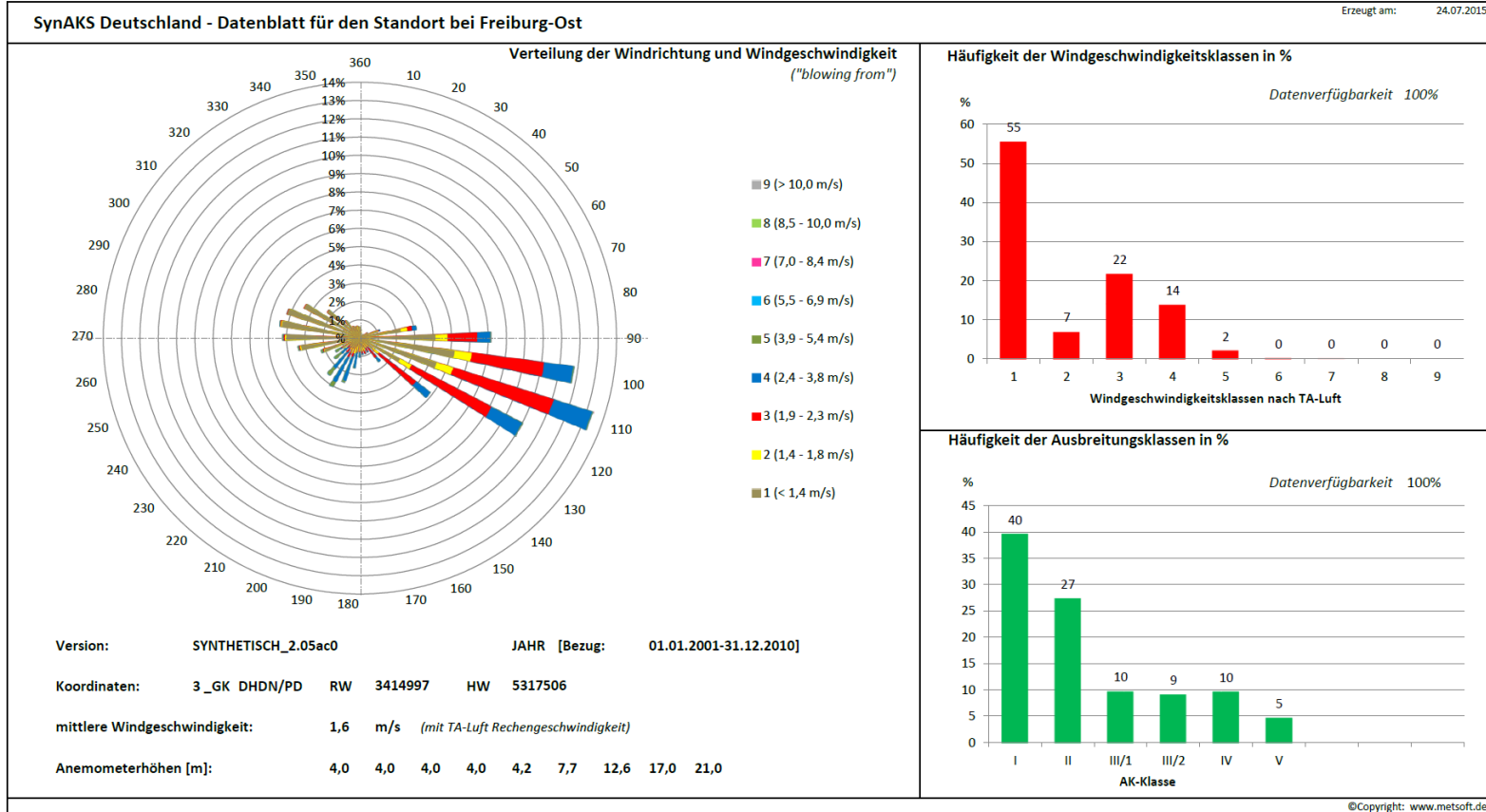
**Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken Deutschland**

Kooperationsprojekt der METCON Umweltmeteorologische Beratung und des Ingenieurbüro Rau

**metSoft**

Telefon: +49 (0) 7131 3907090  
 E-Mail: [info@metsoft.de](mailto:info@metsoft.de)

Erzeugt am: 24.07.2015



**Erläuterungen:** Die SynAKS basieren auf Modellrechnungen mit dem prognostischen mesoskaligen Modell METRAS PC. Die Antriebsdaten wurden aus NCAR/NCEP-Reanalysedaten abgeleitet. Grundlagen des Berechnungsverfahrens sind in "Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft" 7-8/2008 veröffentlicht. Bitte beachten Sie auch die Hinweise für Anwender und weitere Dokumentationen zum Produkt unter: <http://www.metsoft.de/downloads.html>

METCON Umweltmeteorologische Beratung Dr. Klaus Bigalke  
 Jappowweg 9h; 25421 Pinneberg  
 Tel.: 04101 693856 Fax: 04101 693857  
[info@metcon-umb.de](mailto:info@metcon-umb.de)

Ingenieurbüro Matthias Rau  
 Bottwarbahnstraße 4; 74071 Heilbronn  
 Tel.: 07131 3907090 Fax: 07131 3907099  
[ingenieurbuero.rau@online.de](mailto:ingenieurbuero.rau@online.de)

**Abbildung 7-1: E3414997-N5317506\_Freiburg-Ost\_Syn.aks**

**Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken Baden-Württemberg (Antriebszeitraum 2001 - 2010)**

 © 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
 © 2013 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

Version 2.05

**Lage in Gauß-Krüger DHDN/PD (Lagestatus 100)**

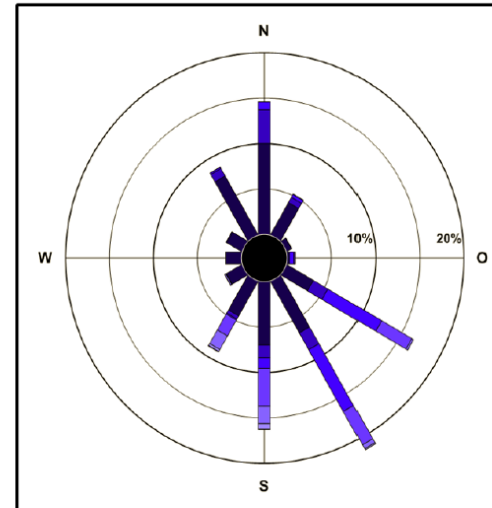
 Rechtswert: 3 414 500  
 Hochwert: 5 320 500

**Mittlere Windgeschwindigkeit:**

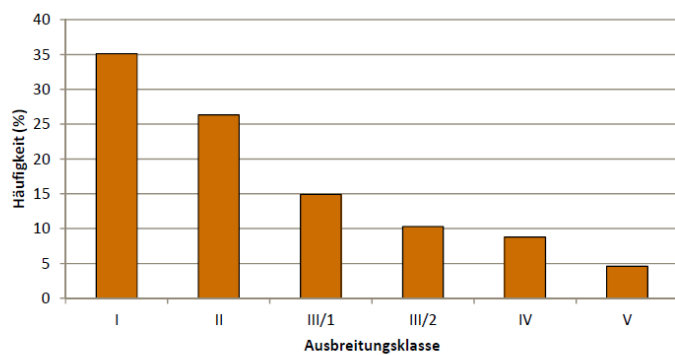
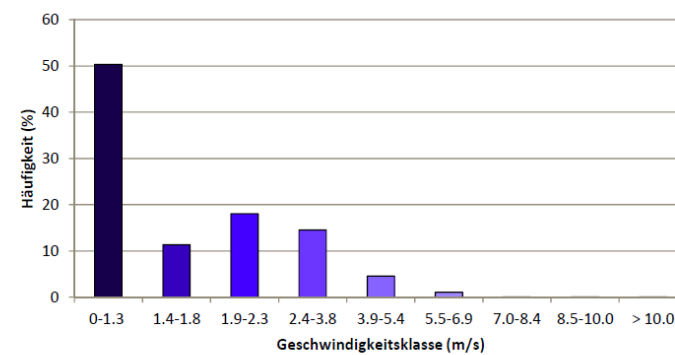
1.8 m/s

**Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in %  
 (Klassenaufteilung nach TA Luft)**

| Geschwindigkeit | Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in % |         |         |         |         |         |         |          |        | Summe  |
|-----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|
|                 | 0-1.3  | 1.4-1.8 | 1.9-2.3 | 2.4-3.8 | 3.9-5.4 | 5.5-6.9 | 7.0-8.4 | 8.5-10.0 | > 10.0 |        |
| Richtung        | m/s  | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s      | m/s    |        |
| 345°-015°       | 10.09  | 3.71    | 0.86    | 0.02    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 14.68  |
| 015°-045°       | 4.15   | 0.68    | 0.37    | 0.03    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 5.22   |
| 045°-075°       | 0.69   | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.70   |
| 075°-105°       | 0.34   | 0.01    | 0.50    | 0.13    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.98   |
| 105°-135°       | 3.55   | 1.90    | 6.97    | 3.96    | 0.22    | 0.01    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 16.59  |
| 135°-165°       | 6.62   | 2.13    | 7.86    | 4.21    | 0.49    | 0.14    | 0.01    | 0.00     | 0.00   | 21.46  |
| 165°-195°       | 7.05   | 1.41    | 1.18    | 4.14    | 1.94    | 0.61    | 0.03    | 0.00     | 0.01   | 16.36  |
| 195°-225°       | 4.45   | 0.40    | 0.13    | 2.02    | 1.74    | 0.26    | 0.00    | 0.00     | 0.06   | 9.05   |
| 225°-255°       | 2.07   | 0.04    | 0.00    | 0.03    | 0.15    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.01   | 2.30   |
| 255°-285°       | 1.83   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.05    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 1.88   |
| 285°-315°       | 2.00   | 0.11    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 2.10   |
| 315°-345°       | 7.55   | 0.95    | 0.17    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 8.66   |
| Summe           | 50.38  | 11.33   | 18.04   | 14.54   | 4.58    | 1.02    | 0.04    | 0.00     | 0.08   | 100.00 |


**Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %**

| Klasse | I     | II    | III/1 | III/2 | IV   | V    |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|        | 35.10 | 26.31 | 14.90 | 10.29 | 8.78 | 4.62 |

**Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier**

**Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft**

**Abbildung 7-2: zaehringen\_E3414500\_N5320500-synAKS**

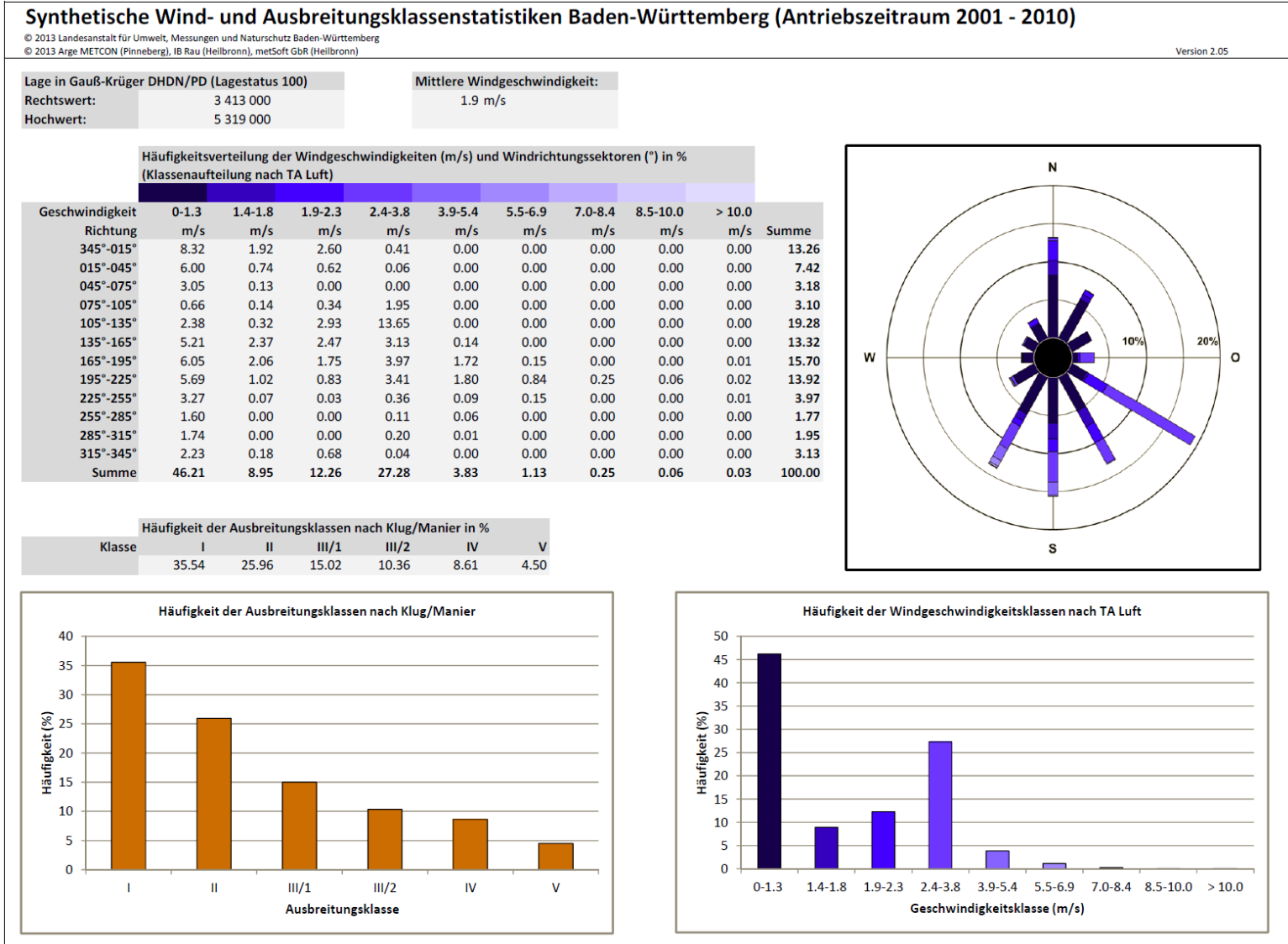


Abbildung 7-3: stuehlinger\_E3413000\_N5319000-synAKS



**Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken Baden-Württemberg (Antriebszeitraum 2001 - 2010)**

 © 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
 © 2013 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

Version 2.05

**Lage in Gauß-Krüger DHDN/PD (Lagestatus 100)**

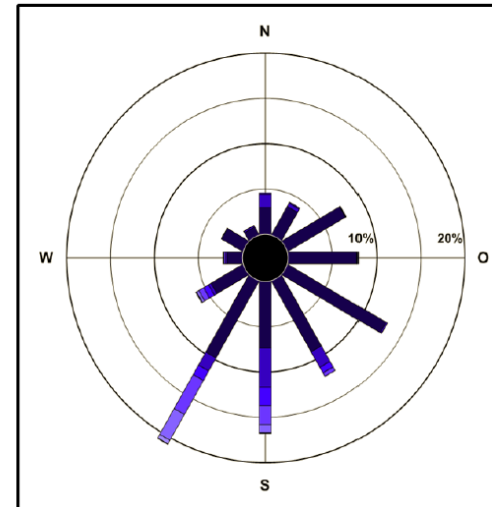
 Rechtswert: 3 411 000  
 Hochwert: 5 316 500

**Mittlere Windgeschwindigkeit:**

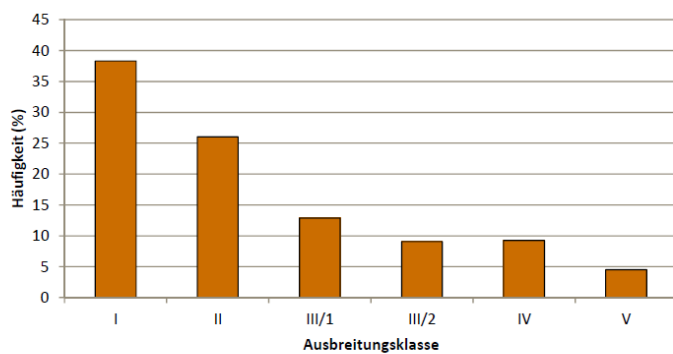
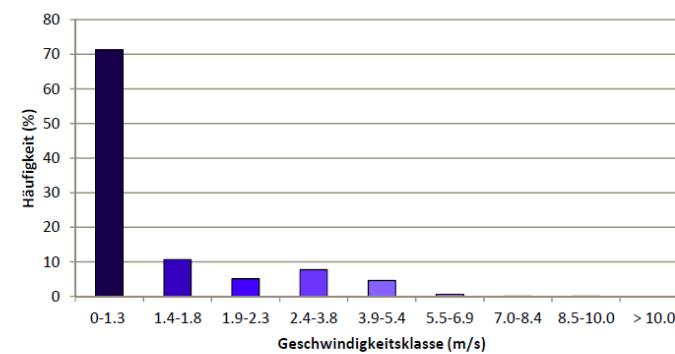
1.5 m/s

**Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in %  
 (Klassenaufteilung nach TA Luft)**

| Geschwindigkeit | Windgeschwindigkeitsklassen (m/s) |         |         |         |         |         |         |          |        | Summe  |
|-----------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|
|                 | 0-1.3                             | 1.4-1.8 | 1.9-2.3 | 2.4-3.8 | 3.9-5.4 | 5.5-6.9 | 7.0-8.4 | 8.5-10.0 | > 10.0 |        |
| Richtung        | m/s                               | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s     | m/s      | m/s    |        |
| 345°-015°       | 3.05                              | 1.44    | 0.14    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 4.63   |
| 015°-045°       | 3.66                              | 0.41    | 0.11    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 4.18   |
| 045°-075°       | 7.62                              | 0.05    | 0.04    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 7.71   |
| 075°-105°       | 7.87                              | 0.09    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 7.95   |
| 105°-135°       | 12.83                             | 0.18    | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 13.02  |
| 135°-165°       | 9.07                              | 1.98    | 0.73    | 0.45    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 12.22  |
| 165°-195°       | 7.40                              | 4.34    | 2.05    | 2.08    | 0.92    | 0.06    | 0.00    | 0.01     | 0.00   | 16.86  |
| 195°-225°       | 9.84                              | 1.67    | 1.22    | 4.31    | 3.31    | 0.46    | 0.00    | 0.06     | 0.00   | 20.87  |
| 225°-255°       | 4.21                              | 0.33    | 0.65    | 0.65    | 0.30    | 0.07    | 0.01    | 0.00     | 0.00   | 6.22   |
| 255°-285°       | 1.79                              | 0.00    | 0.19    | 0.20    | 0.06    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 2.25   |
| 285°-315°       | 2.84                              | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 2.85   |
| 315°-345°       | 1.05                              | 0.18    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 1.24   |
| Summe           | 71.24                             | 10.66   | 5.13    | 7.70    | 4.60    | 0.60    | 0.02    | 0.07     | 0.00   | 100.00 |


**Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %**

| Klasse         | I     | II    | III/1 | III/2 | IV   | V    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Häufigkeit (%) | 38.28 | 26.04 | 12.87 | 9.07  | 9.24 | 4.49 |

**Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier**

**Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft**

**Abbildung 7-4: wiehre\_georgen\_E3411000\_N5316500-synAKS**

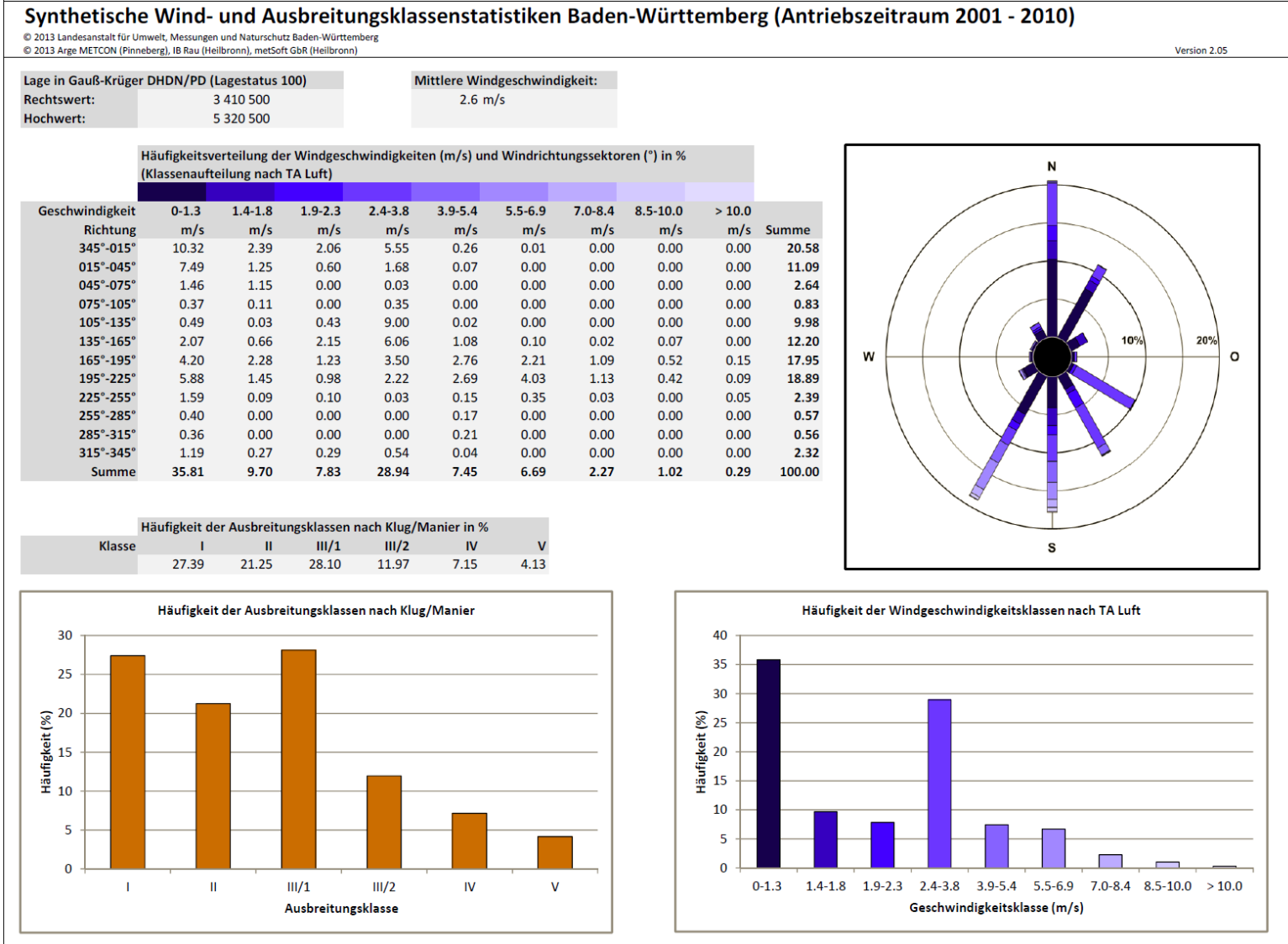


Abbildung 7-5: lehen\_E3410500\_N5320500-synAKS

