

Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement

A 44 / Verkehrskosteneinheit 11 / Station: von Bau-km 0-702,148 bis Bau-km 5+409,625 /
von Bau-km 6+000,000 bis Bau-km 11+200,992

Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 15

Neubau der BAB A 44 Kassel - Herleshausen

AD LOSSETAL - AS HELSA OST

PROJIS-Nr.: 06069901 10

FESTSTELLUNGSENTWURF

Prognose der verkehrsbedingten Immissionen Immissionsprognose Luftschadstoffe

Aufgestellt:

Kassel, den 19.11.2020

Hessen Mobil

- Dezernat Planung Nordhessen -

i. A. gez. Ralf Struif

(Dezernent)

Auftraggeber: Hessen Mobil
Straßen- und Verkehrsmanagement Kassel
Dezernat Planung Nordhessen
Untere Königsstraße 95
34117 Kassel

Unterlage 17.2.1

Prognose der verkehrsbedingten Immissionen Immissionsprognose Luftschadstoffe

VKE 11 – AD Lossetal bis AS Helsa-Ost

FESTSTELLUNGSENTWURF

Angebots-Nr.: 17-11-01-FR

Umfang: 63 Seiten

Datum: 18. April 2019

Bearbeiter: Dr. Rainer Röckle, Diplom-Meteorologe
Dr. Christine Ketterer, M.Sc. in Climate Science
Katharina Knapp, Diplom-Mathematikerin

IMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 202 1662
Fax: 0761/ 202 1671
E-Mail: roeckle@ima-umwelt.de

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	5
2	Vorgehensweise	5
3	Beurteilungsgrundlagen	7
	3.1 Allgemeines.....	7
	3.2 Beurteilungswerte für Luftschadstoffe	8
4	Standort und örtliche Gegebenheiten	9
	4.1 Untersuchungsgebiet	9
5	Beschreibung der Planung.....	10
6	Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionen	11
7	Ermittlung der Vorbelastung.....	12
	7.1 Messungen Kaufungen und Helsa	12
	7.2 Messungen der HLNUG	13
	7.3 Vorbelastungskarten Hessen.....	15
	7.4 Ansatz der Vorbelastung	16
8	Meteorologische Verhältnisse	17
9	Ausbreitungsrechnungen.....	20
	9.1 Allgemeines.....	20
	9.2 Erzeugen der Windfeldbibliothek	21
	9.3 Meteorologische Datenbasis	22
	9.4 Verwendetes Ausbreitungsmodell	22
	9.5 Simulationsgebiet der Ausbreitungsrechnung.....	22
	9.6 Berücksichtigung des Geländeeinflusses.....	24
	9.7 Lage der Quellen	25
	9.8 Zeitreihe der Emissionen	25
	9.9 Fahrzeuginduzierte Turbulenz	25
	9.10 Berücksichtigung der Emissionen aus Tunneln	26
	9.11 Berücksichtigung von Einschnitten und Lärmschutz.....	26
	9.12 Umwandlung NO \Rightarrow NO ₂	26
	9.13 Berechnung des Stickstoffeintrags	26
10	Ergebnis luftgetragene Schadstoffe	28
	10.1 Überblick	28
	10.2 Bereich Kaufungen	29
	10.2.1 Nullfall	29
	10.2.2 Planfall	29
	10.3 Bereich Helsa.....	33
	10.3.1 Nullfall.....	33

10.3.2 Planfall	33
10.4 Bewertung	33
11 Stickstoffeinträge	37
11.1 FFH-Gebiet Lossewiesen bei Niederkaufungen	37
11.2 FFH-Gebiet Wald nördlich Niederkaufungen	39
11.3 Beitrag der A7	41
12 Planungsempfehlungen	43
13 Zusammenfassung	44
14 Literatur	45
15 Anhang.....	47
15.1 Verfahrensbeschreibung „Prognostische Windfeldbibliothek“	47
15.2 Verfahren zur Erstellung der Windfeldbibliothek	47
15.3 Beschreibung des Modells LASAT	49
15.4 Eingangsdaten Modellrechnung	49
15.5 Emissionstabellen	54
15.6 Abbildungen	58

1 Situation und Aufgabenstellung

Das Straßen- und Verkehrsmanagement Kassel (Hessen Mobil) plant im Auftrag des Bundes den Bau einer leistungsstarken Verkehrsverbindung von Kassel nach Herleshausen, die die vorhandene B 7 entlastet. Die Trassierung zwischen Kassel und Hessisch Lichtenau führt durch das Lossetal. Das Lossetal hat, von Hessisch-Lichtenau kommend, einen relativ engen Talraum, der sich ab Oberkaufungen in Richtung Fulda (Kassel) öffnet. Im Talraum selbst liegen die Ortschaften Kaufungen, Helsa, Waldhof, Eschenstruth und Fürstenhagen. Auf Höhe der Ortschaft Helsa verläuft die Trasse der geplanten A 44 in einem Tunnel.

Im Rahmen der Überarbeitung der Planung wurde die Trassenführung optimiert. Ferner soll gegenüber früheren Planungen die B 7 als Umleitungsstrecke zwischen den Ortslagen Kaufungen und Helsa erhalten bleiben.

Neben dem Verlauf der Trasse wurde auch die Verkehrsprognose auf den Prognosehorizont 2030 fortgeschrieben. Weiterhin gibt es seit April 2017 ein aktualisiertes Handbuch für die Emissionen des Kfz-Verkehrs (HBEFA 3.3), das insbesondere die höheren Stickoxidemissionen des „Dieselgates“ berücksichtigt. Die Immissionsprognose von 2012 (Hasel et al.) musste entsprechend überarbeitet werden.

Aufgrund der fortgeschriebenen Planung sind die gesundheitsbezogenen Luftbelastungen für die Stoffe PM₁₀ (einatembare Feinstaub), PM_{2,5} (lungengängiger Feinstaub), NO₂ (Stickstoffdioxid) sowie für die Bewertungen im Naturschutz die Immissionen von NO_x (Stickstoffoxide) und der Stickstoffeintrag hinsichtlich des neuen Planungsstandes neu zu betrachten. Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Benzol, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Blei, liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie müssen daher nicht betrachtet werden.

Aufgabenstellung ist es, die Luftbelastungen des Prognose-Nullfalls und des Prognose-Planfalls (2030) zu ermitteln. Dabei werden die Topographie des Lossetals und das Auftreten von besonderen, thermisch bedingten Wetterlagen (insbesondere Kaltluftabflüsse) berücksichtigt.

Für die Bewertung ist die Ermittlung der Gesamtbelastung erforderlich. Diese ergibt sich aus Überlagerung der Vorbelastung und der Zusatzbelastung durch die Planung. Um die Entlastung der B 7 zu berücksichtigen, muss auch diese Straße in die Emissions- und Immissionsberechnungen einfließen.

Die Beurteilung erfolgt anhand der gesundheitsbezogenen Grenzwerte der 39. BImSchV. Die Bewertung der Stickoxide (NO_x) und der Stickstoffeinträge ist abhängig von der Empfindlichkeit der betroffenen Lebensräume. Deren Beurteilung erfolgt durch den UVU-Gutachter.

2 Vorgehensweise

Zur Beurteilung der Belastungssituation mit Luftschadstoffen muss die Gesamtbelastung ermittelt werden. Diese setzt sich zusammen aus der Vorbelastung durch vorhandene Quellen und der allgemeinen Hintergrundbelastung sowie der Zusatzbelastung durch die möglichen Kfz-Verkehre auf dem geplanten Abschnitt A 44.

Die Vorbelastung wird anhand von Messungen der HLNUG, der Vorbelastungskarten für Hessen und älteren Daten der temporären Messstellen Helsa und Kaufungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW, 2008) abgeleitet.

Die Zusatzbelastungen durch die Kfz-Verkehre auf dem Hauptverkehrswegenetz werden auf Basis der Zahlen des Verkehrsgutachtens (Modus Consult, 2017) berechnet. Hierzu sind zum einen die Emissionen durch die Kfz-Verkehre zu bestimmen. Zum andern wird deren Ausbreitung durch die lokalen Strömungs- und Austauschverhältnisse bedingt. In dem teils komplex gegliederten Gelände erfolgte die Berechnung der Strömungsverhältnisse mit dem prognostischen mesoskaligen Strömungsmodell METRAS-PCL, das auch in steilem Gelände realistische Windfelder berechnet.

Die Berechnung der Zusatzbelastungen erfolgte für die Stoffe NO_x , NO_2 , NO , NH_3 , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$. Ferner wurden die Stickstoffeinträge in FFH-Lebensräume ermittelt. Die räumliche Auflösung liegt zwischen 20 m und 160 m. Das Bezugsjahr ist 2030.

Als meteorologische Eingangsdaten wurde die vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLNUG) bzw. vom Deutschen Wetterdienst bereit gestellte stundenfeine Jahreszeitreihe von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Turbulenzzustand der Atmosphäre (Ausbreitungsklasse) verwendet. Der Messort dieser Daten liegt im Untersuchungsgebiet. Die Auswahl eines meteorologisch repräsentativen Jahres wurde vom DWD (2011) bestätigt.

Das Gutachten wurde nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 „Qualitätssicherung Ausbreitungsrechnung“ erstellt, soweit deren Inhalte für die Betrachtung Kfz-verkehrsbedingter Immissionen übertragbar waren.

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Allgemeines

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden folgende Schadstoffe betrachtet:

- NO₂,
- PM₁₀ (inhalierbarer Feinstaub),
- PM_{2,5} (lungengängiger Feinstaub).

NO₂ gilt als typische verkehrsbedingte Luftverunreinigung, bei der sowohl die mittlere Belastung als auch Spitzenwerte als toxisch relevant angesehen werden können.

PM₁₀ ist als Staub definiert, der einen Abscheider passiert, der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm zu 50 % zurückhält. Es handelt sich somit um Feinstaub. Der aerodynamische Teilchendurchmesser der unmittelbar vom Motor emittierten Partikeln liegt unter 1 µm. Abhängig von der Höhe der Belastung kann die Einwirkung von Feinstaub zu einer Irritation der Bronchialschleimhaut führen. Chronische Staubbelastungen können zu chronischer Bronchitis sowie zu Lungenfunktionsveränderungen führen. Verkehrsbedingter Schwebstaub enthält lufthygienisch relevante Stoffe, z.B. Rußpartikel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle. Eingeatmeter Staub, im Wesentlichen Schwebstaub, enthält sowohl nicht-lungengängige Anteile (Grobstaub) als auch lungengängige Anteile (Feinstaub).

PM_{2,5} sind – analog zu PM₁₀ – Partikel, die einen gröbselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm einen Abscheidegrad von 50% aufweist. PM_{2,5} ist somit eine Teilmenge von PM₁₀. Diese Korngrößen sind alveolengängig.

Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Blei, Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO₂) liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie werden daher nicht weiter betrachtet.

Für Ruß sind keine Immissionswerte festgelegt. Die Beurteilung geschieht über PM₁₀-Staub, der die Rußfraktion beinhaltet.

Im Gegensatz zu anderen Luftverunreinigungen wird Ozon (O₃) nicht direkt emittiert. In der bodennahen Atmosphäre entsteht Ozon aus Vorläufersubstanzen. Ozon-Immissionen sind quellenah nicht von Bedeutung. Im kleinräumigen Skalenbereich in der Nähe der Emissionsquellen, also z.B. im Nahbereich einer Autobahn, wird Ozon durch frisch emittiertes Stickstoffmonoxid abgebaut. Dieser sog. Titrationseffekt ist dafür verantwortlich, dass es in der Nähe von Straßen eher zu einem Abbau des vorhandenen Ozons kommt und niedrigere Konzentrationen gemessen werden. Ozon wird daher im vorliegenden Gutachten nicht betrachtet.

Neben den luftgetragenen Schadstoffen sind die Stickstoffeinträge in FFH-Lebensräume zu beachten. Die Emissionen des Kfz-Verkehrs enthalten im Wesentlichen die Stickstoffverbindungen Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ammoniak (NH₃). Diese werden durch trockene und nasse Deposition aus der Atmosphäre ausgetragen. Stickstoffempfindliche Lebensräume können dadurch beeinträchtigt werden.

3.2 Beurteilungswerte für Luftschadstoffe

Zur Beurteilung der Schadstoffkonzentrationen werden die Immissionswerte der 39. BImSchV herangezogen. Die 39. BImSchV dient der Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG in deutsches Recht. Ziel ist es, schädliche Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern.

In der 39. BImSchV werden folgende Immissionskenngrößen zum Schutz vor Gesundheitsgefahren begrenzt:

- Kalenderjahresmittelwerte (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}),
- Überschreitungshäufigkeiten von vorgegebenen Konzentrationsschwellen für Stundenmittelwerte,
- Überschreitungshäufigkeiten von vorgegebenen Konzentrationsschwellen für Tagesmittelwerte.

Tabelle 3-1 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten Immissionsbeurteilungswerte mit entsprechender Definition und Literaturangabe.

Tabelle 3-1: Zusammenstellung der nach derzeitiger Gesetzeslage gültigen Immissionsbeurteilungswerte der 39. BImSchV.

Schadstoff	Konzentrationswert	Statistische Definition
NO ₂	40 µg/m ³	Jahresmittelwert
	200 µg/m ³	Schwelle, die von maximal 18 Stundenmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf
Staub (PM ₁₀)	40 µg/m ³	Jahresmittelwert
	50 µg/m ³	Mittelwert über 24 Stunden, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf
Feinstaub PM _{2,5}	25 µg/m ³	Jahresmittelwert

Zur Bewertung der Stickstoffeinträge sind, abhängig vom Lebensraumtyp, sogenannte „critical loads“ definiert. Diese beziehen sich auf den Gesamteintrag an Stickstoff. Ob Einträge durch ein Vorhaben relevant sind, wird zunächst anhand des Beitrags der Planungsmaßnahme geprüft. Bei Einträgen über 0,3 kg N/(ha·a) ist der Gesamteintrag zu bestimmen und zu bewerten. Diese Bewertung wird vom UVU-Gutachter vorgenommen. Dabei kommt der Stickstoffleitfaden Straße (FGSV, 2019) zur Anwendung.

4 Standort und örtliche Gegebenheiten

4.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich vom Autobahndreieck Lossetal bis zum Anschluss Helsa Ost. Die Trassierung führt durch das Lossetal, das von Kassel kommend zunächst wenig strukturiert ist und östlich von Kaufungen in einen engen Talraum übergeht. Die Trasse startet am Anschluss Lossetal bei ca. 160 m ü. NHN und endet am Anschluss Helsa-Ost bei ca. 297 m ü. NHN. In Abbildung 4-1 ist das Gebiet im Übersichtplan dargestellt.

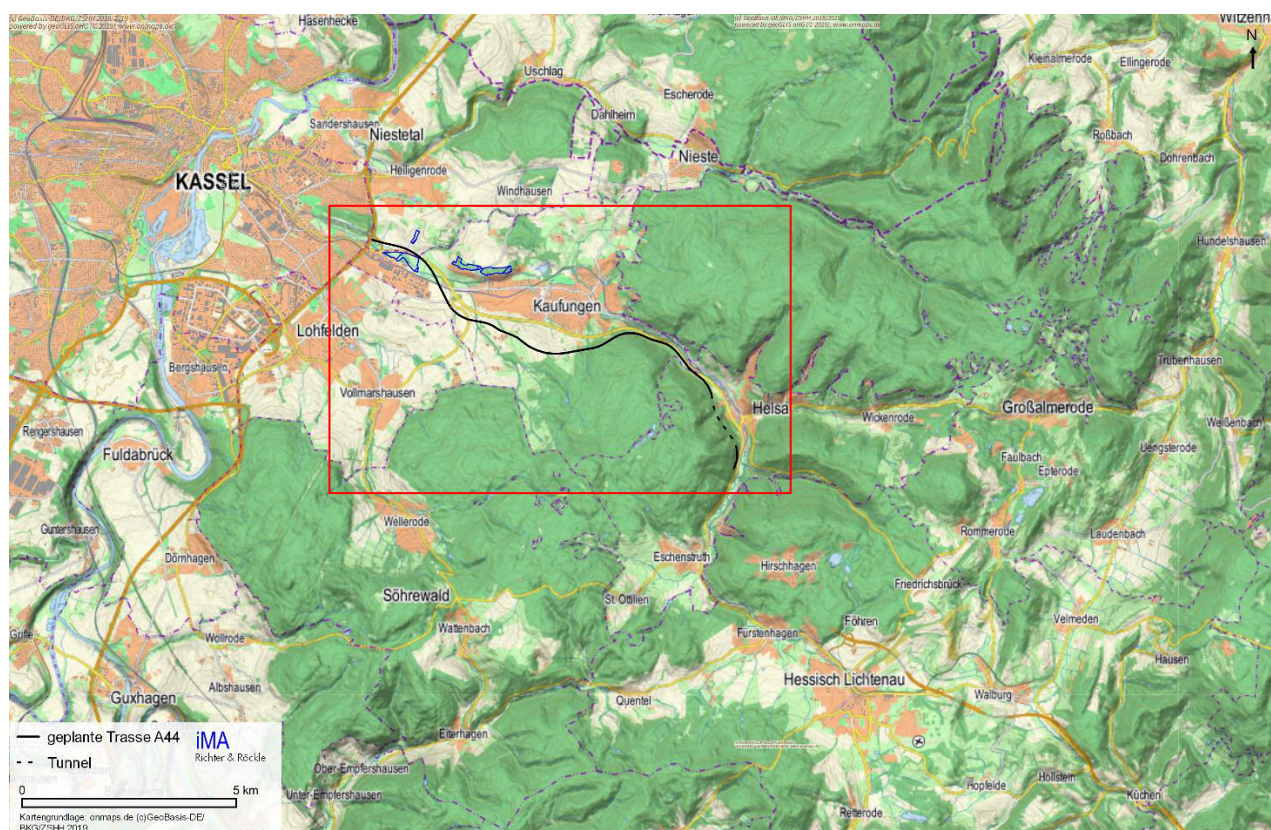


Abbildung 4-1: Großräumige Einordnung der Lage der Trasse.

Entlang der Trasse liegt das Gewerbegebiet Papierfabrik und die Siedlungsräume Kaufungen und Helsa. Auf Höhe der Ortschaft Helsa verläuft die Trasse der geplanten A 44 in einem Tunnel.

Die lufthygienische Situation wird durch den Kfz-Verkehr der A 7 im Westen und der B 7, dem Hausbrand in den Siedlungsbereichen und den Emissionen von Gewerbe und Industrie geprägt. In den Höhenlagen treten geringere Belastungen auf, da diese Quellengruppen dort kaum vorhanden sind.

Abbildung 4-2 zeigt das Untersuchungsgebiet für die Berechnung der Windfelder. Um die Auswirkungen der topographischen Strukturen zu berücksichtigen, muss ein relativ großes Gebiet berücksichtigt werden. Das Untersuchungsgebiet für die Immissionsberechnungen umfasst die blauen Bereiche.

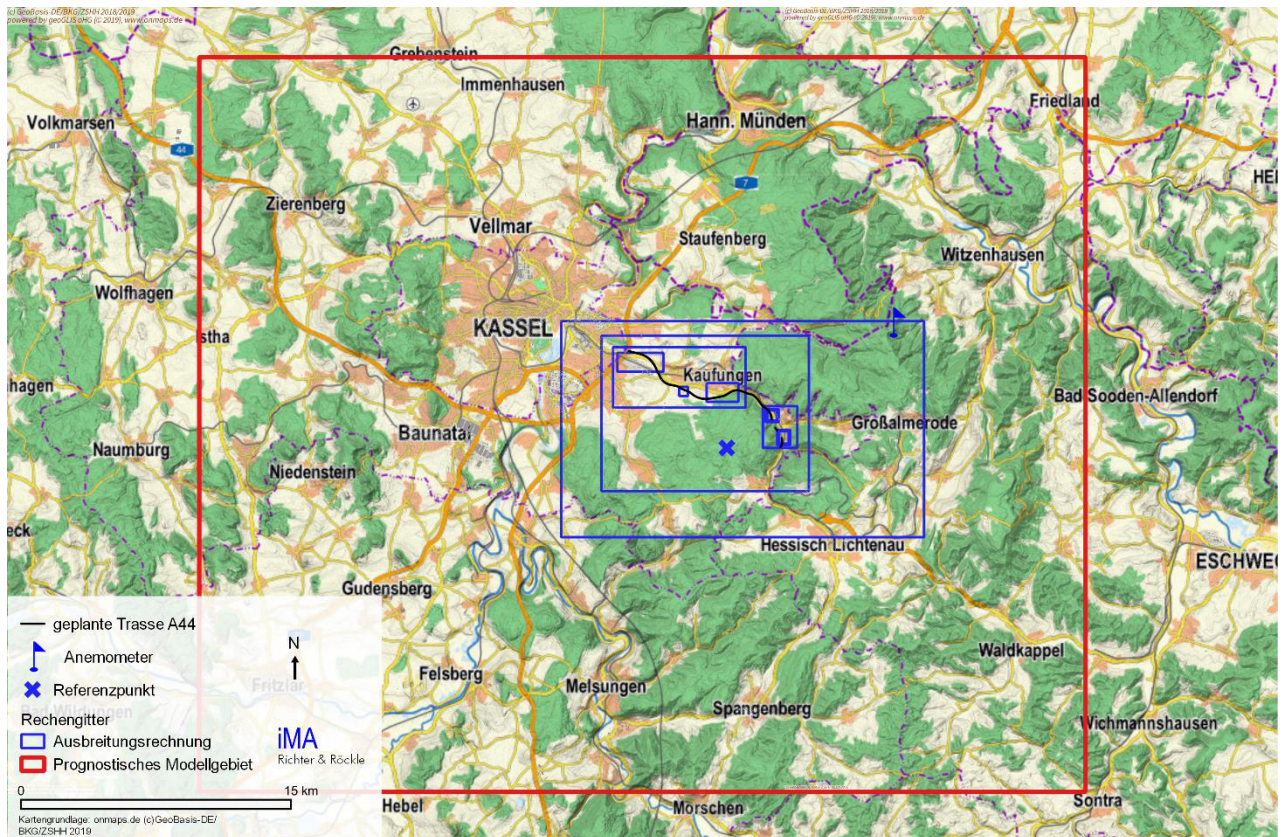


Abbildung 4-2: Untersuchungsgebiet Windfeldberechnung (rot) und Ausbreitungsrechnung (blau).

5 Beschreibung der Planung

Der geplante Abschnitt VKE 11 der A 44 verläuft östlich von Kassel durch das Lossetal (vgl. Abbildung 5-1). Die existierende B 7 wird im Westen bis zur Anschlussstelle Kaufungen ersetzt und verläuft anschließend nach Süden von der B 7 abgerückt, z.T. in Tieflage.

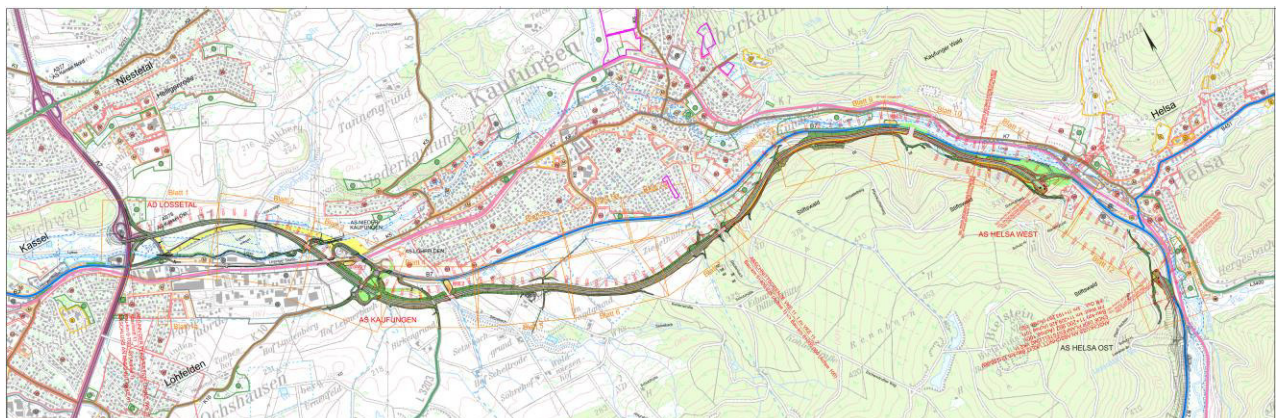


Abbildung 5-1: Topografische Situation und Lage der Trasse. (Plan nicht genordet).

6 Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionen

Die Emissionsberechnung erfolgt nach dem aktuellen Handbuch für Emissionsfaktoren des Kfz-Verkehrs HBEFA 3.3, das Anfang Mai 2017 erschienen ist.

Die Datenbank beinhaltet spezifische Emissionsfaktoren für unterschiedliche Fahrzeugkategorien (Pkw, LNF, SNf, Busse und Krafträder) und unterschiedliche Bezugsjahre (1990 bis 2030). Die Emissionen wurden unter nachfolgend beschriebenen Ansätzen ermittelt. Eine Zusammenstellung der Eingangsdaten findet sich im Anhang. Die berechneten spezifischen Emissionen pro Streckenabschnitt können Tabelle 15-2 und Tabelle 15-3 entnommen werden. Die Lage der Streckenabschnitte ist in Abbildung 15-1 und Abbildung 15-2 dargestellt.

Verkehrsaufkommen

Die Verkehrszahlen wurden der Verkehrsuntersuchung von Modus Consult (2017) entnommen.

Die angesetzten Verkehrsaufkommen für das Prognosejahr 2030 sind für den Nullfall in Tabelle 15-2 und den Planfall in Tabelle 15-3 aufgeführt.

Prognosejahr

Im Handbuch sind für unterschiedliche Prognosejahre zwischen 1990 und 2030 Emissionsfaktoren hinterlegt.

Bei den Luftschadstoffen wird davon ausgegangen, dass durch sukzessiven Ersatz der Altfahrzeuge die spezifischen Fahrzeugemissionen auch zukünftig zurückgehen. Dieser Rückgang liegt über den zu erwartenden Verkehrszunahmen. Anders als beim Schall ist für die lufthygienische Fragestellung ein naher Prognosehorizont konservativer.

Zum Ansatz kamen die prognostizierten Verkehrszahlen für 2030. Die Emissionsberechnungen wurden für das Bezugsjahr 2025 durchgeführt. Dadurch werden die Emissionen leicht überschätzt.

Fahrzeugflotte

In die Emissionen geht die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und deren Fahrleistung ein. Die Zusammensetzung der real im Untersuchungsgebiet fahrenden Diesel- und Benzin-betriebenen Fahrzeuge, aufgeschlüsselt nach Euro-Normen und Fahrleistungen liegt nicht vor. Deshalb wurde die Verteilung gemäß bundesdeutschem Schnitt angesetzt.

Straßentypus

Der Straßentypus wurde wie in den Tabellen im Anhang angesetzt. Auf der geplanten A 44 wurde eine Autobahn im ländlichen Raum ohne Tempolimit (Land/AB/>130) angesetzt. Lediglich in den Tunneln wurde hier ein Tempolimit von 80 km/h angenommen.

Kaltstartanteil

Kalte Motoren emittieren erheblich mehr Luftschadstoffe als betriebswarme Motoren. Die Kaltstartanteile wurden nach VDI 3782 Blatt 7 entsprechend der Fahrmodi angesetzt.

Eine Auflistung der angesetzten Kaltstartanteile kann den Emissionstabellen in Kapitel 15.5 (Spalte KSA) entnommen werden. Auf Autobahnen wird von betriebswarmen Motoren ausgegangen.

Klimaanlagen

In den spezifischen Emissionen ist der steigende Anteil von Klimaanlagen berücksichtigt, der insbesondere eine Erhöhung der NO_x-Emissionen bewirkt.

Aufwirbelung und Abrieb bei den Stäuben

Die Feinstaub-Emissionen bestehen nur zum Teil aus den Motoremissionen. Ein vergleichbarer Teil der Feinstaubemissionen entsteht durch Aufwirbelung und Abriebe (Reifenabrieb, Straßenabrieb, Bremsabrieb). An diesen Emissionen sind alle Fahrzeuge – nicht nur dieselgetriebene – beteiligt. Die spezifischen Emissionen für die Aufwirbelung und den Abrieb werden entsprechend Untersuchungen des Sächsischen Landesamtes (Lohmeyer, 2011) für PM₁₀ angesetzt.

Für PM_{2,5} erfolgt die Berechnung der Aufwirbelung und des Abriebs nach EMEP (2016).

7 Ermittlung der Vorbelastung

Die Vorbelastung umfasst die Beiträge der großräumigen Hintergrundbelastung, der Beiträge durch Hausbrand, Gewerbe und Industrie sowie die Beiträge des Straßenverkehrs. Sie ist diejenige Immissionsbelastung, die ohne den Beitrag der verursachten Kfz-Verkehre der Planung im Simulationsgebiet vorliegen würde. Die durch die Planung verursachten Immissionsbeiträge werden in den Ausbreitungsrechnungen als „Zusatzbelastung“ erfasst.

Folgende Daten fließen in die Bestimmung der Vorbelastung ein:

- Messungen in Kaufungen und Helsa 2007/2008
- Messungen der HLNUG an den Messstellen Kassel-Mitte und Witzenhausen
- Vorbelastungskarten Hessen

7.1 Messungen Kaufungen und Helsa

Für die Bestimmung der Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet wurden in Abstimmung mit der HLNUG Messwerte der temporär von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) eingerichteten Messstationen (LUBW, 2008) verwendet. Die orientierenden Messungen erfolgten u.a. in Kaufungen und Helsa. Die Lage der zugehörigen Messpunkte ist in Abbildung 7-1 dargestellt. Der Messzeitraum erstreckte sich über 8 Wochen vom 10.10. bis zum 11.12.2007 (Messperiode a) bzw. vom 08.08.2008 bis zum 16.10.2008 (Messperiode b). Es wurden die Komponenten Stickstoffdioxid und Feinstaub PM₁₀ gemessen. Die Ergebnisse werden in Tabelle 7-1 zusammengefasst. Durch den Vergleich mit umliegenden Dauermessstationen des Hessischen Luftmessnetzes konnte trotz des orientierenden Charakters der kurzen Messungen ein Bezug zum Jahresmittelwert hergestellt werden.

Detaillierte Informationen zum Mess- und Analyseverfahren können den Messberichten der LUBW (2008) entnommen werden.

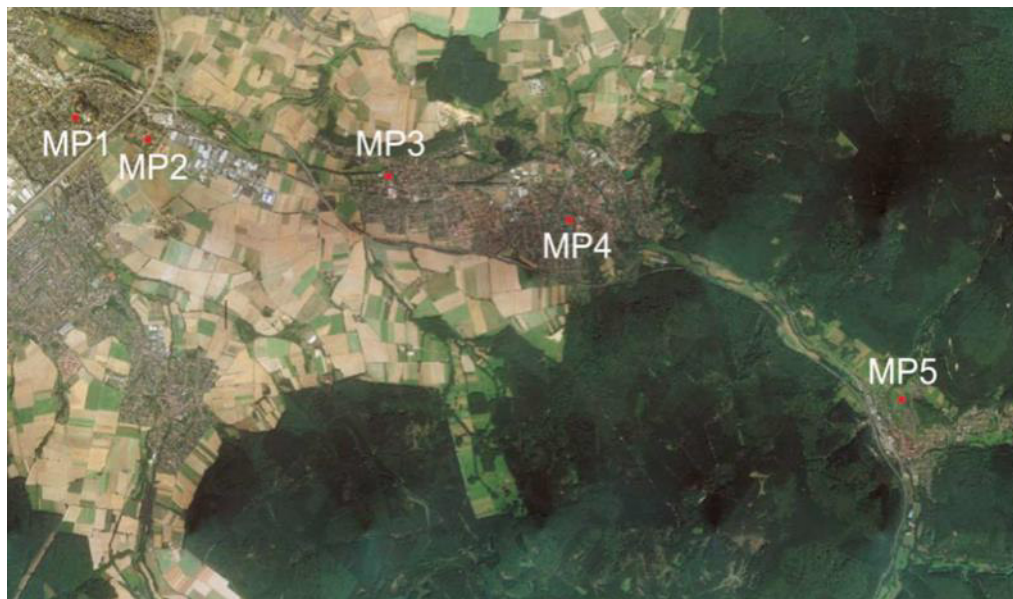


Abbildung 7-1: Lage der Messpunkte zur Einordnung der Vorbelastung

Tabelle 7-1: Berechnete Jahresmittelwerte an den Messstationen in den Messperioden a und b. PM10 wurde nicht an allen Stationen gemessen.

Messpunkte	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)
MP1 Kassel-Forstfeld	29 ^b	18 ^b
MP2 Kaufungen Crumbacher Weg	24 ^b	–
MP3 Kaufungen Windhäuser Straße	19 ^b	–
MP4 Kaufungen Hopfenbreite	19 ^b	–
MP5 Helsa Ibachweg	17 ^a / 14 ^b	19 ^a

^a: Messperiode a: 10.10. bis 11.12.2007

^b: Messperiode b: 08.08. bis 16.10.2008

Die Messpunkte 3 und 4 waren für die Hintergrundbelastung 2007/2008 im Ortsbereich von Kaufungen und am Messpunkt 5 im Ortsbereich von Helsa repräsentativ. Zu beachten ist, dass die Messungen selbst schon die Einflüsse des bestehenden nahen und fernen Kfz-Verkehrs enthalten.

Die Messpunkte 1 und 2 liegen im Umfeld der stark frequentierten A 7. Die dort gemessenen Konzentrationen sind daher deutlich stärker durch den Verkehr beeinflusst als dies an den anderen Messpunkten der Fall ist. Da die A 7 explizit in die Modellrechnungen einfließt, können diese Messpunkte nicht zur Berechnung der Vorbelastung herangezogen werden. Zudem zeigen die Messungen der HLNUG (folgendes Kapitel), dass die Immissionen seit 2007/2008 in verkehrsbeeinflussten Lagen zurückgegangen sind.

7.2 Messungen der HLNUG

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt ein landesweites Messnetz mit Luftmessstationen. Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen den Messstellen Kassel-Mitte, die repräsentativ für den städtischen Hintergrund ist und der Reinluftstation Witzenhausen. In Tabelle 7-2 sind die Messwerte von NO₂, PM10 und soweit vorhanden von PM2,5 an

der Messstelle Kassel-Mitte zwischen 2007 und 2018 aufgeführt. Tabelle 7-3 enthält die Messwerte an der Messstelle Witzenhausen. PM_{2,5} wird dort nicht gemessen. In Abbildung 7-2 und Abbildung 7-3 sind die zeitlichen Entwicklungen für diesen Zeitraum an den beiden Stationen dargestellt.

Tabelle 7-2: Jahresmittelwerte in µg/m³ von 2007 bis 2018: Messstelle Kassel-Mitte.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
NO ₂	31,0	28,6	26,2	24,7	23,5	24,8	23,8	22,3	22,3	22,4	21,2	22,1
PM ₁₀	22,0	20,0	21,9	21,6	23,1	20,0	20,7	18,9	18,8	17,1	17,3	18,0
PM _{2,5}	–	–	–	–	–	13,5	13,8	14,0	11,9	11,2	–	–

Tabelle 7-3: Jahresmittelwerte in µg/m³ von 2007 bis 2018: Messstelle Witzenhausen.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
NO ₂	7,0	7,9	7,9	8,1	7,5	7,2	7,5	6,4	6,8	7,1	6,3	6,2
PM ₁₀	14,0	11,1	12,6	13,3	13,7	10,2	11,7	13,0	12,1	14,5	11,9	12,0

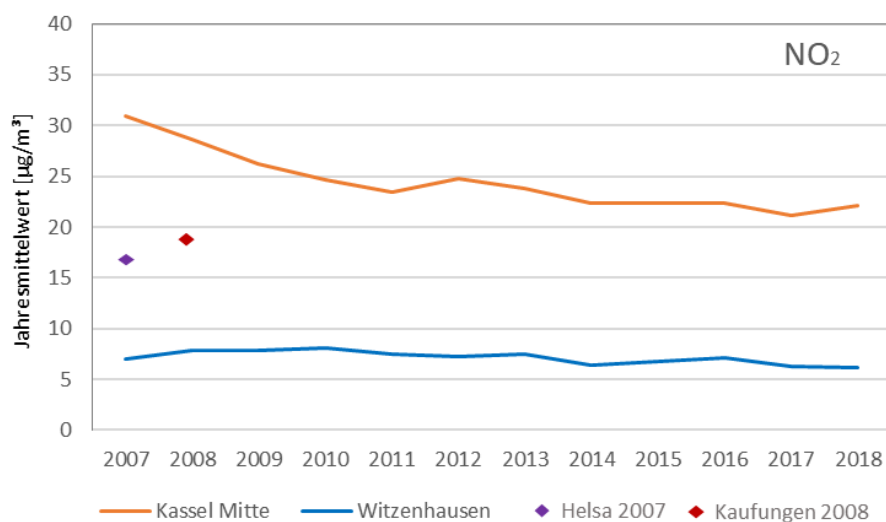


Abbildung 7-2: Verlauf der NO₂-Jahresmittelwerte. Grenzwert 40 µg/m³.

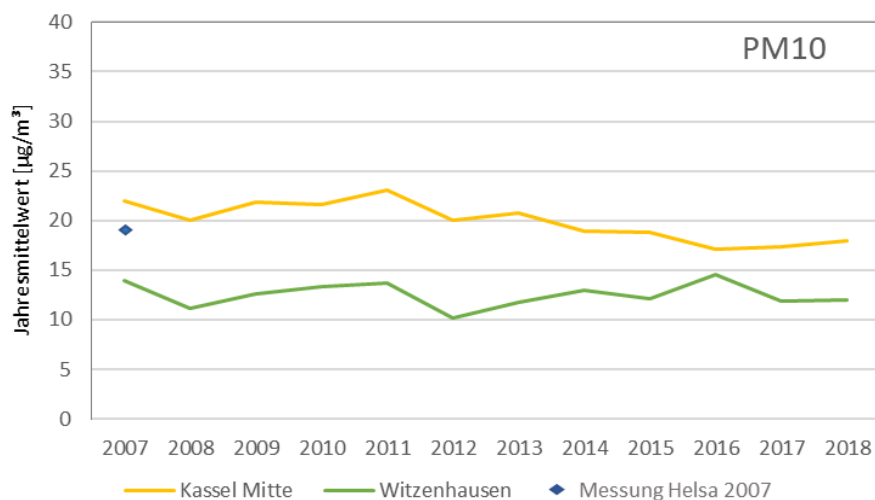


Abbildung 7-3: Verlauf der PM₁₀-Jahresmittelwerte. Grenzwert 40 µg/m³.

7.3 Vorbelastungskarten Hessen

Von der IVU (Pfäfflin et al., 2017) wurden im Auftrag des hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) flächendeckend für Hessen die Vorbelastungen von PM₁₀ und NO₂ für das Bezugsjahr 2013 und 2020 berechnet. Die räumliche Auflösung betrug 500 m x 500 m. Für den Basisfall 2013 wurden die Beiträge der Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kleinverbraucher, Straßenverkehr sowie aller anthropogenen Emissionsquellen berücksichtigt.

Die Berechnung der Kfz-bedingten Emissionen basierte auf dem Handbuch für Emissionen des Kfz-Verkehrs in Version 3.2. Das aktuelle Handbuch HBEFA 3.3 berücksichtigt die höheren Stickoxidemissionen der Diesel-Pkw der Euro-Normen 4, 5 und 6. Dies führt für das Bezugsjahr 2013 zu einer Erhöhung der NO_x-Emissionen um ca. 17 % (Keller et al., 2017). Bei einem Beitrag des Kfz-Verkehrs zu den Gesamtemissionen NO_x von 56,8 % würde sich bei NO_x eine Steigerung von knapp 10 % ergeben. Bei NO₂ fällt durch die nichtlineare Umwandlung geringer aus.

In Abbildung 7-4 und in Abbildung 7-5 sind Ausschnitte aus den Vorbelastungskarten 2013 für NO₂ und PM₁₀ dargestellt.

Bei den Stickstoffoxiden erkennt man eine starke Abnahme der Konzentration zwischen Kassel und insbesondere der A 7 bis in die Reinluftgebiete östlich von Helsa. Bei PM₁₀ ist die Abnahme deutlich geringer, da der allgemeine Hintergrund relativ hoch liegt.

Im Untersuchungsgebiet werden für NO₂ zwischen dem Anschluss an die A 7 und Helsa für 2013 Jahresmittelwerte von etwa 23 µg/m³ bis 10 µg/m³ ausgewiesen. Im Bereich Kaufungen liegen die ausgewiesenen Werte zwischen 14,5 µg/m³ im Westen und 11,0 µg/m³ im Osten. Mit Anpassung an HBEFA 3.3 zwischen ca. 16 µg/m³ und 12 µg/m³.

Bei PM₁₀ beträgt die Vorbelastung 2013 am Autobahnanschluss 17,5 µg/m³ und bei Helsa noch 13,7 µg/m³. Im Raum Kaufungen variieren die Werte zwischen ca. 16 µg/m³ im Westen und 15 µg/m³ im Osten.

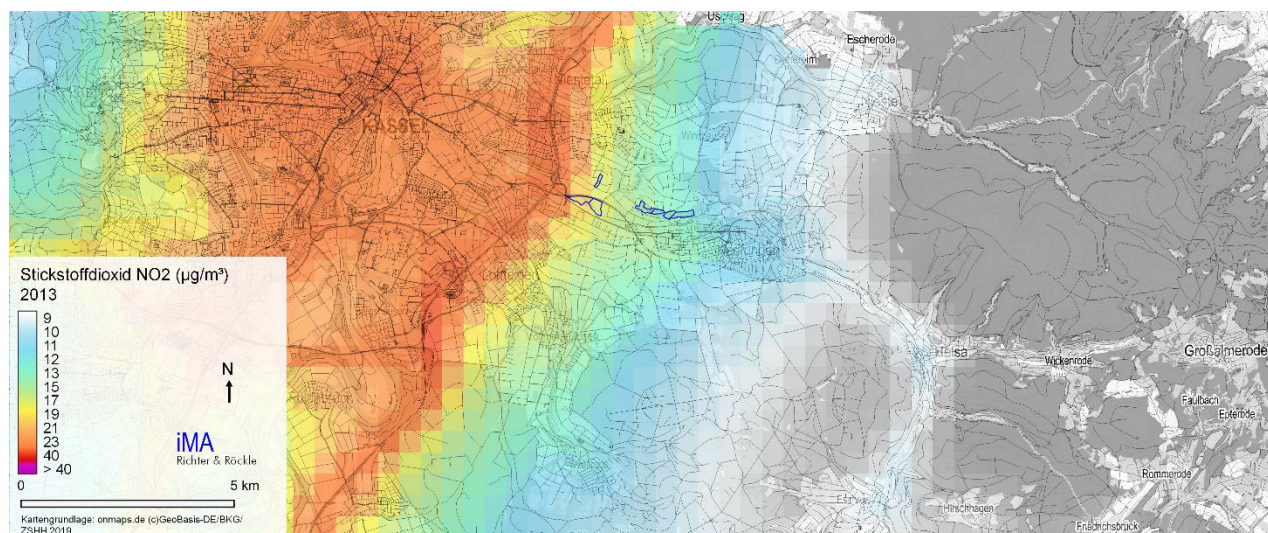


Abbildung 7-4: Vorbelastungskarte 2013 für NO₂.

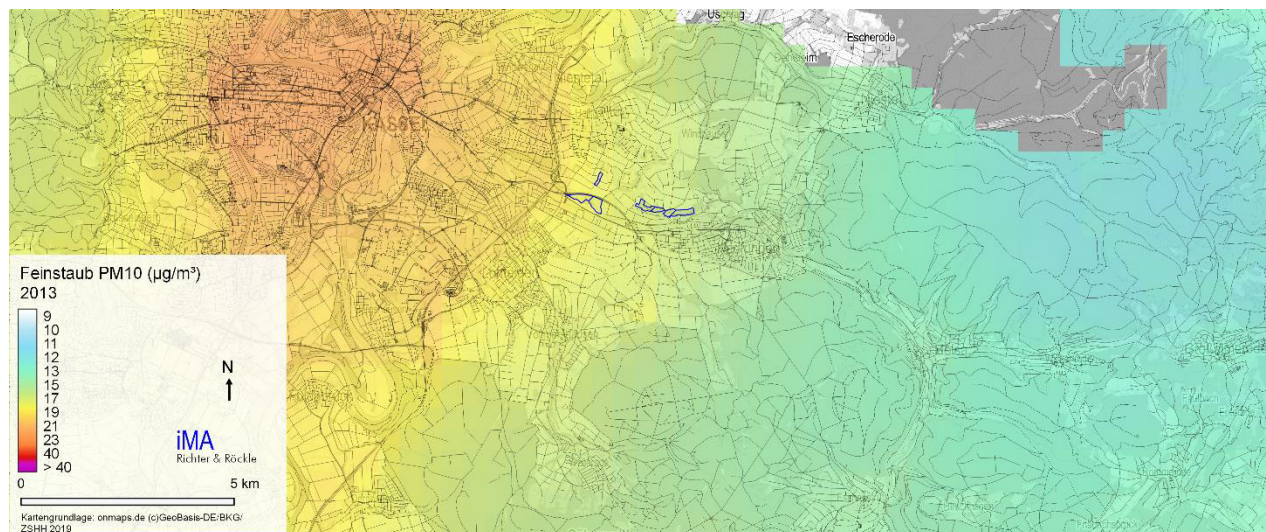


Abbildung 7-5: Vorbelastungskarte 2013 für PM10.

7.4 Ansatz der Vorbelastung

Für das vorliegende Gutachten wurde die Vorbelastung für den Raum zwischen A 7 und Kaufungen sowie für den Bereich Helsa unterschiedlich angesetzt, da doch ein deutlicher Konzentrationsabfall zwischen Kassel und den östlichen Teilen des Untersuchungsgebiets vorhanden ist. Dies zeigen die Messungen in Kassel und Witzenhausen ebenso, wie die Vorbelastungskarten.

Konservativ wurden die Vorbelastungen für 2030 so angesetzt, wie man sie für eine heutige Prognose ansetzen würde. Diese liegen niedriger, als im damaligen Gutachten, was aber den Grafiken Abbildung 7-2 und Abbildung 7-3 zu entnehmen ist, in denen die Werte der Messungen 2007 und 2008 eingetragen wurden. Es ist davon auszugehen, dass die Vorbelastungswerte 2030 niedriger ausfallen.

Für das Jahr 2030 werden die in Tabelle 7-4 aufgeführten Werte angesetzt. Für PM_{2,5} wurden keine Werte zur Vorbelastung veröffentlicht. Messungen in Kassel-Mitte liegen bei Jahresmittelwerten von 12 µg/m³. Konservativ setzen wir 80 % der PM₁₀-Vorbelastung an.

Tabelle 7-4: Immissionsvorbelastung im Plangebiet für den Prognosehorizont 2030.

	NO₂	PM₁₀	PM_{2,5}
2030	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]
Kaufungen	16	16	13
Helsa	13	15	12

8 Meteorologische Verhältnisse

Der Luftaustausch ist eine wesentliche Größe zur Beurteilung der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse. Der Austausch von Luft erfolgt durch horizontale und vertikale Prozesse. Der horizontale Austausch ist dabei hauptsächlich von der Windgeschwindigkeit, der vertikale Austausch von der thermischen Schichtung und Turbulenz der Atmosphäre abhängig. Die Windrichtung bestimmt, woher die Luft kommt, die den Austausch bewirkt.

Als Format für die Daten sind in der TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 8, stundenfein aufeinander folgende meteorologische Daten (AKTerm) vorgesehen. Diese Daten sollen für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sein.

Für die Untersuchung liegt eine AKTerm der Messstelle Witzenhausen (2006) vor, die vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) bzw. vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt wurde.

Diese Station gibt die übergeordneten Verhältnisse wieder. Die lokalen Verhältnisse werden unter Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse flächendeckend mittels eines prognostischen Modells berechnet (siehe Kapitel 9.2). Da sich die Messstation im Simulationsgebiet befindet, kann zu jeder Stunde des Jahres aus dem Messwert ein adäquates Strömungsfeld ausgewählt werden.

Die Messstation liegt auf einer Höhe von 610 m ü. NHN bei den Gauß-Krüger-Koordinaten RW 3554105, HW 5684389. Der Standort ist in Abbildung 4-2 eingetragen.

Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen am Standort Witzenhausen ist in Abbildung 8-1 dargestellt. Die Richtung des Balkens gibt die Richtung, aus der der Wind weht, an. Die Länge des Balkens ist das Maß für die Häufigkeit. Hauptwindrichtung am übergeordneten Standort ist Westsüdwest. Ein zweites Maximum ist bei Ostnordost vorhanden.

In Abbildung 8-2 ist die Verteilung der Windgeschwindigkeiten an der Messstation dargestellt. Die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund beträgt 3,1 m/s.

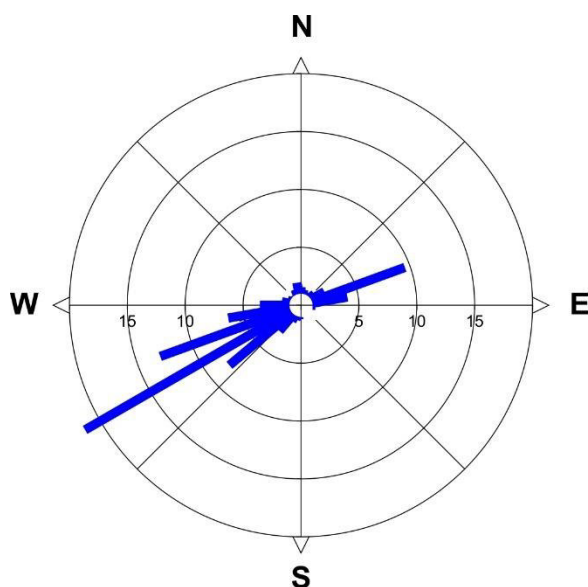


Abbildung 8-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen.

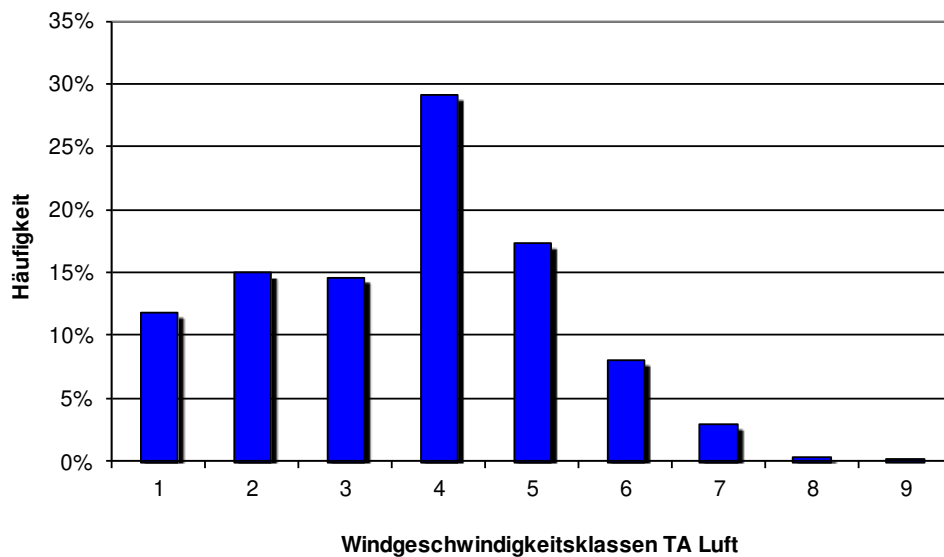


Abbildung 8-2: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten Witzenhausen.

Die Definition der Ausbreitungsklassen nach TA Luft und deren meteorologische Bedingungen sind in Tabelle 8-1 aufgeführt.

Wetterlagen mit guten Austauschverhältnissen (Ausbreitungsklasse III₁ und III₂) sind überwiegend mit westlichen Anströmrichtungen verbunden.

Bei stabilen Ausbreitungsbedingungen (Ausbreitungsklasse I, ausgeprägte Inversion) treten häufig Kaltluftabflüsse auf. Diese wurden bei der Windfeldberechnung flächendeckend erzeugt.

Tabelle 8-1: Erläuterung der Ausbreitungsklassen nach TA Luft

Ausbreitungsklasse	Thermische Schichtung	Entsprechende meteorologische Bedingungen
I	sehr stabil	nachts, windschwach, geringe Bewölkung, ausgeprägte Inversion
II	stabil	nachts, windschwach, bedeckt, schwache Inversion
III ₁	neutral/stabil	Tag und Nacht, höhere Windgeschwindigkeiten
III ₂	neutral/labil	tagsüber, mittlere Windgeschwindigkeiten, bedeckt
IV	labil	tagsüber, windschwach, geringe Bewölkung
V	sehr labil	Mittagszeit in den Sommermonaten, wolkenarm oder windschwach

Die für die Station Witzenhausen ermittelte Verteilung der Ausbreitungsklassen wurde nach dem Verfahren von Kolb (1976) auf das Untersuchungsgebiet des Lossetals übertragen. Die Ausbreitungsklasse repräsentiert den Turbulenzzustand und damit die Verdünnungsfähigkeit der Atmosphäre und berücksichtigt neben der Windgeschwindigkeit auch den Sonnenstand bzw. die Tageszeit und die Bewölkung.

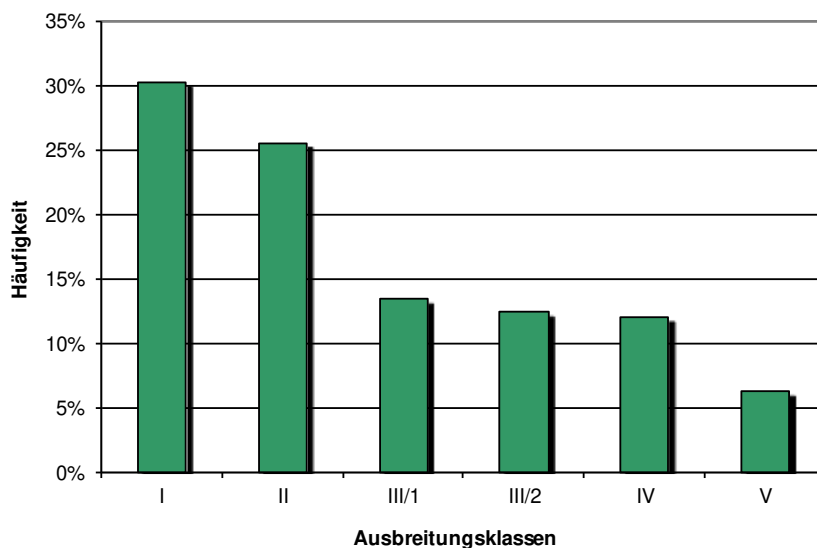


Abbildung 8-3: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen; Witzenhäuser auf Lossetal übertragen.

Die Windfelder werden mit dem prognostischen Modell METRAS-PC berechnet und in einer Windfeldbibliothek für die Ausbreitungsrechnungen mit AUSTAL2000 aufbereitet. METRAS wurde an der Universität Hamburg entwickelt und validiert (Schlünzen et al., 1996). Die prognostischen Windfelder werden für die Windfeldbibliothek auf die von der Ausbreitungsrechnung definierten Gitter interpoliert, um vom Ausbreitungsmodell (AUSTAL2000 oder LASAT) verwendet werden zu können.

Im gegliederten Gelände treten in windschwachen und wolkenarmen Nächten Kaltluftabflüsse auf. Kaltluftabflüsse sind stabil geschichtet (Ausbreitungsklasse I) und sind deshalb wenig turbulent. Im Kaltluftabfluss bodennah freigesetzte Spurenstoffe werden deshalb über größere Distanzen wenig verdünnt transportiert.

In Abbildung 8-4 sind exemplarisch die Kaltluftabflüsse 2 Stunden nach deren Einsetzen dargestellt. Intensivere Kaltluftströme haben sich zu dieser Zeit aus dem Setzebach Tal entwickelt, die Teile von Kaufungen von Südwesten her belüften. Auch aus den Hanglagen östlich von Kaufungen strömt Kaltluft nach Kaufungen ein. Bei Helsa hat sich das Lossetal mit Kaltluftgefüllt, die nach Norden abströmt. Helsa selbst wird überwiegend von Osten her belüftet.

Im Laufe der Nacht stellt sich ein intensiverer Lossetal-abwärts gerichteter Kaltluftstrom ein.

Die Kaltluftabflusssituationen im Laufe der Nacht wurden mit dem prognostischen Modell METRAS berechnet und als zeitabhängige Windfelder in die Windfeldbibliothek eingestellt (siehe auch Kapitel 9.2).

Weitere Details des Verfahrens sind in der Literatur geschildert (Bigalke et al., 2007; Hasel et al., 2009).

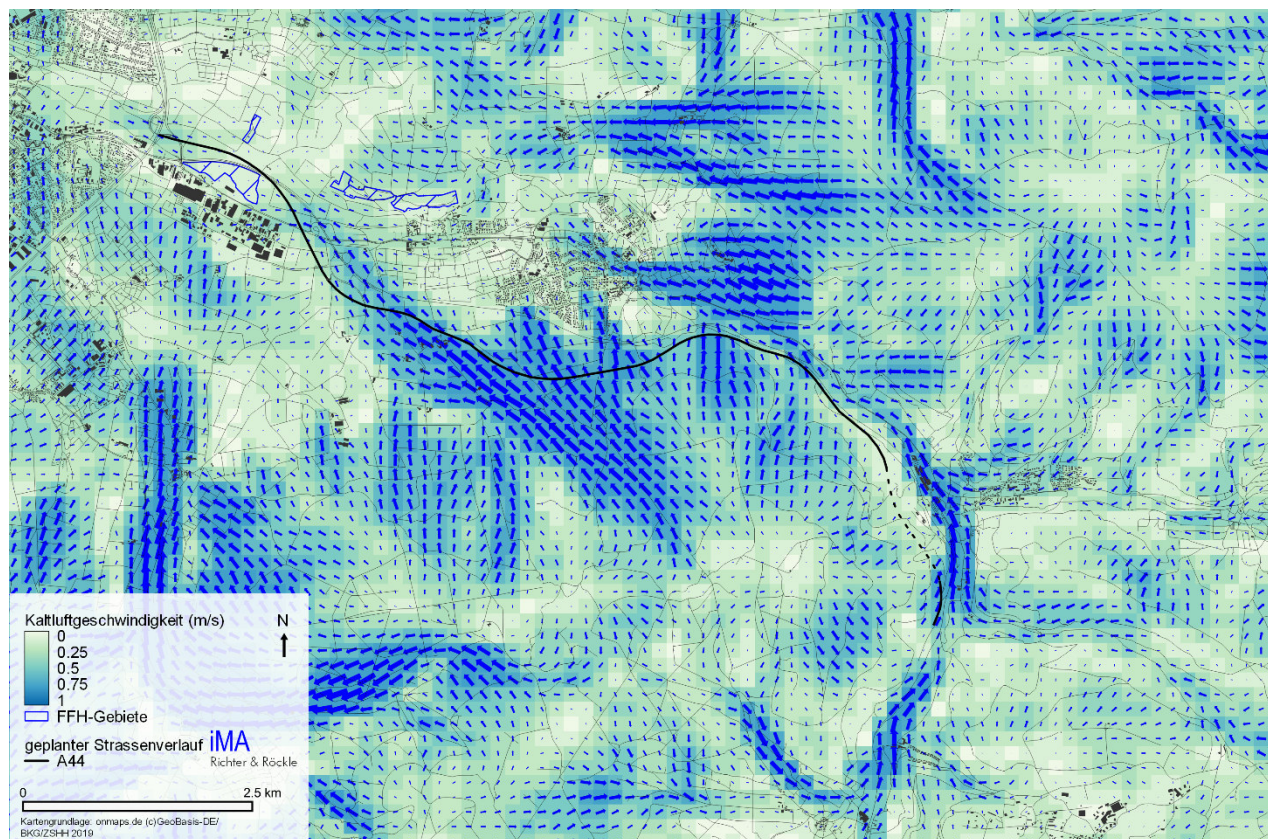


Abbildung 8-4: Mit METRAS berechnete Kaltluftabflusssituation 2 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse.

9 Ausbreitungsrechnungen

9.1 Allgemeines

Die Zusatzbelastungen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen ermittelt.

Grundlage sind die in der TA Luft Anhang 3 angegebenen Berechnungsverfahren. Nach TA Luft 4.6.4 sind die Kenngrößen der Zusatzbelastung durch eine rechnerische Immissionsprognose (Ausbreitungsrechnung) auf der Basis einer repräsentativen Jahreszeitreihe von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse zu bestimmen.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 6),
- die Lage und die Abmessungen der Quellen (vgl. Abschnitt 9.7),
- die meteorologischen Randbedingungen in Form einer prognostisch berechneten Windfeldbibliothek (vgl. Anhang 15.1 und 15.2) und einer Zeitreihe von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse (vgl. Kapitel 8),
- die Orografie in Form eines digitalen Höhenmodells (vgl. Abschnitt 9.6).
- Zur Bestimmung der Gesamtbelastung ist ferner die Vorbelastung erforderlich (siehe Kapitel 7).

Ferner gehen in die Ausbreitungsrechnungen folgende Ansätze ein:

- Die Emissionen werden in Form einer Zeitreihe eingebracht, die den Tagesgang des Verkehrs berücksichtigt.
- Stickoxide werden zu 60 % bis 90 % in Form von NO emittiert. Die NO₂-Immissionen werden nach dem Romberg-Verfahren (vgl. Abschnitt 9.12) aus den NO_x-Verhältnissen berechnet.
- Die mittlere Rauigkeitslänge z_0 wird auf 0,5 m, die Verdrängungshöhe auf 3 m festgelegt. Diese Größen bestimmen u.a. den Turbulenzgrad der Strömung.

In Abbildung 9-1 ist das Ablaufschema der Immissionsberechnung in einem Fließbild dargestellt. Zur flächendeckenden Berücksichtigung des Geländes und der Meteorologie wird im ersten Schritt eine Windfeldbibliothek erstellt. Dies wird im nächsten Kapitel beschrieben. Die Ausbreitungsrechnung liefert dann die Zusatzbelastung durch die berücksichtigten Quellen. Durch Überlagerung mit der Vorbelastung erhält man die Gesamtbelastung. Diese kann dann anhand der Grenzwerte der 39. BImSchV bewertet werden.

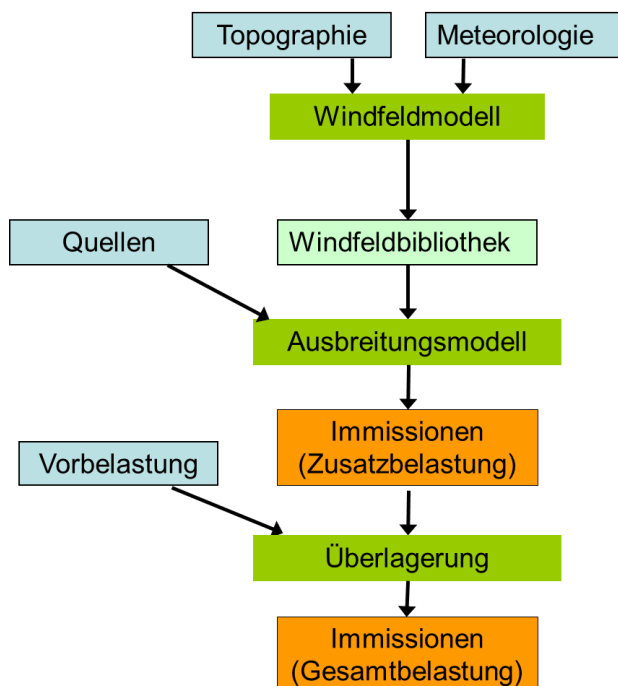


Abbildung 9-1: Fließbild zur Immissionsberechnung.

9.2 Erzeugen der Windfeldbibliothek

Das Modellgebiet muss die topographischen Strukturen umfassen, welche sich auf die Strömung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeformationen modifizieren die Strömung z.B. in Form von Kanalisierungen, Beschleunigungen auf Geländerücken und Verzögerungen in Tallagen.

Um den Geländeeinfluss in komplexem Gelände zu berücksichtigen, wurden für alle vorkommenden Situationen 3-dimensionale Strömungsfelder berechnet und in einer Windfeldbibliothek abgelegt. Näheres dazu ist im Anhang 15.1 und 15.2 beschrieben.

Um die nächtlichen Kaltluftabflüsse zu berücksichtigen, wurde eine instationäre Berechnung der Kaltluftströmungen durchgeführt. Diese ersetzt, abhängig von der Andauer der stabilen Schichtung, die Verhältnisse bei Ausbreitungsklasse I.

9.3 Meteorologische Datenbasis

Als meteorologische Datenbasis für die Ermittlung jahresbezogener Kenngrößen werden in der Regel stundenfeine Zeitreihen der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungsklasse verwendet.

Da das Strömungsmodell die 3-dimensionale Struktur der Strömung auflöst, ist für den Antrieb ein möglichst ungestörter Standort der Messstation erforderlich. Dazu werden Stationen, die in den höheren Lagen stehen, verwendet, da sie im Vergleich zu Tallagen kaum von der Orographie beeinflusst werden.

Da die Windmessstelle Witzenhausen (vgl. Kapitel 8) im Simulationsgebiet liegt, wurde als Anemometerstandort die tatsächliche Lage verwendet.

9.4 Verwendetes Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem Ausbreitungsmodell „LASAT“ (Janicke, 2000; Janicke u. Janicke, 2000), Version 3.4.5 vom 16. Mai 2017 durchgeführt.

LASAT (**L**agrange-**S**imulation von **A**erosol-**T**ransport) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, indem für eine Gruppe repräsentativer Stoffteilchen der Transport und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird (Lagrange-Simulation). Eine Kurzbeschreibung des Modells kann Anhang 15.3 „Beschreibung des Modells LASAT“ entnommen werden.

Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 3 der TA Luft und der darin zitierten VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3.

Das Ausbreitungsmodell wird mit der Partikelrate 4 Teilchen/s betrieben. Dies entspricht der Qualitätsstufe '+1'.

9.5 Simulationsgebiet der Ausbreitungsrechnung

Das Modellgebiet der Ausbreitungsrechnung wurde ausreichend groß gewählt um alle relevanten Auswirkungen der Emissionen untersuchen zu können. Das Modellgebiet hat eine Größe von 20,2 km x 12,0 km mit dem Zentrum bei den Gauß-Krüger-Koordinaten RW=3544700, HW=5679250. Das dazugehörige (äußere) Rechengitter besitzt eine horizontale Maschenweite von 160 m.

Um nahegelegene Siedlungsbereiche, FFH-Lebensräume oder das Umfeld der Tunnelportale entsprechend aufzulösen, wurden innerhalb dieses äußeren Rechengitters feinere Rechengitter mit horizontalen Maschenweiten bis zu 10 m vorgegeben (Tabelle 9-1 und Abbildung 9-2).

Tabelle 9-1: Verwendete Modellgitter.

Nummer	Maschenweite	Anzahl Maschen West-Ost	Anzahl Maschen Süd-Nord	Ausdehnung West-Ost	Ausdehnung Süd - Nord	Koordinaten LUE	Koordinaten ROE
52	10	56	68	560	680	3547580 5679490	3548140 5680170
51	10	56	56	560	560	3546940 5680770	3547500 5681330
45	20	36	42	720	840	3547500 5679410	3548220 5680250
44	20	36	36	720	720	3546860 5680690	3547580 5681410
43	20	36	36	720	720	3546860 5680690	3547580 5681410
42	20	88	52	1760	1040	3543580 5681810	3545340 5682850
41	20	80	52	1600	1040	3539580 5683490	3541180 5684530
32	40	48	58	1920	2320	3546700 5679250	3548620 5681570
31	40	168	84	6720	3360	3539020 5681490	3545740 5684850
21	80	136	108	10880	8640	3538380 5676850	3549260 5685490
11	160	126	75	20160	12000	3535500 5674290	3555660 5686290

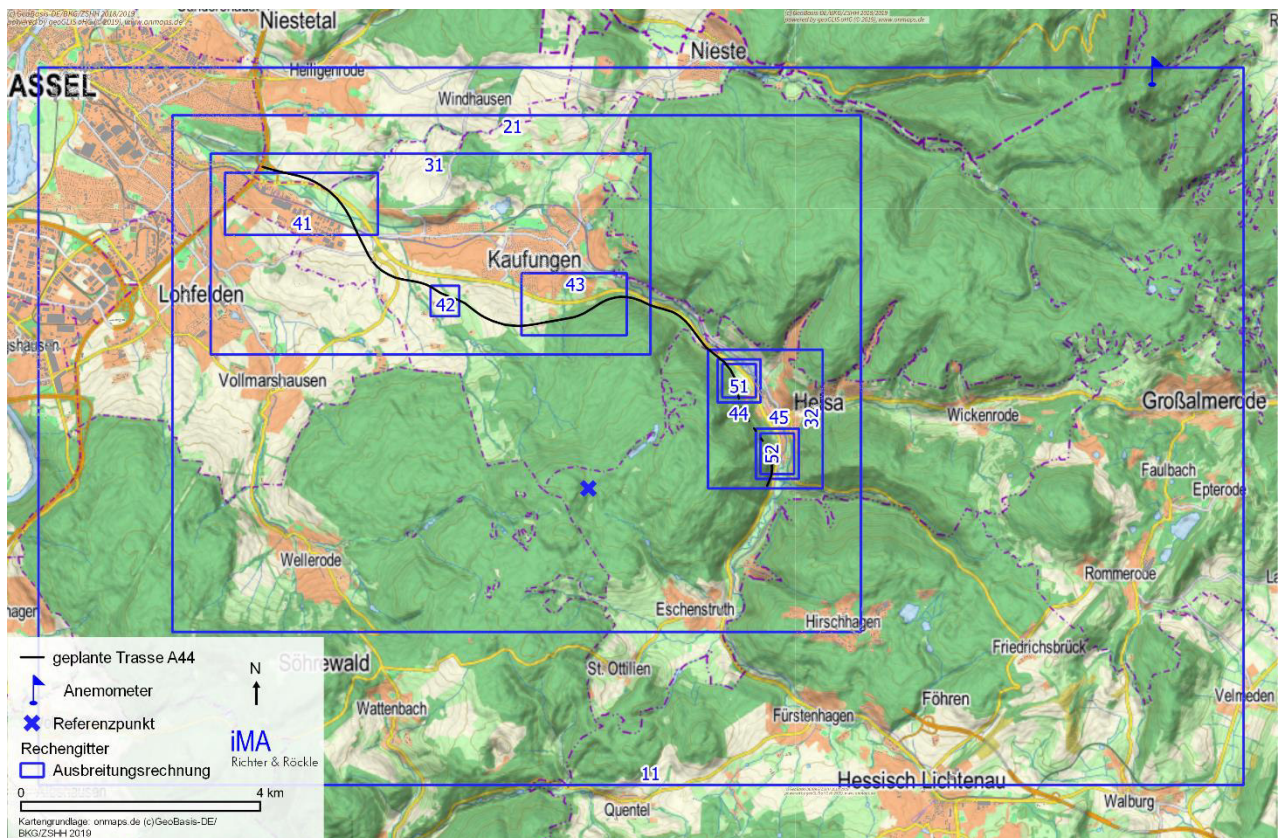


Abbildung 9-2: Modellgitter für die Ausbreitungsrechnungen mit LASAT.

In der Vertikalen beträgt die bodennahe Schichtdicke gemäß Anhang 3 der TA Luft 3 m. Die Schichtdicke nimmt nach oben hin sukzessive zu. Der obere Rand des Simulationsgebiets liegt bei 1500 m über Grund.

9.6 Berücksichtigung des Geländeeinflusses

Nach Nr. 11, Anhang 3 der TA Luft sind in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Die Steigung soll dabei als Höhendifferenz über eine Strecke bestimmt werden, die dem 2-fachen der Schornsteinbauhöhe entspricht. Im betrachteten Untersuchungsgebiet treffen die Kriterien nach TA Luft zu.

Nach Anhang 3, Nr. 11 der TA Luft können Geländeunebenheiten mit Hilfe des in AUSTAL2000 bzw. LASAT integrierten mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 (20 %) nicht überschreitet.

Im vorliegenden Fall ist die Geländesteigung in den Hanglagen, insbesondere östlich von Kaufungen, > 1:5, so dass die Anwendungsgrenzen des diagnostischen Windfeldmodells nicht mehr erfüllt sind (vgl. Abbildung 9-3). Aus diesem Grund werden, gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 Simulationen mit einem prognostischen numerischen Windfeldmodell durchgeführt, das die Einschränkung „Steigung < 1:5“ nicht aufweist. Eine erweiterte Beschreibung ist in Kapitel 15.1 im Anhang dargestellt.

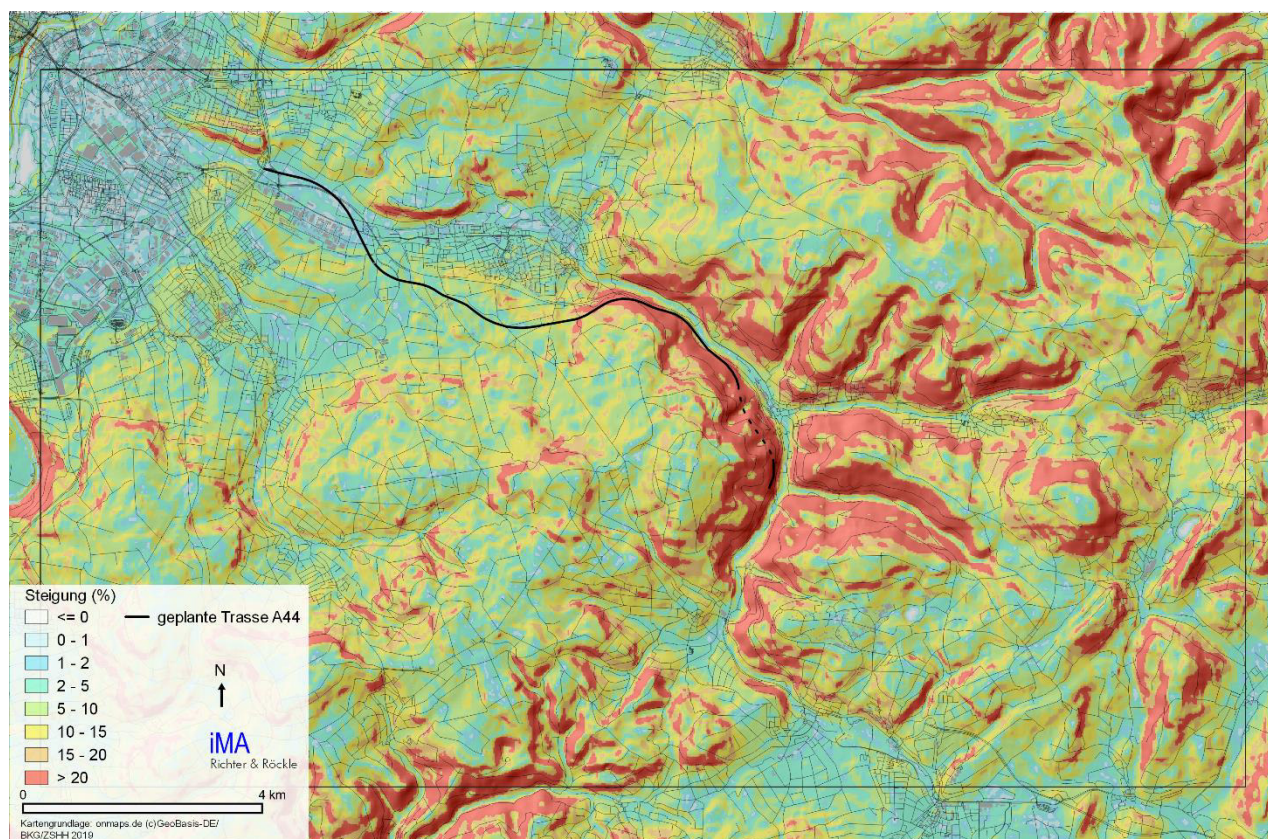


Abbildung 9-3: Geländesteigung im Untersuchungsgebiet.

Da im Planfall die geplante A 7 in Tieflagen geführt oder Dammschüttungen vorgesehen sind, wurde je eine Windfeldbibliothek für den Nullfall und für den Planfall erstellt.

9.7 Lage der Quellen

Die Strecken mit einheitlicher Emission wurden anhand der Karten digitalisiert. Die Quellen wurden je nach Straßenabschnitt mit unterschiedlicher Breite angesetzt. Die A 7 mit 26 m, die A 44 mit 19 m und weitere Straßen nach Abgriffen aus dem Luftbild.

9.8 Zeitreihe der Emissionen

Die Immissionsberechnung erfolgt stundenfein. Das tägliche Verkehrsaufkommen wird deshalb mit Hilfe eines Tagesgangs auf die einzelnen Stunden umgesetzt. Die Tagesgänge des Verkehrsaufkommens werden in idealisierter Form angesetzt. Alle Tage werden mit dem gleichen Tagesgang berücksichtigt. Dies führt zu einer Überschätzung der Immissionen.

In Abbildung 9-4 ist der Tagesgang als mittlerer Stundenanteil für die Autobahn (AB) und die sonstigen Straßen (TGw1 – Kernstadtbereich, auch Tangential und Ringstraßen) getrennt nach Pkw und Lkw dargestellt.

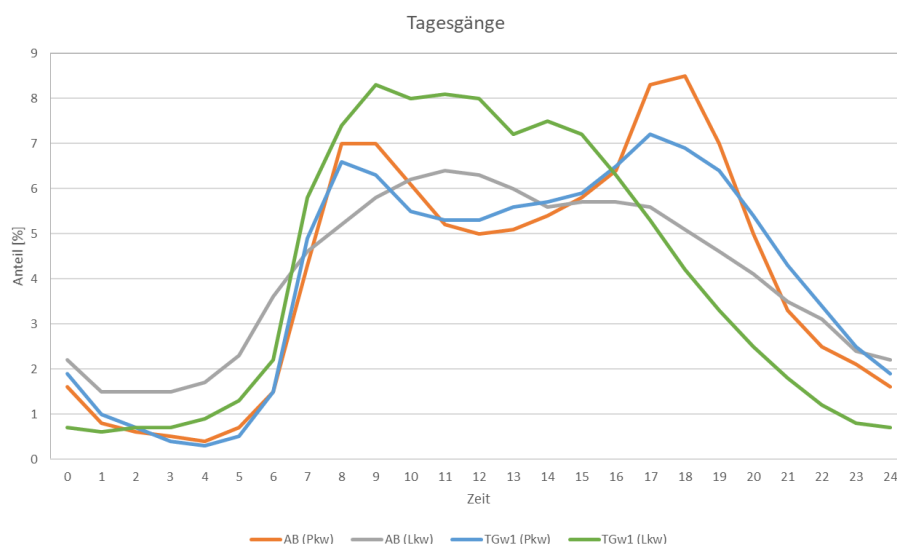


Abbildung 9-4: Tagesgänge des Verkehrsaufkommens.

9.9 Fahrzeuginduzierte Turbulenz

Beim Vorliegen von Offenland-Lebensraumtypen soll nach Stickstoffleitfaden Straße (FGSV, 2019) im Nahbereich bis zu ca. 50-100 m von der Fahrbahnkante die fahrzeuginduzierte Turbulenz berücksichtigt werden, um eine Überschätzung der emittentennahen Deposition zu vermeiden.

Die Freisetzung der Kfz-bedingten Emissionen erfolgt in Auspuffhöhe bzw. auf Straßenniveau (Abriebe). Fahrende Fahrzeuge verwirbeln diese Emissionen rasch und führen so zu einer Anfangsverdünnung der Luftschadstoffe.

Um die Anfangsverdünnung zu berücksichtigen, erfolgte die Freisetzung verteilt über eine vertikale Erstreckung vom Boden bis in 3 m über Grund und auf die gesamte Straßenbreite.

9.10 Berücksichtigung der Emissionen aus Tunneln

Die Emissionen in den Tunneln werden über die Tunnelportale abgeführt. Sie werden dort als Freistrahlfreigesetzt. Die Emissionen ergeben sich aus den spezifischen Emissionen (in mg/(m s)) und der Länge des Tunnelbereiches (in m). Diese Gesamtfracht wurde entsprechend der Fahrtrichtung auf die jeweiligen Tunnelportale verteilt.

9.11 Berücksichtigung von Einschnitten und Lärmschutz

Die Einschnitte wurden über das Geländemodell in der bei der Erzeugung der Windfeldbibliothek für den Planfall berücksichtigt.

Lärmschutzeinrichtungen können im Nahbereich immissionsmindernd wirken. Konservativ wurde deren Einfluss nicht berücksichtigt, was zu leichten Überschätzungen der Konzentrationen in den Siedlungsbereichen führt.

9.12 Umwandlung NO \Rightarrow NO₂

Die Stickstoffoxide (NO_x = Summe aus NO + NO₂) werden zu 60 % bis 90 % in Form von NO emittiert. Die Direktmission von NO₂ wurden dem Handbuch HBEFA 3.3 entnommen. Weiteres NO₂ entsteht während der Ausbreitung. So wird im Nahbereich von Straßen die NO \Rightarrow NO₂-Umwandlung hauptsächlich vom Ozon-Angebot bestimmt. An sonnenscheinreichen Tagen steht Ozon, das sich unter anderem aus den Kfz-bedingten Schadstoffen NO_x und Kohlenwasserstoffen bildet, als Reaktionspartner für das NO zur Verfügung und führt zu einer erhöhten Umwandlung von NO in NO₂. Dies hat zum einen zur Folge, dass die NO₂-Konzentrationen an Straßen im Sommer sogar ein höheres Niveau als im Winter aufweisen können und zum anderen, dass die Ozon-Konzentrationen in Straßennähe niedriger sind als in größerer Entfernung.

Der Umwandlungsprozess ist von einer Vielzahl von Parametern wie der Lufttemperatur, der kurzwelligigen Strahlungsintensität, den NO_x-Emissionen sowie den Hintergrundbelastungen von NO, NO₂ und Ozon abhängig. Die modellmäßige Erfassung der NO \Rightarrow NO₂-Umwandlung ist für Einzelfallbetrachtungen mit vertretbarem Aufwand nicht möglich, da die Eingangsparameter, wie Vorbelastung der Kohlenwasserstoffe, Ozon usw., in der Regel nicht vorliegen.

Für die Kenngröße „Jahresmittelwert“ wurde durch Auswertung langjähriger Messreihen jedoch eine statistisch gesicherte Beziehung zwischen NO_x und NO₂ gefunden. Es zeigt sich, dass hohe NO_x-Konzentrationen meist mit kleinen NO₂/NO_x-Verhältnissen verbunden sind. Dieser Ansatz nach Romberg (siehe Bächlin et al., 2006) stellt die Grundlage für die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte dar.

Für die Berechnung der Stickstoffeinträge wird auf die direkt emittierten Bestandteile NO, NO₂ und Ammoniak zurückgegriffen.

9.13 Berechnung des Stickstoffeintrags

In Genehmigungsverfahren für den Straßenneu- oder -ausbau müssen in Bezug auf die EU-Richtlinie 92/43/EWG für ausgewiesene Flora- und Fauna-Habitate (FFH) besondere Anforderungen erfüllt werden. Unter anderem ist der verkehrsbedingte Stickstoffeintrag auszuweisen. Dazu wurden Stickstoffdepositionsrechnungen durchgeführt.

Der Eintrag von Stickstoff aus der Luft in den Boden erfolgt im Falle verkehrsbedingter Stickoxide durch zwei Mechanismen. Der Begriff „trockene Deposition“ bezeichnet die durch physikalische Prozesse verursachte direkte Ablagerung aus der Luft an Grenzflächen wie z.B. dem Erdboden, an Pflanzenoberflächen oder Gebäuden.

Luftgebundene Stickoxide können ferner von Regen- oder Wolkentröpfchen absorbiert werden. Bei Niederschlagsereignissen wird somit ein Teil der Stickoxide ausgewaschen. Dieser Vorgang wird als nasse Deposition bezeichnet.

Die Depositionsmengen von NO, NO₂ und NH₃ werden über die jeweiligen Molanteile auf den reinen Stickstoffeintrag umgerechnet und addiert. Die Ausweisung erfolgt in kg/(ha a).

Die trockene Deposition F_d wird berechnet gemäß

$$F_d = v_d \cdot c$$

und ergibt sich aus der Depositionsgeschwindigkeit v_d multipliziert mit der Konzentration c der Stickoxide in einer bodennahen Referenzhöhe (1,5 m).

Diese Depositionsgeschwindigkeiten wurden nach der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 5 angesetzt. Betrachtet wurden zwei Nutzungen. Für die Flächen mit geringer Vegetation wurden die Faktoren für die Mesoskala angesetzt. In den Waldflächen ergeben sich höhere Stickstoffeinträge. Die Depositionsgeschwindigkeiten sind in Tabelle 9-2 für die betrachteten Nutzungen aufgeführt.

Tabelle 9-2: Angesetzte Depositionsgeschwindigkeiten in cm/s (VDI 3782 Blatt 5)

Nutzung	NO	NO ₂	NH ₃
Mesoskala	0,05	0,3	1,2
Wald	0,05	0,3	2,0

Die nasse Deposition wurde konservativ mit 10 % der trockenen Deposition berücksichtigt.

Da die Bewertung von der Empfindlichkeit des jeweiligen Lebensraums abhängt, erfolgt die Beurteilung durch den UVU-Gutachter.

10 Ergebnis luftgetragene Schadstoffe

10.1 Überblick

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen sind in der Übersicht exemplarisch für die Zusatzbelastung von NO_x für den Null- und den Planfall dargestellt (Abbildung 10-1).

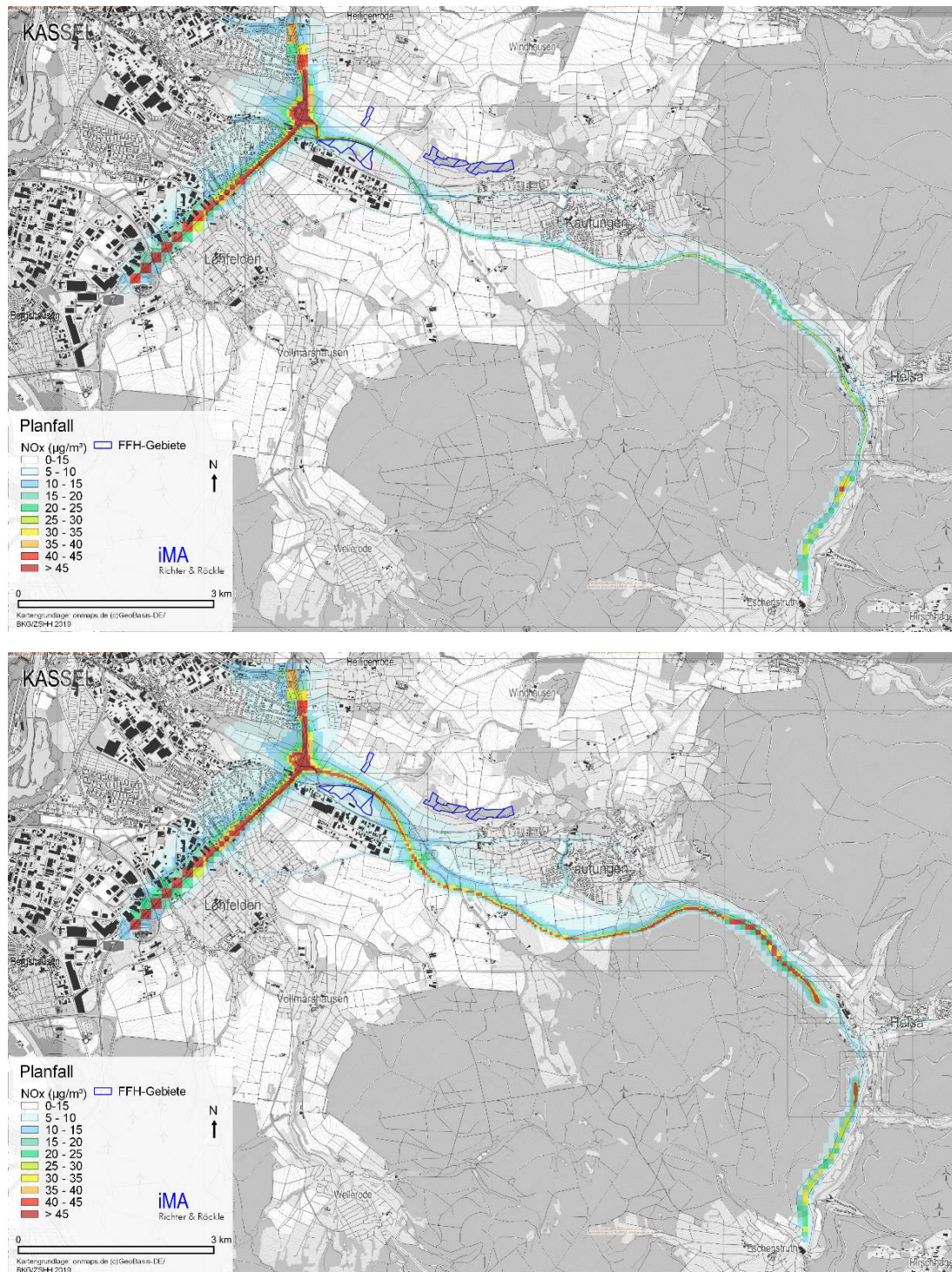


Abbildung 10-1: Zusatzbelastung NO_x für Nullfall (oben) und Planfall (unten).

Die einzelnen Gitter wurden dabei überlagert, so dass die feinen Auflösungen die groben zum Teil überdecken. Die höchsten Immissionen findet man aufgrund des Verkehrsaufkommens im Zuge der A 7. Im Nullfall findet man leicht erhöhte Werte im Verlauf der B 7. Bei der Ortsdurchfahrt Helsa ergeben sich auch stärker erhöhte Werte¹.

Im Planfall wird die B 7 deutlich entlastet. Dafür findet man erhöhte Konzentrationen im Verlauf der geplanten A 44.

Im Folgenden wird die Gesamtbelastung dargestellt. Dabei liegt der Fokus auf den Bereichen Kaufungen und Helsa.

Zu beachten ist, dass die Skaleneinteilung der Konzentrationen in den niedrigen Konzentrationsbereichen zum Teil gespreizt ist, um die Immissionsverhältnisse auch in den straßenferneren Bereichen besser räumlich differenzieren zu können.

10.2 Bereich Kaufungen

Die Gesamtbelastungen für den Nullfall und den Planfall im Bereich Kaufungen sind in Abbildung 10-2 bis Abbildung 10-7 dargestellt. Um eine räumliche Differenzierung zu ermöglichen, wurden die Konzentrationen im unteren Skalenbereich bei NO₂ und PM₁₀ bis 20 µg/m³ und bei PM_{2,5} bis 18 µg/m³ feiner aufgelöst.

10.2.1 Nullfall

Die höchsten Belastungen in Kaufungen ergeben sich an den Hauptverkehrsstraßen Leipziger Straße, Theodor-Heuss-Straße und am südlichen Siedlungsrand durch die Immissionen der B 7. Hier werden bei NO₂ Immissionen bis ca. 25 µg/m³ berechnet (vgl. Abbildung 10-2).

Bei PM₁₀ (Abbildung 10-4) und PM_{2,5} (Abbildung 10-6) liegen die erhöhten Belastungen in den gleichen Siedlungsbereichen. Hier werden bei PM₁₀ bis 19 µg/m³, bei PM_{2,5} bis 15 µg/m³ berechnet.

10.2.2 Planfall

Im Planfall führt die A 44 tendenziell zu leicht höheren Belastungen, außer in den Bereichen, in denen das Straßennetz entlastet wird. So werden z.B. die im Nullfall am stärksten beaufschlagten Bereiche am südlichen Ortsrand eher entlastet. Dafür steigen die Konzentrationen von NO₂ (Abbildung 10-3) im Südwesten auf etwas über 20 µg/m³ an.

Bei PM₁₀ (Abbildung 10-5) und PM_{2,5} (Abbildung 10-7) ergeben sich vergleichbare Tendenzen, jedoch mit geringeren Intensitäten. Die Maximalwerte am Südrand liegen bei 19 µg/m³.

¹ Für NO_x gibt es keine gesundheitsbezogenen Grenzwerte. Die Farben weisen deshalb nicht auf Grenzwertüberschreitungen hin.

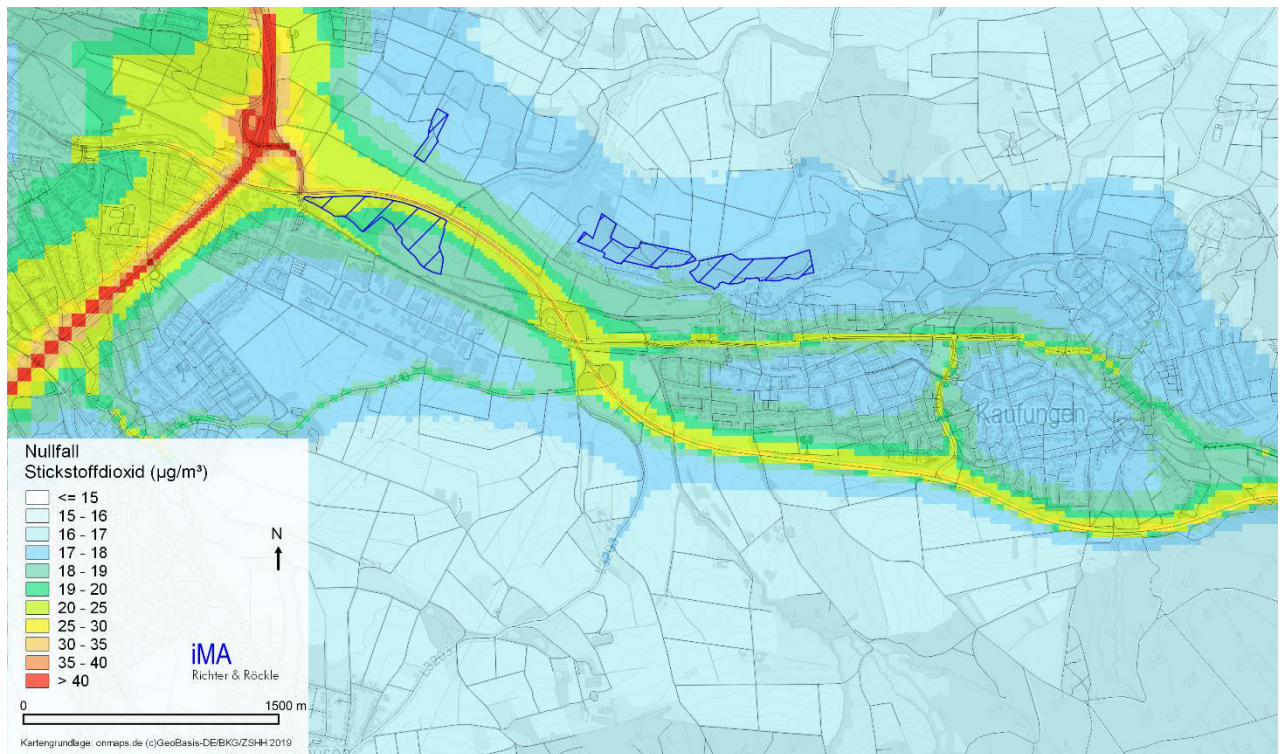


Abbildung 10-2: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung NO₂, Nullfall 2030.

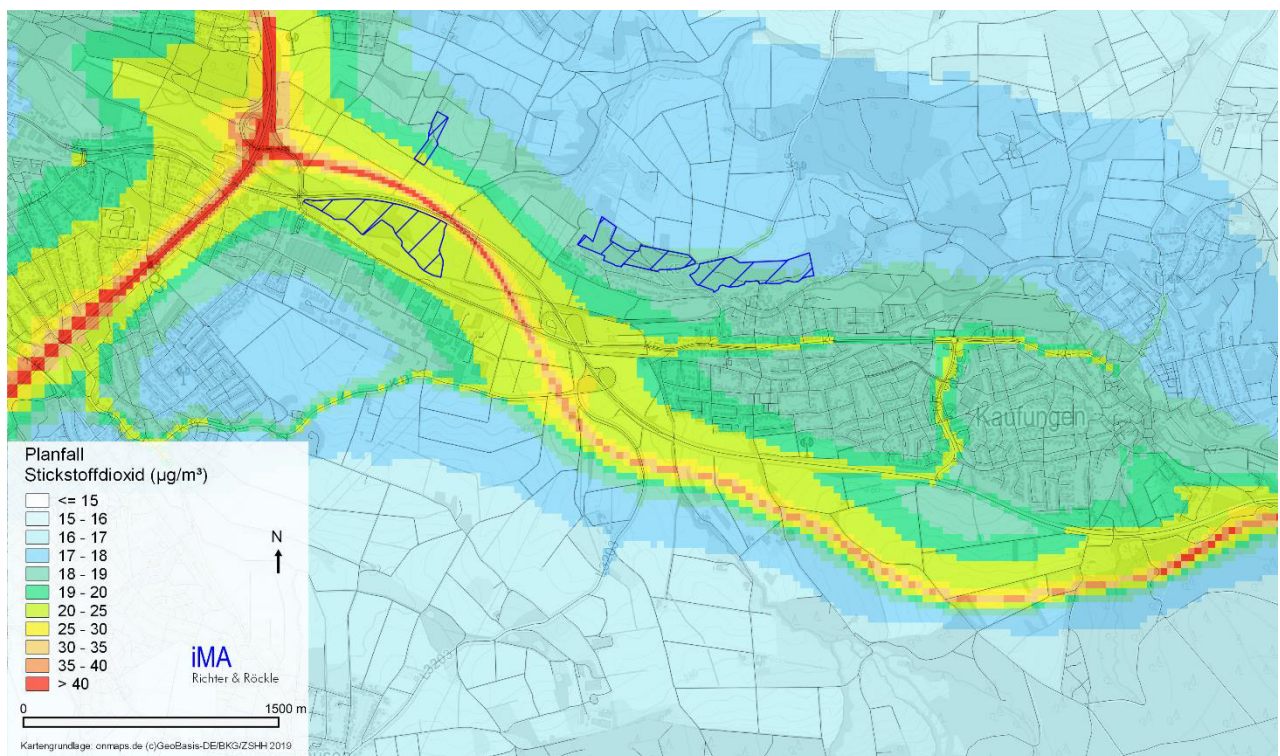


Abbildung 10-3: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung NO₂, Planfall 2030.

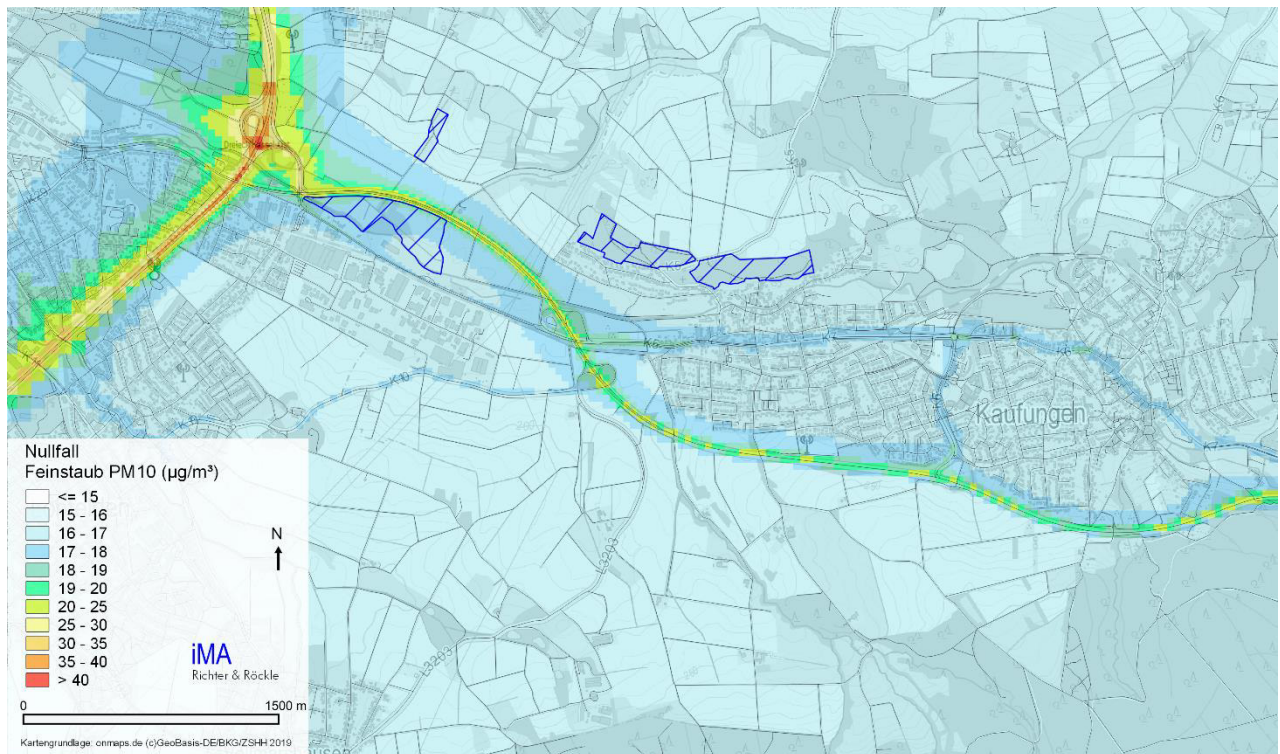


Abbildung 10-4: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung PM₁₀, Nullfall 2030.

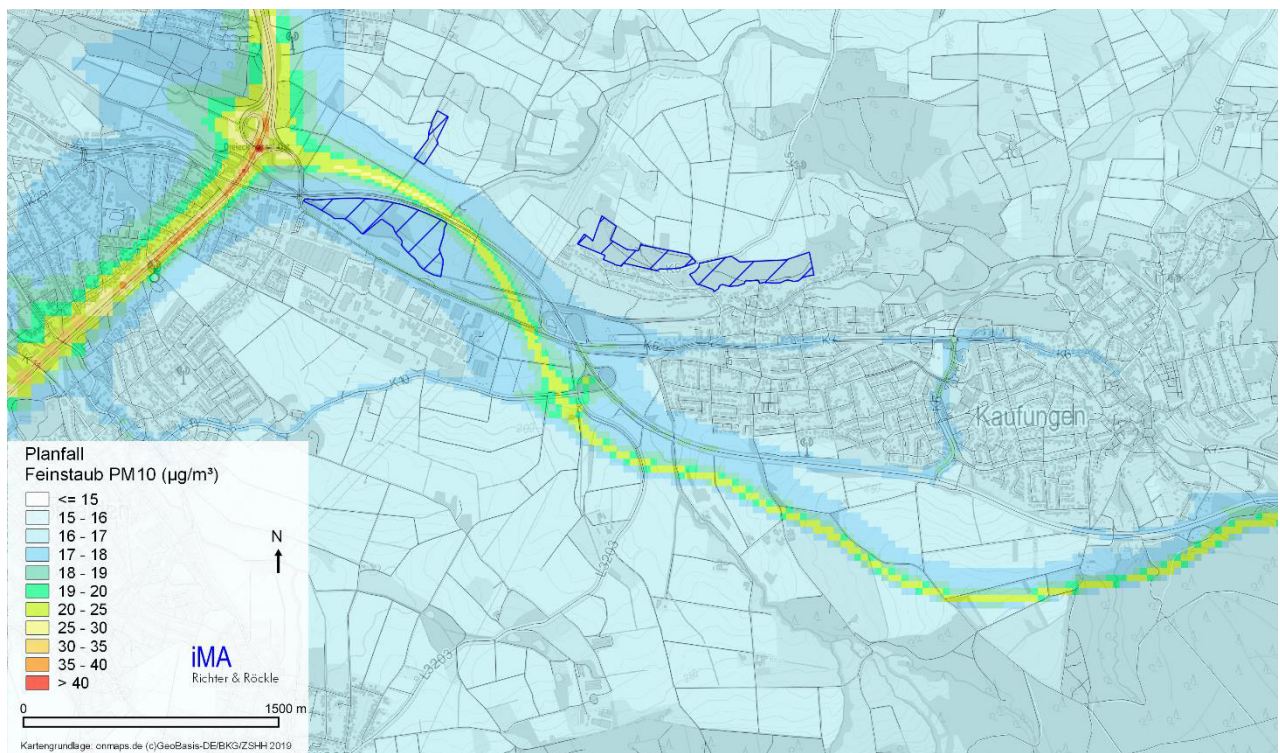


Abbildung 10-5: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung PM₁₀, Planfall 2030.

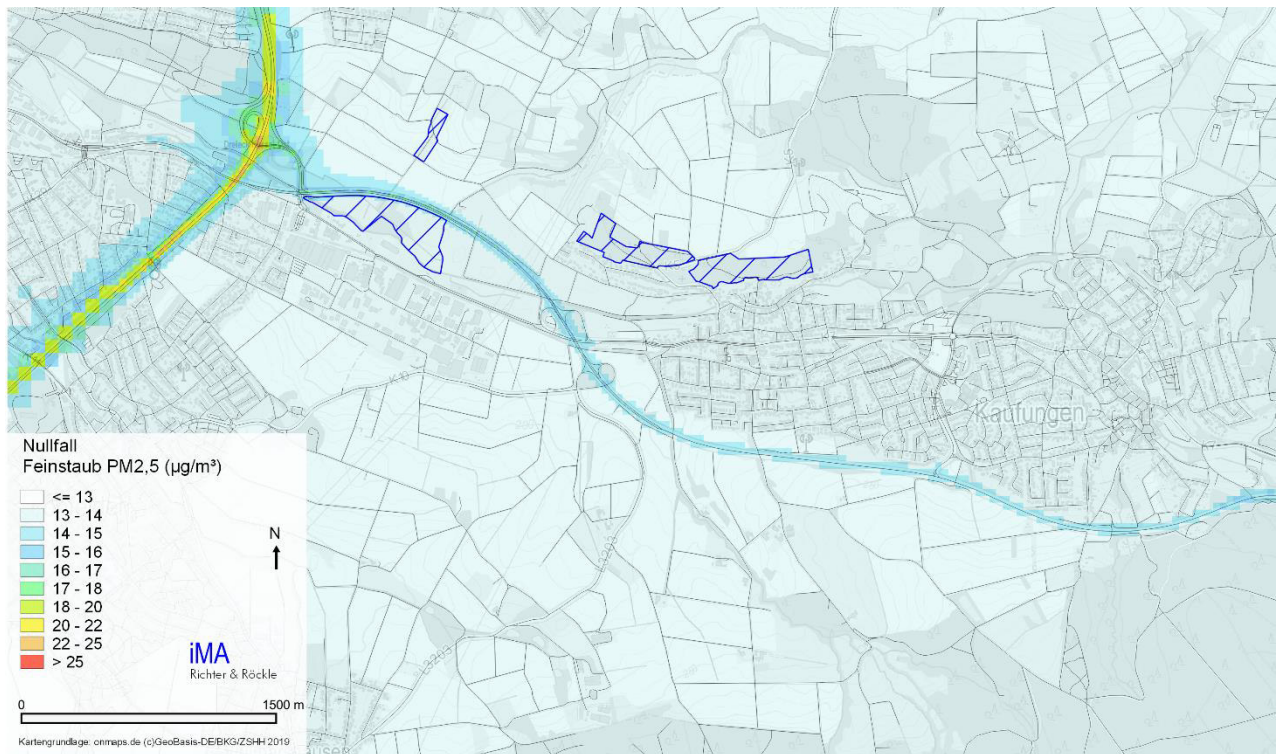


Abbildung 10-6: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung PM2,5, Nullfall 2030.

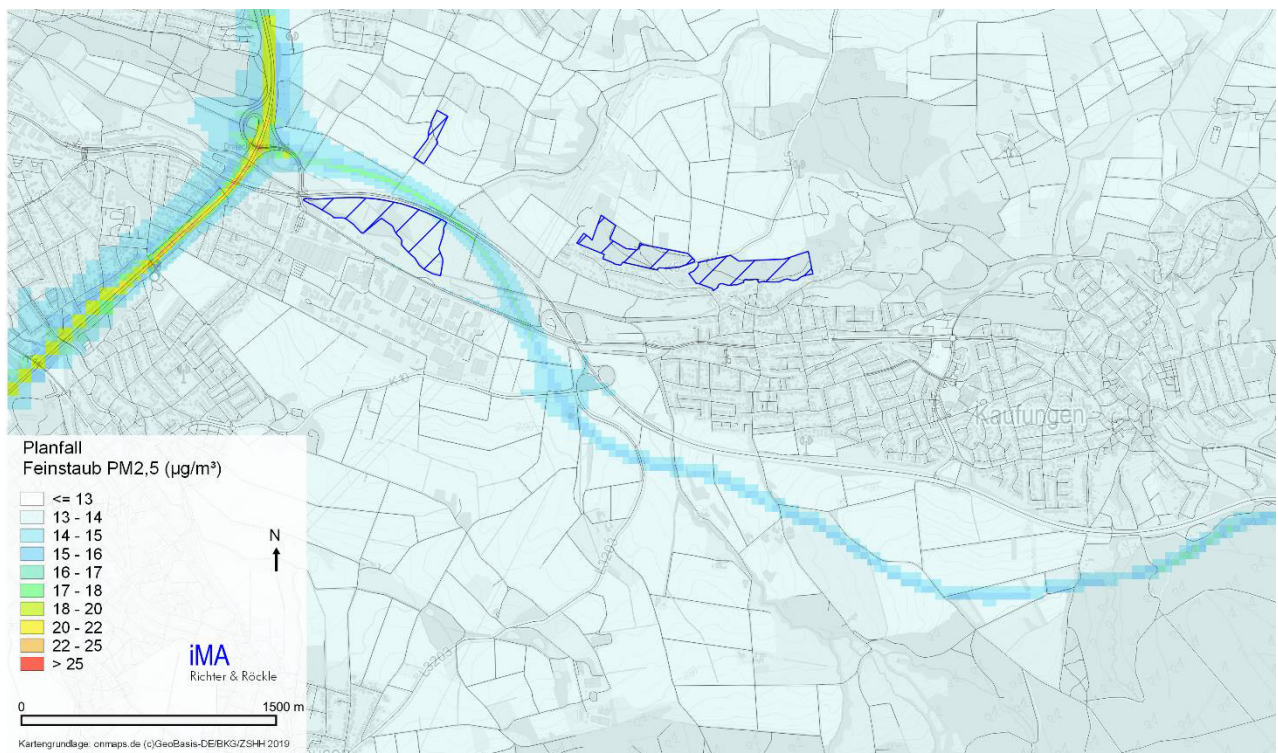


Abbildung 10-7: Jahresmittelwerte Gesamtbelastung PM2,5, Planfall 2030.

10.3 Bereich Helsa

Die Gesamtbelastungen für den Nullfall und den Planfall im Bereich Helsa sind in Abbildung 10-8 bis Abbildung 10-10 dargestellt. Um eine räumliche Differenzierung zu ermöglichen, wurden die Konzentrationen im unteren Skalenbereich bei NO₂ und PM₁₀ bis 20 µg/m³ und bei PM_{2,5} bis 18 µg/m³ feiner aufgelöst.

10.3.1 Nullfall

Im Bereich Helsa führt die B 7 durch eine vergleichsweise enge Tallage am Westhang an einem Gewerbegebiet vorbei.

Bei NO₂ (Abbildung 10-8, links) werden im Gewerbegebiet trotz geringerer Vorbelastung Immissionen bis maximal 25 µg/m³ berechnet.

Auch bei PM₁₀ (Abbildung 10-9, links) ergeben sich straßennah noch Werte bis 20 µg/m³. Bei PM_{2,5} (Abbildung 10-10, links) bis 15 µg/m³.

10.3.2 Planfall

Die Tunnellösung führt zwar an den Tunnelportalen zu hohen Konzentrationen, entlastet aber den Bereich der B 7 deutlich.

Straßennah werden am betroffenen Gewerbegebiet noch um die 20 µg/m³ bei NO₂ (Abbildung 10-8, rechts) erreicht.

Bei PM₁₀ (Abbildung 10-9, rechts) und PM_{2,5} (Abbildung 10-10, rechts) ergeben sich ebenfalls starke Reduktionen im Zuge der B 7. Die Maximalwerte im Gewerbegebiet liegen dann bei PM₁₀ bei maximal 18 µg/m³, bei PM_{2,5} bei 14 µg/m³.

10.4 Bewertung

Die geplante A 44 führt je nach Lage zu den Siedlungsbereichen zu zusätzlichen Belastungen oder Entlastungen. Insbesondere bei den Stickoxiden führen die höheren Geschwindigkeiten auf Autobahnen zu höheren Emissionen. Dementsprechend ergeben sich im Lossetal tendenziell leicht erhöhte NO₂-Jahresmittelwerte. Durch die Entlastung der ortsnäheren B 7 kommt es zu Verschiebungen der Bereiche mit erhöhter Belastung. Bei den Feinstäuben ist dies deutlich weniger ausgeprägt.

Die Grenzwerte der 39. BImSchV werden sowohl im Nullfall wie auch im Planfall an beurteilungsrelevanten Orten, d.h. nicht auf den Fahrbahnen, sicher eingehalten.

Dies gilt auch für die Überschreitungshäufigkeiten von PM₁₀. Statistische Untersuchungen für Baden-Württemberg und Auswertungen der IVU (2017) zeigen, dass erst oberhalb eines Jahresmittelwerts von 30 µg/m³ mehr als 35 Überschreitungen im Jahr nicht mehr auszuschließen sind.

Auch die zulässigen 18 Überschreitungen der Schwelle 200 µg/m³ durch Stundenmittelwerte von NO₂ werden eingehalten, da mehr Überschreitungen erst ab Jahresmittelwerten über 55 µg/m³ auftreten. Beispielsweise gab es 2017 in Hessen nur eine Überschreitung (Limburg-Schiede).

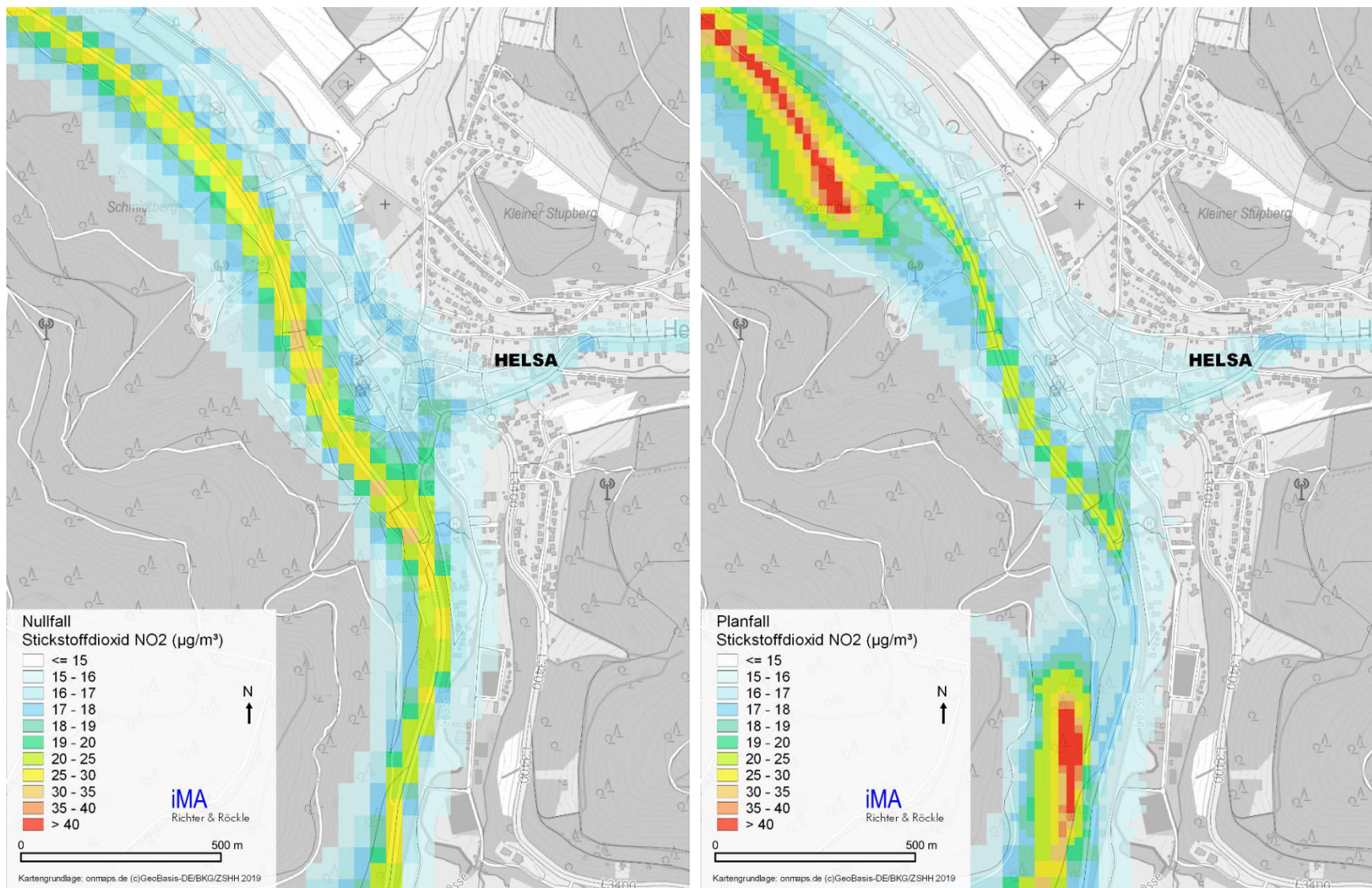


Abbildung 10-8: Jahresmittelwerte 2030 Gesamtbelastung NO₂, Nullfall links; Planfall rechts.

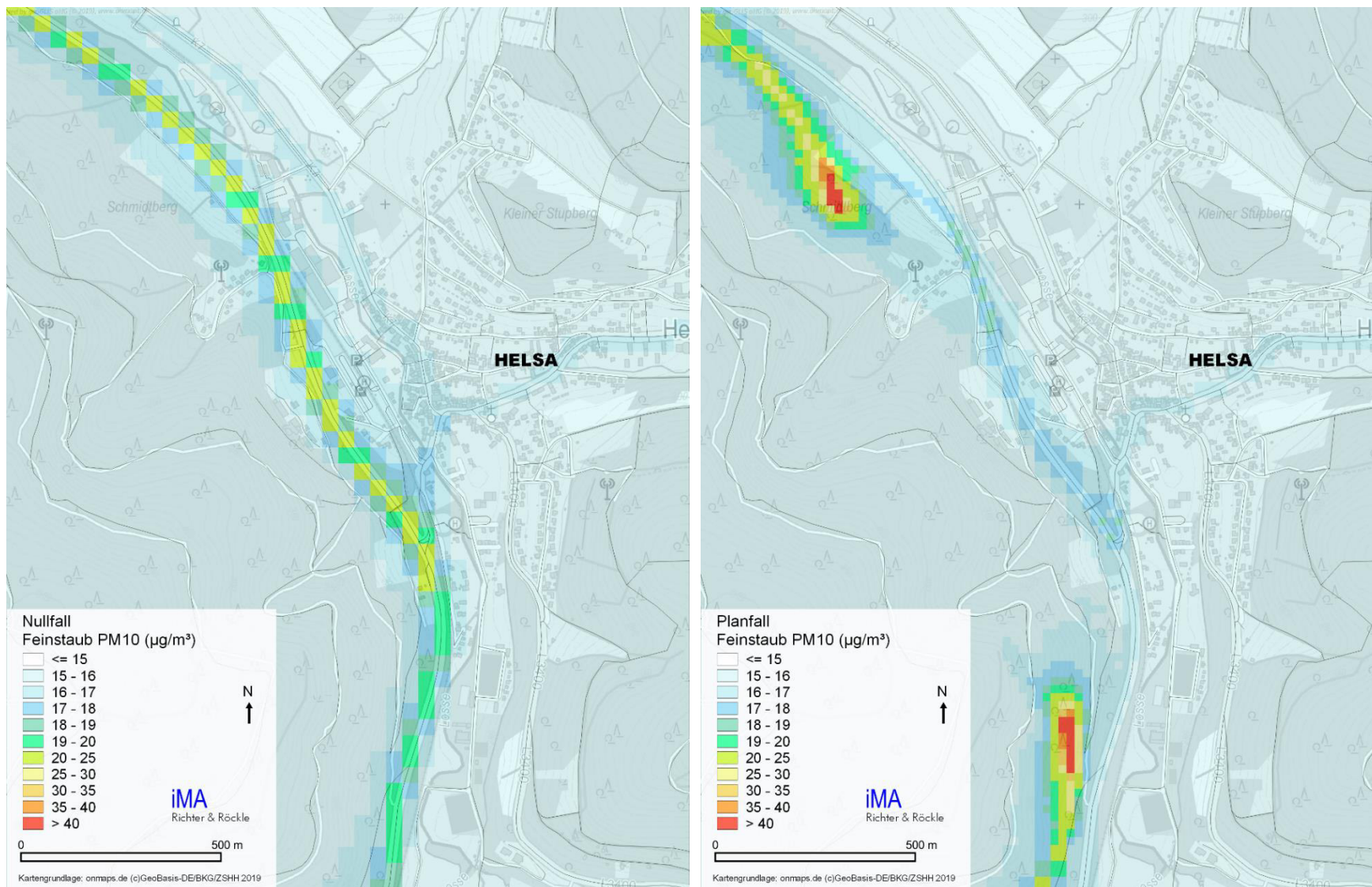


Abbildung 10-9: Jahresmittelwerte 2030 Gesamtbelastung PM10, Nullfall links; Planfall rechts.

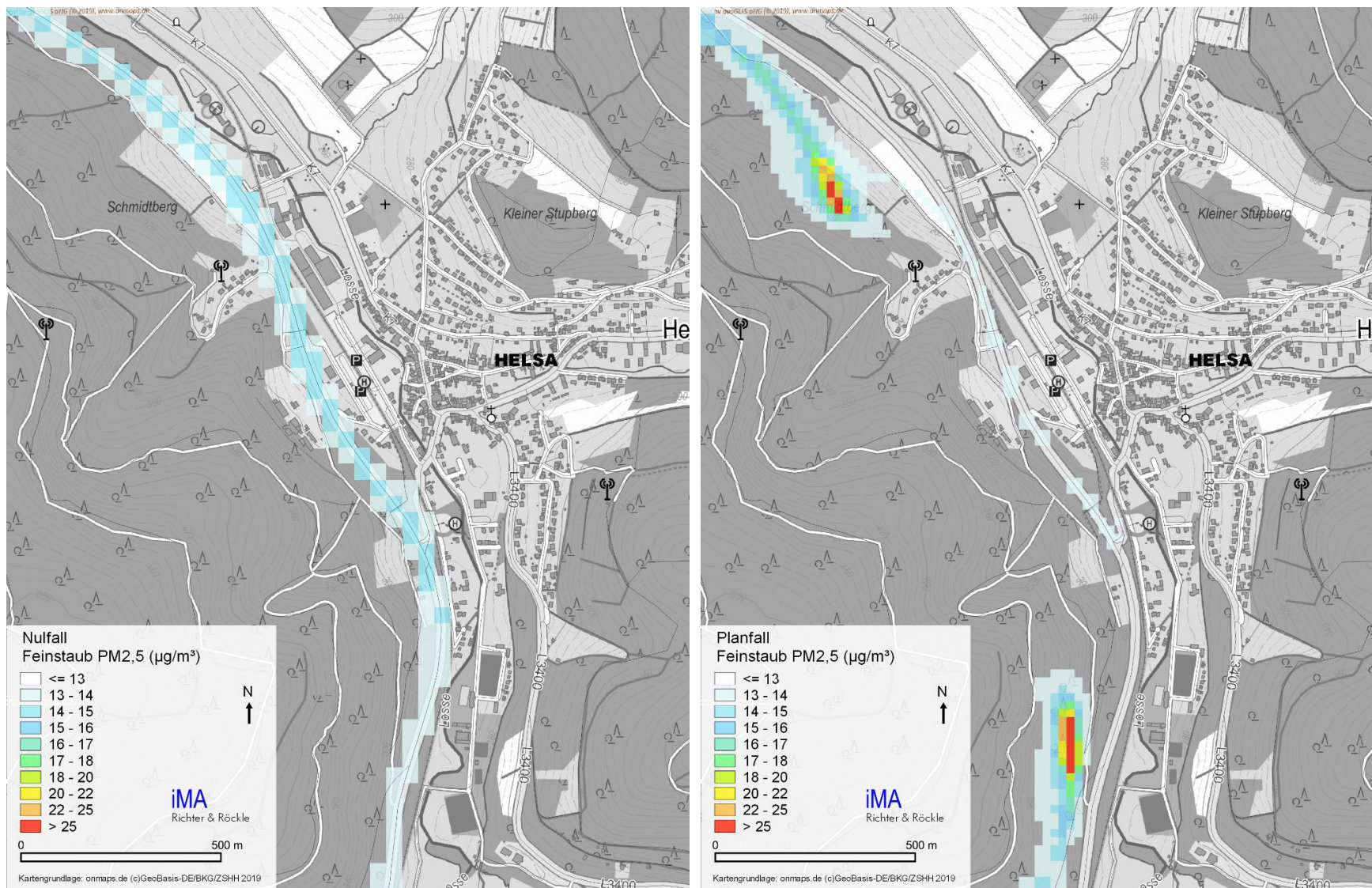


Abbildung 10-10: : Jahresmittelwerte 2030 Gesambelastung PM_{2,5}, Nullfall links; Planfall rechts.

11 Stickstoffeinträge

Zur Bewertung des Stickstoffeintrags im Zuge der FFH-Verträglichkeitsprüfung werden die Stickstoffeinträge in den FFH-Gebieten „Lossewiesen bei Niederkaufungen“ und der Waldgebiete nördlich Niederkaufungen ausgewiesen. Die Berechnungsgrundlagen sind in Kapitel 9.13 dargestellt.

Die Bewertung erfolgt anhand von „Critical Loads“, d.h. von Eintragsraten von Stickstoff in stickstoffempfindliche Ökosysteme. Werden die Critical Loads eingehalten, so sind nach derzeitigem Kenntnisstand signifikante schädliche Effekte an definierten Ökosystemen oder Anhang II-Arten langfristig ausgeschlossen (FGSV, 2019). Der Stickstoffeintrag setzt sich zusammen aus der Vorbelastung (UBA) und dem Beitrag der geplanten Maßnahme. Da die Critical Loads abhängig vom Lebensraumtyp sind, erfolgt die Bewertung vom UVU-Gutachter.

Die Prüfung des Critical Loads kann entfallen, wenn der Beitrag unterhalb des Abschneidekriteriums liegt. Das Abschneidekriterium kennzeichnet die Höhe von Stickstoffdepositionen, bei deren Einhaltung keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können (FGSV, 2019). Diese Schwelle liegt bei 0,3 kg N/(ha·a).

Um den Beitrag zu ermitteln, wird der Stickstoffeintrag für den Prognose-Nullfall (Beiträge des Straßennetzes ohne Realisierung der Planung) und den Prognose-Planfall (Beiträge des Straßennetzes nach Realisierung der Planung) ermittelt. Die Differenz der Einträge von Planfall und Nullfall ergibt die Zusatzbelastung durch die geplante Maßnahme.

Ggf. muss die Hintergrundbelastung des UBA-Datensatzes korrigiert werden. Eine zeitliche Korrektur soll erfolgen, wenn seit Ende des Bezugszeitraumes der Hintergrundbelastung des UBA-Datensatzes Projekte genehmigt wurden oder in Betrieb gegangen sind und deren Beitrag oberhalb einer Schwelle von 1 kg N/(ha·a) liegt. Dies ist für den Ausbau der A 7 zu prüfen.

11.1 FFH-Gebiet Lossewiesen bei Niederkaufungen

Die Immissionsberechnungen fanden in einem geschachtelten Gitter statt. Im Anhang sind in Abbildung 15-3 (Nullfall) und Abbildung 15-4 (Planfall) die Stickstoffeinträge in kg/(ha·a) aus dem jeweils betrachteten Straßennetz dargestellt. Mit zunehmendem Abstand zur B 7 bzw. zur geplanten A 44 nehmen die Einträge ab.

Um den Beitrag der geplanten A 44 zu ermitteln, werden die Stoffeinträge aus Planfall und Nullfall subtrahiert. In Abbildung 11-1 ist oben der Überblick des Differenzfeldes und unten die Darstellung der Zahlenwerte.

Die Änderungen ergeben sich durch die Lage der Trasse und unterschiedliche Verkehrsaufkommen. Im westlichen und nördlichen Teil der Lossewiesen ergeben sich leichte Abnahmen (blau unterlegt), im Osten und Süden leichte Zunahmen (rot unterlegt). Punktuell werden in einer Rechenzelle 1,1 kg/(ha·a) berechnet. Das Abschneidekriterium von 0,3 kg/(ha·a) wird in der östlichen Hälfte überschritten.

Für das nördliche Teilgebiet des FFH-Gebietes Lossewiesen bei Niederkaufungen sind die vorhabenbedingten Stickstoffeinträge in Abbildung 11-2 dargestellt. Von Süden nach Norden nehmen die Stoffeinträge ab. Sie liegen zwischen 0,8 kg/(ha·a) und 0,3 kg/(ha·a).

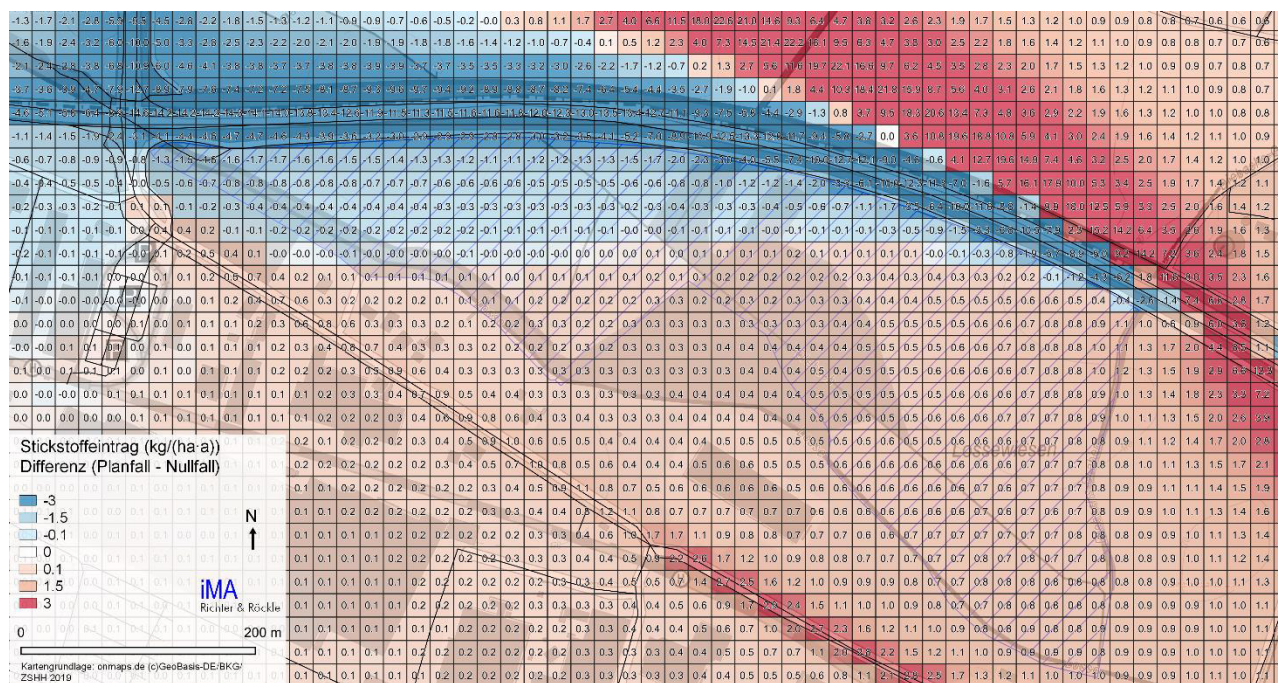
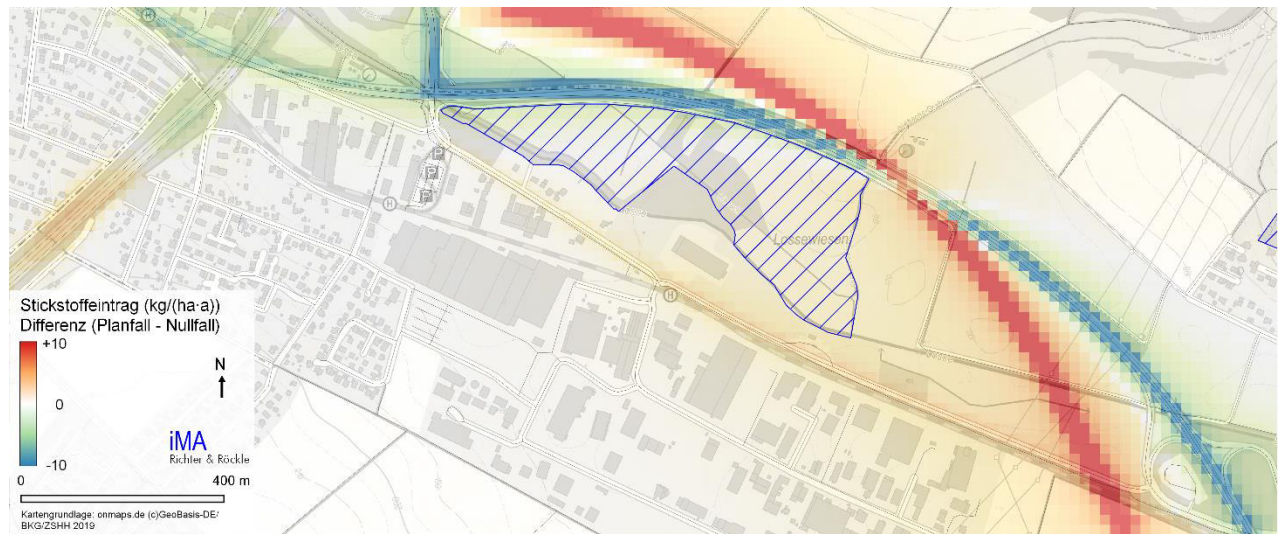


Abbildung 11-1: Differenz des Stickstoffeintrags Lossewiese bei Niederkafungen; Planfall - Nullfall in kg/(ha-a). Oben – Übersicht; unten – Ausschnitt mit Zahlenwerten

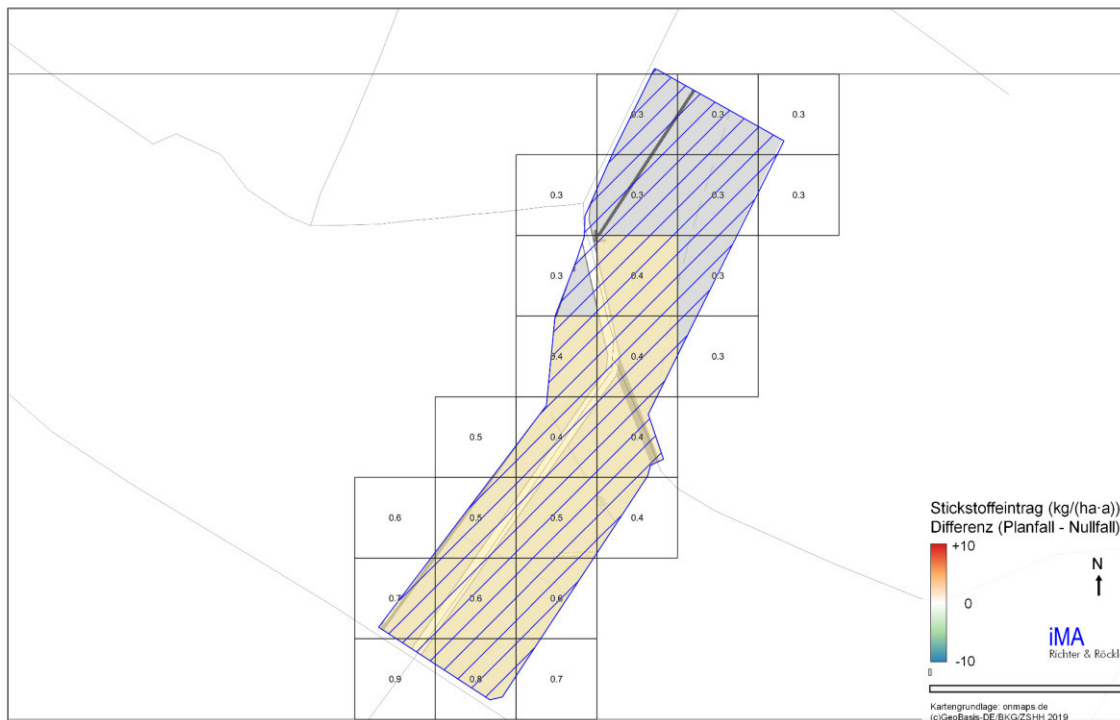


Abbildung 11-2: Differenz des Stickstoffeintrags im nördlichen Teilgebiet des FFH-Gebiets Lossewiese bei Niederkaufungen; Planfall - Nullfall in kg/(ha·a).

11.2 FFH-Gebiet Wald nördlich Niederkaufungen

Die Immissionsberechnungen fanden in einem geschachtelten Gitter statt. Während die Lossewiese unmittelbar an die Trasse angrenzt, liegen die anderen FFH-Lebensräume in einem größeren Abstand zur Trasse. In größerer Entfernung nehmen die Gradienten der Konzentration stark ab, so dass dort adäquate Aussagen auch bei größerem Gitter (hier 40 m) möglich sind.

Während die Depositionen für die „Mesoskala“ auch für andere Nutzungen gelten, ist die Deposition „Wald“ nur für Waldgebiete relevant.

In Abbildung 15-5 sind die Stickstoffeinträge für den Nullfall in der Übersicht und als Zahlendarstellung aufgeführt. In Abbildung 15-6 entsprechend für den Planfall.

Bei den Stickstoffeinträgen in die Waldgebiete ergeben sich geringe Frachten dadurch, dass die Emissionen der geplanten A 44 die Entlastungswirkung der B 7 leicht dominieren. Für die Waldgebiete nördlich Niederkaufungen stellt sich ein zusätzlicher Stickstoffeintrag von ca. 0,2 kg/(ha·a) ein. Das Abschneidekriterium von 0,3 kg/(ha·a) wird somit eingehalten.

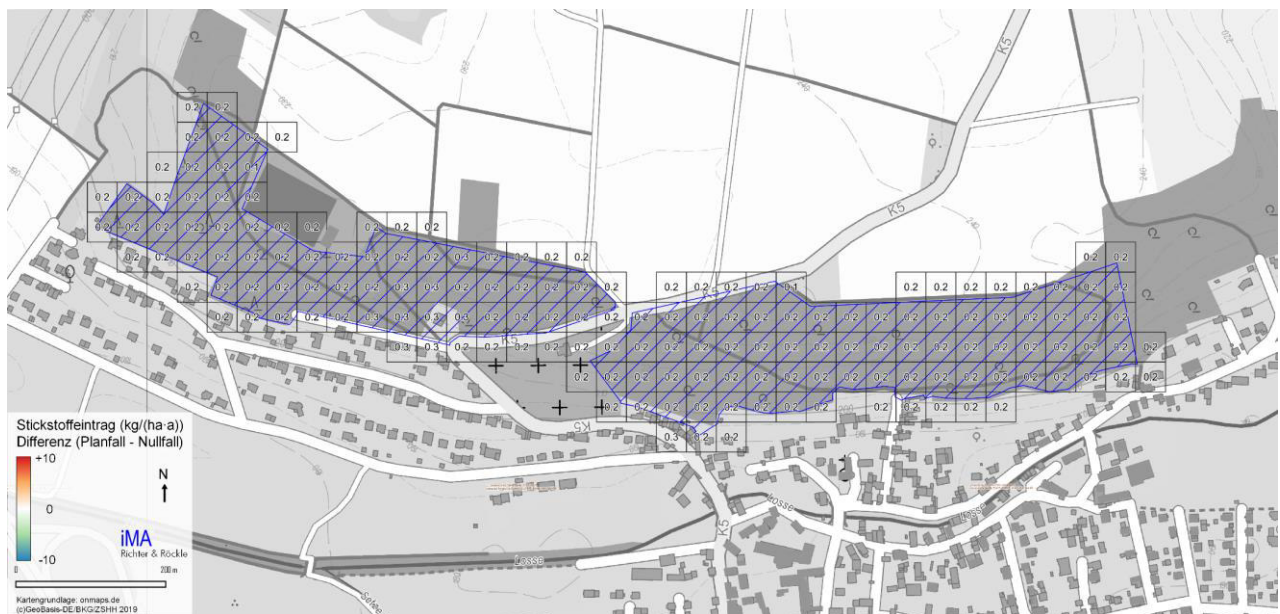
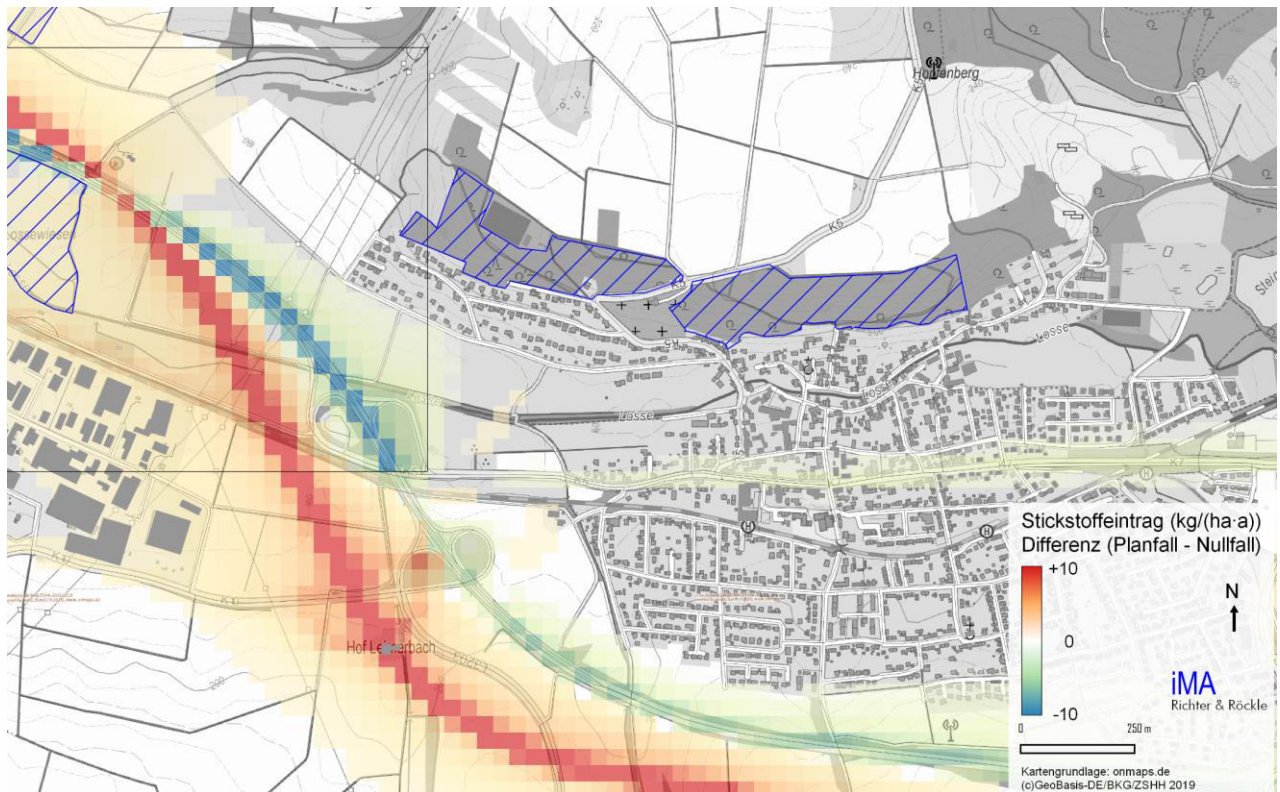


Abbildung 11-3: Differenz des Stickstoffeintrags FFH-Gebiet nördlich Niederkaufungen; Planfall - Nullfall in kg/(ha·a). Oben – Übersicht; unten – Ausschnitt mit Zahlenwerten.

11.3 Beitrag der A7

Der Ausbau der A 7 wurde erst nach den UBA-Datensätzen für 2013-2015 beschlossen. Nach Stickstoffleitfaden (FGSV, 2019) ist zu prüfen, ob der Beitrag der A 7 im Prognosejahr 2030 mehr als 1 kg N/(ha-a) in die FFH-Gebiete einträgt. Diese Beiträge wären dann zur Vorbelastung zu addieren. Um den Beitrag der A 7 im Prognosejahr 2030 zu quantifizieren, wurde diese separat mit dem Verkehrsaufkommen von 2030 modelliert. Die Emissionen wurden konservativ für das Jahr 2025 aus dem Handbuch für Emissionen des Kfz-Verkehrs (HBEFA 3.3) entnommen.

In Abbildung 11-4 sind die Stickstoffeinträge der A 7 im Jahr 2030 dargestellt. Mit zunehmendem Abstand zur A 7 gehen die Beiträge zurück. Im Westen der Lossewiese werden noch 0,7 kg/(ha-a) eingetragen, während im Osten der Beitrag bei 0,2 kg/(ha-a) liegt.

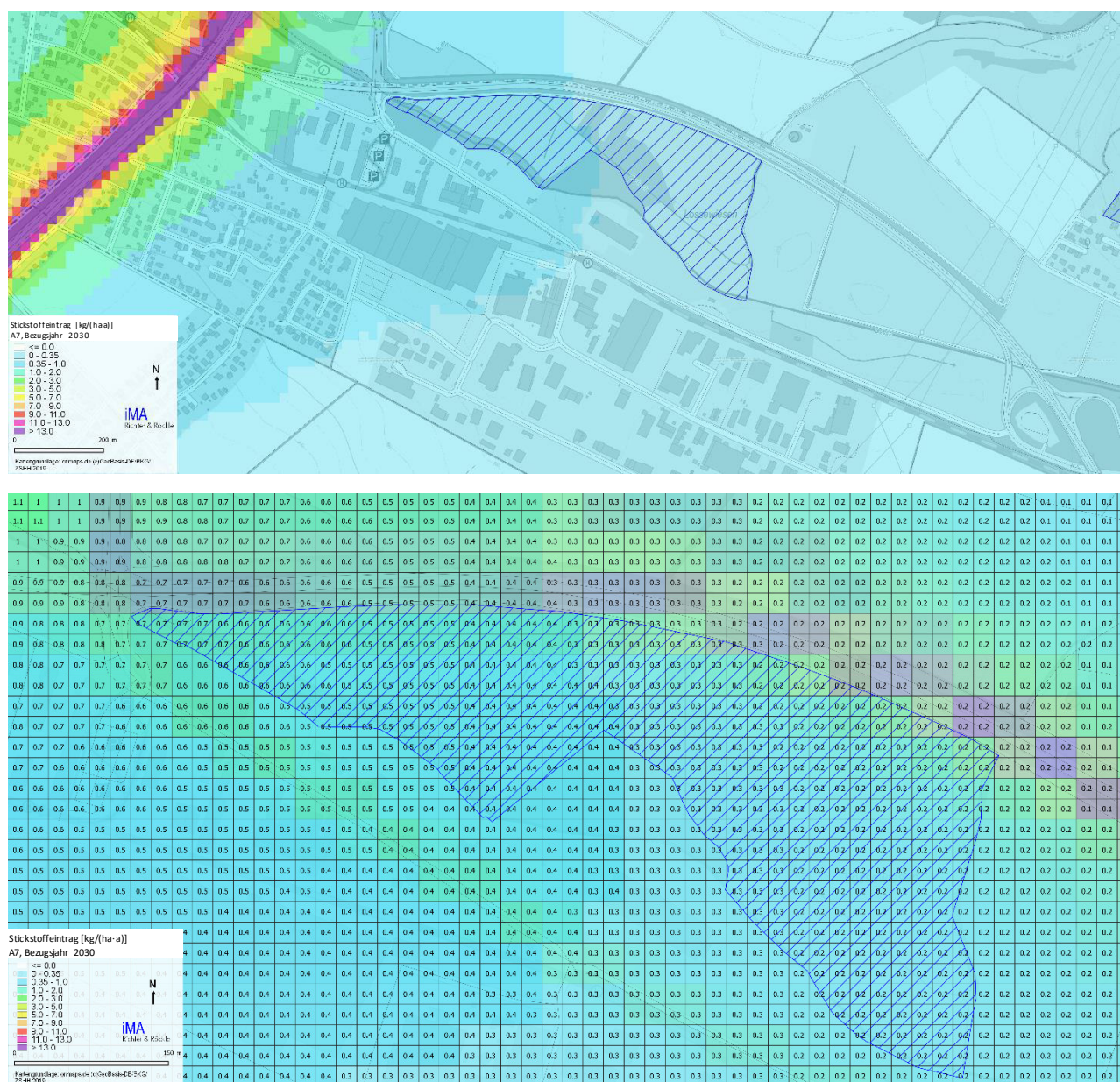


Abbildung 11-4: Stickstoffeintrag der A7 in das FFH-Gebiet Lossewiese bei Niederkauungen (2030);
Oben – Übersicht; unten – Ausschnitt mit Zahlenwerten.

Im Bereich der nördlichen Teilfläche des FFH-Gebietes Lossewiesen bei Niederkaufungen liegen die Beiträge der A 7 zwischen 0,1 und 0,2 kg/(ha·a). Die Beiträge sind in Abbildung 11-5 aufgeführt.

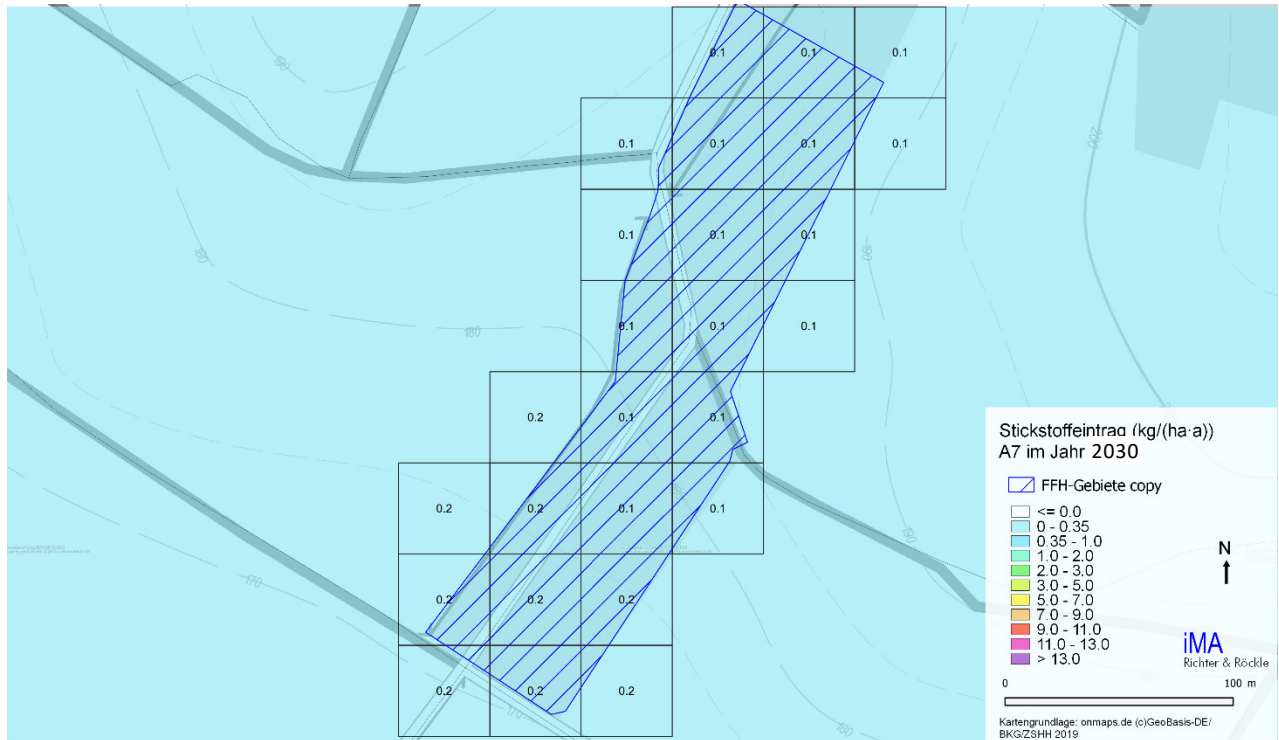


Abbildung 11-5: Stickstoffeintrag der A7 in die nördliche Teilfläche des FFH-Gebietes Lossewiesen bei Niederkaufungen. Bezugsjahr 2030.

Die Berechnungen zeigen, dass die Beiträge der A 7 im Bereich der Lossewiesen unter dem Schwellwert von 1 kg N/(ha·a) liegen.

12 Planungsempfehlungen

Die geplante A 44 entlastet die B 7, weist aber auch mehr Verkehr auf. Je nach Lage der Trasse kommt es zu Verschiebungen, d.h. leichten Zu- bzw. Abnahmen der Luftbelastung. Die Grenzwerte der 39. BImSchV werden eingehalten. Deshalb beschränken sich die Planungshinweise auf die baubedingten Auswirkungen. Bei den Arbeiten kommen Baumaschinen zu Einsatz, die motorische Emissionen aufweisen. Zudem wird potenziell staubendes Material (z.B. Erdaushub) umgeschlagen. Zur Minimierung von zusätzlichen Luftbelastungen durch die Baumaßnahme sollten nachfolgende Empfehlungen beachtet werden.

Bei den baubedingten Auswirkungen handelt es sich um vorübergehende Belastungen, die je nach Baufortschritt an jeweils anderen Orten auftreten. Die wesentlichen Auswirkungen sind Staubemissionen durch Fahrbewegungen und Materialumschläge. Hier sind folgende Punkte zu beachten:

- a) Einsatz emissionsarmer Baumaschinen, um den Staubausstoß und die Stickstoffemissionen zu minimieren.
- b) Unbefestigte Fahrwege sind bei trockener Witterung zu befeuchten, um Staubaufwirbelungen der Baufahrzeuge zu minimieren.
- c) Materialabwürfe von trockenem Schüttgut sind ebenfalls zu befeuchten und die Abwurfhöhe sollte möglichst gering sein.
- d) Um Materialverschleppungen in das öffentliche Straßennetz zu vermeiden, sind an den Übergangsstellen von den unbefestigten Bereichen in das Straßennetz Reifenwaschanlagen vorzusehen.

13 Zusammenfassung

Im Rahmen der Planung der A 44 Kassel Herleshausen sind die Auswirkungen auf das Schutzgut Luft darzustellen. Eine Aktualisierung des bestehenden Gutachtens (Hasel et al., 2012) ist notwendig, da sich zahlreiche Randbedingungen geändert haben. So wurde z.B. die Trassenlage und der Prognosehorizont geändert und die Verkehrszahlen neu berechnet. Auch die Grundlage für die Emissionsberechnung, das Handbuch für Emissionen des Kfz-Verkehrs (HBEFA) wurde von Version 3.1 auf 3.3 fortgeschrieben.

Darzustellen und zu bewerten sind die gesundheitsbezogenen Luftbelastungen für die Stoffe PM₁₀ (einatembarer Feinstaub), PM_{2,5} (lungengängiger Feinstaub), NO₂ (Stickstoffdioxid) sowie der Stickstoffeintrag in tangierte FFH-Gebiete.

Für die Bewertung der Luftbelastung ist die Ermittlung der Gesamtbelastung erforderlich. Diese ergibt sich aus Überlagerung der Vorbelastung und der Zusatzbelastung durch die Planung. Die Vorbelastung wurde anhand von Messungen und Vorbelastungskarten ermittelt. Die Zusatzbelastungen durch den Kfz-Verkehr wurden für den Nullfall und den Planfall ermittelt. Die Vorbelastung und die Bestimmung der Emissionen wurden konservativ angesetzt.

Die Beurteilung erfolgt anhand der gesundheitsbezogenen Grenzwerte der 39. BImSchV. Die Bewertung der Stickstoffeinträge ist abhängig von der Empfindlichkeit der betroffenen Lebensräume. Deren Beurteilung erfolgt durch den UVU-Gutachter.

Nachfolgend sind die wesentlichen Punkte für das Schutzgut Luft zusammengefasst.

- Die Grenzwerte der 39. BImSchV werden sowohl im Nullfall wie auch im Planfall an beurteilungsgrelevanten Punkten sicher eingehalten. Dies gilt nicht nur für die Jahresmittelwerte, sondern auch für die Überschreitungshäufigkeiten von NO₂ und PM₁₀.
- Die höchsten Zusatzbelastungen ergeben sich bei NO₂. Bei den Stäuben (PM₁₀, PM_{2,5}) sind die Unterschiede geringer.
- Durch die geplante A 44 wird die bestehende B 7 entlastet; im westlichen Teil entfällt diese ganz. Je nach Lage der B 7 zu den Siedlungsrändern ergibt sich im Planfall eine leichte Reduktion oder Zunahme der Luftbelastung.
- Um baubedingte Auswirkungen zu reduzieren, sind die Planungsempfehlungen in Kapitel 12 zu berücksichtigen.

Freiburg, 18. April 2019

Dr. Rainer Röckle
Dipl.-Meteorologe

Dr. Christine Ketterer
M.Sc. in Climate Science

Katharina Knapp
Dipl.-Mathematikerin

14 Literatur

39. BImSchV: „Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“. Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I S. 1222) geändert worden ist. https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/.

Bigalke K., Rau M., 2007: Immissionsprognosen nach TA Luft in komplexem Gelände mit prognostisch berechneten Windfeldern, *Immissionsschutz 1/2007*.

DWD, 2011: Ermittlung eines repräsentativen Jahres. Deutscher Wetterdienst – Abteilung Klima- und Umweltberatung. Aktenzeichen KU11A/A2247/11 vom 30.11.2011.

European Environment Agency: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. Technical report No 21/2016. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>.

FGSV, 2019: Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (H PSE) – Stickstoffleitfaden Straße –. Ausgabe 2019 vor Drucklegung.

Grawe D., Schlünzen H., 2018: Preparation of land-cover and orography data for GRITOP-L. METRAS Technical Report 12. Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg.

Hasel M., Kost W.-J., Nielinger J., 2009: Ausbreitungsrechnungen in steilem Gelände – Prognostische Windfeldbibliotheken. *METTOOLS, 01.-03. September 2009, Hamburg*.

Hasel M., Kost W.-J., Nielinger J., 2012: Immissionsprognose verkehrsbedingter Luftschadstoffe für die A44 – VKE 11 – Prognosejahr 2025. Bericht im Auftrag von Hessen Mobil, 3. Mai 2012.

HBS, 2009: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, Ausgabe 2001/Fassung 2009, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

INFRAS, 2017: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.3. Auftraggeber: UBA Berlin, BAFU Bern, UBA Wien u. a., 2017.

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

Janicke L., Janicke U., 2000: Vorschlag eines meteorologischen Grenzschichtmodells für Lagrangesche Ausbreitungsmodelle. Berichte zur Umweltphysik 2, Ingenieurbüro Janicke, ISSN 1439-8222, September 2000.

Janicke L., 2000: A random walk model for turbulent diffusion. Berichte zur Umweltphysik, Nummer 1, Auflage 1, August 2000) ISSN-Nr.: 1439-8222.

Janicke L. et al., 2001: Papier („Anhang 2“) zum Workshop AUSTAL 2000 zur Formulierung des Anhanges 3 der künftigen TA Luft.

Keller M., Hausberger S., Matzer C., Wüthrich P., Notter B.: HBEFA Version 3.3 – Hintergrundbericht. http://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA33_Hintergrundbericht.pdf.

Kolb, H.: Vergleich verschiedener Methoden der Übertragung von Statistiken der Ausbreitungsverhältnisse in orographisch modifiziertem Gelände. Arch. Met. Geophys. Biokl. Ser. B, 1976, Band 24, S. 57-68.

Lohmeyer, Schmidt, Düring: „Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Strassenverkehrs“. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Juni 2011 www.umwelt.sachsen.de/umwelt/.../luft/70675_09_10_Endfassung.pdf.

LUBW: Orientierende Vorbelastungsmessungen zum geplanten Neubau des Autobahnabschnitts der A44 Kassel-Herleshausen, Berichte 61-01/08 und 61-30/08 der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Januar und November 2008.

Modus Consult, 2017: A44 – Kassel - Herleshausen. VKE 11 Lossetal-Helsa/Ost. Verkehrsuntersuchung. Im Auftrag von Hessen Mobil, August 2017.

Pfäfflin F., Diegmann V., Neunhäuserer L., Wursthorn H., 2017: Ausbreitungsberechnungen zur flächendeckenden Ermittlung der Luftqualität in Hessen als Grundlage der Luftreinhalteplanung. Endbericht vom 25.01.2017 im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), Wiesbaden. https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/vorbelastung_hessen_eb_g16b.pdf.

Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, Amtsblatt der EU vom 11.06.2008, L 152/1-44.

Schlünzen K. H., Bigalke K., Lüpkes C., Niemeier U., von Salzen K., 1996: Concept and realisation of the mesoscale transport- and fluid-model ‚METRAS‘, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, METRAS Techn. Rep. 5, S.156.

Schlünzen H., Petrik R., Grawe D., 2017: METRAS-PCL Version 5.0.0 Benutzerhandbuch. Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg.

Schlünzen H., Grawe D., 2018: GRITOP-L. Präprozessor zur Initialisierung von Topographiedaten für das Modell METRAS. METRAS Technical Report 11. Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg.

TA Luft, 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI Nr. 25-29 vom 30.07.2002 S. 511).

VDI-Richtlinie 3782–1: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Gauß'sches Fahnenmodell zur Bestimmung von Immissionskenngrößen. August 2009, Beuth Verlag, Berlin

VDI-Richtlinie 3782–5: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Depositionsparameter. VDI Düsseldorf, April 2006, Beuth Verlag, Berlin.

VDI-Richtlinie 3782–7: Umweltmeteorologie – Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI Düsseldorf, November 2003, Beuth Verlag, Berlin.

VDI-Richtlinie 3783–13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose – Anlagenbezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsberechnung gemäß TA Luft., Dezember 2007, Beuth Verlag, Berlin.

VDI-Richtlinie 3783–16: Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige nichthydrostatische Windfeldmodelle; Verfahren für Anwendungen nach TA Luft.

VDI-Richtlinie 3945–3: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Partikelmodell. VDI Düsseldorf, März 1996, Beuth Verlag, Berlin.

15 Anhang

15.1 Verfahrensbeschreibung „Prognostische Windfeldbibliothek“

Die TA Luft schränkt in Anhang 3 Abschnitt 11 die Anwendbarkeit eines diagnostischen Windfeldmodells in der Ausbreitungsrechnung folgendermaßen ein: „*Geländeunebenheiten können in der Regel mit Hilfe eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können.*“ Alternativen für den Fall, dass diese Kriterien nicht erfüllt sind, werden in der TA Luft nicht näher spezifiziert.

Ein Verfahren, das einen Einsatz in topographisch stark gegliedertem Gelände erlaubt, ist das Konzept einer „Prognostischen Windfeldbibliothek“. Es basiert auf einer Windfeldbibliothek, deren Windfelder mit einem prognostischen Strömungsmodell berechnet wurden. Dabei werden statt der diagnostisch berechneten Windfelder universell anwendbare prognostische Windfelder in die Bibliothek eingestellt. Die eigentliche Ausbreitungsrechnung bleibt unverändert. Damit sind die Vorgaben der TA Luft erfüllt und eine Ausbreitungsrechnung auch in steilem Gelände möglich.

Die Windfeldbibliothek wurde nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 vom Juni 2015 erstellt.

15.2 Verfahren zur Erstellung der Windfeldbibliothek

Im diagnostischen Windfeldmodell des Programmsystems AUSTAL2000 besteht die Windfeldbibliothek für die Ausbreitungsrechnung aus Basiswindfeldern, aus deren Linearkombination die in der Immissionsprognose angewandten Windfelder in stündlicher Auflösung bestimmt werden können. Die Kombination erfolgt unter der Bedingung, dass der in der meteorologischen Zeitreihe hinterlegte gemessene Wind mit dem Wind des Lösungsfeldes am Anemometerstandort übereinstimmt.

Der Vorteil einer Windfeldbibliothek liegt darin, dass nicht vor jedem neuen Zeitschritt eine komplette Neuberechnung des benötigten Windfeldes erfolgen muss, sondern dieses aus der Kombination der vorhandenen Windfelder resultiert. Dieses Konzept wird bei einer „prognostischen Windfeldbibliothek“ beibehalten.

Während im diagnostischen Windfeldmodell von AUSTAL2000 bzw. LASAT nur die Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) gelöst wird, werden in prognostischen Strömungsmodellen die vollständigen dreidimensionalen Bewegungsgleichungen (Impulserhaltung, Energieerhaltung, Massenerhaltung) für die Berechnung der Strömung gelöst. Der Aufbau der prognostischen Windfeldbibliothek erfolgt in 10° -Schritten der Windrichtung analog zum Standardverfahren von AUSTAL2000. Die resultierende prognostische Windfeldbibliothek besteht unter den genannten Voraussetzungen aus 36 Feldern in 10° -Schritten je Ausbreitungsklasse, also insgesamt 216 Windfeldern je Gitter.

Die Modellrechnungen werden mit dem prognostischen Modell METRAS-PCL (Version 5.0.0) durchgeführt, entwickelt von K. H. Schlünzen, R. Petrik, D. Grawe, V. Reinhardt (Meteorologisches

Institut, CEN, Universität Hamburg). Die Realisierung wurde teilweise finanziert durch das Umweltbundesamt (Dessau-Roßlau). METRAS-PCL beruht auf dem mesoskaligen Modell METRAS. Das Windfeldmodell METRAS PCL erfüllt die Anforderungen der VDI 3783 Blatt 7.

Auf Grund der Topographie des Untersuchungsgebiets sind Einflüsse lokaler thermischer Windsysteme zu erwarten. Diese werden durch die Anwendung des Windfeldmodells METRAS-PCL sachgerecht berücksichtigt.

Die prognostischen Windfelder werden für die Windfeldbibliothek auf die von der Ausbreitungsrechnung definierten Gitter interpoliert, um vom Ausbreitungsmodell (AUSTAL2000 bzw. LASAT) verwendet werden zu können.

Lokale Windsysteme – hier besonders nächtliche Kaltluftabflusssysteme – werden durch instationär berechnete Windfelder berücksichtigt. Diese Simulationen berücksichtigen die Energiebilanz am Erdboden, welche die lokale Abkühlung und damit die Entstehung von Kaltluftabflüssen bestimmt. Die so für eine typische Strahlungsnacht erzeugten Windfelder werden ebenfalls in die Windfeldbibliothek eingestellt und zwar für Witterungsbedingungen mit Ausbreitungsstufe I in den Nachtstunden (nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang) sofern die Ausbreitungsstufe I mehr als eine Stunde anhält. Diese Windfelder erhalten eine spezielle Kennung, die mit AUSTAL2000 nicht verwendet werden können. Um Kaltluftabflüsse in den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigen zu können, muss deshalb mit dem Modell LASAT gerechnet werden.

Weitere Details des Verfahrens sind in der Literatur geschildert (Bigalke et al., 2007; Hasel et al., 2009).

Das Modellgebiet muss die topographischen Strukturen umfassen, die sich auf die Windströmung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeformationen modifizieren die Strömung z.B. in Form von Kanalisierungen oder Beschleunigungen des Windes.

Das Meteorologische Institut der Universität Hamburg stellt ebenfalls einen Prä-Prozessor zur Erstellung des Modellgebiets für METRAS-PCL zur Verfügung (GRITOP-L, Version 2.0.0, April 2018). Die in dem Präprozessor verwendeten Daten für die Landnutzung und das digitale Oberflächenmodell entstammen dem Digitalen Landbedeckungsmodell LBM-DE2012 bzw. dem Digital Elevation Model over Europe (EU-DEM).

Die Koordinaten des Modellgebiets sind in Tabelle 15-1 dargestellt. In der Vertikalen erstreckt sich das METRAS-PC-Modellgebiet bis auf rund 10.000 m Höhe. Die horizontale Ausdehnung des Modellgebiets ist in der topographischen Karte in Abbildung 4-2 veranschaulicht.

Tabelle 15-1: Eigenschaften des prognostischen Modellgitters (LUE: linke untere Ecke, ROE rechte obere Ecke eines Bereichs).

Gebiet	LUE	ROE	Ausdehnung m ²	Maschenweiten m
	RW/HW	RW/HW		
Prognostisches Gesamt-Modellgebiet	3516158	3573406	57.248 x 35.488	80 - 400
	5662545	5698033		
Inneres Teilgebiet	3534540	3556620	22.080 x 13.920	80
	5673330	5687250		

15.3 Beschreibung des Modells LASAT

Zur Simulation der Verteilung der Luftschadstoffe wird das Prinzip der Lagrangeschen Ausbreitungsrechnung umgesetzt. Bei diesem Ansatz werden der Transport und die Durchmischung (und damit Verdünnung) von Luftbeimengungen durch die Verlagerung von Teilchen dargestellt.

Jedes Teilchen repräsentiert eine bestimmte Menge einer Luftschadstoffkomponente. Die Verlagerung erfolgt zum einen mit der am jeweiligen Teilchenort herrschenden mittleren Strömungsgeschwindigkeit, zum anderen durch eine turbulente Zusatzbewegung.

Die turbulente Bewegung wird dabei durch einen Markov-Prozess erfasst. Der Markov-Prozess beschreibt die turbulenten Geschwindigkeitsanteile in alle drei Raumrichtungen durch eine reine Zufallsbewegung und einen Anteil, der – gewissermaßen als "Gedächtnis" des Teilchens – die vorherige turbulente Verlagerung beinhaltet. Bei letzterem erfolgt die Gewichtung in Abhängigkeit des Zeitschrittes. Bei großen Zeitschritten wird der "Gedächtnis"-Teil bedeutungslos, bei kleinen Zeitschritten gewinnt er an Bedeutung. In die Berechnung fließt zudem der Turbulenzzustand der Atmosphäre, dargestellt durch die turbulente kinetische Energie oder durch turbulente Diffusionskoeffizienten, ein.

Zur Konzentrationsberechnung wird das Modellgebiet mit einem dreidimensionalen Gitter überzogen. Nach jeder Verlagerung befindet sich das Teilchen in einem Gittervolumen und wird dort registriert. Das Teilchen wird durch die Strömung und die Turbulenz verlagert und registriert, bis es das Modellgebiet verlassen hat. Um eine Schadstoffwolke geeignet zu simulieren, wird die Bahn von üblicherweise einigen 10.000 Teilchen verfolgt.

Die Konzentration ergibt sich als zeitlicher und räumlicher Mittelwert für ein Gittervolumen. Für einen bestimmten (Mittelungs-) Zeitraum werden in jedem Gittervolumen die Aufenthaltszeiten der Teilchen in diesem Volumen addiert. Die Partikelkonzentration ergibt sich, indem diese aufsummierten Zeiten durch den Mittelungszeitraum und das Gittervolumen dividiert werden. Mit Hilfe der Schadstoffmenge, die jedes Teilchen repräsentiert, kann auf die Stoffkonzentration in diesem Gittervolumen geschlossen werden.

15.4 Eingangsdaten Modellrechnung

Nachfolgend sind exemplarisch die Eingangsdaten des Planfalles für das Modell LASAT dargestellt. Die Reihen mussten gekürzt werden (mit ... gekennzeichnet). Eine vollständige Darstellung aller Fälle und Zeitreihen würde den Rahmen des Gutachtens sprengen.

```
-- Datum: Wed Aug 29 00:21:15 2018
--
-- Input file created by iMAprobib
===== param.def
.
Kennung = "A44 Fall02 Planfall QS1"
Seed = 11111
Intervall = 01:00:00
Start = 00:00:00
Ende = 365.00:00:00
Average = 8760
Flags = CHEM
===== grid.def
.
RefX = 3544700.0
RefY = 5679250.0
Sk = { 0.0 3.0 6.0 10.0 16.0 25.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0 }
Nzd = 1
FLAGS=+NESTED
```

```

-
! Nm | Nl Ni Nt Pt      Dd      Xmin      Ymin  Nx  Ny  Nz  Im  Ie
-----+-----
N N1 | 1 1 3 3      160.0    -9200.0   -4960.0 126  75  19  200  1e-4
N N2 | 2 1 3 3      80.0     -6960.0   -2400.0 144 108  19  200  2e-4
N N3 | 3 1 3 3      40.0     -6320.0    2240.0 184  84  19  200  2e-4
N N4 | 3 2 3 3      40.0     2000.0      0.0   48  58  19  200  2e-4
N N5 | 4 1 3 3      20.0     -6080.0    4240.0 128  52  19  200  5e-4
N N6 | 4 2 3 3      20.0     -2640.0    2880.0  24  24  19  200  5e-4
N N7 | 4 3 3 3      20.0     -1120.0    2560.0  88  52  19  200  5e-4
N N8 | 4 4 3 3      20.0     2160.0    1440.0  36  36  19  200  5e-4
N N9 | 4 5 3 3      20.0     2800.0     160.0  36  42  19  200  5e-4
N N10| 5 1 3 3      10.0     2240.0    1520.0  56  56  19  200  5e-4
N N11| 5 2 3 3      10.0     2880.0     240.0  56  68  19  200  5e-4
-----+-----

```

==== substances.def

```

Name = gas
Einheit = g
Rate = 4.00000
Vsed = 0.0000

```

```

! Stoff | Vdep Refc Refd Rfak Rexp
-----+-----
K nox | 0.00 0.0 0.0 0.00 1.0
K no | 0.0005 0.0 0.0 0.00 1.0
K no2 | 0.003 0.0 0.0 0.00 1.0
K pm10 | 0.00 0.0 0.0 0.00 1.0
K pm25 | 0.00 0.0 0.0 0.00 1.0
K nh3 | 0.012 0.0 0.0 1.2e-004 0.6
-----+-----

```

= definition of chemical reactions ===== chemics.def

```

! Created\from | gas.no
-----+-----
C gas.no2 | ?
C gas.no | ?
-----+-----

```

==== sources.def

```

- Erstellt von IBJshapQ 1.7.0
- Relativkoordinaten beziehen sich auf:
- ggsc = null
- refx = NaN
- refy = NaN

```

- LinienQuellen:

```

! Name | X1 Y1 H1 X2 Y2 H2 BQ CQ
-----+-----
Q E1#1 | 2307.73 2062.67 0.00 2377.13 1964.68 0.00 19.00 3.00
Q E1#2 | 2377.13 1964.68 0.00 2421.01 1877.93 0.00 19.00 3.00
Q E1#3 | 2421.01 1877.93 0.00 2464.89 1761.06 0.00 19.00 3.00
Q E1#4 | 3045.08 533.71 0.00 3054.26 493.90 0.00 19.00 3.00
Q E1#5 | 3054.26 493.90 0.00 3059.88 455.63 0.00 19.00 3.00
Q E1#6 | 3059.88 455.63 0.00 3064.98 400.00 0.00 19.00 3.00
Q E1#7 | 3064.98 400.00 0.00 3065.63 375.41 0.00 19.00 3.00
Q E1#8 | 3065.63 375.41 0.00 3055.05 263.95 0.00 19.00 3.00
Q E1#9 | 3055.05 263.95 0.00 3024.01 146.14 0.00 19.00 3.00
Q E1#10 | 3024.01 146.14 0.00 2983.80 34.68 0.00 19.00 3.00
Q E1#11 | 2983.80 34.68 0.00 2909.72 -116.28 0.00 19.00 3.00
Q E2#1 | -3690.75 3918.33 0.00 -3647.78 3846.95 0.00 19.00 3.00
Q E2#2 | -3647.78 3846.95 0.00 -3610.77 3795.74 0.00 19.00 3.00
Q E2#3 | -3610.77 3795.74 0.00 -3578.38 3757.74 0.00 19.00 3.00
Q E2#4 | -3578.38 3757.74 0.00 -3508.31 3688.68 0.00 19.00 3.00
Q E2#5 | -3508.31 3688.68 0.00 -3463.03 3652.00 0.00 19.00 3.00
Q E2#6 | -3463.03 3652.00 0.00 -3422.37 3622.60 0.00 19.00 3.00
Q E2#7 | -3422.37 3622.60 0.00 -3370.48 3591.21 0.00 19.00 3.00
Q E2#8 | -3370.48 3591.21 0.00 -3350.32 3579.98 0.00 19.00 3.00
Q E2#9 | -3350.32 3579.98 0.00 -3234.21 3530.26 0.00 19.00 3.00
Q E2#10 | -3234.21 3530.26 0.00 -3086.84 3496.05 0.00 19.00 3.00
Q E2#11 | -3086.84 3496.05 0.00 -2853.51 3453.95 0.00 19.00 3.00
Q E2#12 | -2853.51 3453.95 0.00 -2725.44 3415.35 0.00 19.00 3.00
Q E2#13 | -2725.44 3415.35 0.00 -2615.79 3358.33 0.00 19.00 3.00
Q E2#14 | -2615.79 3358.33 0.00 -2494.74 3284.65 0.00 19.00 3.00
Q E2#15 | -2494.74 3284.65 0.00 -2397.37 3235.53 0.00 19.00 3.00
Q E2#16 | -2397.37 3235.53 0.00 -2272.81 3190.79 0.00 19.00 3.00
Q E2#17 | -2272.81 3190.79 0.00 -2152.63 3139.91 0.00 19.00 3.00
Q E2#18 | -2152.63 3139.91 0.00 -2055.26 3083.77 0.00 19.00 3.00
Q E2#19 | -2055.26 3083.77 0.00 -1942.98 2999.56 0.00 19.00 3.00
Q E2#20 | -1942.98 2999.56 0.00 -1779.82 2885.53 0.00 19.00 3.00
Q E2#21 | -1779.82 2885.53 0.00 -1650.88 2819.74 0.00 19.00 3.00
Q E2#22 | -1650.88 2819.74 0.00 -1471.35 2757.80 0.00 19.00 3.00
Q E2#23 | -1471.35 2757.80 0.00 -1381.72 2738.47 0.00 19.00 3.00
Q E2#24 | -1381.72 2738.47 0.00 -1274.52 2723.09 0.00 19.00 3.00
Q E2#25 | -1274.52 2723.09 0.00 -1137.87 2718.70 0.00 19.00 3.00
Q E2#26 | -1137.87 2718.70 0.00 -1053.95 2723.53 0.00 19.00 3.00
Q E2#27 | -1053.95 2723.53 0.00 -914.67 2744.18 0.00 19.00 3.00
Q E2#28 | -914.67 2744.18 0.00 -674.34 2786.79 0.00 19.00 3.00
Q E2#29 | -674.34 2786.79 0.00 -390.51 2835.99 0.00 19.00 3.00
Q E2#30 | -390.51 2835.99 0.00 -291.65 2854.44 0.00 19.00 3.00
Q E2#31 | -291.65 2854.44 0.00 -185.76 2882.56 0.00 19.00 3.00
Q E2#32 | -185.76 2882.56 0.00 -88.66 2922.98 0.00 19.00 3.00

```


Q	E2#33	-88.66	2922.98	0.00	65.11	3014.35	0.00	19.00	3.00
Q	E2#34	65.11	3014.35	0.00	223.73	3113.19	0.00	19.00	3.00
Q	E2#35	223.73	3113.19	0.00	299.74	3150.10	0.00	19.00	3.00
Q	E2#36	299.74	3150.10	0.00	368.72	3173.82	0.00	19.00	3.00
Q	E2#37	368.72	3173.82	0.00	457.98	3193.54	0.00	19.00	3.00
Q	E2#38	457.98	3193.54	0.00	556.64	3202.29	0.00	19.00	3.00
Q	E2#39	556.64	3202.29	0.00	660.17	3196.94	0.00	19.00	3.00
Q	E2#40	660.17	3196.94	0.00	771.47	3174.58	0.00	19.00	3.00
Q	E2#41	771.47	3174.58	0.00	917.75	3116.25	0.00	19.00	3.00
Q	E2#42	917.75	3116.25	0.00	1014.95	3070.07	0.00	19.00	3.00
Q	E2#43	1014.95	3070.07	0.00	1110.21	3036.53	0.00	19.00	3.00
Q	E2#44	1110.21	3036.53	0.00	1252.61	3001.04	0.00	19.00	3.00
Q	E2#45	1252.61	3001.04	0.00	1360.99	2967.50	0.00	19.00	3.00
Q	E2#46	1360.99	2967.50	0.00	1445.07	2928.12	0.00	19.00	3.00
Q	E2#47	1445.07	2928.12	0.00	1539.34	2870.28	0.00	19.00	3.00
Q	E2#48	1539.34	2870.28	0.00	1650.14	2768.68	0.00	19.00	3.00
Q	E2#49	1650.14	2768.68	0.00	1722.54	2674.38	0.00	19.00	3.00
Q	E2#50	1722.54	2674.38	0.00	1827.49	2530.49	0.00	19.00	3.00
Q	E2#51	1827.49	2530.49	0.00	1922.25	2403.61	0.00	19.00	3.00
Q	E2#52	1922.25	2403.61	0.00	1982.50	2341.88	0.00	19.00	3.00
Q	E2#53	1982.50	2341.88	0.00	2093.30	2250.00	0.00	19.00	3.00
Q	E2#54	2093.30	2250.00	0.00	2021.46	2306.61	0.00	19.00	3.00
Q	E2#55	2021.46	2306.61	0.00	2133.21	2219.85	0.00	19.00	3.00
Q	E2#56	2133.21	2219.85	0.00	2220.47	2153.51	0.00	19.00	3.00
Q	E2#57	2220.47	2153.51	0.00	2294.46	2080.53	0.00	19.00	3.00
Q	E2#58	2294.46	2080.53	0.00	2307.73	2062.16	0.00	19.00	3.00
Q	E3#1	-5465.84	5388.94	0.00	-5305.17	5341.52	0.00	19.00	3.00
Q	E3#2	-5305.17	5341.52	0.00	-5149.14	5300.29	0.00	19.00	3.00
Q	E3#3	-5149.14	5300.29	0.00	-4973.03	5261.11	0.00	19.00	3.00
Q	E3#4	-4973.03	5261.11	0.00	-4896.30	5244.10	0.00	19.00	3.00
Q	E3#5	-4896.30	5244.10	0.00	-4837.59	5229.67	0.00	19.00	3.00
Q	E3#6	-4837.59	5229.67	0.00	-4800.00	5218.85	0.00	19.00	3.00
Q	E3#7	-4800.00	5218.85	0.00	-4720.92	5194.15	0.00	19.00	3.00
Q	E3#8	-4720.92	5194.15	0.00	-4646.88	5163.10	0.00	19.00	3.00
Q	E3#9	-4646.88	5163.10	0.00	-4563.58	5124.12	0.00	19.00	3.00
Q	E3#10	-4563.58	5124.12	0.00	-4473.68	5072.58	0.00	19.00	3.00
Q	E3#11	-4473.68	5072.58	0.00	-4412.86	5031.61	0.00	19.00	3.00
Q	E3#12	-4412.86	5031.61	0.00	-4309.74	4950.99	0.00	19.00	3.00
Q	E3#13	-4309.74	4950.99	0.00	-4227.77	4872.35	0.00	19.00	3.00
Q	E3#14	-4227.77	4872.35	0.00	-4131.92	4759.34	0.00	19.00	3.00
Q	E3#15	-4131.92	4759.34	0.00	-4032.78	4610.64	0.00	19.00	3.00
Q	E3#16	-4032.78	4610.64	0.00	-3929.67	4405.10	0.00	19.00	3.00
Q	E3#17	-3929.67	4405.10	0.00	-3850.36	4244.50	0.00	19.00	3.00
Q	E3#18	-3850.36	4244.50	0.00	-3691.08	3918.66	0.00	19.00	3.00
...									
Q	E5#1	2264.35	2112.17	0.00	2323.04	2071.34	0.00	7.00	3.00
Q	E5#2	2323.04	2071.34	0.00	2362.84	2039.70	0.00	7.00	3.00
Q	E5#3	2362.84	2039.70	0.00	2389.37	2016.74	0.00	7.00	3.00
Q	E5#4	2389.37	2016.74	0.00	2420.50	1974.89	0.00	7.00	3.00
Q	E5#5	2420.50	1974.89	0.00	2450.09	1926.92	0.00	7.00	3.00
Q	E5#6	2450.09	1926.92	0.00	2475.61	1891.20	0.00	7.00	3.00
Q	E5#7	2475.61	1891.20	0.00	2499.59	1869.25	0.00	7.00	3.00
Q	E5#8	2499.59	1869.25	0.00	2540.41	1847.82	0.00	7.00	3.00
Q	E5#9	2540.41	1847.82	0.00	2588.38	1836.08	0.00	7.00	3.00
Q	E5#10	2588.38	1836.08	0.00	2632.26	1821.28	0.00	7.00	3.00
Q	E5#11	2632.26	1821.28	0.00	2677.17	1797.30	0.00	7.00	3.00
Q	E5#12	2677.17	1797.30	0.00	2713.91	1766.16	0.00	7.00	3.00
Q	E5#13	2713.91	1766.16	0.00	2757.79	1723.30	0.00	7.00	3.00
Q	E6#1	-3536.58	4011.45	0.00	-3537.47	3993.83	0.00	7.00	3.00
Q	E6#2	-3537.47	3993.83	0.00	-3537.47	3970.91	0.00	7.00	3.00
Q	E6#3	-3537.47	3970.91	0.00	-3537.91	3946.68	0.00	7.00	3.00
Q	E6#4	-3537.91	3946.68	0.00	-3540.56	3923.32	0.00	7.00	3.00
Q	E6#5	-3540.56	3923.32	0.00	-3543.65	3893.36	0.00	7.00	3.00
Q	E6#6	-3543.65	3893.36	0.00	-3552.03	3871.76	0.00	7.00	3.00
Q	E6#7	-3552.03	3871.76	0.00	-3564.81	3858.54	0.00	7.00	3.00
Q	E6#8	-3564.81	3858.54	0.00	-3582.00	3849.28	0.00	7.00	3.00
Q	E6#9	-3582.00	3849.28	0.00	-3600.51	3847.52	0.00	7.00	3.00
Q	E6#10	-3600.51	3847.52	0.00	-3626.96	3851.92	0.00	7.00	3.00
Q	E6#11	-3626.96	3851.92	0.00	-3648.99	3866.45	0.00	7.00	3.00
Q	E6#12	-3648.99	3866.45	0.00	-3674.11	3890.68	0.00	7.00	3.00
Q	E7#1	-3819.99	3935.16	0.00	-3811.62	3910.48	0.00	7.00	3.00
Q	E7#2	-3811.62	3910.48	0.00	-3802.37	3880.52	0.00	7.00	3.00
Q	E7#3	-3802.37	3880.52	0.00	-3787.83	3838.66	0.00	7.00	3.00
Q	E7#4	-3787.83	3838.66	0.00	-3761.83	3817.08	0.00	7.00	3.00
Q	E7#5	-3761.83	3817.08	0.00	-3741.12	3813.11	0.00	7.00	3.00
Q	E7#6	-3741.12	3813.11	0.00	-3685.58	3826.35	0.00	7.00	3.00
Q	E7#7	-3685.58	3826.35	0.00	-3663.98	3826.35	0.00	7.00	3.00
Q	E7#8	-3663.98	3826.35	0.00	-3637.98	3815.78	0.00	7.00	3.00
Q	E7#9	-3637.98	3815.78	0.00	-3617.27	3805.65	0.00	7.00	3.00
Q	Tunnel_N8#1	2480.74	1745.00	0.00	2441.00	1880.00	0.00	19.00	5.00
Q	Tunnel_S8#1	3047.00	485.00	0.00	3057.50	344.00	0.00	19.00	5.00
Q	Tunnel_N9#1	2480.74	1745.00	0.00	2463.00	1803.00	0.00	19.00	5.00
Q	Tunnel_S9#1	3047.00	485.00	0.00	3051.50	424.00	0.00	19.00	5.00
...									
-									
-									
=	Definition der Quellstärken	===== emissions.def							
.									
-									
-	Tabelle der Anteile der einzelnen Komponenten								
-									
-									
!	QUELLE	gas. PM10	gas. PM25	gas. NH3	gas. NOx	gas. NO2	gas. NO		
E	E1#1	0.229E-02	0.102E-02	0.674E-03	0.163E-01	0.484E-02	0.747E-02		
E	E1#2	0.185E-02	0.829E-03	0.546E-03	0.132E-01	0.392E-02	0.605E-02		

E	E1#3	0.238E-02	0.106E-02	0.700E-03	0.169E-01	0.503E-02	0.776E-02
E	E1#4	0.778E-03	0.348E-03	0.229E-03	0.553E-02	0.165E-02	0.254E-02
E	E1#5	0.736E-03	0.330E-03	0.217E-03	0.524E-02	0.156E-02	0.241E-02
E	E1#6	0.106E-02	0.476E-03	0.313E-03	0.757E-02	0.225E-02	0.347E-02
E	E1#7	0.468E-03	0.210E-03	0.138E-03	0.333E-02	0.991E-03	0.153E-02
E	E1#8	0.213E-02	0.955E-03	0.628E-03	0.152E-01	0.451E-02	0.696E-02
E	E1#9	0.232E-02	0.104E-02	0.684E-03	0.165E-01	0.491E-02	0.758E-02
E	E1#10	0.226E-02	0.101E-02	0.665E-03	0.161E-01	0.478E-02	0.737E-02
E	E1#11	0.320E-02	0.143E-02	0.944E-03	0.228E-01	0.678E-02	0.105E-01
E	E2#1	0.189E-02	0.856E-03	0.682E-03	0.164E-01	0.494E-02	0.749E-02
E	E2#2	0.144E-02	0.649E-03	0.517E-03	0.124E-01	0.375E-02	0.568E-02
E	E2#3	0.114E-02	0.513E-03	0.409E-03	0.983E-02	0.296E-02	0.449E-02
E	E2#4	0.224E-02	0.101E-02	0.805E-03	0.194E-01	0.583E-02	0.884E-02
E	E2#5	0.133E-02	0.599E-03	0.477E-03	0.115E-01	0.346E-02	0.524E-02
E	E2#6	0.114E-02	0.516E-03	0.411E-03	0.988E-02	0.298E-02	0.451E-02
E	E2#7	0.138E-02	0.623E-03	0.496E-03	0.119E-01	0.360E-02	0.545E-02
E	E2#8	0.525E-03	0.237E-03	0.189E-03	0.454E-02	0.137E-02	0.207E-02
E	E2#9	0.287E-02	0.130E-02	0.103E-02	0.249E-01	0.749E-02	0.114E-01
E	E2#10	0.344E-02	0.155E-02	0.124E-02	0.298E-01	0.897E-02	0.136E-01
E	E2#11	0.539E-02	0.244E-02	0.194E-02	0.467E-01	0.141E-01	0.213E-01
E	E2#12	0.304E-02	0.137E-02	0.109E-02	0.263E-01	0.793E-02	0.120E-01
E	E2#13	0.281E-02	0.127E-02	0.101E-02	0.243E-01	0.733E-02	0.111E-01
E	E2#14	0.322E-02	0.146E-02	0.116E-02	0.279E-01	0.840E-02	0.127E-01
E	E2#15	0.248E-02	0.112E-02	0.893E-03	0.215E-01	0.647E-02	0.980E-02
E	E2#16	0.301E-02	0.136E-02	0.108E-02	0.261E-01	0.785E-02	0.119E-01
E	E2#17	0.297E-02	0.134E-02	0.107E-02	0.257E-01	0.774E-02	0.117E-01
E	E2#18	0.256E-02	0.116E-02	0.920E-03	0.221E-01	0.666E-02	0.101E-01
E	E2#19	0.319E-02	0.144E-02	0.115E-02	0.276E-01	0.832E-02	0.126E-01
E	E2#20	0.453E-02	0.205E-02	0.163E-02	0.392E-01	0.118E-01	0.179E-01
E	E2#21	0.329E-02	0.149E-02	0.118E-02	0.285E-01	0.858E-02	0.130E-01
E	E2#22	0.432E-02	0.195E-02	0.155E-02	0.374E-01	0.113E-01	0.171E-01
E	E2#23	0.209E-02	0.942E-03	0.751E-03	0.180E-01	0.544E-02	0.824E-02
E	E2#24	0.246E-02	0.111E-02	0.887E-03	0.213E-01	0.642E-02	0.973E-02
E	E2#25	0.311E-02	0.141E-02	0.112E-02	0.269E-01	0.811E-02	0.123E-01
E	E2#26	0.191E-02	0.864E-03	0.688E-03	0.165E-01	0.498E-02	0.756E-02
E	E2#27	0.320E-02	0.145E-02	0.115E-02	0.277E-01	0.835E-02	0.127E-01
E	E2#28	0.555E-02	0.251E-02	0.200E-02	0.480E-01	0.145E-01	0.219E-01
E	E2#29	0.655E-02	0.296E-02	0.236E-02	0.567E-01	0.171E-01	0.259E-01
E	E2#30	0.229E-02	0.103E-02	0.823E-03	0.198E-01	0.596E-02	0.904E-02
E	E2#31	0.249E-02	0.113E-02	0.897E-03	0.216E-01	0.650E-02	0.985E-02
E	E2#32	0.239E-02	0.108E-02	0.861E-03	0.207E-01	0.624E-02	0.945E-02
E	E2#33	0.407E-02	0.184E-02	0.146E-02	0.352E-01	0.106E-01	0.161E-01
E	E2#34	0.425E-02	0.192E-02	0.153E-02	0.368E-01	0.111E-01	0.168E-01
E	E2#35	0.192E-02	0.868E-03	0.692E-03	0.166E-01	0.501E-02	0.760E-02
E	E2#36	0.166E-02	0.750E-03	0.597E-03	0.144E-01	0.433E-02	0.656E-02
E	E2#37	0.208E-02	0.939E-03	0.748E-03	0.180E-01	0.542E-02	0.822E-02
E	E2#38	0.225E-02	0.102E-02	0.811E-03	0.195E-01	0.587E-02	0.890E-02
E	E2#39	0.236E-02	0.107E-02	0.849E-03	0.204E-01	0.615E-02	0.932E-02
E	E2#40	0.258E-02	0.117E-02	0.929E-03	0.223E-01	0.673E-02	0.102E-01
E	E2#41	0.358E-02	0.162E-02	0.129E-02	0.310E-01	0.934E-02	0.142E-01
E	E2#42	0.245E-02	0.111E-02	0.881E-03	0.212E-01	0.638E-02	0.967E-02
E	E2#43	0.230E-02	0.104E-02	0.827E-03	0.199E-01	0.599E-02	0.908E-02
E	E2#44	0.334E-02	0.151E-02	0.120E-02	0.289E-01	0.870E-02	0.132E-01
E	E2#45	0.258E-02	0.117E-02	0.929E-03	0.223E-01	0.673E-02	0.102E-01
E	E2#46	0.211E-02	0.954E-03	0.760E-03	0.183E-01	0.551E-02	0.835E-02
E	E2#47	0.252E-02	0.114E-02	0.905E-03	0.218E-01	0.656E-02	0.994E-02
E	E2#48	0.342E-02	0.154E-02	0.123E-02	0.296E-01	0.891E-02	0.135E-01
E	E2#49	0.270E-02	0.122E-02	0.973E-03	0.234E-01	0.705E-02	0.107E-01
E	E2#50	0.405E-02	0.183E-02	0.146E-02	0.351E-01	0.106E-01	0.160E-01
E	E2#51	0.360E-02	0.163E-02	0.130E-02	0.312E-01	0.939E-02	0.142E-01
E	E2#52	0.196E-02	0.886E-03	0.706E-03	0.170E-01	0.511E-02	0.775E-02
E	E2#53	0.327E-02	0.148E-02	0.118E-02	0.283E-01	0.853E-02	0.129E-01
E	E2#54	0.208E-02	0.940E-03	0.749E-03	0.180E-01	0.542E-02	0.822E-02
E	E2#55	0.322E-02	0.145E-02	0.116E-02	0.278E-01	0.839E-02	0.127E-01
E	E2#56	0.249E-02	0.113E-02	0.897E-03	0.216E-01	0.650E-02	0.985E-02
E	E2#57	0.236E-02	0.107E-02	0.851E-03	0.205E-01	0.616E-02	0.934E-02
E	E2#58	0.515E-03	0.233E-03	0.186E-03	0.446E-02	0.134E-02	0.204E-02
E	E3#1	0.456E-02	0.205E-02	0.175E-02	0.353E-01	0.106E-01	0.161E-01
E	E3#2	0.440E-02	0.198E-02	0.168E-02	0.340E-01	0.102E-01	0.155E-01
E	E3#3	0.491E-02	0.221E-02	0.188E-02	0.380E-01	0.114E-01	0.174E-01
E	E3#4	0.214E-02	0.963E-03	0.820E-03	0.166E-01	0.497E-02	0.757E-02
E	E3#5	0.165E-02	0.741E-03	0.631E-03	0.127E-01	0.382E-02	0.582E-02
E	E3#6	0.107E-02	0.479E-03	0.408E-03	0.824E-02	0.247E-02	0.377E-02
E	E3#7	0.226E-02	0.102E-02	0.864E-03	0.175E-01	0.524E-02	0.798E-02
E	E3#8	0.219E-02	0.984E-03	0.837E-03	0.169E-01	0.508E-02	0.773E-02
E	E3#9	0.250E-02	0.113E-02	0.959E-03	0.194E-01	0.582E-02	0.886E-02
E	E3#10	0.282E-02	0.127E-02	0.108E-02	0.218E-01	0.655E-02	0.998E-02
E	E3#11	0.200E-02	0.899E-03	0.765E-03	0.154E-01	0.464E-02	0.706E-02
E	E3#12	0.356E-02	0.160E-02	0.137E-02	0.276E-01	0.828E-02	0.126E-01
E	E3#13	0.309E-02	0.139E-02	0.118E-02	0.239E-01	0.718E-02	0.109E-01
E	E3#14	0.404E-02	0.182E-02	0.155E-02	0.312E-01	0.937E-02	0.143E-01
E	E3#15	0.487E-02	0.219E-02	0.186E-02	0.376E-01	0.113E-01	0.172E-01
E	E3#16	0.626E-02	0.282E-02	0.240E-02	0.484E-01	0.145E-01	0.222E-01
E	E3#17	0.488E-02	0.220E-02	0.187E-02	0.377E-01	0.113E-01	0.173E-01
E	E3#18	0.988E-02	0.444E-02	0.378E-02	0.764E-01	0.229E-01	0.349E-01
...							
E	E5#1	0.295E-03	0.109E-03	0.102E-03	0.174E-02	0.498E-03	0.812E-03
E	E5#2	0.210E-03	0.775E-04	0.722E-04	0.124E-02	0.354E-03	0.577E-03
E	E5#3	0.145E-03	0.535E-04	0.499E-04	0.854E-03	0.245E-03	0.398E-03
E	E5#4	0.215E-03	0.795E-04	0.741E-04	0.127E-02	0.364E-03	0.592E-03
E	E5#5	0.233E-03	0.859E-04	0.801E-04	0.137E-02	0.393E-03	0.640E-03
E	E5#6	0.181E-03	0.669E-04	0.624E-04	0.107E-02	0.306E-03	0.498E-03
E	E5#7	0.134E-03	0.496E-04	0.462E-04	0.791E-03	0.227E-03	0.369E-03
E	E5#8	0.190E-03	0.703E-04	0.655E-04	0.112E-02	0.321E-03	0.523E-03
E	E5#9	0.204E-03	0.753E-04	0.702E-04	0.120E-02	0.344E-03	0.561E-03
E	E5#10	0.191E-03	0.706E-04	0.658E-04	0.113E-02	0.323E-03	0.526E-03

```

E E5#11 | 0.210E-03 0.776E-04 0.723E-04 0.124E-02 0.355E-03 0.578E-03
E E5#12 | 0.199E-03 0.734E-04 0.684E-04 0.117E-02 0.336E-03 0.547E-03
E E5#13 | 0.253E-03 0.935E-04 0.872E-04 0.149E-02 0.428E-03 0.696E-03
E E6#1 | 0.129E-03 0.416E-04 0.317E-04 0.668E-03 0.184E-03 0.316E-03
E E6#2 | 0.168E-03 0.540E-04 0.412E-04 0.868E-03 0.240E-03 0.411E-03
E E6#3 | 0.178E-03 0.571E-04 0.435E-04 0.918E-03 0.253E-03 0.434E-03
E E6#4 | 0.172E-03 0.554E-04 0.422E-04 0.890E-03 0.246E-03 0.421E-03
E E6#5 | 0.221E-03 0.710E-04 0.541E-04 0.114E-02 0.315E-03 0.540E-03
E E6#6 | 0.170E-03 0.546E-04 0.416E-04 0.877E-03 0.242E-03 0.415E-03
E E6#7 | 0.135E-03 0.433E-04 0.330E-04 0.696E-03 0.192E-03 0.329E-03
E E6#8 | 0.143E-03 0.460E-04 0.351E-04 0.739E-03 0.204E-03 0.350E-03
E E6#9 | 0.136E-03 0.438E-04 0.334E-04 0.704E-03 0.194E-03 0.333E-03
E E6#10 | 0.196E-03 0.632E-04 0.482E-04 0.102E-02 0.280E-03 0.480E-03
E E6#11 | 0.193E-03 0.622E-04 0.474E-04 0.999E-03 0.276E-03 0.473E-03
E E6#12 | 0.256E-03 0.823E-04 0.627E-04 0.132E-02 0.365E-03 0.625E-03
E E7#1 | 0.207E-03 0.654E-04 0.479E-04 0.105E-02 0.288E-03 0.499E-03
E E7#2 | 0.250E-03 0.787E-04 0.576E-04 0.127E-02 0.347E-03 0.600E-03
E E7#3 | 0.353E-03 0.111E-03 0.814E-04 0.179E-02 0.491E-03 0.848E-03
E E7#4 | 0.269E-03 0.848E-04 0.621E-04 0.136E-02 0.374E-03 0.647E-03
E E7#5 | 0.168E-03 0.529E-04 0.387E-04 0.851E-03 0.233E-03 0.404E-03
E E7#6 | 0.455E-03 0.143E-03 0.105E-03 0.230E-02 0.632E-03 0.109E-02
E E7#7 | 0.172E-03 0.542E-04 0.397E-04 0.872E-03 0.239E-03 0.413E-03
E E7#8 | 0.223E-03 0.705E-04 0.516E-04 0.113E-02 0.311E-03 0.537E-03
E E7#9 | 0.184E-03 0.579E-04 0.424E-04 0.930E-03 0.255E-03 0.441E-03
E Tunnel_N8#1 | 0.127E-01 0.543E-02 0.387E-02 0.456E-01 0.128E-01 0.215E-01
E Tunnel_S8#1 | 0.127E-01 0.546E-02 0.389E-02 0.459E-01 0.129E-01 0.216E-01
E Tunnel_N9#1 | 0.234E-02 0.100E-02 0.715E-03 0.843E-02 0.237E-02 0.396E-02
E Tunnel_S9#1 | 0.236E-02 0.101E-02 0.721E-03 0.850E-02 0.239E-02 0.400E-02

```

===== variable.def

```

- declare conversion rates gas.no2-gas.no and gas.no-gas.no
- as time-dependent in chemics.def and correct if necessary
- the substance group below (gas.):
gas.no2-gas.no = R2 ' conversion rate of NO2 from NO (1/s)
gas.no-gas.no = R1 ' depletion rate of NO (1/s)

```

```

!
Z 00:00:00 01:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 01:00:00 02:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 02:00:00 03:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 03:00:00 04:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 04:00:00 05:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 05:00:00 06:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 06:00:00 07:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 07:00:00 08:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 08:00:00 09:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 09:00:00 10:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 10:00:00 11:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 11:00:00 12:00:00 2.242e-04 -1.462e-04
Z 12:00:00 13:00:00 2.242e-04 -1.462e-04

```

===== meteo.def

```

-- LPRAKT 3.4.1: time series E:/17-11-01-FR-A44/8-Metras/Windfeld_final/METRAS-WFB_17-11-01-
FR_V2_Null//B_Meteo/akzr_witzenhausen_06_z0.dat
-- Umin=0.7 Seed=11111

```

```

-- (ddd.hh:mm:ss) (ddd.hh:mm:ss) (m/s) (deg) (K/M)

```

```

version = 2.6
z0 = 0.500
d0 = 3.000
xa = 9405.0
ya = 5139.0
ha = 10.0
ua = ?
ra = ?
km = ?
hmmean = { 0 0 0 1169 1469 1469 }
windlib = ..\..\Windfeld_Planfall\lib
refdate = 2006-01-01T00:00:00+0100
wind = ?

```

```

!
-----+-----
Z 00:00:00 01:00:00 5.800 236 3.1 0000
Z 01:00:00 02:00:00 5.200 236 3.1 0000
Z 02:00:00 03:00:00 5.600 235 3.1 0000
Z 03:00:00 04:00:00 5.500 241 3.1 0000
Z 04:00:00 05:00:00 5.300 241 3.1 0000
Z 05:00:00 06:00:00 5.000 240 3.1 0000

```


15.5 Emissionstabellen

Tabelle 15-2: Prognose-Nullfall, Verkehr und spezifische Emissionen, Bezugsjahr 2030.

#	Bezeichnung	DTV	pLNF	pSNF	Typ	nFS	LN	KSA	NO _x	NO ₂	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}
		Fz/d	%	%			%	%	µg/(m³s)	µg/(m³s)	µg/(m³s)	µg/(m³s)	µg/(m³s)
1	Q04-A44 Auffahrt Helsa	22.800	7,6	22,7	Land/HVS-kurv./60	2	5,0	21,0	113,4	29,1	2,5	29,6	6,8
2	Q11-A7 n	100.000	9,2	27,5	Land/AB/120	6	2,0	0,0	338,8	97,1	19,2	70,4	30,4
3	Q12-A7 s	94.400	8,3	24,8	Land/AB/120	6	2,0	0,0	310,0	89,3	19,7	63,4	27,4
4	Q13-A44-A7	7.600	2,9	8,6	Land/AB/130	2	5,0	0,0	43,3	13,2	2,2	3,8	1,7
5	Q14-A7-A44	10.300	8,9	26,6	Land/AB/130	2	5,0	0,0	56,5	16,8	2,3	7,4	3,3
6	Q15-B7 Papierfabrik	4.800	7,5	22,4	Land/FernStr/100	4	2,0	9,0	14,2	3,8	1,3	3,1	1,3
7	Q16-B7	2.100	2,0	6,1	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	4,6	1,3	0,7	0,9	0,4
8	Q17-Kaufungen	12.000	1,1	3,2	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	29,8	8,1	2,0	6,3	2,2
9	Q19-Kassel-Anschluss K.	6.800	2,8	8,4	Land/HVS-kurv./80	2	4,0	9,0	16,1	4,5	1,1	3,2	1,4
10	Q22-L3203 Vollmarshausen	1.500	3,7	11,0	Land/HVS-kurv./80	2	4,0	9,0	3,7	1,0	0,2	0,8	0,3
11	Q23-B7	31.300	5,7	17,0	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	88,7	24,3	8,2	18,1	7,8
12	Q24-Theodor-Heuss Str.	10.400	0,8	2,3	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	25,0	6,9	1,8	5,1	1,8
13	Q25-B7	26.200	6,7	20,0	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	78,9	21,4	7,1	16,1	7,0
14	Q26-Helsa Leipziger Str.	26.200	6,7	20,0	Land/FernStr/80	2	2,0	9,0	88,7	23,3	3,5	16,3	7,1
15	Q27-Helsa B451	8.500	1,8	5,5	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	23,0	6,1	1,4	5,1	1,7
16	Q28-B7	23.400	7,6	22,7	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	73,4	19,8	6,1	15,2	6,6
17	Q29-B7	2.600	4,3	13,0	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	6,5	1,8	0,8	1,4	0,6
18	Q30-Windhäuser Str.	1.100	0,7	2,0	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	3,2	0,9	0,2	0,4	0,2
19	Q31-Nester Str.	1.300	2,7	8,1	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	4,2	1,1	0,2	0,5	0,3
20	Q32-Leipziger Str.	10.100	1,1	3,3	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	25,2	6,9	1,7	5,3	1,8
21	Q33-Leipziger Str.	8.800	1,1	3,2	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	21,8	5,9	1,5	4,6	1,6
22	Q34-Leipziger Str.	8.900	1,4	4,1	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	22,9	6,2	1,5	4,9	1,7
23	Q35-Helsa B451	5.000	2,8	8,3	Agglo/HVS/50	2	4,0	25,8	16,0	4,3	0,8	3,4	1,1
24	Q36-Helsa L3400	500	4,0	12,0	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	1,7	0,4	0,1	0,2	0,1

25	Q37-A44	22.800	7,6	22,7	Land/AB/>130	2	2,0	0,0	113,3	33,9	5,4	15,2	6,8
26	Leipziger Str.	4.600	1,7	5,0	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	12,0	3,2	0,8	2,5	0,9
27	Anfahrt Anschluss A7	35.900	6,3	19,0	Agglo/HVS/50	4	4,0	25,8	156,4	40,2	3,3	43,4	9,9
28	B7	10.300	2,1	6,4	Land/AB/100	2	6,0	0,0	35,8	10,9	3,1	4,7	2,1
29	B7	35.100	5,3	16,0	Land/AB/100	4	2,0	0,0	82,8	24,1	9,2	19,7	8,4
30	B7	29.600	6,2	18,7	Land/HVS-kurv./100	4	2,0	9,0	78,4	20,7	4,2	17,8	7,7
31	Leipziger Str.	6.500	1,2	3,6	Land/HVS-kurv./80	2	2,0	9,0	12,0	3,4	1,1	2,7	1,1
32	Auffahrt B7	5.100	1,2	3,7	Land/HVS-kurv./80	2	5,0	9,0	12,0	3,5	0,9	2,1	0,9
33	Auffahrt B7	6.000	1,1	3,4	Land/HVS-kurv./80	2	5,0	9,0	14,0	4,1	1,0	2,5	1,1
34	Auffahrt SB7	4.300	3,6	10,7	Land/HVS-kurv./80	2	5,0	9,0	11,6	3,2	0,7	2,2	0,9
35	Auffahrt SB7	4.200	2,5	7,5	Land/HVS-kurv./80	2	5,0	9,0	10,7	3,0	0,7	2,0	0,8
36	Q51-Dresdnerstr.	37.200	4,0	7,5	Agglo/AB-City/100	4	2,0	9,0	75,1	21,0	11,9	17,2	7,4
37	Q52-KasslerStr.	18.900	4,0	4,6	Agglo/AB-City/100	4	2,0	9,0	36,4	10,4	6,2	8,1	3,5
38	Q53-Ochshäuser Str. A	9.500	4,0	5,3	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	25,6	6,8	1,6	5,6	1,9
39	Q54-Ochshäuser Str. B	9.000	4,0	3,8	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	23,0	6,2	1,5	4,9	1,7
40	Q55-Forstbachweg	5.000	4,0	6,0	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	13,7	3,6	0,8	3,0	1,0
41	E56 Auffahrt A7s	16.000	6,0	19,0	Agglo/HVS/50	2	4,0	25,8	68,7	17,6	2,3	17,7	4,4

Abkürzungen

Bezeichnung – interne Bezeichnung der Streckenabschnitte mit gleicher Emission

DTV Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen in Fahrzeugen pro Tag

pLNF prozentualer Anteil an schweren Nutzfahrzeugen (> 3,5 t)

pSNF prozentualer Anteil an leichten Nutzfahrzeugen (> 2,8 t und < 3,5 t)

Typ Kennung des Straßentyps nach HBEFA 3.3

nFS Anzahl der Fahrstreifen

LN Längsneigung in %

KSA Kaltstartanteil in %

NO_x NO_x-Emission in µg/(m·s)

NO₂ NO₂-Emission in µg/(m·s)

NH₃ NH₃-Emission in µg/(m·s)

PM10 PM10-Emission in µg/(m·s)

PM2,5 PM2,5-Emission in µg/(m·s)

Tabelle 15-3: Prognose-Planfall, Verkehr und spezifische Emissionen, Bezugsjahr 2030.

#	Bezeichnung	DTV	pLNF	pSNF	Typ	nFS	LN	KSA	NO _x	NO ₂	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}
		Fz/d	%	%			%	%	µg/(m*s)	µg/(m*s)	µg/(m*s)	µg/(m*s)	µg/(m*s)
1	Q01-A44	26.100	9,3	28,0	Land/AB/>130	4	2,0	0,0	135,5	40,3	5,6	19,0	8,5
2	Q02-A44	34.400	7,3	22,0	Land/AB/>130	4	4,0	0,0	196,8	59,3	8,2	22,7	10,3
3	Q03-A44	42.700	6,8	20,3	Land/AB/>130	4	2,0	0,0	210,6	63,2	10,4	27,2	12,3
4	Q04-A44 Auffahrt Helsa	2.000	1,5	4,5	Land/HVS-kurv./60	2	5,0	21,0	5,6	1,6	0,3	0,8	0,4
5	Q05-A44 Auffahrt Helsa	8.300	1,0	3,0	Land/HVS-kurv./60	2	5,0	21,0	24,3	7,0	1,4	4,1	1,5
6	Q06-A44 Auffahrt Kaufungen	11.100	2,6	7,9	Land/HVS-kurv./60	2	5,0	21,0	37,9	10,5	1,8	7,3	2,4
7	Q07-A44 Auffahrt Kaufungen	11.500	3,0	8,9	Land/HVS-kurv./60	2	5,0	21,0	40,4	11,1	1,8	8,0	2,5
8	Q08-A44 (Tunnelportal_l)	26.100	9,3	28,0	Land/AB/80	4	2,0	0,0	324,4	91,0	27,5	90,1	38,6
9	Q08-A44 (Tunnelportal_k)	26.100	9,3	28,0	Land/AB/80	4	2,0	0,0	139,0	39,0	11,8	38,6	16,5
10	Q11-A7 n	102.400	9,2	27,6	Land/AB/120	6	2,0	0,0	370,9	105,7	18,9	72,5	31,5
11	Q12-A7 s	96.100	7,9	23,8	Land/AB/120	6	2,0	0,0	310,9	89,8	20,4	63,3	27,4
12	Q13-A44-A7	9.100	3,0	8,9	Land/AB/>130	2	5,0	0,0	59,2	18,2	2,6	4,6	2,1
13	Q14-A7-A44	12.200	9,6	28,8	Land/AB/>130	2	5,0	0,0	73,9	22,0	2,6	9,1	4,1
14	Q15-B7 Papierfabrik	5.600	2,6	7,9	Land/FernStr/100	4	2,0	9,0	12,6	3,6	1,8	2,6	1,1
15	Q16-B7	6.800	5,3	15,9	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	18,0	4,9	2,0	3,8	1,7
16	Q17-Kaufungen	9.900	0,5	1,5	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	23,0	6,4	1,7	4,6	1,7
17	Q18-B7 Anschluss A44	10.800	3,5	10,5	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	25,7	7,3	3,4	5,4	2,3
18	Q19-Kassel-Anschluss K.	8.700	4,2	12,7	Land/HVS-kurv./80	2	4,0	9,0	22,5	6,2	1,3	4,6	2,0
19	Q20-Anschluss	12.200	3,1	9,3	Land/HVS-kurv./80	2	2,0	9,0	27,4	7,6	1,9	5,9	2,5
20	Q21-B7	10.600	1,2	3,7	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	21,8	6,4	3,6	4,4	1,9
21	Q22-L3203 Vollmarshausen	1.400	3,9	11,8	Land/HVS-kurv./80	2	4,0	9,0	3,6	1,0	0,2	0,7	0,3
22	Q23-B7	10.000	1,0	2,9	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	20,2	5,9	3,4	4,1	1,7
23	Q24-Theodor-Heuss Str.	13.500	0,9	2,6	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	32,8	9,0	2,3	6,8	2,4
24	Q25-B7	3.800	0,7	2,0	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	7,5	2,2	1,3	1,5	0,6
25	Q26-Helsa Leipziger Str.	11.600	0,9	2,6	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	28,2	7,7	2,0	5,8	2,1
26	Q27-Helsa B451	8.300	1,5	4,4	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	21,6	5,8	1,4	4,7	1,6

27	Q28-B7	3.800	1,4	4,1	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	7,9	2,3	1,3	1,6	0,7
28	Q29-B7	1.900	1,5	4,4	Land/FernStr/100	3	2,0	9,0	4,0	1,2	0,6	0,8	0,3
29	Q30-Windhäuser Str.	1.000	0,3	0,8	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	2,8	0,8	0,2	0,3	0,2
30	Q31-Nester Str.	1.000	1,0	3,0	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	3,0	0,8	0,2	0,4	0,2
31	Q32-Leipziger Str.	7.100	0,5	1,4	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	16,4	4,5	1,2	3,2	1,2
32	Q33-Leipziger Str.	4.200	0,7	2,0	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	9,6	2,6	0,7	1,8	0,7
33	Q34-Leipziger Str.	6.200	1,1	3,4	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	15,5	4,2	1,1	3,2	1,1
34	Q35-Helsa B451	5.200	2,7	8,0	Agglo/HVS/50	2	4,0	25,8	16,5	4,4	0,8	3,5	1,1
35	Q36-Helsa L3400	300	0,8	2,5	Agglo/HVS/50	2	6,0	25,8	0,9	0,2	0,1	0,1	0,1
36	Q37-A44	28.100	8,8	26,3	Land/AB/>130	2	2,0	0,0	133,1	39,3	6,2	19,8	8,8
37	Q51-Dresdnerstr.	39.600	4,0	7,5	Agglo/AB-City/100	4	2,0	9,0	80,0	22,4	12,7	18,3	7,9
38	Q52-KasslerStr.	19.000	4,0	4,6	Agglo/AB-City/100	4	2,0	9,0	36,6	10,5	6,3	8,1	3,5
39	Q53-Ochshäuser Str. A	9.900	4,0	5,3	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	26,8	7,1	1,6	5,9	1,9
40	Q54-Ochshäuser Str. B	9.100	4,0	3,8	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	23,3	6,3	1,5	4,9	1,7
41	Q55-Forstbachweg	5.000	4,0	6,0	Agglo/HVS/50	2	2,0	25,8	13,7	3,6	0,8	3,0	1,0
42	E56 Auffahrt A7 s	20.700	6,8	20,3	Agglo/HVS/50	4	4,0	25,8	91,0	23,2	2,8	23,3	5,8

Abkürzungen

Bezeichnung – interne Bezeichnung der Streckenabschnitte mit gleicher Emission	
DTV	Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen in Fahrzeugen pro Tag
pLNF	prozentualer Anteil an schweren Nutzfahrzeugen (> 3,5 t)
pSNF	prozentualer Anteil an leichten Nutzfahrzeugen (> 2,8 t und < 3,5 t)
Typ	Kennung des Straßentyps nach HBEFA 3.3 (Lage/Straßentypus/Tempolimit)
nFS	Anzahl der Fahrstreifen
LN	Längsneigung in %
KSA	Kaltstartanteil in %
NO _x	NO _x -Emission in µg/(m·s)
NO ₂	NO ₂ -Emission in µg/(m·s)
NH ₃	NH ₃ -Emission in µg/(m·s)
PM10	PM10-Emission in µg/(m·s)
PM2,5	PM2,5-Emission in µg/(m·s)

15.6 Abbildungen

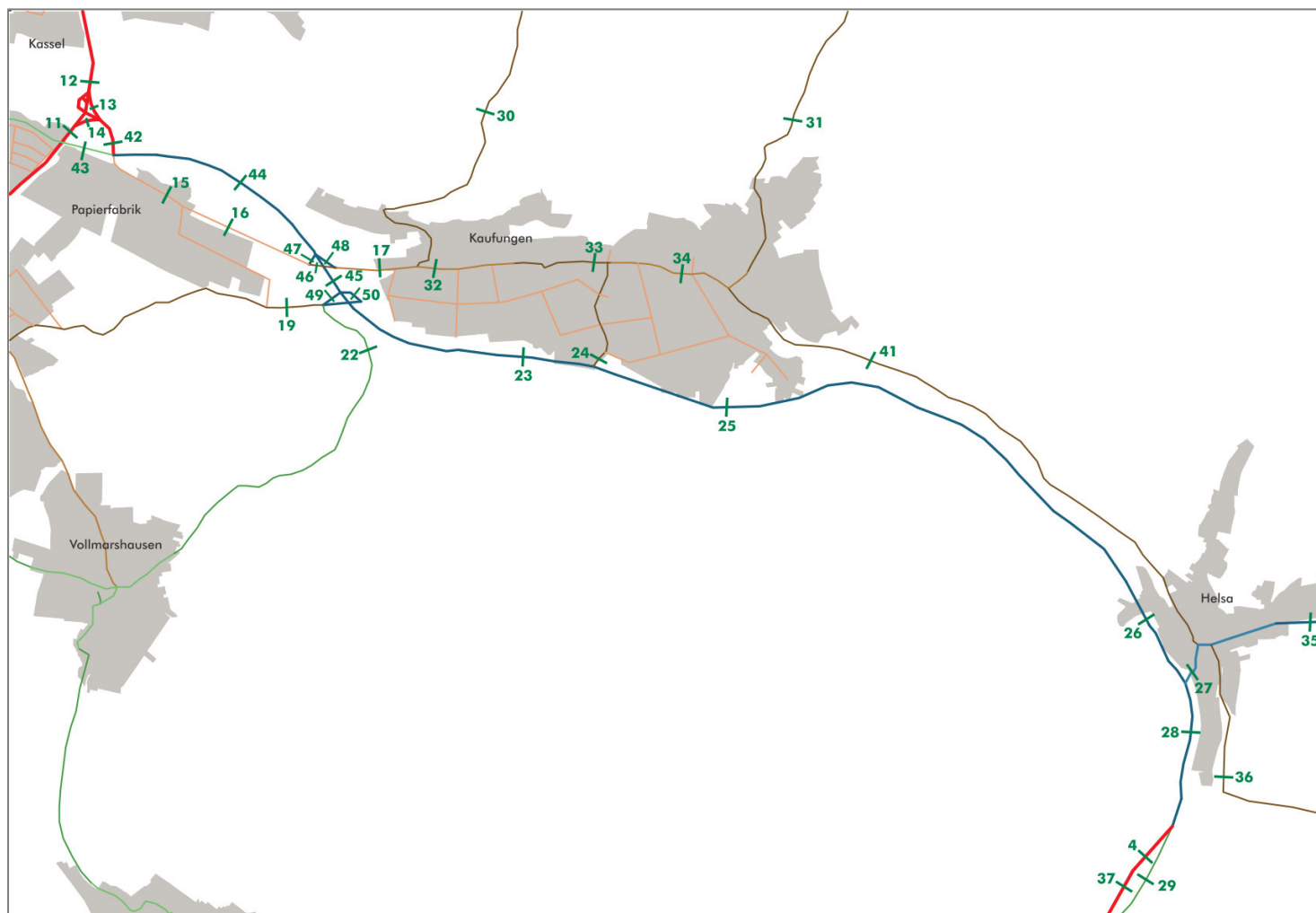


Abbildung 15-1: Lage der Abschnitte mit gleicher Emission, Nullfall 2030 (grün – Kennung der Segmente).

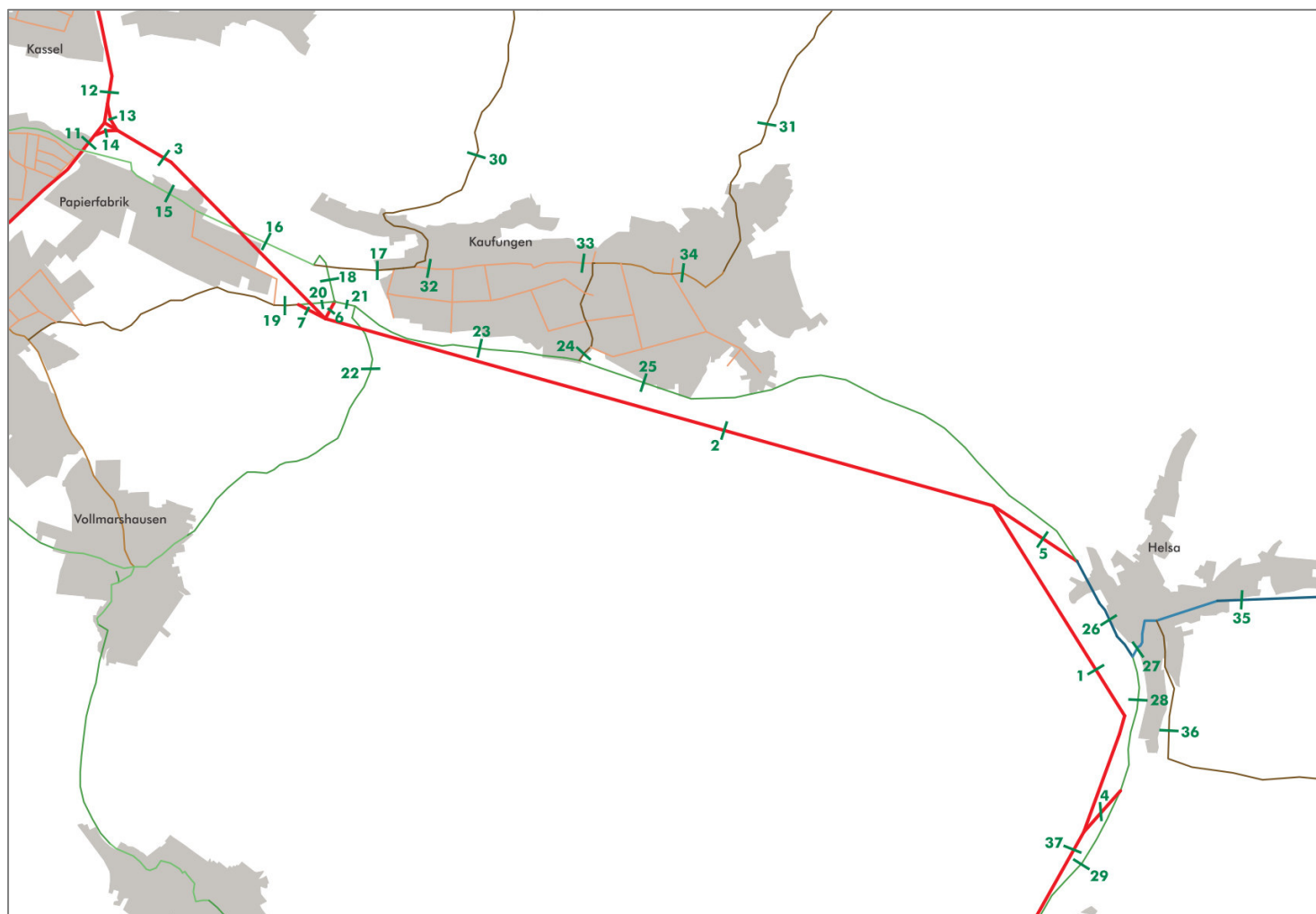


Abbildung 15-2: Lage der Abschnitte mit gleicher Emission, Planfall 2030 (grün – Kennung der Segmente).

