



**Fortschreibung  
Luftreinhalteplan Kiel  
ENTWURF  
Stand: 25.05.2018**

**Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,  
Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein  
Referat Immissionsschutz, Anlagensicherheit,  
Anlagenbezogene Energieeffizienz, Marktüberwachung  
Mercatorstraße 3  
24106 Kiel**

Ansprechperson:  
Dr. Dirk Jürgens

[Datum der Veröffentlichung]

Informationen im Internet:  
<http://www.melund.schleswig-holstein.de>  
<http://www.luft.schleswig-holstein.de>

## Inhalt

<b>0.</b>	<b>Vorwort .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Luftreinhalteplan Kiel .....	5
1.2	Fristverlängerung .....	5
1.3	Fortschreibung des Luftreinhalteplans .....	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1	EU-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa .....	7
2.2	Vorgehensweise .....	7
2.3	Beschreibung des Gebiets „Ballungsraum Kiel“ .....	8
2.4	Beschreibung der Standorte der Kieler Luftmessstationen .....	9
2.4.1	Kiel-Bahnhofstraße .....	9
2.4.2	Kiel-Theodor-Heuss-Ring .....	10
2.4.3	Stationen im städtischen Hintergrund von Kiel .....	11
2.5	Passivsammler .....	12
<b>3</b>	<b>Art und Beurteilung der Verschmutzung .....</b>	<b>14</b>
3.1	Ergebnisse der Messungen .....	14
3.1.1	Monats- und Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid .....	14
3.1.2	Verläufe der Wochengänge für Stickstoffoxide .....	16
3.2	Zusammenfassung der Messergebnisse .....	17
3.3	Trend im Jahr 2018 .....	20
<b>4</b>	<b>Katalog allgemeiner Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.....</b>	<b>21</b>
4.1	Ergebnis der Ursachenanalysen .....	21
4.2	Maßnahmen in Luftreinhalteplänen .....	21
<b>5</b>	<b>Ursachenanalyse und Prognose der Entwicklung .....</b>	<b>22</b>
5.1	Methodik .....	22
5.1.1	Berechnungsverfahren .....	22
5.1.2	Zusammensetzung der Luftschadstoffbelastung .....	24
5.1.3	Unsicherheitsfaktoren .....	25
5.2	Kiel-Bahnhofstraße .....	26
5.2.1	Einleitung .....	26
5.2.2	Verkehrsbelastung .....	26
5.2.3	Verkehrssituation .....	29
5.2.4	Ergebnisse der Modellrechnungen .....	29
5.3	Theodor-Heuss-Ring .....	33

5.3.1 Einleitung.....	33
5.3.2 Verkehrsbelastung.....	34
5.3.3 Verkehrssituation.....	35
5.3.4 Ergebnisse der Modellrechnungen.....	37
5.4 Schätzung der betroffenen Bevölkerung.....	40
5.5 Prognose ohne Durchführung von Maßnahmen.....	40

## **6 Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität am Theodor-Heuss-Ring ..... 41**

6.1 Einleitung.....	41
6.1.1 Auswirkung von Softwareupdates.....	42
6.1.2 Rechtliche Anforderung an die Auswahl und Bewertung von Maßnahmen.....	43
6.2 Maßnahmen zur Senkung der Hintergrundbelastung (PTV E1-E4).....	44
6.2.1 Erneuerung der ÖPNV-Flotte).....	44
6.2.2 GreenCityPlan.....	44
6.2.4 Zusammenfassung/Rechtliche Bewertung.....	44
6.3 Maßnahmen zur Reduzierung der Verkehrsmengen (PTV N4- N11).....	44
6.3.1 Änderung der Verkehrsführung.....	44
6.3.2 6 Zuflussdosierung.....	44
6.3.3 Verkehrsverlagerung auf den ÖPNV.....	44
6.3.4 Einführung City Maut.....	44
6.3.5 Zusammenfassung/Rechtliche Bewertung.....	44
6.4 Maßnahmen zur Verhinderung direkter Immissionswirkungen durch Veränderung der Straßengeometrie.....	44
6.4.1 Errichtung einer durchbrochenen Immissionsschutzwand.....	44
6.4.2 Beschreibung der Maßnahme Immissionsschutzwand.....	45
6.4.2.1 Auswirkungen einer Immissionsschutzwand.....	46
6.4.2.2 Rechtliche Bewertung/Verhältnismäßigkeit der Maßnahme.....	47
6.4.3 Errichtung einer durchgängigen Immissionsschutzwand (PTV I1-I3).....	47
6.4.4 Straßenabluftfilterung über Mittelleitplanke (PTV I4).....	47
6.5 Ausschluss von Fahrzeugen.....	47
6.5.1 Darstellung der Maßnahme Fahrverbot.....	47
6.5.2 Auswirkung des Ausschlusses von Fahrzeugen auf den THR.....	49
6.5.3 Auswirkung auf die Umleitungsstrecken.....	50
6.5.3.1 Alte Lübecker Chaussee.....	51
6.5.3.2 Hamburger Chaussee.....	52
6.5.3.3 Detaillierte Analyse der Verkehrsströme (Netzspinne); Alternativen (PTV- N3).....	52
6.5.4 Rechtliche Bewertung/Verhältnismäßigkeit der Maßnahme.....	52
6.6 Kombiniertes Maßnahmenpaket.....	55
6.6.1 Auswirkung einer durchbrochenen Immissionsschutzwand in Verbindung mit Fahrverboten.....	55
6.7 Zusammenfassung.....	56

## 0. Vorwort

Das nachfolgende Arbeitspapier stellt eine erste Grundlage zur Erstellung einer Fortschreibung des Luftreinhalteplans (LRP) dar.

Dem Arbeitspapier liegen Daten, Analysen und Prognosen des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Dezernat 74 „Lufthygienische Überwachung“ zugrunde. Auf dieser Basis enthält Kapitel 6 dieses Arbeitspapiers Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität am Theodor-Heuss-Ring.

In dem Arbeitspapier sind Platzhalter für Beschreibungen von Maßnahmen eingefügt, die von der Stadt Kiel zurzeit untersucht und auf ihre Wirkung auf die verkehrliche Situation am Theodor-Heuss-Ring bewertet werden sollen.

Ziel dieses Arbeitspapiers sollte es sein, gemeinsam geeignete und angemessene Maßnahmen zu identifizieren, um möglichst kurzfristig zu einer Einhaltung der Grenzwerte von Stickstoffdioxid im Sinne des § 3 Abs. 2 der 39. BImSchV zu gelangen. Nach bisherigem und noch vorläufigem Kenntnisstand könnte eine kurzfristige Einhaltung der Grenzwerte erreicht werden, wenn einerseits eine Immissionsschutzwand errichtet und ein Durchfahrverbot für Diesel-PKW, die noch nicht die Euro 6-Norm erfüllen, am Theodor-Heuss-Ring (THR) in lediglich eine Fahrtrichtung eingeführt würde.

Als Datengrundlage für eine finale Auswahl und Aufstellung von Maßnahmen des LRP bedarf es der Ergebnisse des von der Stadt Kiel beauftragten und dem MELUND geförderten Gutachten zur verkehrlichen Situation am Theodor-Heuss-Ring und den benachbarten Straßenzügen. Die hierbei zu erwartenden Erkenntnisse zur verkehrlichen Situation am THR, dessen Umleitstrecken und den umgebenen Straßen sind auch für eine weiterführende Bewertung der Luftqualität erforderlich. Die Ergebnisse der Gutachten sollen der Stadt Kiel bis Ende Juni 2018 vorliegen. Aufgrund dieser ergänzenden Gutachten ist zu erwarten, dass die unter Kapitel 6 dargelegten Maßnahmen und deren Bewertung noch zu modifizieren sind.

Dieses Arbeitspapier zur Fortschreibung des Luftreinhalteplans Kiel berücksichtigt die erst kürzlich veröffentlichten Urteilsgründe des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) in den Verfahren BVerwG 7 C 26.16 und 7 C 30.17 zu den Luftreinhalteplänen der Städte Düsseldorf und Stuttgart noch nicht abschließend. Allerdings wird nach erster Durchsicht die diesem Arbeitspapier zugrunde liegende Annahme, angesichts der unionsrechtlichen Verpflichtung grundsätzlich auch Fahrverbote in Betracht zu ziehen, um die Nichteinhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid so kurz wie möglich zu halten, vom Gericht ausdrücklich bestätigt: BVerwG, Urt. vom 27.2.2018, Az.: 7 C 30.17, Rn. 31ff. Darüber hinaus ist bedeutsam, dass das BVerwG im Hinblick auf die Anforderungen an mögliche Fahrverbote deutlich unterscheidet zwischen „zonalen Verboten“ und „streckenbezogenen Verboten“. Letztere „Einschränkungen gehen ihrer Intensität nach nicht über sonstige straßenverkehrsrechtlich begründete Durchfahrt- und Halteverbote hinaus, mit denen Autofahrer stets rechnen und die sie grundsätzlich hinnehmen müssen“, BVerwG aaO. Rn. 41. Das in dem Arbeitspapier in Erwägung gezogene streckenbezogene Fahrverbot für bestimmte Diesel-PKW auf dem THR ist also in rechtlicher Hinsicht durchaus möglich, auch gemessen an dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Schließlich widmet sich das BVerwG auch der Problematik der Verkehrsverlagerung. Danach sind „Verlagerungseffekte zu berücksichtigen und zu bewerten. Diese sind allerdings nicht per se unzulässig. Da § 47 Abs. 1 Satz 1 BImSchG kein allgemeines Minimierungsgebot enthält, sondern (lediglich) zur Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Grenzwerts verpflichtet, ist eine Verkehrsbeschränkung nach § 40 Abs. 1 Satz 1 BImSchG erst dann kein geeignetes Mittel mehr, um die Einhaltung des Grenzwertes sicherzustellen, wenn die hierdurch bedingten Umlenkungen von Verkehrsströmen zu einer erstmaligen oder weiteren Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes an anderer Stelle führen“, BVerwG aaO, Rn. 66. Die dem Arbeitspapier zugrunde liegenden lufthygienischen Untersuchungen und Berechnungen lassen indes für die betrachteten Ausweichstrecken keine dergestaltigen Überschreitungen erwarten. Die jetzt vorliegenden Urteilsbegründungen dürften daher nach einer ersten Sichtung die Aussagen und Folgerungen dieses Arbeitspapiers stützen.

# 1 Einleitung

## 1.1 Luftreinhalteplan Kiel

Im Rahmen der allgemeinen Untersuchung der Luftqualität in Schleswig-Holstein wurden an verschiedenen Verkehrsschwerpunkten in Kiel Messungen für Feinstaub, Stickstoffdioxid und Benzol durchgeführt. Dabei wurden erhöhte Belastungen in der Bahnhofstraße im Abschnitt zwischen Schwedendamm und Joachimplatz festgestellt. Im Mai 2005 wurde dort eine automatische Luftmessstation in Betrieb genommen. Die Messergebnisse des Jahres 2006 für den Luftschadstoff Stickstoffdioxid zeigten mit 62 Mikrogramm pro Kubikmeter Außenluft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dass der ab dem 1. Januar 2010 geltende Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert über die im Jahr 2006 anzuwendende Toleranzmarge hinaus überschritten wurde.

Der Kurzzeitgrenzwert für Stickstoffdioxid und die Grenzwerte für Feinstaub (PM<sub>10</sub>), Schwefeldioxid und Benzol wurden sicher eingehalten.

Für den Bereich Bahnhofstraße zwischen Schwedendamm und Joachimplatz in der Stadt Kiel wurde daraufhin im Einvernehmen mit den zuständigen Straßenverkehrsbehörden ein Luftreinhalteplan aufgestellt und im Juli 2009 in Kraft gesetzt. Darin wurde unter der Voraussetzung, dass festgelegte Maßnahmen aus dem Bereich der Verkehrslenkung durchgeführt werden und die Emissionen der Fahrzeugflotte gemäß Stand der Technik abnehmen, die Einhaltung des Grenzwerts für Stickstoffdioxid von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert im Jahr 2010 prognostiziert. Die Angaben des Luftreinhalteplans<sup>1</sup> wurden im Oktober 2008 an das Umweltbundesamt für die fristgemäße Berichterstattung an die Europäische Kommission übermittelt.

## 1.2 Fristverlängerung

Das angestrebte Ziel der Einhaltung des Grenzwerts für Stickstoffdioxid in der Bahnhofstraße im Jahr 2010 wurde aufgrund verschiedener Ursachen verfehlt:

- a) Die geplante Änderung der Verkehrsführung erforderte Baumaßnahmen, für die zunächst die rechtlichen Grundlagen durch Beteiligung der Gremien geschaffen und die Finanzierung, Vergabe und Durchführung der entsprechenden Aufträge geregelt werden mussten. Zudem mussten zum Teil bereits laufende Baumaßnahmen erst abgeschlossen werden. Trotz frühzeitigen Planungsbeginns waren die Maßnahmen von der Feststellung der Überschreitung der Summe aus Grenzwert + Toleranzmarge im Jahr 2006 bis zum Inkrafttreten des Grenzwertes im Jahr 2010 nicht durchführbar.
- b) Die Emissionen der Fahrzeugflotte haben nicht im erwarteten Maß abgenommen. Die bei der Erstellung des Luftreinhalteplans als Eingangsparemeter zur Modellrechnung verwendeten Emissionsfaktoren des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) in der damals geltenden Version 2.1 wurden erheblich überarbeitet. Die in den folgenden Jahren aktualisierten Versionen 3.1 bis 3.3 beinhalten deutlich höhere Emissionsfaktoren als die Version 2.1.

Gemäß Artikel 22 der EU-Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa konnte die Frist für die Erfüllung der Vorschriften und Ausnahmen von der vorgeschriebe-

---

<sup>1</sup> Im Internet: <http://www.luft.schleswig-holstein.de>

nen Anwendung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid um bis zu fünf Jahre verlängert werden, wenn gezeigt werden konnte

- wie der Grenzwert vor Ablauf der neuen Frist eingehalten werden soll
- dass in den Jahren der Fristverlängerung der Grenzwert um nicht mehr als die in der Richtlinie festgelegte maximale Toleranzmarge überschritten wird.

Die dazu erforderliche Mitteilung wurde im Jahr 2011 an die Europäische Kommission übermittelt. Die Entscheidung ist im Februar 2013 für alle betroffenen Gebiete in Deutschland gefällt worden. Für Kiel hat die Kommission keinen Einspruch geltend gemacht, so dass für den Ballungsraum Kiel grundsätzlich eine Fristverlängerung bis zum 31.12.2014 galt.

### 1.3 Fortschreibung des Luftreinhalteplans

Die Luftreinhalteplanung ist kein abgeschlossener Prozess. Insbesondere in größeren Gebieten bzw. Ballungsräumen, aber auch an einzelnen Straßenzügen mit hohem Straßenverkehrsaufkommen können:

- fortlaufende Untersuchungen der Luftqualität neue Erkenntnisse über Belastungssituationen ergeben,
- Stadt- und Verkehrsplanung und wirtschaftliche Entwicklung zu Verlagerungen und Änderungen der Verkehrsströme führen,
- Prognosen hinsichtlich Fahrzeugaufkommen, Flottenzusammensetzungen usw. sich als nicht zutreffend erweisen.

Parallel zu den Messungen in der Bahnhofstraße wurde eine weitere Messstation von Mai 2006 bis Mai 2008 an der Südseite des Theodor-Heuss-Rings (Liebfrauenkirche, Nähe Krusenrotter Weg) betrieben. Die Messwerte für Stickstoffdioxid lagen im Kalenderjahr 2007 bei  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel. Eine Berücksichtigung im Luftreinhalteplan war damit nicht erforderlich (geltende Summe aus Grenzwert + Toleranzmarge:  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Im Mai 2011 wurden die Messungen am Theodor-Heuss-Ring im Bereich des Krusenrotter Wegs wieder aufgenommen, diesmal jedoch auf der Nordseite gegenüber der Liebfrauenkirche. Im Kalenderjahr 2012 wurde für Stickstoffdioxid ein Jahresmittelwert von  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt, so dass dieser Straßenzug in die aktuellen Betrachtungen einbezogen wird und der Luftreinhalteplan Kiel fortgeschrieben werden muss.

## 2 Grundlagen

### 2.1 EU-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa

Die aktuelle gesetzliche Grundlage der Luftreinhalteplanung ist die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Zusammengefasst bestehen darin folgende Zielsetzungen:

1. Definition und Festlegung von Luftqualitätszielen zur Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt
2. Beurteilung der Luftqualität ... anhand einheitlicher Methoden und Kriterien
3. Gewinnung von Informationen über die Luftqualität zur Bekämpfung von Luftverschmutzungen ... und zur Überwachung langfristiger Tendenzen und der Verbesserung....
4. Gewährleistung des Zugangs der Öffentlichkeit zu solchen Informationen über die Luftqualität
5. Erhaltung der Luftqualität, sofern sie gut ist, und Verbesserung der Luftqualität, wenn dies nicht der Fall ist
6. Förderung der verstärkten Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten bei der Verringerung der Luftverschmutzung

Die Richtlinie wurde durch Änderungen im Bundes-Immissionsschutzgesetz und durch die im Jahr 2010 neu erlassene Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) in nationales Recht umgesetzt. Die 39. BImSchV ersetzte die 22. und 33. Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, in denen bis dahin die Grundlagen der Messungen und Modellrechnungen und die inhaltlichen Ausführungen zur Luftreinhalteplanung festgelegt waren.

Mit Ausnahme der Überschreitung des Grenzwerts für Stickstoffdioxid als Jahresmittelwert (festgelegt:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und der erstmaligen Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes im Jahr 2015 (zugelassen: 18 Überschreitungen von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) am Theodor-Heuss-Ring wurden in Schleswig-Holstein bisher keine Grenzwertüberschreitungen für die weiteren in den Luftqualitätsrichtlinien festgelegten Komponenten festgestellt. Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher auf Stickstoffdioxid.

### 2.2 Vorgehensweise

Ausgehend von den Ergebnissen der automatischen Messungen mit dem gesetzlich festgelegten Referenzverfahren werden die Größe des von einer Überschreitung betroffenen Gebiets bzw. die Länge eines Straßenabschnitts abgeschätzt, um die betroffene Bevölkerung zu ermitteln, die Luftschadstoffkonzentrationen ausgesetzt ist, die oberhalb der Grenzwerte liegen.

Für die Aufstellung des ersten Luftreinhalteplans in Schleswig-Holstein in Itzehoe wurden umfangreiche Betrachtungen der Emittentengruppen gewerbliche Anlagen, Gebäudeheizungen (nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen), Schienenverkehr, Schiffsverkehr und Straßenverkehr über das gesamte Stadtgebiet durchgeführt. Die notwendigen Angaben wurden bei verschiedenen Behörden und Institutionen abgefragt bzw. statistischen Angaben entnommen. Es zeigte sich dabei eine geringe Relevanz des Einflusses auf die messtechnisch festgestellte lokale Überschreitungssituation. Screening-Rechnungen des Hauptstraßennetzes ergaben mögliche weitere Überschreitungssituationen, die anhand der Ergebnisse orientierender Messungen mit Passivsammlern nicht bestätigt werden konnten.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse wurde und wird in Schleswig-Holstein die Untersuchung der mit dem Referenzmessverfahren ermittelten Überschreitungssituationen auf den unmittelbaren von der Struktur her ähnlichen Bereich um die Messstationen beschränkt und der Verkehr in der Straße selbst als bestimmende Größe für die Abschätzung herangezogen.

Die flächenhafte (horizontale) Verteilung der Luftschadstoffkonzentrationen und ihre Verteilung in die Höhe (vertikal) werden mit Hilfe von Modellrechnungen bestimmt. Als relevant zur Beurteilung der Überschreitung des Grenzwertes für Stickstoffdioxid als Jahresmittelwert sind die Konzentrationen entlang der Baufluchtlinie anzusehen, da diese die Exposition der Wohnbevölkerung beschreiben und damit die Anforderungen der Anlage 3 der 39. BImSchV erfüllt werden, „Daten über Bereiche innerhalb von Gebieten und Ballungsräumen zu gewinnen, in denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum ausgesetzt sein wird, der im Vergleich zum Mittelungszeitraum der betreffenden Immissionsgrenzwerte signifikant ist“.

Als Überschreitung, die die Aufstellung eines Luftreinhalteplans erforderlich macht, wird gewertet, wenn modellierte Konzentrationen über dem Grenzwert auf einer Straßenlänge von mehr als 100 m unmittelbar an der Baufluchtlinie auftreten<sup>2</sup>.

Für die Bereiche modellierter Konzentrationen, die an der Baufluchtlinie horizontal und vertikal über dem Grenzwert (als Jahresmittelwert) liegen, wird geprüft, ob dort Wohnungen vorhanden sind und mit wie vielen Einwohnern in diesen Wohnungen zu rechnen ist. Die Angaben werden zum Teil über das Einwohnermeldeamt zusammengestellt und zum Teil auch im Rahmen der Lärmaktionsplanung der Kommunen verwendet. Die auf diese Weise ermittelte Zahl wird als „Anzahl der betroffenen (Wohn)Bevölkerung“ angegeben.

### 2.3 Beschreibung des Gebiets „Ballungsraum Kiel“

Die Stadt Kiel ist Landeshauptstadt von Schleswig-Holstein und hat 246.306 Einwohner. Zum Ballungsraum Kiel gehören außerdem noch die Gemeinden Altenholz, Heikendorf, Kronshagen, Laboe, Molfsee, Schönkirchen, Schwentinental und Mönkeberg (Einwohner insgesamt: 310.204, Stand: 31.12.2015, Quelle: Statistikamt Nord).

Die Stadt Kiel liegt auf beiden Seiten der Kieler Förde, einer etwa 17 km langen, schmalen Bucht der Ostsee, die durch Gletscherbewegungen in der letzten Eiszeit entstanden ist. Die Förde endet an der Hörn im Kieler Stadtzentrum. Sie bildet einen natürlichen Tiefwasserhafen. Der Hafenbetrieb ist gekennzeichnet durch tägliche Passagier- und Frachtfährverbindungen nach Skandinavien und ins Baltikum. Seit einigen Jahren kommen zunehmend Kreuzfahrtschiffe hinzu. Zwischen den Stadtteilen Wik und Holtenau am westlichen Ufer der Förde befindet sich die östliche Ein-/Ausfahrt des Nord-Ostsee-Kanals, eine der meistbefahrenen künstlichen Wasserstraße der Welt.

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über den Ballungsraum Kiel.

---

<sup>2</sup> aus Anlage 3 der 39. BImSchV: „Der Ort von Probenahmestellen ist im Allgemeinen so zu wählen, dass die Messung von Umweltzuständen, die einen sehr kleinen Raum in ihrer unmittelbaren Nähe betreffen, vermieden wird. Dies bedeutet, dass der Ort der Probenahmestelle so zu wählen ist, dass die Luftproben – soweit möglich – für die Luftqualität eines Straßenabschnitts von nicht weniger als 100 Meter Länge bei Probenahmestellen für den Verkehr ..... repräsentativ sind.“



Abbildung 1: Übersichtskarte von Kiel (Quelle: GeoBasis-DE/LVermGeo SH,BKG)

## 2.4 Beschreibung der Standorte der Kieler Luftmessstationen

### 2.4.1 Kiel-Bahnhofstraße

Die Messstation Kiel-Bahnhofstraße wurde im Mai 2005 im Abschnitt der Bahnhofstraße zwischen den Straßen Zum Brook und Asmusstraße auf dem Parkstreifen auf der südwestlichen Straßenseite installiert. Dieser Abschnitt der Bahnhofstraße ist mit 12 bis 15 m hohen Gebäuden beidseitig und weitgehend geschlossen bebaut und steigt von der Kreuzung Schwedendamm im Norden zum Joachimspatz im Süden an.

Im Oktober 2011 wurde der Parkstreifen auf die nordöstliche Straßenseite verlegt, so dass auch die Messstation auf diese Seite umgestellt werden musste.

Im Juni 2012 wurde die Bahnhofstraße zu einer stadtauswärts führenden zweispurigen Einbahnstraße umgestaltet.

Im Juli 2014 wurden der Parkstreifen und damit zwangsweise auch die Messstation wieder auf die nordöstliche Straßenseite versetzt. Da die Station auf dem Parkstreifen sehr dicht an der Fahrspur steht, werden dort höhere Immissionen gemessen als an der Baufluchtlinie zu erwarten sind. Die Bahnhofstraße in Kiel ist keine Bundesstraße, leitet aber durch die Kieler Verkehrsführung (Ausschilderung) den Fernverkehr insbesondere von den Fähren aus der Stadt über die Bundesstraße 76 ins Umland ab.

Die folgenden Abbildungen zeigt die Standorte der Messstation Kiel-Bahnhofstraße unter Angabe der Zeiträume, in denen die Station an dem jeweiligen Standort betrieben wurde bzw. wird.



Abbildung 2: Fotos der automatischen Luftmessstation Kiel-Bahnhofstraße (Quelle: LLUR, Dezernat 74)

#### 2.4.2 Kiel-Theodor-Heuss-Ring

Wie in der Einleitung bereits beschrieben, wurde die Messstation am Theodor-Heuss-Ring im Bereich des Krusenrotter Wegs zunächst von Mai 2006 bis Mai 2008 auf der Südseite vor der Liebfrauenkirche betrieben. Im Mai 2011 wurden die Messungen mit einer kleineren Station, für die auch ein Gehweg ausreichend Platz bietet, wieder aufgenommen. Die Station wurde unmittelbar an der Gebäudefront auf der nördlichen Straßenseite etwa gegenüber der Liebfrauenkirche aufgestellt.

Die Nordseite des Theodor-Heuss-Rings ist im Abschnitt zwischen Krusenrotter Weg und Dithmarscher Straße geschlossen mit etwa 15 – 18 m hohen Häuserblocks, die Südseite im Bereich des Krusenrotter Wegs etwas aufgelockerter mit der Liebfrauenkirche und kleineren Wohngebäuden bebaut.

Der Theodor-Heuss-Ring ist Teil der Bundesstraße 76 und im Bereich der Messstation eine sechsspurige, nach Westen hin ansteigende Stadtautobahn, die die westlich und östlich der Kieler Förde liegenden Stadtteile miteinander verbindet und die Verkehre der von Osten und Süden kommenden Bundesstraßen 202, 404 und 502 bündelt. Im weiteren Verlauf leitet sie die Verkehre auf die BAB 215.

Auch die aus Skandinavien und dem Baltikum per Fähre ankommenden Fahrzeuge werden über den Theodor-Heuss-Ring zur Autobahn geleitet.

Die folgenden Abbildungen zeigt die Standorte der Messstation Kiel-Theodor-Heuss-Ring unter Angabe der Zeiträume, in denen die Station an dem jeweiligen Standort betrieben wurde bzw. wird.



Abbildung 3: Fotos der automatischen Luftmessstation Kiel-Theodor-Heuss-Ring (Quelle: LLUR, Dezernat 74)

#### 2.4.3 Stationen im städtischen Hintergrund von Kiel

Im Ballungsraum Kiel muss eine automatische Luftmessstation zur Erfassung der Luftschadstoffkonzentrationen im städtischen Hintergrund betrieben werden. Im Zeitraum von 2006 bis 2018 musste diese Station aufgrund von Standortvorgaben der Stadt Kiel zweimal verlegt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigt die Standorte unter Angabe der Zeiträume, in denen die Station an dem jeweiligen Standort betrieben wurde bzw. wird.



Abbildung 4: Fotos der automatischen Luftmessstationen im städtischen Hintergrund von Kiel (Quelle: LLUR, Dezernat 74)

Die folgende Abbildung zeigt die Lage der aktuellen und ehemaligen Luftmessstationen im Ballungsraum Kiel.



Abbildung 5: Standorte der automatischen Luftmessstationen in Kiel

## 2.5 Passivsammler

Seit August 2007 (erstes Kalenderjahr 2008) führt die Lufthygienische Überwachung Schleswig-Holstein ergänzend zu den Messungen an den automatischen Luftmessstationen orientierende Messungen für Stickstoffdioxid mit so genannten Passivsammlern an verschiedenen verkehrsorientierten Standorten in Kiel durch.

Die Auswahl der Probenahmestandorte in der Alten Lübecker und Hamburger Chaussee, der Gutenberg- und der Ringstraße und am Ziegelteich in Kiel war das Ergebnis eines so genannten Luftschadstoffscreenings (Berechnung der Luftschadstoffkonzentrationen mit Modellen) aus dem Jahr 2005. Berücksichtigt wurden Straßen mit mehr als 10.000 KFZ pro Tag. Die Verkehrszahlen, die von der Stadt Kiel zur Verfügung gestellt wurden, beinhalteten Angaben zum DTV und zum Anteil schwerer Nutzfahrzeuge. Für leichte Nutzfahrzeuge und Busse lagen keine Angaben vor. Entsprechend den Anforderungen des Screening-Modells wurden aus den ebenfalls von der Stadt Kiel zur Verfügung gestellten Bebauungsdaten die Straßenbreite, die durchschnittliche Höhe der Bebauung und die so genannte Porosität (Durchlässigkeit der Bebauung – offen, geschlossen) abgeschätzt. Die anzusetzenden Parameter für den Fahrmodus wurden nach Ortsbesichtigungen festgelegt. Für den städtischen Hintergrund wurde ein konstanter Wert entsprechend der Konzentrationen an der Luftmessstation Kiel-Schauenburgerstraße angenommen, andere Quellen, die zu einer räumlichen Struktur der Vorbelastung führen, wurden im Rahmen des Screenings nicht betrachtet.

Ergänzt wurden diese zuerst ausgewählten Standorte später durch Messpunkte in der Sörensenstraße, die von verkehrslenkenden Maßnahmen im Bereich der Bahnhofstraße betroffen war (Luftreinhalteplan Kiel, 2009).

Die Luftmessstation am Theodor-Heuss-Ring in Kiel wurde im Jahr 2011 auf der Basis der standort-spezifischen Gegebenheiten (hohes Verkehrsaufkommen, Bebauungsstruktur mit Schluchtcharakter, Betroffenheit von Wohnbevölkerung) eingerichtet. Es wurden Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid festgestellt, die über dem Grenzwert als Jahresmittelwert lagen.

Sowohl in der Bahnhofstraße als auch Theodor-Heuss-Ring wurden zur Feststellung der Länge der von der Überschreitung betroffenen Bereiche zusätzlich Passivsammler zur Messung von Stickstoffdioxid installiert.

In der Bahnhofstraße wurden die Passivsammler auf der gleichen Straßenseite, auf der auch die Messstation zuerst installiert wurde, angebracht. Ausgewählt wurden zwei Standorte am nördlichen und südlichen Ende des Straßenabschnitts zwischen den Straßen Zum Brook und Asmusstraße. Diese Probenahmestandorte blieben durchgehend während sämtlicher Umbaumaßnahmen in der Straße und auch während der Versetzung der Station auf die südwestliche Straßenseite bestehen.

Am Theodor-Heuss-Ring wurden im Abschnitt um den Bereich der Fußgängerbrücke Krusenrotter Weg ergänzend zur Luftmessstation drei Standorte für Passivsammler auf der Nordseite und drei auf der Südseite eingerichtet. Zwei weitere Messpunkte befinden sich im Krusenrotter Weg (jeweils einer nördlich und einer südlich der Fußgängerbrücke über den Theodor-Heuss-Ring).



Abbildung 6: Probenahmestandort Kiel-Krusenrotter Weg-Südseite, Probenahmetopf und Passivsammler für Stickstoffdioxid (Quelle: LLUR, Dezernat 74)

## 3 Art und Beurteilung der Verschmutzung

### 3.1 Ergebnisse der Messungen

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der Messungen für Stickstoffoxide zusammen, die bisher in der Kieler Bahnhofstraße und am Theodor-Heuss-Ring durchgeführt wurden. Ergänzt werden die Darstellungen durch Ergebnisse der Stationen im städtischen Hintergrund.

#### 3.1.1 Monats- und Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Monatsmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Standorten der automatischen Luftmessstationen in Kiel von 2005 bis 2017.

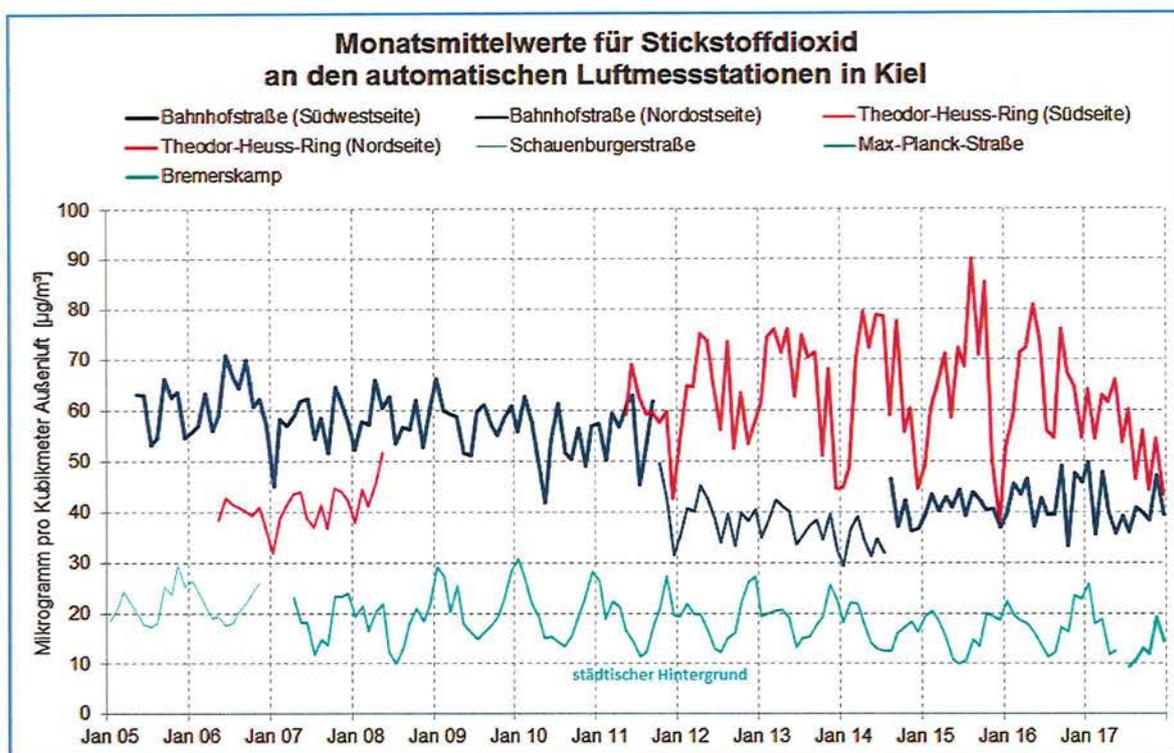


Abbildung 7: Monatsmittelwerte für Stickstoffdioxid an den automatischen Luftmessstationen in Kiel von 2005 bis 2017

Die Konzentrationen der Stickstoffoxide weisen starke, zeitliche Schwankungen auf. An den Stationen im städtischen Hintergrund liegen niedrige Konzentrationen in den Sommermonaten und höhere Konzentrationen im Winter vor, was auf vorwiegend meteorologische Beeinflussung schließen lässt. An den Verkehrsmessstationen überwiegen die Auswirkungen des Straßenverkehrs, was sich grundsätzlich an den deutlich höheren Konzentrationen zeigt.

Insbesondere auf der Nordseite des Theodor-Heuss-Rings ergibt sich im Vergleich zum städtischen Hintergrund ein gegenläufiger Jahresgang. Zurückzuführen ist das auf die Sommer höheren Ozonkonzentrationen, durch die das durch den Straßenverkehr direkt emittierte Stickstoffmonoxid zusätzlich in Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Außerdem sind die Konzentrationen an diesem Standort sehr stark windrichtungsabhängig: Wind aus südwestlichen Richtungen lässt die Luftschadstoffwerte deutlich absinken.

Der zusätzliche Konzentrationsanstieg am Theodor-Heuss-Ring im Jahr 2015 gegenüber den Vorjahren ist vermutlich auf verkehrliche Auswirkungen der Baumaßnahmen an der Hochstraße am Barkauer Kreuz zurückzuführen, die von Mai bis November 2015 dauerten.

Aktuelle Ergebnisse orientierender Vergleichsmessungen mit Passivsammlern für Stickstoffdioxid auf der Südseite des Theodor-Heuss-Rings bestätigen die Ergebnisse der automatischen Messungen aus dem Kalenderjahr 2007, dass die Konzentrationen auf der Südseite deutlich niedriger ausfallen und etwa um den Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert liegen (s. Kapitel 3.2).

Bei der Beurteilung der Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen in der Bahnhofstraße nach der Inbetriebnahme im Mai 2005 müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Oktober 2011: Wechsel der Straßenseite mit Umlegung des Parkstreifens
- Juni 2012: Umgestaltung zur zweispurigen Einbahnstraße stadtauswärts
- Juli 2014: Rückverlegung des Parkstreifens und der Luftmessstation auf die ursprüngliche Seite

Im Zeitraum 2006 bis zur Verlegung im Oktober 2011 ist ausgehend von einem Stickstoffdioxidwert von  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert eine jährliche Abnahme von ca.  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festzustellen. Auf der anderen Straßenseite wurde eine deutlich geringere Belastung unterhalb des Grenzwertes festgestellt. Am ursprünglichen Standort werden seit Juli 2014 wiederum höhere Werte ermittelt, die seit dem Jahr 2015 wieder zu Überschreitungen des als Grenzwert festgelegten Konzentrationswertes führen. Sie fallen jedoch nur noch sehr gering aus.

Der Vollständigkeit halber ist zu ergänzen, dass die Probenahmehöhe an der Messstation Bahnhofstraße im Juni 2012 von 1,5 m auf 3,5 m geändert und in der Bahnhofstraße im Juli 2014 eine Fahrbahndecke mit Titandioxidbeschichtung aufgetragen wurde. Titandioxid soll unter dem UV-Einfluss des Sonnenlichts Stickstoffoxide aus der Luft in leicht lösliche Salze (Nitrat) umwandeln und damit die Luftschadstoffkonzentrationen verringern.

Im August 2017 wurde diese Maßnahme auf den nördlichen Fahrstreifen am Theodor-Heuss-Ring im Bereich der Luftmessstation ebenfalls durchgeführt.

Worauf sich der Konzentrationsrückgang auf der Südwestseite in der Bahnhofstraße zwischen den Standortwechseln der Luftmessstation im Einzelnen zurückzuführen ist, lässt sich nicht abschließend quantifizieren. Auch der insgesamt festzustellende Konzentrationsrückgang im Jahr 2017 lässt sich nicht auf bestimmte Faktoren zurückführen, entspricht jedoch dem bundesweit festgestellten Trend.

### 3.1.2 Verläufe der Wochengänge für Stickstoffoxide

In diesem Abschnitt werden die mittleren Wochengänge der Stickstoffoxidbelastung dargestellt, die Hinweise auf Ursachen der Belastung geben.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Konzentrationsverläufe der Stickstoffoxide anhand der Wochengänge an den automatischen Luftmessstationen für das Jahr 2017.

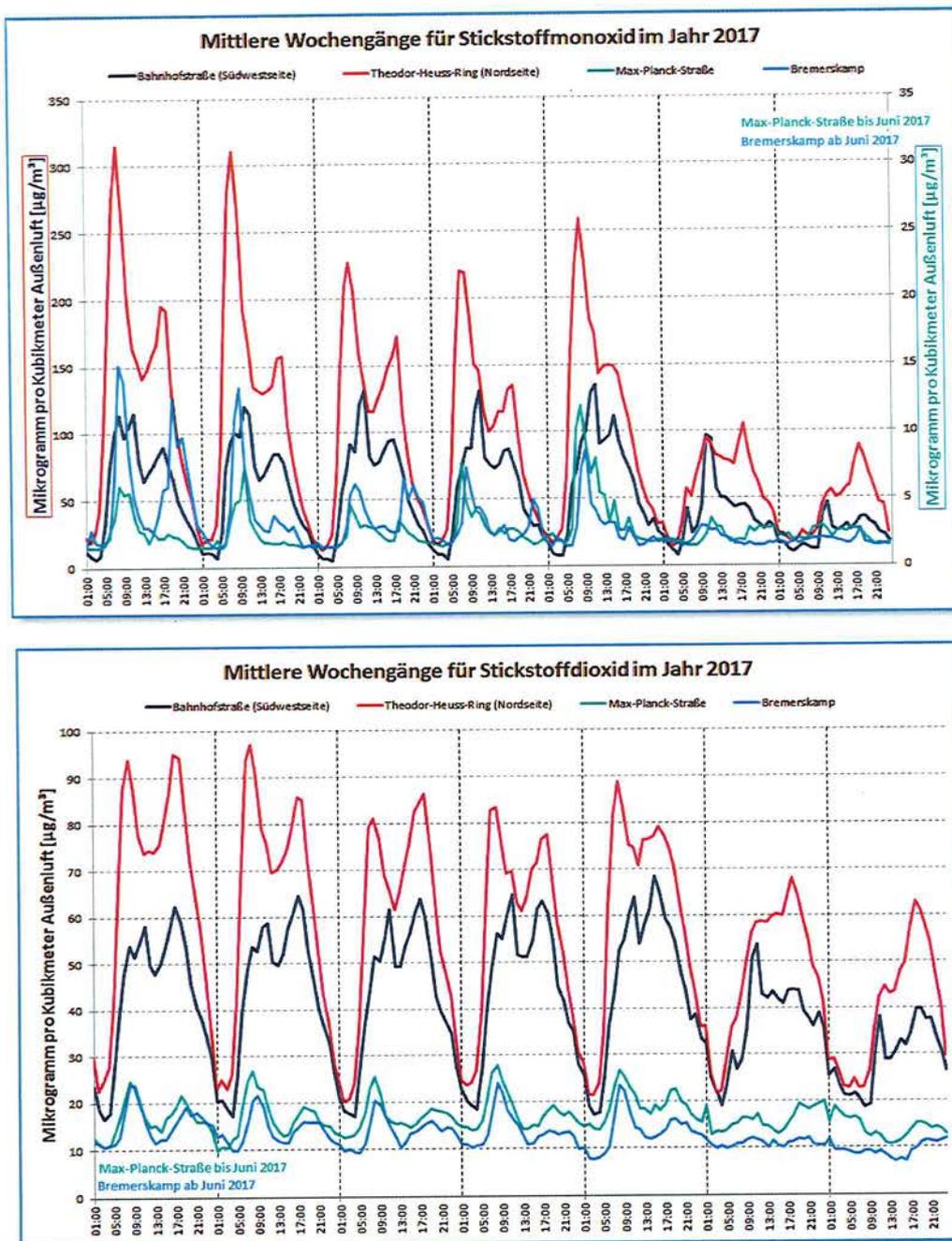


Abbildung 8: Mittlere Wochengänge für Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid an den automatischen Luftmessstationen in Kiel im Jahr 2017

Wie an anderen verkehrsbelasteten Standorten treten auch in der Bahnhofstraße und am Theodor-Heuss-Ring in Kiel Konzentrationsspitzen bei Stickstoffmonoxid an den Werktagen vormittags und nachmittags bedingt durch den Berufsverkehr auf. Die Spitze am Nachmittag fällt dabei aufgrund etwas anderer luftchemischer Umwandlungsbedingungen niedriger aus. Am Wochenende gehen die Konzentrationen insgesamt zurück.

In Kiel ist als Besonderheit zu berücksichtigen, dass die Bahnhofstraße den Fernverkehr morgens von den Fähren aus der Stadt über die Bundesstraße 76 ins Umland ableitet. Besonders auffällig dafür sind die morgendlichen Spitzenwerte am Samstag und Sonntag. Nachmittags werden höhere Belastungen durch den dann stadtauswärts fließenden Feierabendverkehr verursacht.

Am Theodor-Heuss-Ring treten die Spitzenwerte morgens etwas früher auf als in der Bahnhofstraße. Im städtischen Hintergrund ohne wesentlichen Verkehrseinfluss werden insgesamt nur sehr geringe Stickstoffmonoxidkonzentrationen beobachtet.

Bei Stickstoffdioxid, das zum Teil direkt emittiert wird, sich aber auch aus dem primär emittierten Stickstoffmonoxid durch chemische Reaktionen bildet, sind die räumlichen und zeitlichen Unterschiede über den Tagesverlauf geringer. Auch hier nehmen die Konzentrationen am Wochenende ab, wenn auch weniger deutlich als bei Stickstoffmonoxid.

### 3.2 Zusammenfassung der Messergebnisse

Für die Einschätzung der Langzeitbelastungen und den Vergleich mit den Beurteilungswerten der 39. BImSchV werden Jahresmittelwerten als arithmetische Mittelwerte aus den Einstundenmittelwerten der kontinuierlichen Stickstoffdioxidmessungen berechnet. Zusätzlich werden Überschreitungshäufigkeiten aus den Einstundenmittelwerten festgestellt.

Die folgende Tabelle 1 enthält Vergleiche mit dem Langzeitwert (Jahresmittelwert) und dem Kurzzeitwert (Überschreitungshäufigkeit) für die Jahre 2006 bis 2017.

Jahr	Stickstoffdioxid							
	Jahresmittelwert Grenzwert: 40 Mikrogramm pro Kubikmeter				Überschreitungshäufigkeit des Stundenmittelwertes Zulässige Anzahl: 18			
	Bahnhof- straße	Theodor- Heuss- Ring	Max- Planck- Straße	Bremers- kamp	Bahnhof- straße	Theodor- Heuss- Ring	Max- Planck- Straße	Bremers- kamp
2006	62				8			
2007	58	40*	19 (ab 25.04.)		8	0*	0 (ab 25.04.)	
2008	58		18		1		0	
2009	58		21		1		0	
2010	54		20		7		1	
2011	53	59 (ab 20.05.)	19		6	4 (ab 20.05.)	0	
2012	39**	63	19		0**	1	0	
2013	37**	67	19		2**	9	0	
2014	37**	64	17		0**	11	0	
2015	41	65	16		0	20	0	
2016	42	65	18		0	8	0	
2017	41	56	17 (bis 22.06.)	13 (ab 23.06.)	0	0	0 (bis 22.06.)	0 (ab 23.06.)

\* Station auf der südlichen Straßenseite

\*\* Station auf der nordöstlichen Straßenseite

Tabelle 1: Zusammenstellung der Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten

Ergänzend dazu sind in den folgenden Tabellen die Ergebnisse der orientierenden Messungen mit Passivsammlern als Jahresmittelwerte zusammengestellt, die in Kiel an weiteren Verkehrsschwerpunkten und an mehreren Messpunkten im Umfeld der Messstationen Kiel-Bahnhofstraße und Kiel-Theodor-Heuss-Ring vorgenommen wurden/werden:

Jahr	Passivsammler Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid [Mikrogramm pro Kubikmeter]					
	Alte Lübecker Chaussee	Hamburger Chaussee	Gutenbergstraße	Ringstraße	Ziegelteich	
2008	33	36	36 (Aug 2007-Jul 2008)	36	49	Berechnung der Ergebnisse auf der Basis von Literaturangaben; im Vergleich sind ermittelte Konzentrationswerte etwa 7 – 10% höher als die des Referenzverfahrens
2009	35	38		38	54	
2010	36	40		39	56	
2011	31	35		37	49	Berechnung der Konzentrationswerte nach DIN EN 16339 mit durch Vergleich mit Referenzverfahren ermittelten Aufnahmeraten
2012	30	33		35	45	
2013	29	31		31	45	
2014	27	29		31	43	
2015	28	31		31	40	
2016	27	29		31	40	
2017	24	27		30	37	

Tabelle 2: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in der Alten Lübecker Chaussee, Hamburger Chaussee, Gutenbergstraße, Ringstraße und Ziegelteich in Kiel, Passivsammler, 2008 - 2017

Jahr	Passivsammler Kiel-Bahnhofstraße Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid [Mikrogramm pro Kubikmeter]				
	Passivsammler Nord Südwestseite	Messstation Südwestseite	Passivsammler Süd Südwestseite	Messstation Juli 2012– Juli 2014 Nordostseite	
2006		62			Berechnung der Ergebnisse auf der Basis von Literaturangaben; im Vergleich sind ermittelte Konzentrationswerte etwa 7 – 10% höher als die des Referenzverfahrens
2007	44	58	46		
2008	46	58	45		
2009	47	58	47		
2010	46	54	47		Berechnung der Konzentrationswerte nach DIN EN 16339 mit durch Vergleich mit Referenzverfahren ermittelten Aufnahmeraten
2011	46	53	46		
2012	51		48	39	
2013	46		42	37	
2014	42		38	37	
2015	42	41	38		
2016	43	42	38		
2017	41	41	37		

Tabelle 3: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in der Bahnhofstraße in Kiel, Passivsammler und Messstation, 2006 - 2017

In den folgenden Tabellen für den Theodor-Heuss-Ring sind die Ergebnisse der Messungen als Jahresmittelwerte getrennt nach Nord- und Südseite zusammengestellt. Die Ergebnisse der Messungen der automatischen Luftmessstation sind ergänzend als Spalte auf der Tabelle für die Nordseite eingefügt.

Jahr	Nordseite von Westen nach Osten Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid [Mikrogramm pro Kubikmeter]					
	Passiv- sammler Nr. 61	Passiv- sammler Krusenrotter Weg Nr. 29	Mess- station Nr. 65	Passiv- sammler Nr. 69/71	Passiv- sammler Nr. 75	
2012	62	34	63	56	57	Berechnung der Konzentrationswerte nach DIN EN 16339 mit durch Vergleich mit Referenzverfahren ermittelten Aufnahmeraten
2013	66	34	67	64	60	
2014	73	36	64	63	61	
2015	59	34	65	66	61	
2016	68	35	65	65	59	
2017	60	36	56	62	55	

Tabelle 4: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid auf der Nordseite des Theodor-Heuss-Ring im Abschnitt um die Fußgängerbrücke Krusenrotter Weg

Jahr	Südseite von Westen nach Osten Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid [Mikrogramm pro Kubikmeter]				
	Passiv- sammler Einfahrt Nr. 56/58	Passiv- sammler Nr. 64	Passiv- sammler Krusenrotter Weg Nr. 40	Passiv- sammler Liebfrauen- kirche	
2012	31	35	21	34	Berechnung der Konzentrationswerte nach DIN EN 16339 mit durch Vergleich mit Referenzverfahren ermittelten Aufnahmeraten
2013	32	32	22	32	
2014	27	31	19	27	
2015	27	31	18	32	
2016	28	31	19	33	
2017	26	29	16	29	

Tabelle 5: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid auf der Südseite des Theodor-Heuss-Ring im Abschnitt um die Fußgängerbrücke Krusenrotter Weg

Sowohl in der Bahnhofstraße als auch am Theodor-Heuss-Ring ist zu erkennen, dass beide Straßenseiten deutlich unterschiedliche Luftbelastungen aufweisen. In der Bahnhofstraße liegen die Luftschadstoffkonzentrationen auf der nordöstlichen, am Theodor-Heuss-Ring auf der südlichen Straßenseite unter den Grenzwerten. Die Konzentrationswerte auf der südwestlichen Seite in der Bahnhofstraße und auf der nördlichen am Theodor-Heuss-Ring sind für die jeweiligen Abschnittslängen in etwa gleich. Die Standorte der automatischen Messstationen können als repräsentativ angesehen werden.

### 3.3 Trend im Jahr 2018

Die Belastung der Luft mit Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) ist nicht nur in Schleswig-Holstein, sondern bundesweit im Jahr 2017 im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen.

Nach einer Auswertung der vorläufigen Messdaten der Länder und des Umweltbundesamtes (UBA) hat die Zahl der Kommunen mit Grenzwertüberschreitungen nach erster Schätzung von 90 auf 70 abgenommen (Quelle: UBA).

Die Ursachen für den Rückgang sind unklar. In Frage kommen beispielsweise:

- Änderungen der Fahrzeugflotte (neue Fahrzeuge, weniger Dieselizeulassungen)
- Lokale Maßnahmen, Änderungen von Verkehrsflüssen
- Meteorologie

Die folgende Abbildung zeigt die Monatsmittelwerte für Stickstoffdioxid am Theodor-Heuss-Ring für den Zeitraum 2015 bis März 2018 sowie die mittleren, maximalen und minimalen Monatsmittelwerte seit 2011.

Die Werte sind im Jahr 2017 überwiegend deutlich geringer ausgefallen als üblich. Diese Entwicklung setzt sich im Jahr 2018 bislang nicht fort.

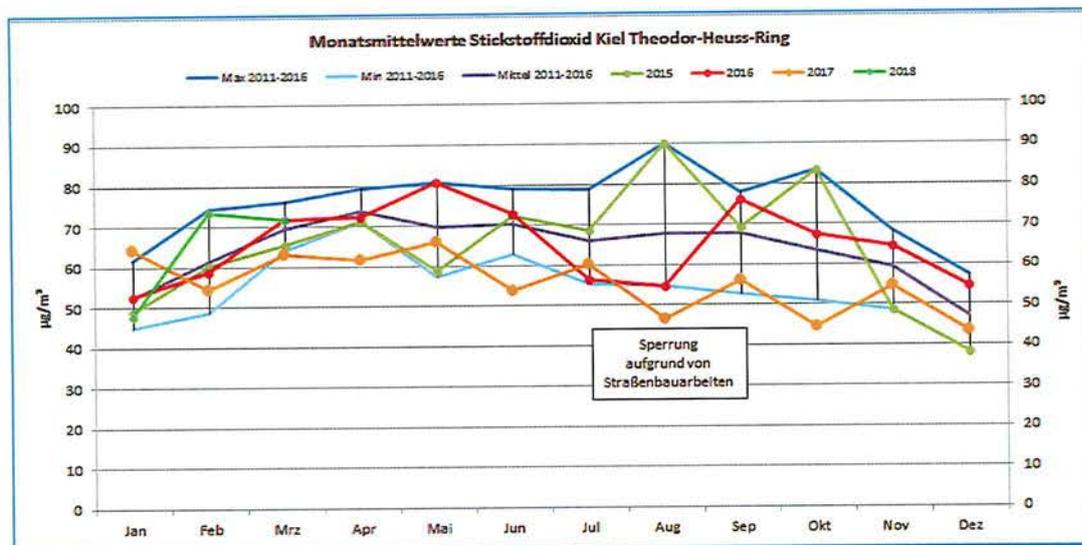


Abbildung 9: Monatsmittelwerte für Stickstoffdioxid am Theodor-Heuss-Ring, 2011- März 2018

## 4 Katalog allgemeiner Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

### 4.1 Ergebnis der Ursachenanalysen

Nach allen bisher durchgeführten Analysen ist die Ursache erhöhter Stickstoffdioxidkonzentrationen der Kraftfahrzeugverkehr. Minderungsmaßnahmen müssen daher in erster Linie auf eine Minderung der Kfz-bedingten Emissionen ausgerichtet sein. Gleichzeitig ist zu gewährleisten, dass die ergriffenen Maßnahmen nicht zu Grenzwertüberschreitungen in anderen Gebieten führen.

### 4.2 Maßnahmen in Luftreinhalteplänen

In einem Luftreinhalteplan sind gemäß §47 (4) BImSchG die Maßnahmen darzustellen, die zur dauerhaften Verminderung der Luftverunreinigungen führen. Die Maßnahmen sind entsprechend des Verursacheranteils gegen alle Emittenten zu richten, die zum Überschreiten des Immissionswertes beitragen. Dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ist dabei Rechnung zu tragen.

Nachfolgend ist beispielhaft eine Reihe von Maßnahmen aufgeführt, die im Rahmen von Luftreinhalteplänen in anderen Städten Berücksichtigung fanden. Eine ausführliche Zusammenstellung von Maßnahmen enthält die Datenbank [MARLIS „Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft in Bezug auf Immissionen an Straßen“ der Bundesanstalt für Straßenwesen](#).

Verkehrslenkung:

- Ausdünnung und Lenkung des Verkehrs z. B. durch Verkehrsleitsysteme,
- Bau/Ausweisung von (neuen) Umgehungsstraßen (Verkehrsverlagerung in weniger sensible Bereiche),
- Verbesserung des Verkehrsflusses: Optimierung der Lichtsignalanlagen, -schaltungen

Verkehrsbeschränkung:

- Selektive Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen gemäß 35. BImSchV
- Reduktion des LKW-Anteils,
- Zufahrt nur für Einwohner, Zeitfenster usw.

Verkehrstechnik:

- Einsatz emissionsärmerer Fahrzeuge im ÖPNV, Förderung schadstoffarmer Fahrzeuge

Verkehrsvermeidung:

- Verbesserung des ÖPNV-Angebotes (Kapazität, Attraktivität) und günstige Tarifangebote für Familien und Gruppen im Vergleich zum Pkw und Verschiebung des modalen Splits zugunsten des ÖPNV
- Förderung des Fahrradverkehrs durch Ausbau des Radwegenetzes, Erhöhung der Verkehrssicherheit

Die Auswahl konkreter Maßnahmen richtet sich nach den standortspezifischen Bedingungen und berücksichtigt die Größe des von hohen Schadstoffbelastungen betroffenen Bereichs.

# 5 Ursachenanalyse und Prognose der Entwicklung

## 5.1 Methodik

### 5.1.1 Berechnungsverfahren

Für die detaillierte Modellierung der Luftschadstoffbelastung an Verkehrsschwerpunkten in Schleswig-Holstein wurden auf der Basis des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel so genannte Emissions-Immissions-Matrizes spezifisch für den jeweils zu untersuchenden Straßenabschnitt entwickelt<sup>3</sup>. Mit ihnen können die Luftschadstoffkonzentrationen ohne erneute umfangreiche und zeitaufwändige Ausbreitungsrechnungen abgeschätzt werden, wenn sich die Eingangsparmeter, die für die Schadstoffemissionen relevant sind, ändern (zum Beispiel Verkehrszahlen aufgrund von verkehrslenkenden Maßnahmen). Der Vergleich zwischen Messergebnissen und Modellrechnung wird anhand der Konzentrationen von „Stickstoffoxiden“ (NO<sub>x</sub>) durchgeführt. Dieses Verfahren wurde auch für die Modellierung der Stickstoffdioxidbelastungen in den untersuchten Straßenabschnitten in Kiel angewendet.

Weitere Parameter sind:

- Vorgabe einer Hintergrundbelastung (Ergebnisse ortsfester oder orientierender Messungen aus dem städtischen Hintergrund der betroffenen Städte bzw. des ländlichen Bereichs in Schleswig-Holstein (Kiel, Bornhöved))
- Meteorologie: Verwendung einer stundenfeinen Zeitreihe ("AKTerm") vom Deutschen Wetterdienst (DWD) eines repräsentativen Standorts (hier: Kiel-Holtenau)
- Verwendung der Verkehrszahlen mit stundenfeiner Auflösung unter Berücksichtigung des Verkehrsmodus und der Anteile der leichten und der schweren Nutzfahrzeuge (detaillierte Erläuterungen in den Kapiteln 5.2 und 5.3)
- Berechnung der motorbedingten Emissionsfaktoren für Stickstoffoxide unter Verwendung der jeweils aktuellen Version des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ (hier: Version 3.2, Juli 2014 und Version 3.3, April 2017)
- Berechnung der Wind- und Turbulenzfelder mit dem prognostischen Strömungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der maßgeblichen Straßenrandbebauung
- Berechnung der Luftschadstoffausbreitung im Straßenabschnitt mit dem Modell AUSTAL2000
- ergänzende Ausbreitungsrechnung zur Ermittlung der Immissionsanteile des unmittelbar angrenzenden Straßennetzes

---

<sup>3</sup> Luftschadstoffuntersuchung zur Luftreinhalteplanung der Stadt Kiel - Erstellung von Emissions-Immissions-Matrizes als Excel-Tabellenkalkulation für die Prognose der Stickstoffdioxidkonzentrationen an verschiedenen verkehrsexponierten Standorten, LAIRM CONSULT GmbH, Dezember 2010

- Kalibrierung der Modellergebnisse auf der Grundlage der Berechnungen für die Komponente Stickstoffoxide anhand der Ergebnisse der Messungen an den automatischen Messstationen durch Ermittlung eines Faktors. Damit werden die Effekte berücksichtigt, die durch die Unsicherheiten bei der Verwendung der Emissionsfaktoren oder anderer Eingangsdaten entstehen. Ist der Faktor größer als 1, sind die modellierten Ergebnisse niedriger als die tatsächlich gemessenen Werte und müssen daher zur Anpassung an die tatsächliche Situation angehoben werden.

Kalibrierfaktor für Kiel-Bahnhofstraße: 1,3

Kalibrierfaktor für Kiel-Theodor-Heuss-Ring: 1,2

- Verwendung einer für Schleswig-Holstein ermittelten Regressionsfunktion zur Berechnung der Stickstoffdioxidkonzentrationen aus den modellierten Stickstoffoxidwerten (Funktion: Jahresmittelwerte NO<sub>2</sub> als f(NO<sub>x</sub>))

Erläuterung:

Modelle zur Berechnung der Luftschadstoffkonzentrationen arbeiten auf der Basis der Komponente Stickstoffoxide. Für die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung und Vergleich mit den Beurteilungswerten der 39.BImSchV werden aber die Konzentrationen von Stickstoffdioxid benötigt, die aus einer Funktion ermittelt werden.

Häufig wird hierfür die folgende Beziehung (Romberg et.al., 1996) verwendet:

$$[NO_2] = [NO_x] \cdot \left( \frac{103}{[NO_x] + 130} + 0,005 \right)$$

Mit dieser Funktion werden aber insbesondere im Bereich um 40 Mikrogramm pro Kubikmeter aus den NO<sub>x</sub>-Werten NO<sub>2</sub>-Werte ermittelt, die nicht mit den Verhältnissen an den Messstandorten in Schleswig-Holstein übereinstimmen (Stickstoffdioxid wird dann eher überschätzt).

Daher wird mit Funktionen gearbeitet, die aus den Messergebnissen für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> an den schleswig-holsteinischen Luftmessstationen ermittelt wurden. Diese Funktionen werden fortgeschrieben und können sich dadurch je nach Auswertungszeitraum etwas verändern („Basis-Regressionsfunktion“).

Der im vorherigen Punkt dieser Aufzählung beschriebene „Kalibrierfaktor“ wird ergänzend hinzugefügt, um den trotzdem weiterhin bestehenden Unterschied zwischen berechneten und gemessenen Werten an den Untersuchungsstandorten in Kiel zu berücksichtigen.

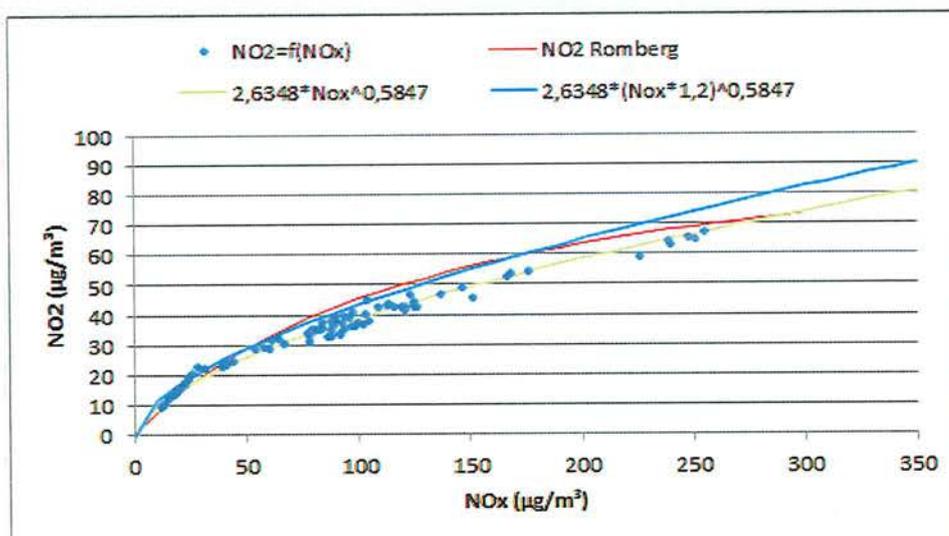


Abbildung 10: Regressionsfunktion zur Ableitung der NO<sub>2</sub>-Konzentration aus den berechneten NO<sub>x</sub>-Werten

#### 5.1.2 Zusammensetzung der Luftschadstoffbelastung

Die Luftschadstoffkonzentrationen an der Bahnhofstraße und am Theodor-Heuss-Ring setzen sich aus regionalen, städtischen und lokalen Anteilen zusammen. Regionale und städtische Anteile werden zusammen als so genannte Hintergrundbelastung bezeichnet.

Regionaler Anteil:

Luftschadstoffkonzentrationen in ländlichen emittentenfernen Bereichen

Städtischer Anteil:

Luftschadstoffkonzentrationen aus den Quellen allgemeiner Straßenverkehr, Hausbrand, Industrie und Gewerbe

Als Anhaltspunkt für die Hintergrundbelastung können Werte aus Stationen im städtischen Hintergrund, an Verkehrsstationen zu verkehrsarmen Zeiten oder aus Messungen in ausreichendem Abstand zur betrachteten Straße abgeschätzt werden.

In den folgenden Untersuchungen wird für die Hintergrundbelastung ein Wert von 25 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>x</sub> ( $\approx$  ca. 17,5 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>) angesetzt.

Wird als Maßstab für die ländliche Hintergrundbelastung die Luftmessstation Bornhöved mit einem Jahresmittelwert von 12 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> verwendet, ergibt sich ein städtischer Anteil an der Hintergrundbelastung von 13 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>.

Darauf aufbauend zeigt die folgende Tabelle die typische, quantitative Quellenzuordnung in der Bahnhofstraße und am Theodor-Heuss-Ring anhand der an den Stationen festgestellten Jahresmittelwerte für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>). Die Daten können von Jahr zu Jahr schwanken.

	Bahnhofstraße		Theodor-Heuss-Ring	
	NOx [µg/m³]	Anteil	NOx [µg/m³]	Anteil
regionaler Anteil				
gesamt	12		12	
davon aus dem Mitgliedstaat	12	10%	12	5%
grenzüberschreitend	0	0%	0	0%
städtischer Anteil	13	10%	13	5%
Hintergrundbelastung	25	20%	25	10%
örtliche Komponente				
gesamt	100	80%	225	90%
Verkehr	100	80%	225	90%
Summe	125	100%	250	100%

Tabelle 6: Quellenzuordnung für Stickstoffoxide in Kiel

### 5.1.3 Unsicherheitsfaktoren

In Anlage 1 der 39. BImSchV ist als Anforderung die Unsicherheit von Modellrechnungen als Datenqualitätsziel festgelegt. Sie ist definiert als die maximale Abweichung der gemessenen und berechneten Konzentrationswerte in Bezug auf den Grenzwert und beträgt für den Jahresmittelwert von Stickstoffdioxid 30%.

Die Abweichungen resultieren neben Modelldefiziten aus der Tatsache, dass die Eingangsdaten und deren zeitliche Entwicklung nicht genau bestimmt werden können.

Folgende Faktoren beeinflussen die Genauigkeit von Modellrechnungen:

- Die zukünftige Entwicklung der Konzentrationen im regionalen/städtischen Hintergrund ist nicht belastbar zu prognostizieren. Aufgrund der allgemeinen Anforderungen an Abgasreinigungen an allen Quellarten ist vermutlich von einem Rückgang auszugehen, dieser wird aber in den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt.
- Die meteorologischen Daten sind nicht an den Straßenstandorten unter Einfluss von Bebauung erhoben worden, sondern am Stadtrand (freie Anströmung, Flugplatz Holtenau).
- Die Zeiträume, für die jeweils die meteorologischen Zeitreihen und die Messdaten für die Schadstoffkonzentrationen vorliegen, stimmen nicht immer überein.
- Die Verkehrszahlen, der Anteil des Schwerlastverkehrs, die Flottenzusammensetzung (Anteil Diesel, Anteile verschiedener Emissionskonzepte), Ganglinien, Kapazitäten, Verkehrsmodi (insbesondere stop&go) sind aufgrund fehlender hoch aufgelöster Verkehrszählungen nicht genau bekannt.
- Die Emissionsfaktoren aus dem HBEFA unterliegen laufend Änderungen aufgrund neuer Erkenntnisse über die Emissionen im realen Fahrbetrieb.
- Berechnet wird verfahrensbedingt die Komponente „Stickstoffoxide“ NOx. Die Umrechnung auf das beurteilungsrelevante „Stickstoffdioxid“ NO2 erfolgt über einen statistischen Zusammenhang.

Um diese Unsicherheiten zu berücksichtigen, wird im ersten Schritt eine Analyse durchgeführt, um die Übereinstimmung von Modellierungs- und Messergebnissen zu überprüfen. Weichen beide voneinander ab, kommt es zur Einführung und Verwendung eines Kalibrierfaktors, wie in Kapitel 5.1.1 beschrieben.

## 5.2 Kiel-Bahnhofstraße

### 5.2.1 Einleitung

Die in Kapitel 3.1.1 bereits beschriebenen Umbaumaßnahmen in der Kieler Bahnhofstraße werden im Folgenden noch einmal tagesgenau zusammengefasst:

- 09.05.2005 – 21.10.2011: Station auf der südwestlichen Straßenseite (Parkstreifen, stadtauswärts); zweispurige Straßenführung; Grenzwertüberschreitungen beim Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid
- 21.10.2011 – 30.06.2014: Station auf der nordöstlichen Straßenseite (Parkstreifen); ab 05.06.2012 Einrichtung der Straße als zweispurige Einbahnstraße stadtauswärts; Grenzwerte für Stickstoffdioxid werden eingehalten
- 16.07.2014 – aktuell: Station auf der südwestlichen Straßenseite (Parkstreifen); Fahrbahn mit Titandioxid beschichtet; 2015 wird der Grenzwert als Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid wieder knapp überschritten

Die folgenden Parameter werden für die Modellsimulationen (Analyse und Prognose) verwendet:

- Quellkonfiguration: Messstation auf der südwestlichen Seite, zweispurige Einbahnstraße stadtauswärts (aktuelle Situation seit Juli 2014)
- meteorologische Zeitreihen des Zeitraums Mai 2013 bis April 2014
- Verkehrsdaten: Jahr 2014
- Schwerverkehrsanteil: aus manueller Zählung am 5. September 2012
- Abschätzung mit 5%-Anteil an den PKWs
- Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.2
- Emissionsfaktoren: Analyse: Jahr 2014 / Prognose: Jahr 2015
- Basis-Regressionsfunktion:  $NO_2 = 2,7239 * NOx^{0,5856}$
- Kalibrierfaktor: 1,3

### 5.2.2 Verkehrsbelastung

Am nördlichen Ende der Bahnhofstraße kurz vor der Kreuzung zur Straße Zum Brook befinden sich in den beiden Fahrbahnen zwei Detektoren der Stadt Kiel, die die Verkehrsbelastung als Gesamtzahl ermitteln. Unter der Voraussetzung, dass sich die meisten Fahrzeuge bei der Einfahrt in die Bahnhofstraße frühzeitig einordnen, können die Zählraten der Detektoren als Maß für die Belegung der beiden Fahrspuren in der Bahnhofstraße gewertet werden. Eine Auftrennung in die unterschiedlichen Fahrzeugarten, beispielsweise nach PKW und LKW, liefern die Detektoren nicht. Die Daten wurden von der Stadt Kiel für das Jahr 2014 mit stündlicher Auflösung zur Verfügung gestellt.

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Tagessummen über das gesamte Jahr.

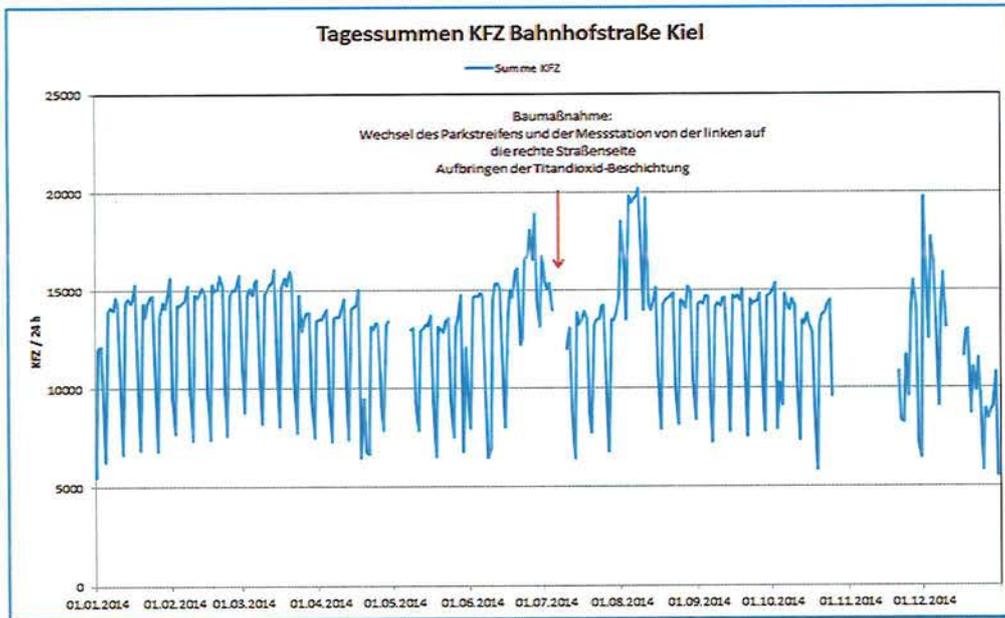


Abbildung 11: Tagessummen der Kraftfahrzeuge in der Bahnhofstraße

Neben einem gleichmäßigen Verlauf und kurzen Ausfallzeiten sind wenige Phasen erkennbar, in denen durch Kieler Woche, Ferien, Baumaßnahmen o.ä. deutliche Abweichungen im Verkehrsaufkommen auftreten.

Unter Verwendung der Zähldaten der Detektoren lässt sich ein mittlerer Wochengang ableiten (Abbildung 12), der für die Berechnungen verwendet wird. Nachmittags sind die Verkehrsbelastungen am höchsten, da die Einbahnstraße stadtauswärts gerichtet ist und daher den abendlichen Berufsverkehr aus der Stadt ableitet. Die vormittags auf der rechten Fahrspur auftretende Spitze wird wahrscheinlich von dem Abfahrverkehr der Fähren verursacht, die morgens aus Skandinavien eintreffen.

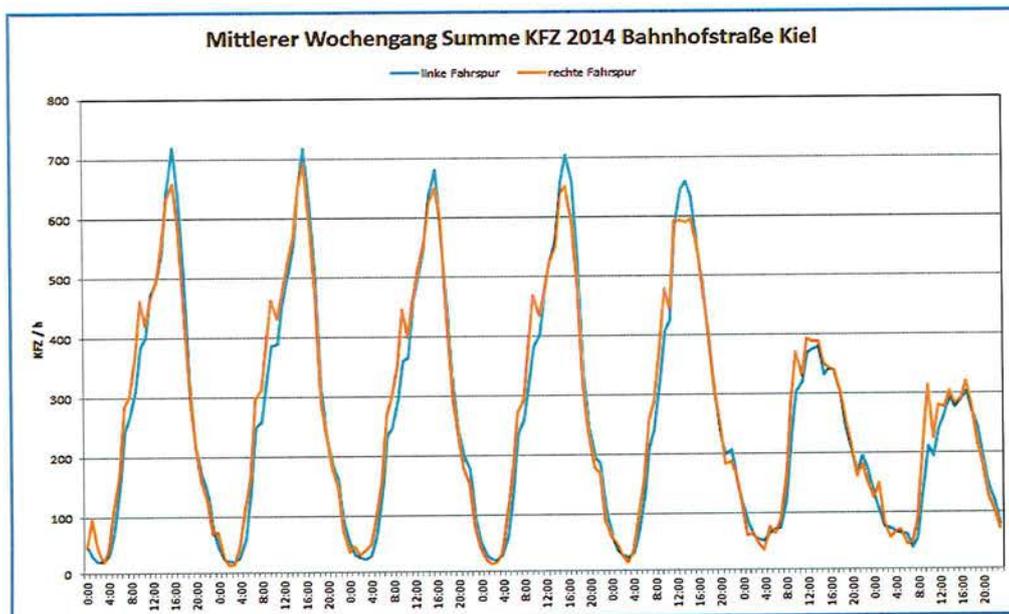


Abbildung 12: Mittlerer Wochengang der Kraftfahrzeuge in der Bahnhofstraße

PKW und LKW unterscheiden sich in der Höhe ihrer Emissionen. Da die Detektoren in der Bahnhofstraße den Schwerlastverkehr nicht getrennt registrieren, muss eine Möglichkeit geschaffen werden, den Anteil des Schwerlastverkehrs abzuschätzen.

Dazu wurden die Daten einer am Dienstag, 05.09.2012, durchgeführten manuellen Zählung verwendet. Abbildung 13 zeigt die nach PKW und LKW getrennten Verläufe der Verkehrszahlen.

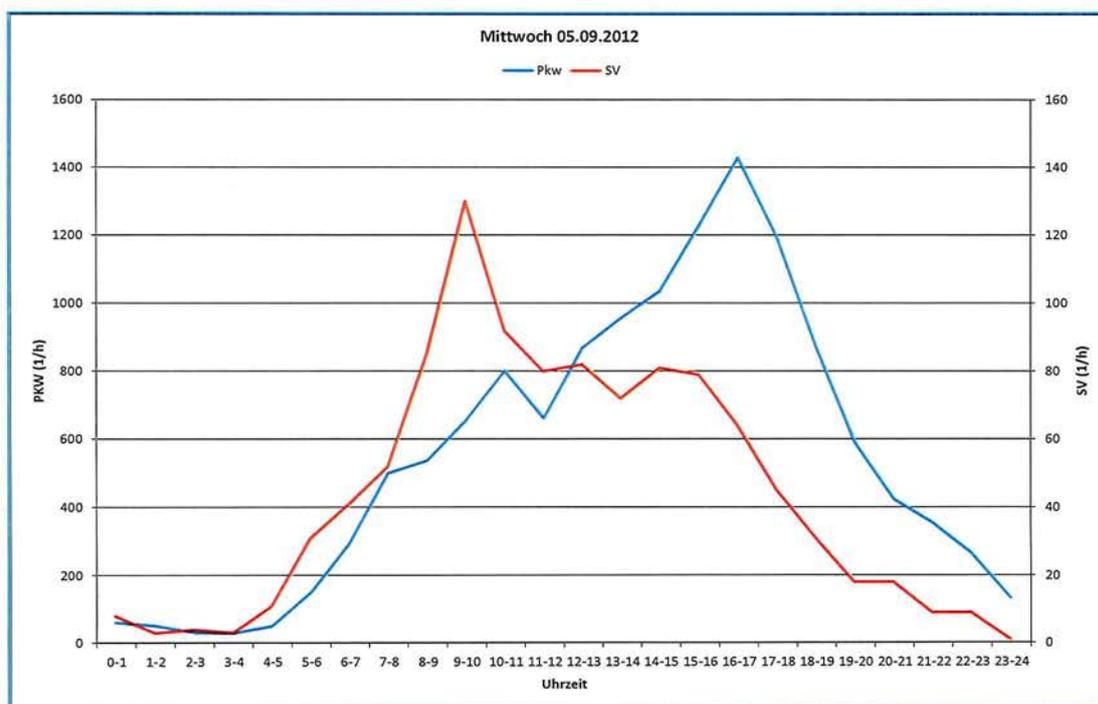


Abbildung 13: Tagesganglinien der PKW- und LKW-Zahlen am 05.09.2012 in der Bahnhofstraße

Der an diesem Tag ermittelte Verlauf (als Anteil Schwerverkehr am Gesamtverkehr) wird auf alle Tage gleichermaßen übertragen. Außerdem wird angenommen, dass der gesamte Schwerverkehr die stadtauswärts führende rechte Fahrspur verwendet.

Es wird außerdem angenommen, dass der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge 5% vom PKW-Verkehr beträgt.

Zusammengefasst ergeben sich aus diesen Annahmen die in Tabelle 7 aufgeführten Zahlen:

Bahnhofstraße	Spur 1	Spur 2	Summe
	links	rechts	
PKW	5853	5364	11217
LNF	308	282	590
SNF	0	900	900
<b>Summe</b>	<b>6161</b>	<b>6546</b>	<b>12707</b>

Tabelle 7: Abgeschätzte mittlere tägliche Verkehrszahlen in der Bahnhofstraße (Quelle: Stadt Kiel)

### 5.2.3 Verkehrssituation

Die Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs sind außer von den Verkehrszahlen auch vom Straßentyp, der erlaubten Geschwindigkeit, der Steigung und der Kapazität der einzelnen Spuren abhängig.

Die Verkehrssituation in der Bahnhofstraße in Kiel wird gemäß HBEFA 3.2 folgendermaßen eingestuft:

- Straßentyp: Sammelstraße, gerade
- Geschwindigkeit: 50 km/h
- Kapazität pro Spur: 700/h
- Steigung (Einbahnstraße): + 4%

Die Emissionen werden darüber hinaus durch den sogenannten Verkehrsmodus (level of service - LOS) bestimmt, für den vier Zustände definiert sind: flüssig, dicht, gesättigt, stop&go. Die Emissionen der Kraftfahrzeuge nehmen von „flüssig“ bis „stop&go“ erheblich zu.

Die Verteilung auf die Verkehrsmodi erfolgt in Abhängigkeit von der Kapazität gemäß folgender Tabelle, wobei die Auslastung auf der Grundlage von  $PKW-E = PKW + 2 \cdot SNF$  berechnet wird (s. BAST, 2013).

Kapazität Auslastung	PKW-E [ /h] 700	flüssig	dicht	gesättigt	stop&go
50%	350	100%	0%	0%	0%
80%	560	0%	100%	0%	0%
100%	700	0%	0%	80%	20%
120%	840	0%	0%	60%	40%
>120%		0%	0%	40%	60%

Tabelle 8: Aufteilung der Fahrzeuge auf die Verkehrsmodi in Abhängigkeit von der Auslastung (Angaben pro Stunde)

Werden diese Angaben auf die Verkehrszahlen in der Bahnhofstraße übertragen, ist im Wochenverlauf davon auszugehen, dass sich zu 2% der Zeit auf der linken und zu 5% der Zeit auf der rechten Spur „stop&go“-Zustände einstellen. Da zu diesen Zeiten auch die höchsten Verkehrszahlen vorliegen, betrifft das 4% der Fahrzeuge auf der linken und 11% der Fahrzeuge auf der rechten Spur.

### 5.2.4 Ergebnisse der Modellrechnungen

Mit den in Kapitel 5.2.1 aufgeführten Eingangsparametern und den in Kapiteln 5.2.2 und 5.2.3 getroffenen Annahmen hinsichtlich der Verkehrssituationen wird am aktuellen Standort der Messstation auf dem Parkstreifen auf der Südwestseite für die Analyse eine Konzentration von  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel berechnet.

Die Übereinstimmung der gemessenen und berechneten zeitlichen Verläufe ist dabei insgesamt zufriedenstellend, wie die folgende Abbildung des Wochengangs für die berechneten und gemessenen  $\text{NO}_x$ -Immissionen und die berechneten  $\text{NO}_x$ -Emissionen zeigt. Auffällig ist, dass die berechneten Konzentrationsspitzen der  $\text{NO}_x$ -Immission an den Wochentagen vormittags und am Wochenende insgesamt gegenüber den tatsächlich gemessenen  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen zu niedrig sind.

Das ist vermutlich auf unterschätzte Emissionen des Schwerlastverkehrs und die Übertragung des an einem Dienstag erhobenen Schwerlastanteils auf alle Wochentage zurückzuführen.

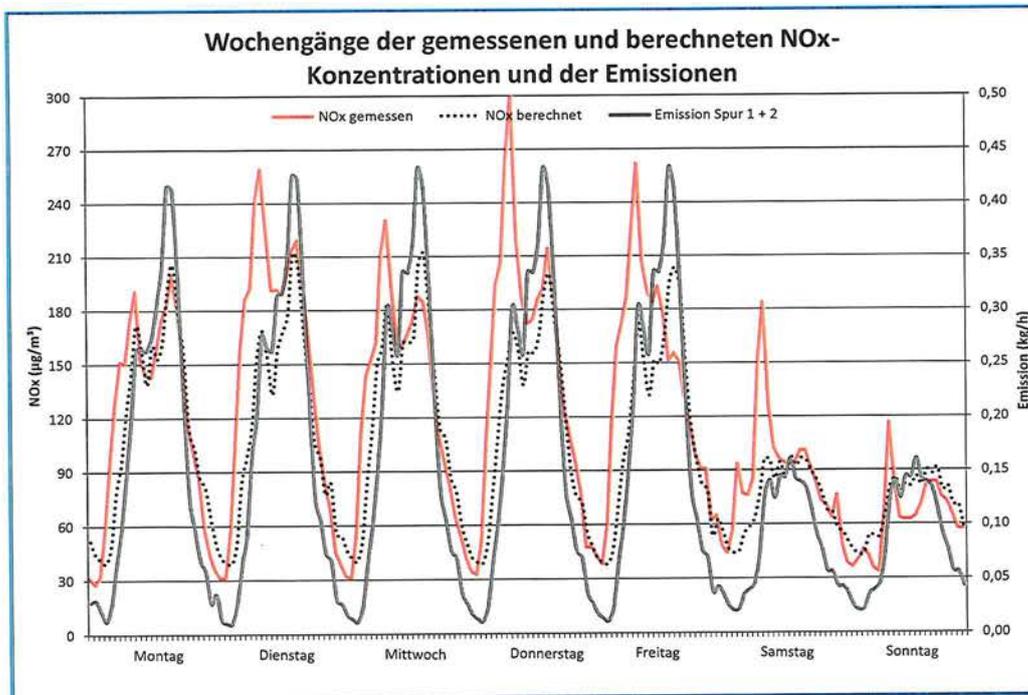


Abbildung 14: Mittlere Wochengänge der gemessenen und berechneten NOx-Konzentrationen und der Emissionen in der Bahnhofstraße

Insgesamt scheinen die getroffenen Annahmen aber so plausibel, dass auf dieser Basis die vertikale und horizontale Verteilung der Stickstoffdioxidkonzentrationen in der Straße modelliert werden kann.

Abbildung 15 zeigt die berechneten Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid im Straßenabschnitt Bahnhofstraße zwischen Asmusstraße und Zum Brook in Höhe des Erdgeschosses. Die Maschenweite des Netzes beträgt 1,0 m x 1,0 m. Rote Bereiche zeigen Grenzwertüberschreitungen für den Analysezustand.

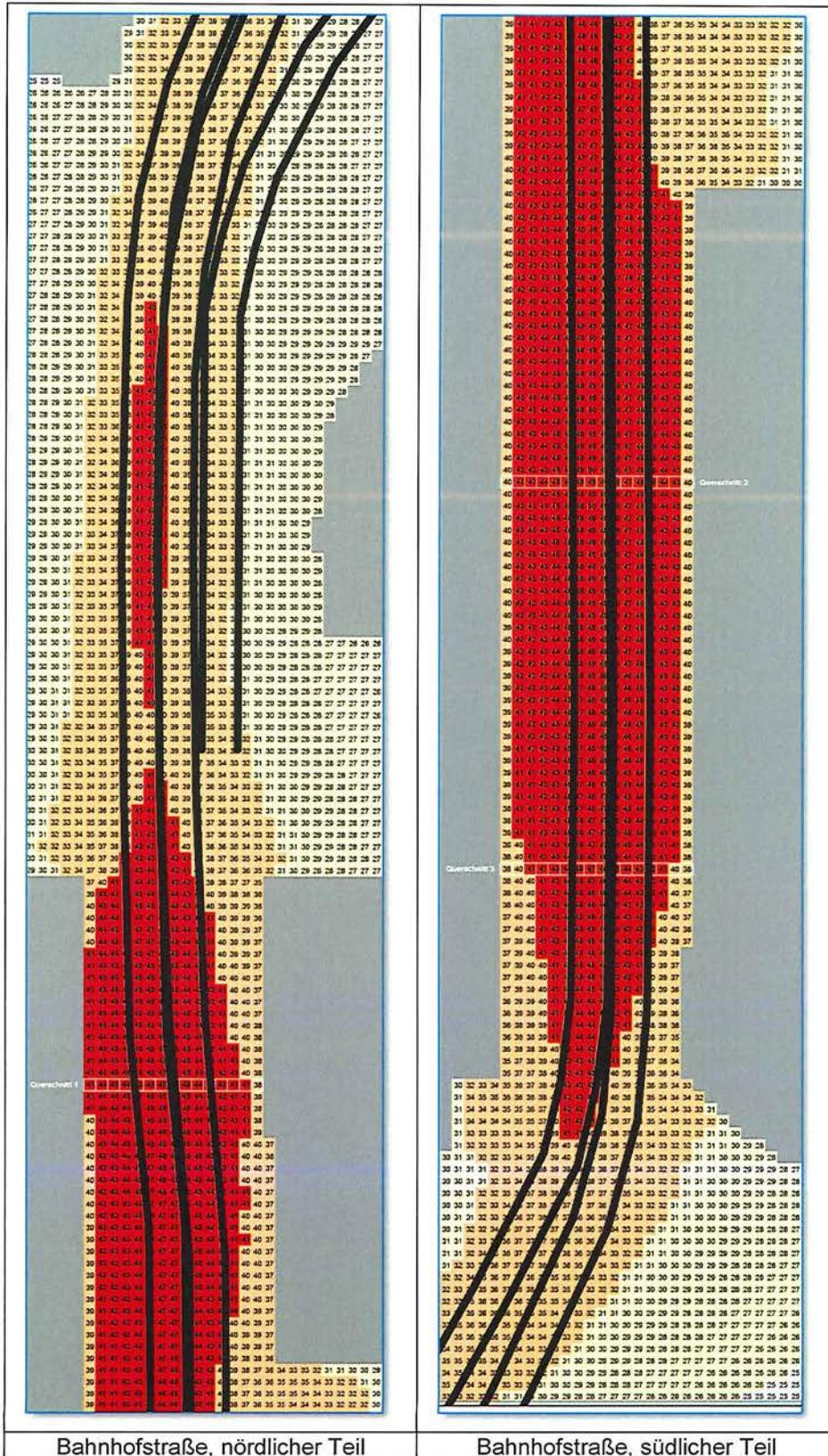


Abbildung 15: Räumliche Verteilung der NO<sub>2</sub>-Belastung in der Bahnhofstraße

Abbildung 15 zeigt, dass die Konzentrationswerte über dem Grenzwert von 40 µg/m³ vorwiegend in dem Straßenabschnitt auftreten, der auf beiden Seiten bebaut ist. Der Bereich der Überschreitung ist auf der westlichen Seite breiter, kommt aber nur in einem sehr kleinen Bereich (~15 m Abschnittslänge) bis an die Baufluchtlinie heran.

5.OG		25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	26			
4.OG		29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29			
3.OG		33	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	32			
2.OG		36	38	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	35			
1.OG		38	40	40	40	40	40	40	40	39	39	39	39	39	38			
EG	West	40	41	41	41	42	42	42	42	42	42	41	41	41	41	39	Ost	
		40	42	43	43	44	44	45	45	45	45	44	44	43	43	40		
		39	42	43	43	45	45	49	54	56	56	50	50	49	45	43		39
		37	41	42	43	45	49	55	57	55	55	51	49	45	43	41		38
Querschnitt 2 Bahnhofstraße Messstation (neue Position Westen)																		

Abbildung 16 zeigt die vertikale Verteilung der Luftschadstoffkonzentrationen im Straßenquerschnitt 2, in dem die Luftmessstation seit Juli 2014 steht. Blau ist der Bereich gekennzeichnet, in dem sich die Fahrspuren befinden. Die grünen Kästchen bilden in etwa die Lage der Probenahme über Dach der Luftmessstation ab.

5.OG		25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	26			
4.OG		29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29			
3.OG		33	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	32			
2.OG		36	38	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	35			
1.OG		38	40	40	40	40	40	40	40	39	39	39	39	39	38			
EG	West	40	41	41	41	42	42	42	42	42	42	41	41	41	41	39	Ost	
		40	42	43	43	44	44	45	45	45	45	44	44	43	43	40		
		39	42	43	43	45	45	49	54	56	56	50	50	49	45	43		39
		37	41	42	43	45	49	55	57	55	55	51	49	45	43	41		38
Querschnitt 2 Bahnhofstraße Messstation (neue Position Westen)																		

Abbildung 16: Vertikale Verteilung der NO<sub>2</sub>-Belastung in der Bahnhofstraße am Querschnitt 2

Mit den Emissionsfaktoren für das Jahr 2015 für die Prognose wird am Standort der Luftmessstation ein Jahresmittelwert von 41 µg/m³ errechnet. An der Bauflucht ergeben sich aufgrund des größeren Abstands zur Emissionsquelle entsprechend geringere Werte. Mit den gemessenen Jahresmittelwerten von 42 µg/m³ im Jahre 2016 und 41 µg/m³ im Jahre 2017 werden die Aussagen grundsätzlich bestätigt.

Abbildung 17 zeigt die entsprechende Verteilung für den Querschnitt 1 am nördlichen Ende des betrachteten Gebiets.

5.OG		24	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	25		
4.OG		28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27		
3.OG		31	32	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	30		
2.OG		35	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	33		
1.OG		37	39	38	38	38	38	38	38	37	37	37	37	37	35		
EG	West	39	41	41	41	41	41	40	40	40	39	39	39	39	37	Ost	
		41	43	43	44	44	44	44	43	42	42	41	41	40	40		38
		41	44	45	46	46	46	47	46	45	44	43	42	41	41		38
		40	44	45	46	53	54	53	50	46	47	44	42	41	40	37	
		38	42	45	48	54	50	51	51	45	43	41	42	40	39	35	
Querschnitt 1 Bahnhofstraße (Passivsammler)																	

Abbildung 17: Vertikale Verteilung der NO<sub>2</sub>-Belastung in der Bahnhofstraße am Querschnitt 1

Zum Vergleich: die Passivsammlermessungen, die im Querschnitt 1 unmittelbar am Gebäude auf der Westseite in etwa 2,3 m Höhe durchgeführt werden, ergaben folgende Jahresmittelwerte: 42 µg/m<sup>3</sup> (2015), 43 µg/m<sup>3</sup> (2016) und 41 µg/m<sup>3</sup> (2017).

Damit sind weitere Maßnahmen zur Senkung der Belastung in der Bahnhofstraße nicht erforderlich, da an der Baufluchtlinie der Grenzwert bis auf einen sehr kurzen Abschnitt eingehalten wird. Die messtechnische Überwachung wird zur Beobachtung der Luftschadstoffsituation bis auf weiteres fortgesetzt.

## 5.3 Theodor-Heuss-Ring

### 5.3.1 Einleitung

Untersuchungen zum Theodor-Heuss-Ring waren im Luftreinhalteplan Kiel bisher nicht enthalten, da die Station erst im Mai 2011 in Betrieb genommen wurde. Die Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid liegen auf der Nordseite des Abschnitts um die Fußgängerbrücke Krusenrotter Weg jedoch seit dem Jahr 2012 über 60 µg/m<sup>3</sup>, so dass Analysen und Prognosen der Schadstoffbelastung erforderlich werden. Die besondere Funktion des Theodor-Heuss-Rings als Stadtautobahn, die den Verkehr bündelt und um die eigentlichen Stadtbereiche herumführen soll, macht eine Maßnahmenplanung allerdings schwierig.

Die folgenden Parameter werden für die Modellsimulationen (Analyse und Prognose) verwendet:

- Quellkonfiguration: Messstation auf der nördlichen Seite, Fahrspuren aufgeteilt in 12 Emissionsquellen (2 Bereiche westlich und östlich der Messstation, jeweils 6 Spuren)
- meteorologische Zeitreihen des Jahres 2016
- Verkehrsdaten: Jahr 2016
- leichte Nutzfahrzeuge: Abschätzung mit 5%-Anteil an den PKWs
- Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.3
- Emissionsfaktoren: Analyse: Jahr 2016 / Prognose: Jahr ab 2017
- Basis-Regressionsfunktion:  $NO_2 = 2,6348 * NO_x^{0,5847}$
- Kalibrierfaktor: 1,2

### 5.3.2 Verkehrsbelastung

Grundlage für die nachfolgenden Analysen sind die Verkehrszahlen, die von der Stadt Kiel zur Verfügung gestellt wurden. Am westlichen Ende des Betrachtungsgebiets im Bereich „Waldwiese“ befinden sich in den vier Fahrspuren Detektoren der Stadt Kiel, aus denen sich die KFZ-Belastung und die Ganglinien für PKW und LKW ableiten lassen. Abbildung 18 zeigt die Lage der Detektoren, der Luftmesstation (roter Kreis) und die Nummerierung der sechs Fahrspuren.

Danach fahren im Querschnitt des Standortes der Messstation ca. 46.000 Fahrzeuge (incl. 1.880 schwere Nutzfahrzeuge) in west-östliche und ca. 46.800 KFZ (incl. 1.700 schwere Nutzfahrzeuge) in ost-westliche Richtung. Für die genaue Aufteilung des Verkehrs auf die insgesamt sechs Fahrspuren liegen keine Angaben vor.

Im Modell werden die einzelnen Spuren durch insgesamt 12 Emissionsquellen entsprechend der Nummerierung in Abbildung 18 simuliert.

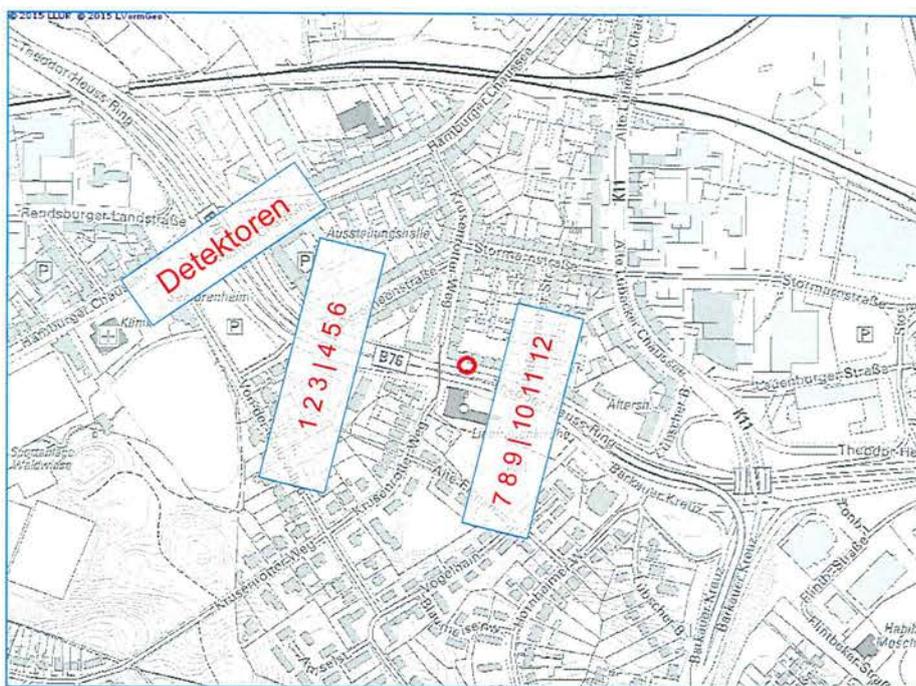


Abbildung 18: Lage der Luftmesstation und der Detektoren und Nummerierung der Fahrspuren

Für die Berechnungen wurde die Verteilung des Verkehrs auf die einzelnen Spuren anhand der Zähl-daten der Detektoren an der Waldwiese abgeschätzt. Außerdem wurde angenommen, dass der Schwerlastverkehr hauptsächlich die jeweils rechte Hauptspur befährt (Spur 2 Richtung Osten, Spur 6 Richtung Westen). Die Abschätzung wurde durch die Stadt Kiel vorgenommen.

Tabelle 9 zeigt die vorgenommene Einteilung.

Theodor-Heuss-	Fahrtrichtung ost				Fahrtrichtung west			
	Spur 1	Spur 2	Spur 3	Summe	Spur 4	Spur 5	Spur 6	Summe

Ring	rechts	Mitte	links		links	Mitte	rechts	
PKW	4200	21500	16200	41900	18900	19600	4300	42800
LNF	230	1170	880	2280	1060	1100	240	2400
SNF	190	970	730	1890	750	780	170	1700
<b>Summe</b>	<b>4620</b>	<b>23640</b>	<b>17810</b>	<b>46070</b>	<b>20170</b>	<b>21480</b>	<b>4710</b>	<b>46900</b>
	Spur 7 rechts	Spur 8 Mitte	Spur 9 links	Summe	Spur 10 links	Spur 11 Mitte	Spur 12 rechts	Summe
PKW	7500	17600	16700	41800	7400	14800	20500	42700
LNF	490	1080	720	2290	360	710	1340	2410
SNF	360	1410	110	1880	170	340	1190	1700
<b>Summe</b>	<b>8350</b>	<b>20090</b>	<b>17530</b>	<b>45970</b>	<b>7930</b>	<b>15850</b>	<b>23030</b>	<b>46810</b>

Tabelle 9: Verkehrszahlen für die Modellrechnung (Quelle: Stadt Kiel)

Die an den Detektoren ermittelten Werte weisen für die PKW zwei Spitzenzeiten und nur einen relativ geringen Abfall an den Wochenenden aus. Für die schweren Nutzfahrzeuge werden die höchsten Werte in der Zeit von 8 bis 10 Uhr vormittags festgestellt sowie ein deutlicher Rückgang am Wochenende.

In dem zur Berechnung verwendeten Modell können die Ganglinien nicht nach KFZ-Typen getrennt berücksichtigt werden. Daher werden gewichtete Ganglinien gebildet, die den starken Abfall des LKW-Anteils am Wochenende entsprechend abbilden. Abbildung 19 zeigt diese Ganglinien für die vier Detektoren.

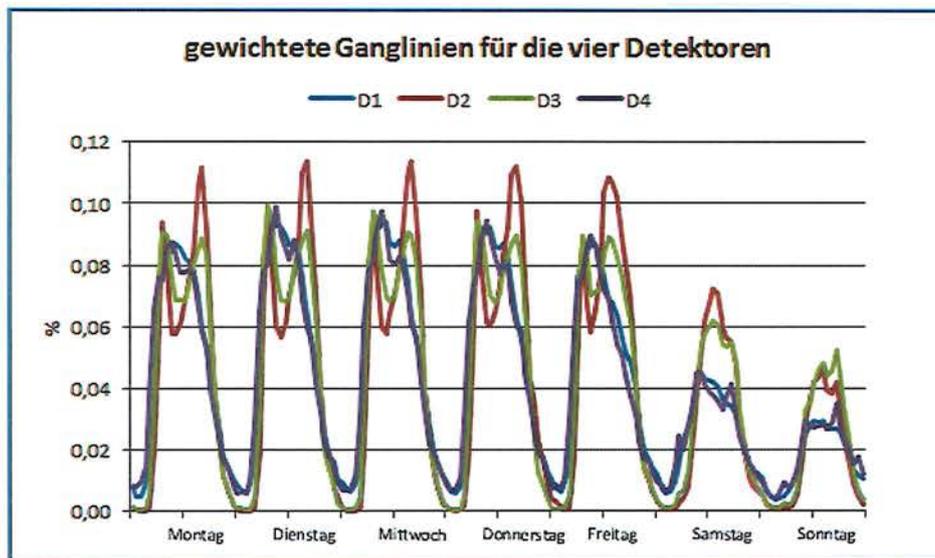


Abbildung 19: gewichtete Ganglinien für die vier Detektoren

### 5.3.3 Verkehrssituation

Die Verkehrssituation am Theodor-Heuss-Ring wird gemäß HBEFA 3.3 folgendermaßen eingestuft:

- Straßentyp: Hauptverkehrsstraße
- Geschwindigkeit: 70 km/h

- Kapazität pro Spur: 2000 KFZ/h
- Steigung: 2% - 4%

Wie schon für die Bahnhofstraße beschrieben, wird in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Kapazität die Auslastung stundenfein ermittelt und dem entsprechenden Verkehrsmodus zugeordnet. Die Zeitanteile der verschiedenen Verkehrsmodi sowie die Anzahl Fahrzeuge, die sich jeweils in den Verkehrsmodi befinden, sind in der folgenden Tabelle für die Abschnitte 7 bis 12 zusammengestellt.

Zeitanteile der Verkehrsmodi für die Spuren 7 – 12 in %						
	Spur 7	Spur 8	Spur 9	Spur 10	Spur 11	Spur 12
Flüssig	86	35	48	79	48	32
Dicht	14	53	37	21	47	40
Gesättigt	0	10	11	0	5	23
Stop&go	0	2	3	0	1	6
Anteile der Fahrzeuge in den Verkehrsmodi für die Spuren 7 – 12 in %						
	Spur 7	Spur 8	Spur 9	Spur 10	Spur 11	Spur 12
Flüssig	75	9	9	56	11	8
Dicht	25	70	55	44	76	46
Gesättigt	0	17	28	0	11	37
Stop&go	0	4	8	0	3	9

Tabelle 10: Zeitanteile der Verkehrsmodi und Anteile der Fahrzeuge in den Verkehrsmodi für die Spuren – 12 in %

#### 5.3.4 Ergebnisse der Modellrechnungen

Zur Analyse und Kontrolle der getroffenen Annahmen und der Modellresultate werden mit den in Kapitel 5.3.1 aufgeführten Eingangsparametern aus den stündlich berechneten NO<sub>x</sub>-Konzentrationen Wochengänge berechnet und mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen. Abbildung 20 zeigt die ermittelten Verläufe, die gut übereinstimmen und die grundsätzliche Geeignetheit der Vorgehensweise belegen.

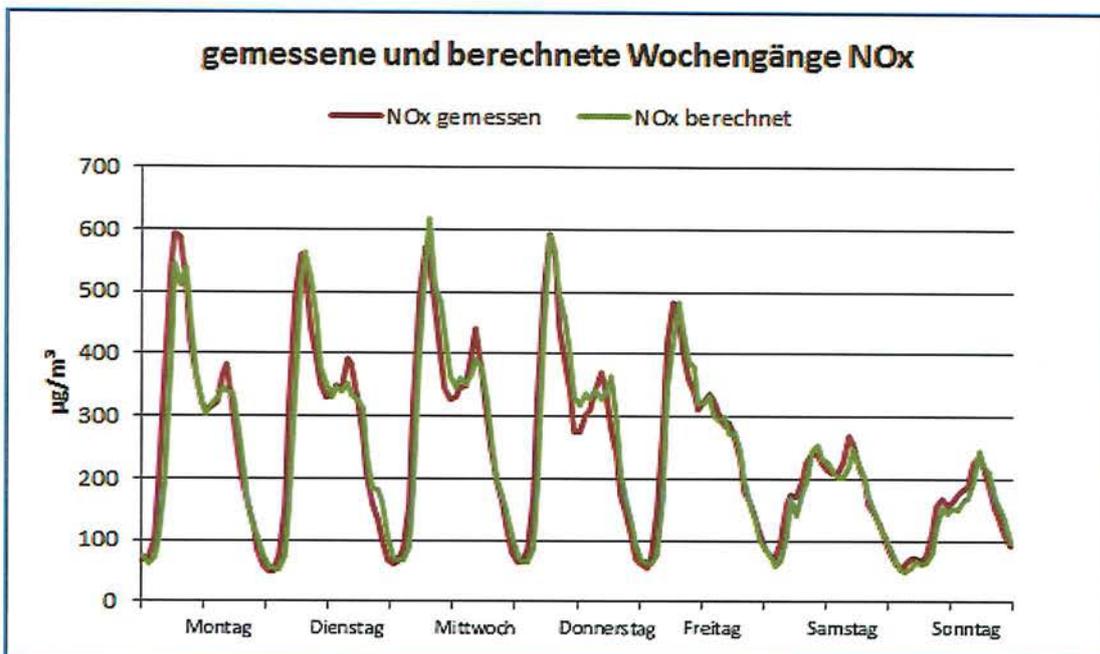


Abbildung 20: Mittlerer Wochengang der berechneten und gemessenen NO<sub>x</sub>-Konzentrationen

Auf dieser Basis können die vertikale und horizontale Verteilung der Stickstoffdioxidkonzentrationen in der Straße modelliert werden.

Abbildung 21 zeigt anhand der roten Bereiche die Grenzwertüberschreitungen für Stickstoffdioxid im Straßenabschnitt Theodor-Heuss-Ring im Umfeld des Krusenrotter Wegs in Höhe des Erdgeschosses. Die Maschenweite des Netzes beträgt 1,5 m x 1,5 m.



Abbildung 21: Räumliche Verteilung der NO<sub>2</sub>-Belastung am Theodor-Heuss-Ring im Bereich Krusenrotter Weg

Konzentrationswerte über dem Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> treten an der gesamten Baufuchtlinie auf der Nordseite und ein Stück weit bis in den nördlichen Abschnitt des Krusenrotter Wegs hinein auf. Die Wohnbebauung auf der Südseite ist nicht von der Überschreitungssituation betroffen.

Abbildung 22 zeigt im Querschnitt Theodor-Heuss-Ring (Messstation) die Stickstoffdioxid-Belastung am Standort der Messstation mit der südlichen Begrenzung durch die Liebfrauenkirche. Der von Grenzwertüberschreitungen betroffene Bereich erstreckt sich auf der Nordseite mit Wohnbebauung bis in die oberen Stockwerke. Das grüne Kästchen symbolisiert die Lage der Probenahme der Luftmessstation.



Abbildung 22: Vertikale Verteilung der Belastung am Standort der Messstation

Mit gemessenen Jahresmittelwerten von 65 µg/m<sup>3</sup> in den Jahren 2015 und 2016 werden die Aussagen grundsätzlich bestätigt.

Abbildung 23 zeigt die Stickstoffdioxidverteilung entsprechend für den Querschnitt Theodor-Heuss-Ring (Passivsammler) im Bereich der auf der Südseite niedrigeren, aufgelockerten Bebauung.

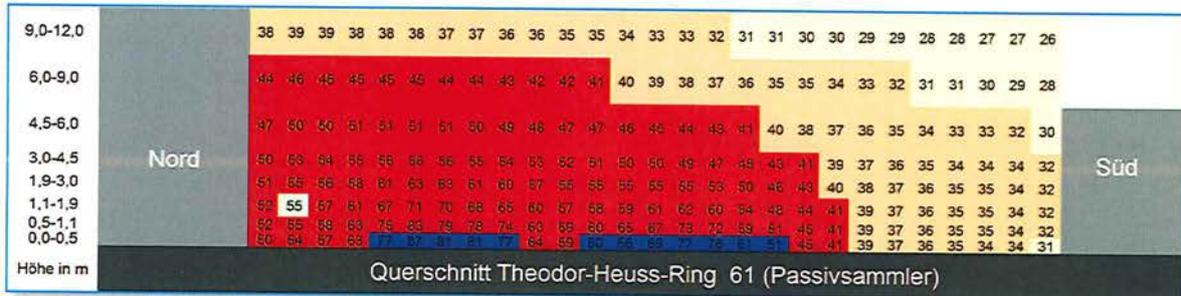


Abbildung 23: Vertikale Verteilung der Belastung am Standort der Messstation

Zum Vergleich: die Passivsammlermessungen, die in diesem Querschnitt unmittelbar am Gebäude auf der Nordseite und in der Nähe der Gebäude auf der Südseite durchgeführt werden, ergaben in den Jahren 2015 und 2016 folgende Jahresmittelwerte: 59/68 µg/m³ (Nordseite) und 27/28 µg/m³ (Südseite).

Die einzelnen Fahrspuren liegen in unterschiedlicher Entfernung zur Bauflucht und weisen verschiedene Verkehrsbelastungen auf. Mit den Modellrechnungen kann abgeschätzt werden, in welchem Umfang die einzelnen Fahrspuren zur Belastung beitragen.

Die folgende Abbildung 24 zeigt die Beiträge der einzelnen Fahrtrichtungen an der Immissionskonzentration am Standort der Messstation. Ergänzt wurden die Anteile des umliegenden Straßennetzes und der Hintergrundbelastung. Danach trägt Fahrtrichtung West zur Stickstoffdioxidbelastung mit ca. 75% bei, da sie die geringste Entfernung zur Station und die Straße in dieser Richtung eine Steigung aufweist. Der städtische Hintergrund, das umliegende Straßennetz und die Gegenrichtung tragen nur in geringem Maße zur Belastung bei.

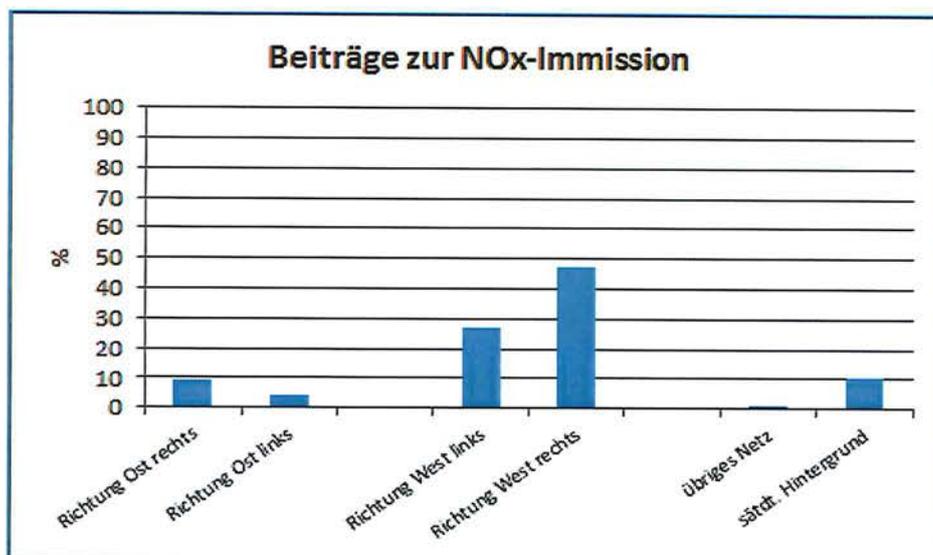


Abbildung 24: Beiträge der Fahrtrichtungen zur NOx-Konzentration am Theodor-Heuss-Ring

## 5.4 Schätzung der betroffenen Bevölkerung

Nach Angaben der Stadt Kiel (Stand: 20.08.2008, Amt für zentrale Informationsverarbeitung) waren in der Bahnhofstraße Ende des Jahres 2006 für den Bereich zwischen Schwedendamm und Joachimplatz 217 Personen als Anwohner mit alleiniger oder Hauptwohnung gemeldet. Diese Zahl war bis zum Ablauf des ersten Halbjahres 2008 bis auf 249 Personen angestiegen. Aufgrund der Bebauungssituation in der Bahnhofstraße (Schluchtcharakter mit abschirmender Wirkung für die benachbarten Bereiche) ist anzunehmen, dass sich der Bereich mit Überschreitung der zulässigen Schadstoffbelastung auf den Straßenabschnitt selbst beschränkt. Berechnungen der vertikalen Verteilung der Schadstoffbelastung zeigen, dass hauptsächlich Bewohner der unteren Stockwerke potenziell Konzentrationen oberhalb der Grenzwerte ausgesetzt sind. Aufgrund der gegenüber 2006 zurückgegangenen Belastung dürfte die Zahl der von Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes betroffenen Personen bei ca. 10% der gemeldeten Personen liegen.

Die Berechnungen für den Theodor-Heuss-Ring zeigen, dass nur Bebauung an der nördlichen Straßenseite Grenzwertüberschreitungen aufweist, allerdings nahezu in allen Stockwerken.

Von den ca. 200 Bewohnern dieser Häuserzeile wird ca.  $\frac{3}{4}$  von einer Grenzwertüberschreitung betroffen sein, so dass sich für beide Standorte eine Gesamtzahl < 200 ergibt.

## 5.5 Prognose ohne Durchführung von Maßnahmen

In einem ersten Schritt wurde die zukünftige Entwicklung der Stickstoffdioxidbelastung am Theodor-Heuss-Ring ohne die Durchführung von Maßnahmen abgeschätzt. Verwendet wurden hierbei die Emissionsfaktoren des HBEFA, Version 3.3, das für die kommenden Jahre eine fortlaufende Modernisierung der Fahrzeugflotte und eine Absenkung der Emissionen durch verbesserte Fahrzeugtechnik prognostiziert und hierfür Daten bereitstellt. Alle anderen Parameter, insbesondere auch die Verkehrsbelastung, wurden unverändert beibehalten.

Abbildung 25 zeigt die zeitliche Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen auf der Grundlage der getroffenen Annahmen bis 2025 bei gleichbleibender auf ca.  $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angesetzter Hintergrundbelastung ohne und mit Kalibrierfaktor und die entsprechenden, gemessenen Werte für die Jahre 2014 bis 2017.

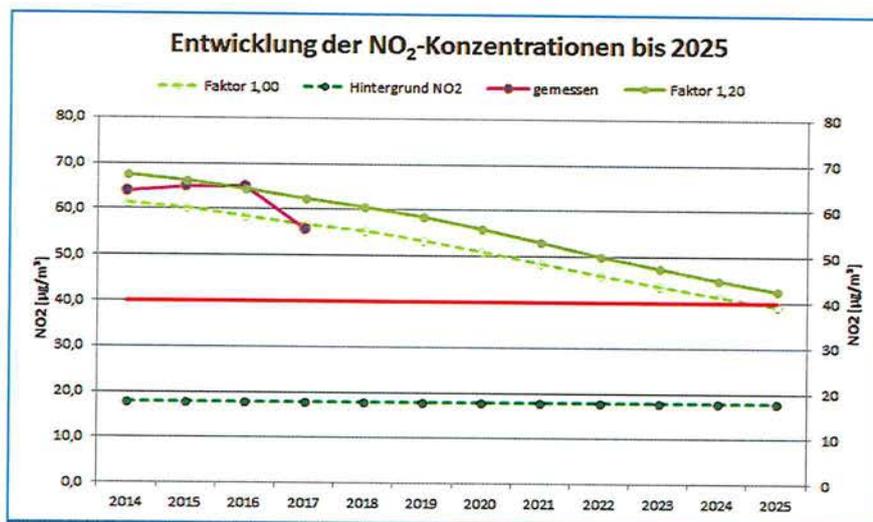


Abbildung 25: Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 2025 aufgrund der Modernisierung der Fahrzeugflotte bei sonst unveränderten Randbedingungen und gemessene Jahresmittelwerte 2014 bis 2017

Die voneinander abweichenden Verläufe der berechneten und gemessenen Werte spiegeln die Schwankungsbreiten aufgrund tatsächlich unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen oder zeitlicher Änderungen anderer Parameter wider.

## 6 Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität am Theodor-Heuss-Ring

Gelb gekennzeichnet sind Abschnitte, wo Ergänzungen durch die Stadt Kiel erforderlich sind bzw. zu erwarten sind.

### 6.1 Einleitung

Die Grenzwerte für den Jahresmittelwert werden am Theodor-Heuss-Ring seit Beginn der Messungen dort deutlich überschritten.

In Kapitel 5.5 war dargestellt worden, wie sich die Schadstoffbelastung entwickeln wird, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Jahresmittelwerte dargestellt, die in den vergangenen Jahren an den Messstationen in Kiel und Bornhöved ermittelt wurden. Sie zeigen den deutlichen Unterschied in der Belastung am THR im Vergleich zum sogenannten städtischen und regionalen Hintergrund. In Abbildung 21 wurde gezeigt, dass die hohen Stickstoffdioxidbelastungen auf einen engen Bereich um den THR begrenzt sind.

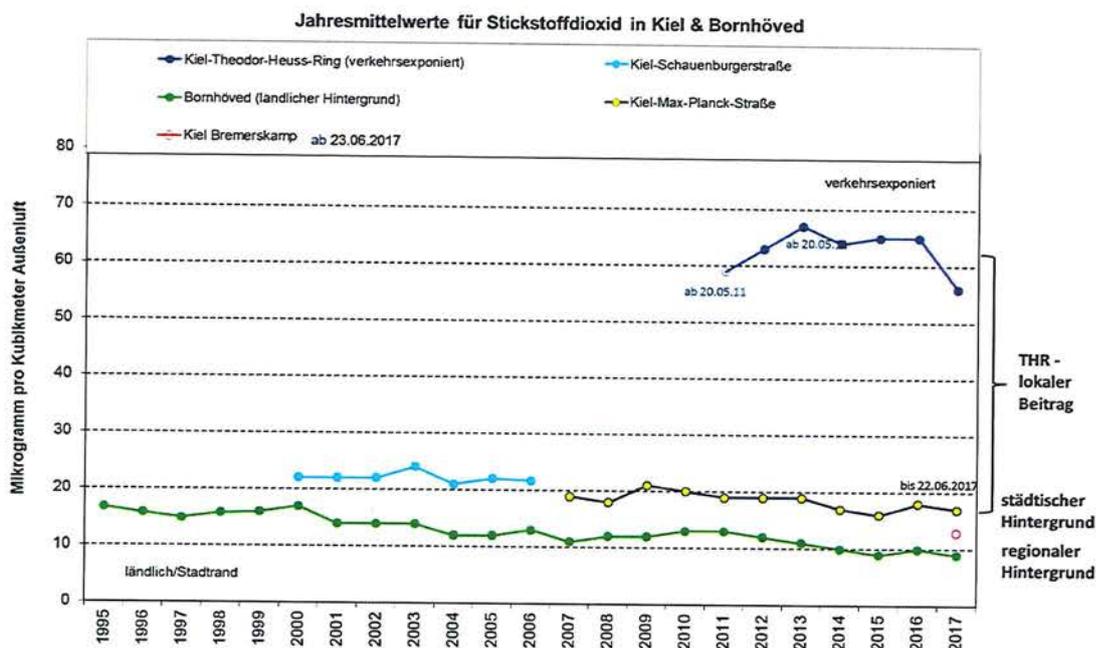


Abbildung \*\*: Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in Kiel und Børnhöved

Maßnahmen zur Senkung der Belastung müssen sich daher vorrangig auf die Emissionen des Verkehrs auf dem Theodor-Heuss-Ring auswirken.

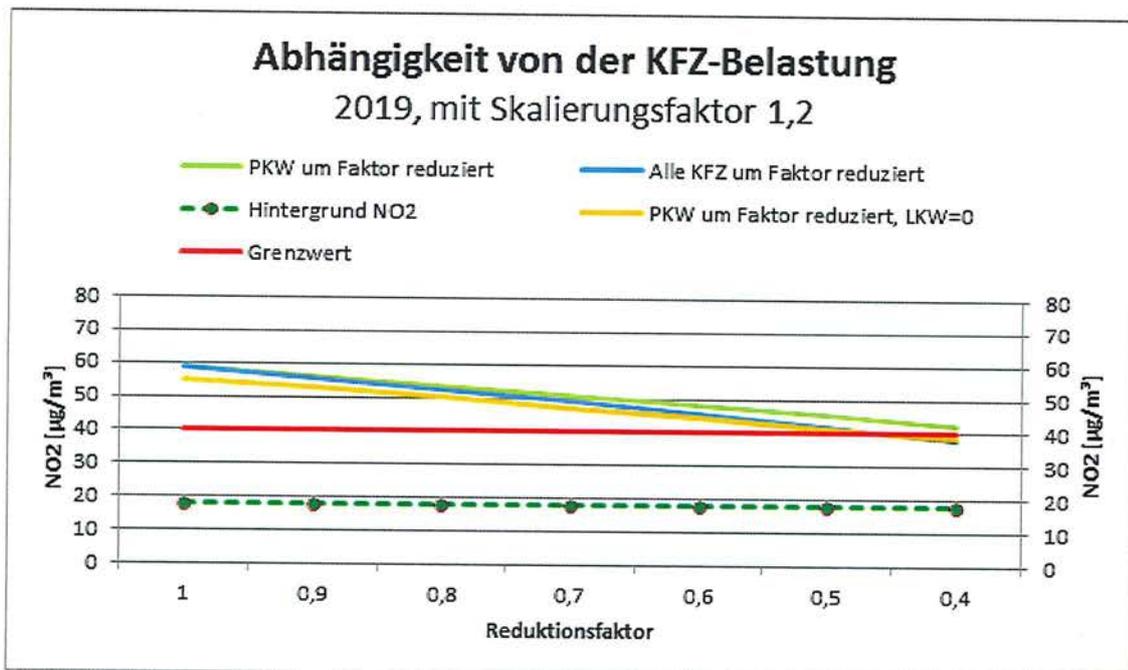
Neben den meteorologischen Bedingungen und der Bebauungsstruktur wird die Luftbelastung bestimmt durch die Verkehrsbelastung, die Aufnahmekapazität der Straße und dem sich daraus ergebenden, zeitlichen Verlauf der Verkehrszustände.

Bestimmend für die Emissionen des Straßenverkehrs in der Straße sind somit

- Die Verkehrsstärke
- Die Zusammensetzung der Flotte (PKW, leichte- und schwere Nutzfahrzeuge)
- Die Emissionen des einzelnen Fahrzeugs, abhängig von
  - Art des Fahrzeugs (Benzin- oder Diesel PKW, leichte- und schwere Nutzfahrzeuge)
  - Der Verkehrsfluss (flüssig, dicht, gesättigt, stop & go)
  - Die Steigung bzw. das Gefälle des Straßenabschnitts

Die resultierenden Immissionen hängen wiederum zusätzlich vom Abstand der Emissionen von den zu betrachtenden Immissionsorten ab.

Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie sich eine Reduzierung der Verkehrsstärke im Jahr 2019 sich auf die Stickstoffdioxid Belastungen auswirken würde. Dabei wurde die in Tabelle 2 dargestellte Verteilung auf die Fahrzeugklassen und die Fahrspuren unverändert gelassen. Dabei wurde berücksichtigt, dass bei niedrigeren Verkehrsbelastungen zu anderen Verkehrsmodi führen (siehe Tabelle 10). Da sich ein großer Teil möglicher Maßnahmen auf die Reduzierung des Individualverkehrs auswirken, ist in Abbildung auch dargestellt, wie sich die Belastung bei ausschließlicher Änderung der PKW Zahlen ändern würde.



Die Abbildung zeigt, dass die Verkehrszahlen ungefähr halbiert werden müssten, um in die Nähe des Grenzwertes zu gelangen.

Auch ein Ausschluss des LKW Verkehrs würde zu keiner signifikant anderen Einschätzung führen.

#### 6.1.1 Auswirkung von Softwareupdates

Für diese Abschätzung wurde unterstellt, dass sämtliche Diesel-PKW, die unter die Anforderungen nach Euro 5 und 6 fallen, ein Softwareupdate erhalten und dadurch die angenommene Emissionsreduktion um ca. 20% erreichen. Für den Basisfall 2019 (ohne weitere Maßnahmen, Faktor 1,2) ergibt sich eine Minderung in der Größenordnung von 1-2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Werden alle Diesel-PKW unter EURO 6 ausgeschlossen, ergäbe sich eine weitere, geringfügige Verbesserung, da die durchfahrtsberechtigten Diesel-PKW der Stufe EURO 6 eine entsprechend geringe-

re Emission aufweisen würden. Diese Maßnahme würde auch die durch den gesamten Stadtverkehr mitverursachte Hintergrundbelastung geringfügig verringern.

Es ist aber nicht zu erwarten, dass diese Maßnahme alleine ausreicht, den Grenzwert im Jahr 2019 einzuhalten.

### 6.1.2 Rechtliche Anforderung an die Auswahl und Bewertung von Maßnahmen

Die Fragen der rechtlichen Anforderungen an Maßnahmen zur Luftreinhaltung lehnen in erster Linie an die Berücksichtigung des Verursacherprinzips und der Wahrung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes nach § 47 Abs. 4 an. Demnach sind Emittenten hinsichtlich ihres Verursacheranteils heranzuziehen. Die Maßnahmen müssen dabei verhältnismäßig sein und den Betroffenen nicht unangemessen belasten.<sup>4</sup> Bei der Auswahl der Maßnahmen steht den Planungsbehörden ein grundsätzliches Ermessen zu.

Werden Immissionsgrenzwerte nach § 48a Abs. 1 i. V. m. § 3 Abs. 2 der 39. BImSchV überschritten, dann hat die zuständige Behörde zum Schutz der Wohnbevölkerung gem. § 47 Abs. 1 S. 1 BImSchG die Pflicht einen Luftreinhalteplan mit den erforderlichen Maßnahmen zur Luftreinhaltung aufzustellen. Als Maßnahme nach § 47 Abs. 1 BImSchG kommen in erster Linie rechtsetzende, allgemeine Verfügungen und Anordnungen mit hoheitlichem Charakter in Betracht. Diese Maßnahmen müssen objektiv geeignet sein die Grenzwerte einzuhalten. Hierzu müssen zum einen Prognosen vorliegen die den Wirkungsgrad der Maßnahme beziffern, zum anderen ist der zeitliche Horizont abzuschätzen, ab wann die Grenzwerte eingehalten werden können.<sup>5</sup> Es ist auch erforderlich, dass Maßnahmen mittels behördlicher Anordnung durchgesetzt oder aber zumindest rechtsverbindlich, auf vertraglicher Basis eingefordert werden können.<sup>6</sup> Bloße Absichtserklärungen hingegen stellen schon begrifflich keine Maßnahme im Sinne des § 47 Abs. 1 BImSchG dar und sind deshalb nicht als geeignet zu qualifizieren. Ähnliches gilt für Maßnahmen, die an aufschiebende oder auflösende Bedingungen geknüpft sind deren Eintritt unwahrscheinlich ist.<sup>7</sup>

Maßnahmen zur Luftreinhaltung müssen gem. § 47 Abs. 1 S. 3 auch geeignet sein, den Zeitraum der Grenzwertüberschreitung so kurz wie möglich zu halten. Bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen kommt es ferner darauf an, dass die Verursacher entsprechend ihres Anteils an den Umwelteinwirkungen am stärksten heranzuziehen sind, § 47 Abs. 4 S. 1 BImSchG.

Vor dem Hintergrund der Verhältnismäßigkeit besteht der Anspruch, dass die Maßnahmen gewählt werden, die den geringsten Eingriff darstellen die zur Zielerreichung erforderlich sind. Hierbei ist zu prüfen, ob durch die Ergreifung anderer Maßnahmen der gleiche Wirkungsgrad erreicht würde, der sich wiederum gleichzeitig geringer auf die Betroffenen auswirkt.

Schließlich hat eine Abwägung der einzelnen betroffenen Rechtsgüter stattzufinden. Maßnahmen der Verkehrslenkung dürfen im Ergebnis zu keinen unzumutbaren Eingriffen in die Grundrechte Dritter führen. Die Durchsetzung des Grundrechts auf körperliche Unversehrtheit nach Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG hat für betroffene Anwohner dabei jedoch höchste Priorität und kann Eingriffe in die Rechte anderer rechtfertigen.

Nachfolgend werden verschiedene Maßnahmen beschrieben und bewertet, die zu einer Senkung der Schadstoffbelastung am Theodor-Heuss-Ring beitragen können.

<sup>4</sup> Jarass BImSchG, 2017, § 47 Rn. 34-37.

<sup>5</sup> VG Sigmaringen 1 K 154/12, Rn. 49, juris; VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn. 144, juris.

<sup>6</sup> VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn.161, juris.

<sup>7</sup> VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn. 172, juris.

## 6.2 Maßnahmen zur Senkung der Hintergrundbelastung (PTV E1-E4)

### 6.2.1 Erneuerung der ÖPNV-Flotte)

#### 6.2.2 GreenCityPlan

Die Bezeichnungen PTV ... weisen auf entsprechende Systematisierung von Maßnahmen durch die PTV Group hin

### 6.2.4 Zusammenfassung/Rechtliche Bewertung (vorläufig)

Maßnahmen zur Erneuerung der ÖPNV-Flotte, die Umsetzung des GreenCityPlan's und weitere großräumig angelegte Maßnahmen können einen mittel- und langfristigen Beitrag zur Reduzierung der Hintergrundbelastung leisten und sind daher im Sinne der Luftreinhaltung zu begrüßen. Da sich eine Erneuerung der ÖPNV-Flotte jedoch aufgrund einer ausbleibenden Befahrung durch Busse nicht unmittelbar auf die stark belastete Strecke am THR auswirkt, sind die konkreten Auswirkungen auf eine Schadstoffreduzierung gering und nicht geeignet, um eine Einhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid am THR zu gewährleisten. Dies ist ebenso bei den Wirkungen des GreenCityPlan's anzunehmen. Die in diesem Kapitel dargestellten Maßnahmen sind auch von dem zeitlichen Horizont her als langfristig realisierbar einzustufen und daher nicht geeignet den Zeitraum der Grenzwertüberschreitung so kurz wie möglich zu halten.

## 6.3 Maßnahmen zur Reduzierung der Verkehrsmengen (PTV N4- N11)

### 6.3.1 Änderung der Verkehrsführung

#### 6.3.26 Zuflussdosierung

#### 6.3.3 Verkehrsverlagerung auf den ÖPNV

#### 6.3.4 Einführung City Maut

### 6.3.5 Zusammenfassung/Rechtliche Bewertung

Maßnahmen zur Lenkung und Reduzierung des Verkehrs sind erforderlich um die aktuellen und zukünftig steigenden Verkehrszahlen in Kiel bewältigen zu können. Insbesondere können Änderungen in der Verkehrsführung den THR entlasten, oder entstehende Ausweichverkehre die vom THR abfahren, weiträumiger erfassen und umlenken. Hierdurch könnte sich aus Sicht der Luftqualität auch eine Einhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid auf Ausweichstrecken erreichen lassen.

Insgesamt sind die in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen aufgrund ihres geringen Wirkungsgrads aber nicht geeignet, eine Einhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid am THR zu gewährleisten.

## 6.4 Maßnahmen zur Verhinderung direkter Immissionswirkungen durch Veränderung der Straßengeometrie

### 6.4.1 Errichtung einer durchbrochenen Immissionsschutzwand

#### 6.4.2 Beschreibung der Maßnahme Immissionsschutzwand

Als weitere Maßnahme kommt die Errichtung einer Wand auf dem Bürgersteig in Betracht, um den Bereich zwischen Trennwand und Gebäude gegen die verkehrsbedingten Immissionen abzuschirmen.

Im Rahmen einer Studie wurde der Einfluss einer Wand untersucht, die eine Höhe von 4,5 m aufweist und an zwei Stellen wegen der vorhandenen Straßeneinmündungen unterbrochen ist. Die Position der Wand ist in der Abbildung 30 skizziert. Für die Ermittlung der Strömungsfelder und der Schadstoffausbreitung kam das gleiche Modellinstrumentarium zum Einsatz wie in den übrigen Berechnungen, jedoch mit angepasster, räumlicher Auflösung. Die Berechnungen wurden exemplarisch mit den meteorologischen Daten des Zeitraumes Mai 2013 bis April 2014 durchgeführt. Da die Minderungswirkung von der Windrichtung abhängt, sind diese Ergebnisse als Anhaltswerte zu verstehen.

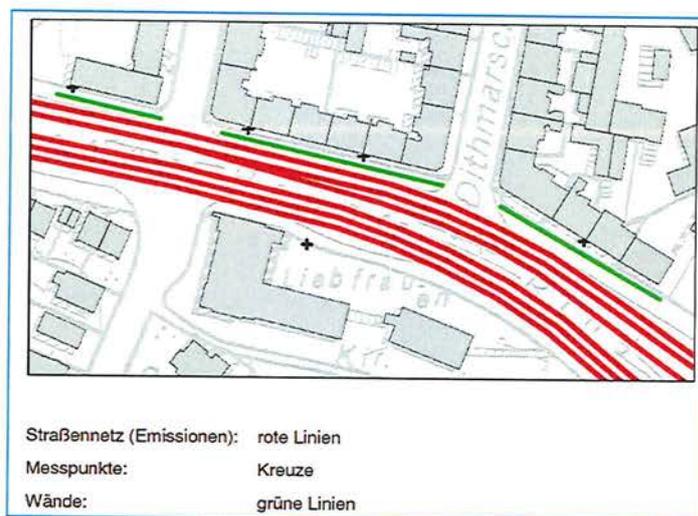


Abbildung 26: Position der Immissionsschutzwände

Durch Berechnungen mit und ohne Trennwand wurden Verhältniszahlen ermittelt, die die Minderungen quantifizieren, die durch eine solche Wand zu erwarten sind. Dabei wurden drei Bereiche entlang der Bebauung (West, Mitte, Ost) und drei Höhen (EG, OG 1, OG2) ausgewertet.

Es ergibt sich, dass die Minderungseffekte sowohl mit der Höhe als auch mit der Entfernung der Quelle (Spuren 1-12) vom Aufpunkt (berechneter Immissionsort) abnehmen.

Betrachtet man den Bereich „Bebauung Mitte“ (Standort der Luftmessstation), so erfährt die nächstgelegene Quelle (Spur 12), die den höchsten Immissionsbeitrag zum Messpunkt liefert, die stärkste Minderung (im Mittel Faktor 0,59).

Die folgende Tabelle stellt die ermittelten Minderungsfaktoren zusammen.

Straßenabschnitt	Geschoss (Schicht)	Minderungsfaktoren NOx-Zusatzbelastung mit ohne Wand (4,5 m Höhe)								
		Bebauung West			Bebauung Mitte			Bebauung Ost		
		Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Spur 1	EG (3)	0,89	0,90	0,90	0,97	1,14	1,06	0,90	0,98	0,97
	OG1 (6)	0,93	0,95	0,94	0,99	1,08	1,03	0,95	0,99	0,98
	OG2 (7)	0,97	0,99	0,98	0,99	1,03	1,01	0,98	0,99	0,99
Spur 2	EG (3)	0,87	0,88	0,88	0,97	1,13	1,06	0,89	0,99	0,96
	OG1 (6)	0,91	0,94	0,92	0,98	1,08	1,03	0,94	0,99	0,98
	OG2 (7)	0,95	0,99	0,96	0,96	1,03	1,01	0,97	1,00	0,99
Spur 3	EG (3)	0,65	0,67	0,66	0,71	0,85	0,80	0,81	0,88	0,85
	OG1 (6)	0,72	0,75	0,73	0,77	0,84	0,81	0,83	0,90	0,88
	OG2 (7)	0,79	0,82	0,80	0,81	0,83	0,82	0,84	0,92	0,89
Spur 4	EG (3)	0,67	0,74	0,70	0,94	1,15	1,05	0,88	1,01	0,97
	OG1 (6)	0,74	0,83	0,77	0,98	1,11	1,04	0,94	1,01	0,99
	OG2 (7)	0,81	0,92	0,84	0,98	1,04	1,01	0,97	1,01	1,00
Spur 5	EG (3)	0,53	0,62	0,56	0,93	1,27	1,12	0,89	1,04	0,99
	OG1 (6)	0,61	0,71	0,64	0,98	1,22	1,10	0,95	1,04	1,01
	OG2 (7)	0,71	0,83	0,74	0,98	1,09	1,04	0,99	1,04	1,02
Spur 6	EG (3)	0,52	0,61	0,55	0,93	1,27	1,12	0,89	1,04	1,00
	OG1 (6)	0,61	0,70	0,64	0,98	1,22	1,11	0,95	1,04	1,01
	OG2 (7)	0,71	0,83	0,74	0,98	1,09	1,04	0,99	1,04	1,02
Spur 7	EG (3)	0,92	0,99	0,94	0,77	0,93	0,85	0,92	0,99	0,94
	OG1 (6)	0,93	0,96	0,94	0,86	0,96	0,91	0,95	1,00	0,96
	OG2 (7)	0,95	0,98	0,96	0,91	0,98	0,95	0,97	1,00	0,98
Spur 8	EG (3)	0,93	0,99	0,95	0,73	0,91	0,84	0,90	0,99	0,92
	OG1 (6)	0,93	0,96	0,94	0,85	0,94	0,90	0,94	0,99	0,95
	OG2 (7)	0,95	0,98	0,96	0,91	0,97	0,94	0,96	0,99	0,98
Spur 9	EG (3)	0,91	0,99	0,94	0,70	0,87	0,82	0,88	0,99	0,91
	OG1 (6)	0,91	0,95	0,93	0,83	0,92	0,88	0,92	0,99	0,94
	OG2 (7)	0,93	0,97	0,95	0,90	0,96	0,93	0,95	0,99	0,97
Spur 10	EG (3)	0,92	1,04	0,94	0,62	0,81	0,76	0,84	0,97	0,87
	OG1 (6)	0,89	0,93	0,89	0,77	0,87	0,85	0,89	0,97	0,91
	OG2 (7)	0,90	0,94	0,92	0,87	0,93	0,90	0,92	0,98	0,95
Spur 11	EG (3)	0,96	1,09	0,98	0,57	0,79	0,72	0,79	0,95	0,83
	OG1 (6)	0,90	0,94	0,90	0,73	0,85	0,82	0,87	0,96	0,89
	OG2 (7)	0,90	0,94	0,91	0,84	0,92	0,88	0,90	0,96	0,93
Spur 12	EG (3)	1,10	1,20	1,12	0,45	0,75	0,59	0,73	0,93	0,77
	OG1 (6)	0,90	0,99	0,94	0,63	0,80	0,73	0,83	0,95	0,85
	OG2 (7)	0,87	0,88	0,88	0,76	0,86	0,82	0,87	0,96	0,91

Tabelle 11: Minderungsfaktoren, abhängig von Spur, Gebäudeteil, Geschoss, jeweils Mittel, Min und Max

Wegen des erheblichen Aufwandes für diese Berechnungen werden die Auswirkungen der Immissionsschutzwand in Kapitel 6.4.1.2 und 6.7.1 pauschaliert betrachtet.

#### 6.4.2.1 Auswirkungen einer Immissionsschutzwand

Die Auswirkung der Immissionsschutzwand wird vereinfacht am Beispiel des Standorts der Messstation berücksichtigt, in dem die Beiträge zur NOx-Immission der zwölf Emissionsabschnitte mit den mittleren Minderungsfaktoren aus Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. für den Bereich „Bebauung Mitte“ multipliziert und dadurch vermindert (ggf. auch erhöht) werden.

Durch die Errichtung der Immissionsschutzwand wäre im Jahr 2019 eine Minderung von etwa  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erreichen (siehe Abbildung 32) wird ggf. noch umformuliert

#### 6.4.2.2 Rechtliche Bewertung/Verhältnismäßigkeit der Maßnahme

Wird nachgeliefert, ggf. nach Vervollständigung durch Stadt Kiel, hier sollte ein Votum der Stadt Kiel eingefordert werden, ob eine Realisierung „ernsthaft“ erwogen wird. Im Übrigen ist die Stadt Kiel nicht gehindert, diese Maßnahme außerhalb des Plans in Angriff zu nehmen.

#### 6.4.3 Errichtung einer durchgängigen Immissionsschutzwand (PTV I1-I3)

#### 6.4.4 Straßenabluftfilterung über Mittelleitplanke (PTV I4)

Die immissionsschutzseitige Bewertung der Straßenabluftfilterung wird durchgeführt, wenn die Stadt Kiel zusagt, diese Maßnahme auch realisieren zu wollen und wenn die von der Stadt Kiel in Auftrag gegebene Abschätzung eine nennenswerte Minderung erwarten lässt.

### 6.5 Ausschluss von Fahrzeugen

#### 6.5.1 Darstellung der Maßnahme Fahrverbot

Nachfolgend werden die Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs untersucht, um die möglichen Verbesserungen abzuschätzen, die sich durch den Ausschluss von Fahrzeugen von der Durchfahrt des betroffenen Straßenabschnitts erreichen lassen.

Grundsätzlich denkbar ist dabei der Ausschluss unterschiedlicher Kraftfahrzeugkategorien (PKW, LNF, SNF), unterschiedlicher Emissionskonzepte (EURO 5/6 bzw. V/VI) und unterschiedlicher Fahrtrichtungen. Die Fahrtrichtung Ost-West liefert, wie im vorigen Abschnitt gezeigt, den größten Beitrag, so dass Maßnahmen hier am wirkungsvollsten sind.

Der Ausschluss von Fahrzeugen kann darüber hinaus bei entsprechender Befolgungsrate Auswirkungen auf den Verkehrsfluss haben und den positiven Effekt verstärken, wenn nicht durch andere Verlagerungseffekte eine Kompensation stattfindet.

Die Anzahl der jeweils betroffenen Fahrzeuge ergibt sich auf der Grundlage der Flottenzusammensetzung, die dem HBEFA 3.3 entnommen wird.

Unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren ergeben sich die in der folgenden Abbildung dargestellten Beiträge der Fahrzeugkategorien und Fahrtrichtungen für das Jahr 2019.

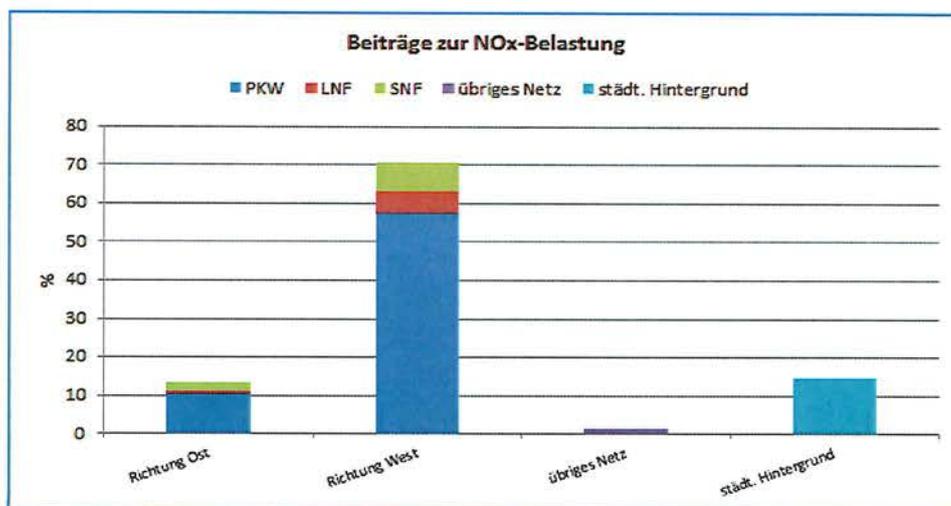


Abbildung 27: Beiträge zur NOx-Belastung am Theodor-Heuss-Ring

Den größten Einzelbeitrag liefern demzufolge die PKW in westlicher Fahrtrichtung.

Die Abbildung 24 zeigt die Emissionsfaktoren der PKW für unterschiedliche Emissionskonzepte exemplarisch für eine Hauptverkehrsstraße, eine Geschwindigkeit von 70 km/h bei einer Steigung von 2% und dichtem Verkehr. Dargestellt sind ebenfalls die jeweiligen Fahrleistungsanteile, wobei diese deutlich von dem Anteil am Fahrzeugbestand abweichen können. Im Jahr 2019 als Prognosejahr ist gemäß HBEFA 3.3 von einem Anteil der Diesel-PKW unterhalb der Stufe Euro 6 von ca. 21% auszugehen, die einen Fahrleistungsanteil von ca. 25% haben.

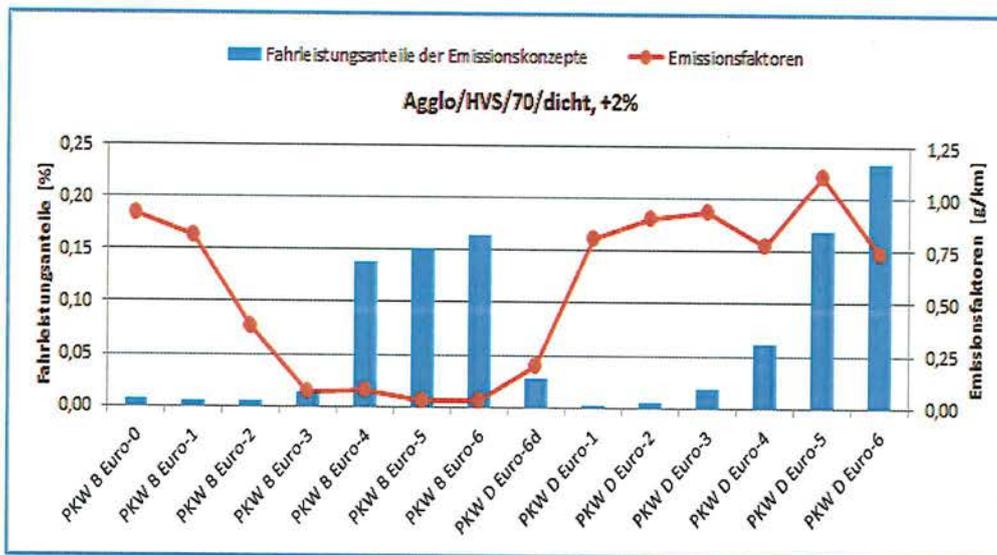


Abbildung 28: Fahrleistungsanteile der Emissionskonzepte und Emissionsfaktoren für PKW

Die Emissionen der PKW wiederum verteilen sich auf die Emissionskonzepte, wie in der folgenden Abbildung gezeigt. In Verbindung mit den zugeordneten Emissionsfaktoren tragen die Diesel-PKW (je nach Verkehrsbedingungen) unterhalb der Stufe EURO 6 in einer Größenordnung von 55 % zu den PKW-Emissionen bei.

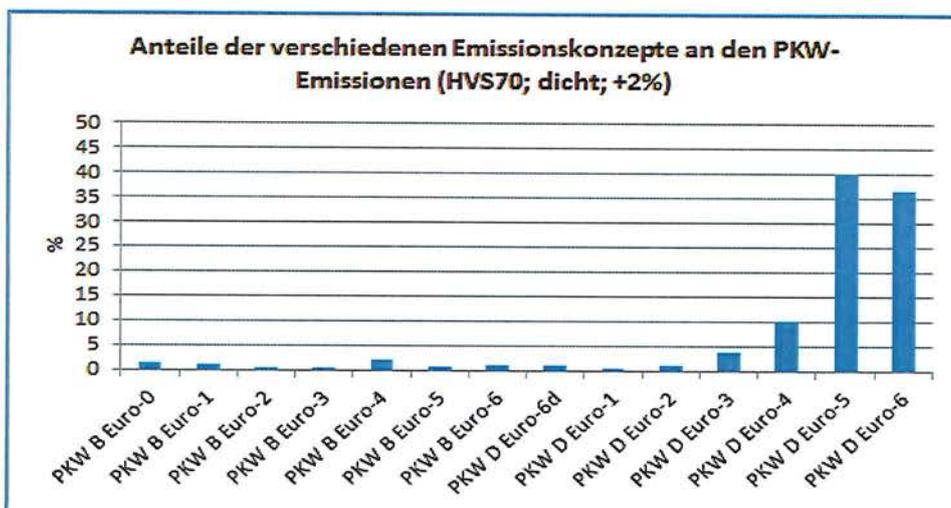


Abbildung 29: Anteile der Emissionskonzepte an den PKW-Emissionen

Die Anzahl der Diesel-Fahrzeuge unterhalb der Kategorie Euro 6, die in Richtung Westen fahren und ausgeschlossen werden könnten, zeigt die folgende Darstellung.

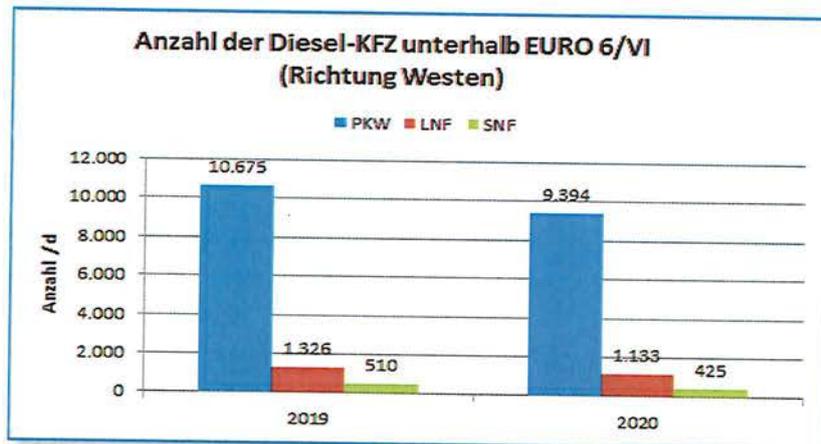
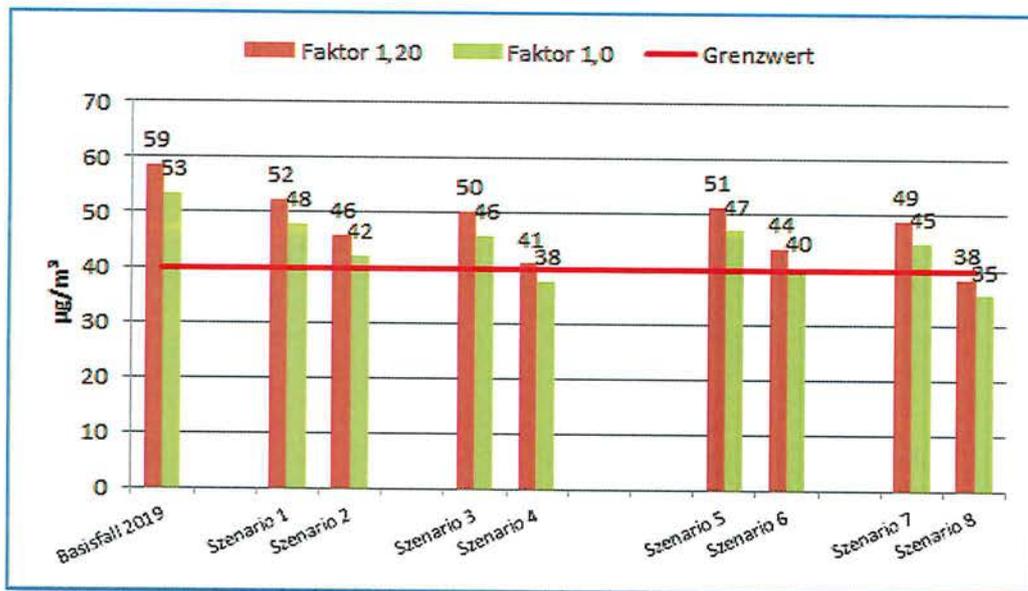


Abbildung 30: Anzahl der Diesel-Fahrzeuge EURO 1 – 5 am Theodor-Heuss-Ring, Fahrtrichtung Westen

#### 6.5.2 Auswirkung des Ausschlusses von Fahrzeugen auf den THR

Für das Jahr 2019 wurde zunächst der Basisfall ohne Maßnahmen zu Grunde gelegt. Dieser berücksichtigt lediglich die Flottenerneuerung gemäß HBEFA 3.3, also den ständig stattfindenden Ersatz alter durch neue Fahrzeuge. Im Vergleich wird der Ausschluss von Diesel-PKW unterhalb der Stufe Euro 6 sowie aller Fahrzeuge unterhalb Euro 6/VI betrachtet. Dies erfolgt jeweils für die Fahrtrichtung West und für beide Fahrtrichtungen sowie für Befolgungsraten von 50 und 100%. Die Ergebnisse sind, zum Vergleich mit und ohne Kalibrierfaktor berechnet, nachfolgend dargestellt.

Beispielhaft ergibt sich für das Szenario 2 (alle Diesel-PKW unter Euro 6 werden in Fahrtrichtung Westen ausgeschlossen, die Befolgungsrate liegt bei 100%) ein berechneter Wert von etwa  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Stickstoffdioxid als Jahresmittelwert. Wegen des geringeren Beitrages der Gegenrichtung zu den Immissionen bewirkt ein Ausschluss in beiden Richtungen (Szenario 6) mit  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nur unwesentlich mehr.



- Szenario 1: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgsrate 50%
- Szenario 2: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgsrate 100%
- Szenario 3: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgsrate 50%
- Szenario 4: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgsrate 100%
- Szenario 5: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, beide Fahrtrichtungen, Befolgsrate 50%
- Szenario 6: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, beide Fahrtrichtungen, Befolgsrate 100%
- Szenario 7: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, beide Fahrtrichtungen, Befolgsrate 50%
- Szenario 8: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, beide Fahrtrichtungen, Befolgsrate 100%

Abbildung 31: Basisfall 2019 und Auswirkung des Ausschlusses von Fahrzeugen, untersuchte Szenarien

### 6.5.3 Auswirkung auf die Umleitungsstrecken

Im Rahmen der Prüfung einzelner Maßnahmen ist ebenfalls die Wirkung auf andere Straßen zu prüfen. Ein Ausschluss von Fahrzeugen von der Durchfahrt durch das betroffene Teilstück des Theodor-Heuss-Rings würde ohne Berücksichtigung weiterer Verlagerungseffekte zu einer zusätzlichen Belastung des Straßenzuges Alte Lübecker Chaussee und Hamburger Chaussee führen.

Dabei ist zu beachten, dass eine gezielte Umleitung z.B. von Diesel-KFZ älterer Bauart in allen betroffenen Straßenabschnitten nicht nur die Gesamtzahl der Fahrzeuge und die Verkehrsmodi (flüssig, dicht, gesättigt, stop&go) ändert, sondern auch die Flottenzusammensetzung. Am Theodor-Heuss-Ring würden neuere, auf den Umleitungsstrecken mehr ältere Fahrzeuge fahren.

In Stufen von zusätzlich + 3000, +6000, +9000, +12000 Diesel-PKW wurden die Flottenzusammensetzungen in der Alten Lübecker Chaussee und in der Hamburger Chaussee neu bestimmt, wobei jedoch die eigentlich bestehende, aber gegenüber der Änderung der Flottenzusammensetzung eher geringfügige Abhängigkeit vom Fahrmodus und der Steigung vernachlässigt wurde. Aufgrund der allgemeinen Unsicherheit erscheint dies gerechtfertigt.

### 6.5.3.1 Alte Lübecker Chaussee

Als Ausgangszustand für die Alte Lübecker Chaussee werden nach Angaben der Stadt Kiel folgende Verkehrszahlen angesetzt:

Alte Lübecker Chaussee	Fahrtrichtung	
	West - Ost	Ost - West
PKW	5.446	5.446
LNF	286	286
SNF	442	442
DTV	6.175	6.175

Tabelle 12: Verkehrszahlen in der Alten Lübecker Chaussee (Quelle: Stadt Kiel)

Änderung in den anzusetzenden Verkehrszahlen aufgrund der Untersuchungen der Stadt Kiel möglich

Die nachfolgende Abbildung zeigt die resultierenden NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der am höchsten belasteten Zelle der Modellierung für den Ausgangszustand ohne Umleitung von Diesel-PKW (0), sowie für zusätzliche aus dem Theodor-Heuss-Ring ausgeschlossene Diesel-PKW in Stufen von je 3000. Analog zur Vorgehensweise am Theodor-Heuss-Ring wird zusätzlich die Berechnung mit Kalibrierfaktor dargestellt.

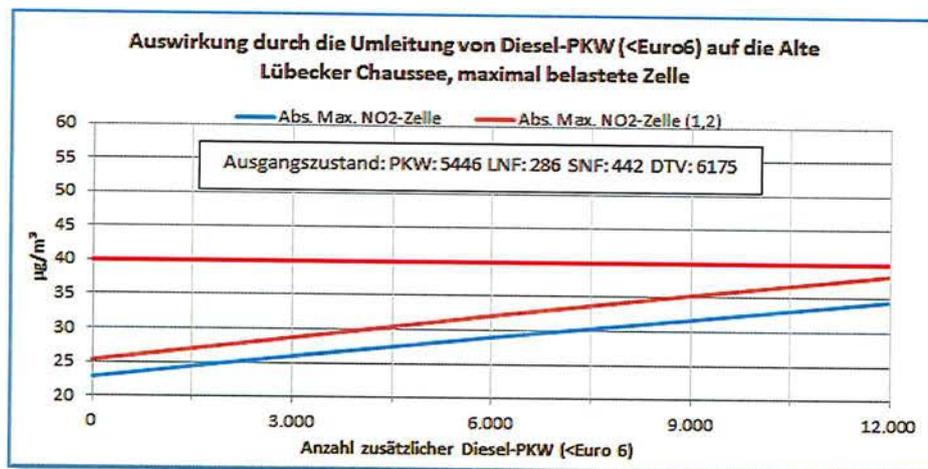


Abbildung 32: Berechnete Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in der Alten Lübecker Chaussee in Abhängigkeit von der Anzahl zusätzlicher umgeleiteter Diesel-PKW

### 6.5.3.2 Hamburger Chaussee

Für die Hamburger Chaussee werden nach Angaben der Stadt Kiel folgende Verkehrszahlen als Ausgangspunkt verwendet:

Hamburger Chaussee	Fahrtrichtung	
	West - Ost	Ost - West
PKW	4.270	4.270
LNF	224	224
SNF	356	356
DTV	4.851	4.851

Tabelle 13: Verkehrszahlen in der Hamburger Chaussee (Quelle: Stadt Kiel)

Änderung in den anzusetzenden Verkehrszahlen aufgrund der Untersuchungen der Stadt Kiel möglich

Wie für die Alte Lübecker Chaussee wird das Ergebnis für die Hamburger Chaussee nachfolgend dargestellt:

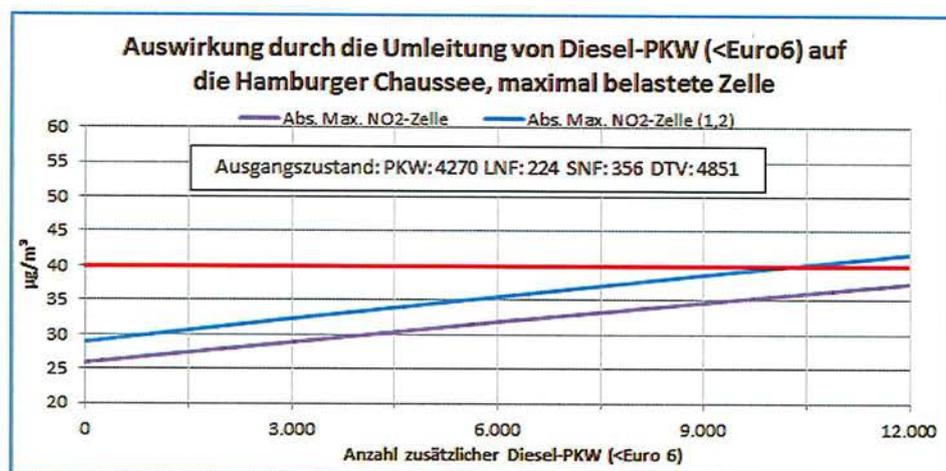


Abbildung 33: Berechnete Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid in der Hamburger Chaussee in Abhängigkeit von der Anzahl zusätzlicher umgeleiteter Diesel-PKW

### 6.5.3.3 Detaillierte Analyse der Verkehrsströme (Netzspinne); Alternativen (PTV- N3)

Realistische Abschätzungen, wie sich die Verkehrsströme entwickeln nach einem Verkehrsverbot sind durch die Gutachten der Stadt Kiel zu erwarten und dann hier einzufügen.

### 6.5.4 Rechtliche Bewertung/Verhältnismäßigkeit der Maßnahme

Der Ausschluss von Fahrzeugen stellt vor dem Hintergrund, dass verschiedene Szenarien zu einer Einhaltung der Stickstoffdioxid Grenzwerte führen und diese innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu realisieren sind, eine geeignete Maßnahme nach § 47 Abs. 1 BImSchG dar.

Die rechtlichen Voraussetzungen zur straßenverkehrsrechtlichen Bekanntgabe von Fahrverboten sind nach den Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG 7 C 26.16 und BVerwG 7 C 30.17) gegeben. Zwar besteht nach Aussage des BVerwG derzeit keine bundesrechtliche Regelung

zur Ausweisung von streckenbezogenen Verkehrsverboten für Dieselfahrzeuge, da die an das Emissionsverhalten der Fahrzeuge knüpfenden Plakettenregelung der 35. BImSchV keine Regelung zur Einschränkung für Dieselfahrzeuge vorsieht. In diesem Fall bleibt das nationale Recht jedoch unangewendet, weil es dem europäischen Recht an dieser Stelle entgegensteht.<sup>8</sup>

Im Ergebnis ist daher eine Bekanntgabe von Fahrverboten über die straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften der Straßenverkehrsordnung (StVO) möglich.<sup>9</sup> Hierzu sind an den Einfahrtsbereichen die entsprechenden Kennzeichnungen mittels Straßenverkehrsschilder durch die zuständige Straßenverkehrsbehörde aufzustellen. Unter Beachtung der bisher hierzu ergangenen Rechtsprechung können die Kennzeichen Nr. 251 der Anlage 2 zu § 41 Abs. 1 StVO, sowie ein individuell zu schaffendes Zusatzkennzeichen verwendet werden.<sup>10</sup> Das Zusatzzeichen ist dabei so zu gestalten, dass die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs gewährleistet bleibt und der Adressatenkreis der Regelung klar erkennbar ist. Ein Zusatzschild mit der Aufschrift „DIESEL bis EURO 5“ erfüllt dieses Kriterium. Eine geeignete Überwachung des Verkehrs ist zu gewährleisten.

Gemäß §§ 47 Abs. 4 S. 1 i.Vm. 44 Abs.2 BImSchG sind die Maßnahmen zur Luftreinhaltung entsprechend des Verursacheranteils gegen alle Emittenten zu richten. Das Verursacherprinzip folgt dabei dem Grundsatz, dass dem Verursacher von Umwelteinwirkungen in erster Linie die damit einhergehenden Kosten aufzulegen sind bzw. der Verursacher durch entsprechend einschränkende Maßnahmen am stärksten zu belasten sei. Das Verkehrsverbot verstößt nicht gegen die Emittentenauswahl des § 47 Abs. 4 S. 1 BImSchG, da ausschließlich der ursächliche Straßenverkehr selbst betroffen ist und innerhalb dieses Emittentenkreises wiederum die Nutzer der PKW bis Euro 6, mit den hauptsächlich verursachenden Schadstoffgruppen.

Wie in der Abb. (26) X dargestellt, wird der weit überwiegende Anteil der Immissionen durch Diesel-PKW in Fahrtrichtung Westen hervorgerufen. Unter Berücksichtigung der Flottenzusammensetzung, der Fahrleistungsanteile und der Emissionsfaktoren (Abb. (28) X) sind Maßnahmen die sich gegen die Nutzung der Dieselfahrzeuge in den Stufen EURO 4 und 5 richten, vor dem Hintergrund des Verursacherprinzips geboten.

Bei Betrachtung der Szenarien 1 bis 8 Abb. 31X wird deutlich, dass sich die Szenarien:

Szenario 2 (Ausschluss von Diesel-PKW unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, 42 µg/m<sup>3</sup>), Szenario 4 (Ausschluss aller Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, 38 µg/m<sup>3</sup>), Szenario 6 (Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, 40 µg/m<sup>3</sup>) und Szenario 8 (Ausschluss Alle Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, 35 µg/m<sup>3</sup>)

als grundsätzlich geeignete Maßnahme zur Senkung der Stickstoffdioxid Werte herausstellen. Im Einzelnen steht dem jedoch entgegen, dass bei der Ergreifung von Maßnahmen die sich auf beide Fahrtrichtungen beziehen, (Szenario 6, 8) mit dem Ausschluss von ca. 24.000 Fahrzeugen pro Tag, eine doppelte Menge an Ausweichverkehren erzeugt würde als bei vergleichbaren Maßnahmen, die sich auf die Sperrung von lediglich einer Fahrtrichtung beziehen. Diese Ausweichverkehre würden in Summe zu einer verkehrlichen Überlastung [nähere Ausführungen der Stadt Kiel erforderlich...] und nach ersten Prognosen, zu einer Überschreitung der Grenzwerte an den geplanten Ausweichstrecken in der Alten Lübecker Chaussee und der Hamburger Chaussee führen.<sup>11</sup> Ähnlich verhält es sich beim Szenario 4. Zwar ist die Anzahl der vom Verkehrsverbot betroffenen Fahrzeuge geringer [...], aber auch hier ist mit Grenzwertüberschreitungen auf den Ausweichstrecken zu rechnen. Sie sind daher als Maßnahme zur Luftreinhaltung nicht geeignet.<sup>12</sup> Ergänzend kommt hinzu, dass bei den Szenarien 4 und 8 eine Senkung der Stickstoffdioxid Werte teilweise weit über die nach § 3 Abs. 2 der 39. BImSchV geforderten Grenzwerte hinaus erfolgen würde. Ein derart starker Eingriff ist vor diesem Hintergrund nicht erforderlich.

<sup>8</sup> Verweis/Ergänzung Urteilsbegründung BVerwG XX.

<sup>9</sup> VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn. 269, juris.

<sup>10</sup> VG Düsseldorf 3 K 7695/15 Rn. 49, juris; VG Stuttgart 13 K 5412/15 Rn. 261, juris.

<sup>11</sup> Siehe Abb. 33X, 34X.

<sup>12</sup> OVG Lüneburg, 7 ME 110/17, Rn. 7, juris, VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn.296, juris.

Unter der Annahme des Szenario 2. ist ein Verkehrsverbot für Diesel-PKW der Stufen EURO 4 bis 5 geeignet und erforderlich um kurzfristig eine relevante Annäherung an die Grenzwerte herbeizuführen. Das Szenario 2 wird im Folgenden als Maßnahme eines Verkehrsverbots am THR geführt.<sup>13</sup>

Ein Fahrverbot auf dem betroffenen Streckenabschnitt am THR für Diesel-PKW bis Euro 6 stellt den geringsten Eingriff für die Verursacher dar. Von ihrem Wirkungsgrad her sind gleichwertige Maßnahmen nicht ersichtlich. Insbesondere, da die vorgebrachten Konzepte im Bereich Hintergrundbelastung und Reduzierung der Verkehrsmengen zur Verringerung der Schadstoffbelastung keine gesicherte Prognose zur Zielerreichung zulassen. Eine Verdrängung kurzfristiger Maßnahmen zugunsten langfristiger Maßnahmen kommt auch vor dem Hintergrund einer geringeren Belastung für die Adressaten der Maßnahmen, nicht in Betracht.<sup>14</sup> Die Maßnahme stellt auch den geringsten Eingriff für den Anspruch an die Verkehrslenkung auf der Ausweichstrecke dar. Indem lediglich ausgewählte PKW erfasst werden, kann der Verkehr im Bereich Barkauer Kreuz- Rondel leichter abfließen, als wenn zusätzlich LKW umzuleiten wären.

Die Anordnung eines Verkehrsverbots am THR für Diesel-PKW bis Euro 6, Richtung Westen ist auch angemessen. Ziel der Maßnahme ist es die Wohnbevölkerung am THR<sup>15</sup> dauerhaft vor Luftschadstoffen zu schützen, indem die in § 3 Abs. 2 der 39. BImSchV festgelegten Grenzwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> für Stickstoffdioxid dauerhaft zum Schutz der menschlichen Gesundheit (Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG) eingehalten werden. Diesem Ziel stehen die negativen Auswirkungen des Verkehrsverbots in Form von Einschränkungen der Handlungsfreiheit (Art. 2 Abs. 1 GG) und dem Eigentum (Art. 14 Abs. 1 S. 1 GG) für die Verkehrsteilnehmer gegenüber. Im Ergebnis ist der Schutz der Anwohner höher zu gewichten als diese Einschränkungen, da im Bereich des THR lediglich eine kleinräumige Umleitung von ca. 600m durch die Betroffene Fahrzeugführer in Kauf zu nehmen sind. Diese Schlussfolgerung greift auch vor dem Hintergrund, dass die Rechtsgüter der individuellen Emittenten zu berücksichtigen sind.<sup>16</sup> Ein grundsätzliches Recht, alle Straßen zu jeder Zeit befahren zu können gibt es nicht. Straßen können aus Gründen der Sicherheit und Ordnung oder zum Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen, § 45 Abs. 1 Nr. 3 StVO, beschränkt werden.

Selbst unterstellt eine Angemessenheit der Maßnahme orientiere sich an einer Gesamtzahl der Betroffenen. Der Kreis der betroffenen Fahrzeugnutzer in Kiel ist mit ca. 25 – 30 % einzuschätzen.<sup>17</sup> Ein Betroffenheitsgrad von ca. 20 % der Verkehrsteilnehmer eines Ballungsgebiets wurde nach bisheriger Rechtsprechung in Bezug auf eine Umweltzone als verhältnismäßig erachtet.<sup>18</sup> Auf dem THR sind keine Park- und Haltemöglichkeiten gegeben. Insofern erscheint nicht unverhältnismäßig, wenn 25 – 30 % der Fahrzeugnutzer einen Umweg in Kauf nehmen müssten. Auch für die Anwohner ergibt sich daher keine unzumutbare Einschränkung.

Wie bereits in Abb. 33X, 34X dargestellt, werden durch Verkehrsverlagerungen auf die Ausweichstrecke „Alte Lübecker Chaussee- Hamburger Chaussee“ keine Grenzwertüberschreitungen erwartet. Es werden keine neuen Immissionsorte im Sinne der Luftreinhaltung nach § 47 Abs. 1 BImSchG geschaffen.

Im Hinblick auf den derzeit gültigen „Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Kiel- Fortschreibung“<sup>19</sup> ergeben sich keine Abstimmungserfordernisse zur aktuellen Luftreinhalteplanung. Zwar wurde die geplante Ausweichstrecke als Lärmschwerpunkt identifiziert und Geschwindigkeitsreduzierungen als Maßnahme zur Lärminderung geprüft, entsprechende planerische Festlegungen erfolgten jedoch nicht.<sup>20</sup> Wegen der zu erwartenden verkehrlichen Rückverlagerungen von Fahrzeugen, die nicht durch

<sup>13</sup> Siehe Kap. 6.7 Kombiniertes Maßnahmenpaket.

<sup>14</sup> VG Sigmaringen 1 K 154/12, Rn. 59, juris.

<sup>15</sup> Siehe Kap. 5.4 „Schätzung der betroffenen Wohnbevölkerung“ S. X.

<sup>16</sup> VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn. 341, juris.

<sup>17</sup> Wie kommen wir nochmal darauf?? X

<sup>18</sup> VG Stuttgart 13 K 5412/15, Rn. 341, juris.

<sup>19</sup> Lärmaktionsplan 2013 der Landeshauptstadt Kiel gem. § 47d Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 18.09.2014, Rats-Drucksache 0657/2014, Änderungsantrag Rats- Drucksache 0887/2014.

<sup>20</sup> Änderungsantrag Rats-Drucksache 0887/2014.

das Fahrverbot betroffen sind, wird das Verkehrsaufkommen am THR neutral sein. Mit einer erhöhten Lärmbelastung ist nicht zu rechnen.<sup>21</sup>

Ein Fahrverbot am THR ist in der Gesamtschau verhältnismäßig. Einer Entscheidung, inwiefern das Fahrverbot zeitlich gestaffelt und nach Abgasnorm differenziert einzuführen ist, bleibt dem abschließenden Vortrag des BVerwG vorenthalten.

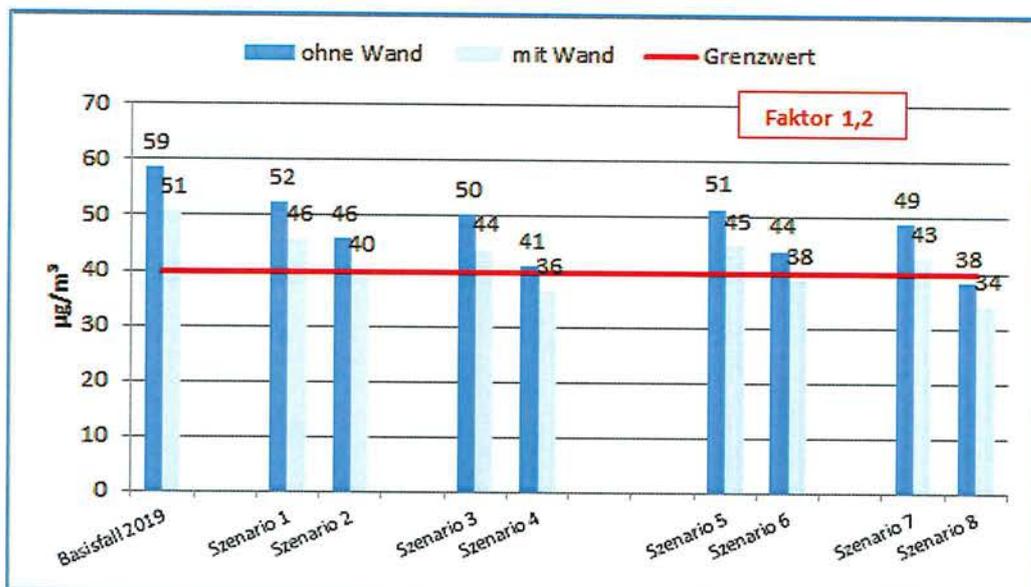
Ggf. wird die Stadt Kiel weitere Argumente vortragen, die aus ihrer Sicht in die Verhältnismäßigkeitsprüfung einzustellen sind.

## 6.6 Kombiniertes Maßnahmenpaket

### 6.6.1 Auswirkung einer durchbrochenen Immissionsschutzwand in Verbindung mit Fahrverboten

Die Auswirkung der Immissionsschutzwand wird vereinfacht am Beispiel des Standorts der Messstation berücksichtigt, in dem die Beiträge zur NO<sub>x</sub>-Immission der zwölf Emissionsabschnitte mit den mittleren Minderungsfaktoren aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für den Bereich „Bebauung Mitte“ multipliziert und dadurch vermindert (ggf. auch erhöht) werden.

Die Ergebnisse des Abschnittes zu der Wirkung von Fahrverboten werden dadurch so modifiziert, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.



- Szenario 1: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgungsrate 50%
- Szenario 2: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgungsrate 100%
- Szenario 3: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgungsrate 50%
- Szenario 4: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, Fahrtrichtung West, Befolgungsrate 100%
- Szenario 5: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, Befolgungsrate 50%
- Szenario 6: Ausschluss Diesel-PKW unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, Befolgungsrate 100%
- Szenario 7: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, Befolgungsrate 50%
- Szenario 8: Ausschluss Alle-Diesel-KFZ unterhalb Euro 6, beide Fahrrichtungen, Befolgungsrate 100%

Abbildung 34: Basisfall 2019 und Auswirkung des Ausschlusses von Fahrzeugen ohne und mit Immissionsschutzwand, untersuchte Szenarien

<sup>21</sup> Siehe Kap. 6.4.3 „Auswirkungen auf die Umleitstrecke.“

Für das Szenario 2 (alle Diesel-PKW unter Euro 6 werden in Fahrtrichtung Westen ausgeschlossen, die Befolgsrate liegt bei 100%) resultiert mit Immissionsschutzwand ein Wert von ca. 40 µg/m<sup>3</sup>, also eine weitere Minderung von ca. 6 µg/m<sup>3</sup>.

## 6.7 Zusammenfassung

Grundsätzlich erscheint es möglich, den Grenzwert für Stickstoffdioxid am Theodor-Heuss-Ring im Bereich um den Krusenrotter Weg in Kiel von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Außenluft im Jahr 2019 mit folgenden Maßnahmen einzuhalten:

- Ausschluss von etwa 12.000 Diesel-PKW der Stufen EURO 1 bis 5 in Fahrtrichtung Westen und
- Installation einer Immissionsschutzwand auf der Nordseite des Theodor-Heuss-Ring im Bereich des Krusenrotter Wegs

Diese Maßnahme wird nach derzeitigem Erkenntnisstand auf der in Frage kommenden Umleitungsstrecke durch die Alte Lübecker Chaussee und die Hamburger Chaussee nicht zu Grenzwertüberschreitungen führen. Mit der Umleitung möglicherweise einhergehende Verlagerungseffekte können zurzeit nicht beurteilt werden.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sind insbesondere im Bereich um den als Grenzwert festgelegten Konzentrationswert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter, der ein Entscheidungskriterium für Maßnahmen darstellt, die beschriebenen Unsicherheiten unbedingt zu beachten. Diese bestehen bei sämtlichen, in diese Berechnungen eingehenden Parametern.

Rechtliche Gesamtwürdigung erfolgt nach Rückäußerung der Stadt Kiel

Und nach abschließender Auswertung der Urteilsbegründungen des BVerwG