

| | | |
|---|--|------------------------------|
| Stadt Reutlingen Dezernat IV Gz.: IV-6-Zi | 20/021/02 zu TOP 2 ö BVUA 04.02.2020 | 30.01.2020 |
| Beratungsfolge | Datum | Behandlungszweck/-art |
| BVUA | 04.02.2020 | Kenntnisnahme öffentlich |

Mitteilungsvorlage

Luftreinhalteplan – Sachstand – Ergebnisse des Ingenieurbüros Lohmeyer

Bezugsdrucksache

19/021/03, 19/021/04, 19/021/05, 19/021/09, 19/021/10

Kurzfassung

Das Ingenieurbüro Lohmeyer wurde von der Stadtverwaltung beauftragt, ausgehend von den NO₂-Immissionen im Jahr 2019, eine Prognose der NO₂-Immissionen in der Lederstraße im Jahr 2020 bei einer Umsetzung des vom Gemeinderat beschlossenen Maßnahmenpakets zu erstellen. Laut des Gutachtens des Ingenieurbüros Lohmeyer wird bei einer Umsetzung des Maßnahmenpakets der NO₂-Jahresgrenzwert im Jahr 2020 eingehalten.

Sachverhalt

NO₂-Immissionen in Reutlingen

In Reutlingen ist ein Teil der Lederstraße zwischen Oskar-Kalbfell-Platz und Lindachknoten aufgrund der Verkehrsbelastung, der dicht an den Straßenrand heranrückenden geschlossenen Randbebauung und der lokalen Windverhältnisse der Straßenabschnitt mit der höchsten NO₂-Belastung.

Aus diesem Grund ist an diesem Straßenabschnitt die verkehrsnaher Luftmessstation Lederstraße-Ost positioniert. Durch diese Luftmessstation werden, wie es die Richtlinie 2008/50/EG und die 39. BImSchV verlangen, Daten über Bereiche erfasst, in denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung über einen Zeitraum ausgesetzt ist, der im Vergleich zum Mittelungszeitraum des Immissionsgrenzwertes signifikant ist. Die städtische Hintergrundbelastung wird durch die nahe der Alteburgstraße in der Pomologie positionierte Luftmessstation Reutlingen gemessen. Im Auftrag der Stadt Reutlingen werden die NO₂-Immissionen im Stadtgebiet außerdem ergänzend durch Messungen mit Passivsammlern erfasst.

Der NO₂-Jahresmittelwert entlang des in Reutlingen höchstbelasteten Straßenabschnitts konnte am Standort der Luftmessstation Lederstraße-Ost in den vergangenen zehn Jahren von 91 µg/m³ im Jahr 2009 über 88 µg/m³ im Jahr 2010 auf 60 µg/m³ im Jahr 2017, 53 µg/m³ im Jahr 2018 und 46 µg/m³ im Jahr 2019 gesenkt werden. Die NO₂-Immissionen lagen damit im Jahr 2019 noch über dem Jahresgrenzwert in Höhe von 40 µg/m³.

Luftreinhalteplanung

Aktuell gilt für Reutlingen der Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Tübingen, Teilplan Stadt Reutlingen mit Eningen unter Achalm, in seiner 4. Fortschreibung, die im März 2018 in Kraft getreten ist. Die Maßnahmen der 4. Fortschreibung des Luftreinhalteplans werden durch die Stadt Reutlingen kontinuierlich umgesetzt. Außerdem werden durch die Stadt

Reutlingen oder in ihrem Auftrag, ergänzend zu den in der 4. Fortschreibung berücksichtigten Maßnahmen, zusätzlich weitere Luftreinhaltemaßnahmen durchgeführt.

Dank der Fördermittel aus dem „Sofortprogramm Saubere Luft 2017 - 2020“ des Bundes, der durch das Programm „Modellstädte Nachhaltige Mobilität“ des Bundes geförderten modellhaften Umsetzung und Evaluierung von Luftreinhaltemaßnahmen, einer Vielzahl weiterer Förderprogramme des Landes und des Bundes und nicht zuletzt der Finanzierbereitschaft des Gemeinderates der Stadt Reutlingen konnten in den vergangenen Jahren eine Vielzahl an Luftreinhaltemaßnahmen umgesetzt werden. Auch in Zukunft wird die Stadt Reutlingen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, zur schnellstmöglichen Einhaltung des NO₂-Jahresgrenzwerts, zur Förderung der Attraktivität von Alternativen zur Fahrt mit dem eigenen Pkw und zur Schaffung einer umweltfreundlichen, nachhaltigen, bezahlbaren Mobilität für alle umsetzen.

Verkehrsvermeidung

Die Stadt Reutlingen unternimmt große Anstrengungen zur Förderung der Attraktivität des Umweltverbunds, also des ÖPNV, des Rad- und des Fußverkehrs, um den Anteil der mit dem eigenen Pkw zurückgelegten Wege am Modal Split zu reduzieren.

Unnötige und unnötig lange Wege werden durch die Schaffung einer Stadt der kurzen Wege mit Wegen und Plätzen mit hoher Aufenthaltsqualität und fußläufig erreichbaren Einrichtungen zur Deckung des täglichen Bedarfs und einer Durchmischung von Wohnen und Arbeiten in den Stadtquartieren vermieden.

Der Radverkehr wird durch die Umsetzung des „Masterplan Radverkehr – ebike city Reutlingen“, den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur, die kostenlose Fahrradmitnahme im Reutlinger Stadtbusnetz und Marketingmaßnahmen gefördert. Der Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur umfasst unter anderem die Schaffung von Fahrradstraßen, die Markierung von Schutzstreifen und Radfahrstreifen, die Installation gesonderter Ampeln für Radfahrende sowie den Bau von Ladestationen für E-Bikes und Pedelecs und von Fahrradabstellanlagen. Als ein Beispiel sei hier – vorbehaltlich des Beschlusses durch den Gemeinderat – der Bau eines Fahrradparkhauses am Hauptbahnhof genannt. Die Verknüpfung der Stadt Reutlingen mit den Nachbarkommunen über attraktive Radverkehrsverbindungen soll durch den Bau von Radschnellwegen verbessert werden.

Dank der Förderung durch den Bund über das Programm „Modellstädte Nachhaltige Mobilität“ („Lead City-Programm“) in Höhe von 14,5 Mio. Euro konnten in Reutlingen am 01.01.2019 die Preise von ÖPNV-Tickets mit der Einführung des Umwelt-Ticket-Pakets reduziert, die zentrale Nahverkehrsachse und rund 100 zusätzliche Haltestellen gebaut und am 09.09.2019 das neue Stadtbusnetz mit Taktverdichtung und zehn neuen Buslinien, darunter auch Quartiersbuslinien, in Betrieb genommen werden.

Mit der Einführung des Umwelt-Ticket-Pakets wurden die Preise des persönlichen Jahres-Abos von 524,40 Euro um 30 % auf 365,00 Euro pro Jahr, des persönlichen 9-Uhr-Jahres-Abos von 35,80 Euro um 16 % auf 30,00 Euro pro Monat, des Tagestickets Erwachsene von 4,40 Euro um 20 % auf 3,50 Euro und des Tagestickets Kinder von 3,60 Euro um 31 % auf 2,50 Euro gesenkt. Parallel wurde der Preis der Schülermonatskarte von 43,30 Euro um 31 % auf 30,00 Euro reduziert.

Für das neue Stadtbusnetz wurden eine zentrale Nahverkehrsachse und rund 100 Haltestellen neu gebaut. Mit der Inbetriebnahme des neuen Stadtbusnetzes wurde durch Taktverdichtungen, die Einrichtung neuer Buslinien, darunter erstmalig auch Quartiersbuslinien und Tangentiallinien, und die Ersetzung des Rendezvous-Prinzips durch die zentrale Nahverkehrsachse ein deutlich attraktiveres ÖPNV-Angebot für die Stadt

Reutlingen und die umliegenden durch das Reutlinger Stadtbusnetz erschlossenen Kommunen geschaffen.

Zur Förderung der Multimodalität, also der Zurücklegung von Wegen unter Nutzung verschiedener Verkehrsmittel, werden Interessierte in der am 02.09.2019 in Betrieb genommenen zentral gelegenen neuen Mobilitätszentrale von der RSV und einem CarSharing-Anbieter beraten. Die Stadt Reutlingen und weitere Arbeitgeber fördern außerdem im Rahmen ihres betrieblichen Mobilitätsmanagements durch Sensibilisierung und finanzielle Anreize umweltfreundliches Mobilitätsverhalten ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Perspektivisch wird der ÖPNV in Reutlingen und Umgebung durch den Bau der Regionalstadtbahn Neckar-Alb, deren erstes Modul Ende des Jahres 2022 in Betrieb gehen wird, nochmals attraktiver werden.

Verkehrslenkung und Verkehrsverstetigung

Die Inbetriebnahme des Scheibengipfeltunnels am 28.10.2017 ermöglichte verkehrslenkende Maßnahmen zur Verlagerung von Verkehr weg von Straßenabschnitten mit hohen Verkehrs- und Immissionsbelastungen im Kernstadtbereich in den Tunnel. Zu diesen Maßnahmen gehören unter anderem ein Lkw-Durchfahrtsverbot, Senkungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten, veränderte Ampelschaltungen und die Umwandlung von zuvor für alle Arten von Kfz freigegebenen Straßenabschnitten in eine Busspur bzw. einen Radweg. Mit der Reduzierung der Verkehrsmenge, der Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der Optimierung von Ampelschaltungen gelang es außerdem den Verkehr in der Lederstraße zu verstetigen.

Einsatz emissionsarmer Kfz

Die Stadt Reutlingen und stadt-eigene Betriebe treiben die Erneuerung ihrer Fahrzeugflotte durch die Beschaffung emissionsarmer Kfz und die Beschaffung von Elektrofahrzeugen voran. Die Senkung der Emissionen städtischer Fahrzeuge durch Hardwarenachrüstungen ist in Vorbereitung. Vom Bund wurden der Stadt Reutlingen bzw. der Reutlinger Stadtverkehrsgesellschaft (RSV) am 18.12.2019 Fördermittel in Höhe von bis zu 6 Mio. Euro für die Beschaffung von Elektrobussen zugesagt. Mit diesen und anderen Fördermitteln werden zusätzlich zu den vier bereits 2019 gelieferten Elektrobussen bis 2023 voraussichtlich 28 weitere Elektrobusse beschafft.

Die Ersetzung privater Kfz mit Verbrennungsmotor durch Elektroautos wird außerdem durch den Ausbau eines dichten Netzes leistungsfähiger öffentlicher bzw. öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur gefördert.

Zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen

Verkehrswende und Änderungen im individuellen Mobilitätsverhalten benötigen Zeit. Maßnahmen wie die Einführung des Umwelt-Ticket-Pakets und die Inbetriebnahme des neuen Stadtbusnetzes werden ihre volle Wirksamkeit erst nach und nach entfalten.

Um die Einhaltung des NO₂-Jahresgrenzwertes im Jahr 2020 sicherzustellen, wurde darum vom Gemeinderat der Stadt Reutlingen ein Paket zusätzlicher Luftreinhaltemaßnahmen beschlossen. Dieses Paket umfasst

- die Aufbringung photokatalytisch wirksamer Anstriche an den Fassaden der Gebäude Lederstraße 84, 86 und 88,

- temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierungen,
- die technische Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots und
- die Versetzung eines Lärmschutzbauwerks zur Verbesserung der Durchlüftung in der Lederstraße.

Photokatalytisch wirksame Fassadenanstriche

Die Aufbringung photokatalytisch wirksamer Anstriche an den Fassaden der Gebäude Lederstraße 84, 86 und 88 wurde am 11.04.2019 vom Gemeinderat der Stadt Reutlingen beschlossen. Nach Vollendung der Detailplanungen, Verhandlungen mit den Gebäudeeigentümern und Erstellung der Leistungsverzeichnisse und Vergabe der Leistungen wurden die photokatalytisch wirksamen Anstriche im August 2019 auf die Fassaden der Gebäude Lederstraße 84 und 86 und im September 2019 auf die Fassaden des Gebäudes Lederstraße 88 aufgebracht.

Die photokatalytisch wirksamen Fassadenanstriche entfalten ihre Wirkung durch den Abbau der in der Luft enthaltenen Stickoxide an dem in den Anstrichen enthaltenen, unter Lichteinstrahlung als Katalysator wirkenden Pigment Titandioxid in Nitrat und Sauerstoff.

Technische Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots

Die Einhaltung des Lkw-Durchfahrtsverbots wird durch die Polizei mit Anhaltekontrollen und Kontrollen im Streifendienst überprüft. Das Lkw-Durchfahrtsverbot wird jedoch kaum befolgt, da der durch die Polizeikontrollen erzeugte Kontrolldruck nicht ausreicht. Nachdem der § 63c StVG am 12.04.2019 um einen die technische Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots ermöglichenden Passus ergänzt wurde, begannen konkretere Planungen zu dessen technischer Kontrolle.

Am Start- bzw. Endpunkt von häufig für die Durchfahung des Reutlinger Stadtgebiets über die Lederstraße genutzter Routen wird je eine teilstationäre Anlage zur Erfassung von Fahrzeugen aufgestellt. Diese Anlagen können neben dem Nummernschild und der Geschwindigkeit auch die Fahrzeugart und den Zeitpunkt der Einfahrt in das Stadtgebiet bzw. den Zeitpunkt der Ausfahrt aus dem Stadtgebiet registrieren. Ein- und Ausfahrzeiten werden lediglich bei Lkw erfasst. Wenn die Durchfahrtszeit sehr kurz ist, besteht der Verdacht, dass der Lkw das Stadtgebiet ohne Be- oder Entladung direkt durchfahren hat. In diesen Fällen wird ein Bußgeldverfahren eingeleitet. Um alle relevanten Routen abzudecken und das gesetzlich vorgeschriebene Kriterium einer stichprobenartigen Kontrolle einzuhalten, werden die teilstationären Anlagen an verschiedenen Tagen an verschiedenen Routen aufgestellt.

Die technische Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots entfaltet ihre Wirkung durch die Reduzierung der Anzahl der die Lederstraße befahrenden, Stickoxide emittierenden Lkw.

Nach Beschluss durch den Gemeinderat, Vergabe der Lieferung der Technik, Schaffung einer zusätzlichen Personalstelle im Amt für öffentliche Ordnung der Stadt Reutlingen, Mitarbeiterschulungen und der Auslieferung der Technik wurde mit der technischen Kontrolle am 14.01.2020 begonnen.

Nach Auswertung der Verkehrszahlen des Jahres 2019 und der nach Inbetriebnahme des neuen Stadtbusnetzes in der Lederstraße verkehrenden Busse und nach Rücksprache mit dem Regierungspräsidium hinsichtlich der Anzahl der auch nach Erlass des Lkw-Durchfahrtsverbots berechtigterweise durch die Lederstraße fahrenden Lkw kann davon ausgegangen werden, dass die Lederstraße an Montagen bis Freitagen von circa 700 Lkw/24h rechtswidrig befahren wird. Der durch die technische Kontrolle zusätzlich zu den Kontrollen der Polizei erzeugte Kontrolldruck wird ausreichen, um ab Februar 2020 eine Einhaltung des Lkw-Durchfahrtsverbots zu gewährleisten.

Temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung

Laut eines im Auftrag der Stadt Reutlingen erstellten Verkehrsgutachtens würde die Einrichtung einer Busspur in der Lederstraße zwischen Oskar-Kalbfell-Platz und Lindachknoten auf der in Fahrtrichtung Pfullingen rechten Fahrspur die Streckenkapazität auf 1.320 Kfz/h reduzieren und während der Hauptverkehrszeiten zu einem Rückstau von circa 1.200 m in der Konrad-Adenauer-Straße und zu einem Rückstau von circa 900 m in der Alteburgstraße führen.

Da eine Fahrspursperrung in den Hauptverkehrszeiten verkehrlich nicht umsetzbar ist, wurde von der Stadt Reutlingen ein Konzept für die temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspursperrung der in Fahrtrichtung Pfullingen rechten Fahrspur der Lederstraße entwickelt. Auf die Fahrspursperrung wird über eine Vollmatrix-LED-Anzeigetafel hingewiesen. Mittels an drei Signalbrücken befestigter LED-Anzeiger wird die Fahrspursperrung angekündigt, die Spur gesperrt und die Sperrung wieder aufgehoben.

Die temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung entfaltet ihre Wirkung hauptsächlich durch eine Vergrößerung des Abstandes zwischen den Emissionsquellen und den Orten, an denen Menschen den Immissionen über einen signifikanten Zeitraum ausgesetzt sind. Im Zuge der temporären Sperrung wird, wie in der GR-Drs. 19/021/09 bereits ausgeführt, der Fußgängerfurt auf Höhe der Messstelle aufgehoben.

Nach Beschluss durch den Bau-, Verkehrs- und Umweltausschuss am 23.07.2019, Auftragsvergabe, Lieferung und Installation der Technik wurde die temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung am 07.01.2020 in Betrieb genommen. Zu Beginn erfolgt die Sperrung im Zeitraum von 20 bis 6 Uhr an Montagen bis Freitagen und ganztags an Wochenenden und Feiertagen über die LED-Anzeiger. Die Zeiträume mit Fahrspurreduzierung werden unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit den Sperrungen aufgrund der Baumaßnahmen zur Versetzung des Lärmschutzbauwerks verkehrsmengenabhängig ausgedehnt. Die temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung wird in allen Zeiträumen mit Verkehrsmengen von bis zu 650 Kfz/30Min erfolgen. Eine Auswertung der Verkehrszahlen des Jahres 2019 zeigt, dass bei Aktivierung der Fahrspurreduzierung in allen Zeiträumen mit Verkehrsmengen von bis zu 650 Kfz/30Min 80 % der Gesamtverkehrsmenge erfasst werden. Im Jahr 2020 werden die Zeiträume mit weniger als 650 Kfz/30Min aufgrund der verkehrsreduzierenden Wirkung der technischen Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots größer als im Jahr 2019 sein.

Versetzung des Lärmschutzbauwerks

Nach Beschluss des Gemeinderats vom 11.04.2019 wurden die Planungen für einen Abbruch des zwischen den Gebäuden Lederstraße 84 und 86 bestehenden Lärmschutzbauwerks und den Neubau einer auf Höhe der Lederstraße abgewandten Fassaden zurückversetzten, begrünten Lärmschutzwand intensiviert und die Stellung eines Bauantrags vorbereitet. Nach Erteilung der Baugenehmigung am 19.09.2019 wurde der Baubeschluss durch den Gemeinderat am 26.09.2019 gefasst. Anschließend erfolgte die Erstellung der Leistungsverzeichnisse, die Ausschreibung und die Vergabe. Die Bauarbeiten begannen am 07.01.2020 und werden voraussichtlich bis zum 17.04.2020 andauern. Aufgrund der Bauarbeiten wird es in diesem Zeitraum montags bis freitags zwischen 8:30 und 15:30 Uhr zu Sperrungen der in Fahrtrichtung Pfullingen rechten Fahrspur der Lederstraße kommen.

Die Versetzung des Lärmschutzbauwerks entfaltet ihre Wirkung durch eine Verbesserung der Durchlüftung der Lederstraße.

Aufgabenstellung für die Prognose der NO₂-Immissionen in 2020

Ausgehend von den NO₂-Immissionen und den Verkehrszahlen im Jahr 2019 werden die NO₂-Immissionen in der Lederstraße im Jahr 2020 prognostiziert. Bei der Prognose werden

- die Wirkung der Flottenerneuerung,
- die mit der Inbetriebnahme des neuen Stadtbusnetzes einhergehende Reduzierung des Busverkehrs in der Lederstraße um 91 Busse/24h an Schultagen,
- die ausschließliche Nutzung mindestens die Abgasnorm Euro 6 erfüllender städtischer Linienbusse und
- die Wirkung des oben genannten Pakets zusätzlicher Luftreinhaltemaßnahmen bestehend aus den photokatalytisch wirksamen Fassadenanstrichen, der technischen Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots, der temporären verkehrsmengenabhängigen Fahrspurverengung und der Versetzung des Lärmschutzbauwerks

berücksichtigt.

NO₂-Immissionen in 2020

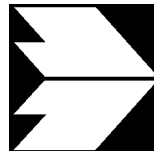
Laut des Gutachtens des Ingenieurbüros Lohmeyer wird bei Umsetzung des oben genannten Maßnahmenpakets der NO₂-Jahresgrenzwert im Jahr 2020 eingehalten. Das Gutachten ist als Anlage beigefügt.

Neben den in der Prognose berücksichtigten Maßnahmen werden weitere Luftreinhaltemaßnahmen, darunter insbesondere das neue Stadtbusnetz und das Umwelt-Ticket-Paket, im Jahr 2020 eine zusätzliche Minderungswirkung entfalten.

gez.
Ulrike Hotz

Anlage

INGENIEURBÜRO LOHMEYER GMBH & Co. KG (2020): Aktuelle Detailbetrachtungen zu NO₂-Immissionen im Bereich der Luftmessstelle Lederstraße in Reutlingen. Karlsruhe.



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

**AKTUELLE DETAILBETRACHTUNGEN
ZU NO₂-IMMISSIONEN
IM BEREICH DER LUFTMESSSTELLE
LEDERSTRASSE IN REUTLINGEN**

Auftraggeber: Stadtverwaltung Reutlingen
Marktplatz 22
72764 Reutlingen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Dip.-Met. B. Brecht

Dezember 2019, ergänzt Januar 2020
Projekt 63830-18-01
Berichtsumfang 23 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN | 1 |
| 1 ZUSAMMENFASSUNG | 2 |
| 2 AUFGABENSTELLUNG | 4 |
| 3 VORGEHENSWEISE | 5 |
| 3.1 Berechnungsverfahren MISKAM | 5 |
| 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen | 6 |
| 4 EINGANGSDATEN | 8 |
| 4.1 Verkehrsdaten | 8 |
| 4.2 Meteorologische Daten | 10 |
| 4.3 Schadstoffhintergrundbelastung | 12 |
| 5 EMISSIONEN | 13 |
| 5.1 Betrachtete Schadstoffe..... | 13 |
| 5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren..... | 13 |
| 5.2.1 Lokale PKW-Flottenzusammensetzung..... | 13 |
| 5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren..... | 14 |
| 5.4 Motorbedingte Emissionsfaktoren..... | 14 |
| 6 ERGEBNISSE | 17 |
| 6.1 Immissionsminderung durch lokale Maßnahmen..... | 17 |
| 7 LITERATUR | 21 |

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Reutlingen wurden an der Luftmessstation Lederstraße in den letzten Jahren NO_2 -Konzentrationen erfasst, die über dem in der 39. BImSchV genannten Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel liegen. Dementsprechend sind weitere Minderungsmaßnahmen erforderlich.

In der ständigen Beobachtung der NO_2 -Konzentrationen und der verkehrlichen Entwicklungen in Reutlingen wurde angeregt, die Prognosen der Minderungswirkungen der vorgesehenen und umgesetzten Maßnahmen und der NO_2 -Immissionen für das Jahr 2020 zu aktualisieren, auch vor dem Hintergrund der sich ständig erneuernden Datengrundlagen. Diesbezüglich war jetzt die Anwendung der Kfz-Emissionsdatenbank in der neusten Version 4.1 erforderlich.

Für den Straßenabschnitt an der Luftmessstelle Lederstraße waren folgende kleinräumige Modifikationen auf die erfassten NO_2 -Konzentrationen zu betrachten. Am 07.01.2020 wurde mit der temporären verkehrsmengenabhängigen Fahrspurreduzierung begonnen. Weiter wird ab 14.01.2020 eine strenge Kontrolle der Einhaltung des LKW-Durchfahrtsverbots umgesetzt. Die Bauarbeiten für den Abbruch des bestehenden Lärmschutzbauwerks und den Bau einer zurückversetzten, begrünten Lärmschutzwand haben am 07.01.2020 begonnen. Zudem ist seit dem 09.09.2019 das neue Stadtbusnetz mit einer verringerten Anzahl von Busfahrten in der Lederstraße in Betrieb. Als weitere kleinräumige Minderungsmöglichkeit wurden bereits im August und September 2019 Gebäudefassaden mit photokatalytisch wirksamen Fassadenfarben beschichtet.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.1, Stand 2019) und der Kfz-Flotte für Reutlingen aus dem Jahr 2019 die Emissionen für die Bezugsjahre 2019 und 2020 berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Die Auswertung der berechneten NO_2 -Immissionen erfolgte für die Messhöhe der Luftansaugung für die NO_2 -Messung. Für das Bezugsjahr 2019 ist am Standort der Messstation eine

NO₂-Konzentration von 46 µg/m³ im Jahresmittel berechnet und stimmt mit dem Messwert überein.

Das Zusammenwirken aller genannten Maßnahmen (photokatalytisch wirksamer Anstrich der Fassaden, temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung, versetzter Lärmschutz und Kontrolle des Einhaltens des LKW-Durchfahrtsverbots) führt entsprechend den Berechnungen am Standort der Messstation im Jahr 2020 zu einer NO₂-Konzentration von knapp 37 µg/m³.

Aus fachlicher Sicht sind die genannten und betrachteten Maßnahmen zur NO₂-Minderung in der Lederstraße in Reutlingen auch mit Berücksichtigung der aktuellen Fachdatenlage geeignet, die erforderliche Absenkung der NO₂-Konzentration zu erzielen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Reutlingen wurden an der Luftmessstation Lederstraße in den letzten Jahren NO₂-Konzentrationen erfasst, die über dem in der 39. BImSchV genannten Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmitte liegen. Mit der Inbetriebnahme des Scheibengipfeltunnels und damit bewirkter verkehrlicher Entlastung der Lederstraße sind die erfassten NO₂-Konzentrationen deutlich zurückgegangen, können die genannte Schwelle jedoch nicht unterschreiten. Dementsprechend sind weitere Minderungsmaßnahmen erforderlich.

In der ständigen Beobachtung der NO₂-Konzentrationen und der verkehrlichen Entwicklungen in Reutlingen wird angeregt, die Prognosen der Minderungswirkungen der angedachten Maßnahmen zu aktualisieren, auch vor dem Hintergrund der sich ständig erneuernden Datengrundlagen. Diesbezüglich ist jetzt die Anwendung der Kfz-Emissionsdatenbank in der neusten Version 4.1 erforderlich.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen der Luftreinhalteplanung ist zu betrachten, welche Auswirkungen lokale Emittenten wie der Kfz-Verkehr auf die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung einnehmen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Stickstoffoxide. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂, Kohlenmonoxid CO und Feinstaubpartikel PM10/PM2.5 in Reutlingen von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der Aufgabenstellung sind die Auswirkungen der Gebäudeumströmungen bei den Immissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen erfolgen mit dem für solche Fragestellungen geeigneten mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1995). Grundlage der Simulationsrechnungen sind die digitalen Daten der bestehenden Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht jeweils aus 356 x 356 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 000 m x 1 000 m. Es wird ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Luftmessstelle an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von ca. 1 m und im weiteren Straßenraum bis ca. 2 m aufweist und nach außen zur Ansteuerung gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 45 Ebenen bis in eine Höhe von 500 m über

Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das entsprechende Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO₂-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Standorten abgeschätzt.

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für die relevanten Kfz-Abgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

| Schadstoff | Beurteilungswert | Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
|-----------------|---------------------|--|---|
| | | Jahresmittel | Kurzzeit |
| NO ₂ | Grenzwert seit 2010 | 40 | 200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr) |

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Für Reutlingen beziehen sich die vorliegenden Betrachtungen auf den Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4 EINGANGSDATEN

Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Bebauung, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt, wobei der Lageplan in Vorgriff auf die Ergebnisdarstellungen um ca. 32 Grad gegenüber der Nordausrichtung gegen den Uhrzeigersinn gedreht ist. Darin ist der Standort der Luftmessstelle Lederstraße eingetragen und mit einer Umrandung „Dach“ die Überdachung des Fußgängerdurchgangs und Lärmschutzbauwerks zwischen den beiden Gebäuden Lederstraße 84 und 86 angedeutet.

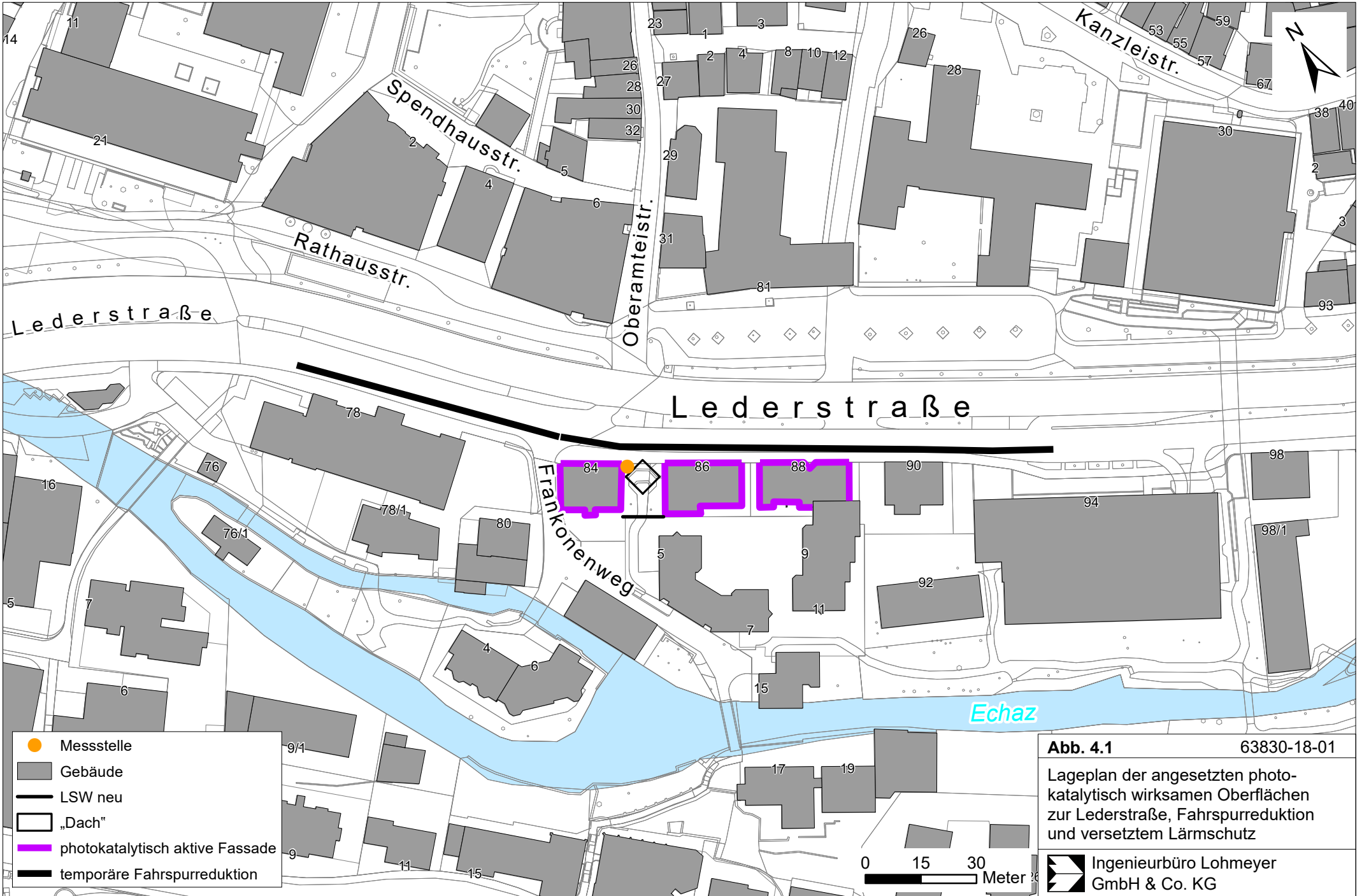
Als weitere kleinräumige Minderungsmöglichkeiten wird auf die Ausgestaltung der Gebäudefassaden mit photokatalytisch wirksamen Fassadenfarben zurückgegriffen, deren Wirkungen in einem gesonderten Bericht (Lohmeyer, 2019) beschrieben sind.

Im Januar 2020 wird die Einführung einer temporären verkehrsmengenabhängigen Fahrspurreduzierung umgesetzt, die außerhalb der Verkehrsspitzenstunden für den Kfz-Verkehr nicht freigegeben ist. Zudem ist dann das neue Stadtbusnetz umgestellt mit einer verringerten Anzahl von Busfahrten in der Lederstraße.

In dem Lageplan **Abb. 4.1** sind das bestehende Lärmschutzbauwerk mit Dach, die versetzte neue Lärmschutzwand, die temporäre verkehrsmengenabhängige Fahrspurreduzierung und die mit photokatalytisch wirksamen Fassadenfarben versehenen Gebäude gekennzeichnet.

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für die Lederstraße im Bereich der Luftmessstelle wurden durch den Auftraggeber auf der Grundlage der Zählzeiten der Zählstelle der LUBW für die Monate von Januar bis November für das Jahr 2019 zur Verfügung gestellt. Das sind für den Zeitraum Januar bis Mitte August, in dem noch keine Maßnahmen eingeführt wurden und der hier verkürzt als erstes Halbjahr bezeichnet wird, durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken von 37 250 Kfz/24 h bei einem Schwerverkehrsanteil von 3%; ab Mitte August wurden etwas verringerte Verkehrszahlen erfasst.



- Messstelle
- Gebäude
- LSW neu
- „Dach“
- photokatalytisch aktive Fassade
- temporäre Fahrspurreduktion

Abb. 4.1 63830-18-01

Lageplan der angesetzten photo-
katalytisch wirksamen Oberflächen
zur Lederstraße, Fahrspurreduktion
und versetztem Lärmschutz

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 15 30
Meter

Für die Einführung einer temporären verkehrsmengenabhängigen Fahrspurreduzierung wurden vorab Betrachtungen hinsichtlich der Kapazität für den Kfz-Verkehr in der Lederstraße durchgeführt. Danach wurde aus den vorhandenen Informationen für den beobachteten Verkehrsfluss abgeleitet, dass ab einer stündlichen Anzahl von mehr als 1 300 Fahrten Richtung Pfullingen die Kapazität des auf einer Fahrspur geführten Verkehrs der Lederstraße überschritten wird. Dementsprechend wird in den Spitzenstunden die 2. Fahrspur auch für den gesamten Verkehr freigegeben. Abschätzungen zeigen, dass etwa 80% des Tagesverkehrs auf einer Fahrspur abgewickelt werden kann.

Für die vorliegende Immissionsberechnung wird angesetzt, dass 80% der täglichen Kfz-Fahrten auf die linke Fahrspur der ausfahrenden Lederstraße verlagert werden und 20% des täglichen Kfz-Verkehrs über beide Fahrspuren wie bislang abgewickelt wird.

In der Lederstraße werden aktuell ca. 650 LKW-Fahrten gezählt; mit einer strengen Kontrolle der Einhaltung des LKW-Durchfahrtsverbots soll die Anzahl der Fahrten verringert werden. Im Rahmen der Ausarbeitungen zum Luftreinhalteplan wird von einer Anzahl von ca. 180 LKW-Fahrten des Quell- und Zielverkehrs ausgegangen. Diese Anzahl der Fahrten wird für die Wirkungsbetrachtung der Kontrolle des LKW-Durchfahrtsverbotes angesetzt.

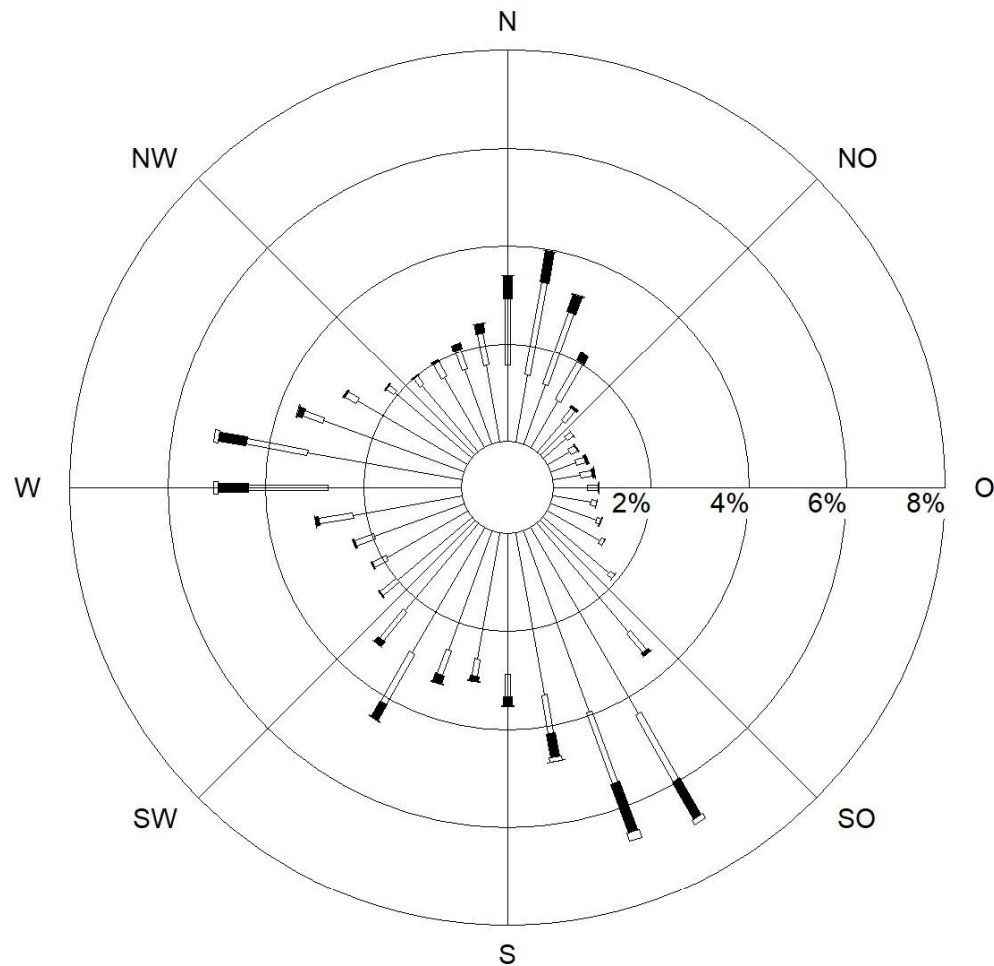
4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung werden repräsentative Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Für Reutlingen liegen Windmessdaten an der Luftmessstation Reutlingen Pomologie vor. Die entsprechende mehrjährige Windrose für den Zeitraum 2014 bis 2018 ist in **Abb. 4.2** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus Südosten bis Süden geprägt; Winde aus Norden bis Nordosten sowie Westen kommen häufig vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde mit ca. 1.3 m/s erfasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die gemessenen mehrjährigen Winddaten der Station Reutlingen Pomologie unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Betrachtungsgebietes herangezogen und damit auch Prognosen für zukünftige Zeiträume ermöglicht; die Windmessdaten für das erste Halbjahr 2019 weichen beispielsweise davon ab.

Windverteilung in Prozent



Station : RT2014-18
 Messhöhe : 10.0 m
 Windgeschw. : 1.3 m/s

— kleiner 1.4 m/s
 — 1.4 bis 2.3 m/s
 — 2.4 bis 3.8 m/s
 — 3.9 bis 6.9 m/s
 — 7.0 bis 10 m/s
 — größer 10 m/s

Abb. 4.2: Windrose der Station Reutlingen, Zeitraum 2014-2018 (Quelle: LUBW)

4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Baden-Württemberg. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUBW, 2009-2019). Die vorliegenden Daten für die Stationen in Reutlingen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt.

| Schadstoffkomponente | Zeitraum | Reutlingen | Reutlingen Lederstraße |
|---|----------|------------|------------------------|
| NO ₂ Jahresmittel (µg/m ³) | 2008 | 24 | 88 |
| | 2009 | 24 | 91 |
| | 2010 | 28 | 88 |
| | 2011 | 26 | 84 |
| | 2012 | 25 | 79 |
| | 2013 | 25 | 72 |
| | 2014 | 25 | 71 |
| | 2015 | 27 | 70 |
| | 2016 | 26 | 66 |
| | 2017 | 25 | 60 |
| | 2018 | 25 | 53 |

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [µg/m³] an Messstationen in Reutlingen (LUBW, 2009-2019)

Im Zeitraum Januar bis Mitte August 2019 zeigen die Messwerte für die Lederstraße einen NO₂-Mittelwert von 47 µg/m³ und für die Pomologie 23 µg/m³ und für das Jahr 2019 wird der vorläufige Jahresmittelwert an der Messstelle Lederstraße mit 46 µg/m³ und für die Pomologie mit 23 µg/m³ angegeben.

Für die Berechnungen wurde in Anlehnung an die Messdaten der Station Reutlingen (Pomologie) eine städtische Hintergrundbelastung von 23 µg/m³ angesetzt.

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

5.2.1 Lokale PKW-Flottenzusammensetzung

Aus den Fahrzeugzulassungsstatistiken des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) wurden für das Jahr 2019 die gemeldete PKW-Flottenzusammensetzung für Reutlingen-Stadt und die umliegenden Regierungsbezirke Tübingen, Stuttgart und Karlsruhe ausgelesen. Nach dem mit einigen Kennzeichenerfassungen an Hauptverkehrsstraßen in Städten wie Düsseldorf und Köln im Rahmen der Luftreinhalteplanung festgestellt wurde, dass etwa die Hälfte der verkehrenden Fahrzeuge das entsprechende örtliche Kennzeichen aufwies, wird ein beträchtlicher Anteil der Fahrten durch auswärtige Fahrzeughalter getätigt, wie z. B. Pendler etc. Dementsprechend wird die Kfz-Flottenzusammensetzung der Stadt Reutlingen um die Verteilung derjenigen der umliegenden bzw. benachbarten Regierungsbezirke erweitert. Diese sind in **Abb. 5.1** aufgezeigt. Damit wird die örtliche Kfz-Flottenzusammensetzung herangezogen und in Anlehnung an die Vorgehensweise in HBEFA auf eine dynamische Flottenzusammensetzung, d.h. die auf den Hauptverkehrsstraßen verkehrende Flotte übertragen.

Für die städtischen Linienbusse wurden Angaben aus dem Luftreinhalteplan übernommen mit der Umsetzung der Umstellung auf Euro VI-Ausstattung.

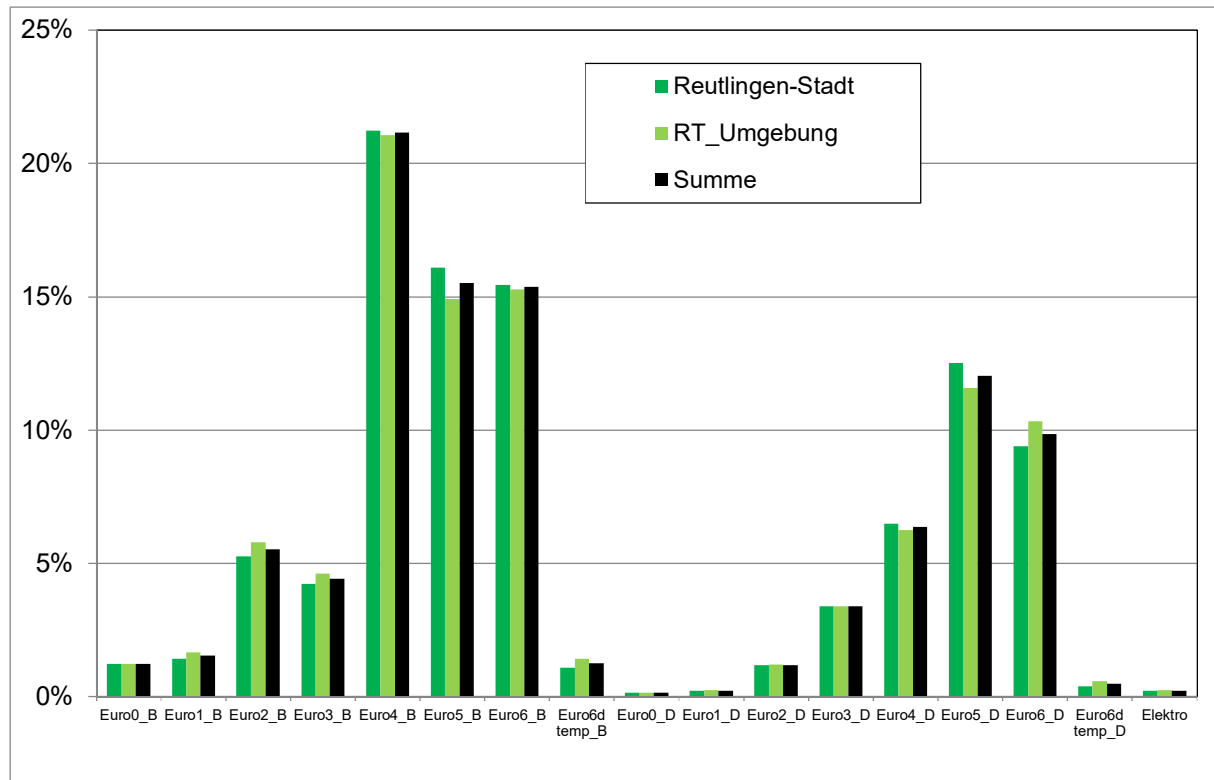


Abb. 5.1: PKW-Flottenzusammensetzung 2019 für Reutlingen Stadt und Umgebung.

5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

5.4 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten Pkw, Infz, Lkw und Busse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2019) entnommen. Die PKW-Fahrzeugflotte wurde aus den Zulassungszahlen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) für 2019 für Reutlingen und Umgebung als statische Flotte übernommen und in Anlehnung an die Vorgehensweise im HBEFA auf die dynamische Flotte übertragen.

Die Längsneigung der Straßen wird aus Höhenplänen, Lageplänen bzw. digitalen Geländedaten des Untersuchungsgebietes entnommen. Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW bzw. Infz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in der Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden für die Lederstraße folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei aus der Fahrspuranzahl und der Verkehrsbelegung eine Einschätzung des Auslastungsgrades der Streckenabschnitte erfolgte, der im HBEFA mit „level of service“ LOS bezeichnet wird und hier zwischen flüssigem, dichtem Verkehrsfluss und gesättigtem städtischen Verkehrsfluss variiert wird und auch die neue Verkehrssituation Tempo 40 km/h auf Hauptverkehrsstraßen berücksichtigt:

IOS-HVS50d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IOS-HVS50g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-HVS40: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 40 km/h

IOS-HVS40d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 40 km/h, dichter Verkehr

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet. Für das Betrachtungsgebiet in

Reutlingen wird eine mittlere Lufttemperatur von ca. 10.5°C angesetzt, die im Zeitraum 2010 bis 2017 (Quelle DWD) an der Station Metzingen erfasst wurde.

Tab. 5.1 gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen und die zugehörigen Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2019 unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

| Straßenparameter | | spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2019 | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|-------|------------------------|-------|
| Verkehrssituation (Kürzel) | Geschwindigkeit [km/h] | NO _x | | NO ₂ direkt | |
| | | LV | SV | LV | SV |
| IOS-HVS50d | 36.0 | 0.529 | 2.728 | 0.163 | 0.443 |
| IOS-HVS50g | 23.4 | 0.615 | 4.724 | 0.189 | 0.855 |
| IOS-HVS40 | 38.9 | 0.371 | 2.463 | 0.109 | 0.380 |
| IOS-HVS40d | 31.2 | 0.445 | 2.956 | 0.133 | 0.481 |

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2019

Tab. 5.2 zeigt exemplarisch für die Lederstraße die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für den Referenzfall 2019, der sich auf den Zeitraum Januar bis Mitte August bezieht, in dem noch keine Maßnahmen eingeführt wurden.

| DTV [Kfz/24h] | Lkw-Anteil [%] | Verkehrssituation | mittlere Emissionsdichte | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| | | | NO _x [mg/(m*s)] | NO ₂ direkt [mg/(m*s)] |
| 37 250 | 3 | IOS-HVS40 | 0.167 | 0.046 |
| 37 250 | 3 | IOS-HVS40d | 0.201 | 0.056 |

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Lederstraße in Reutlingen für den Referenzfall 2019

Ergänzend erfolgt eine Fortschreibung der oben erwähnten und für das Jahr 2019 herangezogenen Kfz-Flottenzusammensetzung von Reutlingen und Umgebung auf das Jahr 2020, indem die relativen Kfz-Flottenfortschreibungsänderungen aus HBEFA4.1 auf die statische Kfz-Flottenzusammensetzung von 2019 übertragen und zu einer dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung zusammengeführt werden. Für die städtischen Linienbusse wird allerdings eine komplette Überführung in Motorenausstattungen Euro VI angesetzt.

6 ERGEBNISSE

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich von Reutlingen repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

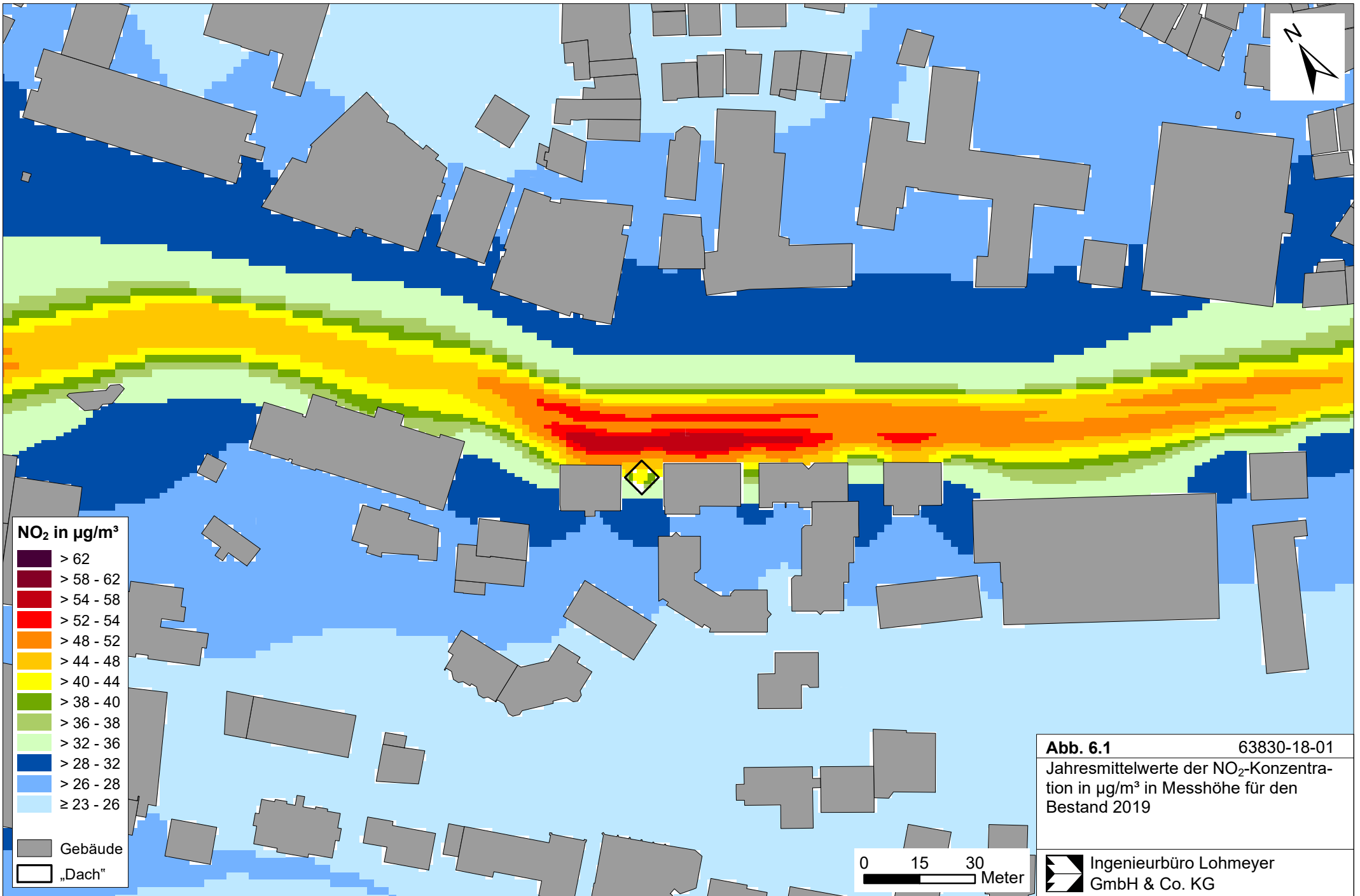
Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden Überschreitungen des derzeit geltenden Grenzwertes für NO₂ von 40 µg/m³ im Jahresmittel mit gelber und roten Farben belegt.

6.1 Immissionsminderung durch lokale Maßnahmen

Die Auswertung der berechneten NO₂-Immissionen erfolgt für die Messhöhe der Luftansaugung für die NO₂-Messung. Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO₂-Immissionen für den Bezugsfall 2019, wobei anteilig die Wirkung bereits umgesetzter Maßnahmen, wie die photokatalytisch wirksamen Anstriche der Fassaden, berücksichtigt wurde. Am Standort der Messstation ist eine NO₂-Konzentration von 46 µg/m³ berechnet. An den zur Lederstraße orientierten Fassaden der zur Luftmessstelle benachbarten Gebäude (Lederstraße 84, 86, 88 und 90) sind vergleichbare Konzentrationen, vereinzelt bis 52 µg/m³ berechnet. An dem westlichen dieser Gebäude, Lederstraße 84 nehmen die Konzentrationen von Westen nach Osten kleinräumig zu und dies u.a. von der Windverteilung beeinflusst wird.

Ausgehend von den NO₂-Immissionen im Jahr 2019 werden die NO₂-Immissionen in der Lederstraße im Jahr 2020 prognostiziert. Bei der Prognose werden

- die Wirkung der Flottenerneuerung,
- die mit der Inbetriebnahme des neuen Stadtbusnetzes einhergehende Reduzierung des Busverkehrs in der Lederstraße um 91 Busse/24h an Schultagen,
- die ausschließliche Nutzung mindestens die Abgasnorm Euro 6 erfüllender städtischer Linienbusse und



- die Wirkung des Pakets zusätzlicher Luftreinhaltemaßnahmen bestehend aus den photokatalytisch wirksamen Fassadenanstrichen, der technischen Kontrolle des Lkw-Durchfahrtsverbots, der temporären verkehrsmengenabhängigen Fahrspurreduzierung und der Versetzung des Lärmschutzbauwerks

berücksichtigt.

In **Abb. 6.2** sind die Ergebnisse mit Umsetzung aller genannten Maßnahmen für das Jahr 2020 dargestellt. Dabei wird ein aus den kontinuierlich erfassten Verkehrsbelegungsdaten ab Herbst letzten Jahres ablesbares vermindertes Verkehrsaufkommen berücksichtigt. Am Standort der Messstation ist eine NO_2 -Konzentration von knapp $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An den zur Lederstraße orientierten Fassaden der zur Luftmessstation benachbarten Gebäude Lederstraße 84 und 90 sind vergleichbare Konzentrationen zwischen $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An den Gebäuden Lederstraße 86 und 88 sind in Teilbereichen der Fassaden leicht über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Neben den in der oben genannten Prognose berücksichtigten Maßnahmen werden auch die Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des Umweltverbunds, darunter insbesondere das neue Stadtbusnetz und das Umwelt-Ticket-Paket, im Jahr 2020 eine zusätzliche Minderungswirkung entfalten.

Aus fachlicher Sicht sind die genannten und betrachteten Maßnahmen zur NO_2 -Minderung in der Lederstraße in Reutlingen auch mit Berücksichtigung der aktuellen Fachdatenlage geeignet, die erforderliche Absenkung der NO_2 -Konzentration zu erzielen.

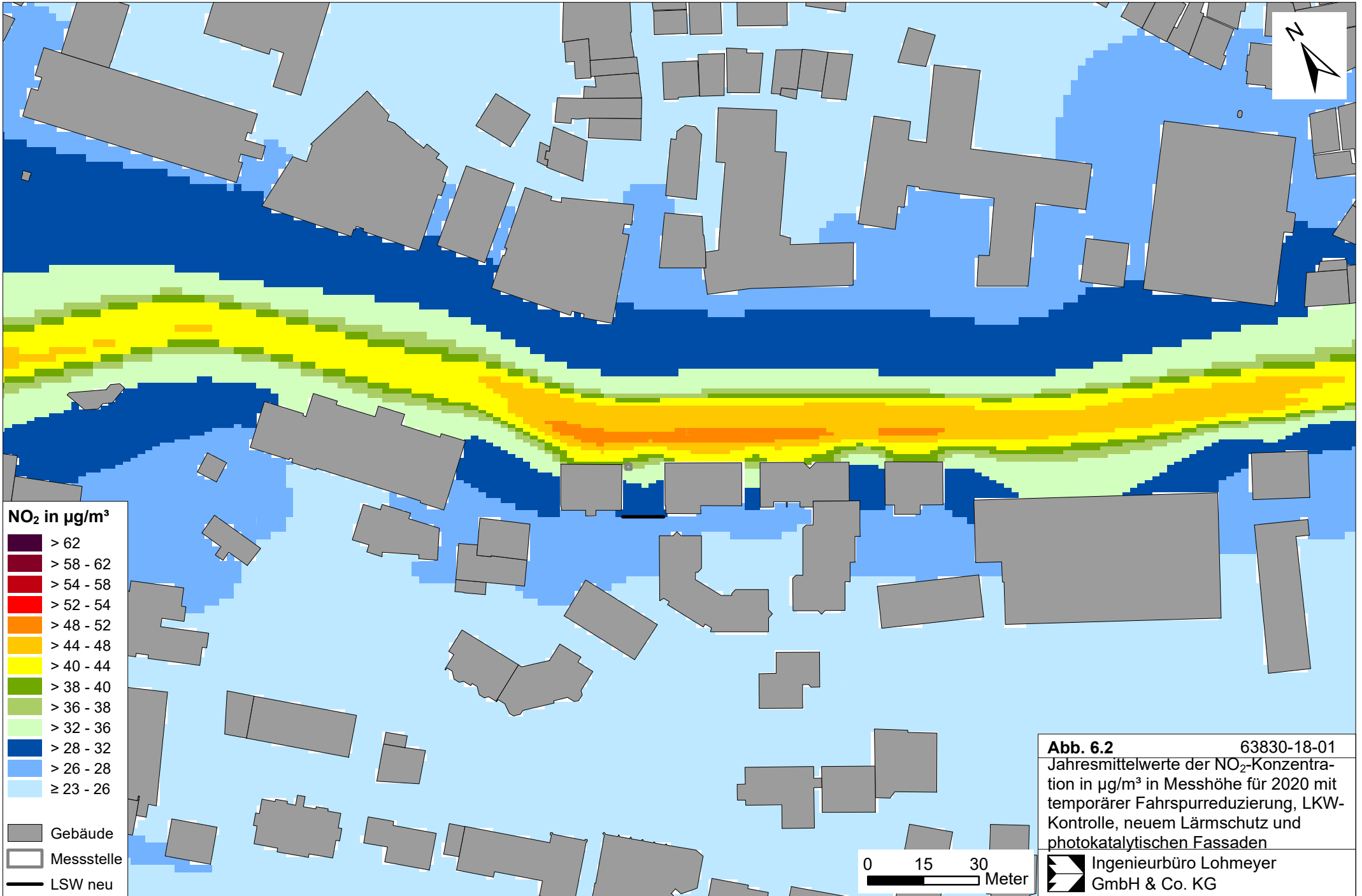


Abb. 6.2 63830-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ in Messhöhe für 2020 mit temporärer Fahrspurreduzierung, LKW-Kontrolle, neuem Lärmschutz und photokatalytischen Fassaden
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241) (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BIm8SchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl. I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- EU-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.

- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- Lohmeyer (2009): Numerische Modellierung der photokatalytischen Wirksamkeit von speziellen Dispersionsfarben der Fa. Sto AG zur Reduktion von Stickoxiden. Fachgutachten im Auftrag der Sto AG, Stühlingen. Karlsruhe, Januar 2009.
- Lohmeyer (2017): Simulation der Wirksamkeit von Titandioxid-Pflastersteinen auf die Stickstoffdioxidbelastung in der Reinhold-Frank-Straße in Karlsruhe. Fachgutachten im Auftrag der Stadt Karlsruhe, Tiefbauamt. Karlsruhe, November 2017
- Lohmeyer (2019): NO₂-Minderungspotenzial durch photokatalytisch wirksame Farben im Bereich der Luftmessstelle Lederstraße in Reutlingen. Fachgutachten im Auftrag der Stadtverwaltung Reutlingen. Karlsruhe, Januar 2019.
- LUBW (2009-2019): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138). <http://bwplus.fzk.de>
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / September 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- Universität Stuttgart (2018): Pilotstudie Mooswand: „Untersuchung der Wirkung von Mooswänden auf die Luftqualität in Städten am Beispiel von Stuttgart“, Abschlussbericht.

Untersuchung im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart und Verkehrsministerium Baden-Württemberg. Universität Stuttgart, IFK Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Abteilung Reinhaltung der Luft, Stuttgart, Oktober 2018.

VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.