

Luftqualität in Baden-Württemberg

 Auswertung der Jahresdaten für 2019



Luftqualität in Baden-Württemberg

 Auswertung der Jahresdaten für 2019

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, poststelle@lubw.bwl.de www.lubw.de
BEARBEITUNG	Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz
DATENGRUNDLAGE	Referat 62 – Betrieb Messnetze, Zentrale Logistik Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz
BERICHTSUMFANG	129 Seiten
STAND	Februar 2021
ZITIERVORSCHLAG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2020): Luftqualität in Baden-Württemberg, Karlsruhe

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG		7
1	ÜBERWACHUNG DER LUFTQUALITÄT IN BADEN-WÜRTTEMBERG	9
1.1	Messnetze	9
1.1.1	Luftmessnetz	9
1.1.2	Spotmessungen	9
1.1.3	Sondermessungen	11
1.1.4	Depositionsmessnetz	13
1.2	Rechtliche Grundlagen und Beurteilungswerte	13
1.3	Ermittlung und Bewertung der Jahreskenngößen	14
1.4	Vorgehen zur Überprüfung der räumlichen Repräsentativität	16
1.5	Veröffentlichung der Immissionsdaten	16
2	JAHRESKENNGRÖSSEN UND BEURTEILUNG DER LUFTQUALITÄT 2019	17
2.1	Meteorologie	25
2.2	Stickstoffdioxid	28
2.2.1	Räumliche Verteilung von NO ₂ an den verkehrsnahen Messstellen	28
2.2.2	Ergebnisse der NO ₂ -Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen	29
2.2.3	Ergebnisse der NO ₂ -Messungen der Sondermessungen	31
2.3	Partikel PM ₁₀	32
2.4	Partikel PM _{2,5}	36
2.5	Ozon	36
2.6	Schwefeldioxid	40
2.7	Ammoniak	41
2.8	Kohlenmonoxid	42
2.9	Benzol	42
2.10	Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM ₁₀	43
2.11	Schwermetalle in der Partikelfraktion PM ₁₀	44
2.12	Ruß in der Partikelfraktion PM ₁₀	44
2.13	Schadstoffdepositionen	45
2.14	Luftschadstoffbelastung in Deutschland	47
3	ENTWICKLUNG DER LUFTQUALITÄT UND DER DEPOSITIONEN	49
4	ERGEBNISSE WEITERER MESSUNGEN UND UNTERSUCHUNGEN	59
4.1	Luftqualitätsindex für Baden-Württemberg	59
4.2	Sondermessungen in Schwarzwaldtälern 2019	60
4.3	Positivmatrix-Faktorisierung (PMF) – Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen	60
4.3.1	Einleitung	60
4.3.2	Ergebnisse und Diskussion	61
4.3.3	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	70
4.4	Sekundäres NO ₂	70
4.5	Einfluss eines titandioxidhaltigen Straßenbelags	73

5	ANHANG	75
5.1	Relevante Luftschadstoffe	75
5.2	Messverfahren	78
5.3	Stammdaten und Messumfang der Messstandorte in Baden-Württemberg 2019	80
5.4	Kartendarstellungen	86
5.5	Quellenverzeichnis	126
5.6	Glossar	127

Zusammenfassung

In Baden-Württemberg ist die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg für die Überwachung der Luftqualität zuständig. Hierfür betreibt Baden-Württemberg Messungen im Rahmen des Luftmessnetzes und des Depositionsmessnetzes. Die verkehrsnah Luftbelastung in städtischen Gebieten wird mit den Spotmessungen an innerörtlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen erfasst. Die genauen Durchführungsbestimmungen der Messungen sowie Grenzwerte zum Schutz der Gesundheit wurden vom Gesetzgeber in der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) [39. BImSchV 2010] festgelegt. Im vorliegenden Bericht werden die gemäß der 39. BImSchV wichtigsten Kenngrößen der relevanten Luftschadstoffe für das Jahr 2019 zusammengestellt. Des Weiteren erfolgt eine Darstellung der Messergebnisse an den Spotmessstellen sowie weiterer im Jahr 2019 durchgeführten Sondermessungen und Untersuchungen.

Im Jahr 2019 hat sich die Luftqualität in Baden-Württemberg weiter deutlich verbessert. Die Stickstoffdioxidkonzentrationen sind im Vergleich zu 2018 an fast allen Messstandorten zurückgegangen. Insbesondere an den innerörtlichen, verkehrsnahen Messstellen haben sich die Belastungen durch **Stickstoffdioxid** markant reduziert. So wurde der in der 39. BImSchV festgelegte Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert) nicht nur wie in den Vorjahren an allen Messstationen im ländlichen und städtischen Hintergrund eingehalten, sondern auch an fast allen verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg, erstmals u. a. in den Städten Freiburg, Leonberg, Ludwigsburg, Tübingen und Ulm. Überschreitungen werden nur noch in den vier Städten Stuttgart, Heilbronn, Reutlingen und Mannheim an insgesamt 6 Messstellen beobachtet, wobei der höchste Jahresmittelwert mit $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessen wurde. Auch die Spitzenkonzentrationen von Stickstoffdioxid sind in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Der Stundengrenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid wurde wie in den Vorjahren an keiner Messstelle in Baden-Württemberg im Jahr 2019 mehr als die zulässigen 18 Mal überschritten. Jeweils nur 2 bzw. 3 Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes traten an den Stuttgarter Spotmessstellen Am Neckartor und Hohenheimer Straße auf.

Die Feinstaubbelastung durch **Partikel PM₁₀** und **Partikel PM_{2,5}** ging im Jahresmittel weiter leicht zurück. An den Messstellen in Baden-Württemberg wurden keine Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte für das Jahr 2019 festgestellt, die Grenzwerte der 39. BImSchV werden sicher an allen Messstellen eingehalten. Das 2. Jahr in Folge konnte nun auch an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor der Immissionsgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Partikel PM₁₀ (Tagesmittelwert) mit 27 Überschreitungstagen (bzw. 25 nach Abzug von Streusalz) bei zulässigen 35 Tagen im Kalenderjahr eingehalten werden.

Die Ozonbelastung ist vor allem von der Meteorologie abhängig. **Ozon** wird aus Sauerstoff und Luftschadstoffen (Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen) bei geeigneten meteorologischen Bedingungen (starke Sonneneinstrahlung, mehrere Tage andauernde Hochdruckwetterlage) gebildet. Nach den fallenden Ozonkonzentrationen in den 1990er-Jahren, die auf die rückläufigen Konzentrationen der Ozonvorläufersubstanzen wie zum Beispiel Stickstoffdioxid zurückzuführen sind, führen die heißen Sommer der letzten Jahre

wieder zu steigenden Konzentrationen. Im Jahr 2019 traten sehr sommerliche Wetterlagen Ende Juni und Juli auf und sorgten für zahlreiche Überschreitungen des Informationsschwellenwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert), die die Überschreitungszahlen im Jahr 2018 übertrafen. Obwohl die Überschreitungen des Zielwertes zum Schutz der Gesundheit von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages an maximal 25 Tagen) und die Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen im Jahr 2019 geringer ausfielen als im Vorjahr, so sind für diese Kenngrößen seit einigen Jahren ein allgemein leicht ansteigender Trend zu beobachten. Aufgrund der zentralen Lage Baden-Württembergs in Europa spielt hier der grenzüberschreitende Transport von Luftschadstoffen und damit von Ozonvorläufern eine Rolle. Hinzu kommt, dass in den Städten verstärkt die Emissionen von Stickstoffoxiden zurückgehen und so im städtischen Hintergrund weniger ozonreduzierendes Stickstoffmonoxid zur Verfügung steht. Dies führt zu einem Anstieg der Ozonkonzentrationen in den Städten.

Für alle anderen Luftschadstoffe liegen die im Jahr 2019 gemessenen Konzentrationen auf vergleichbarem Niveau zu 2018. Die Grenzwerte für **Benzol**, **Blei**, **Kohlenmonoxid** und **Schwefeldioxid** sowie die Zielwerte für **Arsen**, **Kadmium** und **Nickel** wurden an allen beprobten Messstellen des Luft- und Spotmessnetzes eingehalten. Bei der Komponente **Benzo[a]pyren**, die als Marker für andere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe erfasst wird, wird der Zielwert von $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) ebenfalls an allen Messstellen eingehalten. Der im Jahr 2019 höchste gemessene Jahresmittelwert mit $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ trat an der verkehrsnahen Messstelle Schramberg Oberndorfer Straße auf. Hier ist im Gegensatz zu den anderen Schadstoffen nicht der Verkehr, sondern die Holzfeuerung der Hauptverursacher. Für **Ruß** lagen die Jahresmittelwerte an den beprobten Messstellen im verkehrsnahen Bereich zwischen $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Freiburg Schwarzwaldstraße) und $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Heilbronn Weinsberger Straße-Ost).

Eine große Rolle bei der aktuellen Luftbelastung spielen die übers Jahr herrschenden meteorologischen Bedingungen. Das Jahr 2019 war nach 2018 wieder ein extrem warmes Jahr, allerdings bzgl. der Niederschlagstätigkeit einem Durchschnittsjahr entsprechend. Austauscharme Bedingungen, die zu erhöhten Immissionskonzentrationen führen, lagen im trockenen aber auch sonnenscheinreichen Februar 2019 vor. Die Rückgänge insbesondere der Stickstoffdioxidbelastung können aber neben der Meteorologie vor allem auch mit der stetigen Verbesserung der Abgasgrenzwerte beim Kraftfahrzeugverkehr und den verkehrlichen Maßnahmen in den Ballungsgebieten erklärt werden.

Zusätzlich zur Darstellung der Kenngrößen relevanter Luftschadstoffe für das Jahr 2019, werden im Kapitel 4 die Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen zusammengefasst. Hier finden sich u. a. Untersuchungen zum Einfluss von Holzfeuerungen auf die Feinstaubbelastung, Auswertungen von Staubinhaltsstoffen mit der Positivmatrix-Faktorisierung (PMF) zur Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen und die Untersuchungsergebnisse zum Einfluss eines titandioxidhaltigen, photokatalytisch aktiven Straßenbelags im Umfeld der Messstelle Stuttgart Am Neckartor auf die Luftbelastung.

Weiterführende, auch unterjährige Informationen zu Messungen und Messstationen sowie zu Sonderauswertungen werden im Internet der LUBW unter <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/luft> (Rubrik: > Aktuelle Messwerte) bereitgestellt.

1 Überwachung der Luftqualität in Baden-Württemberg

1.1 Messnetze

Die Luftqualität ist europaweit nach einheitlichen Vorgaben zu überwachen und zu bewerten. Die rechtliche Grundlage hierfür ist die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [EU 2008], welche mit der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) [39. BImSchV 2010] in deutsches Recht überführt worden ist. Zur Überwachung der Luftqualität betreibt Baden-Württemberg verschiedene Messnetze. Sie dienen in erster Linie der Information von Bevölkerung und Behörden über die aktuelle Luftqualität in Baden-Württemberg. Darüber hinaus sind die Daten Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen.

1.1.1 Luftmessnetz

Das Luftmessnetz Baden-Württemberg setzt die Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinie um und dient der Langzeitüberwachung von Luftschadstoffen unter Berücksichtigung verschiedener Belastungssituationen. Die langjährigen Messreihen lassen Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Luftbelastung zu. Durch die Anzahl der Messstellen und ihre räumliche Anordnung im Land wird eine flächendeckende Überwachung der Luftqualität gewährleistet. In Abhängigkeit von ihrem Standort und der Belastungssituation werden die Messstationen des Luftmessnetzes einem von 3 Stationstypen zugeordnet. Die dauerhaft betriebenen **Verkehrsmessstationen (V)** werden in unmittelbarer Verkehrsnähe betrieben. Der **städtische Hintergrund (S)** zeichnet sich durch eine dichte Bebauung aus. Allerdings befinden sich die zu diesem Stationstyp gehörenden Messstationen nicht in unmittelbarem Einfluss von Verkehr oder anderen lokalen Emissionsquellen. Dem Stationstyp **ländlicher Hintergrund (L)** werden die typischen Hintergrundmessstationen weit ab von anthropogenen Emissionsquellen zugeordnet.

Das Luftmessnetz Baden-Württemberg besteht derzeit aus 8 Verkehrsmessstationen, 23 Messstationen im städtischen Hintergrund und 2 Messstationen im ländlichen Hintergrund. Zusätzlich betreibt die LUBW 2 Messstationen im städtischen Hintergrund im Auftrag Dritter. Die Messungen an den Messstationen in Konstanz und Reutlingen werden durch die Stadt Konstanz bzw. die Stadt Reutlin-

gen finanziert. Die Auftraggeber dieser Messungen haben der LUBW gestattet, die dort gemessenen Daten auszuwerten und zu veröffentlichen. Damit stehen dem Land Baden-Württemberg insgesamt 35 Messstationen zur Überwachung der Luftqualität zur Verfügung.

An den Messstationen des Luftmessnetzes werden, je nach Lage und lokaler Immissionssituation, die Konzentrationen unterschiedlicher Luftschadstoffe gemessen (z. B. Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon; siehe auch Anhang 5.1). Zusätzlich werden an den Messstationen des Luftmessnetzes auch meteorologische Parameter (z. B. Windgeschwindigkeit, Temperatur und Luftdruck) gemessen, die für die Ausbreitung von Luftverunreinigungen und damit für die Beurteilung der Luftqualität relevant sind.

1.1.2 Spotmessungen

Seit dem Jahr 2004 werden die Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes um weitere Messstellen an innerörtlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen und schlechten Ausbreitungsbedingungen ergänzt (sogenannte Spotmessstellen). Im Gegensatz zum Luftmessnetz sind an den Spotmessstellen (SPOT) nur zeitlich befristete Messungen vorgesehen (in der Regel bis zur Einhaltung der Grenzwerte; Spotmessstellen in Umweltzonen werden auch bei Immissionsbelastungen unterhalb der Grenzwerte weiter betrieben, wenn es keine andere verkehrsnahen Messstelle in dieser Umweltzone gibt). An den meisten Spotmessstellen werden nur die Konzentrationen weniger Komponenten (Stickstoffdioxid, Partikel PM₁₀) gemessen.

Die Messstationen des Luftmessnetzes sowie die Spotmessstellen in Baden-Württemberg sind in der Abbildung 1.1 dargestellt. Im Anhang 5.3 sind in der Tabelle 5.1 die Stammdaten und in der Tabelle 5.2 der Messumfang dieser Messstellen aufgelistet.

Dem Beginn der Spotmessungen im Jahr 2004 waren im Jahr 2003 umfangreiche Voruntersuchungen vorangegangen. Dabei wurden landesweit hoch belastete, verkehrsnah gelegene Punkte, sogenannte Spots, ermittelt und entsprechend ihrer Schadstoffbelastung in eine Prioritätenliste einsortiert. Die Prioritätenliste der Spotmessungen wurde in den Jahren 2006 und 2015 überarbeitet, um den seither

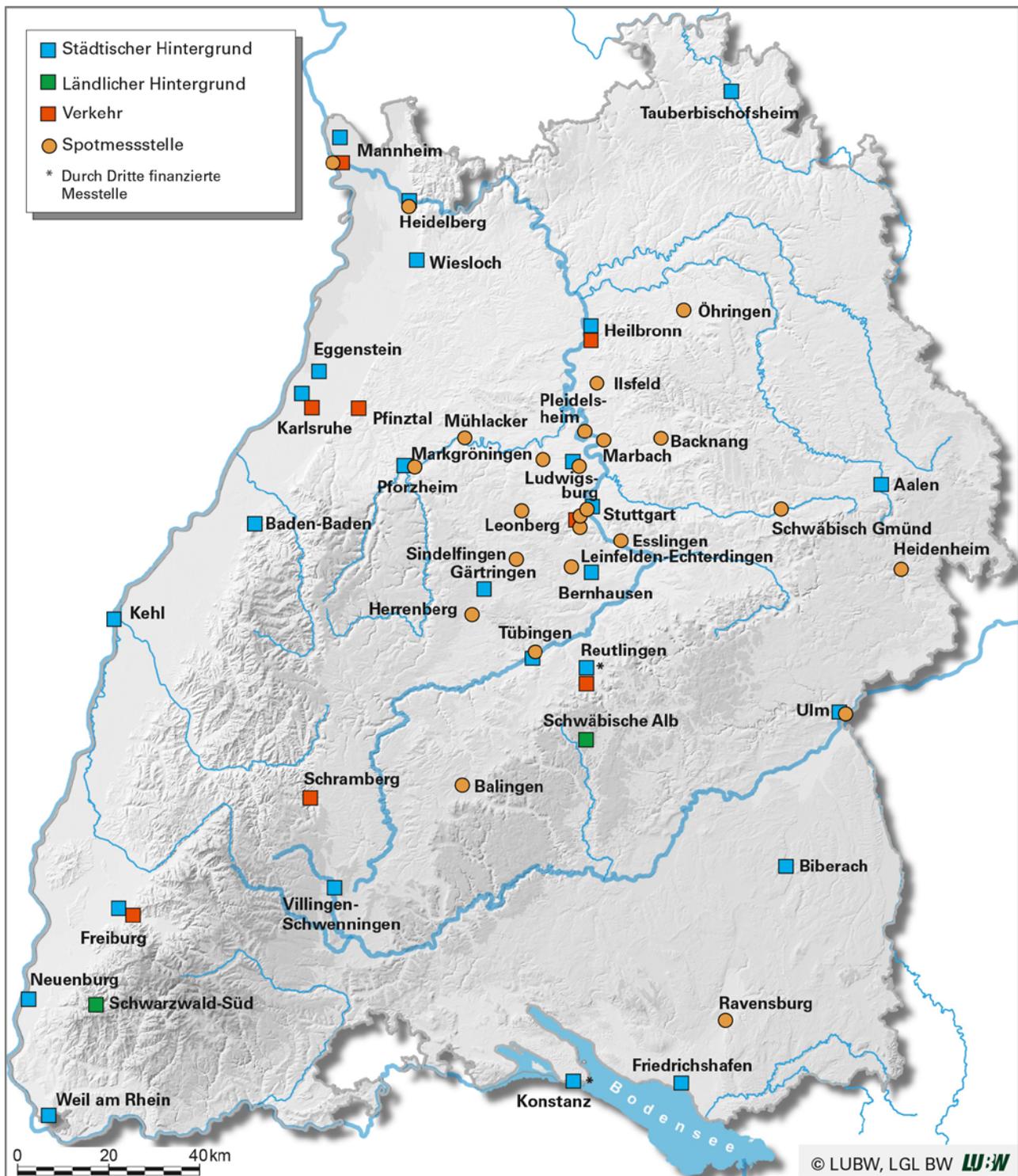


Abbildung 1.1: Lage der Messstationen des Luftmessnetzes und der Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

eingetretenen Veränderungen bei den Verkehrs- und Belastungsverhältnissen Rechnung zu tragen. Die im Jahr 2015 überarbeitete Prioritätenliste bildet die Planungsgrundlage für die Spotmessungen ab dem Jahr 2016. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Voruntersuchungen sind in folgenden LUBW-Berichten ausführlich beschrieben:

- Spotmessungen gemäß der 22. BImSchV in Baden-Württemberg – Voruntersuchungen 2003 [UMEG 2004],
 - Spotmessungen ab dem Jahr 2007 – Voruntersuchungen 2006 [LUBW 2006],
 - Spotmessungen ab dem Jahr 2016 – Aktualisierung der Prioritätenliste [LUBW 2015].
- Die Berichte können im LUBW-Publikationsdienst unter <https://pudi.lubw.de/> abgerufen werden. Dort stehen auch die Berichte mit den Ergebnissen der Spotmessungen 2004 bis 2016 zur Verfügung. Seit dem Jahr 2017 werden die Er-

gebnisse der Spotmessungen in den Berichten „Luftqualität in Baden-Württemberg“ dargestellt.

Messstellen im Jahr 2019

Gegenüber dem Messjahr 2018 ergeben sich bei den Spotmessungen 2019 die in der Tabelle 1.1 dargestellten wesentlichen Änderungen. Stickstoffdioxid (NO₂) wurde im Jahr 2019 an 25 Spotmessstellen und 8 Verkehrsmessstationen und Partikel PM₁₀ an 6 Spotmessstellen und 8 Verkehrsmessstationen erfasst. An einigen ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen wurden darüber hinaus Messungen von Partikel PM_{2,5}, Benzol sowie Blei, Arsen, Kadmium, Nickel, Benzo[a]pyren und Ruß in der Partikelfraktion PM₁₀ durchgeführt.

1.1.3 Sondermessungen

In Ergänzung zu den Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen wurden im Jahr 2019 mit den „Sondermessungen Stuttgart“ sowie den „verkehrsnahe Sondermessungen“ zusätzliche Messungen der Luftqualität durchgeführt. Die Lage der Sondermessstellen ist in Abbildung 1.2 gezeigt. Im Anhang 5.3 sind in den Tabellen 5.5 und 5.6 die Stammdaten und der Messumfang dieser Messstationen aufgelistet.

Sondermessungen Stuttgart

In Stuttgart wird im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg bereits seit dem Jahr 2016 eine wechselnde Anzahl an Sondermessstellen betrieben. Die Sondermessstellen dienen dazu, ein besseres Bild der Belastungssituation durch Stickstoffdioxid im Stadtgebiet von Stuttgart zu erhalten. Die Sondermessungen im Jahr 2019

konzentrieren sich auf die Pragstraße und erfolgten mit Passivsammlern. Aufgrund des unterjährigen Auf- und Abbaus der Messstellen konnte lediglich an einer Messstelle (Stuttgart Pragstraße 90/92) ein im Sinne der 39. BImSchV gültiger Jahresmittelwert der NO₂-Belastung ermittelt werden.

Verkehrsnaher Sondermessungen

Die bereits im Kapitel 1.1.2 erwähnte Prioritätenliste der Spotmessungen wurde in der Vergangenheit entsprechend der zur Verfügung stehenden Messkapazitäten nach und nach abgearbeitet. Da die Spotmessungen den in der 39. BImSchV festgeschriebenen gesetzlichen Anforderungen genügen sollen, wird jeder Spotmesspunkt für ein vollständiges Kalenderjahr beprobt. Wegen des daraus resultierenden hohen Messaufwandes konnte die Prioritätenliste bis zum Jahr 2018 nur zu etwa 50 % abgearbeitet werden. Gleichzeitig gehen bei der LUBW regelmäßig Anfragen von Bürgern und Kommunen nach weiteren Luftqualitätsmessungen ein. Die LUBW konnte dem Wunsch nach mehr Messstellen bisher aus Kapazitätsgründen nicht nachkommen.

Die LUBW hat deshalb im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg ein Konzept entwickelt, wie in kurzer Zeit eine große Anzahl an Straßenabschnitten im Land durch Luftqualitätsmessungen untersucht werden kann. Hierzu hat die LUBW zunächst objektive Auswahlkriterien erarbeitet, um aus der Fülle der Straßenabschnitte diejenigen mit einer potentiellen Überschreitung von Luftqualitätsgrenzwerten auszuwählen zu können. Anhand dieser Auswahlkriterien wurden insgesamt 82 Straßenabschnitte

Tabelle 1.1: Änderungen der Spotmessungen im Jahr 2019 im Vergleich zu den Spotmessungen im Jahr 2018

Messstelle	Änderung	Komponenten	Grund
Friedrichshafen Maybachstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Lichtenstein Wilhelmstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Mannheim Luisenring	Aufbau	NO ₂	Wiederaufnahme der Messungen als Ergänzung der Messungen in Mannheim
Östringen Hauptstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Rastatt Kapellenstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Remseck Remstalstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Steinheim Ludwigsburger Straße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten
Tübingen Jesinger Hauptstraße	Abbau	alle (NO ₂ , PM ₁₀)	Im Vorjahr (2018) wurde der NO ₂ -Grenzwert eingehalten, der PM ₁₀ -Grenzwert bereits seit 2011
Ulm Karlstraße	Abbau	alle (NO ₂)	Im Vorjahr (2018) wurde der Grenzwert eingehalten

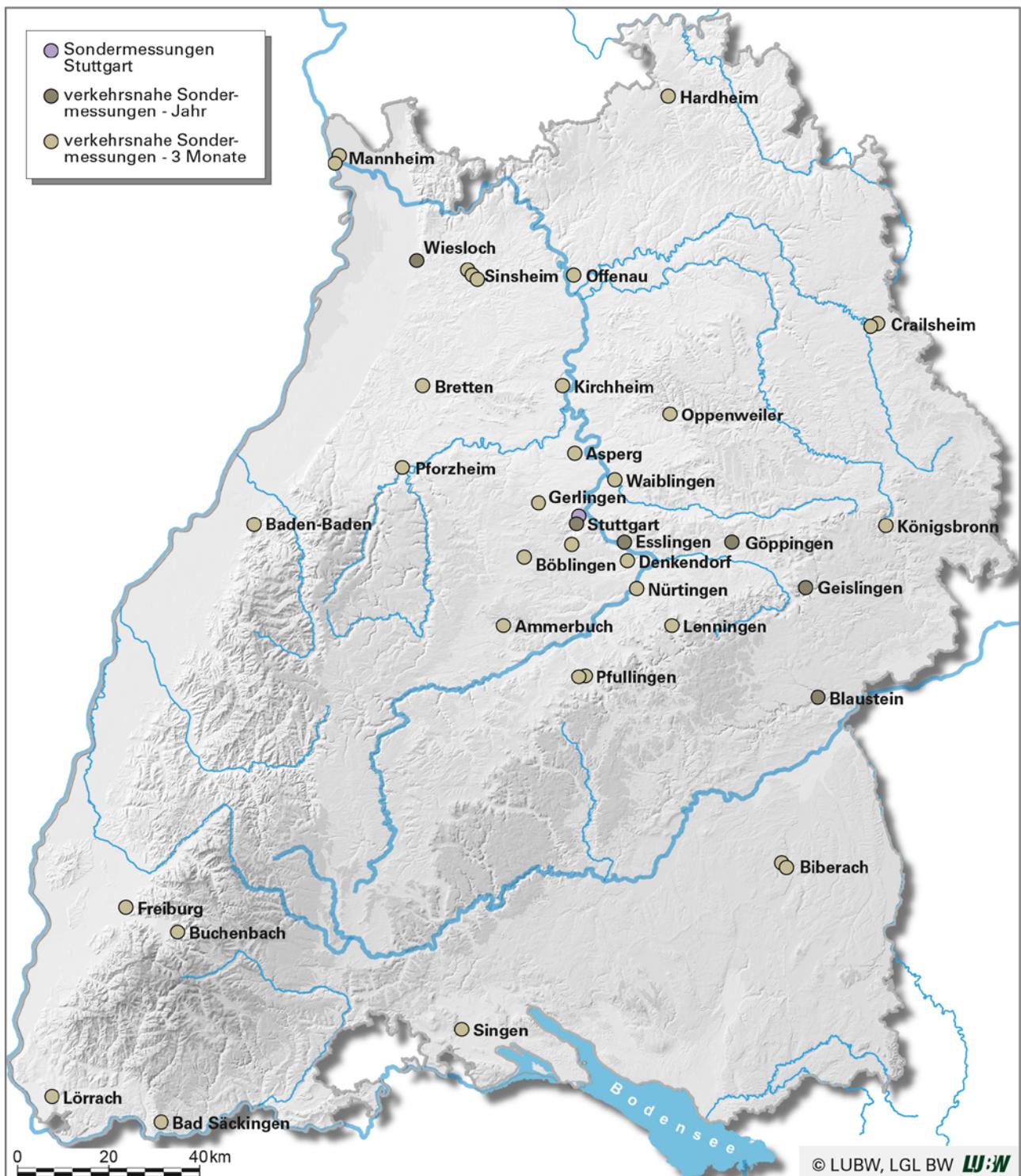


Abbildung 1.2: Lage der Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

in Baden-Württemberg (darunter die noch nicht beprobten Straßenabschnitte aus der Prioritätenliste der Spotmessungen von 2015 sowie Meldungen von Kommunen und Bürgern) geprüft. An 39 Straßenabschnitten wurden die Kriterien erfüllt und es konnten im Jahr 2019 orientierende Messungen der Luftqualität durchgeführt werden. Die Messungen von Stickstoffdioxid erfolgten für 3 Monate mithilfe von Passivsammlern.

An 33 Messstellen lagen die 3-Monatsmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen bei Werten, die eine sichere Einhaltung des Grenzwertes im Jahresmittel signalisieren. Diese Messstellen wurden deshalb nicht weiter betrieben und werden im vorliegenden Bericht nicht weiter berücksichtigt. An 6 Sondermessstellen hingegen konnte eine Grenzwertüberschreitung des NO_2 -Jahresmittelwertes nicht ausgeschlossen werden, so dass diese Messstellen bis zum Jahresende 2019 weiter betrieben wurden, um einen im

Sinne der 39. BImSchV gültigen Jahresmittelwert der NO₂-Konzentration ermitteln zu können. Die Messergebnisse dieser Sondermesspunkte werden im vorliegenden Bericht dargestellt. Weitere Informationen zu den verkehrsnahen Sondermessungen 2019 finden sich in [LUBW 2020b].

1.1.4 Depositionsmessnetz

Seit 1992 werden die Ablagerungen (Depositionen) von Luftschadstoffen in städtisch und industriell geprägten Gebieten sowie in ländlichen Räumen messtechnisch erfasst. Das Depositionsmessnetz wurde sukzessive an die aktuellen Anforderungen angepasst. Eine Neuausrichtung der Depositionsmessungen fand zuletzt im Jahr 2017 statt. Die 8 Standorte des Depositionsmessnetzes im Jahr 2019 sind auf städtische und ländliche Regionen verteilt. Im Rahmen des Depositionsmessnetzes werden der Staubbiederschlag und die Schwermetalleinträge im Staubbiederschlag sowie die nassen Einträge von Sulfat, Nitrat und Ammonium gemessen. Weitere Informationen zu diesen Schadstoffen sind im Anhang 5.1 aufgeführt.

Das Depositionsmessnetz dient der Überwachung der Schadstoffeinträge. Die festgelegten Immissionswerte für Schadstoffdepositionen in der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) [TA Luft] sollen einen Schutz vor erheblichen Belästigungen und Beeinträchtigungen gewährleisten. Langfristig sollen insbesondere die empfindlichen Ökosysteme vor zu hohen Stickstoff- und Säureeinträgen geschützt werden. Der Schutz dieser empfindlichen Ökosysteme vor erhöhten Stickstoffeinträgen, zum Beispiel durch landwirtschaftliche Betriebe, wurde bisher über die Sonderfallprüfung nach Ziffer 4.8 der TA Luft geprüft. Zur Überprüfung stehen im Daten- und Kartendienst der LUBW Karten zur Ermittlung der Stickstoff-Hintergrunddeposition zur Verfügung (<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>).

Die Messstellen des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg sind in der Abbildung 1.3 dargestellt. Im Anhang 5.3 sind in den Tabellen 5.3 und 5.4 die Stammdaten und der Messumfang dieser Messstationen aufgelistet.

1.2 Rechtliche Grundlagen und Beurteilungswerte

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Er-

schütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) [BImSchG] sieht in § 44 die Überwachung der Luftqualität durch die zuständigen Behörden vor. In Baden-Württemberg wurde die LUBW mit der Durchführung der Überwachung der Luftqualität beauftragt.

Im Jahr 2008 wurde von der Europäischen Union die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft in Europa verabschiedet [EU 2008]. Durch Zusammenfassung der bis dahin geltenden Rahmenrichtlinie Luftqualität und der 1. bis 3. Tochterrichtlinien sowie unter Anpassung an neueste wissenschaftliche Erkenntnisse im Gesundheitsbereich, bildet diese Richtlinie seitdem einen gemeinschaftlichen Rahmen für die Kontrolle und Beurteilung der Luftqualität in Europa.

Die Vorgaben der EU-Richtlinie und deren Änderung sind mit der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) im Jahr 2010 in deutsches Recht überführt worden [39. BImSchV 2010]. Mit Inkrafttreten der 39. BImSchV wurden die bisher zur Überwachung der Luftqualität maßgeblichen Verordnungen (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV; Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV) aufgehoben. Die 39. BImSchV enthält u. a. für alle relevanten Luftschadstoffe Immissionswerte in Form von Immissionsgrenzwerten, Zielwerten, Informations- und Alarmschwellen sowie kritische Werte (siehe Tabelle 1.2).

Weitere Immissionswerte und Anforderungen legt die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) [TA Luft] zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen fest (siehe Tabelle 1.3), die Grundlage für die Genehmigung von Anlagen im Rahmen von immissionsrechtlichen Genehmigungsverfahren sind.

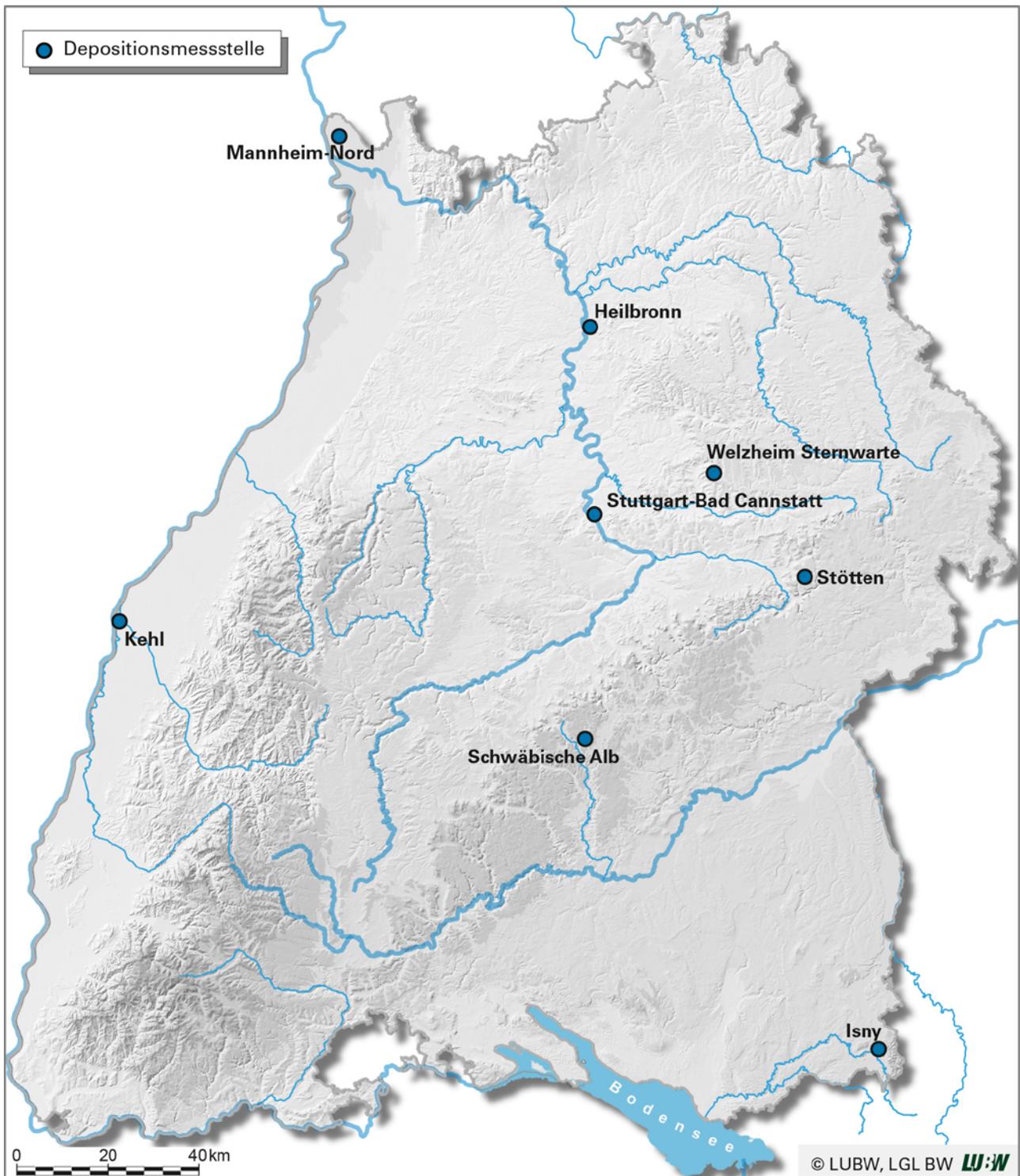


Abbildung 1.3: Lage der Messstellen des Depositionsmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2019

1.3 Ermittlung und Bewertung der Jahreskenngrößen

Aus den Messdaten werden zum Vergleich mit den gültigen Immissionswerten (Tabelle 1.2 und 1.3) sogenannte Jahreskenngrößen berechnet. Die Berechnung der Kenngrößen erfolgt auf Grundlage der in der 39. BImSchV

festgelegten Kriterien (z. B. erforderlicher Anteil gültiger Daten, Datenqualität, zeitliche und räumliche Repräsentativität, Berechnungsvorschrift usw.) sowie mit Hilfe des Handbuchs „Luftqualitätsdaten- und Informationsaustausch in Deutschland“ [UBA 2019].

Tabelle 1.2: Immissionswerte für Luftschadstoffe gemäß der 39. BImSchV

Luftschadstoff	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Wert	Zulässige Anzahl von Überschreitungen	Definition des Immissionswertes
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Menschliche Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m ³	18 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	–	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	1 Stunde ^{a)}	400 µg/m ³	–	Alarmschwelle
Stickstoffoxide (NO _x)	Vegetation	Kalenderjahr	30 µg/m ³	–	Kritischer Wert
Partikel PM ₁₀	Menschliche Gesundheit	1 Tag	50 µg/m ³	35 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	–	Grenzwert
Partikel PM _{2,5}	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	25 µg/m ³	–	Grenzwert
Ozon (O ₃)	Menschliche Gesundheit	8 Stunden ^{b)}	120 µg/m ³	25 im Kalenderjahr ^{c)}	Zielwert
	Menschliche Gesundheit	1 Stunde	180 µg/m ³	–	Informationsschwelle
	Menschliche Gesundheit	1 Stunde	240 µg/m ³	–	Alarmschwelle
	Vegetation	AOT40 ^{d)}	18.000 (µg/m ³)h	–	Zielwert
	Vegetation	AOT40 ^{d)}	6.000 (µg/m ³)h	–	langfristiges Ziel
Schwefeldioxid (SO ₂)	Menschliche Gesundheit	1 Stunde	350 µg/m ³	24 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	1 Tag	125 µg/m ³	3 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	1 Stunde ^{a)}	500 µg/m ³	–	Alarmschwelle
	Ökosysteme	Kalenderjahr	20 µg/m ³	–	Kritischer Wert
	Ökosysteme	Winterhalbjahr ^{e)}	20 µg/m ³	–	Kritischer Wert
Kohlenmonoxid (CO)	Menschliche Gesundheit	8 Stunden ^{b)}	10 mg/m ³	–	Grenzwert
Benzol (C ₆ H ₆)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	5 µg/m ³	–	Grenzwert
Benzo[a]pyren (C ₂₀ H ₁₂ , B[a]P)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	1 ng/m ³	–	Zielwert
Arsen (As)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	6 ng/m ³	–	Zielwert
Blei (Pb)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	–	Grenzwert
Kadmium (Cd)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	5 ng/m ³	–	Zielwert
Nickel (Ni)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	20 ng/m ³	–	Zielwert

a) gemessen an 3 aufeinanderfolgenden Stunden

b) höchster gleitender 8-Stundenmittelwert eines Tages

c) gemittelt über 3 Jahre, gültige Daten für 1 Jahr

d) AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb), die summierte Differenz zwischen 1-Stundenmittelwerten über 80 µg/m³ (= 40 ppb) und 80 µg/m³ (= 40 ppb) im Zeitraum 1. Mai bis 31. Juli zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit; gemittelt über 5 Jahre, gültige Daten für 3 Jahre

e) 1.10. bis 31.3.



Tabelle 1.3: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen gemäß der TA Luft

Stoffgruppe	Mittelungszeitraum	Immissionswert
Staubniederschlag	Kalenderjahr	0,35 g/(m ² d)
Arsen und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Arsen	Kalenderjahr	4 µg/(m ² d)
Blei und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Blei	Kalenderjahr	100 µg/(m ² d)
Kadmium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Kadmium	Kalenderjahr	2 µg/(m ² d)
Nickel und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Nickel	Kalenderjahr	15 µg/(m ² d)
Quecksilber und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Quecksilber	Kalenderjahr	1 µg/(m ² d)
Thallium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Thallium	Kalenderjahr	2 µg/(m ² d)



1.4 Vorgehen zur Überprüfung der räumlichen Repräsentativität

Nach Anlage 3 B der 39. BImSchV ist der Ort einer Probenahmestelle im Allgemeinen so zu wählen, dass die Messung von Umweltzuständen, die einen sehr kleinen Raum in ihrer unmittelbaren Nähe betreffen, vermieden wird. Der Ort der Probenahmestelle ist demnach so auszuwählen, dass die Luftproben für die Luftqualität eines Straßenabschnitts von nicht weniger als 100 Meter Länge repräsentativ sind. Außerdem soll die Probenahmestelle in einem Bereich liegen, in dem die höchsten Werte auftreten, in dem die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt betroffen ist. Seit Beginn der verkehrsnahen Spotmessungen zur Umsetzung der 39. BImSchV im Jahr 2004 hat die LUBW hierzu ein einheitliches Vorgehen festgelegt.

Bei der Einrichtung einer neuen verkehrsnahen Messstelle wird ein aus fachlicher Sicht möglichst geeigneter Messstandort als Referenzmesspunkt ausgewählt. In diesen Prozess gehen alle verfügbaren Vorinformationen ein.

Zur Überprüfung der räumlichen Repräsentativität werden zusätzlich zum Referenzmesspunkt zeitlich befristet sogenannte Profilmesspunkte entlang des Straßenabschnitts aufgebaut, an denen Stickstoffdioxid mit Passivsammlern bestimmt wird. Dies erfolgt einerseits bei der Einrichtung einer neuen verkehrsnahen Messstelle und andererseits zur Überprüfung der räumlichen Repräsentativität an bestehenden Messstellen aufgrund des allgemein sinkenden Konzentrationsniveaus von Stickstoffdioxid. Zeigen die Profilmesspunkte eine vergleichbare Belastungssituation wie der Referenzmesspunkt, ist der Referenzmesspunkt als repräsentativ für den betrachteten Straßenabschnitt von mindestens 100 Meter Länge einzustufen.

Im Wesentlichen sind drei Situationen zu unterscheiden:

- Liegen die Jahresmittelwerte des Referenzmesspunktes und der Profilmesspunkte im betrachteten Straßenabschnitt über dem Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid, so ist von einer Überschreitung des Immissionsgrenzwertes nach 39. BImSchV auszugehen.

- Liegen die Jahresmittelwerte des Referenzmesspunktes und der Profilmesspunkte im betrachteten Straßenabschnitt unter dem Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid, so ist von einer Einhaltung des Immissionsgrenzwertes nach 39. BImSchV auszugehen.
- Liegen die Jahresmittelwerte des Referenzmesspunktes und/oder der Profilmesspunkte im betrachteten Straßenabschnitt teilweise unter bzw. über dem Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid, ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich. In der Regel ist von einer Einhaltung des Immissionsgrenzwertes nach 39. BImSchV auszugehen, da die Grenzwertüberschreitung meist nicht mehr für einen Straßenabschnitt von mindestens 100 Metern repräsentativ ist.

Die räumliche Verteilung von Stickstoffdioxid an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2019 wird in Kapitel 2.2.1 ausführlich diskutiert. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Profilmesspunkte in den Kartenausschnitten im Anhang 5.4 dargestellt.

1.5 Veröffentlichung der Immissionsdaten

Die ermittelten und stündlich aktualisierten Messdaten sowie Informationen zu Überschreitungen von sogenannten Informations- und Alarmschwellen werden wie folgt von der LUBW bereitgestellt:

- Internet: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/luft> (Rubrik: > Aktuelle Messwerte)
- Telefonischer Ansgedienst: 0721/5600-3520
- Fernsehtext des SWR ab Tafel 174

2 Jahreskenngrößen und Beurteilung der Luftqualität 2019

Aus den in Baden-Württemberg erhobenen Messergebnissen im Jahr 2019 wurden Jahreskenngrößen ermittelt, die mit den in der 39. BImSchV festgelegten Immissionswerten (Grenzwerte, Zielwerte, kritische Werte usw.) verglichen werden und somit die Grundlage für die Beurteilung der Luftqualität in Baden-Württemberg sind. Die Tabellen 2.1 bis 2.4 geben einen Überblick über die Messergebnisse im Jahr 2019.

Die Ergebnisse der verkehrsnahen Spotmessungen sowie der Verkehrsmessstationen sind noch einmal gesondert in der Tabelle 2.5 aufgeführt. Darüber hinaus werden die

Ergebnisse dieser Messungen in Kartenausschnitten im Anhang 5.4 (soweit vorhanden auch Ergebnisse der Profil- und Hintergrundmesspunkte, Partikel $PM_{2,5}$ und Schwermetalle) dargestellt.

Zusätzlich werden in der Tabelle 2.6 die Ergebnisse verschiedener Sondermessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2019 dargestellt.

Überschreitungen von Immissionsgrenz- bzw. Zielwerten sind in den o. g. Tabellen farblich gekennzeichnet.

Tabelle 2.1: Messergebnisse (Jahreskenngrößen) für Stickstoffdioxid, Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes, an den Spotmessstellen und an ausgewählten Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstelle	Stickstoffdioxid		Partikel PM ₁₀		Partikel PM _{2,5}	Ozon				Stations- typ
	JMW [µg/m³]	Az1h>200	JMW [µg/m³]	AzT>50	JMW [µg/m³]	Max1h [µg/m³]	AzT8h>120	Az1h>180	AOT40 [(µg/m³)h]	
Aalen	21	0	14	0	–	171	34	0	20960	S
Backnang Eugen-Adolff-Straße*	39	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Baden-Baden	14	0	12	0	–	224	36	15	20709	S
Balingen Schömberger Straße*	28	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Bernhausen	24	0	16	2	–	214	33	16	19538	S
Biberach	16	0	14	0	–	157	23	0	17604	S
Eggenstein	22	0	15	0	–	196	36	7	19955	S
Esslingen Grabbrunnenstraße*	39	–	23	16	–	–	–	–	–	SPOT
Freiburg	16	0	13	2	8	219	37	18	21542	S
Freiburg Schwarzwaldstraße	36	0	15	3	9	–	–	–	–	V
Friedrichshafen	21	0	14	1	–	191	32	4	19492	S
Gärtringen	12	0	12	1	–	200	42	8	23481	S
Heidelberg	21	0	15	0	–	197	32	4	17256	S
Heidelberg Mittermaierstraße*	34	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heidenheim Wilhelmstraße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn	24	0	18	2	11	196	28	5	17807	S
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	47	0	22	8	12	–	–	–	–	V
Herrenberg Hindenburgstraße*	37	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ilsfeld König-Wilhelm-Straße*	30	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	34	0	16	1	11	–	–	–	–	V
Karlsruhe-Nordwest	21	0	15	0	10	208	37	22	20876	S
Kehl	24	0	16	2	11	209	28	8	18466	S
Konstanz**	19	0	14	0	10	188	29	3	19824	S
Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße*	33	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Leonberg Grabenstraße	36	0	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg	22	0	15	2	–	184	35	1	20856	S
Ludwigsburg Friedrich- straße	46(1)	0	23	11	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim Friedrichsring	42	0	20	4	12	–	–	–	–	V
Mannheim Luisenring*	37	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim-Nord	23	0	16	1	11	218	35	17	19799	S
Marbach Schillerstraße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Markgröningen Grabenstraße*	33	–	24	31	–	–	–	–	–	SPOT
Mühlacker Stuttgarter Straße*	39	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Neuenburg	18	0	15	1	–	206	31	15	18086	S
Öhringen Schillerstraße*	40	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Pfintzal Karlsruher Straße	34	0	17	2	12	–	–	–	–	V

Messstelle	Stickstoffdioxid		Partikel PM ₁₀		Partikel PM _{2,5}	Ozon				Stations- typ
	JMW [µg/m³]	Az1h>200	JMW [µg/m³]	AzT>50	JMW [µg/m³]	Max1h [µg/m³]	AzT8h>120	Az1h>180	AOT40 [(µg/m³)h]	
Pforzheim	23	0	14	0	9	197	20	5	15162	S
Pforzheim Jahnstraße*	33	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Pleidelsheim Beihinger Straße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ravensburg Schussenstraße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Reutlingen**	23	0	14	3	–	173	23	0	15804	S
Reutlingen Lederstraße-Ost	46	0	21	10	11	–	–	–	–	V
Schramberg Oberndorfer Straße	31	0	14	2	10	–	–	–	–	V
Schwäbisch Gmünd Remsstraße*	34	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Schwäbische Alb	6	0	10	0	7	181	26	1	19456	L
Schwarzwald-Süd	4	0	7	0	5	240	64	31	23433	L
Sindelfingen Hanns- Martin-Schleyer-Straße*	38	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Am Neckartor	53	2	28	25 (27)	13	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	43	0	23	6	11	183	10	1	8582	V
Stuttgart Hohenheimer Straße	50	3	20	5	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Pragstraße*	58	–	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Stuttgart Talstraße*	50	–	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Stuttgart Waiblinger Straße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart-Bad Cannstatt	25	0	15	3	10	190	32	7	17788	S
Tauberbischofsheim	13	0	13	0	–	200	26	4	18599	S
Tübingen	19	0	15	1	10	175	30	0	19178	S
Tübingen Mühlstraße	39	0	22	17	–	–	–	–	–	SPOT
Ulm	24	0	15	0	10	163	20	0	15926	S
Ulm Zinglerstraße*	38	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Villingen-Schwenningen	14	0	12	0	–	168	32	0	21287	S
Weil am Rhein	17	0	13	1	w	195	41	10	22918	S
Wiesloch	17	0	14	0	–	218	39	14	20535	S
Immissionsgrenzwert/ Zielwert	40 µg/m³	18 zulässige Überschrei- tungen im Kalenderjahr	40 µg/m³	35 zulässige Überschrei- tungen im Kalenderjahr	25 µg/m³	–	25 zulässige Überschrei- tungen im Kalenderjahr	–	18000 [(µg/m³)h]	

S = Städtischer Hintergrund L = Ländlicher Hintergrund V = Verkehrsmessstation SPOT = Spotmessstelle SONDER = Sondermessstelle



– keine Messung

* passive NO₂-Messung

** durch Dritte finanzierte Messstelle

¹⁾ keine Überschreitung gemäß 39. BImSchV aufgrund fehlender räumlicher Repräsentativität der NO₂-Grenzwertüberschreitung

Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte/Zielwerte sind rot markiert

AOT40 AOT40 (Mittelwert 2015 bis 2019) [(µg/m³)h]; gemittelt über 5 Jahre, gültige Daten für 3 Jahre

Az1h>180 Anzahl 1-Stundenmittelwerte > 180 µg/m³

Az1h>200 Anzahl 1-Stundenmittelwerte > 200 µg/m³

AzT>50 Anzahl Tagesmittelwerte > 50 µg/m³; Tage mit Überschreitungen aufgrund von Streusalzeinträgen werden von der Gesamtmenge abgezogen;
() ohne Streusalzabzug

AzT8h>120 Anzahl Tage > 120 µg/m³ (Mittelwert 2017 bis 2019); höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages, gemittelt über 3 Jahre, gültige Daten für 1 Jahr

JMW Jahresmittelwert

Max1h höchster 1-Stundenmittelwert

Tabelle 2.2: Messergebnisse (Jahreskenngrößen) für Ammoniak, Benzol, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstelle	Ammoniak	Benzol	Kohlenmonoxid	Schwefeldioxid			Stations- typ
	JMW [µg/m³]	JMW [µg/m³]	Max8h [mg/m³]	Max1h [µg/m³]	MaxTMW [µg/m³]	JMW [µg/m³]	
Aalen	2,1	–	–	14	4	1	S
Biberach	2,1	–	–	–	–	–	S
Eggenstein	–	–	–	42	5	1	S
Freiburg Schwarzwaldstraße	3,0	–	0,7	–	–	–	V
Heilbronn	1,8	–	–	–	–	–	S
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	–	–	1,8	–	–	–	V
Isny	4,0	–	–	–	–	–	S
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	–	–	1,7	–	–	–	V
Kehl	1,5	–	–	–	–	–	S
Ludwigsburg Friedrichstraße	4,8	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim Friedrichsring	–	1,3	1,4	–	–	–	V
Mannheim-Nord	2,0	–	–	100	21	3	S
Pfinztal Karlsruher Straße	–	–	1,1	–	–	–	V
Reutlingen Lederstraße-Ost	–	–	1,4	–	–	–	V
Schramberg Oberndorfer Straße	–	–	0,8	–	–	–	V
Schwäbische Alb	1,2	–	–	–	–	–	L
Schwarzwald-Süd	0,4	–	–	2	1	0	L
Stötten	1,7	–	–	–	–	–	L
Stuttgart Am Neckartor	6,9	1,5	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	–	–	1,1	–	–	–	V
Stuttgart-Bad Cannstatt	1,9	–	–	–	–	–	S
Weil Am Rhein	1,2	–	–	–	–	–	S
Welzheim Sternwarte	1,4	–	–	–	–	–	L
Immissionsgrenzwert/Zielwert	–	5 µg/m³	10 mg/m³	350 µg/m³ bei 24 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr	125 µg/m³ bei 3 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr	20 µg/m³	

S = Städtischer Hintergrund L = Ländlicher Hintergrund V = Verkehrsmessstation SPOT = Spotmessstelle
 – keine Messung
 JMW Jahresmittelwert
 Max1h höchster 1-Stundenmittelwert
 Max8h höchster 8-Stundenmittelwert
 MaxTMW höchster Tagesmittelwert



Tabelle 2.3: Messergebnisse (Jahreskenngrößen) für Benzo[a]pyren, Schwermetalle und Ruß in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstelle	Ruß	Benzo[a]pyren	Arsen	Blei	Kadmium	Nickel	Stations- typ
	JMW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	JMW [ng/m^3]	JMW [ng/m^3]	JMW [ng/m^3]	JMW [ng/m^3]	JMW [ng/m^3]	
Esslingen Grabbrunnenstraße	–	0,3	–	–	–	–	SPOT
Freiburg Schwarzwaldstraße	1,7	0,2	–	–	–	–	V
Gärtringen	1,1	0,2	0,2	1,9	0,1	0,3	S
Heilbronn	–	0,2	–	–	–	–	S
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	2,6	0,3	–	–	–	–	V
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	–	0,2	–	–	–	–	V
Kehl	–	0,2	0,4	4,7	0,1	1,0	S
Ludwigsburg Friedrichstraße	2,3	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim Friedrichsring	2,0	0,2	–	–	–	–	V
Pfintal Karlsruher Straße	–	0,4	–	–	–	–	V
Pforzheim	–	0,2	0,3	2,8	0,1	0,7	S
Reutlingen Lederstraße-Ost	–	0,2	–	–	–	–	V
Schramberg Oberndorfer Straße	–	0,5	–	–	–	–	V
Stuttgart Am Neckartor	1,8	0,2	0,6	2,9	0,1	2,9	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	1,8	0,2	0,6	2,7	0,1	1,8	V
Stuttgart-Bad Cannstatt	1,3	0,2	0,4	3,1	0,1	1,1	S
Tübingen	–	0,2	–	–	–	–	S
Tübingen Mühlstraße	–	0,3	–	–	–	–	SPOT
Immissionsgrenzwert/Zielwert	–	1 ng/m³	6 ng/m³	500 ng/m³ (=0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 ng/m³	20 ng/m³	

S = Städtischer Hintergrund V = Verkehrsmessstation SPOT = Spotmessstelle
 – keine Messung
 JMW Jahresmittelwert



Tabelle 2.4: Messergebnisse (Jahreskenngrößen) für Staubbiederschlag und Schwermetalle an den Depositionsstandorten und Messstationen des Luftmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstelle	Bergerhoff-Verfahren							Stations- typ
	Staubbiederschlag	Antimon	Arsen	Blei	Chrom	Kadmium	Nickel	
	JMW [g/(m ² d)]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	
Heilbronn	0,07	1,5	0,7	5,6	11,9	0,09	5,1	S
Isny	0,05	0,2	0,2	1,1	1,7	0,06	0,9	DEPO
Kehl	0,05	0,6	0,4	4,8	16,3	0,13	2,5	S
Mannheim-Nord	0,09	0,7	7,2 ¹⁾	5,2	6,8	0,09	2,5	S
Schwäbische Alb	0,03	0,2	0,2	1,0	1,4	0,04	0,7	L
Stuttgart-Bad Cannstatt	0,05	0,6	0,4	2,0	3,9	0,04	1,4	S
Immissionswert	0,35 g/(m²d)	–	4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	100 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	–	2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	15 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	

S = Städtischer Hintergrund L = Ländlicher Hintergrund DEPO = Depositionsmessstelle
 JMW Jahresmittelwert

¹⁾ mit erhöhtem Arsenwert im 9. Messzyklus (26.06.2019 – 24.07.2019)



Tabelle 2.5: Ergebnisse der Messungen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Kennung	Messstelle	Stickstoffdioxid NO ₂			Partikel PM ₁₀			Benzol JMW [µg/m ³]	Ruß JMW [µg/m ³]	B[a]P JMW [ng/m ³]	PM _{2.5} JMW [µg/m ³]	Kfz [Kfz/ Tag]	Lkw [Lkw/ Tag]	DTV basiert auf
		max. 1h-MW [µg/m ³]	Alarmschw. Anzahl der 1h-MW > 400 µg/m ³	Anzahl der 1h-MW > 200 µg/m ³	JMW [µg/m ³]	max. TMW [µg/m ³]	Anzahl der TMW > 50 µg/m ³							
Spotmessstelle														
DEBW219	Backnang Eugen-Adolf-Strasse				39							17.400	310	Verkehrszählung 2019
DEBW213	Balingen Schönberger Straße				28							15.100	1.070	Emissionskataster 2016
DEBW220	Esslingen Grabbrunnenstraße				39		16			0,3		27.200	630	Emissionskataster 2016
DEBW151	Heidelberg Mittermaierstraße				34			23				26.000	500	Emissionskataster 2016
DEBW145	Heidenheim Wilhelmstraße				36							9.400	550	Emissionskataster 2016
DEBW135	Herrnberg Hindenburgstraße				37							18.300	520	Emissionskataster 2016
DEBW133	Ilsfeld König-Wilhelm-Strasse				30							18.700	920	Emissionskataster 2016
DEBW223	Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße				33							12.300	260	Emissionskataster 2016
DEBW120	Leonberg Grabenstraße	118	0	0	36							23.100	580	Emissionskataster 2016
DEBW117	Ludwigsburg Friedrichstraße	161	0	0	46 ⁽¹⁾	70	11	23	2,3			33.600	1.120	Verkehrszählung 2019
DEBW115	Mannheim Luisenring				37							43.800	2.050	Emissionskataster 2016
DEBW229	Marbach Schillerstraße				36							16.800	1.240	Emissionskataster 2016
DEBW142	Markgröningen Grabenstraße				33		31	24				12.600	280	Emissionskataster 2016
DEBW128	Mühlacker Stuttgarter Straße				39							13.400	820	Emissionskataster 2016
DEBW230	Öhringen Schillerstraße				40							12.800	1.400	Emissionskataster 2016
DEBW130	Pforzheim Jahnstraße				33							31.200	1.170	Emissionskataster 2016
DEBW121	Pleidelsheim Behinger Straße				36							15.900	850	Emissionskataster 2016
DEBW228	Ravensburg Schussenstraße				36							24.600	1.090	Emissionskataster 2016
DEBW155	Schwäbisch Gmünd Remsstraße				34							21.800	1.620	Emissionskataster 2016
DEBW233	Sindelfingen Hamms-Martin-Schleyer-Straße				38							27.900	580	Verkehrszählung 2016
DEBW118	Stuttgart Am Neckartor	211	0	2	53	83	27	28	1,5	0,2	13	59.600	1.710	Verkehrszählung 2019
DEBW116	Stuttgart Hohenheimer Straße	233	0	3	50	86	5	20				28.800	520	Verkehrszählung 2019
DEBW134	Stuttgart Waiblinger Straße				36							21.600	590	Emissionskataster 2016
DEBW136	Tübingen Mühlstraße	132	0	0	39	85	17	22		0,3		5.800	1.440	Verkehrszählung 2019
DEBW138	Ulm Zinglerstraße				38							20.400	690	Emissionskataster 2016

Kennung	Messstelle	Stickstoffdioxid NO ₂			Partikel PM ₁₀			Benzol JMW [µg/m ³]	Ruß JMW [µg/m ³]	B[a]P JMW [ng/m ³]	PM _{2,5} JMW [µg/m ³]	Kfz [Kfz/ Tag]	Lkw [Lkw/ Tag]	DTV basiert auf		
		max. 1h-MW [µg/m ³]	Alarmschw. Anzahl der 1h-MW > 400 µg/m ³	Anzahl der 1h-MW > 200 µg/m ³	JMW [µg/m ³]	JMW (Passiv) [µg/m ³]	max. TMW [µg/m ³]								Anzahl der TMW > 50 µg/m ³	davon Streusalz
Verkehrsmessstation																
DEBW122	Freiburg Schwarzwaldstraße	139	0	0	36		3		15		1,7	0,2	9	51.500	3.340	Verkehrszählung 2019
DEBW152	Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	151	0	0	47		8		22		2,6	0,3	12	32.500	810	Emissionskataster 2016
DEBW080	Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	192	0	0	34		1		16			0,2	11	22.500	120	Verkehrszählung 2019
DEBW098	Mannheim Friedrichsring	189	0	0	42		4		20		1,3	0,2	12	37.100	630	Emissionskataster 2016
DEBW125	Pfinztal Karlsruher Straße	116	0	0	34		2		17			0,4	12	20.900	970	Verkehrszählung 2019
DEBW147	Reutlingen Lederstraße-Ost	132	0	0	46		10		21			0,2	11	36.300	1.060	Verkehrszählung 2019
DEBW156	Schramberg Oberndorfer Straße	94	0	0	31		2		14			0,5	10	13.200	930	Verkehrszählung 2019
DEBW099	Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	157	0	0	43		6		23		1,8	0,2	11	52.500	1.370	Emissionskataster 2016

¹⁾ keine Überschreitung gemäß 39. BImSchV aufgrund fehlender räumlicher Repräsentativität der NO₂-Grenzwertüberschreitung

MW Mittelwert

JMW Jahresmittelwert

TMW Tagesmittelwert

DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

Emissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte

■ Grenz-/Zielwert eingehalten

■ Grenz-/Zielwert überschritten

■ Zielwert nach Rundungsregel eingehalten, jedoch Verbesserungsbedarf

Tabelle 2.6: Ergebnisse der Messungen an den Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Kennung	Messstelle	Stickstoffdioxid NO ₂		Partikel PM ₁₀		Ruß JMW [µg/m ³]	B[a]P JMW [µg/m ³]	PM _{2,5} JMW [ng/m ³]	Levoglucon JMW [µg/m ³]	Kfz [Kfz/Tag]	Lkw [Lkw/Tag]	DTV
		JMW (Passiv) [µg/m ³]	max. TMW [µg/m ³]	Anzahl der TMW > 50 µg/m ³	JMW [µg/m ³]							
Sondermessungen Stuttgart (Kapitel 1.1.3 und 2.2.3)												
286	Stuttgart Pragstraße 90/92	58								46.700	3.640	Emissionskataster 2016
verkehrsnahe Sondermessungen (Kapitel 1.1.3 und 2.2.3)												
334	Blaustein Bahnhofstraße	39								12.900	680	Emissionskataster 2016
339	Esslingen Schornborfer Straße	35								9.300	270	Emissionskataster 2016
341	Geislingen Stuttgarter Straße	36								13.000	970	Emissionskataster 2016
04-1-071	Göppingen Lorcher Straße	38								15.000	970	Emissionskataster 2016
354	Stuttgart Talstraße	50								23.000	530	Emissionskataster 2016
04-2-050	Wiesloch Baieraler Straße	35								23.900	640	Emissionskataster 2016
Schwarzalbtäler (Kapitel 4.2)												
-	Försbach, Parkplatz Murgallee		41	0	11	1,1	0,2	8	0,1	-	-	-
-	Kleines Wiesental, Parkplatz Rathaus		50	0	11	1,1	0,2	9	0,2	-	-	-
-	Schuttertal, Grundschule Modescher Straße		47	0	14	1,2	0,4	11	0,2	-	-	-
Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte												
	Grenz-/Zielwert eingehalten				MW Mittelwert							
	Grenz-/Zielwert eingehalten				JMW Jahresmittelwert							
	Grenz-/Zielwert überschritten				TMW Tagesmittelwert							
	Zielwert nach Rundungsregel eingehalten, jedoch Verbesserungsbedarf				DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke							



2.1 Meteorologie

Die Entwicklung der Luftqualität hängt neben den Emissionen maßgeblich von den übers Jahr herrschenden meteorologischen Bedingungen ab. So sind insbesondere bei den Luftschadstoffen Feinstaub PM_{10} und Ozon große saisonale Schwankungen bei den 1-Stunden- bzw. Tagesmittelwerten zu beobachten. Lang andauernde Hochdruckwetterlagen in den Wintermonaten mit eingeschränkten Austauschbedingungen führen zu einer Anreicherung der Luftschadstoffkonzentrationen in den bodennahen Luftschichten und hohen Feinstaubkonzentrationen. Aber auch in den Sommermonaten spielen Hochdruckwetterlagen aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung in Verbindung mit hohen Temperaturen und Trockenheit eine entscheidende Rolle für das Auftreten hoher Ozonkonzentrationen. Hohe Ozonkonzentrationen können wiederum straßennah in den Sommermonaten zu erhöhten Stickstoffdioxidkonzentrationen führen. Auch die Bildung von sekundären Aerosolen kann im Sommer bei entsprechender Witterung zu einer erhöhten Feinstaubbelastung beitragen.

Das Jahr 2019 war in Baden-Württemberg im Vergleich zum Vorjahr 2018 [DWD 2019]

- mit einer Jahresmitteltemperatur von $9,9^{\circ}C$ um $0,5$ Grad kühler, zählt jedoch zusammen mit 2015 und 1994 zu den drittwärmsten Jahren in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Höhere Werte wurden nur im Jahr 2014 mit durchschnittlich $10,1^{\circ}C$ und 2018 mit $10,4^{\circ}C$ erreicht.
- ein dem Durchschnitt entsprechendes Niederschlagsjahr. Im Vergleich zum Dürrejahr 2018 fielen im Jahr 2019 168 mm bzw. 18 % mehr Niederschlag.
- mit etwa 1.900 Stunden sonnenscheinreich (1.607 Stunden langjähriges Mittel). Von den bundesweiten Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) war die im

Süden Baden-Württembergs liegende Station Rheinfelden mit etwa 2.120 Stunden die sonnenscheinreichste Station Deutschlands. Im Schnitt war das Jahr 2018 mit 2.005 Stunden sonnenscheinreicher, dies spiegelt sich insbesondere in den Herbstmonaten wieder.

Die Tabelle 2.7 gibt einen Überblick über die meteorologischen Kenngrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer für Rheinstetten und Stuttgart-Schnarrenberg im Jahr 2019 und im Vergleich zum langjährigen Mittel. Die Durchschnittswerte der meteorologischen Größen sind seit 2013 auf den Zeitraum von 1981 bis 2010 bezogen.

In der Abbildung 2.1 sind für das Jahr 2019 anhand von Monatswerten der Verlauf und die Abweichungen vom bzw. die Anteile am langjährigen Mittel für Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer beispielhaft an den DWD-Stationen Rheinstetten bei Karlsruhe und Stuttgart-Schnarrenberg dargestellt. Die Temperaturmittel der Sommermonate Juni, Juli und August waren im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich erhöht und lagen etwa im Bereich des Jahres 2018. Der Juni 2019 war in Baden-Württemberg der zweitwärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Bzgl. Niederschlag waren im Jahr 2019 die Monate Februar, April und Juni im Vergleich zum Langzeitmittel viel trockener; im Oktober fiel hingegen mehr Niederschlag als üblich.

Eingeschränkte Austauschbedingungen, d. h. ausgeprägte Hochdruckwetterlagen mit wenig Niederschlagstätigkeit lagen im Februar 2019 vor. Allerdings zeigte sich der Februar 2019 auch als sonnenscheinreichster Februar seit Messbeginn und mit sehr hohen Tageshöchsttemperaturen bereits richtig frühlingshaft.

Tabelle 2.7: Meteorologische Kenngrößen für Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2019 sowie die Abweichungen vom bzw. die Anteile am langjährigen Mittel (1981 bis 2010) für Rheinstetten und Stuttgart-Schnarrenberg (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

	Einheit	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Lufttemperatur													
Rheinstetten 2019													
Monatsmittelwert	°C	1,9	4,9	8,4	10,8	12,5	20,9	21,3	20,8	15,9	12,5	6,2	4,6
Abweichung vom langjährigen Mittel	°C	0,0	2,1	1,7	0,3	-2,5	2,8	1,0	1,0	0,4	1,7	0,5	1,8
Stuttgart 2019													
Monatsmittelwert	°C	1,2	5,6	8,3	10,8	12,1	20,7	21,0	20,2	15,8	12,5	6,0	4,5
Abweichung vom langjährigen Mittel	°C	-0,2	3,3	2,2	1,0	-2,2	3,4	1,3	1,1	0,8	2,0	0,7	2,2
Niederschlag													
Rheinstetten 2019													
Monatssumme	mm	44	20	65	39	106	51	51	53	46	114	51	74
Anteil am langjährigen Mittel	%	71%	32%	100%	66%	119%	61%	61%	78%	69%	136%	72%	94%
Stuttgart 2019													
Monatssumme	mm	67	16	42	26	105	63	64	91	42	60	35	41
Anteil am langjährigen Mittel	%	186%	47%	102%	54%	122%	77%	86%	138%	82%	107%	76%	76%
Sonnenscheindauer													
Rheinstetten 2019													
Monatssumme	h	33	159	158	172	216	307	302	267	185	101	41	64
Anteil am langjährigen Mittel	%	66%	196%	127%	98%	103%	138%	123%	117%	112%	97%	72%	168%
Stuttgart 2019													
Monatssumme	h	37	170	175	179	192	295	281	239	194	112	60	108
Anteil am langjährigen Mittel	%	53%	183%	139%	106%	96%	140%	116%	107%	120%	98%	80%	189%



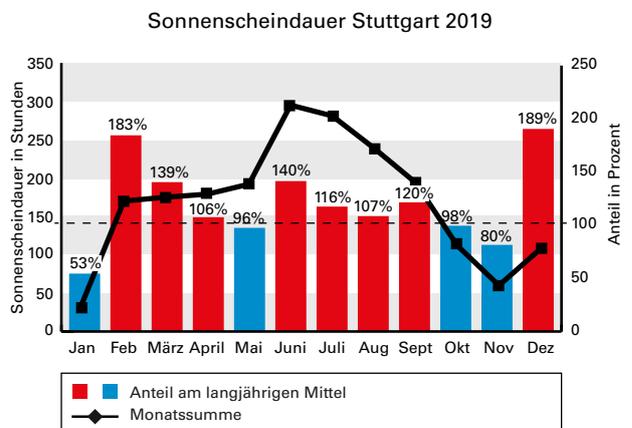
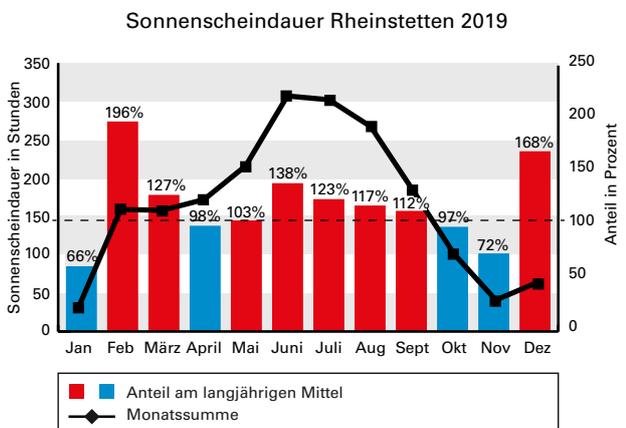
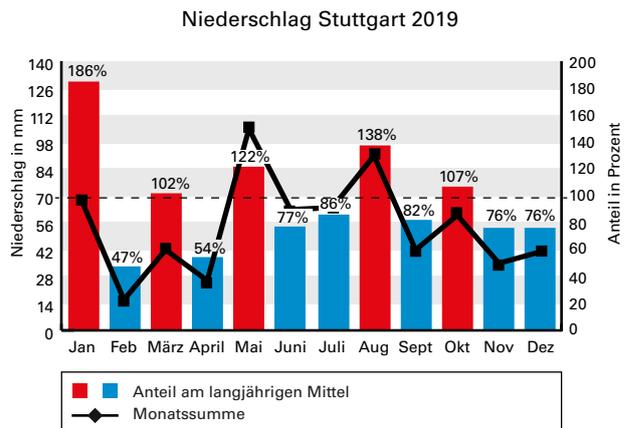
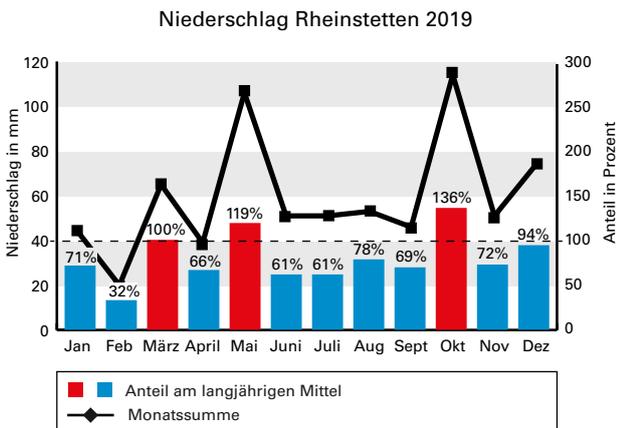
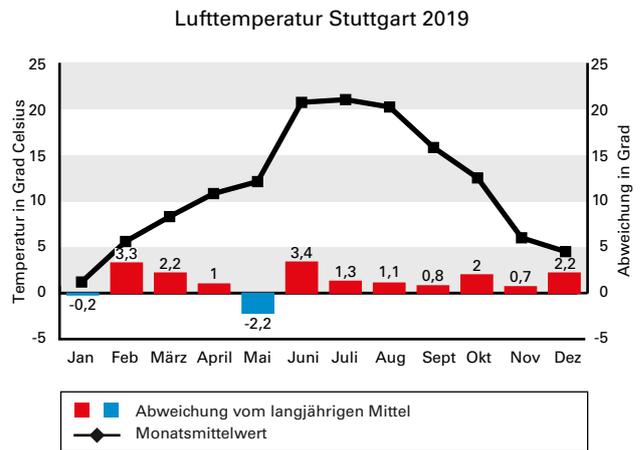
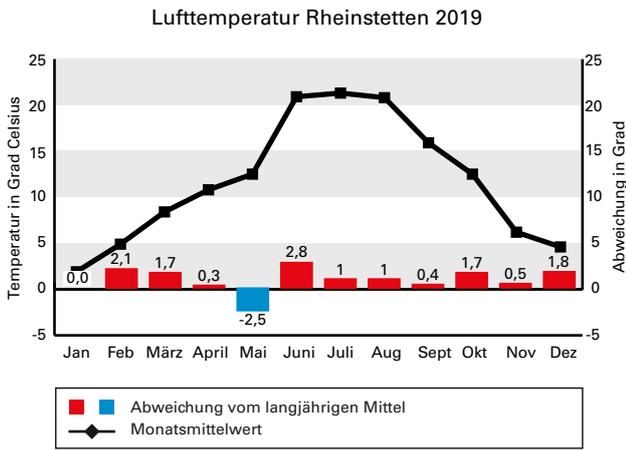


Abbildung 2.1: Meteorologische Kenngrößen für Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2019 sowie die Abweichungen vom bzw. die Anteile am langjährigen Mittel (1981 bis 2010) für Rheinstetten und Stuttgart-Schnarrenberg (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

2.2 Stickstoffdioxid

2.2.1 Räumliche Verteilung von NO₂ an den verkehrsnahen Messstellen

Im Jahr 2019 wurden an insgesamt 15 verkehrsnahen Messstellen Profilmessungen durchgeführt:

- An 9 verkehrsnahen Messstellen wurden bestehende Profilmessungen fortgesetzt.
- Neu eingerichtet wurden Profilmessungen im Jahr 2019 an den langjährigen Messstellen Freiburg Schwarzwaldstraße (ab 01.07.2019), Heilbronn Weinsberger Straße-Ost und Reutlingen Lederstraße-Ost sowie an den Messstellen Esslingen Grabbrunnenstraße (ab 01.07.2019), Mannheim Luisenring und Blaustein Bahnhofstraße (ab 01.07.2019).

An allen Profilmesspunkten (PMP) wurde die Stickstoffdioxidbelastung mit Passivsammlern bestimmt.

Ergänzend zu den Profilmessungen wurden im Jahr 2019 an 4 verkehrsnahen Messstellen Messungen der städtischen Hintergrundbelastung in den betreffenden Stadtteilen durchgeführt. Sie dienen u. a. der Maßnahmenplanung

bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte an den Referenzmesspunkten.

Die Ergebnisse der Referenz-, Profil- und Hintergrundmesspunkte sind in der Abbildung 2.2 und in Kartenausschnitten im Anhang 5.4 dargestellt.

An 12 Messstellen haben die Profilmessungen die Messergebnisse an den Referenzmesspunkten im Hinblick einer Überschreitung bzw. Einhaltung des Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ für Stickstoffdioxid im Jahr 2019 bestätigt. Dabei wurde an 3 von diesen 12 Messstellen sowohl am Referenzmesspunkt als auch an den Profilmesspunkten eine Überschreitung des Stickstoffdioxidgrenzwertes festgestellt (Heilbronn Weinsberger Straße-Ost, Reutlingen Lederstraße-Ost und Stuttgart Am Neckartor). An 9 von den 12 Messstellen wurde der Grenzwert am Referenzmesspunkt und den Profilmesspunkten eingehalten.

An den Messstellen Freiburg Schwarzwaldstraße und Markgröningen Grabenstraße wurde der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid am jeweiligen Referenzmesspunkt eingehalten, an einem bzw. an drei Profilmesspunkten hingegen überschritten.

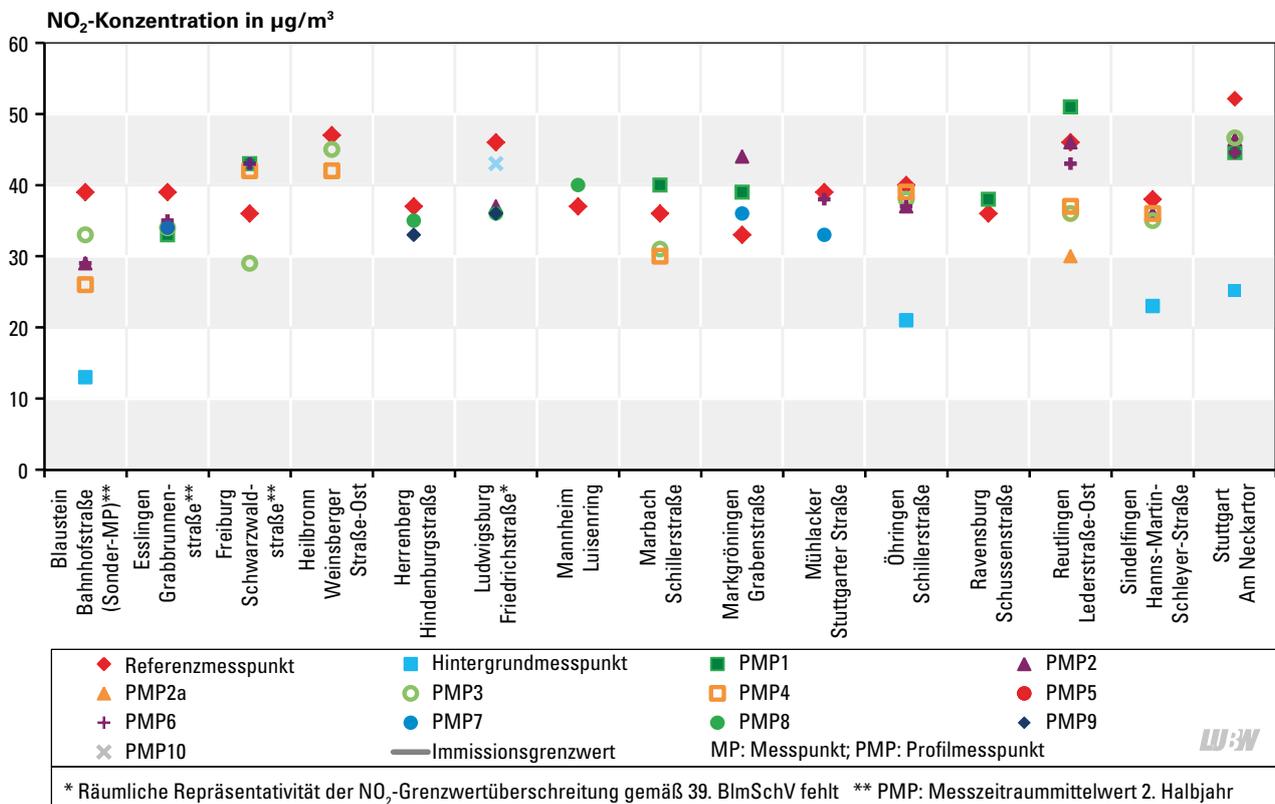


Abbildung 2.2: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Referenz-, Profil- und Hintergrundmesspunkten verkehrsnaher Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

An der Messstelle Markgröningen Grabenstraße liegt lediglich an einem Profilmesspunkt eine Überschreitung des zulässigen Jahresmittelwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid vor. Abbildung 5.21 im Anhang 5.4 zeigt, dass die Belastung weniger als 100 Meter lang ist, folglich liegt eine Einhaltung des Jahresgrenzwertes für 2019 vor.

An der Messstelle Freiburg Schwarzwaldstraße wird der NO_2 -Grenzwert mit $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten (siehe Abbildung 5.6 im Anhang 5.4). Mitte 2019 wurden zusätzliche Profilmesspunkte im weiteren Umfeld aufgebaut. An diesen Profilmesspunkten liegt daher nur ein Halbjahreswert für das 2. Halbjahr 2019 vor. An der Bebauung in der unmittelbaren Umgebung des Referenzmesspunktes wird der Immissionsgrenzwert mit einem NO_2 -Halbjahreswert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten. Die zusätzlichen Profilmesspunkte in der Schützenallee und in der Schwarzwaldstraße liegen im weiteren Umfeld der Messstelle und zeigen NO_2 -Halbjahreswerte zwischen $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sie geben Hinweise auf weitere Bereiche entlang der Schwarzwaldstraße (B 31) mit einer Belastungssituation im Bereich des Immissionsgrenzwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert). Die LUBW prüft im Jahr 2020, ob dieser Bereich repräsentativ sein könnte, ob zusätzliche Profilmesspunkte einzurichten sind und ob ggf. sogar eine zusätzliche Referenzmessstelle eingerichtet werden sollte. Für die bestehende Messstelle Freiburg Schwarzwaldstraße wird aufgrund der Messergebnisse am Referenzmesspunkt für 2019 der Stickstoffdioxidgrenzwert eingehalten. Die Messungen an den Profilmesspunkten werden fortgeführt und ggf. ausgebaut.

An der Messstelle Ludwigsburg Friedrichstraße (Abbildung 5.17 im Anhang 5.4) haben die Profilmessungen gezeigt, dass eine Überschreitung des Jahresmittelwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid nur in unmittelbarer Umgebung des Referenzmesspunktes vorlag. Nur an einem der Profilmesspunkte wurde eine Grenzwertüberschreitung festgestellt. Es handelt sich somit nur um eine kleinräumige Überschreitung, die nicht repräsentativ für einen Straßenabschnitt von mindestens 100 m Länge ist. Der Grenzwert gilt folglich als eingehalten. Die Messergebnisse dieser Messstelle werden nur im Anhang 5.4 des vorliegenden Berichtes veröffentlicht.

2.2.2 Ergebnisse der NO_2 -Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen

Der Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert) konnte an fast allen verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2019 eingehalten werden. Nur noch in den vier Städten Stuttgart, Heilbronn, Reutlingen und Mannheim wird an insgesamt 6 verkehrsnahen Messstellen der Immissionsgrenzwert überschritten (Abbildung 2.3). Im Großraum Stuttgart wurden die höchsten mittleren Stickstoffdioxidkonzentrationen gemessen, $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor und $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Spotmessstelle Stuttgart Hohenheimer Straße. Im Mittel ging die Belastung durch Stickstoffdioxid an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr im Schnitt um 11 % bzw. um $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurück.

An den Messstationen im städtischen und ländlichen Hintergrund wurden keine Überschreitungen festgestellt (Abbildung 2.4). Im städtischen Hintergrund lagen die mittleren Stickstoffdioxidkonzentrationen zwischen $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stuttgart-Bad Cannstatt) und $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gärtringen); die Belastung durch Stickstoffdioxid ging im Mittel um 7 % bzw. $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurück.

Mit den kontinuierlich anzeigenden Messgeräten für Stickstoffdioxid ist eine Überprüfung auf Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) möglich. An vielen Spotmessstellen wird Stickstoffdioxid allerdings mit Passivsammlern gemessen, so dass für diese nur Jahresmittelwerte ermittelt werden können. Die Ergebnisse der kontinuierlichen Stickstoffdioxidmessungen im ländlichen und städtischen Hintergrund, an den Verkehrsmessstationen sowie an 4 Spotmessstellen zeigen, dass der Kurzzeitgrenzwert lediglich an den Spotmessstellen Stuttgart Am Neckartor und Stuttgart Hohenheimer Straße 2 bzw. 3 mal überschritten wurde. Die zulässige Anzahl von 18 Überschreitungen im Kalenderjahr für den Immissionsgrenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) wurde aber somit an allen Messstationen im Land Baden-Württemberg im Jahr 2019 eingehalten.

Der höchste maximale 1-Stundenmittelwert im Jahr 2019 wurde mit $233 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Spotmessstelle Stuttgart Hohenheimer Straße festgestellt. Eine Überschreitung der Alarmschwelle von $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) lag im Jahr 2019 an keiner Messstelle in Baden-Württemberg vor.

Für das Schutzgut Vegetation wurde der kritische Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von 30 µg/m³ (Jahresmittelwert) im Jahr 2019 an den ländlichen Hintergrundmessstationen Schwarzwald-Süd (5 µg/m³) und Schwäbische Alb (8 µg/m³) wieder sicher eingehalten.

Als Ursache für den vor allem an den verkehrsnahen Messstellen hohen bzw. beschleunigten Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung seit 2017 werden neben der allgemeinen Flottenerneuerung und einer Vielzahl von weiteren Maßnahmen auch die Software-Updates zur Reduzierung von Stickoxidemissionen bei Dieselmotoren gesehen. Die am 10.01.2020 veröffentlichte Studie des Kraftfahrtbundesamts zeigt bei Untersuchungen an 74 Fahrzeugen verschiedener Hersteller eine Wirksamkeit, die deutlich über der bisher

veranschlagten Minderung des Nationalen Forum Diesel von 25 bis 30 % liegt. Die untersuchten Fahrzeuge mit Software-Updates im Rahmen von freiwilligen Servicemaßnahmen zeigten Reduktionen der NO_x-Emissionen von rund 59 %, bei Fahrzeugen mit Software-Updates im Rahmen von verpflichtenden Rückrufen lagen die Reduktionen bei rund 14 % [KBA 2020]. Viele Städte haben zudem eine Vielzahl weiterer verkehrlicher Maßnahmen getroffen, um die Stickstoffdioxidbelastung zu reduzieren. Hierzu zählen zum Beispiel Radverkehrskonzepte, Ausbau von Buslinien und Erneuerung der Busflotte, Parkraumbewirtschaftung, Job-Tickets etc.. Ansprechpartner bzgl. der in den einzelnen Kommunen ergriffenen Maßnahmen sind die Kommunen und die zuständigen Regierungspräsidien.

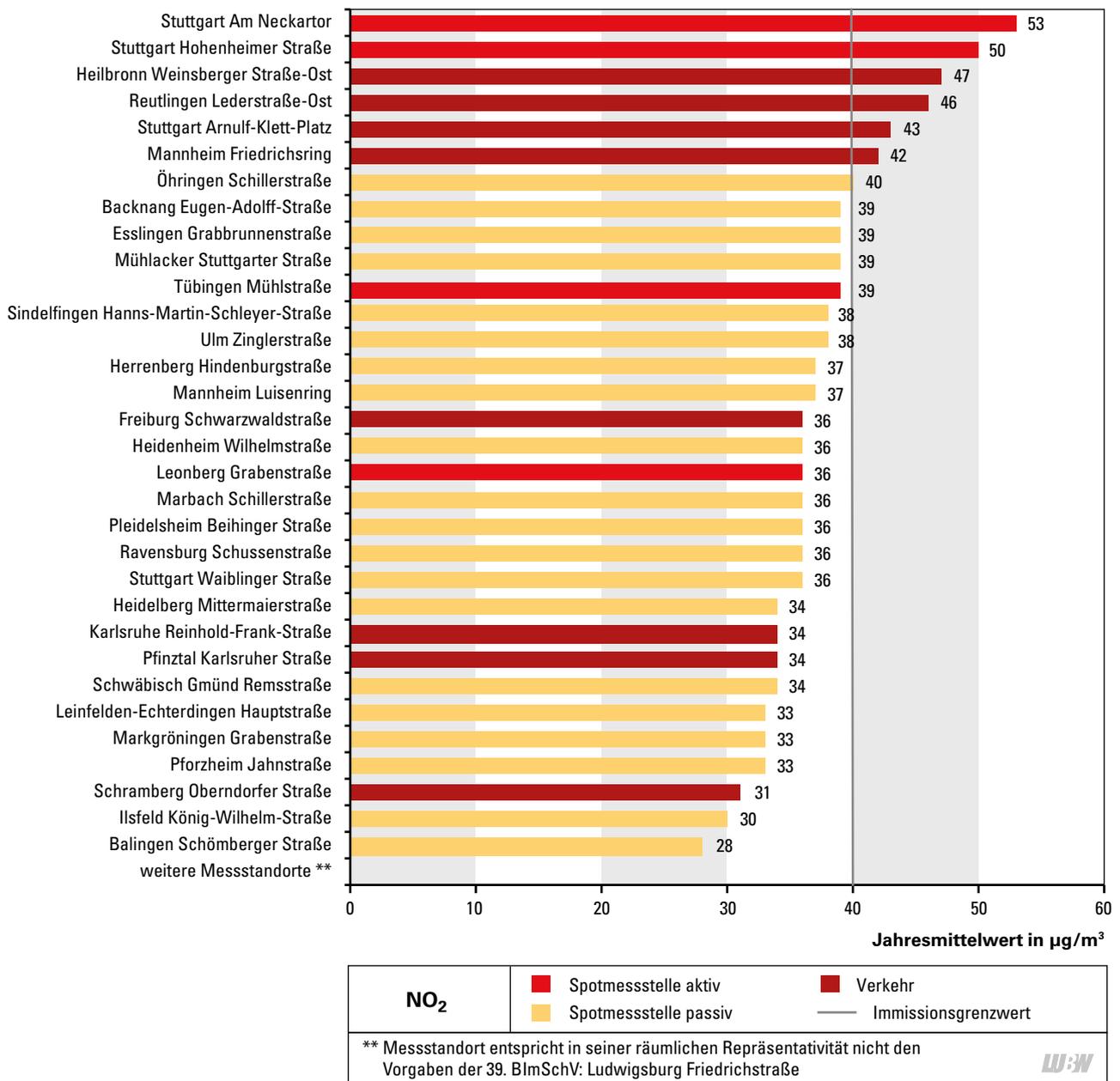


Abbildung 2.3: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

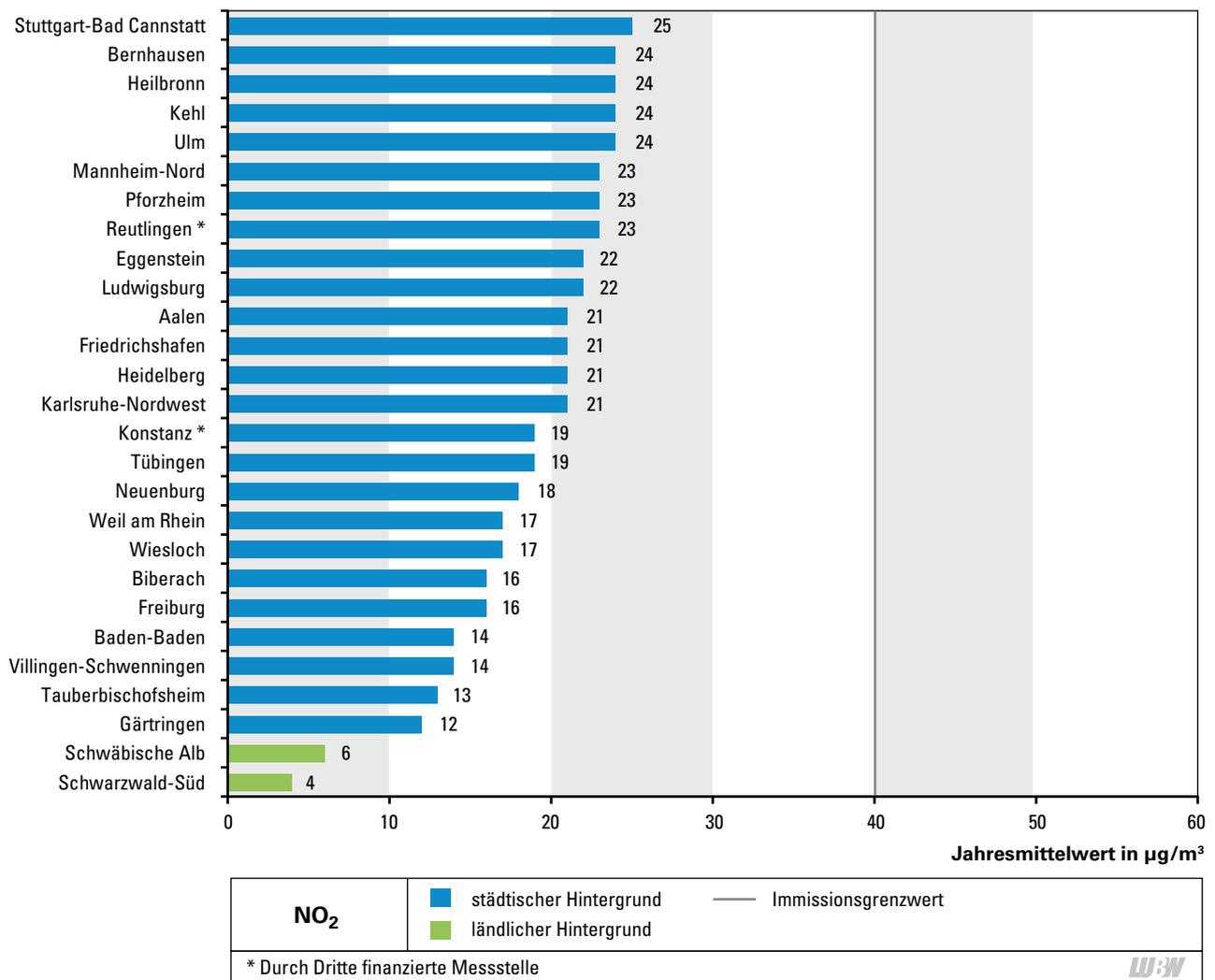


Abbildung 2.4: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.2.3 Ergebnisse der NO₂-Messungen der Sondermessungen

Bei den Sondermessungen Stuttgart wurde an der Messstelle Stuttgart Pragstraße 90/92 der Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert) über-

schritten. Von den 6 bis zum Jahresende 2019 betriebenen Messstellen der verkehrsnahen Sondermessungen zeigte nur die Messstelle Stuttgart Talstraße eine Überschreitung des NO₂-Grenzwertes (Abbildung 2.5).

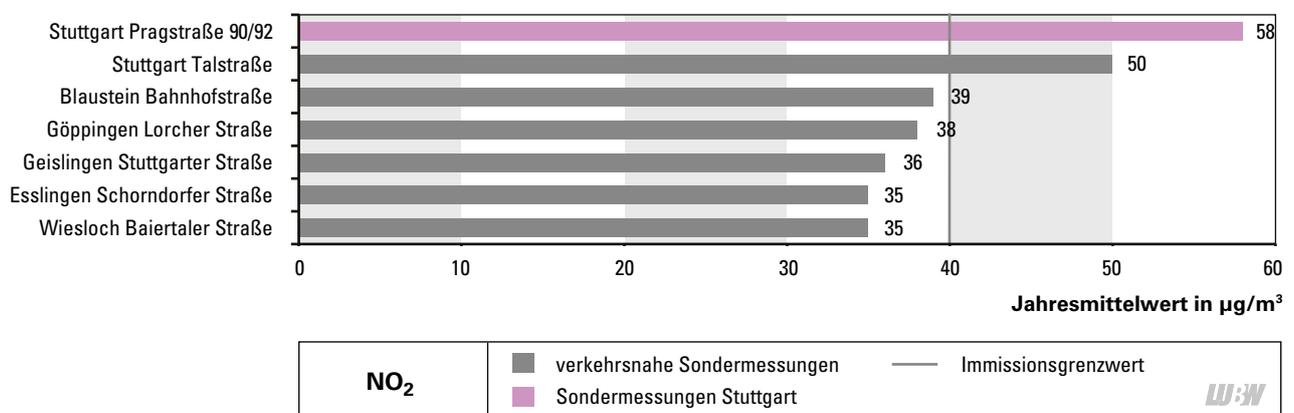


Abbildung 2.5: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.3 Partikel PM₁₀

In Baden-Württemberg wurde im Jahr 2019 an allen verkehrsnahen Messstellen (Abbildung 2.6) sowie an allen Messstationen im städtischen und ländlichen Hintergrund (Abbildung 2.7) der für das Kalenderjahr festgelegte Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ für Partikel PM₁₀ eingehalten. Die Partikel PM₁₀-Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2019 im ländlichen Hintergrund zwischen 7 µg/m³ (Schwarzwald-Süd) und 10 µg/m³ (Schwäbische Alb), im städtischen Hintergrund zwischen 12 µg/m³ (Baden-Baden, Gärtringen und Villingen-Schwenningen) und 18 µg/m³ (Heilbronn) und an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 14 µg/m³ (Schramberg Oberndorfer Straße) und 28 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor).

Der Immissionsgrenzwert von 50 µg/m³ Partikel PM₁₀ (Tagesmittelwert) wurde bei 35 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr im Jahr 2019 an allen Messstationen im Land Baden-Württemberg eingehalten (Abbildungen 2.8 und 2.9). Die mit 31 Tagen meisten Überschreitungen gab

es an der verkehrsnahen Messstelle Markgröningen Grabenstraße.

Hohe Feinstaubbelastungen treten überwiegend in den Wintermonaten bei austauscharmen Verhältnissen in der Atmosphäre auf. In der Abbildung 2.10 ist die Anzahl der Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg mit Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ im Jahresverlauf 2019 dargestellt. Vor allem im Zeitraum von Ende Januar bis Ende März sowie von Ende November bis Ende Dezember kam es an mehreren Messstationen zu Überschreitungen des zulässigen Tagesgrenzwertes. Die erhöhten Partikel PM₁₀-Konzentrationen sind hauptsächlich Phasen mit eingeschränkten atmosphärischen Austauschbedingungen geschuldet. Insgesamt traten solche austauscharmen Wetterlagen seltener im Vergleich zu den Vorjahren und mit Unterbrechungen auf, so dass es zu einer sehr moderaten Anzahl an Überschreitungen des Grenzwertes kam.

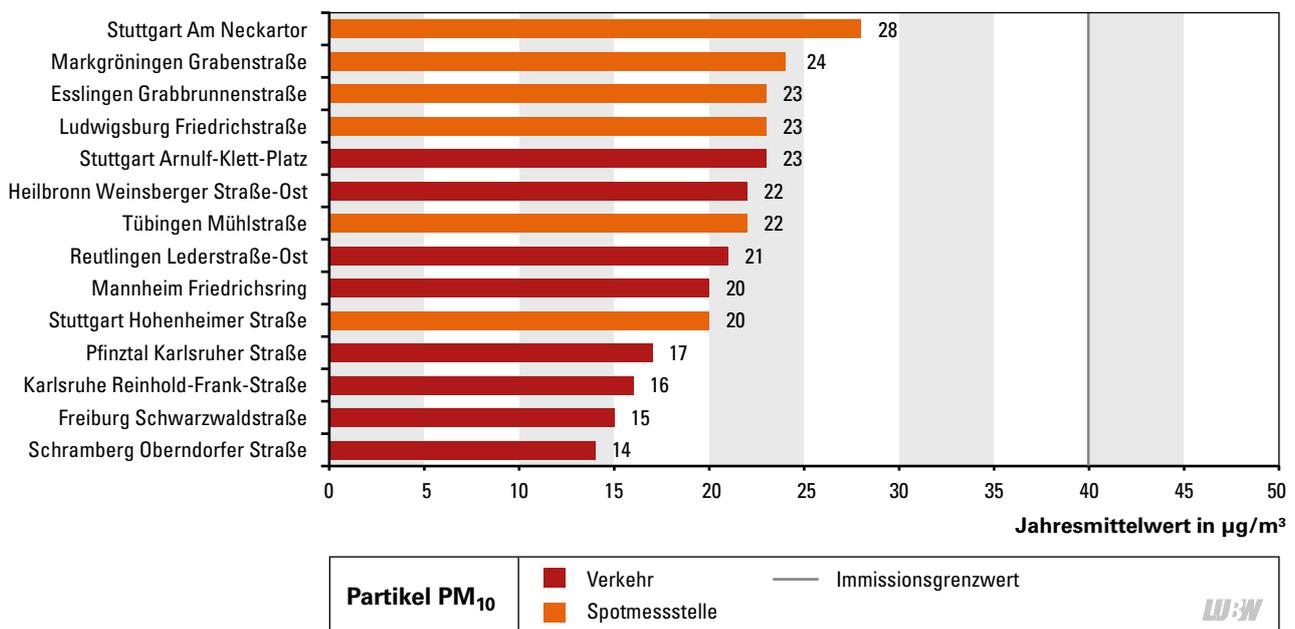


Abbildung 2.6: Jahresmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

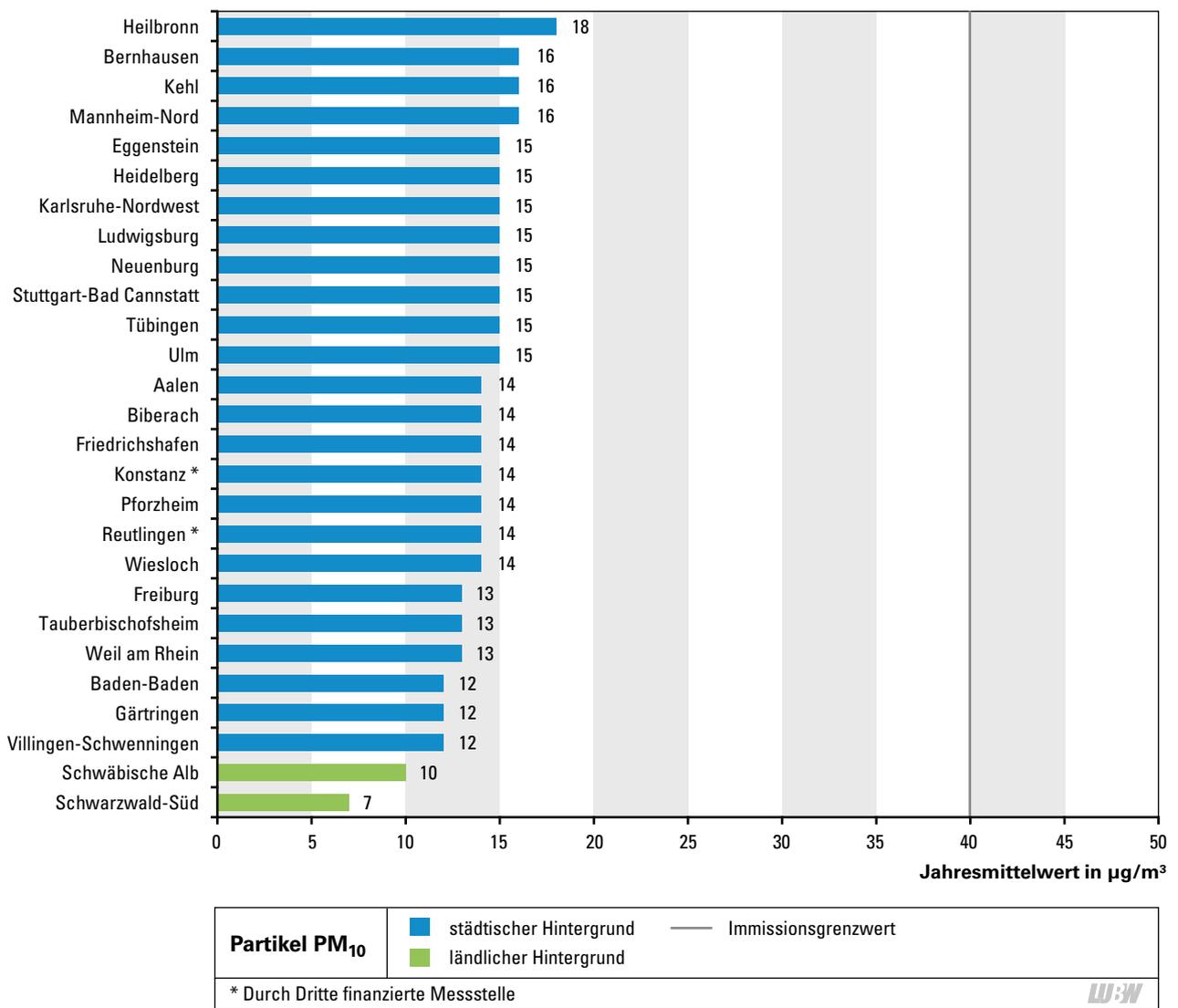


Abbildung 2.7: Jahresmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Eintrag von Saharastaub nach Baden-Württemberg

Gemäß § 24 der 39. BImSchV [39. BImSchV 2010] können Emissionsbeiträge aus natürlichen Quellen, darunter auch Saharastaub, bei der Ermittlung von Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten außer Ansatz bleiben. Im Jahr 2019 traten keine Episoden mit verstärktem Eintrag von Saharastaub in die Atmosphäre und infolge dessen keine Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert) für Partikel PM_{10} auf.

Emissionen aufgrund von Streusalz

Gemäß § 25 der 39. BImSchV [39. BImSchV 2010] können Emissionsbeiträge, die auf die Ausbringung von Streusalz auf Straßen im Winterdienst zurückzuführen sind, bei der Ermittlung von Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten außer Ansatz bleiben. Die LUBW untersucht den Streusalzanteil an den gemessenen Partikel PM_{10} -Konzentrationen an ausgewählten Spotmessstellen in Baden-

Württemberg. Streusalzuntersuchungen werden an diesen Messstellen nur an Tagen durchgeführt, an denen der Partikel PM_{10} -Grenzwert für das Tagesmittel in Höhe von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde und an diesem Tag oder den Vortagen Streusalz ausgebracht wurde. Im Jahr 2019 wurden die Beiträge von Streusalz an den verkehrsnahen Messstellen Stuttgart Am Neckartor und Tübingen Mühlstraße analysiert. Die Analysen ergaben, dass das Ausbringen von Streusalz an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor zu zwei Überschreitungen und an der Messstelle Tübingen Mühlstraße zu keiner Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Partikel PM_{10} (Tagesmittelwert) geführt hat (Abbildung 2.8). Die Untersuchungen zum Streusalzbeitrag wurden von der LUBW dokumentiert [LUBW 2020c]. Die auf den Streusalzbeitrag zurückzuführenden Grenzwertüberschreitungen werden bei der Luftreinhalteplanung sowie bei der Berichterstattung an die Europäische Union nicht berücksichtigt.

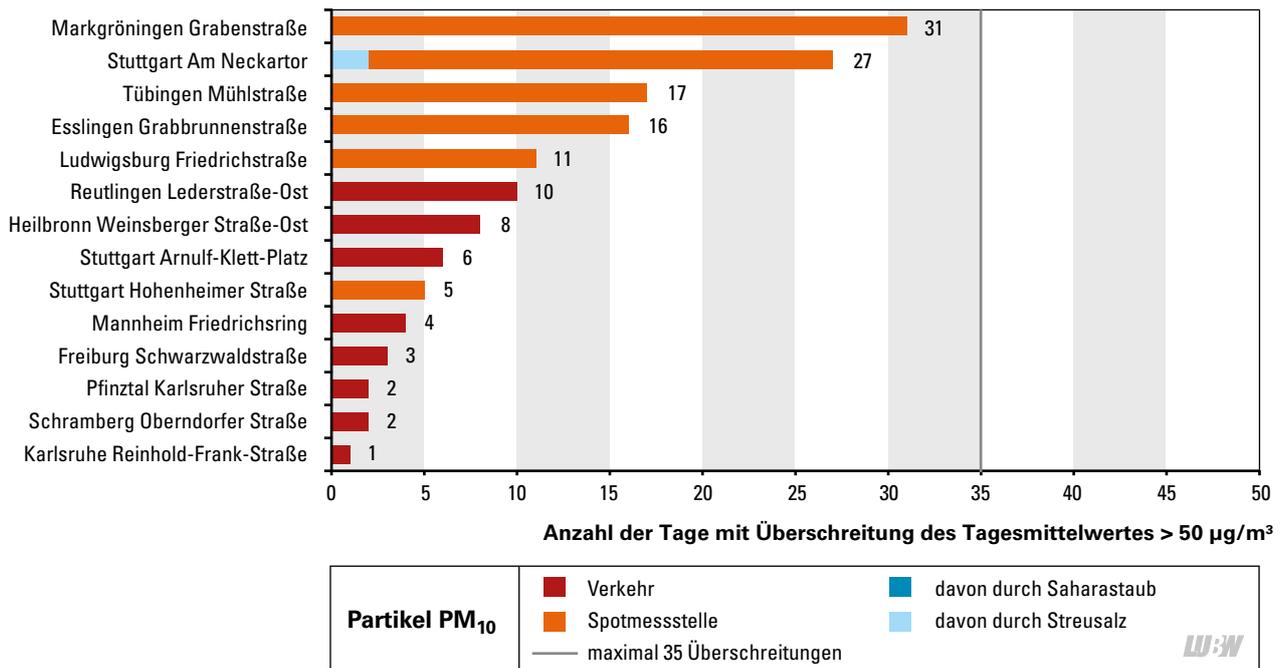


Abbildung 2.8: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert) für Partikel PM_{10} an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019 (35 Überschreitungen sind im Kalenderjahr zulässig)

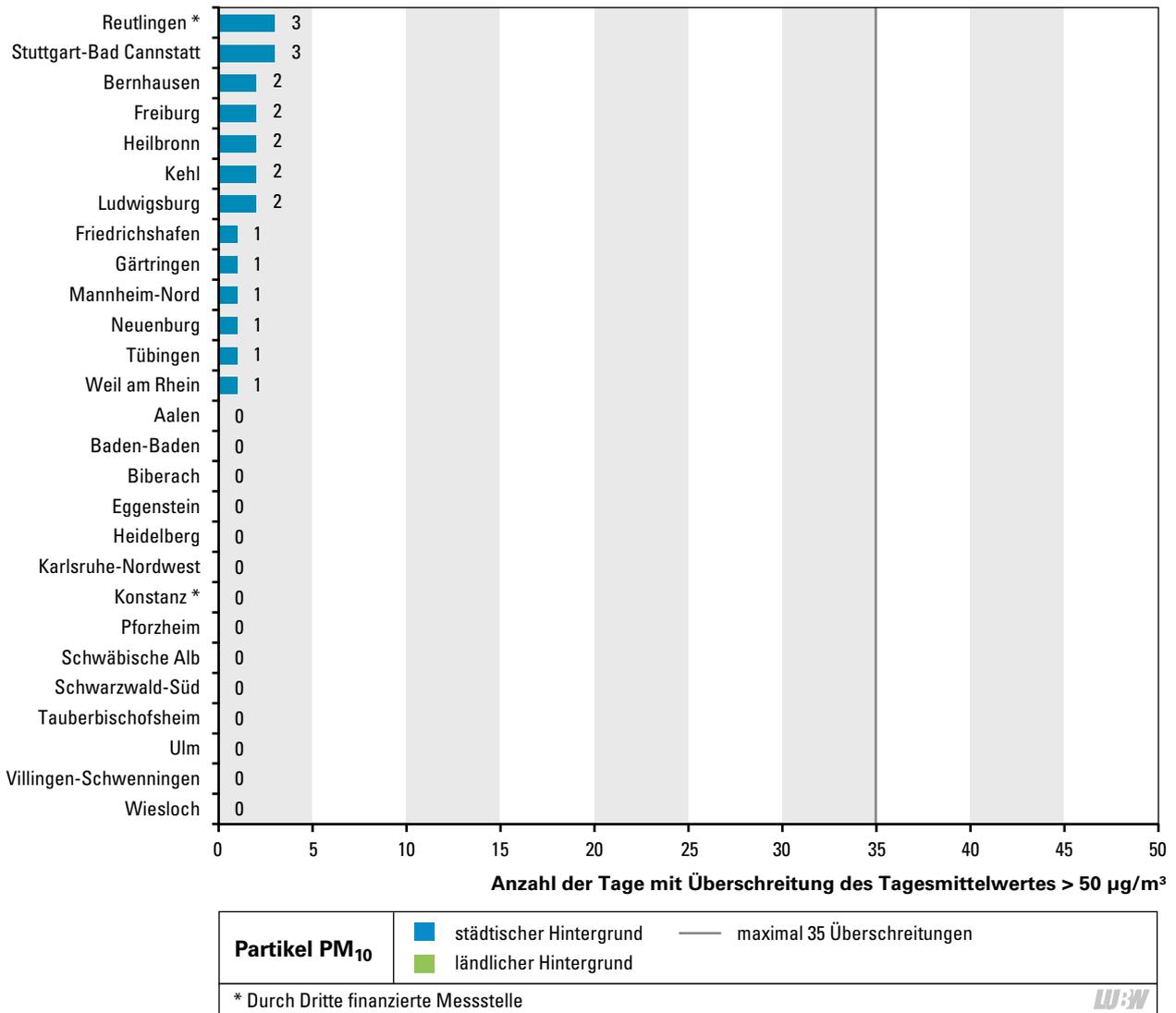


Abbildung 2.9: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) für Partikel PM₁₀ an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2019 (35 Überschreitungen sind im Kalenderjahr zulässig)

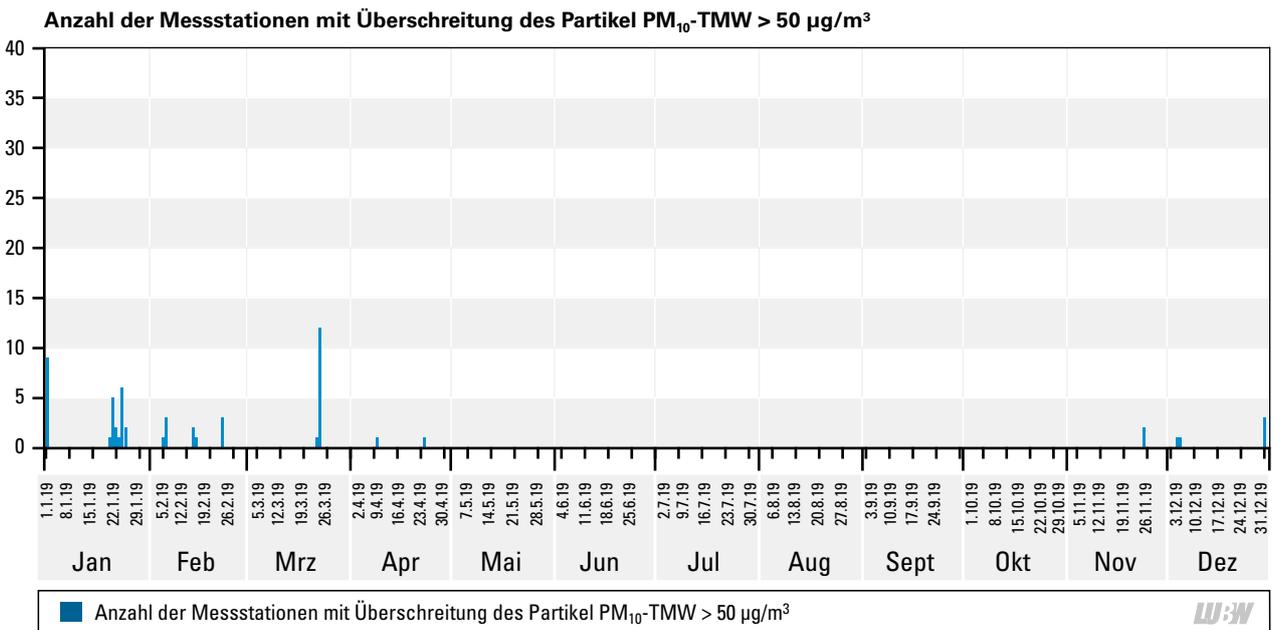


Abbildung 2.10: Anzahl der Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg mit Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ im Jahr 2019

2.4 Partikel PM_{2,5}

Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit erlassene Immissionsgrenzwert von 25 µg/m³ für Partikel PM_{2,5} (Jahresmittelwert) wurde an allen Messstellen in Baden-Württemberg, an denen die Belastung durch Partikel PM_{2,5} erfasst wird, im Jahr 2019 eingehalten (Abbildung 2.11). Die mittleren Konzentrationen lagen im ländlichen Hinter-

grund zwischen 5 µg/m³ (Schwarzwald-Süd) und 7 µg/m³ (Schwäbische Alb), im städtischen Hintergrund zwischen 8 µg/m³ (Freiburg) und 11 µg/m³ (Heilbronn, Kehl und Mannheim-Nord) und an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 9 µg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 13 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor).

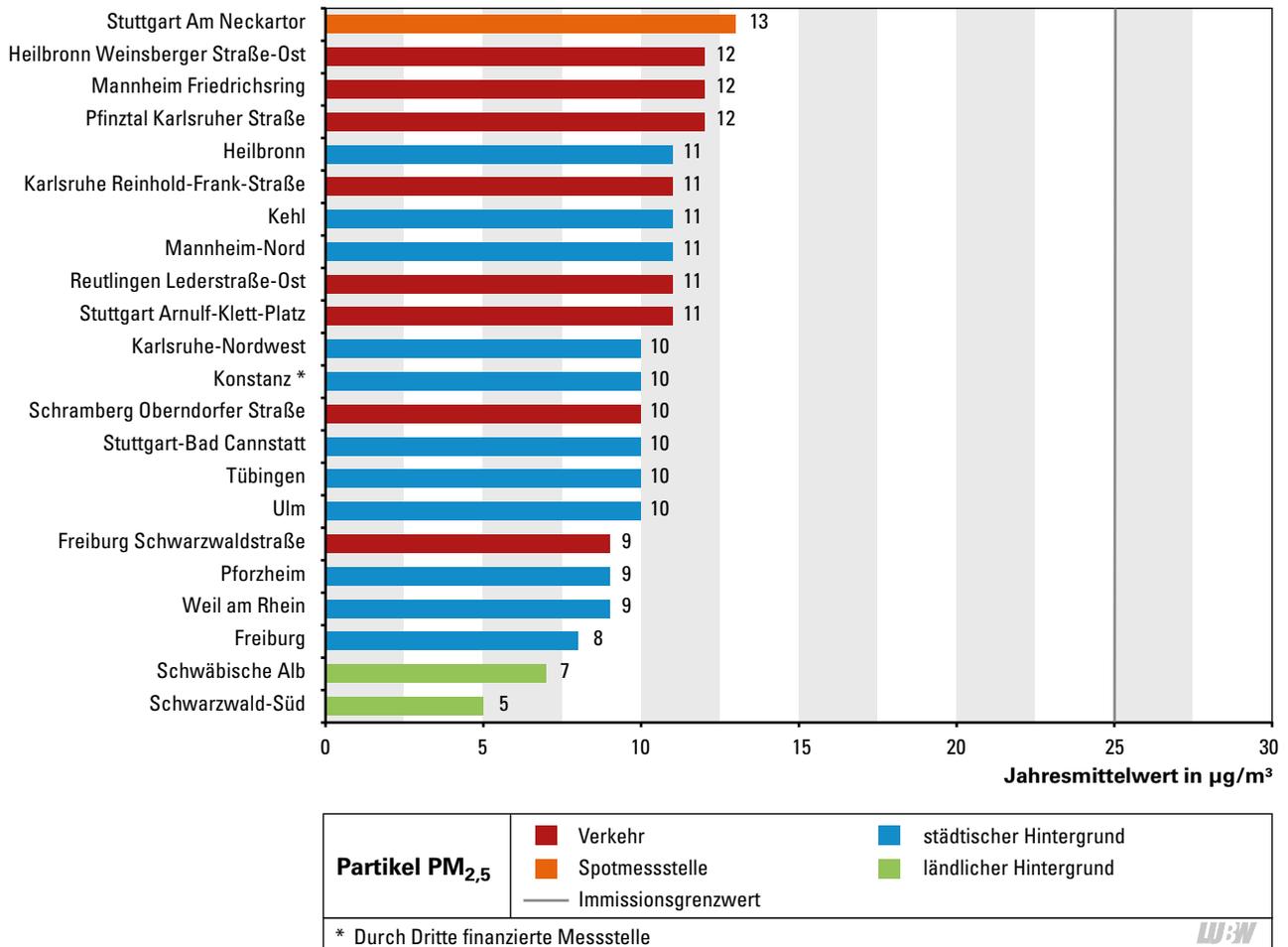


Abbildung 2.11: Jahresmittelwerte der Partikel PM_{2,5}-Konzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2019

2.5 Ozon

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen, werden die höchsten Ozonkonzentrationen im Jahresmittel an den städtischen und vor allem an den ländlichen Stationen im Hintergrund gemessen. Die verstärkte Ozonbildung im Hintergrund wird durch den Transport von Stickstoffoxiden aus den belasteten Gebieten begünstigt, die in Verbindung mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) die Ozonbildung ermöglichen. Die Stickstoffoxide und VOC werden daher auch als sogenannte Vorläufersubstanzen für Ozon bezeichnet. Neben den Vorläufersubstanzen bedarf es für die Bildung von hohen bzw. erhöhten Ozonkonzentrationen besonderer meteorologischer Bedingungen. Die-

se treten besonders an Sommertagen bei stabilen Hochdruckwetterlagen mit starker Sonneneinstrahlung, hohen Lufttemperaturen und Trockenheit auf. Eine verstärkte Ozonbildung kommt dabei vor allem bei gleichzeitiger erhöhter Belastung durch die o. g. Vorläufersubstanzen für Ozon vor.

Die Informationsschwelle für Ozon von 180 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) wurde aufgrund der schon bei kurzzeitiger Exposition möglichen Gesundheitsrisiken festgelegt und dient als Information der Bevölkerung über erhöhte Ozonkonzentrationen. Beim Überschreiten dieser Informationsschwelle für Ozon besteht ein Gesundheitsrisiko

für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen. Ozonempfindlichen Personen und Kindern wird empfohlen, ungewohnte körperliche Anstrengungen und sportliche Ausdauerleistungen im Freien insbesondere in den Nachmittags- und frühen Abendstunden zu vermeiden, da hier die höchsten Ozonwerte auftreten. Die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) wurde im Sommer 2019 an insgesamt 9 Tagen überschritten; im Juni an 5 Tagen und im Juli an 4 Tagen (Tabelle 2.8). Die Überschreitungen wurden an 21 Messstationen des Luftmessnetzes (2 im ländlichen und 19 im städtischen Hintergrund) beobachtet (Abbildung 2.12).

Die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) wurde im Jahr 2019 an keiner Messstation des Luftmessnetzes überschritten. Beim Überschreiten der Alarmschwelle gilt die zuvor beschriebene Verhaltensempfehlung für die Gesamtbevölkerung.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit beträgt $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) bei 25 zugelassenen Überschreitungen im Kalen-

derjahr. Maßgebend für die Beurteilung ist die Zahl der Überschreitungstage pro Kalenderjahr, gemittelt über 3 Jahre mit gültigen Daten für mindestens ein Jahr. Die Mittelung über mehrere Jahre dient dazu, den starken Einfluss der meteorologischen Verhältnisse auf die Ozonbildung zu berücksichtigen. Zur Prüfung der Einhaltung des Zielwertes wurde eine Mittelung der Überschreitungstage für die Jahre 2017, 2018 und 2019 vorgenommen. An der Station Schwäbisch Hall lagen nur Daten aus dem Jahr 2017 vor. Die zulässige Anzahl von 25 Überschreitungen im Kalenderjahr für den Zielwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) wurde im Jahr 2019 (bei Mittelung über die letzten 3 Jahre) an 23 von 28 Messstationen überschritten (Abbildung 2.13), mit 64 Tagen weist die ländliche Hintergrundmessstation Schwarzwald-Süd die meisten Überschreitungstage auf.

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation vor Ozon beträgt $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$ berechnet als AOT₄₀ für den Zeitraum von Mai bis Juli eines Kalenderjahres. Der AOT₄₀, ausgedrückt in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$, ist die über einen vorgegebenen Zeitraum (1. Mai bis 31. Juli) summierte Differenz zwischen

Tabelle 2.8: Überschreitungen der Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon (1-Stundenmittelwert) an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

Station	25.06.	26.06.	27.06.	28.06.	29.06.	23.07.	24.07.	25.07.	26.07.
Baden-Baden		•	•				•	•	•
Bernhausen		•					•	•	•
Eggenstein	•						•	•	•
Freiburg			•		•	•		•	
Friedrichshafen		•	•						•
Gärtringen		•						•	•
Heidelberg		•					•		•
Heilbronn	•								•
Karlsruhe-Nordwest	•	•					•	•	•
Kehl							•	•	
Konstanz									•
Ludwigsburg									•
Mannheim-Nord		•					•		•
Neuenburg		•	•		•			•	
Pforzheim							•		•
Schwäbische Alb								•	
Schwarzwald-Süd			•	•	•	•	•	•	•
Stuttgart-Bad Cannstatt		•					•	•	•
Tauberbischofsheim									•
Weil am Rhein			•	•				•	
Wiesloch		•					•		•

Ozonwerten über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) und $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unter ausschließlicher Verwendung der täglichen 1-Stundenmittelwerte zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Normalzeit. Liegen im o. g. Zeitraum nicht alle möglichen Messdaten vor, was in der Regel der Fall ist, wird ein AOT40-Schätzwert berechnet (siehe 39. BImSchV, Anlage 7). Maßgebend für die Beurteilung, ob der Zielwert eingehalten werden kann, ist der AOT40-Wert gemittelt über 5 Jahre mit gültigen Daten für mindestens 3 Jahre. Die Mittelung über mehrere Jahre dient auch hier dazu, den starken Einfluss der meteorologischen Verhältnisse auf die Ozonbildung zu berücksichtigen. Zur Prüfung

der Einhaltung des Zielwertes von $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$ wurde eine Mittelung der AOT40-Werte für die Jahre 2015 bis 2019 vorgenommen. An der Station Neuenburg lagen für die Mittelung keine Daten aus dem Jahr 2018 vor. An der Station Schwäbisch Hall wurde der Mittelwert nur aus Daten der Jahre 2015 bis 2017 gebildet. Der Zielwert von $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$ wurde im Jahr 2019 (bei Mittelung über die letzten 5 Jahre) an 21 Messstationen überschritten (Abbildung 2.14), wobei die höchsten gemittelten AOT40-Werte an den Messstellen Gärtringen mit $23.481 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$ und Schwarzwald-Süd mit $23.433 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\text{h}$ auftraten.

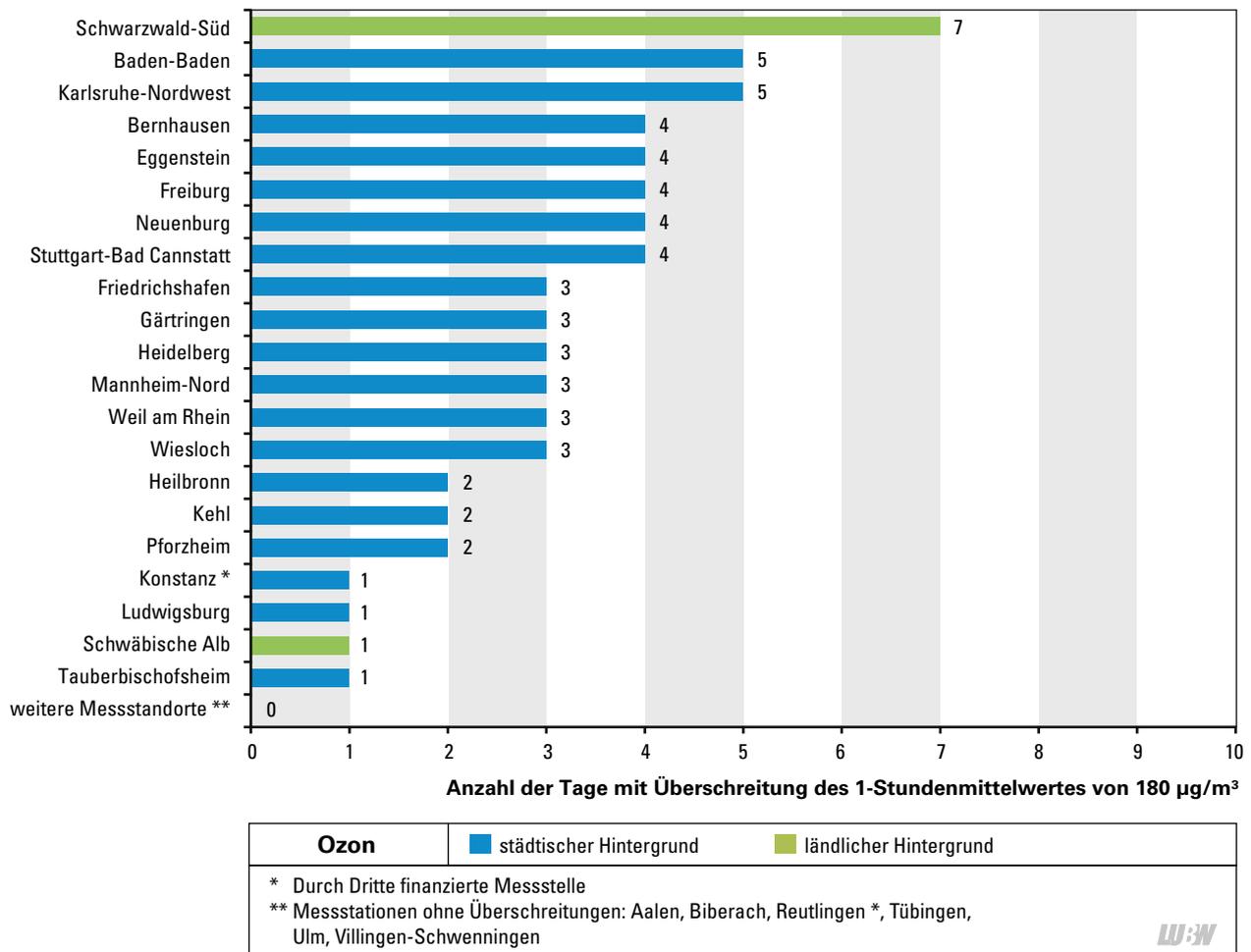


Abbildung 2.12: Anzahl der Tage mit Überschreitung der Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) für Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

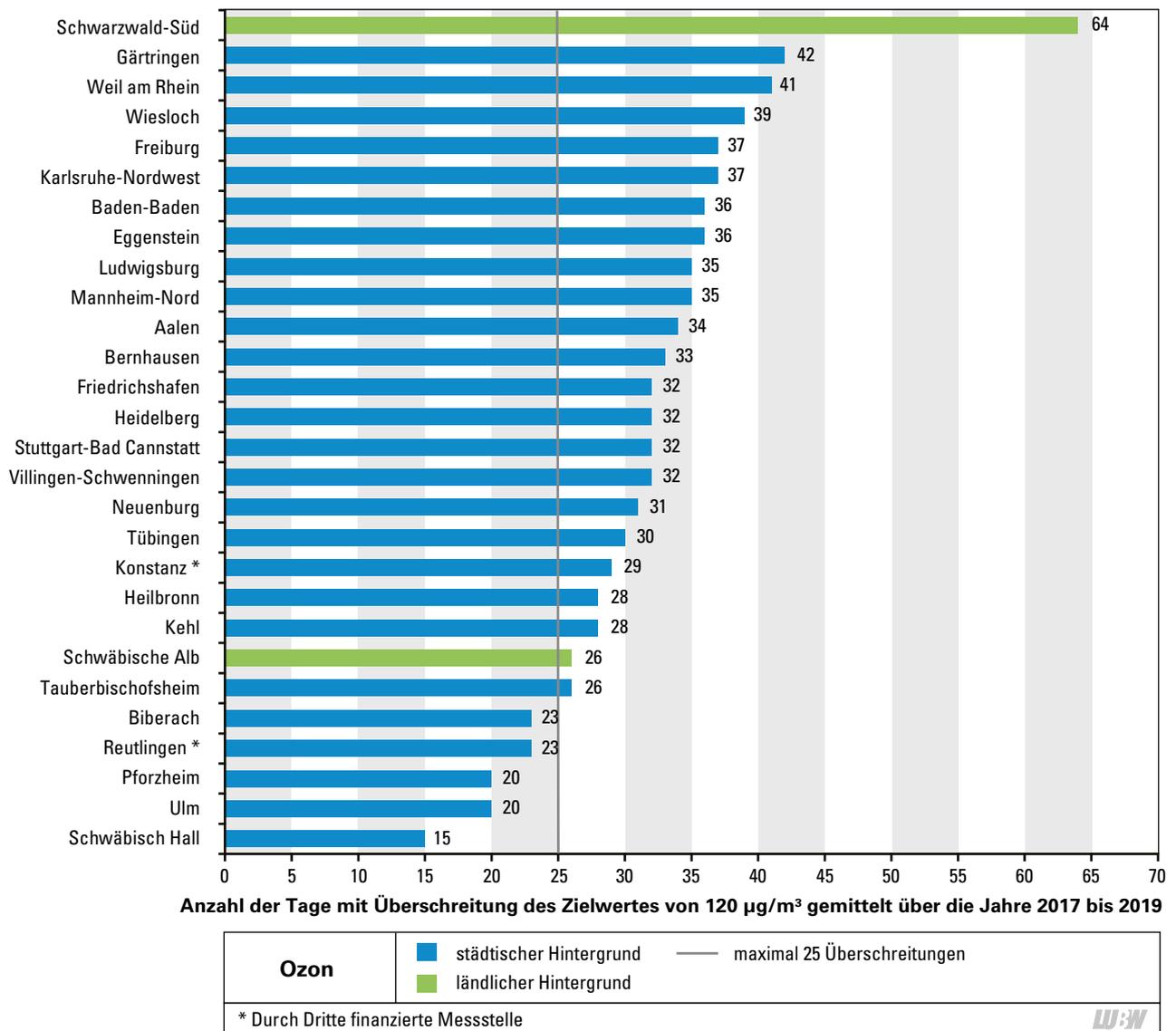


Abbildung 2.13: Anzahl der Tage mit Überschreitung (Mittelung über die Jahre 2017 bis 2019) des Zielwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) für Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg

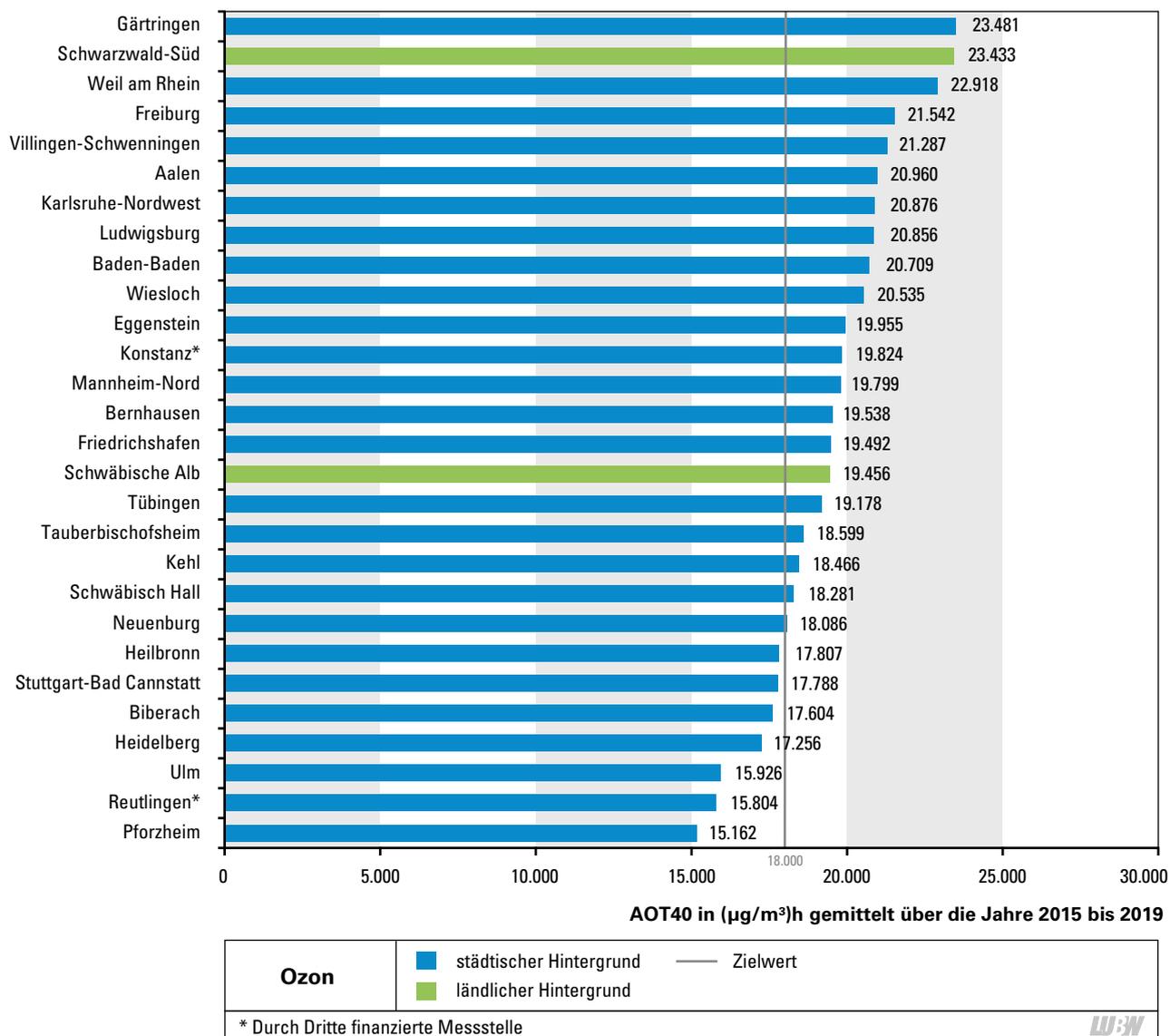


Abbildung 2.14: Ozonkonzentrationen berechnet als AOT40 in (µg/m³)h (Mittelung über die Jahre 2015 bis 2019) an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg

2.6 Schwefeldioxid

Die Belastung durch Schwefeldioxid in Baden-Württemberg liegt verglichen mit den gültigen Grenzwerten (Tabelle 1.2) auf einem sehr niedrigen Niveau (Tabelle 2.2). Der kritische Wert zum Schutz der Ökosysteme von 20 µg/m³ für Schwefeldioxid im Jahresmittel wurde mit Konzentrationen zwischen 1 µg/m³ und 3 µg/m³ deutlich unterschritten. Auch die zum Schutz der menschlichen Gesundheit geltenden Kurzzeitgrenzwerte in Form der maximal zu-

lässigen Überschreitungshäufigkeiten, dem 1-Stundenmittelwert von 350 µg/m³ bei 24 Überschreitungen und dem Tagesmittelwert von 125 µg/m³ bei 3 Überschreitungen im Kalenderjahr, wurden an den 4 Messstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2019 sicher eingehalten. Der maximale 1-Stunden- bzw. Tagesmittelwert für Schwefeldioxid trat jeweils mit 100 µg/m³ bzw. 21 µg/m³ an der städtischen Hintergrundmessstation Mannheim-Nord auf.

2.7 Ammoniak

Die Ammoniak-Messungen erfolgen seit 2019 an allen Messstellen mit Radiello-Passivsammlern. Für das Jahr 2019 lagen die so ermittelten Jahresmittelwerte von Ammoniak im Bereich von 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Höhe der gemessenen Ammoniakkonzentrationen wird geprägt durch die nähere oder fernere Umgebung von möglichen Emittenten. Ammoniakmessungen zur Bewertung der Ammoniakvorbelastung für die jeweilige Umgebung, finden daher im emittentenfernen Umfeld, d. h. in größerer Entfernung zu z. B. landwirtschaftlichen und industriellen Emittenten statt. Für das emittentennahe

Umfeld finden Ammoniakmessungen in direkter Nähe zu verkehrsgeprägten Standorten, z. B. am Straßenrand, statt, so dass sie die Immissionsituation in unmittelbarer Verkehrsnähe, also emittentennahe, widerspiegeln.

Im Jahr 2019 lagen an den emittentenfernen Standorten die Jahresmittelwerte von Ammoniak im Bereich von 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 2.15). An den emittentennahe, d. h. an den verkehrsgeprägten Standorten, wurden über das Jahr 2019 gemittelte Konzentrationen zwischen 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Ammoniak gemessen (Abbildung 2.16).

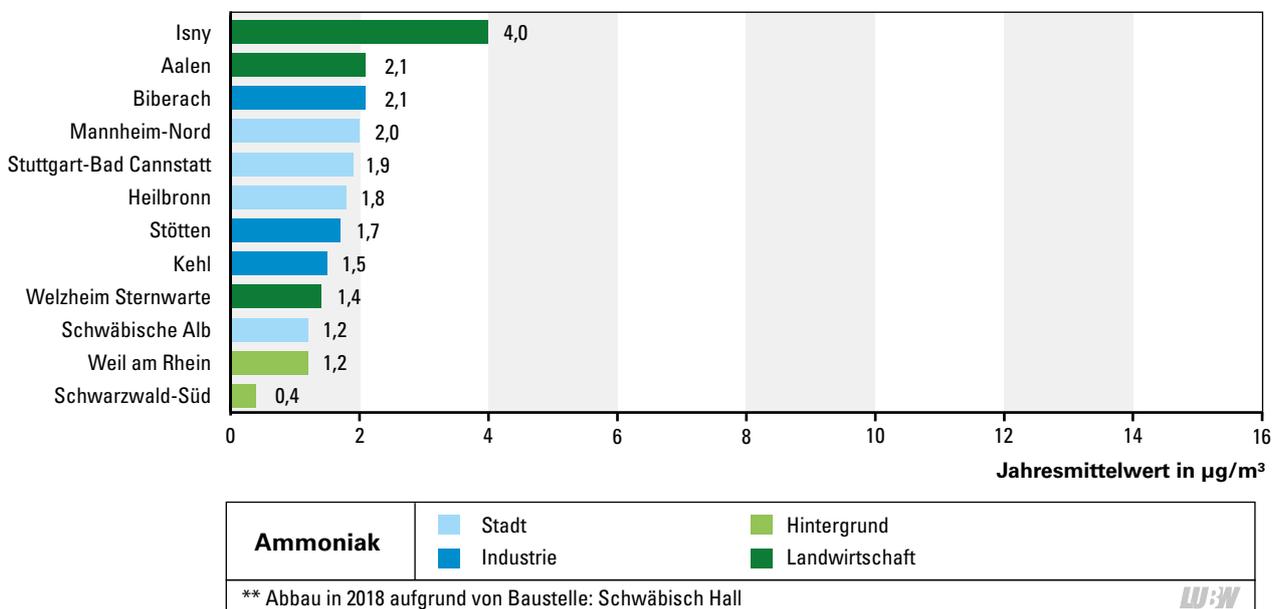


Abbildung 2.15: Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen an Standorten im weiträumigen Umfeld möglicher Quellen (emittentenfern) in Baden-Württemberg im Jahr 2019

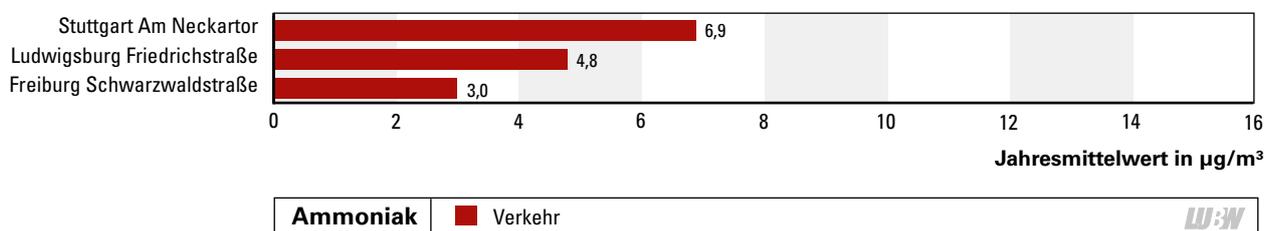


Abbildung 2.16: Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen in unmittelbarer Quellennähe verkehrsgeprägter Standorte (emittentennahe) in Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.8 Kohlenmonoxid

Die im Jahr 2019 an den Verkehrsmessstationen gemessenen Kohlenmonoxidkonzentrationen liegen in Baden-Württemberg auf einem sehr niedrigen Niveau. Der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 10 mg/m³ (für den höchsten 8-Stundenmittelwert eines Tages) wurde im Jahr 2019 an allen Messstationen weit

unterschritten (Abbildung 2.17). Die maximalen 8-Stundenmittelwerte lagen dabei im Bereich von 0,7 mg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße) bis 1,8 mg/m³ (Heilbronn Weinsberger Straße-Ost).

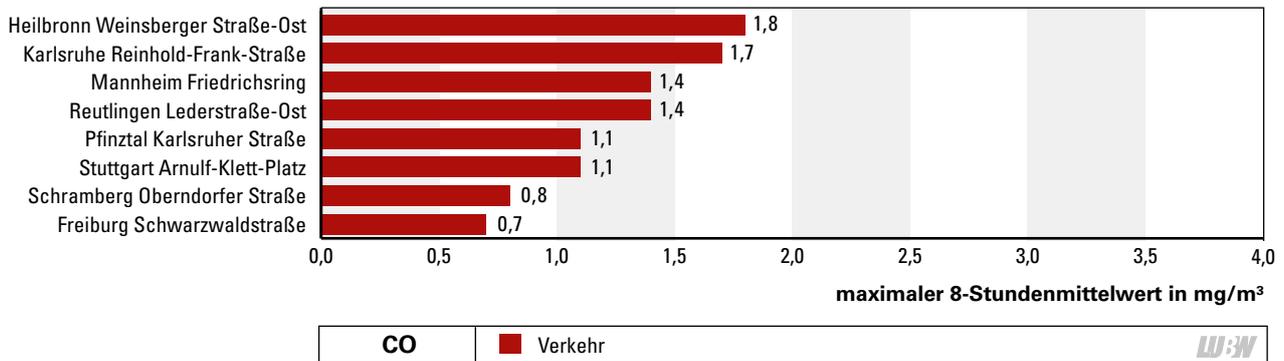


Abbildung 2.17: Maximale 8-Stundenmittelwerte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.9 Benzol

Benzol wird hauptsächlich durch den Straßenverkehr freigesetzt und in Baden-Württemberg nur noch an 2 verkehrsnahen Messstellen mit hohem Verkehrsaufkommen erfasst; an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor und an der

Verkehrsmessstation Mannheim Friedrichsring. Der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 5 µg/m³ (Jahresmittelwert) wurde im Jahr 2019 mit 1,5 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor) und 1,3 µg/m³ (Mannheim Friedrichsring) sicher eingehalten (Tabelle 2.2).

2.10 Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM₁₀

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 1 ng/m³ (Jahresmittelwert) für Benzo[a]pyren, das auch als Markersubstanz für weitere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dient, wurde im Jahr 2019 sowohl an allen Messstationen des Luftmessnetzes als auch an allen Spotmessstellen eingehalten (Abbildung 2.18). Die mit 0,5 ng/m³ höchste Belastung durch Benzo[a]pyren wurde an der Verkehrsmessstation Schramberg Oberndorfer Straße

Straße festgestellt. Für die anderen Messstellen wurden mittlere Benzo[a]pyrenkonzentrationen im Bereich zwischen 0,2 ng/m³ und 0,4 ng/m³ ermittelt.

Bei Benzo[a]pyren zeigen sich somit andere Belastungsschwerpunkte als bei Partikel PM₁₀ und Stickstoffdioxid, bei denen die Belastungsschwerpunkte im Raum Stuttgart liegen. Ein Hauptgrund für die höhere Belastung durch Benzo[a]pyren ist vor allem die Holzfeuerung in den Wintermonaten.

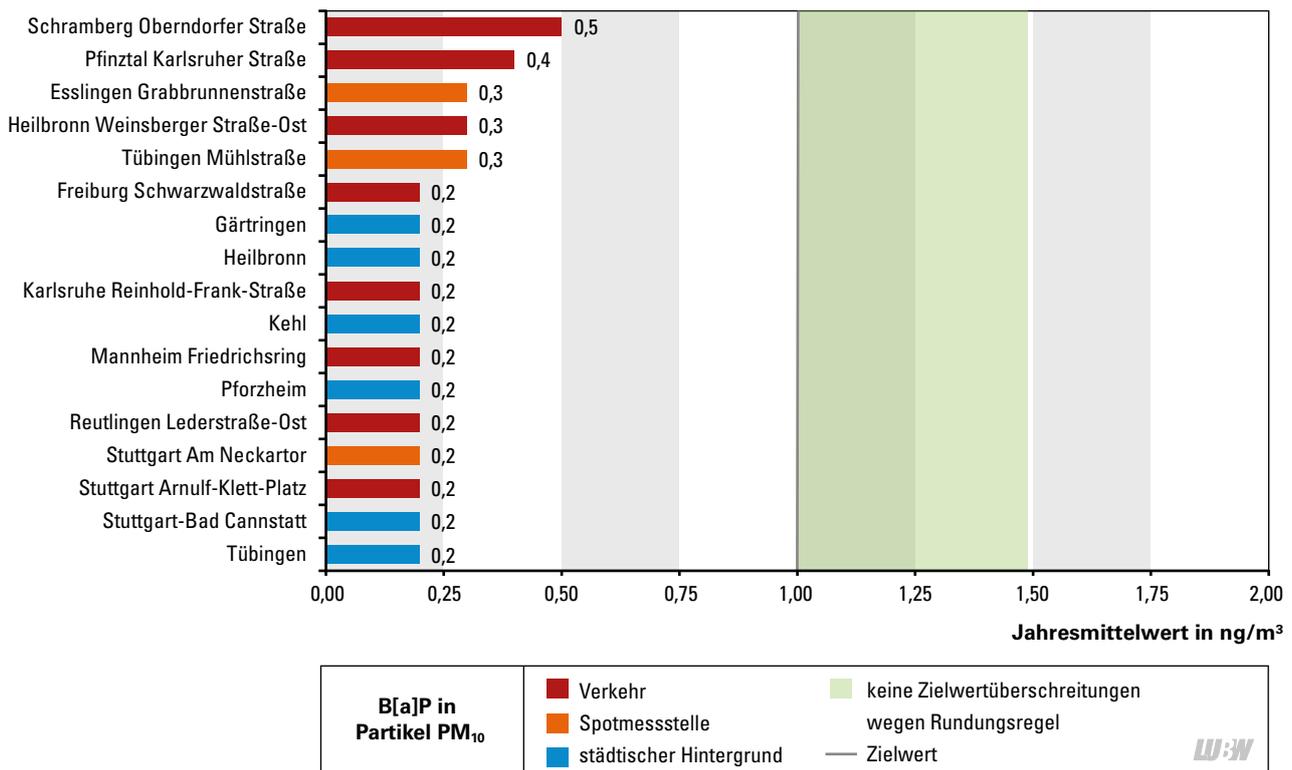


Abbildung 2.18: Jahresmittelwerte der Benzo[a]pyrenkonzentrationen in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.11 Schwermetalle in der Partikelfraktion PM₁₀

In der Abbildung 2.19 sind die Spannweiten der an 5 Messstationen des Luftmessnetzes (4 Messstationen im städtischen Hintergrund, 1 verkehrsnahen Messstelle) und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessenen Jahresmittelwerte für das Jahr 2019 dargestellt. Die zum Schutz der menschlichen Gesundheit geltenden Zielwerte für Arsen, Kadmium und Nickel sowie der Immissionsgrenzwert für Blei (Tabelle 1.2) wurden an allen Messstationen weit unterschritten. Der mit 4,7 ng/m³ höchste Jahresmittelwert

für Blei wurde an der städtischen Hintergrundmessstation Kehl gemessen, für Stuttgart Am Neckartor lag der Jahresmittelwert bei 2,9 ng/m³. Für den in der Partikelfraktion PM₁₀ gemessenen Anteil an Nickel trat der höchste Jahresmittelwert mit 2,9 ng/m³ an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor auf. Die höchsten Anteile von Arsen wurden mit jeweils 0,6 ng/m³ sowohl an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor als auch an der Verkehrsmessstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz gemessen. Die Jahresmittelwerte für Kadmium lagen an allen Messstationen bei 0,1 ng/m³.

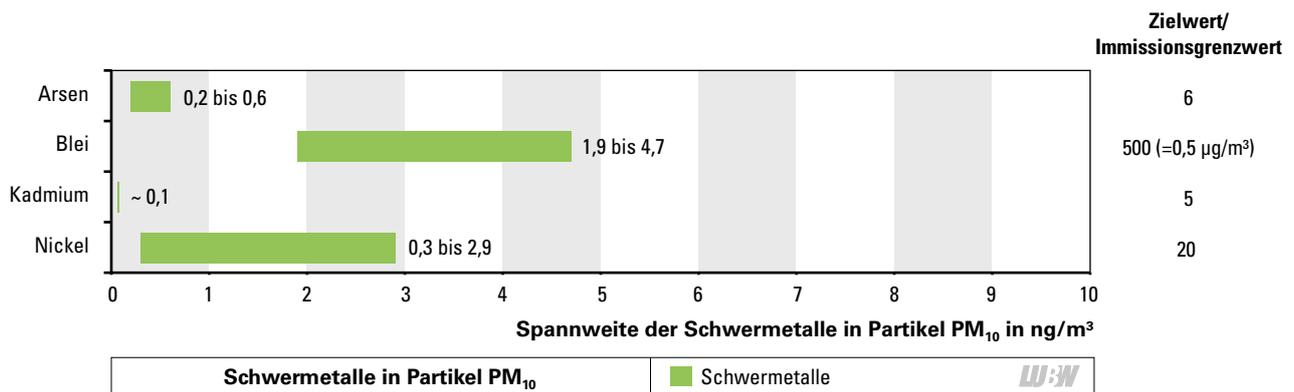


Abbildung 2.19: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwermetallkonzentrationen von Arsen, Blei, Kadmium und Nickel in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2019

2.12 Ruß in der Partikelfraktion PM₁₀

Auch bei Ruß ist der Hauptemittent der Verkehr und so traten im Jahr 2019 die höchsten Jahresmittelwerte erwartungsgemäß an den verkehrsnahen Messstellen auf (Abbildung 2.20). Die Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentrationen lagen im Jahr 2019 im städtischen Hintergrund zwischen 1,1 µg/m³ (Gärtringen) und 1,3 µg/m³ (Stuttgart-

Bad Cannstatt) sowie an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 1,7 µg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 2,6 µg/m³ (Heilbronn Weinsberger Straße-Ost). Für Ruß besteht derzeit kein rechtlich verbindlicher Ziel- oder Grenzwert. Die 23. BImSchV, aufgehoben im Juli 2004, führte einen Maßnahmenwert von 8 µg/m³ für das Jahresmittel auf.

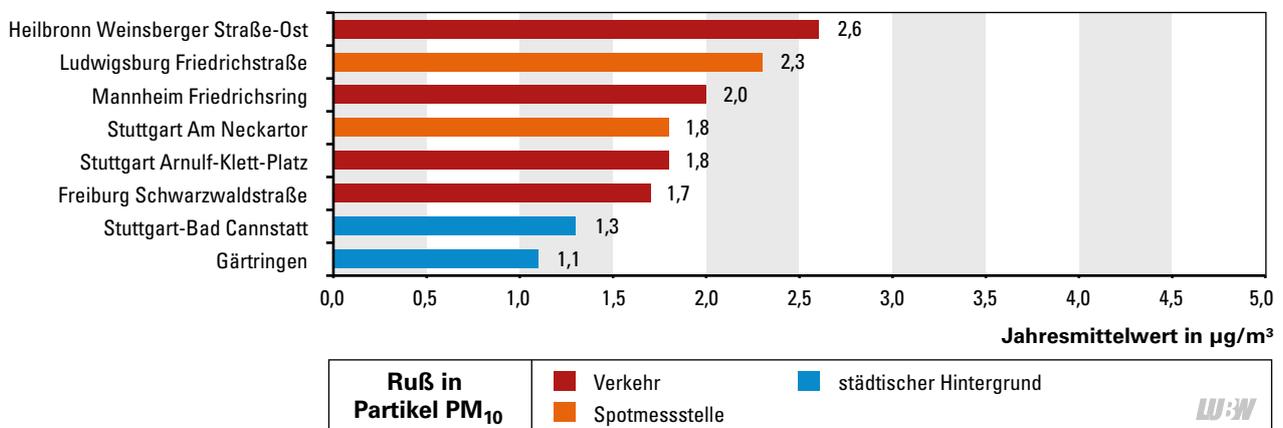


Abbildung 2.20: Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentrationen in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.13 Schadstoffdepositionen

Die Staubniederschläge werden in Bergerhoff-Gefäßen an 6 Standorten gemessen. Die Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2019 zwischen 0,03 g/(m²d) und 0,09 g/(m²d) und damit deutlich unterhalb des Immissionswertes der TA Luft von 0,35 g/(m²d) (Abbildung 2.21).

Im Staubniederschlag wurden die Schwermetalle Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel bestimmt. Die Spannweiten der jeweiligen Schwermetalleinträge sind in der Abbildung 2.22 dargestellt. Die Jahresmittelwerte liegen für alle Schwermetalldepositionen weit unterhalb der entsprechenden Immissionswerte der TA Luft (Tabelle 1.3), mit Ausnahme des Arseneintrags in Mannheim-Nord. Aus Abbildung 2.23 wird erkennbar, dass im 9. Messzyklus (29.05. bis 26.06.2019) ein extrem hoher Arseneintrag in Mannheim-Nord stattfand. Dieser extrem hohe Eintrag führte zu einem Jahresmittelwert von 7,2 µg/(m²d) und damit zu einer Überschreitung des in der TA Luft aufgeführten Immissionswertes von 4 µg/(m²d). Bei einer Vor-Ort-Begehung konnten keine eindeutigen Verursacher ermittelt werden. Wird der erhöhte Arseneintrag im Juni am

Messstandort Mannheim-Nord nicht für die Bildung des Jahresmittelwertes herangezogen, so ergibt sich ein Mittelwert von 0,6 µg/(m²d).

Die Ammonium-, Nitrat- und Sulfateinträge wurden im Jahr 2019 über Wet-only-Sammler an 5 Standorten bestimmt. Dabei konnte erstmals an allen Messstandorten über Eigenbrodt-Sammlern die nasse Deposition 7-tägig bzw. ab der zweiten Jahreshälfte 14-tägig erhoben werden. Die Schadstoffeinträge unterliegen großen Schwankungen, die sowohl standort- als auch witterungsbedingt begründet sind. Trotz Kühlung und Beschattung können im Probenahmegefäß die genannten Verbindungen chemischen Umwandlungsprozessen unterliegen. Weiterhin verlief das Jahr 2019 relativ niederschlagsarm, so dass 3 bis 5 trockene Messzyklen verzeichnet wurden. Für diese trockenen Messzyklen konnten keine Einträge ermittelt werden und somit fand auch keine nasse Deposition in diesen Zeiträumen statt. Die ermittelten Spannweiten der jeweiligen Einträge (Jahressummen) sind in der Abbildung 2.24 dargestellt.

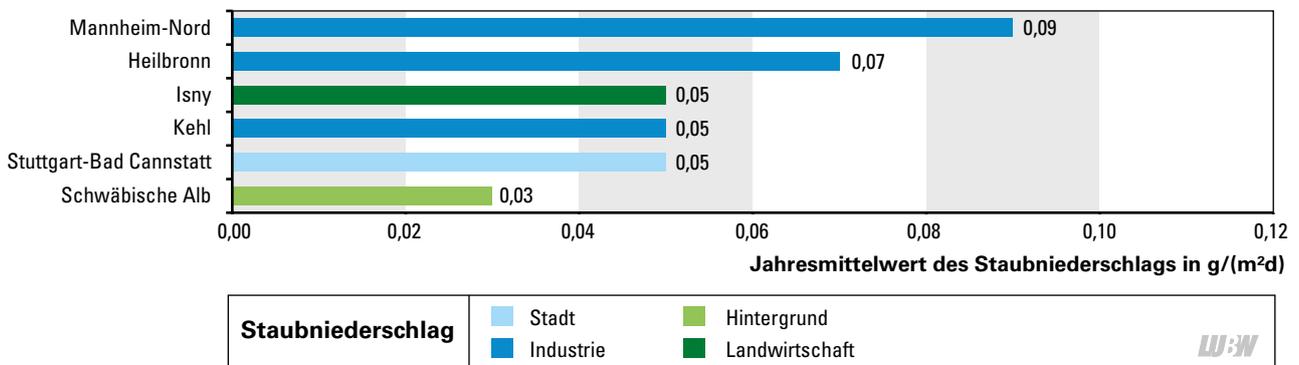


Abbildung 2.21: Jahresmittelwerte der Staubniederschläge an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

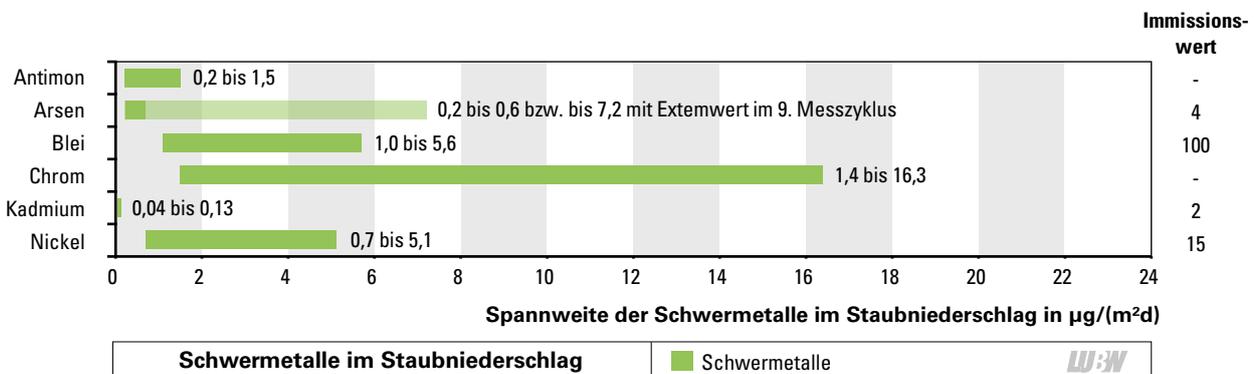


Abbildung 2.22: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwermetalleinträge von Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel im Staubniederschlag an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

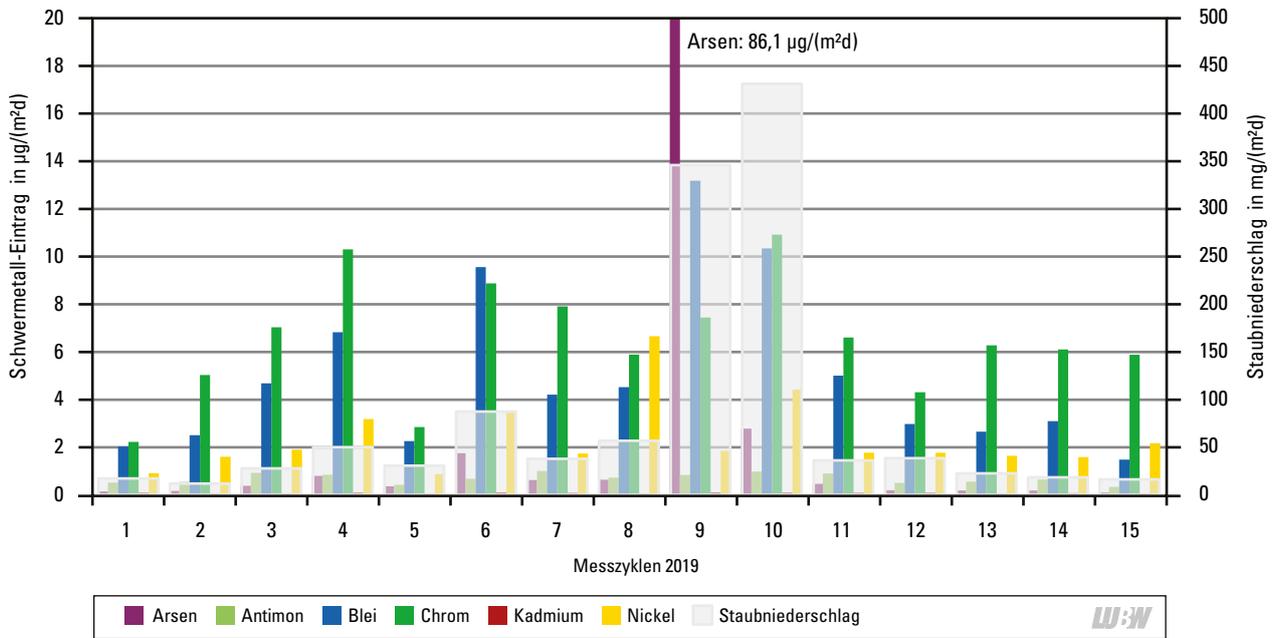


Abbildung 2.23: Schwermetalleinträge von Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel im Staubniederschlag sowie der Staubniederschlag im Jahresverlauf am Messstandort Mannheim-Nord im Jahr 2019

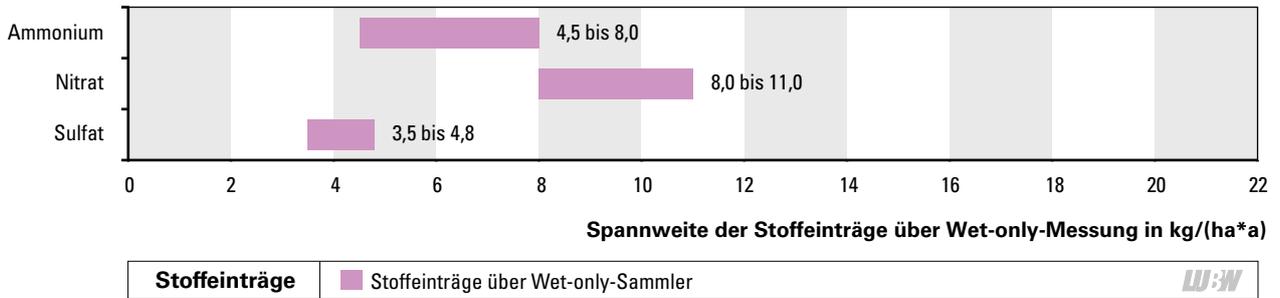


Abbildung 2.24: Spannweiten der Ammonium-, Nitrat- und Sulfateinträge über Wet-only-Sammler an 5 Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2019

2.14 Luftschadstoffbelastung in Deutschland

Entsprechend den Anforderungen der 39. BImSchV werden auch in den anderen Bundesländern Messnetze zur Überwachung der Luftqualität betrieben. Die Daten aller Messnetze werden von den Bundesländern an das Umweltbundesamt (UBA) geliefert, so dass u. a. auch ein Vergleich der Luftbelastung in den einzelnen Regionen möglich ist.

In den Abbildungen 2.25 und 2.26 sind die 20 am höchsten belasteten Messstationen in Deutschland im Jahr 2019 dargestellt; betrachtet wird die Belastung durch die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Partikel PM₁₀. Aus den Abbildungen ist ersichtlich, dass einige verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg zu den am höchsten belasteten Messstationen in Deutschland gehören.

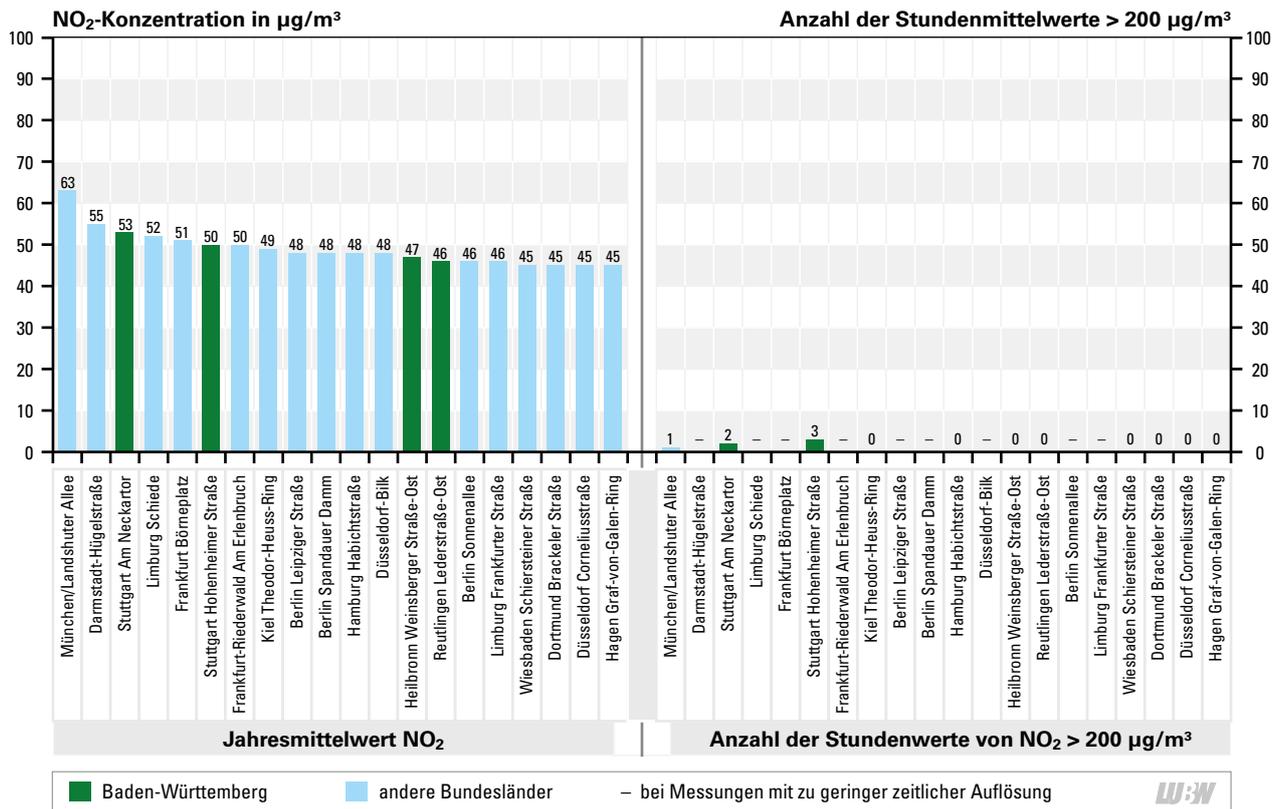


Abbildung 2.25: Messstationen mit den höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen sowie der Anzahl der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 200 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) in Deutschland im Jahr 2019 (Quelle: Umweltbundesamt, LUBW)

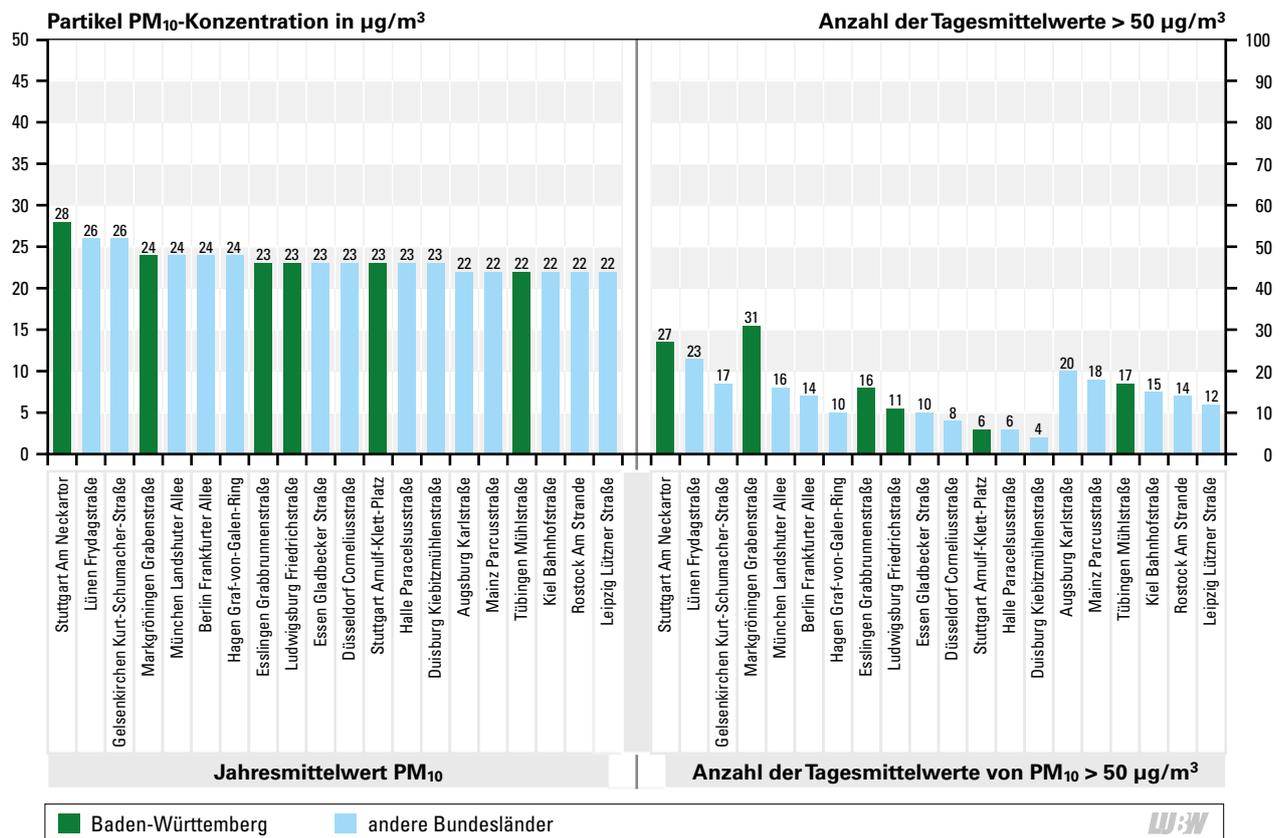


Abbildung 2.26: Messstationen mit den höchsten Partikel PM₁₀-Konzentrationen sowie der Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) in Deutschland im Jahr 2019; Messwerte ohne Streusalzabzug dargestellt (Quelle: Umweltbundesamt, LUBW)

3 Entwicklung der Luftqualität und der Depositionen

In Baden-Württemberg wird die Luftqualität bereits seit Anfang der 1970er Jahre überwacht. Während der langjährigen Beobachtungen haben sich Anzahl und Orte der Messstationen, die gemessenen Komponenten und die eingesetzte Messtechnik im Laufe der Jahre verändert und weiterentwickelt. Gründe hierfür sind unter anderem:

- sich ändernde rechtliche Anforderungen,
- die sich verändernde Emissionssituation (einzelne Luftschadstoffe verlieren durch emissionsmindernde Maßnahmen an Bedeutung, andere Schadstoffe rücken in den Fokus),
- technische Neuerungen (neue Messtechnik),
- städtebauliche Entwicklungen (die zu einer Verlegung oder dem Abbau von Messstationen führen).

Aufgrund dieser Änderungen werden in den folgenden Abbildungen oft Spannweiten angegeben. Bei den Stationen des städtischen Hintergrunds werden hierbei einheitlich

alle Stationen dargestellt, die im Jahr 2019 aktiv waren. Wegen der häufigen Stationswechsel ist das bei den verkehrsnahen Messstandorten nicht möglich; stattdessen werden hier für jedes Jahr jeweils alle im betreffenden Jahr aktiven Stationen betrachtet. In den hier dargestellten Diagrammen sind außerdem die derzeit gültigen Immissionsgrenz- bzw. Zielwerte dargestellt. Es erfolgt keine Darstellung früherer, heute nicht mehr gültiger Immissionsgrenz- und Zielwerte.

Die Entwicklung der verschiedenen Luftschadstoffe zeigt, dass die Immissionen der meisten Luftschadstoffe in den vergangenen Jahren zum Teil deutlich zurückgegangen sind und die Konzentrationen inzwischen meist unter den gesetzlichen Grenz- bzw. Zielwerten liegen. In den folgenden Abbildungen 3.1 bis 3.16 ist die Entwicklung der Immissionsbelastung durch die einzelnen Schadstoffkomponenten für die Jahre 1990 bis 2019 bzw. soweit verfügbar dargestellt.

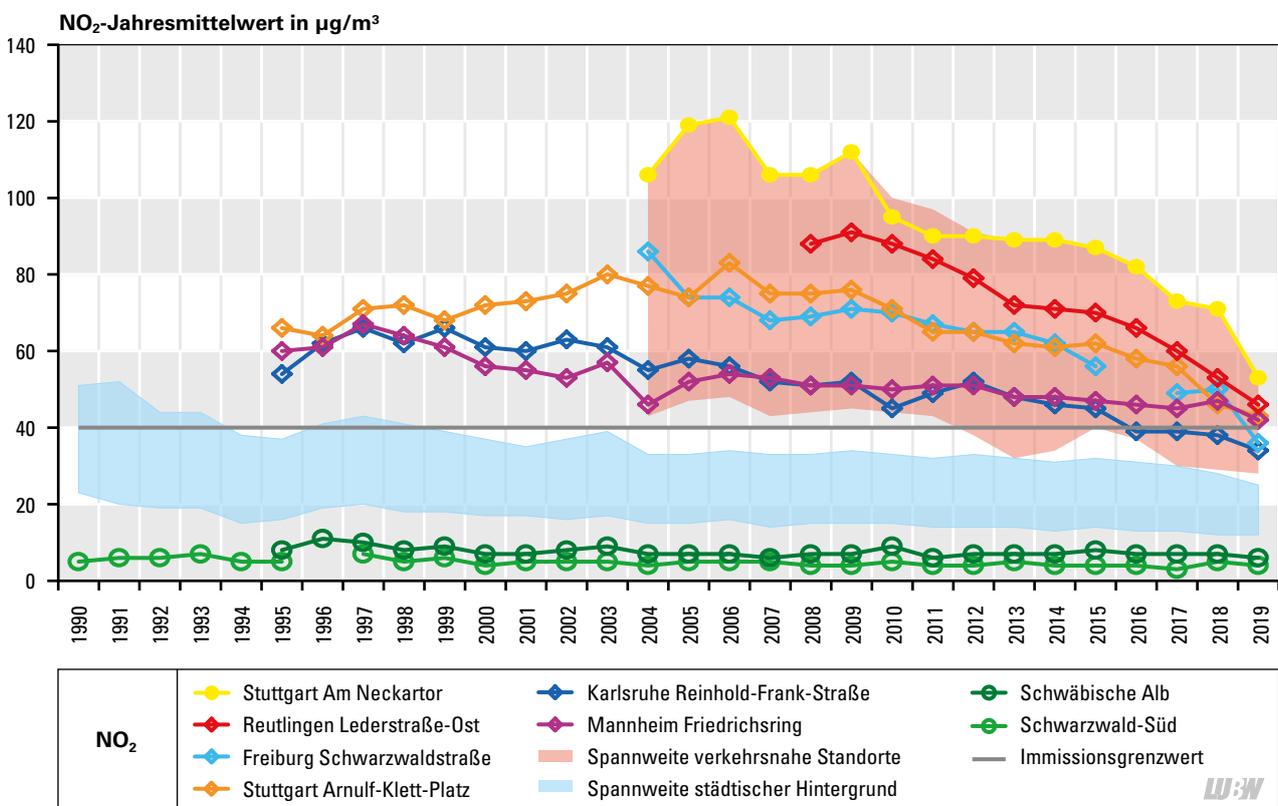


Abbildung 3.1: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

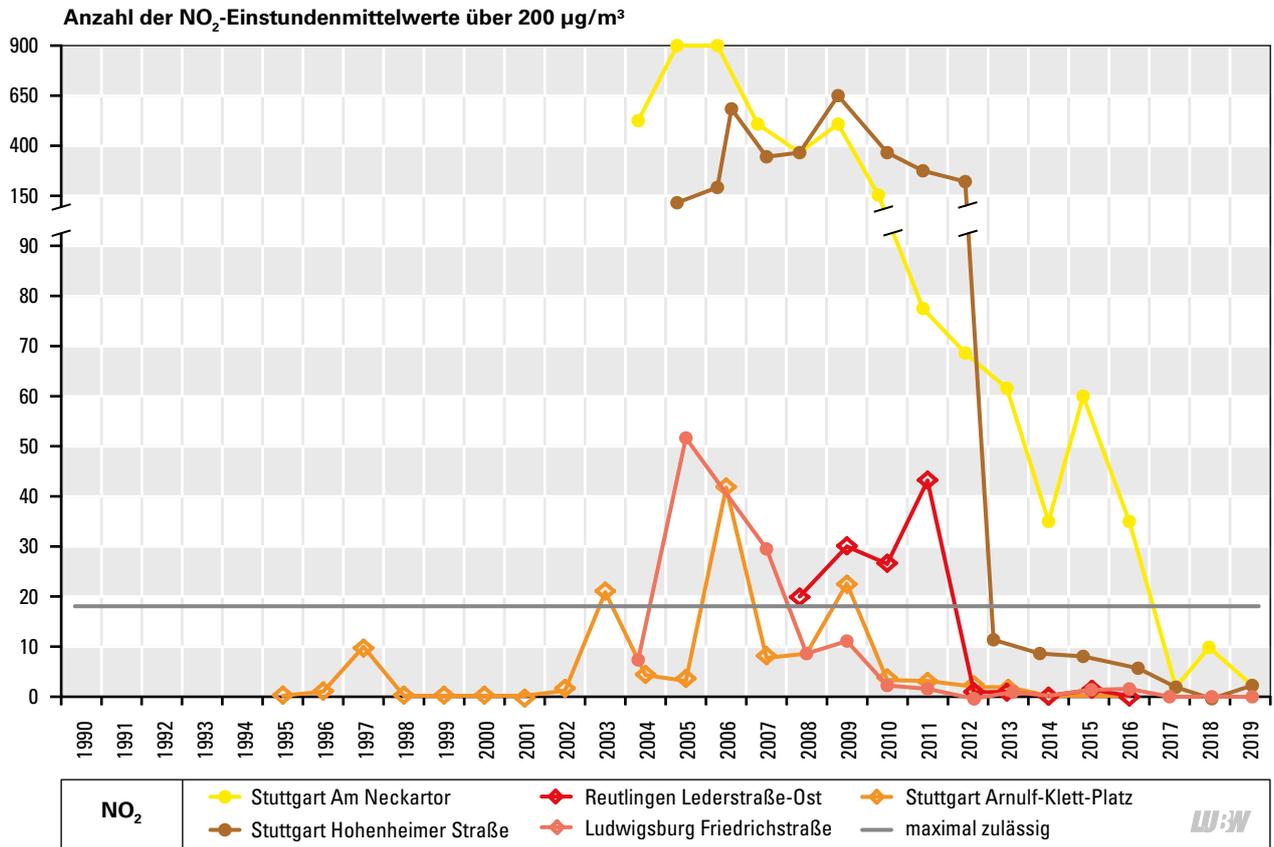


Abbildung 3.2: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid (Anzahl der Stundenmittelwerte über 200 µg/m³) in Baden-Württemberg

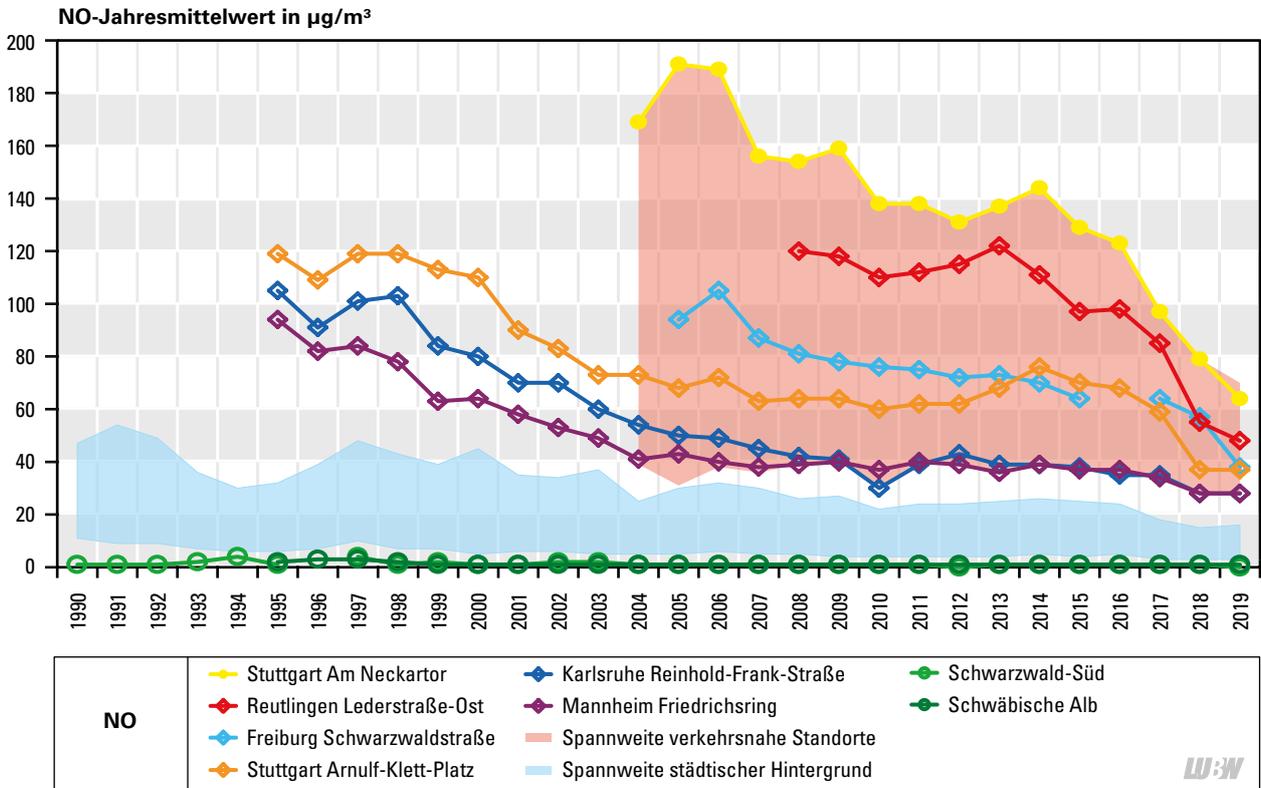


Abbildung 3.3: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffmonoxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

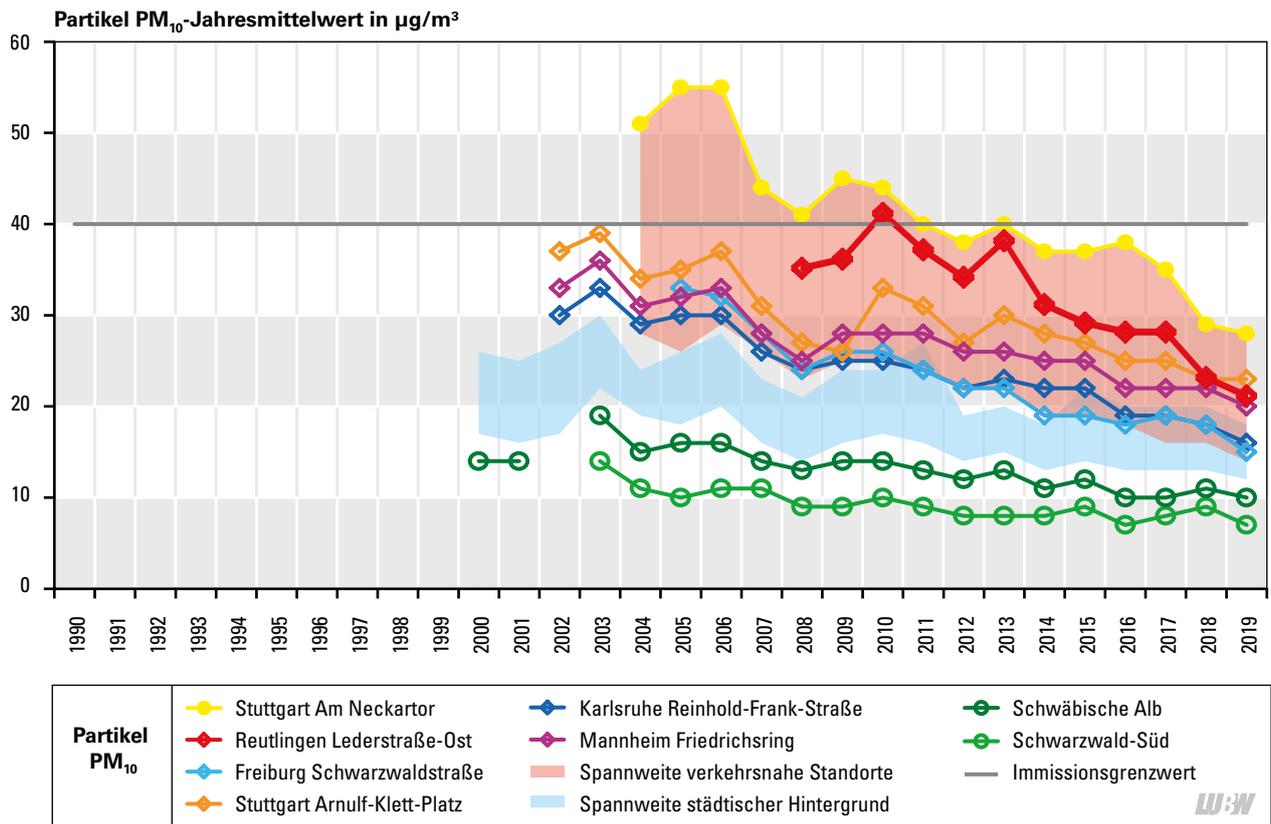


Abbildung 3.4: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM₁₀ (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

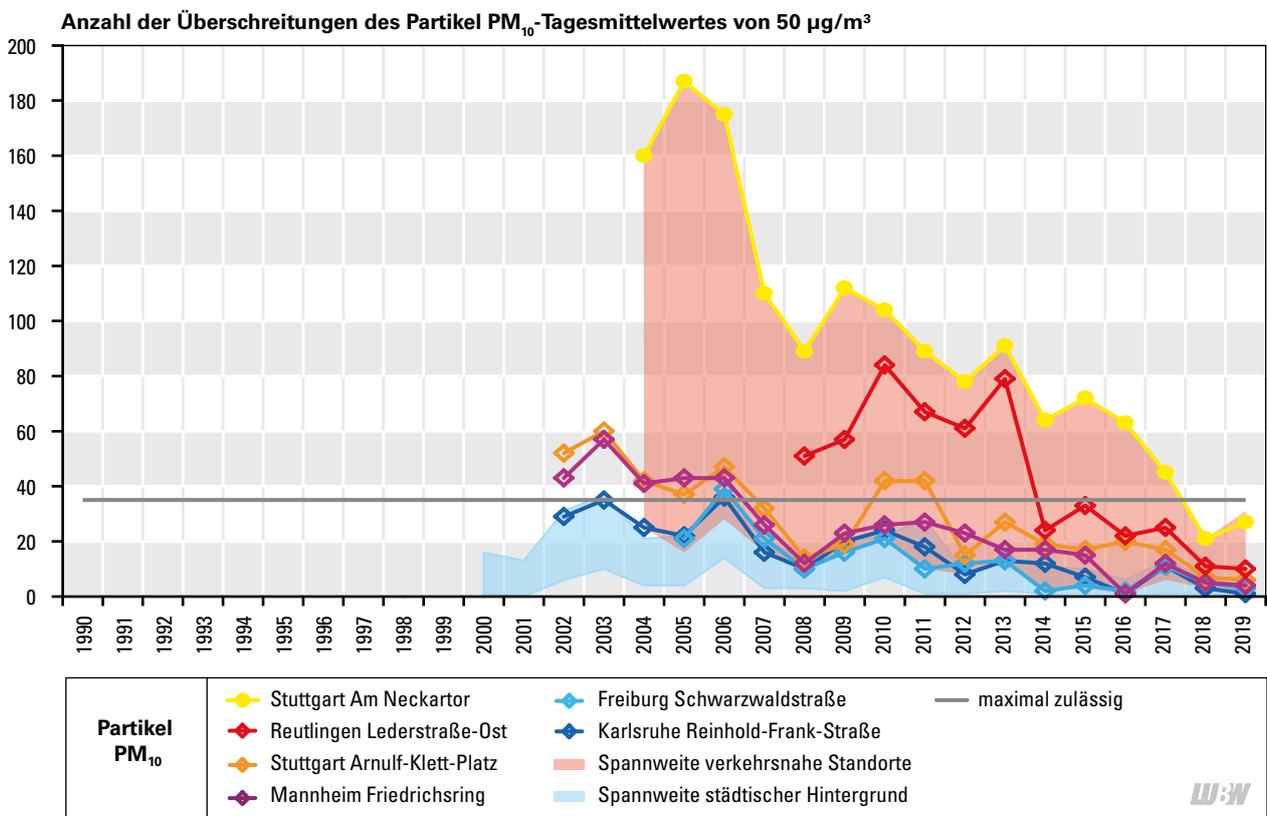


Abbildung 3.5: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM₁₀ (Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³) in Baden-Württemberg

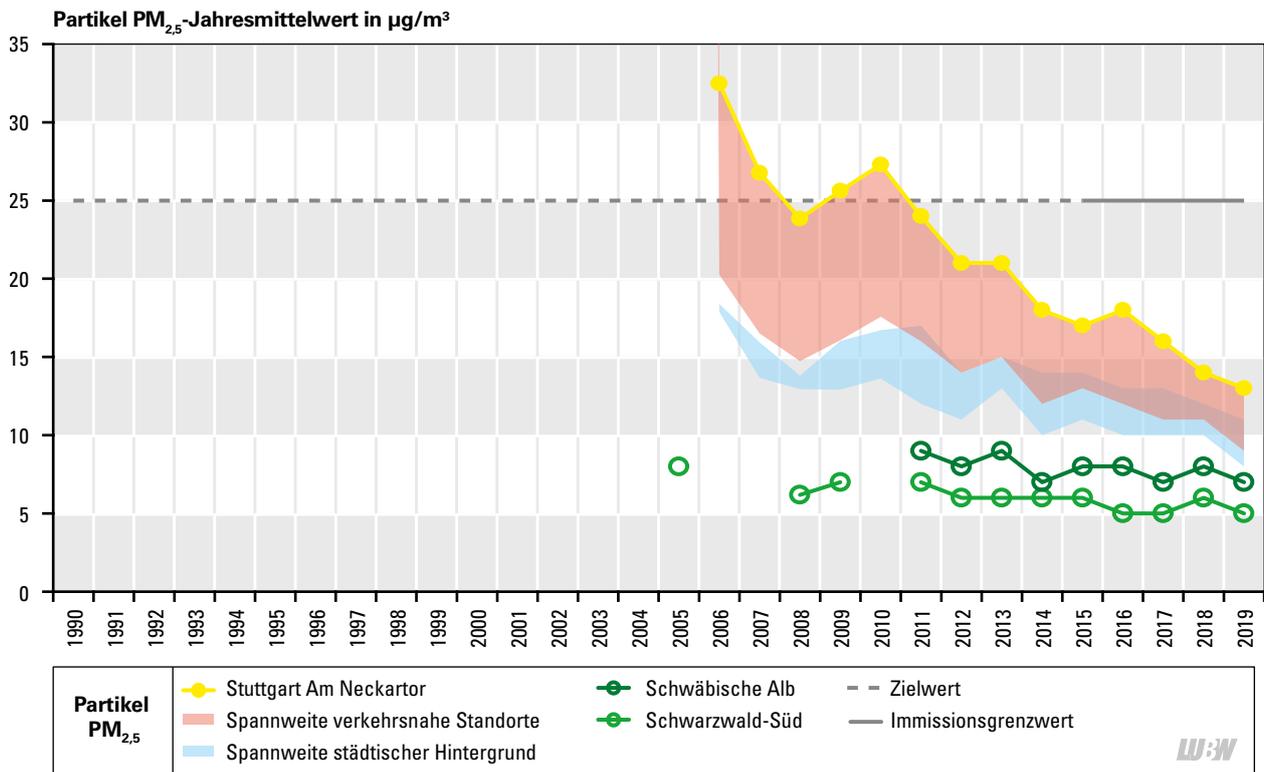


Abbildung 3.6: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM_{2,5} (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

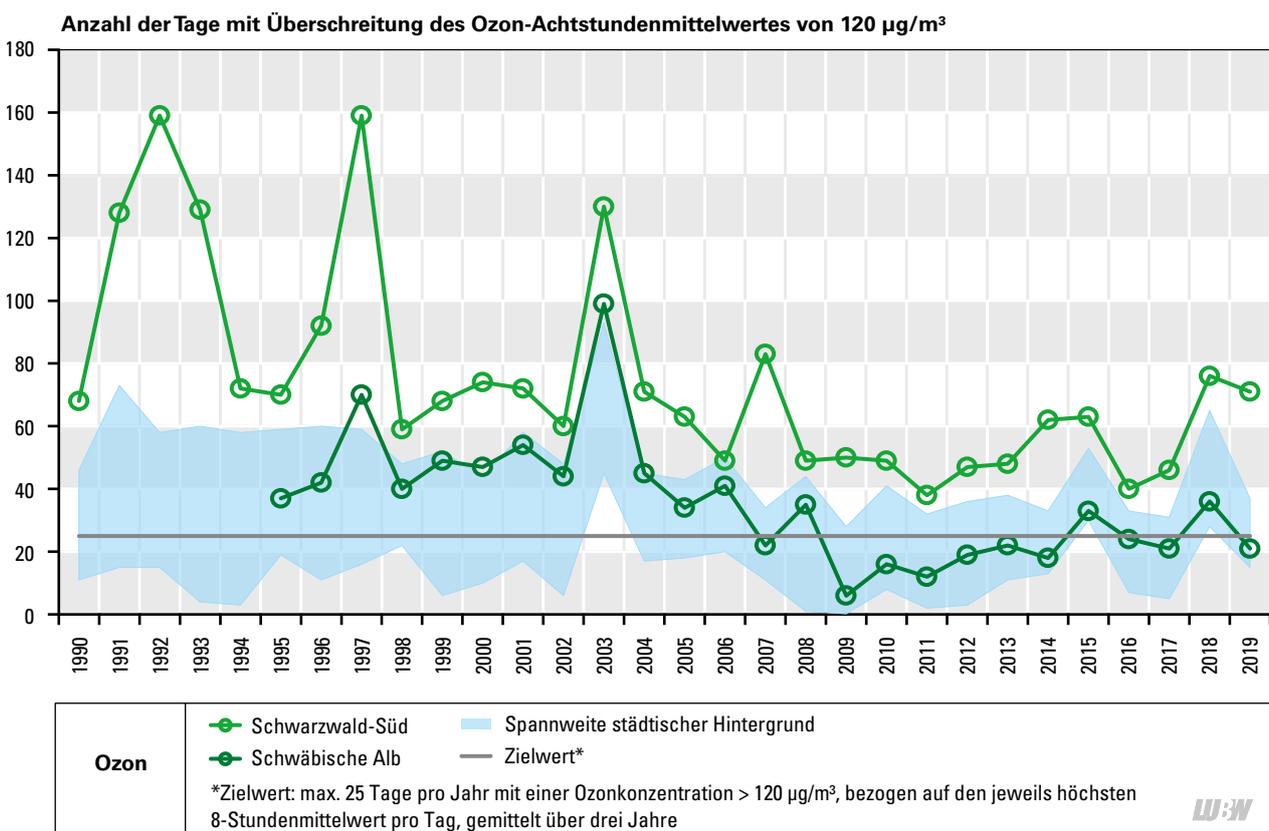


Abbildung 3.7: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Ozon (Anzahl der Tage mit Überschreitung des 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m³) in Baden-Württemberg

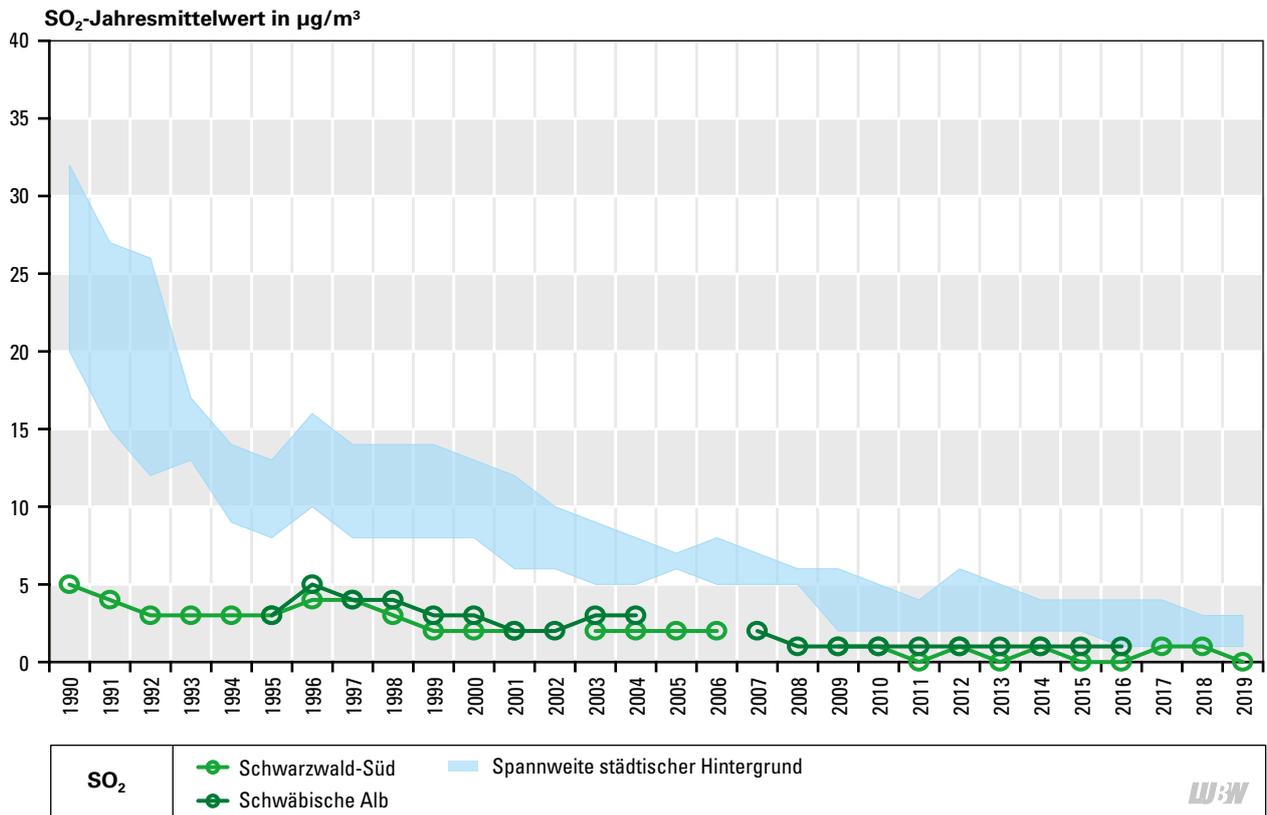


Abbildung 3.8: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

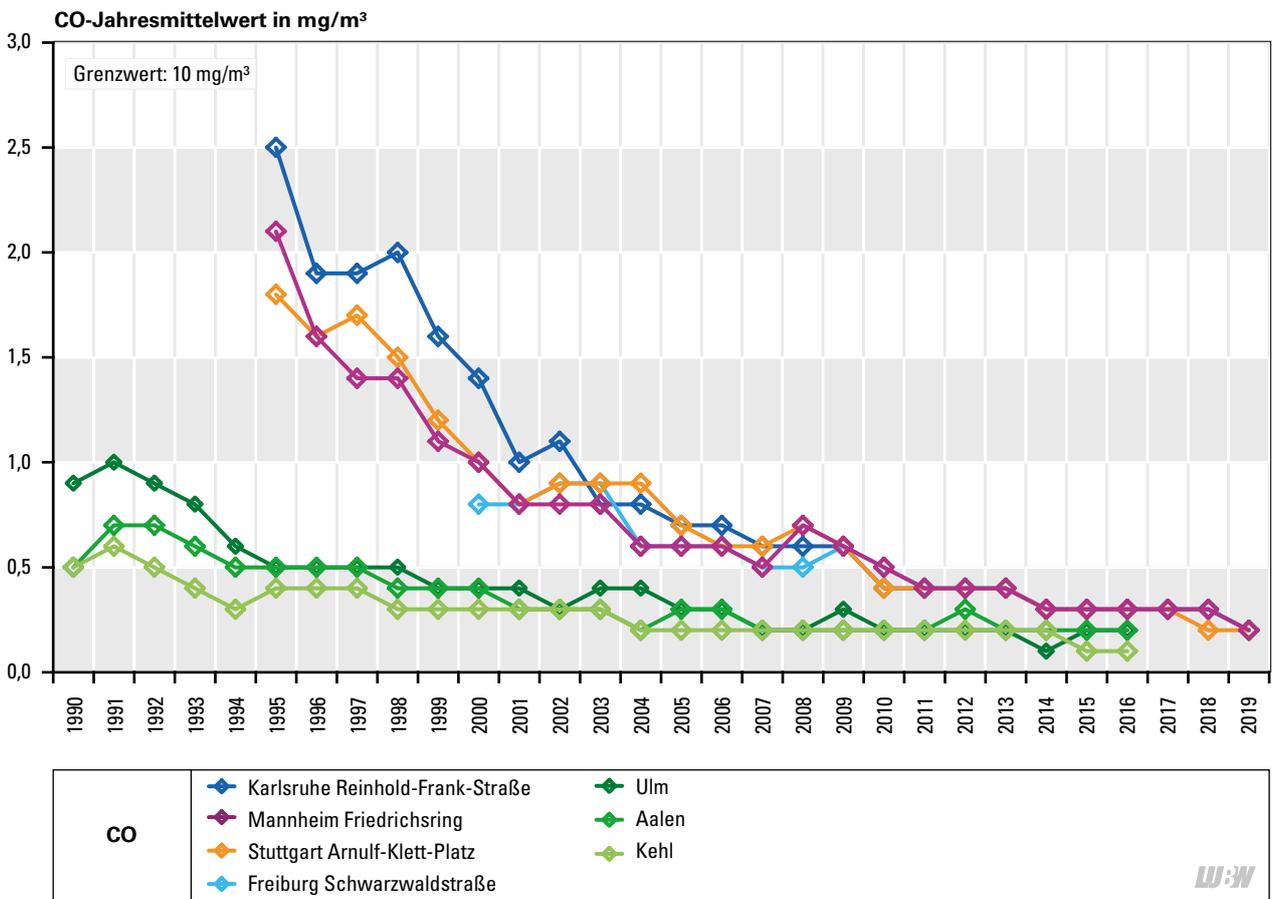


Abbildung 3.9: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Kohlenmonoxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

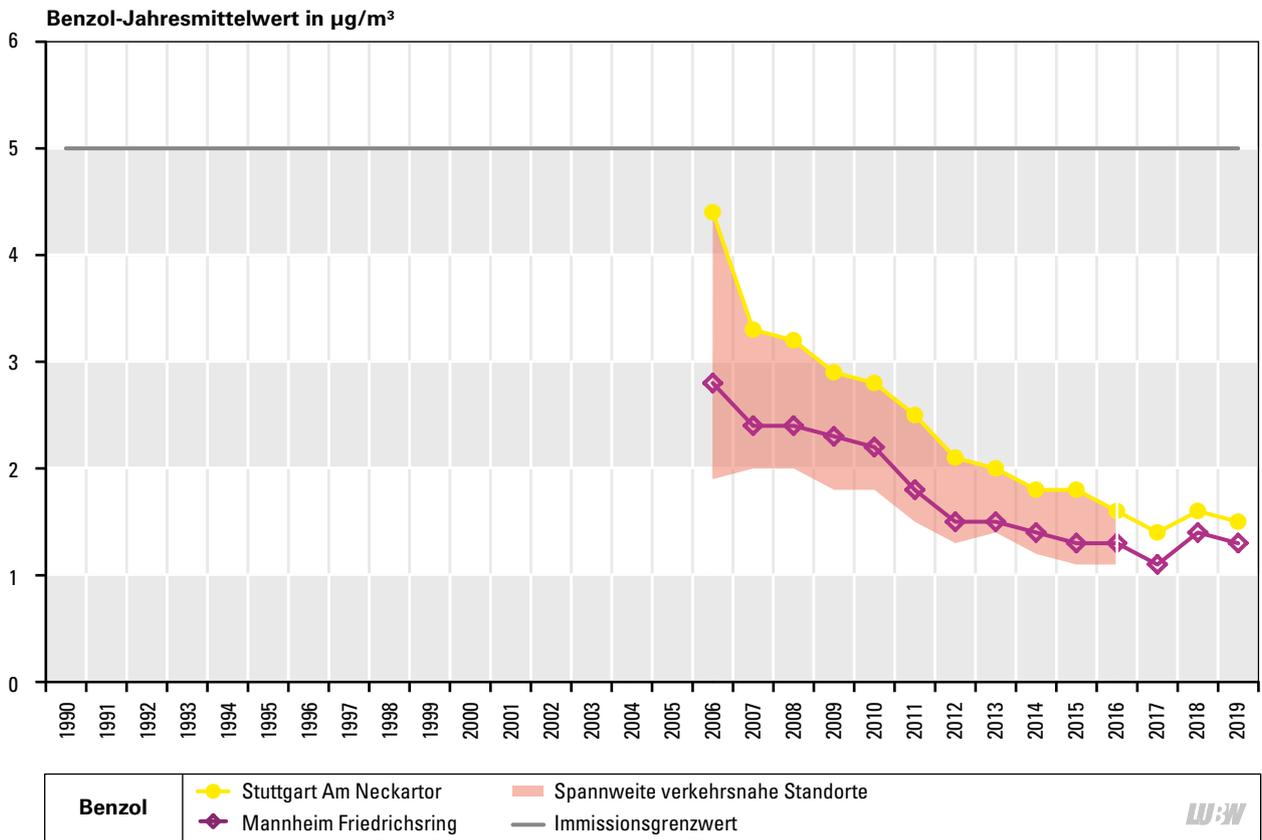


Abbildung 3.10: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Benzol (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

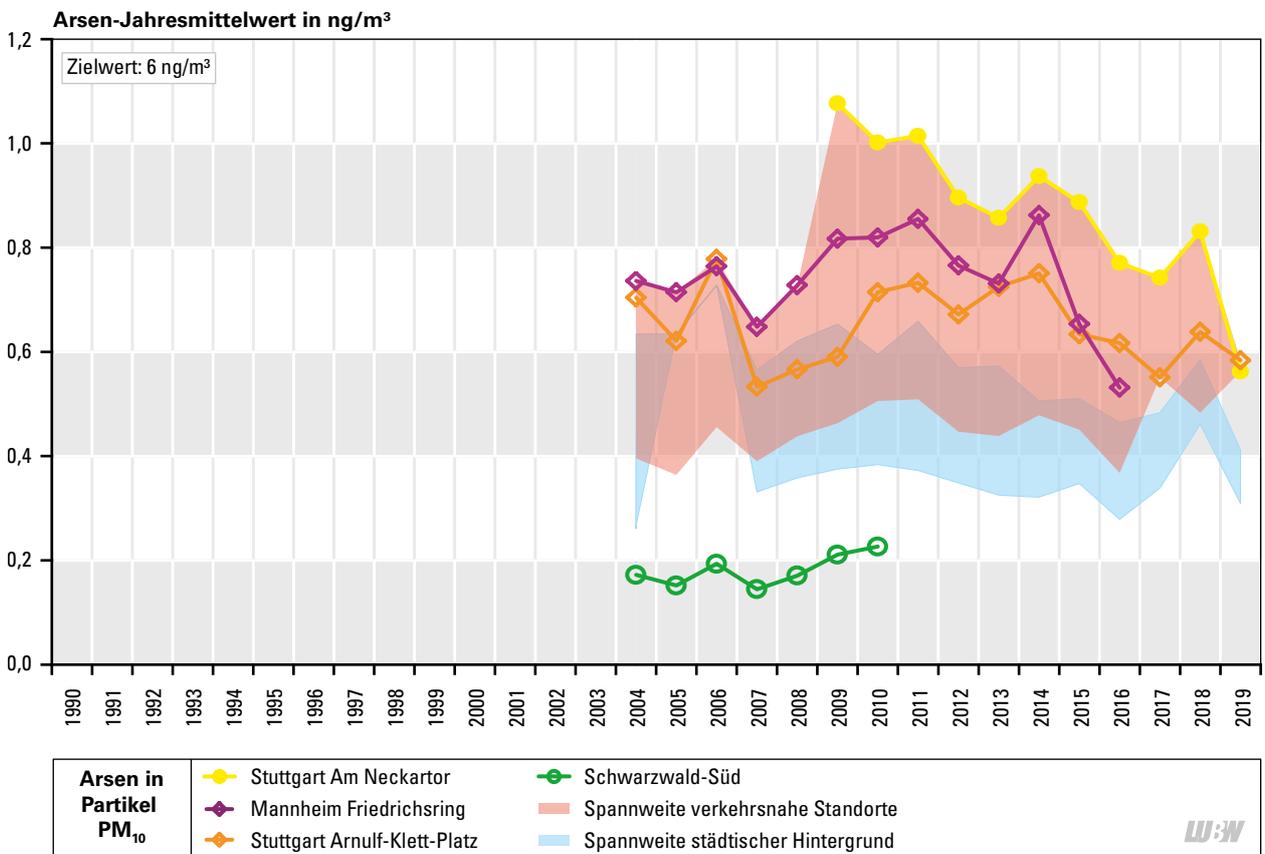


Abbildung 3.11: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Arsen (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

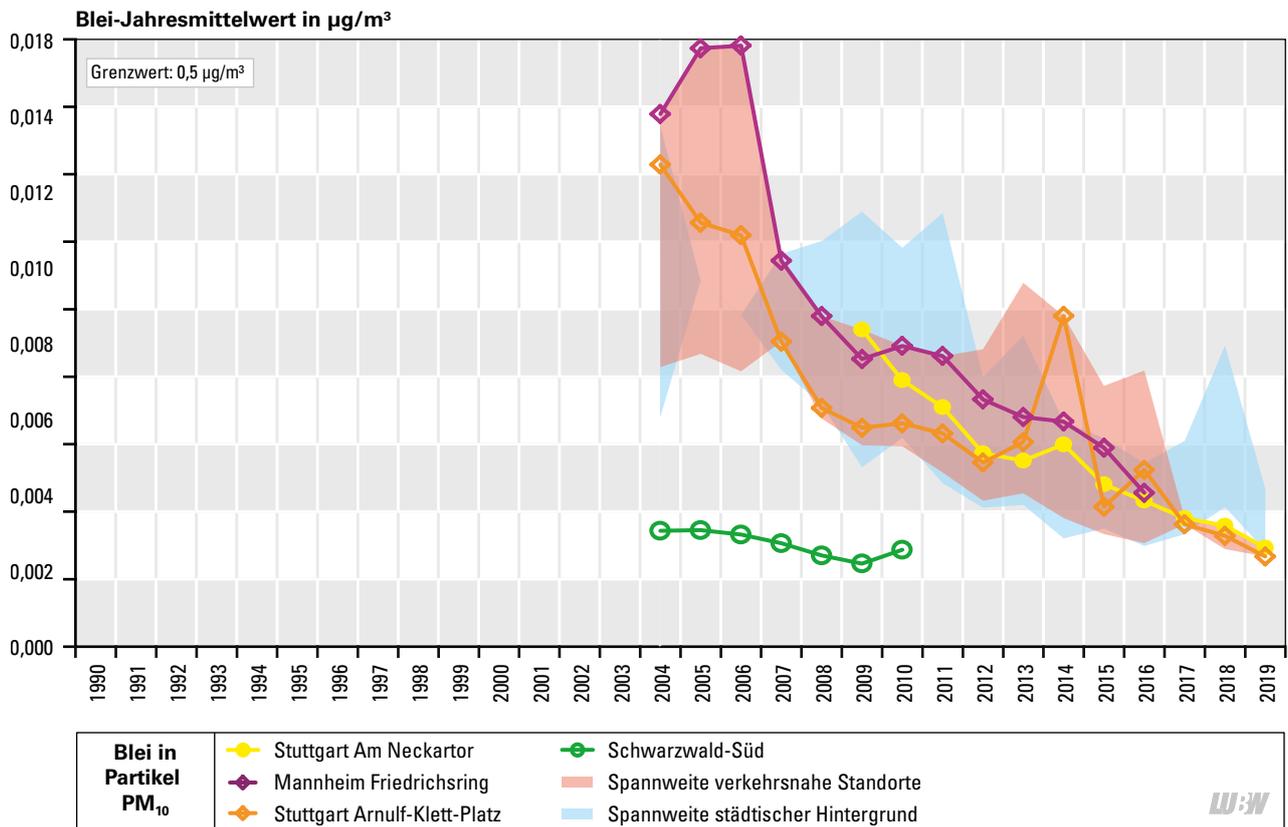


Abbildung 3.12: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Blei (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

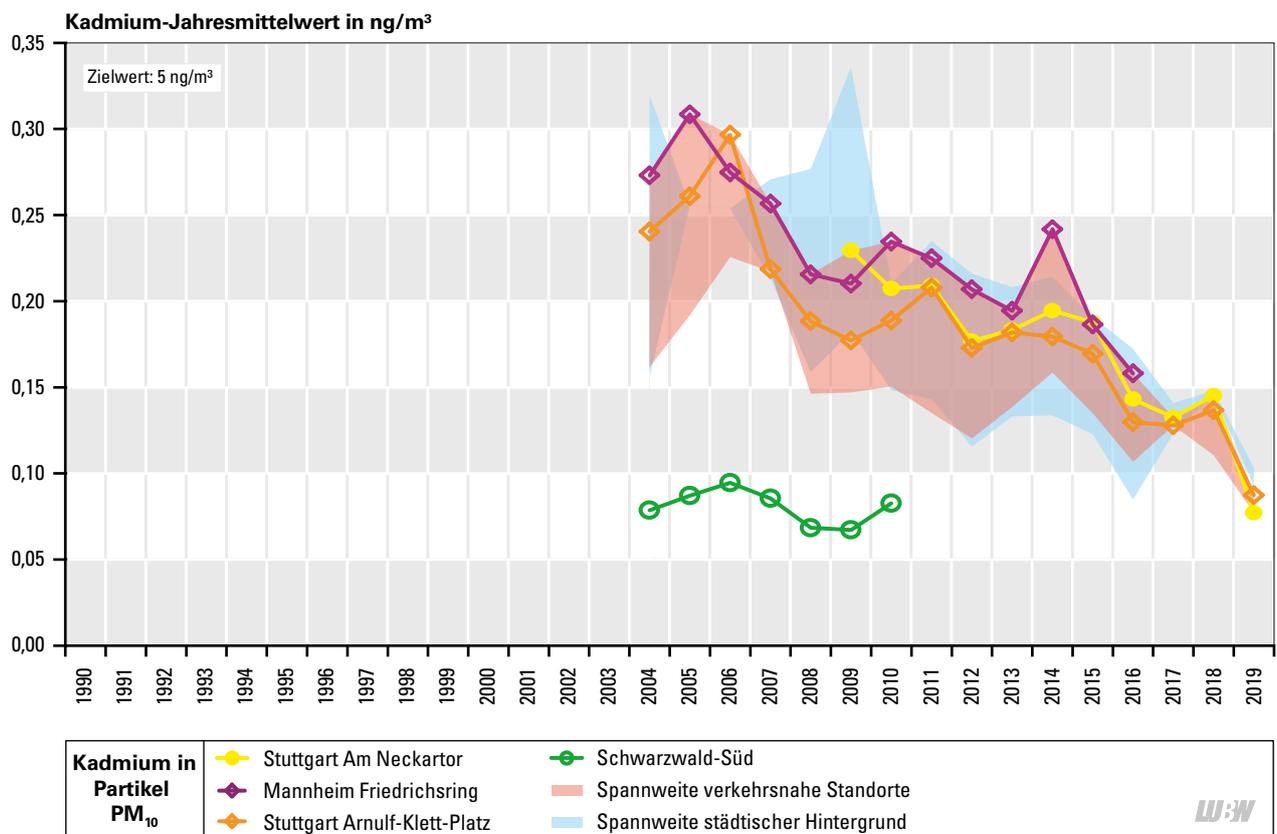


Abbildung 3.13: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Kadmium (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

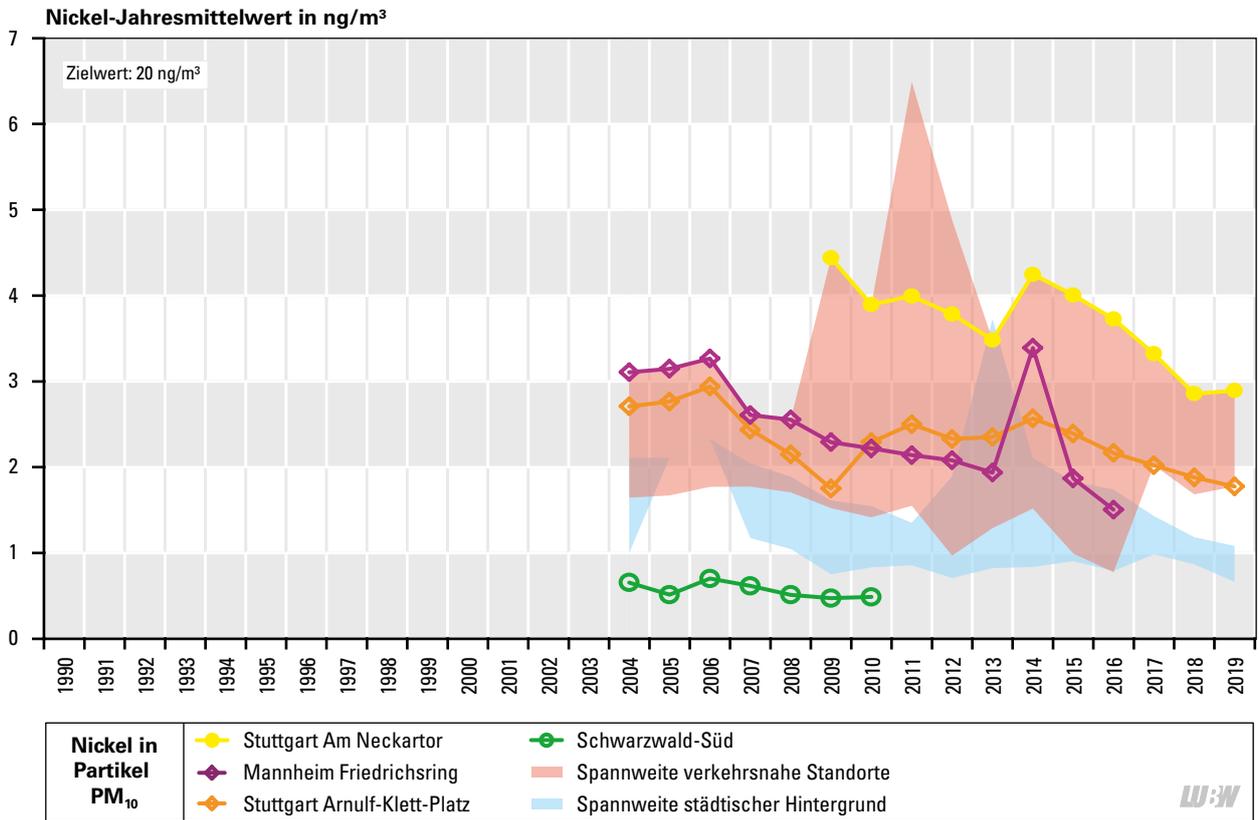


Abbildung 3.14: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Nickel (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

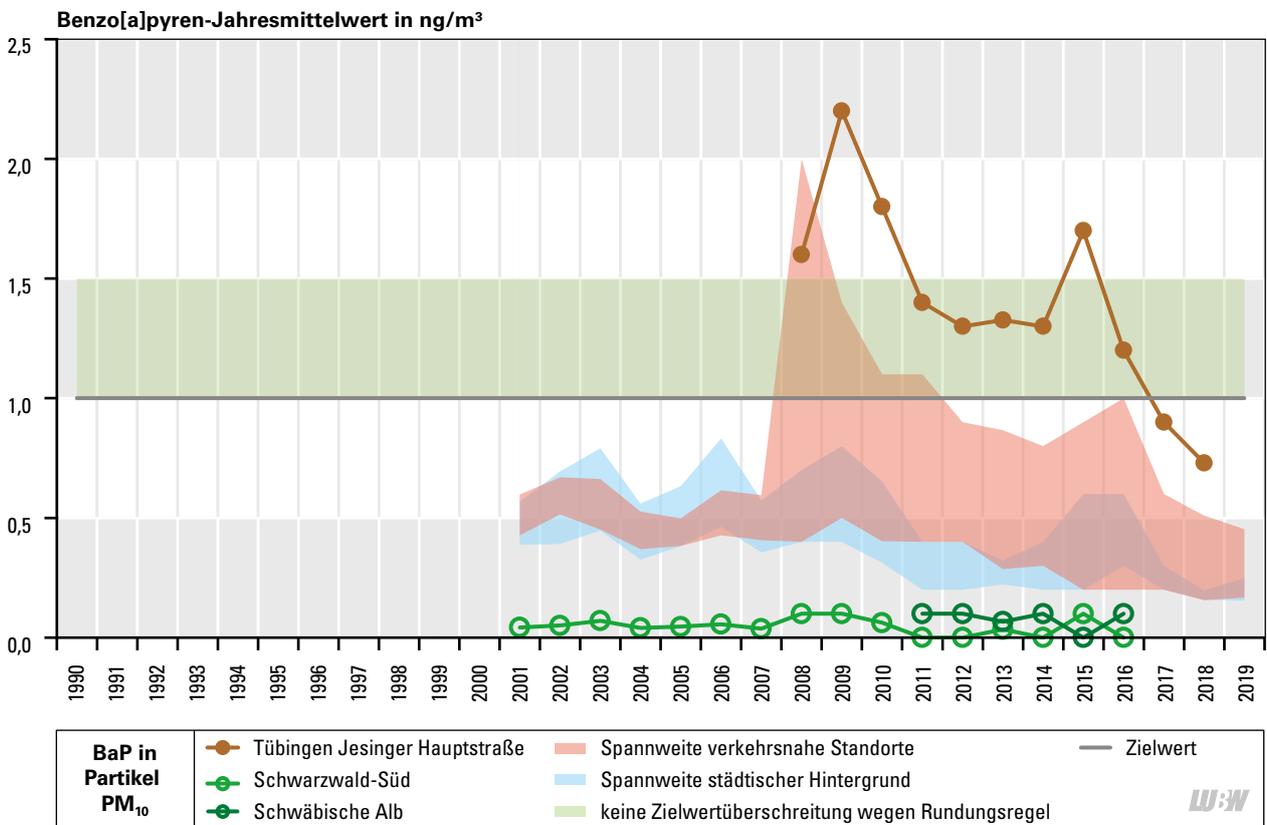


Abbildung 3.15: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Benzo[a]pyren (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

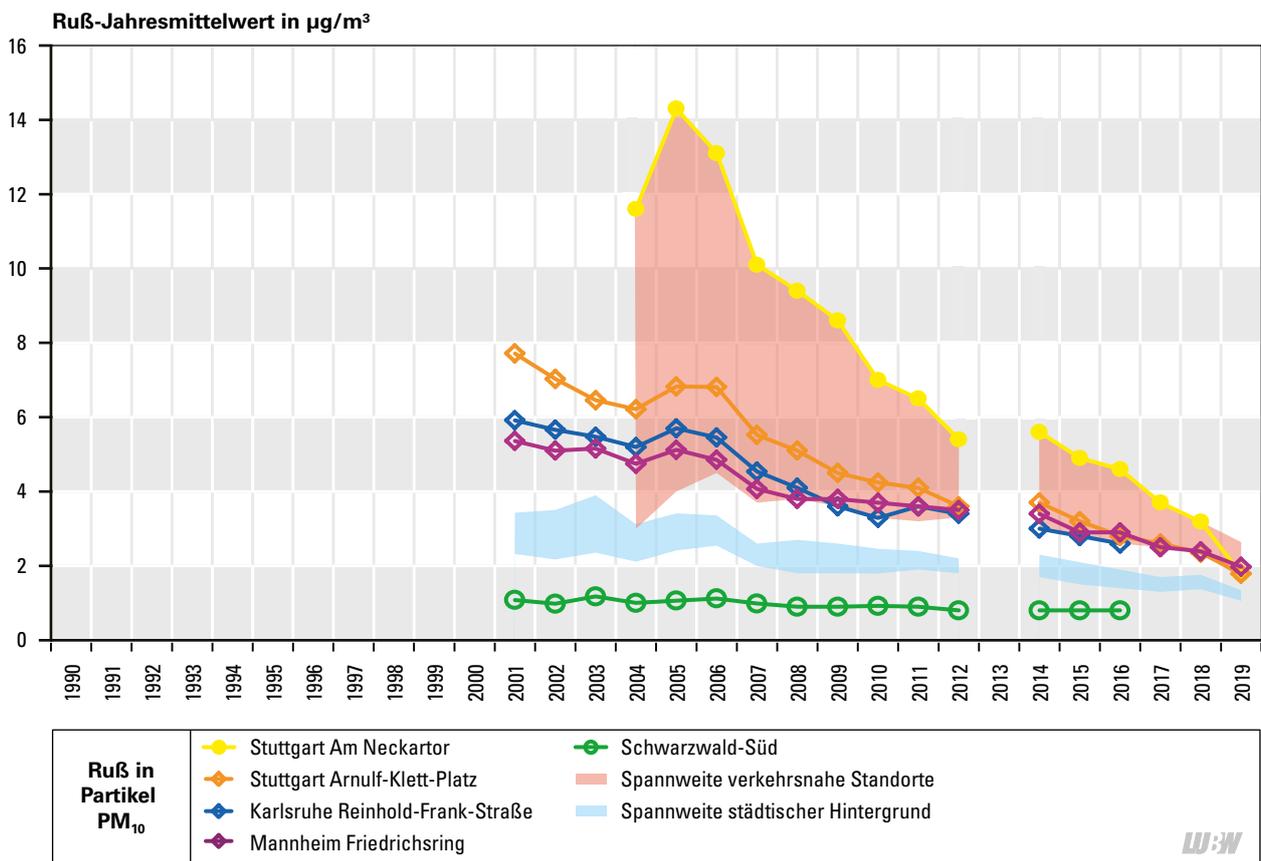


Abbildung 3.16: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Ruß (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

Auch die Schadstoffdepositionen sind rückläufig. In Baden-Württemberg werden seit 1992 die Staubbiederschläge über Bergerhoff-Gefäße erfasst. Die Bestimmung der Sulfateinträge erfolgte von 1992 bis 2016 ebenfalls über Bergerhoff-Gefäße, seit 2017 nur noch über die Wet-only-Sammler. Die einzelnen Standorte des Depositionsmessnetzes können folgenden Regionen zugeordnet werden:

- Städtischer Hintergrund
- Ländliche/naturnahe Region

Zur Veranschaulichung des Depositionstrends wurden für die o. g. Regionen folgende Messstationen, die seit 1992 ohne größere Unterbrechung in Betrieb waren, ausgewählt:

- Mannheim-Nord (städtischer niederschlagsarmer Hintergrund)
- Isny (ländlich, landwirtschaftlich geprägte Region)
- Schwäbische Alb (ländliche/naturnahe Region)

Wie in Abbildung 3.17 erkennbar, nehmen die Staubbiederschläge seit Beginn der Messungen ab, jedoch zeichnen sich leichte Zunahmen in den letzten beiden Jahren ab. Im städtischen Hintergrund liegen die Staubbiederschläge

aufgrund der Vielzahl verschiedener Emittenten auf einem höheren Niveau als im ländlichen Hintergrund.

Die Abbildung 3.18 zeigt die Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge. Die Messungen der Sulfateinträge mit Bergerhoff-Gefäßen wurden 2017 an allen Standorten eingestellt, so dass diese Trendbetrachtung nicht fortgeführt werden konnte. Insgesamt ist seit 1992 ein abnehmender Trend erkennbar. Gründe hierfür sind der Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen bei Kraftwerken und der Einsatz von schwefelarmen Brennstoffen. Die höchsten Sulfateinträge verzeichnet der städtische Bereich, verursacht durch Schwefeldioxidfreisetzungen aus der Verbrennung von schwefelhaltigen Energieträgern. In den ländlichen Regionen sind die Einträge geringer. Aufgrund des Auskämmeffektes und Ferntransports können auch in diesen Regionen höhere Sulfateinträge auftreten.

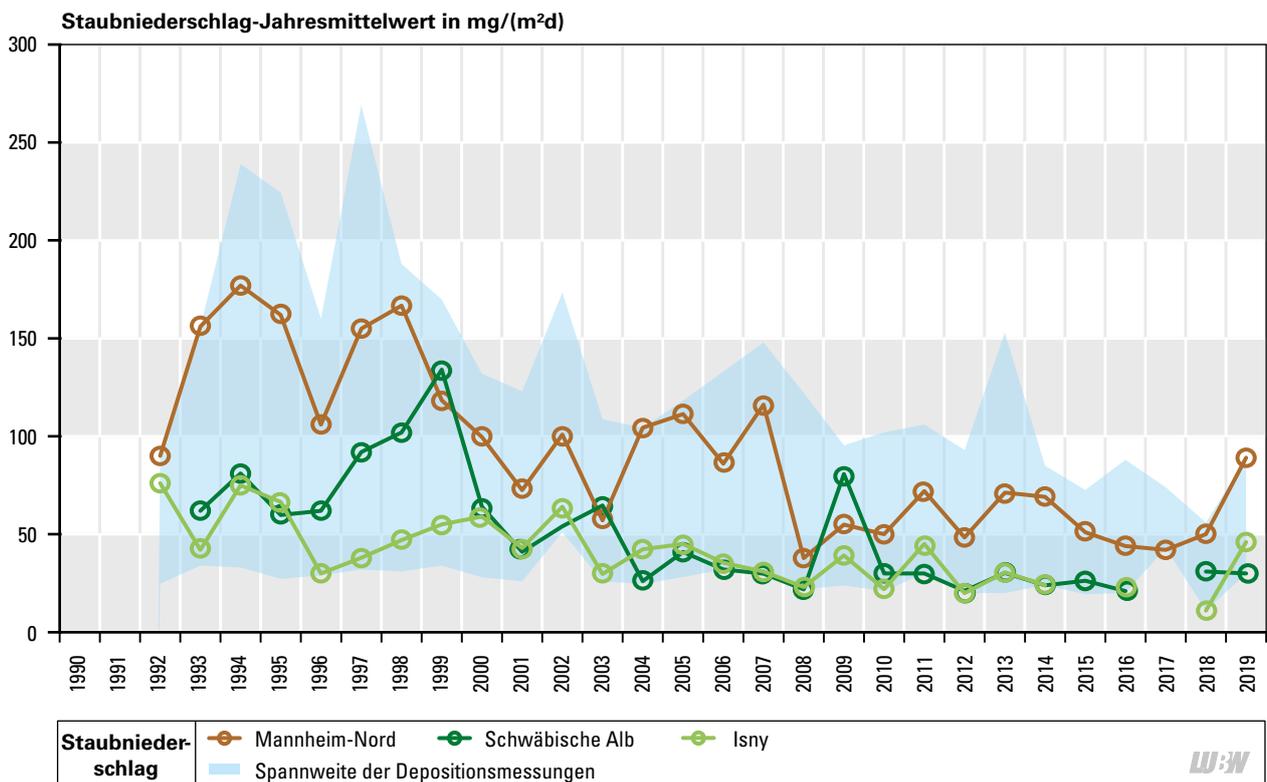


Abbildung 3.17: Entwicklung der Staubniederschläge (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

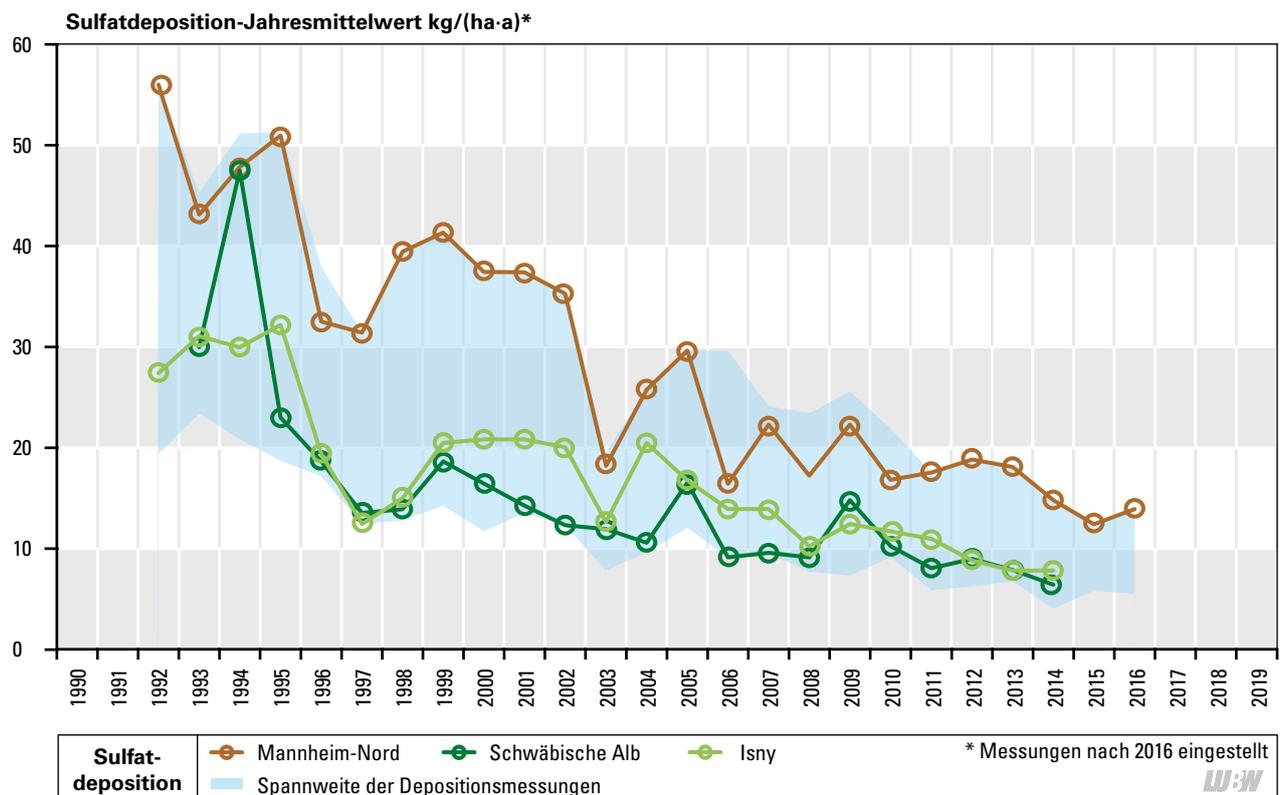


Abbildung 3.18: Entwicklung der Sulfatdeposition (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

4 Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen zusammengefasst. Abweichend von den sonst sehr übersichtlich und knapp dargestellten Ergebnissen der Jahreskenngrößen im vorliegenden Bericht für 2019, sind hier die Betrachtungen und Auswertungen teils sehr ausführlich dargestellt.

4.1 Luftqualitätsindex für Baden-Württemberg

Der Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) visualisiert tagesaktuell die Belastung der Luft durch Schadstoffe. Dabei werden Luftschadstoffe berücksichtigt, die sich bei erhöhten Konzentrationen kurzfristig negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken können. Mit einem Blick ist eine Bewertung der momentanen Luftqualität möglich und Personen, die gegenüber Luftschadstoffen empfindlich sind, können ihr persönliches Verhalten anpassen.

Der LQI_{BW} umfasst die vier Schadstoffe Ozon (O_3), Stickstoffdioxid (NO_2), Partikel PM_{10} und Partikel $PM_{2,5}$ und steht für alle Messstellen zur Verfügung, an denen Geräte zur kontinuierlichen Messung der Luftqualität installiert sind. Die Indexklassen orientieren sich am deutschen Schulnotensystem von der Klasse 1 „sehr gut“ bis Klasse 6 „sehr schlecht“. Die Einteilung der Konzentrationen in die Indexklassen berücksichtigt Erkenntnisse verschiede-

ner Studien zu Kurzzeitwirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit sowie Immissionsgrenzwerte und Informationsschwellenwerte der 39. BImSchV [39. BImSchV 2010]. Für eine schnelle Einschätzung sind die Indexklassen farblich unterlegt. In den Stufen blau bis gelb entsprechen die gemessenen Werte unschädlichen Konzentrationen. Bei den Stufen orange und rot erreicht mindestens ein Luftschadstoff eine Konzentration, bei der Immissionsgrenzwerte oder Informationsschwellenwerte der 39. BImSchV überschritten werden und die sich kurzfristig negativ auf die Gesundheit auswirken kann.

Der LQI_{BW} steht im Internetangebot der LUBW zur Verfügung. Der Einstieg erfolgt über die Karte „Immissionsdaten aus Baden-Württemberg“, mit der die tagesaktuell vorherrschende Luftqualität in Baden-Württemberg dargestellt wird (<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/luft/messwerte-immissionswerte#karte>). Details zu den Messwerten an den einzelnen Messstellen können den Ansichten „Diagramm“ und „Tabelle“ entnommen werden. Mit Hilfe dieser Übersicht kann die Entwicklung sowohl für die einzelnen Schadstoffe als auch für verschiedene Zeitspannen (1 Tag, 7 Tage und 6 Wochen) nachvollzogen werden. Abbildung 4.1 zeigt die Darstellungsformen Karte und Diagramm. Hintergrundinformationen zum Luftqualitätsindex Baden-Württemberg sind in dem Bericht [LUBW 2020a] zusammengefasst.



Abbildung 4.1: Beispiele für die Darstellungsformen Karte und Diagramm des Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) im Internetangebot der LUBW

4.2 Sondermessungen in Schwarzwaldtälern 2019

Die LUBW führte vom 1. Januar bis 31. Dezember 2019 Messungen von Feinstaub und Staubinhaltsstoffen in den drei Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal durch. Ziel der Messungen war es, die Feinstaubkonzentration und verschiedene Feinstaubinhaltsstoffe zu ermitteln sowie den Einfluss von Holzfeuerungen auf die Feinstaubbelastung zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht der LUBW veröffentlicht [LUBW 2020d].

Für die Feinstaubfraktionen Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ sowie für den Staubinhaltsstoff Benzo[a]pyren (BaP) sind in der 39. BImSchV [39. BImSchV 2010] Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte festgelegt (siehe Tabelle 1.2). Außerdem hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ Leitwerte abgeleitet, die strengere Anforderungen an die Luftqualität stellen als die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV. Für Partikel PM_{10} liegt der Leitwert für das Jahresmittel bei $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Partikel $PM_{2,5}$ bei $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Messergebnisse für das Jahr 2019 zeigen für Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ eine sichere Einhaltung der Immissionsgrenzwerte sowie eine sichere Einhaltung des Zielwertes für Benzo[a]pyren gemäß der 39. BImSchV (Tabelle 4.1). Für Partikel PM_{10} werden auch die strengeren Leitwerte der WHO an allen drei Messstandorten eingehalten. Der Leitwert der WHO für die Partikel $PM_{2,5}$ -Konzentration von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird nur in Schuttertal knapp überschritten.

Die Konzentrationen von Benzo[a]pyren sind in der Heizperiode (Januar, Februar, November und Dezember) höher als in den Sommermonaten, da der Anteil von

Benzo[a]pyren im Feinstaub durch den Emissionsbeitrag aus Holzfeuerungen dominiert wird. Die Benzo[a]pyren-Mittelwerte für das Jahr 2019 zeigen, dass in der Gemeinde Schuttertal der Emissionsbeitrag der Holzfeuerungen zur Feinstaubbelastung höher ausfällt als in den Gemeinden Forbach und Kleines Wiesental.

Die Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung erfolgte über die Levoglucosankonzentration in der Partikelfraktion PM_{10} . Relevante Holzfeuerungsanteile treten überwiegend in den Wintermonaten auf. In Schuttertal waren an 154 Tagen im Jahr 2019 Holzfeuerungsanteile in der Partikelfraktion PM_{10} nachweisbar. In Forbach und im Kleinen Wiesental konnten dagegen an nur 116 Tagen bzw. 141 Tagen Holzfeuerungsanteile in der Partikelfraktion PM_{10} ermittelt werden. Die maximalen, minimalen und mittleren Holzfeuerungsanteile lagen in den Schwarzwaldgemeinden auf einem ähnlichen Niveau. Die mittleren Holzfeuerungsanteile liegen bei den Schwarzwaldgemeinden mit 24 % bis 27 % deutlich höher als z. B. bei der städtischen Hintergrundmessstation Stuttgart-Bad Cannstatt mit 15 %. Die kleinstädtisch geprägte städtische Hintergrundmessstation Gärtringen weist hingegen einen ähnlich hohen mittleren Holzfeuerungsanteil von 26 % auf.

4.3 Positivmatrix-Faktorisierung (PMF) – Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen

4.3.1 Einleitung

Als Feinstaub werden im Allgemeinen feste oder flüssige Partikel in der Atmosphäre bezeichnet, die einen Durchmesser $\leq 10 \mu\text{m}$ aufweisen. Feinstaub kann aus natürlichen Quellen (z. B. Waldbrände und Vulkanausbrüche) sowie anthropogenen Quellen (z. B. Verkehr und Industrie) entstehen und sich aus verschiedenen Inhaltsstoffen zusammensetzen. Je nach Emissionsquelle entstehen Partikel in

Tabelle 4.1: Ergebnisse der Messungen an den Sondermessstellen in den Schwarzwaldtälern im Jahr 2019

Messstelle	Partikel PM_{10} JMW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Partikel $PM_{2,5}$ JMW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Benzo[a]pyren (BaP) JMW [ng/m^3]	Mittlerer Holzverbrennungsanteil [%]
Forbach	11	8	0,2	26
Kleines Wiesental	11	9	0,2	24
Schuttertal	14	11	0,4	27
Immissionsgrenzwert/Zielwert	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ng/m^3	–
WHO-Leitwert	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	–	–

unterschiedlichen Größenbereichen und Konzentrationen mit einer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung. Diese Eigenschaften entscheiden darüber, wie schädlich der Feinstaub für die menschliche Gesundheit ist. Mithilfe der Positivmatrix-Faktorisierung (PMF) ist es möglich, über den zeitlichen Verlauf verschiedener Feinstaubinhaltsstoffe auf Quellgruppen zu schließen und ihren Beitrag zur Feinstaubkonzentration zu quantifizieren. Im Rahmen mehrerer Projekte und Sonderauswertungen wurden PMF-Analysen für einige Messstellen in Baden-Württemberg und dem benachbarten Elsass durchgeführt und somit relevante Feinstaubquellen quantifiziert [SCHWARZ 2019], [SCHWARZ et al. 2019].

Für die Ursachenanalyse mittels PMF wurden Messstellen betrachtet, an denen über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr eine tägliche Bestimmung verschiedener Feinstaubinhaltsstoffe stattgefunden hat. Dazu gehörten folgende Messstellen:

- **Städtische, verkehrsnahe Messstellen:**
 - Stuttgart Am Neckartor (Jahre 2015 bis 2018)
 - Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (Jahre 2018 und 2019)
 - Freiburg Schwarzwaldstraße (Jahr 2018)
- **Städtische Hintergrundmessstationen:**
 - Stuttgart-Bad Cannstatt (Jahre 2015 bis 2019)
 - Gärtringen (Jahre 2015 bis 2019)
 - Kehl (Jahr 2018)
 - Strasbourg-Nord (Elsass; Jahr 2018)

An diesen Messstellen wurde Feinstaub täglich für 24 Stunden auf Filtern gesammelt und anschließend auf 27 verschiedene Inhaltsstoffe untersucht, u. a. Metalle, Ionen und kohlenstoffhaltige Komponenten.

Die Berechnung der PMF wurde mithilfe der frei verfügbaren EPA PMF 5.0-Software der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde (EPA) durchgeführt [EPA 2014]. Die grundlegende Idee der PMF besagt, dass Inhaltsstoffe, die über einen längeren Zeitraum einen sehr ähnlichen zeitlichen Verlauf aufweisen, derselben Quelle oder Quellgruppe entstammen können. Dementsprechend werden Inhaltsstoffe, die gut miteinander korrelieren, mit der PMF-Software zu einem Faktor zusammengefasst. Ein Faktor entspricht jeweils einer Quelle oder Quellgruppe mit

einer bestimmten Zusammensetzung aus den verschiedenen Inhaltsstoffen (Quellprofil) und einem charakteristischen zeitlichen Verlauf (Quellverlauf). Die Quellprofile und Quellverläufe werden anschließend interpretiert und verschiedenen Quellgruppen zugeordnet.

4.3.2 Ergebnisse und Diskussion

An allen untersuchten Luftmessstationen wurden dieselben folgenden Quellgruppen identifiziert und deren Anteile an der Partikel PM_{10} -Konzentration quantifiziert:

- Verkehr
 - Aufwirbelung von Staubpartikeln (Aufwirbelung)
 - nicht flüchtige sekundäre Aerosole (nicht flüchtige SA)
 - flüchtige sekundäre Aerosole (flüchtige SA)
- Biomasseverbrennung
- gealtertes Streu- und Meersalz (gealtertes Salz)
- Salz
- Industrie (nur in Kehl und Strasbourg-Nord)

Die Quellgruppe **Verkehr** zeigt hohe Beiträge und Inhaltsstoffanteile von Eisen, Elementarem Kohlenstoff (EC) sowie Organischem Kohlenstoff (OC) und bildet darüber hinaus die wichtigste Quellgruppe für zahlreiche Metalle, die hauptsächlich durch den Abrieb von Reifen und Bremscheiben freigesetzt werden. EC und OC sind zudem relevante Verbrennungsprodukte von Motoren. Der Beitrag des Verkehrsfaktors zur Partikel PM_{10} -Konzentration ist im Jahresverlauf verhältnismäßig konstant.

Die Quellgruppe für die **Aufwirbelung** von Staubpartikeln beinhaltet den Großteil der gemessenen Menge an Aluminium, Calcium und Magnesium. Diese Elemente sind Hauptbestandteile der mineralischen Erdkruste. Auffällig sind die Anteile von Vanadium und Cobalt. Diese Stoffe können beim Abrieb von Bremscheiben oder Asphalt durch den Kfz-Verkehr emittiert werden. Darüber hinaus weisen EC und OC einen relevanten Beitrag zur Faktorkonzentration auf. Der Vergleich der Beiträge des Verkehrsfaktors mit denen des Aufwirbelungsfaktors zeigt einen positiven Zusammenhang. Das deutet darauf hin, dass der Verkehr für einen gewissen Teil der Aufwirbelung von Staubpartikeln verantwortlich ist.

Die Quellgruppe der **nicht flüchtigen sekundären Aerosole** setzt sich hauptsächlich aus Ammonium und Sul-

fat sowie EC zusammen. Ammoniumsulfat bildet sich in der Atmosphäre aus Ammoniak und Schwefelsäure. Dabei stammt das Ammoniak hauptsächlich aus der Nutztierhaltung in der Landwirtschaft. Schwefelsäure ist auf Schwefeldioxidemissionen aus der Industrie sowie aus Kohlekraftwerken zurückzuführen. Der Jahresverlauf zeigt im Sommer höhere Beiträge des Faktors als im Winter.

Die Quellgruppe der **flüchtigen sekundären Aerosole** wird hauptsächlich durch Ammonium und Nitrat gebildet. Nitrat entsteht in der Atmosphäre aus Stickstoffoxiden, die hauptsächlich durch den Kfz-Verkehr emittiert werden. Ammoniumnitrat ist eine flüchtige Verbindung, die ab einer Lufttemperatur von ca. 20°C von der Partikelphase in die Gasphase übergeht und deshalb im Sommer nur einen geringen Beitrag zur Partikelmasse leistet.

Die Quellgruppe für die **Biomasseverbrennung** zeigt hohe Beiträge von EC und OC sowie den Großteil der Kalium-, Levoglucosan- und Benzo[a]pyrenkonzentrationen. Zusätzlich beinhaltet der Faktor relevante Anteile von Blei und Cadmium. Levoglucosan und Kalium gelten als Indikatoren für die Holzverbrennung. Benzo[a]pyren wird ebenfalls mit der unvollständigen Biomasseverbrennung assoziiert und gilt als Hinweis für das Auftreten weiterer polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK). Der zeitliche Verlauf zeigt hohe Beiträge im Winterhalbjahr und geringe bis keine Beiträge im Sommerhalbjahr.

Die Quellgruppe für **gealtertes Streu- und Meersalz** setzt sich hauptsächlich aus Natrium, Magnesium, Nitrat und Sulfat zusammen. Natrium und Magnesium können beide sowohl aus Streu- als auch aus Meersalz stammen.

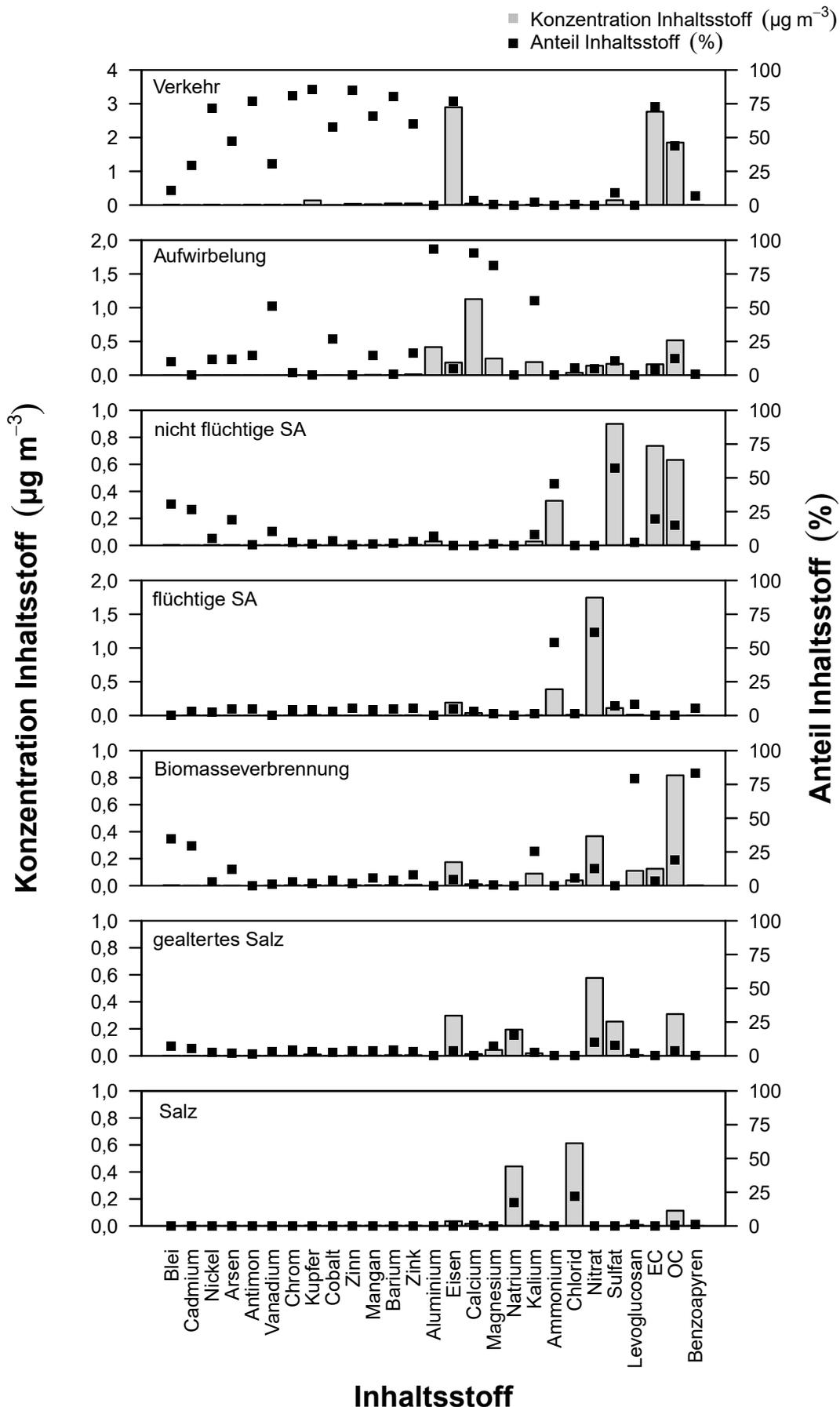
Nitrat und Sulfat sind Verbindungen, die sich sekundär aus Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid in der Atmosphäre bilden und charakteristische Bestandteile von gealterten Salzpartikeln darstellen. Der Faktorbeitrag ist im Jahresverlauf, abgesehen einzelner Peaks, weitestgehend konstant und zeigt keinen Jahresgang.

Die Quellgruppe **Salz** setzt sich aus Natrium und Chlorid zusammen. Natriumchlorid ist eine typische Salzverbindung, die z. B. in Meeresnähe als Meersalz oder an stark befahrenen Straßen im Winter als Streusalz identifiziert werden kann. Da die hier betrachteten Messstellen sehr weit vom Meer entfernt liegen und der zeitliche Verlauf vor allem hohe Konzentrationen des Faktors im Winter aufweist, wurde der Faktor hauptsächlich auf Streusalz zurückgeführt.

An den Stationen Kehl und Strasbourg-Nord können mehrere Quellgruppen identifiziert werden, deren stoffliche Zusammensetzung auf die **Industrie** zurückgeführt werden kann. In Kehl beinhaltet der Industriefaktor hohe Anteile für einen Großteil der untersuchten Metalle, während in Strasbourg-Nord lediglich Blei und Zink den Faktor bestimmen.

Sowohl die chemische Zusammensetzung als auch die zeitlichen Verläufe der Quellgruppen sind an den untersuchten Messstellen in den meisten Fällen sehr ähnlich und stimmen gut mit Ergebnissen aus internationalen Studien überein. Aus diesem Grund werden nur die Quellprofile und Quellverläufe für die Messstelle Stuttgart Am Neckartor dargestellt (Abbildung 4.2, Abbildung 4.3).

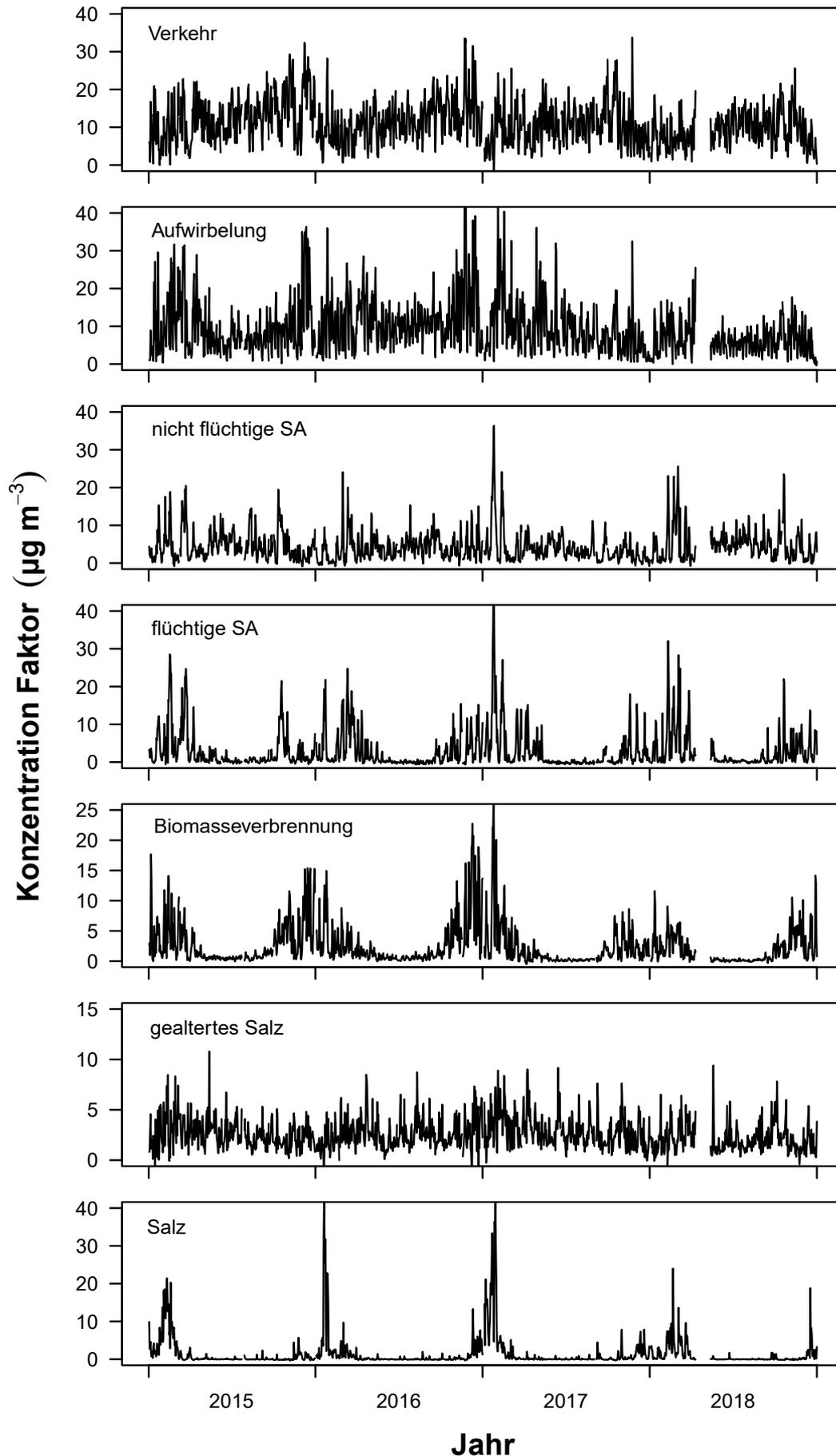
Quellprofile Stuttgart Am Neckartor



LUBW

Abbildung 4.2: Stoffliche Zusammensetzung der Quellprofile an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor mit dem Konzentrationsbeitrag der Feinstaubinhaltsstoffe zur jeweiligen Quellgruppe sowie dem prozentualen Anteil der Inhaltsstoffe im Bezug zur gesamten Inhaltsstoffkonzentration der Partikelfraktion PM_{10} im Zeitraum zwischen 2015 und 2018

Quellverläufe Stuttgart Am Neckartor



U:W

Abbildung 4.3: Zeitlicher Verlauf der Konzentrationen bzw. Anteile der einzelnen Quellgruppen zur Partikel PM₁₀-Konzentration an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im Zeitraum zwischen 2015 und 2018

Messstellenvergleich 2018

Für das Jahr 2018 liegen an allen untersuchten Messstellen PMF-Ergebnisse vor, die im Folgenden miteinander verglichen werden (Abbildung 4.4). Die höchsten Partikel PM₁₀-Konzentrationen können an den verkehrsnahen Messstellen gemessen werden, während die Konzentrationen an den Hintergrundmessstationen am niedrigsten liegen. Die größten Unterschiede der absoluten Anteile treten für die Quellgruppe Verkehr auf. Der Verkehr zeigt an den Messstellen Stuttgart Am Neckartor und Stuttgart Arnulf-Klett-Platz die höchsten absoluten Anteile an der Partikel

PM₁₀-Konzentration, während der Anteil an der Messstelle Gärtringen am niedrigsten liegt. An der verkehrsnahen Messstelle Freiburg Schwarzwaldstraße fällt der Anteil von Verkehr hingegen niedriger aus. Der Grund hierfür kann in der höheren Windgeschwindigkeit in Freiburg und in dem durch das lokale Windsystem „Höllentäler“ verbesserten Luftaustausch liegen. Bei der Betrachtung der anderen Quellgruppen zeigen sich an allen Messstellen vor allem hohe Anteile der sekundären Aerosole. Insgesamt kommt es mit Ausnahme des Verkehrs zu geringen Unterschieden der absoluten Anteile zwischen den Messstellen.

Messstellenvergleich (2018)

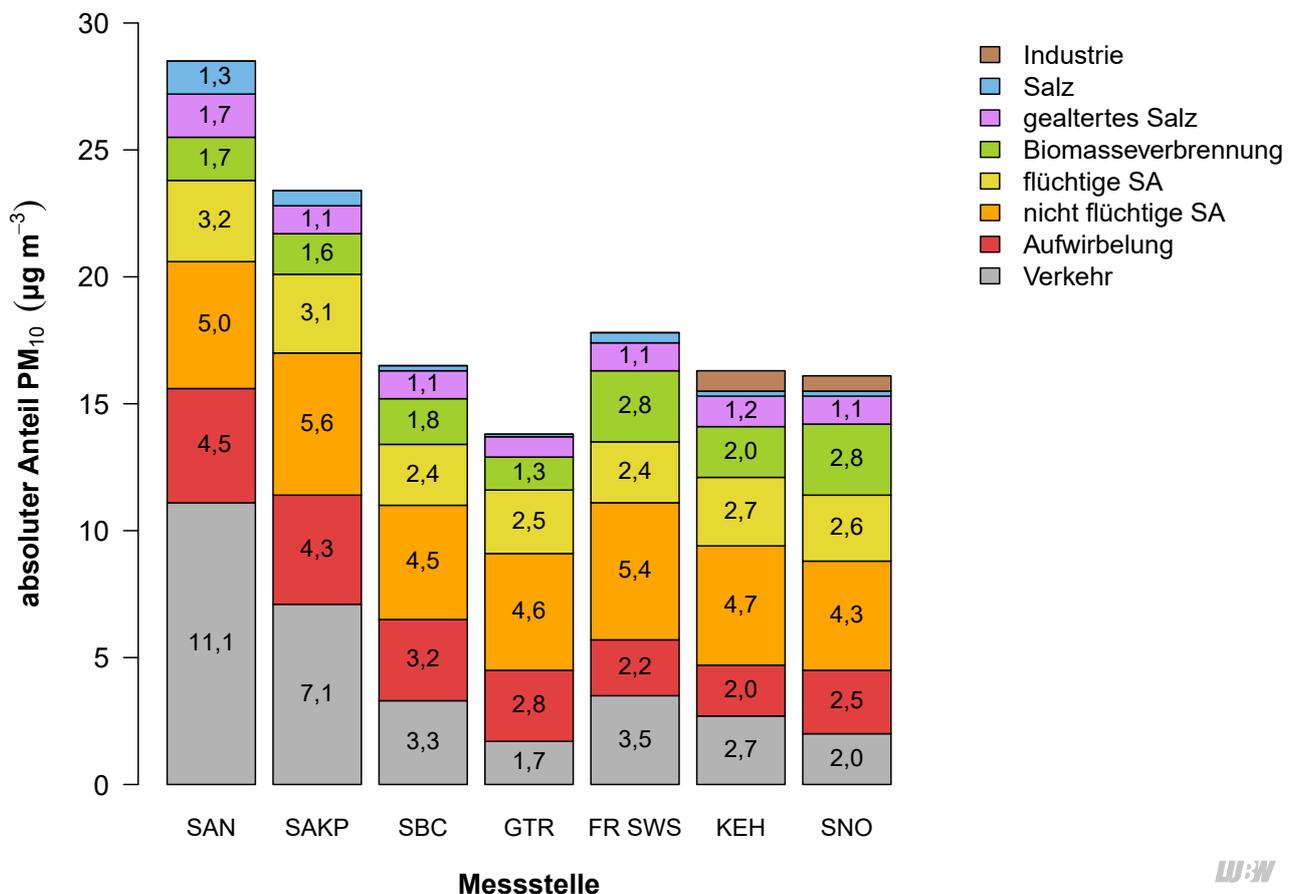


Abbildung 4.4: Vergleich der absoluten Anteile der Quellgruppen an der Partikel PM₁₀-Konzentration an den Messstellen Stuttgart Am Neckartor (SAN), Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (SAKP), Stuttgart-Bad Cannstatt (SBC), Gärtringen (GTR), Freiburg Schwarzwaldstraße (FR SWS), Kehl (KEH) und Strasbourg-Nord (SNO) für das Jahr 2018

Jahresvergleich Stuttgart Am Neckartor

Die Partikel PM_{10} -Konzentration ist zwischen den Jahren 2015 und 2018 deutlich zurückgegangen (Abbildung 4.5). Bei den absoluten Anteilen zeigt sich, dass der Verkehrsanteil in den letzten Jahren kontinuierlich abnimmt, ebenso wie der Anteil der Biomasseverbrennung. Bei den anderen Quellgruppen kommt es zu leichten Schwankungen im Verlauf der Jahre. Insgesamt gehen aber auch dort die

absoluten Anteile, mit Ausnahme der nicht flüchtigen sekundären Aerosole, zwischen 2015 und 2018 zurück. Bei den prozentualen Anteilen variieren die Anteile der Aufwirbelung und der nicht flüchtigen sekundären Aerosole. Insgesamt setzt sich der Feinstaub an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor in den letzten Jahren aus denselben Feinstaubquellen zusammen.

Jahresvergleich Stuttgart Am Neckartor

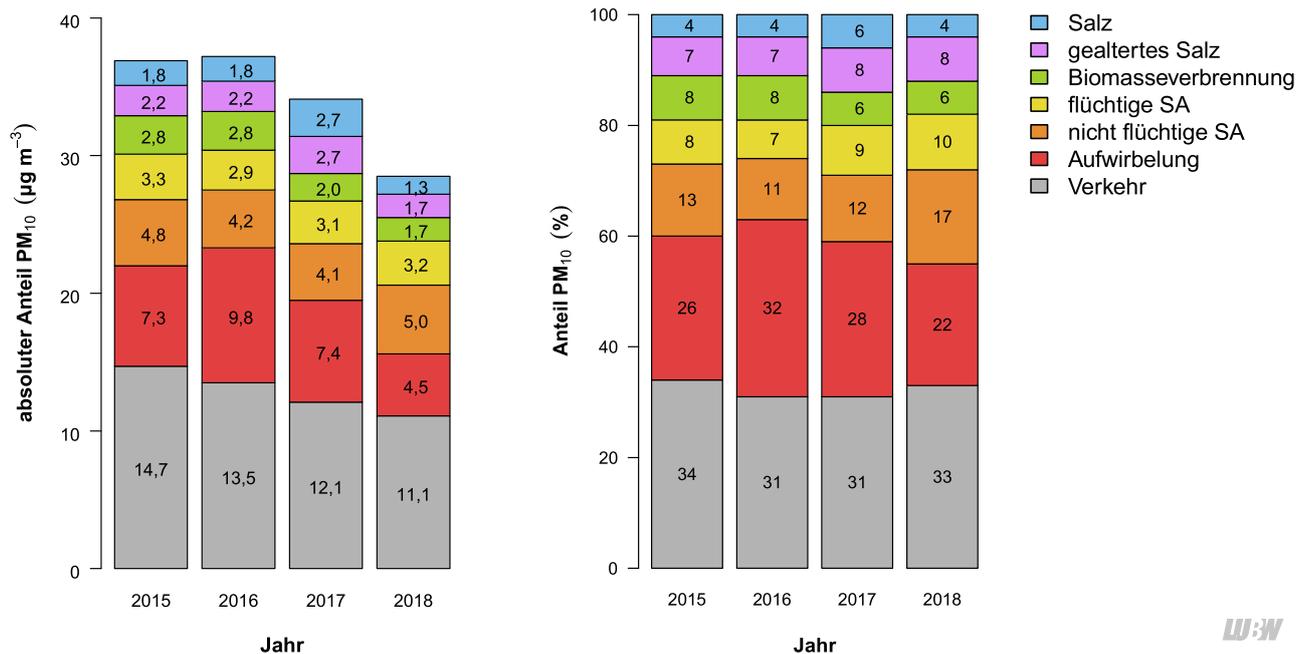


Abbildung 4.5: Vergleich der absoluten und prozentualen Anteile der Quellgruppen an der Partikel PM_{10} -Konzentration an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im zeitlichen Verlauf für die Jahre 2015 bis 2018

Jahresvergleich Stuttgart-Bad Cannstatt

An der Messstelle Stuttgart-Bad Cannstatt ging die Partikel PM_{10} -Konzentration, wie auch an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor, in den letzten Jahren insgesamt zurück (Abbildung 4.6). Der Rückgang des absoluten Verkehrsanteils fällt etwas geringer aus als am Neckartor, während der Anteil der Biomasseverbrennung ebenfalls vergleichsweise stark zurückgegangen ist. Bei allen anderen Quel-

len kommt es zu schwankenden Anteilen im Verlauf der letzten Jahre. Bei der Betrachtung der prozentualen Anteile zeigen sich insgesamt geringe Veränderungen über die letzten Jahre hinweg. Am auffälligsten ist der im Jahr 2019 deutlich niedrigere Anteil der nicht flüchtigen sekundären Aerosole im Vergleich zum Vorjahr, der hauptsächlich zu der geringeren Partikel PM_{10} -Konzentration im Jahr 2019 führt.

Jahresvergleich Stuttgart Bad Cannstatt

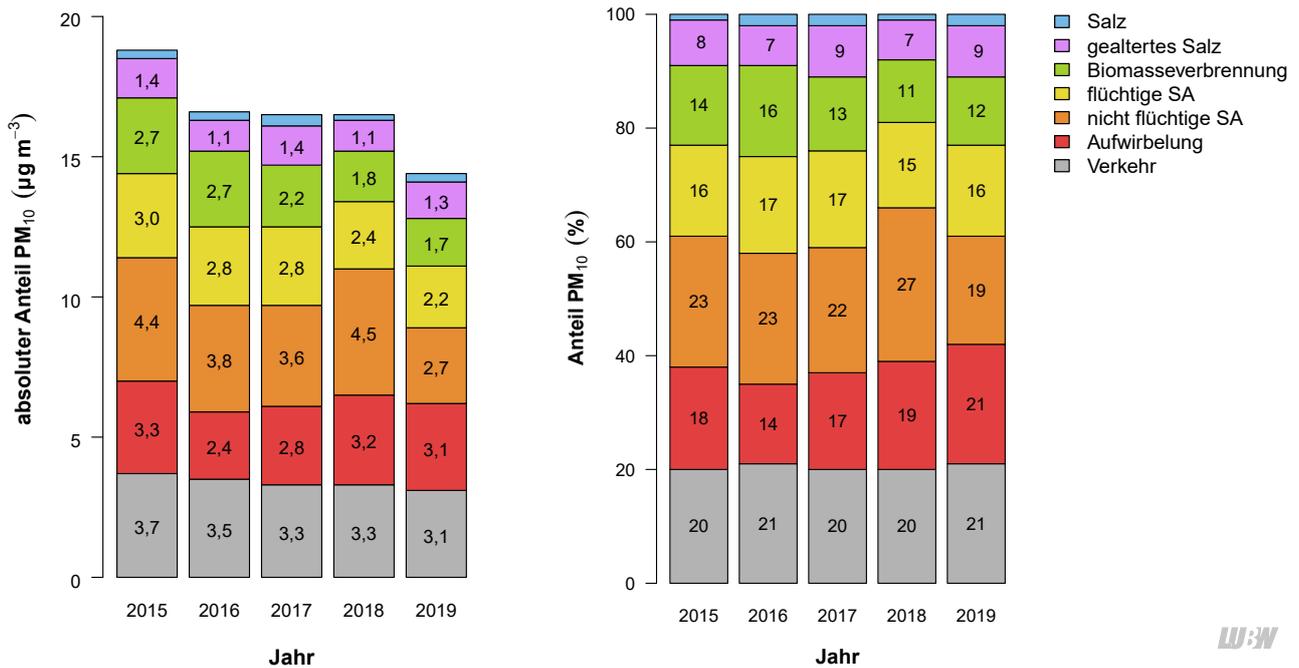


Abbildung 4.6: Vergleich der absoluten und prozentualen Anteile der Quellgruppen an der Partikel PM_{10} -Konzentration an der Messstelle Stuttgart-Bad Cannstatt im zeitlichen Verlauf für die Jahre 2015 bis 2019

Vergleich Jahreszeiten Stuttgart Am Neckartor

Aus dem Vergleich der Jahreszeiten geht hervor, dass die höchsten Partikel PM_{10} -Konzentrationen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im Winter auftreten, während im Sommer die Konzentrationen am niedrigsten sind (Abbildung 4.7). Die höhere Feinstaubbelastung im Winter kommt dadurch zustande, dass vor allem der Anteil der Biomasseverbrennung und der Anteil von Salz deutlich ansteigt. Zudem zeigt die Quellgruppe der flüchtigen sekundären Aerosole im Winter die höchsten Anteile. Im Frühling und Herbst treten jeweils ähnliche Feinstaubkonzentrationen auf, wobei der Anteil der Biomasseverbrennung im Herbst etwas höher liegt als im Frühling, während der Anteil der flüchtigen sekundären Aerosole im Frühling höher liegt. Des Weiteren treten Schwankungen beim Verkehr auf, mit höheren Anteilen im Sommer und Herbst und niedrigeren Anteilen im Frühling und Winter. Dieser Verlauf stimmt allerdings nicht mit der mittleren täglichen Verkehrsstärke am Stuttgarter Neckartor überein. Laut den Verkehrszählungen ist die DTV im Frühling und Herbst am höchsten und im Sommer und Winter etwas niedriger.

zentrationen auf, wobei der Anteil der Biomasseverbrennung im Herbst etwas höher liegt als im Frühling, während der Anteil der flüchtigen sekundären Aerosole im Frühling höher liegt. Des Weiteren treten Schwankungen beim Verkehr auf, mit höheren Anteilen im Sommer und Herbst und niedrigeren Anteilen im Frühling und Winter. Dieser Verlauf stimmt allerdings nicht mit der mittleren täglichen Verkehrsstärke am Stuttgarter Neckartor überein. Laut den Verkehrszählungen ist die DTV im Frühling und Herbst am höchsten und im Sommer und Winter etwas niedriger.

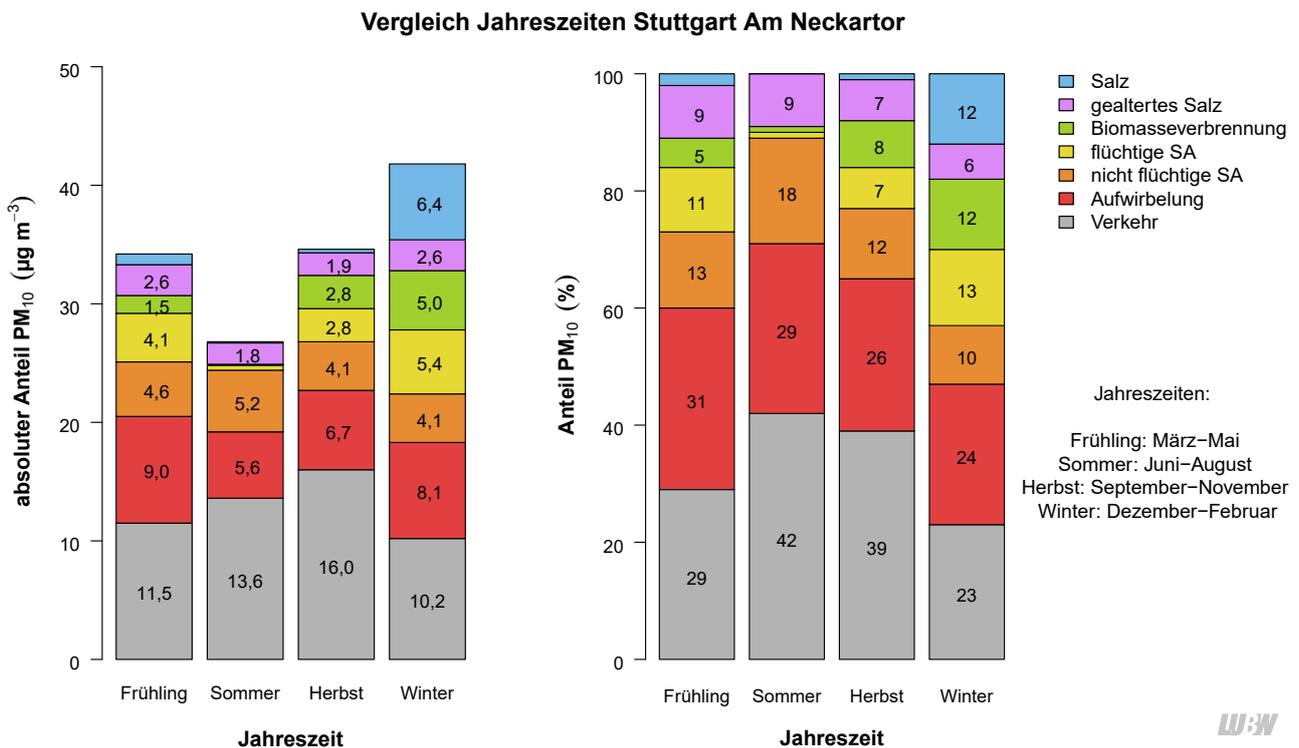


Abbildung 4.7: Vergleich der absoluten und prozentualen Anteile der Quellgruppen an der Partikel PM_{10} -Konzentration an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor zu den verschiedenen Jahreszeiten im Zeitraum von 2015 bis 2018

Partikelgrößenvergleich Stuttgart Am Neckartor

Im Jahr 2017 und 2018 wurden an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor neben den Inhaltsstoffen für Partikel PM_{10} auch die Inhaltsstoffe der Feinstaubfraktion $PM_{2,5}$ bestimmt und für eine PMF-Analyse verwendet. Der direkte Vergleich der beiden Fraktionen zeigt, dass die absoluten Anteile aller Quellgruppen bei Partikel $PM_{2,5}$ niedriger liegen als bei Partikel PM_{10} (Abbildung 4.8). Die größten Differenzen der absoluten Anteile treten für die Quellen Verkehr und Aufwirbelung auf. Das bedeutet, dass die Partikel, die aus diesen beiden Quellgruppen stammen, vermehrt im Größenbereich zwischen $2,5 \mu m$ und $10 \mu m$ auftreten. Dies kann dadurch erklärt werden, dass ein relevanter Anteil der Verkehrsemissionen durch Abriebprozesse entsteht, bei denen tendenziell Partikel mit einem

Durchmesser $> 2,5 \mu m$ freigesetzt werden, während z. B. bei der Kraftstoffverbrennung im Motor modernerer Fahrzeuge vor allem kleinere Partikel emittiert werden. Der ebenfalls deutlich geringere Anteil des Aufwirbelungsfaktors bei Partikel $PM_{2,5}$ kommt dadurch zustande, dass in diesem Faktor hauptsächlich mineralische Erdkrustenpartikel vertreten sind. Diese Partikel werden z. B. durch Erosionsprozesse freigesetzt, bei denen ebenfalls größere Partikel entstehen. Der absolute Anteil der sekundären Aerosole ist zwischen den beiden Partikelfraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ ähnlich. Das bedeutet, dass der Großteil der sekundär gebildeten Partikel einen Durchmesser $< 2,5 \mu m$ aufweisen. Für die Feinstaubfraktion $PM_{2,5}$ konnte kein Anteil für die gealterten Salzpartikel berechnet werden, da das PMF-Modell diese Quelle nicht identifizieren konnte.

Stuttgart Am Neckartor

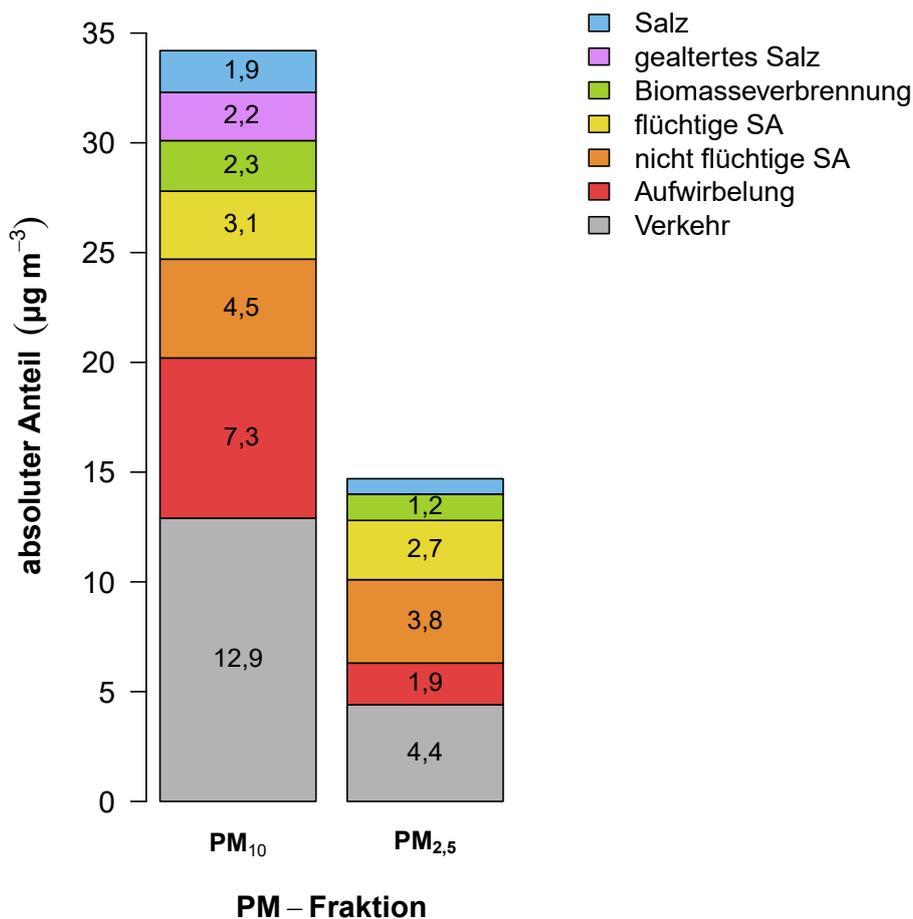


Abbildung 4.8: Vergleich der absoluten Anteile der Quellgruppen an den Partikel PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor für die Jahre 2017 und 2018

4.3.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Feinstaubbelastung setzt sich an den untersuchten Messstellen in Baden-Württemberg und dem Elsass mit der Ausnahme der Industrie aus denselben Emissionsquellen zusammen. An verkehrsnahen Messstellen zeigt sich ein deutlich höherer Anteil des Verkehrs an der Partikel PM_{10} -Konzentration als an den Hintergrundmessstationen, hinzu kommen die mit dem Verkehr zusammenhängenden Aufwirbelungs- und Salzemissionen. In den Jahren zwischen 2015 und 2018 gehen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor die absoluten Anteile aller Quellgruppen mit Ausnahme der nicht flüchtigen und flüchtigen sekundären Aerosole zurück. Daraus resultieren insgesamt abnehmende Partikel PM_{10} -Konzentrationen in den letzten Jahren. Vor allem der Verkehrsanteil geht seit 2015 absolut gesehen kontinuierlich zurück. Im jahreszeitlichen Verlauf treten die höchsten Partikel PM_{10} -Konzentrationen an den Stuttgarter Messstellen im Winter und die niedrigsten Konzentrationen im Sommer auf. Die höheren Partikel PM_{10} -Werte im Winter kommen hauptsächlich durch den höheren Anteil der Biomasseverbrennung, der Salzpartikel und der flüchtigen sekundären Aerosole zustande. Der Vergleich der Quellanteile zwischen den Partikelfractionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor zeigt, dass Inhaltsstoffe bzw. Partikel, die dem Verkehrs- und Aufwirbelungsfaktor zugeordnet werden, zu einem großen Teil $> 2,5 \mu m$ sind, während Partikel, die den sekundären Aerosolen zugeordnet werden, größtenteils einem aerodynamischen Durchmesser $< 2,5 \mu m$ entsprechen. Zusätzlich zu den an allen Standorten aufgetretenen Quellgruppen konnte an den Messstellen Strasbourg-Nord und Kehl ein Industriefaktor identifiziert werden, der mit rund 5 % einen kleinen, aber relevanten Anteil an der Partikel PM_{10} -Konzentration bildet.

Die Positivmatrix-Faktorisierung liefert für die ausgewählten Messstellen und die betrachteten Zeiträume Ergebnisse, die mit internationalen Studien vergleichbar sind. Es zeigt sich, dass der Verkehr eine relevante Quelle für besonders gesundheitsrelevante Partikelbestandteile, wie z. B. verschiedene Schwermetalle, darstellt, deren Reduktion ein wichtiger Bestandteil zur Verbesserung der Luftqualität ist. An den Hintergrundmessstationen tragen die sekundären Aerosole mit einem Anteil von knapp 40 % bis 50 % zur Feinstaubbelastung bei. Hier könnte sich eine weitere Reduktion der Emissionen aus den Bereichen Landwirtschaft

sowie Verkehr und Industrie positiv auf die großräumige Feinstaubbelastung auswirken, da sich sekundäre Aerosole aus den Emissionen dieser Quellen bilden können. Die Reduktion von Emissionen aus der Biomasseverbrennung kann in den Wintermonaten zu einer geringeren Partikel PM_{10} -Konzentration führen und die gemessenen Konzentrationen der krebserregenden Verbindung Benzo[a]pyren mindern.

4.4 Sekundäres NO_2

Der Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO_2) entsteht als unerwünschtes Nebenprodukt bei Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen, hier spricht man von „primären Emissionen“. Hauptemittent ist der Straßenverkehr und hier vor allem die Dieselfahrzeuge. Eine weitere Quelle für Stickstoffdioxid ist die sekundäre Bildung in der Atmosphäre aus gasförmigen Vorläufersubstanzen. Hierbei wird Stickstoffmonoxid (NO), das ebenfalls hauptsächlich aus Rohabgasen von Kraftfahrzeugen stammt, durch oxidierende Stoffe, insbesondere Ozon (O_3), zu Stickstoffdioxid oxidiert. Die Höhe der an einem verkehrsnahen Messpunkt festgestellten Stickstoffdioxidkonzentration ist deshalb nicht nur von der Höhe der lokalen, verkehrsbedingten NO_2 -Direktemissionen, sondern auch vom Ozonangebot abhängig.

Für jedes auf diese Weise sekundär entstandene NO_2 -Molekül wurde ein Ozonmolekül abgebaut, so dass im Umfeld vielbefahrener Straße in der Regel niedrigere Ozonkonzentrationen auftreten als in der Umgebung. Anhand des Unterschieds zwischen den Ozonkonzentrationen in Straßennähe und weiter entfernten Stationen kann daher überschlägig abgeschätzt werden, wie viel NO_2 sekundär gebildet wurde. Die verbleibenden Beiträge zur NO_2 -Konzentration entsprechen dann den direkten NO_2 -Emissionen. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens sowie eine Darstellung der damit verbundenen Unsicherheiten findet sich in [LUBW 2018].

Da es für die Durchführung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung essentiell ist, die Quellen und die Herkunft der Luftschadstoffe zu kennen, hat die LUBW in [LUBW 2018] für die Messjahre 2015 und 2016 den Anteil der sekundären Bildungsprozesse an der Messstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz untersucht. Hierbei wurde auch untersucht, welchen Anteil sekundäre Prozesse am Zustandekommen

abendlicher NO₂-Spitzenkonzentrationen haben. Seit dem Einbau eines Ozonmessgerätes im Mai 2018 kann der Anteil der lokalen sekundären Bildung von NO₂ auch an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor bestimmt werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Messungen am Ar-nulf-Klett-Platz und am Neckartor vorgestellt.

An der Messstelle Stuttgart Am Neckartor ist die lokale sekundäre Bildung in den Sommermonaten für rund die Hälfte der gesamten NO₂-Immissionen verantwortlich, hinzu kommt der sekundäre Beitrag aus dem städtischen Hintergrund (Abbildung 4.9). Im Winter sind sekundäre Prozesse wegen der dann niedrigeren Ozonkonzentrationen weniger bedeutsam.

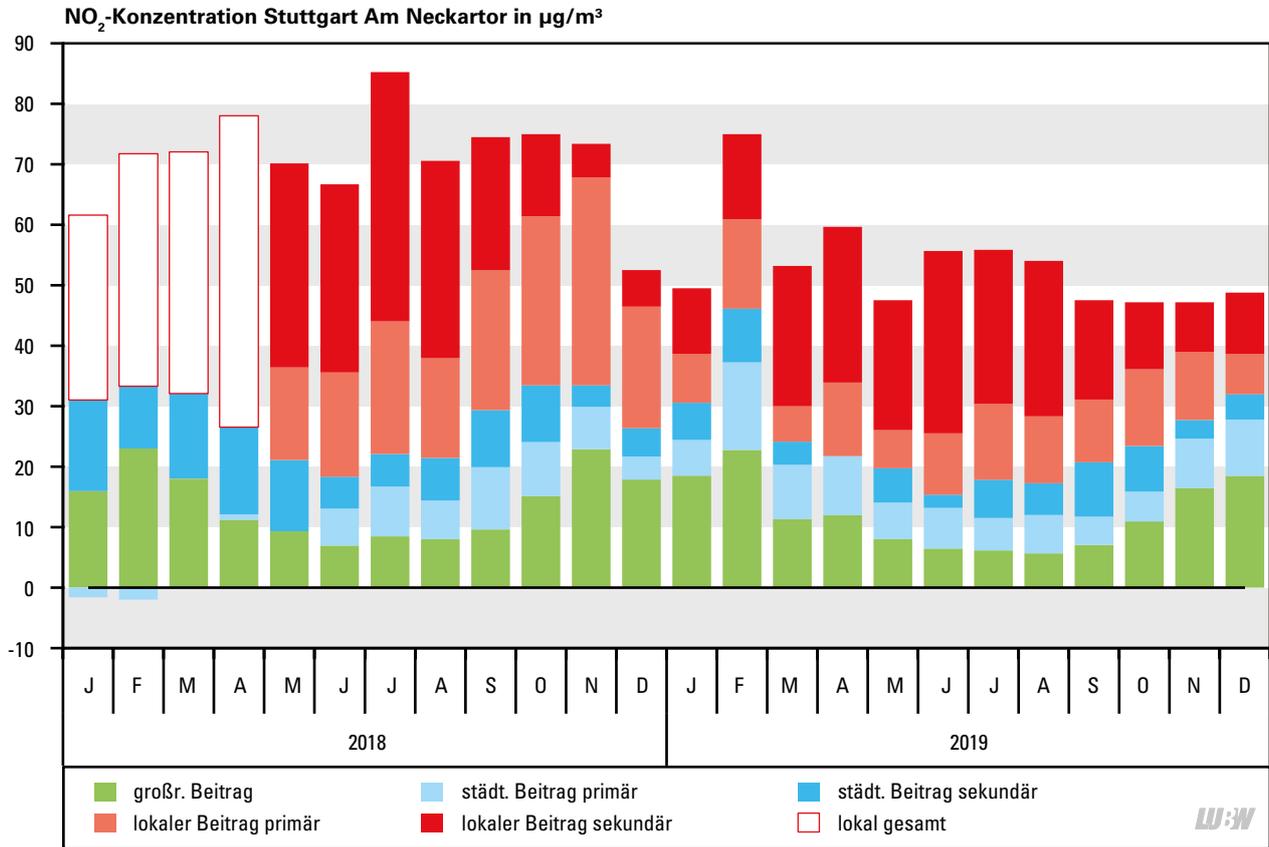


Abbildung 4.9: Monatsmittelwerte der Beiträge zu den NO₂-Konzentrationen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor für die Jahre 2018 und 2019

Der Beitrag lokaler Emissionen ist an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor höher als an der Messstelle Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (Abbildung 4.10). An beiden Messstellen entfielen im Jahr 2019 rund zwei Drittel der lokalen Zusatzimmission auf sekundäre Prozesse – am Neckartor 67 %, am Arnulf-Klett-Platz 64 %. Insgesamt waren lokale und städtische sekundäre Prozesse am Neckartor für etwa 46 % der NO₂-Immissionsbelastung verantwortlich, am Arnulf-Klett-Platz für 39 % (Abbildung 4.11). Sekundäre Prozesse haben am Neckartor somit eine etwas größere Bedeutung als am Arnulf-Klett-Platz. Zu beachten ist hierbei, dass

auch ein Großteil des im großräumigen Hintergrund gefundenen NO₂ aus sekundären Bildungsprozessen stammen dürfte, auch wenn dies mit dem hier verwendeten, einfachen Ansatz nicht quantifiziert werden kann.

Sekundäre Prozesse haben somit insgesamt einen großen Einfluss auf die an einem verkehrsnahen Standort festgestellten NO₂-Konzentrationen. Zur Minderung der NO₂-Immissionsbelastung sind daher nicht nur die NO₂-Direktmissionen, sondern auch die NO-Emissionen der Kraftfahrzeuge zu senken.

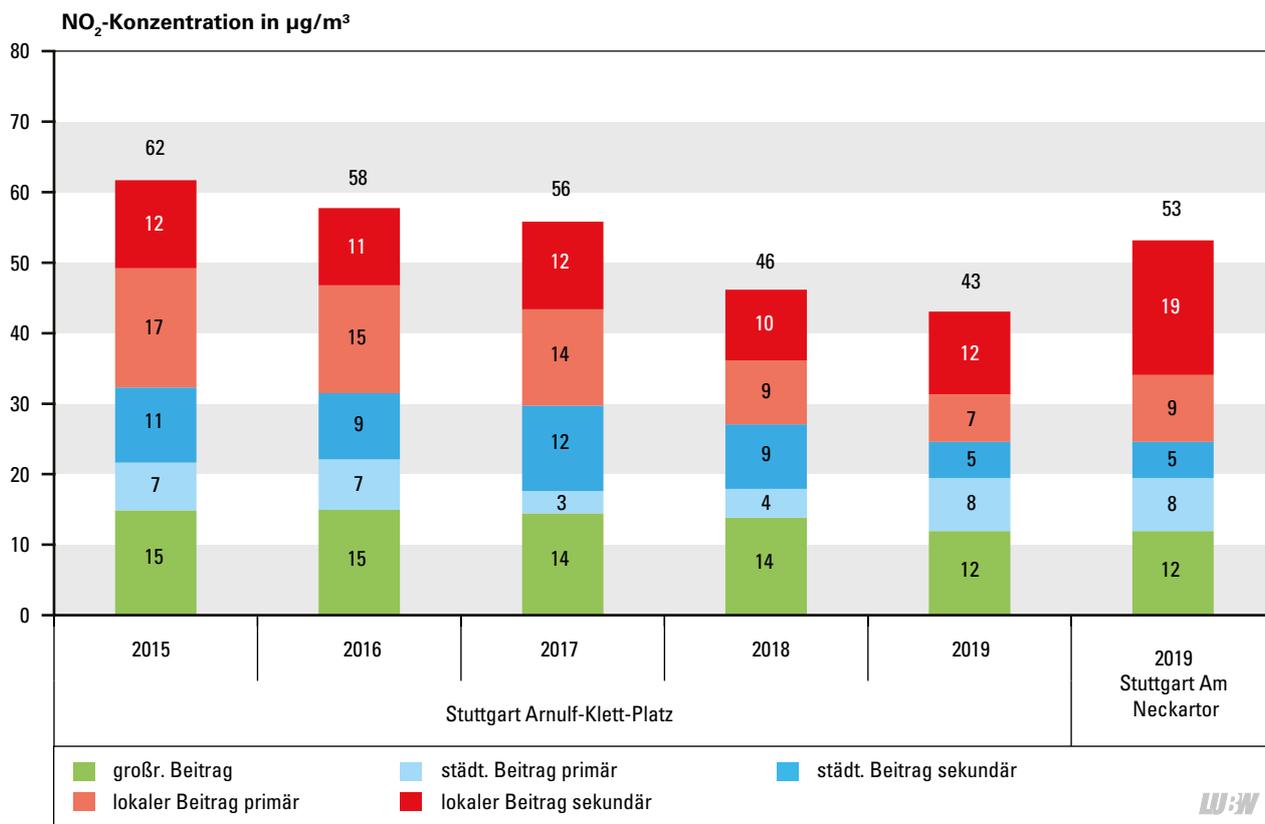


Abbildung 4.10: Mittelwerte der Beiträge zu den NO₂-Konzentrationen an den Messstellen Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (für die Jahre 2015 bis 2019) und Stuttgart Am Neckartor (für das Jahr 2019)

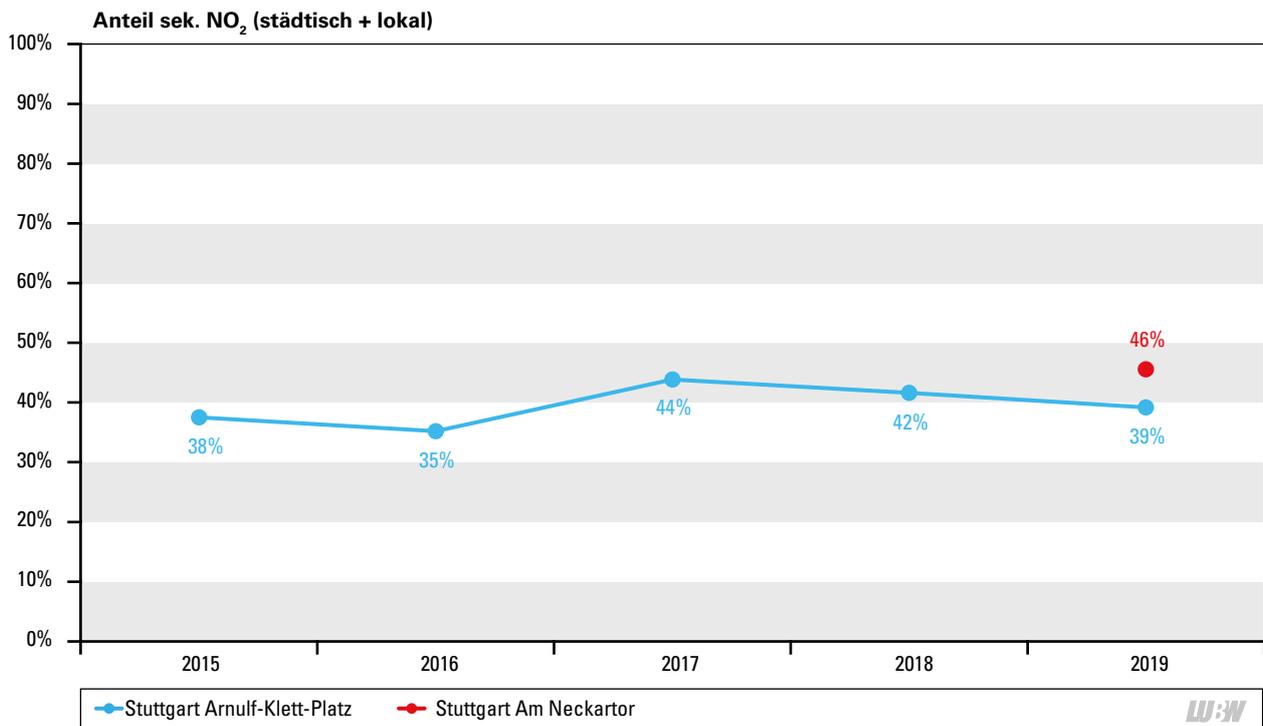


Abbildung 4.11: Anteil sekundärer Bildungsprozesse (lokal und im städtischen Hintergrund) an den NO₂-Konzentrationen an den Messstellen Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (für die Jahre 2015 bis 2019) und Stuttgart Am Neckartor (für das Jahr 2019)

4.5 Einfluss eines titandioxidhaltigen Straßenbelags

Die Luftreinhalteplanung in Stuttgart umfasst ein ganzes Maßnahmenpaket, um die Immissionen des Luftschadstoffs Stickstoffdioxid (NO₂) zu mindern und so die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes von 40 µg/m³ (Jahresmittelwert) zu erreichen. Eine der Maßnahmen ist die Aufbringung eines titandioxidhaltigen, photokatalytisch aktiven Straßenbelags im Umfeld der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im April 2019. Nachdem im Vorfeld Befürchtungen laut wurden, dass von diesem Straßenbelag eine Gesundheitsgefahr ausgehen könnte, wurde die LUBW vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg gebeten, am Neckartor Messungen der Titan-Konzentration im Feinstaub vorzunehmen und die Ergebnisse zu bewerten.

Die LUBW konnte diesem kurzfristig geäußerten Wunsch seit dem 13. März 2019 nachkommen. Es wurde die Konzentration von Titan als Bestandteil der Partikelfractionen PM₁₀ und PM_{2,5} an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor (verkehrsnahe) sowie, zum Vergleich, Titan in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstellen Stuttgart Arnulf-Klett-Platz (verkehrsnahe) und Stuttgart-Bad Cannstatt (städtischer Hintergrund) gemessen. Die Messungen wurden bis zum Jahresende 2019 fortgeführt.

Die Titan-Konzentrationen am Neckartor sind nach dem Einbau des photokatalytisch aktiven Straßenbelags sowohl absolut als auch relativ angestiegen. Es wurde allerdings festgestellt, dass dieser Anstieg nicht statistisch signifikant ist, sondern sich im Rahmen der während der Messungen festgestellten üblichen Konzentrationsschwankungen bewegt. Die Titan-Konzentration betrug nach dem Einbau des neuen Asphalts im Mittel 29 ng/m³ und lag damit ähnlich hoch wie in früheren Untersuchungen. Geht man davon aus, dass das gesamte im Feinstaub gebundene Titan in Form von Titandioxid vorliegt, ergibt sich am Neckartor eine Titandioxid-Konzentration von 48 ng/m³.

Für Titandioxid ist in der 39. BImSchV kein Immissionsgrenzwert genannt. Zur Einstufung der am Neckartor festgestellten Titandioxid-Konzentrationen wird deshalb hilfsweise auf die maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) für Titandioxid zurückgegriffen. Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel täglich 8-stündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt. Der

MAK-Wert für Titandioxid (bezogen auf die alveolengängige Staubfraktion) beträgt $0,3 \text{ mg/m}^3$, das entspricht 300.000 ng/m^3 . Die im Feinstaub am Neckartor gefundene Titandioxid-Konzentration in Höhe von 48 ng/m^3 liegt somit um einen Faktor von 6250 unterhalb des MAK-Wertes.

MAK-Werte sind aus zwei Gründen nicht zur Beurteilung der Gesundheitsgefahr für die Allgemeinbevölkerung geeignet: Zum einen, da sie sich auf die Arbeitswelt beziehen, d. h. die MAK-Werte sind für gesunde Menschen im erwerbsfähigen Alter konzipiert, während in der Allgemeinbevölkerung auch empfindlichere Bevölkerungsgruppen wie Kinder, Ältere, Kranke oder Schwangere vertreten sind. Zum anderen erfolgt die Exposition der Allgemeinbevölkerung ggf. über einen längeren Zeitraum. Allerdings legt die Tatsache, dass die gemessenen Titandioxid-Werte derart deutlich unter dem MAK-Wert liegen, aber doch nahe, dass sowohl am Neckartor als auch an den anderen untersuchten Messstellen keine gesundheitlichen Risiken aufgrund von partikelgebundenem Titandioxid zu erwarten sind.

Die Titan-Konzentrationen Am Neckartor zeigen sich im Vergleich zu den anderen Staubinhaltsstoffen nicht auffällig. Aufgrund der an der Station Stuttgart-Bad Cannstatt gefundenen, niedrigeren Titan-Konzentrationen kann davon ausgegangen werden, dass das Am Neckartor gefundene Titan überwiegend von lokalen Quellen stammt. Der Vergleich der Titan-Konzentrationen in den Partikelfractionen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ zeigt, dass sich Titan hauptsächlich in der groben Partikelfraktion ($\text{PM}_{10-2,5}$) findet, d. h. es handelt sich um mechanisch erzeugte Partikel. Titan ist in der Erdkruste ein vergleichsweise häufiges Element und in der Natur allgegenwärtig. Das im Feinstaub Am Neckartor vorhandene Titan stammt deshalb sowohl vor als auch nach dem Einbau des photokatalytisch aktiven Straßenbelags im Wesentlichen aus dem durch den lokalen Kfz-Verkehr aufgewirbeltem mineralischen Krustenmaterial. Es gibt deshalb keinen Anlass, davon auszugehen, dass der neuartige Asphalt zu erhöhten Titan-Emissionen führt.

5 Anhang

5.1 Relevante Luftschadstoffe

Luftschadstoff / Definition	Quellen	Wirkung auf Mensch / Umwelt
Stickstoffoxide (NO_x)		
<ul style="list-style-type: none"> Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) werden unter der Bezeichnung Stickstoffoxide (NO_x) zusammengefasst. Immissionsgrenzwerte wurden nur für Stickstoffdioxid festgelegt. 	<ul style="list-style-type: none"> entstehen bei allen Verbrennungsprozessen unter hohen Temperaturen bedeutende Emissionsquellen: Kraftfahrzeugverkehr, Verbrennung fossiler Brennstoffe natürliche Quellen u. a. Blitze in Gewitterwolken In der Atmosphäre wird das überwiegend freigesetzte NO vergleichsweise schnell in NO₂ umgewandelt. Die Umwandlungszeit ist von der Tages- und Jahreszeit sowie von der Ozonkonzentration abhängig. Tagsüber und im Sommer erfolgt die Umwandlung rasch, nachts und im Winter wesentlich langsamer. 	<ul style="list-style-type: none"> reizende Wirkung auf die Schleimhäute sowie die Atemwege des Menschen zu beobachtende Zunahme von Herz-Kreislauferkrankungen können Pflanzen schädigen Beitrag zur Überdüngung der Böden in empfindlichen Ökosystemen und Gewässern durch langfristige Umwandlung in Nitrat und nachfolgender Deposition Beitrag zur Versauerung über die Umwandlung zu Salpetersäure NO₂ ist zusammen mit den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) eine der Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon.
Feinstaubpartikel		
<ul style="list-style-type: none"> Partikel (Particulate Matter, PM) sind luftgetragene feste oder flüssige Teilchen, die nicht unmittelbar zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit (mehrerer Tage) in der Atmosphäre verweilen und über große Distanzen transportiert werden können. chemische und physikalische Eigenschaften der Partikel durch ihre Größe und Zusammensetzung bestimmt Unterscheidung der Fraktionen hinsichtlich des Durchmessers der Staubpartikel, die größeren Fraktionen beinhalten immer auch die kleineren Partikel (Grobstaub > 10 µg/m³, Feinstaub ≤ 10 µg/m³ (PM₁₀, PM_{2,5} und PM_{0,1})) 	<ul style="list-style-type: none"> Unterscheidung zwischen primären und sekundären Partikeln Primäre Partikel werden direkt in die Umwelt emittiert und können durch menschliches Handeln freigesetzt werden (beispielsweise durch Verkehr und Feuerungsanlagen) oder natürlichen Ursprungs sein (z. B. als Folge von Bodenerosion). Sekundäre Partikel entstehen erst in der Atmosphäre durch eine chemische Reaktion aus gasförmigen Vorläufersubstanzen wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden oder Ammoniak. 	<ul style="list-style-type: none"> Größe der Partikel und ihre Zusammensetzung bestimmt Wirkung auf Mensch und Umwelt vor allem Partikel der Fraktionen PM_{0,1} und PM_{2,5} sind für Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit bedeutsam → aufgrund ihrer guten Lungengängigkeit können sie weit in den Organismus vordringen und Beschwerden des Atemtraktes und des Herz-Kreislaufsystems verursachen
Ozon (O₃)		
<ul style="list-style-type: none"> chemisch sehr reaktives Gas Ozonschicht (oberhalb von etwa 20 km, in der Stratosphäre) zum Schutz vor schädlicher Ultraviolettstrahlung der Sonne (natürliches) Vorkommen in bodennahen Luftschichten; die natürliche Hintergrundkonzentration beträgt hier im Mittel etwa 50 µg/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> bodennahes O₃ stammt zu einem geringeren Teil aus dem vertikalen Transport von O₃ aus der Stratosphäre (Ozonschicht) Bildung in Bodennähe hauptsächlich bei intensiver Sonneneinstrahlung durch photochemische Reaktionen der Vorläufersubstanzen, insbesondere Stickstoffdioxid und VOC Fazit: keine direkten Emissionsquellen für O₃, Bildung erst in der Atmosphäre 	<ul style="list-style-type: none"> wirkt in erhöhten Konzentrationen als Reizgas auf die Atemwege potentielle Förderung der Entstehung entzündlicher Prozesse im Lungengewebe nach tiefer Inhalation (z. B. bei sportlicher Betätigung) Ausprägung der Empfindlichkeit gegenüber O₃ sehr individuell Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums durch erhöhte Ozonkonzentrationen in Bodennähe
Schwefeldioxid (SO₂)		
<ul style="list-style-type: none"> farbloses, stechend riechendes und wasserlösliches Gas 	<ul style="list-style-type: none"> Entstehung bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe, insbesondere von Kohle und Heizöl natürliche Quellen von Schwefeldioxid sind z. B. Vulkane und Schwefelquellen 	<ul style="list-style-type: none"> Reizung der Schleimhäute und Atemwege Kombination von SO₂ und Stäuben verstärkt die negative Wirkung auf die Gesundheit erheblich Schädigung der Pflanzen; empfindliche Reaktion insbesondere von Nadelhölzern, Moosen und Flechten auf erhöhte SO₂-Konzentrationen in der Luft Beitrag zur Versauerung von Böden und Gewässern sowie zu säurebedingten Korrosions- und Verwitterungsschäden an Metallen und Gestein (z. B. an Gebäuden) als Folge des Abbaus von SO₂ in der Atmosphäre durch Oxidation zu Sulfat und Schwefelsäure, die als Niederschlag ausgetragen wird

Luftschadstoff / Definition	Quellen	Wirkung auf Mensch / Umwelt
Kohlenmonoxid (CO)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ geruchloses, brennbares und wasserlösliches Gas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entstehung bei unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe wie Benzin, Öl, Holz und Kohle ■ einer der Hauptemittenten ist der Verkehr 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vergiftungen aufgrund der Blockierung des Sauerstofftransportes bei höheren Konzentrationen (abhängig von Konzentration und Einwirkungszeit) ■ akute Vergiftungserscheinungen treten vor allem in geschlossenen Räumen mit laufenden Verbrennungsmotoren (z. B. Garagen) auf ■ in der Außenluft üblicherweise nur relativ geringe Konzentrationen nachweisbar → bei längerer Exposition ebenfalls belastende Wirkung auf den Menschen, insbesondere empfindliche Bevölkerungsgruppen
Benzol (C₆H₆)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ der einfachste aromatische Kohlenwasserstoff ■ charakteristischer Geruch der Flüssigkeit, die leicht in die Gasphase übertritt 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hauptemissionsquellen: Verbrennung von Benzin in Kraftfahrzeugen, Verdunstungsverluste beim Betanken und bei Heiß-/Warmabstellvorgängen aus den Motoren sowie Freisetzungen bei der industriellen Produktion ■ eine weitere Quelle: Holzfeuerungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aufnahme in den menschlichen Körper erfolgt über die Atemwege ■ kanzerogene und erbgutschädigende Wirkung bei längerer Exposition ■ toxische Wirkung, jedoch spielen toxische Effekte in den in der Außenluft auftretenden Konzentrationsbereichen nur eine untergeordnete Rolle
Ammoniak (NH₃)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ wasserlösliches, stechend riechendes Gas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ natürliche Entstehung: bei der mikrobiellen Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Materie (z. B. abgestorbene Pflanzenreste, tierische Exkremente), bei der sogenannten Humifizierung ■ anthropogene Emissionen: überwiegend Landwirtschaft; mit rund 90 Prozent Intensivtierhaltung (insbesondere Rinderhaltung) ■ besondere Bedeutung: die Emissionen von Tierställen sowie die Lagerung und Ausbringung von Gülle und Festmist ■ Eine weitere, nicht landwirtschaftliche Quelle ist der Verkehr. Durch den Einbau des Dreiwege-Katalysators bei benzinbetriebenen Kraftfahrzeugen hat im Bereich des Verkehrs die Ammoniakemission an Bedeutung zugenommen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ reizende Wirkung auf Augen, Schleimhäute und Atemtrakt ■ Critical Limits sollen Ökosysteme vor der eutrophierenden Wirkung der Ammoniak-Emissionen schützen ■ aufgrund der schnellen Umsetzung in der Atmosphäre lagert sich das freigesetzte Ammoniak daher überwiegend in unmittelbarer Emittentennähe als trockene Deposition ab ■ Als einzige basische Komponente reagiert der Hauptteil des Ammoniaks mit den in der Atmosphäre vorhandenen Säuren wie Schwefel- oder Salpetersäure. Dabei wird Ammoniak zu Ammonium (NH₄⁺) bzw. seinen Salzen Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄) und Ammoniumnitrat (NH₄NO₃) umgewandelt, die über weite Strecken in emittentenerne Regionen transportiert werden können. Dort können sie als nasse Deposition über die Niederschläge ausgewaschen werden und in den Boden gelangen. Diese sekundär gebildeten Partikel tragen somit zur Feinstaubbelastung und durch ihre versauernde und eutrophierende Wirkung auch zur Gefährdung empfindlicher Ökosysteme bei.

Luftschadstoff / Definition	Quellen	Wirkung auf Mensch / Umwelt
Staubinhaltsstoffe		
<p>Zu den relevanten Inhaltsstoffen, die in der Staubfraktion Partikel PM₁₀ ermittelt und beurteilt werden, zählen u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Arsen (As), Blei (Pb), Kadmium (Cd) und Nickel (Ni), welche unter dem Begriff „Schwermetalle“ zusammengefasst werden ■ Benzo[a]pyren (C₂₀H₁₂, BaP), das zur aus mehreren Hundert Einzelverbindungen bestehenden Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) gehört; im Allgemeinen wird es als Leitsubstanz für die Gruppe der PAK herangezogen. BaP ist nur gering flüchtig und liegt in der Atmosphäre partikelgebunden vor. ■ Ruß, d. h. Partikel, die bei der unvollständigen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe (wie Öl, Kohle, Holz) entstehen. Rußpartikel bestehen aus Kohlenstoff und weisen eine Größe von ca. 0,01 bis 1 µm auf. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hauptquellen atmosphärischer Emissionen von Arsen, Kadmium und Nickel: Verbrennung von Öl und Kohle in Feuerungsanlagen ■ Freisetzung von Blei vor allem durch Verkehr (bis zum Verbot bleihaltiger Zusätze in Kraftstoffen) ■ Emissionsquellen von Benzo[a]pyren: Verkehr, überwiegend aber Verbrennungsprozesse in Feuerungsanlagen → hohe BaP-Konzentrationen vor allem im Umfeld von Holz- und Kohlefeuerungen ■ PAK reichern sich in der Umwelt an und werden kaum abgebaut. Sie lassen sich ubiquitär nachweisen. ■ Entstehung von Ruß: bei der unvollständigen Verbrennung bzw. der thermischen Spaltung von dampfförmigen kohlenstoffhaltigen Substanzen ■ wichtige Quellen von Ruß: Fahrzeuge und Maschinen ohne Partikelfilter, Holzfeuerungen und offene Feuer mit Wald-, Feld- und Gartenabfällen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ reines elementares Arsen ist nicht giftig, dreiwertige, lösliche Arsenverbindungen haben hohes akut toxisches Potenzial ■ bei den anderen Schwermetallen sind weniger akut toxische Effekte bedeutend für gesundheitliche Beeinträchtigungen, vielmehr die Akkumulation im Körper aufgrund langjähriger Exposition und inhalativer oder oraler Aufnahme ■ Blei: u. a. Nierenfunktionsstörungen, Schäden des blutbildenden Systems und der Muskulatur sowie des Nervensystems, fruchtschädigende Wirkung, Beeinträchtigung der Zeugungsfähigkeit ■ Kadmium: u. a. Störung des Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsels; Ursache für Knochenschäden und Erkrankungen des Immun- und Nervensystems; bestimmte Kadmiumverbindungen sind kanzerogen und erbgutschädigend ■ Nickel: häufiger Auslöser für Kontaktallergien; u. a. Schädigung der Lunge und des Immunsystems, fruchtschädigende Wirkung; Nickelstäube stehen ferner im Verdacht, kanzerogen zu sein ■ Die PAK einschließlich Benzo[a]pyren sind toxisch, einige PAK sind kanzerogen und stehen im Verdacht, frucht- und erbgutschädigend zu sein ■ Ruß: kanzerogene Wirkung, schädigende Wirkung des Rußes beruht dabei auch auf anhaftenden Substanzen, wie z. B. krebserregende PAK, welche ebenfalls bei Verbrennungsprozessen entstehen und zusammen mit dem Ruß in den Körper gelangen können
Schadstoffdepositionen		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Entfernung der in die Atmosphäre eingebrachten Luftschadstoffe durch nasse, feuchte und trockene Deposition (Ablagerung) ■ nasse Deposition: Stoffeintrag über Niederschläge wie Regen, Hagel oder Schnee ■ feuchte Deposition: Stoffeintrag z. B. über Nebel oder Tau ■ trockene Deposition: trockene Partikel, Gase ■ Stoffeinträge bei feuchter und trockener Deposition überwiegend von Größe und Struktur der beaufschlagten Oberfläche abhängig. Bei Bäumen bilden Blätter und Nadeln eine große Oberfläche mit unterschiedlicher Rauigkeit, d. h. der Depositionswiderstand ist recht hoch, vermehrte Ablagerung der luftgetragenen Schadstoffe (Auskämmeffekt) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stoffe wie SO₂, NO₂ oder NH₃ können sich sowohl direkt am Ort der Emission ablagern als auch durch chemische Prozesse in der Luft in Sulfat-, Nitrat- oder Ammoniumverbindungen umgewandelt und in Form von Partikeln über weite Strecken in emittentenferne Regionen transportiert werden ■ als Indikatoren für den Säureeintrag gelten die Komponenten Sulfat (SO₄²⁻), Nitrat (NO₃⁻) und Ammonium (NH₄⁺) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Staubniederschläge, die z. B. Schwermetalle wie Arsen, Antimon, Blei, Chrom, Kadmium, Nickel und Quecksilber enthalten, können zu Kontaminationen von Pflanzen, Böden und Gewässer führen ■ Die reaktiven Stickstoffverbindungen Nitrat und Ammonium, die über die Vorläuferstoffe Stickstoffoxide und Ammoniak entstehen, besitzen zusätzlich auch eutrophierende Wirkungen. Für empfindliche Ökosysteme kann dies zur Belastung werden. Dabei wird die Empfindlichkeit eines Ökosystems bezüglich eutrophierend und versauernd wirkender Stoffeinträge über die kritische Belastungsrate – Critical Load – definiert.

5.2 Messverfahren

Folgende Messverfahren nach entsprechend aufgeführter Richtlinie kommen zur Erfassung der Immissionen und Depositionen zum Einsatz.

- **Messung von Stickstoffdioxid mit Chemielumineszenz:**

DIN EN 14211: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, Deutsche Fassung EN 14211:2012

- **Messung von Stickstoffdioxid mit Passivsammler:**

DIN EN 16339-11: Außenluft – Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammler; Deutsche Fassung EN 16339:2013

- **Messung von Partikel PM₁₀ mit Gravimetrie:**

DIN EN 12341: Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- und PM_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubs; Deutsche Fassung EN 12341:2014

- **Messung von Partikel PM_{2,5} mit Gravimetrie:**

DIN EN 12341: Außenluft – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- und PM_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubs; Deutsche Fassung EN 12341:2014

- **Messung von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie:**

DIN EN 14625: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie; Deutsche Fassung EN 14625:2012

- **Messung von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz:**

DIN EN 14212: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz; Deutsche Fassung EN 14212:2012

- **Messung von Ammoniak mit Passivsammlern:**

VDI 3869 Blatt 4: Messen von Ammoniak in der Außenluft - Probenahme mit Passivsammlern - Fotometrische oder ionenchromatografische Analyse; Ausgabedatum: 2012-03

- **Messung von Kohlenmonoxid mit Infrarot-Absorption:**

DIN EN 14626: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie; Deutsche Fassung EN 14626:2012

- **Messung von Benzol mit Passivsammlern:**

DIN EN 14662-5: Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 5: Diffusionsprobenahme mit anschließender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie; Deutsche Fassung EN 14662-5:2005
Verfahrensanweisung der LUBW: 504-722112-7 – Bestimmung von leicht- und mittelflüchtige Kohlenwasserstoffen nach Probenahme mittels ORSA-Passivsammlern

- **Messung von Benzo[a]pyren in der Partikel PM₁₀-Fraktion:**

DIN EN 15549: Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft; Deutsche Fassung EN 15549:2008
DIN ISO 16362: Außenluft – Bestimmung partikelgebundener aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (ISO 16362:2005)

- **Messung von Schwermetallen in der Partikel PM₁₀-Fraktion:**

DIN EN 14902: Außenluftbeschaffenheit – Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM₁₀-Fraktion des Schwebstaubes; Deutsche Fassung EN 14902:2005

- **Messung von Ruß in der Partikel PM₁₀-Fraktion:**

VDI 2465 Blatt 2: Messen von Ruß (Immission) – Thermographische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes nach Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes; Ausgabedatum: 1999-05

- **Messung von Staubniederschlag:**

VDI 4320 Blatt 2: Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode, Ausgabedatum Januar 2012

- **Messung von Schwermetallen im Staubbiederschlag:**

VDI 2267 Blatt 2:2019-02: Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen von Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V und Zn als Bestandteil der atmosphärischen Deposition nach Probenahme mit Bulk- und Wet-only-Sammlern mittels GF-AAS, ICP-OES und ICP-MS; Ausgabedatum: 2019-02

- **Messung von wasserlöslichen Stoffeinträgen:**

VDI 4320 Blatt 3: Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung der Deposition von wasserlöslichen Anionen und Kationen – Probenahme mit Bulk- und Wet-only-Sammlern, Ausgabedatum: Januar 2017

5.3 Stammdaten und Messumfang der Messstandorte in Baden-Württemberg 2019

Tabelle 5.1: Stammdaten der Messstandorte des Luft- und Spotmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Aalen	Bahnhofstraße 115	S	424	01.03.1982	580429	5411128
Backnang Eugen-Adolff-Straße	Eugen-Adolff-Straße 51	SPOT	270	01.01.2016	531998	5421433
Baden-Baden	Aumattstraße 4	S	148	01.04.1993	442706	5402523
Balingen Schömberger Straße	Schömberger Straße 44	SPOT	541	01.01.2017	487977	5344709
Bernhausen	Heubergstraße (Nürtinger Str 87)	S	370	01.12.1989	516756	5391696
Biberach	Hans-Liebherr-Straße 29	S	533	01.11.1990	559563	5326596
Eggenstein	Gewann Zigeunerschlag	S	109	01.09.1976	456669	5436136
Esslingen Grabbrunnenstraße	Grabbrunnenstraße 10	SPOT	239	01.01.2016	523097	5398686
Freiburg	Fehrenbachallee 12	S	262	01.06.1979	412885	5317129
Freiburg Schwarzwaldstraße	Talstraße 76 neben Schwarzwaldstraße	V	289	06.05.2004	414935	5315688
Friedrichshafen	Ehlersstraße 35	S	403	01.01.1987	536463	5278635
Gärtringen	Goethestraße (Ecke Kiebitzweg)	S	464	21.12.2005	492959	5388069
Heidelberg	Berliner Straße (Ecke Blumenthalstraße)	S	112	01.01.1984	476550	5474147
Heidelberg Mittermaierstraße	Mittermaierstraße 13	SPOT	117	01.01.2009	476568	5472779
Heidenheim Wilhelmstraße	Wilhelmstraße 6	SPOT	496	01.01.2009	584699	5392458
Heilbronn	Hans-Rießler-Straße 7	S	155	01.11.1979	516384	5445882
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	Weinsberger Straße 34	V	165	01.01.2009	516474	5443710
Herrenberg Hindenburgstraße	Hindenburgstraße 16	SPOT	432	01.01.2006	490349	5382417
Ilfeld König-Wilhelm-Straße	König-Wilhelm-Straße 61	SPOT	230	01.01.2006	517828	5433613
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	Reinhold-Frank-Straße 27	V	119	10.03.1994	455185	5428521
Karlsruhe-Nordwest	Daimlerstraße 19	S	114	01.03.1985	452897	5430835
Kehl	Am Yachthafen	S	135	01.02.1982	411659	5381258
Konstanz**	Wallgutstraße 14	S	403	01.09.1990	512710	5279010
Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße	Hauptstraße 88	SPOT	420	01.01.2016	512310	5393005
Leonberg Grabenstraße	Grabenstraße 14	SPOT	387	29.12.2004	501213	5405336
Ludwigsburg	Heinrich-Schweitzer-Straße 59	S	302	01.03.1982	512679	5416269
Ludwigsburg Friedrichstraße ⁽¹⁾	Friedrichstraße 9	SPOT	299	23.12.2003	513930	5415156
Mannheim Friedrichsring	Friedrichsring / U2	V	101	28.04.1994	461766	5482348
Mannheim Luisenring	Luisenring J7 19	SPOT	100	12.12.2018	461067	5482519
Mannheim-Nord	Gewann Steinweg (Kurve Memeler Str 83)	S	94	01.01.1975	461317	5488079
Marbach Schillerstraße	Schillerstraße 7	SPOT	213	20.12.2017	519125	5421038
Markgröningen Grabenstraße	Grabenstraße 38	SPOT	276	29.12.2006	505962	5416682
Mühlacker Stuttgarter Straße	Stuttgarter Straße 48	SPOT	242	01.01.2006	488701	5421531
Neuenburg	Freiburger Straße 25a	S	223	01.11.1992	392801	5297182
Öhringen Schillerstraße	Schillerstraße / Bismarckstraße 30	SPOT	234	01.01.2018	536654	5450089
Pfintal Karlsruher Straße	Karlsruher Straße 84	V	135	01.01.2006	465354	5427976
Pforzheim	Wildbader Straße (Carl-Hölzle-Str 1)	S	281	01.01.2008	475478	5415177
Pforzheim Jahnstraße	Jahnstraße 23	SPOT	256	01.01.2006	477705	5415054
Pleidelsheim Beihinger Straße	Beihinger Straße 12	SPOT	195	07.01.2004	515017	5422956
Ravensburg Schussenstraße	Schussenstraße 9	SPOT	441	02.05.2018	545902	5292571
Reutlingen**	Friedrich-Ebert-Straße 6a	S	392	01.02.1982	515326	5370649
Reutlingen Lederstraße-Ost	Lederstraße 84	V	382	21.03.2007	515574	5370711

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Schramberg Oberndorfer Straße	Oberndorfer Straße 94	V	458	29.12.2006	454745	5341949
Schwäbisch Gmünd Remsstraße	Remsstraße 20	SPOT	325	29.12.2008	558439	5405795
Schwäbische Alb	Sonnenbühl-Erpfingen, Sportplatz	L	797	27.04.1994	515385	5354754
Schwarzwald-Süd	Kälbelescheuer	L	902	01.01.1984	407500	5295914
Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße	Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	SPOT	432	27.12.2017	499811	5394638
Stuttgart Am Neckartor	Am Neckartor 22	SPOT	239	23.12.2003	514030	5403919
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	Arnulf-Klett-Platz 1	V	243	06.12.1994	513276	5403366
Stuttgart Hohenheimer Straße	Hohenheimer Straße 64	SPOT	302	23.12.2003	513557	5401761
Stuttgart Waiblinger Straße	Waiblinger Straße 24	SPOT	223	01.01.2006	516181	5405665
Stuttgart-Bad Cannstatt	Gnesener Straße (Seubertstraße 1)	S	250	01.01.1981	516877	5406242
Tauberbischofsheim	Bei der Kläranlage 1	S	174	01.11.1990	547573	5498216
Tübingen	Derendinger Straße 86	S	324	22.01.2002	503778	5372736
Tübingen Mühlstraße	Mühlstraße 8	SPOT	340	01.01.2006	504284	5374125
Ulm	Böblingerstraße 29	S	480	01.10.1978	572465	5360875
Ulm Zinglerstraße	Zinglerstraße 31	SPOT	481	01.01.2006	572802	5360630
Villingen-Schwenningen	Unterer Dammweg 2	S	699	01.06.1987	460025	5321847
Weil am Rhein	Zwölfthauen 3	S	277	01.02.1982	397226	5271428
Wiesloch	In der Hessel 9	S	162	01.05.1986	478195	5460934

S = Städtischer Hintergrund L = Ländlicher Hintergrund V = Verkehrsmessstation SPOT = Spotmessstelle

** durch Dritte finanzierte Messstelle

¹⁾ keine Überschreitung gemäß 39. BImSchV aufgrund fehlender räumlicher Repräsentativität der NO₂-Grenzwertüberschreitung



Tabelle 5.2: Messumfang der Messstandorte des Luft- und Spotmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstation	NO ₂	NO ₂ passiv	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon	SO ₂	CO	Benzol	SM	B[a]P	Ruß	Meteorologie
Aalen	X		X		X	X						X
Backnang Eugen-Adolff-Straße		X										
Baden-Baden	X		X		X							X
Balingen Schömlinger Straße		X										
Bernhausen	X		X		X							X
Biberach	X		X		X							X
Eggenstein	X		X		X	X						X
Esslingen Grabbrunnstraße		X	X							X		
Freiburg	X		X	X	X							X
Freiburg Schwarzwaldstraße	X		X	X			X			X	X	
Friedrichshafen	X		X		X							X
Gärtringen	X		X		X				X	X		X
Heidelberg	X		X		X							X
Heidelberg Mittermaierstraße		X										
Heidenheim Wilhelmstraße		X										
Heilbronn	X		X	X	X					X		X
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	X		X	X			X			X	X	
Herrenberg Hindenburgstraße		X										
Ilsfeld König-Wilhelm-Straße		X										
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	X		X	X			X			X		
Karlsruhe-Nordwest	X		X	X	X							X
Kehl	X		X	X	X				X	X		X
Konstanz**	X		X	X	X							X
Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße		X								X		
Leonberg Grabenstraße	X											
Ludwigsburg	X		X		X							X
Ludwigsburg Friedrichstraße	X		X								X	
Mannheim Friedrichsring	X		X	X			X	X		X	X	
Mannheim Luisenring		X										
Mannheim-Nord	X		X	X	X	X						X
Marbach Schillerstraße		X										
Markgröningen Grabenstraße		X	X									
Mühlacker Stuttgarter Straße		X										
Neuenburg	X		X		X							X
Öhringen Schillerstraße		X										
Pfintal Karlsruher Straße	X		X	X			X			X		
Pforzheim	X		X	X	X				X	X		X
Pforzheim Jahnstraße		X										
Pleidelsheim Beihinger Straße		X										
Ravensburg Schussenstraße		X										
Reutlingen**	X		X		X							X
Reutlingen Lederstraße-Ost	X		X	X			X			X	X	
Schramberg Oberndorfer Straße	X		X	X			X			X		
Schwäbisch Gmünd Remsstraße		X										
Schwäbische Alb	X		X	X	X							X
Schwarzwald-Süd	X		X	X	X	X						X

Messstation	NO ₂	NO ₂ passiv	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon	SO ₂	CO	Benzol	SM	B[a]P	Ruß	Meteo- rologie
Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße		X										
Stuttgart Am Neckartor	X	X	X	X				X	X	X	X	
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	X		X	X	X		X		X			
Stuttgart Hohenheimer Straße	X		X									
Stuttgart Waiblinger Straße		X										
Stuttgart-Bad Cannstatt	X		X	X	X				X	X	X	X
Tauberbischofsheim	X		X		X							X
Tübingen	X		X	X	X					X		X
Tübingen Mühlstraße	X		X							X		
Ulm	X		X	X	X							X
Ulm Zinglerstraße		X										
Villingen-Schwenningen	X		X		X							X
Weil am Rhein	X		X	X	X							X
Wiesloch	X		X		X							X
Anzahl	40	21	41	22	28	4	8	2	6	17	7	27

SM = Schwermetalle

Meteorologie = Lufttemperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Globalstrahlung, Taupunkttemperatur (Luftdruck)

** durch Dritte finanzierte Messstelle



Tabelle 5.3: Stammdaten der Standorte mit Depositions- und Ammoniakmessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Standorte	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn Deposition	Messbeginn Wet-only	Messbeginn Ammoniak	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Aalen	S	424			28.12.2006	580429	5411128
Biberach	S	533			29.12.2006	559563	5326596
Freiburg Schwarzwaldstraße	V	289			27.12.2006	414935	5315688
Heilbronn	S	155	27.12.2006		29.12.2006	516384	5445882
Isny	DEPO	700	06.11.1991	29.10.2018	04.01.2007	579905	5286098
Kehl	S	135	04.01.2018		28.12.2006	411659	5381258
Ludwigsburg Friedrichstraße	SPOT	299			28.12.2006	513930	5415156
Mannheim-Nord	S	94	29.08.1991		05.01.2007	461317	5488079
Schwäbische Alb	L	797	28.12.1992	07.11.2018	04.01.2007	51 5385	5354754
Schwarzwald-Süd	S	902			27.12.2017	407500	5295914
Stötten	DEPO	733		18.10.2018	12.12.2016	563672	5390658
Stuttgart Am Neckartor	SPOT	239			02.01.2007	514030	5403919
Stuttgart-Bad Cannstatt	S	250	19.12.2017	10.09.2018	19.12.2017	516877	5406242
Weil am Rhein	S	277			27.12.2006	397226	5271428
Welzheim Sternwarte	DEPO	541		18.10.2018	22.12.2017	543708	5413635

S = Städtischer Hintergrund
 SPOT = Spotmessstelle
 V = Verkehrsmessstation
 DEPO = Depositionsmessstelle
 L=Ländlicher Hintergrund



Tabelle 5.4: Messumfang der Standorte mit Depositions- und Ammoniakmessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Standorte	Bergerhoff-Verfahren							Wet-only-Verfahren mit Eigenbrodt Geräten				Passiv-sammler
	Staubniederschlag	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Sb	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Volumen	NH ₃
Aalen												X
Biberach												X
Freiburg Schwarzwaldstraße												X
Heilbronn	X	X	X	X	X	X	X					X
Isny	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kehl	X	X	X	X	X	X	X					X
Ludwigsburg Friedrichstraße												X
Mannheim-Nord	X	X	X	X	X	X	X					X
Schwäbische Alb	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schwarzwald-Süd												X
Stötten								X	X	X	X	X
Stuttgart Am Neckartor												X
Stuttgart-Bad Cannstatt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Weil am Rhein												X
Welzheim Sternwarte								X	X	X	X	X
Anzahl	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	15



Tabelle 5.5: Stammdaten der Messstandorte der Sondermessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Blaustein Bahnhofstraße	Bahnhofstraße 12	Sonder	497	11.12.2018	566447	5363247
Esslingen Schorndorfer Straße	Schorndorfer Straße 24	Sonder	247	06.12.2018	524507	5397558
Forbach	Stried 14 am Parkplatz	Sonder	291	01.01.2019	452919	5391977
Geislingen Stuttgarter Straße	Stuttgarter Straße 51	Sonder	429	06.12.2018	561170	5386021
Göppingen Lorcher Straße	Lorcher Straße/Christophstraße 60	Sonder	335	06.12.2018	547796	5395202
Kleines Wiesental	Ortsstraße 10	Sonder	446	01.01.2019	409572	5285911
Schuttertal	Modoscher Straße 1 Grundschule	Sonder	246	01.01.2019	422447	5346906
Stuttgart Pragstraße 90_92	Pragstraße 90/92	Sonder	245	30.06.2017	514757	5406093
Stuttgart Talstraße	Talstraße 41	Sonder	252	06.12.2018	515556	5403426
Wiesloch Baiertaler Straße	Baiertaler Straße 53	Sonder	140	10.12.2018	479030	5460729

Sonder = Sondermessung



Tabelle 5.6: Messumfang der Messstandorte der Sondermessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2019

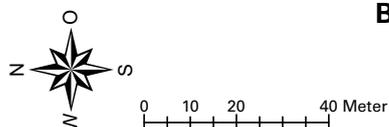
Messstation	NO ₂ passiv	PM ₁₀	PM _{2,5}	Levoglucosan	Kalium	B[a]P	Ruß
Blaustein Bahnhofstraße	X						
Esslingen Schorndorfer Straße	X						
Forbach		X	X	X	X	X	X
Geislingen Stuttgarter Straße	X						
Göppingen Lorcher Straße	X						
Kleines Wiesental		X	X	X	X	X	X
Schuttertal		X	X	X	X	X	X
Stuttgart Pragstraße 90_92	X						
Stuttgart Talstraße	X						
Wiesloch Baiertaler Straße	X						
Anzahl	7	3	3	3	3	3	3



5.4 Kartendarstellungen



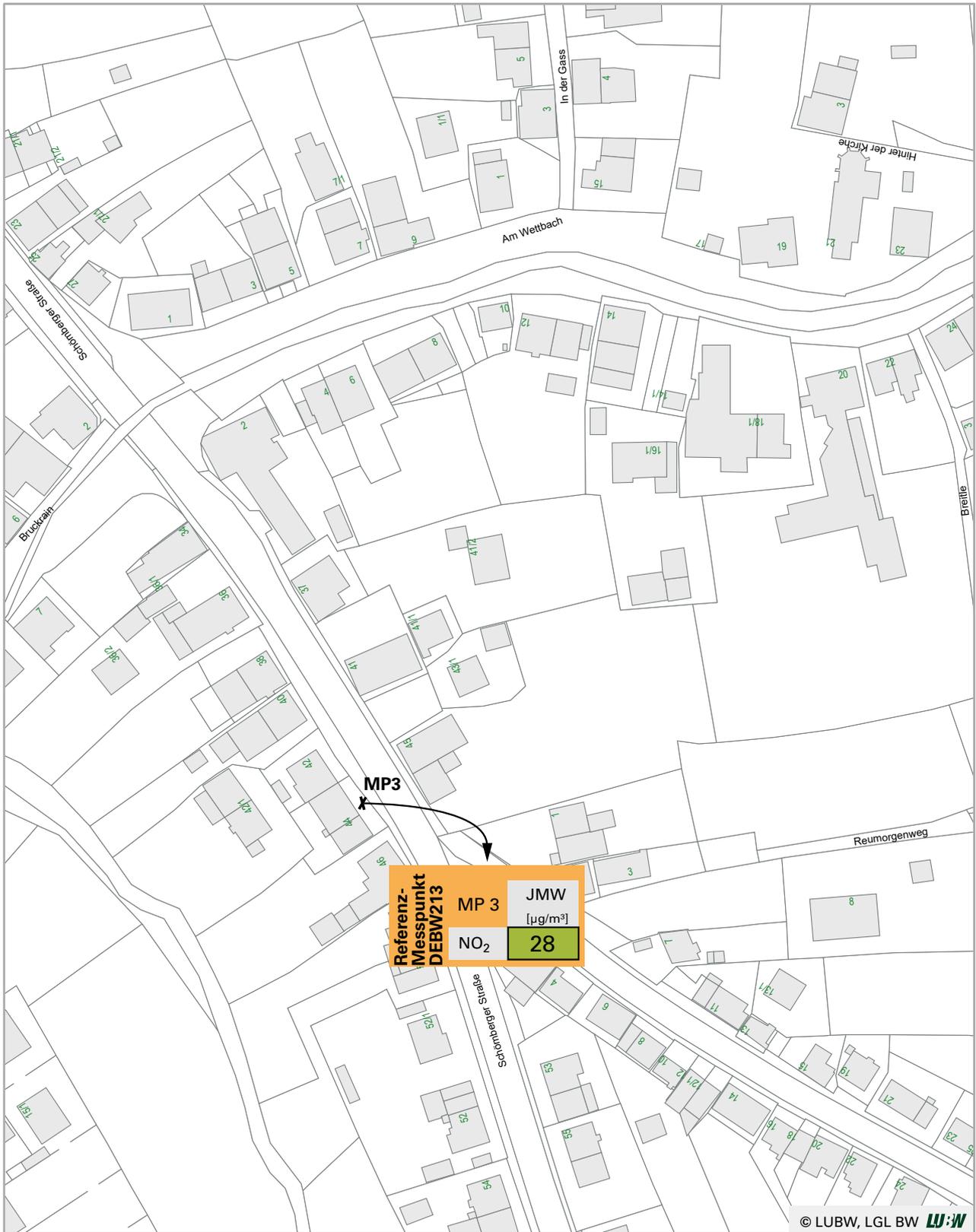
X NO₂-Passivsammler



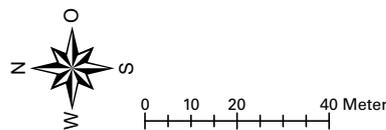
Backnang Eugen-Adolf-Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.1: Ergebnisse 2019 – Messstelle Backnang Eugen-Adolf-Straße



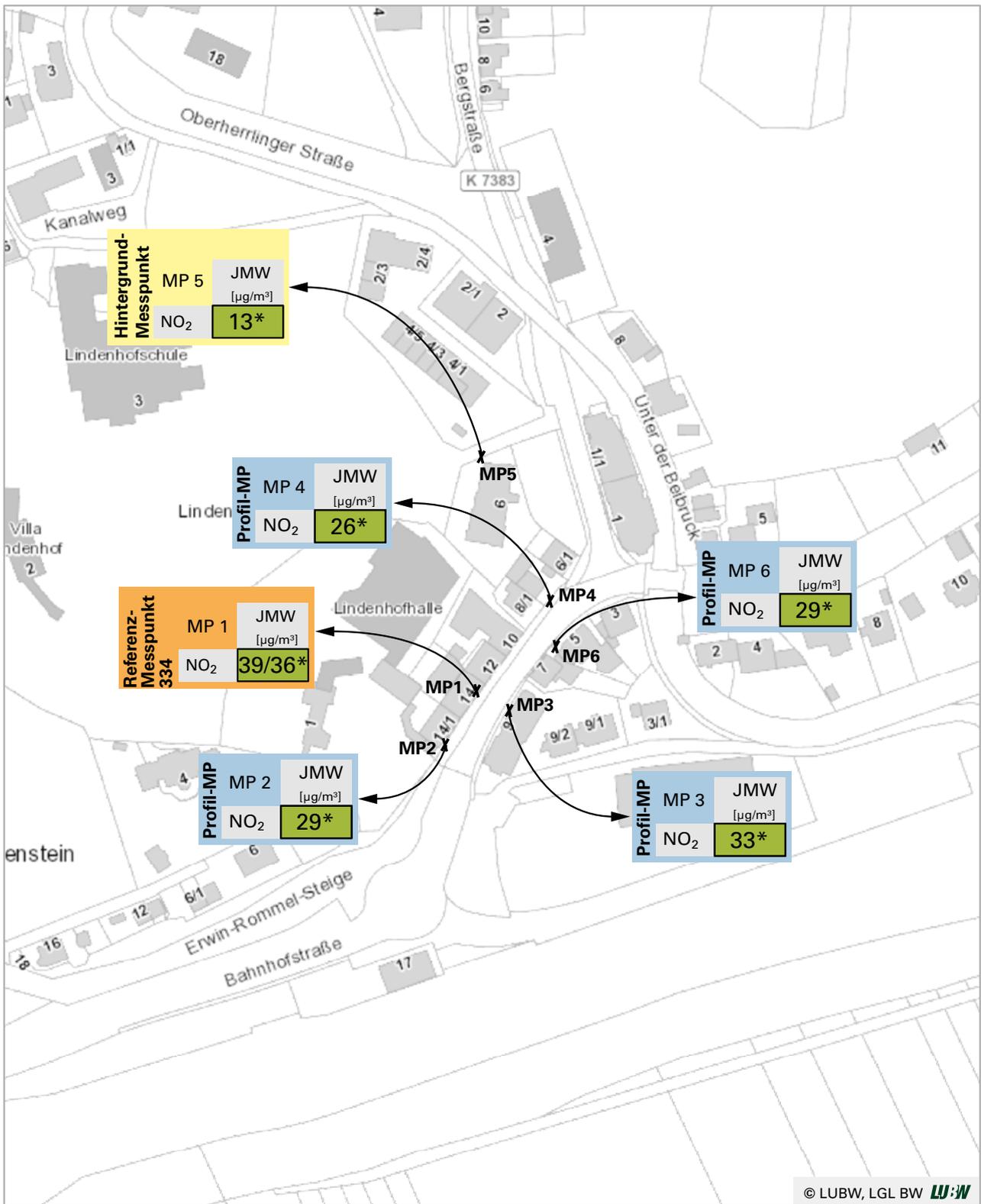
X NO₂-Passivsammler



Balingen Schömbergerstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

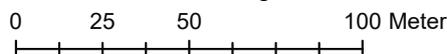
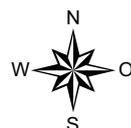
Abbildung 5.2: Ergebnisse 2019 – Messstelle Balingen Schömberger Straße



© LUBW, LGL BW **LU:W**

✕ NO₂-Passivsammler

* Mindestdatenverfügbarkeit nicht erreicht;
Messzeitraummittelwert 01.07.-31.12.2019



Blaustein Bahnhofstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.3: Ergebnisse 2019 – Messstelle Blaustein Bahnhofstraße



X NO₂-Passivsammler

□ PM₁₀, B[a]P

ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)

* Mindestdatenverfügbarkeit nicht erreicht; Messzeitraummittelwert 01.07.-31.12.2019

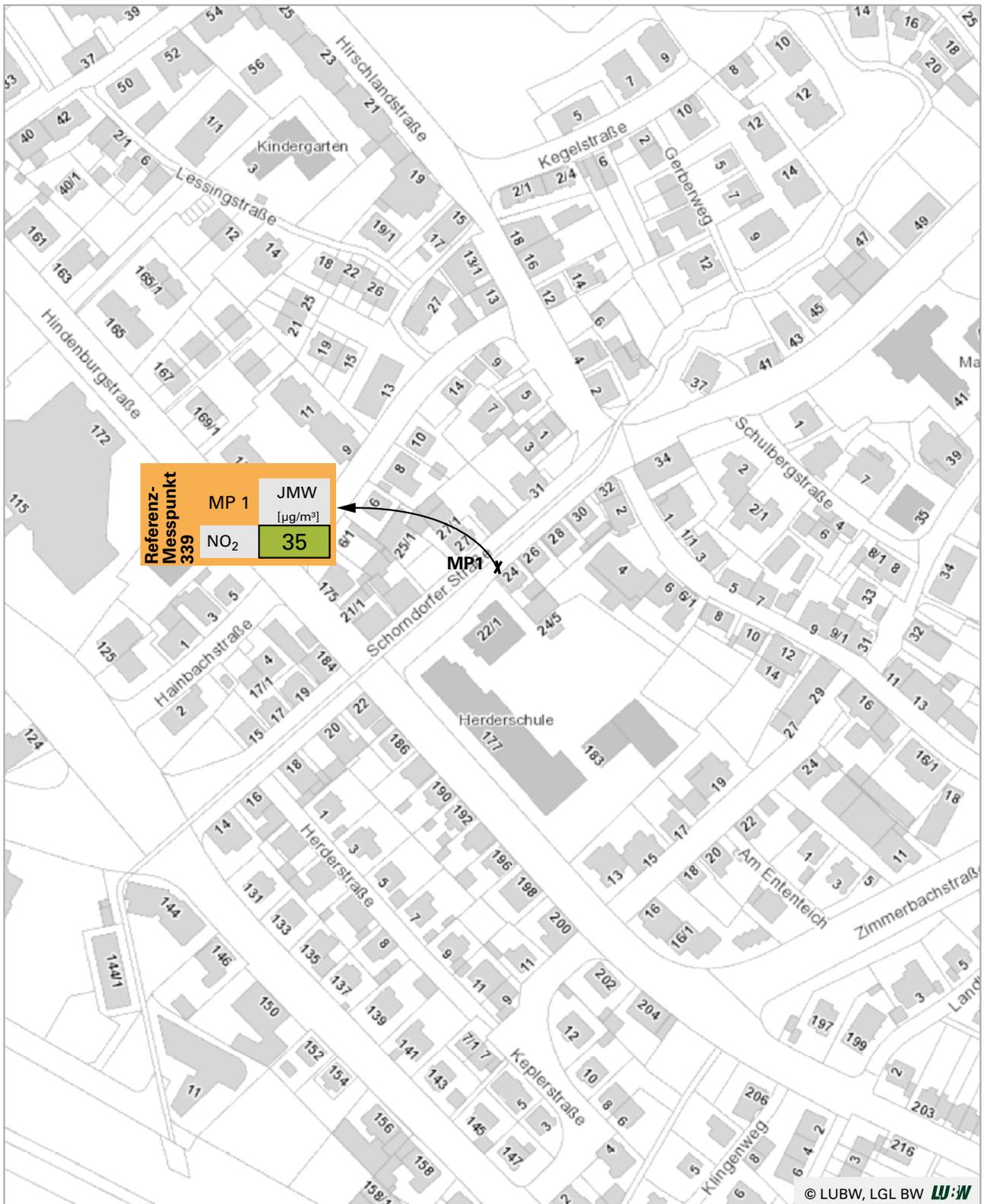


0 10 20 40 Meter

Esslingen Grabbrunnenstraße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.4: Ergebnisse 2019 - Messstelle Esslingen Grabbrunnenstraße



X NO₂-Passivsammler

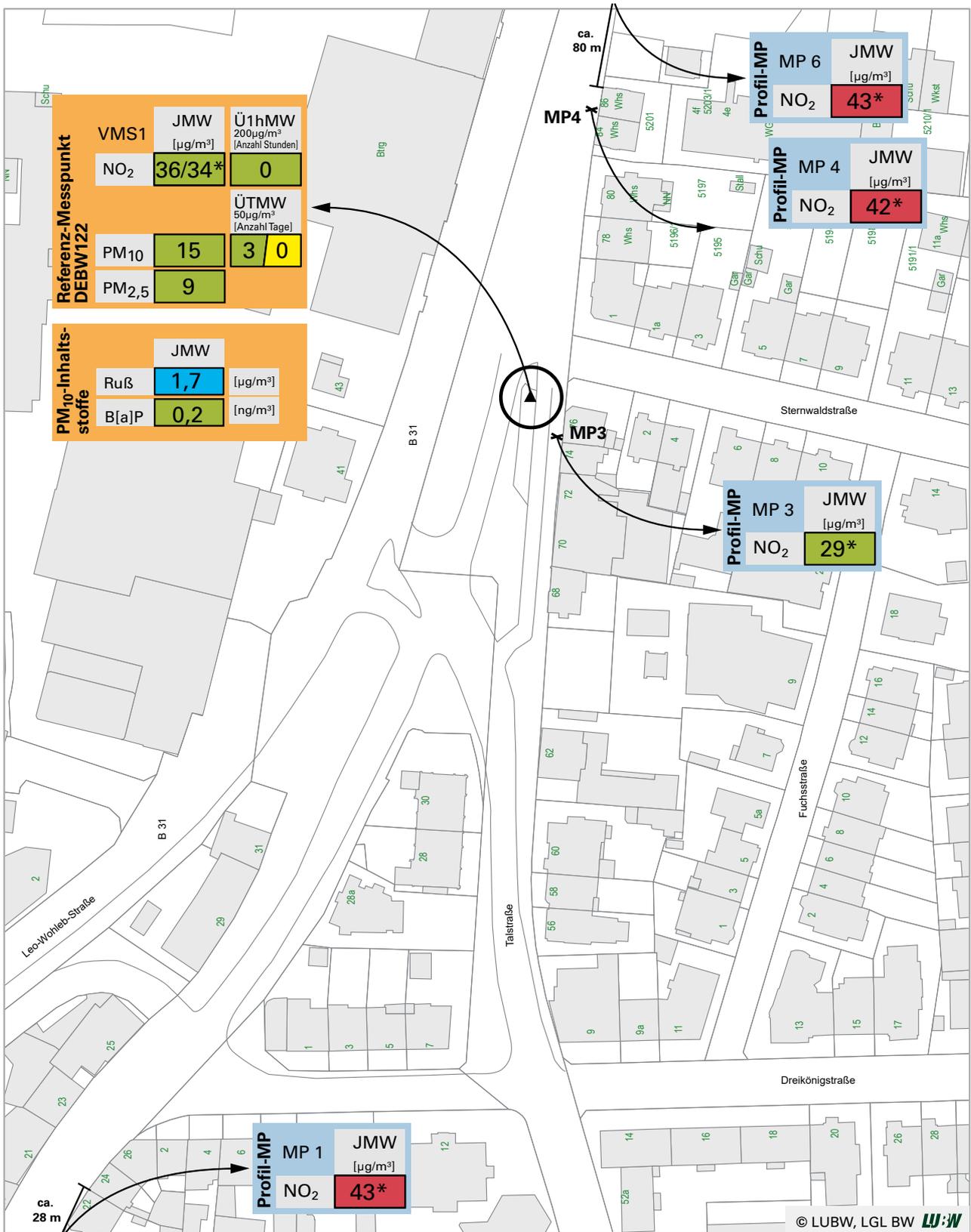


0 25 50 100 Meter

Esslingen Schorndorfer Straße

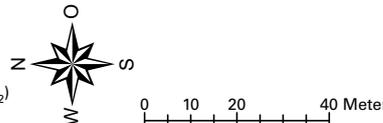
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.5: Ergebnisse 2019 - Messstelle Esslingen Schorndorfer Straße



MP1
Schwarzwaldstraße 20

✕ NO₂-Passivsammler
▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀,
Ruß, B(a)P, PM_{2,5}
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen
der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen
der Tagesmittelwerte (PM₁₀)

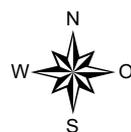


* Mindestdatenverfügbarkeit nicht erreicht; Messzeitraummittelwert 01.07.-31.12.2019

Abbildung 5.6: Ergebnisse 2019 – Messstation Freiburg Schwarzwaldstraße



X NO₂-Passivsammler



0 25 50 100 Meter

Geislingen Stuttgarter Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.7: Ergebnisse 2019 – Messstelle Geislingen Stuttgarter Straße



X NO₂-Passivsammler



0 25 50 100 Meter

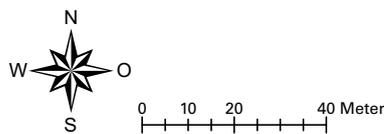
Göppingen Lorcher Straße

- Red: Grenzwert überschritten
- Green: Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.8: Ergebnisse 2019 – Messstelle Göppingen Lorcher Straße



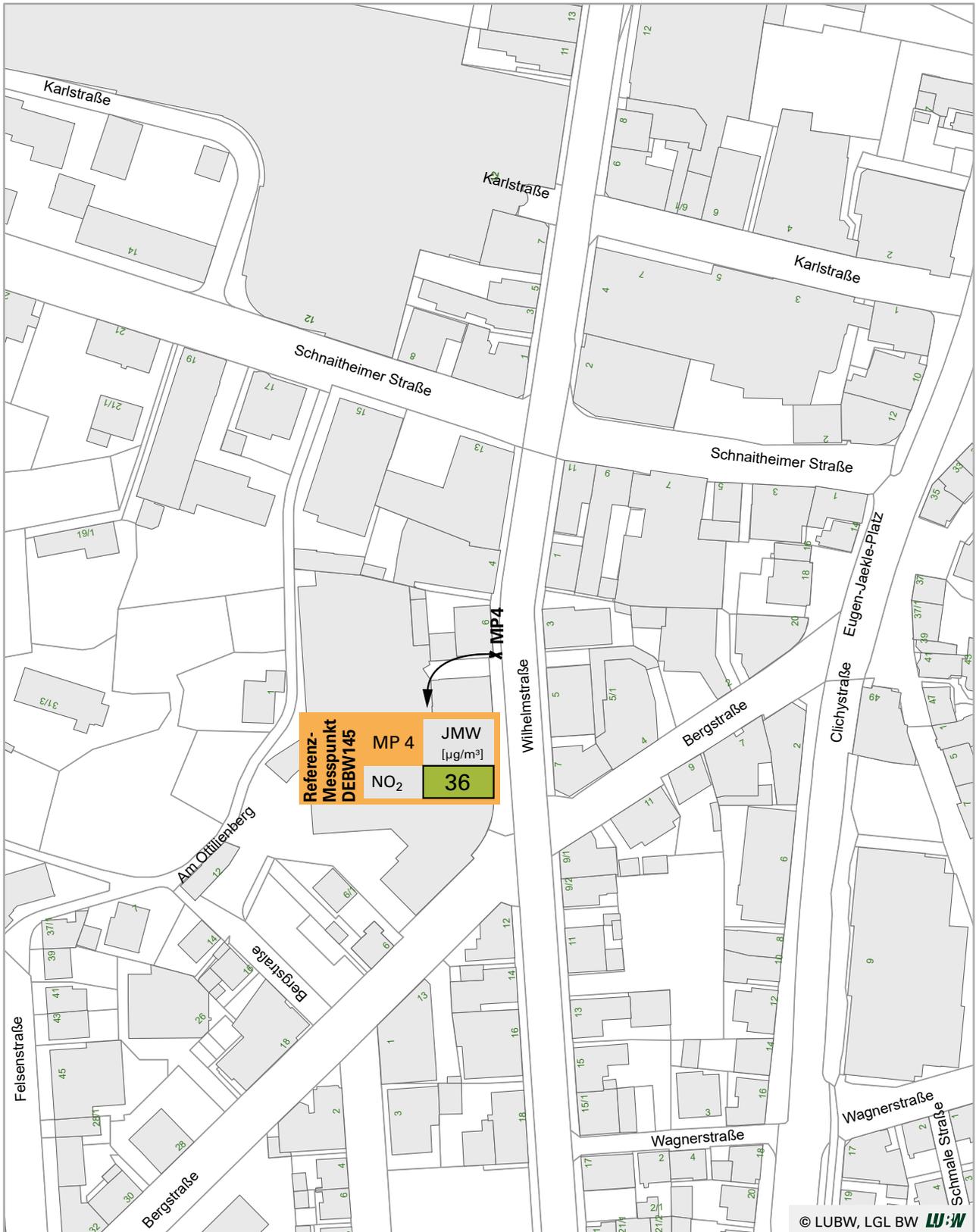
X NO₂-Passivsammler



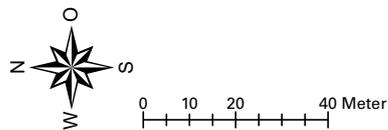
Heidelberg Mittermaierstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.9: Ergebnisse 2019 – Messstelle Heidelberg Mittermaierstraße



X NO₂-Passivsammler



Heidenheim Wilhelmstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.10: Ergebnisse 2019 – Messstelle Heidenheim Wilhelmstraße

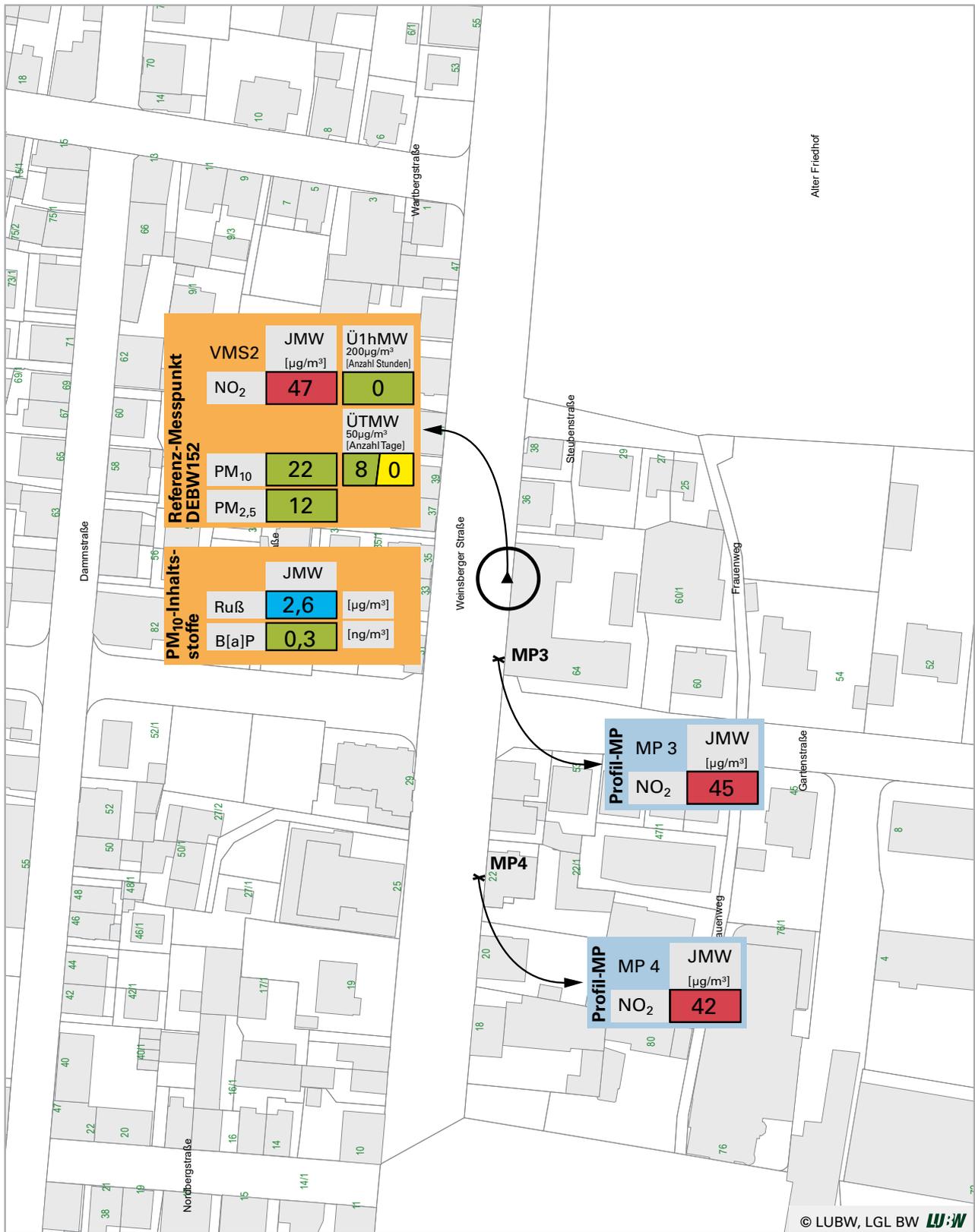
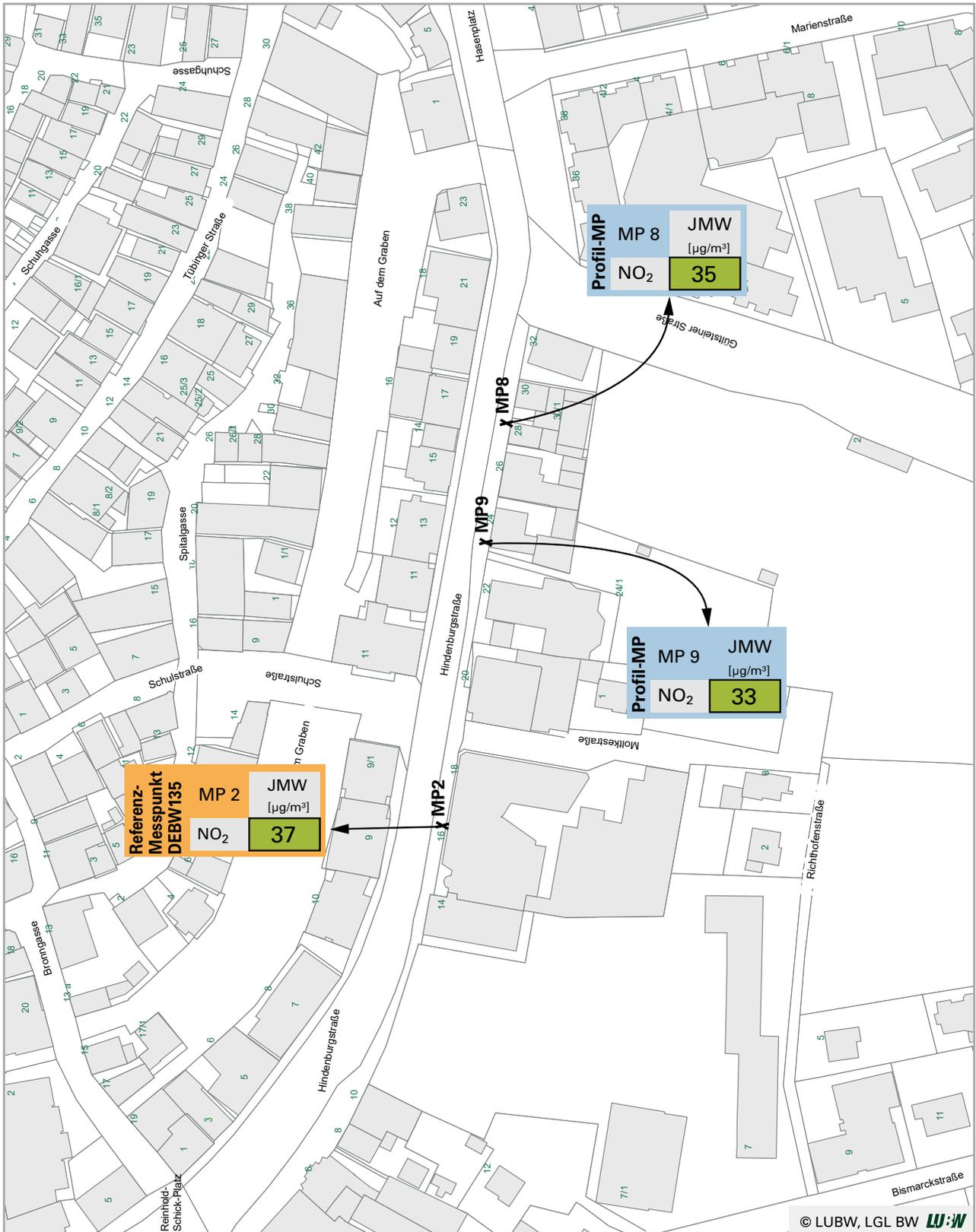
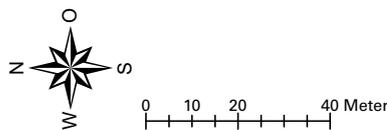


Abbildung 5.11: Ergebnisse 2019 – Messstation Heilbronn Weinsberger Straße-Ost



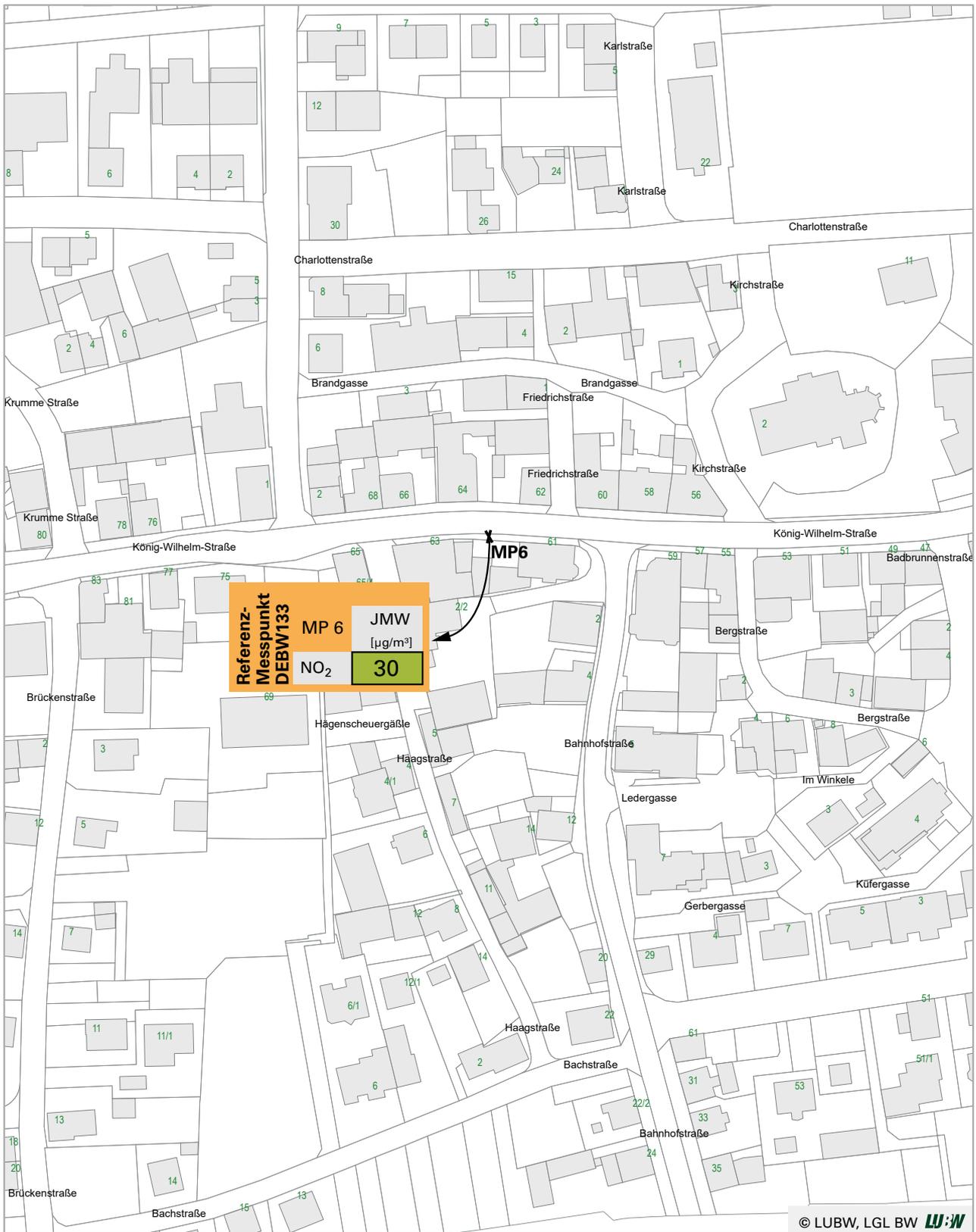
x NO₂-Passivsammler



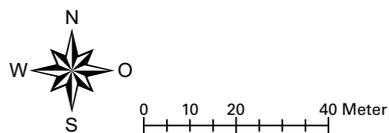
Herrenberg Hinderburgstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.12: Ergebnisse 2019 – Messstelle Herrenberg Hinderburgstraße



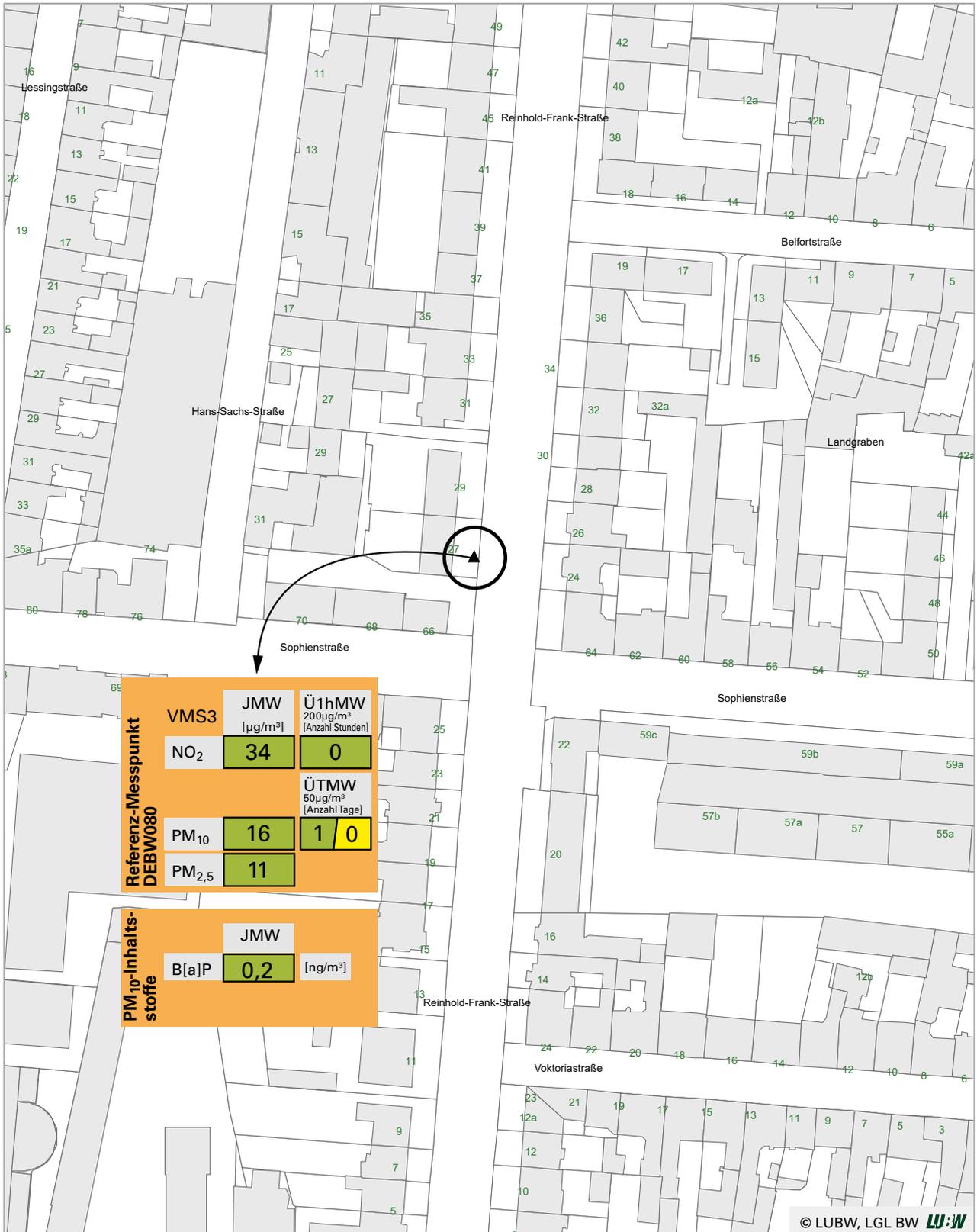
X NO₂-Passivsammler



Ilsfeld König-Wilhelm-Straße

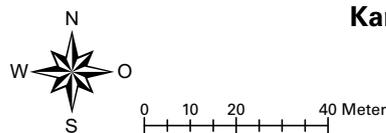
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten

Abbildung 5.13: Ergebnisse 2019 – Messstelle Ilsfeld König-Wilhelm-Straße



▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, B(a)P, PM_{2,5}

ÜhMW= Anzahl der Überschreitungen
der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen
der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.14: Ergebnisse 2019 – Messstation Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße

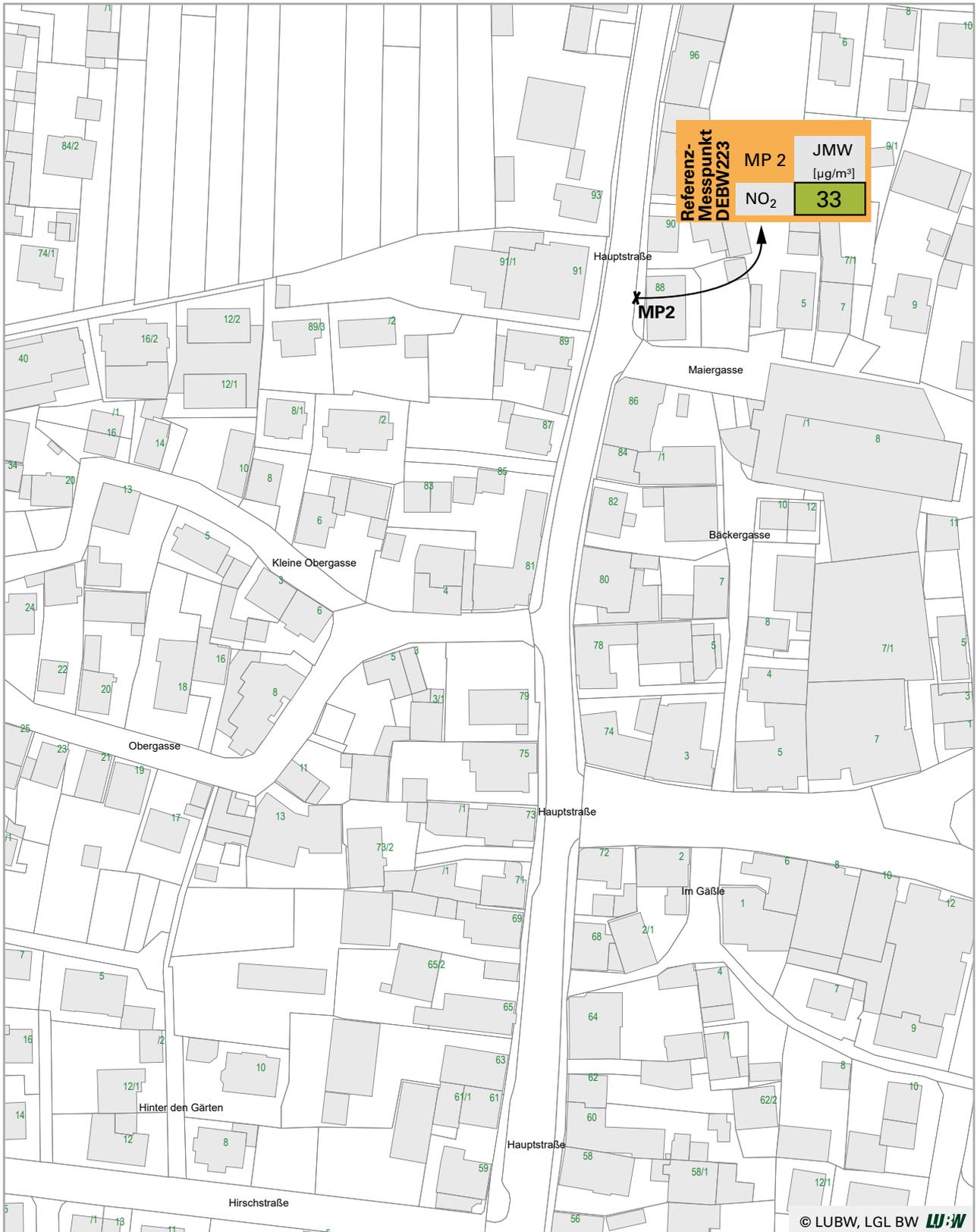
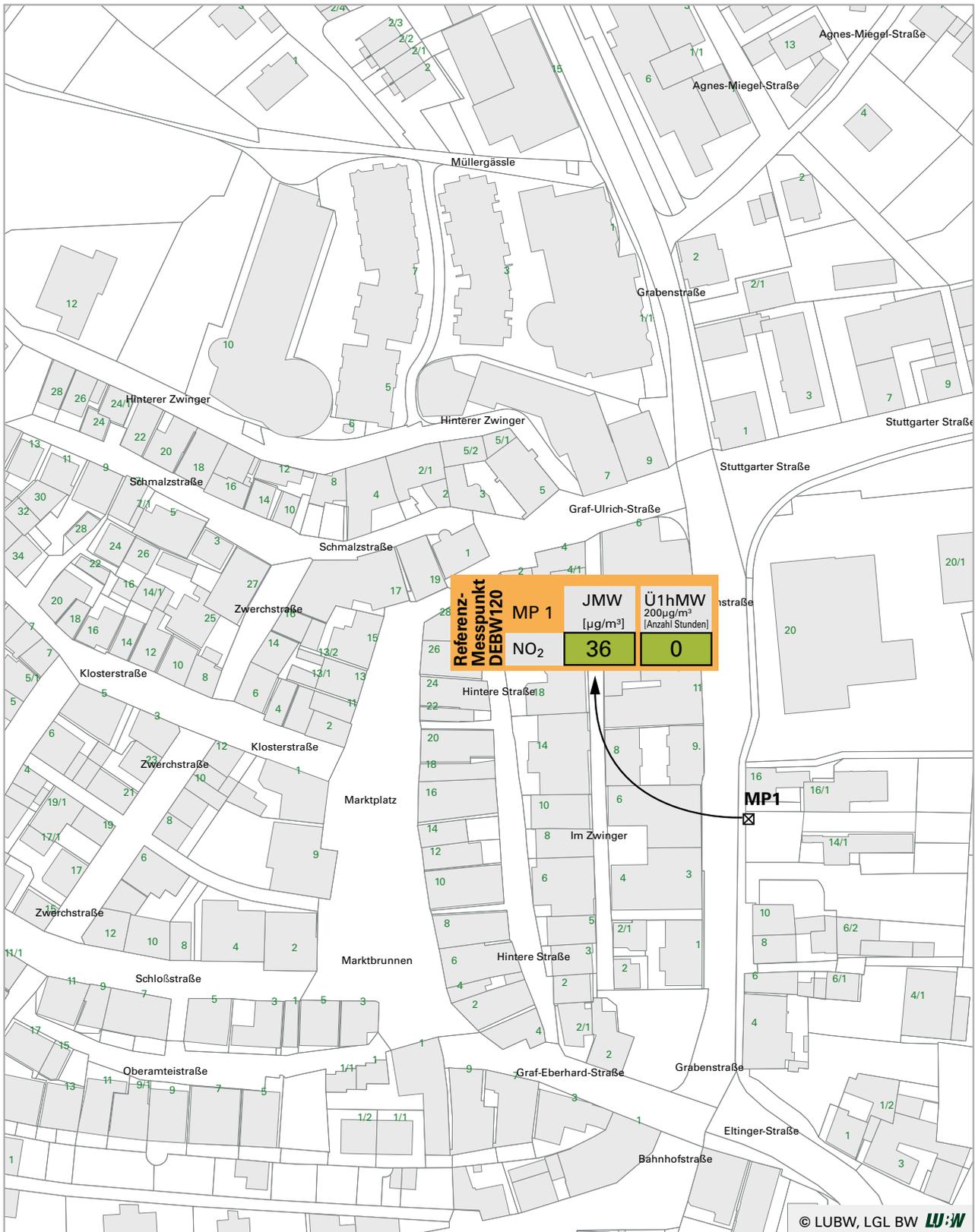
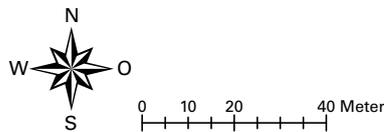


Abbildung 5.15: Ergebnisse 2019 – Messstelle Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße



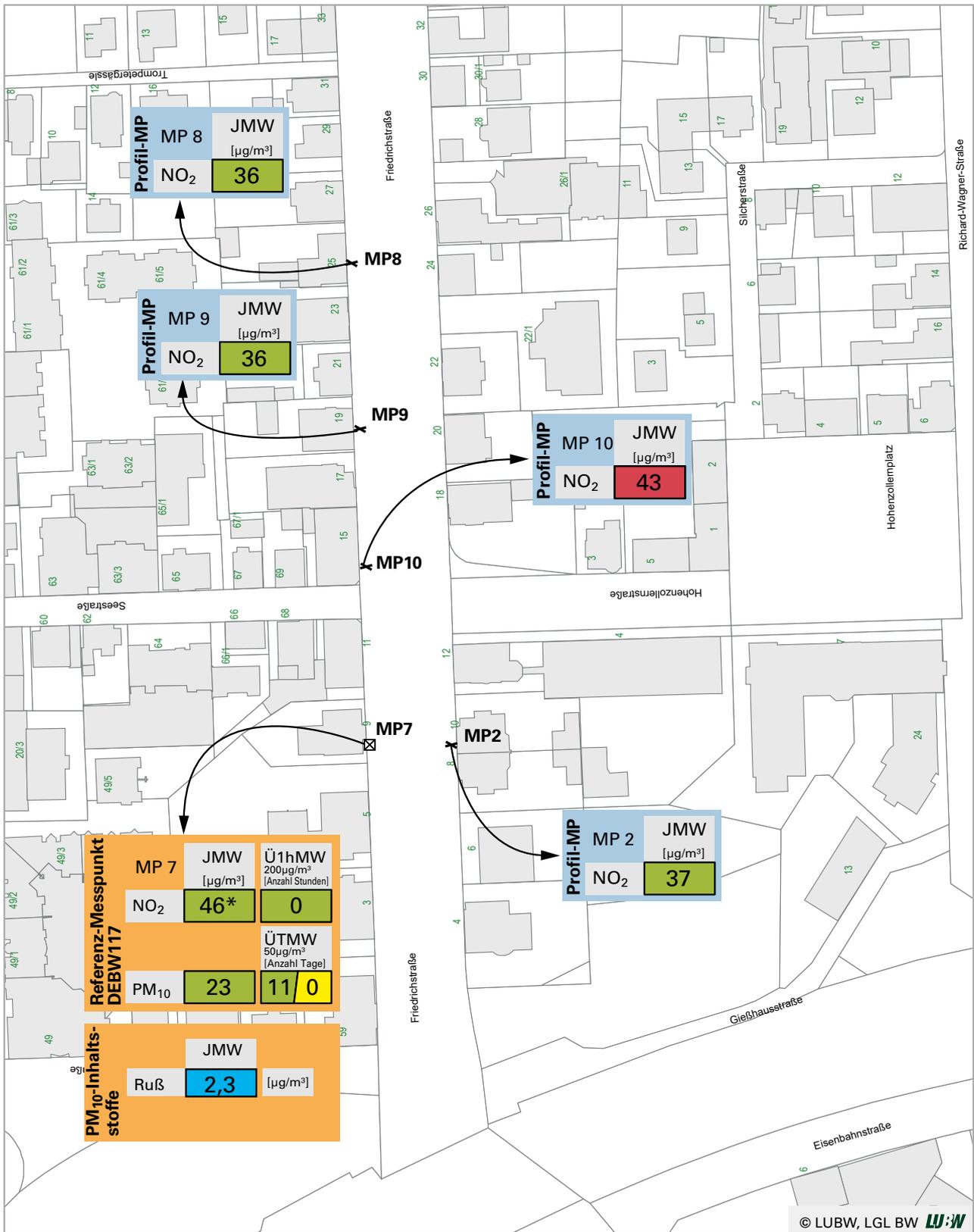
☒ NO₂-kontinuierlich



Leonberg Grabenstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

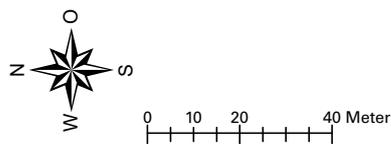
Abbildung 5.16: Ergebnisse 2019 – Messstelle Leonberg Grabenstraße



- ✕ NO₂-Passivsammler
- ☒ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, Ruß

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)

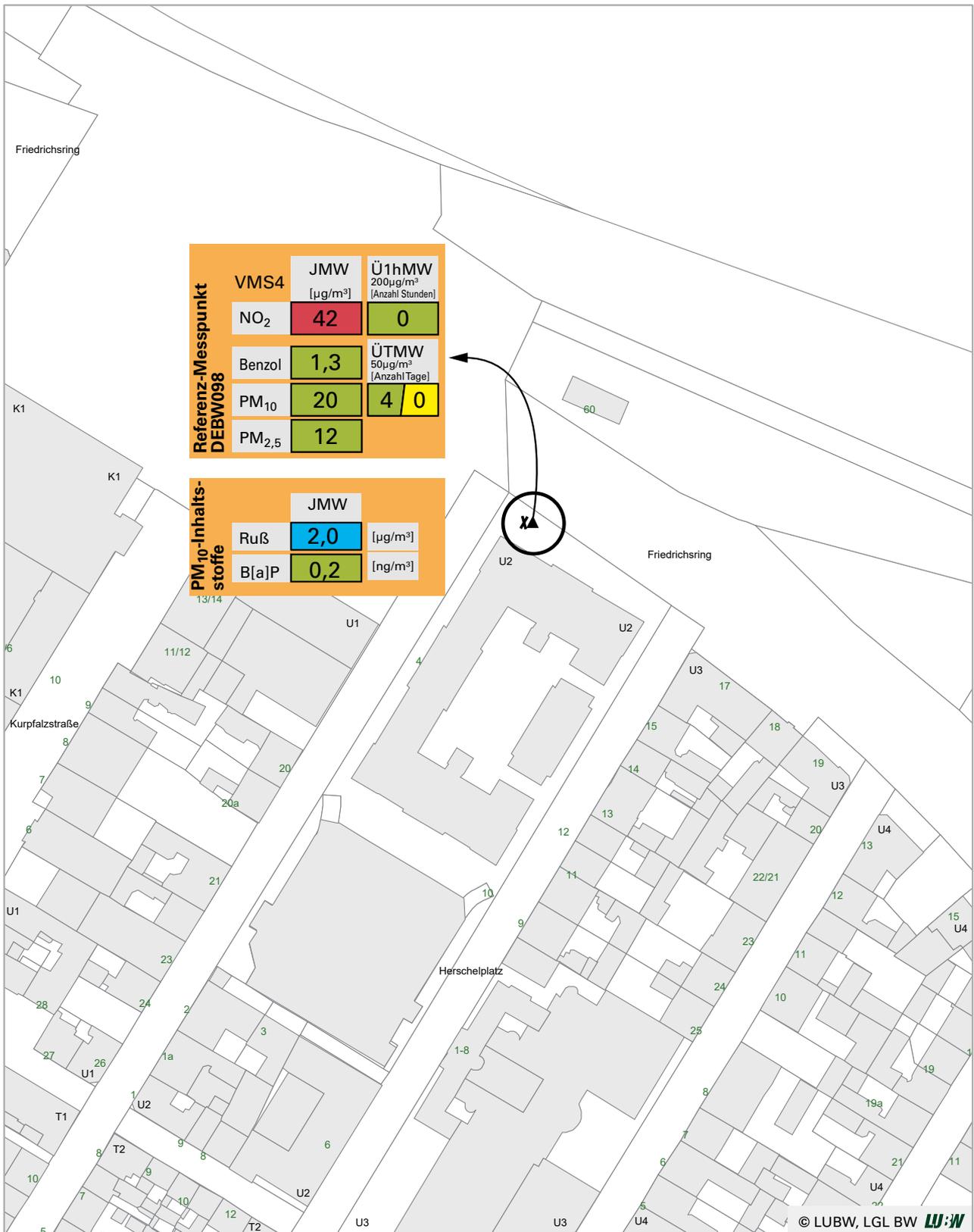
* keine Überschreitung gemäß 39. BImSchV aufgrund fehlender räumlicher Repräsentativität der NO₂-Grenzwertüberschreitung



Ludwigsburg Friedrichstraße

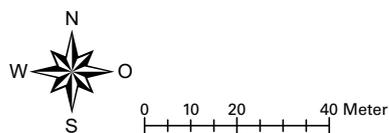
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.17: Ergebnisse 2019 – Messstelle Ludwigsburg Friedrichstraße



✕ Benzol-Passivsammler
 ▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀,
 Ruß, B[a]P, PM_{2,5}

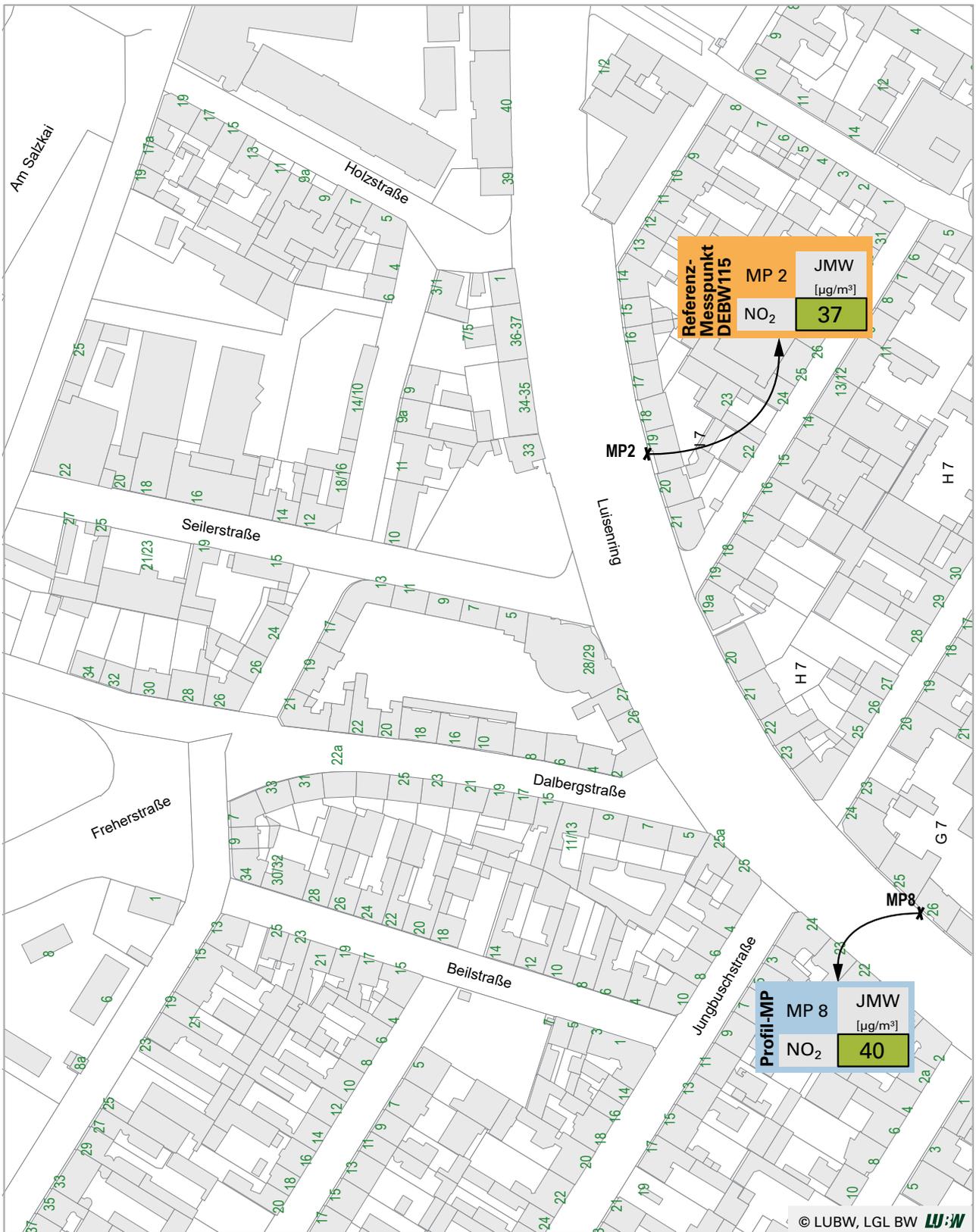
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen
 der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen
 der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



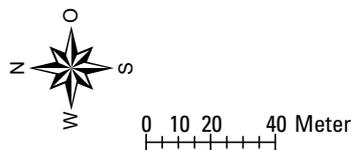
Mannheim Friedrichsring

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.18: Ergebnisse 2019 – Messstation Mannheim Friedrichsring



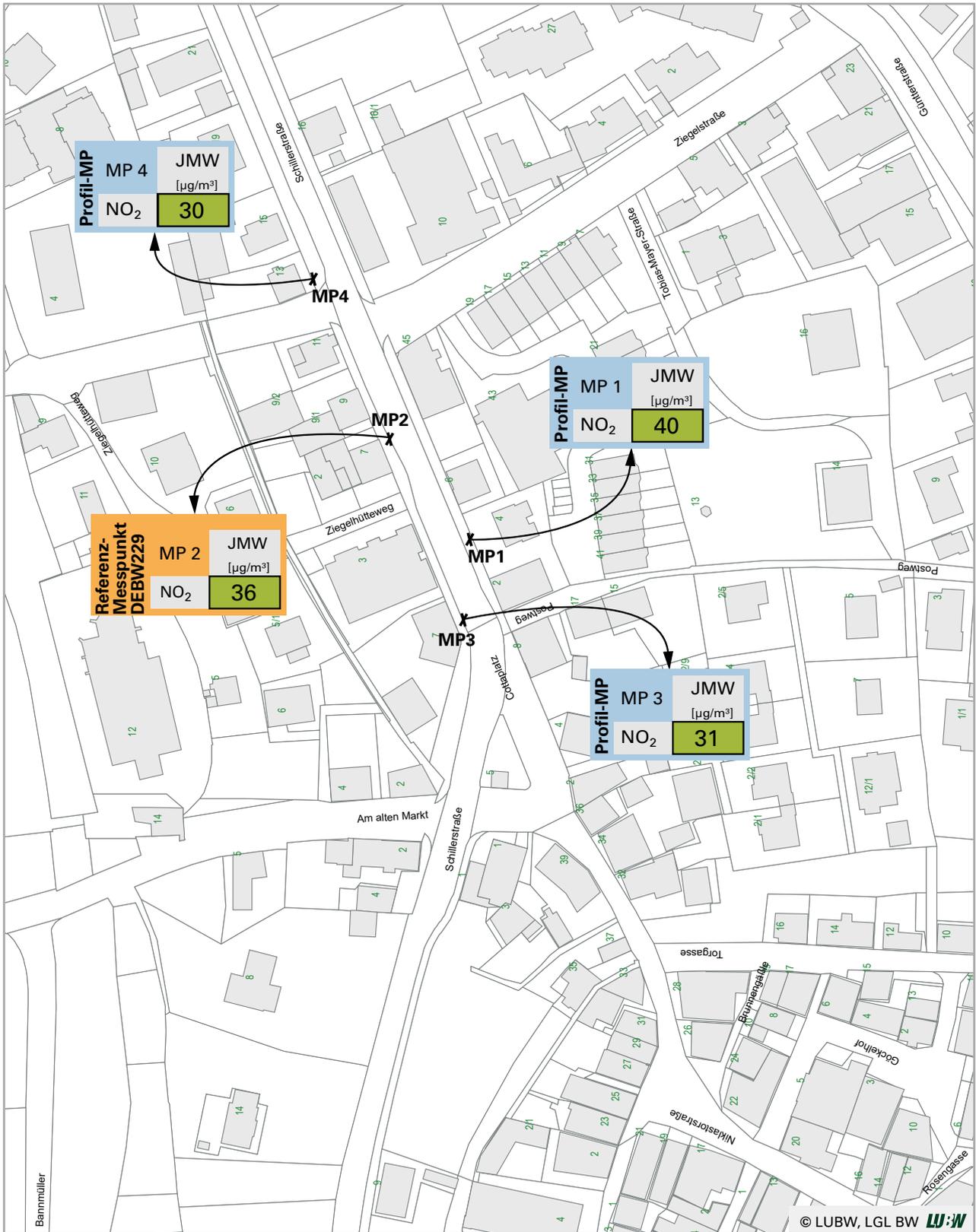
✕ NO₂-Passivsammler



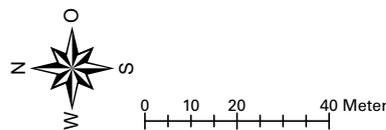
Mannheim Luisenring

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.19: Ergebnisse 2019 – Messstelle Mannheim Luisenring



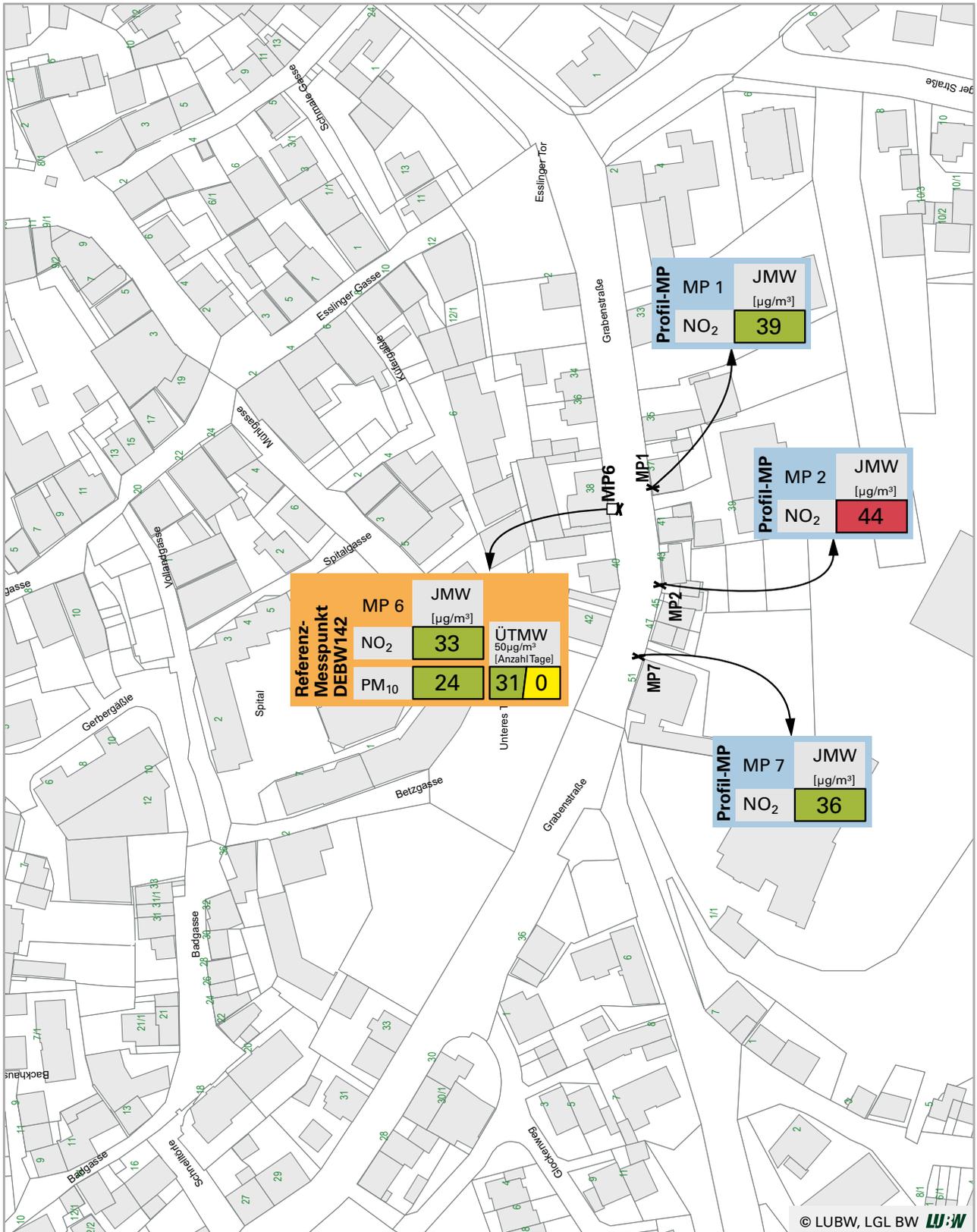
X NO₂-Passivsammler



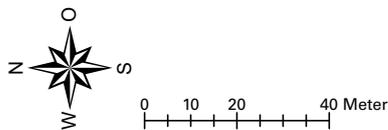
Marbach Schillerstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.20: Ergebnisse 2019 – Messstelle Marbach Schillerstraße



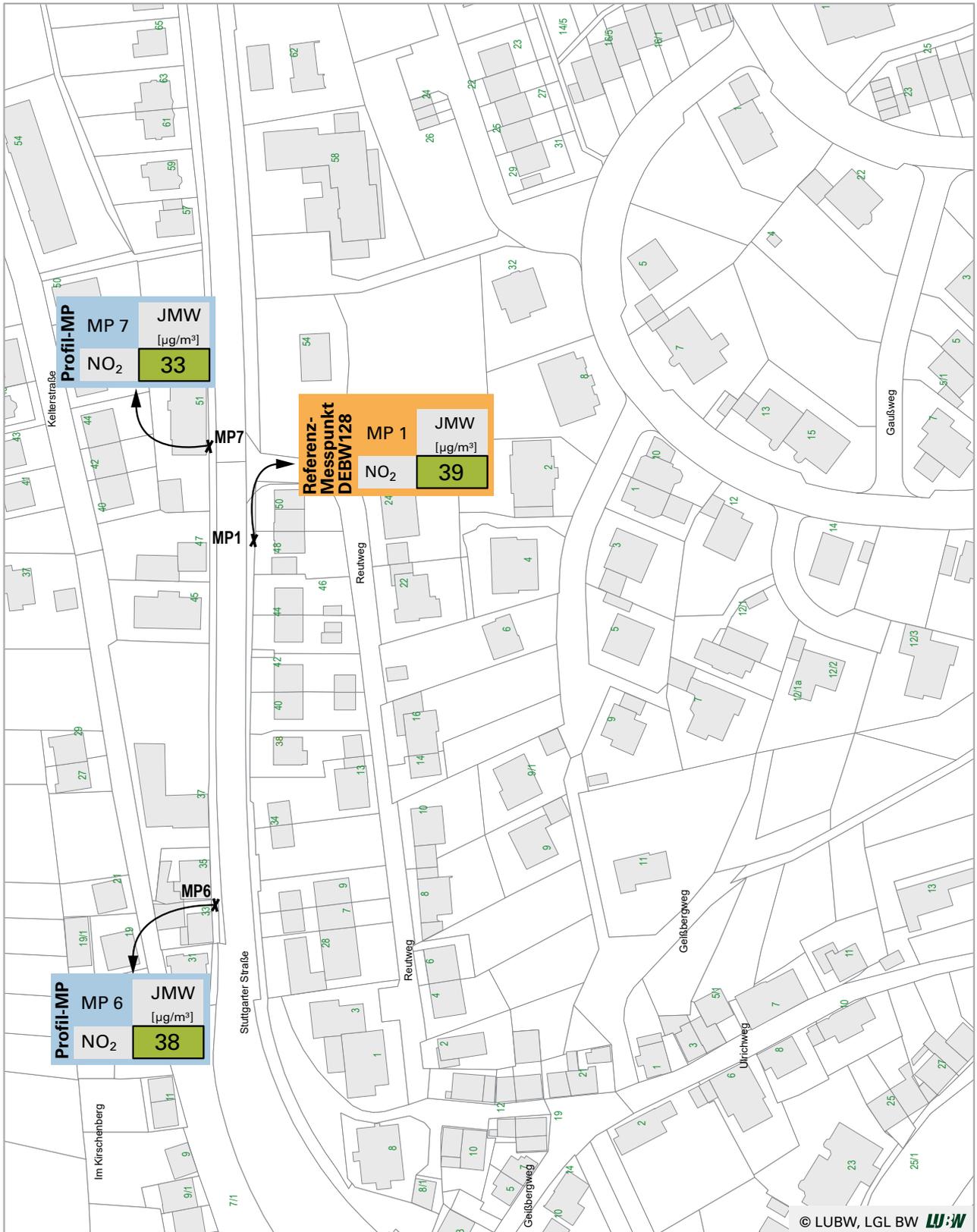
X NO₂-Passivsammler
 □ PM₁₀



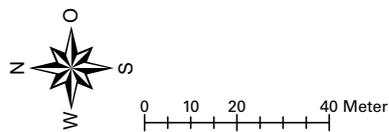
Markgröningen Grabenstraße

- Red: Grenzwert überschritten
- Green: Grenzwert eingehalten
- Yellow: davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.21: Ergebnisse 2019 – Messstelle Markgröningen Grabenstraße



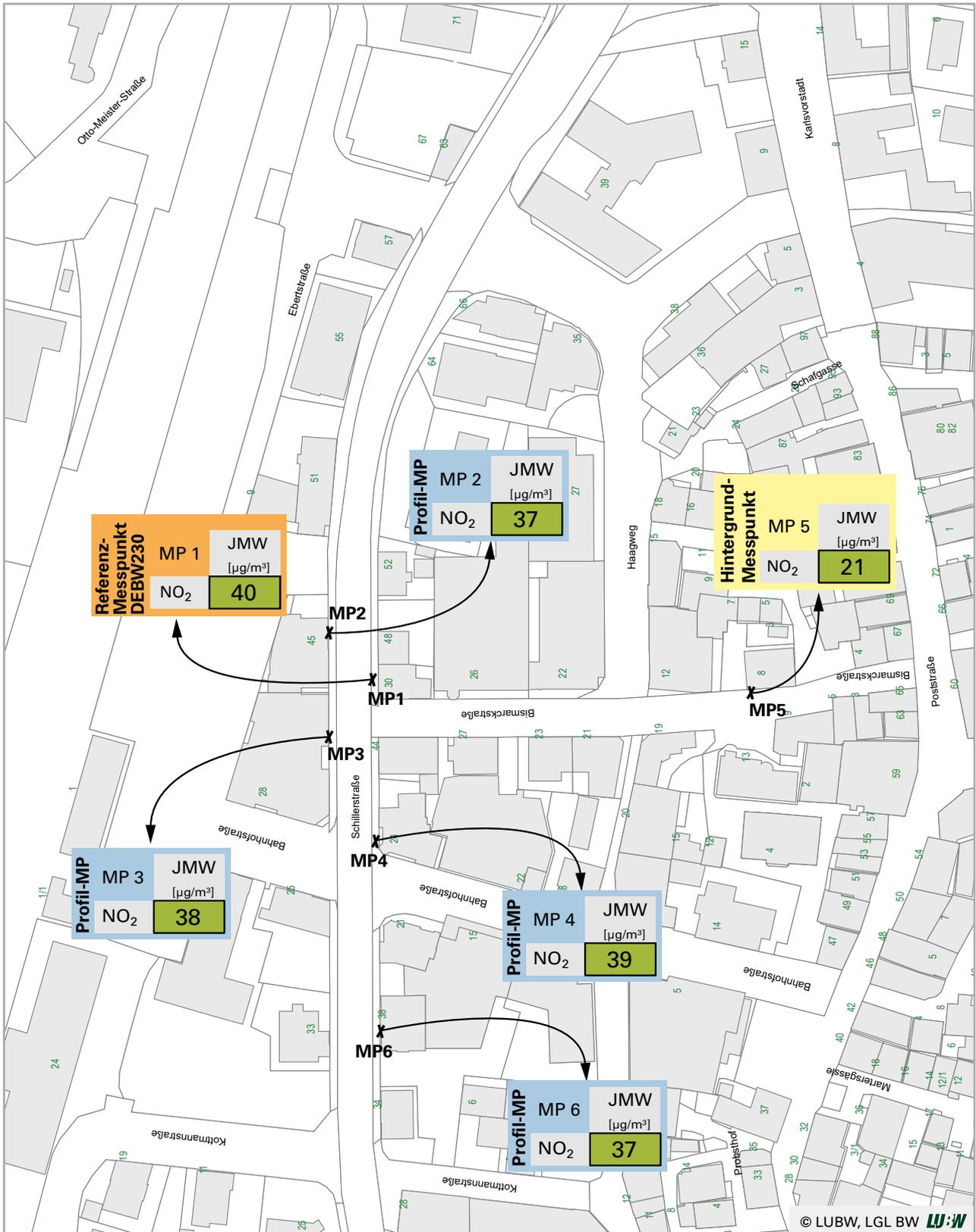
✕ NO₂-Passivsammler



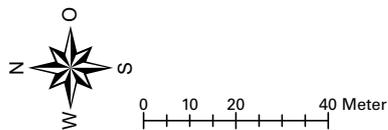
Mühlacker Stuttgarter Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.22: Ergebnisse 2019 - Messstelle Mühlacker Stuttgarter Straße



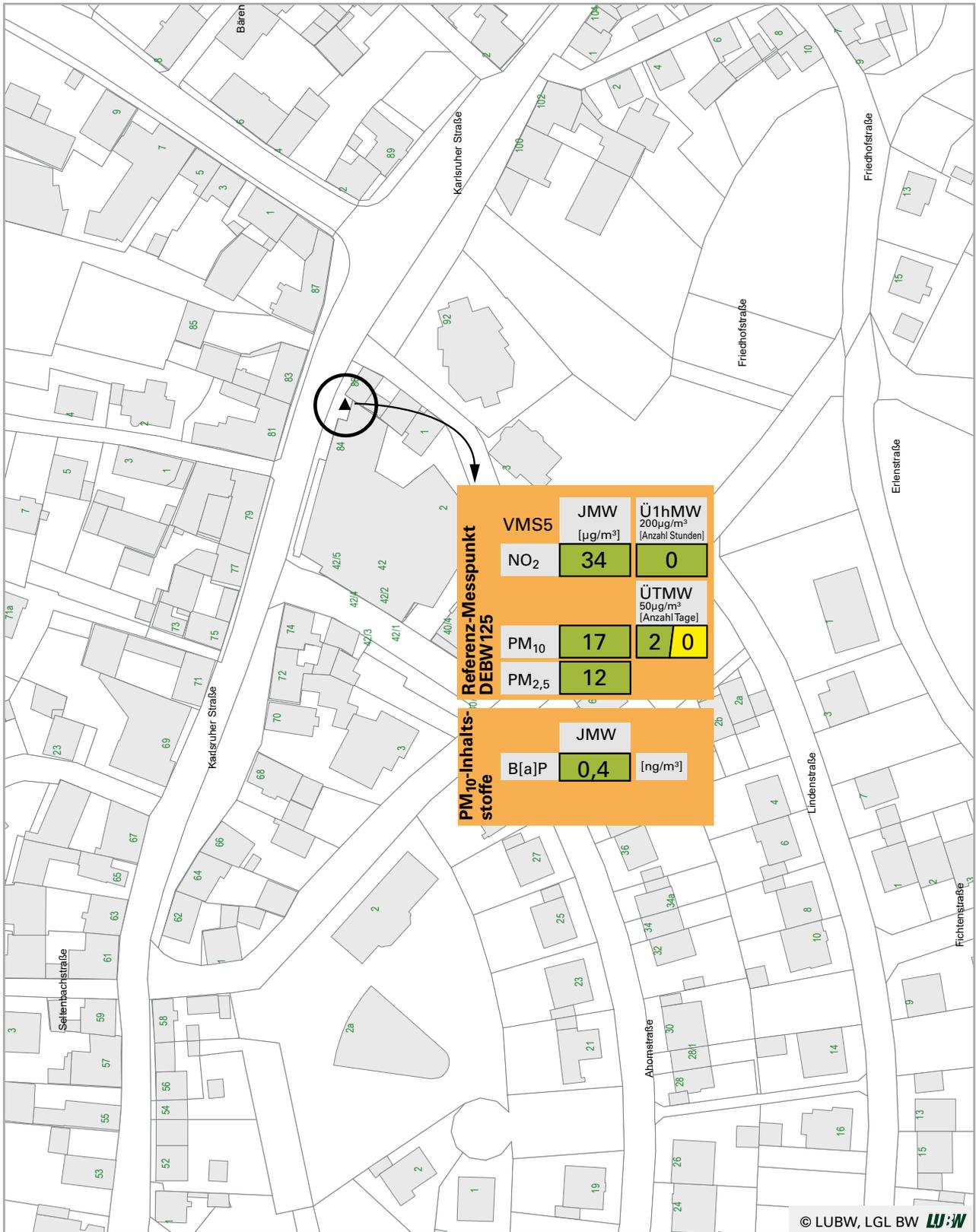
X NO₂-Passivsammler



Öhringen Schillerstraße

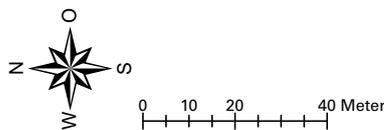
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.23: Ergebnisse 2019 – Messstelle Öhringen Schillerstraße



▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, B(a)P, PM_{2,5}

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Pfnztal Karlsruher Straße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.24: Ergebnisse 2019 – Messstation Pfnztal Karlsruher Straße

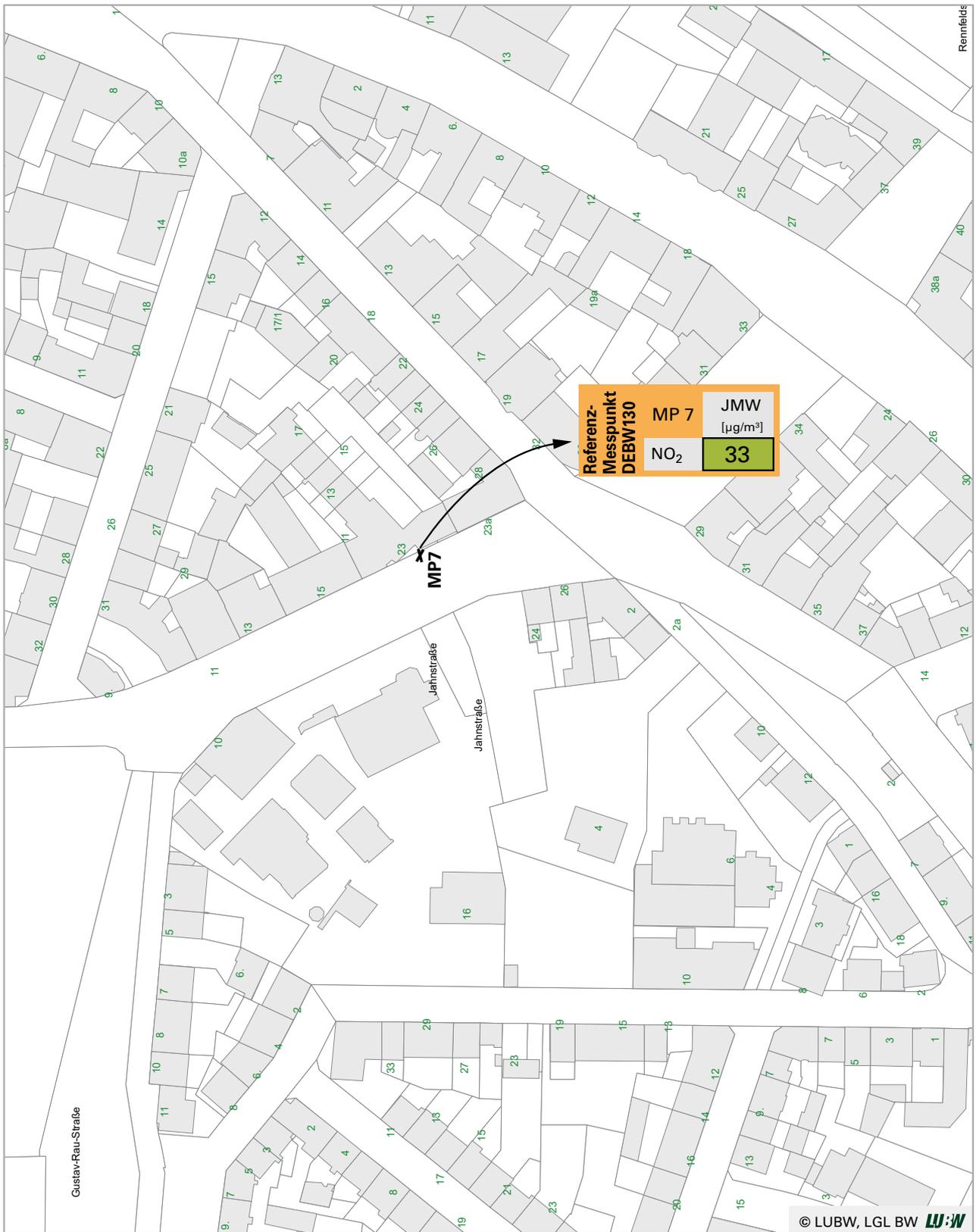
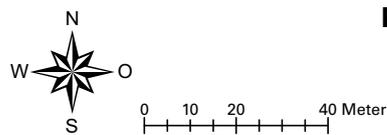


Abbildung 5.25: Ergebnisse 2019 – Messstelle Pforzheim Jahnstraße



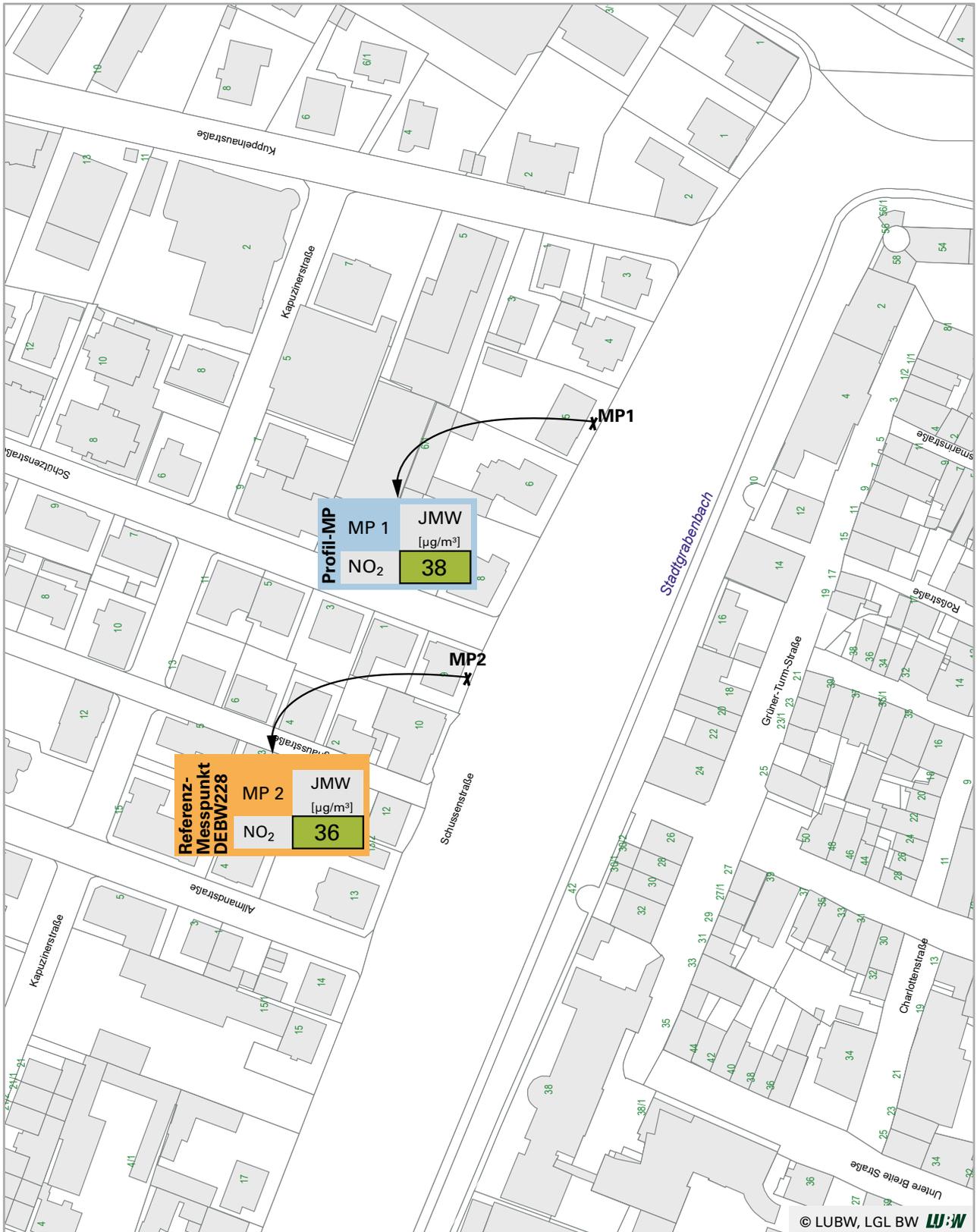
X NO₂-Passivsammler



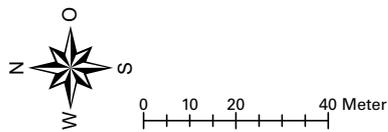
Pleidelsheim Beihinger Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.26: Ergebnisse 2019 – Messstelle Pleidelsheim Beihinger Straße



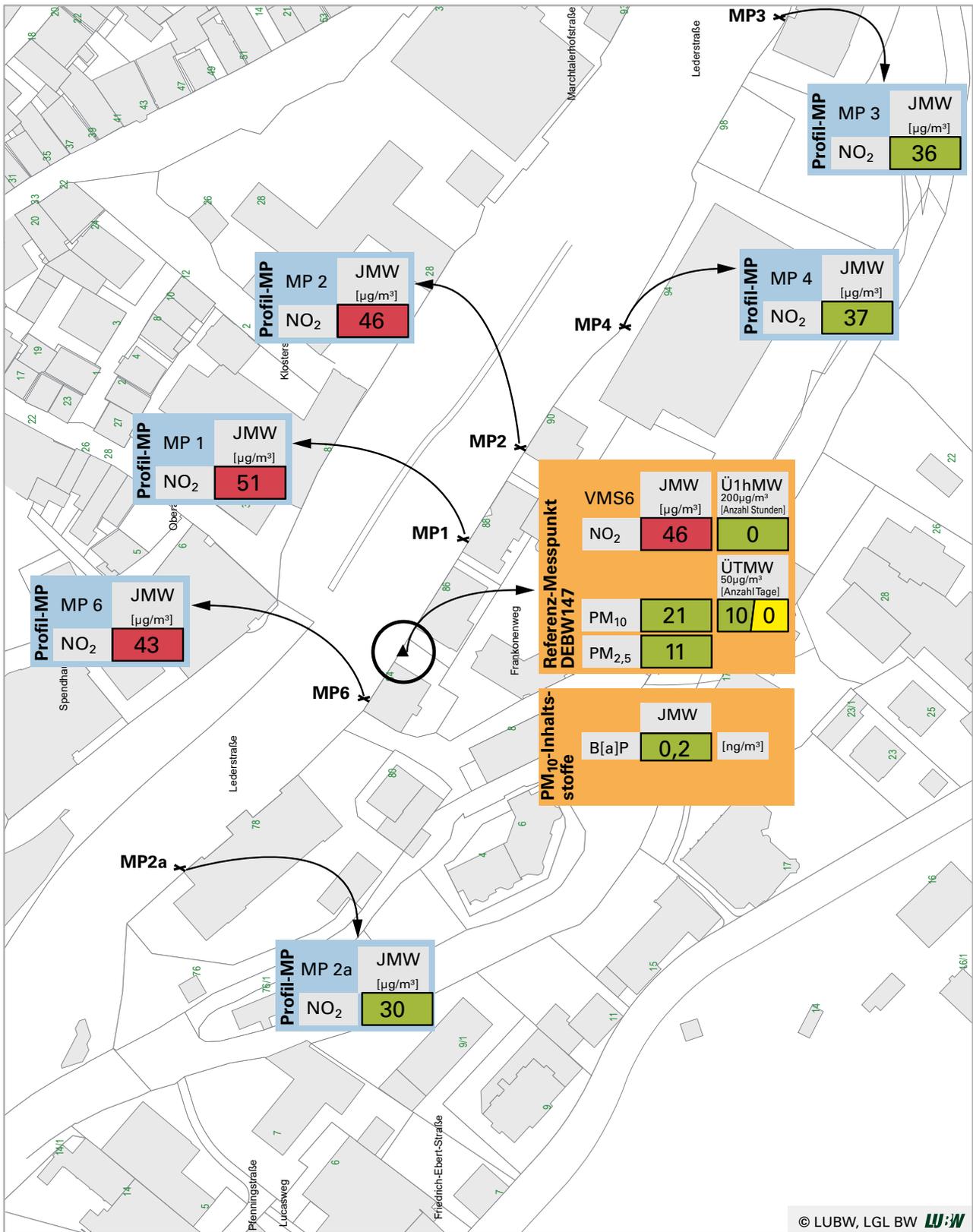
✕ NO₂-Passivsammler



Ravensburg Schussenstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.27: Ergebnisse 2019 – Messstelle Ravensburg Schussenstraße



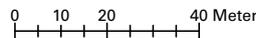
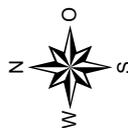
© LUBW, LGL BW **LU:W**

✕ NO₂-Passivsammler

▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, B(a)P, PM_{2,5}

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)

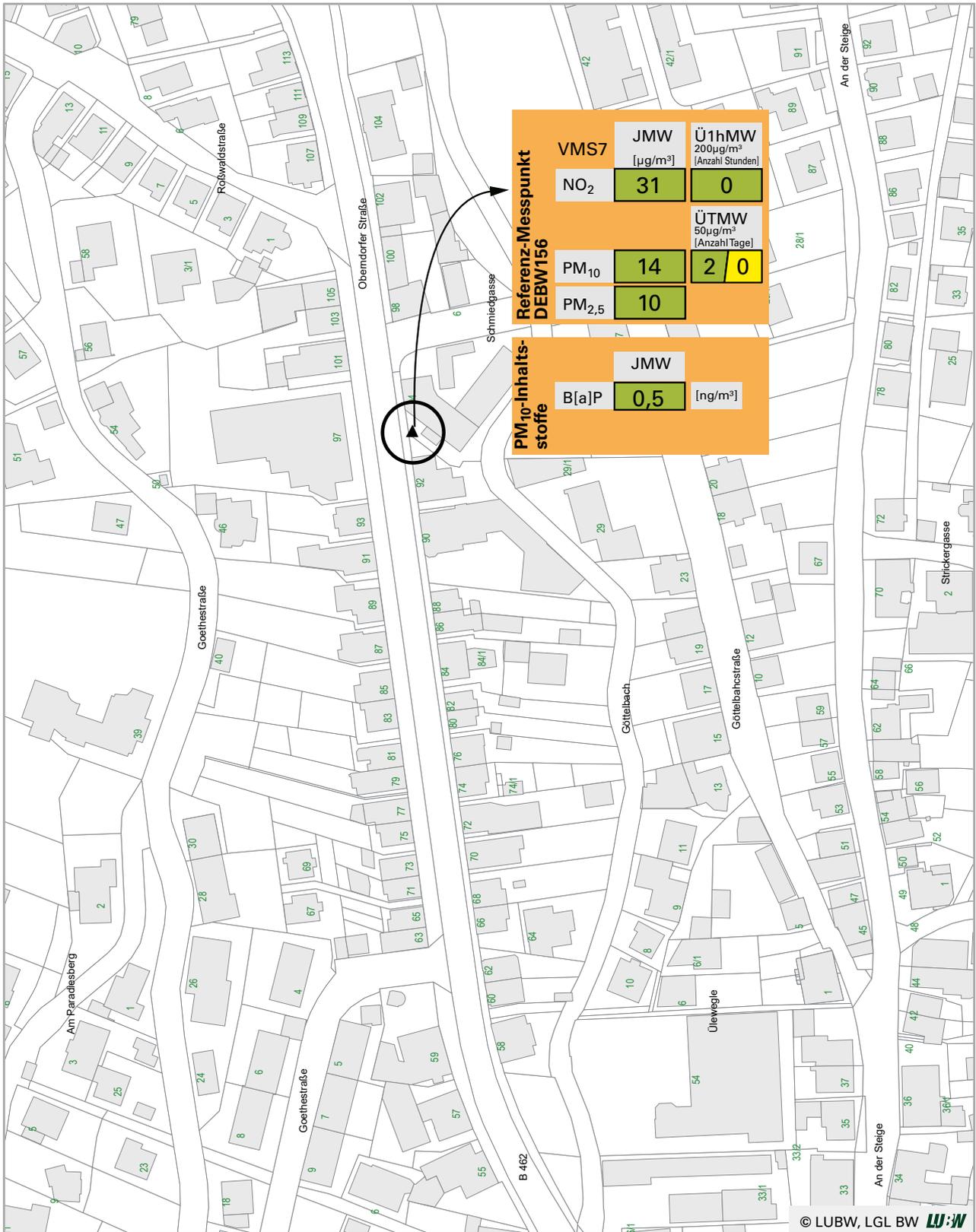
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Reutlingen Lederstraße-Ost

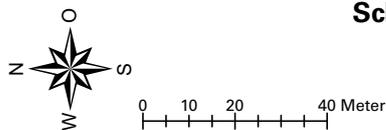
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.28: Ergebnisse 2019 – Messstation Reutlingen Lederstraße-Ost



▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, B(a)P, PM_{2,5}

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



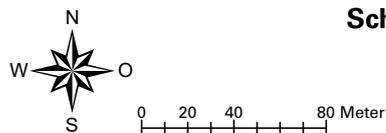
Schramberg Oberndorfer Straße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.29: Ergebnisse 2019 – Messstation Schramberg Oberndorfer Straße



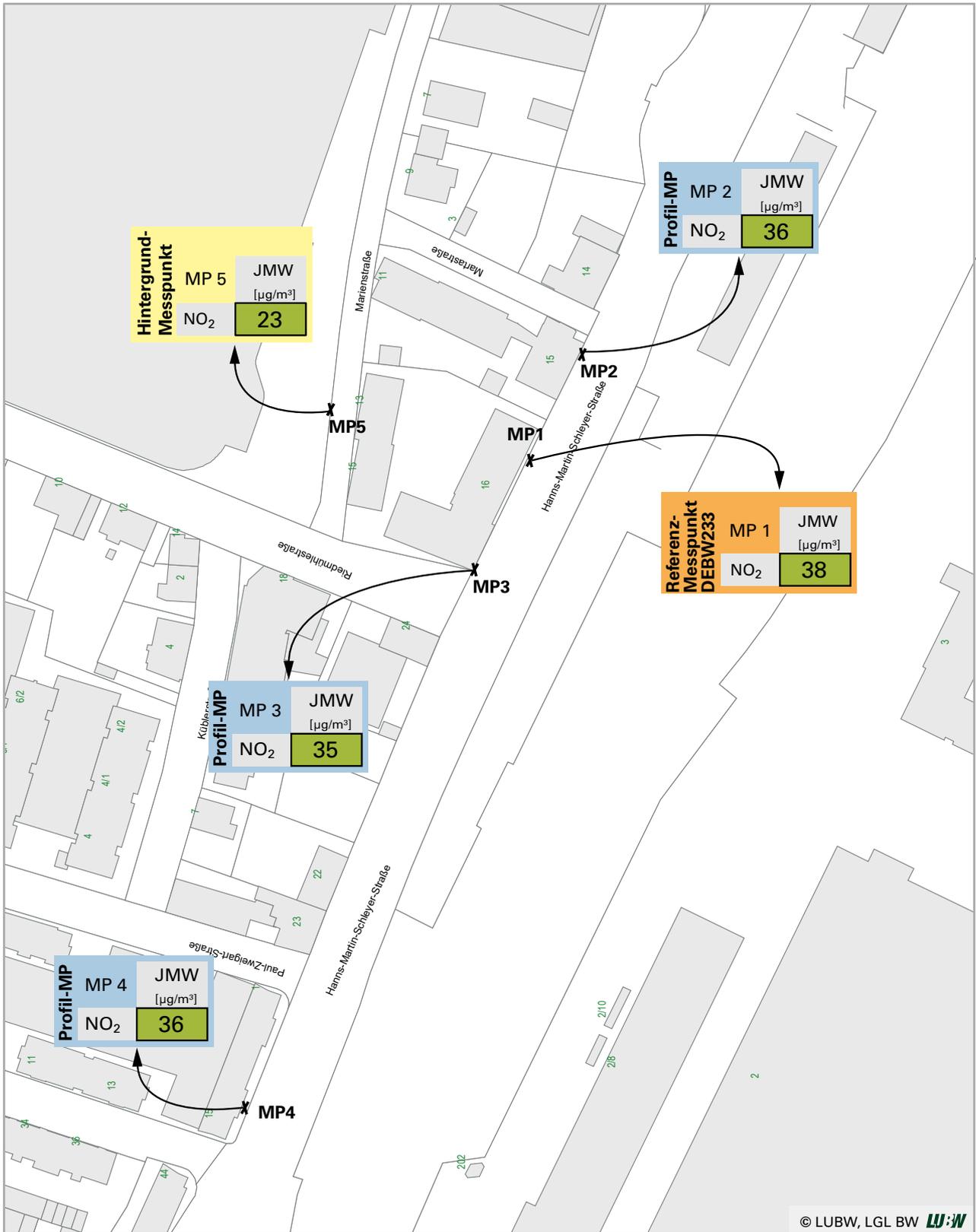
X NO₂-Passivsammler



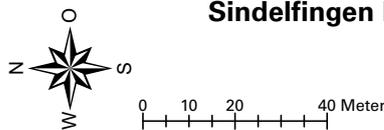
Schwäbisch Gmünd Remsstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.30: Ergebnisse 2019 – Messstelle Schwäbisch Gmünd Remsstraße



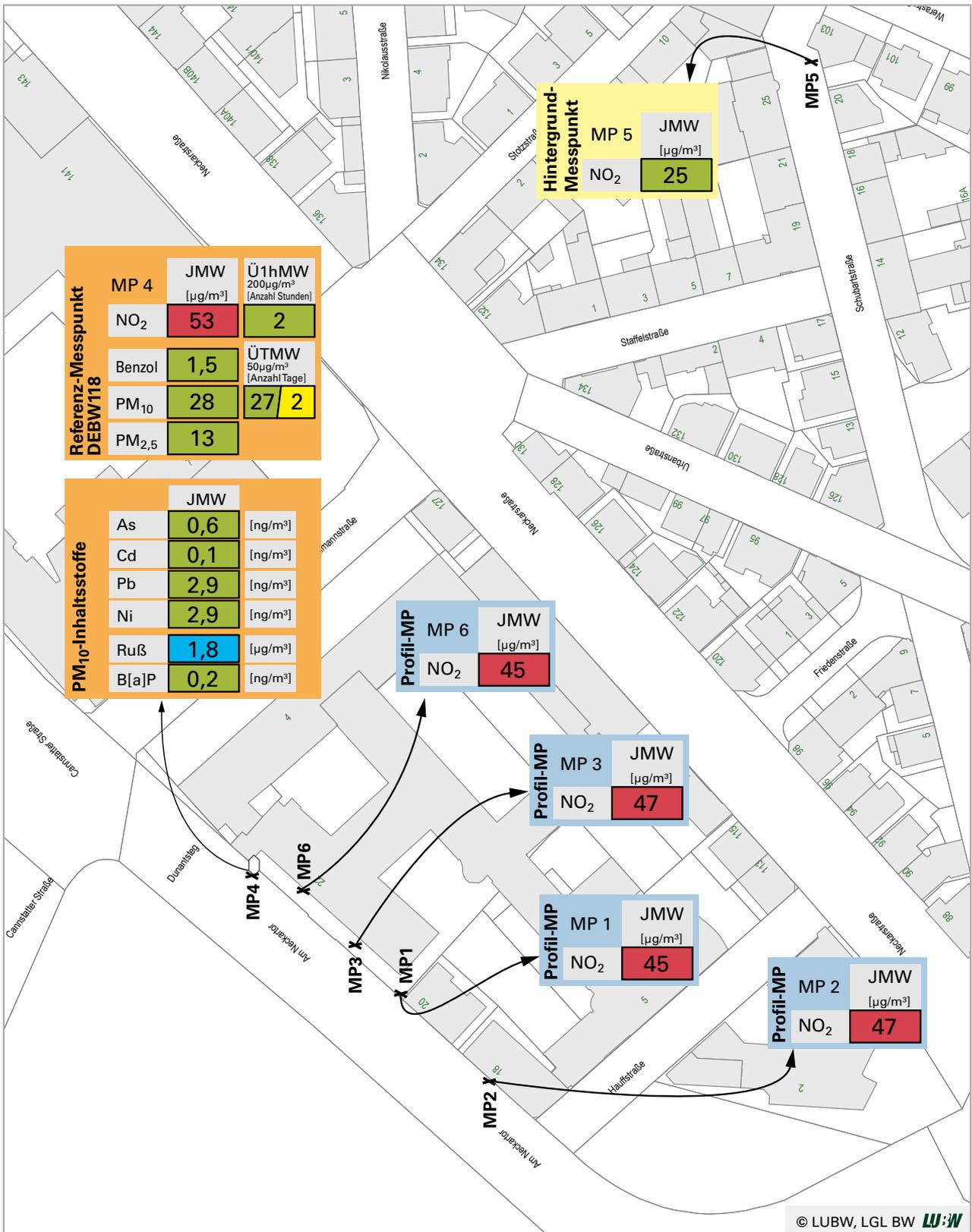
X NO₂-Passivsammler



Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.31: Ergebnisse 2019 – Messstelle Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße



Referenz-Messpunkt DEBW118			
MP 4	JMW	Ü1hMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Anzahl Stunden]
NO ₂	53	2	
Benzol	1,5	ÜTMW	
		50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Anzahl Tage]
PM ₁₀	28	27	2
PM _{2,5}	13		

PM ₁₀ -Inhaltsstoffe		
	JMW	
As	0,6	[ng/m ³]
Cd	0,1	[ng/m ³]
Pb	2,9	[ng/m ³]
Ni	2,9	[ng/m ³]
Ruß	1,8	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
B[a]P	0,2	[ng/m ³]

Hintergrund-Messpunkt		
MP 5	JMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
NO ₂	25	

Profil-MP		
MP 6	JMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
NO ₂	45	

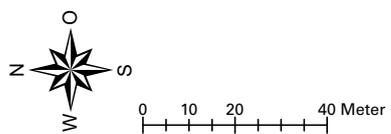
Profil-MP		
MP 3	JMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
NO ₂	47	

Profil-MP		
MP 1	JMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
NO ₂	45	

Profil-MP		
MP 2	JMW	
	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
NO ₂	47	

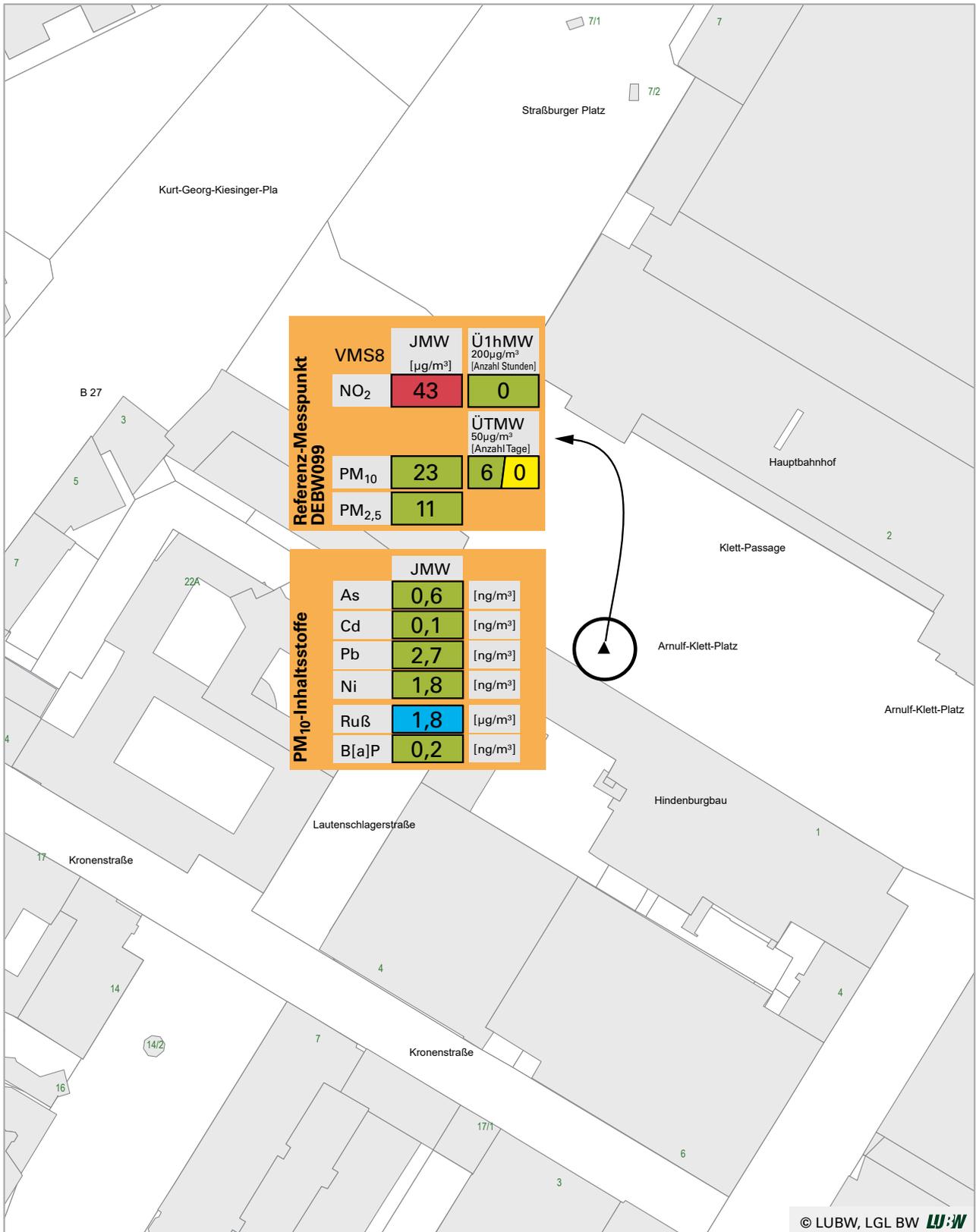
X NO₂-Benzol-Passivsammler
 O NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, SM, Ruß, B[a]P, PM_{2,5}

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



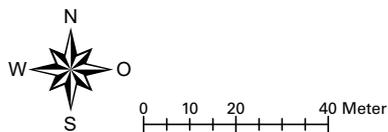
Stuttgart Am Neckartor
 ■ Grenzwert / Zielwert überschritten
 ■ Grenzwert / Zielwert eingehalten
 ■ kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
 ■ davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.32: Ergebnisse 2019 – Messstelle Stuttgart Am Neckartor



▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, SM, Ruß, B[a]P, PM_{2,5}

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Stuttgart Arnulf-Klett-Platz

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

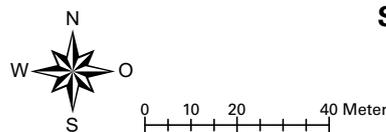
Abbildung 5.33: Ergebnisse 2019 – Messstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz



© LUBW, LGL BW **LU:W**

☒ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀

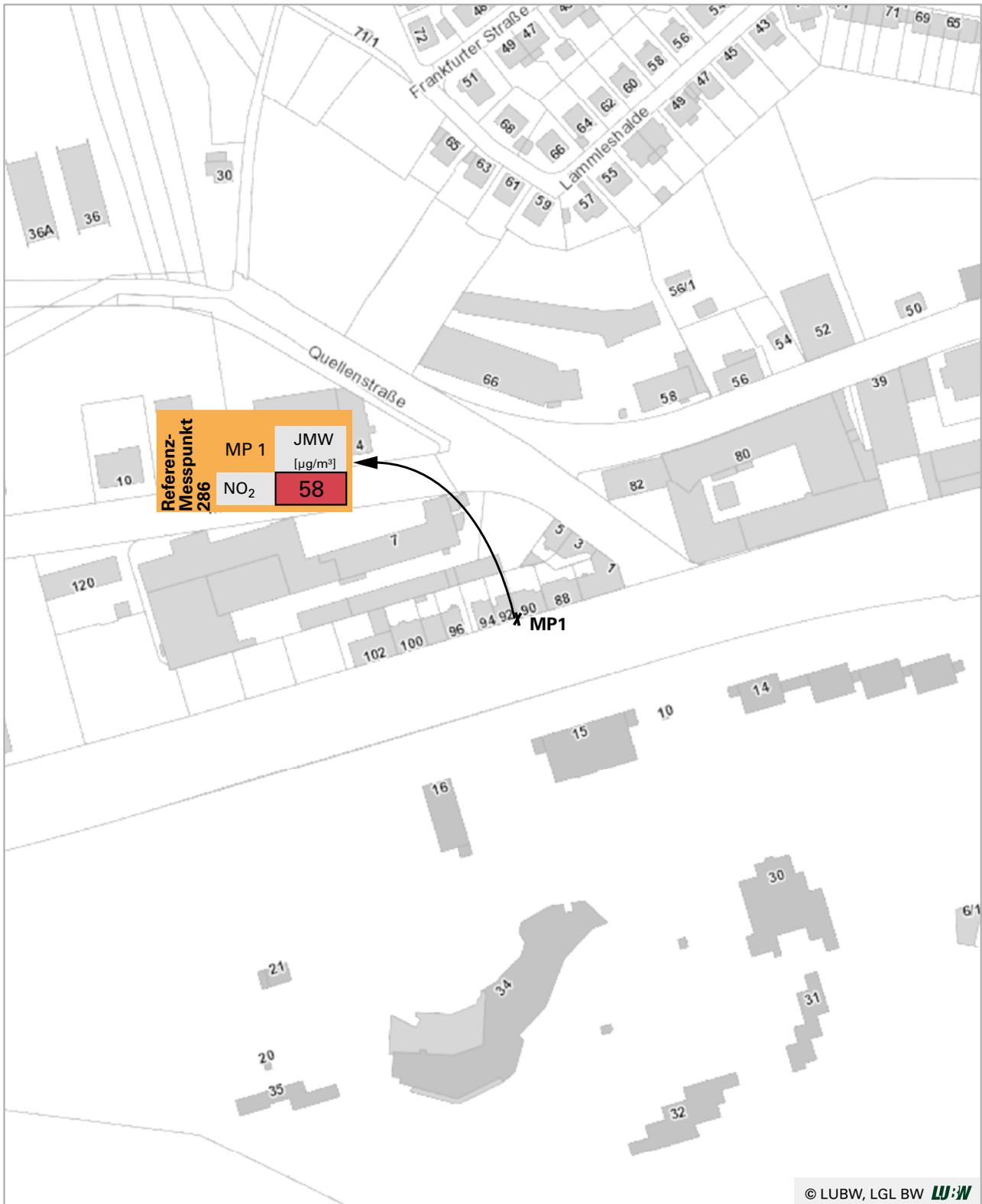
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



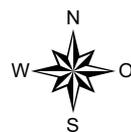
Stuttgart Hohenheimer Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.34: Ergebnisse 2019 – Messstelle Stuttgart Hohenheimer Straße



X NO₂-Passivsammler



0 25 50 100 Meter

Stuttgart Pragstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.35: Ergebnisse 2019 – Messstelle Stuttgart Pragstraße



X NO₂-Passivsammler

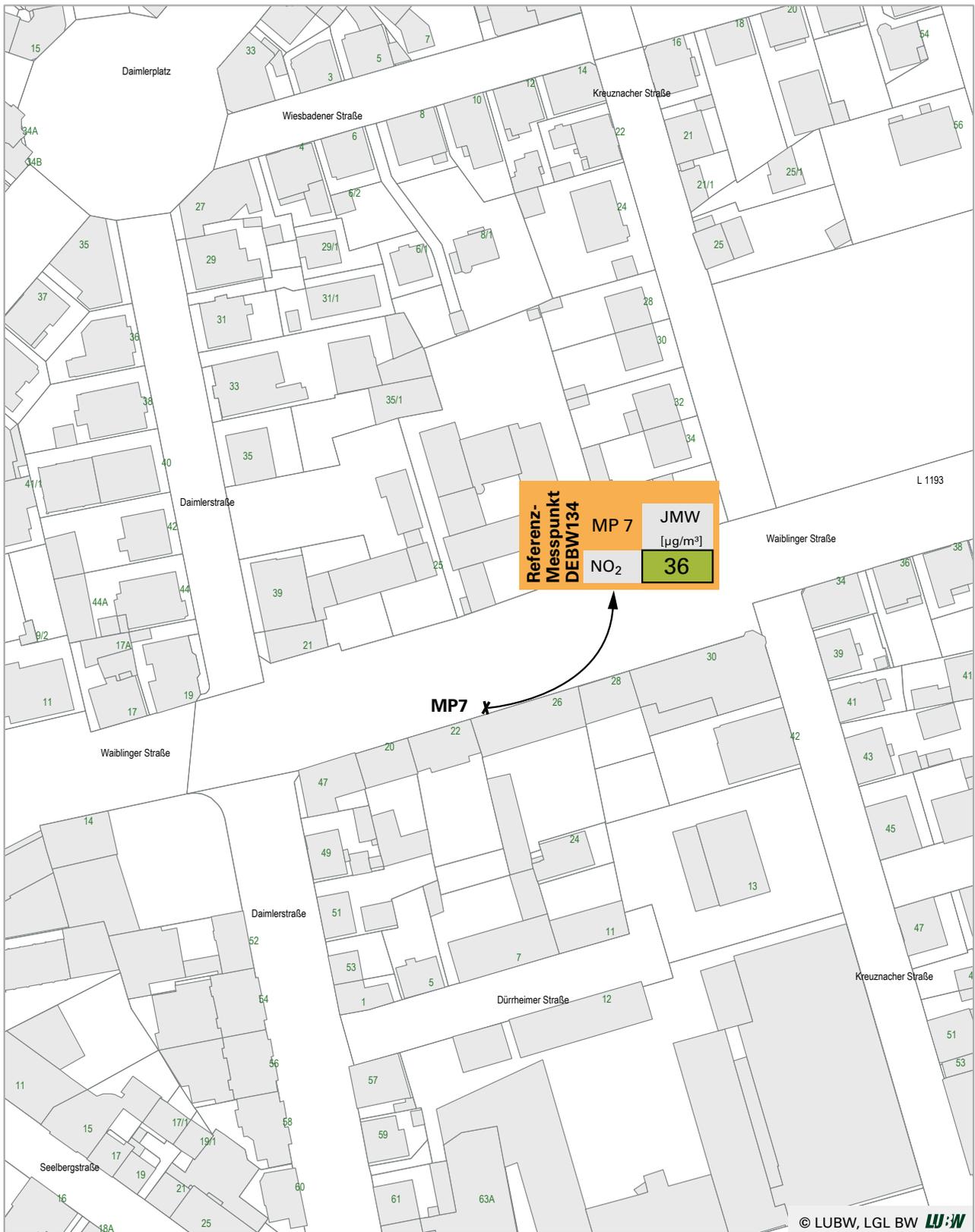


0 25 50 100 Meter

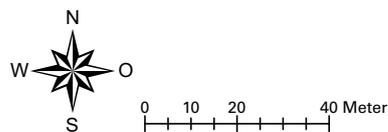
Stuttgart Talstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.36: Ergebnisse 2019 – Messstelle Stuttgart Talstraße



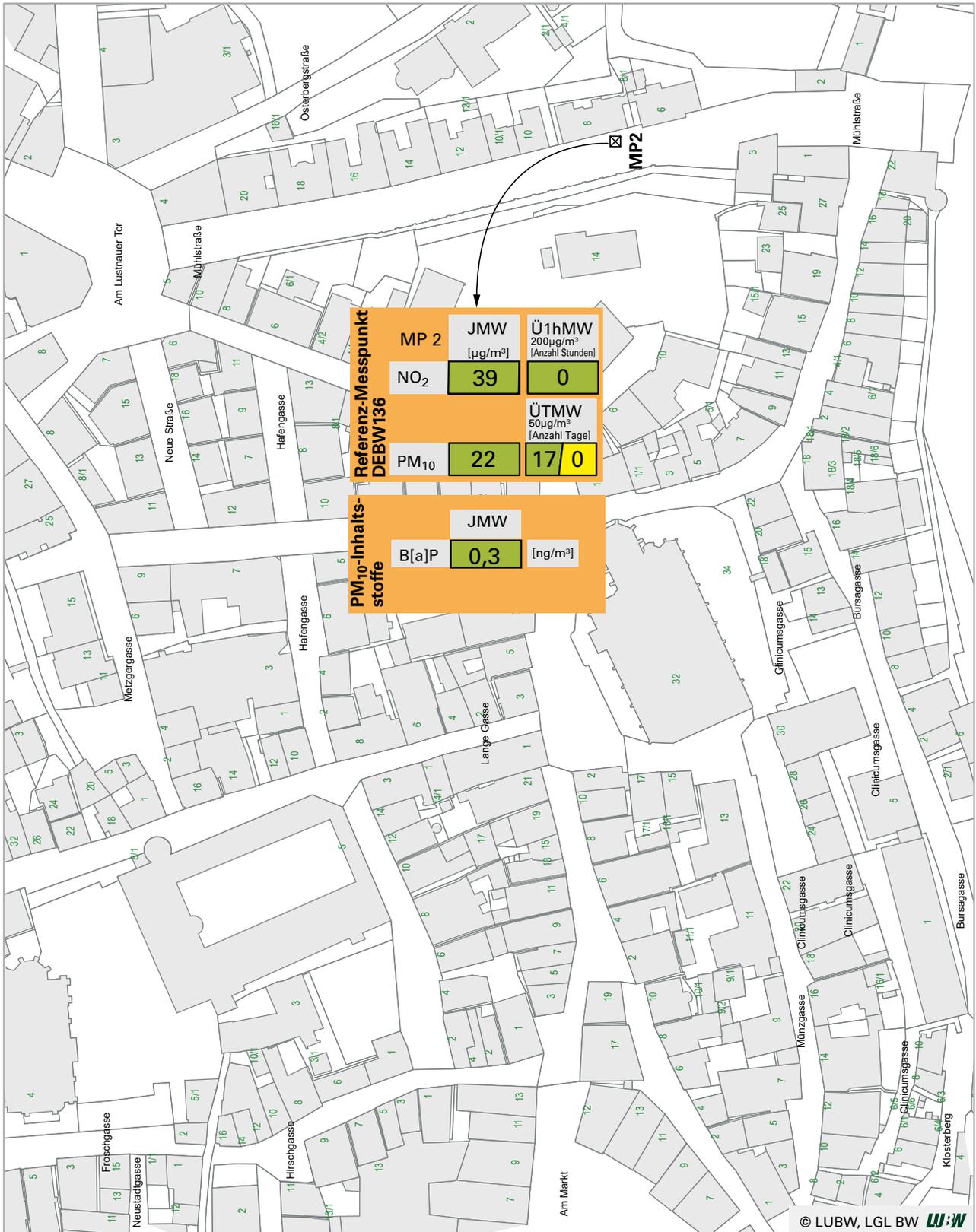
X NO₂-Passivsammler



Stuttgart Waiblinger Straße

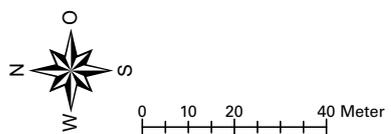
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.37: Ergebnisse 2019 – Messstelle Stuttgart Waiblinger Straße



☒ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, B[a]P

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Tübingen Mülstraße

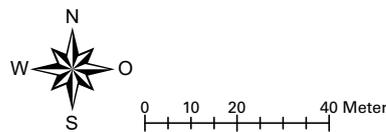
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Abbildung 5.38: Ergebnisse 2019 – Messstelle Tübingen Mülstraße



© LUBW, LGL BW **LU:W**

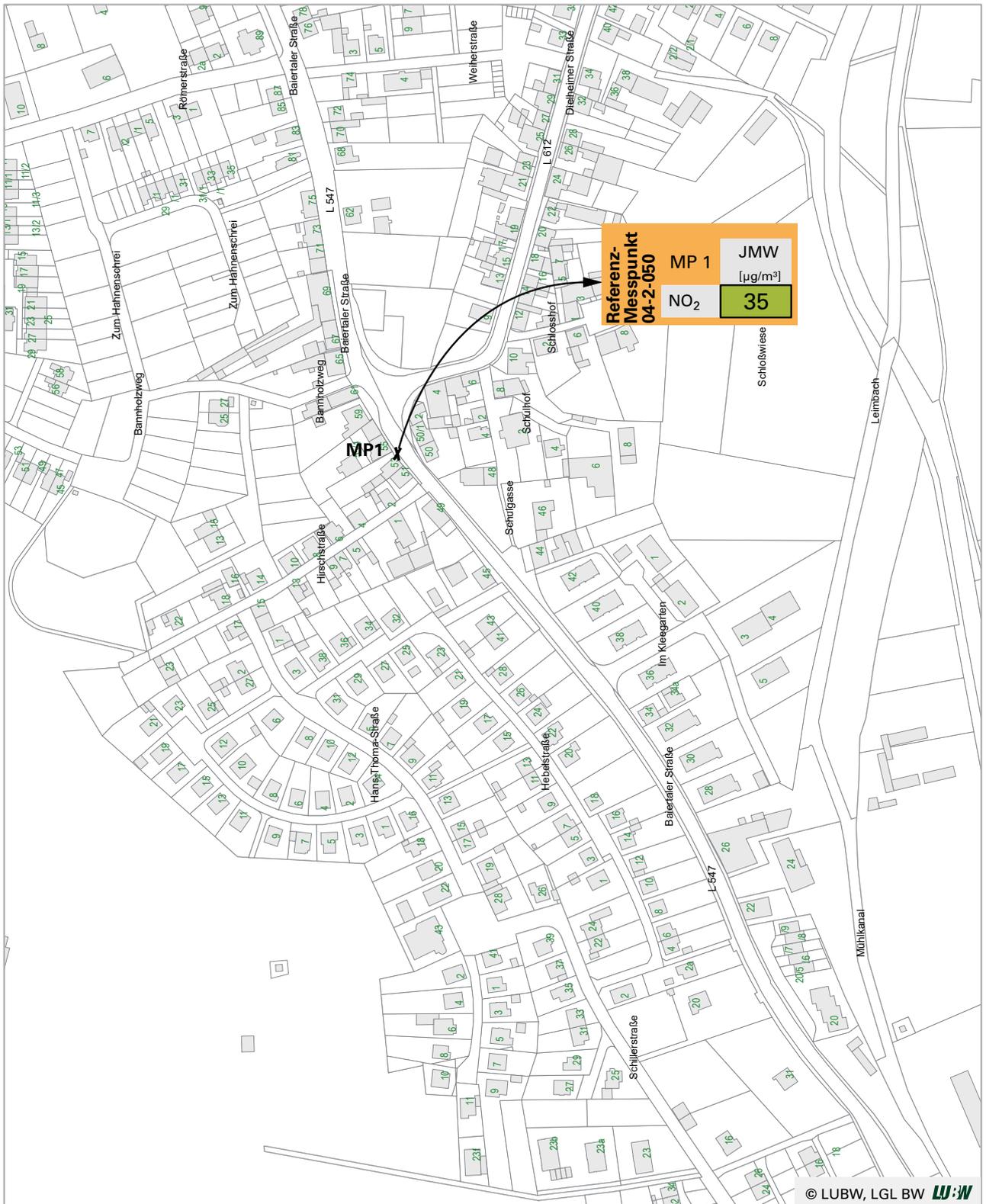
X NO₂-Passivsammler



Ulm Zinglerstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.39: Ergebnisse 2019 – Messstelle Ulm Zinglerstraße



Referenz-Messpunkt 04-2-050	
MP 1	JMW [µg/m³]
NO ₂	35

✕ NO₂-Passivsammler



0 20 40 80 Meter

Wiesloch Baiertaler Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.40: Ergebnisse 2019 – Messstelle Wiesloch Baiertaler Straße

5.5 Quellenverzeichnis

- BImSchG
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I, S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I, S. 432), in Kraft getreten am 12. April 2019
39. BImSchV (2010)
Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmenge – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I, S. 1222, 1231), in Kraft getreten am 31. Juli 2018
- DWD (2019)
Deutschlandwetter im Jahr 2019; Pressemitteilung vom 30. Dezember 2019
- EPA (2014)
EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide, Zugriff unter: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/pmf_5.0_user_guide.pdf
- EU (2008)
Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa, zuletzt geändert am 28. August 2015
- KBA (2020)
Wirksamkeit von Software-Updates zur Reduzierung von Stickoxiden bei Dieselmotoren, Kraftfahrt-Bundesamt, Stand 10.01.2020
- LUBW (2006)
Spotmessungen ab dem Jahr 2007 – Voruntersuchungen 2006, <https://pd.lubw.de/51510>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, August 2006
- LUBW (2015)
Spotmessungen ab dem Jahr 2016 – Aktualisierung der Prioritätenliste, <https://pd.lubw.de/38494>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Dezember 2015
- LUBW (2018)
Sekundäre Bildung von Partikeln PM₁₀ und Stickstoffdioxid – Einfluss auf die Immissionsbelastung in Stuttgart in den Jahren 2015 und 2016, <https://pd.lubw.de/24829>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Juni 2018
- LUBW (2020a)
Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) – Aktualisierung für das Jahr 2020, <https://pd.lubw.de/10100>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Januar 2020
- LUBW (2020b)
Verkehrsnaher Sondermessungen 2019 in Baden-Württemberg – Abschlussbericht, <https://pd.lubw.de/10105>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, April 2020
- LUBW (2020c)
Beiträge von Streusalz und natürlichen Quellen zu den Partikel PM₁₀-Immissionen in Baden-Württemberg – Kurzbericht für das Jahr 2019, <https://pd.lubw.de/10109>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Mai 2020
- LUBW (2020d)
Messungen von Feinstaub und Staubinhaltsstoffen in ausgewählten Schwarzwaldtälern – Ergebnisse der Messungen 2019, <https://pd.lubw.de/10124>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Januar 2020
- SCHWARZ et al. (2019)
Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen im Raum Stuttgart anhand von Inhaltsstoffanalysen und Positivmatrix-Faktorisierung (PMF), Immissionsschutz 03.19, S. 127-132
- SCHWARZ (2019)
Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen im Raum Stuttgart anhand von Inhaltsstoffanalysen und Positivmatrix-Faktorisierung (PMF), Masterarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Professur für Umweltmeteorologie, Januar 2019
- TA LUFT
Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. S. 511), in Kraft getreten am 1. Oktober 2002
- UBA (2019)
Handbuch „Luftqualitätsdaten- und Informationsaustausch in Deutschland“, Version V 5, Umweltbundesamt April 2019
- UMEG (2004)
Spotmessungen gemäß der 22. BImSchV in Baden-Württemberg – Voruntersuchungen 2003, <https://pd.lubw.de/14020>, UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg, Juli 2004

5.6 Glossar

Abkürzungen

39. BImSchV	39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen)
Az1h>180	Anzahl 1-Stundenmittelwerte > 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Az1h>200	Anzahl 1-Stundenmittelwerte > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
AzT>50	Anzahl Tagesmittelwerte > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
AzT8h>120	Anzahl Tage > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
DEBW _{xxx}	Stationscode (DE: Deutschland, BW: Baden-Württemberg)
DEPO	Depositionsmessstelle
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
DWD	Deutscher Wetterdienst
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltschutzbehörde der USA)
JMW	Jahresmittelwert
Kfz	Kraftfahrzeug
L	Messstation im ländlichen Hintergrund
Lkw	Lastkraftwagen
LQIBW	Luftqualitätsindex Baden-Württemberg
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MAK	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
Max1h	Höchster 1-Stundenmittelwert
Max8h	Höchster 8-Stundenmittelwert
MaxTMW	Höchster Tagesmittelwert
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit
MEZ	Mitteuropäische Zeit („Winterzeit“)
MP	Messpunkt
MW	Mittelwert
Pkw	Personenkraftwagen
PMF	Positivmatrix-Faktorisierung
PMP	Profilmesspunkt
S	Messstation im städtischen Hintergrund
SA	Sekundäre Aerosole bzw. sekundäre Aerosolpartikel
SM	Schwermetalle (hier: Blei, Arsen, Kadmium, Nickel)
SPOT	Spotmessstelle
SWR	Südwestrundfunk
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TMW	Tagesmittelwert
ÜTMW	Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes
Ü1hMW	Anzahl der Überschreitungen des 1-Stundenmittelwertes
V	verkehrsnahe Messstation, Verkehrsmessstation
WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. World Health Organization)

Begriffe

Aerodynamischer Durchmesser

Der aerodynamische Durchmesser ist eine abstrakte Größe zur Beschreibung des Verhaltens eines gasgetragenen Partikels (zum Beispiel eines in der Luft schwebenden Staubteilchens). Der aerodynamische Durchmesser eines Partikels entspricht dem Durchmesser einer Kugel mit der Dichte 1 g/cm^3 , welche die gleiche Sinkgeschwindigkeit in Luft wie der Partikel hat.

Alarmschwelle

Wert, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit der Gesamtbevölkerung besteht und unverzüglich Maßnahmen ergriffen werden müssen.

AOT40

AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) ist die über einen vorgegebenen Zeitraum (1. Mai bis 31. Juli) summierte Differenz zwischen Ozonwerten über $80 \mu\text{g}$ und $80 \mu\text{g}$ (= 40 ppb) unter ausschließlicher Verwendung der täglichen 1-Stundenmittelwerte zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Zeit.

AOT40Schätzwert

Liegen nicht alle möglichen Messdaten vor, so werden die AOT40-Werte anhand folgenden Faktors berechnet:

$$\text{AOT40}_{\text{Schätzwert}} = \frac{\text{AOT40}_{\text{Messwert}} \times \text{mögliche Gesamtstundenzahl}}{\text{Zahl der gemessenen Stundenwerte}}$$

Mögliche Gesamtstundenzahl: Stundenzahl innerhalb der Zeitspanne der AOT40-Definition, d. h. 8:00 Uhr bis 20:00 Uhr MEZ vom 1. Mai bis zum 31. Juli (1104 Stunden)

Eutrophierung

Anreicherung von Nährstoffen in einem Ökosystem (= Nährstoffeintrag)

Immissionsgrenzwert

Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern, und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf.

Informationsschwelle

Wert für Ozon in der Luft, bei dessen Überschreitung bereits bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit insbesondere empfindlicher Bevölkerungsgruppen besteht und bei dem unverzüglich geeignete Informationen erforderlich sind.

Kritischer Wert

Wert, dessen Überschreitung aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, sonstige Pflanzen oder natürliche Ökosysteme, aber nicht für den Menschen erwarten lässt.

Zielwert

Wert, der dahingehend festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern, und nach Möglichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss.

Einheiten

°C	Grad Celcius
h	Stunde
kg/(ha a)	Kilogramm pro Hektar und Jahr
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter (0,001 g/m ³)
mg/(m ² d)	Milligramm pro Quadratmeter und Tag
mm	Millimeter (0,001 m)
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter (0,000001 g/m ³)
µg/(m ² d)	Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag
ng/m ³	Nanogramm pro Kubikmeter (0,000000001 g/m ³)
ppb	parts per billion (deutsch: ein Teil auf eine Milliarde Teile, dimensionslose Größe) (0,0000001 %)
ppm	parts per million (deutsch: ein Teil auf eine Million Teile, dimensionslose Größe) (0,0001 %)

Schadstoffe / Elementsymbole / chemische Formeln

As	Arsen
B[a]P	Benzo[a]pyren (C ₂₀ H ₁₂)
Cd	Kadmium
CO	Kohlenmonoxid
Cr	Chrom
EC	Elementarer Kohlenstoff („Ruß“)
NH ₃	Ammoniak
Ni	Nickel
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
O ₃	Ozon
OC	Organischer Kohlenstoff
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PM ₁₀	Partikel, die einen gröfenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.
PM _{2,5}	Partikel, die einen gröfenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.
PM _{0,1}	Partikel, die einen gröfenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 0,1 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.
Sb	Antimon
SO ₂	Schwefeldioxid
VOC	flüchtige organische Verbindungen (engl. volatile organic compounds)

