

Luftqualität in Baden-Württemberg

 Auswertung der Jahresdaten 2020



Baden-Württemberg

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 76231 Karlsruhe, Postfach 10 01 63, poststelle@lubw.bwl.de www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz
DATENGRUNDLAGE	Referat 62 – Betrieb Messnetze, Zentrale Logistik Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz
BERICHTSUMFANG	124 Seiten
BEZUG	https://pd.lubw.de/10334
STAND	Dezember 2021
ZITIERVORSCHLAG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2021): Luftqualität in Baden-Württemberg, Karlsruhe

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



ZUSAMMENFASSUNG		5
1	ÜBERWACHUNG DER LUFTQUALITÄT IN BADEN-WÜRTTEMBERG	7
1.1	Messnetze	7
1.1.1	Luftmessnetz	7
1.1.2	Spotmessungen	7
1.1.3	Sondermessungen	10
1.1.4	Depositionsmessnetz	11
1.2	Rechtliche Grundlagen und Beurteilungswerte	13
1.3	Ermittlung und Bewertung der Jahreskenngrößen	13
1.4	Vorgehen zur Überprüfung der räumlichen Repräsentativität	15
1.5	Veröffentlichung der Immissionsdaten	15
2	JAHRESKENNGRÖSSEN UND BEURTEILUNG DER LUFTQUALITÄT 2020	16
2.1	Meteorologie	24
2.2	Luftqualitätsindex für Baden-Württemberg (LQI _{BW})	27
2.3	Stickstoffdioxid	30
2.3.1	Räumliche Verteilung von NO ₂ an den verkehrsnahen Messstellen	30
2.3.2	Ergebnisse der NO ₂ -Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen	31
2.3.3	Ergebnisse der NO ₂ -Messungen der Sondermessungen	33
2.4	Partikel PM ₁₀	34
2.5	Partikel PM _{2,5}	35
2.6	Ozon	38
2.7	Schwefeldioxid	41
2.8	Ammoniak	41
2.9	Kohlenmonoxid	43
2.10	Benzol	43
2.11	Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM ₁₀	43
2.12	Schwermetalle in der Partikelfraktion PM ₁₀	44
2.13	Ruß in der Partikelfraktion PM ₁₀	44
2.14	Schadstoffdepositionen	45
2.15	Luftschadstoffbelastung in Deutschland	46
3	ENTWICKLUNG DER LUFTQUALITÄT UND DER DEPOSITIONEN	48
4	ERGEBNISSE WEITERER MESSUNGEN UND UNTERSUCHUNGEN	58
4.1	Quecksilber-Messungen	58
4.2	Untersuchungen zur Zusammensetzung und zu den Quellen von Feinstaub mittels Massenschließung und Positivmatrix-Faktorisierung (PMF)	59
4.2.1	Einleitung	59
4.2.2	Analytik	59
4.2.3	Massenschließung	60
4.2.4	Positivmatrix-Faktorisierung	61
4.3	Auswirkungen des Corona-Lockdowns auf die NO ₂ -Konzentrationen	66
4.3.1	Einleitung	66
4.3.2	Methodik	67
4.3.3	Ergebnisse	68
4.4	Höhenprofilmessungen für Stickstoffdioxid	69

5	ANHANG	72
5.1	Relevante Luftschadstoffe	72
5.2	Messverfahren	75
5.3	Stammdaten und Messumfang der Messstandorte in Baden-Württemberg 2020	77
5.4	Kartendarstellungen	83
5.5	Quellenverzeichnis	119
5.6	Glossar	121

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 verkehrsnaher Luftbelastung 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 2020 zusammengestellt. Des Weiteren erfolgt eine Darstellung der Messergebnisse an den Spotmessstellen sowie weiterer im Jahr 2020 durchgeführter Sondermessungen und Untersuchungen.

Im Jahr 2020 hat sich die Luftqualität in Baden-Württemberg weiter deutlich verbessert. Der zulässige Jahresgrenzwert der 39. BImSchV von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für **Stickstoffdioxid** wurde fast flächendeckend im gesamten Land eingehalten und nur noch in Stuttgart an der Prag- und der Talstraße und in Ludwigsburg an der Schlossstraße auf einzelnen Straßenabschnitten überschritten. Damit wird der Jahresgrenzwert für Stickstoffdioxid nun auch in Heilbronn, Mannheim und Reutlingen sowie an der über Jahre hinweg höchst belasteten Messstelle Stuttgart Am Neckartor eingehalten.

Neben den straßennahen Maßnahmen, wie Geschwindigkeitsbeschränkungen, streckenbezogenen Verkehrsverbote für Euro-5-Diesel-Pkw, dem lokalen Einsatz von Filtersäulen, dem Ausbau des öffentlichen Verkehrs und der Fahrzeugflottenmodernisierung, ist der besonders starke Rückgang der Stickstoffdioxidkonzentrationen im Jahr 2020 auch auf den Rückgang des Verkehrs in Folge der Corona-Lockdowns zurückzuführen. In Baden-Württemberg war gegenüber dem Jahr 2019 rund 16 % weniger Verkehr festzustellen, bei den schweren Nutzfahrzeugen fiel der Rückgang insbesondere außerorts mit rund 4,1 % auf Autobahnen und mit 7 % auf Bundes- und Landstraßen geringer aus.

Auch bei **Partikel PM₁₀** und **Partikel PM_{2,5}** gingen die Belastungen im Jahresmittel weiter leicht zurück. Im Mittel um 7 % bzw. $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Feinstaubbelastung durch Partikel PM₁₀ und um 14 % bzw. $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Partikel PM_{2,5}. Die Immissionsgrenzwerte für Partikel wurden das 3. Jahr in Folge an allen Messstellen in Baden-Württemberg eingehalten.

Eine große Rolle bei der festgestellten Luftbelastung spielen auch die übers Jahr herrschenden meteorologischen Bedingungen, insbesondere für die Ozonbelastung. Obwohl das Jahr 2020 das zweitwärmste und zweitsonnigste Jahr in Baden-Württemberg seit den Wetteraufzeichnungen und bzgl. der Niederschlagstätigkeit vergleichbar mit dem durch größere Trockenheit geprägten Jahr 2018 ist, wurde ein Rückgang der Ozonspitzenkonzentrationen festgestellt. Die im Sommer 2020 warmen Wetterlagen führten nur an sechs Tagen im Juli und August an wenigen Messstationen zu Überschreitungen des Informationsschwellenwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon (1-Stundenmittelwert). Im Vergleich zum

Vorjahr 2019 ist dies ein Rückgang um mehr als 80 % bei den Ozon-Überschreitungen. Dieser Rückgang ist auch auf den Rückgang der Ozonvorläufersubstanzen u. a. durch die Corona-Pandemie zurückzuführen.

Insgesamt war die Luftqualität im Jahr 2020 in Baden-Württemberg sehr gut. Dies zeigt auch der Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) als tagesaktueller Indikator der Luftbelastung. Meteorologisch bedingt traten Inversionswetterlagen mit hohen Feinstaubwerten Ende Januar 2020 auf. Ende März bis April führten Hochdruckwetterlagen zu austauscharmen Witterungsbedingungen und damit phasenweise zu erhöhten Schadstoffkonzentrationen trotz deutlichem Rückgang der Verkehrszahlen aufgrund der Corona-Lockdowns. Im November führte der Eintrag von Saharastaub vereinzelt zu einer „schlechten“ Luftqualität an den ländlichen Hintergrundmessstationen.

Für alle anderen Luftschadstoffe liegen die im Jahr 2020 gemessenen Konzentrationen auf vergleichbarem Niveau zu 2019. 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 ng/m³ (Jahresmittelwert) ebenfalls an allen Messstellen eingehalten. Der im Jahr 2020 höchste gemessene Jahresmittelwert mit 0,5 ng/m³ trat an der verkehrsnahen Messstelle Pfnitztal Karlsruher 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 1,5 µg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 1,9 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor).

Zusätzlich zur Darstellung der Kenngrößen relevanter Luftschadstoffe für das Jahr 2020, werden im Kapitel 4 Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen zusammengefasst. Hier finden sich u. a. Auswertungen der Ergebnisse von Quecksilbermessungen, weiterführende Auswertungen von Staubinhaltsstoffen mit der Positivmatrix-Faktorisierung (PMF) zur Identifizierung und Quantifizierung von Feinstaubquellen sowie Untersuchungsergebnisse zum Einfluss auf die Schadstoffbelastung der durch die Corona-Pandemie bedingten Lockdowns 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 2020 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 (zum Beispiel Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon; siehe auch Anhang 5.1). Zusätzlich werden an den Messstationen des Luftmessnetzes auch meteorologische Parameter (zum Beispiel Windgeschwindigkeit, Temperatur und Luftdruck) gemessen, die für die Ausbreitung von Luftverunreinigungen und damit für die Beurteilung der Luftqualität relevant sind.

Die Messstationen des Luftmessnetzes sowie die Spotsmessstellen in Baden-Württemberg (Kapitel 1.1.2) 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.

1.1.2 Spotsmessungen

Seit dem Jahr 2004 werden die Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes um weitere Messstellen an innerörtlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen und schlechten Ausbreitungsbedingungen ergänzt (sogenannte Spotsmessstellen). Im Gegensatz zum Luftmessnetz sind an den Spotsmessstellen (SPOT) nur zeitlich befristete Messungen vorgesehen (in der Regel bis zur Einhaltung der Grenzwerte; Spotsmessstellen in Umweltzonen werden auch bei Immissionsbelastungen unterhalb der Grenzwerte weiter betrieben, wenn es keine andere verkehrsnähe Messstelle in dieser Umweltzone gibt). An den meisten Spotsmessstellen werden nur die Konzentrationen weniger Komponenten (Stickstoffdioxid, Partikel PM₁₀) gemessen. Die Spotsmessungen genügen den Anforderungen der 39. BImSchV.

Mit der Etablierung der „verkehrsnahen Sondermessungen“ im Messjahr 2019 (siehe unten) wurde auch das Vorgehen bezüglich der Spotsmessungen grundlegend überarbeitet. Bis dahin beruhten die Spotsmessungen auf einer im Jahr 2003 erstellten [UMEG 2004] und in den Jahren 2006

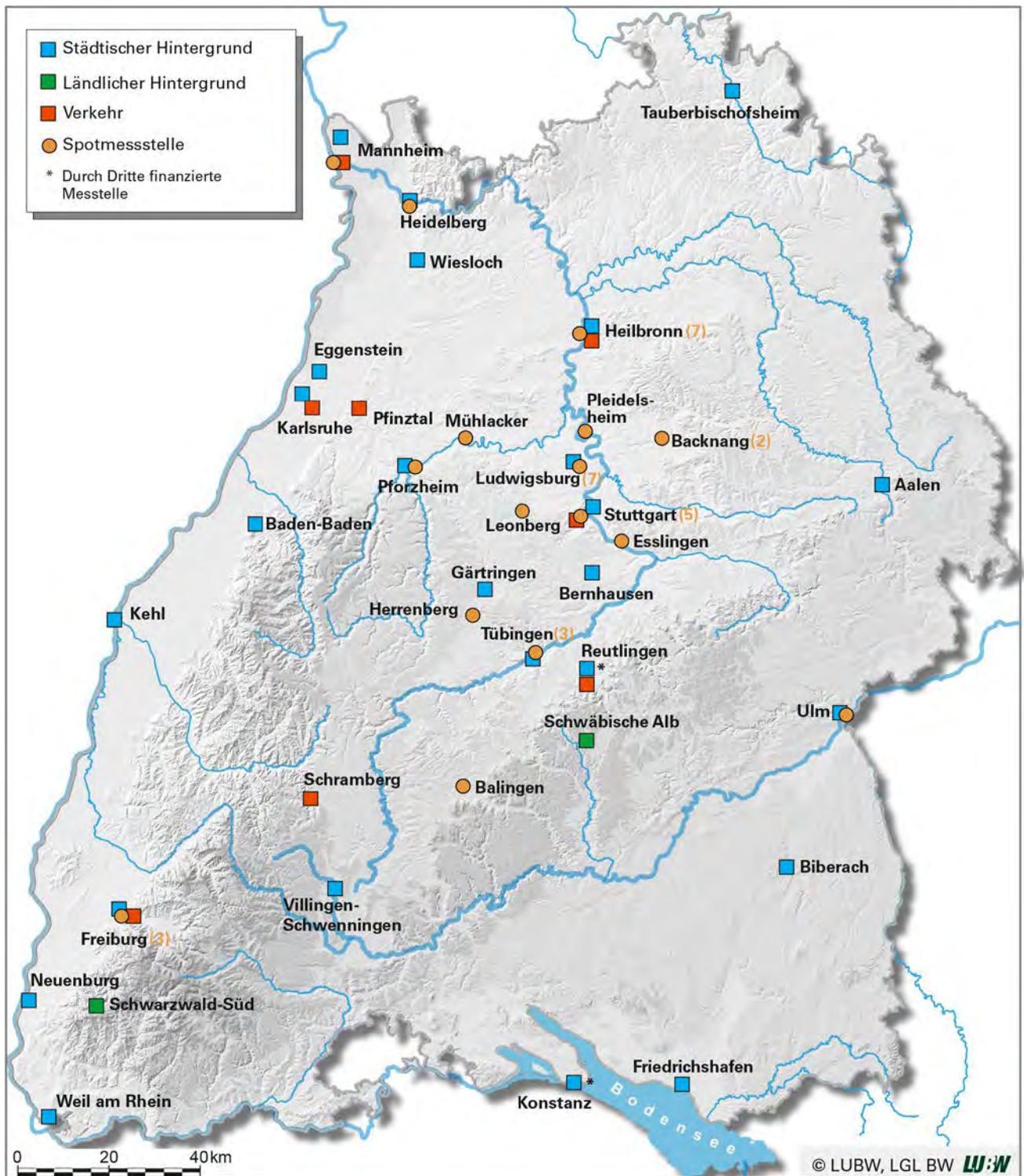


Abbildung 1.1: Lage der Messstationen des Luftmessnetzes und der Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

[LUBW 2006] und 2015 [LUBW 2015] überarbeiteten Prioritätenliste hoch belasteter, verkehrsnah gelegener Punkte („Spots“). Diese Prioritätenliste bildete die Basis für die Spotmessungen der Jahre 2004 bis 2018. Für das Messjahr 2019 wurden die Straßenabschnitte der Prioritätenliste vollumfänglich in die verkehrsnahen Sondermessungen [LUBW 2020b] überführt und in diesem Rahmen anhand objektiver Kriterien neu bewertet (siehe unten). Die verkehrsnahen Sondermessungen dienen seither der

Vorab-Prüfung neuer Spotmessstellen. Durch das geänderte, nun mehrstufige Verfahren können neue Messvorschläge schneller und systematischer in die Spotmessungen integriert werden.

Messstellen im Jahr 2020

Gegenüber dem Messjahr 2019 ergeben sich bei den Spotmessungen 2020 die in der Tabelle 1.1 dargestellten wesentlichen Änderungen. Stickstoffdioxid (NO₂) wurde

im Jahr 2020 an 37 Spotmessstellen und 8 Verkehrsmessstationen und Partikel PM₁₀ an 3 Spotmessstellen und 8 Verkehrsmessstationen erfasst. An einigen ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen wurden darüber hinaus Messungen von Partikeln PM_{2,5}, Benzol sowie Blei, Arsen, Kadmium, Nickel, Benzo[a]pyren und Ruß in der Partikelfraktion PM₁₀ durchgeführt.

Ergänzende Messungen in verschiedenen Stadtgebieten

Zusätzlich zu den festgelegten Spotmessstellen wurden im Jahr 2020 ergänzende Messungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen mit Passivsammlern an insgesamt 18 Messstellen in verschiedenen Stadtgebieten durchgeführt. Diese lagen in Backnang (1 Messstelle), Freiburg (3 Messstellen),

Tabelle 1.1: Änderungen der Spotmessungen im Jahr 2020 im Vergleich zu den Spotmessungen im Jahr 2019

Messstelle	Änderung		Komponenten	Grund
	Aufbau	Abbau		
Backnang Blumenstraße			NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Esslingen Grabbrunnenstraße		X	PM10, BaP	Grenzwerteinhaltung seit Beginn der Messungen 2016
Freiburg Eschholzstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Freiburg Kronenstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Freiburg Schlossbergring	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heidenheim Wilhelmstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 2. Mal in Folge
Heilbronn Frankenbacher Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Mannheimer Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Speyerer Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Südstraße 2	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Südstraße 33	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Wilhelmstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Heilbronn Wollhausstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Ilsfeld König-Wilhelm-Straße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 3. Mal in Folge
Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 2. Mal in Folge
Ludwigsburg Frankfurter Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Ludwigsburg Friedrichstraße		X	PM ₁₀	Grenzwerteinhaltung seit 2014
Ludwigsburg Friedrichstraße-Ost	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Ludwigsburg Keplerstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Ludwigsburg Schlossstraße	X		NO ₂	neue Spotmessstelle auf Wunsch des Regierungspräsidiums
Ludwigsburg Schorndorfer Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Ludwigsburg Stuttgarter Straße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Marbach Schillerstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 2. Mal in Folge
Markgröningen Grabenstraße		X	alle (NO ₂ , PM ₁₀)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 3. Mal in Folge
Öhringen Schillerstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019
Ravensburg Schussenstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019
Schwäbisch Gmünd Remsstraße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019 zum 3. Mal in Folge
Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße		X	alle (NO ₂)	Grenzwerteinhaltung 2019
Stuttgart Pragstraße	X		NO ₂	neue Spotmessstelle als Fortführung der Messungen im Rahmen der "Sondermessungen Stuttgart 2019"
Stuttgart Talstraße	X		NO ₂	neue Spotmessstelle als Fortführung der verkehrsnahen Sondermessungen 2019
Tübingen Am Stadtgraben	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*
Tübingen Keltnerstraße	X		NO ₂	ergänzende Messung im Stadtgebiet*

*keine Überprüfung der räumlichen Repräsentativität



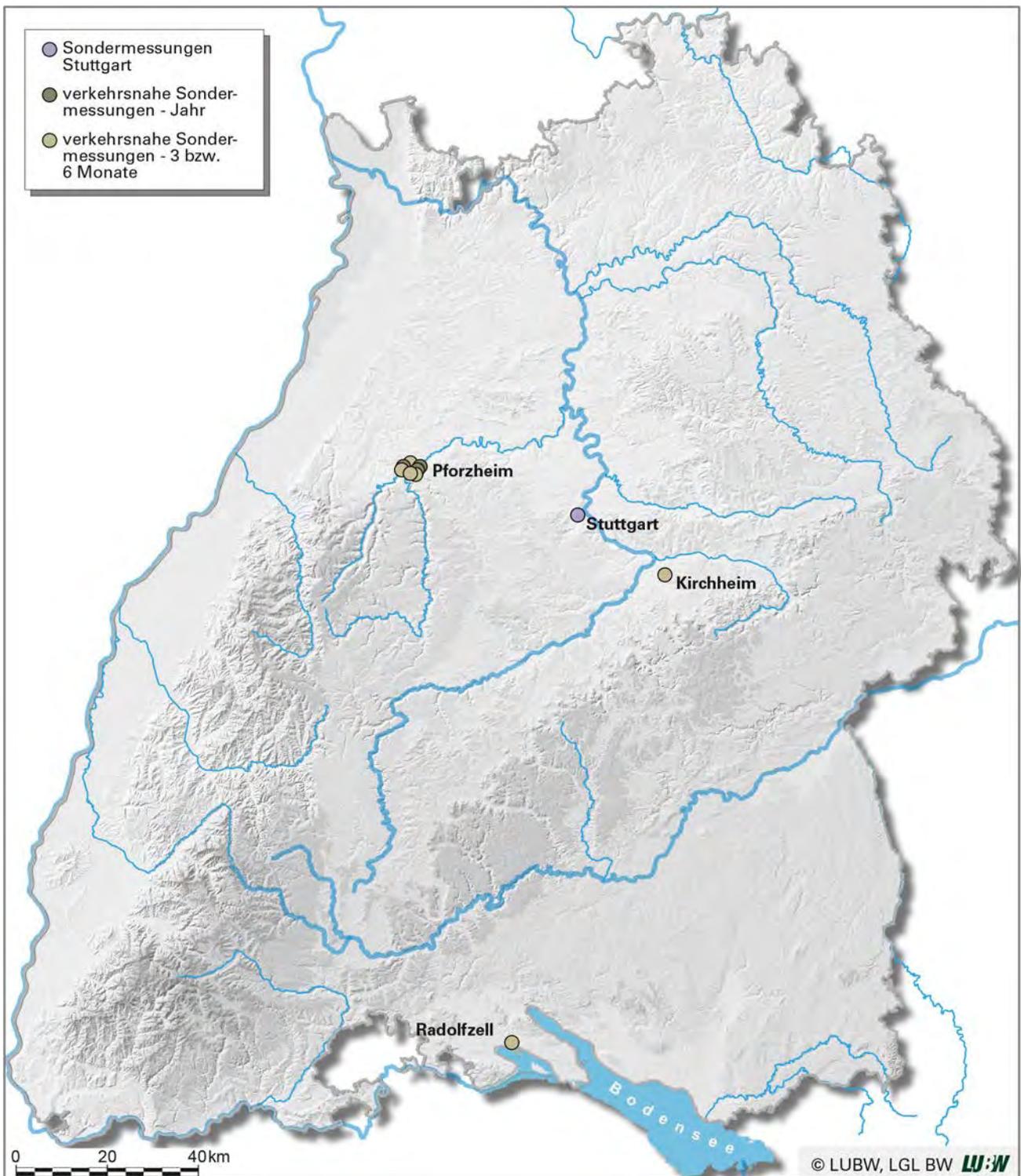


Abbildung 1.2: Lage der Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

Heilbronn (7 Messstellen), Ludwigsburg (5 Messstellen) und Tübingen (2 Messstellen). Unter anderem hatten Ergebnisse von Modellierungen mit Screeningmodellen, die den Regierungspräsidien vorlagen, zuvor nahegelegt, dass es in den entsprechenden Straßenabschnitten zu Überschreitungen des Jahresgrenzwertes für NO₂ kommen könnte. Die Messungen erfolgten für ein vollständiges Kalenderjahr ohne Überprüfung der räumlichen Repräsentativität (Kapitel 1.4).

1.1.3 Sondermessungen

In Ergänzung zu den Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen wurden im Jahr 2020 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 Messstellen 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 2020 erfolgten in der Hauptstätter Straße mit einem kontinuierlich messenden NO₂-Analysator.

Verkehrsnaher Sondermessungen

Bei den verkehrsnahen Sondermessungen werden Vorschläge für neue Messstandorte zunächst anhand objektiver Kriterien bewertet, um zu prüfen, ob eine rechtlich relevante Grenzwertüberschreitung zu erwarten ist. Die Prüfung erfolgt auf Basis der lokalen Verkehrsstärke, der lokalen Windgeschwindigkeit sowie dem Vorliegen von Wohnbebauung. Wenn eine Grenzwertüberschreitung auf Basis dieser Prüfung nicht sicher ausgeschlossen werden kann, erfolgt eine zunächst 3-monatige orientierende Messung der Konzentration von Stickstoffdioxid mit Passivsammlern. Bestätigen diese Messungen den Verdacht einer Grenzwertüberschreitung, werden die Messungen bis zum Jahresende fortgeführt. Zum Jahresende erfolgt entweder der Abbau der Messstelle, wenn sich die befürchtete Grenzwertüberschreitung nicht bewahrheitet hat, oder der Weiterbetrieb als Spotmessstelle im Folgejahr, gegebenenfalls ergänzt um Profilmessungen zur Prüfung der räumlichen Repräsentativität.

Für die verkehrsnahen Sondermessungen 2020 lagen der LUBW 32 Straßenabschnitte aus 17 Kommunen zur Prüfung vor. An 9 Straßenabschnitten wurden die objektiven Auswahlkriterien erfüllt und es konnten ab dem 01.01.2020 orientierende Messungen der NO₂-Konzentrationen durchgeführt werden. Nach 3 Monaten lagen die Belastungen an 4 Sondermessstellen deutlich unterhalb des Immissionsgrenzwertes für den Jahresmittelwert (40 µg/m³), so dass dort eine Grenzwertüberschreitung im Jahresmittel nicht zu erwarten war. Diese Messstellen wurden deshalb nicht weiter betrieben und werden im vorliegenden Bericht nicht weiter berücksichtigt. Von den verbleibenden 5 Sondermessstellen konnten zur Jahresmitte aus dem gleichen Grund zwei weitere Messstellen abgebaut werden, so dass 3 Messstellen bis zum Jahresende 2020 betrieben wurden. Die Messergebnisse dieser

Sondermessstellen werden im vorliegenden Bericht dargestellt. Eine der 3 Messstellen zeigte zum Jahresende eine Belastung so weit unterhalb des Grenzwertes, dass eine Grenzwertüberschreitung auch unter normalen Bedingungen (das heißt, ohne Einfluss des auf die Corona-Pandemie zurückzuführenden Verkehrsrückgangs) nicht zu erwarten war – diese Messstelle wurde deshalb zum Jahresende abgebaut. An den beiden Messstellen Pforzheim St.-Georgen-Steige und Pforzheim Luisenstraße lagen die über das Jahr gemittelten NO₂-Konzentrationen ebenfalls unterhalb des Immissionsgrenzwertes, unter Berücksichtigung der Corona-Pandemie war aber unsicher, ob dies auch unter normalen Bedingungen der Fall gewesen wäre. Diese beiden Messstellen werden deshalb sicherheitshalber im Folgejahr als Spotmessstellen weiterbetrieben. Weitere Informationen zu den verkehrsnahen Sondermessungen 2020 finden sich in [LUBW 2021a]. Die verkehrsnahen Sondermessungen sind ein dauerhaftes Angebot an die Bürger:innen und Kommunen in Baden-Württemberg.

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 (geänderte Messmethoden bzw. Fragestellungen) angepasst. Eine Neuausrichtung der Depositionsmessungen fand zuletzt im Jahr 2017 statt. Die 8 Standorte des Depositionsmessnetzes im Jahr 2020 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 2002] 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

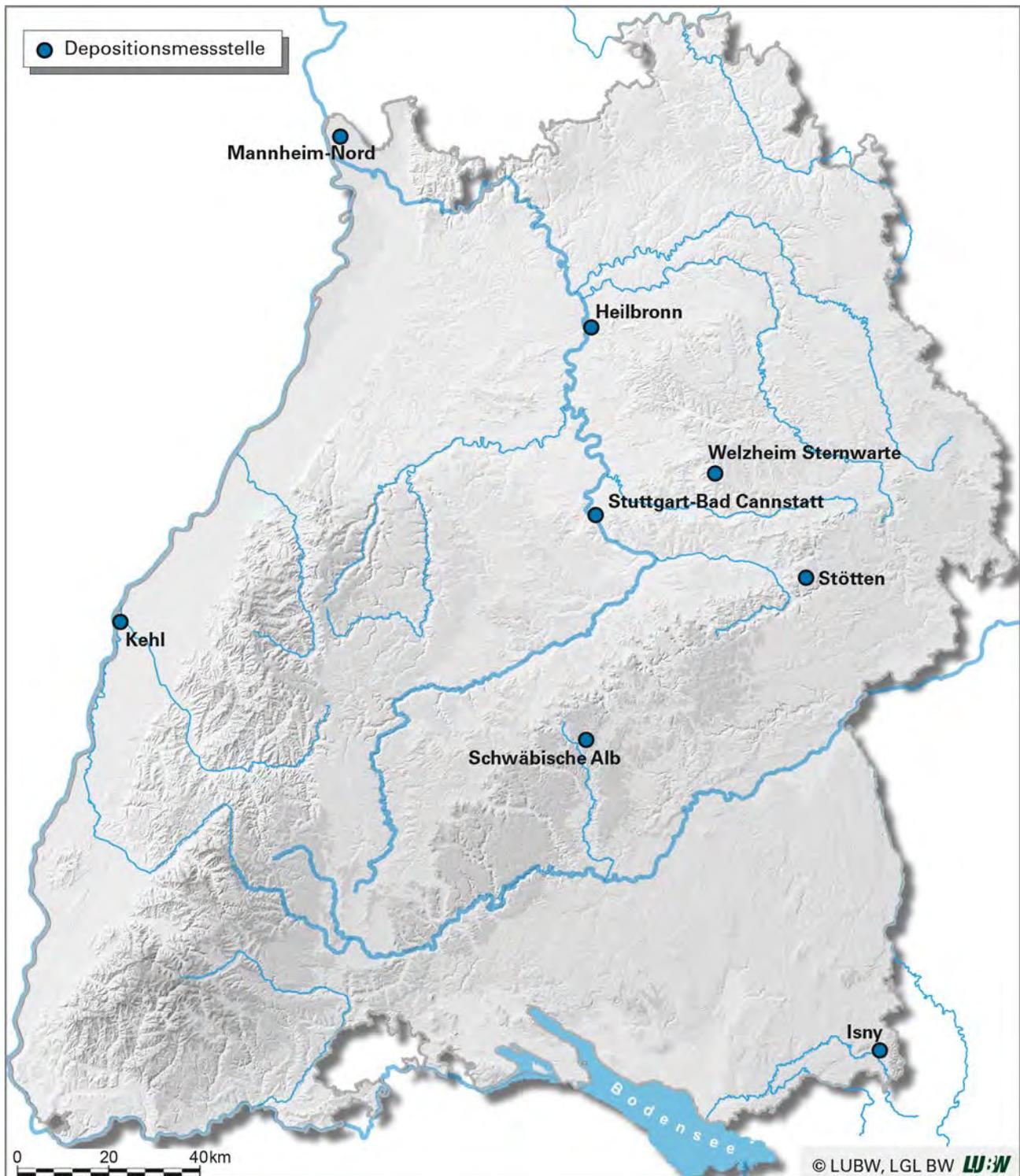


Abbildung 1.3: Lage der Messstellen des Depositionsmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2020

bisher über die Sonderfallprüfung nach Ziffer 4.8 der TA Luft geprüft. Seit 2019 kann zur Prüfung der „Stickstoffleitfaden BImSchG-Anlagen“ [LAI/LANA 2019] herangezogen werden. 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, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) [BImSchG 2002] 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 unter anderem 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 2002] 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.

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

Änderungen 2020

Seit dem Jahr 2020 werden an den Messstellen des städtischen und ländlichen Hintergrunds die Partikel PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen mit dem gravimetrischen Verfahren nicht mehr täglich, sondern zweitägig bestimmt. Die dadurch in den Zeitreihen der gravimetrischen Daten entstehenden Datenlücken werden mit Messwerten des kontinuierlichen Streulichtverfahrens aufgefüllt und zu einer hybriden Datenreihe zusammengeführt. Am Jahresende werden die Messwerte an Tagen, an denen sowohl gravimetrische als auch kontinuierliche Daten vorliegen stationsweise miteinander verglichen und ein Korrekturfaktor berechnet. Somit werden die Messwerte des kontinuierlichen Verfahrens korrigiert und an das gravimetrische Referenzverfahren angeglichen. Die veröffentlichten Partikel PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen an Messstellen des städtischen und ländlichen Hintergrunds beinhalten somit ab dem Jahr 2020 Messwerte aus dem gravimetrischen und kontinuierlichen Messverfahren.

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, und 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 2020 wird in Kapitel 2.3.1 ausführlich diskutiert. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Profilmesspunkte in den Kartenausschnitten im Anhang 5.4 dargestellt. An den verkehrsnahen Sondermessstellen werden keine Profilmessungen durchgeführt.

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)
- Fernsehtext des SWR ab Tafel 174

2 Jahreskenngrößen und Beurteilung der Luftqualität 2020

Aus den in Baden-Württemberg erhobenen Messergebnissen im Jahr 2020 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 2020.

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 2020 dargestellt.

Überschreitungen von Immissionsgrenz- bzw. Zielwerten sind in den oben genannten 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 2020

Messstelle	Stickstoffdioxid		Partikel PM ₁₀		Partikel PM _{2,5}		Ozon			Stations- typ
	JMW [µg/m ³]	Az1h>200	JMW [µg/m ³]	AzT>50	JMW [µg/m ³]	Max1h [µg/m ³]	AzT8h>120	Az1h>180	AOT40 [(µg/m ³)h]	
Aalen	20	0	12	2	–	159	34	0	20056	S
Backnang Blumenstraße*	30	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Backnang Eugen-Adolff-Straße*	36	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Baden-Baden	14	0	11	1	–	225	42	11	20333	S
Balingen Schömberger Straße*	23	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Bernhausen	20	0	15	4	–	169	35	0	18208	S
Biberach	14	0	12	2	–	157	25	0	16323	S
Eggenstein	17	0	15	2	–	181	38	1	17959	S
Esslingen Grabbrunnenstraße*	34	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Freiburg	14	0	12	1	7	172	43	0	19859	S
Freiburg Eschholzstraße*	22	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Freiburg Kronenstraße*	15	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Freiburg Schlossbergring*	26	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Freiburg Schwarzwaldstraße	30	0	14	1	8	–	–	–	–	V
Friedrichshafen	19	0	13	1	–	157	31	0	18116	S
Gärtringen	11	0	12	1	–	171	42	0	21061	S
Heidelberg	18	0	13	1	–	163	32	0	16619	S
Heidelberg Mittermaierstraße*	25	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn	21	0	16	3	9	176	32	0	16661	S
Heilbronn Frankenbacher Straße*	29	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn Mannheimer Straße*	28	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn Speyerer Straße*	22	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT

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]	
Heilbronn Südstraße 2*	23	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn Südstraße 33*	28	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	32	0	17	3	10	–	–	–	–	V
Heilbronn Wilhelmstraße*	26	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Heilbronn Wollhausstraße*	25	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Herrenberg Hindenburgstraße*	28	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	30	0	15	1	9	–	–	–	–	V
Karlsruhe-Nordwest	17	0	14	1	8	196	42	5	19260	S
Kehl	18	0	15	2	9	197	33	3	17342	S
Konstanz**	17	0	12	1	8	154	36	0	19073	S
Leonberg Grabenstraße	29	0	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg	19	0	14	3	–	182	38	1	19115	S
Ludwigsburg Frankfurter Straße*	28	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Friedrichstraße*	31 ¹⁾	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Friedrichstraße-Ost*	29	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Keplerstraße*	27	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Schlossstraße*	47	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Schorndorfer Straße*	23	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Ludwigsburg Stuttgarter Straße*	34	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim Friedrichsring	34	0	19	3	11	–	–	–	–	V
Mannheim Luisenring*	32	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim-Nord	20	0	15	2	9	198	39	9	18939	S
Mühlacker Stuttgarter Straße*	32	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Neuenburg	15	0	14	1	–	195	42	3	18646	S
Pfintal Karlsruher Straße	27	0	16	2	11	–	–	–	–	V
Pforzheim	23	0	16	1	9	173	25	0	14093	S
Pforzheim Jahnstraße*	27	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Pforzheim Luisenstraße*	38	–	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Pforzheim Parkstraße*	33	–	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Pforzheim St.-Georgen-Steige*	38	–	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Pleidelsheim Beihinger Straße*	32	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Reutlingen**	20	0	13	2	–	158	22	0	14624	S
Reutlingen Lederstraße-Ost	36	0	18	6	10	–	–	–	–	V
Schramberg Oberndorfer Straße	27	0	13	1	8	–	–	–	–	V
Schwäbische Alb	6	0	9	1	5	166	30	0	18811	L
Schwarzwald-Süd	3	0	7	1	4	158	65	0	21716	L

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]	
Stuttgart Am Neckartor	38	0	23	15 (17)	11	158	1	0	1832	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	33	0	22	8	10	178	16	0	9531	V
Stuttgart Hauptstätter Straße	34	1	–	–	–	–	–	–	–	SONDER
Stuttgart Hohenheimer Straße	34	0	17	3	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Pragstraße*	43	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Talstraße*	41	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Waiblinger Straße*	30	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart-Bad Cannstatt	23	0	15	2	9	186	38	1	17166	S
Tauberbischofsheim	12	0	13	0	–	172	29	0	17143	S
Tübingen	17	0	15	2	9	164	31	0	18074	S
Tübingen Am Stadtgraben*	21	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Tübingen Kelterstraße*	22	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Tübingen Mühlstraße	34	0	22	11 (16)	–	–	–	–	–	SPOT
Ulm	21	0	14	2	9	181	23	1	14131	S
Ulm Zinglerstraße*	32	–	–	–	–	–	–	–	–	SPOT
Villingen-Schwenningen	12	0	12	1	–	157	32	0	18879	S
Weil am Rhein	14	0	12	0	8	172	46	0	21912	S
Wiesloch	15	0	13	0	–	171	40	0	18112	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

** die Messstationen Konstanz und Reutlingen werden im Auftrag der Gemeinden betrieben und finanziert

1) Baustelle seit 15.03.2020, passive Messung

Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte/Zielwerte sind rot markiert

AOT40 AOT40 (Mittelwert 2016 bis 2020) [(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 2018 bis 2020); höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages, gemittelt über 3 Jahre, gültige Daten für 1 Jahr

JMW Jahresmittelwert

Max1h höchster 1-Stundenmittelwert



Tabelle 2.2: Messergebnisse (Jahreskenngößen) für Ammoniak, Benzol, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

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	2,0	–	–	14	3	1	S
Biberach	2,1	–	–	–	–	–	S
Eggenstein	–	–	–	36	7	1	S
Freiburg Schwarzwaldstraße	2,5	–	1,0	–	–	–	V
Heilbronn	2,1	–	–	–	–	–	S
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	–	–	1,6	–	–	–	V
Isny	4,5	–	–	–	–	–	S
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	–	–	1,4	–	–	–	V
Kehl	1,8	–	–	–	–	–	S
Ludwigsburg Friedrichstraße	3,8	–	–	–	–	–	SPOT
Mannheim Friedrichsring	–	0,9	1,2	–	–	–	V
Mannheim-Nord	2,0	–	–	127	20	3	S
Pfinztal Karlsruher Straße	–	–	1,3	–	–	–	V
Reutlingen Lederstraße-Ost	–	–	1,7	–	–	–	V
Schramberg Oberndorfer Straße	–	–	0,8	–	–	–	V
Schwäbische Alb	1,5	–	–	–	–	–	L
Schwarzwald-Süd	0,6	–	–	4	1	0	L
Stötten	2,1	–	–	–	–	–	L
Stuttgart Am Neckartor	5,3	1,1	–	–	–	–	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	–	–	1,6	–	–	–	V
Stuttgart-Bad Cannstatt	1,9	–	–	–	–	–	S
Weil Am Rhein	1,6	–	–	–	–	–	S
Welzheim Sternwarte	1,6	–	–	–	–	–	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 (Jahreskenngößen) 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 2020

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]	
Freiburg Schwarzwaldstraße	1,5	0,2	–	–	–	–	V
Gärtringen	1,0	0,2	0,2	1,9	0,1	0,3	S
Heilbronn	–	0,2	–	–	–	–	S
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	1,8	0,2	–	–	–	–	V
Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	–	0,2	–	–	–	–	V
Kehl	–	0,2	0,4	4,8	0,1	0,9	S
Mannheim Friedrichsring	1,7	0,1	–	–	–	–	V
Pfintztal Karlsruher Straße	–	0,5	–	–	–	–	V
Pforzheim	–	0,3	0,3	2,7	0,1	0,7	S
Reutlingen Lederstraße-Ost	–	0,2	–	–	–	–	V
Schramberg Oberdorfer Straße	–	0,4	–	–	–	–	V
Stuttgart Am Neckartor	1,9	0,2	0,5	2,8	0,1	1,6	SPOT
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	1,7	–	–	–	–	–	V
Stuttgart-Bad Cannstatt	1,3	0,2	0,3	3,0	0,1	0,9	S
Tübingen	–	0,2	–	–	–	–	S
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
JMW Jahresmittelwert

V = Verkehrsmessstation

SPOT = Spotmessstelle

– keine Messung



Tabelle 2.4: Messergebnisse (Jahreskenngößen) für Staubbiederschlag und Schwermetalle an den Depositionsstandorten und Messstationen des Luftmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2020

Messstelle	Staubbiederschlag JMW [g/(m ² d)]	Bergerhoff-Verfahren						Stations- typ
		Antimon JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	Arsen JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	Blei JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	Chrom JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	Kadmium JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	Nickel JMW [$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$]	
Heilbronn	0,07	1,1	0,5	4,4	9,0	0,09	4,3	S
Isny	0,03	0,2	0,2	1,1	1,4	0,04	0,7	DEPO
Kehl	0,05	0,6	0,5	6,0	17,0	0,14	3,1	S
Mannheim-Nord	0,04	0,9	5,0 ¹⁾	3,7	4,7	0,08	1,8	S
Schwäbische Alb	0,03	0,1	0,3	1,2	1,8	0,04	1,2	L
Stuttgart-Bad Cannstatt	0,04	0,5	0,2	1,5	3,3	0,03	1,1	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 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	

¹⁾ mit erhöhten Arsenwerten aus Zyklus 25.06.2020 - 23.07.2020

S = Städtischer Hintergrund
JMW Jahresmittelwert

L = Ländlicher Hintergrund

DEPO = Depositionsmessstelle



Tabelle 2.5: Ergebnisse der Messungen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

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. 1h-MW > 400 µg/m ³	Anzahl der 1h-MW > 200 µg/m ³	JMW [µg/m ³]	max. TMMW [µg/m ³]	Anzahl der TMMW > 50 µg/m ³	davon Streusalz	davon Saharastaub							
Spotmessstelle																
443-1	Backnang Blumenstraße*													18.100	860	Emissionskataster 2018
DEBW219	Backnang Eugen-Adolf-Strasse					30								14.900	280	Verkehrszählung 2020
DEBW213	Balingen Schömberger Straße					23								15.300	1.100	Emissionskataster 2018
DEBW220	Esslingen Grabbrunnstraße					34								27.600	630	Emissionskataster 2018
449-1	Freiburg Eschholzstraße*					22								20.800	540	Emissionskataster 2018
447-1	Freiburg Kronenstraße*					15								17.500	580	Emissionskataster 2018
448-1	Freiburg Schlossbergring*					26								19.900	670	Emissionskataster 2018
DEBW151	Heidelberg Mittermaierstraße					25								26.200	490	Emissionskataster 2018
438-1	Heilbronn Frankenbacher Straße*					29								11.000	450	Emissionskataster 2018
468-1	Heilbronn Mannheimer Straße*					28								55.300	1.360	Emissionskataster 2018
439-1	Heilbronn Speyerer Straße*					22								10.100	450	Emissionskataster 2018
440-1	Heilbronn Südstraße 2*					23								32.200	910	Emissionskataster 2018
440-2	Heilbronn Südstraße 33*					28								20.100	570	Emissionskataster 2018
441-1	Heilbronn Wilhelmstraße*					26								13.800	390	Emissionskataster 2018
442-1	Heilbronn Wolhausstraße*					25								11.800	150	Emissionskataster 2018
DEBW135	Herrnberg Hindenburgstraße					28								18.400	540	Emissionskataster 2018
DEBW120	Leonberg Grabenstraße	129	0	0	29									23.300	590	Emissionskataster 2018
458-1	Ludwigsburg Frankfurter Straße*					28								44.500	1.660	Emissionskataster 2018
DEBW117	Ludwigsburg Friedrichstraße					31								22.500	740	Verkehrszählung 2020
459-1	Ludwigsburg Friedrichstraße-Ost*					29								22.400	1.450	Emissionskataster 2018
460-1	Ludwigsburg Keplerstraße*					27								36.900	1.250	Emissionskataster 2018
DEBW241	Ludwigsburg Schlossstraße					47								62.000	2.430	Emissionskataster 2018
462-1	Ludwigsburg Schorndorfer Straße*					23								22.300	960	Emissionskataster 2018
463-1	Ludwigsburg Stuttgarter Straße*					34								58.400	1.850	Emissionskataster 2018
DEBW115	Mannheim Luisenring					32								44.200	2.110	Emissionskataster 2018
DEBW128	Mühlacker Stuttgarter Straße					32								13.500	840	Emissionskataster 2018
DEBW130	Pforzheim Jahnstraße					27								31.400	1.170	Emissionskataster 2018
DEBW121	Pleidsheim Beihinger Straße					32								16.000	850	Emissionskataster 2018
DEBW118	Stuttgart Am Neckartor	134	0	0	38			17	2	23	1,1	1,9	0,2	47.900	1.490	Verkehrszählung 2020

Kennung	Messstelle	Stickstoffdioxid NO ₂				Partikel PM ₁₀			Benzol	Ruß	Bj _a JP	PM _{2,5}		DTV
		max. 1h-MW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Alarmschw. 1h-MW > 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anzahl der 1h-MW > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	JMW ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	JMW (Passiv) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	max. TMW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl der TMW > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				davon Streusalz	davon Sahara-staub	
DEBW116	Stuttgart Hohenheimer Straße	108	0	0	34	122	3	17				23.700	460	Verkehrszählung 2020
DEBW242	Stuttgart Pragstraße					43						47.100	3.740	Emissionskataster 2018
DEBW243	Stuttgart Talstraße					41						23.100	530	Emissionskataster 2018
DEBW134	Stuttgart Waibinger Straße					30						21.700	590	Emissionskataster 2018
446-1	Tübingen Am Stadtgraben*					21						11.900	690	Emissionskataster 2018
445-1	Tübingen Keltnerstraße*					22						14.800	290	Emissionskataster 2018
DEBW136	Tübingen Mühlistraße	123	0	0	34	119	16	22				5.400	1.420	Verkehrszählung 2020
DEBW138	Ulm Zinglerstraße					32						20.500	690	Emissionskataster 2018
Verkehrsmessstation														
DEBW122	Freiburg Schwarzwaldstraße	122	0	0	30	100	1	14				44.600	3.020	Verkehrszählung 2020
DEBW152	Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	111	0	0	32	96	3	17				32.800	840	Emissionskataster 2018
DEBW080	Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	164	0	0	30	78	1	15				20.500	120	Verkehrszählung 2020
DEBW098	Mannheim Friedrichsring	185	0	0	34	115	3	19	0,9			37.200	630	Emissionskataster 2018
DEBW125	Pfingstal Karlsruher Straße	86	0	0	27	121	2	16				18.500	820	Verkehrszählung 2020
DEBW147	Reutlingen Lederstraße-Ost	186	0	0	36	135	6	18				30.800	820	Verkehrszählung 2020
DEBW156	Schramberg Oberndorfer Straße	83	0	0	27	89	1	13				11.000	830	Verkehrszählung 2020
DEBW099	Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	126	0	0	33	168	8	22				52.700	1.370	Emissionskataster 2018

*ergänzende Messung im Stadtgebiet; keine Überprüfung der räumlichen Repräsentativität

Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte

- Grenz-/Zielwert eingehalten
- Grenz-/Zielwert überschritten
- Zielwert nach Rundungsregel eingehalten, jedoch Verbesserungsbedarf

- MW Mittelwert
- JMW Jahresmittelwert
- TMW Tagesmittelwert
- DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke



Tabelle 2.6: Ergebnisse der Messungen an den Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

Kennung	Messstelle	Stickstoffdioxid NO ₂					DTV		
		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]	Kfz [Kfz/Tag]	Lkw [Lkw/Tag]	basiert auf
Sondermessungen Stuttgart									
LUBW082	Stuttgart Hauptstätter Straße	208	0	1	34				
verkehrsnahe Sondermessungen									
455-1	Pforzheim Luisenstraße					38	23.000	–	Meldung von Kommune
456-1	Pforzheim Parkstraße					33	20.400	–	Meldung von Kommune
457-1	Pforzheim St.-Georgen-Steige					38	18.700	–	Meldung von Kommune

Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte

	Grenz-/Zielwert eingehalten	MW	Mittelwert
	Grenz-/Zielwert überschritten	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 vor allem bei den Luftschadstoffen Feinstaub PM_{10} und Ozon große saisonale Schwankungen bei den Kurzzeitwerten zu beobachten. Insbesondere lang andauernde Hochdruckwetterlagen in den Wintermonaten mit eingeschränkten Austauschbedingungen führen zu einer Anreicherung der Luftschadstoffkonzentrationen in den bodennahen Schichten 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.

Kurz gesagt, war das Jahr 2020 in Baden-Württemberg im Vergleich zum Vorjahr 2019 [DWD 2020, 2021]

- mit einer Jahresmitteltemperatur von $10,2^{\circ}\text{C}$ um $0,3$ Grad wärmer, nach 2018 ($10,4^{\circ}\text{C}$) das zweitwärmste Jahr in Baden-Württemberg seit Beginn der Aufzeichnungen 1881,
- mit 816 mm ein mit dem Dürrejahr 2018 (765 mm) etwa vergleichbares Jahr, es fiel deutlich weniger Niederschlag als in einem dem Durchschnitt entsprechenden Niederschlagsjahr und im Vergleich zu 2019 etwa 117 mm bzw. 13% weniger,
- mit 2050 Stunden (1607 Stunden langjähriges Mittel) war es nach 2003 das zweitsonnigste Jahr in Baden-Württemberg und damit auch sonnenscheinreicher als die Jahre 2019 und 2018.

Die Tabelle 2.7 gibt einen Überblick über die meteorologischen Kenngrößen Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer für die DWD-Stationen Rheinstetten und Stuttgart-Schnarrenberg im Jahr 2020 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 2020 anhand von Monatswerten der Verlauf und die Abweichungen vom bzw. die Anteile am langjährigen Mittel für die meteorologischen Größen Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer beispielhaft an den DWD-Stationen Rheinstetten bei Karlsruhe und Stuttgart-Schnarrenberg dargestellt. Bis auf den Monat Mai waren die Temperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel erhöht, teilweise deutlich. Die höchste Abweichung trat mit $4,4$ Grad im Februar auf. Bezüglich Niederschlag war es im Jahr 2020 deutlich zu trocken. Vor allem im April fiel kaum Niederschlag. Auch die Monate Juli (in Rheinstetten), September und November waren mit einem Anteil von unter 50% am langjährigen Mittel sehr trocken. Im Februar fiel hingegen deutlich mehr Niederschlag als üblich. Das Jahr 2020 war wieder sehr sonnenreich. Verglichen mit dem Referenzzeitraum 1981 bis 2010 schien vor allem in den Monaten März, April und November die Sonne deutlich mehr, im Oktober und Dezember dagegen deutlich weniger.

Inversionswetterlagen, die zu hohen Feinstaubwerten führen, traten Ende Januar 2020 auf. Ende März bis April bedingten Hochdruckwetterlagen austauscharme Witterungen und damit phasenweise erhöhte Schadstoffkonzentrationen.

Tabelle 2.7: Meteorologische Kenngrößen für Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2020 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 2020													
Monatsmittelwert	°C	4,1	7,2	7,3	12,6	14,4	18,4	21,0	22,1	17,1	11,5	6,6	4,4
Abweichung vom langjährigen Mittel	°C	2,2	4,4	0,6	2,1	-0,6	0,3	0,7	2,3	1,6	0,7	0,9	1,6
Stuttgart 2020													
Monatsmittelwert	°C	4,0	6,7	6,8	13,1	14,0	17,6	20,7	21,5	16,9	11,1	6,9	4,1
Abweichung vom langjährigen Mittel	°C	2,6	4,4	0,7	3,3	-0,3	0,3	1,0	2,4	1,9	0,6	1,6	1,8
Niederschlag													
Rheinstetten 2020													
Monatssumme	mm	32	131	58	6	46	73	17	40	31	57	26	72
Anteil am langjährigen Mittel	%	52 %	208 %	89 %	10 %	52 %	88 %	20 %	59 %	46 %	68 %	37 %	91 %
Stuttgart 2020													
Monatssumme	mm	18	80	55	2	45	54	39	84	24	41	16	40
Anteil am langjährigen Mittel	%	50 %	235 %	134 %	4 %	52 %	66 %	53 %	127 %	47 %	73 %	35 %	74 %
Sonnenscheindauer													
Rheinstetten 2020													
Monatssumme	h	51	82	181	309	273	203	313	229	208	64	90	19
Anteil am langjährigen Mittel	%	102 %	101 %	146 %	176 %	131 %	91 %	128 %	100 %	126 %	62 %	158 %	50 %
Stuttgart 2020													
Monatssumme	h	86	105	197	303	271	208	311	234	213	78	138	37
Anteil am langjährigen Mittel	%	123 %	113 %	156 %	179 %	135 %	99 %	129 %	105 %	132 %	68 %	184 %	65 %



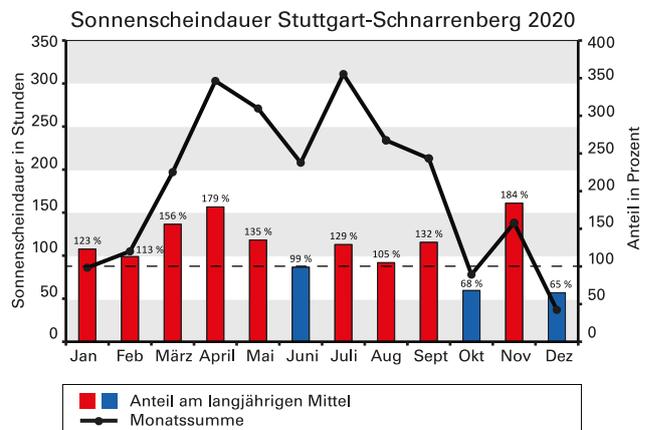
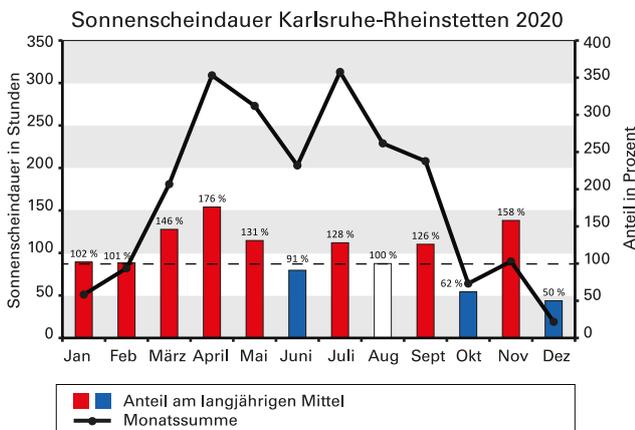
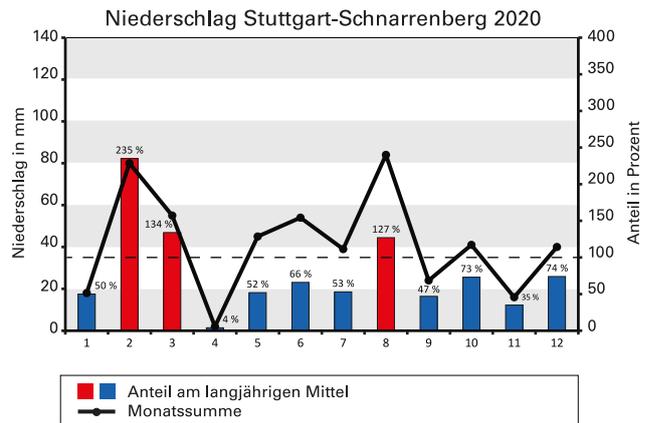
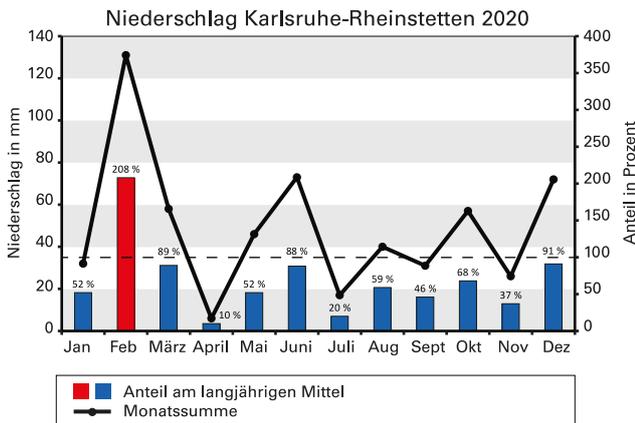
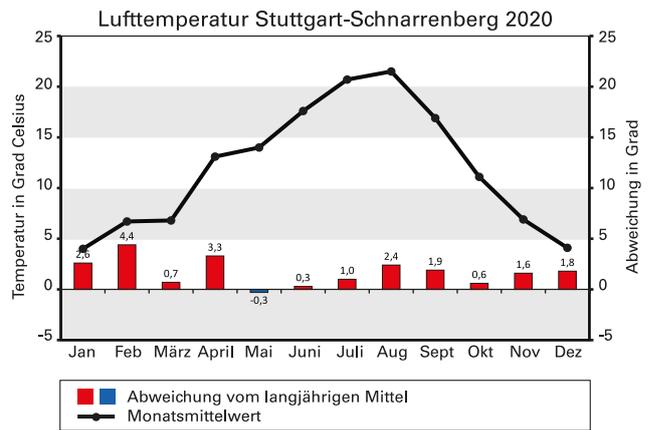
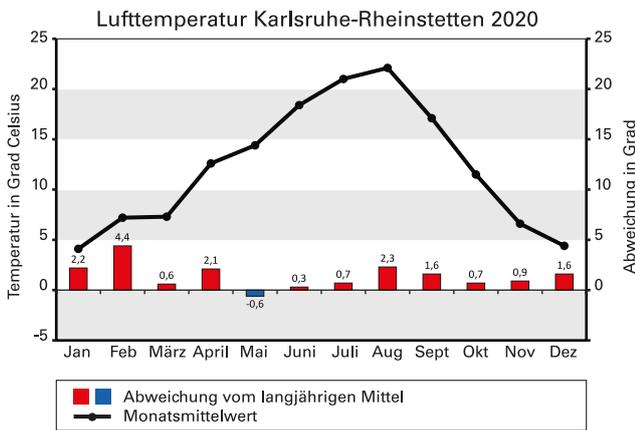


Abbildung 2.1: Meteorologische Kenngrößen für Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer im Jahr 2020 sowie die Abweichungen vom bzw. die Anteile am langjährigen Mittel (1981 bis 2010) für Rheinstetten und Stuttgart-Schnarrenberg (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

2.2 Luftqualitätsindex für Baden-Württemberg (LQIBW)

Der Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQIBW) ist ein tagesaktueller Indikator, der die Belastung durch verschiedene Luftschadstoffe auf die Gesundheit des Menschen widerspiegelt. Der LQIBW umfasst je nach Messumfang der jeweiligen Messstation die Konzentrationen der Schadstoffe Ozon (O₃), Stickstoffdioxid (NO₂), Partikel PM₁₀ und Partikel PM_{2,5}. Mit einem Blick ist eine Bewertung der momentanen Luftqualität möglich und Personen, die gegenüber Luftschadstoffen empfindlich sind, können ihr persönliches Verhalten anpassen.

In der Abbildung 2.2 wird die durchschnittliche Luftqualitätsbelastung anhand des Luftqualitätsindex für das Jahr 2020 in Baden-Württemberg in den drei Standortkategorien „ländlicher Hintergrund“, „städtischer Hintergrund“ und „verkehrsnahe“ dargestellt, kleinräumige Belastungen werden, mit Ausnahme an Silvester, nicht visualisiert. Jede waagerechte Linie entspricht einem Kalendertag mit der jeweiligen Luftqualität in einer der drei Standortkategorien (berechnet als Median aus den LQI-Tagesmittelwerten der einzelnen Messstationen in der jeweiligen Standortkategorie). 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 verschiedener 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. Blau und hellblau eingefärbte Tage zeigen eine sehr gute bis gute Luftqualität. An türkis oder gelb dargestellten Tagen liegt die Luftbelastung im Bereich „befriedigende bis ausreichende“ Luftqualität. Bei orange oder rot markierten Tagen überschreitet mindestens ein Luftschadstoff die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV und es können kurzfristig negative Auswirkungen auf die Gesundheit auftreten.

Anhand der Darstellung des Luftqualitätsindex über das Jahr wird deutlich, dass die Luftqualität im Jahr 2020 in Baden-Württemberg überwiegend sehr gut war. Begonnen hatte das Jahr allerdings mit einer schlechten Luftqualität aufgrund der Silvesterfeuerwerke. Ende Januar wurden

aufgrund einer Inversionswetterlage hohe Feinstaubwerte und damit eine nur „ausreichende bis schlechte“ Luftqualität im städtischen Hintergrund und an den verkehrsnahen Standorten festgestellt. Auch Ende März bis April führten ausgeprägte Hochdruckwetterlagen zu austauscharmen Witterungsbedingungen und damit phasenweise zu erhöhten Schadstoffkonzentrationen trotz deutlichem Rückgang der Verkehrszahlen aufgrund des Corona-Lockdowns. Im Sommer wurden nur an wenigen Tagen hohe Ozonkonzentrationen festgestellt; vereinzelte gelb markierte Tage zeigen dies an. Im November führte an einem Tag der Eintrag von Saharastaub zu einer „schlechten“ Luftbelastung an den ländlichen Hintergrundmessstationen.

Der aktuelle LQIBW 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 2.3 zeigt die Darstellungsformen Karte und Diagramm. Hintergrundinformationen zum Luftqualitätsindex Baden-Württemberg sind in dem Bericht [LUBW 2020a] zusammengefasst.

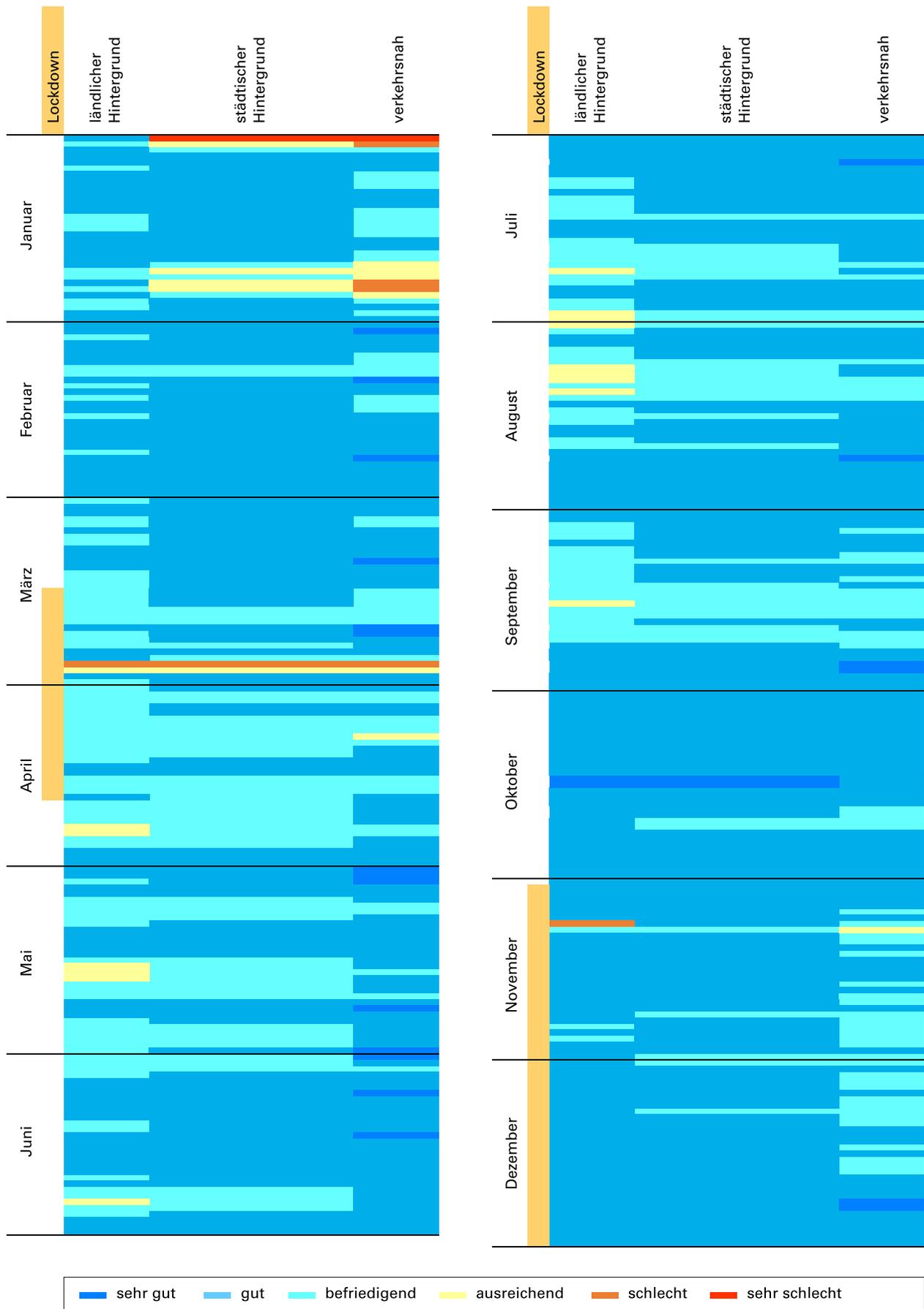
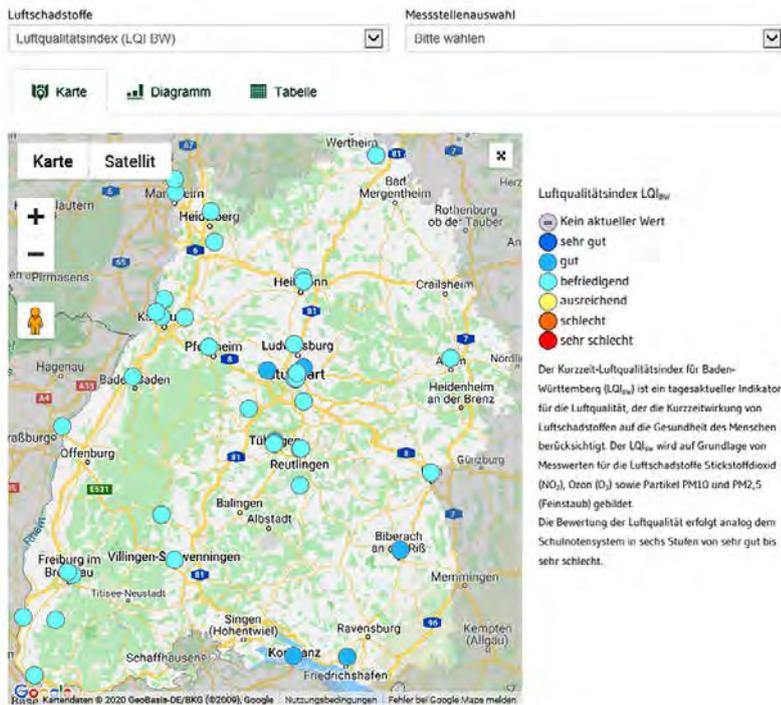


Abbildung 2.2: Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) für das Jahr 2020. Dargestellt ist der Median aus den LQI-Tagesmittelwerten der einzelnen Messstationen in der jeweiligen Standortkategorie (ländlicher Hintergrund, städtischer Hintergrund und verkehrsnah)

Immissionsdaten aus Baden-Württemberg

09.09.2020 13:00, vorläufige Werte



Immissionsdaten aus Baden-Württemberg

09.09.2020 13:00, vorläufige Werte

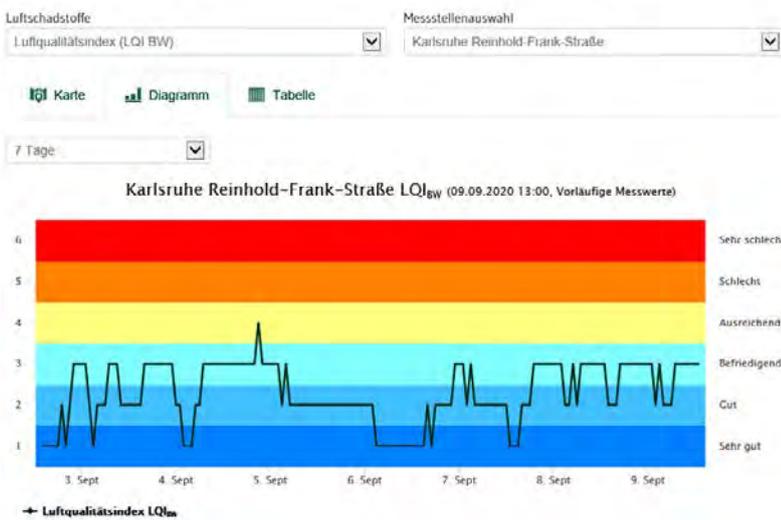


Abbildung 2.3: Beispiele für die Darstellungsformen Karte und Diagramm des Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) im Internetangebot der LUBW

2.3 Stickstoffdioxid

2.3.1 Räumliche Verteilung von NO₂ an den verkehrsnahen Messstellen

Im Jahr 2020 wurden an insgesamt 12 verkehrsnahen Messstellen Profilmessungen durchgeführt:

- An 6 verkehrsnahen Messstellen wurden bestehende Profilmessungen fortgesetzt.
- Neu eingerichtet wurden Profilmessungen im Jahr 2020 an den langjährigen Messstellen Backnang Eugen-Adolff-Straße, Mannheim Friedrichsring und Stuttgart Hohenheimer Straße sowie an den neuen Spotmessstellen Ludwigsburg Schlossstraße, Stuttgart Pragstraße und Stuttgart Talstraße.

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

Ergänzend zu den Profilmessungen wurde im Jahr 2020 an einer verkehrsnahen Messstelle eine Messung der städ-

tischen Hintergrundbelastung im betreffenden Stadtteil durchgeführt. Sie dient unter anderem der Maßnahmenplanung bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte am Referenzmesspunkt.

Die Ergebnisse der Referenz-, Profil- und Hintergrundmesspunkte sind in der Abbildung 2.4 und in Kartenausschnitten im Anhang 5.4 dargestellt.

An allen 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 2020 bestätigt. Dabei wurde an 3 von diesen 12 Messstellen sowohl am Referenzmesspunkt als auch an den Profilmesspunkten eine Überschreitung des Stickstoffdioxidgrenzwertes festgestellt (Ludwigsburg Schlossstraße, Stuttgart Pragstraße, Stuttgart Talstraße). An 9 von den 12 Messstellen wurde der Grenzwert am Referenzmesspunkt und den Profilmesspunkten eingehalten.

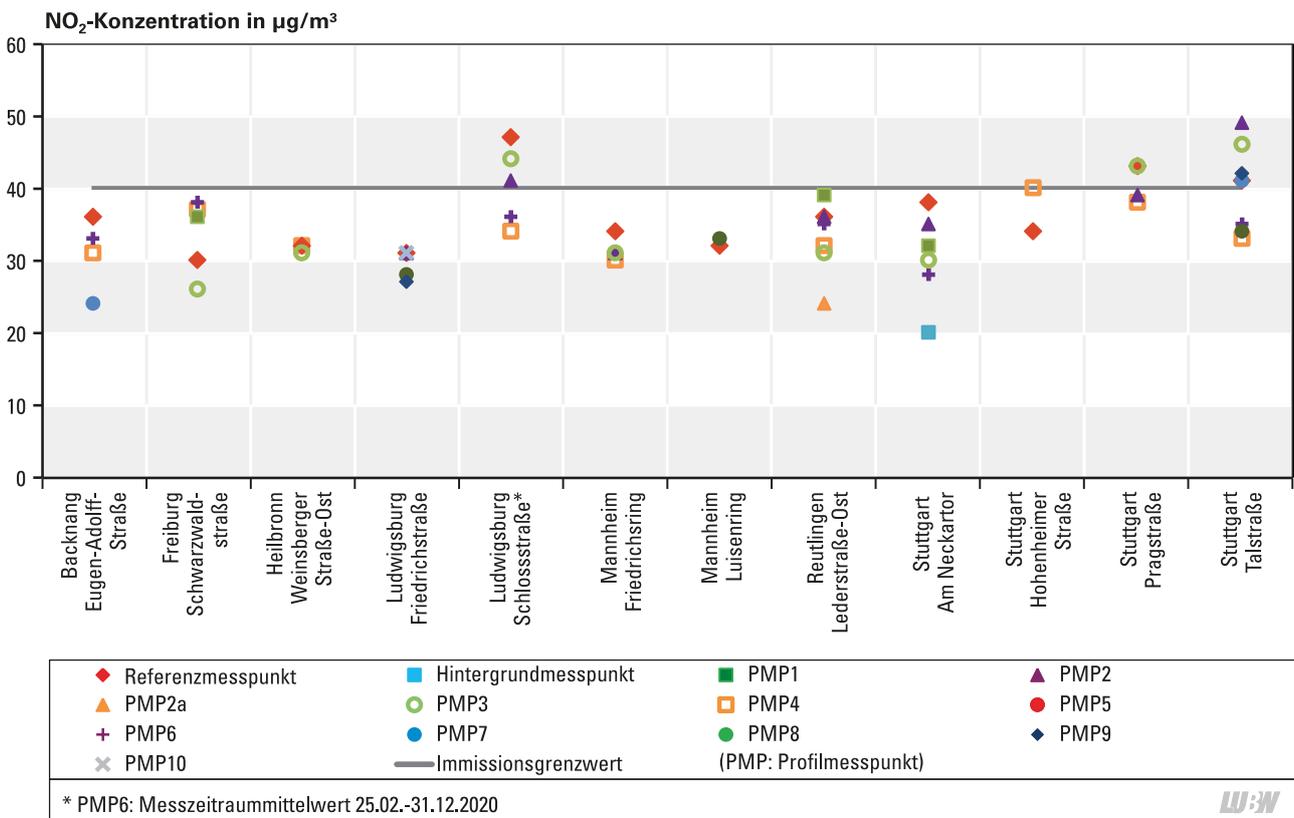


Abbildung 2.4: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Referenz-, Profil- und Hintergrundmesspunkten verkehrsnaher Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.3.2 Ergebnisse der NO₂-Messungen des Luftmessnetzes und der Spotmessungen

Der Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert) konnte an fast allen verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2020 eingehalten werden. Nur in den beiden Städten Ludwigsburg und Stuttgart wird an insgesamt 3 verkehrsnahen Messstellen der Immissionsgrenzwert überschritten (Abbildung 2.5). An der Spotmessstelle Ludwigsburg Schlossstraße wurde im Jahr 2020 die höchste mittlere Stickstoffdioxidkonzentration mit 47 µg/m³ gemessen, an den Messstellen in Stuttgart lagen die Stickstoffdioxidkonzentrationen bei 43 µg/m³ an der Spotmessstelle Stuttgart Pragstraße und bei 41 µg/m³ an der Spotmessstelle Stuttgart Talstraße. An den 18 ergänzenden Messstellen in verschiedenen Stadtgebieten wurde der Immissionsgrenzwert im Jahr 2020 überall eingehalten. Im Mittel ging die Belastung durch Stickstoffdioxid an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2020 im Vergleich zum Vorjahr um 19 % bzw. um 7,8 µg/m³ zurück, bedingt durch und zurückzuführen auf die Corona-Pandemie (siehe Kapitel 4.3).

An den Messstationen im städtischen und ländlichen Hintergrund wurden keine Überschreitungen festgestellt (Abbildung 2.6). Im städtischen Hintergrund lagen die mittleren Stickstoffdioxidkonzentrationen zwischen 23 µg/m³ (Pforzheim und Stuttgart-Bad Cannstatt) und 11 µg/m³ (Gärtringen); die Belastung durch Stickstoffdioxid ging im Mittel um 12 % bzw. 2,5 µg/m³ zurück.

Mit den kontinuierlich anzeigenden Messgeräten für Stickstoffdioxid ist eine Überprüfung auf Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes von 200 µg/m³ (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 zeigten im Jahr 2020 erstmals keine Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes. Die zulässige Anzahl von 18 Überschreitungen im Kalenderjahr für den Immissionsgrenzwert von 200 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) wurde somit an allen Messstationen im Land Baden-Württemberg im Jahr 2020 eingehalten.

Der höchste maximale 1-Stundenmittelwert im Jahr 2020 wurde mit 186 µg/m³ an der Verkehrsmessstation Reutlingen Lederstraße-Ost festgestellt. Eine Überschreitung der Alarmschwelle von 400 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) lag im Jahr 2020 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 2020 an den ländlichen Hintergrundmessstationen Schwarzwald-Süd (4 µg/m³) und Schwäbische Alb (7 µg/m³) wieder sicher eingehalten.

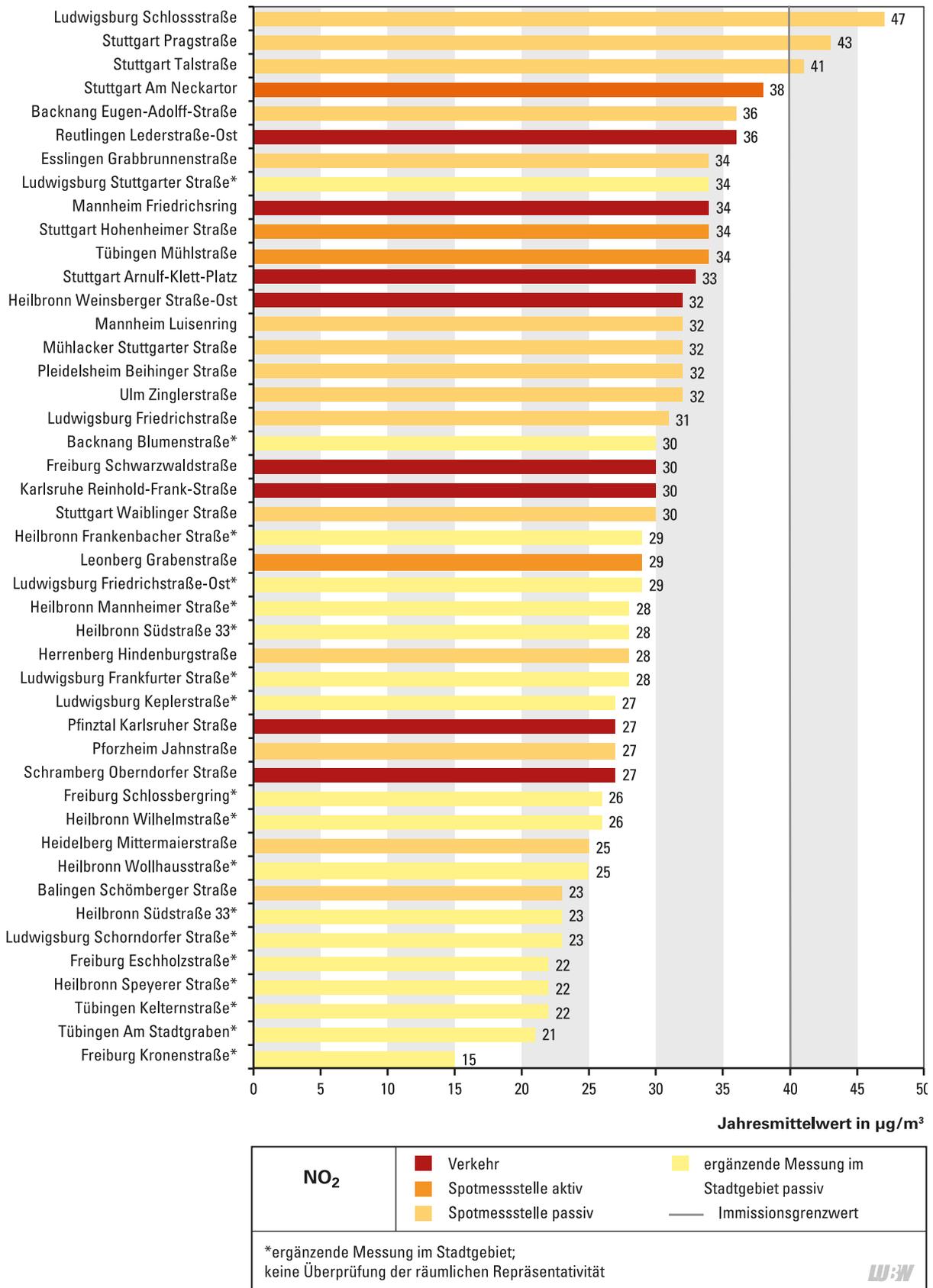


Abbildung 2.5: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

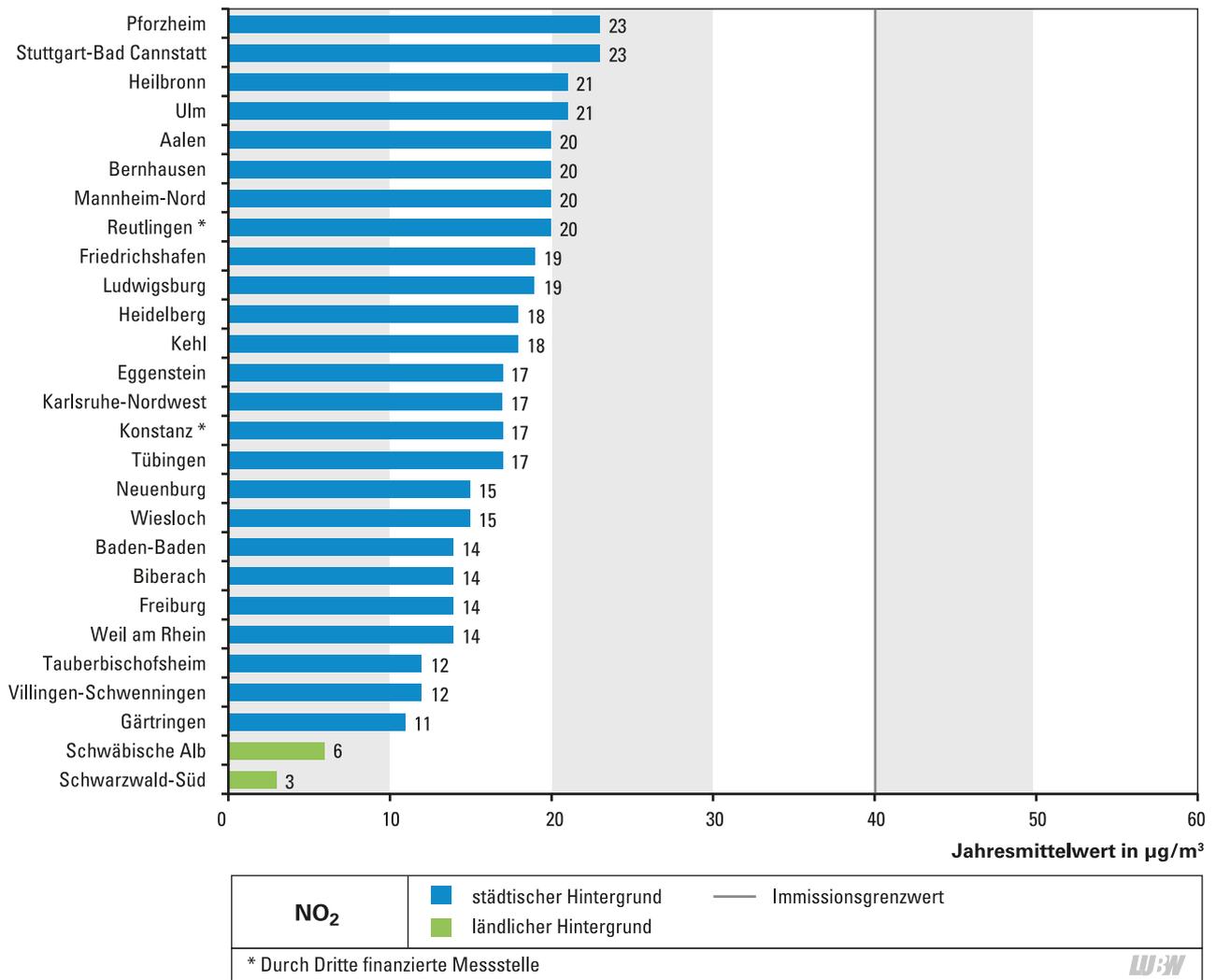


Abbildung 2.6: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.3.3 Ergebnisse der NO₂-Messungen der Sondermessungen

Bei den Sondermessungen Stuttgart wurde an der Messstelle Stuttgart Hauptstätter Straße der Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert)

eingehalten. Die 3 bis zum Jahresende 2020 betriebenen Messstellen der verkehrsnahen Sondermessungen zeigten allesamt keine Überschreitung des NO₂-Grenzwertes (Abbildung 2.7)

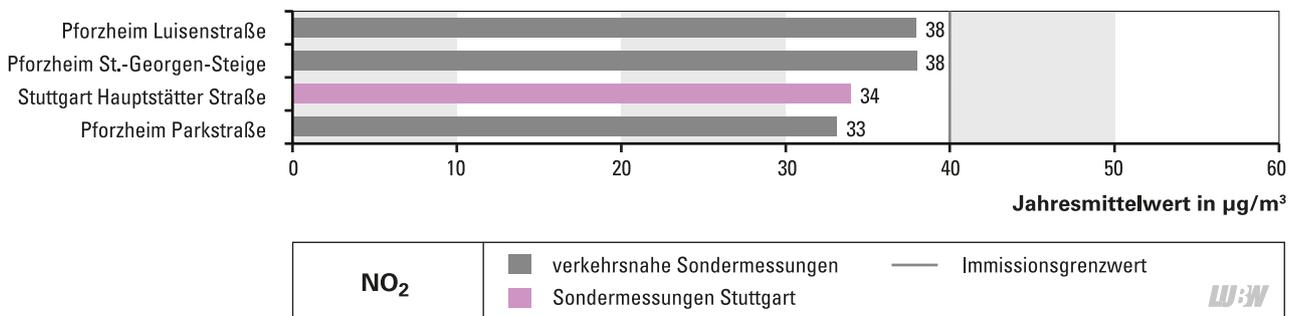


Abbildung 2.7: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Sondermessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.4 Partikel PM₁₀

In Baden-Württemberg wurde im Jahr 2020 an allen verkehrsnahen Messstellen (Abbildung 2.8) sowie an allen Messstellen im städtischen und ländlichen Hintergrund (Abbildung 2.9) der für das Kalenderjahr festgelegte Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ für Partikel PM₁₀ eingehalten. Die Partikel PM₁₀-Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2020 im ländlichen Hintergrund zwischen 7 µg/m³ (Schwarzwald-Süd) und 9 µg/m³ (Schwäbische Alb), im städtischen Hintergrund zwischen 11 µg/m³ (Baden-Baden) und 16 µg/m³ (Heilbronn) und an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 13 µg/m³ (Schramberg Oberndorfer Straße) und 23 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor).

Der Immissionsgrenzwert von 50 µg/m³ Partikel PM₁₀ (Tagesmittelwert) wurde bei 35 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr im Jahr 2020 an allen Messstellen im Land Baden-Württemberg eingehalten (Abbildungen 2.10 und

2.11). Die mit 17 Tagen meisten Überschreitungen gab es an der verkehrsnahen Messstelle Stuttgart Am Neckartor.

Hohe Feinstaubbelastungen treten überwiegend in den Wintermonaten bei austauscharmen Verhältnissen in der Atmosphäre auf. In der Abbildung 2.12 ist die Anzahl der Messstellen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg mit Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ im Jahresverlauf 2020 dargestellt. Vor allem im Januar, Ende März/Anfang April und ab Ende Oktober 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 selten und mit Unterbrechungen auf, so dass es zu einer sehr moderaten Anzahl an Überschreitungen des Grenzwertes kam.

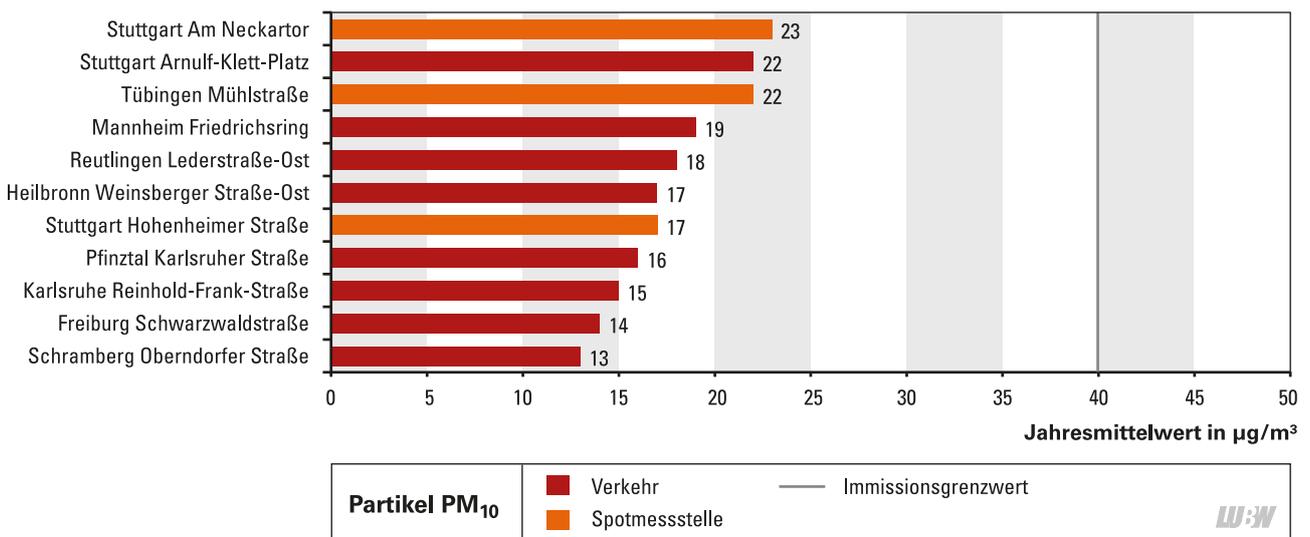


Abbildung 2.8: Jahresmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

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 2020 kam es am 28. März zum Eintrag von Saharastaub nach Baden-Württemberg. An diesem Tag wurde der Tagesmittelwert von 50 µg/m³ an zahlreichen Messstellen im Land überschritten. Da insgesamt aber an keiner Messstelle mehr als die zulässigen 35 Überschreitungstage festgestellt wurden, wurde der Einfluss von Saharastaub nicht quantifiziert.

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 PM₁₀-Konzentrationen an ausgewählten Spotmessstellen in Baden-Württemberg. Streusalzuntersuchungen werden an diesen Messstellen nur an Tagen durchgeführt, an denen der Partikel PM₁₀-Grenzwert für das Tagesmittel in Höhe von 50 µg/m³

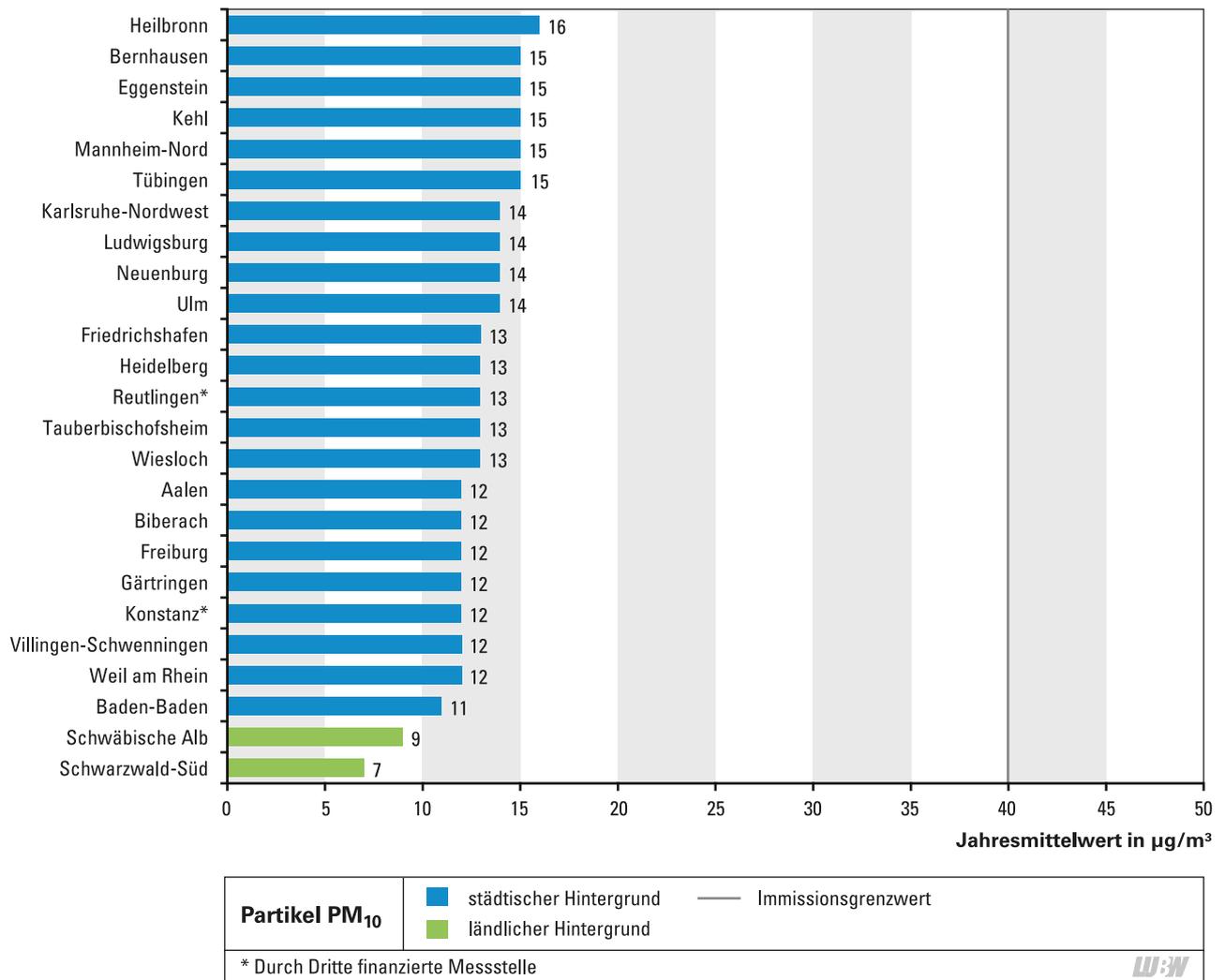


Abbildung 2.9: Jahresmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

überschritten wurde und an diesem Tag oder den Vortagen Streusalz ausgebracht wurde. Im Jahr 2020 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 fünf Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ (Tagesmittelwert) geführt hat (Abbildung 2.10). Die Untersuchungen zum Streusalzbeitrag wurden von der LUBW dokumentiert (interne Dokumentation). Die auf den Streusalzbeitrag zurückzuführenden Grenzwertüberschreitungen werden bei der Luftreinhalteplanung sowie bei der Berichterstattung an die Europäische Union nicht berücksichtigt.

2.5 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 2020 eingehalten (Abbildung 2.13). Die mittleren Konzentrationen lagen im ländlichen Hintergrund zwischen 4 µg/m³ (Schwarzwald-Süd) und 5 µg/m³ (Schwäbische Alb), im städtischen Hintergrund zwischen 7 µg/m³ (Freiburg) und 9 µg/m³ (Heilbronn, Kehl, Mannheim-Nord, Pforzheim, Stuttgart-Bad Cannstatt, Tübingen und Ulm) und an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 8 µg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße, Schramberg Oberndorfer Straße) und 11 µg/m³ (Mannheim Friedrichsring, Pfinztal Karlsruher Straße und Stuttgart Am Neckartor).

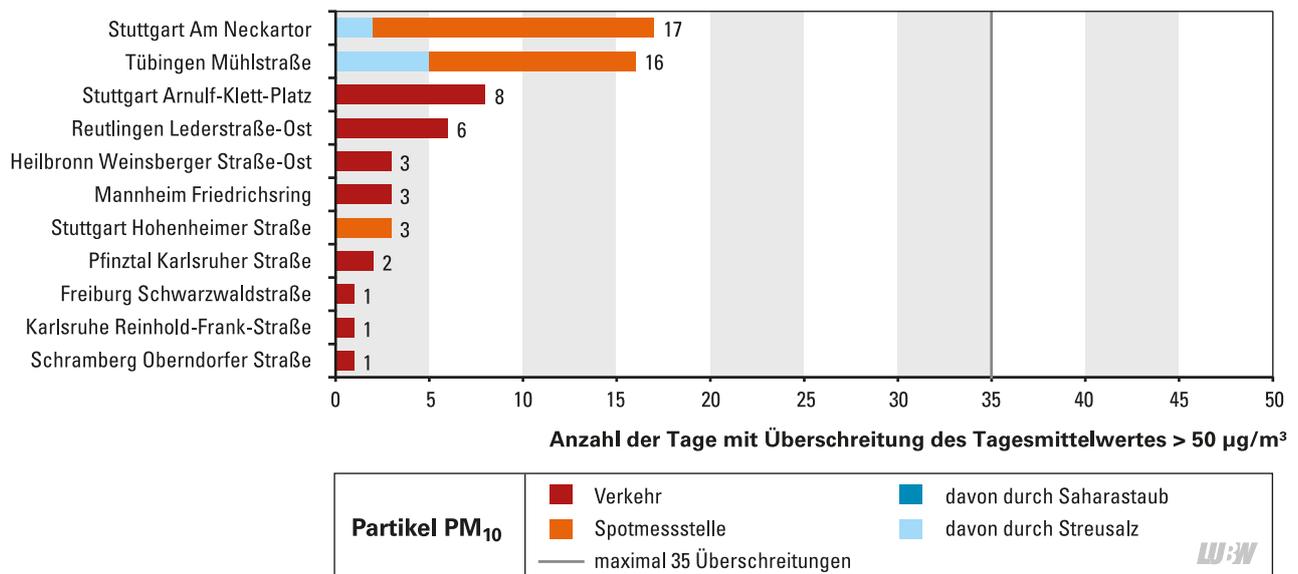


Abbildung 2.10: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert) für Partikel PM_{10} an den verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020 (35 Überschreitungen sind im Kalenderjahr zulässig)

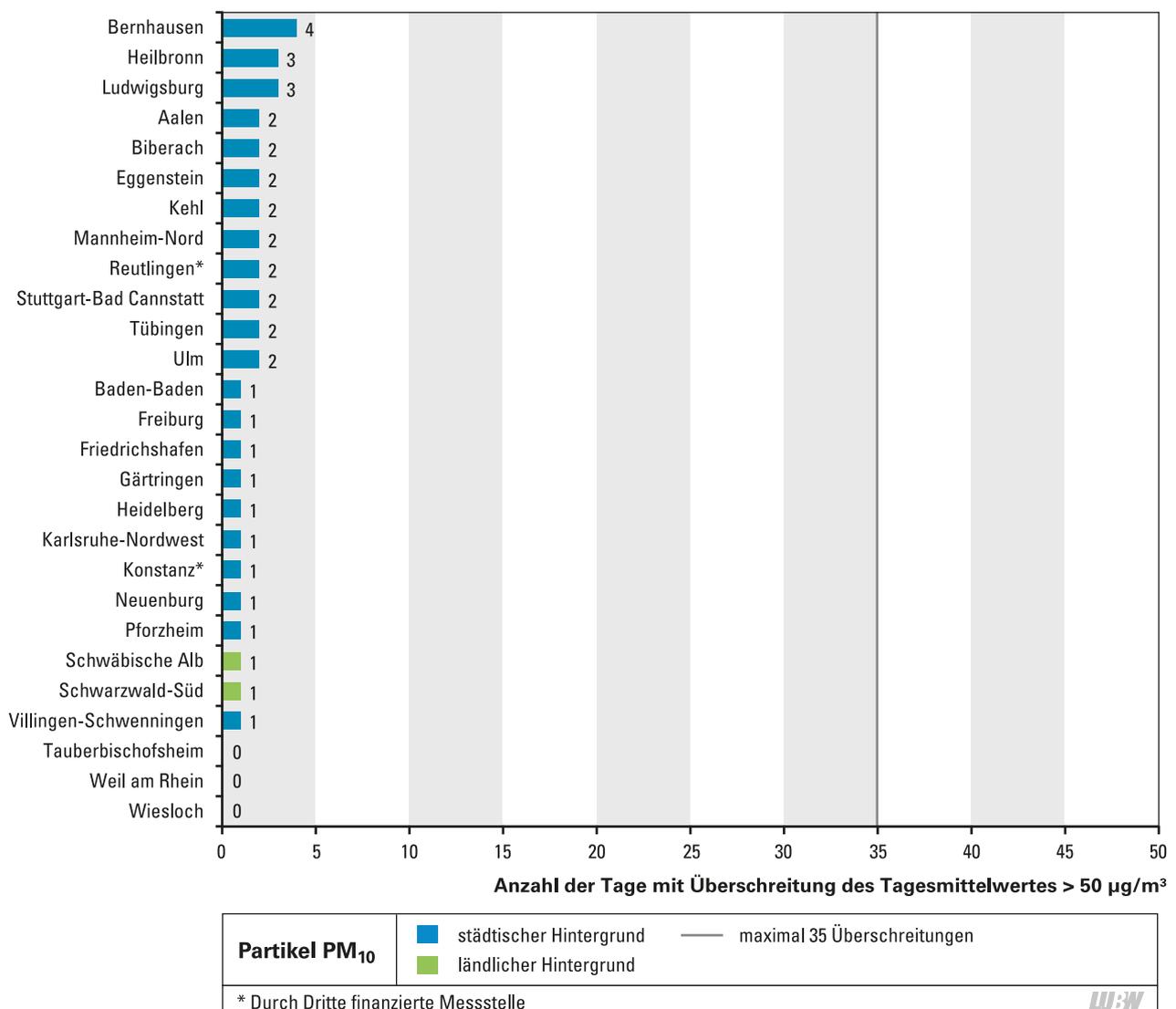


Abbildung 2.11: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert) für Partikel PM_{10} an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2020 (35 Überschreitungen sind im Kalenderjahr zulässig)

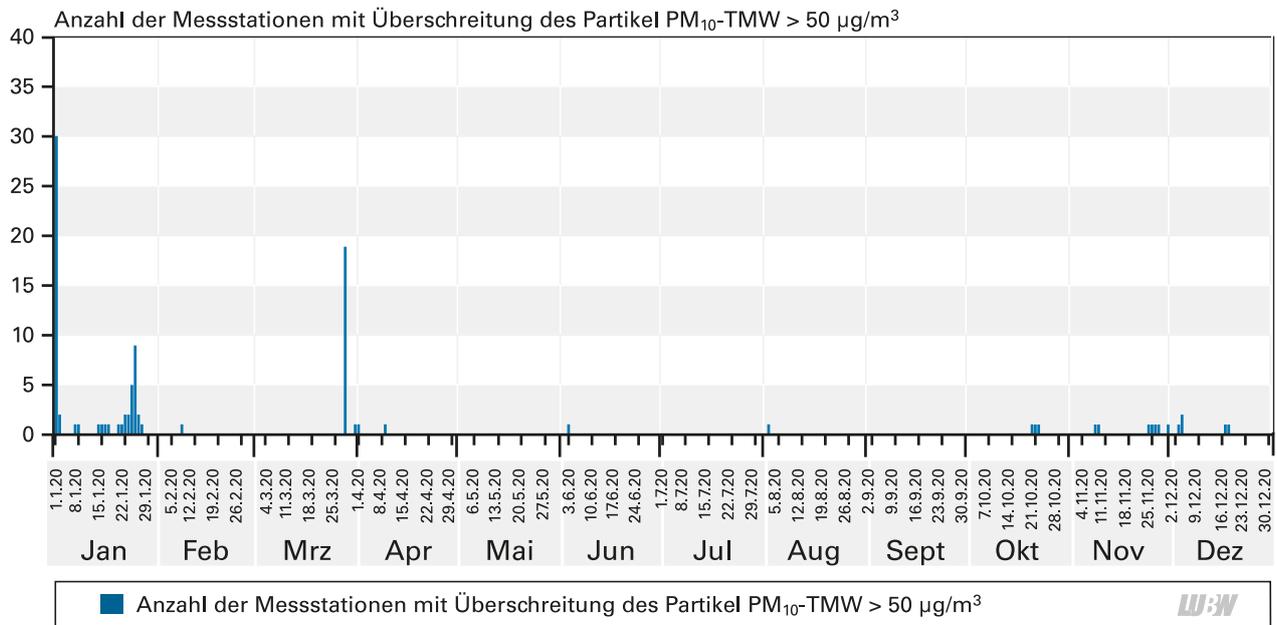


Abbildung 2.12: Anzahl der Messstellen mit Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ im Jahr 2020

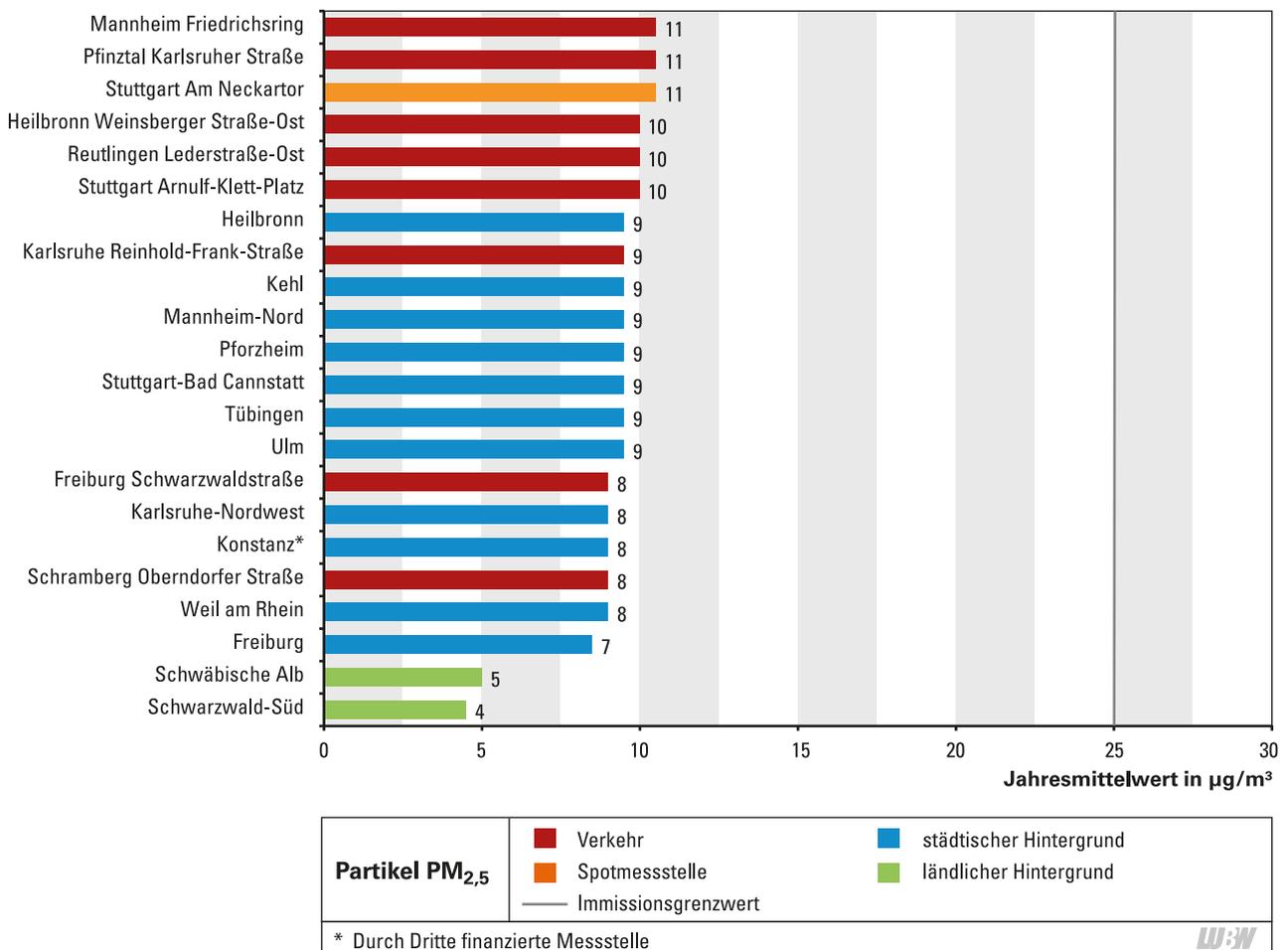


Abbildung 2.13: Jahresmittelwerte der Partikel PM_{2,5}-Konzentrationen an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020

2.6 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. Diese treten insbesondere 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 oben genannten Vorläufersubstanzen für Ozon vor.

Die an den verkehrsnahen Messstellen Stuttgart Arnulf-Klett-Platz und Stuttgart Am Neckartor festgestellten Ozonkonzentrationen werden nachfolgend dargestellt, jedoch nicht für die Beurteilung der Luftqualität herangezogen.

Die Informationsschwelle für Ozon von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 wird ozonempfindlichen Personen und Kindern empfohlen, ungewohnte körperliche Anstrengungen und sportliche Ausdauerleistungen im Freien insbesondere in den Nachmittags- und frühen Abendstunden zu vermeiden, da hier die höchsten Ozonwerte auftreten. Im Jahr 2020, das als zweitwärmstes und zweitsonnigstes Jahr in Baden-Württemberg seit den Wetteraufzeichnungen gilt, wurde dennoch ein Rückgang der Ozonspitzenkonzentrationen festgestellt, der auf eine Minderung der Ozonvorläufersubstanzen (unter anderem durch die Lockdowns im Rahmen der Corona-Pandemie) zurückzuführen ist. Die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) wurde im Sommer 2020 an insgesamt 6 Tagen im Juli und August überschritten (Tabelle 2.8). Die Überschreitungen wurden an 9 Messstationen des Luftmessnetzes (alle im städtischen Hintergrund) beobachtet (Abbildung 2.14). Im Vergleich zum Vorjahr 2019 entspricht dies einem Rückgang um mehr als 80 %.

Die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) wurde im Jahr 2020 an keiner Messstation des Luftmessnetzes überschritten. Beim Überschreiten der Alarmschwelle gilt die zuvor beschriebene Verhaltensempfehlung für die Gesamtbevölkerung.

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 2020

Station	31.07	01.08.	08.08.	10.08.	11.08.	12.08.
Baden-Baden	●			●	●	
Eggenstein				●		
Karlsruhe-Nordwest	●			●	●	●
Kehl	●			●		
Ludwigsburg		●				
Mannheim-Nord	●		●	●		
Neuenburg	●			●		
Stuttgart-Bad Cannstatt		●				
Ulm	●					

LUBW

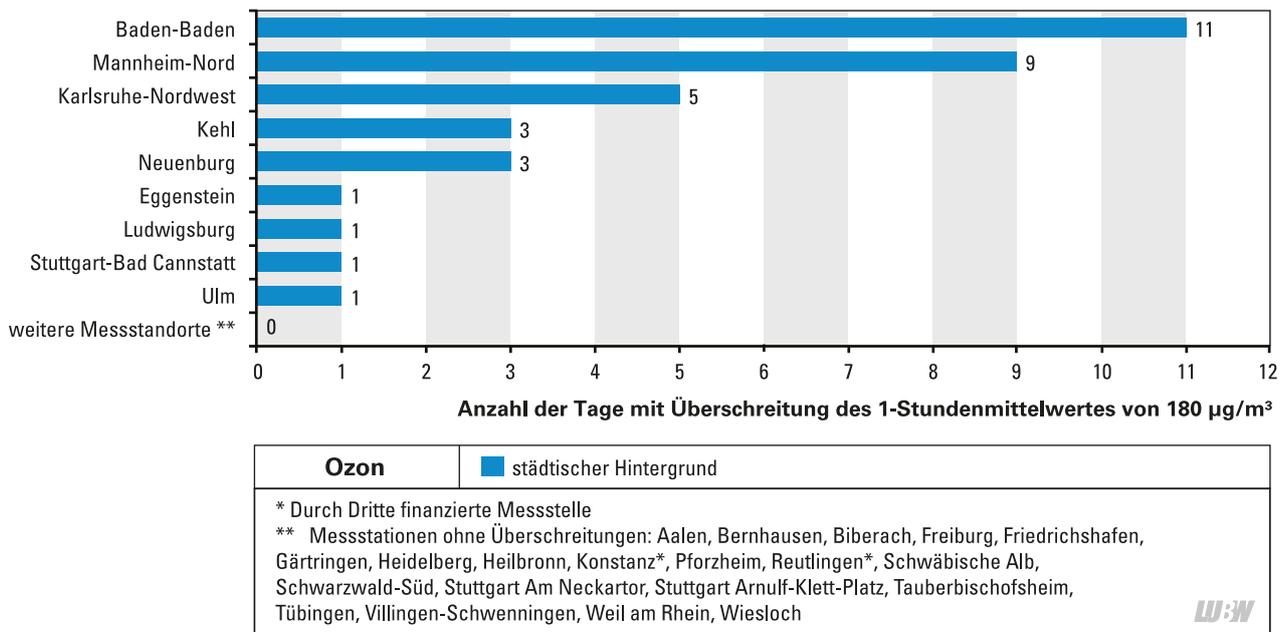


Abbildung 2.14: Anzahl der Tage mit Überschreitung der Informationsschwelle von 180 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) für Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020

Fast flächendeckend wurde der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 120 µg/m³ Ozon als höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr im Jahr 2020 überschritten. Um den meteorologischen Einfluss auf die Ozonbildung zu berücksichtigen, ist maßgebend für die Beurteilung, ob der Zielwert als Mittel über 3 Kalenderjahre eingehalten werden kann. Zur Prüfung der Einhaltung des Zielwertes für das Jahr 2020 wurde eine Mittelung der Überschreitungstage für die letzten 3 Jahre 2018, 2019 und 2020 vorgenommen. Der Zielwert wurde im Jahr 2020 (bei Mittelung über die letzten 3 Jahre) an 23 von 29 Messstationen überschritten (Abbildung 2.15), mit 65 Tagen weist die ländliche Hintergrundmessstation Schwarzwald-Süd die meisten Überschreitungstage auf.

bis 2020, vorgenommen. Der Zielwert von 18.000 (µg/m³)h wurde im Jahr 2020 (bei Mittelung über die letzten 5 Jahre) an 17 Messstationen überschritten (Abbildung 2.16), die höchsten AOT40-Werte wurden an den Messstellen Weil am Rhein mit 21.912 (µg/m³)h und Schwarzwald-Süd mit 21.716 (µg/m³)h festgestellt.

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation vor Ozon beträgt 18.000 (µg/m³)h berechnet als AOT40 für den Zeitraum von Mai bis Juli eines Kalenderjahres. Der AOT40, ausgedrückt in (µg/m³)h, ist die über einen vorgegebenen Zeitraum (1. Mai bis 31. Juli) summierte Differenz zwischen Ozonwerten über 80 µg/m³ (= 40 ppb) und 80 µg/m³ unter ausschließlicher Verwendung der täglichen 1-Stundenmittelwerte zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr mitteleuropäischer Normalzeit. Unter Berücksichtigung des meteorologischen Einflusses auf die Ozonbildung wird zur Prüfung der Einhaltung des Zielwertes von 18.000 (µg/m³)h eine Mittelung der AOT40-Werte über 5 Jahre, die Jahre 2016

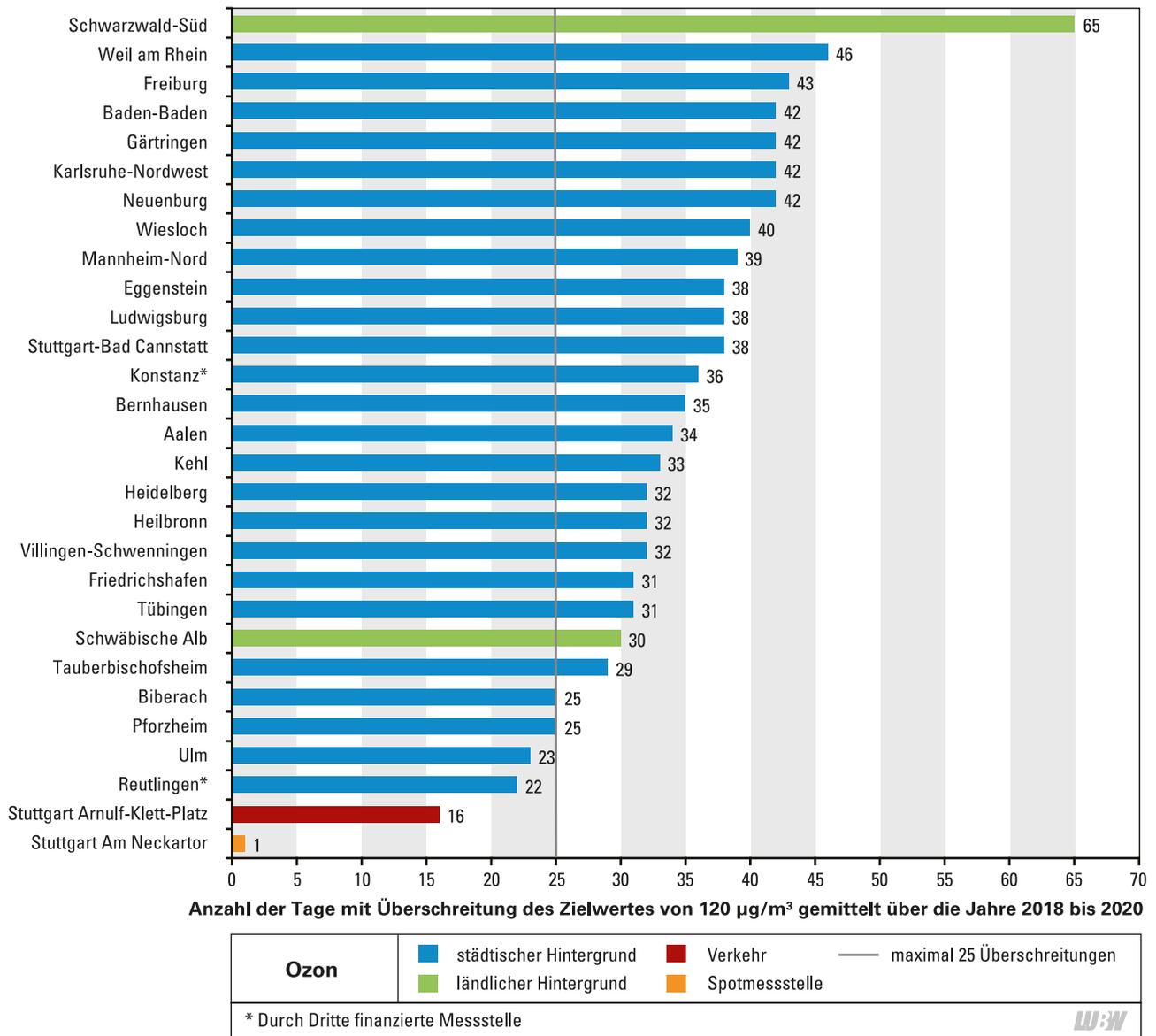


Abbildung 2.15: Anzahl der Tage mit Überschreitung (Mittelung über die Jahre 2018 bis 2020) des Zielwertes von 120 µg/m³ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages) für Ozon an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor

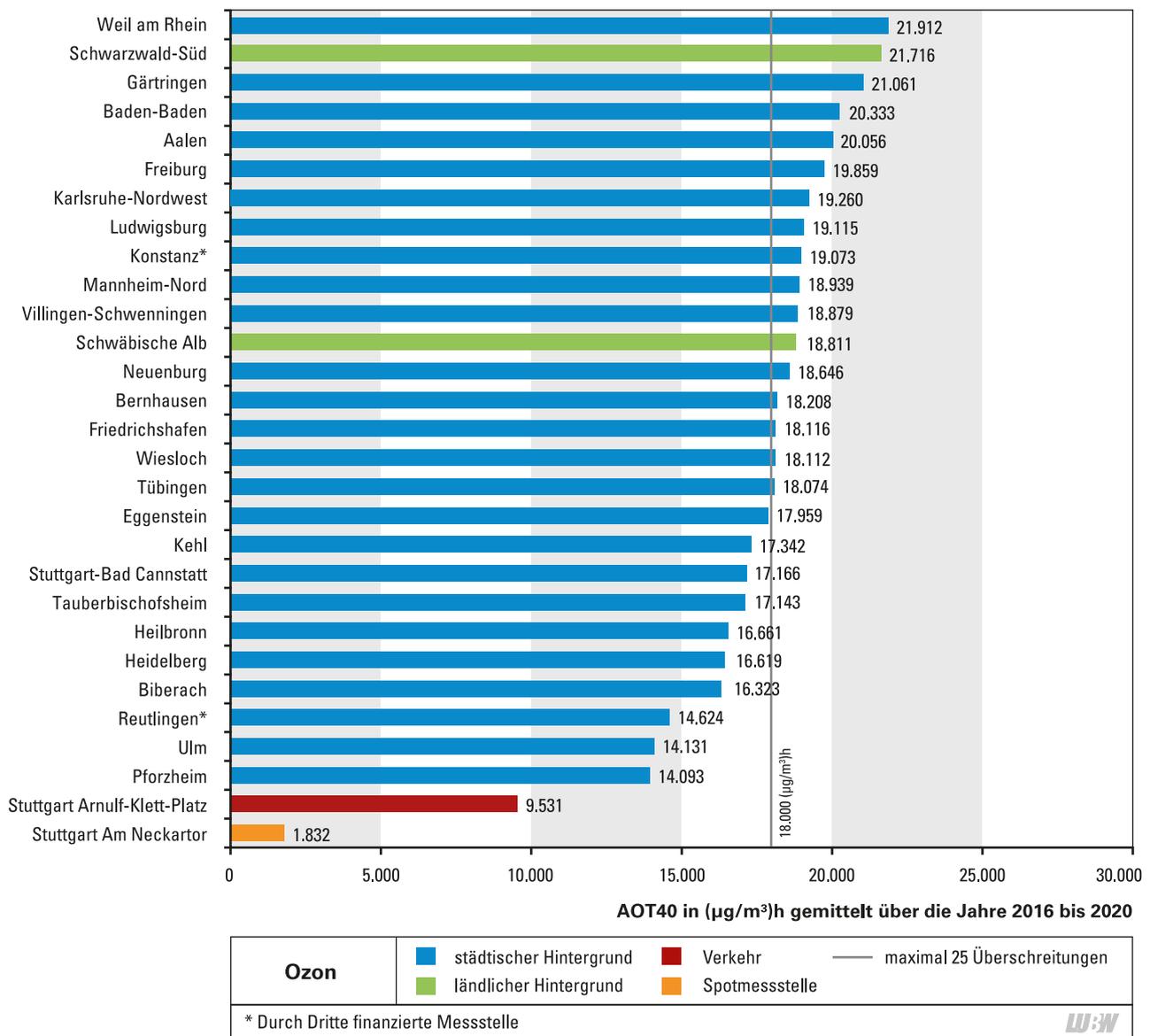


Abbildung 2.16: Ozonkonzentrationen berechnet als AOT40 in (µg/m³)h (Mittlung über die Jahre 2016 bis 2020) an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor

2.7 Schwefeldioxid

Die Belastung durch Schwefeldioxid in Baden-Württemberg liegt verglichen mit den gültigen Grenzwerten (Tabelle 1.2) auf einem sehr niedrigen Niveau (Tabelle 2.1). 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 zulässigen 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 2020 sicher eingehalten. Der maximale 1-Stunden- bzw. Tagesmittelwert für Schwefeldioxid

trat jeweils mit 127 µg/m³ bzw. 20 µg/m³ an der städtischen Hintergrundmessstation Mannheim-Nord auf.

2.8 Ammoniak

Die Ammoniak-Messungen erfolgen seit 2019 an allen Messstellen mit Radiello-Passivsammlern. Für das Jahr 2020 lagen die so ermittelten Jahresmittelwerte von Ammoniak im Bereich von 0,6 µg/m³ bis 5,3 µg/m³.

Die Höhe der gemessenen Ammoniakkonzentrationen wird geprägt durch die fernere oder nähere Umgebung von möglichen Emittenten. Emittentferne Ammoniakmessungen finden im Umfeld, das heißt in größerer Entfernung zu zum Beispiel landwirtschaftlichen und industriellen Emittenten statt. Die emittentfernen Messungen

ermöglichen eine Bewertung der Ammoniakvorbelastung für die jeweilige Umgebung. Emittentennahe Ammoniakmessungen finden in direkter Nähe zu verkehrsgeprägten Standorten zum Beispiel am Straßenrand statt, um dort emissionsbedingte Veränderungen feststellen zu können. Diese Messungen spiegeln die Immissionssituation in unmittelbarer Verkehrsnähe, also emittentennah, wider.

Im Jahr 2020 lagen an den emittententfernen Standorten die Jahresmittelwerte von Ammoniak im Bereich von $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 2.17). An den emittentennahen, das heißt an den verkehrsgeprägten Standorten, wurden über das Jahr 2020 gemittelte Konzentrationen zwischen $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ammoniak gemessen (Abbildung 2.18).

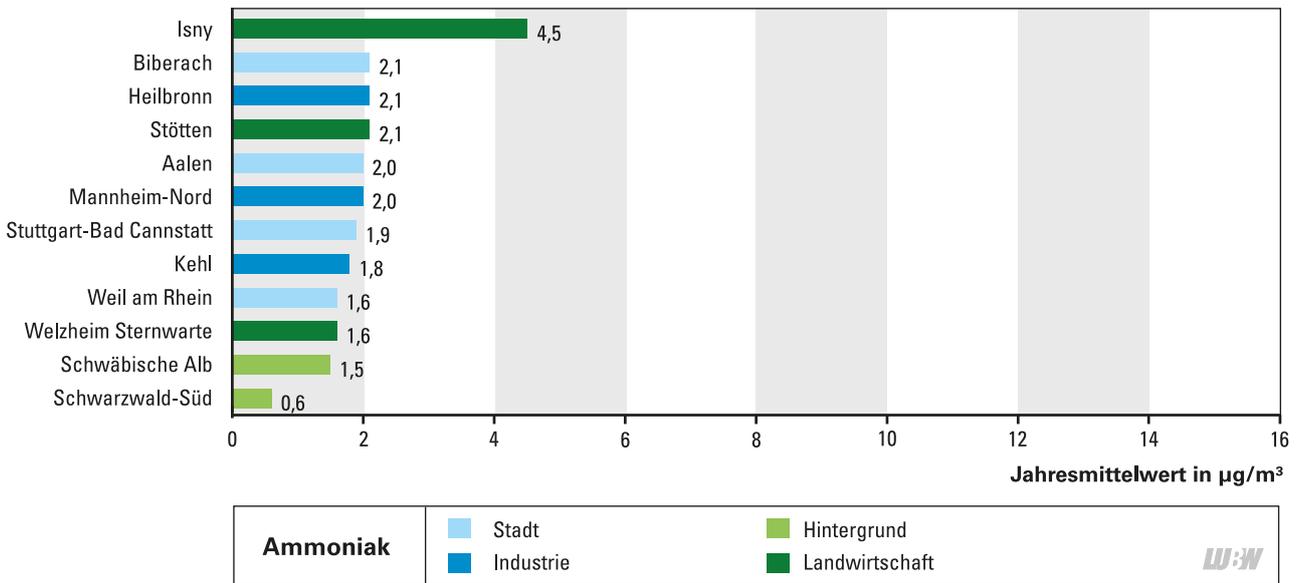


Abbildung 2.17: Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen an Standorten im weiträumigen Umfeld möglicher Quellen (emittententfern) in Baden-Württemberg im Jahr 2020

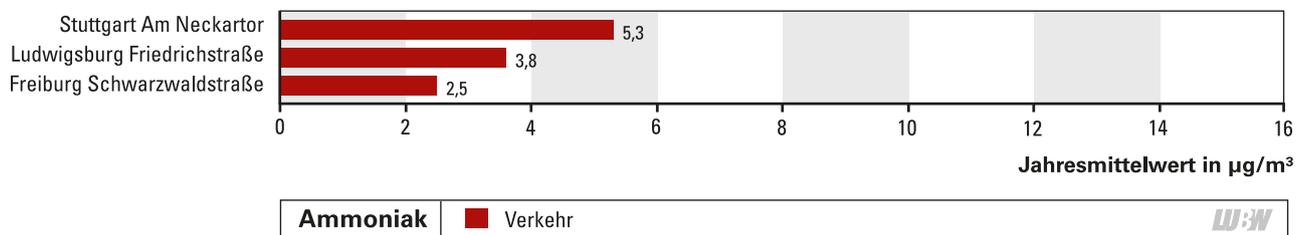


Abbildung 2.18: Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen in unmittelbarer Quellennähe verkehrsgeprägter Standorte (emittentennah) in Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.9 Kohlenmonoxid

Die im Jahr 2020 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 2020 an allen Messstationen weit unterschritten (Abbildung 2.19). Die maximalen 8-Stundenmittelwerte lagen dabei im Bereich von 0,8 mg/m³ (Schramberg Oberndorfer Straße) bis 1,7 mg/m³ (Reutlingen Lederstraße-Ost).

2.10 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 2020 mit 1,1 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor) und 0,9 µg/m³ (Mannheim Friedrichsring) sicher eingehalten (Tabelle 2.2).

2.11 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 2020 sowohl an allen Messstationen des Luftmessnetzes als auch an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor eingehalten (Abbildung 2.20). Die mit 0,5 ng/m³ höchste Belastung

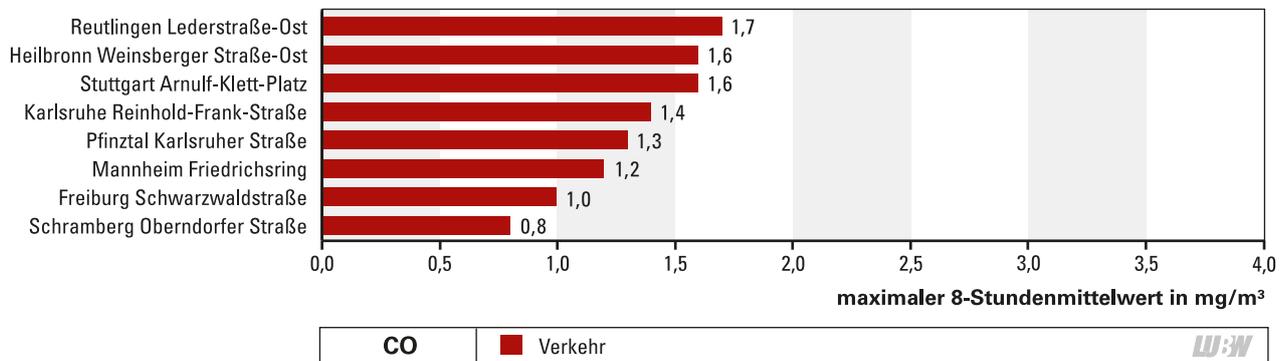


Abbildung 2.19: Maximale 8-Stundenmittelwerte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2020

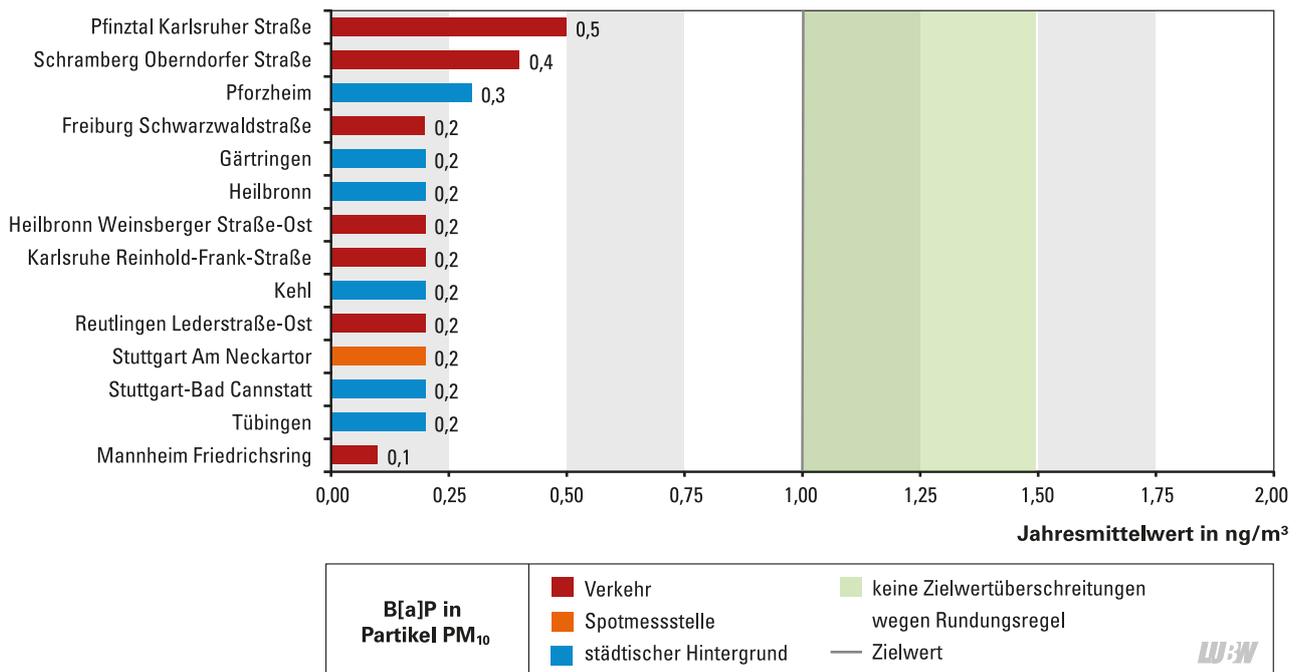


Abbildung 2.20: Jahresmittelwerte der Benzo[a]pyrenkonzentrationen in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

durch Benzo[a]pyren wurde an der Verkehrsmessstation Pfinztal Karlsruher Straße festgestellt. Für die anderen Messstellen wurden mittlere Benzo[a]pyrenkonzentrationen im Bereich zwischen 0,1 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.

2.12 Schwermetalle in der Partikelfraktion PM₁₀

In der Abbildung 2.21 sind die Spannweiten der an 4 Messstationen des Luftmessnetzes (alle im städtischen Hintergrund) und an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessenen Jahresmittelwerte für das Jahr 2020 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 4,8 ng/m³

höchste Jahresmittelwert für Blei wurde an der städtischen Hintergrundmessstation Kehl gemessen, für Stuttgart Am Neckartor lag der Jahresmittelwert bei 2,8 ng/m³. Für die in der Partikelfraktion PM₁₀ gemessenen Anteile an Nickel und Arsen traten die höchsten Jahresmittelwerte mit 1,6 ng/m³ und 0,5 ng/m³ an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor auf. Die Jahresmittelwerte für Kadmium lagen an allen Messstationen bei 0,1 ng/m³.

2.13 Ruß in der Partikelfraktion PM₁₀

Auch bei Ruß ist der Hauptemittent der Verkehr und so traten im Jahr 2020 die höchsten Jahresmittelwerte erwartungsgemäß an den verkehrsnahen Messstellen auf (Abbildung 2.22). Die Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentrationen lagen im Jahr 2020 im städtischen Hintergrund zwischen 1,0 µg/m³ (Gärtringen) und 1,3 µg/m³ (Stuttgart-Bad Cannstatt) sowie an den verkehrsnahen Messstellen zwischen 1,5 µg/m³ (Freiburg Schwarzwaldstraße) und 1,9 µg/m³ (Stuttgart Am Neckartor). 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.

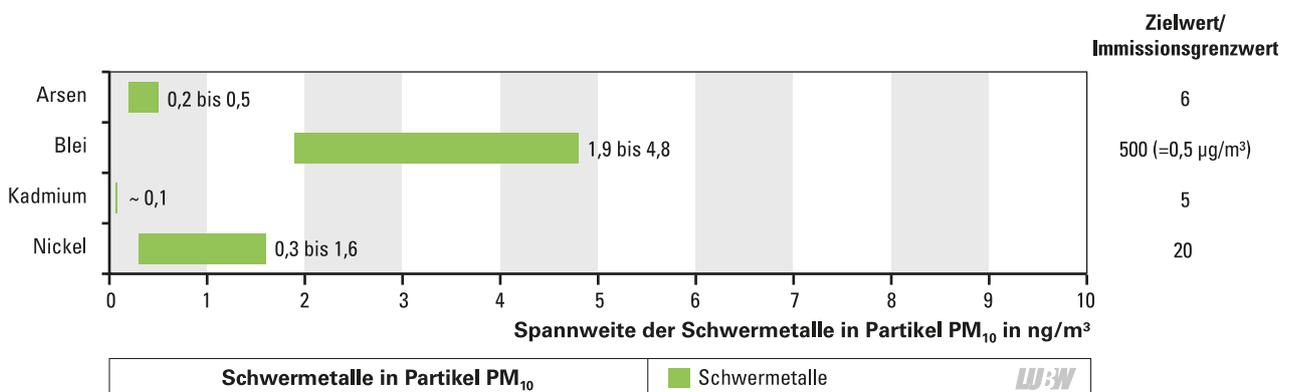


Abbildung 2.21: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwermetallkonzentrationen von Arsen, Blei, Kadmium und Nickel in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg und der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020

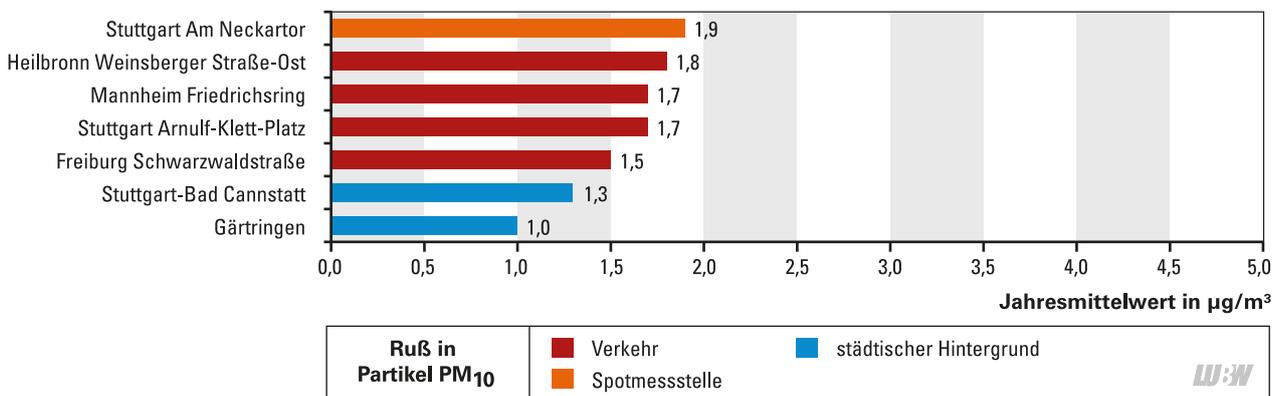


Abbildung 2.22: Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentrationen in der Partikelfraktion PM₁₀ an den Messstationen des Luftmessnetzes und an den Spotmessstellen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.14 Schadstoffdepositionen

Die Staubbiederschläge werden in Bergerhoff-Gefäßen an 6 Standorten gemessen. Die Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2020 zwischen 0,03 g/(m²d) und 0,07 g/(m²d) und damit deutlich unterhalb des Immissionswertes der TA Luft von 0,35 g/(m²d) (Abbildung 2.23).

Im Staubbiederschlag wurden die Schwermetalle Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel bestimmt. Die Spannweiten der jeweiligen Schwermetalleinträge sind in der Abbildung 2.24 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 2.25 wird erkennbar, dass im 8. Messzyklus (25.06. bis 23.07.2020) ein erhöhter Arseneintrag in Mannheim-Nord stattfand. Dieser hohe Eintrag führte zu einem Jahresmittelwert von 5,0 µg/(m²d) und damit zu einer Überschreitung des in der TA Luft aufgeführten Immissionswertes von 4 µg/(m²d). Die erhöhten Werte traten im gleichen Zeitraum auf wie im Jahr 2019. Bei einer Vor-Ort-Begehung 2020 konnten keine eindeutigen Ver-

ursacher ermittelt werden. Wird der erhöhte Arseneintrag im Juni/Juli am Messstandort Mannheim-Nord nicht für die Bildung des Jahresmittelwertes herangezogen, so ergibt sich ein Mittelwert von 0,4 µg/(m²d).

Die Ammonium-, Nitrat- und Sulfateinträge wurden im Jahr 2020 über wet-only-Sammler an 5 Standorten bestimmt. Dabei konnte mit Eigenbrodt-Sammlern die nasse Deposition 14-tägig erhoben werden. An der Messstelle Stötten kam es zu einem dauerhaften Geräteausfall. 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 2020 relativ niederschlagsarm, so dass 2 bis 4 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 2.26 dargestellt.

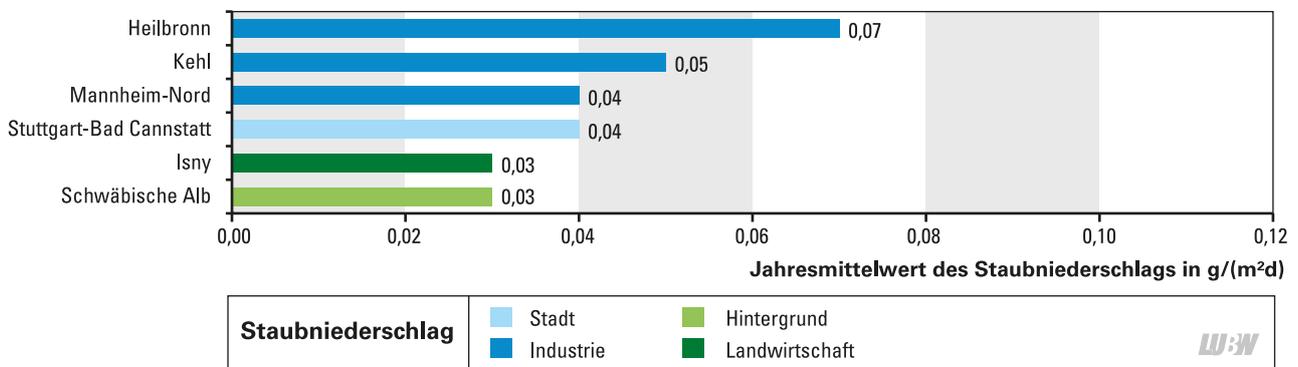


Abbildung 2.23: Jahresmittelwerte der Staubbiederschläge an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2020

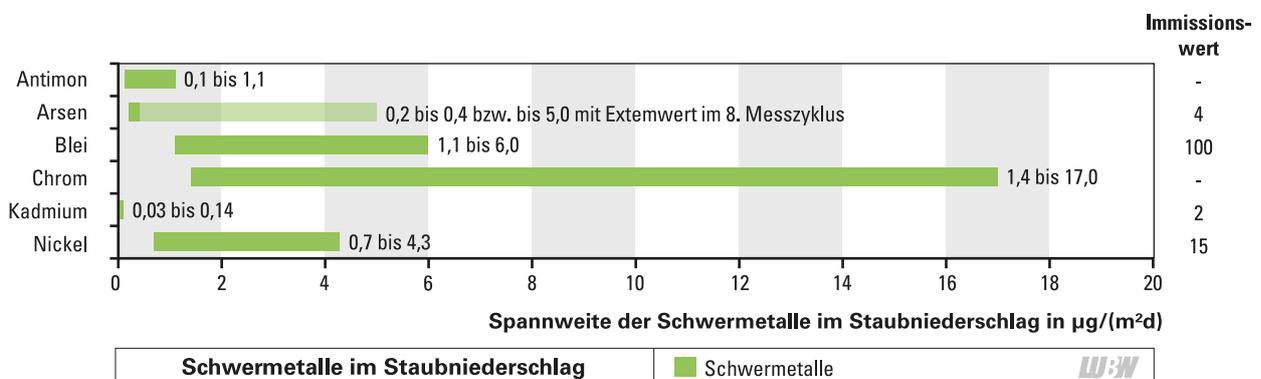


Abbildung 2.24: Spannweiten der Jahresmittelwerte der Schwermetalleinträge von Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel im Staubbiederschlag an den Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2020

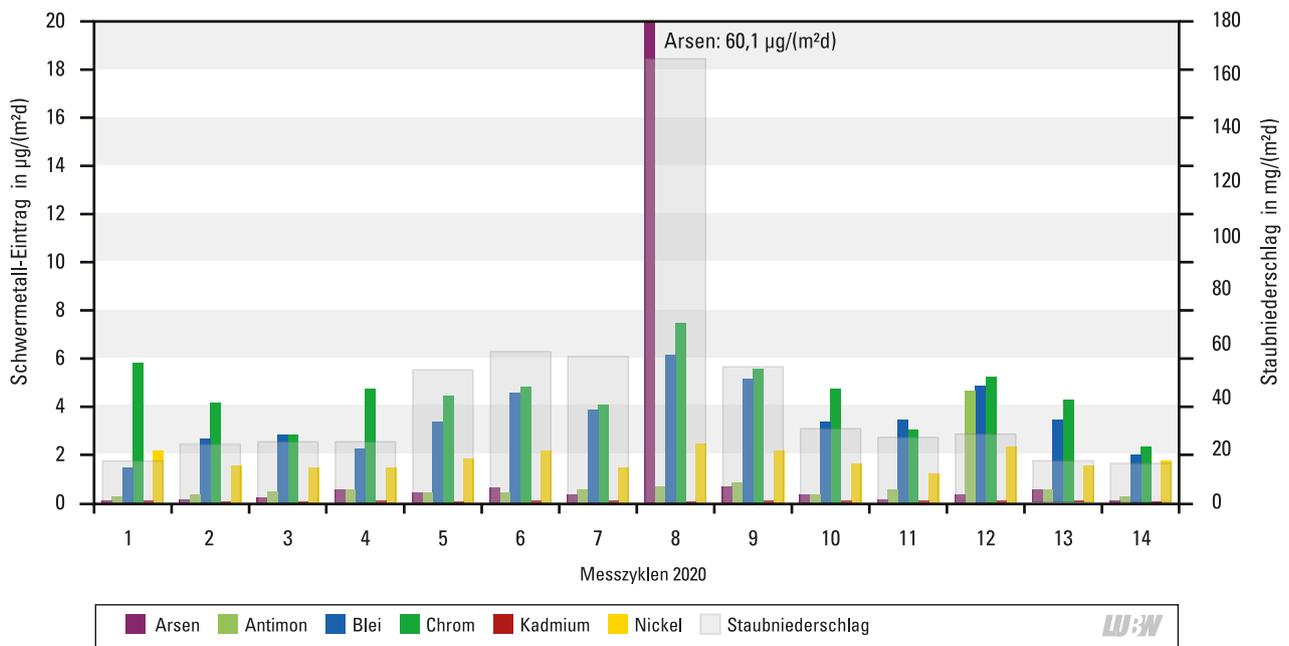


Abbildung 2.25: Schwermetalleinträge von Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kadmium und Nickel im Staubniederschlag sowie der Staubniederschlag im Jahresverlauf am Messstandort Mannheim-Nord im Jahr 2020

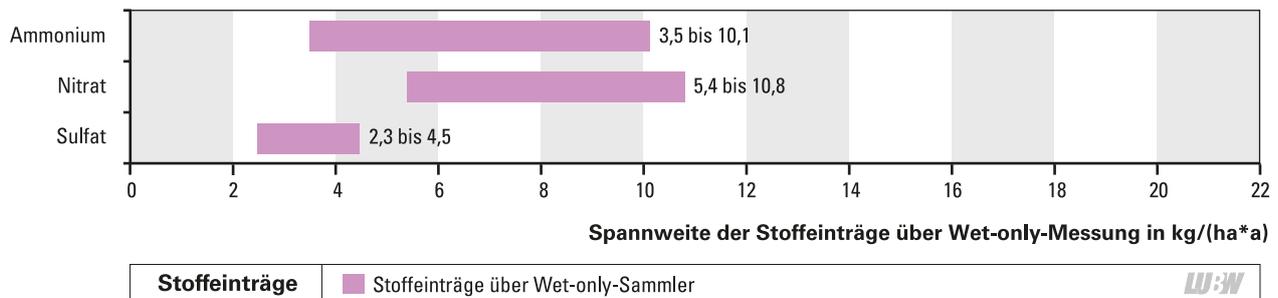


Abbildung 2.26 Spannweiten der Ammonium-, Nitrat- und Sulfateinträge über wet-only-Sammler an 4 Standorten des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg im Jahr 2020

2.15 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 unter anderem auch ein Vergleich der Luftbelastung in den einzelnen Regionen möglich ist.

In den Abbildungen 2.27 und 2.28 sind die 20 am höchsten belasteten Messstationen in Deutschland im Jahr 2020 dargestellt; betrachtet wird die Belastung durch die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Partikel PM_{10} . Der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird an 7 der 20 Messstationen überschritten (München Landshuter Allee, Darmstadt Hugelstrae 1, Hamburg Habichtstrae, Limburg Schiede 1, Ludwigsburg

Schlossstraße, Stuttgart Pragstraße und Stuttgart Talstraße). Der 1-Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Stickstoffdioxid wird an keiner Messstation überschritten. Der Immissionsgrenzwert für Partikel PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird an allen Messstationen eingehalten. Die höchsten Partikel PM_{10} -Konzentrationen treten hier an den Standorten Duisburg Kieitzmhlenstrae, Essen Gladbecker Straße, Gelsenkirchen Kurt-Schumacher-Straße und Lnnen Freytagstrae auf. Der Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird zwischen 1 mal (Kassel Fnffensterstrae) bis 17 mal (Stuttgart Am Neckartor) berschritten. Bei 35 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr wird der auf das Tagesmittel bezogene Immissionsgrenzwert somit aber an allen Messstationen ebenfalls eingehalten. Aus den Abbildungen ist auch ersichtlich, dass einige verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg zu den am höchsten belasteten Messstationen in Deutschland gehören.

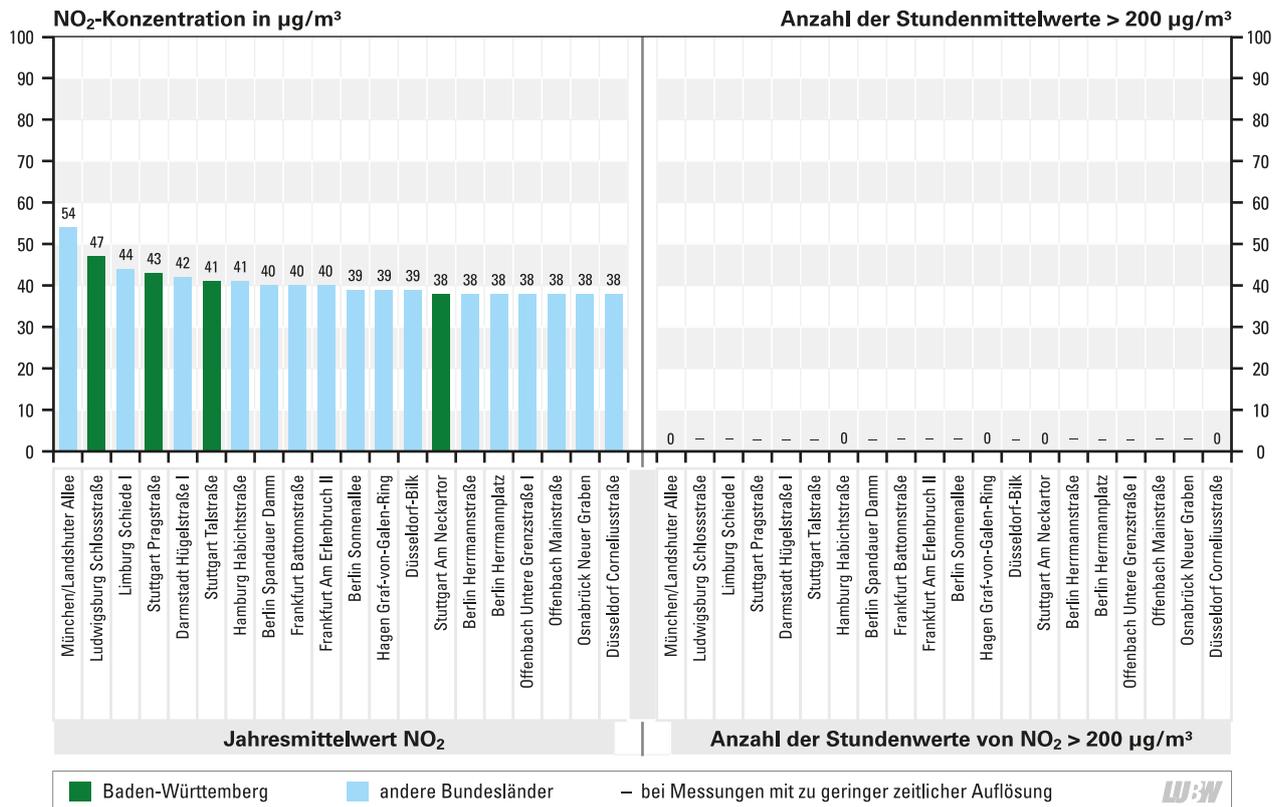


Abbildung 2.27: Messstationen mit den höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen sowie der Anzahl der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 200 µg/m³ (1-Stundenmittelwert) in Deutschland im Jahr 2020 (Quelle: Umweltbundesamt, LUBW)

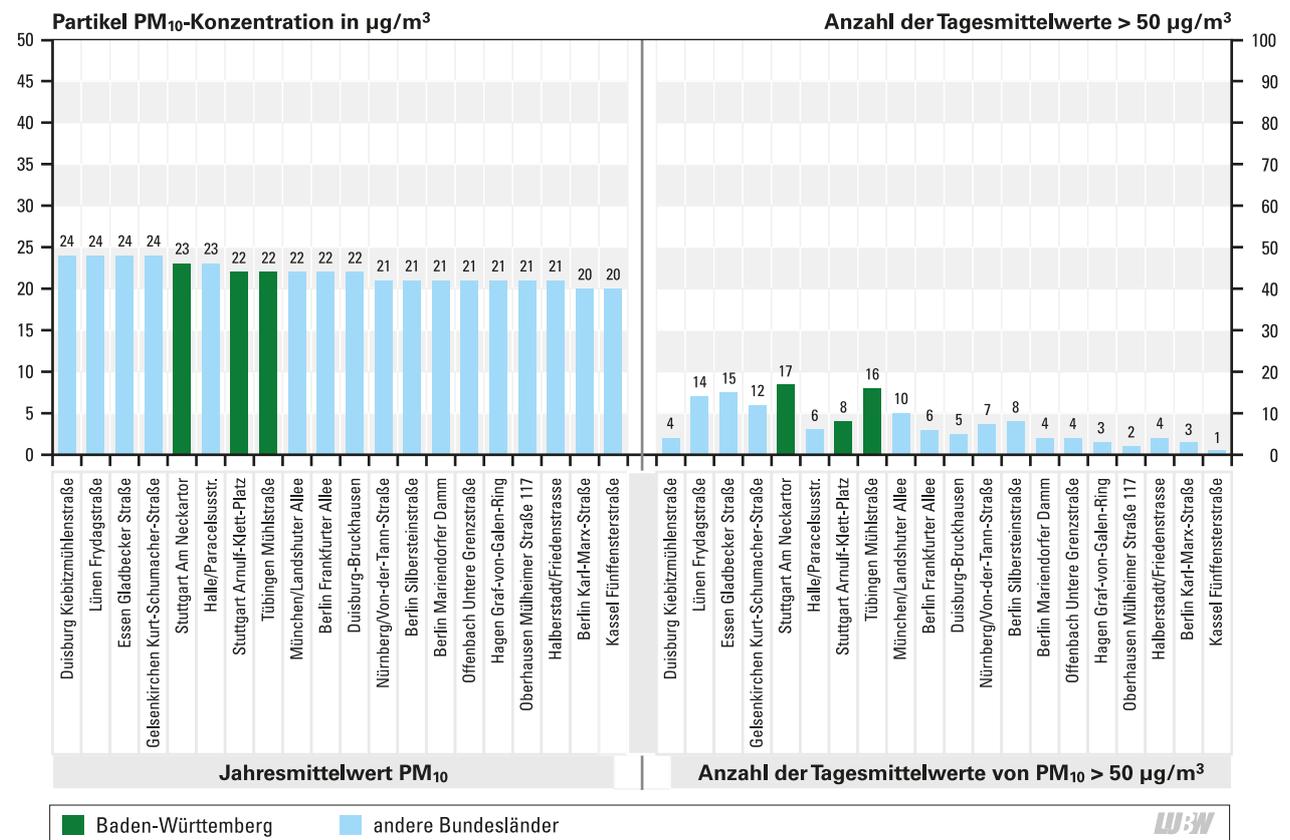


Abbildung 2.28: Messstationen mit den höchsten Partikel PM₁₀-Konzentrationen sowie der Anzahl der Tage mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) in Deutschland im Jahr 2020; Messwerte ohne Streusalzabzug dargestellt (Quelle: Umweltbundesamt, LUBW)

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 ein-

heitlich alle Stationen dargestellt, die im Jahr 2020 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 2020 bzw. soweit verfügbar dargestellt.

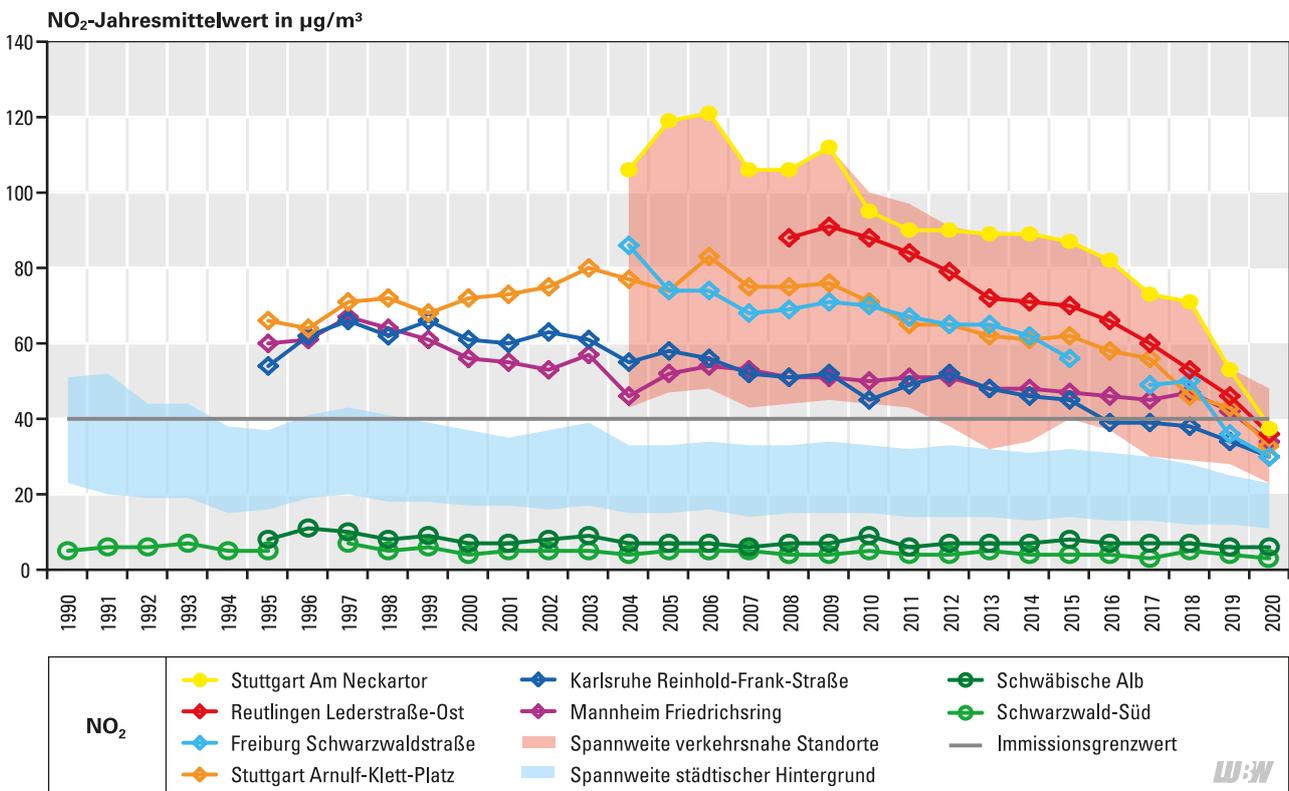


Abbildung 3.1: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

Anzahl der NO₂-Einstundenmittelwerte über 200 µg/m³

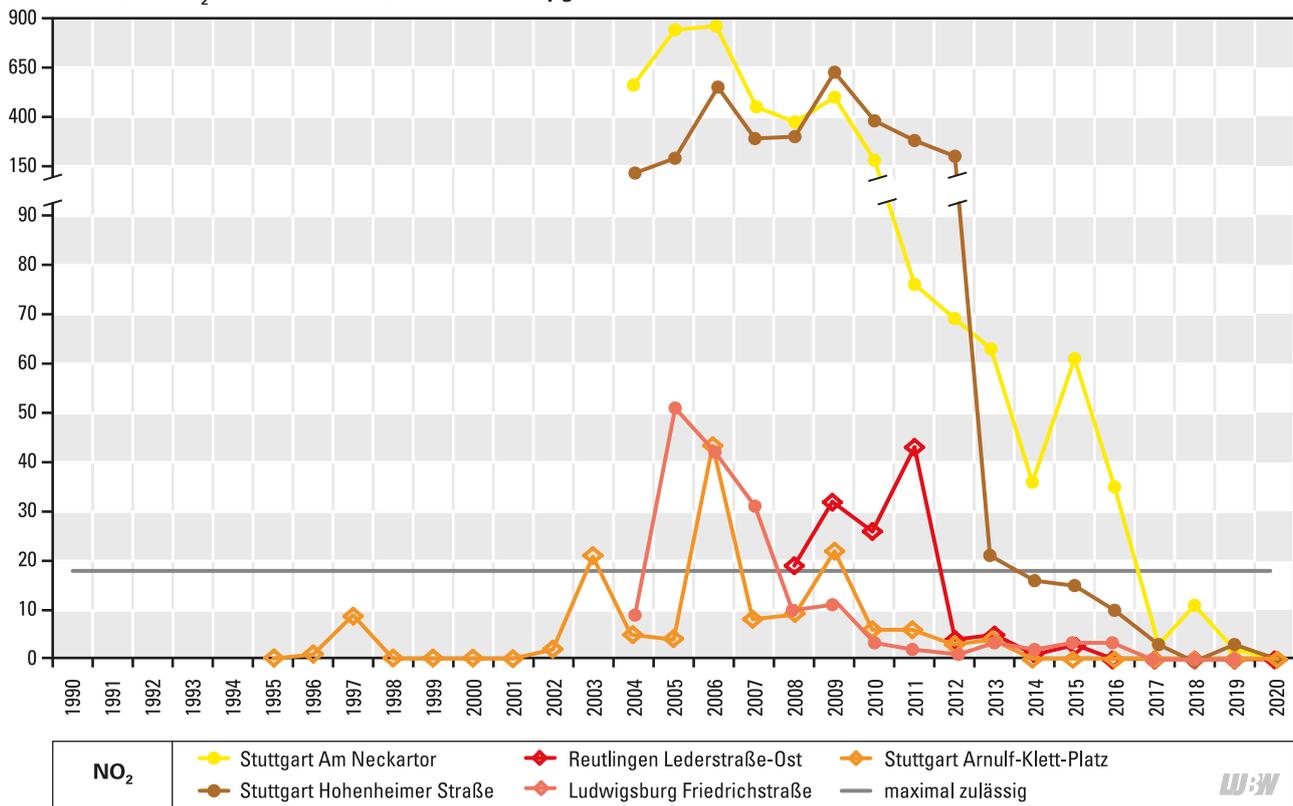


Abbildung 3.2: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid (Anzahl der Stundenmittelwerte über 200 µg/m³) in Baden-Württemberg

NO-Jahresmittelwert in µg/m³

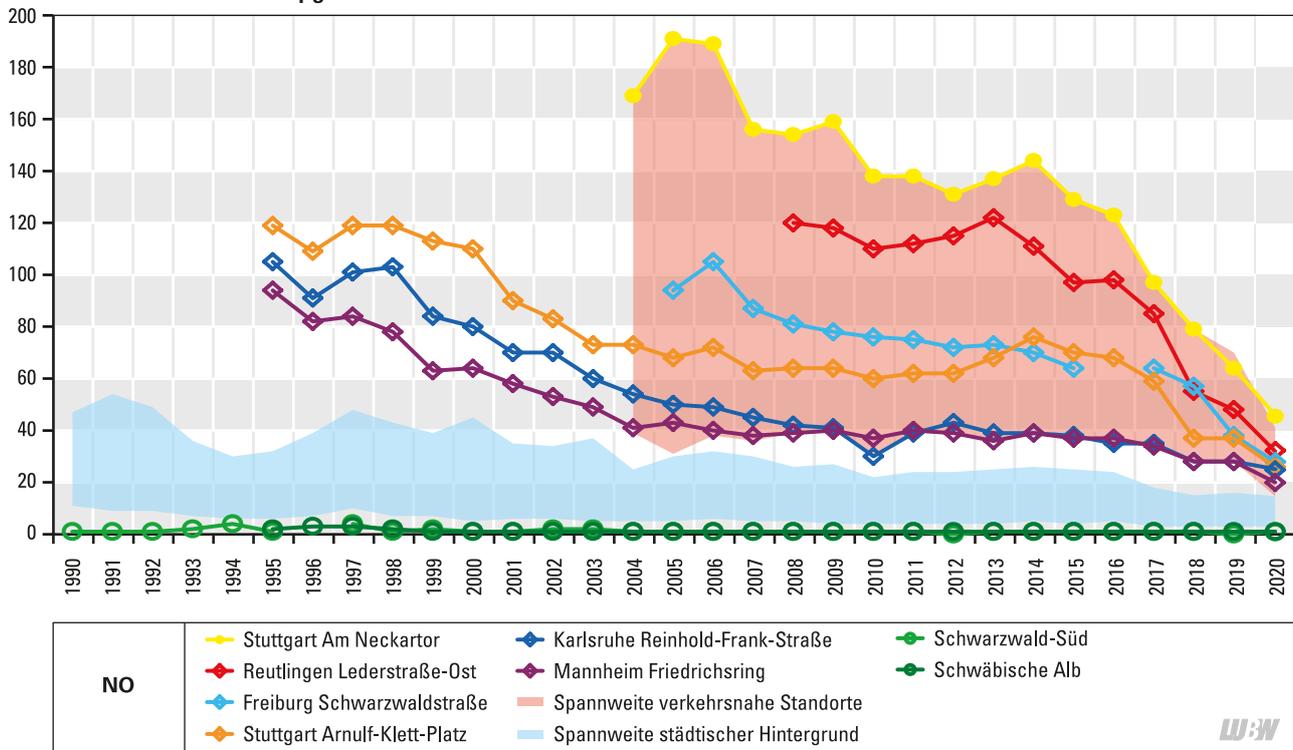


Abbildung 3.3: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Stickstoffmonoxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

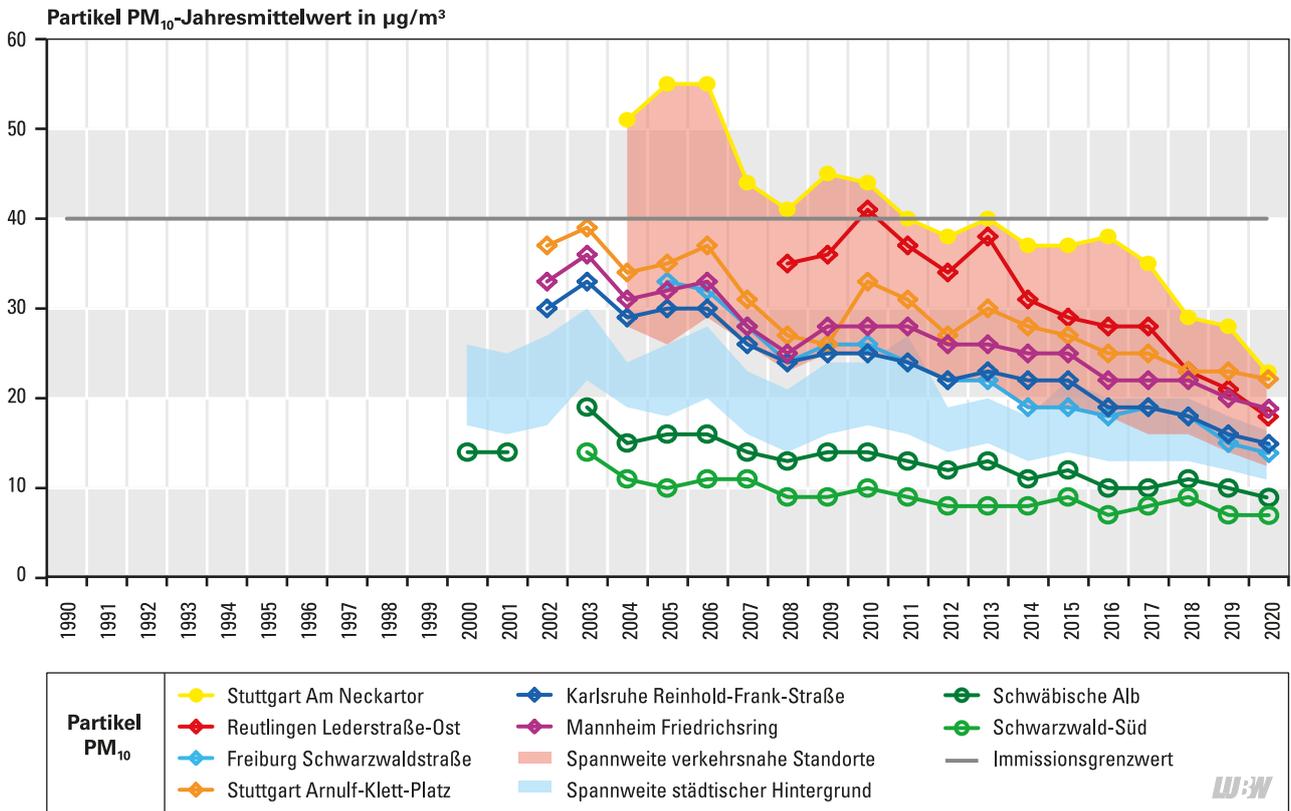


Abbildung 3.4: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM₁₀ (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

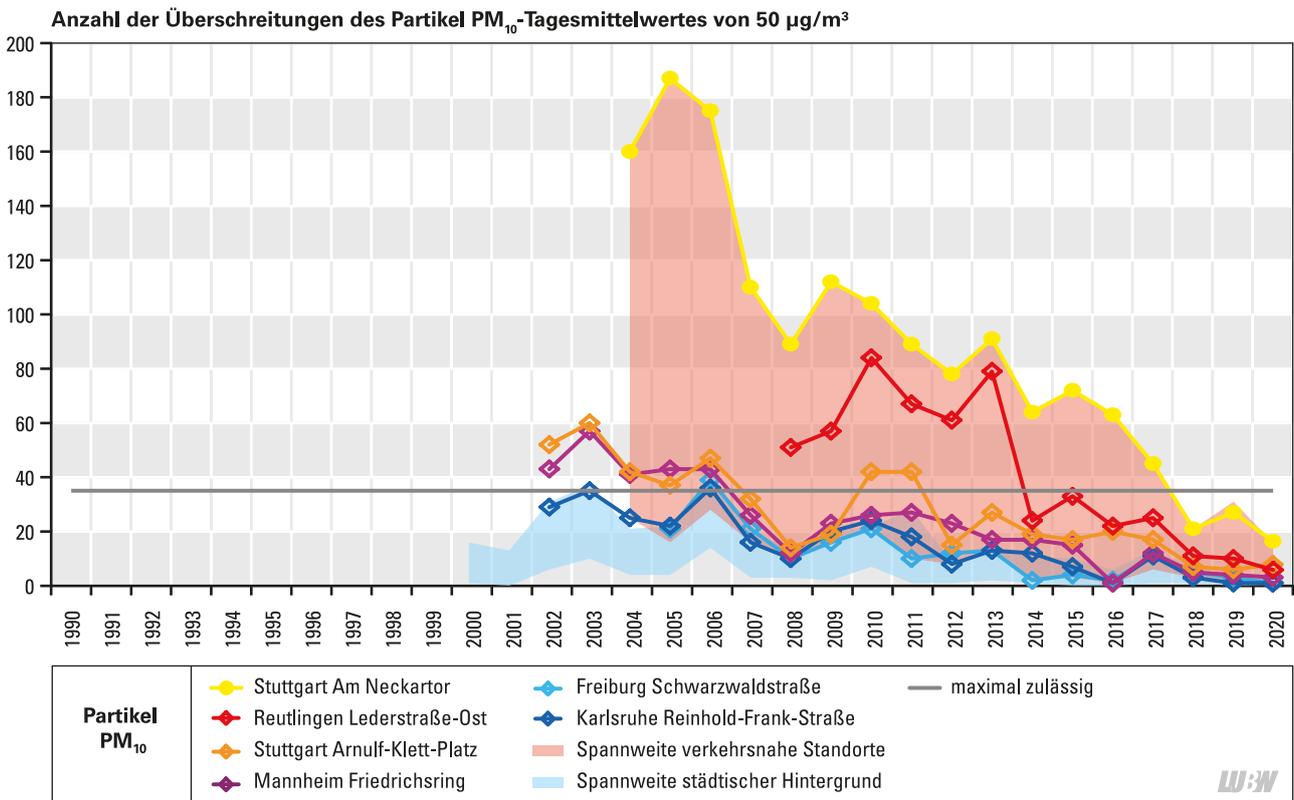


Abbildung 3.5: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM₁₀ (Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³) in Baden-Württemberg

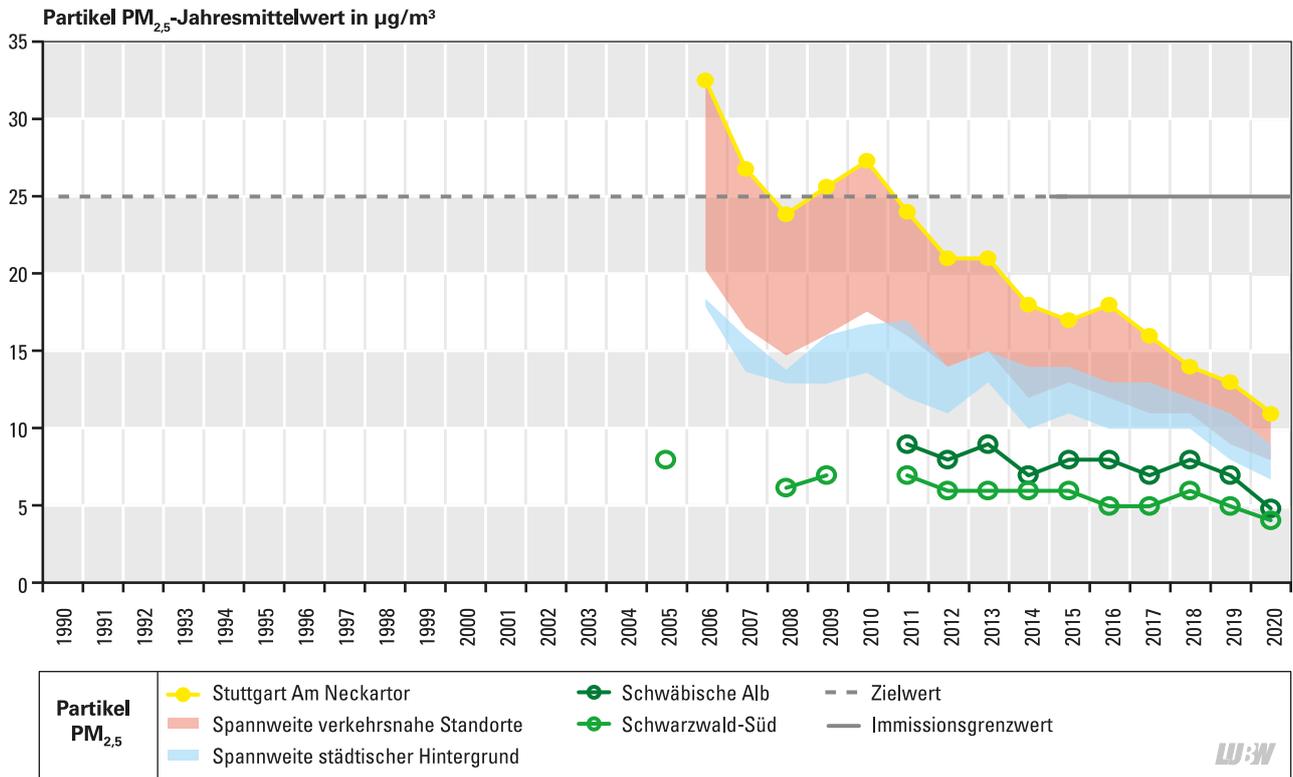


Abbildung 3.6: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Partikel PM_{2,5} (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

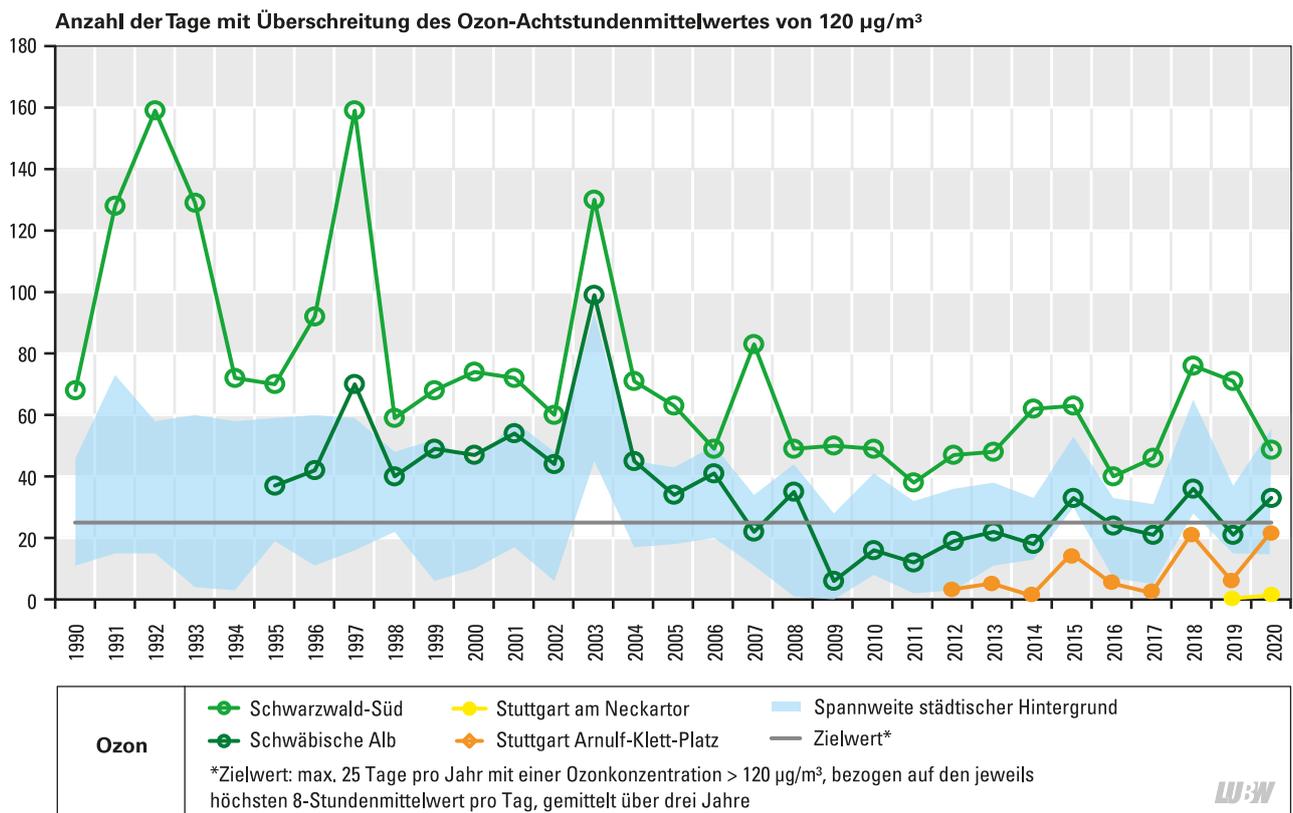


Abbildung 3.7: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Ozon (Anzahl der Tage mit Überschreitung des 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m³) in Baden-Württemberg

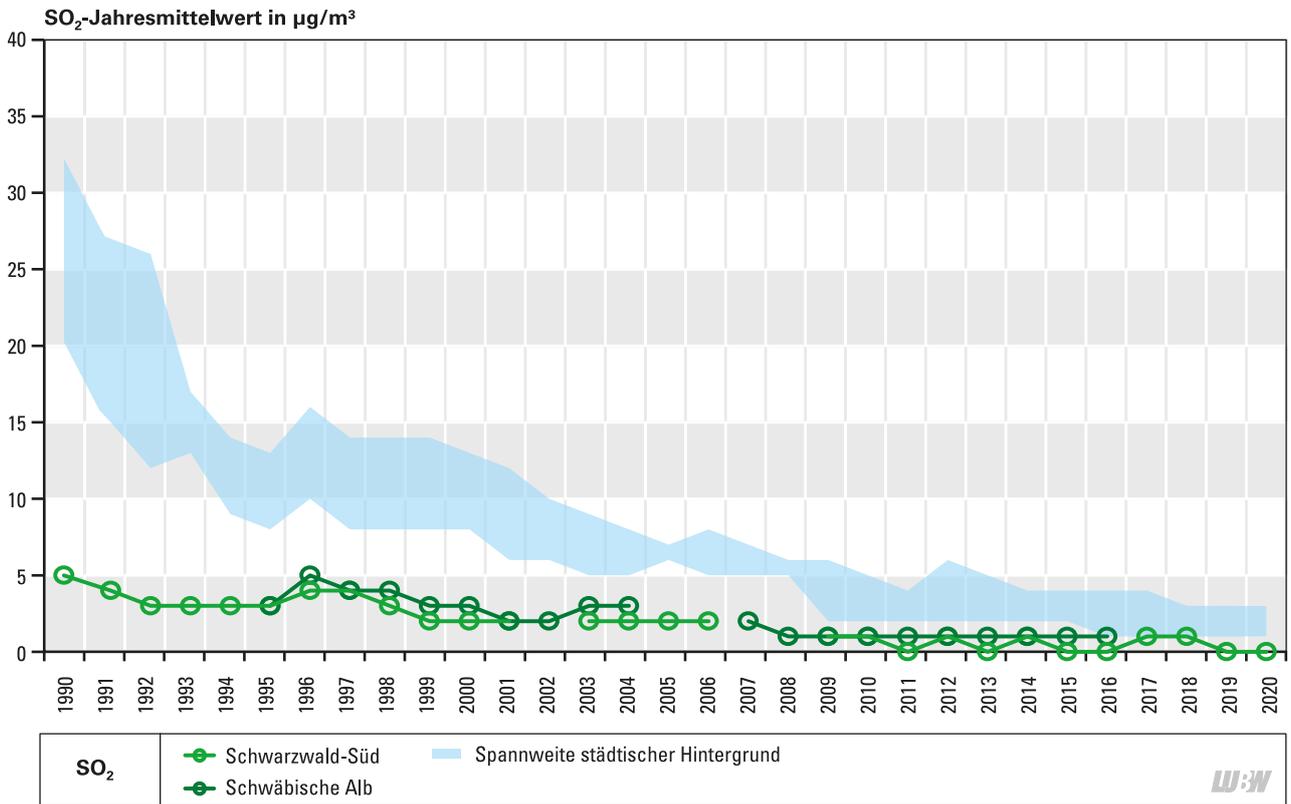


Abbildung 3.8: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

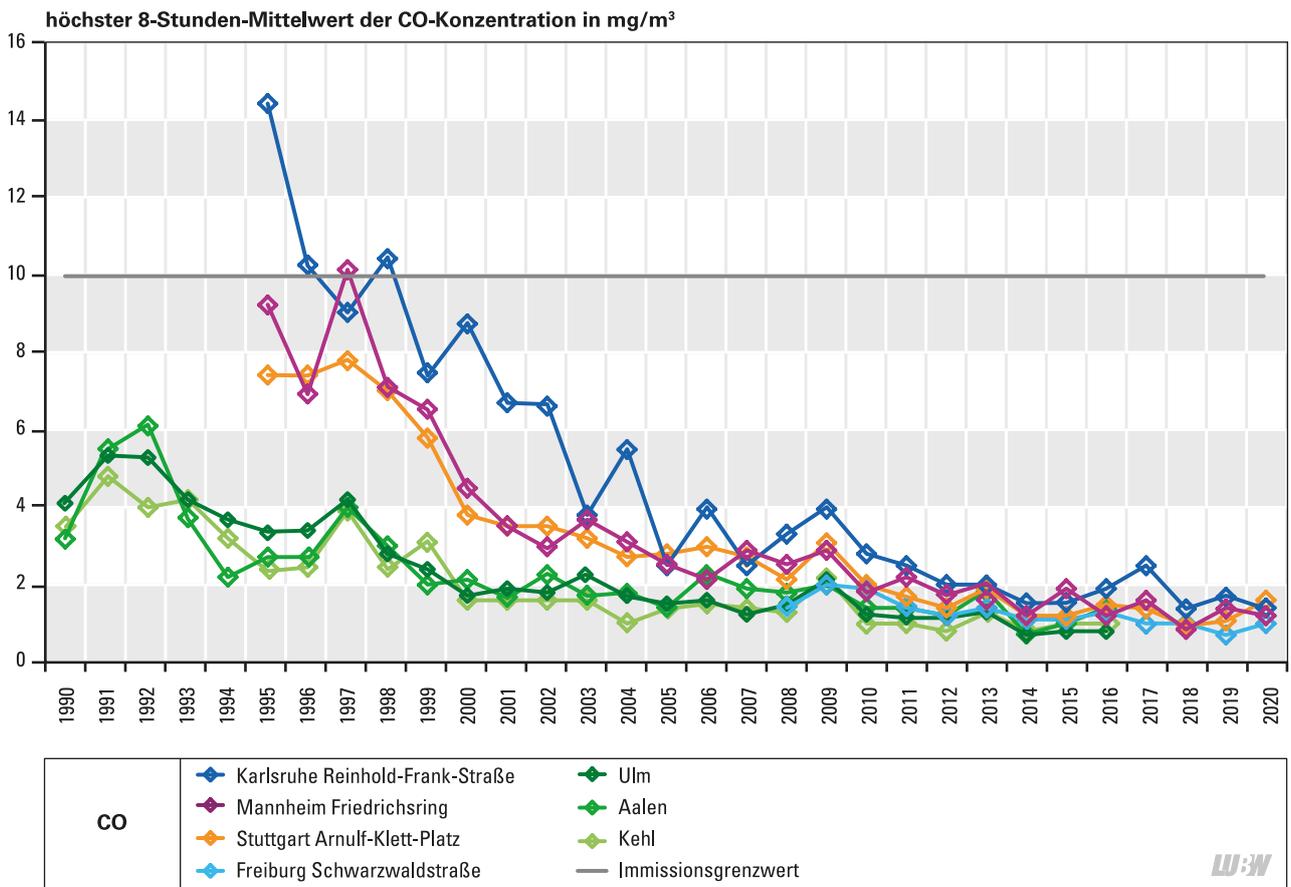


Abbildung 3.9: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Kohlenmonoxid (höchste 8-Stunden-Mittelwerte eines Jahres) in Baden-Württemberg

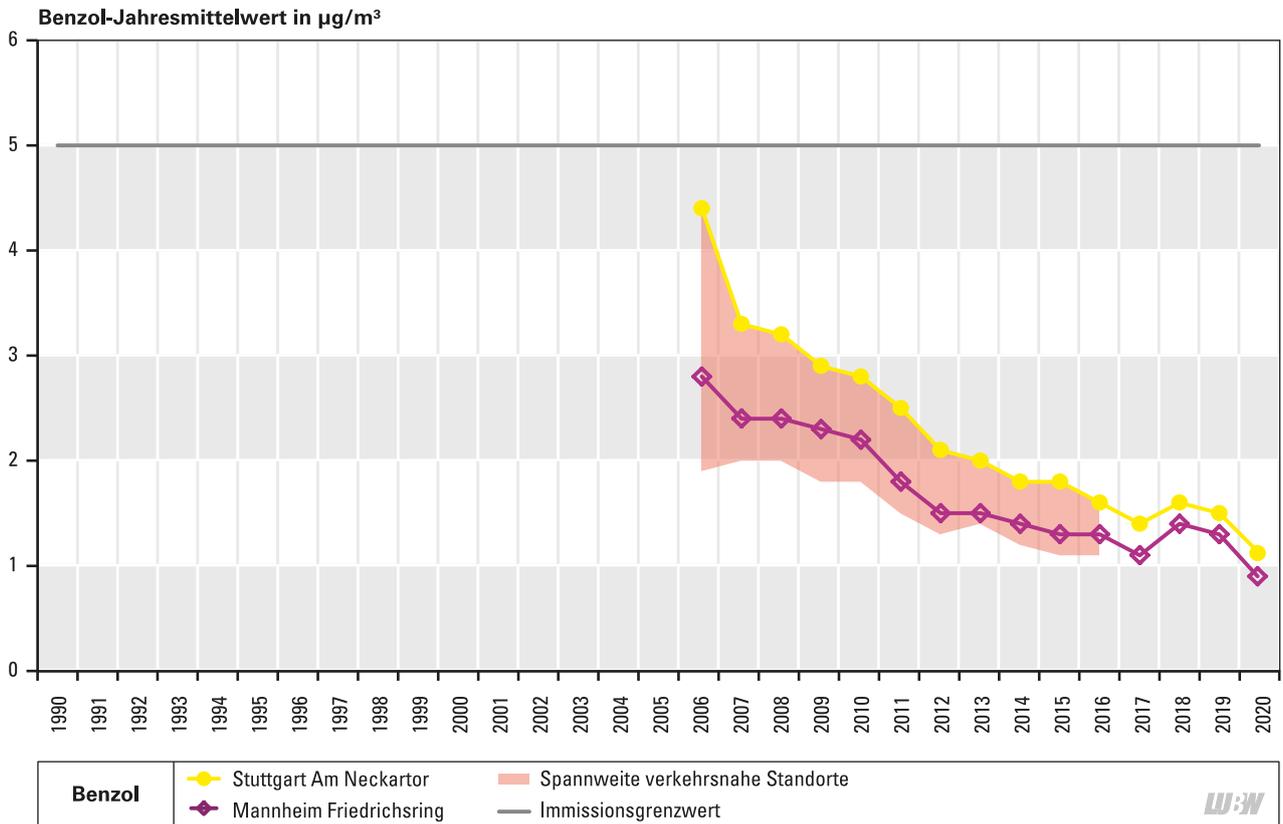


Abbildung 3.10: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Benzol (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

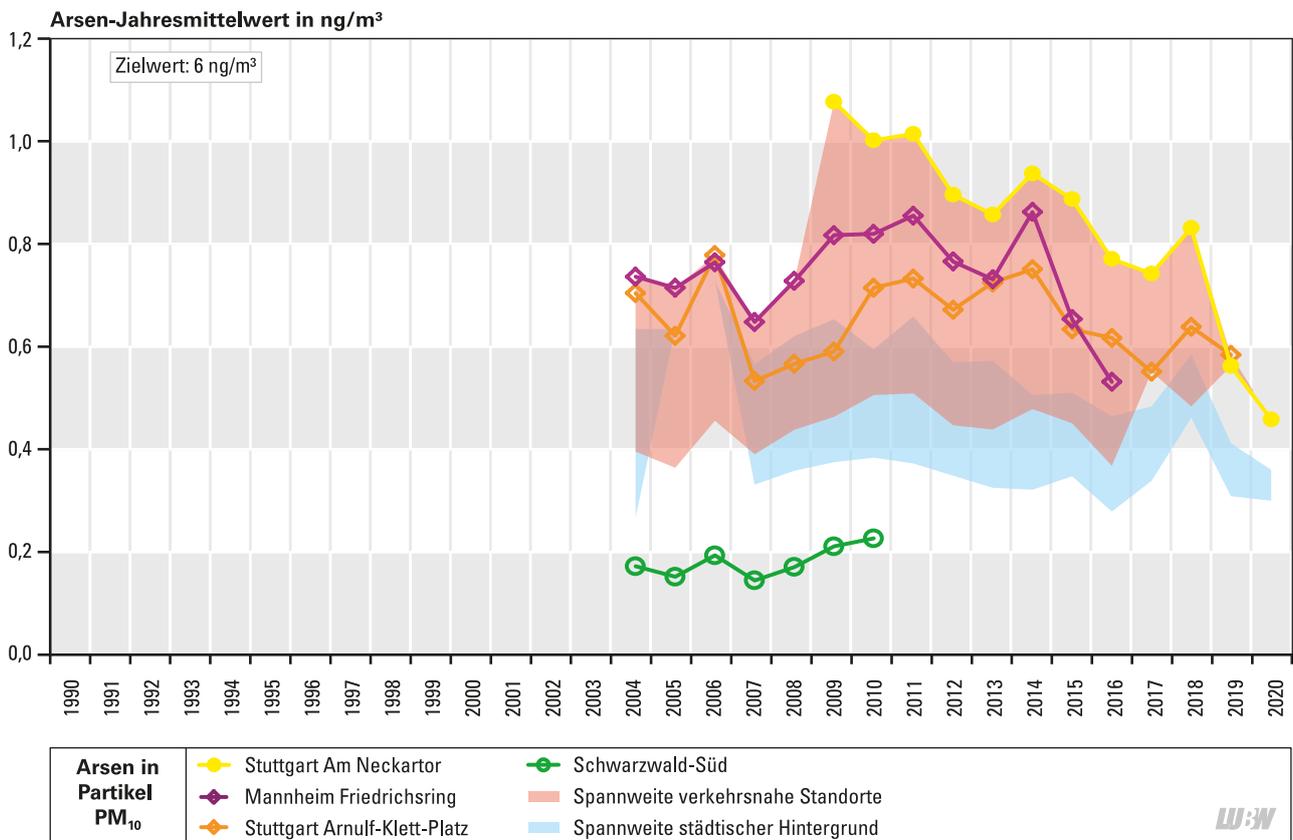


Abbildung 3.11: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Arsen (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

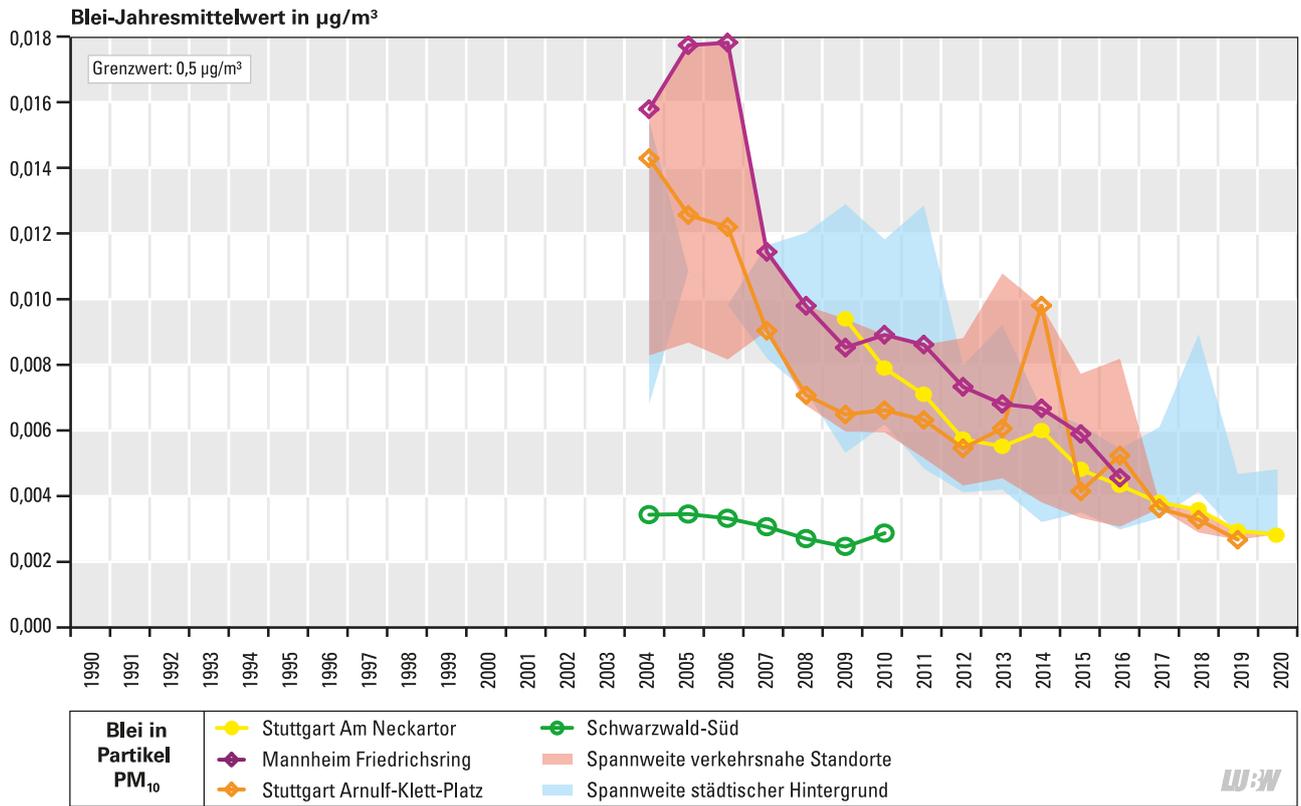


Abbildung 3.12: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Blei (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

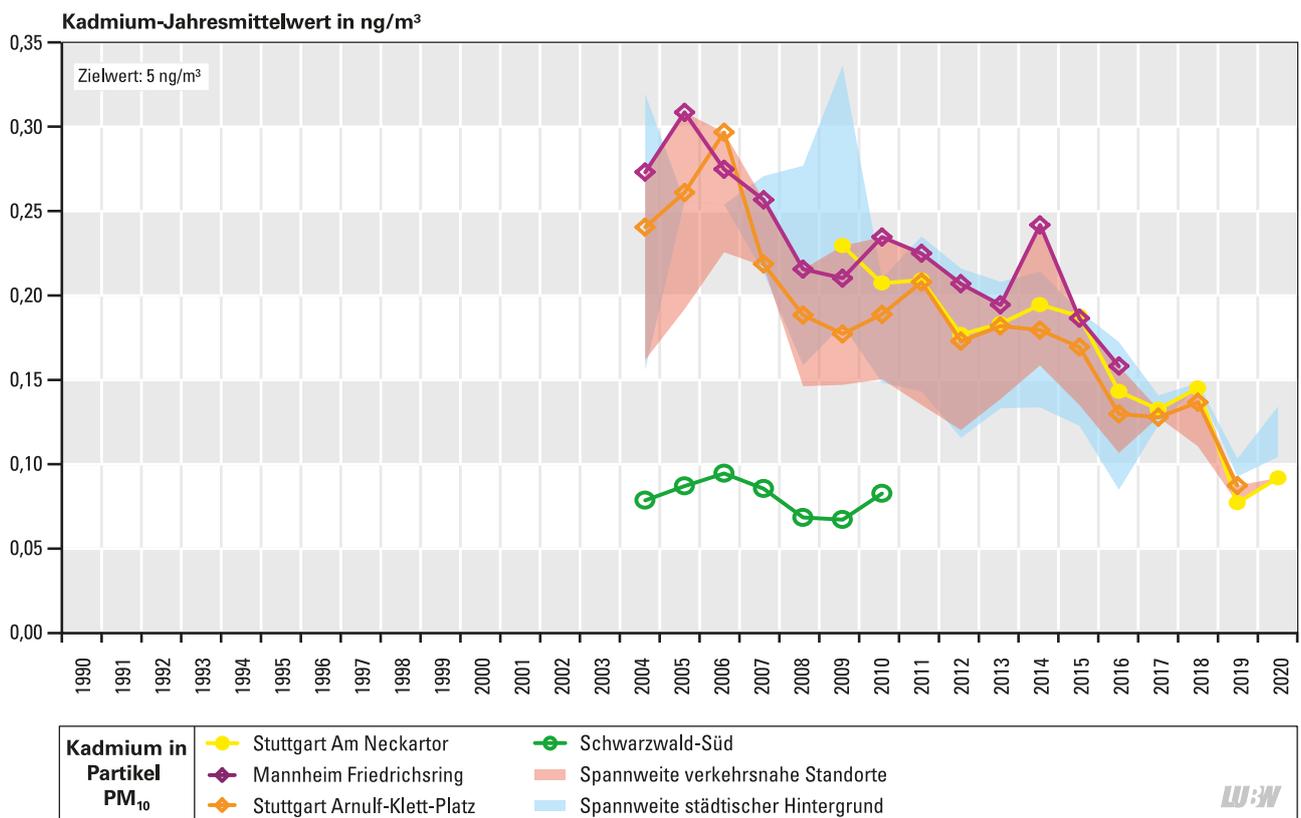


Abbildung 3.13: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Kadmium (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

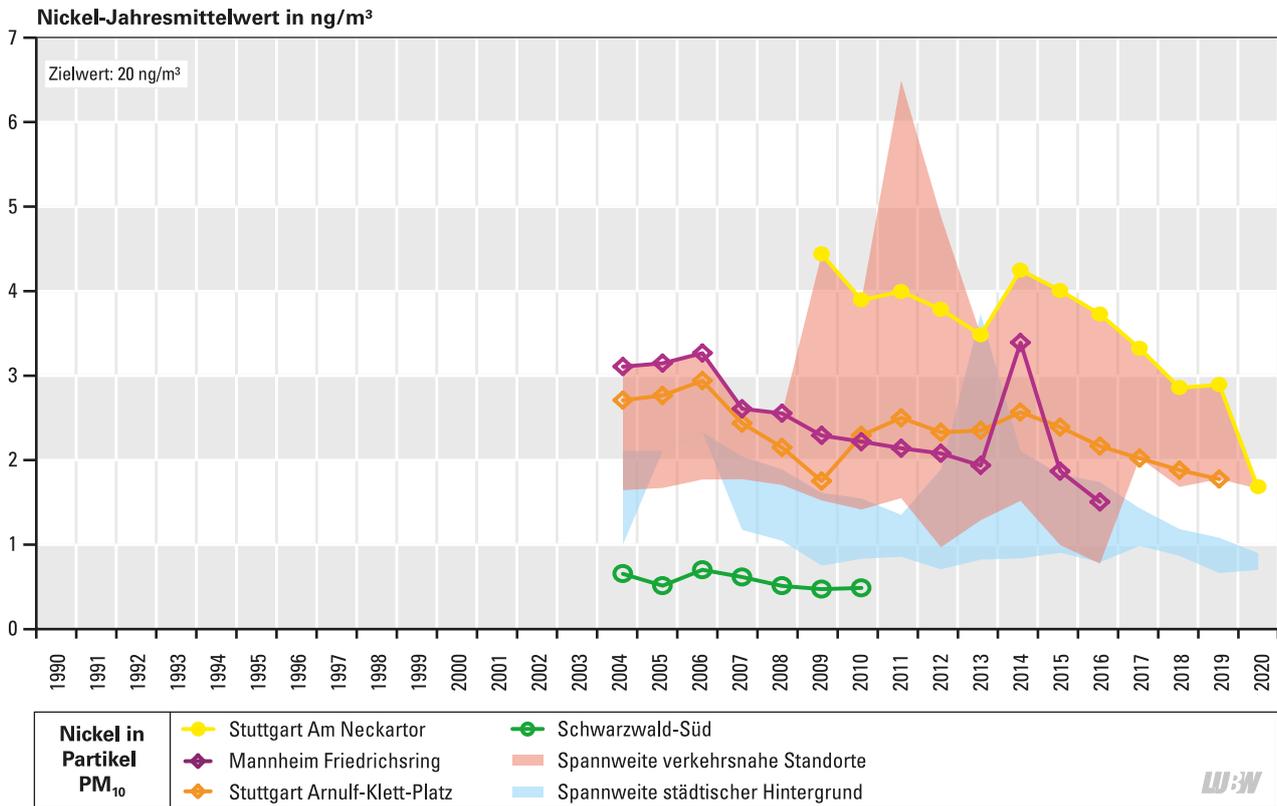


Abbildung 3.14: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Nickel (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

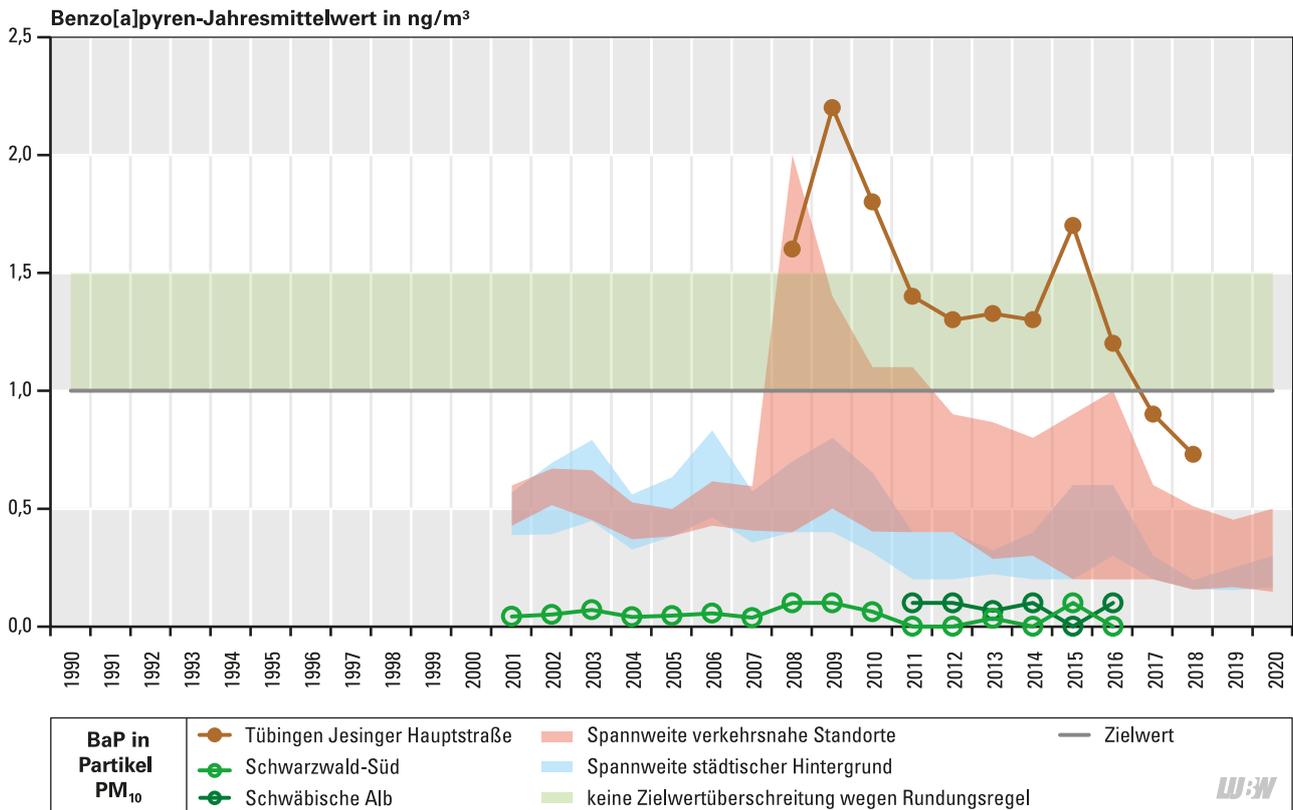


Abbildung 3.15: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Benzo[a]pyren (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

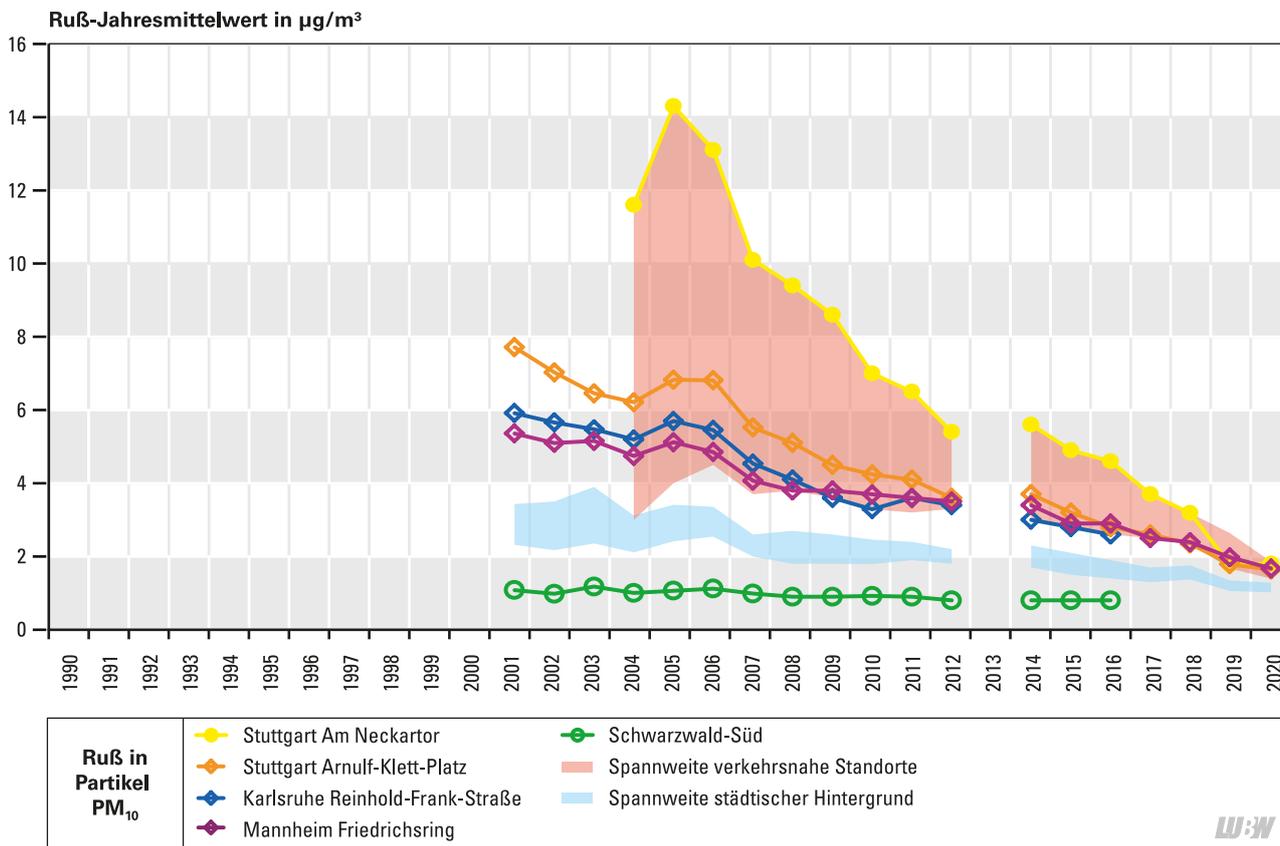


Abbildung 3.16: Entwicklung der Immissionsbelastung durch Ruß (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

Auch die Schadstoffdepositionen sind rückläufig. In Baden-Württemberg werden seit 1992 die Staubniederschläge 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 genannten 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 Staubniederschläge seit Beginn der Messungen ab, jedoch überlagert von deutlichen Schwanken von Jahr zu Jahr. Im städtischen Hintergrund liegen die Staubniederschläge aufgrund der Vielzahl verschiedener Emittenten auf einem höheren Niveau als im ländlichen Hintergrund.

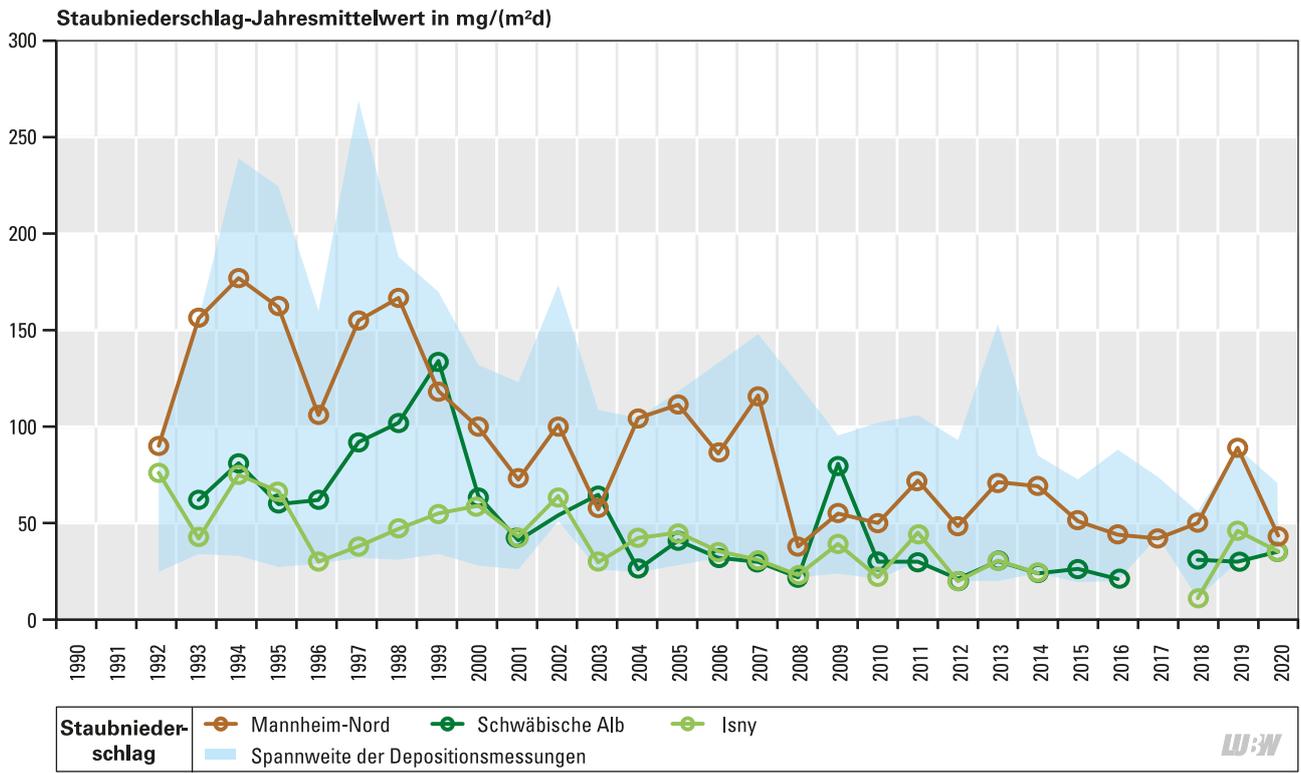


Abbildung 3.17: Entwicklung der Staubniederschläge (Jahresmittelwerte) in Baden-Württemberg

4 Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse weiterer Messungen und Untersuchungen zusammengefasst.

4.1 Quecksilber-Messungen

Im Koalitionsvertrag Baden-Württemberg von 2016 [Grüne/CDU 2016] wurde von den Regierungsparteien unter anderem vereinbart, die Emissionen von Quecksilber im Land zu mindern. Im Rahmen dieser „Quecksilberstrategie Baden-Württemberg“ hat das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg beauftragt, die Quecksilberbelastung im Umfeld von drei ausgewählten Emittenten aus den Sektoren Industrie und Kraftwerke in den Jahren 2018 bis 2020 zu untersuchen.

Für das Quecksilber-Sondermessprogramm wurden auf Grundlage des Emissionskatasters Baden-Württemberg 2014 drei der größten Quecksilberemittenten im Land ermittelt: die Badischen Stahlwerke in Kehl, das Großkraftwerk in Mannheim und das Zementwerk in Heidenheim-Mergelstetten. Die Messungen im Umfeld der drei Emittenten wurden an jeweils 3 Standorten (2 Standorte in den Bereichen mit höchster zu erwartender Zusatzbelastung durch den betrachteten Emittenten und einem Standort im lokalen Hintergrund) durchgeführt. Zusätzlich wurden Quecksilbermessungen an 2 bestehenden Standorten des Luftmessnetzes zur Erfassung der städtischen und ländlichen Hintergrundkonzentrationen durchgeführt, am

Standort Schwäbische Alb als ländliche Hintergrundmessstation und am Standort Tübingen als städtische Hintergrundmessstation. Die Messungen umfassten sowohl die Ermittlung der Quecksilberdepositionen als auch der Immissionen gasförmigen Quecksilbers.

Die in den Jahren 2018 bis 2020 im Umfeld der Emittenten festgestellten Quecksilberimmissionen lagen im Mittel zwischen $1,3 \text{ ng/m}^3$ und $2,0 \text{ ng/m}^3$ (Abbildung 4.1). An den beiden Hintergrundmessstationen Schwäbische Alb und Tübingen lagen die Jahresmittelwerte zwischen $1,5 \text{ ng/m}^3$ und $1,7 \text{ ng/m}^3$ und damit im Bereich der nordhemisphärischen Hintergrundbelastung [UBA 2021]. Die Standorte im Umfeld der Badischen Stahlwerke Kehl und des Großkraftwerks Mannheim zeigten mit Werten zwischen $1,6 \text{ ng/m}^3$ und $2,0 \text{ ng/m}^3$ eine Quecksilberbelastung, die sich geringfügig von der nordhemisphärischen Hintergrundbelastung abhebt. Der höchste Jahresmittelwert wurde dabei in allen Jahren an der städtischen Hintergrundmessstation in Kehl gemessen. Dieser Standort liegt nicht in den Bereichen mit der höchsten zu erwartenden Zusatzbelastung durch den betrachteten Emittenten, spiegelt jedoch die Belastung in diesem auch industriell geprägten Raum wider. Die geringsten Quecksilberimmissionen wurden in Heidenheim im Umfeld des Zementwerks Mergelstetten gemessen. Hier lagen die Konzentrationen noch unter denen an der ländlichen Hintergrundmessstation Schwäbische Alb.

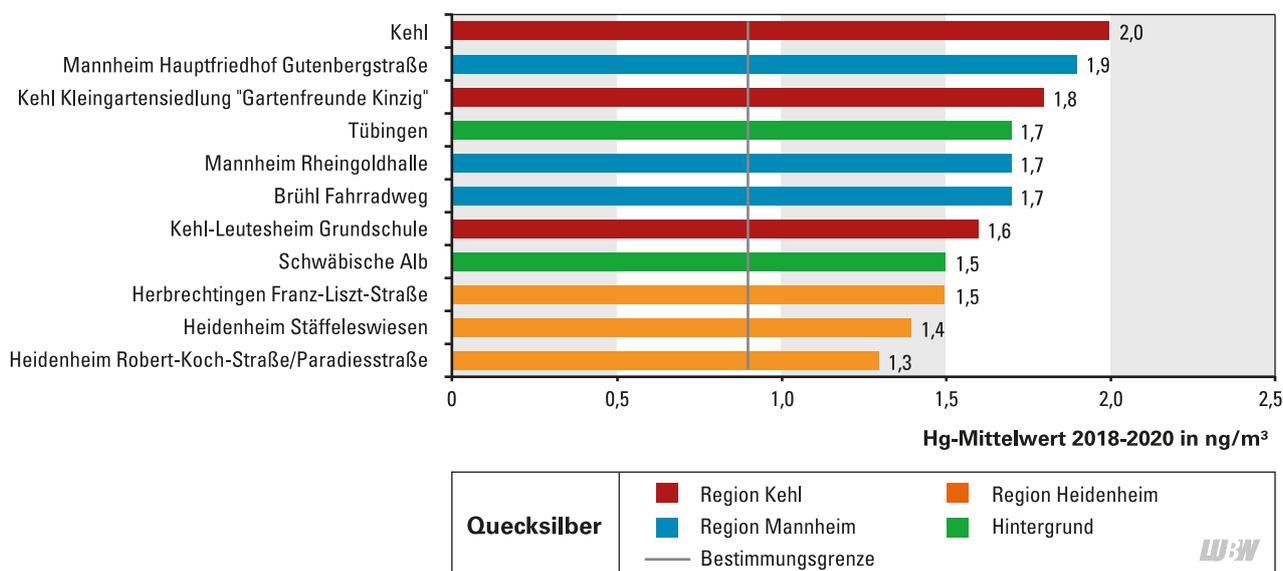


Abbildung 4.1: Übersicht über die Immissionen mit gasförmigen (elementarem) Quecksilber an den 11 untersuchten Standorten als Mittelwert über die 3 Messjahre 2018 bis 2020

Die Unterschiede zwischen den Quecksilberbelastungen an den einzelnen Standorten sind, verglichen mit anderen Luftschadstoffen, gering und die Emittenten scheinen kaum zur Konzentrationsverteilung in ihrem Umfeld beizutragen. Diese Befunde sind insofern sowohl mit den Ergebnissen der vorab durchgeführten Ausbreitungsrechnungen, als auch mit der bisherigen Forschungslage konsistent, derzufolge Quecksilber wegen seiner Langlebigkeit als global weitgehend gleichverteilter Schadstoff gilt, bei dem keine größeren Konzentrationsunterschiede auftreten. Die Messungen in Baden-Württemberg belegen, dass die Quecksilberemissionen an den drei untersuchten Emittenten nicht zu lokal erhöhten Quecksilberkonzentrationen führen. Aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Quecksilbers und dem Verteilungsverhalten sind die heute in Baden-Württemberg festzustellenden Quecksilberkonzentrationen nicht nur auf lokale, aktuelle Emissionen, sondern auch auf globale Emissionen, natürliche Freisetzungen und sogenannte Re-Emissionen aus historischen Quecksilberdepots (zum Beispiel von Böden oder Sedimenten, global auch aus Ozeanen) zurückzuführen. Allerdings tragen die Emittenten in Baden-Württemberg zu den globalen Quecksilberemissionen bei und haben dadurch auch Anteil an den global durch Quecksilber verursachten Umwelt- und Gesundheitsschäden. Aus Sicht des Gesundheitsschutzes ist angesichts der Bedeutung von Quecksilber als hochtoxischer Schadstoff deshalb jegliche Minderung der Quecksilberemissionen uneingeschränkt zu begrüßen.

Die Messwerte der Quecksilberdepositionen lagen größtenteils unterhalb der Nachweisgrenze, die Jahresmittelwerte lagen auch bei konservativer Berechnung bei maximal $16 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{d})$. Die Quecksilberdepositionen lagen somit deutlich unter dem Immissionswert der TA Luft von $1 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ (in den hier verwendeten Einheiten: $1000 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{d})$). Die Ergebnisse der Depositionsmessungen der Jahre 2007 bis 2015 an weiteren Standorten in Baden-Württemberg zeigen, dass sich die Quecksilbereinträge in Baden-Württemberg schon seit vielen Jahren auf sehr niedrigem Niveau bewegen.

Die Ergebnisse der Quecksilbermessungen 2018 bis 2020 werden im Publikationsdienst der LUBW unter <https://pd.lubw.de/10273> veröffentlicht.

4.2 Untersuchungen zur Zusammensetzung und zu den Quellen von Feinstaub mittels Massenschließung und Positivmatrix-Faktorisierung (PMF)

4.2.1 Einleitung

Als Feinstaub werden im Allgemeinen feste oder flüssige Partikel in der Atmosphäre bezeichnet, die einen aerodynamischen Durchmesser $\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$ aufweisen. Feinstaub kann aus zahlreichen natürlichen (zum Beispiel Waldbrände und Vulkanausbrüche) sowie anthropogenen (zum Beispiel Verkehr und Industrie) Quellen entstehen und besteht deshalb aus einer Vielzahl unterschiedlicher Substanzen, die sich hinsichtlich ihres physikalisch-chemischen Verhaltens deutlich voneinander unterscheiden. Die Zusammensetzung von Feinstaub ist deshalb weder räumlich noch zeitlich einheitlich, sondern unterscheidet sich von Ort zu Ort und je nach Zeitpunkt der Messung. Beispielsweise kommt es auch in unseren Breiten immer wieder zum Eintrag von Saharastaub. Dieser führt zeitlich und oft auch räumlich begrenzt zu steigenden Feinstaubkonzentrationen. Mit einsetzendem Niederschlag wird dieser rötliche Staub wieder ausgewaschen und findet sich dann häufig auf Autos, Fenstern und Fensterbänken wieder. Zu anderen Zeitpunkten, zum Beispiel bei kalter Witterung, werden die Feinstaubkonzentrationen hingegen eher durch Biomasseverbrennung (zum Beispiel Holzheizungen) geprägt, so dass die Zusammensetzung des Feinstaubes dann eine ganz andere ist als während eines Saharastaubereignisses. Die chemische Zusammensetzung des Feinstaubes kann somit Hinweise auf die Quellen des Feinstaubes geben.

4.2.2 Analytik

Um die komplexe chemische Zusammensetzung des Feinstaubes sowie ihre zeitliche Variabilität möglichst vollständig zu verstehen und daraus Hinweise auf die jeweiligen Quellen abzuleiten, bestimmt die LUBW seit mehreren Jahren die Konzentrationen der wichtigsten Feinstaubinhaltsstoffe an ausgewählten Messstellen im Land. An den untersuchten Messstellen wurde Feinstaub täglich für 24 Stunden auf Filtern gesammelt und anschließend auf 27 verschiedene Inhaltsstoffe untersucht, darunter

- zahlreiche Elemente wie Eisen (Fe), Kadmium (Cd) oder Natrium (Na)

- ionische Bestandteile wie Ammonium, Sulfat und Nitrat sowie
- kohlestoffhaltige Substanzen, darunter Summenparameter wie Ruß und organischer Kohlenstoff, aber auch Einzelsubstanzen wie Levoglucosan, den Indikator für Biomasseverbrennung.

Die Ergebnisse der Inhaltsstoffanalysen dienen als Eingangsgrößen für weitere Untersuchungen. Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Herangehensweisen vorgestellt – zum einen eine Massenschließung zur Identifizierung der tatsächlichen Feinstaubzusammensetzung, zum anderen eine Positivmatrix-Faktorisierung zur Identifizierung möglicher Quellen.

4.2.3 Massenschließung

Vorgehen

Die chemische Analyse der Inhaltsstoffe ermöglicht für etwa 60 bis 70 % der Feinstaubmasse die Zuordnung zu konkreten Substanzen bzw. Substanzgruppen. Die verbleibenden 30 bis 40 Massen-% sind analytisch nicht direkt zugänglich, so dass für eine Zuordnung Schätzungen bzw. Berechnungen zum Einsatz kommen müssen. Beispielsweise sind einige der ionischen Feinstaubbestandteile hygroskopisch, das heißt sie binden Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft. Das auf diese Weise gebundene Wasser trägt ebenfalls zur Masse des Feinstaubes bei, wird aber bei der chemischen Analyse nicht mitefassen. Der Massenbeitrag des gebundenen Wassers kann jedoch – unter Zuhilfenahme der Ionenkonzentrationen und mithilfe von Modellen – abgeschätzt werden. Auch hinsichtlich der mineralischen und metallischen Bestandteile sowie des organischen Materials können die Messdaten Hinweise auf zusätzliche Massebeiträge geben, da die entsprechenden Elemente (zum Beispiel Aluminium (Al), Calcium (Ca) oder Kohlenstoff) in der Regel nicht elementar vorliegen, sondern gemeinsam mit anderen, im Labor nicht quantifizierbaren Bestandteilen wie Carbonat (CO_3^{2-}) oder Sauerstoff (O) vorkommen. Deren Massebeiträge können – unter Zuhilfenahme verschiedener Annahmen – abgeschätzt werden. Durch diese Abschätzungen kann der Anteil der erklärbaren Masse auf über 90 % gesteigert werden. Es ist allerdings

zu beachten, dass die getroffenen Annahmen zusätzliche Unsicherheiten beinhalten und die hier dargestellten Zahlenwerte deshalb eher als gute Schätzung denn als exakte Wahrheit zu verstehen sind.

Ergebnisse

Das Ergebnis einer derartigen Massenschließung für die Messstelle Stuttgart Am Neckartor für das Jahr 2020 ist in Abbildung 4.2 gezeigt. Mineralische Partikel tragen zu gut einem Fünftel der Feinstaubmasse Am Neckartor bei, wobei der Hauptbeitrag durch calciumhaltige Mineralien zustande kommt (von diesen wurde angenommen, dass es sich um Calciumcarbonat, CaCO_3 , handelt). Eine Quelle für derartige Partikel sind Aufwirbelungsprozesse, die auch durch den Kfz-Verkehr induziert werden, aber auch zum Beispiel der Eintrag von Saharastaub. Der zweitgrößte Beitrag zur Feinstaubmasse Am Neckartor stammt von organischem Material, dieses stammt überwiegend von natürlichen Quellen wie zum Beispiel der Vegetation. Metalle tragen mit rund 16 % zur Feinstaubmasse bei, wobei der größte Teil auf Eisen (von dem angenommen wird, dass es als Eisenoxid, Fe_2O_3 , vorliegt) zurückgeführt wird. Die Metalle können aus verschiedenen Quellen stammen, wie zum Beispiel dem Bremsabrieb des Kfz-Verkehrs oder industriellen Emissionen. Die sekundären Inhaltsstoffe Ammonium, Nitrat und Sulfat sind zusammen für etwa 14 % der Feinstaubmasse verantwortlich. Diese Partikelbestandteile bilden sich in der Atmosphäre aus gasförmigen Vorläufersubstanzen, die durch die Nutztierhaltung, den Verkehr und Kraftwerke emittiert werden. Etwa 9 % der Feinstaubmasse sind auf Wasser, das an die hygroskopischen Partikel bindet, zurückzuführen. Ruß macht 8 % der Feinstaubmasse aus, dieser stammt aus Heizungen und dem Verkehr. Streusalz (Natriumchlorid, NaCl), das durch die Am Neckartor vorbeifahrenden Fahrzeuge aufgewirbelt wird, macht im Jahresmittel rund 2 % der Feinstaubmasse aus. Insgesamt 9 % der Feinstaubmasse können auch nach der Massenschließung nicht zugeordnet werden. Es ist davon auszugehen, dass es sich hierbei nicht um eine bislang unentdeckte Substanz handelt, sondern dass die vorgenommenen Abschätzungen die tatsächlichen Massen tendenziell unterschätzen.

mengefasst. 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 unterscheiden sich an den ausgewählten Messstellen von Jahr zu Jahr nicht wesentlich voneinander. Sie werden in folgenden Berichten detailliert dargestellt und erläutert [LUBW 2021b], [Schwarz 2019], [Schwarz et al. 2019].

Ergebnisse und Diskussion

An allen untersuchten Messstellen wurden dieselben folgenden Quellgruppen identifiziert und deren Beiträge zur 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“)
- Streusalz („Salz“)

Zeitliche Entwicklung der Beiträge der Quellgruppen zur PM_{10} -Konzentration

Die Partikel PM_{10} -Konzentrationen sind an den untersuchten Messstellen zwischen den Jahren 2015 und 2020 insgesamt zurückgegangen. Der Rückgang betrifft alle Quellgruppen (Abbildung 4.3). Am deutlichsten fällt dieser Rückgang für die Quellgruppen Verkehr und Aufwirbelung an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor aus. An den Messstellen Stuttgart-Bad Cannstatt und Gärtringen gehen hauptsächlich die Beiträge der sekundären Aerosole zurück. Von 2019 auf 2020 geht der Verkehrsbeitrag an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor deutlicher zurück als in den Jahren zuvor, was hauptsächlich durch das stark reduzierte Verkehrsaufkommen aufgrund der Corona-Lockdowns im Jahr 2020 zu erklären ist. Der für die Vorjahre identifizierte kontinuierliche Rückgang der Quellgruppe Verkehr am Stuttgarter Neckartor zeigt zudem, dass die Maßnahmen der Luftreinhaltung ebenfalls zu einer Minderung der Partikel PM_{10} -Konzentration in den letzten Jahren geführt haben.

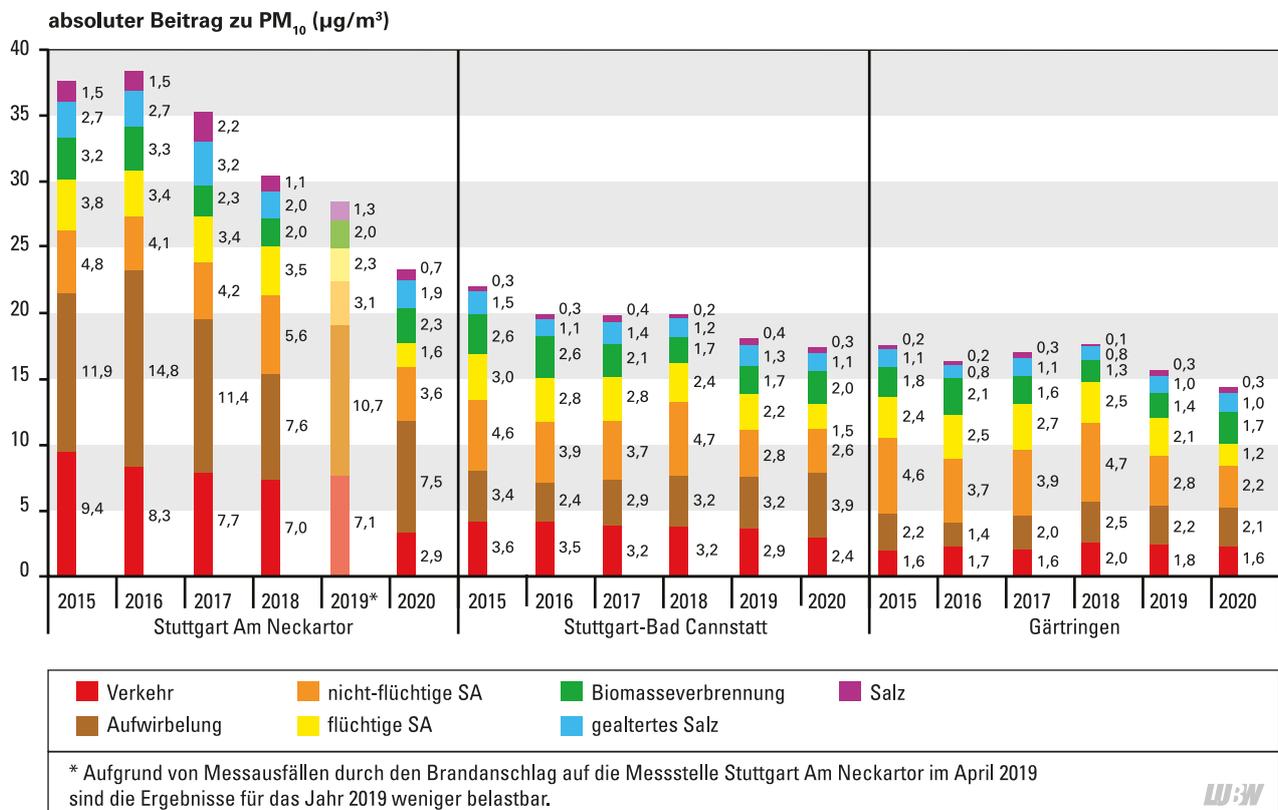


Abbildung 4.3: Vergleich der absoluten Beiträge der Quellgruppen zur Partikel PM_{10} -Konzentration an den Messstellen Stuttgart Am Neckartor, Stuttgart-Bad Cannstatt und Gärtringen für die Jahre 2015 bis 2020

Messstellenvergleich 2020

Die absoluten Beiträge zur Partikel PM_{10} -Konzentration liegen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020 über alle Quellgruppen hinweg höher als an den beiden anderen Messstellen (Abbildung 4.4). Die größten Differenzen treten bei der Quellgruppe Aufwirbelung auf. Für diese Quellgruppe liegt der Beitrag in Stuttgart Am Neckartor deutlich höher als an den anderen Messstellen, was auf eine primär lokale Ursache dieser Emissionen hinweist. Im Gegensatz dazu zeigen die sekundären Aerosole, das gealterte Salz sowie die Biomasseverbrennung an allen Messstellen ähnlich hohe Beiträge, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die zugrundeliegenden Emissions- bzw.

Bildungsprozesse dieser Partikel auf großen Raumskalen stattfinden und durch lokale Maßnahmen nicht beeinflusst werden können. Bei der Betrachtung der prozentualen Beiträge zeigt sich zum einen erneut der höhere Beitrag der Aufwirbelung am Stuttgarter Neckartor und zum anderen Differenzen bei der Biomasseverbrennung zwischen den Messstellen. Die Biomasseverbrennung hat an den Hintergrundmessstellen Stuttgart-Bad Cannstatt und Gärtringen größere relative Beiträge als am Stuttgarter Neckartor. Für die anderen Quellgruppen zeigen sich aber insgesamt ähnlich hohe Beiträge zur Partikel PM_{10} -Konzentration über die drei untersuchten Messstellen.

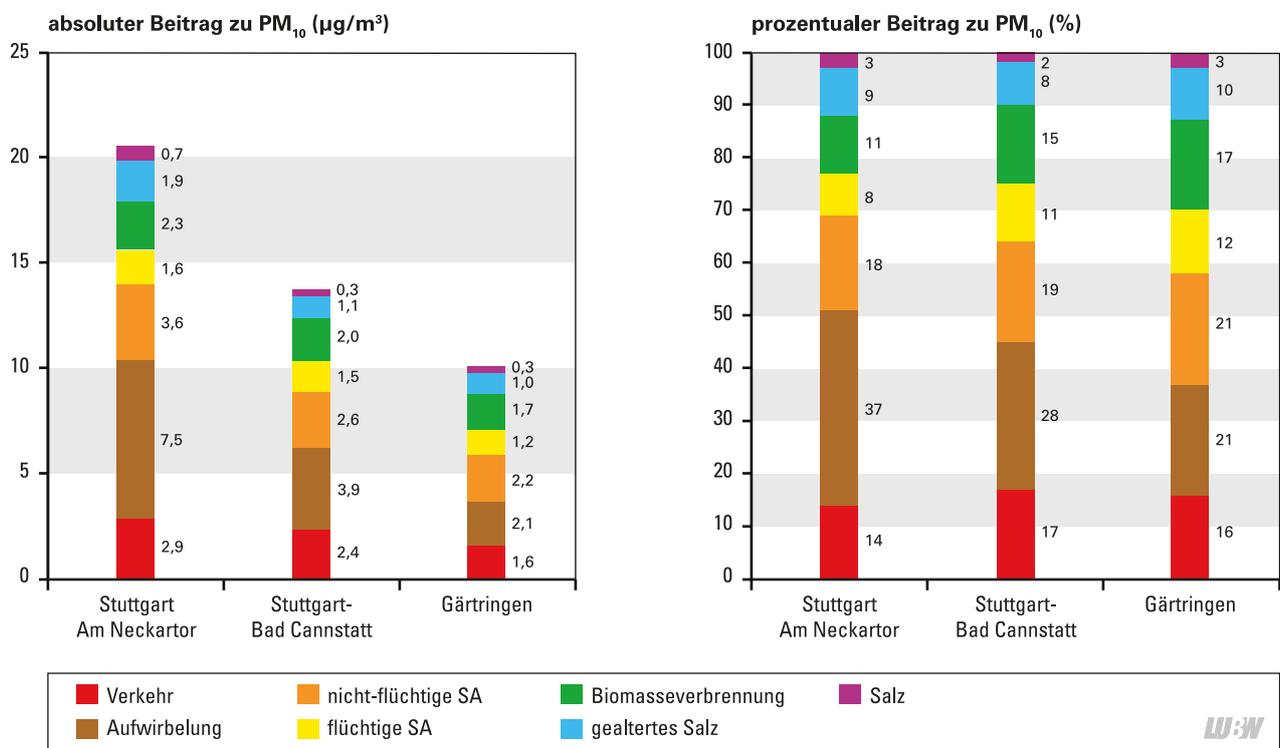


Abbildung 4.4: Vergleich der absoluten und der prozentualen Beiträge der Quellgruppen zur Partikel PM_{10} -Konzentration an den Messstellen Stuttgart Am Neckartor, Stuttgart-Bad Cannstatt und Gärtringen im Jahr 2020

Jahreszeitenvergleich 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 4.5). Die höhere Feinstaubbelastung im Winter wird hauptsächlich durch höhere Beiträge aus der Biomasseverbrennung und von Salz verursacht. Zudem zeigt die Quellgruppe der flüchtigen sekundären Aerosole im Winter die höchsten Beiträge zur Partikel PM_{10} -Konzentration. Die Quellgruppen für die flüchtigen sekundären Aerosole, Biomasseverbrennung und Streusalz leisten in den Sommermonaten nahezu keine Beiträge, weshalb die Partikel

PM_{10} -Konzentration in diesem Zeitraum niedriger ist. Im Frühling und Herbst treten jeweils ähnliche Feinstaubkonzentrationen auf, wobei der Beitrag der Biomasseverbrennung im Herbst höher liegt als im Frühling, während der Beitrag der flüchtigen sekundären Aerosole im Frühling höher liegt. Des Weiteren treten über alle Jahreszeiten hinweg Schwankungen beim Verkehrsfaktor auf, mit den höchsten Beiträgen im Herbst und den niedrigsten Beiträgen im Frühling. Dieser Verlauf stimmt insofern nicht mit dem Verlauf der mittleren täglichen Verkehrsstärke am Stuttgarter Neckartor überein – laut den Verkehrszählungen im Jahr 2020 lag diese im Frühling und Herbst am höchsten und im Sommer und Winter etwas niedriger.

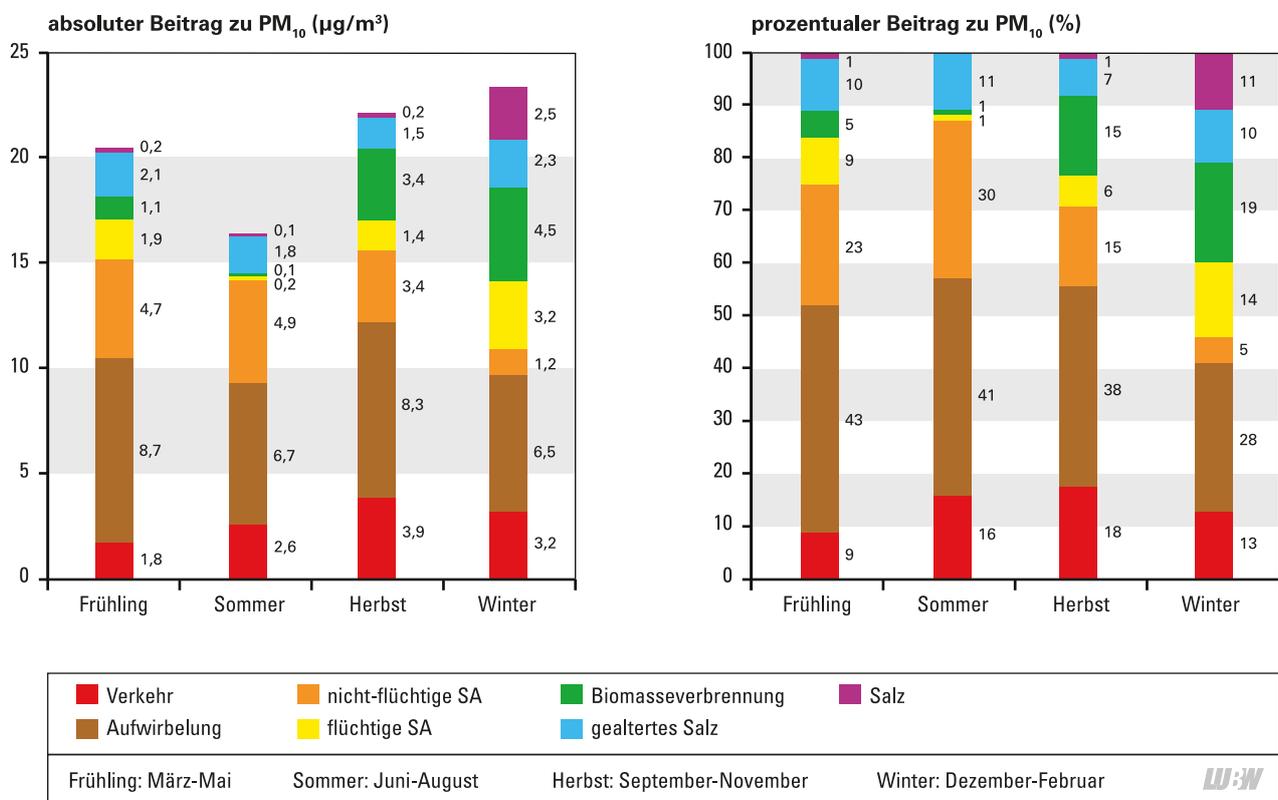


Abbildung 4.5: Vergleich der absoluten und prozentualen Beiträge der Quellgruppen zur Partikel PM_{10} -Konzentration an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor in den verschiedenen Jahreszeiten im Jahr 2020

Partikelgrößenvergleich Stuttgart Am Neckartor

Im Jahr 2020 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 4.6). Die größten Differenzen der absoluten Anteile treten für die Quelle Aufwirbelung auf. Das bedeutet, dass die Partikel, die aus dieser Quellgruppe stammen (also Partikel aus dem Abrieb von Reifen, Bremscheiben und Bremsbelägen sowie durch Wind oder

durch Fahrzeugbewegungen wieder aufgewirbelte mineralische Erdkrustenpartikel), vermehrt im Größenbereich zwischen $2,5 \mu m$ und $10 \mu m$ auftreten.

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, ähnlich wie bei der Biomasseverbrennung. Für die Feinstaubfraktion $PM_{2,5}$ konnte kein Anteil für die gealterten Salzpartikel berechnet werden, da das PMF-Modell diese Quelle nicht identifizieren konnte.

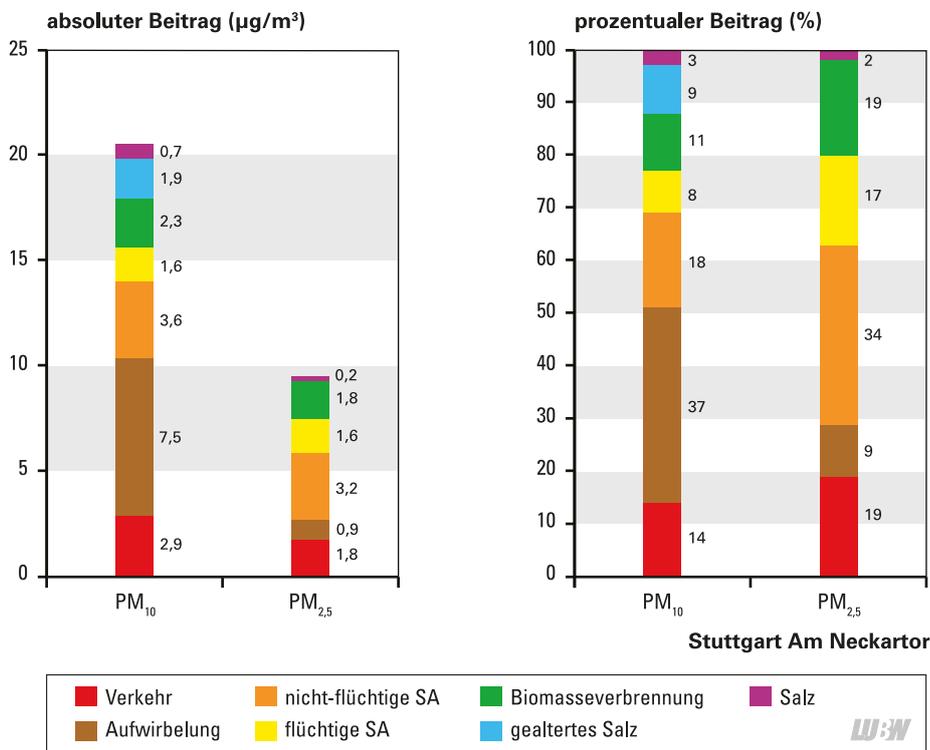


Abbildung 4.6: Vergleich der absoluten und prozentualen Beiträge der Quellgruppen an den Partikel PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die mithilfe der PMF identifizierten Quellgruppen lassen sich in der chemischen Zusammensetzung und der Beiträge zur Feinstaubkonzentrationen mit Ergebnissen aus anderen internationalen Studien gut vergleichen [Karagulian et al. 2015], [Viana et al. 2008]. Es zeigt sich, dass der Verkehr eine relevante Quelle für besonders gesundheitsrelevante Partikelbestandteile, wie zum Beispiel verschiedene Schwermetalle, darstellt, deren Reduktion ein wichtiger Bestandteil zur Verbesserung der Luftqualität ist. An den Hintergrundmessstellen 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 Feinstaubkonzentration führen und die Konzentrationen der krebserregenden Verbindung Benzo[a]pyren mindern. Die an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor bestimmten Partikel PM₁₀-Konzentrationen im Jahr 2020 zeigen, dass geringere Emissionen, wie sie durch die Corona-Lockdowns vor allem im Verkehrssektor aufgetreten sind, direkt zu geringeren Feinstaubkonzentrationen führen können.

4.3 Auswirkungen des Corona-Lockdowns auf die NO₂-Konzentrationen

4.3.1 Einleitung

Die Luftqualität ist maßgeblich von den Emissionen aus dem Verkehr, den Heizungsanlagen, der Industrie sowie der Landwirtschaft abhängig. Zudem beeinflussen die meteorologischen Bedingungen die Luftqualität. Während die meteorologischen Bedingungen von Jahr zu Jahr stark variieren können, ändern sich die Emissionen meist nur geringfügig. Im Jahr 2020 wurden allerdings aufgrund der Corona-„Lockdowns“ weitreichende Maßnahmen ergriffen, die insbesondere auf die Mobilität aber auch auf die Industrie Einfluss hatten und zu einem erheblichen Rückgang der Emissionen aus diesen Bereichen führten. Da meteorologische Faktoren wie Wind, Niederschlag, Sonneneinstrahlung oder Lufttemperatur entscheidend sind, ob sich ein Schadstoff in der Luft ausbreitet, verdünnt, akkumuliert, ob er ausgewaschen wird oder sich chemisch verändert, bildet sich ein Rückgang der Emissionen nicht im selben Maße bei den Immissionen ab. Das konnte zum Beispiel mit Beginn des ersten Lockdowns in der Corona-Pandemie im März 2020 beobachtet werden. Obwohl insbesondere die Emissionen aus dem Bereich Verkehr in dieser Zeit stark zurückgegangen sind, wurden zunächst keine Rückgänge der NO₂-Konzentrationen an den verkehrsnahen Messstellen festgestellt, da sich genau mit dem Beginn des Lockdowns die meteorologischen Bedingungen geändert haben. Während zuvor eine Wetterlage mit sehr guten Austauschbedingungen vorherrschte, stellte sich mit Beginn des Lockdowns eine strahlungsintensive und austauscharme Wetterlage ein, bei der sich die Luftschadstoffe nur schlecht in der Atmosphäre verteilten und sich stattdessen anreicherten.

Zur Bestimmung des Effekts der Corona-Maßnahmen auf die Luftqualität ist es daher nicht möglich, die Konzentrationen von Luftschadstoffen vor und während der Corona-Beschränkungen direkt miteinander zu vergleichen, sondern es müssen die meteorologischen Bedingungen und deren Einflüsse auf die Schadstoffkonzentrationen mit einbezogen werden. Hierfür wurde im Folgenden auf ein Verfahren der statistischen Modellierung zurückgegriffen.

4.3.2 Methodik

Für die Bestimmung der Einflüsse unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen auf die Konzentration von NO_2 wurde ein Verfahren der statistischen Modellierung bzw. des maschinellen Lernens (ML) angewendet [Grange & Carslaw 2019], [Grange et al. 2021], [HLNUG 2021]. Es wurde ein Random-Forest (RF)-Modell verwendet bzw. trainiert. Ein RF-Modell besteht aus einer Vielzahl sogenannter Entscheidungsbäume, die im Ensemble in der Lage sind, zu lernen, bei welcher Kombination aus meteorologischen und zeitlichen Bedingungen sich welche NO_2 -Konzentration einstellt. Im vorliegenden Fall wurden für die Modellierung folgende unabhängige Variablen verwendet:

- Meteorologische Variablen: Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur, Luftdruck, Globalstrahlung, Niederschlag und relative Luftfeuchtigkeit
- Zeitliche Variablen: Stunde des Tages, Jahrestag, Wochentag und fortlaufender Zeitstempel im Betrachtungszeitraum für den Trend

Für die meteorologischen Daten und für die NO_2 -Konzentrationen wurden jeweils Stundenmittelwerte verwendet. Mithilfe der zeitlichen Variablen lassen sich die täglichen, wöchentlichen und jahreszeitlichen Änderungen der Emis-

sionen berücksichtigen, während die meteorologischen Bedingungen vor allem die Immission beeinflussen. Im RF-Modell werden keine physikalischen und chemischen Zusammenhänge der Modellparameter benötigt und betrachtet.

Zur Erstellung des RF-Modells wurden Messwerte von Februar 2012 bis einschließlich Dezember 2019 verwendet (Abbildung 4.7). Für diesen Zeitraum, der von Corona-Maßnahmen unbeeinflusst war, wurde das Modell darauf trainiert, die NO_2 -Konzentration auf Grundlage der immer unterschiedlichen Ausgangsbedingungen zu modellieren. Das auf diese Weise trainierte RF-Modell wurde anschließend dafür verwendet, die NO_2 -Konzentration auf Grundlage der vorherrschenden meteorologischen Bedingungen des Jahres 2020 vorherzusagen. Für den Zeitraum ab dem ersten Lockdown berechnet das Modell Werte, die bei den vorherrschenden Bedingungen zu erwarten gewesen wären, wenn es keine Einschränkungen durch Corona gegeben hätte („business as usual“). Die Differenz zwischen den modellierten NO_2 -Konzentrationen und den gemessenen Werten wird deshalb im Folgenden als „Corona-Effekt“ bezeichnet und gilt unter der Annahme, dass im Zeitraum der Corona-Maßnahmen keine neuen zusätzlichen Maßnahmen die NO_2 -Konzentrationen an den Messstellen beeinflusst haben.

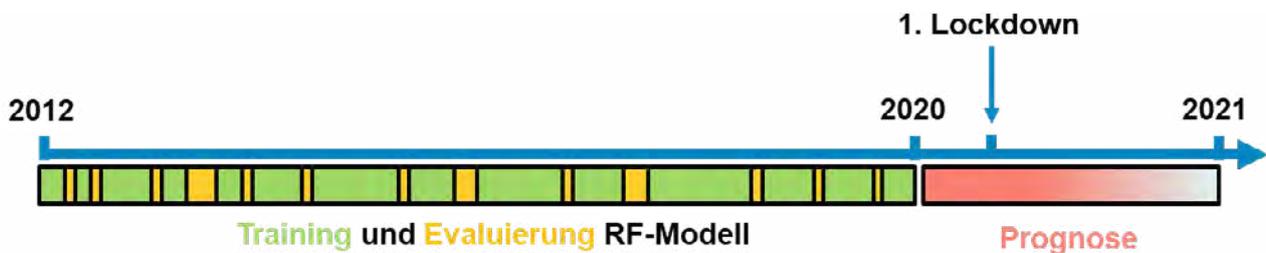


Abbildung 4.7: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der „business as usual“-Analyse mittels Random-Forest-Modell

4.3.3 Ergebnisse

Das RF-Modell wurde beispielhaft bei den verkehrsnahen Messstellen Stuttgart Am Neckartor und Mannheim Friedrichsring angewendet. Die Abbildungen 4.8 und 4.9 zeigen in den Monaten Januar und Februar 2021 anhand der beinahe deckungsgleich verlaufenden NO₂-Zeitreihen für die gemessenen und die modellierten Wochenmittelwerte, dass das RF-Modell in der Lage ist, die gemessenen NO₂-Konzentrationen sehr gut abzubilden. Mit Beginn des ersten Corona-Lockdowns weichen die beiden Zeitreihen voneinander ab, die modellierte NO₂-Konzentration liegt an beiden Messstellen deutlich über der gemessenen NO₂-Konzentration. Das bedeutet, dass durch die Corona-Maßnahmen die NO₂-Konzentration niedriger war, als unter den gegebenen Bedingungen also im „business as usual“-Modus vom Modell erwartet.

Wertet man die Differenzen zwischen gemessener und modellierter NO₂-Zeitreihen aus, so kann für den Zeitraum des ersten Lockdowns von Kalenderwoche 12 (Mitte März) bis Kalenderwoche 16 (Mitte April) an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor ein Rückgang der NO₂-Konzentrationen aufgrund der Corona-Maßnahmen um 13,7 µg/m³ (34 %) festgestellt werden. Im Zeitraum seit Beginn des ersten Lockdowns bis zum Jahresende 2020 liegt der Rückgang bei 9,0 µg/m³ (24 %). An der Messstelle Mannheim Friedrichsring ergibt sich ein Rückgang der NO₂-Konzentration durch die Corona-Maßnahmen im 1. Lockdown um 9,6 µg/m³ (34 %) und im Gesamtjahr 2020 ab dem ersten Lockdown um 6,4 µg/m³ (24 %).

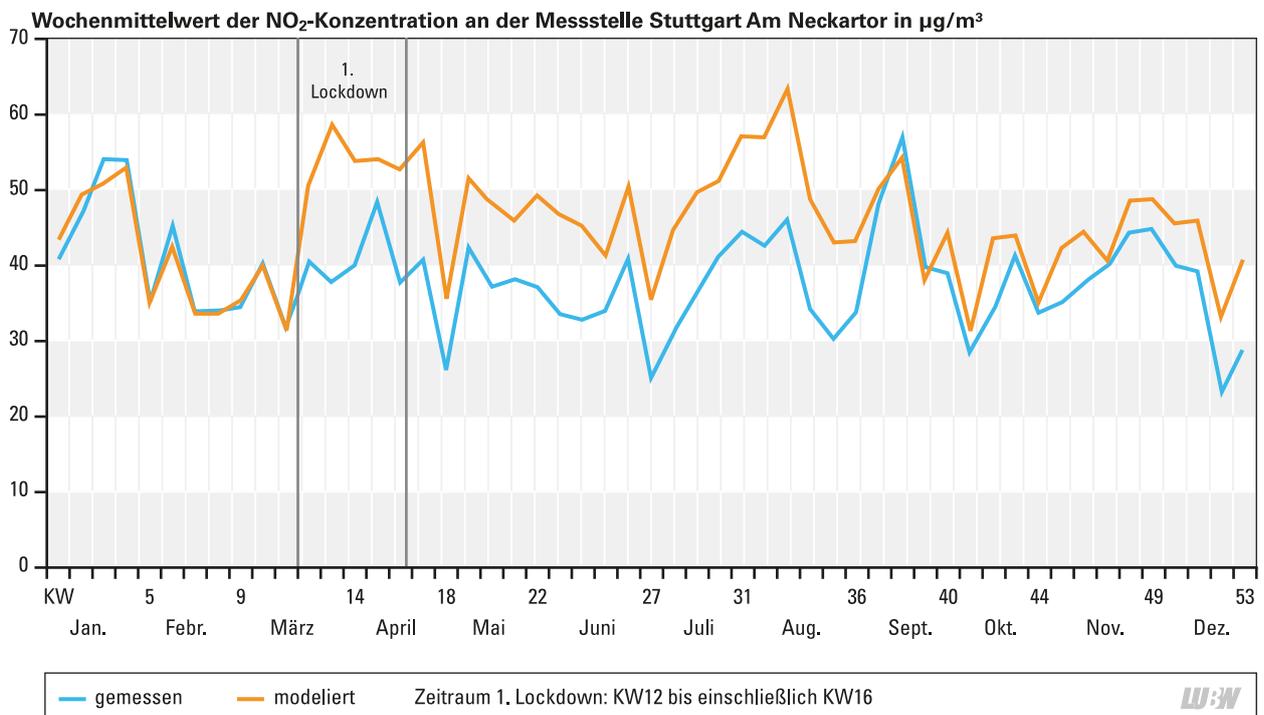


Abbildung 4.8: Zeitreihen der gemessenen und der mittels Random-Forest modellierten NO₂-Konzentrationen an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor im Jahr 2020

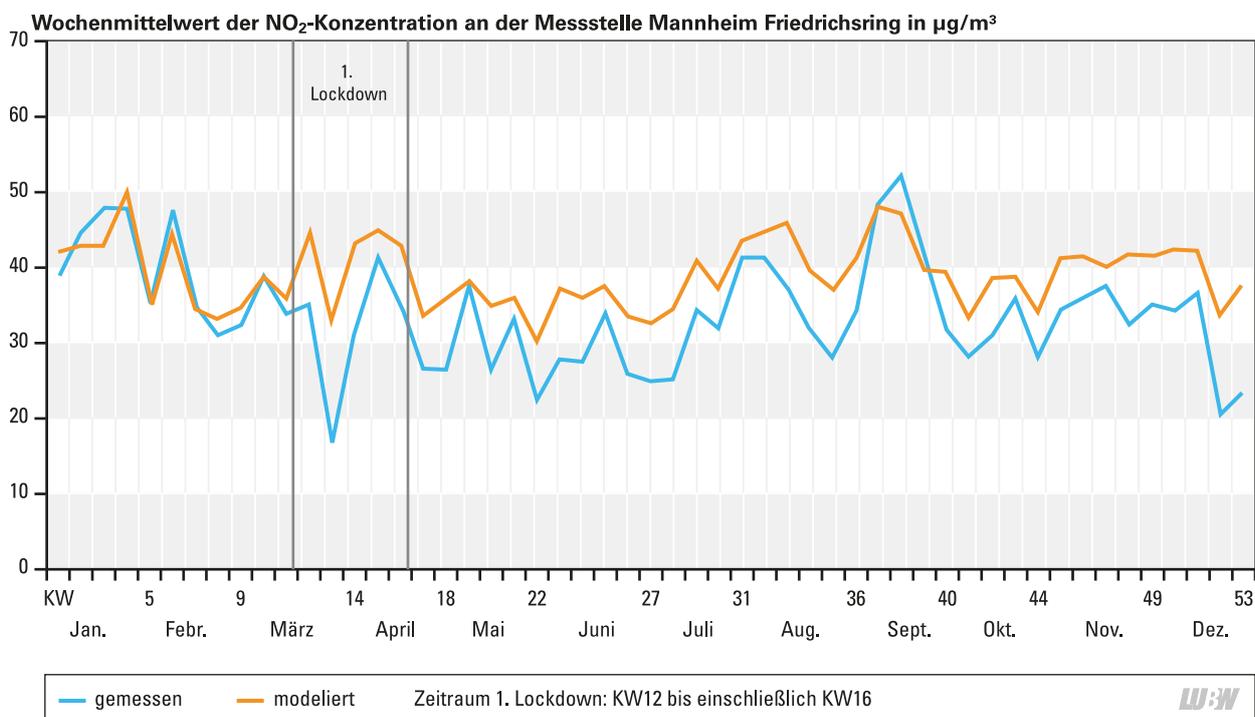


Abbildung 4.9: Zeitreihen der gemessenen und der mittels Random-Forest modellierten NO₂-Konzentrationen an der Messstelle Mannheim Friedrichsring im Jahr 2020

4.4 Höhenprofilmessungen für Stickstoffdioxid

Die 39. BImSchV regelt in Anlage 3 B, dass die Probenahme von Luftschadstoffen in einer Höhe von 1,5 m bis 4 m über Grund erfolgen soll. Um zu untersuchen, ob und wie sich die NO₂-Schadstoffkonzentrationen in unterschiedlichen Höhen verhalten, wurden von Juli 2019 bis Juni bzw. Dezember 2020 Höhenprofilmessungen an verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg durchgeführt. Ausgewählt wurden die verkehrsnahen Messstellen Stuttgart Am Neckartor, Stuttgart Pragstraße und Stuttgart Rohrackerstraße sowie die Messstellen Stuttgart Welfenstraße und die LUBW-Teststation in Karlsruhe Großoberfeld,

die nicht direkt vom Straßenverkehr beeinflusst werden. Die Messungen erfolgten in der Regel mittels NO₂-Passivsammlern auf den Messhöhen 1,5 m, 2,7 m, 3,3 m und 4,0 m über Grund. In Abbildung 4.10 ist beispielhaft der Messaufbau dargestellt. An der Messstelle Stuttgart Am Neckartor ist es aus technischen Gründen nicht möglich, in geringen Höhen direkt am Container zu messen, für die Höhe 2,7 m stehen aber die Ergebnisse der kontinuierlichen NO₂-Messungen zur Verfügung. An den fünf ausgewählten Messstellen stehen somit Ergebnisse für unterschiedliche Zeiträume und Messhöhen zur Verfügung, die in Tabelle 4.1 aufgeführt sind.

Tabelle 4.1: Ausgewählte Messstellen für die Höhenprofilmessungen, deren Messzeiträume und Messhöhen
Abbildung 4.10: Beispielhafter Messaufbau bei den Höhenprofilmessungen

Messstelle	Messzeitraum	Messhöhen
Stuttgart Am Neckartor	01.07.2019 bis 31.12.2020	2,7 m (kontinuierlich), 3,3 m, 4,0 m
Stuttgart Pragstraße	01.07.2019 bis 31.12.2020	1,5 m, 2,7 m, 3,3 m, 4,0 m
Stuttgart Rohrackerstraße	01.07.2019 bis 30.06.2020	1,5 m, 2,7 m, 3,3 m, 4,0 m
Stuttgart Welfenstraße	01.07.2019 bis 30.06.2020	1,5 m, 2,7 m, 3,3 m, 4,0 m
LUBW-Teststation	01.07.2019 bis 31.12.2020	1,5 m, 2,7 m, 3,3 m, 4,0 m





Abbildung 4.10: Beispielhafter Messaufbau bei den Höhenprofilmessungen

Für den Messzeitraum 01.07.2019 bis 30.06.2020 konnten NO_2 -12-Monatsmittelwerte an allen Messstellen gebildet werden (Abbildung 4.11), für 3 Messstellen liegen darüber hinaus NO_2 -Jahresmittelwerte für das Jahr 2020 vor (Abbildung 4.12). Die Ergebnisse zeigen, dass sich die NO_2 -Konzentration im Höhenbereich zwischen 1,5 m und 4,0 m kaum unterscheiden. Bei den verkehrsnahen Messstellen nahmen die Konzentrationen zwischen 3,3 m und 4,0 m um $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab, die Messungen in 1,5 m Höhe ergaben keine bis maximal $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höhere Konzentrationen als im Höhenbereich 2,7 bis 3,3 m. An den Messstellen im

städtischen Hintergrund (Stuttgart Welfenstraße und Teststation bei der LUBW in Karlsruhe) ist die Abhängigkeit der NO_2 -Konzentration von der Messhöhe noch geringer bzw. nicht nachweisbar. Mit der Untersuchung wird bestätigt gezeigt, dass die Messhöhe in dem nach der 39. BImSchV zulässigen Bereich von 1,5 bis 4,0 m bei Stickstoffdioxid nur einen sehr geringen Einfluss auf die festgestellte mittlere Jahreskonzentration hat. Damit wird die Vorgehensweise der LUBW, NO_2 -Messungen nach der 39. BImSchV in dem Höhenbereich zwischen 2,7 und 3,3 m durchzuführen, bestätigt.

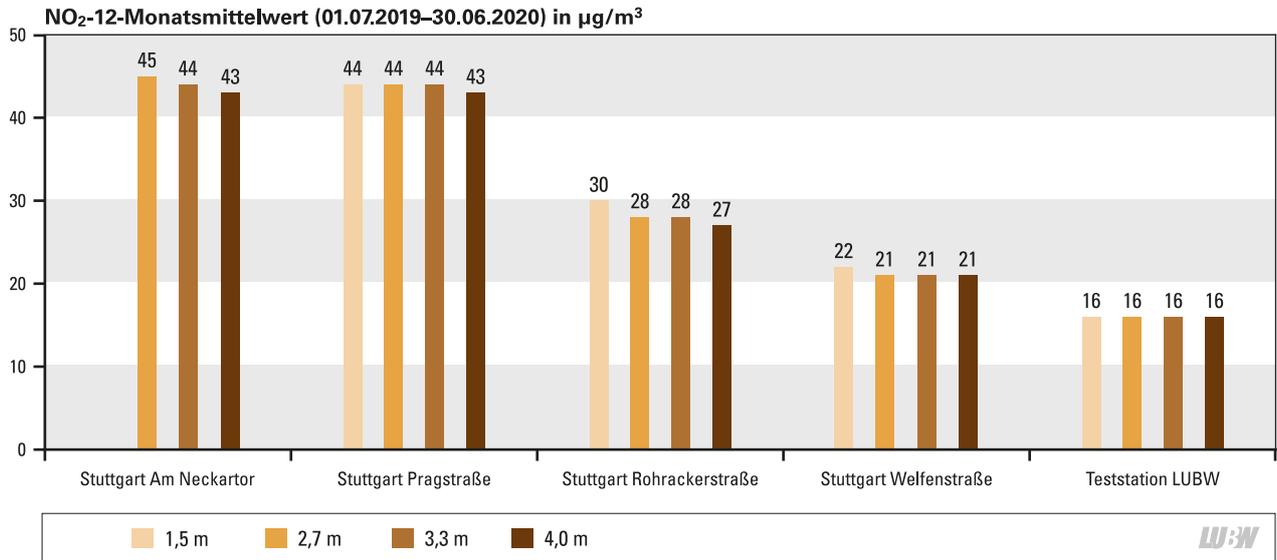


Abbildung 4.11: NO₂-12-Monatsmittelwerte für verschiedene Messhöhen an ausgewählten Messstellen

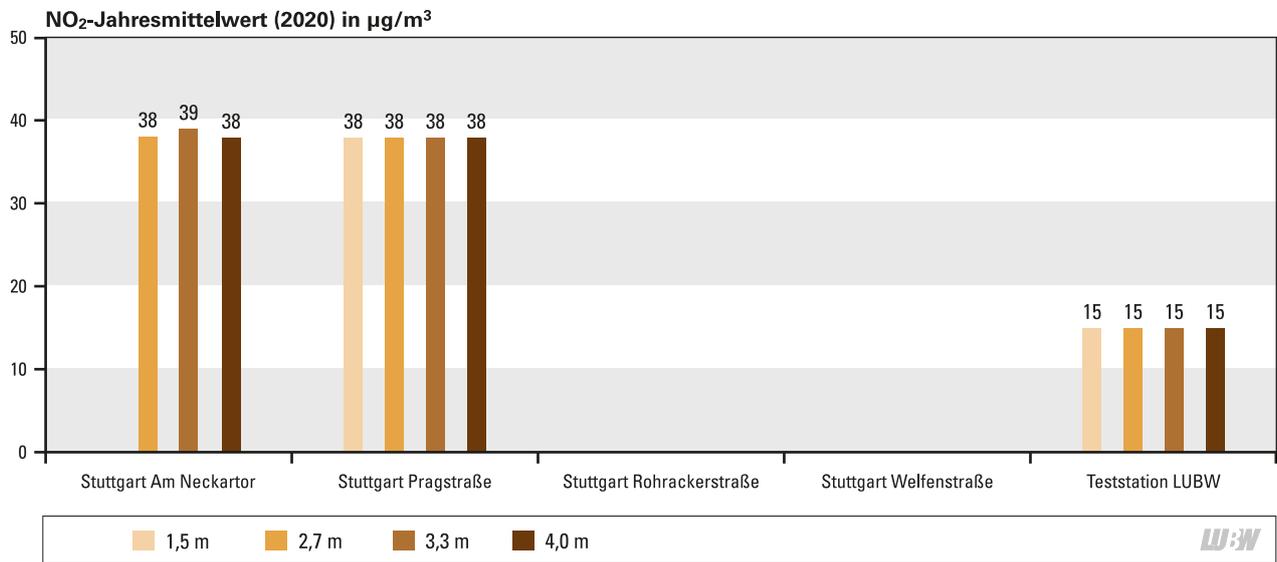


Abbildung 4.12: NO₂-Jahresmittelwerte für verschiedene Messhöhen an ausgewählten Messstellen

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 unter anderem 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 Teilchen oder auch Aerosole, die nicht unmittelbar zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit (mehrere 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 µm, Feinstaub ≤ 10 µm (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 (zum Beispiel 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 natürliche 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 Ozon stammt zu einem geringen Teil aus dem vertikalen Transport von Ozon 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 Ozon, 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 (zum Beispiel bei sportlicher Betätigung) Ausprägung der Empfindlichkeit gegenüber Ozon sehr individuell Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums durch erhöhte Ozonkonzentrationen in Bodennähe

Luftschadstoff / Definition	Quellen	Wirkung auf Mensch / Umwelt
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 zum Beispiel 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 (zum Beispiel an Gebäuden) als Folge des Abbaus von SO₂ in der Atmosphäre durch Oxidation zu Sulfat und Schwefelsäure, die als Niederschlag ausgetragen wird
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 bei laufenden Verbrennungsmotoren, schwelenden Holzkohlegrills oder beispielsweise in Shisha-Bars 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 (zum Beispiel 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-Immissionen 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 emittentenferne 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		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zu den relevanten Inhaltsstoffen, die in der Staubfraktion Partikel PM₁₀ ermittelt und beurteilt werden, zählen unter anderem: ■ 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, das heißt 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: unter anderem Nierenfunktionsstörungen, Schäden des blutbildenden Systems, der Muskulatur und des Nervensystems, fruchtschädigende Wirkung, Beeinträchtigung der Zeugungsfähigkeit ■ Kadmium: unter anderem 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; unter anderem 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 zum Beispiel 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 zum Beispiel 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, das heißt 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 emittentferne 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 zum Beispiel 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 Chemilumineszenz:**
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:**
DIN EN 17346: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ammoniak mit Passivsammlern; Deutsche Fassung EN 17346:2020
- **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 aktiver Probenahme:**
DIN EN 14662-2: Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen – Teil 2: Probenahme mit einer Pumpe mit anschließender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie; Deutsche Fassung EN 14662-2:2005
- **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 Staubniederschlag:**

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 2020

Tabelle 5.1: Stammdaten der Messstandorte des Luft- und Spotmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2020

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Aalen	Bahnhofstraße 115	S	424	01.03.1982	580429	5411128
Backnang Blumenstraße*	Blumenstraße 22	SPOT	281	19.11.2019	531869	5421227
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 Eschholzstraße*	Eschholzstraße 84	SPOT	268	16.12.2019	413055	5316549
Freiburg Kronenstraße*	Kronenstraße 18/20	SPOT	271	18.11.2019	413563	5315696
Freiburg Schlossbergring*	Schlossbergring 8	SPOT	292	18.11.2019	414564	5316197
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
Heilbronn	Hans-Rießler-Straße 7	S	155	01.11.1979	516384	5445882
Heilbronn Frankenbacher Straße*	Frankenbacher Straße 25	SPOT	161	15.11.2019	514664	5446252
Heilbronn Mannheimer Straße*	Mannheimer Straße 8	SPOT	160	21.02.2020	516014	5443759
Heilbronn Speyerer Straße*	Saarbrücker Straße/Speyerer Straße 2	SPOT	163	15.11.2019	512576	5445096
Heilbronn Südstraße 2*	Südstraße 2	SPOT	177	15.11.2019	515509	5442656
Heilbronn Südstraße 33*	Südstraße 33	SPOT	177	21.01.2020	515832	5442497
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	Weinsberger Straße 34	V	165	01.01.2009	516474	5443710
Heilbronn Wilhelmstraße*	Wilhelmstraße 26	SPOT	172	15.11.2019	515972	5442563
Heilbronn Wollhausstraße*	Wollhausstraße ggü. 67	SPOT	178	15.11.2019	516669	5442904
Herrenberg Hindenburgstraße	Hindenburgstraße 16	SPOT	432	01.01.2006	490349	5382417
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
Leonberg Grabenstraße	Grabenstraße 14	SPOT	387	29.12.2004	501213	5405336
Ludwigsburg	Heinrich-Schweitzer-Straße 59	S	302	01.03.1982	512679	5416269
Ludwigsburg Frankfurter Straße*	Frankfurter Straße 3	SPOT	280	21.11.2019	512876	5416889
Ludwigsburg Friedrichstraße	Friedrichstraße 9	SPOT	299	23.12.2003	513930	5415156
Ludwigsburg Friedrichstraße-Ost*	Friedrichstraße 85/87	SPOT	309	21.11.2019	514835	5415187
Ludwigsburg Keplerstraße*	Keplerstraße 20	SPOT	304	21.11.2019	513671	5415143
Ludwigsburg Schlossstraße*	Schlossstraße 21	SPOT	285	21.11.2019	514199	5416157
Ludwigsburg Schorndorfer Straße*	Schorndorfer Straße 40	SPOT	291	21.11.2019	514657	5415913
Ludwigsburg Stuttgarter Straße*	Stuttgarter Straße 14	SPOT	293	17.12.2019	514216	5415686
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

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Mühlacker Stuttgarter Straße	Stuttgarter Straße 33	SPOT	242	01.01.2006	488594	5421538
Neuenburg	Freiburger Straße 25a	S	223	01.11.1992	392801	5297182
Pfintzal 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
Pleidelshheim Beihinger Straße	Beihinger Straße 12	SPOT	195	07.01.2004	515017	5422956
Reutlingen**	Friedrich-Ebert-Straße 6a	S	392	01.02.1982	515326	5370649
Reutlingen Lederstraße-Ost	Lederstraße 84	V	382	21.03.2007	515574	5370711
Schramberg Oberndorfer Straße	Oberndorfer Straße 94	V	458	29.12.2006	454745	5341949
Schwäbische Alb	Sonnenbühl-Erpfingen, Sportplatz	L	797	27.04.1994	515385	5354754
Schwarzwald-Süd	Kälbelescheuer	L	902	01.01.1984	407500	5295914
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 Pragstraße	Pragstraße 90/92	SPOT	245	30.06.2017	514798	5406106
Stuttgart Talstraße	Talstraße 41	SPOT	252	06.12.2018	515556	5403426
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 Am Stadtgraben*	Am Stadtgraben 19	SPOT	331	20.11.2019	504138	5374416
Tübingen Kelterstraße*	Kelterstraße 20	SPOT	334	20.11.2019	503667	5374419
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
* ergänzende Messung im Stadtgebiet; keine Überprüfung der räumlichen Repräsentativität
** durch Dritte finanzierte Messstelle



Tabelle 5.2: Messumfang der Messstandorte des Luft- und Spotmessnetzes in Baden-Württemberg im Jahr 2020

Messstation	NO2	NO ₂ passiv	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon	SO ₂	CO	Benzol	SM	B[a]P	Ruß	Meteo- rologie
Aalen	X		X		X	X						X
Backnang Blumenstraße*		X										
Backnang Eugen-Adolf-Strasse		X										
Baden-Baden	X		X		X							X
Balingen Schömberger Straße		X										
Bernhausen	X		X		X							X
Biberach	X		X		X							X
Eggenstein	X		X		X	X						X
Esslingen Grabbrunnenstraße		X	X									
Freiburg	X		X	X	X							X
Freiburg Eschholzstraße*		X										
Freiburg Kronenstraße*		X										
Freiburg Schlossberggring*		X										
Freiburg Schwarzwaldstraße	X		X	X			X			X	X	
Friedrichshafen	X		X		X							X
Gärtringen	X		X		X				X	X	X	X
Heidelberg	X		X		X							X
Heidelberg Mittermaierstraße		X										
Heilbronn	X		X	X	X					X		X
Heilbronn Frankenbacher Straße*		X										
Heilbronn Mannheimer Straße*		X										
Heilbronn Speyerer Straße*		X										
Heilbronn Südstraße 2*		X										
Heilbronn Südstraße 33*		X										
Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	X		X	X			X			X	X	
Heilbronn Wilhelmstraße*		X										
Heilbronn Wollhausstraße*		X										
Herrenberg Hindenburgstraße		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
Leonberg Grabenstraße	X											
Ludwigsburg	X		X		X							X
Ludwigsburg Frankfurter Straße*		X										
Ludwigsburg Friedrichstraße		X										
Ludwigsburg Friedrichstraße-Ost*		X										
Ludwigsburg Keplerstraße*		X										
Ludwigsburg Schlossstraße*		X										
Ludwigsburg Schorndorfer Straße*		X										
Ludwigsburg Stuttgarter Straße*		X										
Mannheim Friedrichsring	X		X	X			X	X		X	X	
Mannheim Luisenring		X										
Mannheim-Nord	X		X	X	X	X						X
Mühlacker Stuttgarter Straße		X										
Neuenburg	X		X		X							X

Messstation	NO2	NO ₂ passiv	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon	SO ₂	CO	Benzol	SM	B[a]P	Ruß	Meteo- rologie
Pfinztal Karlsruher Straße	X		X	X			X			X		
Pforzheim	X		X	X	X				X	X		X
Pforzheim Jahnstraße		X										
Pleidelsheim Beihinger Straße		X										
Reutlingen**	X		X		X							X
Reutlingen Lederstraße-Ost	X		X	X			X			X		
Schramberg Oberndorfer Straße	X		X	X			X			X		
Schwäbische Alb	X		X	X	X							X
Schwarzwald-Süd	X		X	X	X	X						X
Stuttgart Am Neckartor	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	X		X	X	X		X				X	
Stuttgart Hohenheimer Straße	X		X									
Stuttgart Pragstraße		X										
Stuttgart Talstraße		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 Am Stadtgraben*		X										
Tübingen Kelterstraße*		X										
Tübingen Mühlestraße	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	39	34	39	22	29	4	8	2	5	14	7	27

SM = Schwermetalle

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

* ergänzende Messung im Stadtgebiet; keine Überprüfung der räumlichen Repräsentativität

** durch Dritte finanzierte Messstelle



Tabelle 5.3: Stammdaten der Standorte mit Depositions- und Ammoniakmessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

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	515385	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

L = Ländlicher Hintergrund
DEPO = Depositionsmessstelle

V = Verkehrsmessstation



Tabelle 5.4: Messumfang der Standorte mit Depositions- und Ammoniakmessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

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	X	X	X	X
Isny	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 2020

Messstation	Standort	Stationstyp	Höhe über NN (m)	Messbeginn	UTM32 Ost	UTM32 Nord
Pforzheim Luisenstraße	Luisenstraße 35	Sonder	274	15.11.2019	477663	5415671
Pforzheim Parkstraße	Parkstraße 18	Sonder	252	15.11.2019	478817	5415433
Pforzheim St.-Georgen-Steige	St. Georgen Steige 13	Sonder	267	19.12.2019	478421	5414931
Stuttgart Hauptstätter Straße	Hauptstätter Straße 121	Sonder	258	17.09.2019	512561	5401482

Sonder = Sondermessung

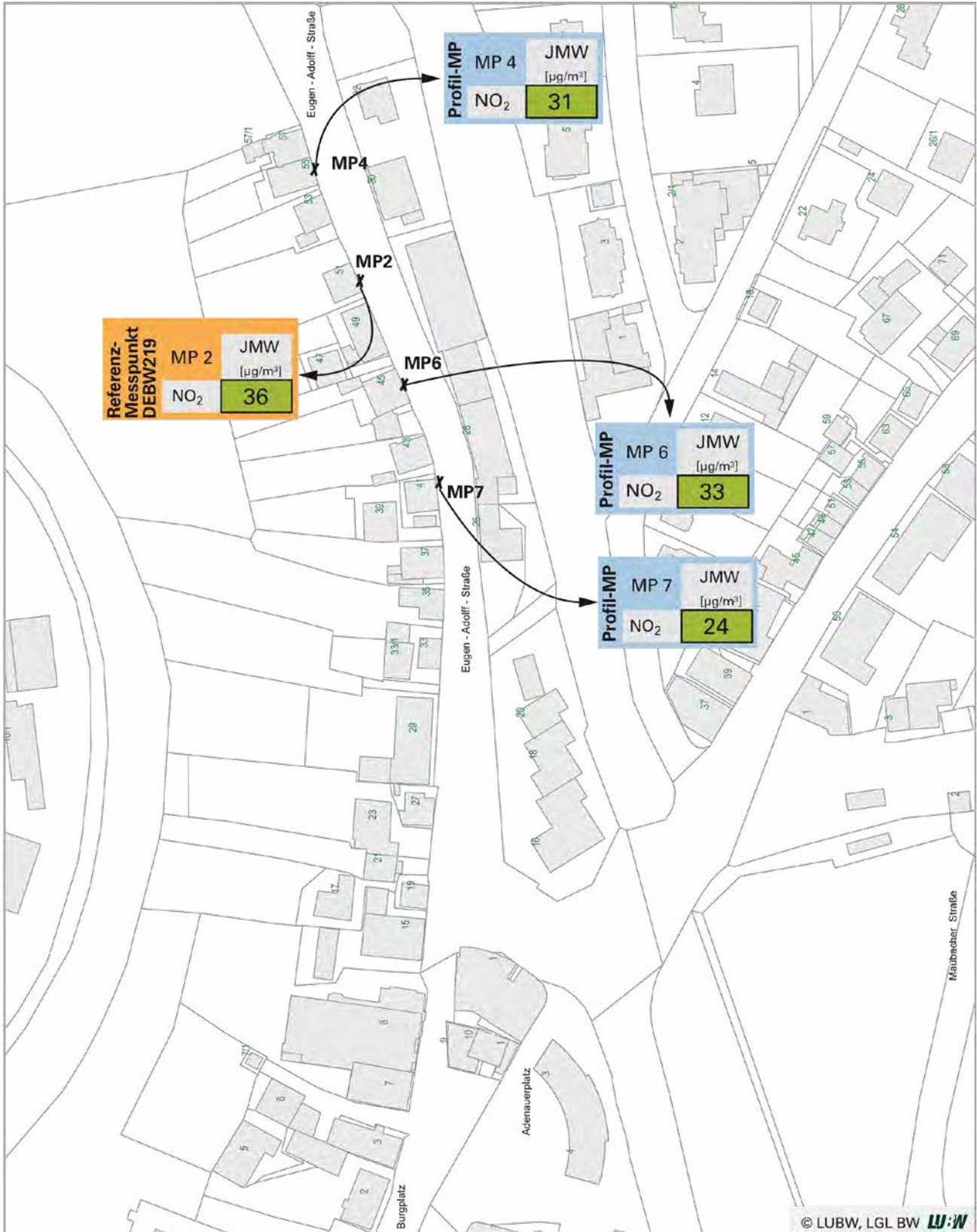


Tabelle 5.6: Messumfang der Messstandorte der Sondermessungen in Baden-Württemberg im Jahr 2020

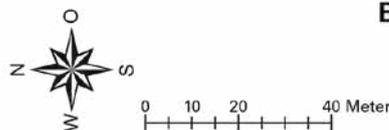
Messstation	NO ₂ passiv
Pforzheim Luisenstraße	X
Pforzheim Parkstraße	X
Pforzheim St.-Georgen-Steige	X
Stuttgart Hauptstätter Straße	X
Anzahl	4



5.4 Kartendarstellungen



✕ NO₂-Passivsammler



Backnang Eugen-Adolff-Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.1: Ergebnisse 2020 – Messstelle Backnang Eugen-Adolff-Straße

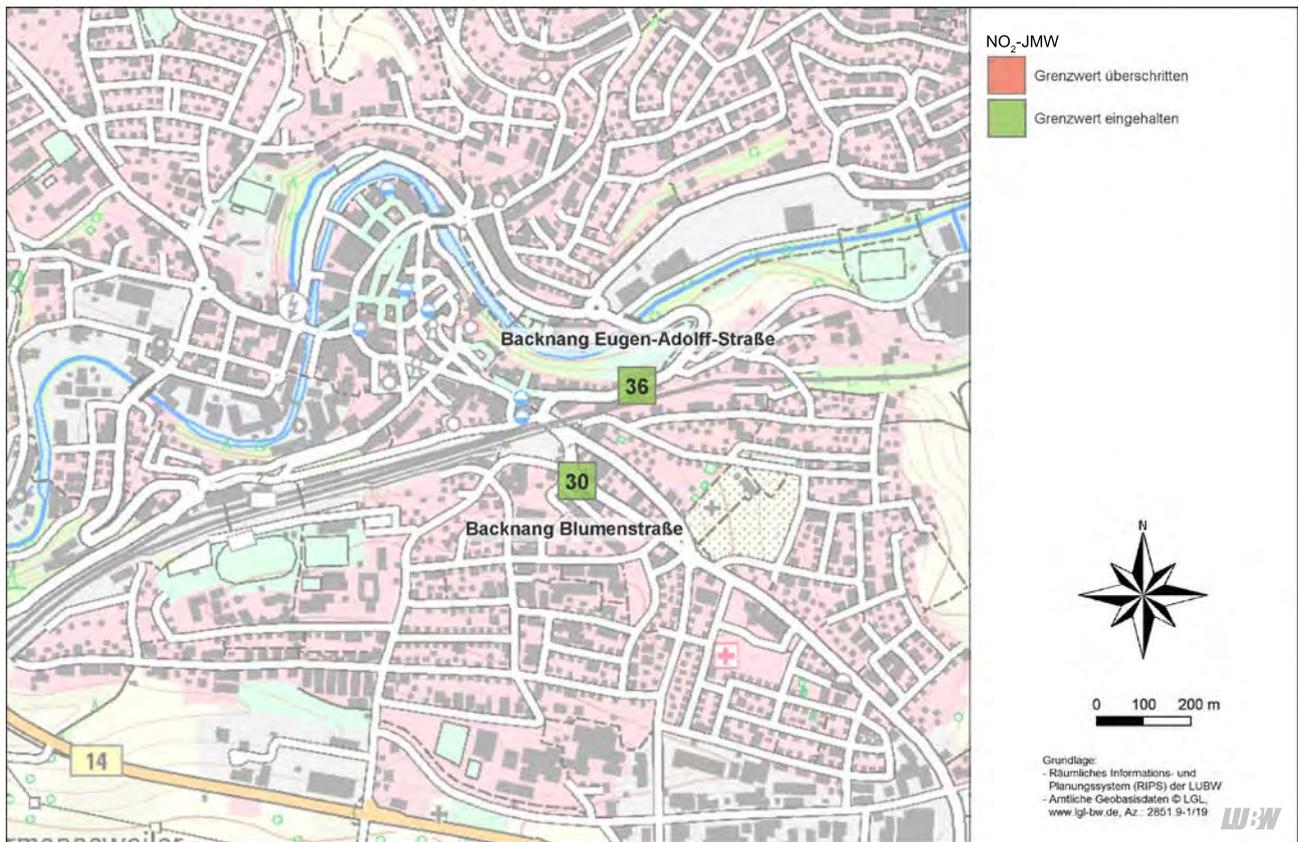
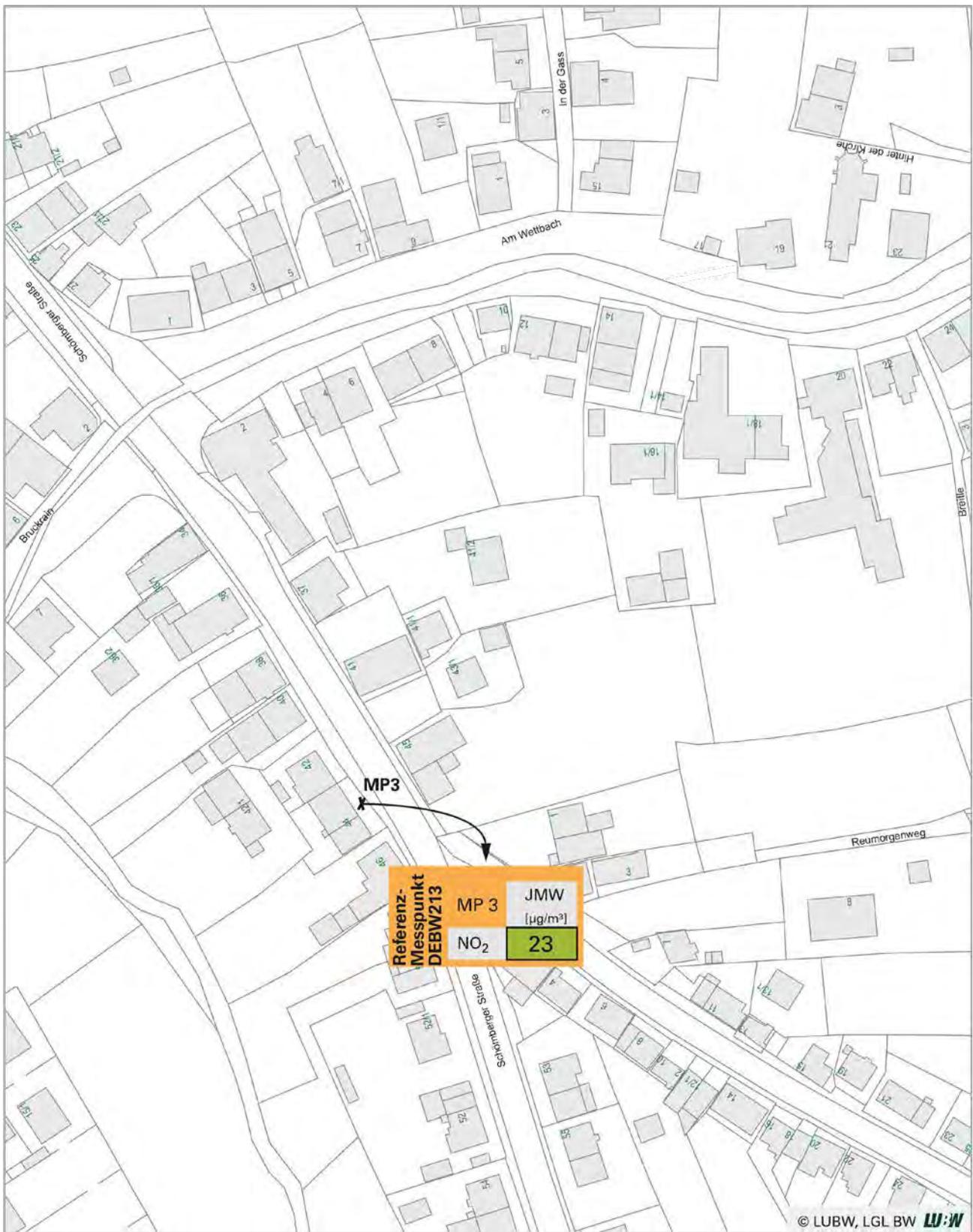
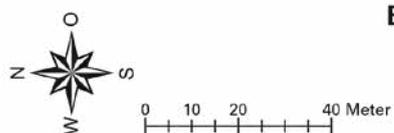


Abbildung 5.2: Ergebnisse 2020 – Überblick Messstellen in Backnang



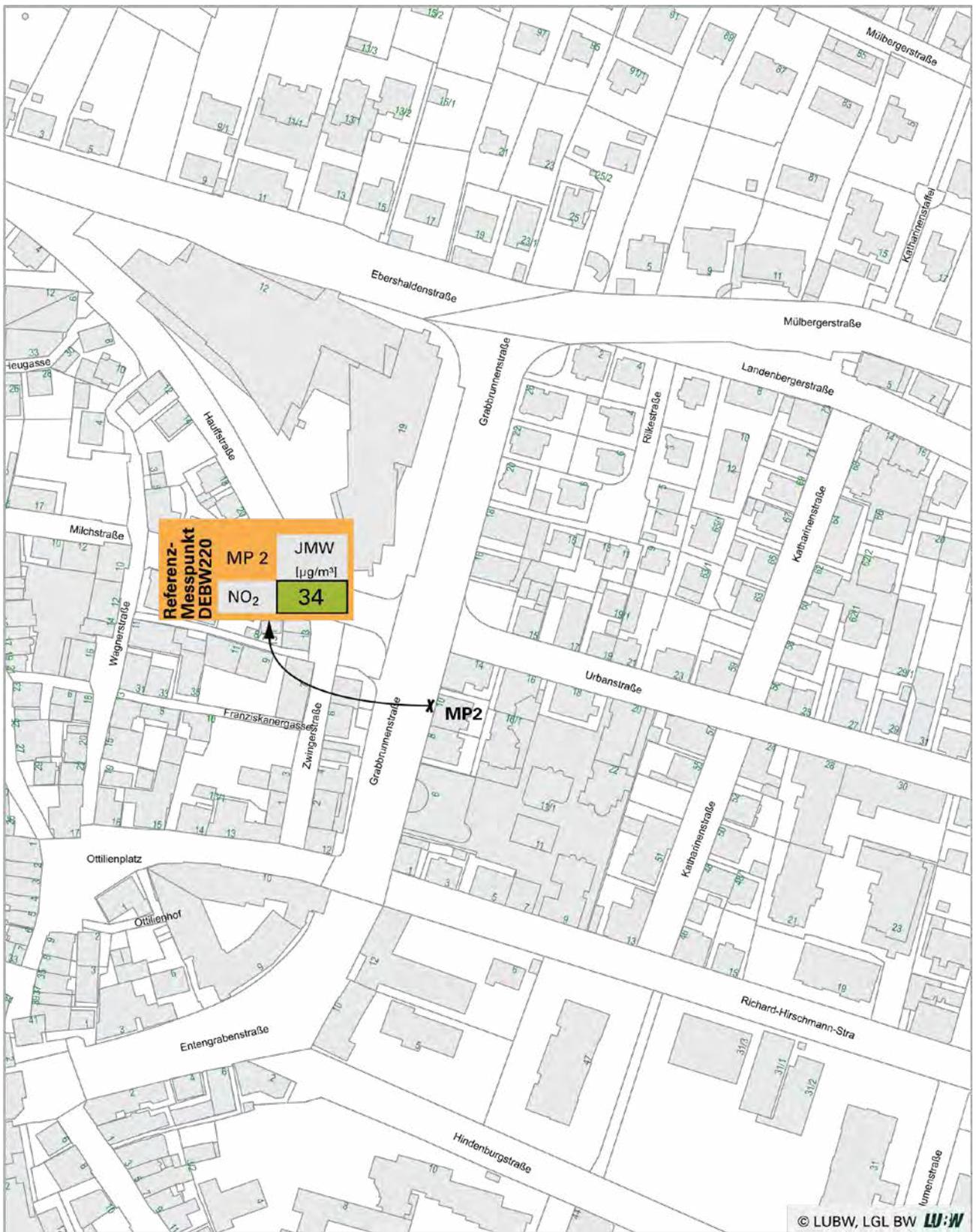
X NO₂-Passivsammler



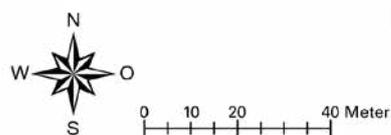
Balingen Schömberger Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.3: Ergebnisse 2020 – Messstelle Balingen Schömberger Straße



X NO₂-Passivsammler



Esslingen Grabbrunnenstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.4: Ergebnisse 2020 – Messstelle Esslingen Grabbrunnenstraße

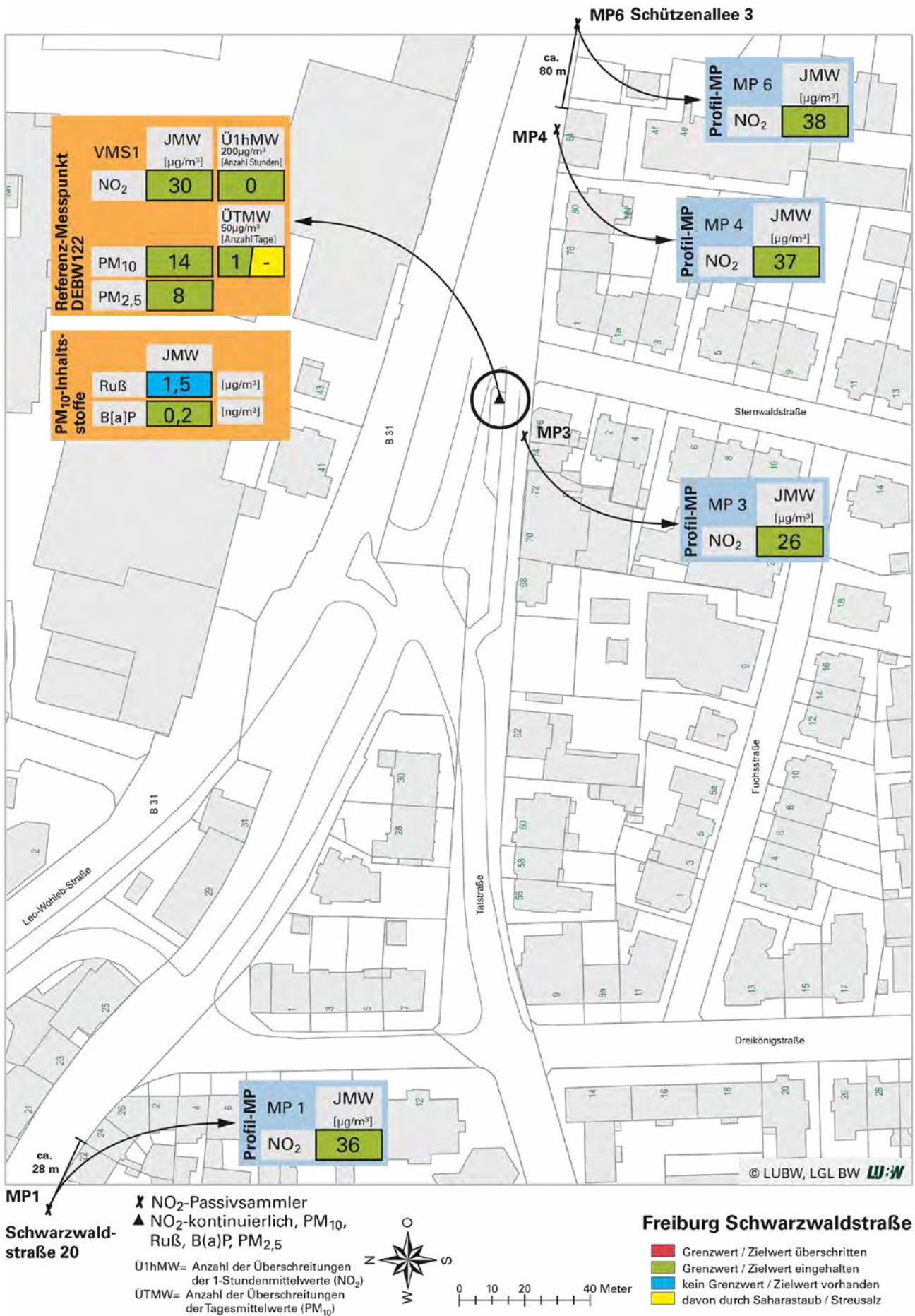


Abbildung 5.5: Ergebnisse 2020 – Messstation Freiburg Schwarzwaldstraße

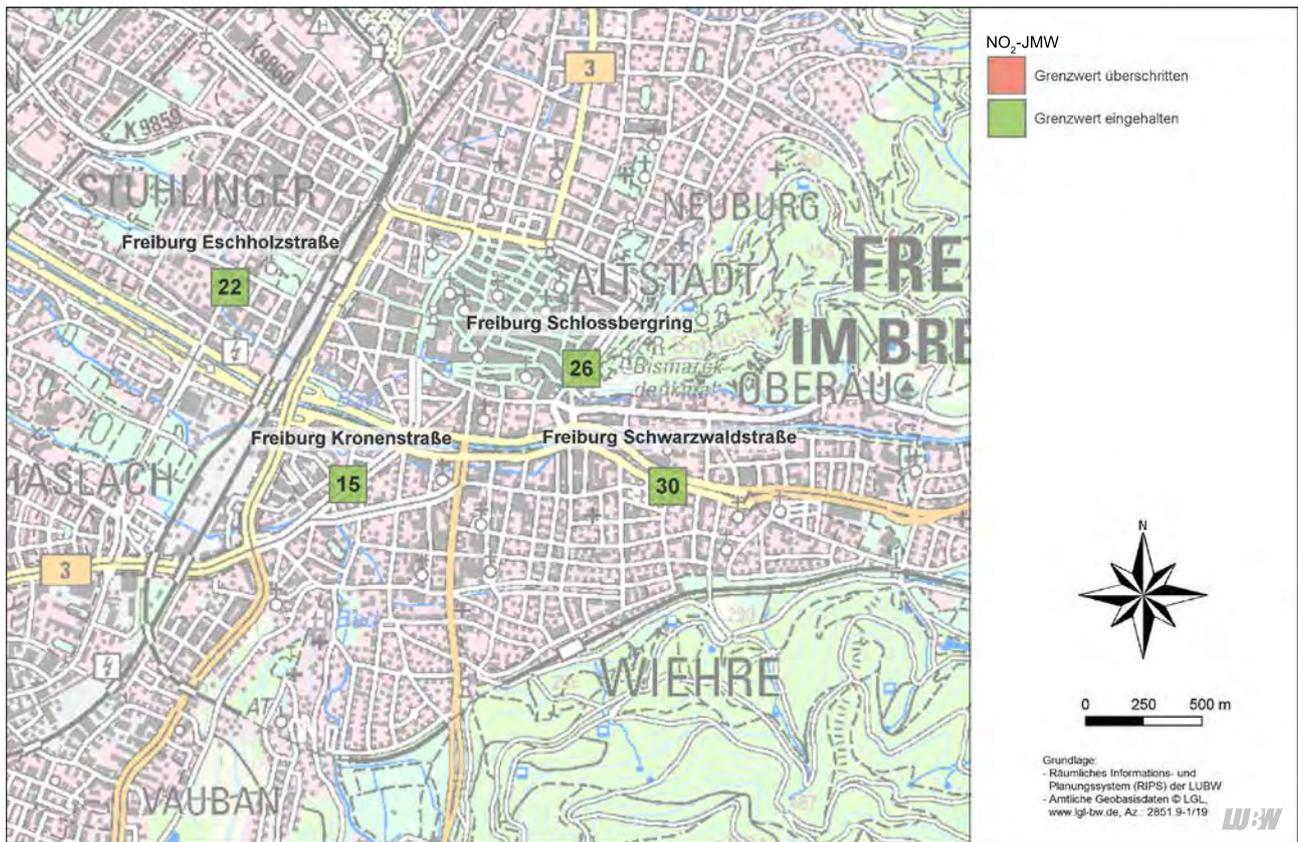
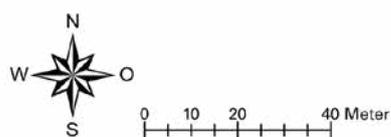


Abbildung 5.6: Ergebnisse 2020 – Überblick Freiburg



X NO₂-Passivsammler



Heidelberg Mittermaierstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.7: Ergebnisse 2020 – Messstelle Heidelberg Mittermaierstraße

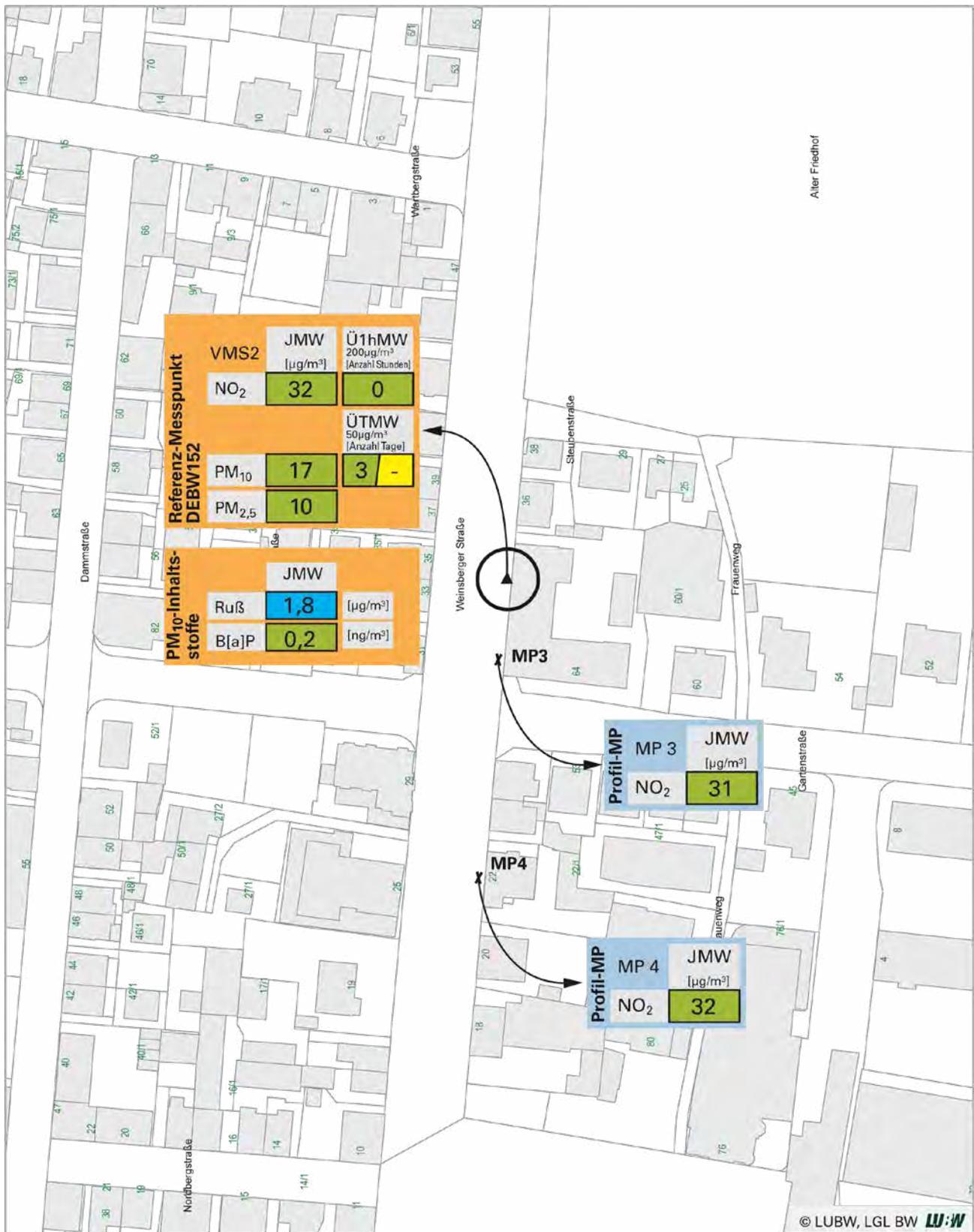


Abbildung 5.8: Ergebnisse 2020 – Messstation Heilbronn Weinsberger Straße-Ost

Heilbronn Weinsberger Straße-Ost

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

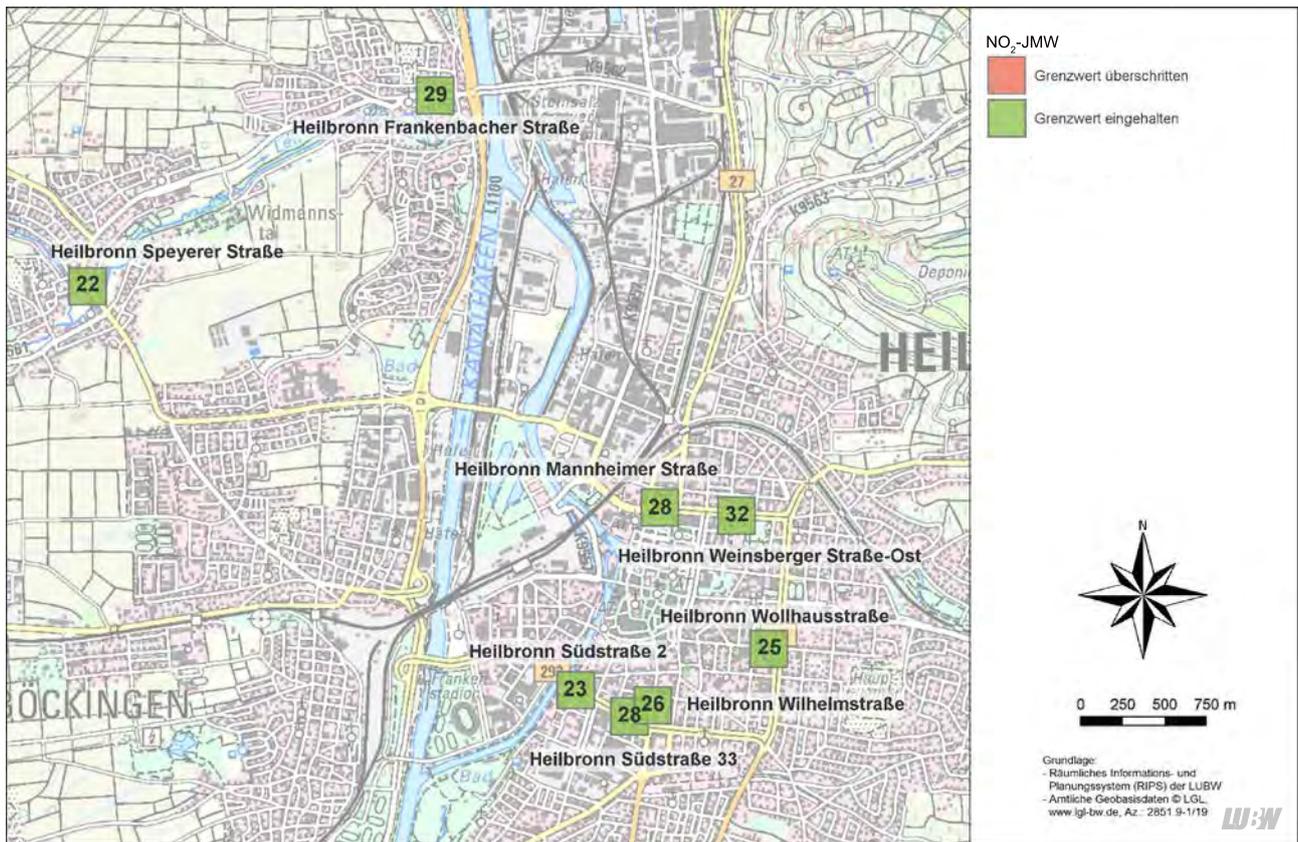
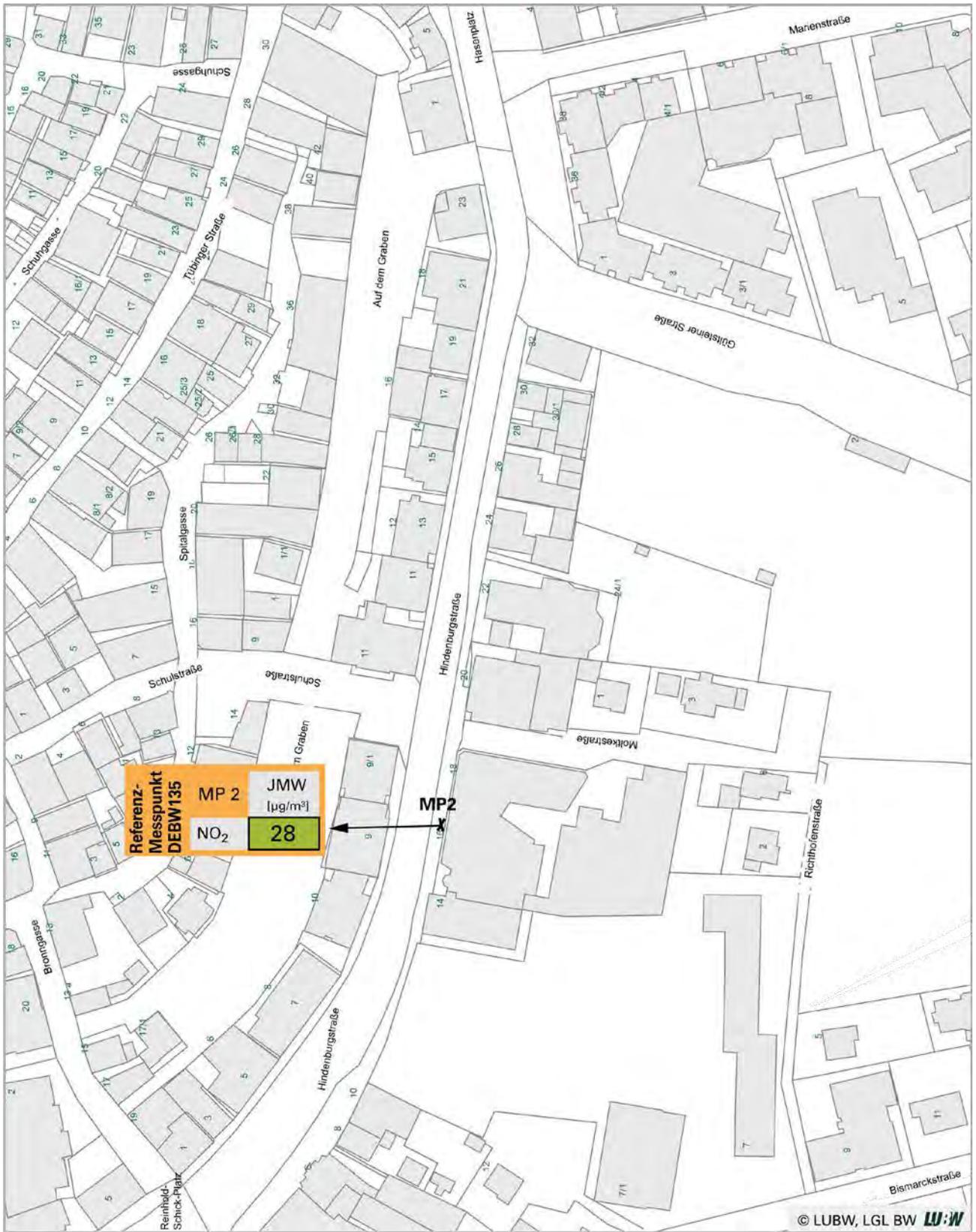
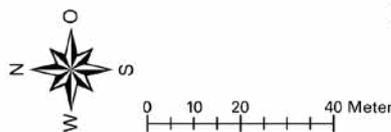


Abbildung 5.9: Ergebnisse 2020 – Überblick Heilbronn



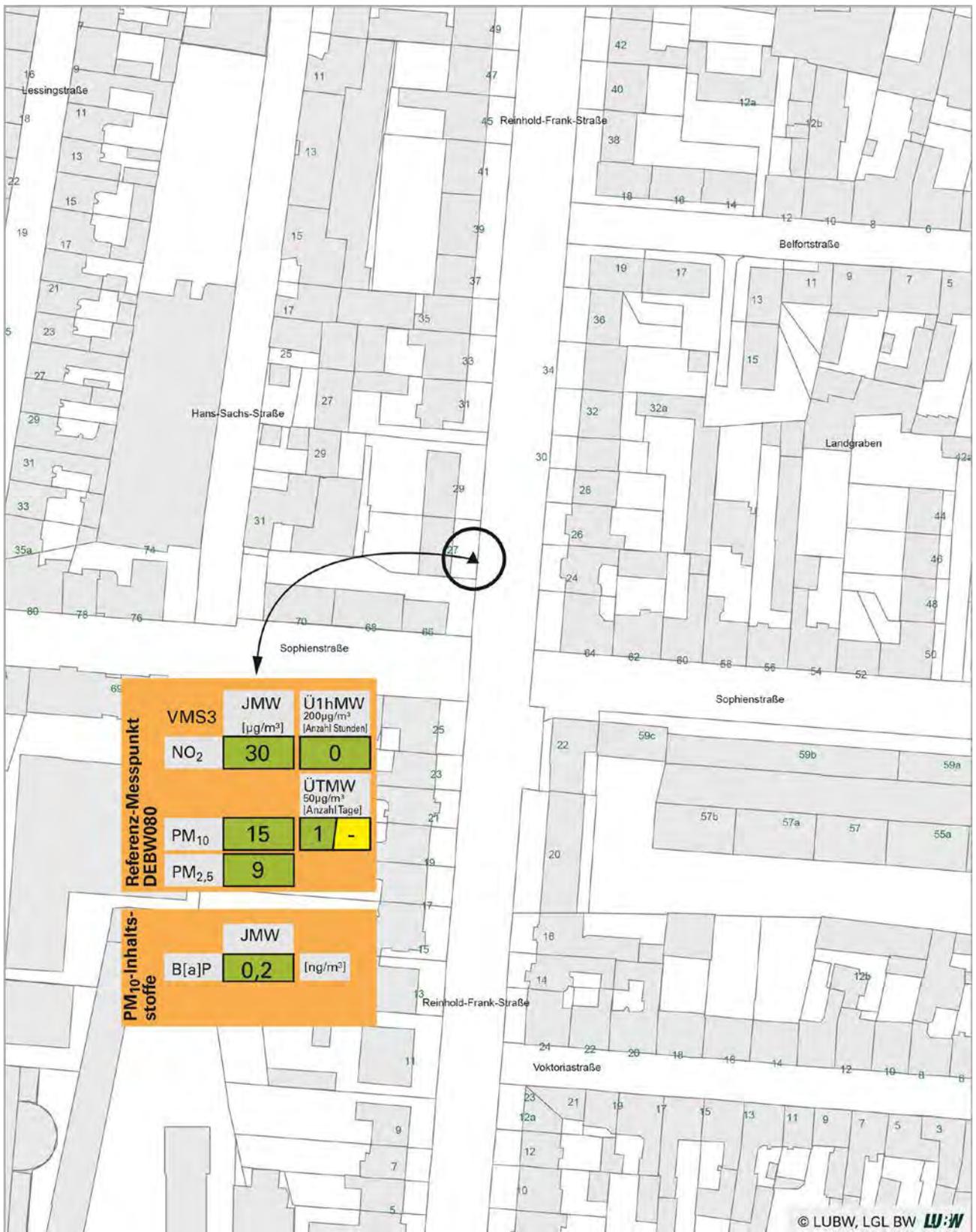
✕ NO₂-Passivsammler



Herrenberg Hinderburgstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.10: Ergebnisse 2020 – Messstelle Herrenberg Hinderburgstraße



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

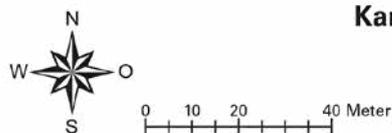
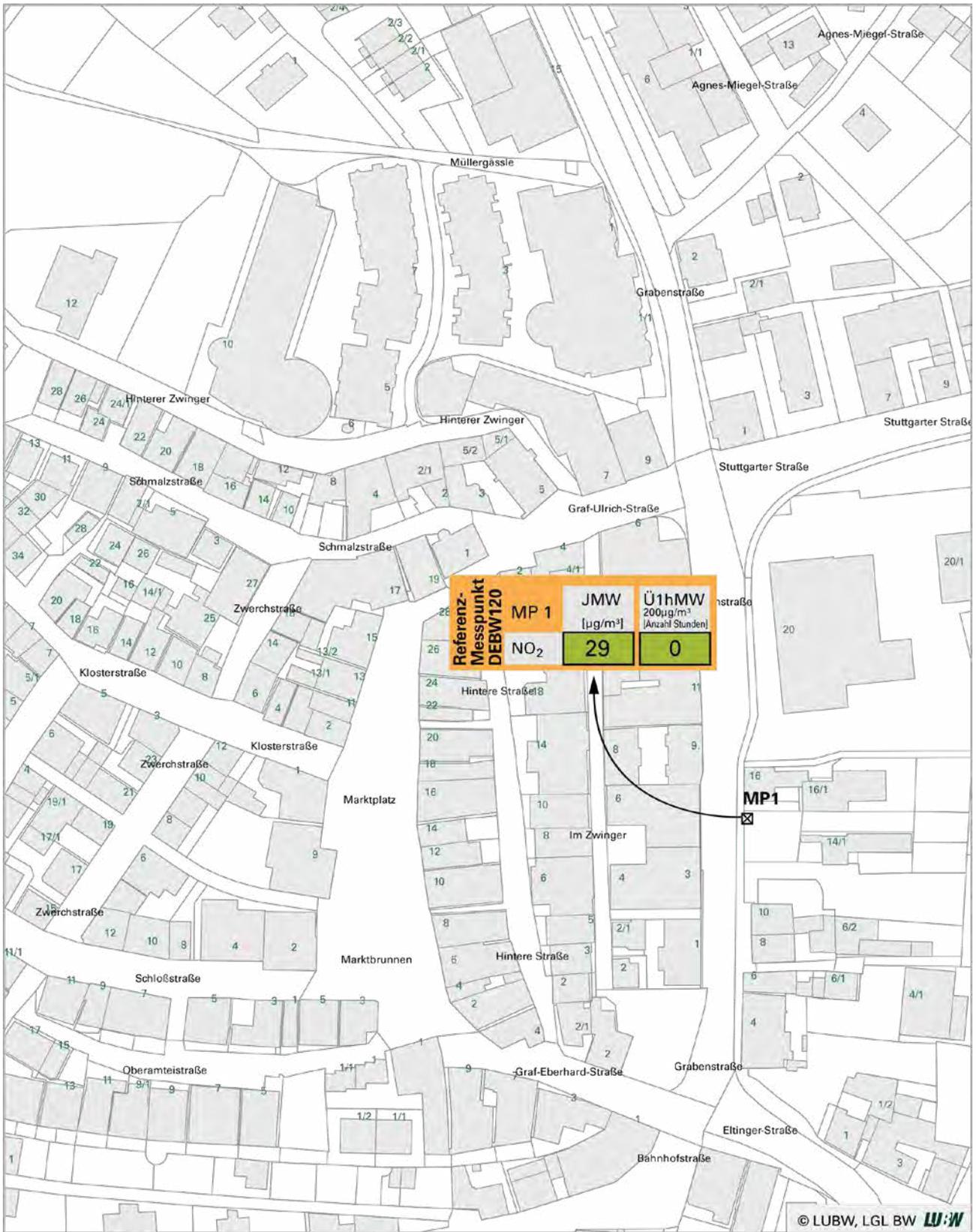
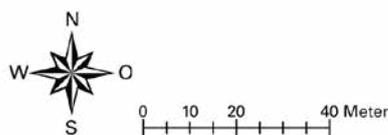


Abbildung 5.11: Ergebnisse 2020 – Messstation Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße



☒ NO₂-kontinuierlich

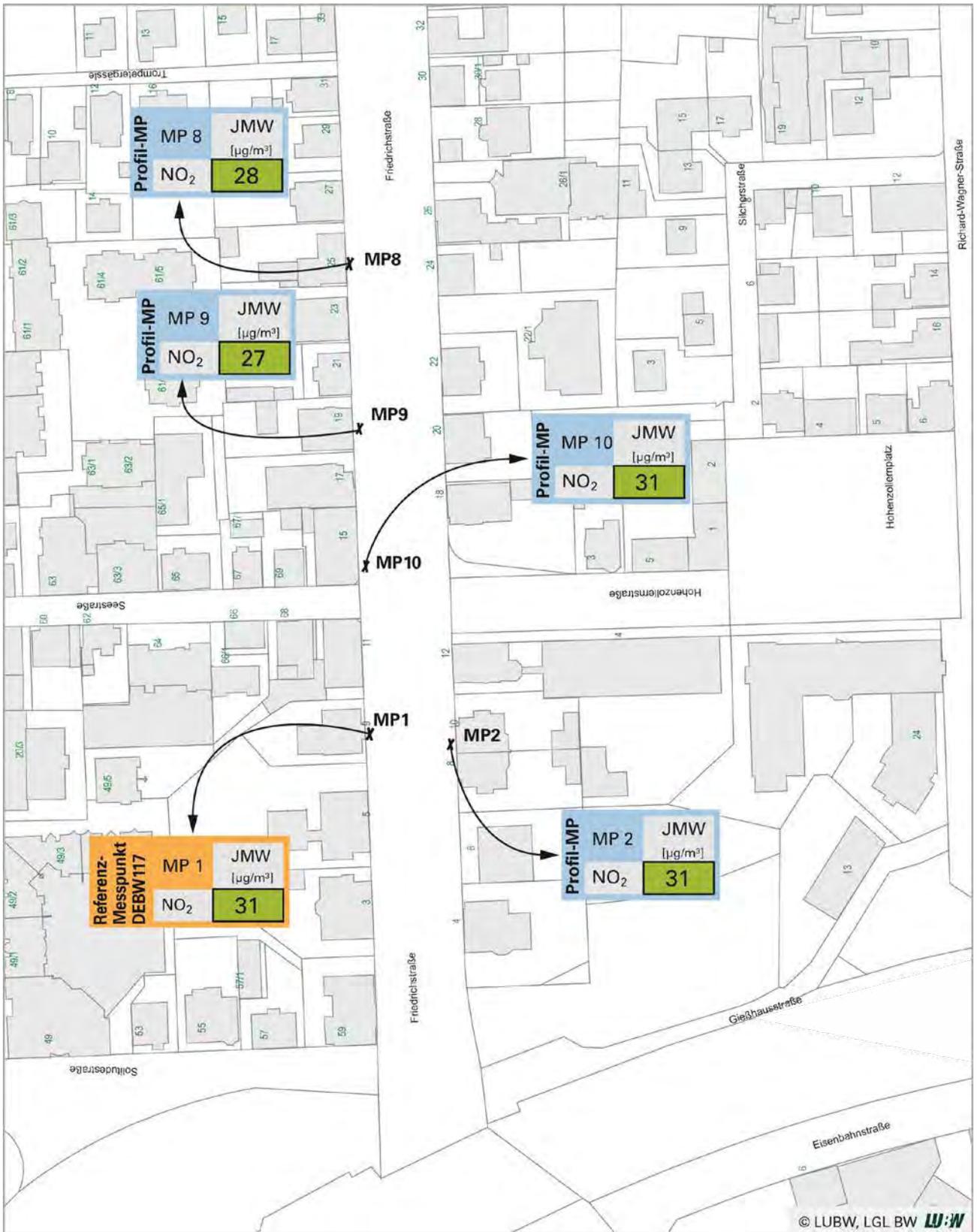
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)



Leonberg Grabenstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.12: Ergebnisse 2020 – Messstelle Leonberg Grabenstraße

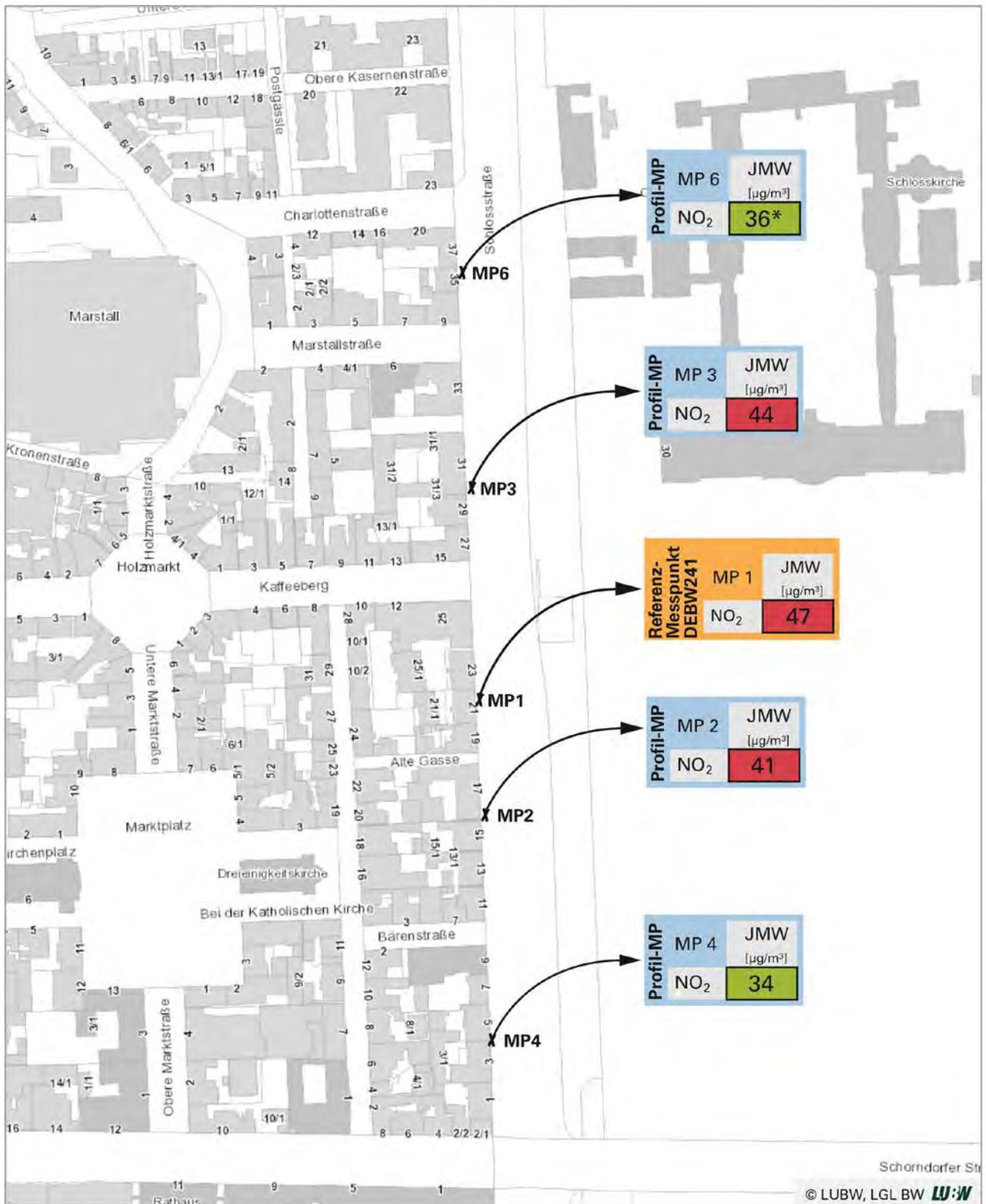


X NO₂-Passivsammler

Ludwigsburg Friedrichstraße

- Red box: Grenzwert überschritten
- Green box: Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.13: Ergebnisse 2020 – Messstelle Ludwigsburg Friedrichstraße



X NO₂-Passivsammler

* Mindestdatenverfügbarkeit nicht erreicht;
Messzeitraummittelwert 25.02.-31.12.2020



0 30 60 120 Meter

Ludwigsburg Schlosstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.14: Ergebnisse 2020 – Messstelle Ludwigsburg Schlosstraße

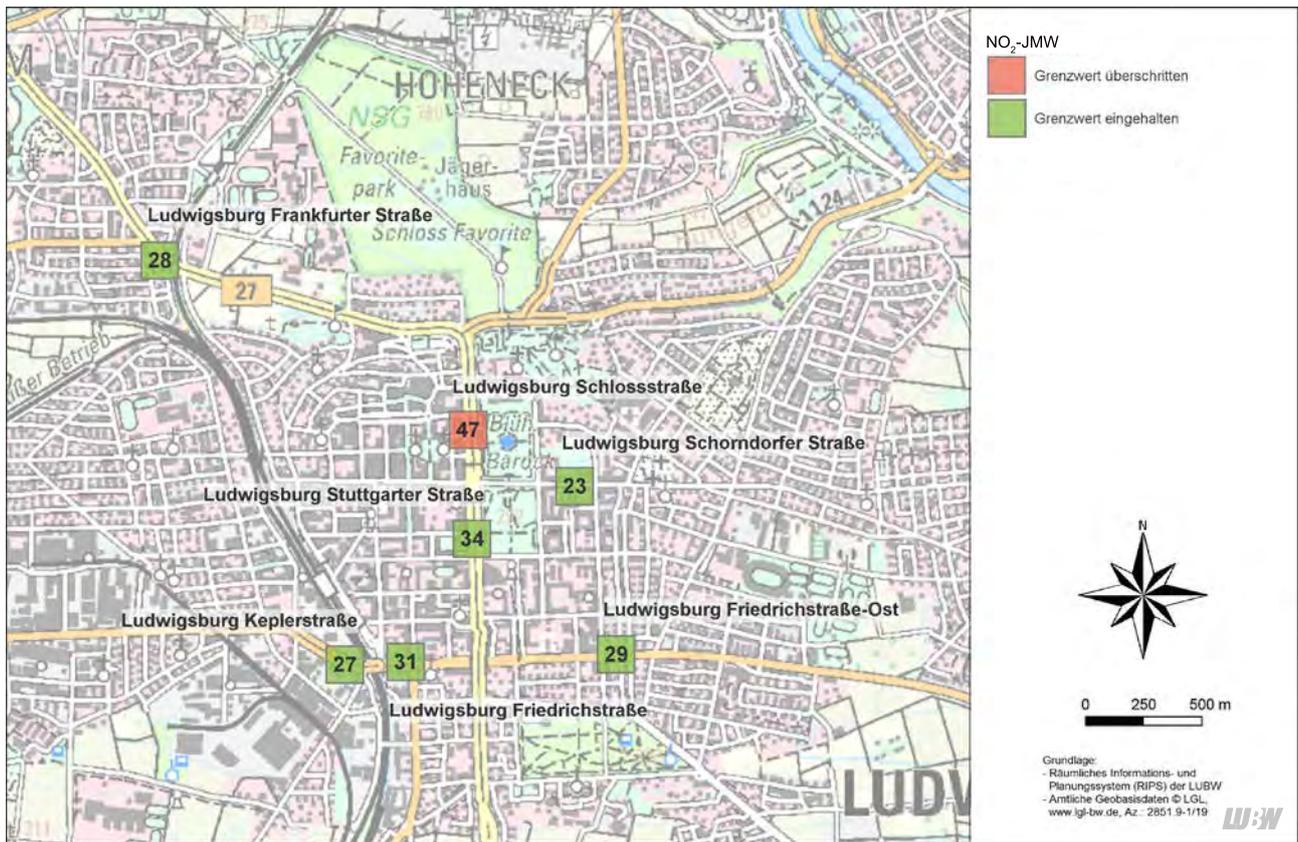
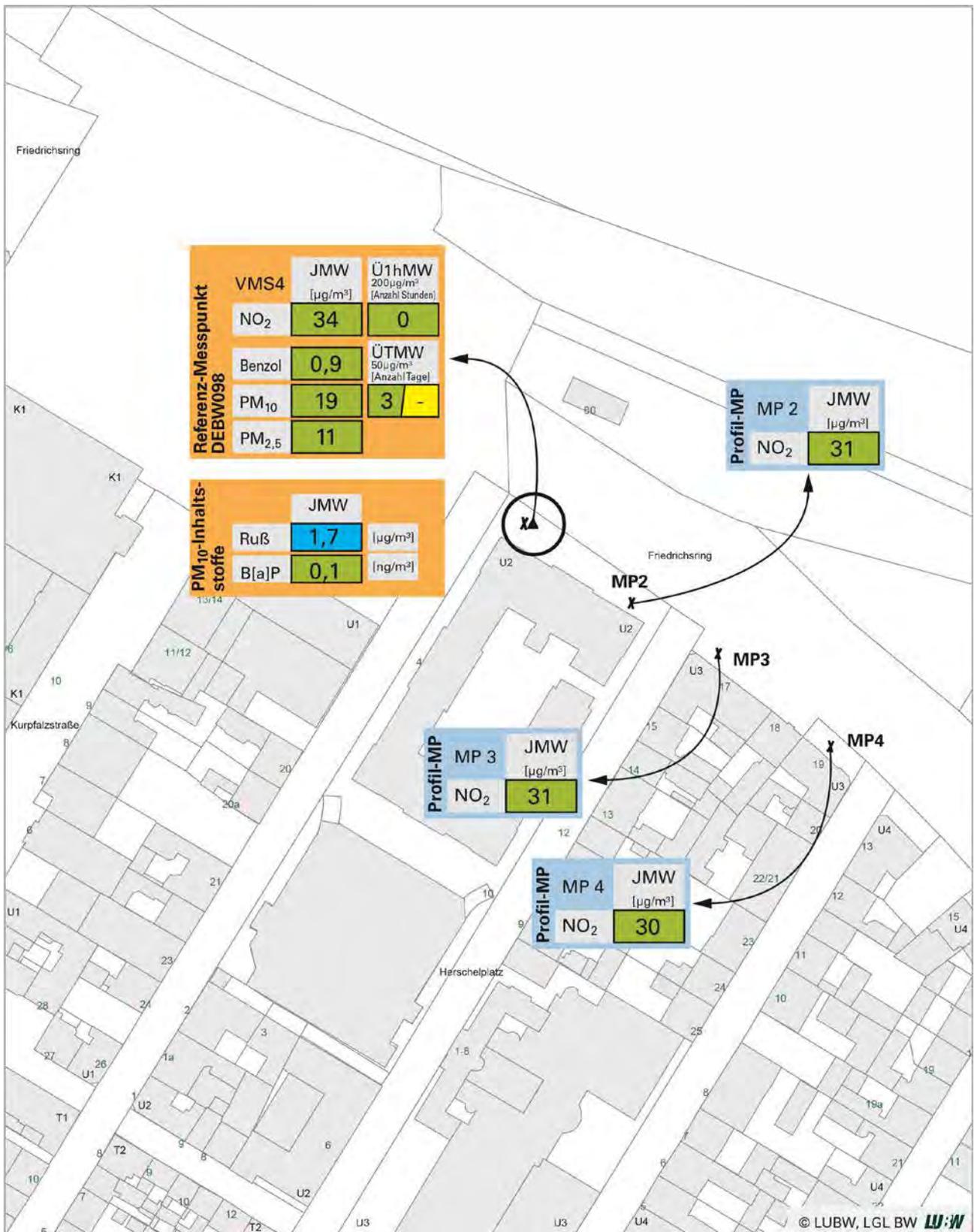
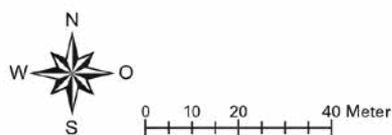


Abbildung 5.15: Ergebnisse 2020 – Überblick Ludwigsburg



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

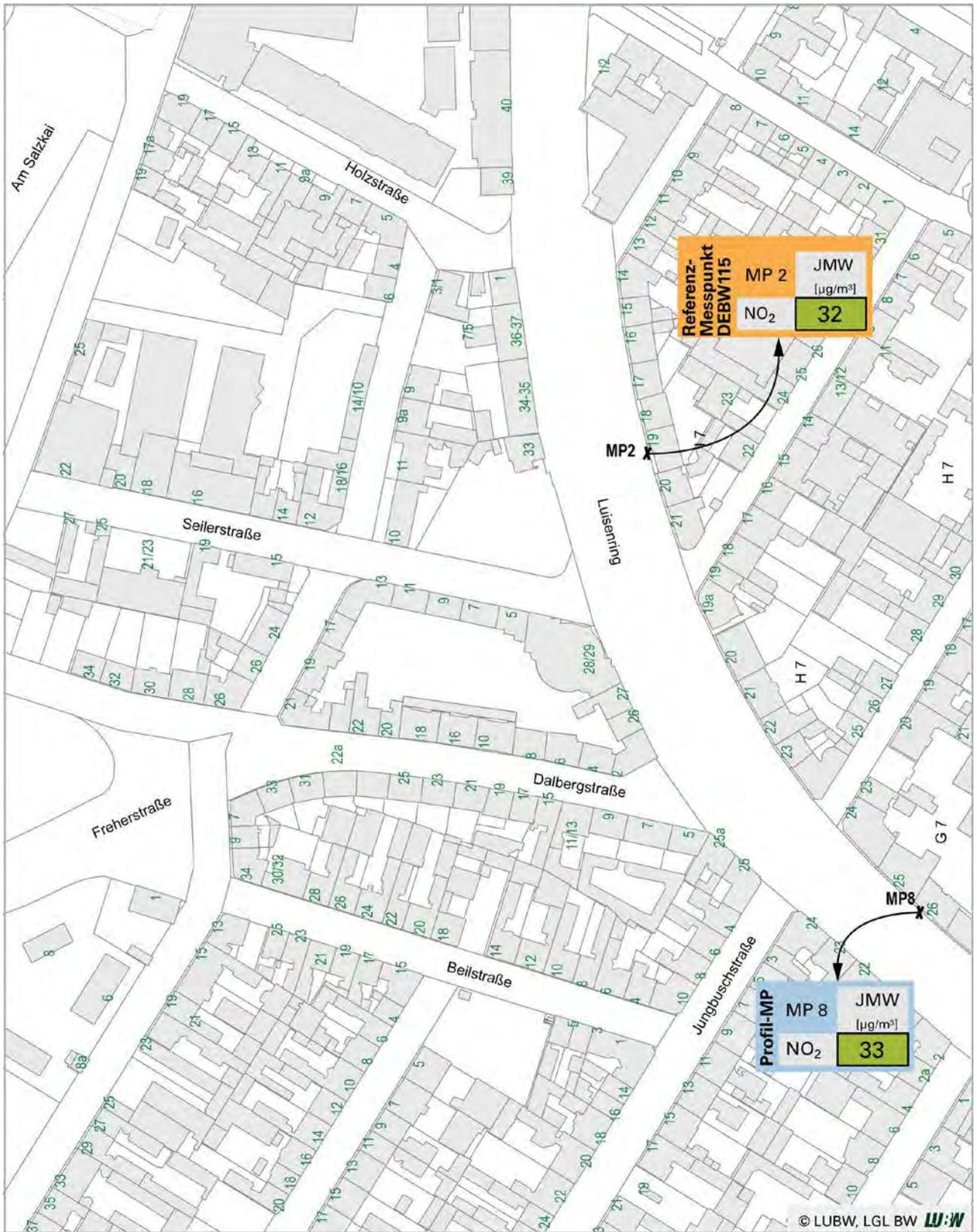
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen
 der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen
 der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Mannheim Friedrichsring

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

Abbildung 5.16: Ergebnisse 2020 – Messstation Mannheim Friedrichsring



✕ NO₂-Passivsammler



0 10 20 40 Meter

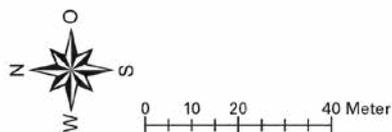
Mannheim Luisenring

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.17: Ergebnisse 2020 – Messstelle Mannheim Luisenring



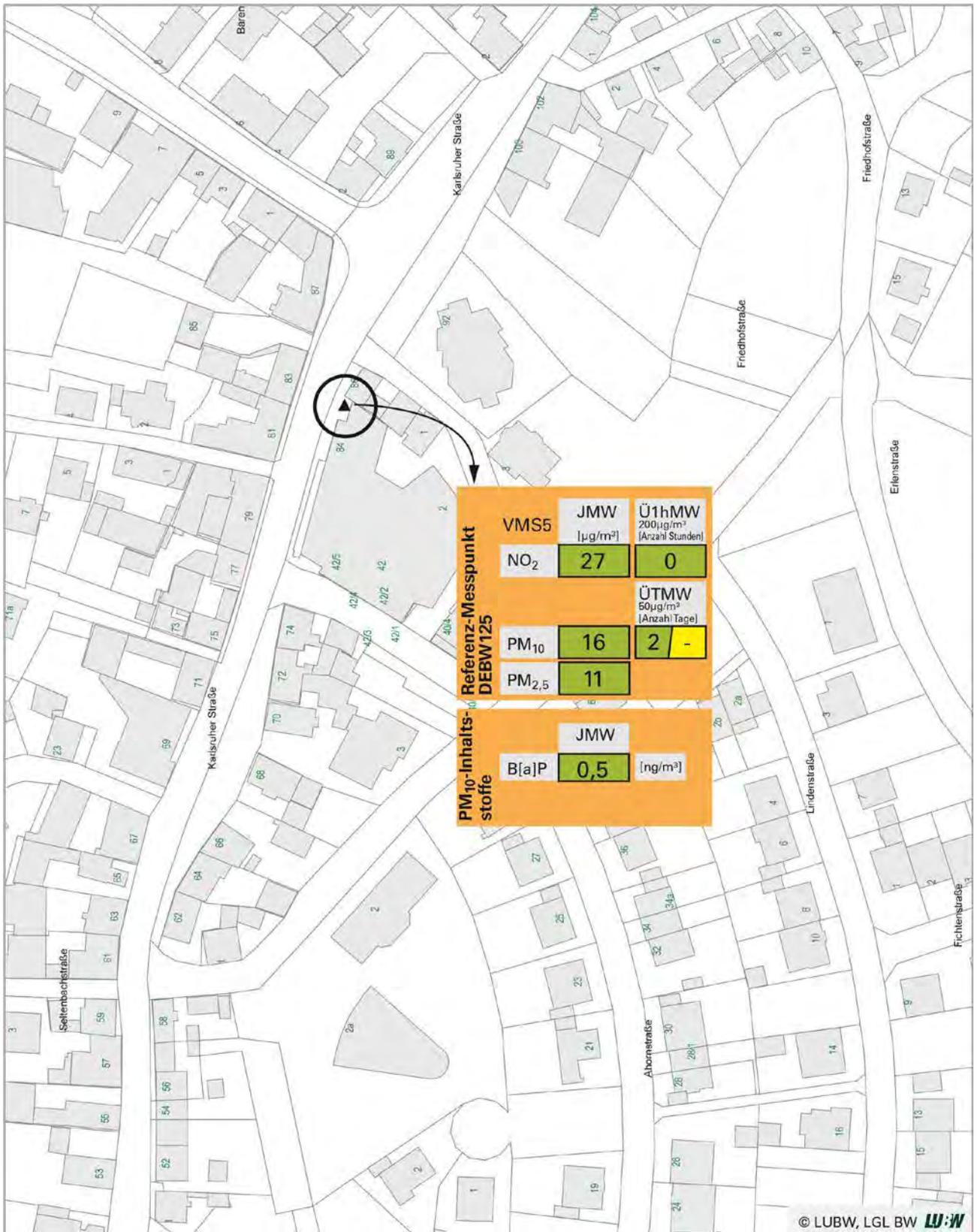
X NO₂-Passivsammler



Mülhacker Stuttgarter Straße

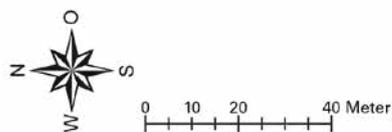
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.18: Ergebnisse 2020 - Messstelle Mülhacker Stuttgarter Straße



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

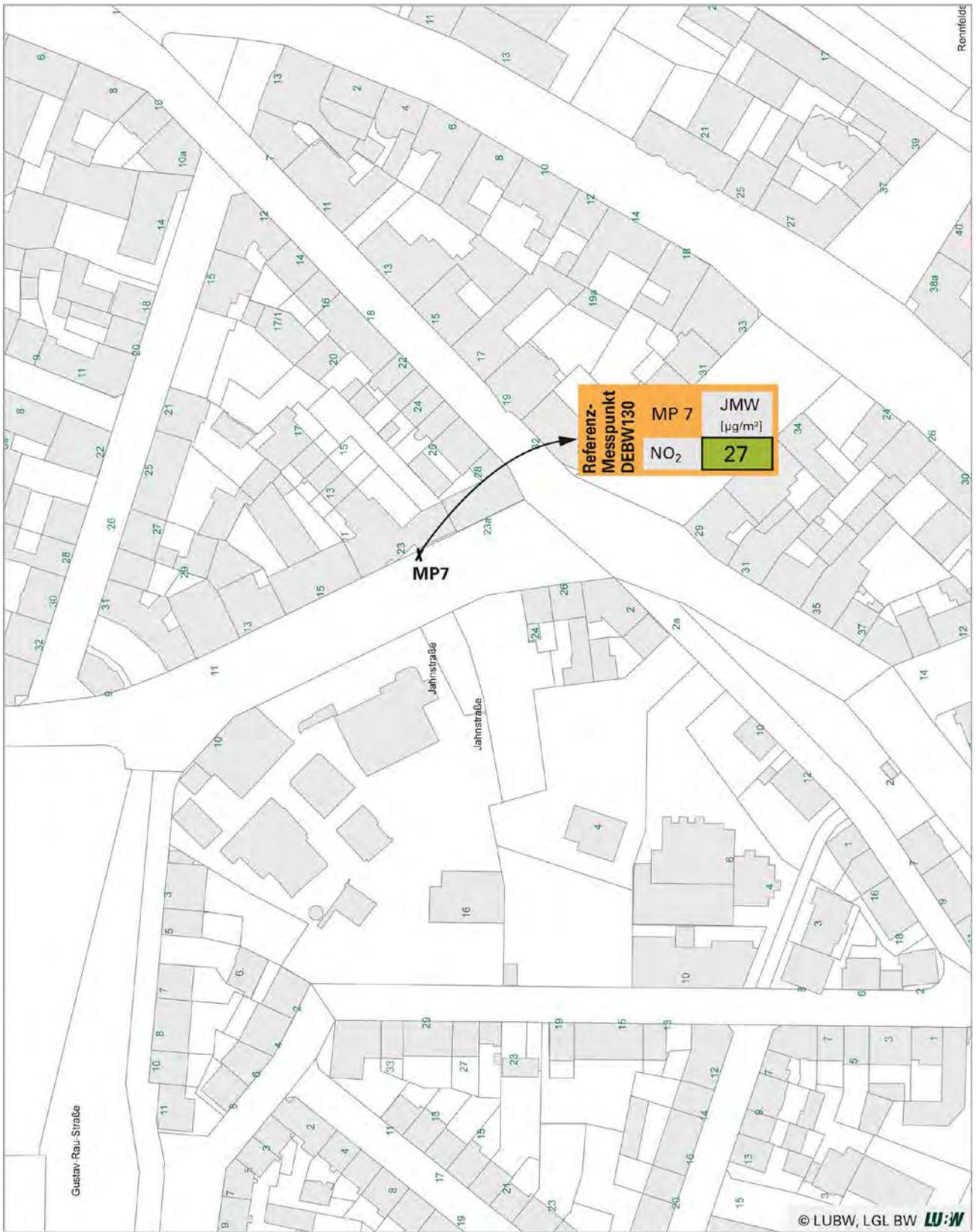
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



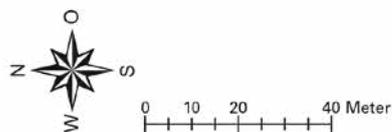
Pfinztal Karlsruher Straße

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

Abbildung 5.19: Ergebnisse 2020 – Messstation Pfinztal Karlsruher Straße



X NO₂-Passivsammler



Pforzheim Jahnstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.20: Ergebnisse 2020 – Messstelle Pforzheim Jahnstraße



X NO₂-Passivsammler

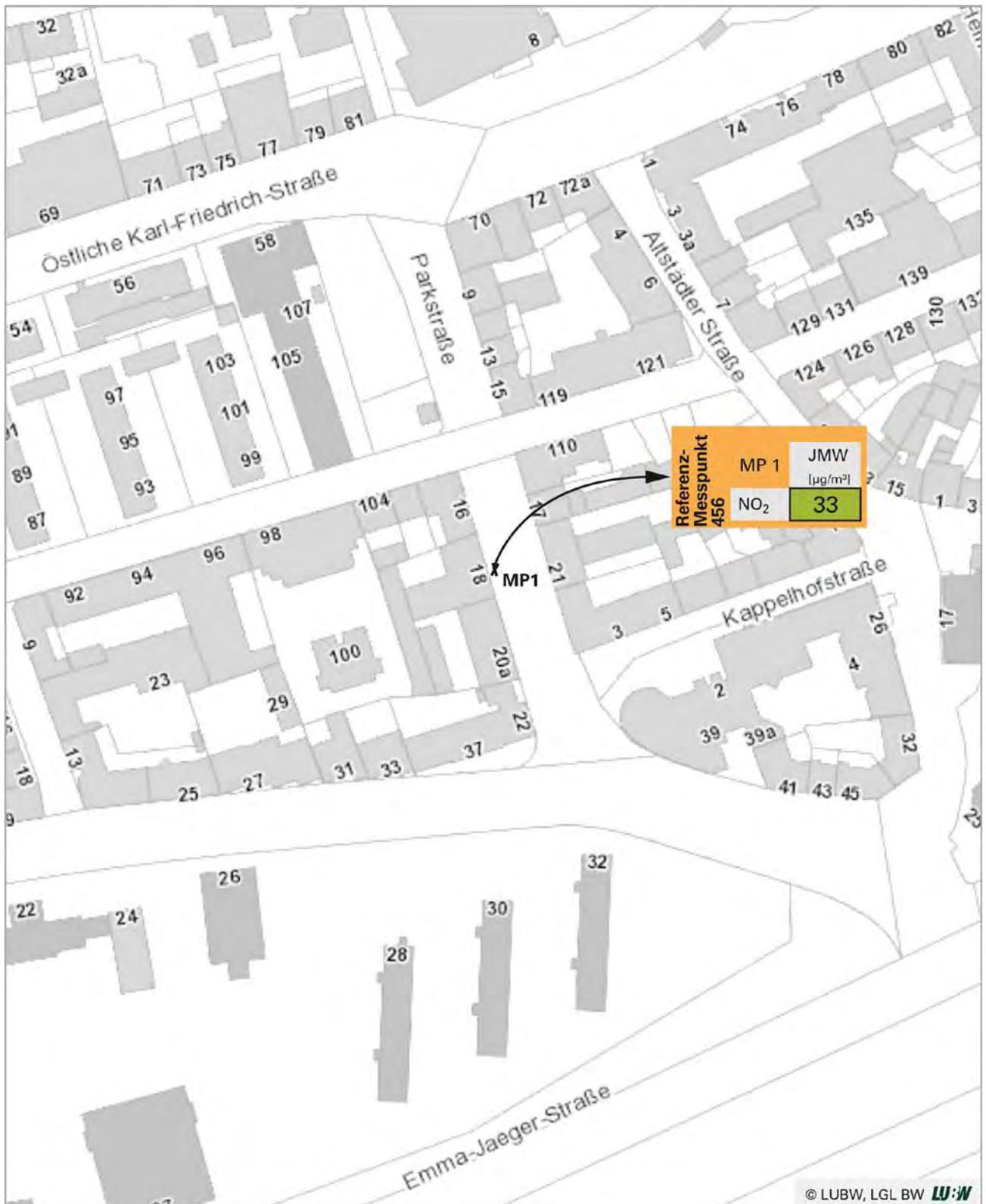


0 20 40 80 Meter

Pforzheim Luisenstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.21: Ergebnisse 2020 – Messstelle Pforzheim Luisenstraße



X NO₂-Passivsammler



0 20 40 80 Meter

Pforzheim Parkstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.22: Ergebnisse 2020 – Messstelle Pforzheim Parkstraße



© LUBW, LGL BW **LU:W**

X NO₂-Passivsammler



0 20 40 80 Meter

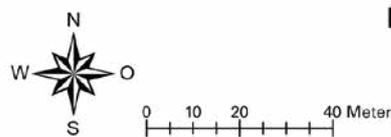
Pforzheim St.-Georgen-Steige

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.23: Ergebnisse 2020 – Messstelle Pforzheim St.-Georgen-Steige



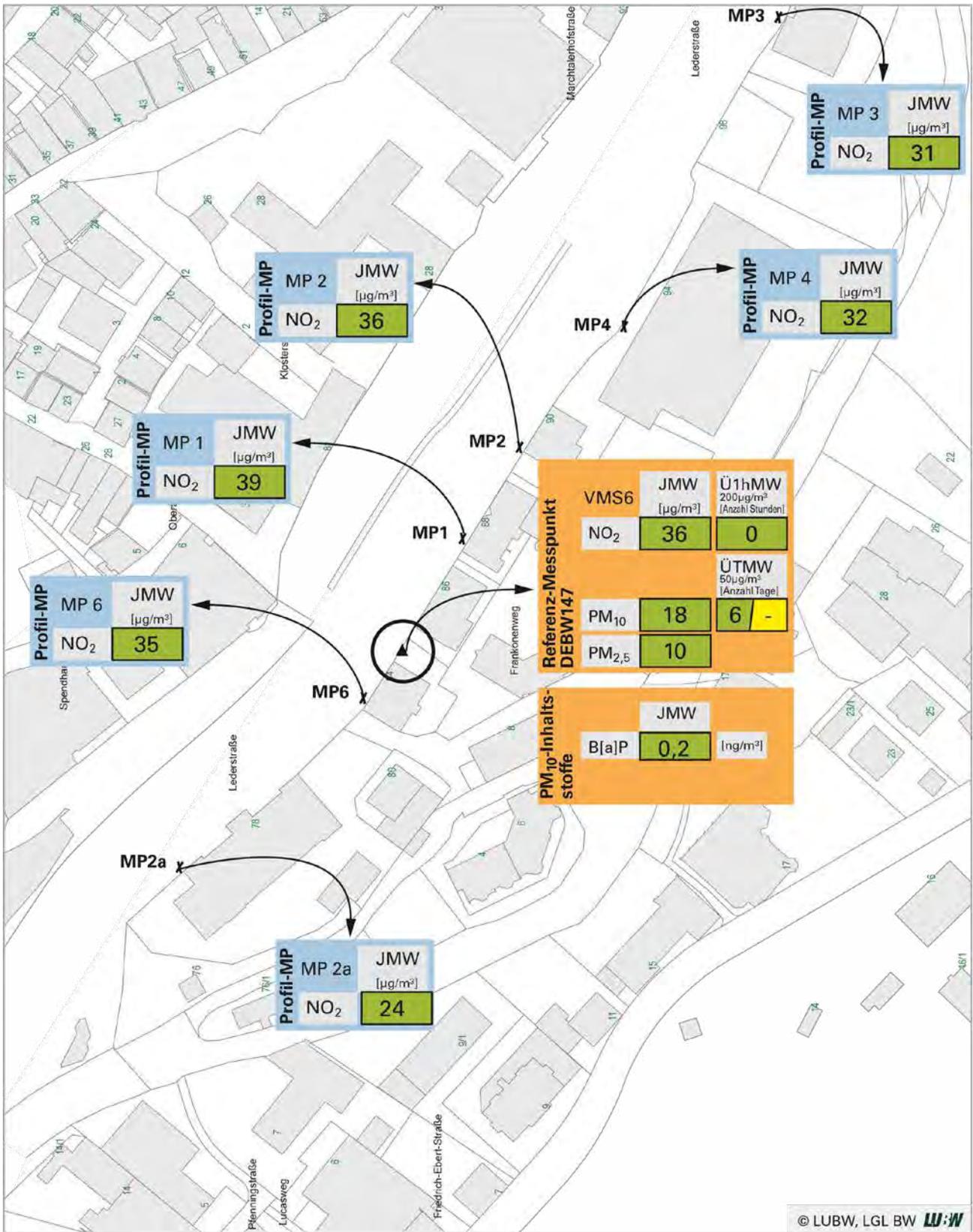
✕ NO₂-Passivsammler



Pleidelsheim Beihinger Straße

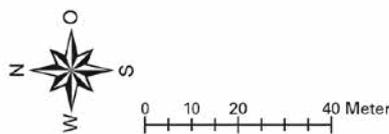
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.24: Ergebnisse 2020 – Messstelle Pleidelsheim Beihinger Straße



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

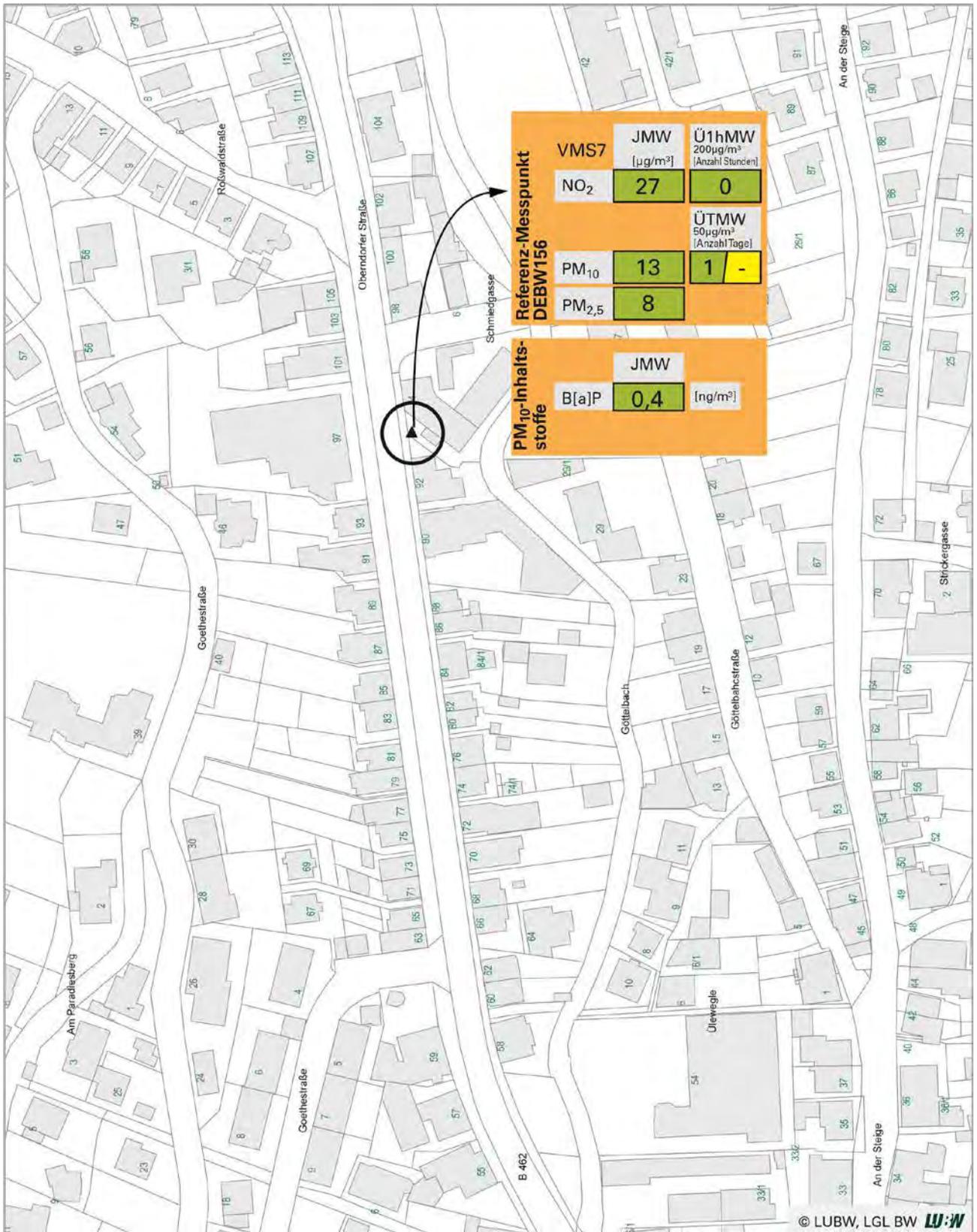
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Reutlingen Lederstraße-Ost

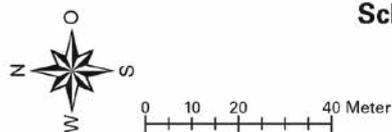
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- davon durch Sahara-Staub / Streusalz

Abbildung 5.25: Ergebnisse 2020 – Messstation Reutlingen Lederstraße-Ost



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

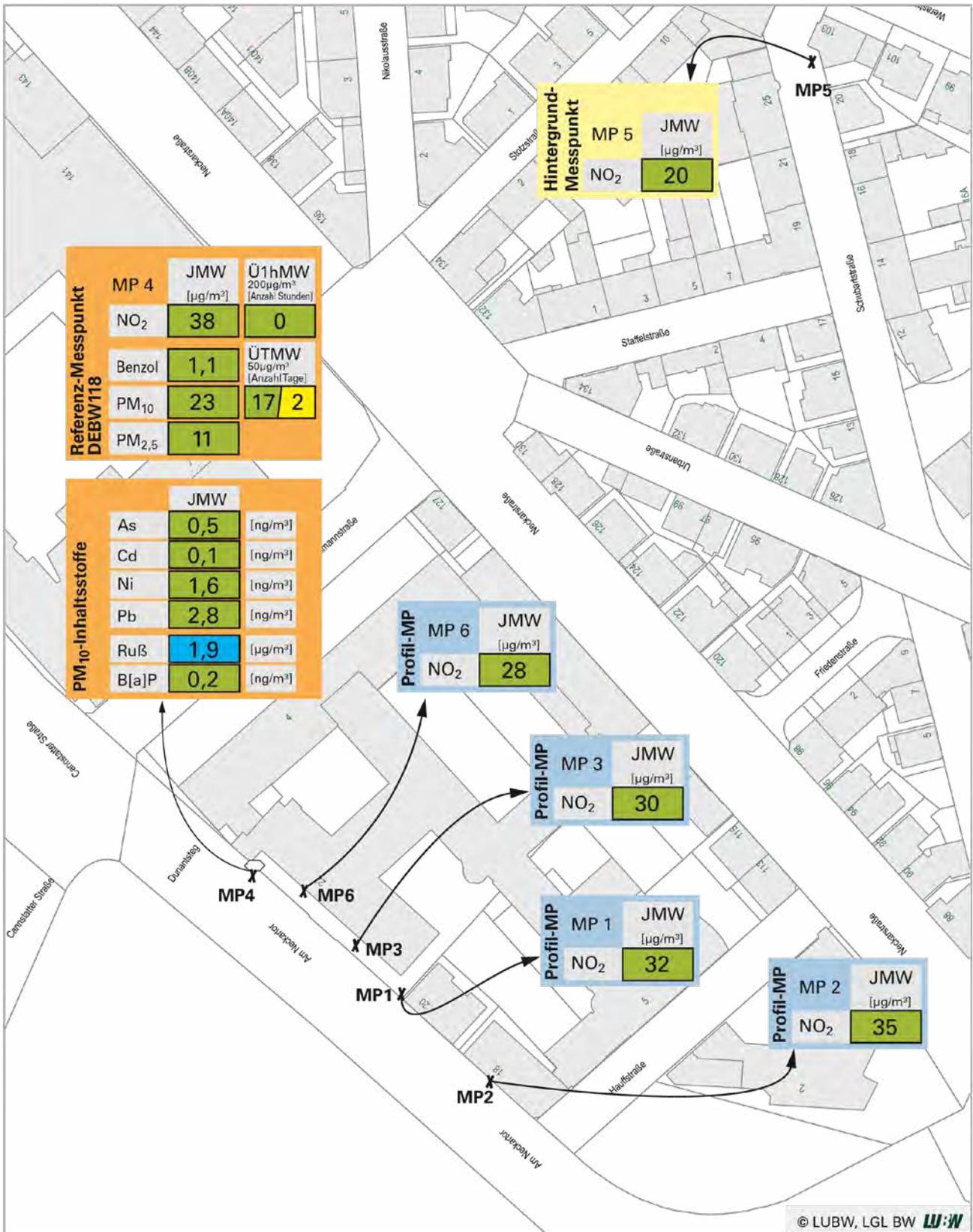
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Schramberg Oberndorfer Straße

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

Abbildung 5.26: Ergebnisse 2020 – Messstation Schramberg Oberndorfer Straße



✕ NO₂-, Benzol-Passivsammler
 ○ 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)



0 10 20 40 Meter

Stuttgart Am Neckartor

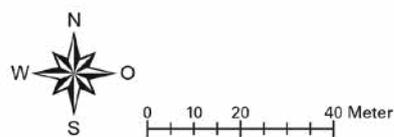
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Sahara Staub / Streusalz

Abbildung 5.27: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Am Neckartor



▲ NO₂-kontinuierlich, PM₁₀, Ruß, PM_{2,5}

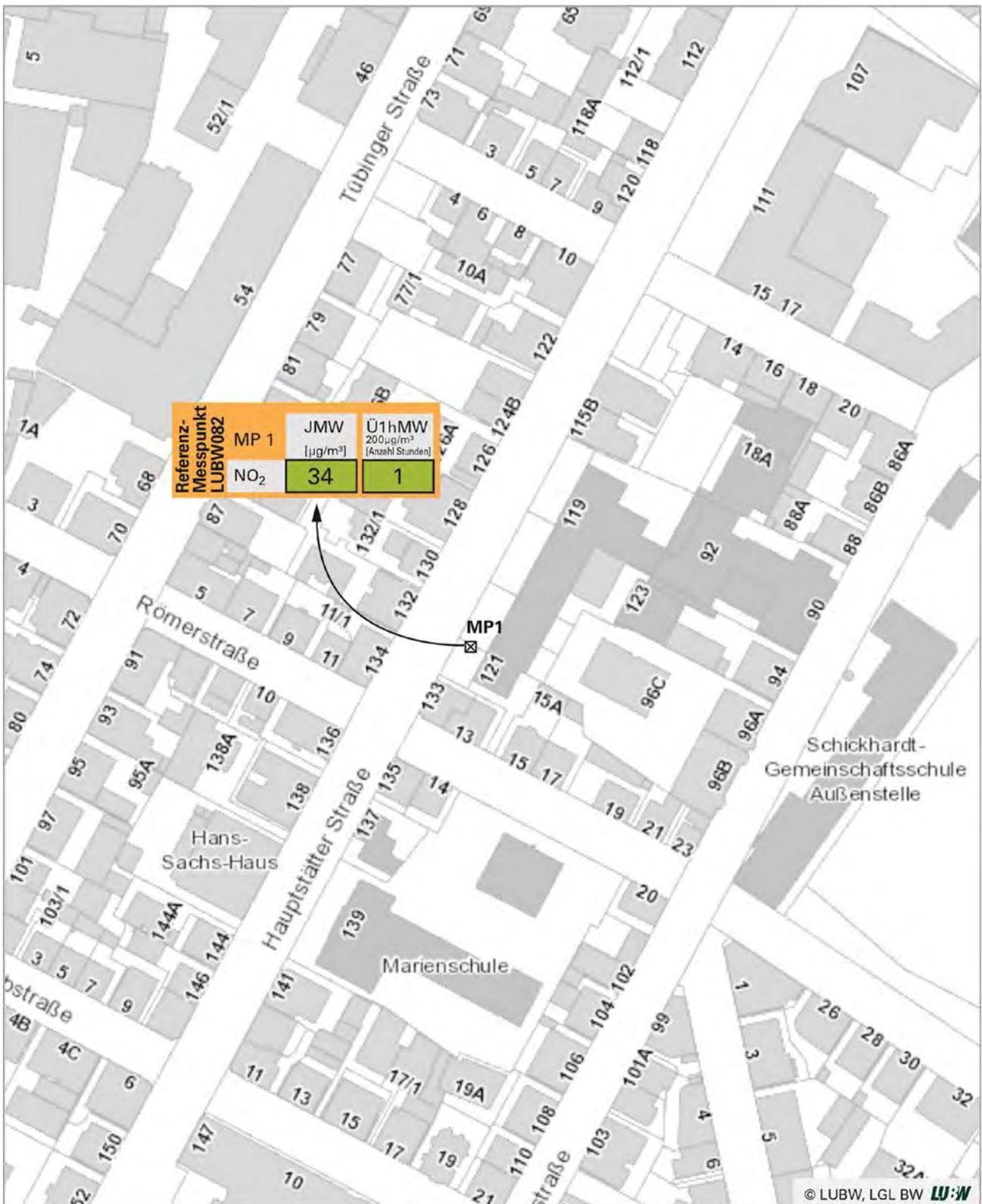
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen
der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen
der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Stuttgart Arnulf-Klett-Platz

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

Abbildung 5.28: Ergebnisse 2020 – Messstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz



☒ NO₂-kontinuierlich

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

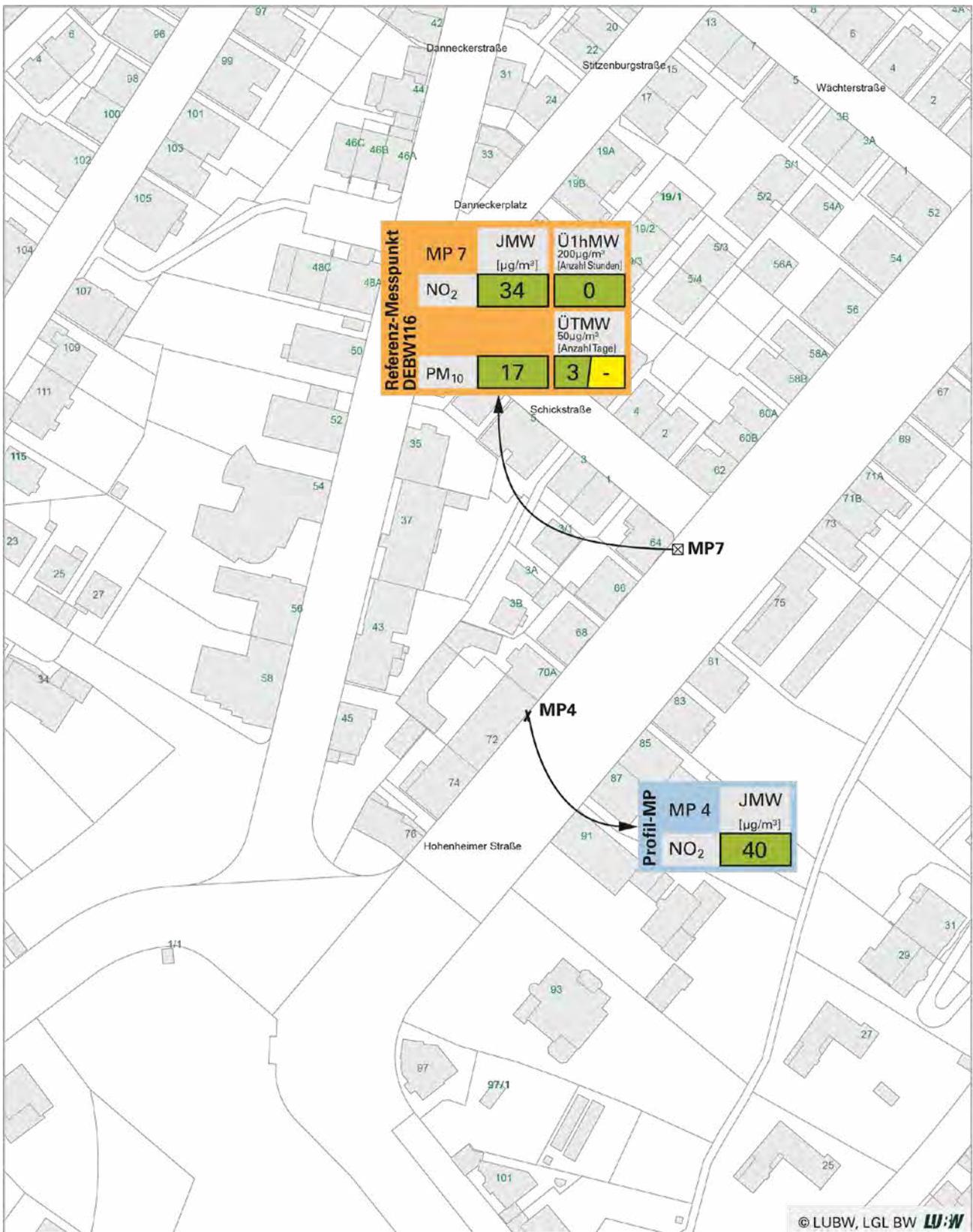


0 20 40 80 Meter

Stuttgart Hauptstätter Straße

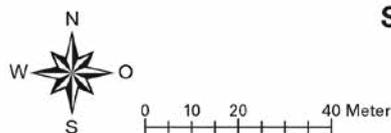
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.29: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Hauptstätter Straße



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

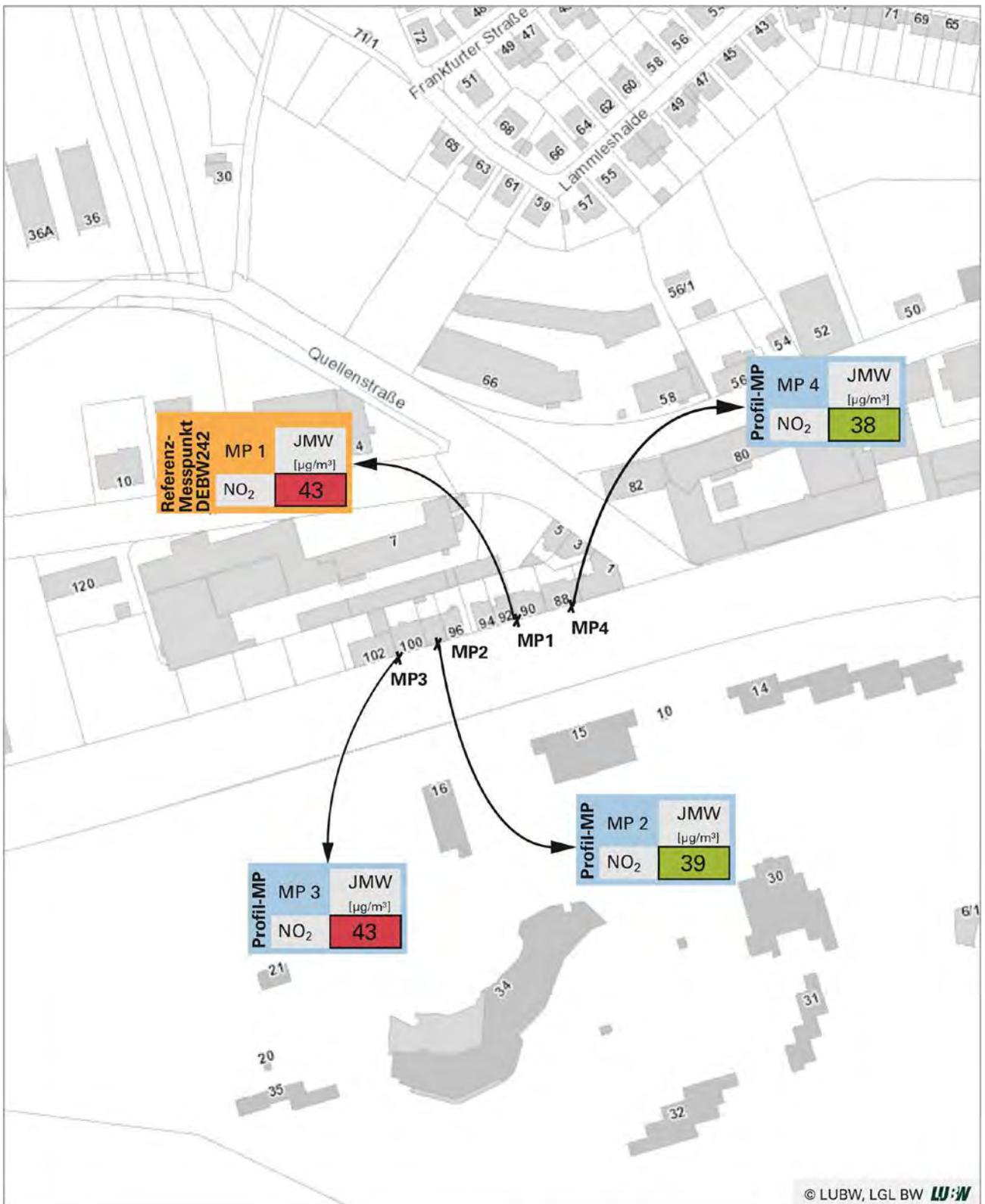
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO₂)
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM₁₀)



Stuttgart Hohenheimer Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- davon durch Sahara Staub / Streusalz

Abbildung 5.30: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Hohenheimer Straße



X NO₂-Passivsammler

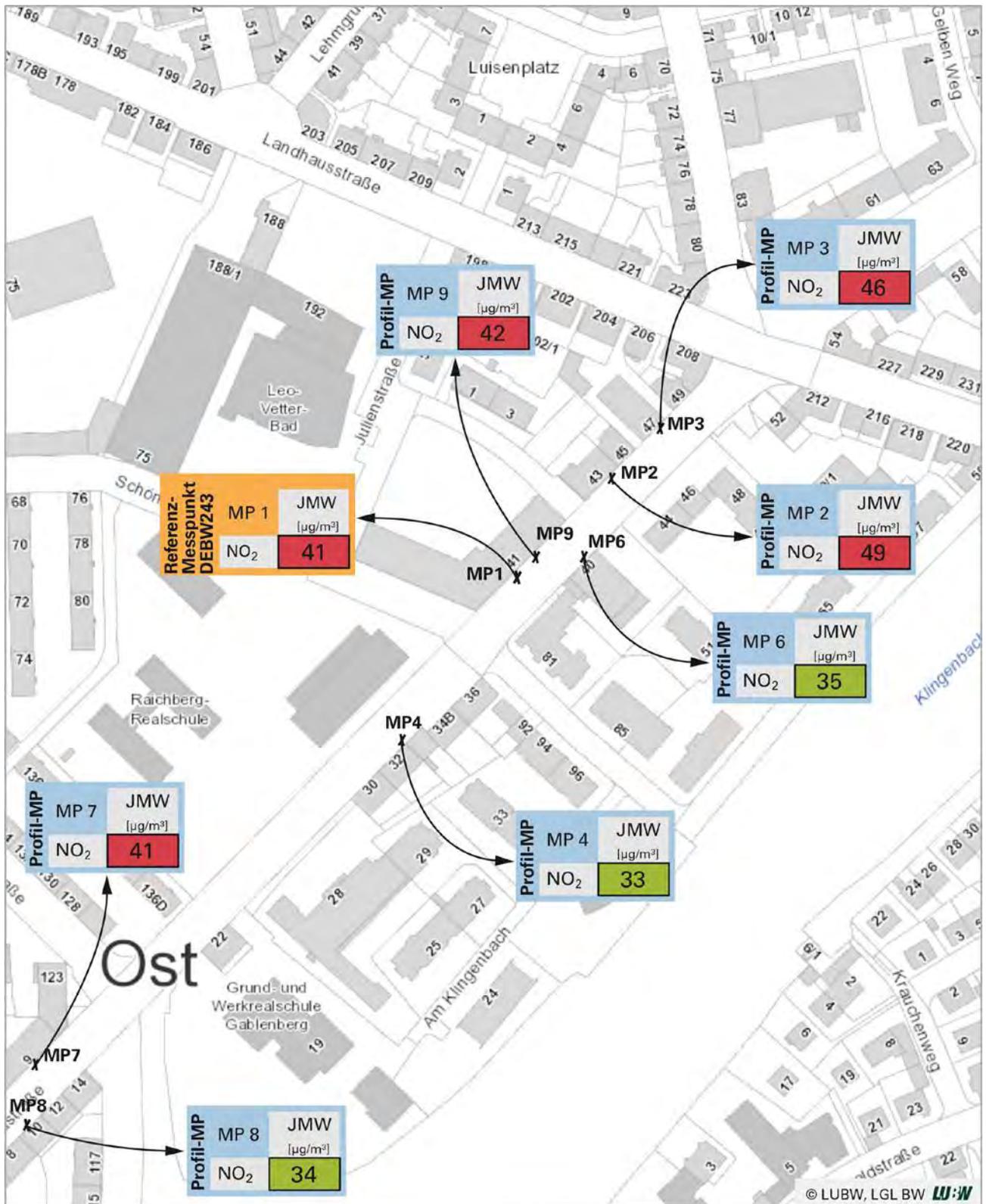


0 25 50 100 Meter

Stuttgart Pragstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.31: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Pragstraße



Stuttgart Talstraße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

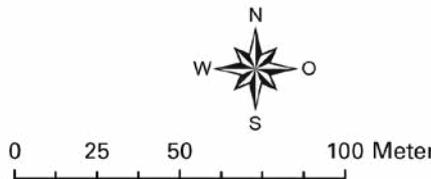
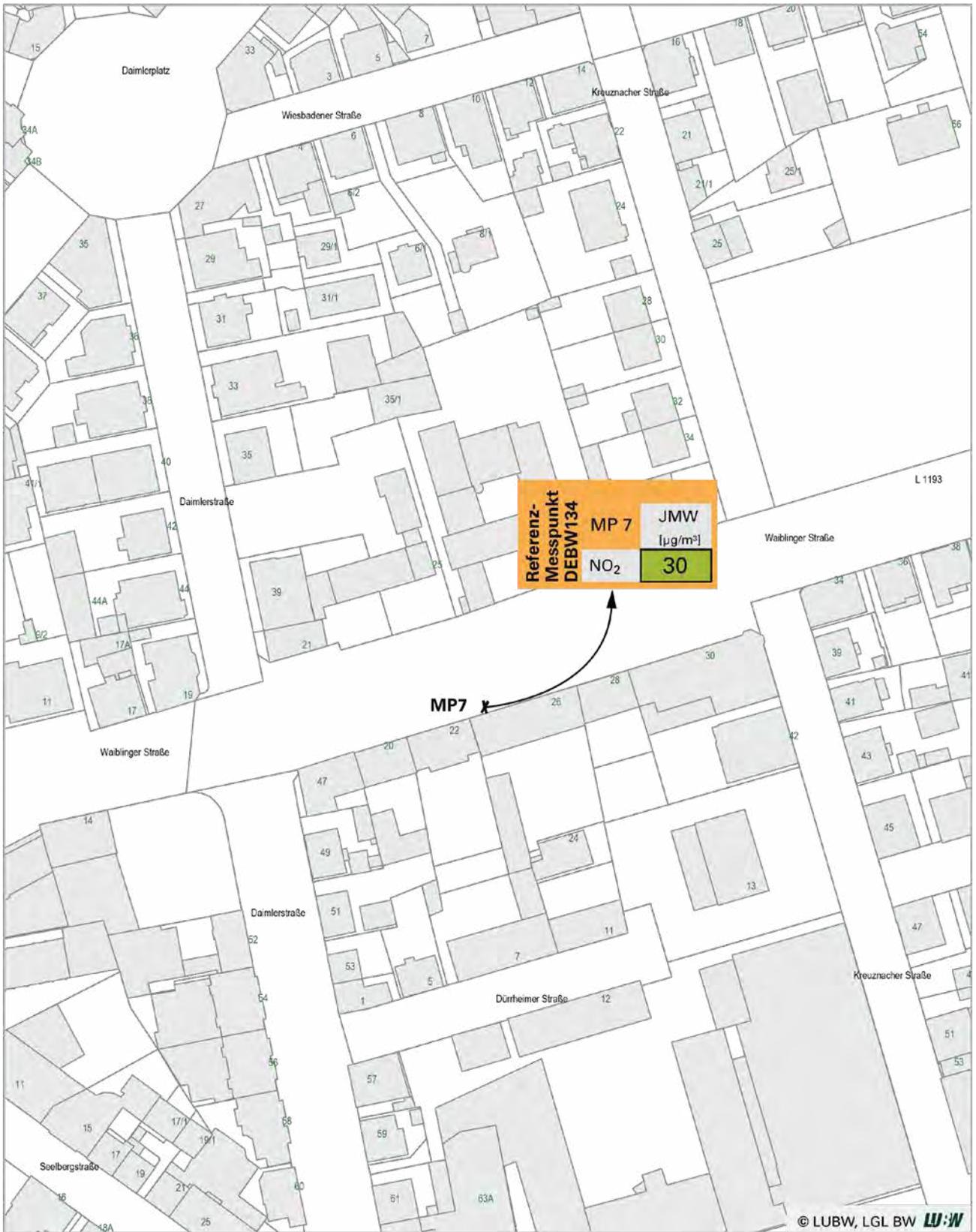
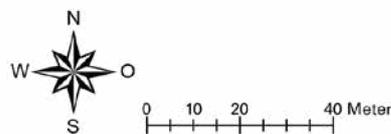


Abbildung 5.32: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Talstraße



X NO₂-Passivsammler



Stuttgart Waiblinger Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.33: Ergebnisse 2020 – Messstelle Stuttgart Waiblinger Straße

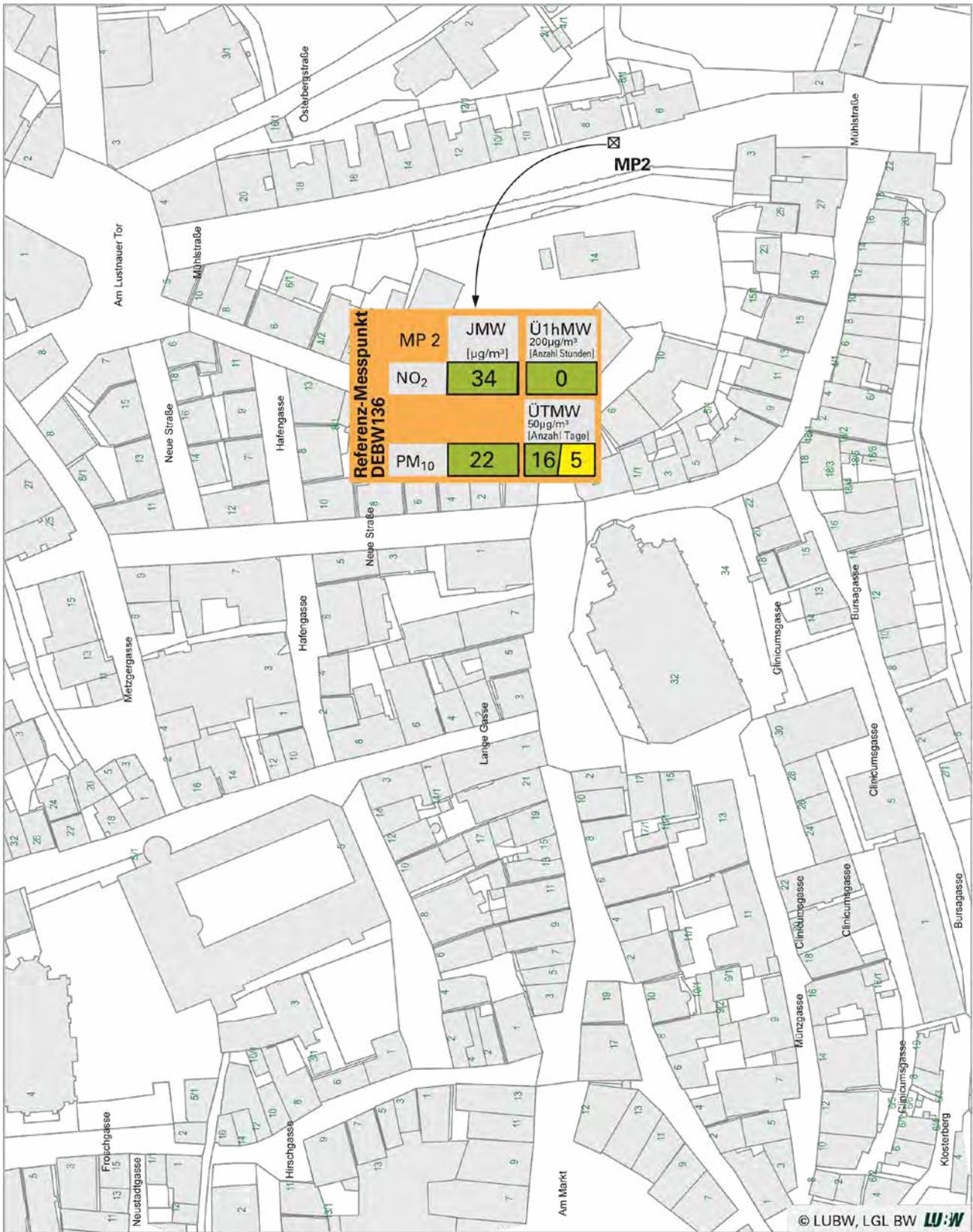


Abbildung 5.34: Ergebnisse 2020 – Messstelle Tübingen Mülhstraße

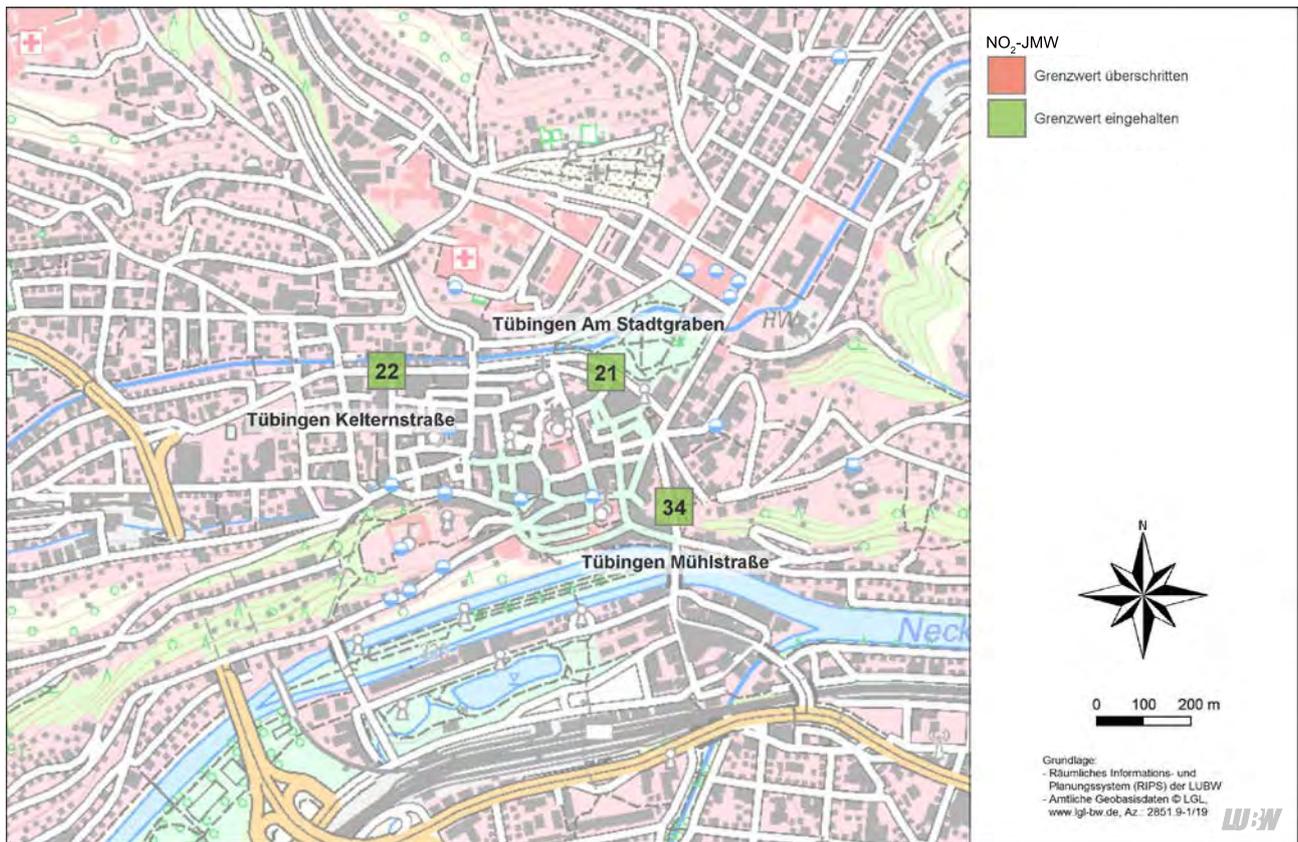
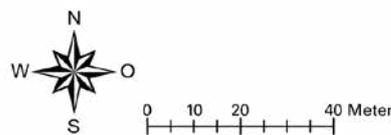


Abbildung 5.35: Ergebnisse 2020 – Überblick Tübingen



X NO₂-Passivsammler

Ulm Zinglerstraße



- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten

Abbildung 5.36: Ergebnisse 2020 – Messstelle Ulm Zinglerstraße

5.5 Quellenverzeichnis

BImSchG (2002)

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 Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328)

DWD (2020)

Deutschlandwetter im Jahr 2020; Pressemitteilung vom 30. Dezember 2020

DWD (2021)

Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2020; DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, Zugriff unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/klimastatusbericht.html>, März 2021

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

Grange et al. (2021)

Grange, S. K., Lee, J. D., Drysdale, W. S., Lewis, A. C., Hueglin, C., Emmenegger, L. & Carslaw, D. C., 2021, COVID-19 lockdowns highlight a risk of increasing ozone pollution in European urban areas. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 4169–4185

Grange & Carslaw (2019)

Grange, S. K. & Carslaw, D. C., 2019, Using meteorological normalisation to detect interventions in air quality time series. *Science of the Total Environment*, 653, 578–588

Grüne/CDU (2016)

Bündnis/Die Grünen Baden-Württemberg, CDU-Landesverband Baden-Württemberg: Baden-Württemberg gestalten: Verlässlich. Nachhaltig. Innovativ. Koalitionsvertrag zwischen Bündnis 90/Die Grünen Baden-Württemberg und der CDU Baden-Württemberg 2016 - 2021 (https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/160509_Koalitionsvertrag_B-W_2016-2021_final.PDF), Stuttgart 2016, letzter Zugriff am 25. Mai 2021

HLNUG (2021)

Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen in Hessen im Jahr 2020 – Abschätzung der Auswirkungen der reduzierten Mobilität während der COVID-19-Pandemie mithilfe von statistischer Modellierung (https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/NO2_CoronaEffekt_2021.pdf), letzter Zugriff am 09. November 2021

Karagulian et al. (2015)

Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment*, 120, 475-483.

LAI/LANA (2019)

Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Vorhaben nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz – Stickstoffleitfaden BImSchG-Anlagen – Ad-hoc-AG „Leitfaden zur Auslegung des § 34 BNatSchG im Rahmen immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren“, Stand 19. Februar 2019

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 (2020a)

Luftqualitätsindex Baden-Württemberg (LQI_{BW}) – Aktualisierung für das Jahr 2020, <https://pd.lubw.de/10100>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Januar 2020

LUBW (2020b)

Verkehrsrnahe Sondermessungen 2019 in Baden-Württemberg – Abschlussbericht, <https://pd.lubw.de/10105>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, April 2020

LUBW (2021a)

Verkehrsrnahe Sondermessungen 2020 in Baden-Württemberg – Abschlussbericht, <https://pd.lubw.de/10274>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Oktober 2021

LUBW (2021b)

Luftqualität in Baden-Württemberg – Auswertung der Jahresdaten 2019, <https://pd.lubw.de/10186>, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Februar 2021

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 (2002)

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. S. 511), in Kraft getreten am 1. Oktober 2002

UBA (2019)

Handbuch „Luftqualitätsdaten- und Informationsaustausch in Deutschland“, Version V 5, Umweltbundesamt, April 2019

UBA (2021)

Umweltbundesamt: Häufige Fragen zu Quecksilber (<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/haeufige-fragen-zu-quecksilber>), Dessau 2021, letzter Zugriff am 22. März 2021

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

Viana et al. (2008)

Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results. *Aerosol Science*, 39, 827-849

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
DEBWxxx	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
LQI _{BW}	Luftqualitätsindex Baden-Württemberg
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Max1h	Höchster 1-Stundenmittelwert
Max8h	Höchster 8-Stundenmittelwert
MaxTMW	Höchster Tagesmittelwert
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit
MEZ	Mitteuropäische Zeit („Winterzeit“)
ML	maschinelles Lernen
MP	Messpunkt
MW	Mittelwert
Pkw	Personenkraftwagen
PMF	Positivmatrix-Faktorisierung
PMP	Profilmesspunkt
RF	Random-Forest
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
UBA	Umweltbundesamt
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
ÜTMW	Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes
Ü1hMW	Anzahl der Überschreitungen des 1-Stundenmittelwertes
V	verkehrsnahe Messstation, Verkehrsmessstation

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:

$$\text{AOT}_{40\text{Schätzwert}} = \frac{\text{AOT}_{40\text{Messwert}} \times \text{mögliche Gesamtstundenzahl}}{\text{Zahl der gemessenen Stundenwerte}}$$

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“)
Hg	Quecksilber
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 gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.
PM _{2,5}	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.
PM _{0,1}	Partikel, die einen gröÙenselektierenden 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)

