

# Ergebnisse der Spotmessungen in Baden-Württemberg 2016





# Ergebnisse der Spotmessungen in Baden-Württemberg 2016



Baden-Württemberg

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 76231 Karlsruhe, Postfach 100163, <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a> <a href="mailto:poststelle@lubw.bwl.de">poststelle@lubw.bwl.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz
<b>DATENGRUNDLAGE</b>	Referat 62 – Betrieb Messnetze, Zentrale Logistik Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz
<b>STAND</b>	Dezember 2017
<b>BERICHTSUMFANG</b>	90 Seiten

Berichte und Anlagen dürfen nur unverändert weitergegeben werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist ohne schriftliche Genehmigung der LUBW nicht gestattet.

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>		<b>7</b>
<b>1</b>	<b>AUSWAHL DER MESSSTELLEN UND BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN</b>	<b>9</b>
1.1	Auswahl der Messstellen	9
1.2	Beurteilungsgrundlagen	12
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>15</b>
2.1	Ergebnisse an den Referenzmesspunkten	15
2.1.1	Stickstoffdioxid	15
2.1.2	Partikel PM <sub>10</sub>	15
2.1.3	Partikel PM <sub>2,5</sub>	17
2.1.4	Benzol	18
2.1.5	Benzo[a]pyren in PM <sub>10</sub>	19
2.1.6	Ruß in PM <sub>10</sub>	20
2.1.7	Blei in PM <sub>10</sub>	21
2.1.8	Arsen in PM <sub>10</sub>	21
2.1.9	Kadmium in PM <sub>10</sub>	22
2.1.10	Nickel in PM <sub>10</sub>	22
2.2	Räumliche Struktur der Luftverunreinigungen	22
2.2.1	Messungen an den Profilmesspunkten	22
2.2.2	Messungen der Städtischen Hintergrundbelastung	23
<b>3</b>	<b>ENTWICKLUNG DER LUFTQUALITÄT AN VERKEHRSDEN NÄHEN STANDORTEN</b>	<b>24</b>
3.1	Stickstoffdioxid	24
3.2	Partikel PM <sub>10</sub>	25
3.3	Partikel PM <sub>2,5</sub>	25
3.4	Benzol	25
3.5	Benzo[a]pyren in PM <sub>10</sub>	26
3.6	Ruß in PM <sub>10</sub>	27
3.7	Blei in PM <sub>10</sub>	27
3.8	Arsen in PM <sub>10</sub>	27
3.9	Kadmium in PM <sub>10</sub>	27
3.10	Nickel in PM <sub>10</sub>	27
<b>4</b>	<b>ENTWICKLUNG DER FAHRZEUGBEDINGTEN EMISSIONEN</b>	<b>29</b>
4.1	Allgemeine Entwicklung der Fahrzeugflotte	29
4.2	Entwicklung der Fahrleistungen	30
4.3	Emissionen von Pkw	30
4.3.1	Entwicklung der Grenzwerte	30
4.3.2	Entwicklung der realen Emissionen	32
4.3.3	Entwicklung von Flotte und Fahrleistungen	34
4.4	Emissionen von Nutzfahrzeugen	34
4.4.1	Entwicklung der Grenzwerte	34

4.4.2	Reale Emissionen von Nutzfahrzeugen	37
4.4.3	Entwicklung von Flotte und Fahrleistungen	38
4.5	Fazit	39
<b>5</b>	<b>ANHANG</b>	<b>41</b>
5.1	Kartendarstellungen	42
5.2	Auswertungen für die Regierungsbezirke	77
5.3	Messverfahren	79
5.4	Quellenverzeichnis	86
5.5	Glossar	89

# Zusammenfassung

Aufgabe der Spotmessungen Baden-Württemberg ist die Erfassung der verkehrsnahen Luftbelastung in städtischen Gebieten. An den Spotmesspunkten werden die Konzentrationen der Luftschadstoffe Partikel  $PM_{10}$  und Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) gemessen. Für beide Luftschadstoffe gelten gemäß der 39. BImSchV (39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Die LUBW führt die Spotmessungen seit dem Jahr 2004 durch. In diesem Bericht werden die Messergebnisse an den Spotmessstellen sowie an den im Luftmessnetz integrierten verkehrsnahen Messstationen, den sogenannten Verkehrsmessstationen, dargestellt.

Die Spotmessungen umfassten im Jahr 2016 landesweit 11 verkehrsnah gelegene Messpunkte für Partikel  $PM_{10}$  und 27 Messpunkte für Stickstoffdioxid. An einigen Messpunkten wurden darüber hinaus auch die Konzentrationen weiterer Komponenten gemessen. Mit dargestellt werden auch die Ergebnisse an den 8 Verkehrsmessstationen im Land. Diese 8 verkehrsnah gelegenen Luftmessstationen werden im Gegensatz zu den Spotmessstellen dauerhaft betrieben.

Die Ergebnisse zeigen einen Schwerpunkt der verkehrsbedingten Luftverunreinigungen im Großraum Stuttgart. Hier werden die höchsten Konzentrationen und die häufigsten Überschreitungen der Tages- und Stundengrenzwerte festgestellt. Daneben liegen auch noch vergleichsweise hohe Belastungen in Reutlingen und Heilbronn vor.

An 27 Messstellen wurden Überschreitungen des Jahresmittelwertes für **Stickstoffdioxid** von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt. Der höchste Jahresmittelwert wurde an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor mit  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Eingehalten wurde dagegen der Jahresgrenzwert an den Spotmessstellen Ingersheim Tiefengasse und Pforzheim Jahnstraße sowie an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße, Pfinztal Karlsruher Straße und Schramberg Oberndorfer Straße. Insgesamt hat sich das Immissionsniveau reduziert, so wurden an 19 weiteren Messstellen Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid unter  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt. Der Stundenwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Stickstoffdioxid wurde nur an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor mit 35 Überschreitungen mehr als 18 mal im Kalenderjahr überschritten. Die Überschreitungen traten dabei überwiegend im Sommer in Kombination mit hohen Ozonwerten auf. Bezüglich der Grenzwerte für **Partikel  $PM_{10}$**  wurde nur an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor der Tagesgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit 63 (bzw. 58 nach Abzug von Streusalz und Saharastaub) Überschreitungstagen an mehr als 35 Tagen überschritten. Der Jahresgrenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde an allen Messstellen eingehalten. Die Grenzwerte für **Partikel  $PM_{2,5}$** , **Benzol** und **Blei** sowie die Zielwerte für **Arsen**, **Kadmium** und **Nickel** wurden an allen Messstellen eingehalten. Bei der Komponente **Benzo[a]pyren**, die als Marker für andere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe erfasst wird, wird der Zielwert von  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$

ebenfalls an allen Messstellen eingehalten, an der Messstelle Tübingen Jesinger Hauptstraße erfolgt die Einhaltung aber nur aufgrund der Rundungsregel, was den Bedarf weiterer Verbesserungen signalisiert. Hier ist im Gegensatz zu den anderen Schadstoffen nicht der Verkehr, sondern die Holzfeuerung der Hauptverursacher. Für **Ruß** lagen die Jahresmittelwerte an den beprobten Spotmessstellen zwischen  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße) und  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor.

In der zeitlichen Entwicklung sind die Stickstoffdioxid- und Partikel  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr an den meisten Messstellen zurückgegangen

Die Entwicklung der Luftverunreinigungen an verkehrsnahen Standorten wird maßgeblich von der Entwicklung der Emissionen aus dem Straßenverkehr geprägt. Die Stickoxid-Emissionen pro Fahrzeug sind im Falle der Otto-Pkw und der schweren Nutzfahrzeuge seit 1990 stark zurückgegangen. Demgegenüber konnten die  $\text{NO}_x$ - und die aus lufthygienischer Sicht besonders problematischen  $\text{NO}_2$ -Emissionen von Diesel-Pkw kaum gemindert werden. Da zusätzlich die Anzahl und die Fahrleistung der Diesel-Pkw in Baden-Württemberg in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben, haben sich die bei den Otto-Pkw und den schweren Nutzfahrzeugen erreichten Emissionsminderungen bislang nicht im erhofften Maße auf die innerörtlichen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen ausgewirkt. Es ist aber davon auszugehen, dass in der Folge der Einführung eines verschärften Zulassungsverfahrens für neue Pkw mit den Euro-Normen 6dTEMP bzw. 6d zukünftig eine deutliche Verbesserung der Luftqualität an innerörtlichen Belastungsschwerpunkten eintritt.

Neben den Emissionen hat auch die Witterung einen maßgeblichen Anteil an der Luftbelastung. Ungünstige Austauschbedingungen (niedrige Windgeschwindigkeit, niedrige Mischungsschichthöhe, anhaltende Inversion) führen zu einer Anreicherung von Schadstoffen in der Atmosphäre. Diese lagen im Jahr 2016 ausgeprägt in der zweiten Januarhälfte, zu Beginn des letzten Novemberdrittels und in der zweiten Dezemberwoche vor. Im Vergleich zu 2015 traten im Sommer 2016 keine prägenden langanhaltenden sommerlichen Hochdruckwetterlagen auf, die zu hohen Ozonkonzentrationen und damit auch zu erhöhten Stickstoffdioxidkonzentrationen hätten führen können.

# 1 Auswahl der Messstellen und Beurteilungsgrundlagen

## 1.1 Auswahl der Messstellen

### 1.1.1 Allgemeines

In der EU-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [2008/50/EG] sind die Anforderungen an die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität festgelegt. Die LUBW hat auf Grundlage dieser EU-Richtlinie eine Messnetzkonzeption „Pflicht-Luftmessnetz Baden-Württemberg“ zur rechtskonformen Überwachung der Luftqualität in Baden-Württemberg erarbeitet [LUBW 2010]. Die Spotmessungen ergänzen das Luftmessnetz und die darin enthaltenen 8 Verkehrsmessstationen um weitere Messstellen an innerörtlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen und schlechten Ausbreitungsbedingungen (sogenannte Spots). An diesen Spotmessstellen sind im Gegensatz

zum Luftmessnetz nur zeitlich befristete Messungen vorgesehen. Das prinzipielle Vorgehen hinsichtlich Einrichtung und Betrieb einer Spotmessstelle ist in Abbildung 1-1 gezeigt. An einigen Spotmessstellen werden neben  $PM_{10}$  und  $NO_2$  noch weitere Parameter gemessen.

Die an den Spotmessstellen ermittelten Kenngrößen werden bei der Beurteilung der Luftqualität in Deutschland für das Jahr 2016 berücksichtigt und an die EU-Kommission gemeldet. Werden bei den Messungen Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte nach der 39. BImSchV festgestellt, sind von den Regierungspräsidien Luftreinhaltepläne zu erstellen.

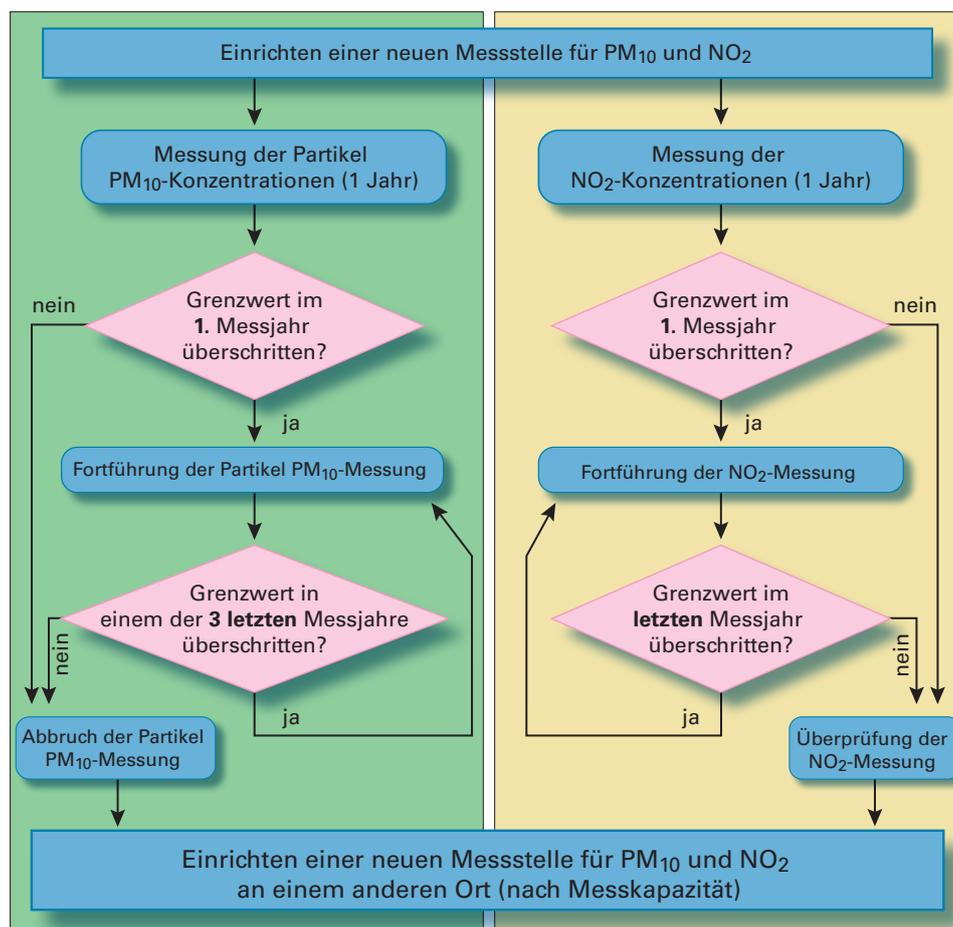


Abbildung 1-1: Vorgehen bei Einrichtung und Betrieb einer Spotmessstelle

Dem Beginn der Spotmessungen im Jahr 2004 waren im Jahr 2003 umfangreiche Voruntersuchungen vorausgegangen. Dabei wurden landesweit hoch belastete, verkehrsnah gelegene Punkte, sogenannte Spots, ermittelt und entsprechend ihrer Schadstoffbelastung in eine Prioritätenliste einsortiert. Die Prioritätenliste der Spotmessungen wurde in den Jahren 2006 und 2015 überarbeitet, um den seither eingetretenen Veränderungen bei den Verkehrs- und Belastungsverhältnissen Rechnung zu tragen. Die im Jahr 2015 überarbeitete Prioritätenliste bildet die Planungsgrundlage für die Spotmessungen ab dem Jahr 2016.

Die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Voruntersuchungen sind in folgenden LUBW-Berichten ausführlich beschrieben:

- Spotmessungen ab dem Jahr 2007 – Voruntersuchungen 2006 [LUBW 2006]
- Spotmessungen ab dem Jahr 2016 – Aktualisierung der Prioritätenliste [LUBW 2015]

Die Berichte können im Internet unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/publikationen](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/publikationen) (Rubrik: > Bestellshop > Luft > Luft - Spotmessungen) abgerufen werden. Dort stehen auch die Berichte mit den Ergebnissen der Spotmessungen 2004 bis 2015 zur Verfügung.

### 1.1.2 Messstellen im Jahr 2016

Gegenüber dem Messjahr 2015 ergeben sich bei den Spotmessungen 2016 die in Tabelle 1-1 dargestellten wesentlichen Änderungen. Ein Überblick über alle Messstellen und die dort gemessenen Komponenten findet sich in Tabelle 1-2. Mit Ausnahme der in Tabelle 1-3 dargestellten Messstellen bzw. Komponenten konnten für alle übrigen Messungen Jahreskenngrößen berechnet werden. Insgesamt wurden im Jahr 2016 an 11 Spotmessstellen und 8 Verkehrsmessstationen Messungen von Partikel PM<sub>10</sub> und an 25 Spotmessstellen und 7 Verkehrsmessstationen Messungen von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) sowie an einigen ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen Messungen von Partikeln PM<sub>2,5</sub>, Benzol, Blei, Arsen, Cadmium, Nickel, Benzo[a]pyren und Ruß erfolgreich durchgeführt. Die Lage der Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016 sind in der Abbildung 1-2 dargestellt.

### 1.1.3 Profil- und Hintergrundmessungen

Eine Spotmessstelle umfasst immer einen Referenzmesspunkt. Der Referenzmesspunkt stellt den ausgewählten Standort dar. An den Referenzmesspunkten wird Stickstoffdioxid mit kontinuierlich messenden Analysatoren in Kleinmessstationen oder mit Passivsammlern erfasst. Die Probenahme von Partikeln PM<sub>10</sub> wird gravimetrisch durchgeführt. Zusätzlich wird an

Tabelle 1-1: Änderungen der Spotmessungen 2016 im Vergleich zu den Spotmessungen 2015

Station	Änderung	Komponenten	Grund
Backnang Eugen-Adolf-Strasse	Aufbau	NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste 2015
Esslingen Grabbrunnenstrasse	Aufbau	NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , B[a]P	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste
Freiburg Benninger Strasse	Abbau	PM <sub>10</sub> , B[a]P	Im ersten Jahr der Messungen (2015) wurden die PM <sub>10</sub> -Grenzwerte eingehalten.
Konstanz Theodor-Heuss-Strasse	Aufbau	NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste
Kuchen Hauptstrasse	Aufbau	NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , B[a]P	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste
Leinfelden-Echterdingen Hauptstrasse	Aufbau	NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , B[a]P	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste
Leonberg Grabenstrasse	Abbau	PM <sub>10</sub>	Die PM <sub>10</sub> -Grenzwerte wurden im dritten Jahr in Folge (2012, 2013, 2015) eingehalten (2014 Messausfall).
Markdorf Ravensburger Strasse	Aufbau	NO <sub>2</sub>	Neue Spotmessstelle gemäß Prioritätenliste
Ulm Zinglerstrasse	Abbau	alle (NO <sub>2</sub> )	Vorübergehender Abbau wegen Bautätigkeiten
Wendlingen Stuttgarter Strasse	Abbau	alle (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , B[a]P)	Im ersten Jahr der Überprüfungsmessungen (2015) wurden alle Grenzwerte eingehalten





Tabelle 1-3: Übersicht über Messstellen, für die im Jahr 2016 keine Jahreskenngrößen veröffentlicht werden konnten

Station	Komponenten	Grund
Konstanz Theodor-Heuss-Straße	NO <sub>2</sub>	Messstelle ist nur für einen kurzen Straßenabschnitt repräsentativ (vgl. Kapitel 2.1.1)
Markdorf Ravensburger Straße	NO <sub>2</sub>	Messstelle ist nur für einen kurzen Straßenabschnitt repräsentativ (vgl. Kapitel 2.1.1)
Freiburg Schwarzwaldstraße	NO <sub>2</sub>	Datenverfügbarkeit nicht ausreichend

LUBW

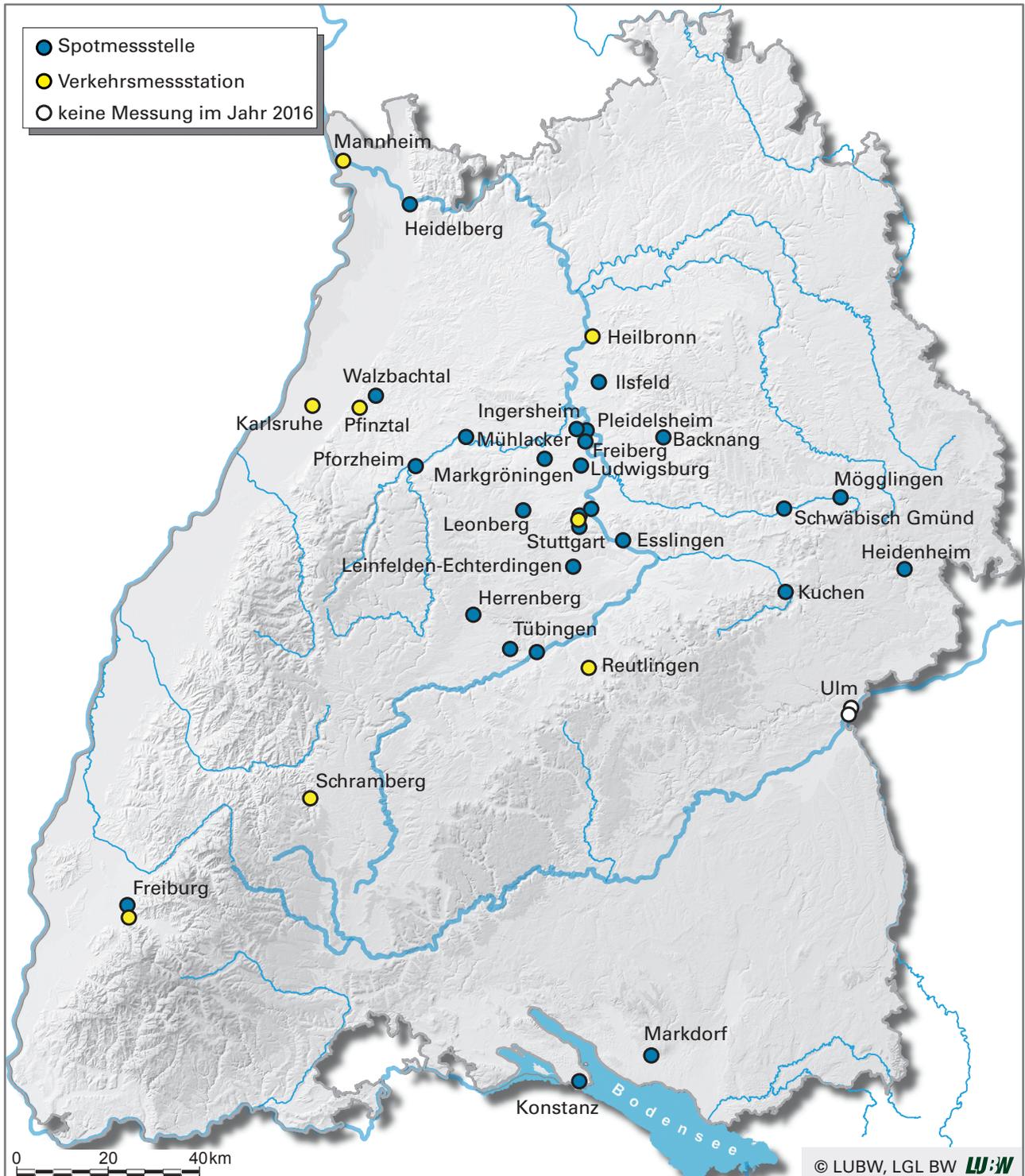


Abbildung 1-2: Lage der Spotmessstellen und der Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

Tabelle 1-4: Immissionsgrenzwerte und Zielwerte der 39. BImSchV bei den Spotmessungen überwachten Komponenten

Luftschadstoff	Schutzgut	Mittelungszeitraum	Wert	Zulässige Anzahl von Überschreitungen	Definition des Immissionswertes
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Menschliche Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m <sup>3</sup>	18 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m <sup>3</sup>	-	Grenzwert
		1 Stunde*	400 µg/m <sup>3</sup>	-	Alarmschwelle
Partikel PM <sub>10</sub>	Menschliche Gesundheit	1 Tag	50 µg/m <sup>3</sup>	35 im Kalenderjahr	Grenzwert
	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m <sup>3</sup>	-	Grenzwert
Partikel PM <sub>2,5</sub>	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	25 µg/m <sup>3</sup>	-	Grenzwert
Blei (Pb)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	0,5 µg/m <sup>3</sup>	-	Grenzwert
Benzol	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	5 µg/m <sup>3</sup>	-	Grenzwert
Arsen (As)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	6 ng/m <sup>3</sup>	-	Zielwert
Cadmium (Cd)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	5 ng/m <sup>3</sup>	-	Zielwert
Nickel (Ni)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	20 ng/m <sup>3</sup>	-	Zielwert
Benzo[a]pyren (B[a]P)	Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	1 ng/m <sup>3</sup>	-	Zielwert

\* gemessen an 3 aufeinander folgenden Stunden



## 2 Ergebnisse

### 2.1 Ergebnisse an den Referenzmesspunkten

Die Messergebnisse der Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen sind in Tabelle 2-1 aufgeführt. Es ist farblich gekennzeichnet, ob eine Überschreitung von Immissionsgrenz- bzw. Zielwerten vorliegt.

Darüber hinaus werden die Ergebnisse dieser und weiterer Messungen (soweit vorhanden Partikel  $PM_{2,5}$ , Schwermetalle, Ergebnisse der Profil- und Hintergrundmesspunkte) in Kartenausschnitten im Anhang 1 dargestellt.

An 5 Spotmessstellen wurde für die Messung von Stickstoffdioxid ein kontinuierliches Messgerät eingesetzt, so dass hier auch Überschreitungen des Einstundengrenzwertes von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Stickstoffdioxid überprüft werden konnten. Die Stickstoffdioxidkonzentrationen an den weiteren Messpunkten wurden mit Passivsammlern erfasst, weswegen dort nur Jahresmittelwerte angegeben werden können.

In der Tabelle 2-1 sind die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und das tägliche Schwerlastverkehrsaufkommen ( $> 3,5 \text{ t}$ ) mit angegeben. Die Verkehrsstärken aus dem Emissionskataster 2014 basieren auf der bundesweiten Straßenverkehrszählung 2010. An 6 Spotmessstellen und 5 Verkehrsmessstationen basieren die Verkehrsstärken im Jahr 2016 auf Verkehrszählstellen der LUBW. Für 2 Spotmessstellen sind die Ergebnisse der Verkehrszählungen des Jahres 2014 aufgeführt.

#### 2.1.1 Stickstoffdioxid

Der Immissionsgrenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde an den Spotmessstellen Ingersheim Tiefengasse und Pforzheim Jahnstraße sowie an den Verkehrsmessstationen Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße, Pfinztal Karlsruher Straße und Schramberg Oberndorfer Straße eingehalten. An allen anderen Messpunkten wurde der Immissionsgrenzwert überschritten (Abbildung 2-1). Belastungsschwerpunkte sind der Großraum

Stuttgart mit Konzentrationen bis  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor und  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  am Messpunkt Stuttgart Hohenheimer Straße und der Messpunkt Reutlingen Lederstraße-Ost mit  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ .

Die zulässige Anzahl von 18 Überschreitungen im Kalenderjahr für den Immissionsgrenzwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Einstundenmittelwert) wurde nur an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor mit 35 Stunden nicht eingehalten (Abbildung 2-2). Der höchste maximale Einstundenmittelwert wurde mit  $295 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessen. Eine Überschreitung der Alarmschwelle von  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Einstundenwert) lag im Jahr 2016 an keinem Messpunkt vor.

#### 2.1.2 Partikel $PM_{10}$

Der Immissionsgrenzwert für den Partikel  $PM_{10}$ -Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Jahr 2016 an allen Messpunkten eingehalten. Die  $PM_{10}$ -Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2016 zwischen  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Abbildung 2-3).

Der Immissionsgrenzwert für den  $PM_{10}$ -Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Jahr 2016 nur an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor mit 63 Tagen an mehr als den zulässigen 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten (Abbildung 2-4), dabei sind 2 Überschreitungen auf den Einsatz von Streusalz sowie 3 auf den Eintrag von Saharastaub zurückzuführen.

#### Emissionen aufgrund von Streusalz

Gemäß § 25 der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [39. BImSchV] können Emissionsbeiträge, die auf die Ausbringung von Streusalz auf Straßen im Winterdienst zurückzuführen sind, bei der Ermittlung von Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten außer Ansatz bleiben. Die LUBW untersucht den Streusalzanteil an den gemessenen Partikel  $PM_{10}$ -Konzentrationen an ausgewählten Spotmessstellen in Baden-Württemberg. Streusalzuntersuchungen werden an diesen Messstellen nur an Tagen

Tabelle 2-1: Ergebnisse der Messungen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

Kennung	Messort/Station	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )				Partikel PM <sub>10</sub>				Benzol [µg/m <sup>3</sup> ]	Ruß JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	BiaIP JMW [ng/m <sup>3</sup> ]	DTV Kfz/Tag	DTV Lkw/Tag	DTV basiert auf					
		max. 1h-MW [µg/m <sup>3</sup> ]	Alarmschw. 1h-MW > 400 µg/m <sup>3</sup>	Anzahl der 1h-MW > 200 µg/m <sup>3</sup>	JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Passiv JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	max. TMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl TMW > 50 µg/m <sup>3</sup>	davon Saharastaub							davon Streusalz	JMW [µg/m <sup>3</sup> ]			
<b>Spotmessstellen</b>																				
DEBW219	Backnang Eugen-Adolf-Strasse					56				95	9	-	0	26		18.000	870	Emissionskataster 2014		
DEBW220	Esslingen Grabbrunnstrasse					54				194	27	-	1	26		27.100	630	Emissionskataster 2014		
DEBW154	Freiburg Benninger Strasse					41										18.300	600	Emissionskataster 2014		
DEBW127	Freiburg Zähringer Strasse					41										39.000	2.090	Emissionskataster 2014		
DEBW151	Heidelberg Mittermaierstrasse					42										26.700	500	Emissionskataster 2014		
DEBW145	Heidenheim Wilhelmstrasse					44										10.400	600	Weitere Datenquelle		
DEBW135	Herrnberg Hindenburgstrasse					49										19.700	830	Emissionskataster 2014		
DEBW133	Ilfeld König-Wilhelm-Strasse					41										18.100	930	Emissionskataster 2014		
DEBW148	Ingersheim Tiefengasse					37										11.900	240	Emissionskataster 2014		
DEBW221	Konstanz Theodor-Heuss-Strasse									83	5	-	0	20		11.600	990	Emissionskataster 2014		
DEBW222	Kuchen Hauptstrasse					44				110	6	-	1	22		21.100	1.950	Emissionskataster 2014		
DEBW223	Leinfelden-Echterdingen Hauptstrasse					47				147	14	-	0	22		16.400	790	Emissionskataster 2014		
DEBW120	Leonberg Grabenstrasse	190	0	0	47											17.600	360	Emissionskataster 2014		
DEBW117	Ludwigsburg Friedrichstrasse	208	0	3	53											36.700	1.270	Verkehrszählung 2016		
DEBW142	Markgröningen Grabenstrasse					41				129	20	-	1	26		12.500	280	Emissionskataster 2014		
DEBW198	Mögglingen Hauptstrasse					41										21.100	2.140	Emissionskataster 2014		
DEBW128	Mühlacker Stuttgart Strasse					49										14.800	810	Verkehrszählung 2014		
DEBW130	Pforzheim Jahnstrasse					40										31.400	1.190	Emissionskataster 2014		
DEBW121	Pleidisheim Beihinger Strasse					47										14.500	450	Verkehrszählung 2014		
DEBW155	Schwäbisch Gmünd Remsstrasse					43										24.300	1.750	Emissionskataster 2014		
DEBW118	Stuttgart Am Neckartor	295	0	35	82					170	63	2	3	38	1,6	4,6	0,5	66.000	1.810	Verkehrszählung 2016
DEBW116	Stuttgart Hohenheimer Strasse	238	0	10	76					209	14	-	1	24		3,4		30.800	600	Verkehrszählung 2016
DEBW134	Stuttgart Wabinger Strasse					47										22.000	590	Emissionskataster 2014		
DEBW137	Tübingen Jesinger Hauptstrasse					42				88	9	-	0	21		2,9	1,2	15.400	430	Verkehrszählung 2016
DEBW136	Tübingen Mühlstrasse	161	0	0	48					139	24	3	0	25		2,9	0,5	8.800	1.400	Weitere Datenquelle
DEBW144	Waizbachtal Bahnhofstrasse					42										12.700	1.410	Emissionskataster 2014		

\* Baustellentätigkeiten lassen eine Wertung des NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwertes nicht zu  
 MW = Mittelwert  
 JMW = Jahresmittelwert  
 TMW = Tagesmittelwert  
 DTV = durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

**Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte**

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



Tabelle 2-1: Ergebnisse der Messungen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016 - Fortsetzung

Kennung	Messort/Station	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )			Partikel PM <sub>10</sub>				Benzol [µg/m <sup>3</sup> ]	Ruß [µg/m <sup>3</sup> ]	BlaiP [ng/m <sup>3</sup> ]	DTV Kfz/Tag	DTV Lkw/Tag	DTV basiert auf
		max. 1h-MW [µg/m <sup>3</sup> ]	Alarmschw. 1h-MW > 400 µg/m <sup>3</sup>	Anzahl der 1h-MW > 200 µg/m <sup>3</sup>	Anzahl der 1h-MW > 50 µg/m <sup>3</sup>	max. TMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl TMW > 50 µg/m <sup>3</sup>	davon Saharastaub						
<b>Verkehrsmessstationen</b>														
DEBW122	Freiburg Schwarzwaldstraße		Datenverfügbarkeit nicht ausreichend									53.600	3.140	Verkehrszählung 2016
DEBW152	Heilbronn Weinsberger Straße-Ost	190	0	0	57							33.000	830	Emissionskataster 2014
DEBW080	Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße	176	0	0	39							17.700	100	Verkehrszählung 2016
DEBW098	Mannheim Friedrichsring	183	0	0	46							37.500	640	Emissionskataster 2014
DEBW125	Pfingztal Karlsruhe Straße	118	0	0	38							20.000	810	Verkehrszählung 2016
DEBW147	Reutlingen Lederstraße-Ost	165	0	0	66							45.400	1.880	Verkehrszählung 2016
DEBW156	Schramberg Oberndorfer Straße	117	0	0	40							14.300	880	Verkehrszählung 2016
DEBW099	Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	161	0	0	58							54.600	2.220	Emissionskataster 2014

\* Baustellentätigkeiten lassen eine Wertung des NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwertes nicht zu  
 MW = Mittelwert  
 JMW = Jahresmittelwert  
 TMW = Tagesmittelwert  
 DTV = durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte

 Grenzzielwert eingehalten  
 Grenzzielwert überschritten

durchgeführt, an denen der Partikel PM<sub>10</sub>-Grenzwert für das Tagesmittel in Höhe von 50 µg/m<sup>3</sup> überschritten wurde und an diesem Tag oder den Vortagen Streusalz ausgebracht wurde.

Im Jahr 2016 wurden Streusalzuntersuchungen an den Spotmessstellen Ludwigsburg Friedrichstraße, Stuttgart Am Neckartor und Tübingen Mühlstraße durchgeführt. An der Spotmessstelle Ludwigsburg Friedrichstraße führte das Ausbringen von Streusalz zu 4, an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor zu 2 und an der Spotmessstelle Tübingen Mühlstraße zu 3 Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> (Abbildung 2-4). Die Untersuchungen zum Streusalzbeitrag wurden von der LUBW dokumentiert [LUBW, 2017-1]. Die auf den Streusalzbeitrag zurückzuführenden Grenzwertüberschreitungen werden bei der Luftreinhalteplanung sowie bei der Berichterstattung an die Europäische Union nicht berücksichtigt [LUBW 2016-2]. Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich gemessene Überschreitungen dargestellt, ein Streusalzabzug erfolgte hier nicht.

### Eintrag von Saharastaub nach Baden-Württemberg

Gemäß § 24 der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [39. BImSchV] können Emissionsbeiträge aus natürlichen Quellen, darunter auch Saharastaub, bei der Ermittlung von Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten außer Ansatz bleiben. Im Jahr 2016 führte der Eintrag von Saharastaub während dreier Episoden an insgesamt 7 Spotmessstellen zu Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> (Abbildung 2-4). Alle Episoden wurden von der LUBW dokumentiert [LUBW, 2017-1]. Die auf den Saharastaubeintrag zurückzuführenden Grenzwertüberschreitungen werden bei der Luftreinhalteplanung sowie bei der Berichterstattung an die Europäische Union nicht berücksichtigt [LUBW 2016-2]. Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich gemessene Überschreitungen dargestellt, ein Abzug von Saharastaub erfolgte hier nicht.

### 2.1.3 Partikel PM<sub>2,5</sub>

Messungen der Konzentration von Partikeln PM<sub>2,5</sub> wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Ne-

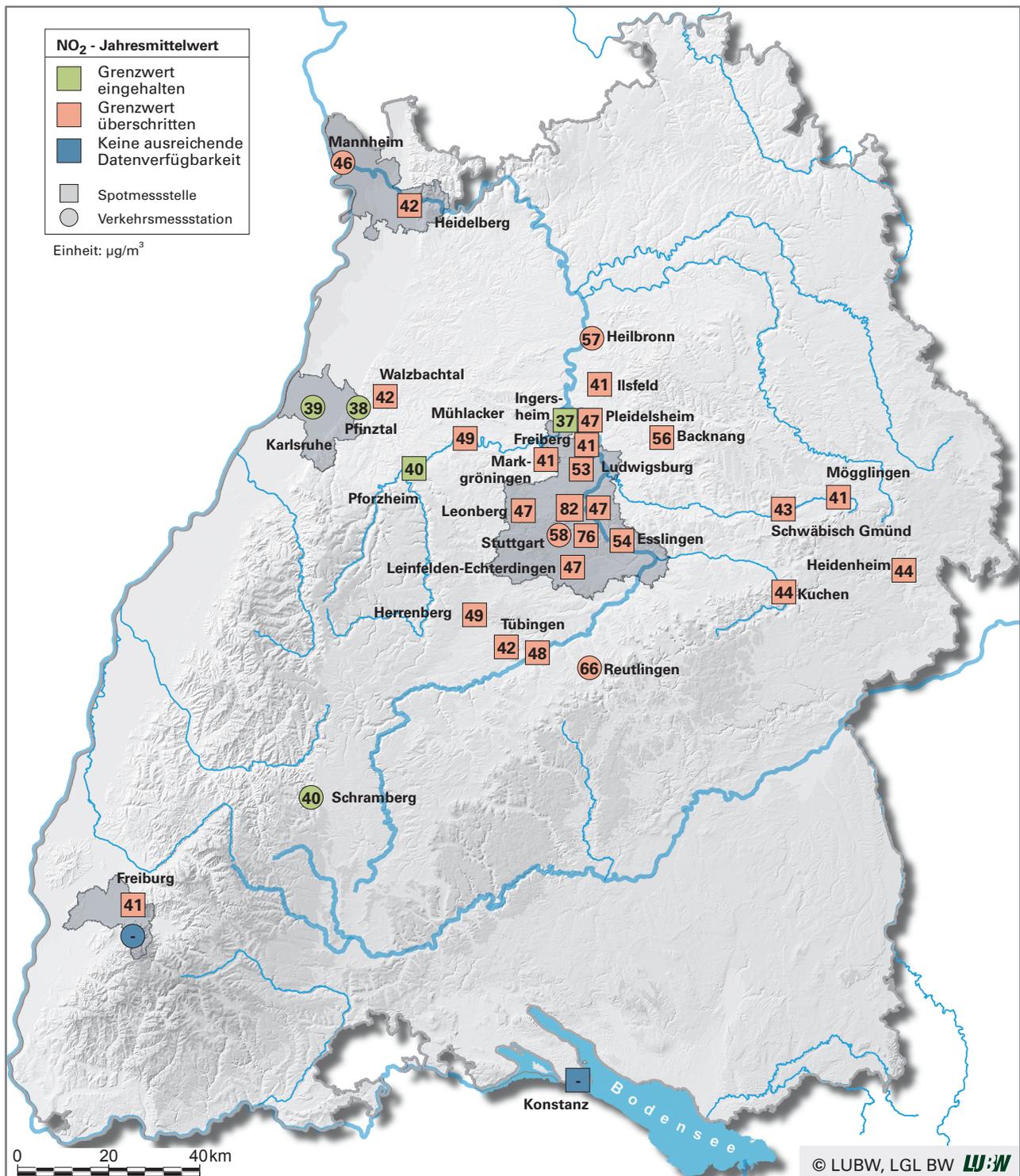


Abbildung 2-1: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

ckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit erlassene Immissionsgrenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde an allen Messpunkten eingehalten. Der mit  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessen.

#### 2.1.4 Benzol

Messungen der Konzentration von Benzol wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der Benzol-Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde im Jahr 2016 an allen beprobten Messpunkten eingehalten. Der mit  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde an

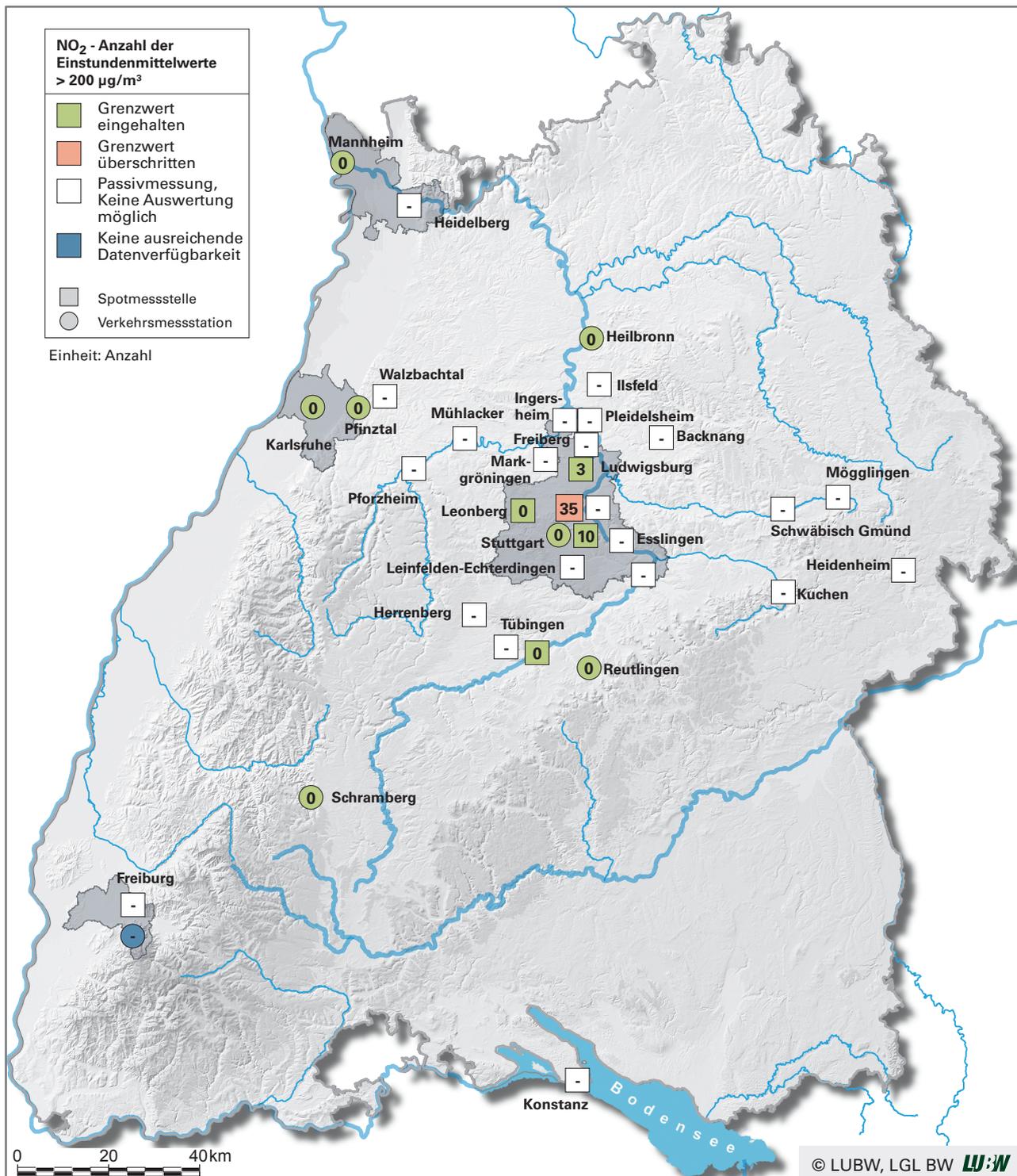


Abbildung 2-2: Anzahl der Überschreitungen des Einstundenmittelwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor bzw. der Verkehrsmessstation Heilbronn Weinsberger Straße-Ost gemessen.

### 2.1.5 Benzo[a]pyren in PM<sub>10</sub>

Messungen der Konzentration von Benzo[a]pyren als Bestandteil der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> wurden im Jahr 2016 an 6 Spotmessstellen sowie den 8 Verkehrsmessstationen

durchgeführt. Für Benzo[a]pyren, das auch als Markersubstanz für weitere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe dient, gilt ein Zielwert von 1 ng/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Mit einer gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentration von 1,2 ng/m<sup>3</sup> wurde dieser Zielwert im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Tübingen Jesinger Hauptstraße nach Anwenden der Rundungsregel eingehalten. Der Wert signalisiert aber eine Belastungssituation, die weiter beobachtet wird,

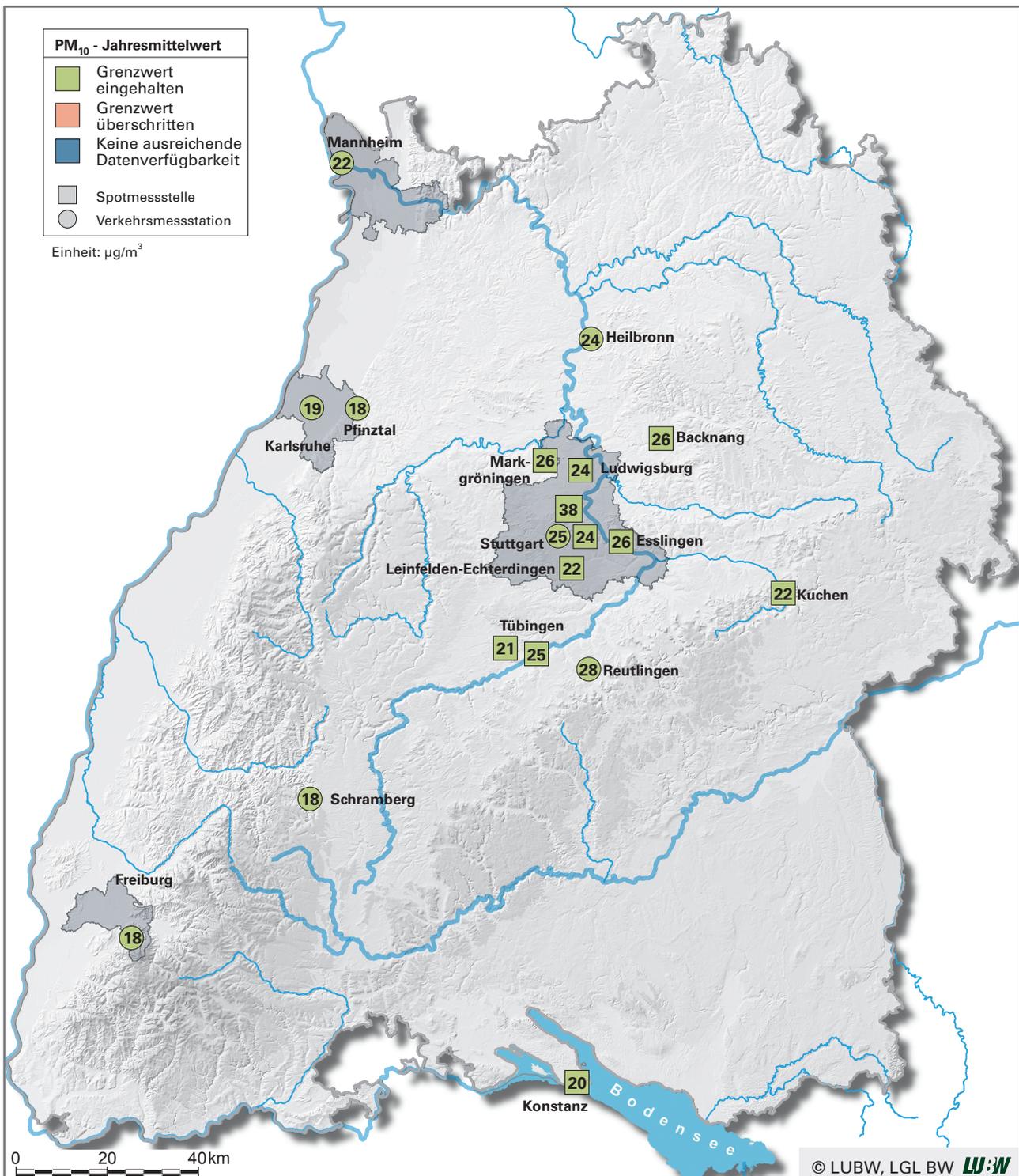


Abbildung 2-3: Jahresmittelwerte der Partikel PM<sub>10</sub>-Konzentrationen an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

um ggf., bei Überschreitung des Zielwertes, Minderungsmaßnahmen zu ergreifen.

Bei Benzo[a]pyren zeigen sich somit andere Belastungsschwerpunkte als bei Partikel PM<sub>10</sub> und Stickstoffdioxid, bei denen die Belastungsschwerpunkte im Raum Stuttgart liegen. Hauptgrund für die hohen Benzo[a]pyren-Belastungen in der Jesinger Hauptstraße sind Holzfeuerungen.

### 2.1.6 Ruß in PM<sub>10</sub>

Messungen der Konzentration von Ruß als Bestandteil der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> wurden im Jahr 2016 an 5 Spotmessstellen sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Die Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentration lagen im Jahr 2016 zwischen 2,6 µg/m<sup>3</sup> (Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße) und 4,6 µg/m<sup>3</sup> (Stuttgart Am Neckartor). Ein Immissionsgrenzwert für Ruß ist nicht festgelegt.

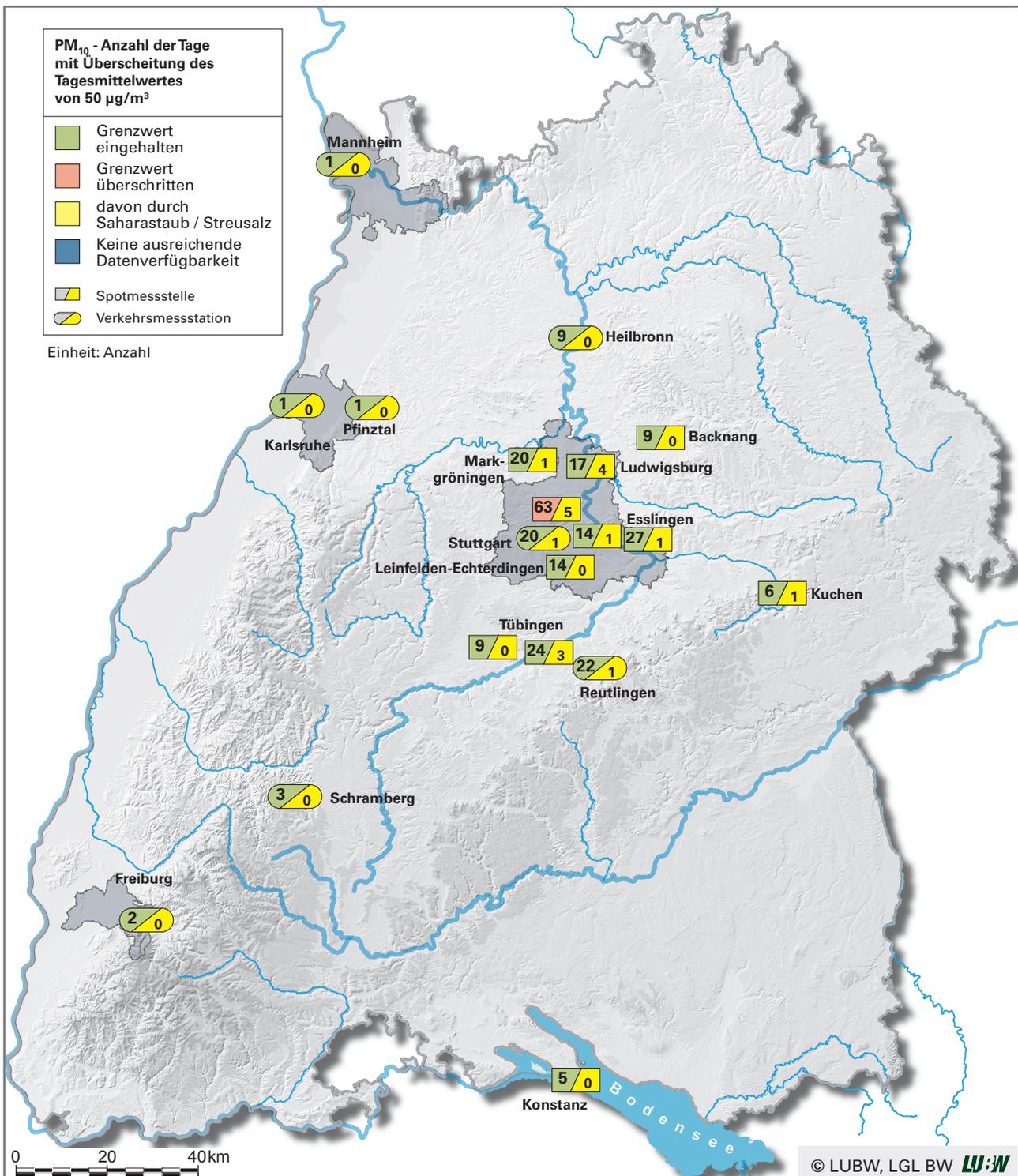


Abbildung 2-4: Anzahl der Tage mit Überschreitung der Partikel PM<sub>10</sub>-Konzentrationen von 50 µg/m<sup>3</sup> an den Spotmessstellen und den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg im Jahr 2016

### 2.1.7 Blei in PM<sub>10</sub>

Messungen der Konzentration von Blei als Bestandteil der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit erlassene Immissionsgrenzwert von 0,5 µg/m<sup>3</sup> (Jahresmittelwert) wurde an allen Messpunkten sicher eingehalten. Der mit 0,0081 µg/m<sup>3</sup> höchste Jahres-

mittelwert wurde an der Verkehrsmessstation Schramberg Oberndorfer Straße gemessen.

### 2.1.8 Arsen in PM<sub>10</sub>

Messungen der Konzentration von Arsen als Bestandteil der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der zum Schutz der

menschlichen Gesundheit erlassene Zielwert von  $6 \text{ ng/m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde an allen Messpunkten sicher eingehalten. Der mit  $0,8 \text{ ng/m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessen.

### 2.1.9 Kadmium in $\text{PM}_{10}$

Messungen der Konzentration von Kadmium als Bestandteil der Partikelfraktion  $\text{PM}_{10}$  wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit erlassene Zielwert von  $5 \text{ ng/m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde an allen Messpunkten sicher eingehalten. Der mit  $0,2 \text{ ng/m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde an den Verkehrsmessstationen Schramberg Oberndorfer Straße und Mannheim Friedrichsring gemessen.

### 2.1.10 Nickel in $\text{PM}_{10}$

Messungen der Konzentration von Nickel als Bestandteil der Partikelfraktion  $\text{PM}_{10}$  wurden im Jahr 2016 an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sowie den 8 Verkehrsmessstationen durchgeführt. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit erlassene Zielwert von  $20 \text{ ng/m}^3$  (Jahresmittelwert) wurde an allen Messpunkten sicher eingehalten. Der mit  $3,7 \text{ ng/m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor gemessen.

## 2.2 Räumliche Struktur der Luftverunreinigungen

### 2.2.1 Messungen an den Profilmesspunkten

Gemäß Anlage 3 der 39. BImSchV ist der Ort einer

Probenahmestelle, die der Beurteilung der Luftqualität eines Straßenabschnitts dient, so zu wählen, dass die Luftproben für mindestens eine Länge von 100 Metern repräsentativ sind. Bei neu eingerichteten Spotmessstellen wird diese Repräsentativität geprüft, indem zusätzlich zum Referenzmesspunkt (RMP) sogenannte Profilmesspunkte (PMP) entlang der Straße eingerichtet werden. An jedem Profilmesspunkt wird die Konzentration von Stickstoffdioxid durch Passivsammler bestimmt. Die Profilmesspunkte werden 1 bis 3 Jahre mit beprobt.

An der neu eingerichteten Spotmessstelle Markdorf Ravensburger Straße haben die Profilmessungen im Jahr 2016 gezeigt, dass nur eine kleinräumige Überschreitung des Jahresmittelwertes von  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  für Stickstoffdioxid vorliegt, die nicht repräsentativ ist (Tabelle 2-2, Abbildung 2-5). Die Messergebnisse dieser Messstelle genügen den Anforderungen der 39. BImSchV somit nicht und werden deshalb nur im Anhang 1 dieses Berichts veröffentlicht. Eine Meldung an die EU erfolgt nicht.

Auch an der neu eingerichteten Spotmessstelle Konstanz Theodor-Heuss-Straße haben die Profilmessungen im Jahr 2016 gezeigt, dass nur eine kleinräumige Überschreitung des Jahresmittelwertes von  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  für Stickstoffdioxid vorliegt (Tabelle 2-2, Abbildung 2-5). Die Messergebnisse für Stickstoffdioxid an dieser Messstelle genügen den Anforderungen der 39. BImSchV somit nicht und werden deshalb nur im Anhang 1 dieses Berichts veröffentlicht. Es erfolgt keine Meldung an die EU. Gleichzeitig belegen die Profilmessungen an

Tabelle 2-2: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an ausgewählten Referenz- und Profilmesspunkten im Jahr 2016

Messpunkt	Referenzmessung			Profilmessung ( $\text{NO}_2$ -Passiv)				
	RMP	Messverfahren	$\text{NO}_2$ -MW in $\mu\text{g/m}^3$	PMP1 in $\mu\text{g/m}^3$	PMP2 in $\mu\text{g/m}^3$	PMP3 in $\mu\text{g/m}^3$	PMP4 in $\mu\text{g/m}^3$	PMP6 in $\mu\text{g/m}^3$
Backnang Eugen-Adolf-Str. 1	MP2	passiv	56			45	49	
Esslingen Grabbrunnenstr. 1	MP2	passiv	54	46		46		
Konstanz Theodor-Heuss-Str. 1	MP1	passiv	42		40	38	35	40
Kuchen Hauptstr. 1	MP1	passiv	44		34	50	53	
Leinfelden-Echterdingen Hauptstr. 1	MP2	passiv	47	47		54	53	46
Markdorf Ravensburger Str. 1	MP1	passiv	47		40	39	43	

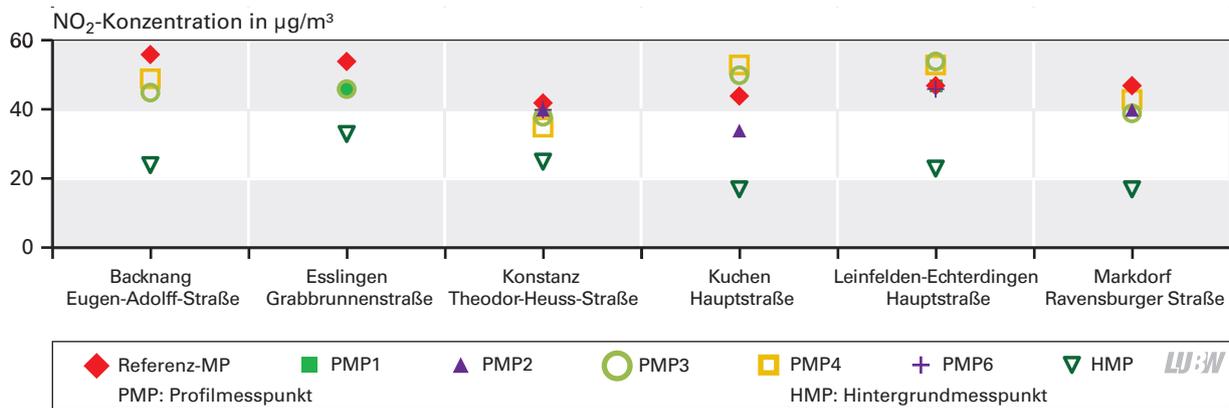


Abbildung 2-5: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an ausgewählten Referenz- (RMP), Profil- (PMP) und Hintergrundmesspunkten (HMP) im Jahr 2016

der Spotmessstelle Konstanz Theodor-Heuss-Straße aber auch, dass der Referenzmesspunkt, an dem die Messung der Konzentrationen von Stickstoffdioxid und Partikeln  $PM_{10}$  durchgeführt wurde, innerhalb der Straßenschlucht am Punkt der höchsten Belastung lag. Damit ist davon auszugehen, dass die am Referenzmesspunkt gemessene Einhaltung der Grenzwerte für die Partikel  $PM_{10}$ -Konzentration einer Einhaltung dieser Grenzwerte in der ganzen Straßenschlucht entspricht. Die Messergebnisse für Partikel  $PM_{10}$  an der Spotmessstelle Konstanz Theodor-Heuss-Straße werden deshalb als gültig angesehen.

Die im Jahr 2016 durchgeführten Profilmessungen an den neu eingerichteten Spotmessstellen Backnang Eugen Adolff-Straße, Esslingen Grabbrunnenstraße, Kuchen Hauptstraße und Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße belegen, dass die am jeweiligen Referenzmesspunkt gemessene Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Stickstoffdioxid für jeweils mindestens 100 Meter repräsentativ ist (Tabelle 2-2, Abbildung 2-5).

### 2.2.2 Messungen der Städtischen Hintergrundbelastung

Ergänzend zu den Profilmessungen wurden an den 6 neu eingerichteten Spotmessstellen Messungen der städtischen Hintergrundbelastung in den betreffenden Stadtteilen durchgeführt. Sie dienen u. a. der Maßnahmenplanung bei Überschreitung der Immissionsgrenzwerte an den Referenzmesspunkten.

Die Ergebnisse für das Jahr 2016 sind in Abbildung 2-5 dargestellt.

### 3 Entwicklung der Luftqualität an verkehrsnahen Standorten

An den meisten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen stehen inzwischen seit mehreren Jahren Kenngrößen für Stickstoffdioxid, Partikel PM<sub>10</sub>, Benzol, Ruß und Benzo[a]pyren zur Verfügung und ermöglichen die Betrachtung der Entwicklung der Luftverunreinigungen an verkehrsbelasteten Standorten. Dies ist insbesondere in Verbindung mit der Beurteilung der Wirksamkeit von emissionsmindernden Maßnahmen von Interesse.

Zur Veranschaulichung der Immissionstrends an den Spotmessstellen wurden nur die Spotmessstellen berücksichtigt, an denen in den vergangenen 6 Jahren mindestens 5 gültige Jahresmittelwerte einer Komponente ermittelt werden konnten. Die Auswertungen für die einzelnen Regierungsbezirke finden sich in Anhang 5.2.

Die Langzeitreihen beginnen für Benzo[a]pyren im Jahr 2008, für alle anderen Komponenten im Jahr 2006.

#### 3.1 Stickstoffdioxid

Auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen sind im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr leicht zurückgegangen (Abbildung 3-1). An der am stärksten belasteten Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor sank der Jahresmittelwert im Jahr 2016 auf 82 µg/m<sup>3</sup> (Vorjahr: 87 µg/m<sup>3</sup>), die Anzahl der Überschreitungen des Einstundenmittelwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> für Stickstoffdioxid nahm auf 35 ab (Vorjahr: 61). Dabei ist mit 26 Stunden die Mehrzahl der Überschreitungen in den Sommermonaten (Juni bis September) aufgetreten, vorzugsweise zwischen 15 und 20 Uhr MEZ (d. h. zwischen 16 und 21 Uhr MESZ). Hier

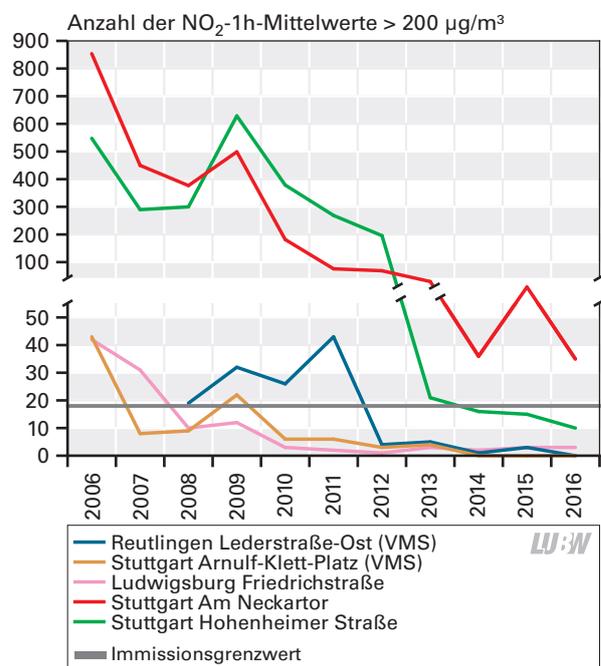
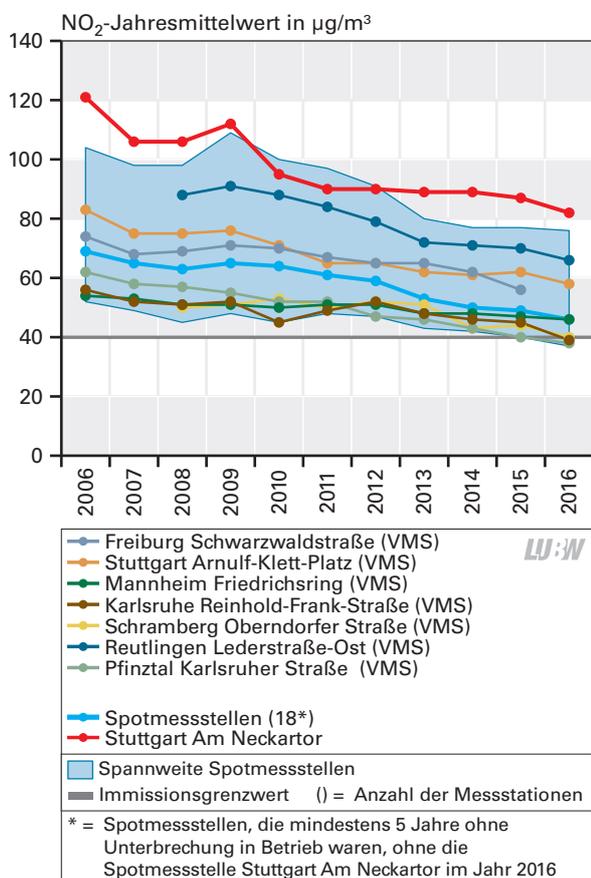


Abbildung 3-1: Kenngrößen für Stickstoffdioxid an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes des Landes Baden-Württemberg seit 2006

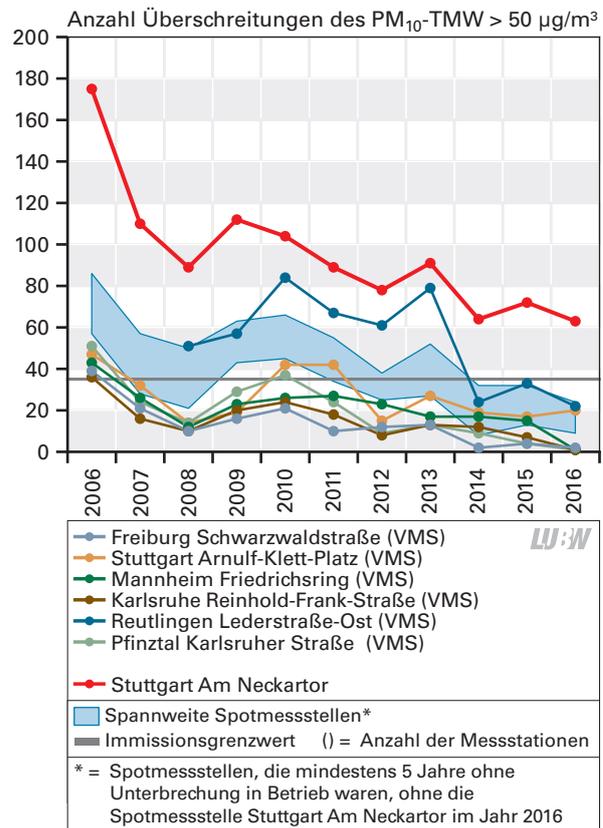
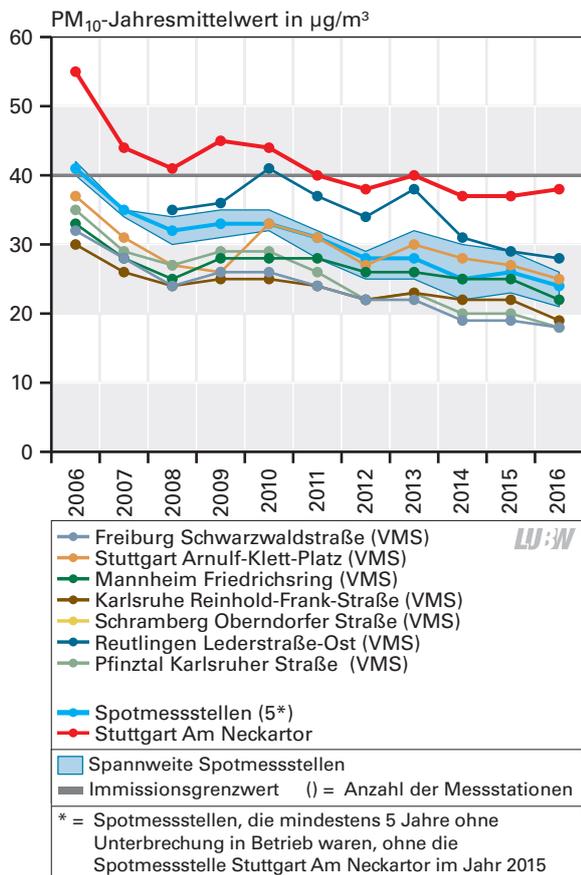


Abbildung 3-2: Kenngrößen für Partikel PM<sub>10</sub> an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes des Landes Baden-Württemberg seit 2006

sorgten die hohen Ozonkonzentrationen für eine rasche Afoxidation des Stickstoffmonoxids und somit zu einer zusätzlichen Stickstoffdioxidbelastung im Straßenraum. An der zweitbelastetsten Spotmessstelle Stuttgart Hohenheimer Straße sind die Konzentrationen bzw. Überschreitungszahlen nahezu identisch geblieben.

### 3.2 Partikel PM<sub>10</sub>

Im Jahr 2016 sind die Partikel PM<sub>10</sub>-Konzentrationen an den Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen im Vergleich zum Vorjahr leicht zurückgegangen (Abbildung 3-2). Lediglich an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor erfolgte eine geringfügige Zunahme im Rahmen der jährlichen Schwankungen. Der Grenzwert für den Jahresmittelwert für Partikel PM<sub>10</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup> wird seit 2012 an allen Messpunkten in Baden-Württemberg eingehalten, der Grenzwert für den Tagesmittelwert wird seit dem Jahr 2014 nur noch an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor an mehr als den zugelassenen 35 Tagen im Jahr überschritten. Die Abbildung 3-3 verdeutlicht, dass der Großteil der Über-

schreitungen des Partikel PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor im Winterhalbjahr auftritt, während im Sommerhalbjahr kaum Überschreitungen hinzukommen.

### 3.3 Partikel PM<sub>2,5</sub>

Die Belastung durch Partikel PM<sub>2,5</sub> ist seit 2006 an allen betrachteten Messstellen zurückgegangen (Abbildung 3-4). Der seit 2015 geltende Grenzwert für den Partikel PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwert wird seit dem Jahr 2011 eingehalten. Im Vergleich zum Vorjahr sind die gemessenen Konzentrationen im Jahr 2016 leicht zurückgegangen, einzige Ausnahme ist, wie schon bei PM<sub>10</sub>, die Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor.

### 3.4 Benzol

Die Benzolkonzentrationen an den Spotmessstellen und an den Verkehrsmessstationen sind seit 2006 rückläufig und liegen derzeit bei 1,1 µg/m<sup>3</sup> bis 1,6 µg/m<sup>3</sup> (Abbildung 3-4). Der Rückgang der Belastung mit Ben-

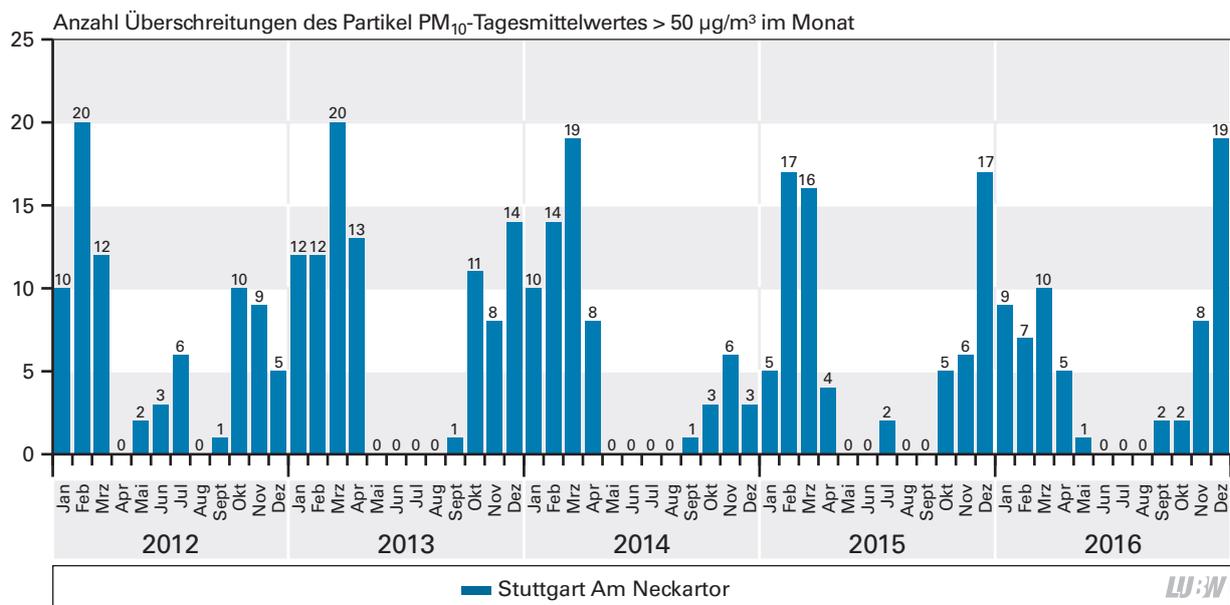


Abbildung 3-3: Jahrgang der Anzahl Überschreitungen des Partikel PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> an der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor in den vergangenen fünf Jahren

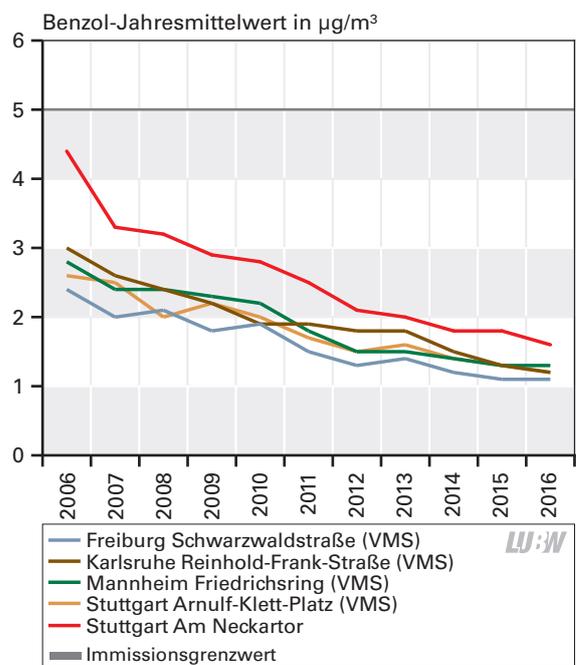
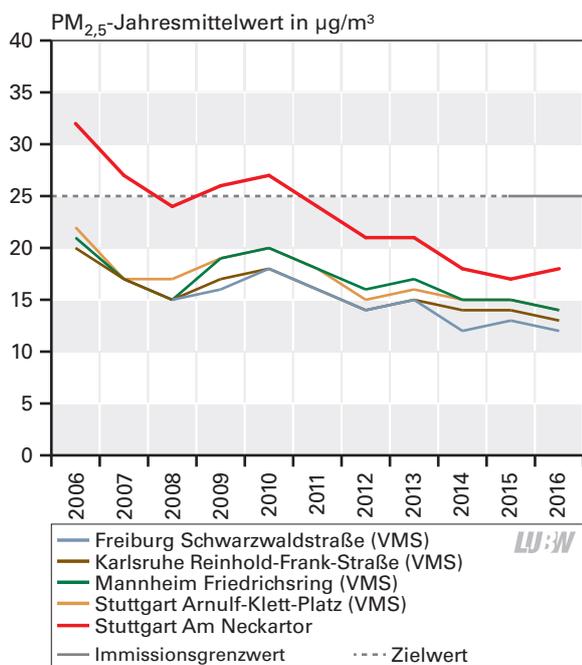


Abbildung 3-4: Jahresmittelwerte der Partikel PM<sub>2,5</sub> und der Benzolkonzentration an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes des Landes Baden-Württemberg seit 2006

zol ist ab dem Jahr 2000 durch die Limitierung von Benzol als Zusatz im Ottokraftstoff auf maximal 1 Vol.-% und in den späteren Jahren durch den vermehrten Einsatz von geregelten Katalysatoren begründet.

### 3.5 Benzo[a]pyren in PM<sub>10</sub>

Die Immissionsbelastung durch Benzo[a]pyren wird maßgeblich von den meteorologischen Verhältnissen

im Winterhalbjahr geprägt. Im Jahr 2016 sind die Konzentrationen von Benzo[a]pyren im Vergleich zum Vorjahr im Wesentlichen unverändert geblieben (Abbildung 3-5). An der Spotmessstelle Tübingen Jesinger Hauptstraße ergab sich ein deutlicher Rückgang der Benzo[a]pyrenbelastung auf das Niveau der Jahre 2011 bis 2014.

### 3.6 Ruß in PM<sub>10</sub>

Die Belastung durch Ruß ist seit 2006 an allen betrachteten Messstellen kontinuierlich zurückgegangen (Abbildung 3-5). Hauptverursacher von Ruß in Verkehrsnähe sind Kraftfahrzeuge mit Dieselmotoren. Die Entwicklung für Ruß als Bestandteil von Partikel PM<sub>10</sub> spiegelt die Wirksamkeit emissionsmindernder verkehrsbezogener Maßnahmen wider.

### 3.7 Blei in PM<sub>10</sub>

Die Konzentration von Blei in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> ist seit 2006 an allen Messstellen rückläufig (Abbildung 3-6). Damit setzt sich ein Trend fort, der bereits mit dem Verbot bleihaltigen Benzins in den 1990er Jahren begonnen hat. Im Jahr 2014 wurden an der Verkehrsmessstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz aus ungeklärten Gründen erhöhte Bleikonzentrationen gemessen, der Grenzwert von 0,5 µg/m<sup>3</sup> wurde jedoch auch hier sicher eingehalten.

### 3.8 Arsen in PM<sub>10</sub>

Die Konzentration von Arsen in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> stagniert seit 2006 an den meisten Messstellen auf

einem Niveau weit unterhalb des Zielwertes von 6 ng/m<sup>3</sup> (Abbildung 3-6). An der höchstbelasteten Messstelle, der Spotmessstelle Stuttgart Am Neckartor, ist über die Jahre ein Rückgang der Konzentrationen zu verzeichnen.

### 3.9 Kadmium in PM<sub>10</sub>

Die Konzentration von Kadmium in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub> ist seit 2006 an allen Messstellen leicht rückläufig (Abbildung 3-6). Diese Entwicklung hat sich im Jahr 2016 fortgesetzt. Auch hier liegen die gemessenen Konzentrationen weit unterhalb des Zielwertes von 5 ng/m<sup>3</sup>.

### 3.10 Nickel in PM<sub>10</sub>

Die Jahresmittelwerte von Nickel stagnieren seit 2006 an den meisten Messstellen auf einem Niveau weit unterhalb des Zielwertes (Abbildung 3-6). An den Verkehrsmessstationen Stuttgart Arnulf-Klett-Platz und Mannheim Friedrichsring schwanken die Jahresmittelwerte der einzelnen Jahre erheblich, liegen aber deutlich unter dem Zielwert von 20 ng/m<sup>3</sup>.

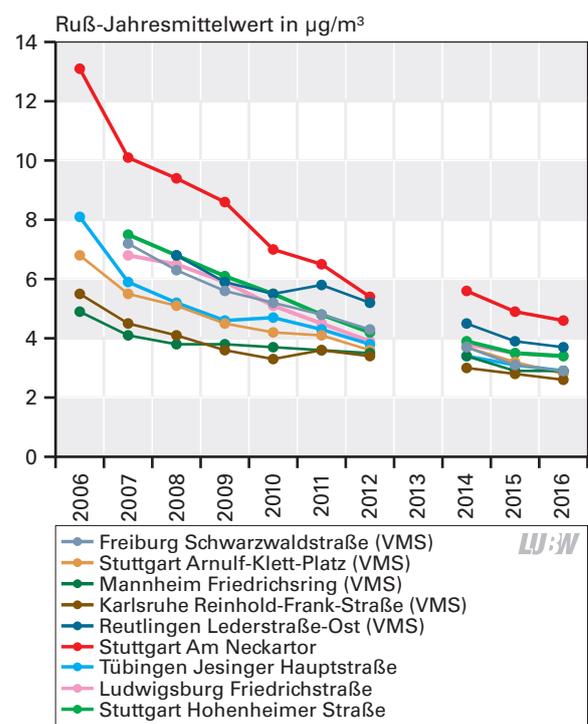
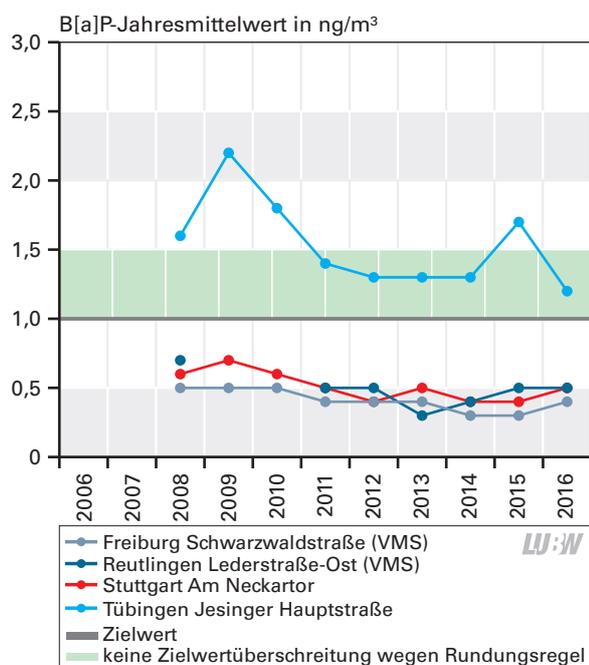


Abbildung 3-5: Jahresmittelwerte der Benzo[a]pyren- (links) und der Rußkonzentration (rechts) an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes des Landes Baden-Württemberg seit 2006

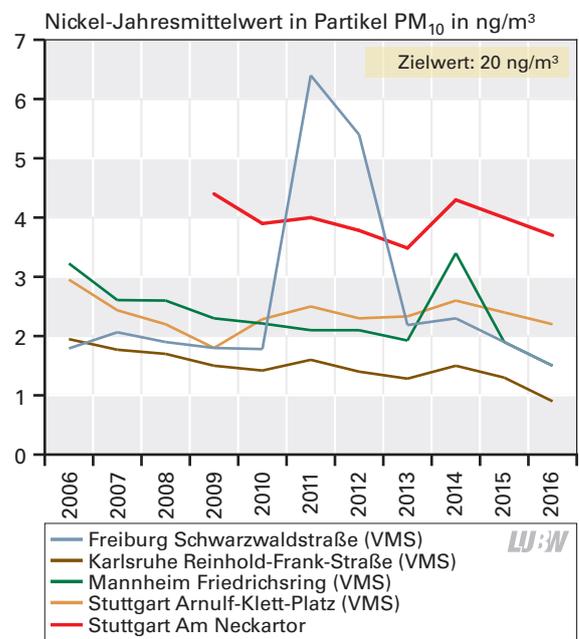
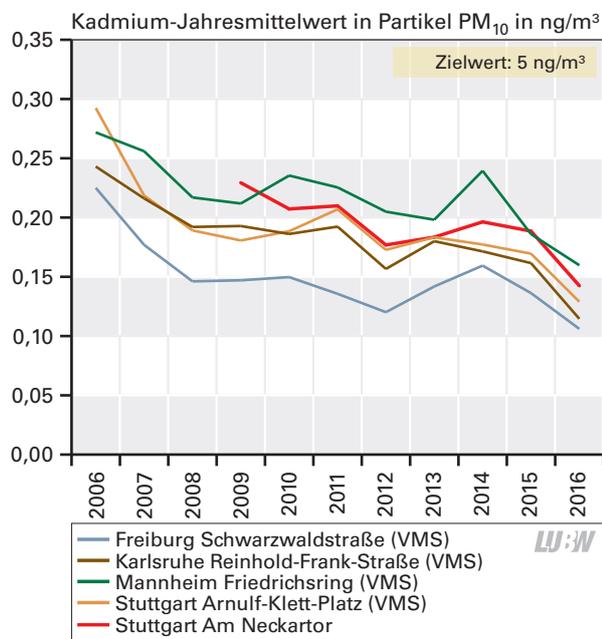
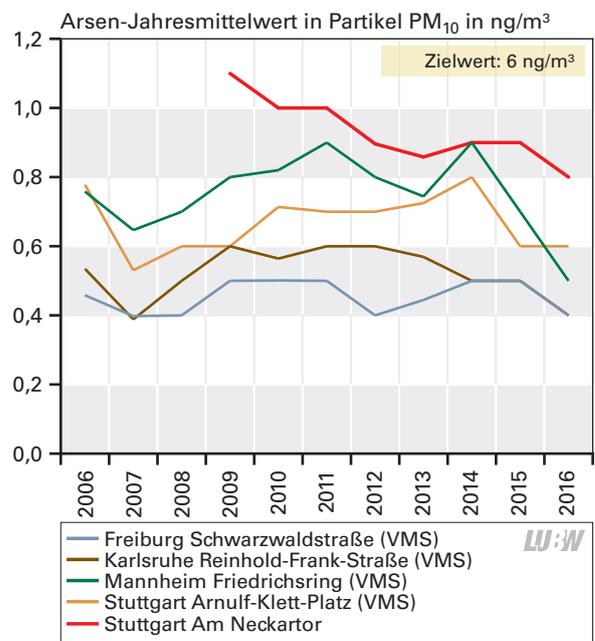
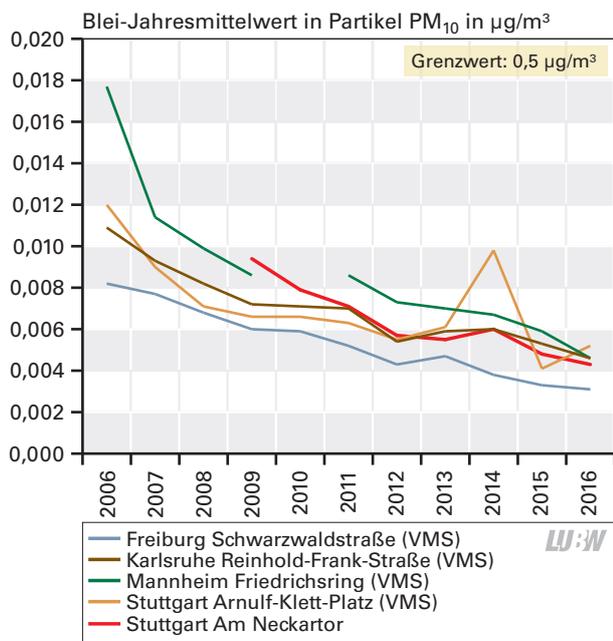


Abbildung 3-6: Jahresmittelwerte der Blei-, Arsen-, Kadmium- und Nickelkonzentration, jeweils in der Partikelfraktion PM<sub>10</sub>, an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen des Luftmessnetzes des Landes Baden-Württemberg seit 2006

# 4 Entwicklung der fahrzeugbedingten Emissionen

Die langjährige Entwicklung der im Rahmen der Spotmessungen straßennah erfassten Luftschadstoffe steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der fahrzeugbedingten Emissionen in Baden-Württemberg. So sind entsprechend der von der LUBW jährlich veröffentlichte Ursachenanalyse in erster Linie die fahrzeugbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen für die Überschreitungen des NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertes an verkehrsnahen Messpunkten verantwortlich [LUBW 2017-2]. NO<sub>x</sub> steht hierbei für die Summe der beiden Stickstoffoxide Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Stickstoffmonoxid wird in der Atmosphäre rasch zu Stickstoffdioxid, weswegen Immissionsgrenzwerte nur für Stickstoffdioxid festgelegt wurden. Die Höhe der NO<sub>x</sub>-Emissionen wird im Wesentlichen durch folgende Parameter beeinflusst:

- Die NO<sub>x</sub>-Emissionen pro Fahrzeug bzw. Fahrzeugtyp<sup>1)</sup>
- Die Zusammensetzung und Größe der Fahrzeugflotte
- Die pro Fahrzeug (bzw. Fahrzeugtyp) und Jahr zurückgelegte Strecke („Fahrleistung“).

Im Folgenden wird die Entwicklung dieser drei Parameter seit 1990 zusammengefasst dargestellt.

## 4.1 Allgemeine Entwicklung der Fahrzeugflotte

Im Jahr 2016 bestand die Fahrzeugflotte in Baden-Württemberg aus knapp 7,7 Mio. Fahrzeugen (vgl. Abbildung 4-1).

Die Anzahl der Fahrzeuge in Baden-Württemberg nimmt kontinuierlich zu, zwischen 2008 und 2014 um fast 90.000 Fahrzeuge pro Jahr (das entspricht rechnerisch einem neuen Fahrzeug alle 5 Minuten). Dieses

1) Diese sind u. a. abhängig vom Verkehrszustand (flüssig, stop-and-go)

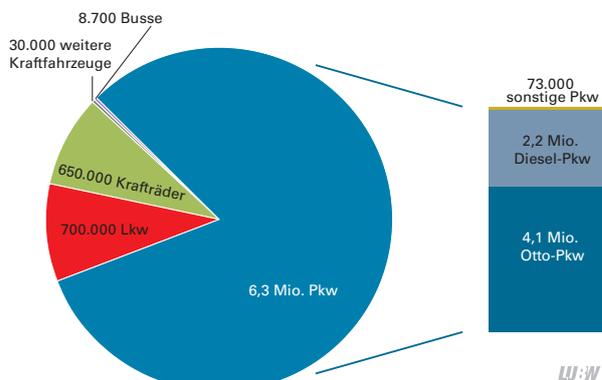


Abbildung 4-1: Kraftfahrzeugbestand in Baden-Württemberg am 01.01.2016 [StaLa 2017-1]

Wachstum ist zu etwa drei Vierteln auf eine Zunahme der Diesel-Pkw zurückzuführen, zu einem kleineren Teil auch auf alternative Antriebskonzepte. Demgegenüber ist die Anzahl der Otto-Pkw seit 2008 nahezu konstant (vgl. Tabelle 4-1). Nutzfahrzeuge sind nahezu ausschließlich mit Dieselmotoren ausgestattet, weswegen bei ihnen in Tabelle 4-1 nicht nach dem Antriebskonzept unterschieden wurde. Bei den Nutzfahrzeugen nimmt insbesondere die Anzahl der leichten Nutzfahrzeuge zu.

Tabelle 4-1: jährliches Wachstum der Kfz-Flotte in BW (Durchschnitt 2008-2016; eigene Berechnungen auf Basis von [StaLa 2017-2])

	Anzahl Fahrzeuge
<b>Pkw</b>	
Diesel	76.963
Benzin	-2.363
Gas, Sonstige	7.050
Summe Pkw	81.650
<b>Nutzfahrzeuge und Busse</b>	
Leichte Nutzfahrzeuge (≤3,5 t)	7.615
Schwere Nutzfahrzeuge (>3,5t) und Sattelzugmaschinen	-344
Busse	31
Summe Nutzfahrzeuge	7.303
<b>Summe</b>	<b>88.953</b>



Als Konsequenz aus den gezeigten Veränderungen hat sich in den letzten Jahren der Anteil der Dieselfahrzeuge an der Pkw-Flotte kontinuierlich erhöht: Während in den 1980er Jahren nur ca. 10 % aller Pkw mit einem Dieselmotor angetrieben wurden und dieser Anteil in den 1990er Jahren nur geringfügig auf 15 % anstieg, waren es im Jahr 2016 schon 34 % (vgl. Abbildung 4-1).

## 4.2 Entwicklung der Fahrleistungen

Mit der zunehmenden Anzahl an Kraftfahrzeugen in Baden-Württemberg geht eine Erhöhung der pro Jahr zurückgelegten Strecken (Abbildung 4-2) einher, d. h. es gibt in Baden-Württemberg immer mehr Fahrzeuge, die immer weitere Strecken zurücklegen. Der Großteil der Jahresfahrleistung wird von Pkw zurückgelegt, nur 13 % stammen von Nutzfahrzeugen, Bussen und Krafträdern.

## 4.3 Emissionen von Pkw

### 4.3.1 Entwicklung der Grenzwerte

In Europa bedarf das Betreiben von neuen Fahrzeugen und Fahrzeugtypen grundsätzlich einer Genehmigung [2007/46/EG]. Um eine Genehmigung zu erhalten, muss durch den Hersteller bzw. Importeur unter anderem die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten nachgewiesen werden. Diese werden, gemeinsam mit definierten Messvorschriften, auf EU-Ebene festgelegt.

Hierbei wird zwischen Personenkraftwagen (Pkw) und Lastkraftwagen (Lkw) unterschieden.

Die Emissionsgrenzwerte für Pkw wurden in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich gesenkt (vgl. Tabelle 4-2). Zu Beginn dieser Entwicklung wurden vor allem die Emissionen von Kohlenmonoxid sowie den Vorläuferstoffen von Ozon (Summe der Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe) begrenzt. In den folgenden Jahren wurden dann auch separate Grenzwerte für Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe eingeführt sowie die Grenzwerte für Partikel gesenkt bzw. neu eingeführt (Tabelle 4-2).

Seit etwa Ende der 2000er-Jahre ist eine verstärkte gesetzgeberische Tätigkeit mit zahlreichen neuen Verordnungen festzustellen (vgl. Tabelle 4-2). So wurden mit der verbindlichen Einführung der Euro 6-Norm im Jahr 2014 bzw. 2015 erstmals auch die Partikelanzahlmissionen von Ottofahrzeugen mit Direkteinspritzung begrenzt. Mit den Euronormen 6c und 6dTEMP wird das Zulassungsverfahren von neuen Fahrzeugen bzw. Fahrzeugtypen schließlich grundlegend geändert. Die wesentlichen Änderungen sind:

- Die Typprüfung im WLTC: Grundsätzlich wird die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte durch neue Fahrzeuge bzw. Fahrzeugtypen geprüft, indem unter

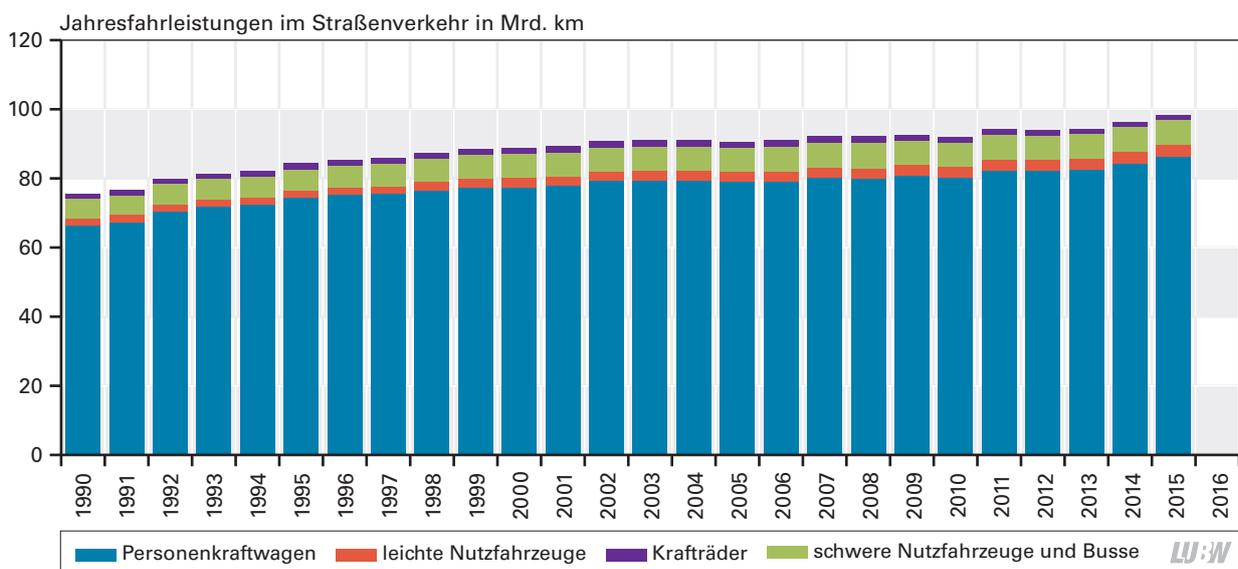


Abbildung 4-2: Gesamt-Jahresfahrleistung in Baden-Württemberg [StLa 2017-3]

Tabelle 4-2: Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für Otto- und Diesel-Pkw

Euro-Normstufe	Einheit für Euro 1-4		Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4		Einheit für Euro 5-6		Euro 5			Euro 6		
			a	b	a	b	[98/69/EG]		[98/69/EG]				a	b	b <sup>(1)</sup>	c	d	dTEMP
Zusatz (nicht-offiziell)			[91/441/EWG]		[94/712/EG]								[EG/715/2007] [EG/692/2008] [EG/566/2011] [EU/459/2012]			[EU/459/2012] [EU/2016/646] [EU/2017/1151]		
Rechtsgrundlage																		
Typprüfung ab	01.01.1992	01.01.1992	01.01.1996	01.10.1999	01.01.2000	01.01.2000	01.01.2000	01.01.2005	01.01.2005	01.01.2005	01.01.2005	01.09.2009	01.09.2011	01.09.2014	01.09.2017	01.09.2017	01.01.2020	
Erstzulassung ab	31.12.1992	01.01.1997	01.01.1997	-	01.01.2001	01.01.2001	01.01.2006	01.01.2006	01.01.2006	01.01.2006	01.01.2006	01.01.2011	01.01.2013	01.09.2015	01.09.2018	01.09.2019	01.01.2021	
Bedingungen der Typprüfung	NEFZ nach 40s Leerlauf	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	NEFZ nach Kaltstart	WLTG / RDE									
<b>Emissionsgrenzwerte für Otto-Pkw ("Benziner")</b>																		
CO (Kohlenmonoxid)	g/km		2,72	2,2	2,2	2,3	1,0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
NO <sub>x</sub> + HC (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe)	g/km		0,97	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HC (Kohlenwasserstoffe)	g/km		-	-	0,20	0,10	0,10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
davon NMHC (Nicht-Methan-kohlenwasserstoffe)	g/km		-	-	-	-	-	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	g/km		-	-	0,15	0,08	0,08	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
PM (Partikelmasse)	g/km		-	-	-	-	-	5,0*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*
PN (Partikelanzahl)	Partikel/km		-	-	-	-	-	-	6,0·10 <sup>12</sup> *	6,0·10 <sup>12</sup> *	6,0·10 <sup>12</sup> *	6,0·10 <sup>12</sup> *	6,0·10 <sup>12</sup> *	6,0·10 <sup>12</sup> *				
Plakette																		
<b>Grenzwerte für Diesel-Pkw</b>																		
CO (Kohlenmonoxid)	g/km		2,72	1,0	0,64	0,50	0,50	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
NO <sub>x</sub> + HC (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe)	g/km		0,97	0,7 (0,9*)	0,7	0,56	0,30	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
HC (Kohlenwasserstoffe)	g/km		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
davon NMHC (Nicht-Methan-kohlenwasserstoffe)	g/km		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	g/km		-	-	0,50	0,25	0,25	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
PM (Partikelmasse)	g/km		0,14	0,08 (0,10*)	0,08	0,05	0,025	5,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
PN (Partikelanzahl)	Partikel/km		-	-	-	-	-	-	6,0·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>11</sup>				
Plakette			keine															



\* für Direkteinspritzer NEFZ = Neuer Europäischer Fahrzyklus WLTG = Worldwide Harmonized Light-Duty Test Cycle RDE = reale Fahremissionen  
 -: kein Grenzwert festgelegt

<sup>(1)</sup> Euro 6a betrifft Fahrzeuge, die auf Wunsch des Herstellers noch zu Zeiten von Euro 5a bereits nach den strengeren Euro 6-Grenzwerten zugelassen wurden. Für diese Fahrzeuge gelten die Emissionsgrenzwerte nach Euro 6b, für die PN- und PM-Emissionen aber die Grenzwerte wie Euro 5a.

Laborbedingungen (d. h. auf einem Rollenprüfstand) definierte Fahrsituationen simuliert und die sich bei diesen Situationen ergebenden Emissionen des zu prüfenden Fahrzeugs gemessen und mit den Grenzwerten verglichen werden. Bisher erfolgte diese Prüfung anhand des NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus), welcher sich durch ein wenig realitätsnahes Fahrmuster (sehr langsame Beschleunigungen, lange Leerlaufzeiten, wenige Anfahrvorgänge, niedrige Geschwindigkeiten) auszeichnet. Ab 2017 bzw. 2018 erfolgt die Prüfung anhand des WLTC (Worldwide Harmonized Light-Duty Test Cycle, weltweit einheitliches Testverfahren für leichtgewichtige Nutzfahrzeuge), in dem deutlich mehr Fahrzustände abgeprüft werden. Dies entspricht einer Verschärfung der Typprüfung.

- Die Typprüfung mit RDE: Zusätzlich zur verschärften Laborprüfung mittels WLTC müssen ab 2017 bzw. 2019 auch Grenzwerte für RDE (Real Driving Emissions, reale Fahremissionen) eingehalten werden. Hierzu werden Emissionsmessungen im realen Straßenverkehr und unter realen Umgebungsbedingungen durchgeführt. Im ersten Schritt wurden nur RDE-Grenzwerte hinsichtlich der  $\text{NO}_x$ -Emissionen festgelegt, zukünftig sollen aber auch die Partikelanzahlemissionen begrenzt werden. Unter diesen nochmals verschärften Bedingungen werden den Fahrzeugen etwas höhere Emissionen eingeräumt als im WLTC.

Bezüglich der  $\text{NO}_x$ -Emissionen werden den Dieselfahrzeugen vom Gesetzgeber höhere Grenzwerte eingeräumt als Ottofahrzeugen.

#### 4.3.2 Entwicklung der realen Emissionen

Die Einführung einer Typprüfung für Pkw auf der Basis von RDE, d. h. der Überprüfung der Emissionen im realen Straßenverkehr, ist eine Reaktion auf die in den vergangenen Jahrzehnten immer offensichtlicher werdende Diskrepanz zwischen den Emissionsgrenzwerten einer- und den Realemissionen von Pkw andererseits. Diese Diskrepanz zwischen den im Labor gemessenen Grenzwerteinhalten und den in der Realität meist höheren Emissionen ist seit Jahren be-

kannt und hat bereits im Jahr 1995 zur Erstellung des „Handbuchs für Emissionsfaktoren“ (HBEFA) geführt, das seitdem mehrfach aktualisiert wurde [HBEFA 3.3]. In diesem Handbuch sind die realen Emissionen unterschiedlicher Fahrzeugtypen unter unterschiedlichen Fahrbedingungen datenbankartig abgelegt. Das Handbuch enthält ferner Informationen zu Flottenzusammensetzungen in unterschiedlichen Ländern und Jahren. Die Emissionsfaktoren in HBEFA basieren auf Ergebnissen des Modells PHEM (Passenger car and Heavy duty vehicle Emission Model). Dieses Modell wird an der Universität Graz entwickelt und basiert auf Messungen der realen Emissionen, z. B. mit Hilfe von PEMS (Portable Emission Measurement System).

Ein Vergleich der in HBEFA hinterlegten Realemissionen mit den im Labor geprüften Emissionsgrenzwerten zeigt, dass der Gesetzgeber das Ziel, durch die Emissionsgesetzgebung die Realemissionen zu mindern, in vielen Fällen erreicht hat. Beispielsweise konnten die Stickoxidemissionen von Otto-Pkw („Benzinern“) in den vergangenen Jahrzehnten unter allen Fahrbedingungen deutlich gesenkt werden (vgl. Abbildung 4-3). Bei den Diesel-Pkw wurden vergleichbare Erfolge hinsichtlich der Partikelemissionen erreicht.

Demgegenüber sind die  $\text{NO}_x$ -Emissionen von Dieselpkw trotz kontinuierlich sinkender Grenzwerte bisher kaum zurückgegangen (vgl. Abbildung 4-4). Phasenweise sind die Stickoxidemissionen der Diesel-Pkw sogar wieder angestiegen, insbesondere mit der Einführung der Euro-Normstufe 5. Hierbei sind die realen Emissionen von Diesel-Pkw trotz niedrigerer Grenzwerte höher als diejenigen der älteren Euro 4-Fahrzeuge. Dies liegt an den in Euro 5-Dieselpkw erstmals flottenweit eingebauten Partikelfiltern, die zwar die Partikelemissionen deutlich verringert haben, bauartbedingt aber auch zu erhöhten Stickoxidemissionen führten. Die Emissionen von Euro 6-Dieselpkw zeigen demgegenüber zwar eine Verbesserung, liegen in der Realität aber immer noch deutlich über den Grenzwerten und den Emissionen von Otto-Pkw. Durch die Einführung eines realitätsnäheren Typprüfverfahrens mit der Euro-Norm 6dTEMP ist davon auszugehen, dass die Emissionen zukünftiger Generationen von

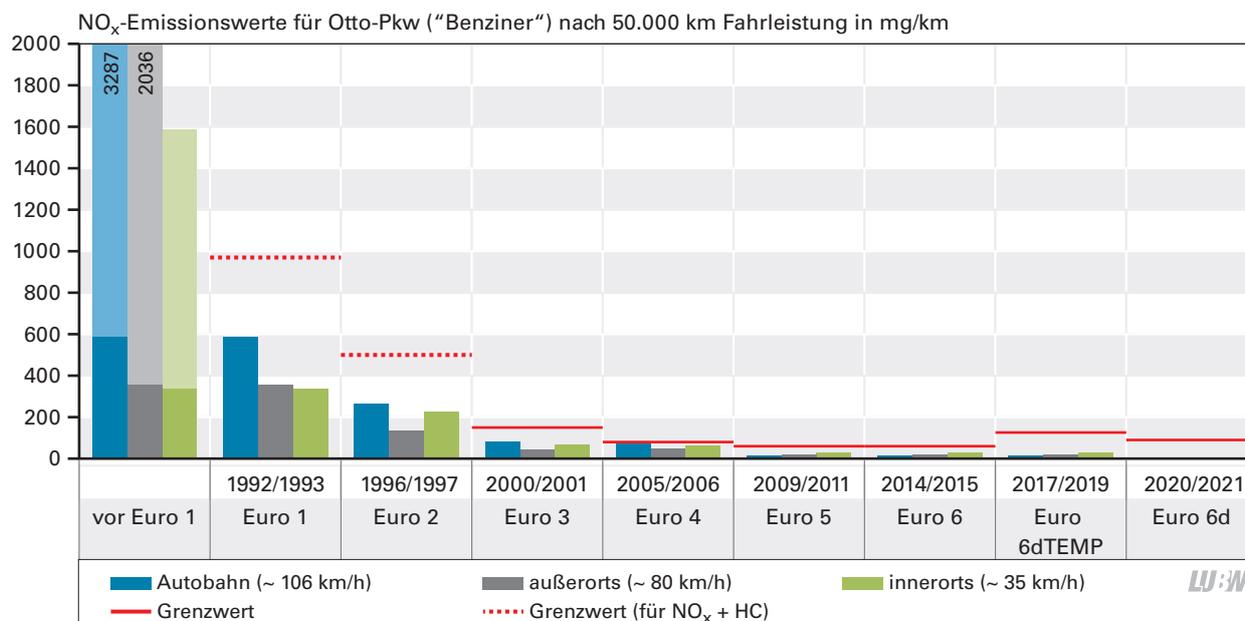


Abbildung 4-3: Entwicklung der Stickoxidemissionen für Otto-Pkw mit 50.000 km Fahrleistung unter verschiedenen Betriebsbedingungen [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigung. Fahrzeuge vor Einführung von Euro 1 zeigen unterschiedlich hohe Emissionen, gezeigt sind Minimal- (dunkel) und Maximalwert (hell).

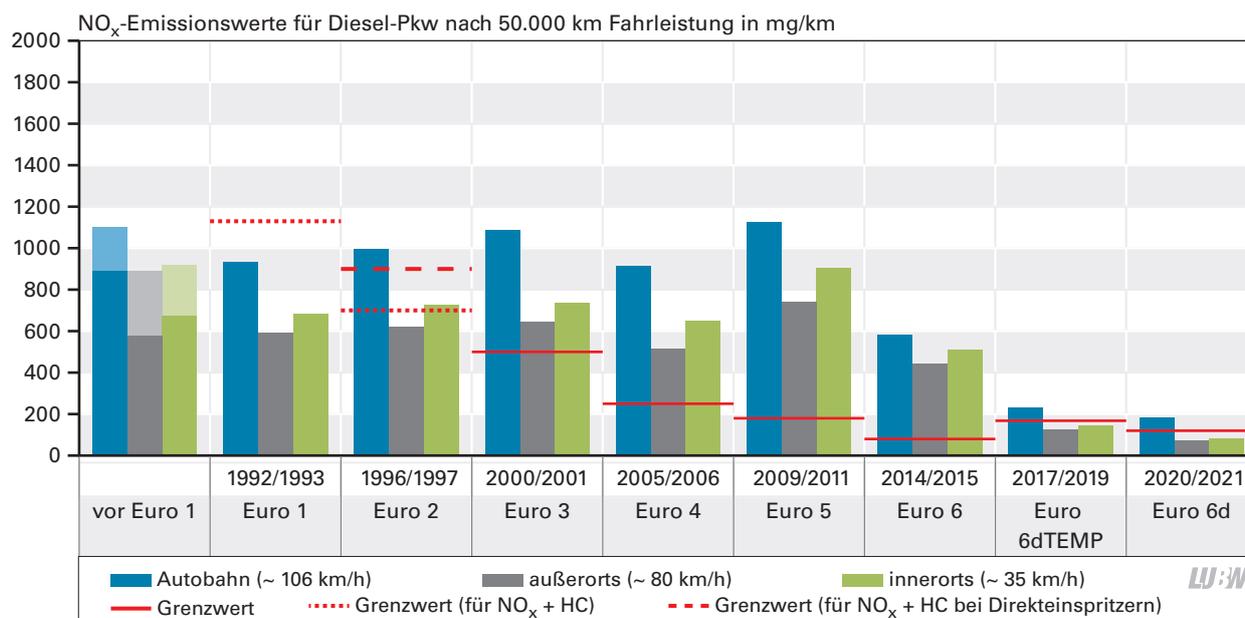


Abbildung 4-4: Entwicklung der Stickoxidemissionen für Diesel-Pkw mit 50.000 km Fahrleistung unter verschiedenen Betriebsbedingungen [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigung. Fahrzeuge vor Einführung von Euro 1 zeigen unterschiedlich hohe Emissionen, gezeigt sind Minimal- (dunkel) und Maximalwert (hell).

Diesel-Pkw deutlich geringer sein werden als bei älteren Fahrzeugen.

Zu beachten ist, dass für die Luftqualität nicht nur die Höhe der NO<sub>x</sub>-Emissionen, sondern auch ihre Zusammensetzung eine Rolle spielt. Die Zusammensetzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen von Diesel-Pkw im Innerortsbereich ist in Abbildung 4-5 gezeigt. Es ist erkennbar, dass

die direkten Emissionen des Luftschadstoffs NO<sub>2</sub> etwa seit der Stufe Euro 3 sowohl relativ zu den NO<sub>x</sub>-Emissionen als auch absolut stark zugenommen haben. Auch die mit Dieselpartikelfiltern ausgestatteten Euro 2-Fahrzeuge zeigen hohe NO<sub>2</sub>-Direktemissionen. In beiden Fällen werden die hohen NO<sub>2</sub>-Direktemissionen durch den Einsatz von katalytisch beschichteten Dieselpartikelfiltern bzw. Oxidationskatalysatoren verursacht.

Bei den Otto-Pkw machen die NO<sub>2</sub>-Direktemissionen hingegen nur 5% der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus und liegen seit Einführung der Stufe Euro 3 unter 5 mg/km.

derum durch die hoch emittierenden Fahrzeuge der Euro-Stufe 5 erbracht.

#### 4.3.3 Entwicklung von Flotte und Fahrleistungen

Sowohl bei Otto- als auch bei Diesel-Pkw ist eine kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte zu beobachten (Abbildung 4-6). Im Jahr 2016 entsprach die Mehrzahl der Diesel-Pkw in Baden-Württemberg der Euro-Stufe 5, die sich durch besonders hohe NO<sub>x</sub>-Emissionen auszeichnet. Bei den Otto-Pkw herrschte die emissionsseitig unproblematische Euro-Stufe 4 vor.

Die Jahresfahrleistungen einzelner Fahrzeuge können sich signifikant unterscheiden. So liegt der Anteil der mindestens 20 Jahre alten Euro 1-Otto-Pkw an der Pkw-Flotte in Baden-Württemberg beispielsweise bei 2,0% (siehe Abbildung 4-6), diese werden aber kaum noch benutzt und tragen deshalb nur zu ca. 0,8% zur Pkw-Jahresfahrleistung bei (siehe Abbildung 4-7). Auf der anderen Seite nutzen gerade Vielfahrer häufig Dieselfahrzeuge, so dass Diesel-Pkw zwar nur ein Drittel der Pkw-Flotte ausmachen (Abbildung 4-6), aber für über die Hälfte der Jahresfahrleistung von Pkw verantwortlich sind (Abbildung 4-7). Innerhalb der Gruppe der Diesel-Pkw wird der Großteil der Fahrleistung wie-

#### 4.4 Emissionen von Nutzfahrzeugen

##### 4.4.1 Entwicklung der Grenzwerte

Die Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge<sup>1)</sup> (Lkw, >12t zulässige Gesamtmasse) und Busse verlief weitgehend analog zu derjenigen bei Pkw (vgl. Tabelle 4-3). Auch bei den Lkw wurden zunächst die Emissionen von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden begrenzt, gefolgt von Grenzwerten für Partikelmasse und -anzahl sowie Ammoniak. Auffällig ist allerdings, dass die Einführung neuer Euro-Normstufen meist zuerst für die schweren Nutzfahrzeuge und erst einige Jahre später auch für Pkw erfolgte. Auch die Einführung realitätsnäherer

1) Generell gelten die hier dargestellten Emissionsgrenzwerte für alle Nutzfahrzeuge. Für leichte Nutzfahrzeuge können auf Antrag des Herstellers aber auch die Grenzwerte ähnlich denen für Pkw herangezogen werden, was in der Praxis häufig vorkommt. Da hierbei für verschiedene Fahrzeuggewichte nochmals unterschiedliche Grenzwerte festgelegt wurden, zeichnet sich die Gesetzgebung bei den leichten Nutzfahrzeugen durch eine gewisse Komplexität aus. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde deshalb auf ihre Darstellung verzichtet.

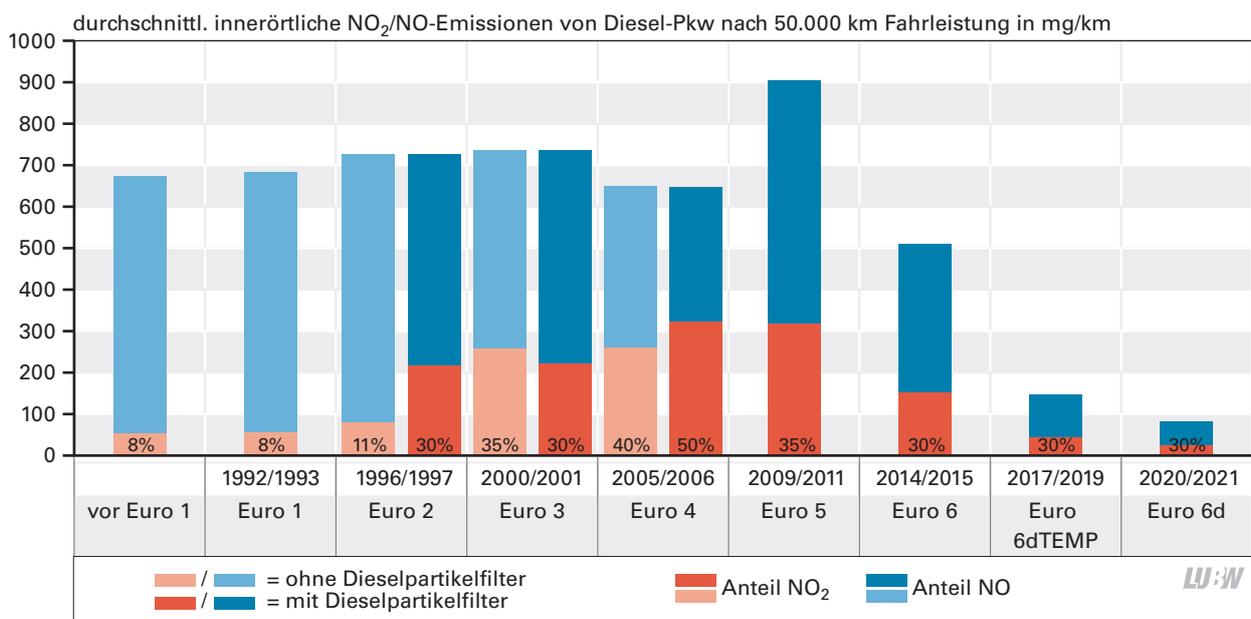


Abbildung 4-5: Entwicklung der innerörtlichen Stickoxidemissionen von Diesel-Pkw nach 50.000 km Fahrleistung, unterschieden nach NO und NO<sub>2</sub> [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigerung. Der Anteil der NO<sub>2</sub>-Emissionen an den gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen ist jeweils als Zahlenwert angegeben.

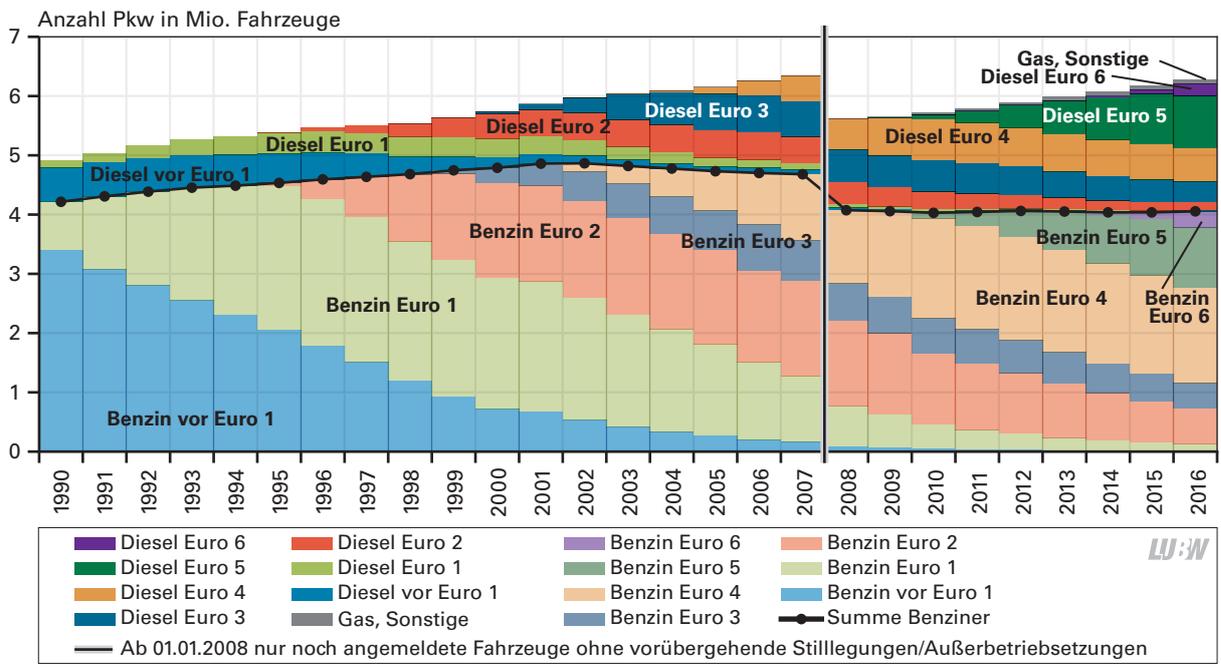


Abbildung 4-6: Entwicklung der Pkw-Flotte in Baden-Württemberg [StaLa 2017-2]. Hinweise: Stand jeweils am 1. Juli, ab 2001 jeweils 1. Januar des Jahres

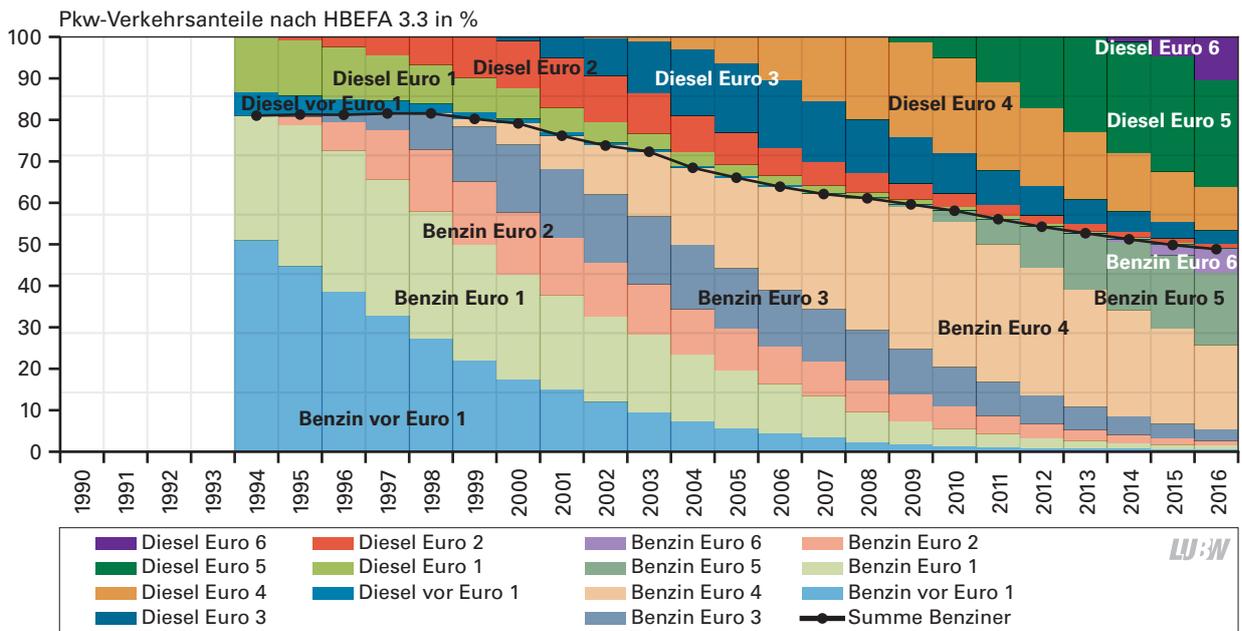


Abbildung 4-7: Pkw-Verkehrsanteile in Deutschland [HBEFA 3.3]

Prüfbedingungen mit der Norm Euro VI erfolgte bei den Lkw früher als bei den Pkw mit der Norm Euro 6c bzw. Euro 6dTEMP. Im Unterschied zu den Pkw beziehen sich die Grenzwerte bei Lkw nicht auf die zurückgelegte Strecke (km), sondern auf die vom Motor geleistete Arbeit (kWh).

Tabelle 4-3: Abgasgrenzwerte für Lkw und Busse (Fahrzeuge ab 2.610 kg; Grenzwerte für die Typ- und Serienprüfungen)

Euro-Normstufe	Einheit für vor Euro I-V	vor Euro I	EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV	EURO V	Einheit für Euro VI	EURO VI	
										Rechtsgrundlage
Typprüfung ab	-	01.07.1992	-	01.10.1995	01.10.2000	01.10.2005	01.10.2008		31.12.2012	
Erstzulassung ab	01.10.1990	-	01.10.1993	01.10.1996	01.10.2001	01.10.2006	01.10.2009		31.12.2013	
<b>Bedingungen der Typprüfung</b>	<b>13-Stufen-Test</b>	<b>ESC- / ELR- / ETC-Prüfung<sup>(2)</sup></b>								
CO (Kohlenmonoxid)	g/kWh	11,2	4,5	4,9	4,0	2,1 / - / 5,45	1,5 / - / 4,0	1,5 / - / 4,0	mg/kWh	1500 / 4000
HC (Kohlenwasserstoffe)	g/kWh	2,4	1,1	1,23	1,1	0,66 / - / 0,78	0,46 / - / 0,55	0,46 / - / 0,55	mg/kWh	130 / 160
NO <sub>x</sub> (Stickoxide)	g/kWh	14,4	8,0	9,0	7,0	5,0 / - / 5,0	3,5 / - / 3,5	2,0 / - / 2,0	mg/kWh	400 / 460
NH <sub>3</sub> (Ammoniak)	ppm	-	-	-	-	- / - / -	- / - / -	- / - / -	ppm	10 / 10
PM (Partikelmasse)	g/kWh	-	0,36 <sup>(1)</sup>	0,4 <sup>(1)</sup>	0,15	0,10 / - / 0,16 <sup>(3)</sup>	0,02 / - / 0,03	0,02 / - / 0,03	mg/kWh	10 / 10
PN (Partikelanzahl)	Partikel/kWh	-	-	-	-	- / - / -	- / - / -	- / - / -	Partikel/kWh	8,0 x 10 <sup>11</sup> / 6,0 x 10 <sup>11</sup>
Rauchtrübung	m <sup>-1</sup>	-	-	-	-	- / 0,8 / -	- / 0,5 / -	- / 0,5 / -		
Plakette		keine	keine	keine						

(1) Bei Motoren mit einer Leistung von höchstens 85 kW wird ein Koeffizient von 1,7 angewandt.

(2) Der ETC-Test muss bei Euro III nur für Dieselmotoren, die mit modernen Systemen zur Abgasnachbehandlung, beispielsweise deNO<sub>x</sub>-Katalysatoren und/oder Partikelfiltern ausgestattet sind<sup>(3)</sup> und ab Euro IV für alle Dieselfahrzeuge durchgeführt werden.

(3) Für Motoren mit einem Hubraum von unter 0,75 dm<sup>3</sup> je Zylinder und einer Nennleistungsdrehzahl von über 3000 U/min gilt: 0,13 / - / 0,21



ESC Europäische Prüfung mit stationärem Fahrzyklus  
 ELR Europäische Prüfung mit lastabhängigem Fahrzyklus  
 ETC Europäische Prüfung mit instationärem Fahrzyklus  
 WHSC weltweit harmonisierter stationärer Fahrzyklus  
 WHTC weltweit harmonisierter instationärer Fahrzyklus

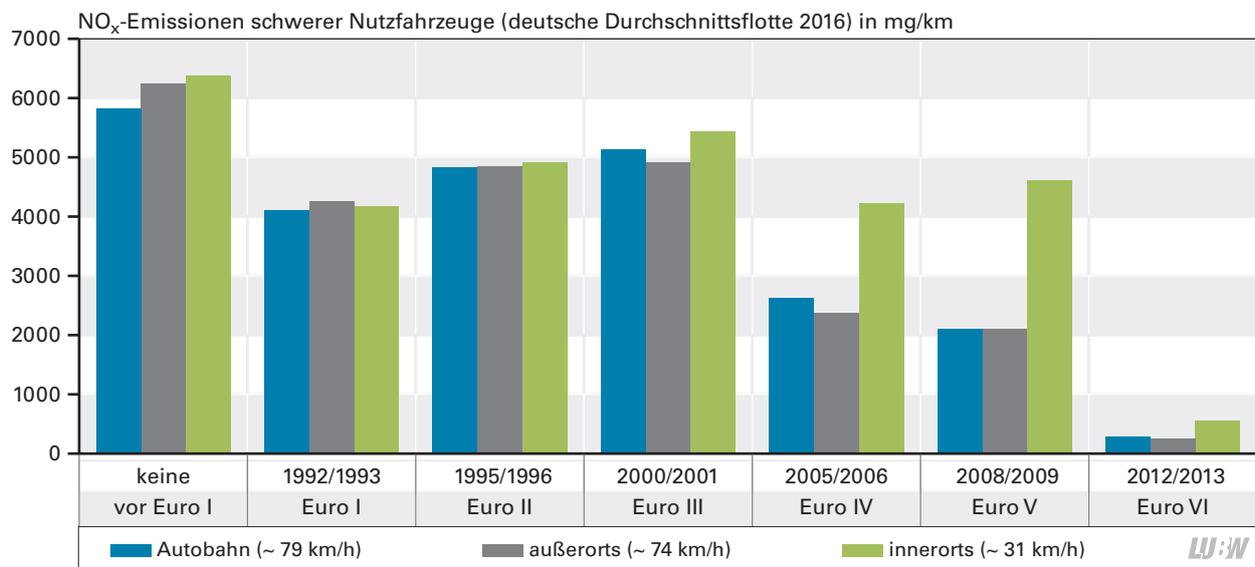


Abbildung 4-8: Entwicklung der Stickoxidemissionen für schwere Nutzfahrzeuge unter verschiedenen Betriebsbedingungen [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland 2016, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigung, Durchschnittsauslastung

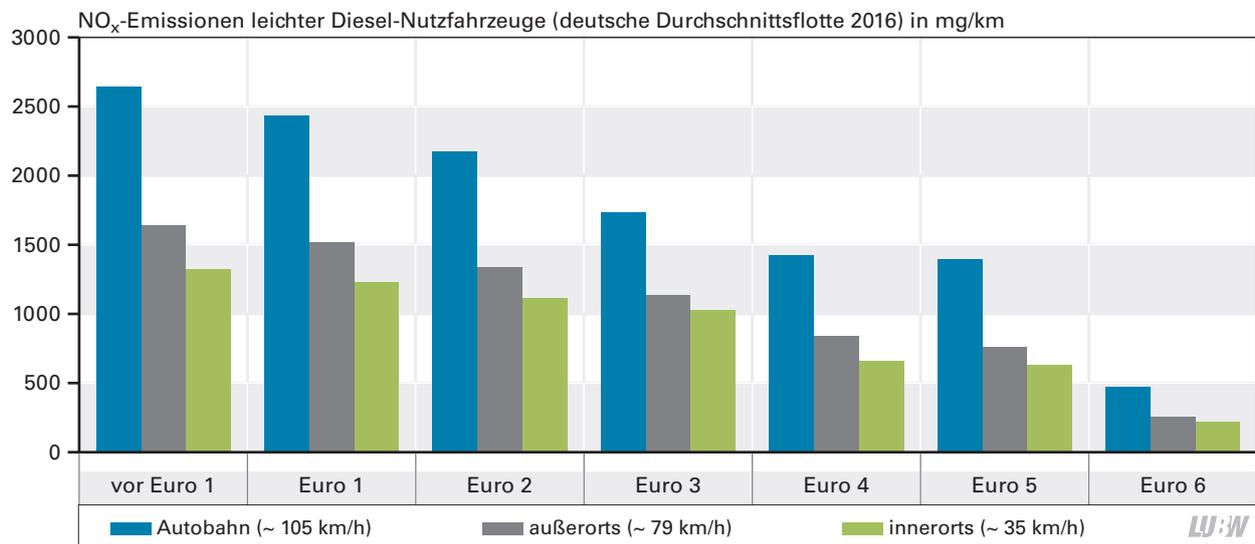


Abbildung 4-9: Entwicklung der Stickoxidemissionen für leichte Nutzfahrzeuge mit Dieselantrieb unter verschiedenen Betriebsbedingungen [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland 2016, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigung

#### 4.4.2 Reale Emissionen von Nutzfahrzeugen

Im Gegensatz zu den Diesel-Pkw konnten die realen NO<sub>x</sub>-Emissionen der ebenfalls mit Dieselmotoren ausgestatteten Nutzfahrzeuge in der Vergangenheit deutlich gemindert werden (Abbildungen 4-8 und 4-9)<sup>2)</sup>.

Die NO<sub>2</sub>-Direktemissionen schwerer Nutzfahrzeuge sind in den vergangenen Jahren ebenfalls sowohl absolut als auch relativ angestiegen, der Anstieg war aber nicht so stark wie bei den Diesel-Pkw (Abbildung 4-10). Überraschend ist, dass die Höhe der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen schwerer Nutzfahrzeuge seit der Stufe Euro

2) Bei Abbildung 4-8 sind folgende Punkte zu beachten:  
 1. Die Emissionsgrenzwerte für schwere Nutzfahrzeugen sind in der Einheit g/kWh festgesetzt, die Realemissionen werden in g/km angegeben. Die Grenzwerte können deshalb nicht ohne weiteres mit den Realemissionen verglichen werden. In Abbildung 4-8 wurden aus diesem Grund keine Grenzwerte eingezeichnet.

2. Für schwere Nutzfahrzeuge erlaubt das HBEFA keine Angabe der mittleren Emissionen nach 50.000 km Fahrleistung. Ersatzweise wurden deshalb die Durchschnittsemissionen der deutschen sNfz-Flotte 2016 angegeben. Aufgrund der kontinuierlichen Veränderung der Fahrzeugflotte kann sich dieser Ist-Zustand von dem Zustand anderer Jahre unterscheiden. Die in den Abbildungen 4-3 und 4-4 gezeigten Emissionen der Pkw sind hingegen unabhängig vom Zeitpunkt der Erhebung.

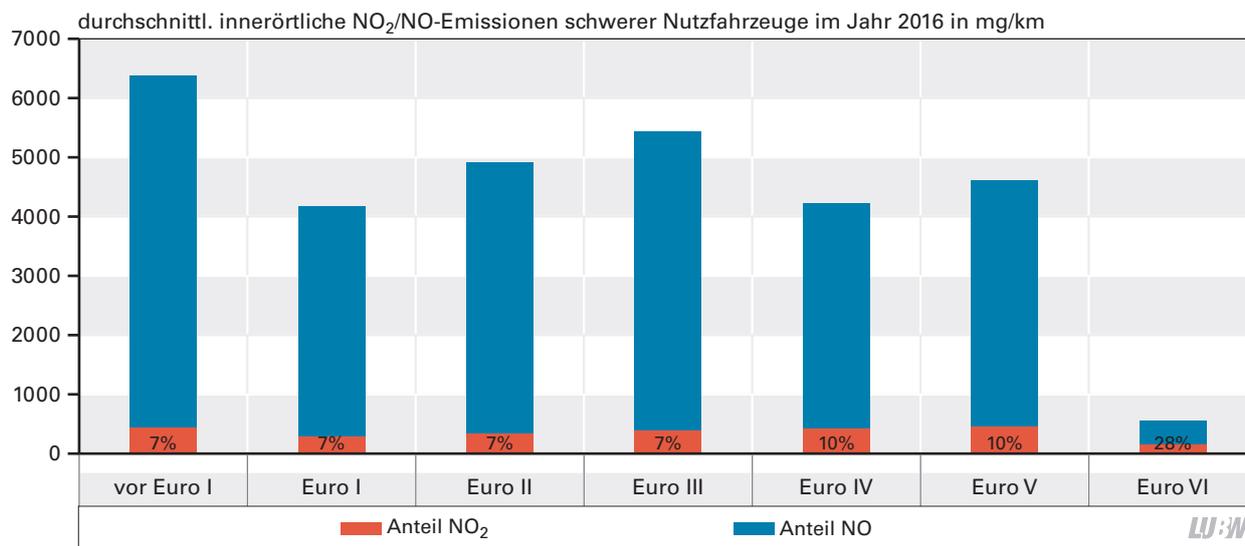


Abbildung 4-10: Entwicklung der Stickoxidemissionen für schwere Nutzfahrzeuge mit Dieselantrieb, unterschieden nach NO und NO<sub>2</sub> [HBEFA 3.3]; Flotte Deutschland 2016, Durchschnittsverkehr, Durchschnittssteigung, Durchschnittsauslastung

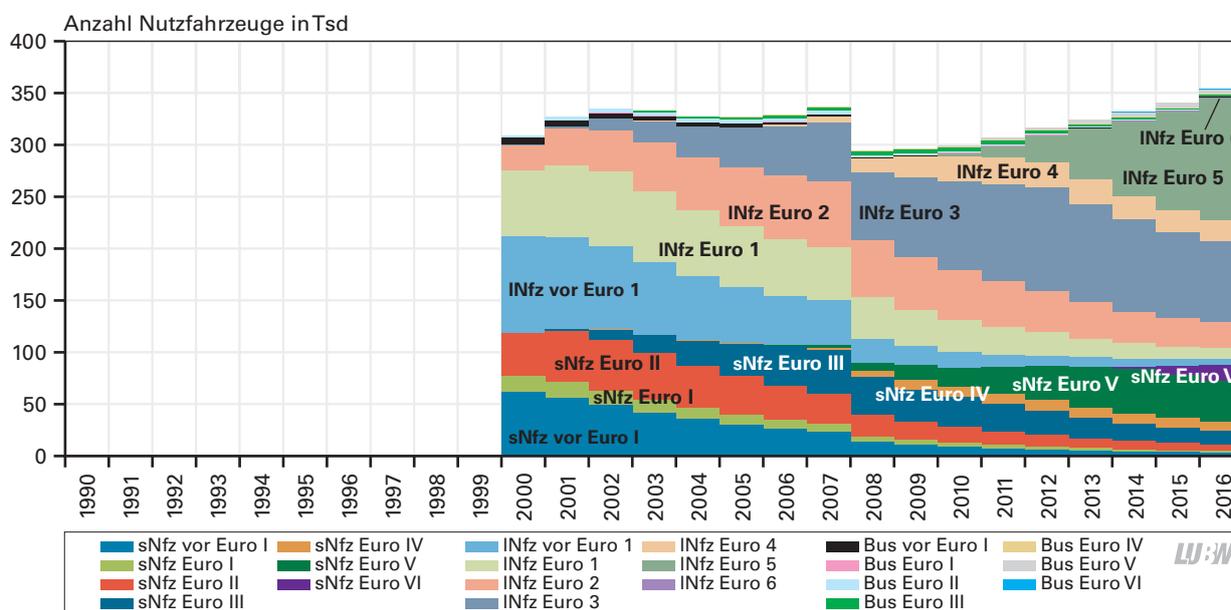


Abbildung 4-11: Entwicklung der Nutzfahrzeugflotte in Baden-Württemberg [StaLa 2017-2]. Hinweise: Stand jeweils am 1. Januar des Jahres. Ab 2008 geänderte Erhebungsmethode

ro 3 bzw. III nur etwa 1,5-mal so groß sind wie diejenigen der deutlich leistungärmeren Diesel-Pkw. Dies unterstreicht die besondere Bedeutung der Diesel-Pkw für die innerörtliche Luftqualität.

#### 4.4.3 Entwicklung von Flotte und Fahrleistungen

Die Entwicklung der Nutzfahrzeugflotte in Baden-Württemberg ist in Abbildung 4-11 gezeigt. Im Jahr 2016 entsprach die Mehrzahl der leichten Nutzfahrzeuge der Euro-Stufe 5, die Mehrzahl der schweren Nutzfahrzeuge der Euro-Stufe V.

Wie bei den Pkw können sich die Jahresfahrleistungen der einzelnen Nutzfahrzeuge unterscheiden. Auch hier wird ein Großteil der Fahrleistung durch moderne Fahrzeuge erbracht, während die Altfahrzeuge zwar noch in der Flotte vorhanden sind (vgl. Abbildung 4-11), aber seltener eingesetzt werden und dementsprechend nur wenig zur Gesamt-Jahresfahrleistung beitragen (Abbildung 4-12, Abbildung 4-13).

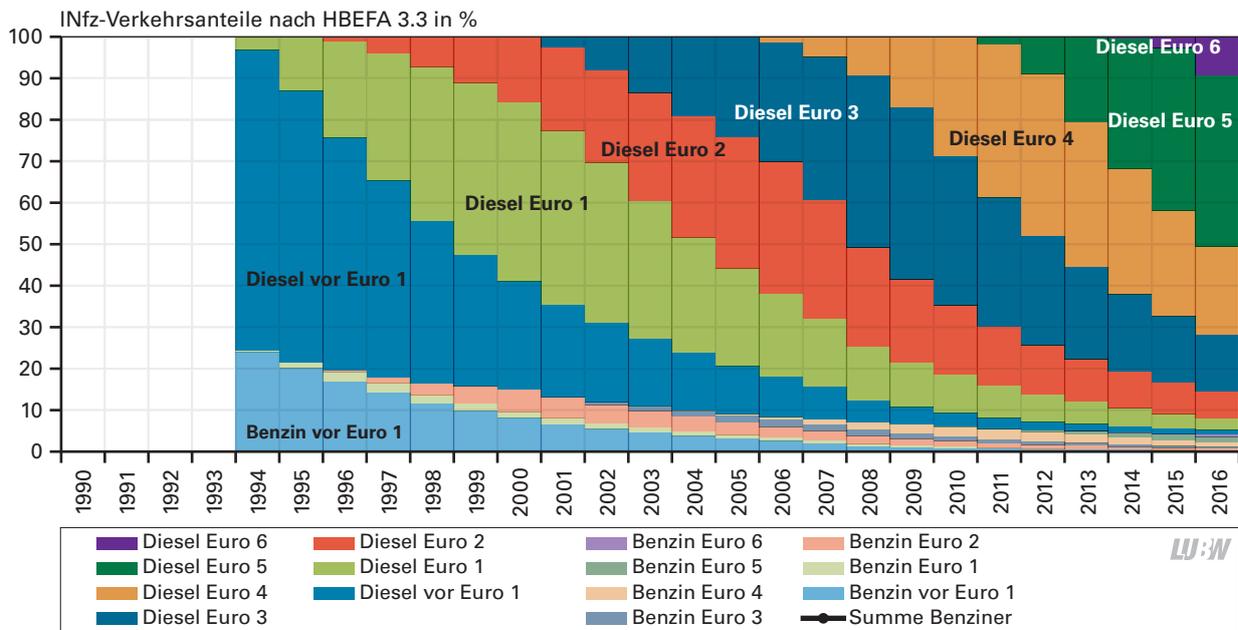


Abbildung 4-12: Verkehrsanteile von leichten Nutzfahrzeugen in Deutschland [HBEFA 3.3]

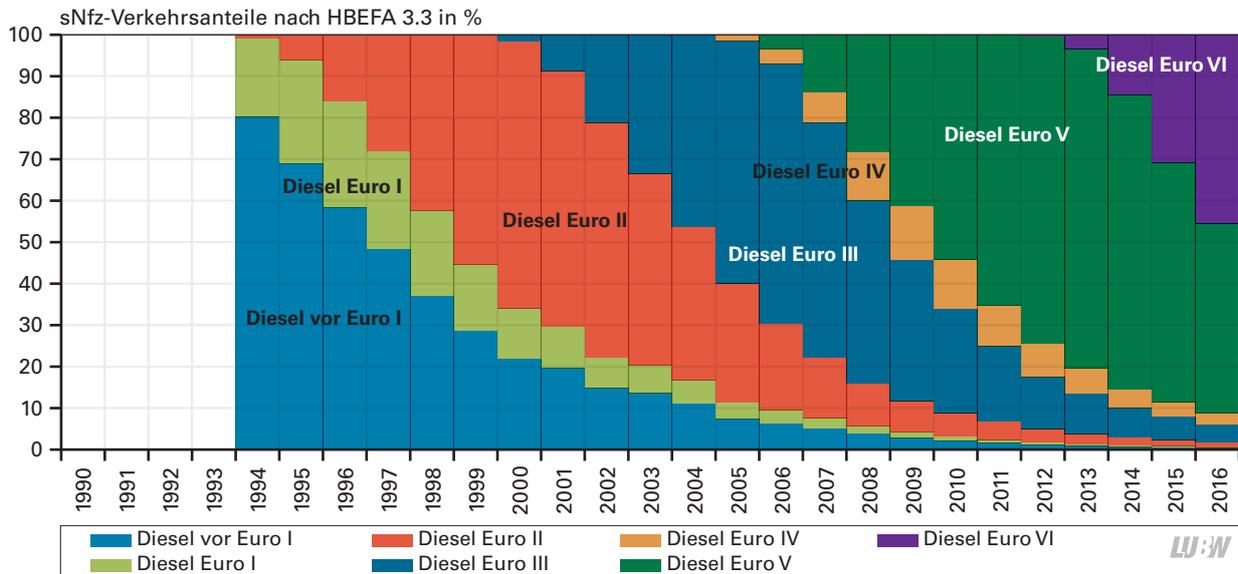


Abbildung 4-13: Verkehrsanteile von schweren Nutzfahrzeugen in Deutschland [HBEFA 3.3]

#### 4.5 Fazit

Die Stickoxid-Emissionen pro Fahrzeug sind im Falle der Otto-Pkw und der schweren Nutzfahrzeugen seit 1990 stark zurückgegangen. Demgegenüber konnten die NO<sub>x</sub>- und die aus lufthygienischer Sicht besonders problematischen NO<sub>2</sub>-Emissionen von Diesel-Pkw kaum gemindert werden. Da zusätzlich die Anzahl und die Fahrleistung der Diesel-Pkw in Baden-Württemberg in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben, haben sich die bei den Otto-Pkw und den schweren Nutzfahrzeugen erreichten Emissionsminderungen bislang nicht im erhofften Maße auf die innerörtlichen

NO<sub>2</sub>-Konzentrationen ausgewirkt. Es ist aber davon auszugehen, dass in der Folge der Einführung eines verschärften Zulassungsverfahrens für neue Pkw mit den Euro-Normen 6dTEMP bzw. 6d zukünftig eine deutliche Verbesserung der Luftqualität an innerörtlichen Belastungsschwerpunkten eintritt.



# 5 Anhang

5.1 Kartendarstellungen

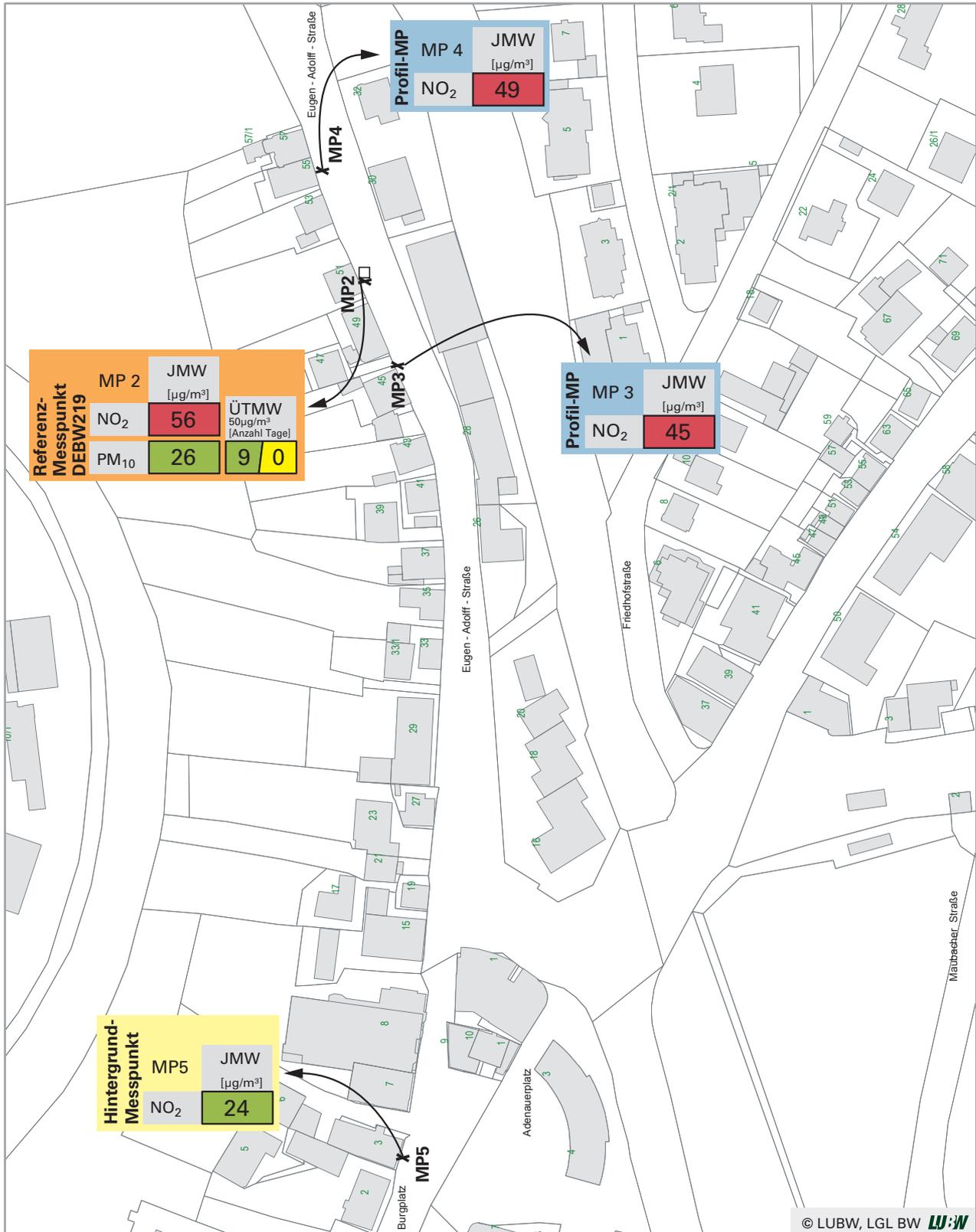
5.2 Auswertungen für die Regierungsbezirke

5.3 Messverfahren

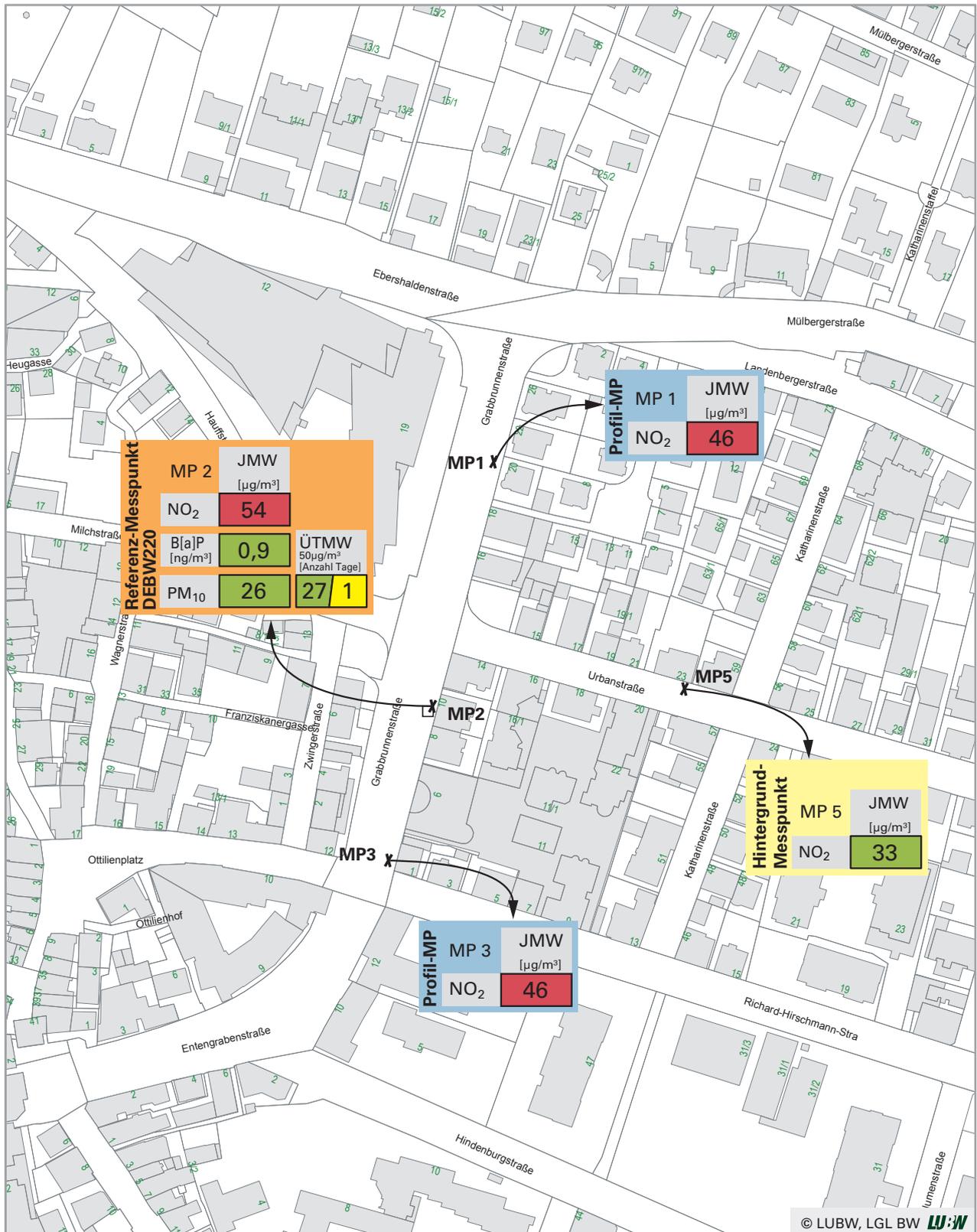
5.4 Quellenverzeichnis

5.5 Glossar

## 5.1 Kartendarstellungen

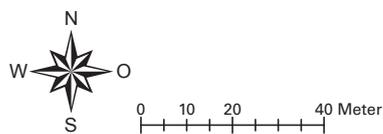


Karte 1: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Backnang Eugen-Adloff-Straße



✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
 □ PM<sub>10</sub>, B[a]P

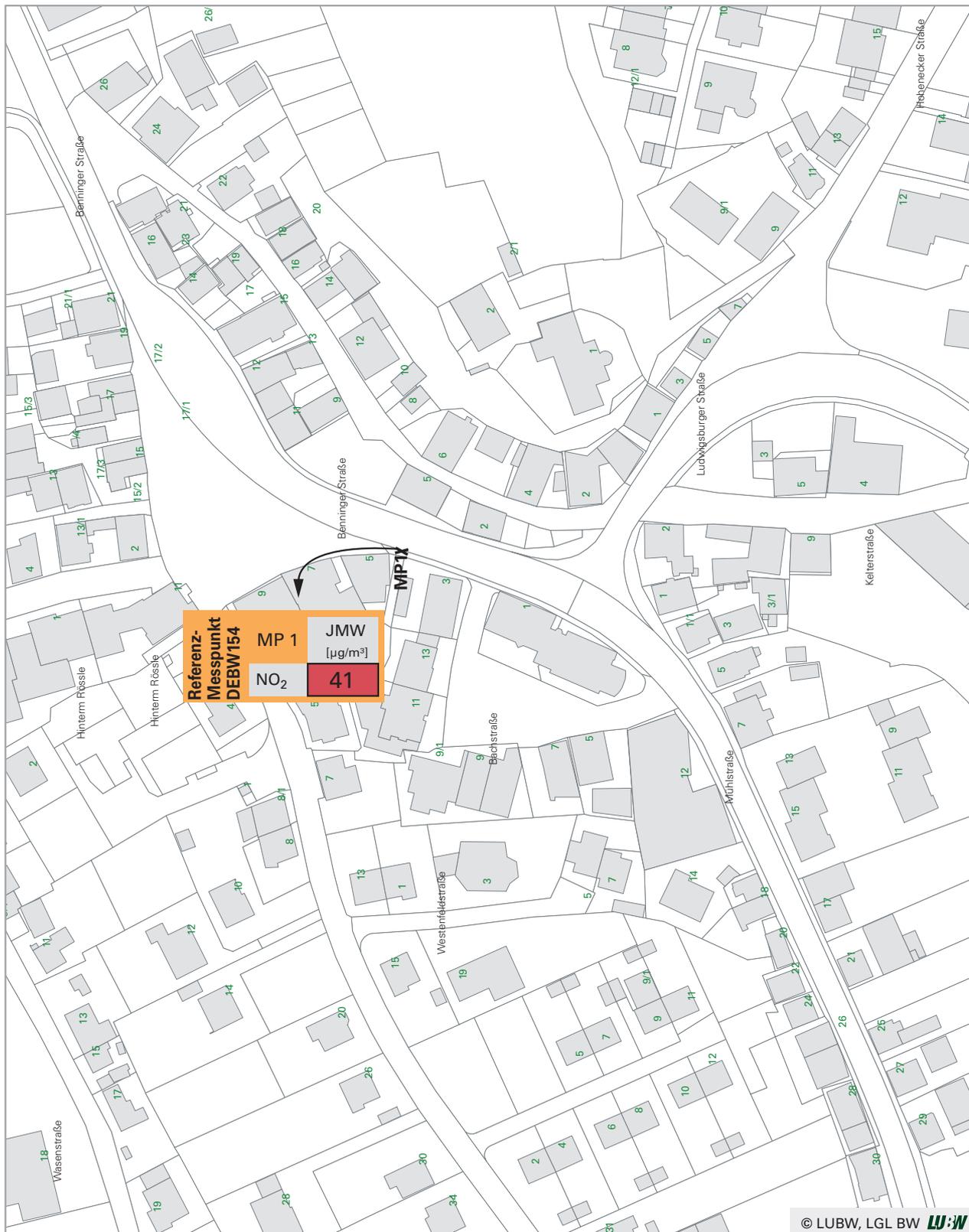
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Esslingen Grabbrunnenstraße

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

Karte 2: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Esslingen Grabbrunnenstraße



✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler



0 10 20 40 Meter

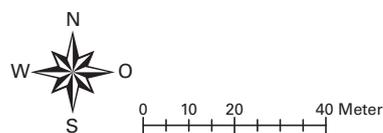
### Freiberg am Neckar Benninger Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- kein Grenzwert vorhanden

Karte 3: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Freiberg Benninger Straße



X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



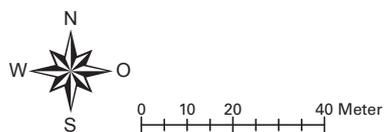
### Freiburg Zähringer Straße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 4: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Freiburg Zähringer Straße



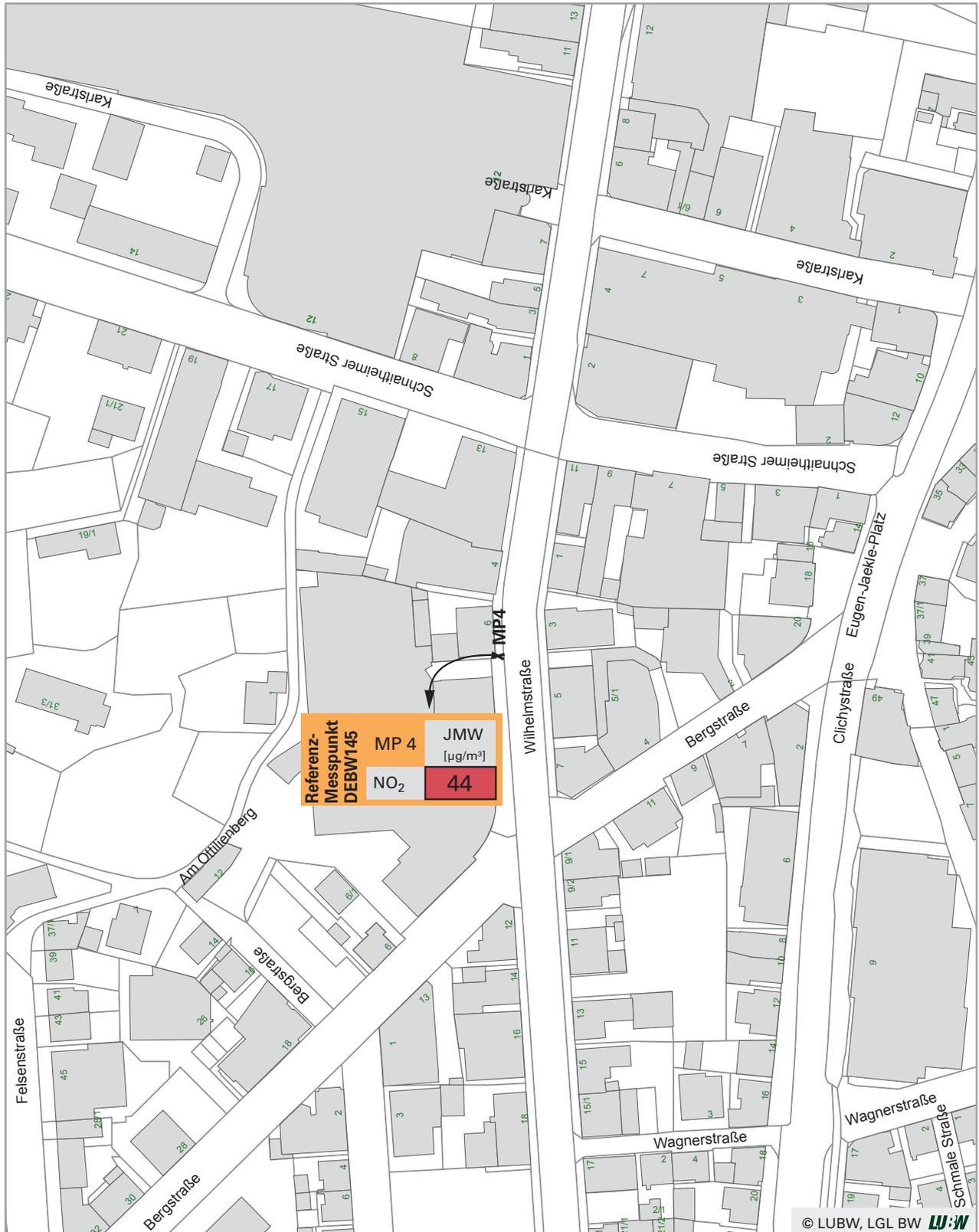
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Heidelberg Mittermaierstraße

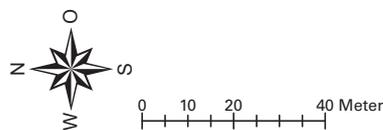
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 5: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Heidelberg Mittermaierstraße



© LUBW, LGL BW **LU:W**

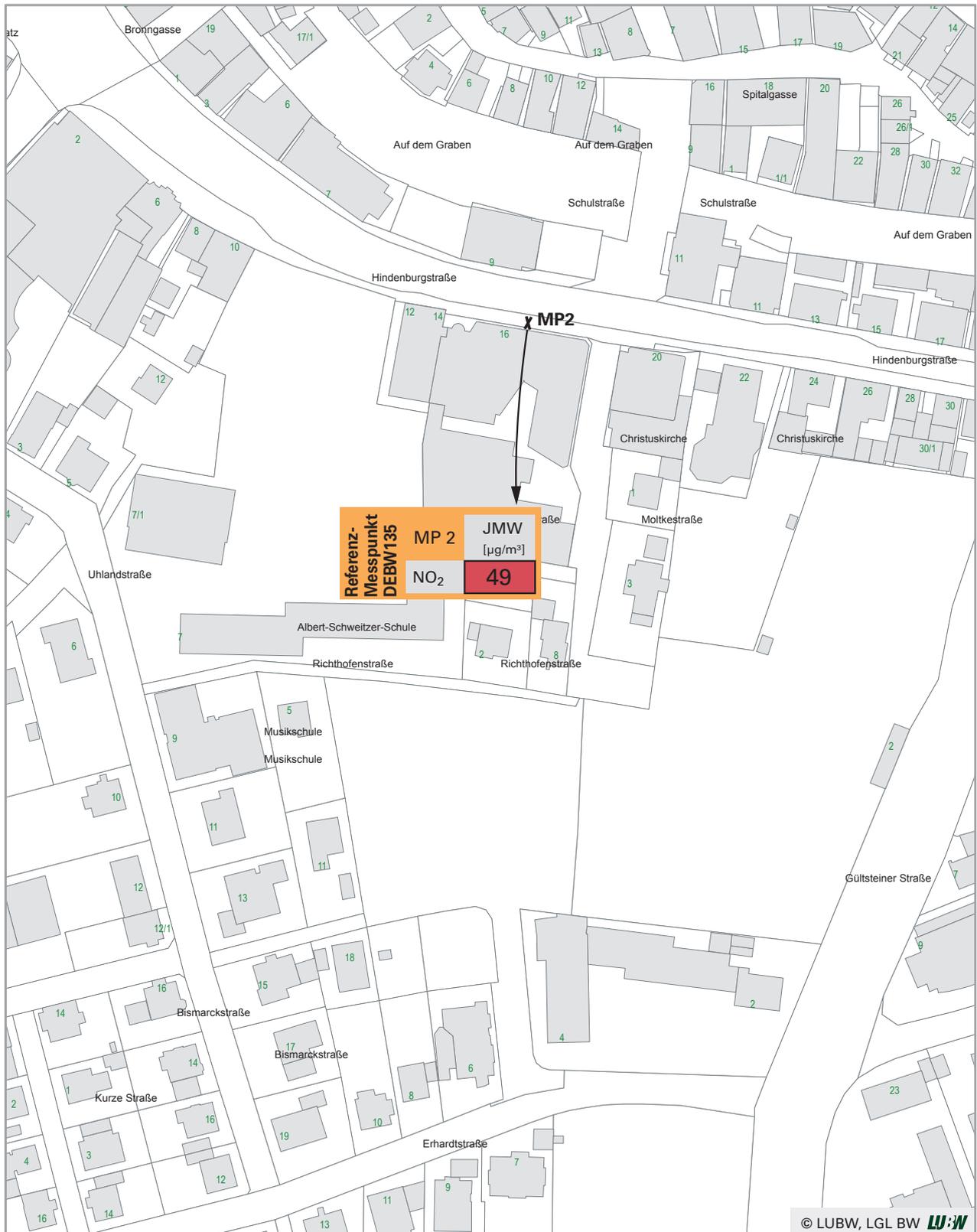
✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Heidenheim Wilhelmstraße

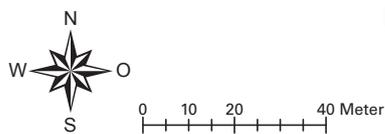
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- kein Grenzwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 6: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Heidenheim Wilhelmstraße



© LUBW, LGL BW **LU:W**

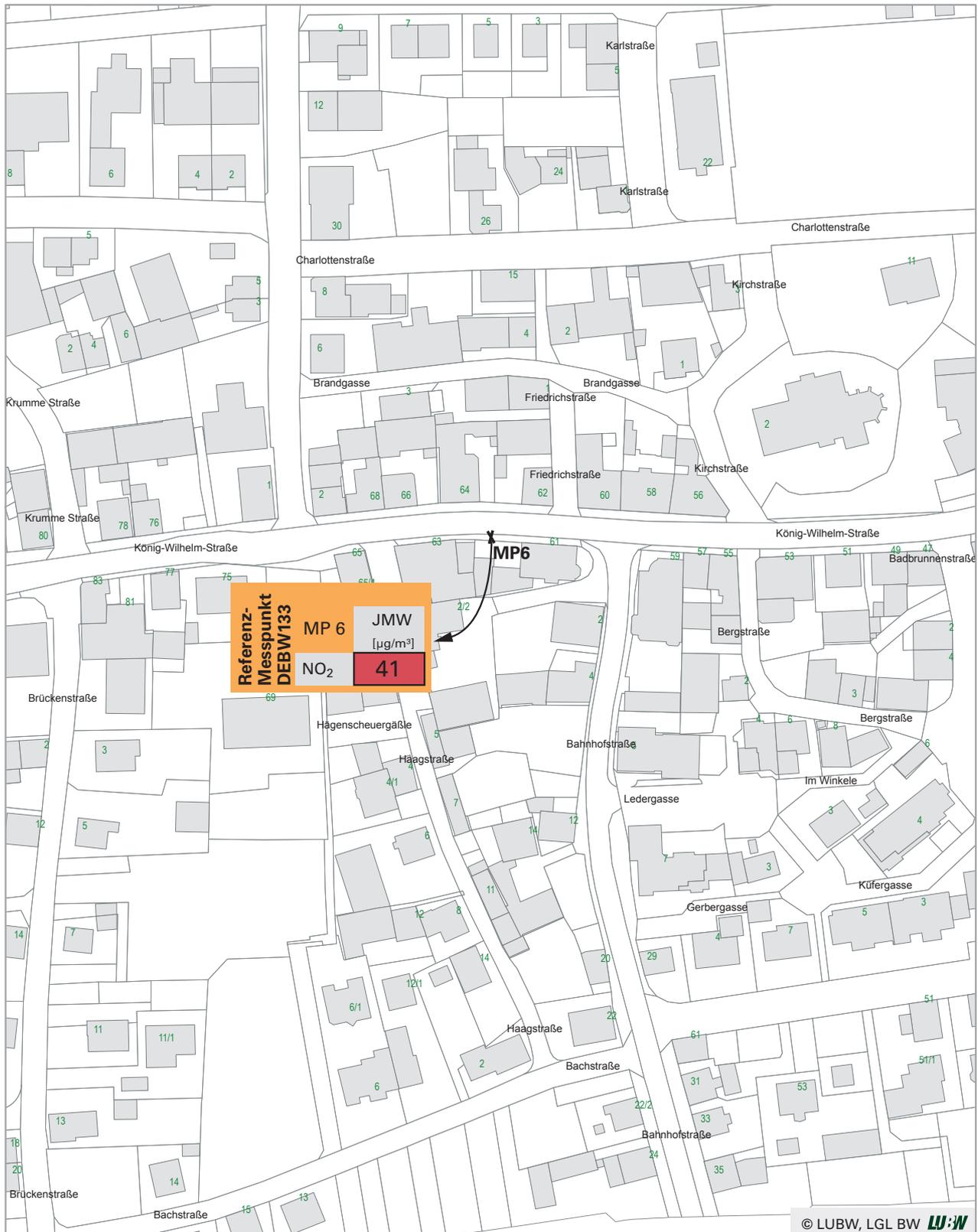
✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler



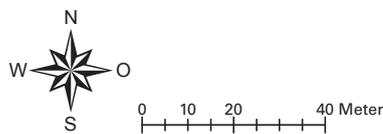
### Herrenberg Hindenburgstraße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 7: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Herrenberg Hindenburgstraße



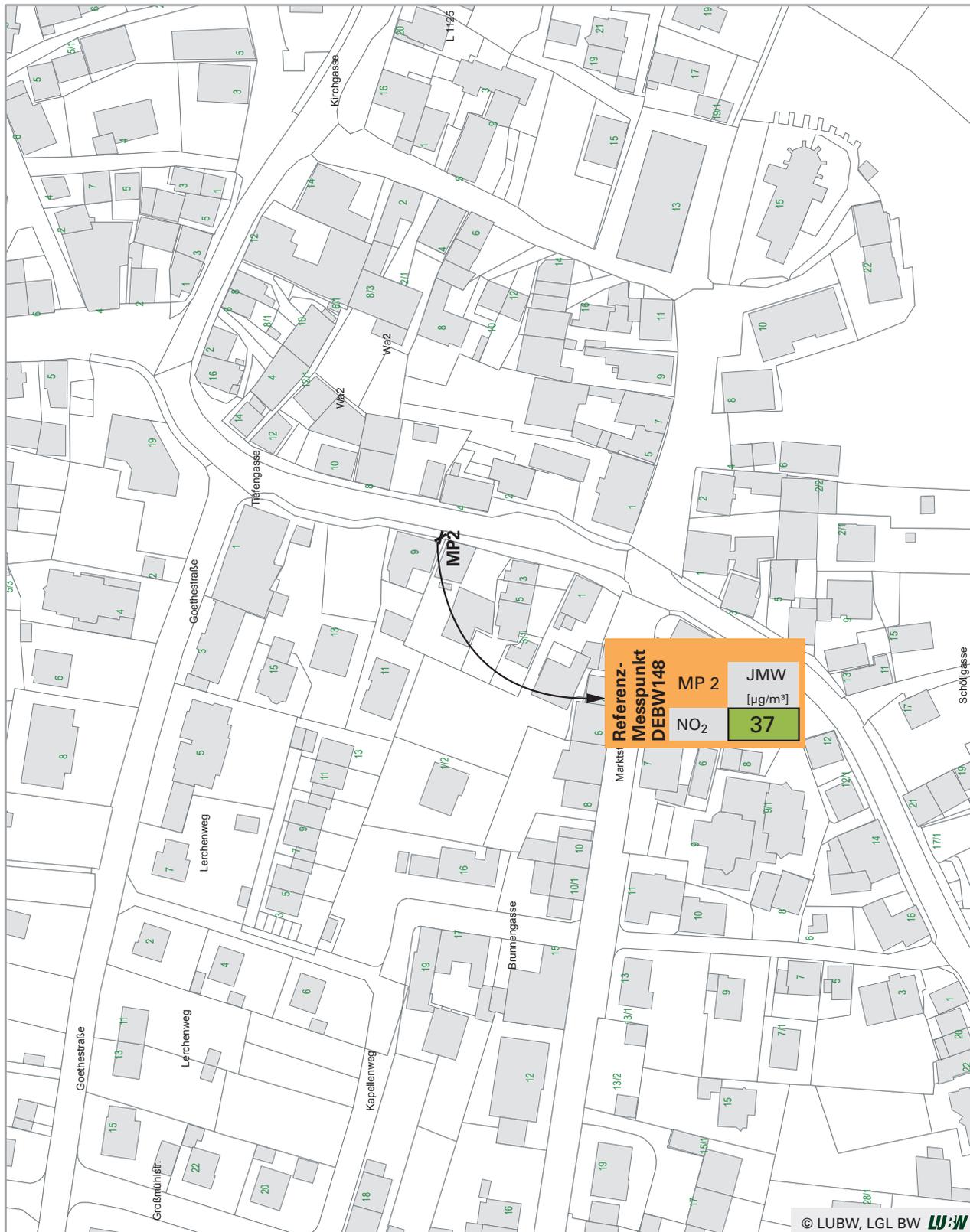
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



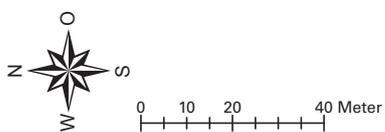
### Ilsfeld König-Wilhelm-Straße

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

Karte 8: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Ilsfeld König-Wilhelm-Straße



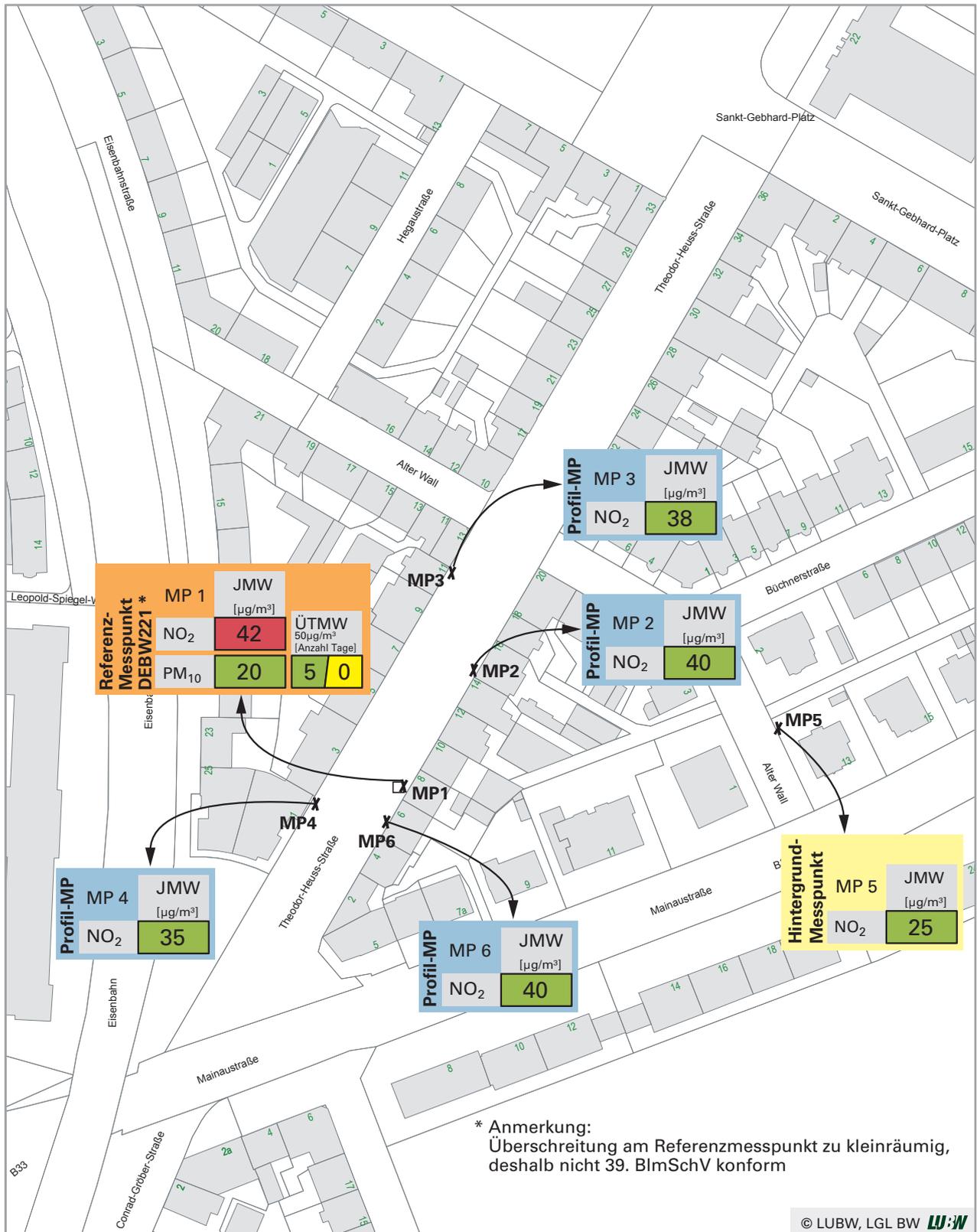
x NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Ingersheim Tiefengasse

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

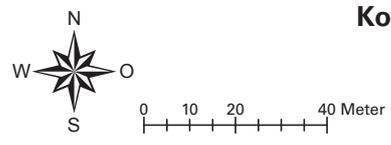
Karte 9: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Ingersheim Tiefengasse



© LUBW, LGL BW **LUBW**

X NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
 □ PM<sub>10</sub>

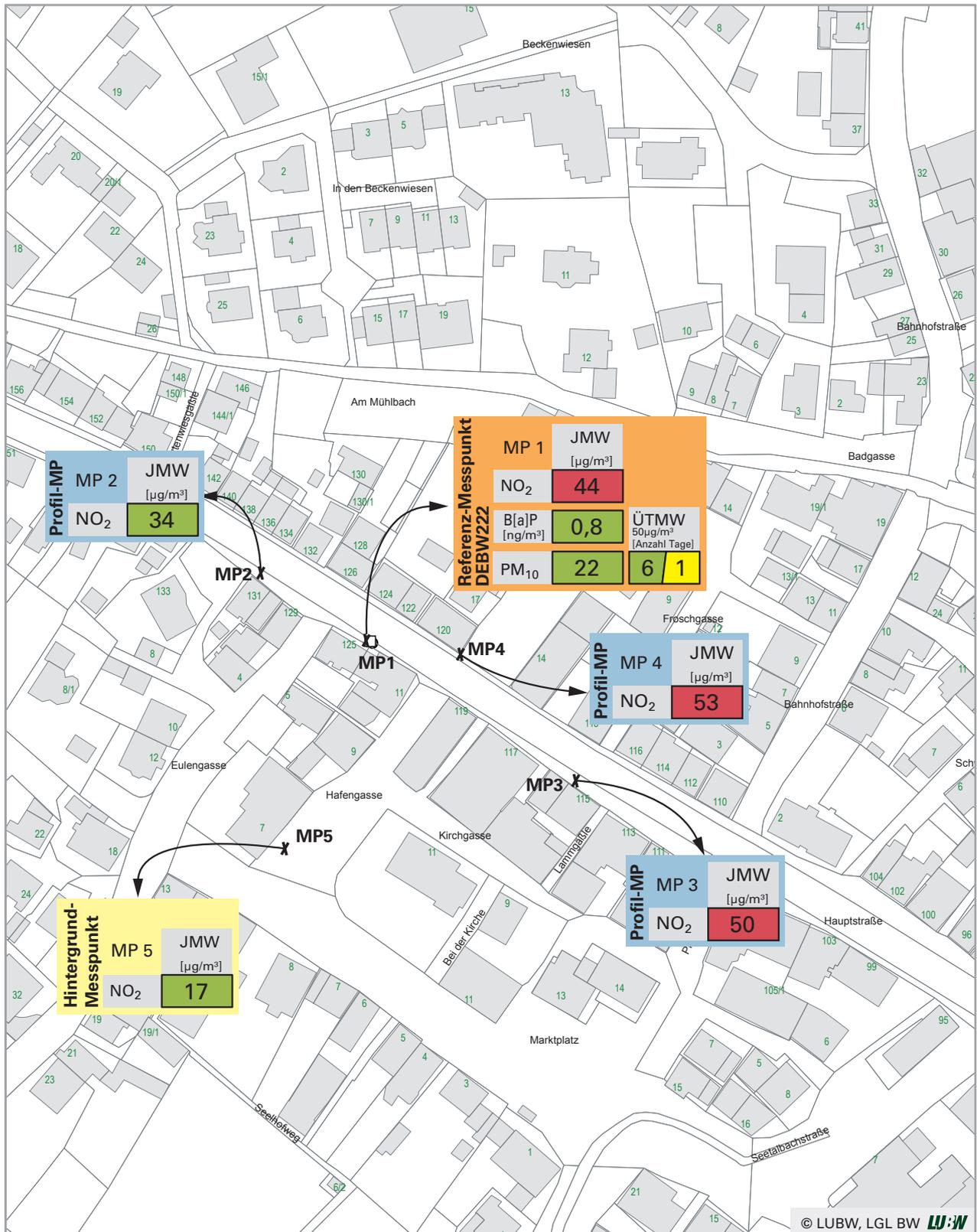
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



**Konstanz Theodor-Heuss-Straße**

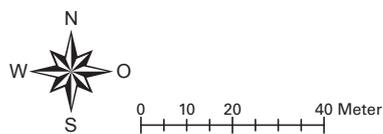
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 10: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Konstanz Theodor-Heuss-Straße



✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
 □ PM<sub>10</sub>, B[a]P

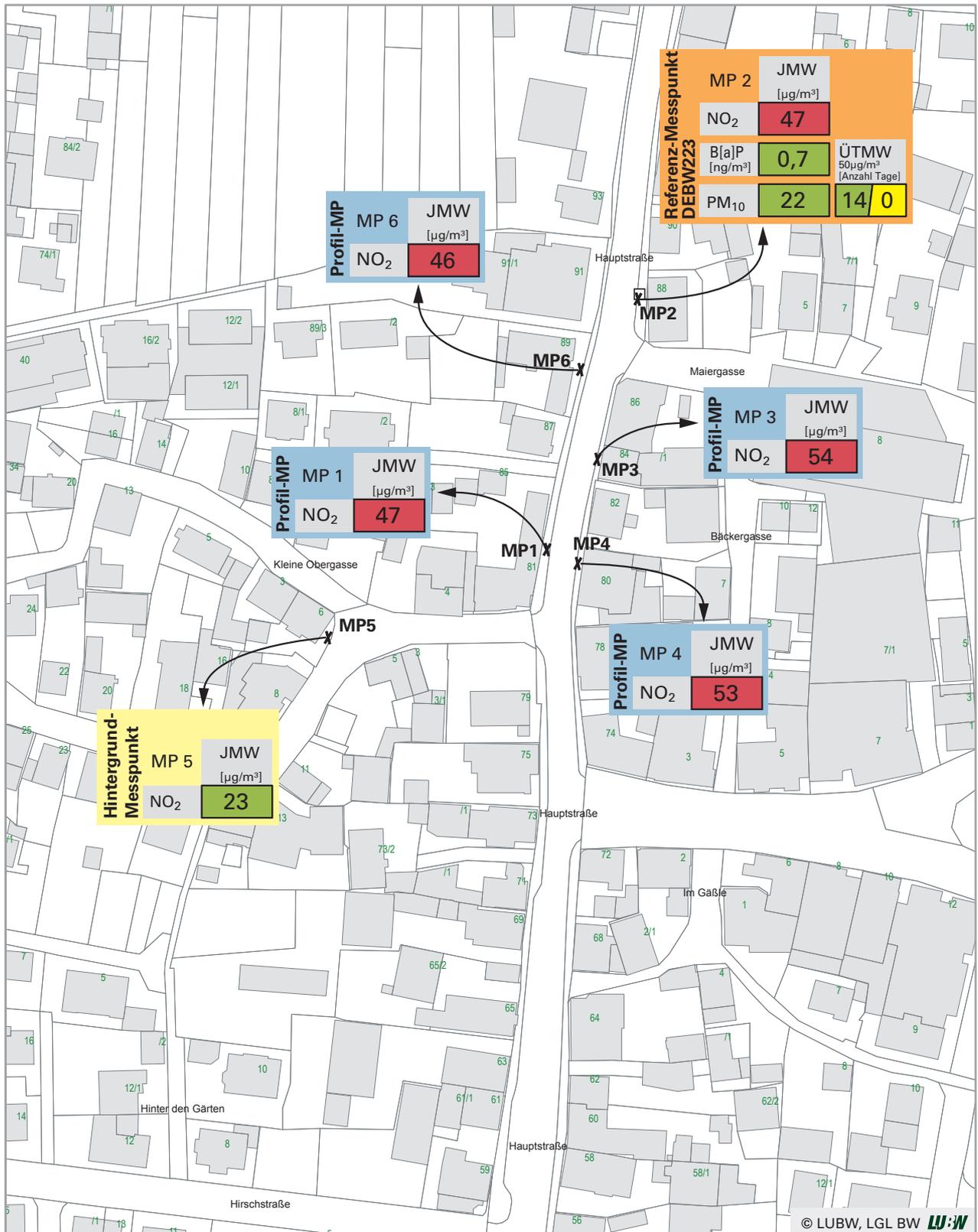
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Kuchen Hauptstraße

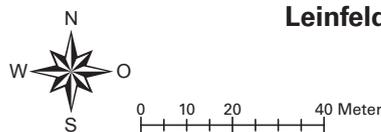
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 11: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Kuchen Hauptstraße



X NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
 □ PM<sub>10</sub>, B[a]P

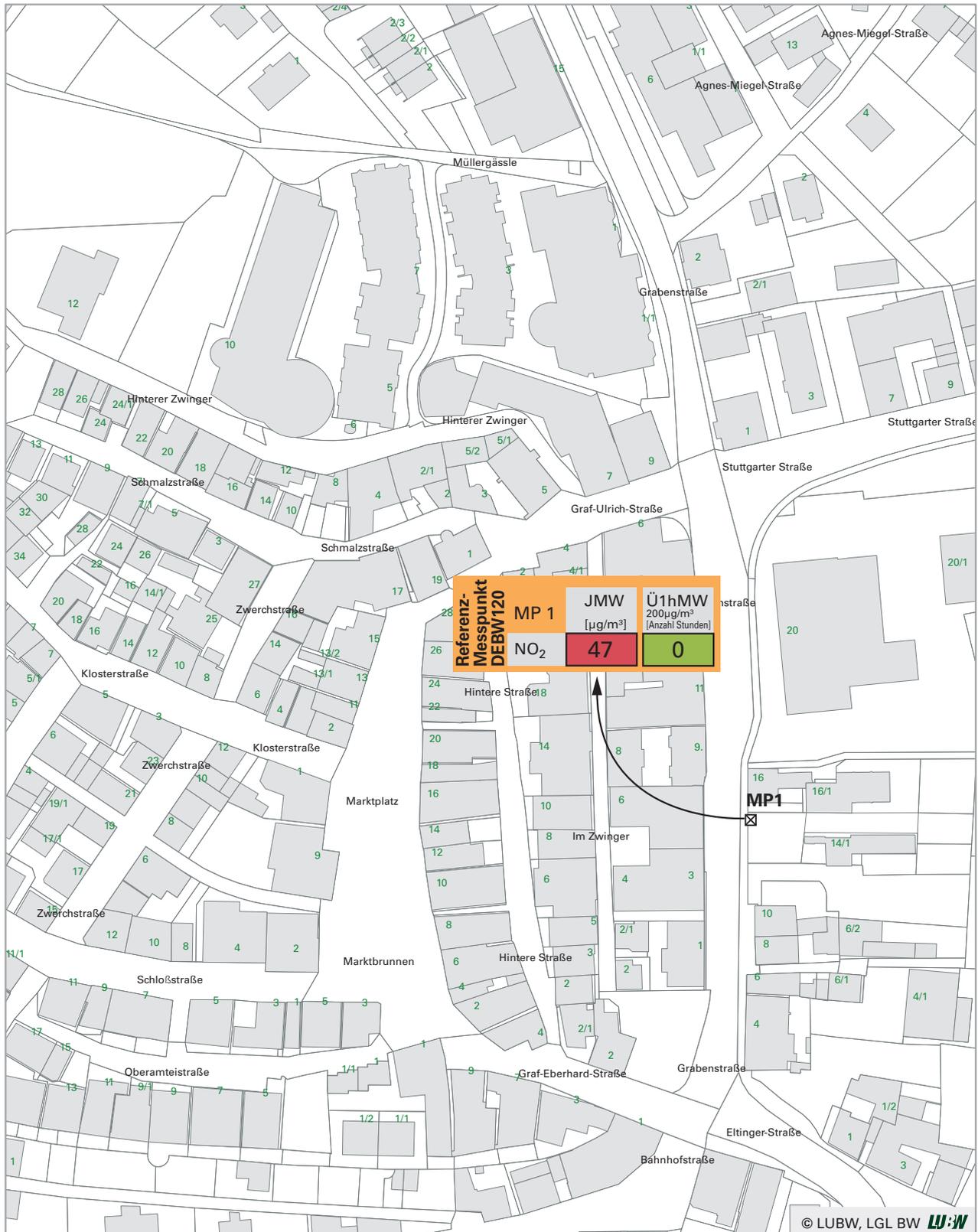
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße

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

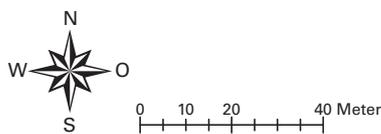
Karte 12: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Leinfelden-Echterdingen Hauptstraße



Referenz-Messpunkt DEBW120	MP 1	JMW	Ü1hMW
	NO <sub>2</sub>	[µg/m <sup>3</sup> ]	200 µg/m <sup>3</sup> (Anzahl Stunden)
		47	0

- ✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler
- ☒ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich

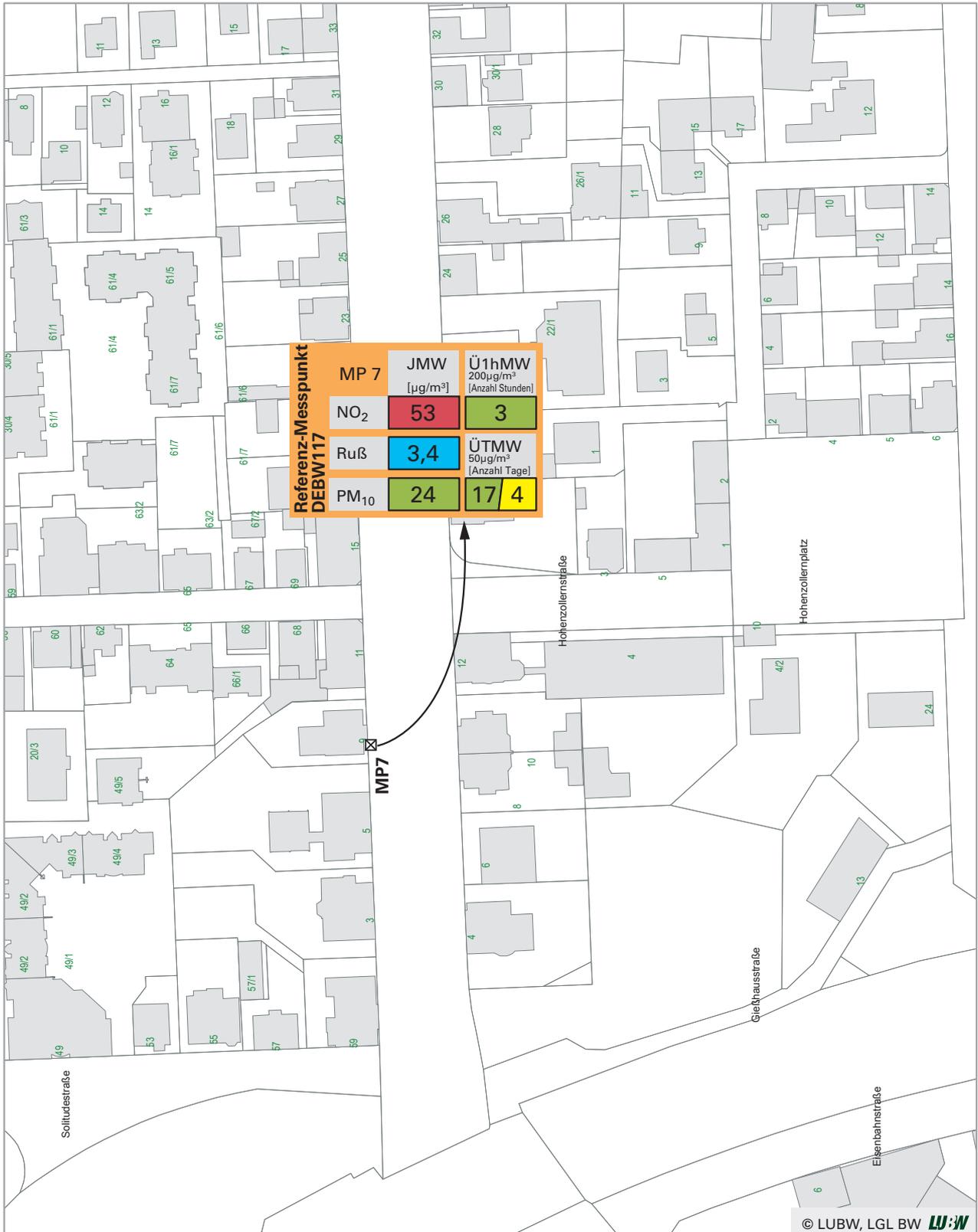
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)



### Leonberg Grabenstraße

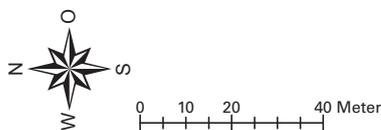
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 13: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Leonberg Grabenstraße



☒ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, Ruß

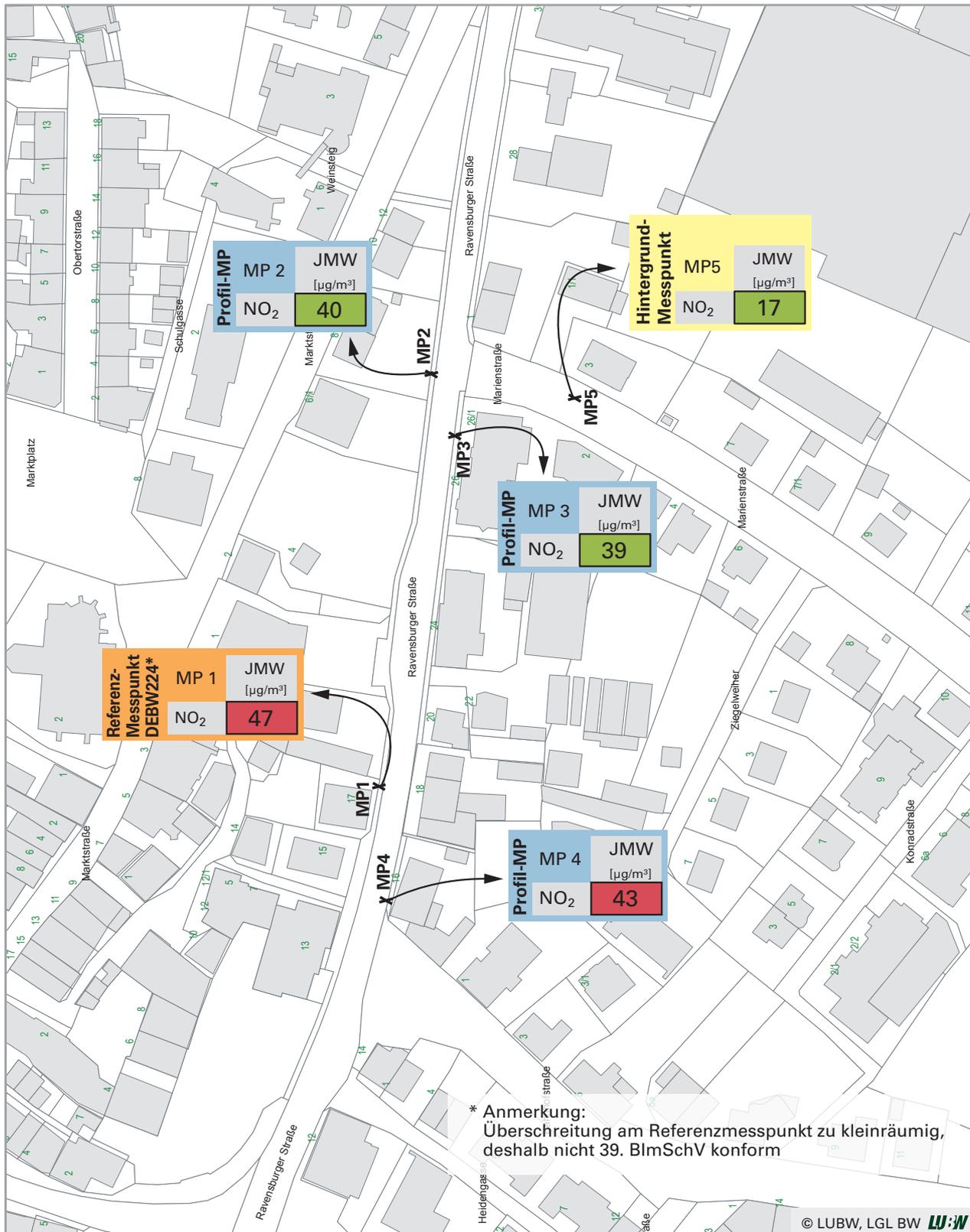
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Ludwigsburg Friedrichstraße

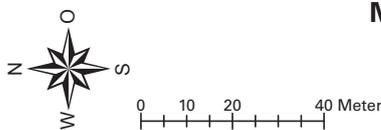
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 14: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Ludwigsburg Friedrichstraße



© LUBW, LGL BW **LUBW**

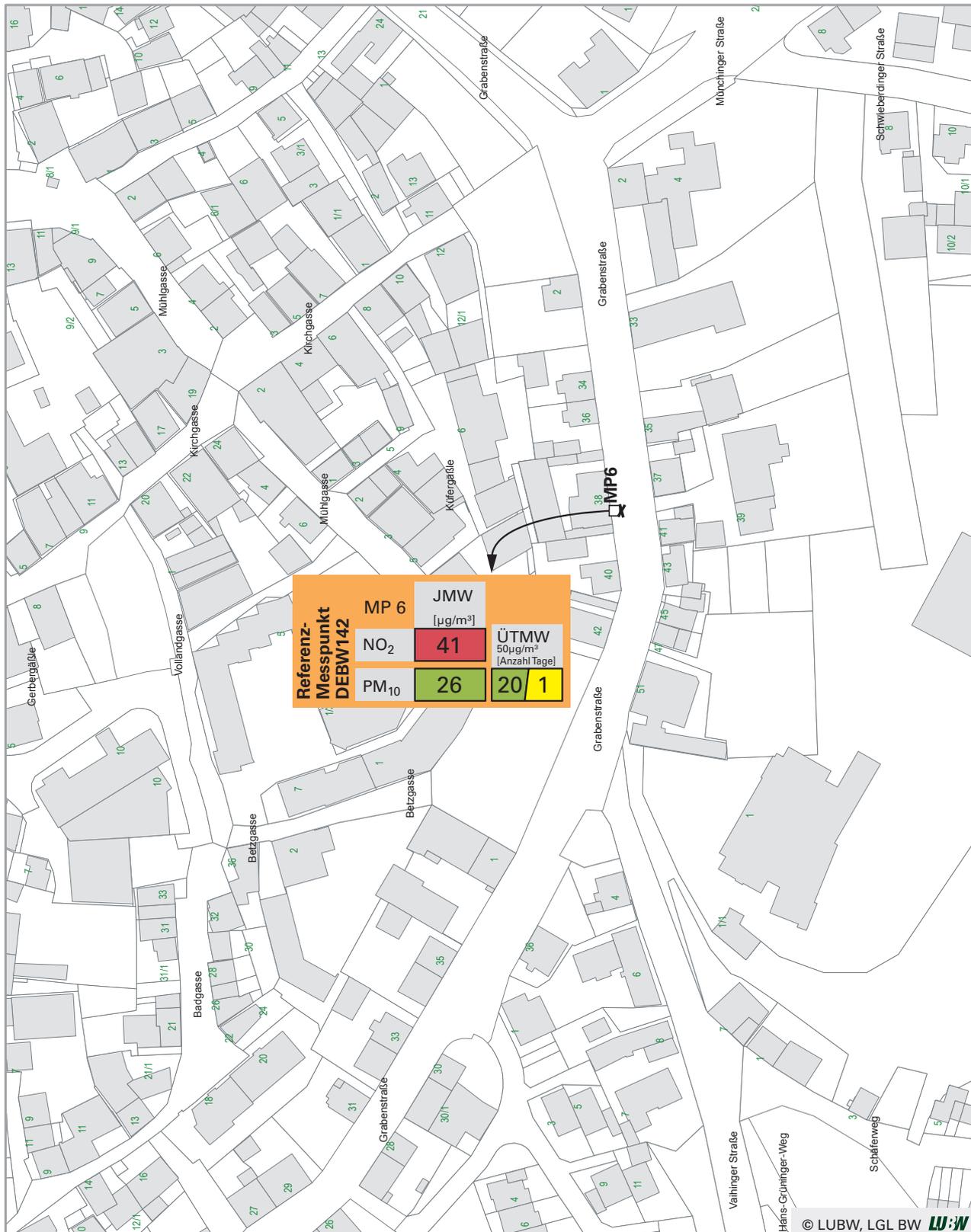
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Markdorf Ravensburger Straße

- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- kein Grenzwert vorhanden

Karte 15: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Markdorf Ravensburger Straße



✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
 □ PM<sub>10</sub>

ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)

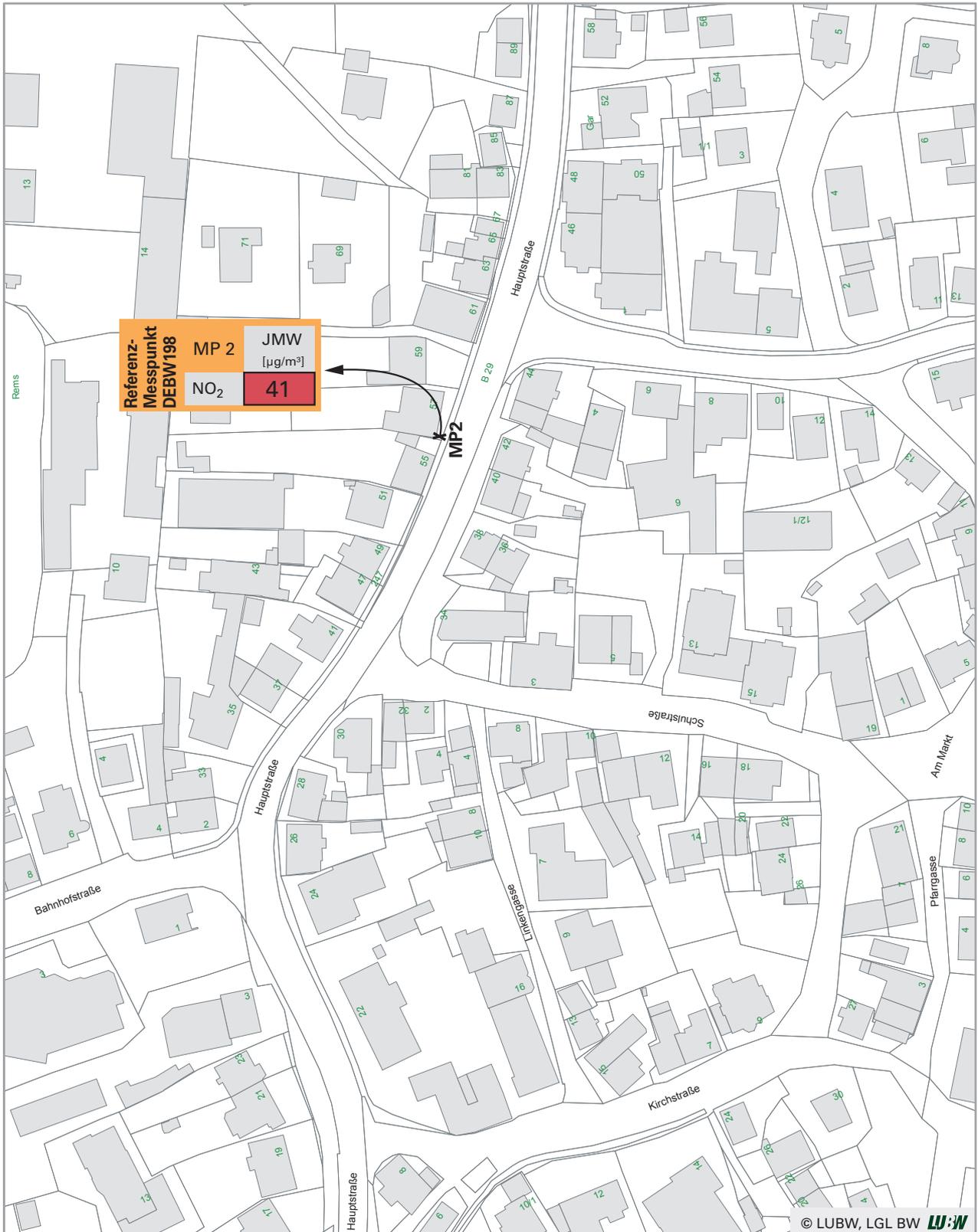


0 10 20 40 Meter

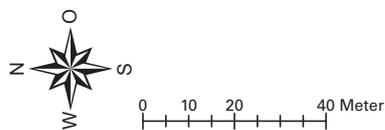
### Markgröningen Grabenstraße

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

Karte 16: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Markgröningen Grabenstraße



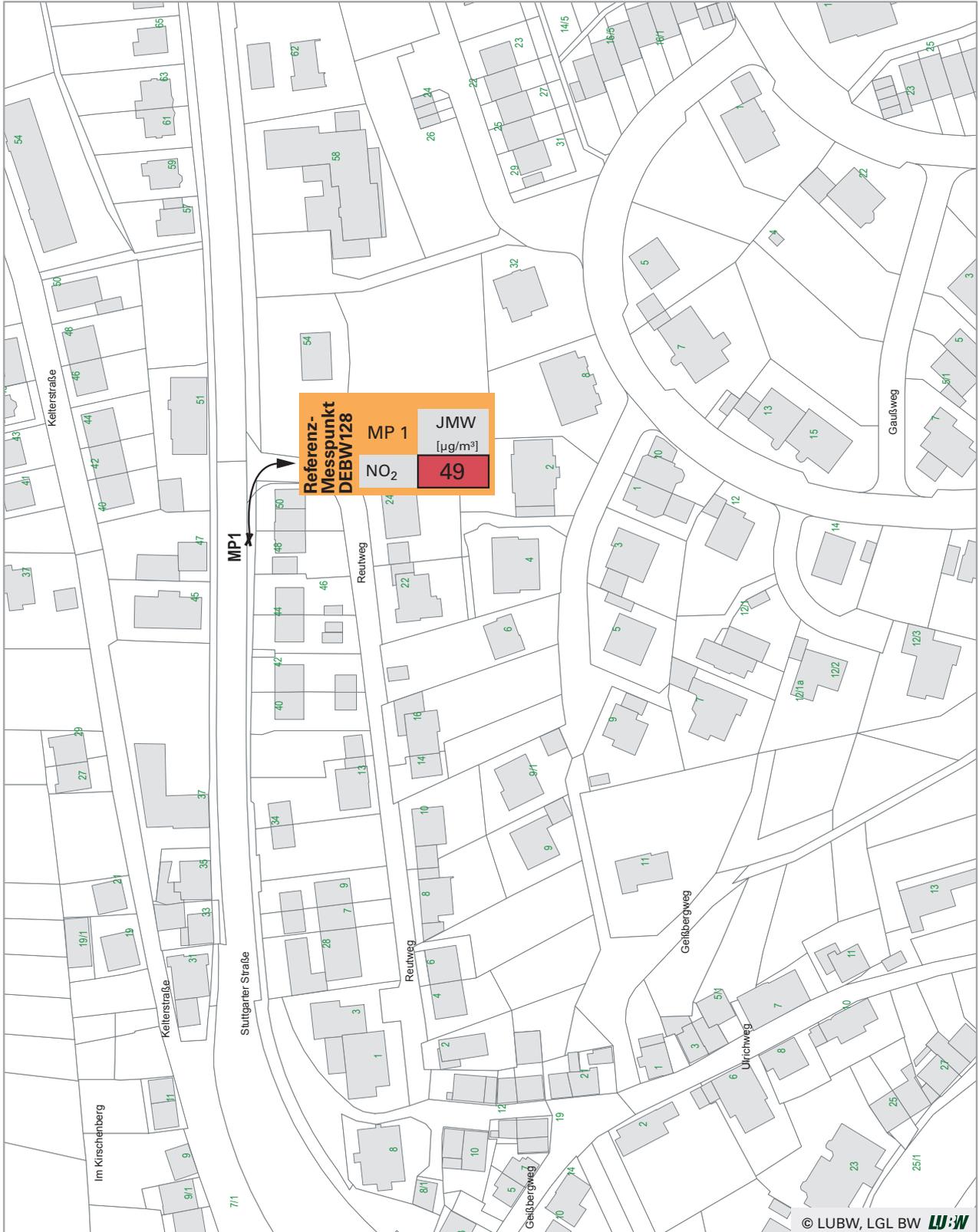
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Mögglingen Hauptstraße

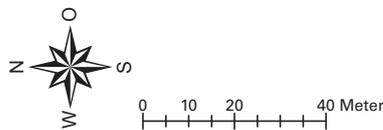
- Grenzwert überschritten
- Grenzwert eingehalten
- kein Grenzwert vorhanden

Karte 17: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Mögglingen Hauptstraße



© LUBW, LGL BW **LUBW**

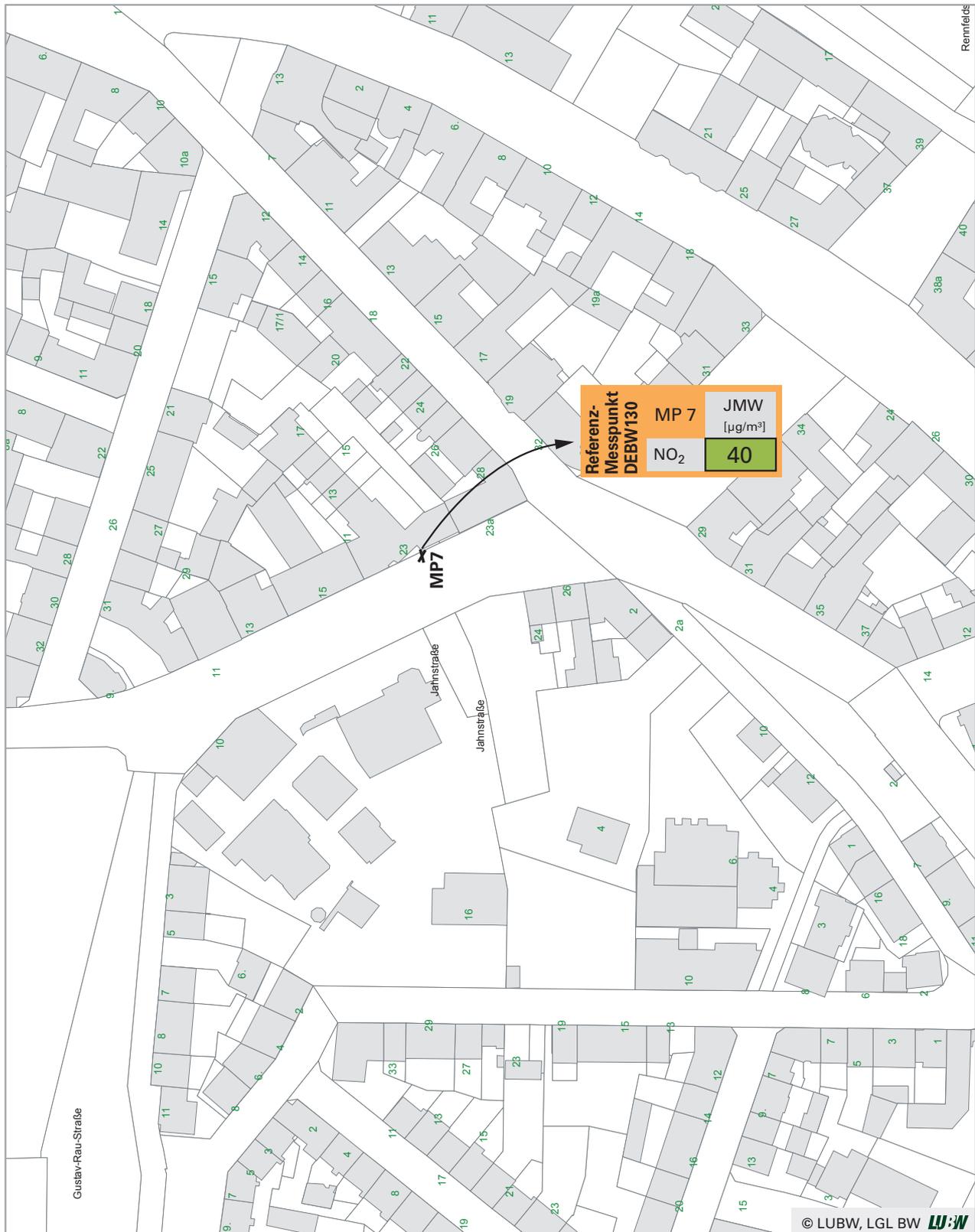
**x** NO<sub>2</sub>-Passivsammler



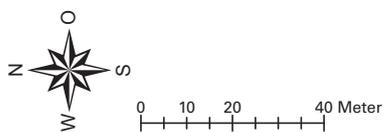
**Mülhacker Stuttgarter Straße**

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 18: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Mülhacker Stuttgarter Straße



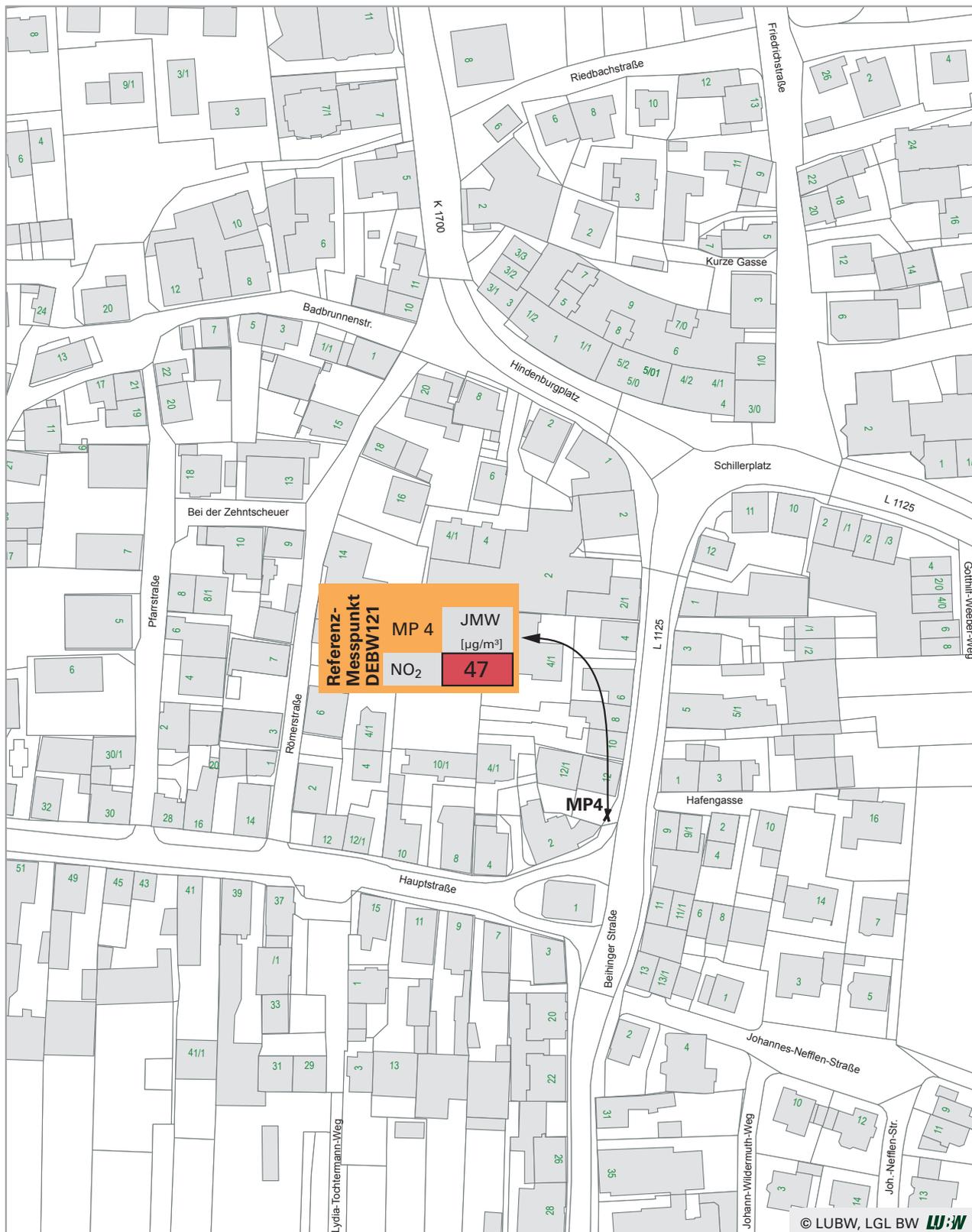
x NO<sub>2</sub>-Passivsammler



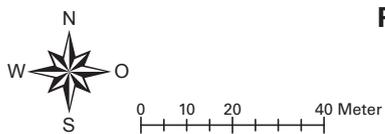
### Pforzheim Jahnstraße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 19: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Pforzheim Jahnstraße



X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



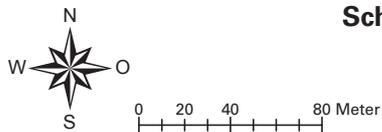
### Pleidelsheim Beihinger Straße

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

Karte 20: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Pleidelsheim Beihinger Straße



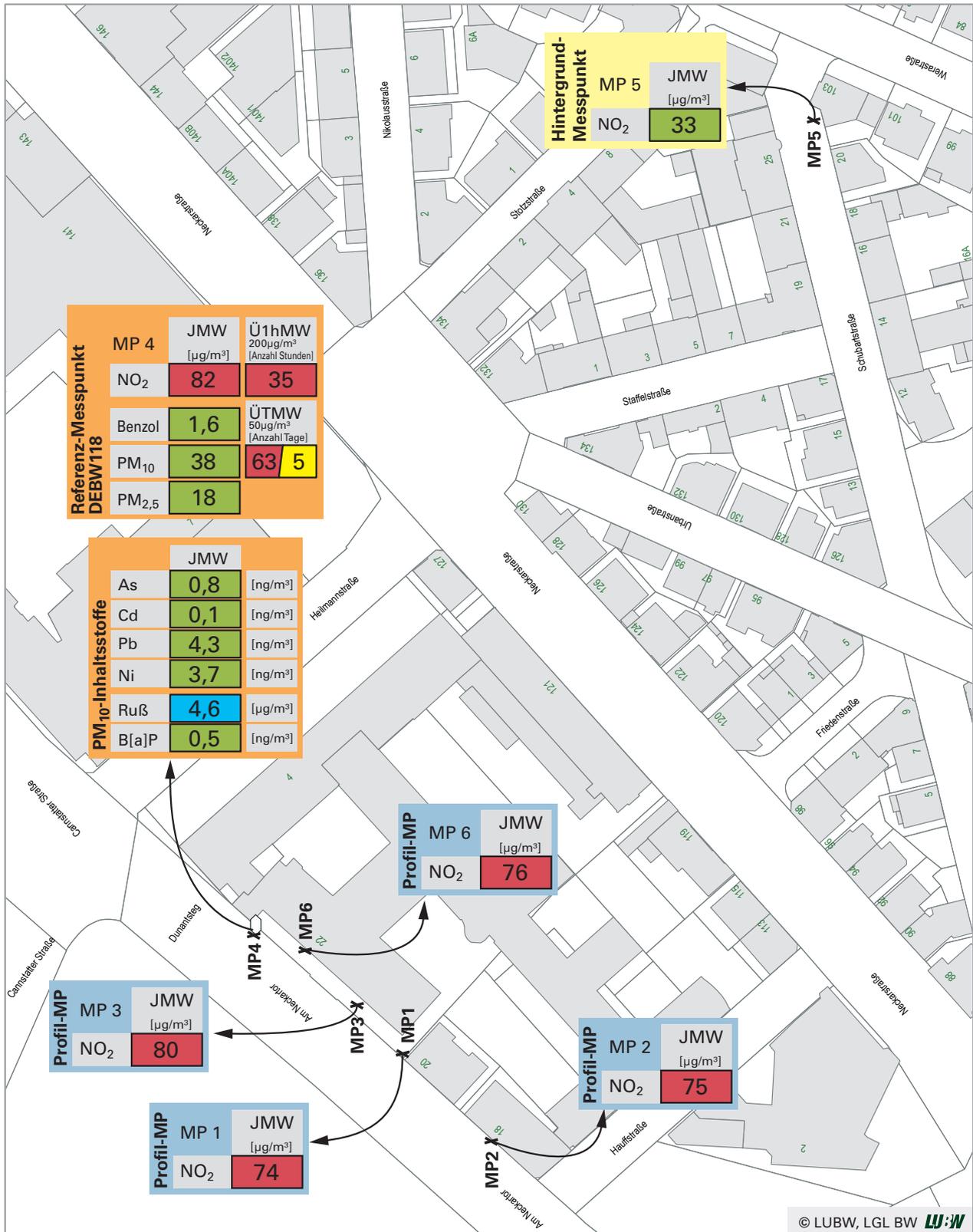
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Schwäbisch Gmünd Remsstraße

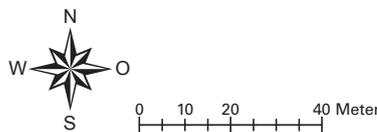
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 21: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Schwäbisch Gmünd Remsstraße



✕ NO<sub>2</sub>-, Benzol-Passivsammler  
 ○ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM, Ruß, B[a]P, PM<sub>2,5</sub>

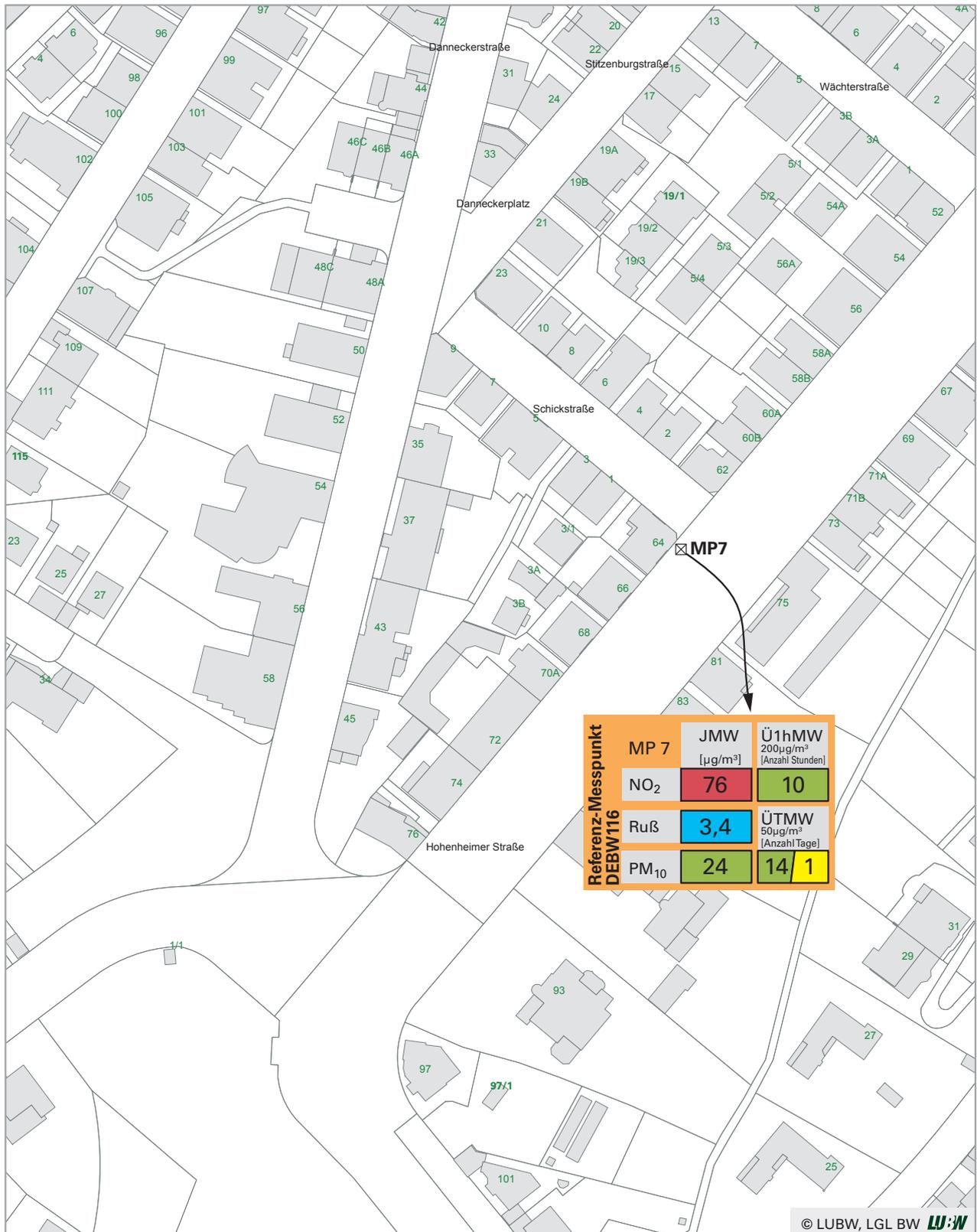
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Stuttgart Am Neckartor

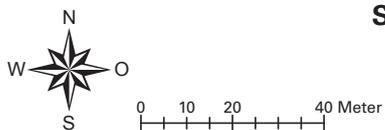
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 22: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Stuttgart Am Neckartor



☒ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, Ruß

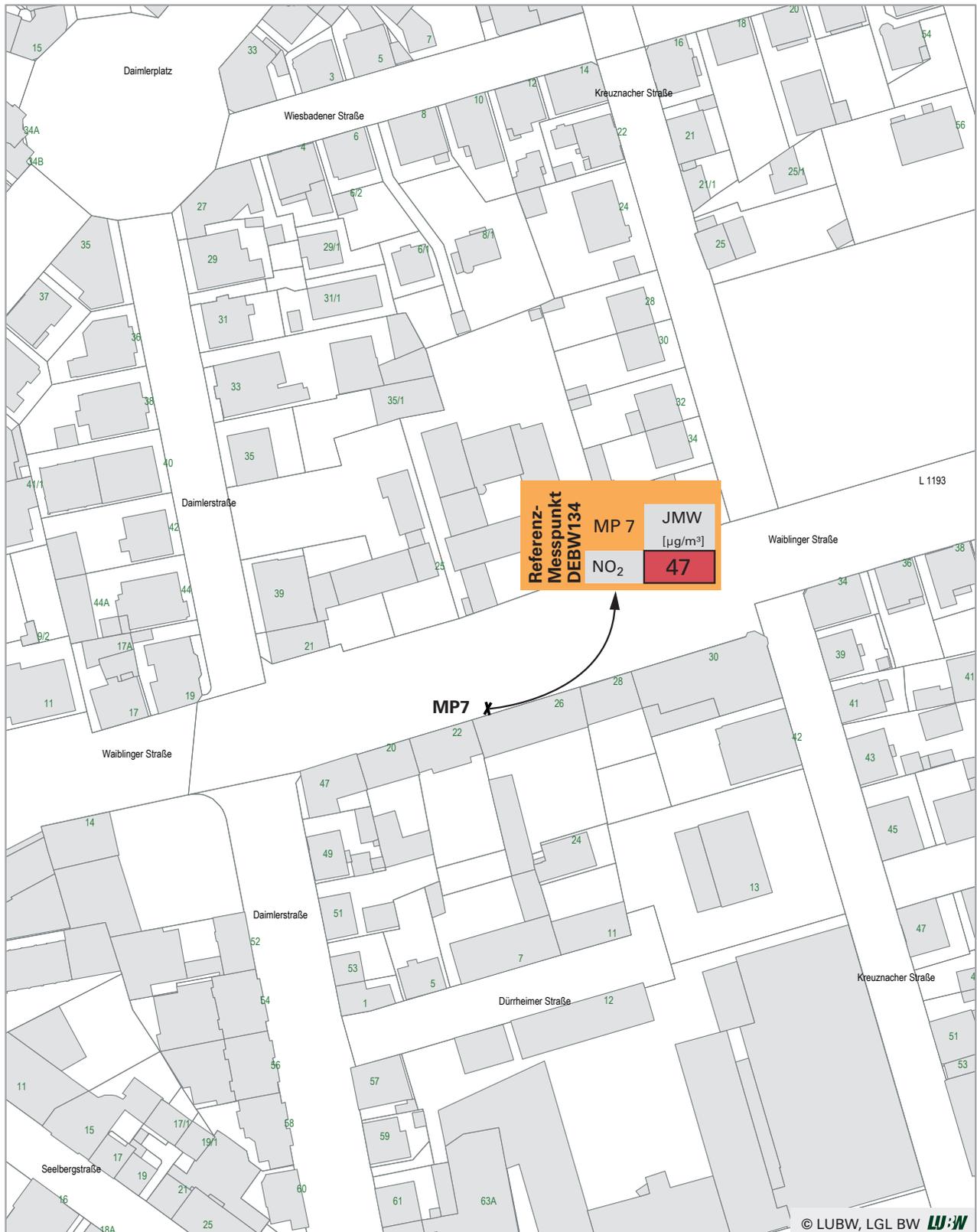
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Stuttgart Hohenheimer Straße

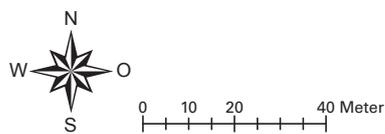
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Sahara Staub / Streusalz

Karte 23: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Stuttgart Hohenheimer Straße



© LUBW, LGL BW **LUBW**

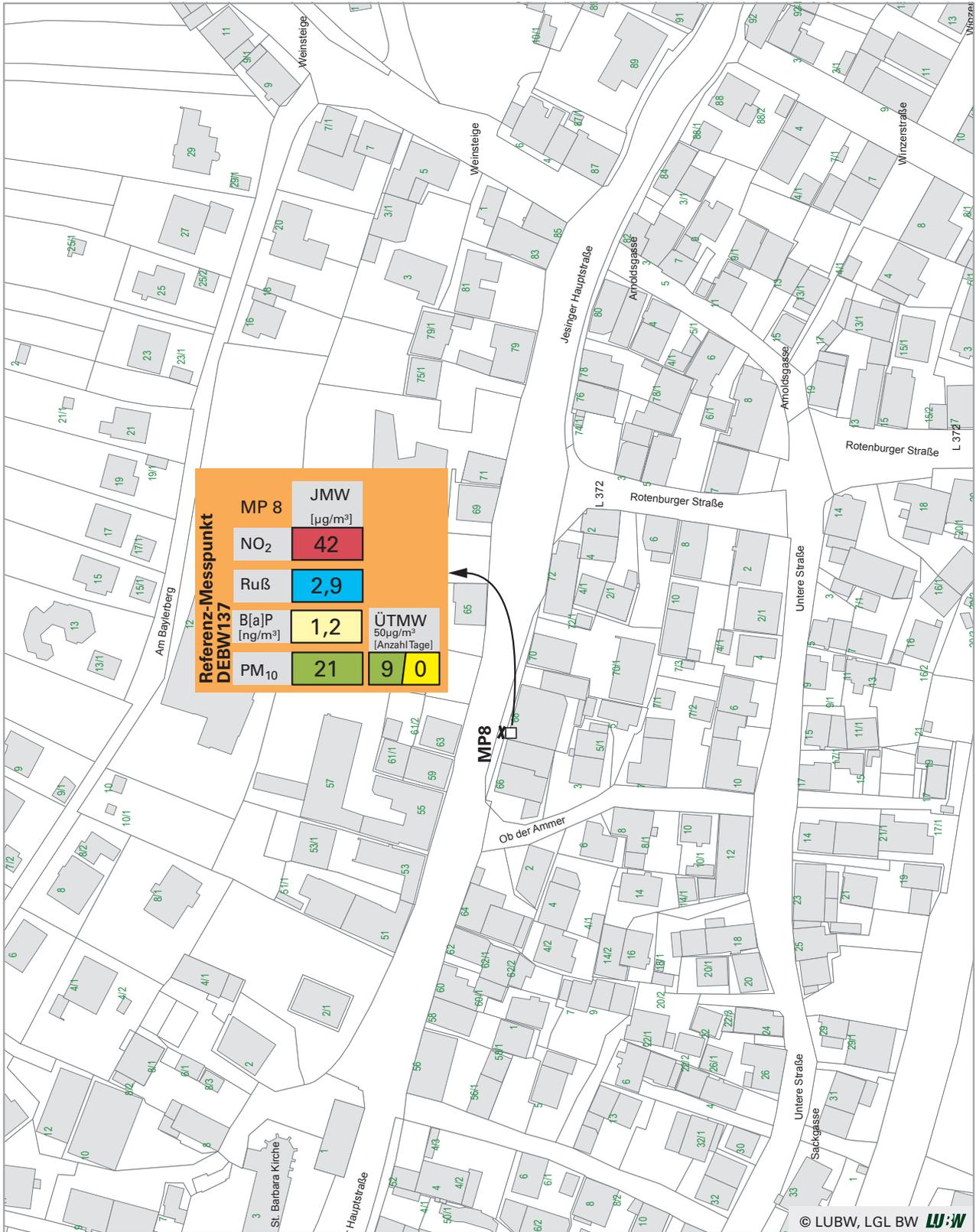
**X** NO<sub>2</sub>-Passivsammler



**Stuttgart Waiblinger Straße**

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

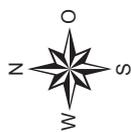
Karte 24: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Stuttgart Waiblinger Straße



✕ NO<sub>2</sub>-Passivsammler

□ PM<sub>10</sub>, Ruß, B[a]P

ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)

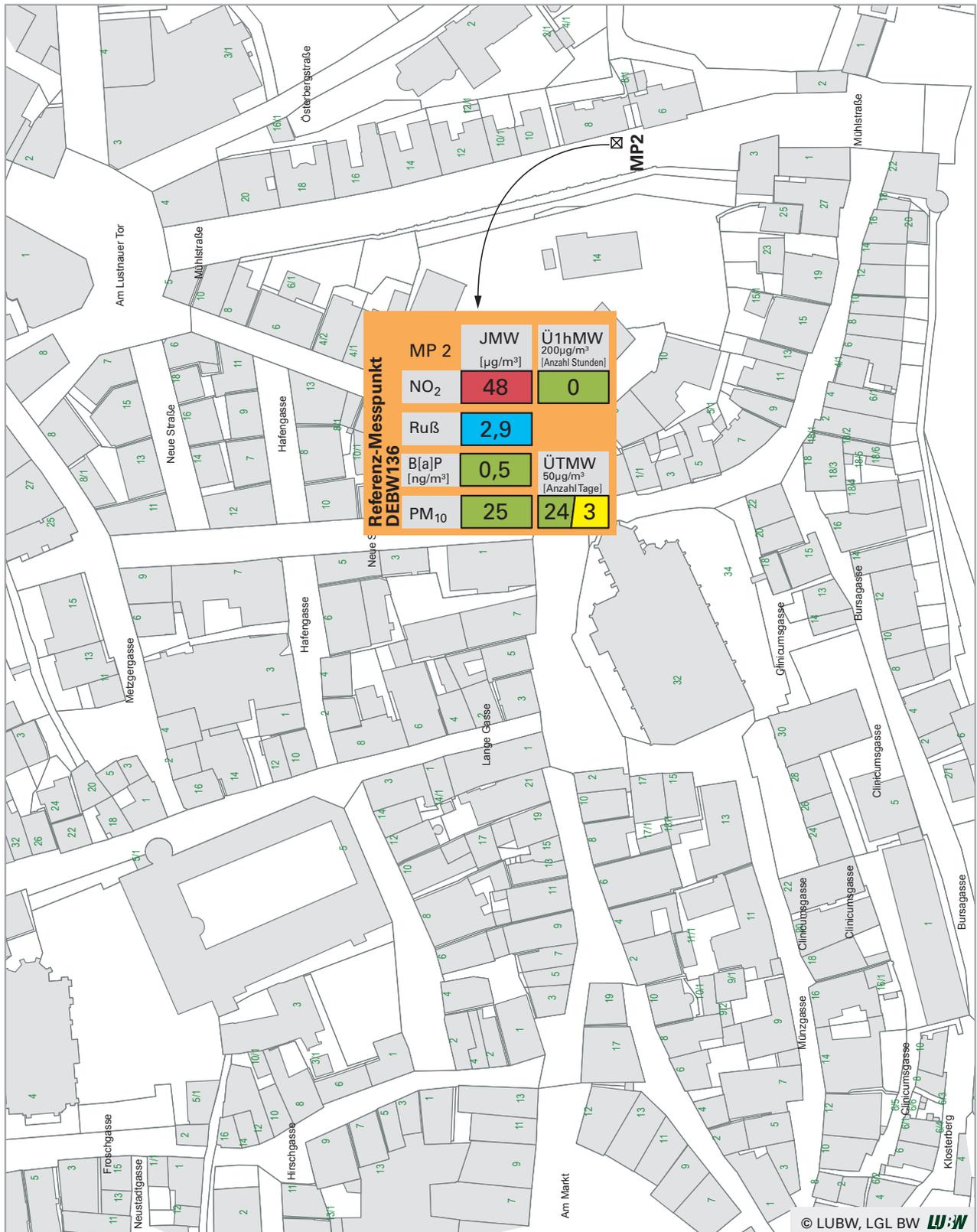


0 10 20 40 Meter

### Tübingen Jesinger Hauptstraße

- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- Zielwert nach Rundungsregel eingehalten, jedoch Verbesserungsbedarf
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 25: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Tübingen Jesinger Hauptstraße



☒ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, Ruß, B[a]P

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)

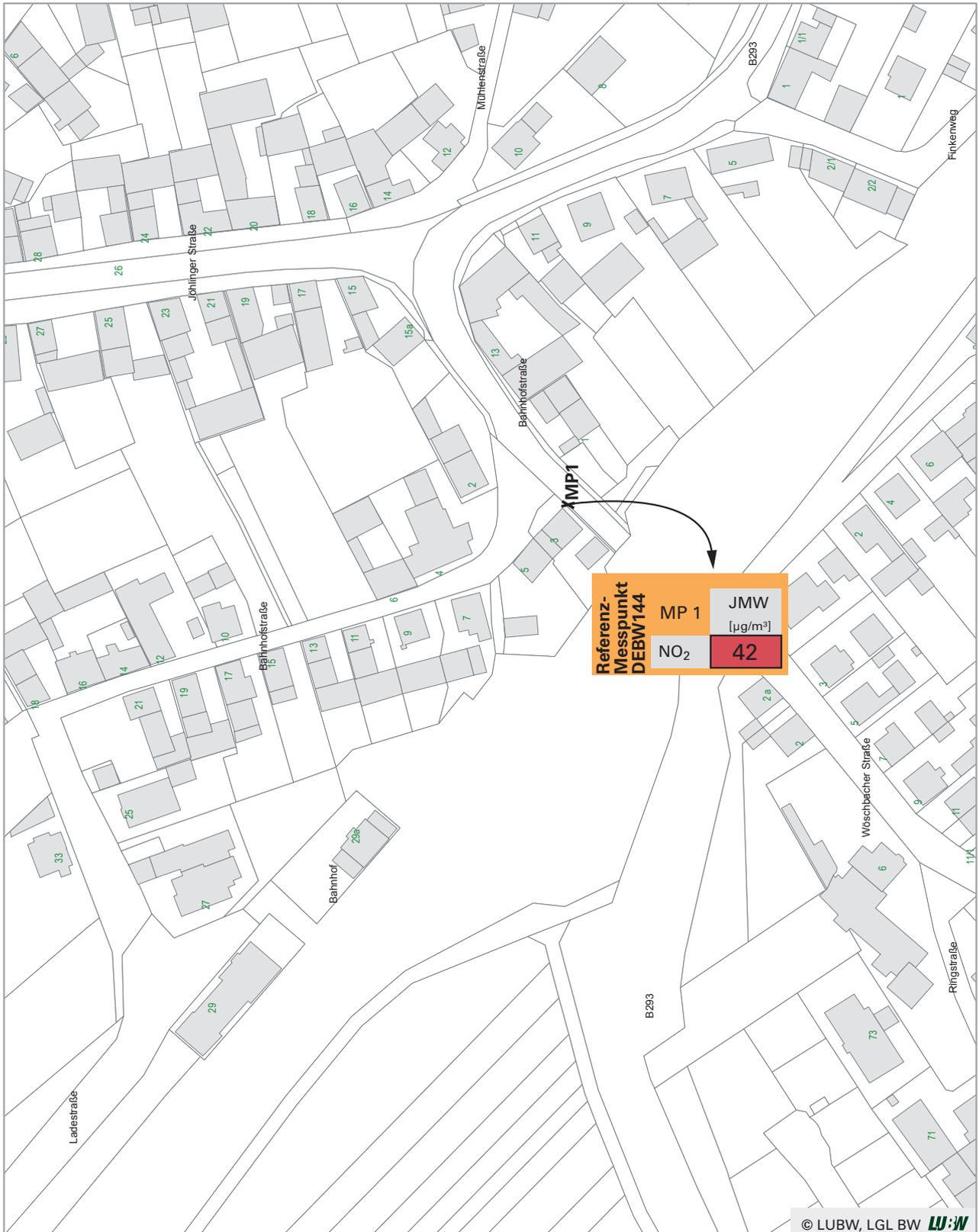


0 10 20 40 Meter

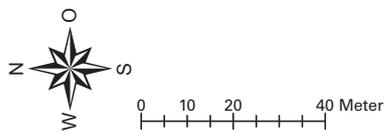
### Tübingen Mülhstraße

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

Karte 26: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Tübingen Mülhstraße



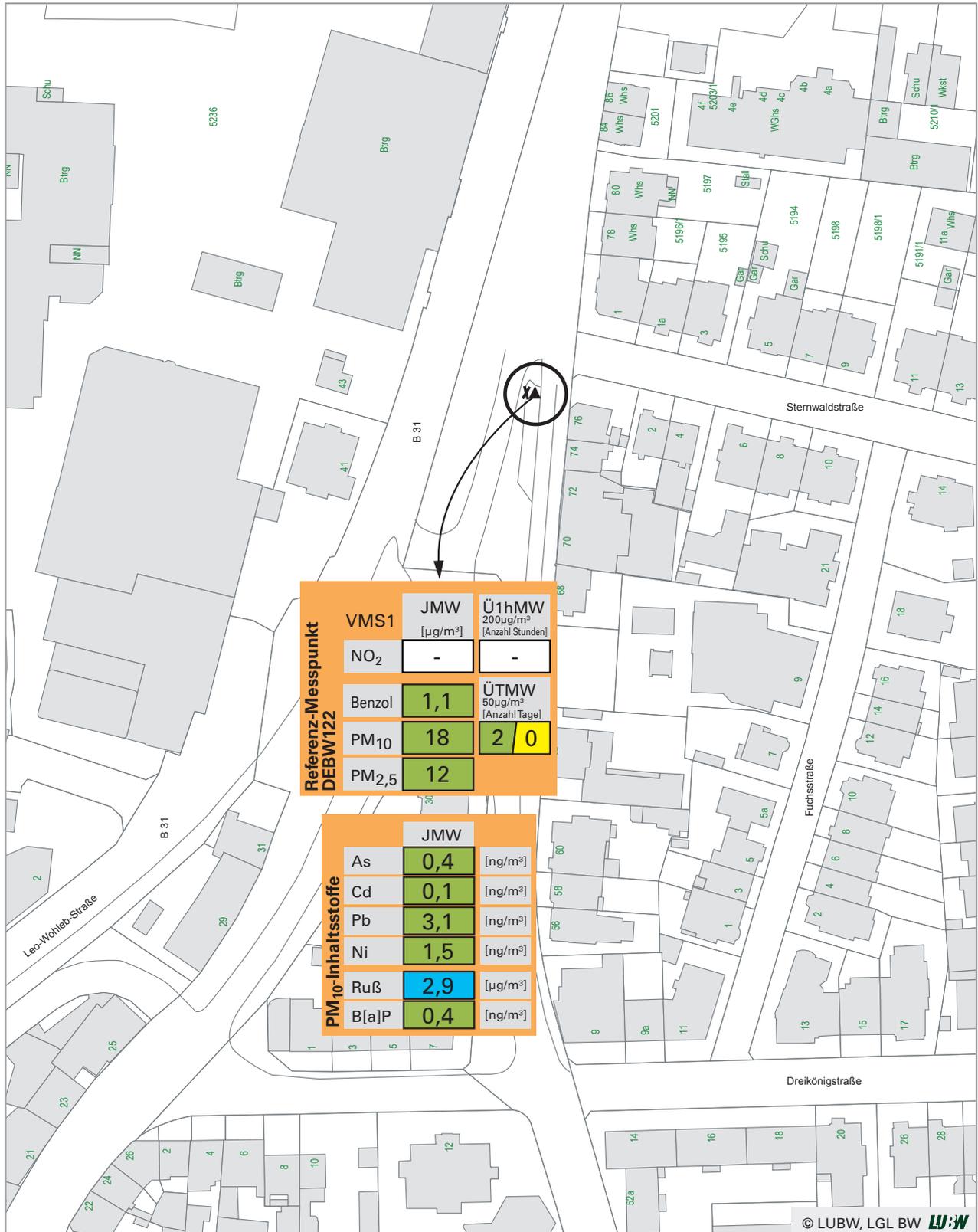
X NO<sub>2</sub>-Passivsammler



### Walzbachtal Bahnhofstraße

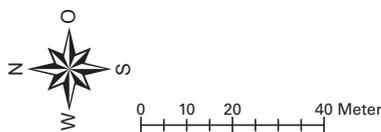
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden

Karte 27: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messpunkt Walzbachtal Bahnhofstraße



✕ Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B[a]P, PM<sub>2,5</sub>

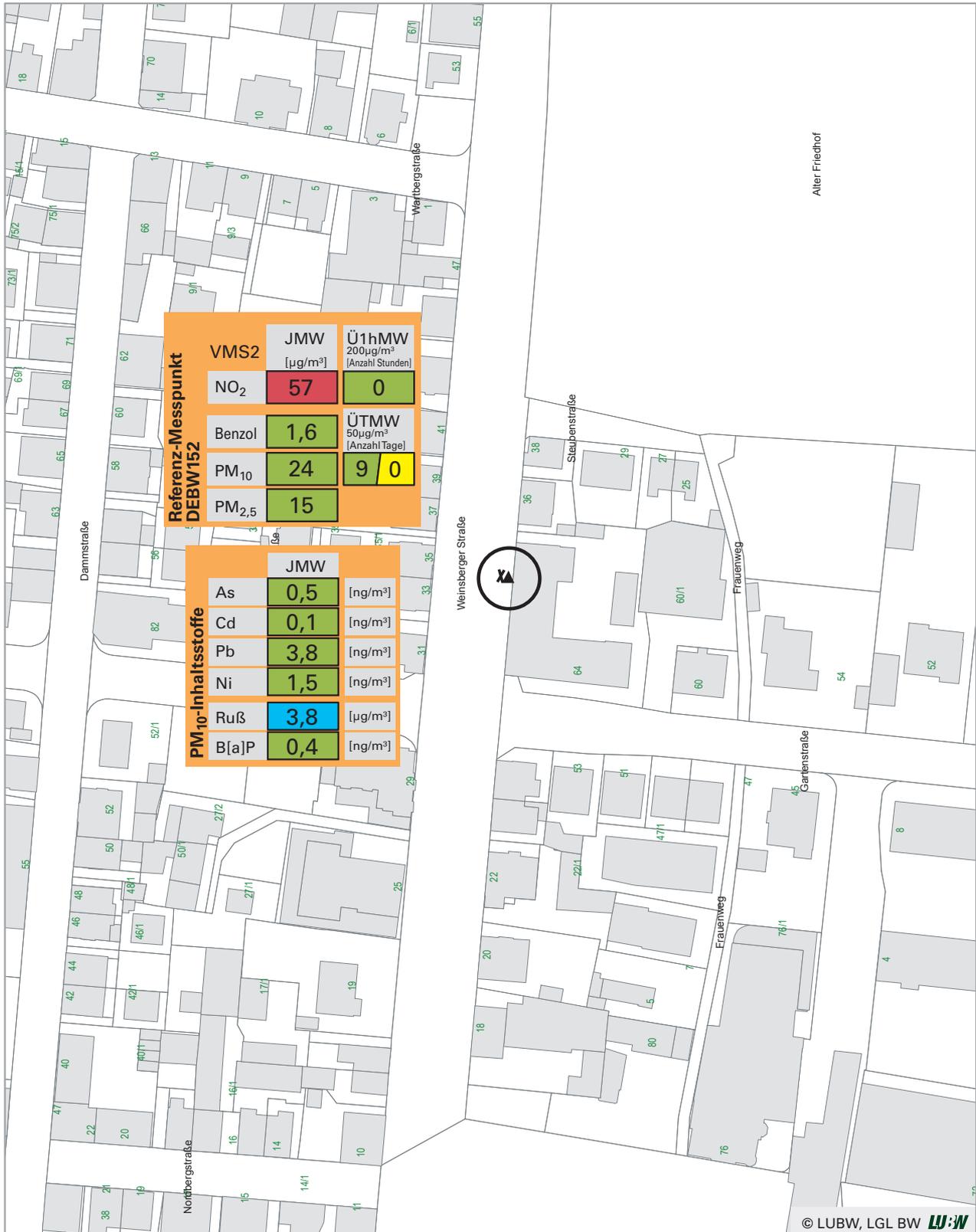
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Freiburg Schwarzwaldstraße

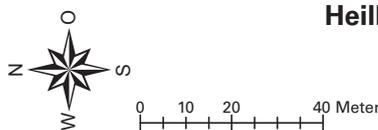
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz
- Ausfall

Karte 28: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Freiburg Schwarzwaldstraße



X Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM, Ruß, B(a)P, PM<sub>2,5</sub>

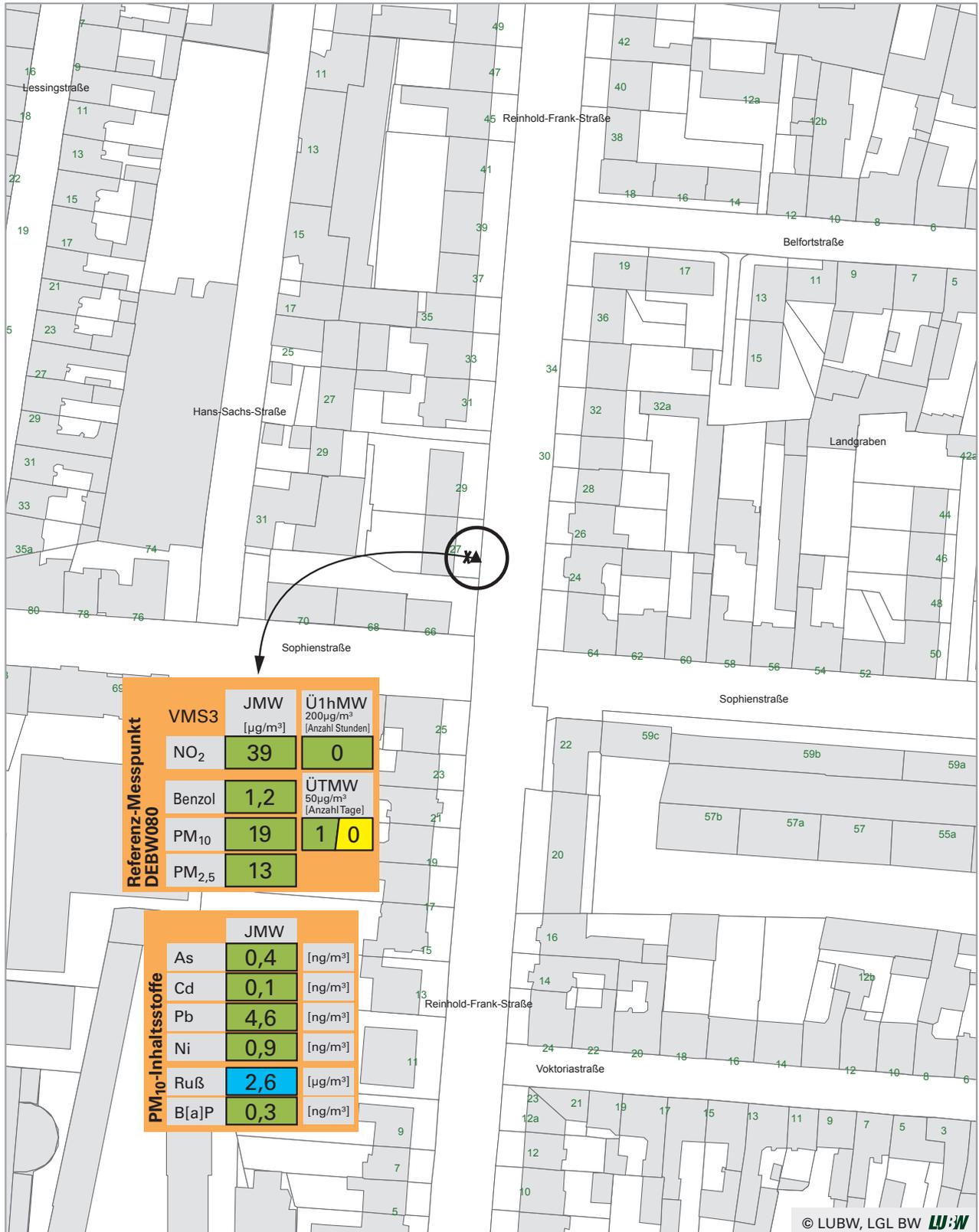
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Heilbronn Weinsberger Straße-Ost

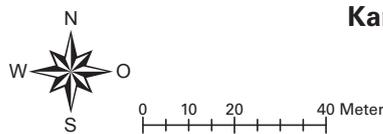
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 29: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Heilbronn Weinsberger Straße-Ost



✕ Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B(a)P, PM<sub>2,5</sub>

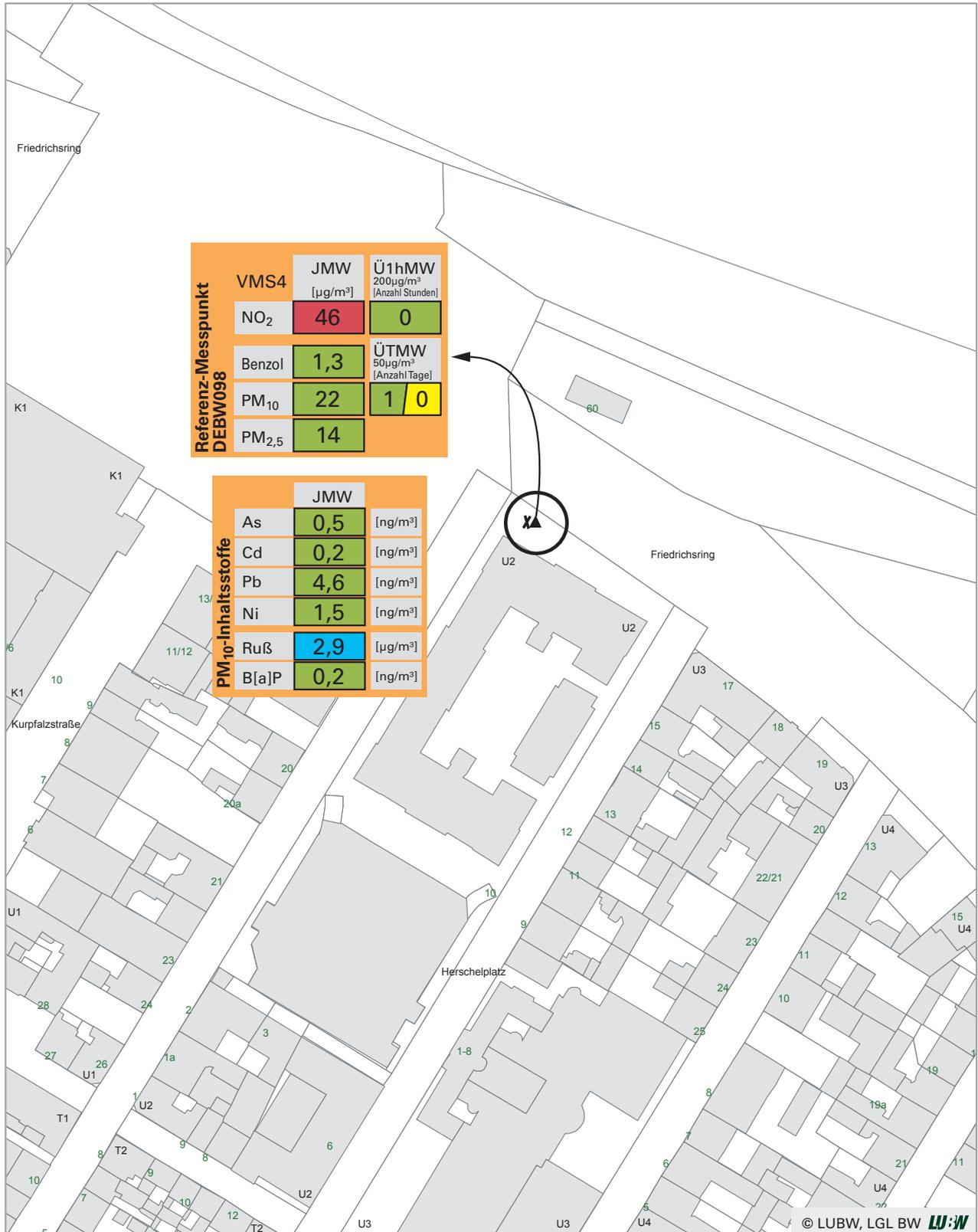
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße

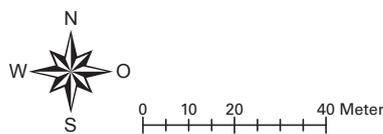
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Sahara-Staub / Streusalz

Karte 30: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße



X Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B[a]P, PM<sub>2,5</sub>

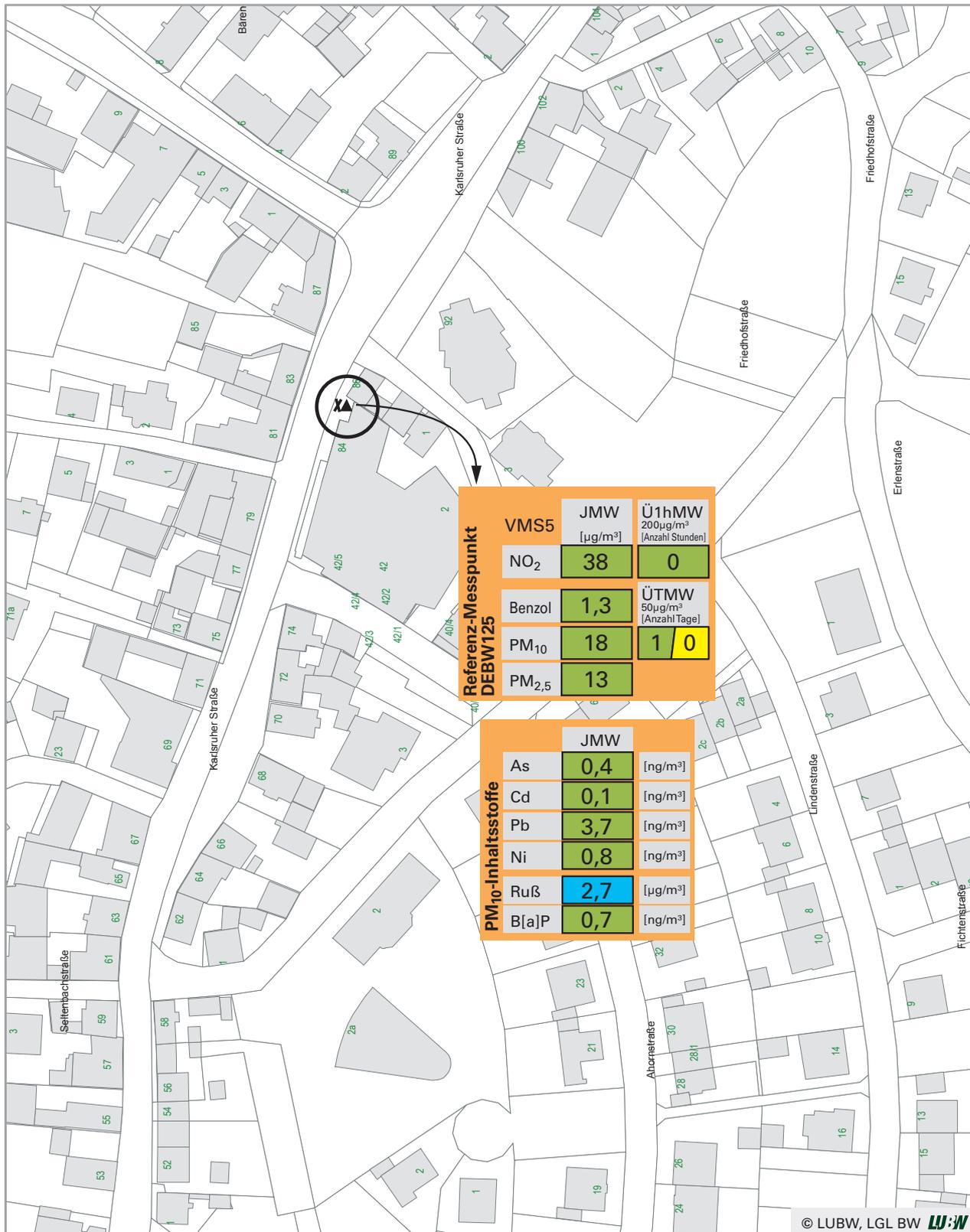
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Mannheim Friedrichsring

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

Karte 31: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Mannheim Friedrichsring

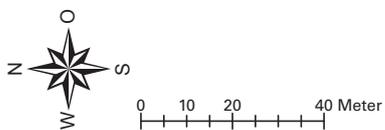


Referenz-Messpunkt DEBW125	VMS5	JMW	Ü1hMW
		[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$200\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Anzahl Stunden]
NO <sub>2</sub>	42/5	38	0
Benzol	42/4	1,3	ÜTMW
PM <sub>10</sub>	42/2	18	$50\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Anzahl Tage]
PM <sub>2,5</sub>	42/1	13	1 / 0

PM <sub>10</sub> -Inhaltsstoffe	JMW	
As	0,4	[ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]
Cd	0,1	[ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]
Pb	3,7	[ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]
Ni	0,8	[ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]
Ruß	2,7	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
B[a]P	0,7	[ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]

X Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B(a)P, PM<sub>2,5</sub>

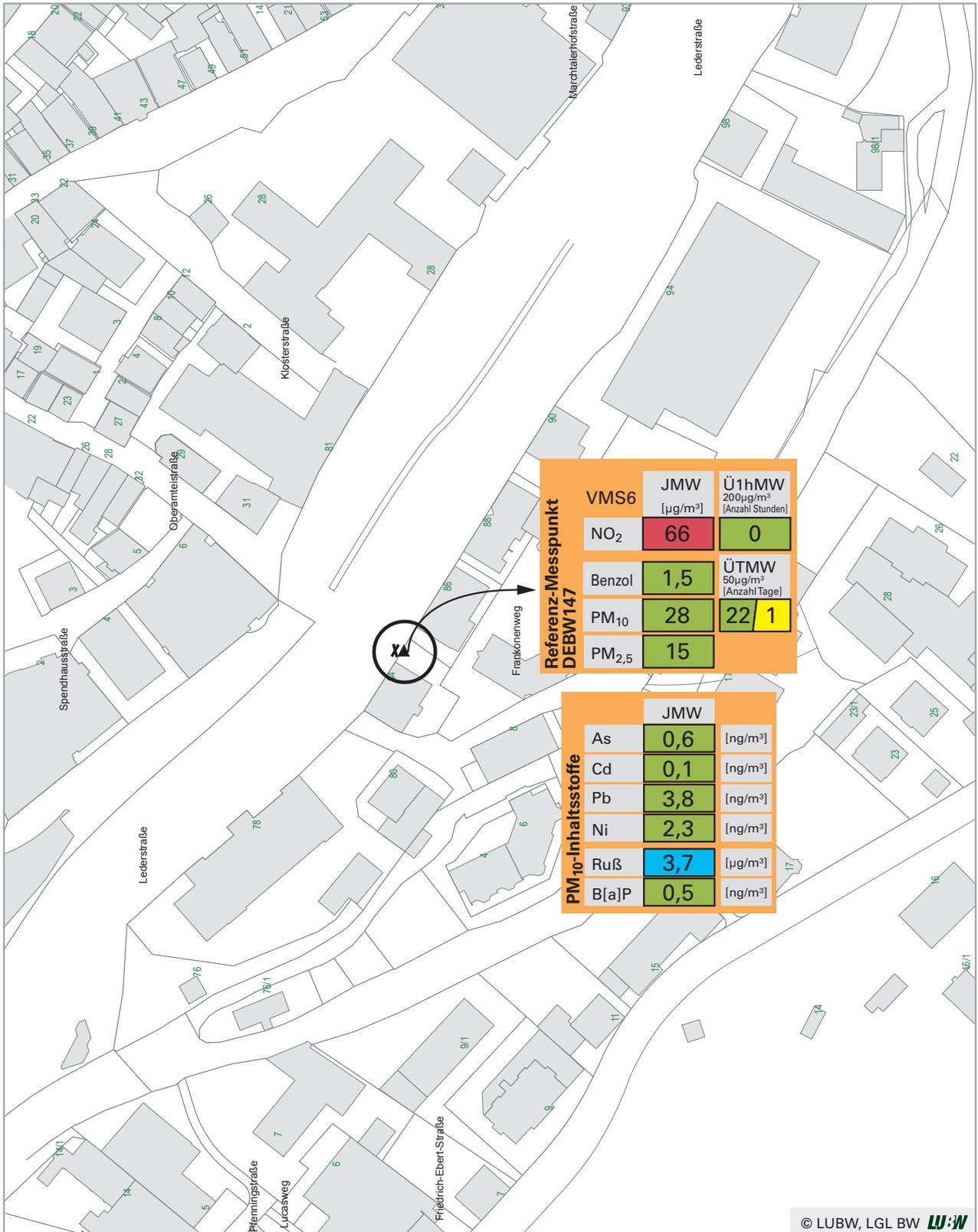
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Pfinztal Karlsruher Straße

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

Karte 32: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Pfinztal Karlsruher Straße

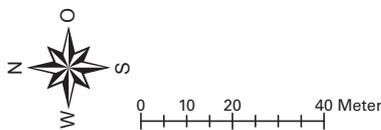


Referenz-Messpunkt DEBW147		
VMS6	JMW [µg/m³]	Ü1hMW 200µg/m³ [Anzahl Stunden]
NO <sub>2</sub>	66	0
Benzol	1,5	ÜTMW 50µg/m³ [Anzahl Tage]
PM <sub>10</sub>	28	22   1
PM <sub>2,5</sub>	15	

PM <sub>10</sub> -Inhaltsstoffe		
	JMW	
As	0,6	[ng/m³]
Cd	0,1	[ng/m³]
Pb	3,8	[ng/m³]
Ni	2,3	[ng/m³]
Ruß	3,7	[µg/m³]
B[a]P	0,5	[ng/m³]

X Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B(a)P, PM<sub>2,5</sub>

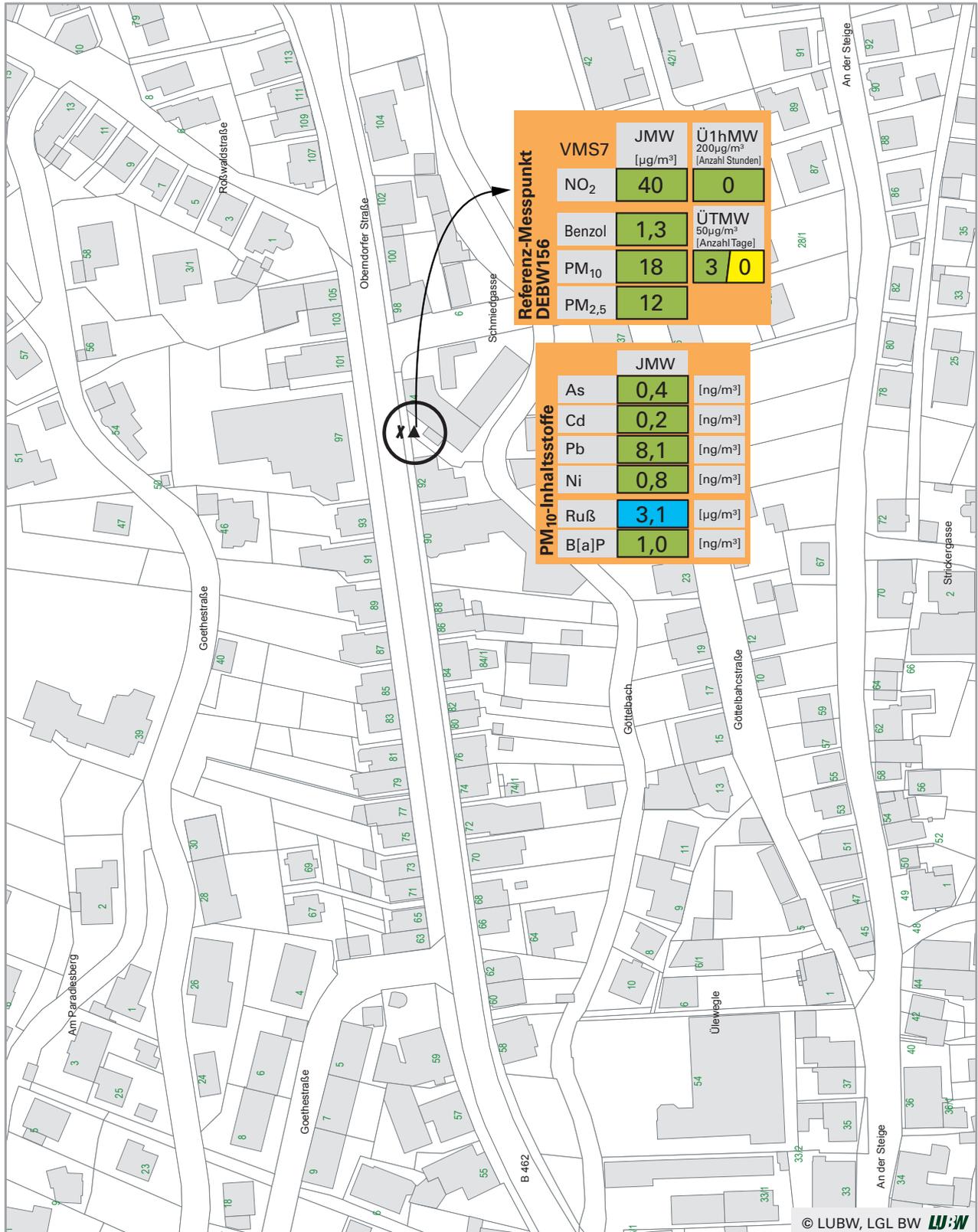
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Reutlingen Lederstraße-Ost

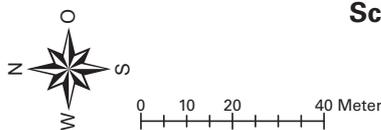
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 33: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Reutlingen Lederstraße-Ost



X Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM, Ruß, B(a)P, PM<sub>2,5</sub>

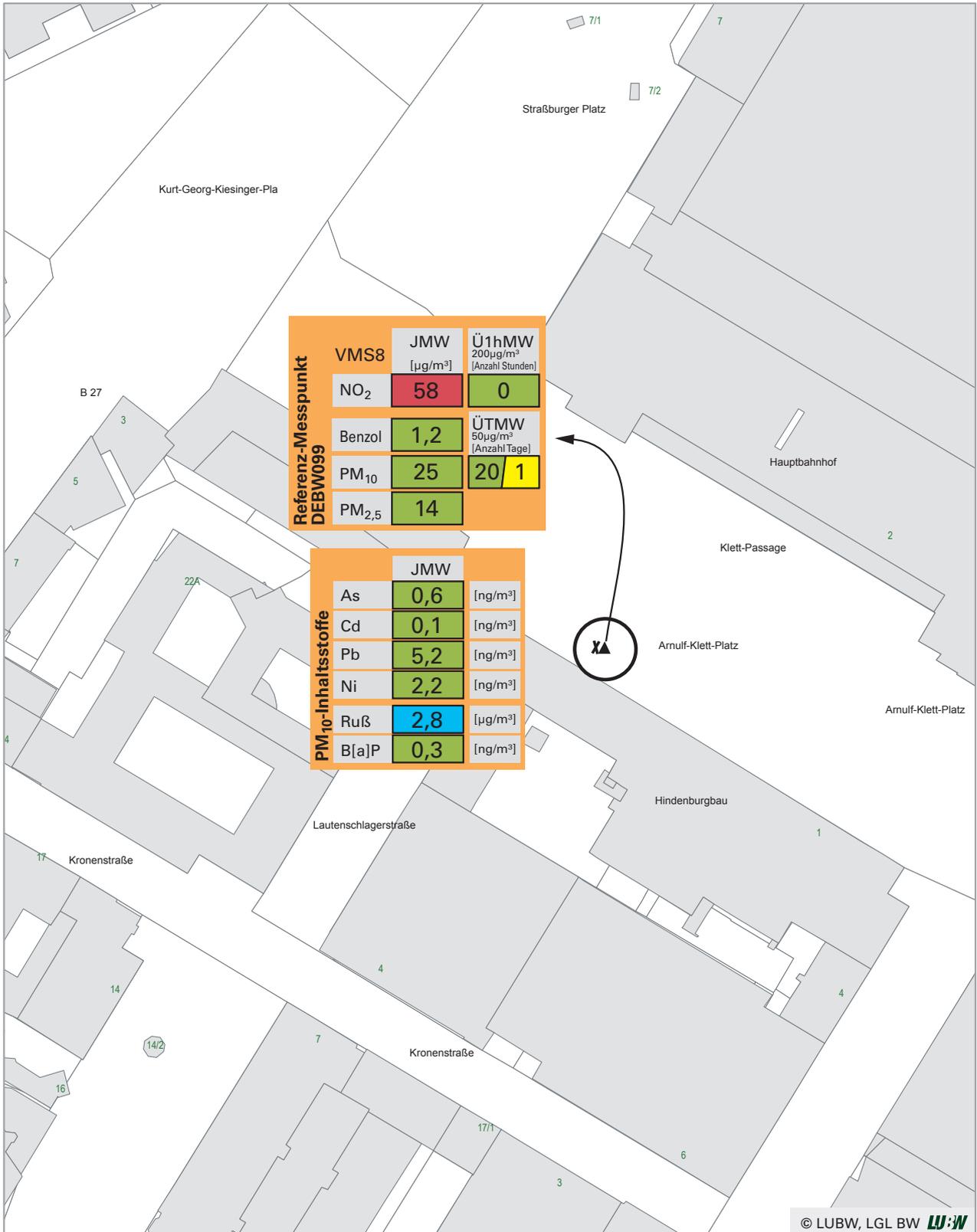
Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Schramberg Oberndorfer Straße

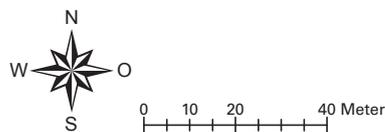
- Grenzwert / Zielwert überschritten
- Grenzwert / Zielwert eingehalten
- kein Grenzwert / Zielwert vorhanden
- davon durch Saharastaub / Streusalz

Karte 34: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Schramberg Oberndorfer Straße



✕ Benzol-Passivsammler  
 ▲ NO<sub>2</sub>-kontinuierlich, PM<sub>10</sub>, SM,  
 Ruß, B[a]P, PM<sub>2,5</sub>

Ü1hMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der 1-Stundenmittelwerte (NO<sub>2</sub>)  
 ÜTMW= Anzahl der Überschreitungen  
 der Tagesmittelwerte (PM<sub>10</sub>)



### Stuttgart Arnulf-Klett-Platz

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

Karte 35: Ergebnisse der Spotmessungen 2016 - Messstation Stuttgart Arnulf-Klett-Platz

## 5.2 Auswertungen für die Regierungsbezirke

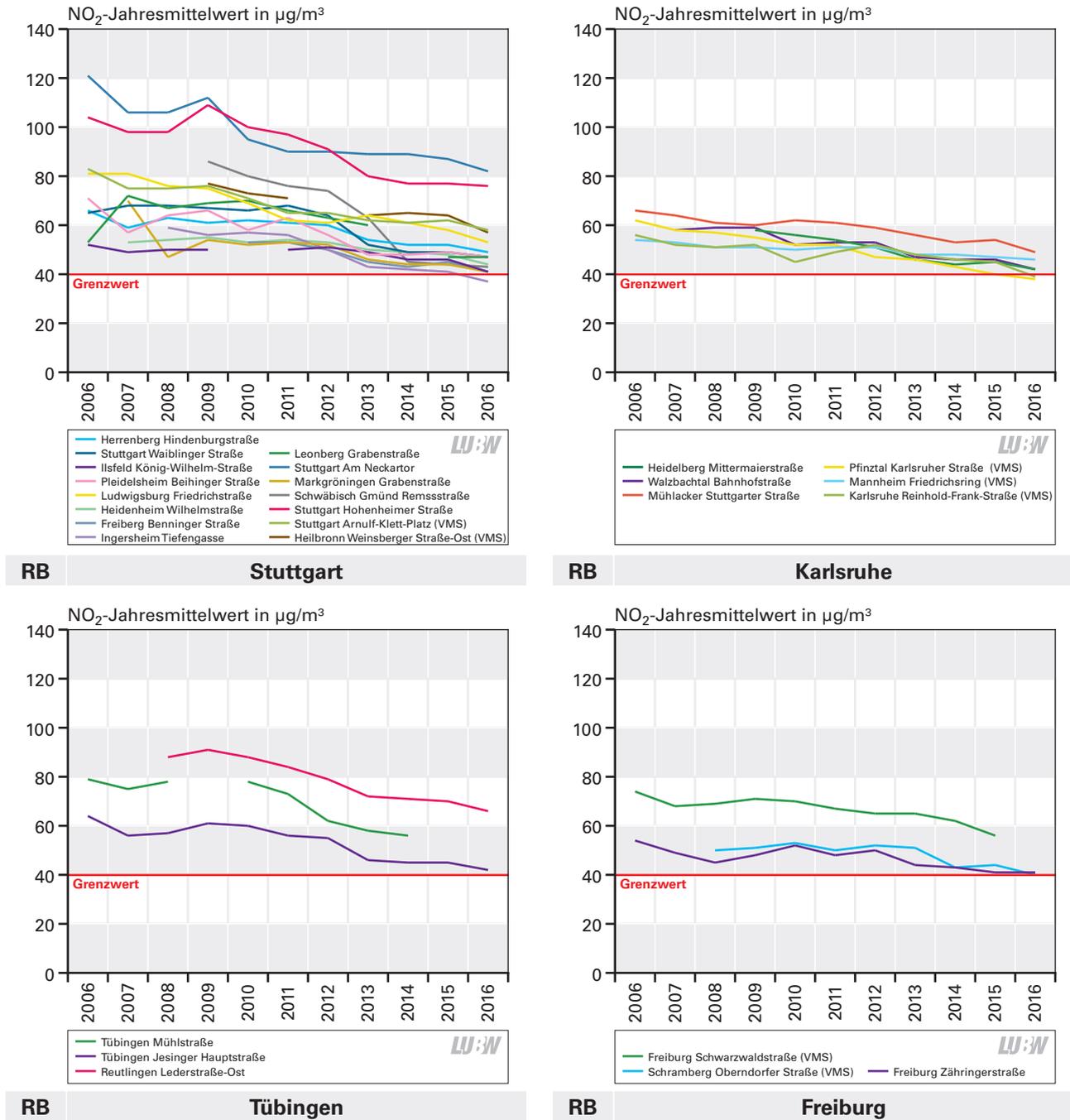
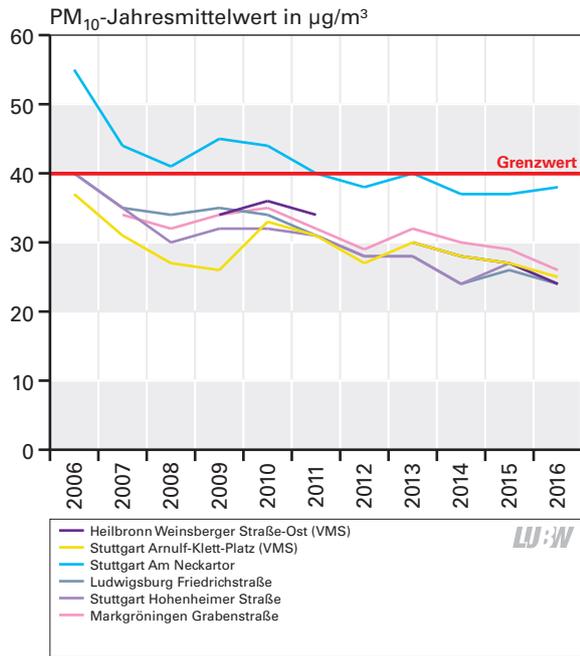
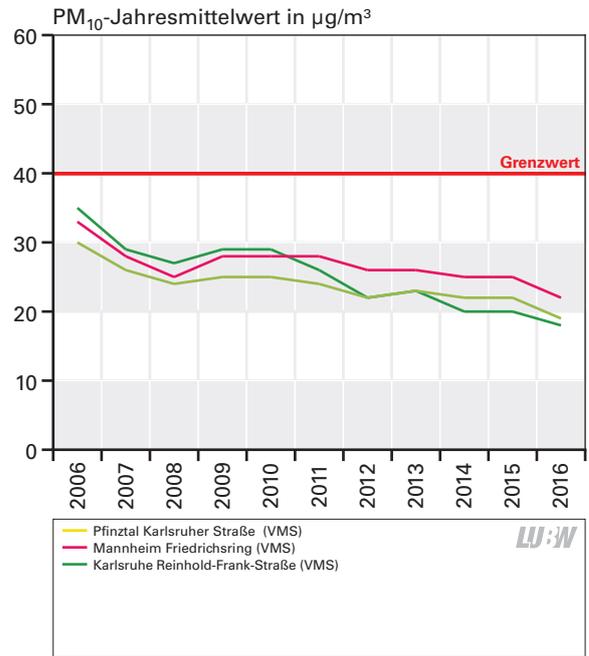


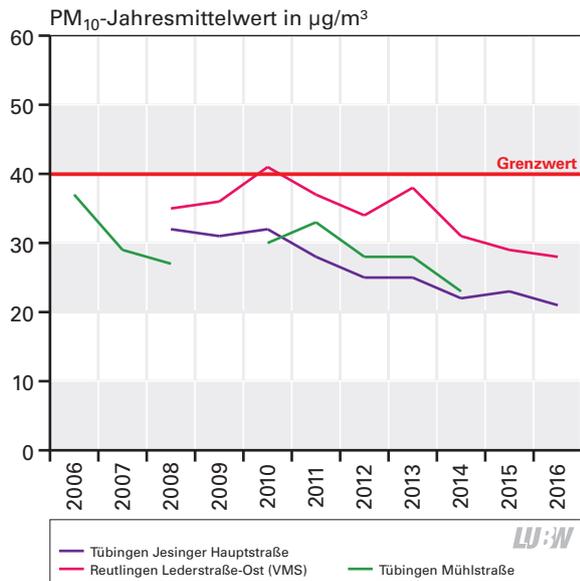
Abbildung 5.2-1: Stickstoffdioxidkonzentrationen an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen in den Regierungsbezirken (RB) Stuttgart, Karlsruhe, Tübingen und Freiburg seit 2006



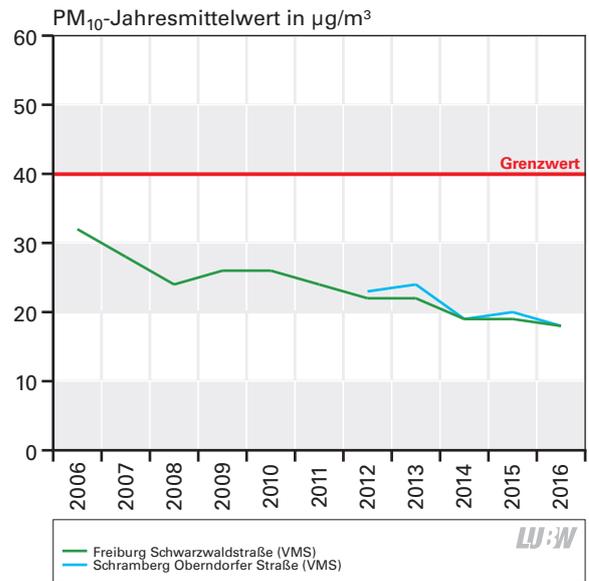
RB **Stuttgart**



RB **Karlsruhe**



RB **Tübingen**



RB **Freiburg**

Abbildung 5.2-2: Partikel PM<sub>10</sub>-Konzentrationen an ausgewählten Spotmessstellen und Verkehrsmessstationen in den Regierungsbezirken (RB) Stuttgart, Karlsruhe, Tübingen und Freiburg seit 2006

## 5.3 Messverfahren

### Messung von Stickstoffdioxid mit Chemilumineszenz

<b>Richtlinien</b>	DIN EN 14211: Luftqualität - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz; Deutsche Fassung EN 14211:2005						
<b>Messgerät</b>	Die Probenahme und Analyse erfolgt mit einem eignungsgeprüfem Gasanalysator MLU Modell 200A. Die Ergebnisse werden als Halbstundenmittelwerte bereitgestellt.						
<b>Messprinzip</b>	<p>Die Chemilumineszenz beruht hier auf der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon. Im Chemilumineszenz-Messgerät wird Luft durch ein Filter gesaugt (um die Verunreinigung der gasführenden Teile, besonders der optischen Komponenten, zu verhindern) und bei konstantem Volumenstrom in die Reaktionskammer geleitet, in der sie zur Bestimmung von Stickstoffmonoxid mit Ozon im Überschuss gemischt wird. Die emittierte Strahlung (Chemilumineszenz) ist proportional zur Anzahl der Stickstoffmonoxid-Moleküle im Detektionsvolumen und damit proportional zur Stickstoffmonoxid-Konzentration. Die emittierte Strahlung wird mit einem selektiven optischen Filter gefiltert und mit einem Photomultiplier oder einer Photodiode in ein elektrisches Signal umgewandelt.</p> <p>Zur Bestimmung des Gehaltes an Stickstoffdioxid wird die Probenluft durch einen Konverter geleitet, in dem das Stickstoffdioxid zu Stickstoffmonoxid reduziert und dieses auf die zuvor beschriebene Weise bestimmt wird. Das Signal des Photomultipliers oder der Photodiode ist proportional zur Summe der Konzentrationen von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid. Der Gehalt an Stickstoffdioxid ergibt sich aus der Differenz dieses Wertes und der Stickstoffmonoxid-Konzentration allein (wenn die Probenluft nicht durch den Konverter geleitet wurde).</p> <p>Chemilumineszenz ist die Emission von Licht bei einer chemischen Reaktion. Das bei der Gasphasenreaktion von NO mit Ozon entstehende Licht, dessen Intensität proportional zur NO-Konzentration ist, entsteht, wenn Elektronen der angeregten NO<sub>2</sub>-Moleküle in einen niedrigeren Energiezustand übergehen.</p>						
<b>Kenngrößen</b>	<table><tr><td>Wiederholstandardabweichung bei null:</td><td>≤ 1,0 ppb</td></tr><tr><td>Wiederholstandardabweichung bei der Prüfgaskonzentration:</td><td>≤ 3,0 ppb</td></tr><tr><td>Die Nachweisgrenze für dieses Verfahren liegt bei</td><td>&lt; 2,5 µg/m<sup>3</sup></td></tr></table>	Wiederholstandardabweichung bei null:	≤ 1,0 ppb	Wiederholstandardabweichung bei der Prüfgaskonzentration:	≤ 3,0 ppb	Die Nachweisgrenze für dieses Verfahren liegt bei	< 2,5 µg/m <sup>3</sup>
Wiederholstandardabweichung bei null:	≤ 1,0 ppb						
Wiederholstandardabweichung bei der Prüfgaskonzentration:	≤ 3,0 ppb						
Die Nachweisgrenze für dieses Verfahren liegt bei	< 2,5 µg/m <sup>3</sup>						

#### Foto der Messeinrichtung

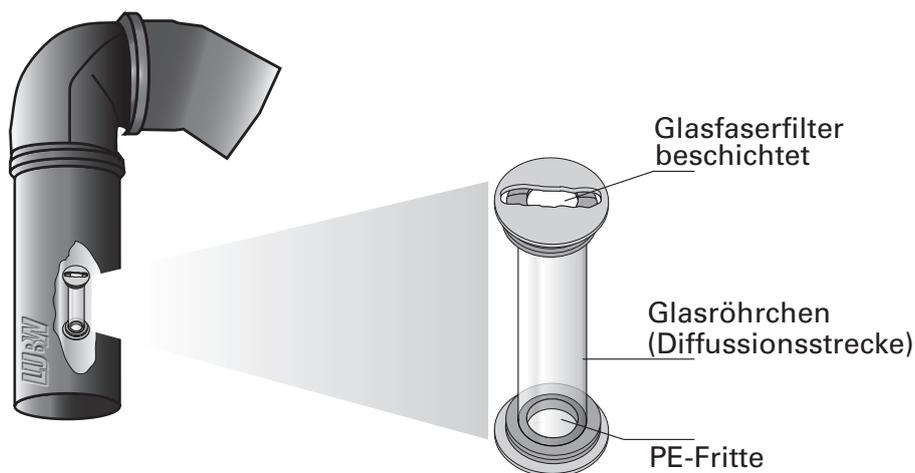


© LUBW

## Messung von Stickstoffdioxid mit Passivsammlern

<b>Richtlinien</b>	Verfahrensanweisung der LUBW: 504-721192-5 - Bestimmung von $\text{NO}_2$ in der Außenluft mittels Palmes-Sammler (Passivsammlung $d = 12 \text{ mm}$ ) und Analyse am Ionenchromatograph
<b>Probenahme</b>	Bei diesem Verfahren wird das in der Luft vorhandene $\text{NO}_2$ auf einem alkalisch beschichteten Filter, der sich am Ende eines Glasröhrchens in der Verschlusskappe befindet, adsorbiert. Das saure Gas $\text{NO}_2$ wird an dem alkalisch beschichteten Filter zu Nitrit umgesetzt.
<b>Messprinzip</b>	Der Passivsammler besteht aus einem Glasröhrchen von etwa 7,5 cm Länge, das an einem Ende mit einer Polyethenkappe verschlossen ist, in den das beschichtete Glasfaserfilter eingelegt ist. $\text{NO}_2$ diffundiert vom anderen Ende des Glasröhrchens bis an den beschichteten Glasfaserfilter und wird dort adsorbiert. Um eine von der Windgeschwindigkeit unabhängige statische Luftschicht sicher zu stellen, ist eine Turbulenzbarriere (PE-Fritte, mittlere Porengröße $100 \mu\text{m}$ ) am Anfang des Röhrchens angebracht. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen ist der Passivsammler in ein Kunststoff-Rohr senkrecht eingehängt.
<b>Analyse</b>	Die Bestimmung des an dem beschichteten Glasfaserfilter adsorbierten $\text{NO}_2$ erfolgt mittels Ionenchromatographie nach wässriger Elution des Glasfaserfilters.
<b>Nachweisgrenze</b>	Die Nachweisgrenze für das Verfahren liegt bei $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einer Sammelzeit von 14 Tagen.

### Foto der Messeinrichtung



## Messung von Partikel PM<sub>10</sub> mit Gravimetrie

<b>Richtlinien</b>	DIN/EN 12341: Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM <sub>10</sub> -Fraktion von Schwebstaub - Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode; Deutsche Fassung EN 12341:1998
<b>Probenahme</b>	Die Probenahme der PM <sub>10</sub> -Fraktion von Schwebstaub (Feinstaubfraktion PM <sub>10</sub> ) erfolgt als Tagesmittelwert von 0 bis 24 Uhr. Der vorgeschaltete gröÙenselektierende Lufteinlass weist eine Abscheidewirksamkeit von 50 % für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm auf (PM <sub>10</sub> -Einlass). Zur Bestimmung der Feinstaubmasse erfolgt die Probenahme auf Glasfaserfiltern.
<b>Messgerät</b>	Der Filterwechsler SEQ47/50 ist der Referenzsammler nach CEN EN 12341 und verfügt über einen automatischen Probenwechsler, so dass ohne Wartung 14 Tagesmittelwerte gewonnen werden können. Zusätzlich enthält das Gerät einen Blindfilter zur Kontrolle. Der Filter hat einen Durchmesser von 47 mm. Der Volumenstrom wird konstant auf 2,3 m <sup>3</sup> /h geregelt. Das Gerät verfügt über eine Filterheizung, die bei Taupunktunterschreitung die Filtertemperatur erhöht, um den Filter trocken zu halten bzw. vor Vereisung zu schützen.
<b>Wägung</b>	Die für die Probenahme verwendeten Filter werden vor der Bestäubung im Labor äquibriert, d. h. auf eine definierte Feuchte eingestellt und gewogen. Nach der Bestäubung werden die Filter wieder äquibriert und zurückgewogen. Die Waage besitzt eine Genauigkeit von 0,1 mg.
<b>Nachweisgrenze</b>	Die Nachweisgrenze für dieses Verfahren liegt bei einem Sammelvolumen von 55,2 m <sup>3</sup> bei 1 µg/m <sup>3</sup> .

### Foto der Messeinrichtung



© Ingenieurbüro Sven Leckel, Berlin

## Messung von Schwermetallen in der Partikel PM<sub>10</sub>-Fraktion

<b>Richtlinien</b>	DIN EN 14902: Außenluftbeschaffenheit - Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM <sub>10</sub> -Fraktion des Schwebstaubes; Deutsche Fassung EN 14902:2005 Verfahrensanweisung der LUBW: 504-721151-3 - Analyse zur Elementbestimmung im Schwebstaub oder Staubbiederschlag mittels Mikrowellenaufschluss / Offener Aufschluss (ICP-MS)
<b>Probenahme</b>	Die Probenahme der Elemente in der Feinstaubfraktion PM <sub>10</sub> erfolgt als Tagesmittelwert. Der vorgeschaltete gröÙenselektierende Lußeinlass weist eine Abscheidewirksamkeit von 50 % für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm auf (PM <sub>10</sub> Einlass). Zur Bestimmung der Elemente im Feinstaub erfolgt die Probenahme auf Quarzfaserfilter.
<b>Messgerät</b>	Der Digital High-Volume-Sampler (DHA-80) erfüllt die Anforderungen an Äquivalenzsampler nach DIN/EN 12341. Das Gerät verfügt über einen automatischen Probenwechsler, so dass ohne Wartung 14 Tagesmittelwerte gewonnen werden können. Zusätzlich enthält das Gerät einen Filter zur Blindwertkontrolle. Der Filter hat einen Durchmesser von 150 mm. Der Volumenstrom wird konstant auf 30 m <sup>3</sup> /h geregelt. Die Gerätefunktion wird per Fernübertragung der Pumpenleistung kontrolliert.
<b>Analyse</b>	Die bestaubten Filter werden offen in oxidierendem Säuregemisch aufgeschlossen. Die Elementbestimmung erfolgt durch Massenspektrometrie im induktiv gekoppelten Plasma (ICP-MS).
<b>Nachweisgrenze</b>	Die relativen Nachweisgrenzen für dieses Verfahren liegen bei einem Probenahme-Volumen von 720 m <sup>3</sup> bei den nachstehend aufgeführten Werten. Arsen: 0,04 ng/m <sup>3</sup> Mangan: 0,03 ng/m <sup>3</sup> Blei: 0,2 ng/m <sup>3</sup> Nickel: 0,06 ng/m <sup>3</sup> Kadmium: 0,04 ng/m <sup>3</sup> Thallium: 0,005 ng/m <sup>3</sup> Chrom: 0,06 ng/m <sup>3</sup> Vanadium: 0,15 ng/m <sup>3</sup> Kobalt: 0,01 ng/m <sup>3</sup> Zink: 1 ng/m <sup>3</sup> Kupfer: 0,7 ng/m <sup>3</sup> Zinn: 1 ng/m <sup>3</sup>

### Foto der Messeinrichtung



© LUBW

## Messung von Ruß in der Partikel PM<sub>10</sub>-Fraktion

<b>Richtlinien</b>	VDI 2465 Blatt 2: Messen von Ruß (Immission) - Thermographische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes nach Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes; Ausgabedatum: 1999-05
<b>Probenahme</b>	Die Probenahme von Ruß in der Feinstaubfraktion PM <sub>10</sub> erfolgt als Tagesmittelwert. Der vorgeschaltete gröÙenselektierende Lufteinlass weist eine Abscheidewirksamkeit von 50 % für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm auf (PM <sub>10</sub> -Einlass). Zur Bestimmung von Ruß im Feinstaub erfolgt die Probenahme auf Quarzfaserfiltern.
<b>Messgerät</b>	Der Digital High-Volume-Sampler (DHA-80) erfüllt die Anforderungen an Äquivalenzsammler nach DIN/EN 12341. Das Gerät verfügt über einen automatischen Probenwechsler, so dass ohne Wartung 14 Tagesmittelwerte gewonnen werden können. Zusätzlich enthält das Gerät einen Filter zur Blindwertkontrolle. Der Filter hat einen Durchmesser von 150 mm. Der Volumenstrom wird konstant auf 720 m <sup>3</sup> /24 h geregelt. Die Gerätefunktion wird per Fernübertragung der Pumpenleistung kontrolliert.
<b>Analyse</b>	Die Bestimmung des Rußes als elementarer Kohlenstoff (EC) und organischer Kohlenstoff (OC) im abgeschiedenen Feinstaub erfolgt durch Verbrennen der Probe unter Sauerstoffatmosphäre und der IR-spektroskopischen Detektion des dabei gebildeten CO <sub>2</sub> . Das kohlenstoffspezifische Analyseverfahren der Infrarotspektroskopie erlaubt jedoch keine Unterscheidung zwischen organisch gebundenem (OC) und elementarem Kohlenstoff (EC). Die Spezifität des Verfahrens auf elementaren Kohlenstoff wird durch ein Zweiphasentemperaturprogramm erreicht. Im ersten Schritt wird der organisch gebundene Kohlenstoff zu CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O verbrannt. Dies lässt sich auch an dem Auftreten eines Wasserpeaks feststellen. Im zweiten Schritt wird der verbleibende Kohlenstoff bestimmt.
<b>Nachweisgrenze</b>	Die relative Nachweisgrenze für dieses Verfahren liegt bei einem Probevolumen von 720 m <sup>3</sup> bei 0,2 µg Kohlenstoff/m <sup>3</sup> .

### Foto der Messeinrichtung



## Messung von Benzo(a)pyren in der Partikel PM<sub>10</sub>-Fraktion

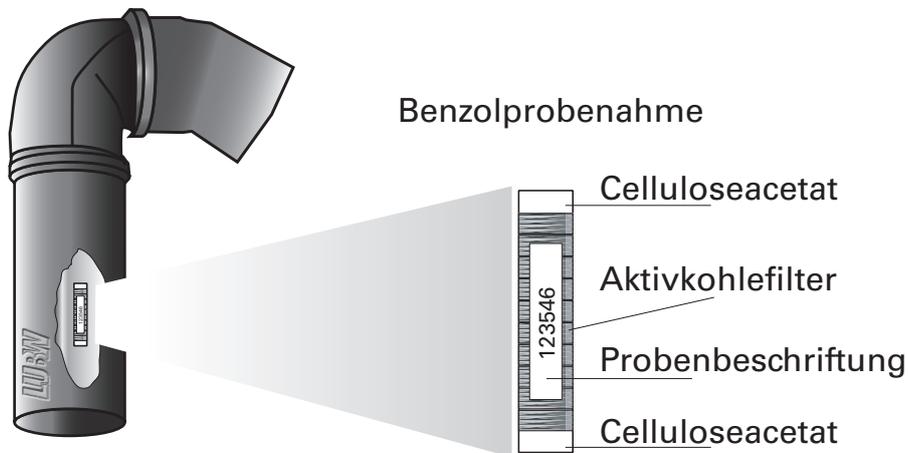
<b>Richtlinien</b>	DIN EN 15549: Luftbeschaffenheit - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft; Deutsche Fassung EN 15549:2008 DIN ISO 16362: Außenluft - Bestimmung partikelgebundener aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (ISO 16362:2005)
<b>Probenahme</b>	Die Probenahme von PAK in der Feinstaubfraktion PM <sub>10</sub> erfolgt als Wochenwert. Dies bedeutet, dass aus den Filtern einer Woche eine Sammelprobe erstellt und analysiert wird. Der vorgeschaltete grössenselektierende Lufteinlass weist eine Abscheidewirksamkeit von 50 % für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm auf (PM <sub>10</sub> -Einlass).
<b>Messgerät</b>	Der Digital High-Volume-Sampler (DHA-80) erfüllt die Anforderungen an Äquivalenzsammler nach DIN/EN 12341. Das Gerät verfügt über einen automatischen Probenwechsler, so dass ohne Wartung 14 Tagesmittelwerte gewonnen werden können. Zusätzlich enthält das Gerät einen Filter zur Blindwertkontrolle. Der Filter hat einen Durchmesser von 150 mm. Der Volumenstrom wird konstant auf 720 m <sup>3</sup> /24 h geregelt. Die Gerätefunktion wird per Fernübertragung der Pumpenleistung kontrolliert.
<b>Analyse</b>	B(a)P und andere PAK werden aus einem Teilfilter der Probenahme analysiert. Die auf dem Filter gesammelten PAK werden mit Toluol heiß extrahiert. Dabei werden die PAK aus den Feinstaubpartikeln gelöst. Die Bestimmung erfolgt mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC).
<b>Nachweisgrenze</b>	Die Nachweisgrenze für B(a)P und ähnliche PAK liegt bei 0,05 ng/m <sup>3</sup> .
<b>Foto der Messeinrichtung</b>	



## Messung von Benzol mit Passivsammlern

<b>Richtlinien</b>	DIN EN 14662-5: Luftbeschaffenheit - Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen - Teil 5: Diffusionsprobenahme mit anschließender Lösemitteldesorption und Gaschromatographie; Deutsche Fassung EN 14662-5:2005 Verfahrensanweisung der LUBW: 504-722112-7 - Bestimmung von leicht- und mittelflüchtigen Kohlenwasserstoffen nach Probenahme mittels ORSA-Passivsammlern
<b>Probenahme</b>	Die Probenahme erfolgt durch Diffusion von Benzol durch Celluloseacetat in ein Glasröhrchen und anschließender Adsorption an Aktivkohle.
<b>Messgerät</b>	Das ORSA 5 besteht aus einem beidseitig offenen Glasröhrchen, das mit Aktivkohle gefüllt ist. An den Röhrchenöffnungen befindet sich jeweils eine Diffusionsstrecke aus Celluloseacetat. Umgebungsluft diffundiert in das Röhrchen, wo Benzol an der Aktivkohle adsorbiert wird.
<b>Analyse</b>	Das adsorbierte Benzol wird mit Kohlenstoffdisulfid von der Aktivkohle eluiert und anschließend nach kapillargaschromatographischer Auftrennung mit dem Flammenionisationsdetektor (FID) über die Retentionszeit identifiziert. Die Quantifizierung erfolgt über Peakflächenvergleich mit internen Standards.
<b>Nachweisgrenze</b>	Die Nachweisgrenze für das Verfahren liegt bei einer Sammelzeit von einer Woche bei $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Foto der Messeinrichtung



## 5.4 Quellenverzeichnis

[1999/96/EG]:

Richtlinie 1999/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 1999 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftgetragener Partikel aus Selbstzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und die Emission gasförmiger Schadstoffe aus mit Erdgas oder Flüssiggas betriebenen Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 88/77/EWG des Rates

[2005/55/EG]:

Richtlinie 2005/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. September 2005 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Selbstzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und die Emission gasförmiger Schadstoffe aus mit Flüssiggas oder Erdgas betriebenen Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen

[2005/78/EG]:

Richtlinie 2005/78/EG der Kommission vom 14. November 2005 zur Durchführung der Richtlinie 2005/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Selbstzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und die Emission gasförmiger Schadstoffe aus mit Flüssiggas oder Erdgas betriebenen Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und zur Änderung ihrer Anhänge I, II, III, IV und VI

[2007/46/EG]:

Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge

[2008/50/EG]:

Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa

[2009/595/EG]:

Verordnung (EG) Nr. 595/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2009 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Motoren hinsichtlich der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen (Euro VI) und über den Zugang zu Fahrzeugreparatur- und -wartungsinformationen, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 und der Richtlinie 2007/46/EG sowie zur Aufhebung der Richtlinien 80/1269/EWG, 2005/55/EG und 2005/78/EG

[2011/582/EG]:

Verordnung (EU) Nr. 582/2011 der Kommission vom 25. Mai 2011 zur Durchführung und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 595/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen (Euro VI) und zur Änderung der Anhänge I und III der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

[39. BImSchV]:

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065) in Kraft getreten am 6. August 2010

[88/77/EWG]:

Richtlinie des Rates vom 3. Dezember 1987 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe aus Dieselmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen (88/77/EWG)

[91/441/EWG]:

Richtlinie des Rates vom 26. Juni 1991 zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen (91/441/EWG)

[91/542/EWG]:

Richtlinie des Rates vom 1. Oktober 1991 zur Änderung der Richtlinie 88/77/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe aus Dieselmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen (91/542/EWG)

[94/12/EG]:

Richtlinie 94/12/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG

[98/69/EG]:

Richtlinie 98/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG des Rates

[BImSchG]:

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I, S. 3830) zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I, Nr. 57, S. 2178) in Kraft getreten am 1. Dezember 2011

[EG/566/2011]:

Verordnung (EU) Nr. 566/2011 der Kommission vom 8. Juni 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge

[EG/692/2008]:

Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission vom 18. Juli 2008 zur Durchführung und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6)

und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge

[EG/715/2007]:

Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge

[EU/2016/427]:

Verordnung (EU) 2016/427 der Kommission vom 10. März 2016 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 6)

[EU/2016/646]:

Verordnung (EU) 2016/646 der Kommission vom 20. April 2016 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 6)

[EU/2017/1151]:

Verordnung (EU) 2017/1151 der Kommission vom 1. Juni 2017 zur Ergänzung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Fahrzeugreparatur- und -wartungsinformationen, zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission sowie der Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission

[EU/459/2012]:

Verordnung (EU) Nr. 459/2012 der Kommission vom 29. Mai 2012 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 6)

[HBEFA 3.3]

Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs,  
Version 3.3, April 2017, [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)

[LUBW 2006]:

Spotmessungen ab dem Jahr 2007 – Voruntersuchungen  
2006, Bericht der LUBW, Karlsruhe, 2006

[LUBW 2010]:

Pflicht-Luftmessnetz, Bericht der LUBW vom 6. Mai  
2010, intern

[LUBW 2015]:

Spotmessungen ab dem Jahr 2016 – Aktualisierung der  
Prioritätenliste, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Dezember  
2015

[LUBW 2017-1]:

Beiträge von Streusalz und natürlichen Quellen zu den  
Partikel  $PM_{10}$ -Immissionen in Baden-Württemberg -  
Kurzbericht für das Jahr 2016, Bericht der LUBW, Karlsruhe,  
April 2017

[LUBW 2017-2]:

Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg – Grundla-  
genband 2016, Bericht der LUBW, Karlsruhe, Dezember  
2017

[StaLa 2017-1]:

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart,  
[http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/  
KFZBelastung/LRt1503.jsp](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/KFZBelastung/LRt1503.jsp), zuletzt abgerufen am  
17.08.2017

[StaLa 2017-2]:

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart,  
[http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/  
KFZBelastung/v5a01.jsp](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Verkehr/KFZBelastung/v5a01.jsp), zuletzt abgerufen am 17.08.2017

[StaLa 2017-3]:

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart,  
[http://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/v5c01.  
jsp](http://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/v5c01.jsp), zuletzt abgerufen am 18.09.2017

## 5.5 Glossar

Es sind nur die Abkürzungen und Begriffe aufgeführt, die im Bericht nicht ausführlich erläutert wurden.

**mg/m<sup>3</sup>**: Milligramm pro Kubikmeter (0,001 g)

**µg/m<sup>3</sup>**: Mikrogramm pro Kubikmeter (0,000001 g)

**ng/m<sup>3</sup>**: Nanogramm pro Kubikmeter (0,000000001 g)

### **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<sup>3</sup>, welche die gleiche Sinkgeschwindigkeit in Luft wie der Partikel hat.

### **DEBW<sub>xxx</sub>:**

Stationscode nach Formular 3 der jährlichen Meldung an das Umweltbundesamt (DE: Deutschland, BW: Baden-Württemberg)

**DTV:** Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

**JMW:** Jahresmittelwert

**Kfz:** Kraftfahrzeug

**INfz:** leichtes Nutzfahrzeug

**MP:** Messpunkt

**MESZ:** Mitteleuropäische Sommerzeit

**MEZ:** Mitteleuropäische Zeit („Winterzeit“)

**Pkw:** Personenkraftwagen

### **PM<sub>10</sub>:**

Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 Prozent aufweist.

### **PM<sub>2,5</sub>:**

Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 Prozent aufweist.

**PMP:** Profilmesspunkt

**RMP:** Referenzmesspunkt

**sNfz:** schweres Nutzfahrzeug

**TMW:** Tagesmittelwert

### **ÜTMW:**

Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes

### **Ü1hMW:**

Anzahl der Überschreitungen des Einstundenmittelwertes

**VMS:** Verkehrsmessstation





