

chungspunkten im Untersuchungsgebiet unterschritten. Die in den betrachteten Planungsfällen an beurteilungsrelevanten Untersuchungspunkten berechneten NO_2 -Immissionen im Jahresmittel sind als leicht erhöht bis hoch einzustufen. Die für die Untersuchungsfälle prognostizierten 98-Perzentilwerte der NO_2 -Immissionen erreichen an der straßennächsten Bebauung bis $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die prognostizierten 98-Perzentilwerte der NO_2 -Immissionen liegen in allen Untersuchungsfällen an allen Untersuchungspunkten größtenteils deutlich unter $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es treten also keine Überschreitungen des Äquivalentwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei den 98-Perzentilwerten auf. Der Grenzwert für die NO_2 -Kurzzeitbelastung ist in den Untersuchungsfällen unterschritten. Auf eine weitere Darstellung der 98-Perzentilwerte der NO_2 -Immissionen wird daher verzichtet.

6.2 Feinstaubimmissionen

Abb. 6.6 und **Abb. 6.10** zeigen die für die Prognose 2025 berechneten PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) des jeweiligen Betrachtungsfalles. Für den Vergleich der Varianten zeigt **Tab. 6.2** eine Gegenüberstellung der PM10-Immissionen an ausgewählten Untersuchungspunkten, deren Lage in **Abb. 2.1** markiert ist.

Untersuchungspunkt	Immissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Anzahl Überschreitungen				
	PM10-Jahresmittel					PM10-Tagesmittel > $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$				
	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)	Planungsfall 2.2	Planungsfall 2.3	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)	Planungsfall 2.2	Planungsfall 2.3
1	22	22	22	22	22	15	15	15	15	15
2	52	33	32	33	32	>50	>50	48	>50	48
3	24	24	24	26	24	20	20	20	26	20
4	25	25	26	24	24	23	23	26	20	20
5	29	27	31	25	25	36	29	44	23	23
Grenzwert bzw. Anzahl Überschreitungen										
	40					35				

Tab. 6.2: Immissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Prognose 2025 an den ausgewählten Untersuchungspunkten im Untersuchungsgebiet. Lage der Untersuchungspunkte siehe **Abb. 2.1**.

Entsprechend der 22. BImSchV ist für PM10 ab dem Jahr 2005 ein Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel gültig. Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel von PM10 ist in

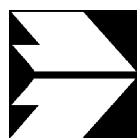
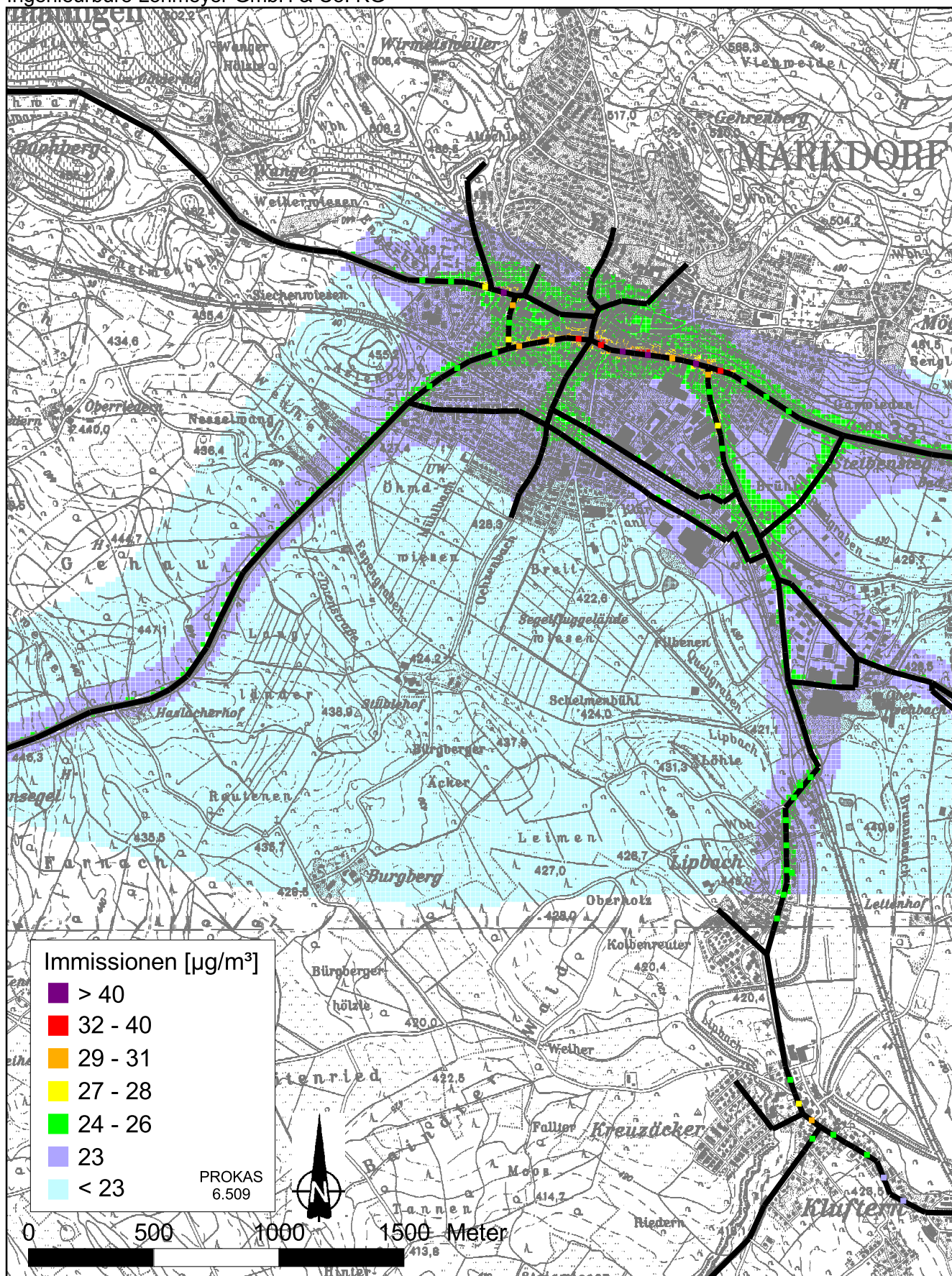


Abb. 6.6: PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall 2025

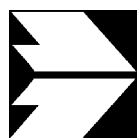
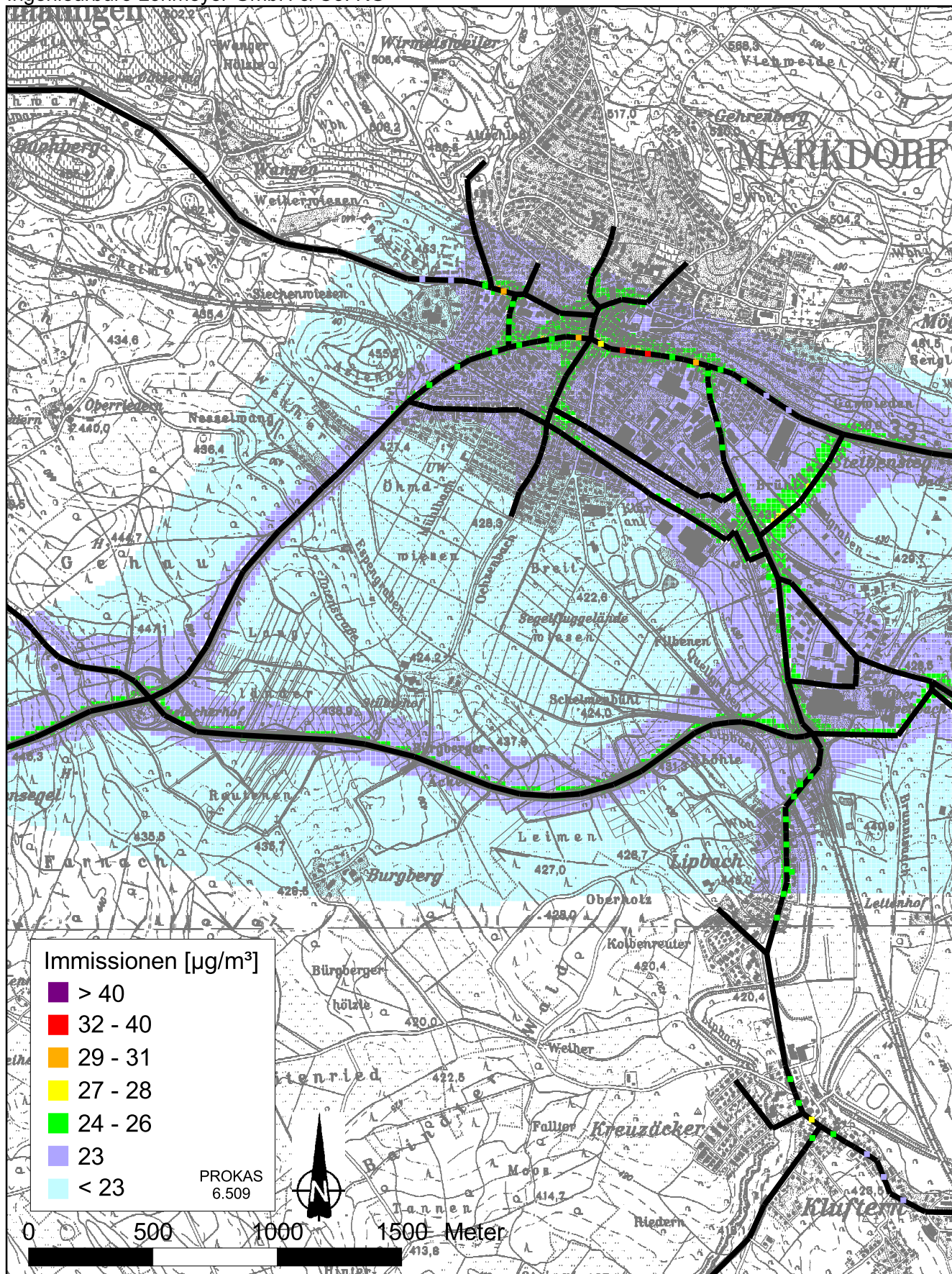


Abb. 6.7: PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 1.2 (LV) 2025

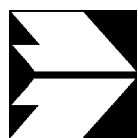
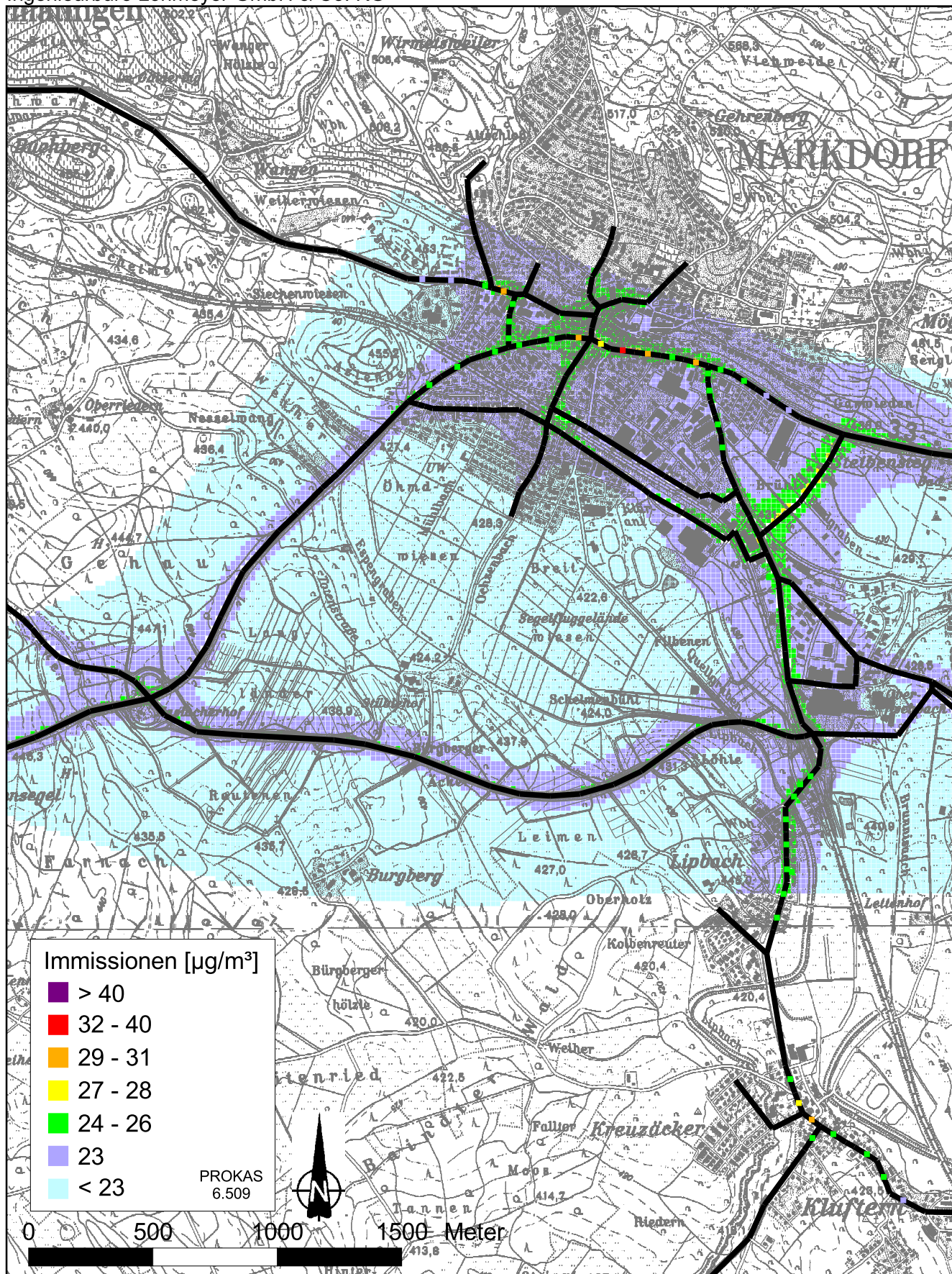


Abb. 6.8: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 1.2 (oK) 2025

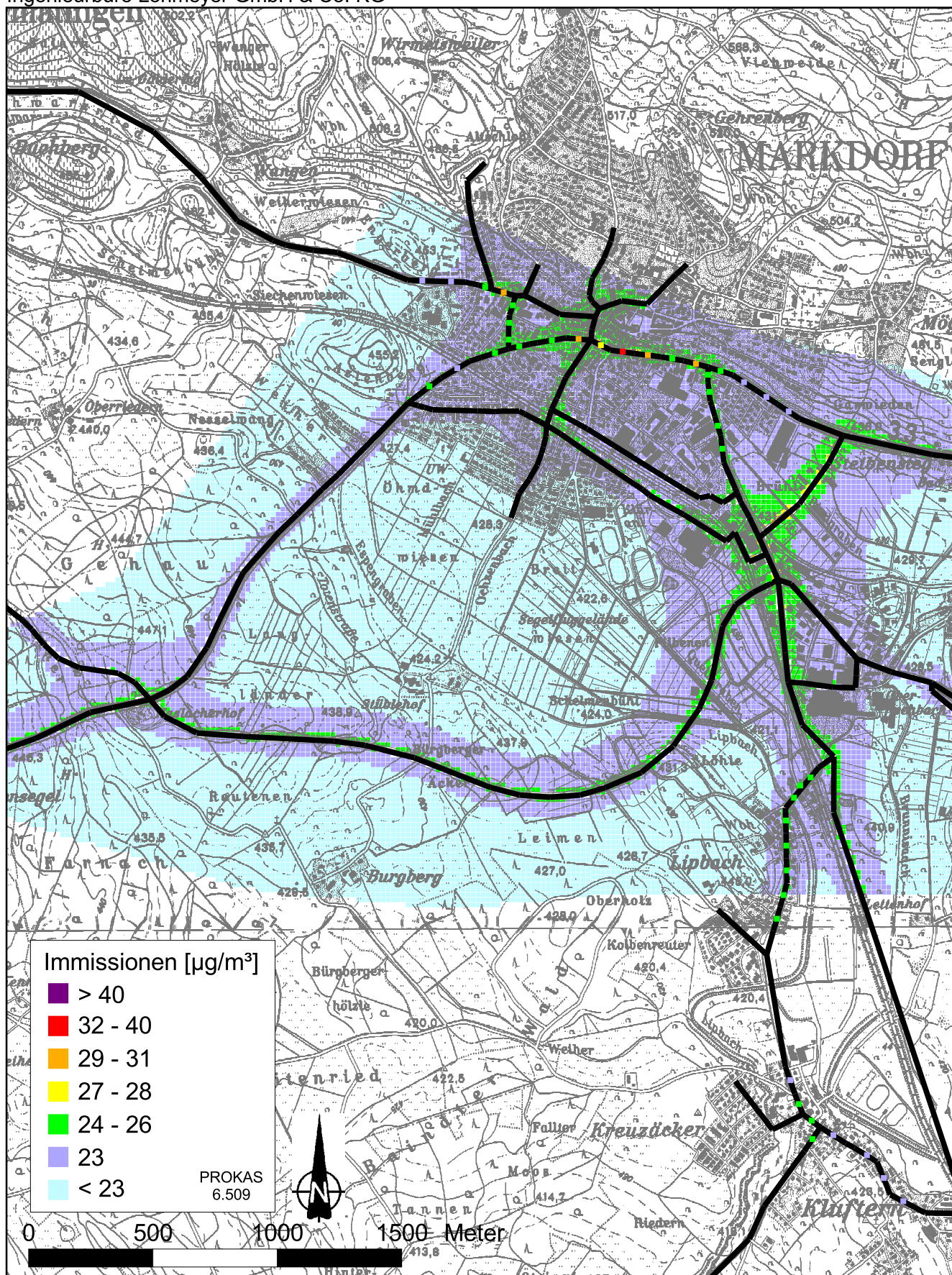


Abb. 6.9: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 2.2 2025

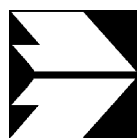
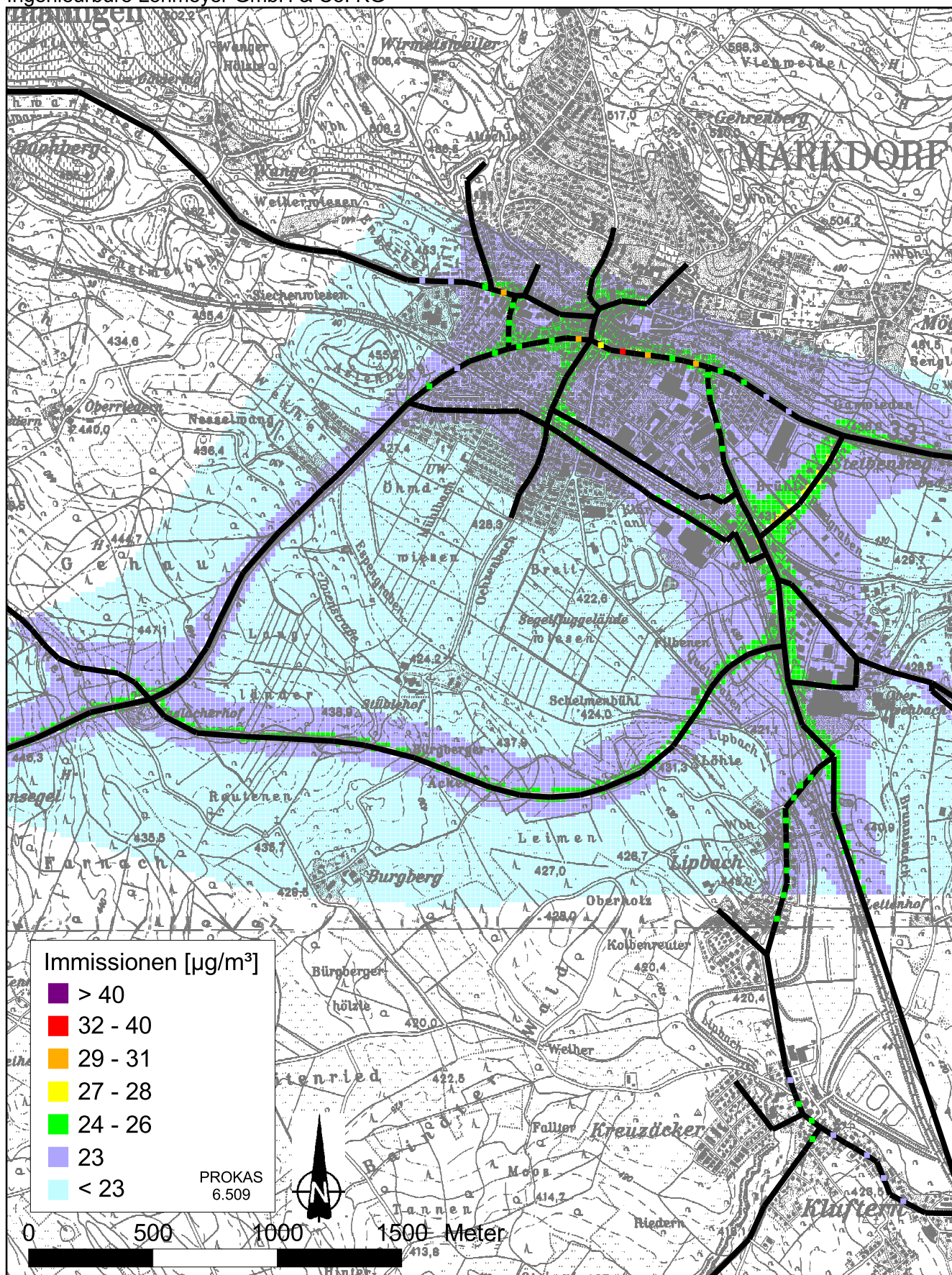


Abb. 6.10: PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Untersuchungsgebiet für den Planungsfall 2.3 2025

der 22. BImSchV auch ein 24-Stunden-Grenzwert für Partikel (PM₁₀) von 50 µg/m³ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Mehr als 35 Überschreitungen werden für PM₁₀-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m³ abgeleitet. Der Äquivalentwert ist wie in Abschnitt 3.3 beschrieben mit Sicherheiten versehen.

In den betrachteten Untersuchungsfällen werden die höchsten PM₁₀-Immissionen im Jahresmittel entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf festgestellt. Im Prognosenullfall (siehe **Abb. 6.6**) werden entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf PM₁₀-Immissionen bis 52 µg/m³ im Jahresmittel berechnet (Punkt 2 siehe **Tab. 6.2**). Der Grenzwert der 22. BImSchV von 40 µg/m³ wird dort deutlich überschritten. An der Ortsdurchfahrt Kluftern werden im Prognosenullfall PM₁₀-Immissionen bis 29 µg/m³ im Jahresmittel berechnet (Punkt 5) und an der Ortsdurchfahrt Lippach bis 25 µg/m³ im Jahresmittel (Punkt 4). Abgesehen von den straßen nahen Untersuchungspunkten in den Ortsdurchfahrten sind die PM₁₀-Immissionen im Untersuchungsgebiet im Sinne der **Tab. 3.2** als leicht erhöht einzustufen.

Die in allen betrachteten Planungsfällen (siehe **Abb. 6.7** bis **Abb. 6.10**) prognostizierten PM₁₀-Immissionen im Jahresmittel sind in der Ortsdurchfahrt von Markdorf deutlich geringer als im Prognosenullfall. Maximal werden in den betrachteten Planungsfällen entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf PM₁₀-Immissionen von 33 µg/m³ im Jahresmittel erreicht (Punkt 2).

In der Umgebung der geplanten Trassenverläufe werden die PM₁₀-Immissionen im Jahresmittel gegenüber dem Prognosenullfall erhöht. In beurteilungsrelevanten Bereichen entlang der geplanten Trasse der OU Markdorf werden jedoch dem Prognosenullfall vergleichbare PM₁₀-Immissionen von 22 µg/m³ im Jahresmittel berechnet (Punkt 1). Am Punkt 3 werden mit Ausnahme des Planungsfalls 2.2 dem Prognosenullfall vergleichbare PM₁₀-Immissionen von 24 µg/m³ im Jahresmittel berechnet. Im Planungsfall 2.2 werden dort gegenüber dem Prognosenullfall erhöhte PM₁₀-Immissionen bis 26 µg/m³ im Jahresmittel prognostiziert.

Mit Ausnahme des Planungsfalls 1.2 (oK) sind die in der Ortsdurchfahrt Kluftern im Planungsfall berechneten PM₁₀-Immissionen im Jahresmittel deutlich geringer als im Prognosenullfall. Im Planungsfall 1.2 (LV) werden an der Ortsdurchfahrt Kluftern gegenüber dem Prognosenullfall reduzierte PM₁₀-Immissionen bis 27 µg/m³ im Jahresmittel berechnet und in den Planungsfällen 2.2 und 2.3 bis 25 µg/m³ im Jahresmittel (Punkt 5). Im Planungsfall 1.2 (oK) werden an der Ortsdurchfahrt Kluftern gegenüber dem Prognosenullfall erhöhte PM₁₀-Immissionen bis 31 µg/m³ im Jahresmittel prognostiziert. An der Ortsdurchfahrt Lip-

pach werden im Planungsfall 1.2 (oK) gegenüber dem Prognosenullfall etwas erhöhte PM10-Immissionen bis $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel prognostiziert und in den übrigen betrachteten Planungsfällen gegenüber dem Prognosenullfall vergleichbare oder reduzierte PM10-Immissionen.

Der ab 2005 gültige Immissionsgrenzwert der 22. BImSchV für PM10 von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird in allen betrachteten Planungsfällen an beurteilungsrelevanten Untersuchungspunkten im Untersuchungsgebiet unterschritten. In beurteilungsrelevanten Bereichen wie straßennaher Wohnbebauung entlang der Ortsdurchfahrten Markdorf und Kluftern wird der Äquivalentwert für die maximalen PM10-Tagesmittel teilweise erreicht und überschritten. Eine Unterschreitung der Anzahl der zulässigen Überschreitungen des Grenzwertes für den PM10-Tageswert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und folglich die Einhaltung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes der 22. BImSchV ist somit nicht in allen Bereichen straßennaher Wohnbebauung sicher gegeben. Der Äquivalentwert ist wie in Abschnitt 3.3 beschrieben mit Sicherheiten versehen. Unter Berücksichtigung der wahrscheinlichsten Prognose (best fit-Funktion) wird die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes nach **Abb. 3.1** bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet. Nach dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) vorgeschlagenen Vorgehen wird für einen PM10-Jahresmittelwert zwischen $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes möglicherweise nicht eingehalten (LUA NRW, 2006).

6.3 Prognosejahr der Fertigstellung der Ortsumfahrung

Die Fertigstellung der Ortsumfahrung ist voraussichtlich für das Jahr 2012 vorgesehen. Die Auswirkungen der Planungen für das Prognosejahr 2012 sind für ausgewählte Untersuchungsfälle an den exemplarischen Untersuchungspunkten in **Tab. 6.3** dargestellt. Die Lage der ausgewählten Untersuchungspunkten ist in **Abb. 2.1** markiert.

Die vom Umweltbundesamt im Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (UBA, 2004) veröffentlichten Emissionsfaktoren berücksichtigen für das jeweils zu betrachtende Bezugsjahr u. a. die sich fortlaufend ändernde Fahrzeugflotte sowie einen jeweils bestimmten Stand der Technik wie z. B. EURO 2, 3, etc. Die spezifischen Emissionen der Kraftfahrzeuge nehmen damit mit steigendem Prognosehorizont ab. Diese Entwicklung verläuft gegenläufig zu der jährlichen Verkehrsentwicklung infolge Motorisierungs- und Einwohnerzu-

wachs. Für den betrachteten Schadstoff NO_x überwiegt die Emissionsreduktion aufgrund der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte. Damit werden für das Jahr 2012 für den betrachteten Schadstoff NO_x die maximal zu erwartenden verkehrsbedingten Schadstoffbelastungen ermittelt.

Untersuchungspunkt	Immissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$									Anzahl Überschreitungen		
	NO_2 -Jahresmittel			NO_2 -98-Perzentil			PM10-Jahresmittel			PM10-Tagesmittel > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)	Prognosenullfall	Planungsfall 1.2 (LV)	Planungsfall 1.2 (oK)
1	22	24	23	56	57	56	22	22	22	15	15	15
2	57	38	36	108	74	72	51	32	32	>50	48	48
3	27	26	27	65	63	63	24	24	24	20	20	20
4	30	28	31	65	60	64	25	24	25	23	20	23
5	39	32	40	80	66	79	29	27	30	36	29	40
Grenzwert, Äquivalentwert bzw. Anzahl Überschreitungen												
	40			130			40			35		

Tab. 6.3: Immissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Prognose 2012 an den ausgewählten Untersuchungspunkten im Untersuchungsgebiet. Lage der Untersuchungspunkte siehe **Abb. 2.1**.

Für das Prognosejahr 2012 werden gegenüber dem Jahr 2025 gleiche oder erhöhte NO_2 -Immissionen prognostiziert. Im Prognosenullfall werden entlang der Ortsdurchfahrt von Markdorf für das Jahr 2012 NO_2 -Immissionen bis 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet (Punkt 2 siehe **Tab. 6.3**). In den betrachteten Planungsfällen wird der Grenzwert der 22. BImSchV von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an keinem der ausgewählten Untersuchungspunkte überschritten. Im Planungsfall 1.2 (oK) werden an der Ortsdurchfahrt Kluftern im Jahr 2012 NO_2 -Immissionen bis 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet (Punkt 5).

Für 2012 werden gegenüber dem Jahr 2025 gleiche oder etwas erniedrigte PM10-Immissionen berechnet.

6.4 Schlussfolgerung

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass mit der hier betrachteten geplanten Ortsumfahrung von Markdorf eine deutliche Entlastung der Ortsdurchfahrt Markdorf von den straßenverkehrsbedingten Schadstoffbelastungen zu erwarten ist. Dies ist aus lufthygienischer Sicht positiv zu bewerten. Im Prognosenullfall ergeben die Berechnungen auf Grundlage der Verkehrsprognosen für das Jahr 2025 sowie für das Prognosejahr 2012, dass dort die Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ im Jahresmittel und für PM10 im Jahresmittel teilweise überschritten sind. Des Weiteren ist die Einhaltung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes nicht in allen Bereichen straßennaher Bebauung gegeben. In den betrachteten Planungsfällen werden entlang der Ortsdurchfahrt Markdorf in etwa vergleichbare Entlastungen berechnet. Auch in den betrachteten Planungsfällen wird trotz reduzierter Immissionen nicht in allen Bereichen straßennaher Bebauung der PM10-Kurzzeitgrenzwert sicher eingehalten.

Im Nahbereich der geplanten Trasse ist eine Erhöhung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen zu erwarten; die in diesen Bereichen prognostizierten Konzentrationswerte unterschreiten die gültigen Beurteilungswerte der jeweiligen Luftschadstoffe dabei deutlich. Der Planungsfall 1.2 (LV) ist dort unter den Planungsfällen der günstigste.

Mit Ausnahme des Planungsfalls 1.2 (oK) sind in den weiteren betrachteten Planungsfällen auch an den Ortsdurchfahrten Kluftern und Lippach Entlastungen von den straßenverkehrsbedingten Schadstoffbelastungen zu erwarten. Die Einhaltung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes ist entlang der Ortsdurchfahrt Kluftern im Prognosenullfall und im Planungsfall 1.2 (oK) nicht in allen Bereichen straßennaher Bebauung sicher gegeben.

7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12. Juni 2007.
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004.
- Bächlin, W., Bösing, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
- EG-Richtlinie 96/62/EG (1996): Richtlinie des Rates der Europäischen Union vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 27.11.1996, Nr. L 296/55.
- EG-Richtlinie 99/30/EG (1999): Richtlinie des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 29.06.1996, Nr. L 163/41.

EG-Richtlinie 2000/69/EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 13.12.2000, Nr. L 313/12 ff.

EG-Richtlinie 2002/3/EG (2002): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 09.03.2002, Nr. L 67/14.

EG-Richtlinie 2004/107/EG (2005): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15.12.2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 26.01.2005, Nr. L23/3.

Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.

Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.

LAI (2004): Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe. Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), September 2004.

LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.

Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.

LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.

- LUBW (2000-2006): Jahresberichte und mehrjährige Datenreihen 2000 bis 2006 (auch im Internet). Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- MLuS 02 (2005): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung - MLuS 02 geänderte Fassung 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Bergisch Gladbach, April 2005.
- MODUS CONSULT (2007): Verkehrsuntersuchung B 31 OU Friedrichshafen, K 7743 OU Markdorf. Prognose-Nullfall und Planungsfälle, Straßenbelastung und Güterschwerverkehr 2025. MODUS CONSULT Ulm GmbH, Oktober 2007.
- MODUS CONSULT (2007a): Verkehrsuntersuchung K 7743 neu OU Markdorf. Verkehrsprognose Verkehrsaufkommen 2012. MODUS CONSULT Ulm GmbH, Dezember 2007.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/>.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

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

A N H A N G A1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF-
KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 22. BImSchV (2007) benannt, dort als Immissionswert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 und PM_{10} von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol, Blei und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 22. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 22. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 22. BImSchV (2007) werden auch Zielwerte für Arsen, Kadmium, Nickel und Ben-

zo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM10-Fraktion über ein Kalenderjahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	98-Prozent-Wert des Stundenmittelwertes	200 µg/m ³	bis 2009
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	ab 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	ab 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	ab 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	ab 2005
Blei	Jahresmittelwert	0.5 µg/m ³	ab 2005
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	ab 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 µg/m ³	ab 2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 22. BImSchV (2007) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität. Im Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz „Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind“ (LAI, 2004) werden Orientierungswerte für Sonderfallprüfungen, Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung und Beurteilungswerte Krebs erzeugender Luftschadstoffe (z. B. Benzol) angegeben. Für Benzol wird dort der Immissionswert der 22. BImSchV übernommen.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Schadstoffimmissionen

Die Europäische Union hat Beurteilungsmaßstäbe von Luftschadstoffimmissionen in mehreren Richtlinien definiert. Dazu gehört die (Rahmen-) Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (96/62/EG vom 27.09.1996) mit ihren Tochterrichtlinien (99/30/EG, 2000/69/EG, 2002/3/EG und 2004/107/EG). Während die Rahmenrichtlinie selbst keine Detailregelungen für einzelne Luftverunreinigungen, wie Grenzwerte oder Mess- und Überwachungsverfahren enthält, werden diese in den Tochterrichtlinien festgelegt.

Die 22. BImSchV stellt die rechtlich verbindliche Umsetzung der EG-Richtlinien dar. Eine Abweichung zwischen den EG-Richtlinien und der 22. BImSchV zeigt sich beispielsweise bei PM₁₀. Die in der EG-Richtlinie 99/30/EG genannten PM₁₀-Werte der 2. Stufe für das Jahr 2010 mit einem Jahresmittelwert von 20 µg/m³ und pro Jahr 7 Überschreitungen eines Tagesmittels von 50 µg/m³ sind nicht in die 22. BImSchV übernommen. Neuere Diskussionen auf EU-Ebene lassen eine Aufhebung der o. g. Stufe 2 für die PM₁₀-Grenzwerte sowie dafür die Einführung eines PM_{2.5}-Grenzwertes wahrscheinlich erscheinen.

A N H A N G A2

BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR

IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das Berechnungsverfahren PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996). Diese Vorgehensweise wurde durch Auswertungen von Messdaten der letzten Jahre bestätigt (Bächlin et al., 2006).

A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder vollständig geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A3.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	c	=	Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
	B	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A3.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A2.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite $\geq 5 \times$ Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil $\geq 61 \%$) erfüllt ist.

Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d. h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung ent-