

# JAHRESBERICHT 1999

## *ERGEBNISSE*

- *der Immissionsmessungen*
- *von Emissionsmessungen*
- *der Emissionserhebungen*
- *von Bodenuntersuchungen*

*Bericht im Auftrag des **Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg**; erstellt auf der Grundlage des Geschäftsbesorgungsvertrages vom Januar 1990*

*Karlsruhe, im Oktober 2000*

## **Impressum**

*Herausgeber und Bearbeitung:*  
*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und*  
*Umwelterhebungen mbH*  
*Großoberfeld 3*  
*76135 Karlsruhe*  
*www.umeg.de*

*Druck :*  
*Heinz W. Holler Druck und Verlag GmbH*  
*Killisfeldstraße 51*  
*76227 Karlsruhe*

*gedruckt auf RC-Papier aus 100% Altpapieranteilen*

*Druckdatum: November 2000*

*UMEG-Jahresbericht 1999*

*Informationsdienste:*

*- Aktuelle Luftqualitätswerte:*

- *http://www.umeg.de*
- *T-Online, Seite 67899*
- *Südwest-Text Tafel 176*

*- Ozonansagedienst:*

- *Rufnummer 0721/751076*  
*von Mai bis September*

*Kartengrundlage:*

- *Digitale Rasterdaten der Topographischen Karte*  
*1:100 000, Ausschnitt aus den Blättern: TK 100*  
*C7118, C7122, C7518 und C7522*

*Herausgegeben vom*

*Landesvermessungsamt Baden-Württemberg*  
*(http://www.lv-bw.de)*

*Genehmigung unter AZ 2851.2-D/708*

*Thematische Ergänzungen durch die*  
*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und*  
*Umwelterhebungen mbH*

## ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Jahresbericht gibt eine Übersicht über die Luftqualität in Baden-Württemberg im Jahr 1999 und ihre zeitliche Entwicklung. Weiterhin wird auf Feinstaubmessungen bei Holzfeuerungen und die Entwicklung der Emissionen bei Kleinfeuerungsanlagen, Verkehr sowie Industrie und Gewerbe in Baden-Württemberg von 1980 bis 2000 eingegangen.

### **Immission**

Bei Schwefeldioxid wurden nur vereinzelt Überschreitungen von Beurteilungskriterien registriert. Die Abnahme der Schwefeldioxidkonzentrationen hat sich fortgesetzt, obwohl das Niveau bereits seit Jahren sehr niedrig ist.

Die Stickstoffdioxidkonzentrationen zeigten dagegen nur bis 1993 bzw. 1994 eine geringfügige Abnahme, seither blieben sie auf gleichem Niveau. Die mit Abstand höchsten Werte und die häufigsten Überschreitungen von Bezugswerten wurden für Stickstoffdioxid an den Verkehrsmessstationen bzw. an stark verkehrsbeeinflussten Stationen gemessen.

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen weisen eine geringfügig, durch die Witterung der einzelnen Jahre modifizierte, stetige Abnahme der Konzentrationen auf.

1999 war ein Jahr mit vergleichsweise niedrigen Spitzenwerten der Ozonbelastung, die Dauer von Überschreitungen der verschiedenen Schwellenwerte war die geringste seit 1990. Die Jahresmittelwerte waren geringfügig höher als in den vorausgegangenen Jahren.

Wie bei den Stickstoffdioxidkonzentrationen, wurden auch bei den Kohlenwasserstoffkonzentrationen die höchsten Werte an den Straßenmesspunkten in den großen Städten gemessen. Der Messpunkt Karlsruhe-West fiel durch sein erhöhtes Toluol : Benzol-Verhältnis auf; hier machte sich der Einfluss eines Emittenten zusätzlich zum Verkehr bemerkbar.

Die Schwebstaubkonzentrationen bzw. ihre PM10-Fraktion waren an den Straßen- und Innenstadtmesspunkten am

höchsten. Zwischen den Konzentrationen des Schwebstaubes und denen der Inhaltsstoffe bestand ein genereller Zusammenhang. Abweichungen zeigten sich an industriebeeinflussten Standorten aber auch an Orten, an denen durch historischen Bergbau Schwermetalle im Boden angereichert sind. Die Messwerte der Radioaktivität waren ohne wesentliche Auffälligkeiten.

Der Staubniederschlag und die Nitratdeposition blieben auf gleichem Niveau wie in den Vorjahren, dagegen zeigte sich bei der Sulfatdeposition eine weitere Abnahme.

Bei Messungen zum Vollzug der 23. BImSchV an ausgewählten Stationen waren die Stickstoffdioxid-, und Benzolkonzentrationen eingehalten, bei Ruß kam es am Messpunkt Stuttgart-Mitte-Straße zu einer Überschreitung. Im Vergleich zu den Vorjahren ist bei Benzol eine deutliche Abnahme zu verzeichnen, bei Ruß und Stickstoffdioxiden zeigt sich keine signifikante Veränderung.

Die ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen wurden auf Einhaltung der EU- bzw. WHO-Leitwerte und der Grenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung überprüft. Bei Schwefeldioxid und Schwebstaub gab es einzelne Überschreitungen. Bei Stickstoffdioxid und Ozon wurden an vielen bzw. allen Stationen verschiedene dieser Beurteilungskriterien überschritten.

### **Emissionen von Holzfeuerungen**

Bei den Überlegungen über die Herkunft des Feinstaubes werden Holzfeuerungsanlagen wie alle Feststofffeuerungen als relevante Emittenten eingestuft. Im Rahmen des Forschungsvorhabens "Feinstaubuntersuchungen an Holzfeuerungen" wurden an ausgewählten Anlagen fraktionierende Messungen zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung im Abgas durchgeführt.

### **Emissionsentwicklung**

Über einen Zeitraum von 20 Jahren, von 1980 bis 2000, werden in Fünfjahresschritten die Emissionsentwicklungen für die Luftschadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (als NO<sub>2</sub>), CO, OGD und

Staub betrachtet.

Für die beiden Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr werden für jede Quellengruppe jeweils die Emissionsentwicklungen für einen mittleren Verdichtungsraum dargestellt. Die Daten für den mittleren Verdichtungsraum werden aus Ergebnissen von Untersuchungsgebieten in Baden-Württemberg gewonnen, die von der UMEG bearbeitet wurden.

Bei der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen liegen die Emissionsreduktionen von 1980 bis 1995 zwischen 20 % bei den Stickstoffoxiden bis zu 75 % bei Staub. Ausgehend von 1995 werden bis zum Jahr 2000 weitere Emissionsreduktionen in Bereichen zwischen 5 % für Schwefeldioxid und 17 % für Kohlenmonoxid erwartet. Die wesentlichen Gründe für diese Rückgänge sind der Ersatz emmissionsträchtiger Brennstoffe durch umweltverträglichere Energieträger (z. B. Umstellung von festen Brennstoffen auf Heizöl oder Erdgas), der Einsatz moderner, emissionsarmer Feuerungsanlagen mit hohem Wirkungsgrad, die kontinuierliche Reduktion des Schwefelgehalts im Heizöl sowie Maßnahmen zur Energieeinsparung.

Bedingt durch die Fahrleistungssteigerung kommt es bei der Quellengruppe Verkehr zwischen 1980 und 1985 zu Emissionssteigerungen bei allen Schadstoffen. Die größte Zunahme liegt bei Schwefeldioxid mit 16 %. Durch die Einführung des geregelten Katalysators für Pkw, die stufenweise Reduktion des Schwefelgehaltes im Kraftstoff, die Einführung von bleifreiem Ottokraftstoff und motorische und abgasseitige Verbesserungen an den Fahrzeugen konnten trotz weiter steigender Fahrleistungen die Schadstoffemissionen reduziert werden. So sind z. B. die Schwefeldioxidemissionen zwischen 1985 und 1995 um ca. 55 % gesunken. Ausgehend von 1995 wird bis zum Jahr 2000, je nach Schadstoff mit weiteren Reduktionen zwischen 21 % und 56 % gerechnet.

Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe wird die

Emissionsentwicklung landesweit für Baden-Württemberg gezeigt. Ausgehend von 1980 kommt es bei SO<sub>2</sub>, CO und Staub bis 1995 zu Emissionsreduktionen um ca. 80 %. Bei NO<sub>x</sub> und OGD liegen die Emissionsreduktionen im gleichen Zeitraum bei ca. 65 %. Diese Reduktionen sind bedingt durch die Umsetzung verschiedener gesetzlicher Vorschriften (betreffend z. B. Großfeuerungsanlagenverordnung, Altanlagenanierung nach TA-Luft, Gaspendelsysteme bei Tanklager, Gasrückführungssysteme bei Tankstellen, Produktionsreduktionen und Stilllegungen). Von 1995 bis 2000 wird ein weiterer Rückgang der Emissionen von bis zu 30 % in Abhängigkeit vom Luftschadstoff erwartet.

## **Boden**

Neben dem Betrieb der vier bestehenden Baden-Württembergischen Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen Forst, Wilhemsfeld, Baltmannsweiler und Kehl hat die UMEG im Jahr 1999 im Auftrag des Geologischen Landesamtes Bayern zwei neue Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen in Marktredwitz und Burghausen eingerichtet.

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg hat die UMEG im Jahr 1999 den Bodenzustandsbericht für den Großraum Stuttgart erstellt. In dem Bericht werden die aus 36 Projekten und teils laufenden Untersuchungsprogrammen vorhandenen Daten zu Schadstoffgehalten in Böden zusammengestellt, kartographisch dokumentiert und bewertet. Bei früheren Untersuchungen wurden in den Auen von Neckar, Enz, Glens und Rems sowie einiger Nebenflüsse lokal erhöhte Schwermetall-, PAK-, gelegentlich auch PCB- und DDT-Gehalte gefunden. Böden aus Stubensandstein, Schilfsandstein oder Kiesel-sandstein sind örtlich tiefgründig versauert. Die Cadmium- und Zinkbelastungen im Großraum Stuttgart werden größtenteils auf Klärschlammanwendungen vor mehr als 10 Jahren zurückgeführt. In den Oberböden des Großraums Stuttgart sind erhöhte Schadstoffgehalte vergleichbar häufig wie zum Beispiel im Großraum Mannheim/Heidelberg vorhanden.

# INHALTSVERZEICHNIS

<i>Zusammenfassung</i>	3
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	5
<i>1 Einleitung</i>	7
<i>2 Immissionsmessungen</i>	
<i>2.1 Beurteilungsgrundlagen für die Luftqualität</i>	9
<i>2.1.1 Beurteilungswerte</i>	9
<i>2.1.2 Meteorologische Größen im Jahr 1999</i>	16
<i>2.2 Messkonzeption und Durchführung der Immissionsmessungen</i>	22
<i>2.3 Ergebnisse der Immissionsmessungen</i>	24
<i>2.3.1 Ergebnisse der Messungen aus dem landesweiten Messnetz</i>	24
<i>2.3.1.1 Schwefeldioxid</i>	25
<i>2.3.1.2 Stickstoffoxide</i>	32
<i>2.3.1.3 Kohlenmonoxid</i>	39
<i>2.3.1.4 Ozon</i>	44
<i>2.3.1.5 Organische Luftschadstoffe</i>	56
<i>2.3.1.6 PM10-Fraktion des Schwebstaubes mit Inhaltsstoffen</i>	62
<i>2.1.3.7 Radioaktivität</i>	68
<i>2.3.2 Überprüfung der Messergebnisse von 1999 auf Einhaltung internationaler Bezugswerte</i>	71
<i>2.3.3 Staubniederschlag mit Inhaltsstoffen</i>	75
<i>2.3.4 Entwicklung der Konzentrationen von Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß an verkehrsexponierten Standorten</i>	79
<i>3 Feinstaubmessungen im Rauchgas von Holzfeuerungsanlagen</i>	
<i>3.1 Einführung</i>	82
<i>3.2 Aufgabenstellung</i>	83
<i>3.3 Messplanung</i>	83
<i>3.4 Messprogramm</i>	84
<i>3.5 Messtechnik</i>	84
<i>3.6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse</i>	85
<i>3.7 Messergebnisse</i>	86

4	<i>Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen im Zeitraum von 1980 - 2000</i>	
4.1	<i>Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen in Verdichtungsräumen von Baden-Württemberg in den Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr</i>	89
4.1.1	<i>Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen</i>	89
4.1.2	<i>Quellengruppen Verkehr</i>	90
4.2	<i>Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen landesweit in Baden-Württemberg in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe</i>	89
5	<i>Bodenmessungen und -erhebungen</i>	
5.1	<i>Intensiv-Bodendauerbeobachtung</i>	96
5.1.1	<i>Einleitung</i>	96
5.1.2	<i>Methode</i>	96
5.1.3	<i>Aufbau der bayerischen Messstellen und Entwicklungen</i>	96
5.2	<i>Bodenzustandserhebung Großraum Stuttgart - Schadstoffgehalte der Böden</i>	99
5.2.1	<i>Einleitung</i>	99
5.2.2	<i>Methoden</i>	99
5.2.3	<i>Ergebnisse und Schlussfolgerungen</i>	99
6	<i>Literaturverzeichnis</i>	109
A	<i>Anhang</i>	
A.1	<i>Stationsverzeichnisse</i>	113
A.2	<i>Erfasste Luftschadstoffe und angewandte Messverfahren</i>	117
A.3	<i>Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung</i>	118
A.4	<i>Dienste der Messnetzzentrale</i>	119

# 1 EINLEITUNG

Die Qualität der Luft wird durch eine Vielzahl der unterschiedlichsten Stoffe beeinträchtigt. Die Verunreinigungen können sowohl durch natürliche Ereignisse oder Prozesse (Vulkanausbrüche, Waldbrände, Verfaulung, etc.) als auch durch menschliche Aktivitäten (Energiegewinnung, industrielle Prozesse, Kraftfahrzeugverkehr, etc.) freigesetzt werden. In Gebieten mit so hoher Besiedlungs-, Industrie- und Verkehrsdichte wie in Mitteleuropa überwiegen die menschlichen Aktivitäten bei weitem als Verursacher der Luftverschmutzung. Luftverunreinigungen können auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Sachgüter schädigend wirken. Die Wirkungen der Luftschadstoffe auf den Menschen können von Belästigung (z.B. Gerüche) über reversible Beeinträchtigungen des Wohlbefindens bis zu irreversiblen Gesundheitsschäden reichen.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz hat den Zweck, den Menschen und seine Umgebung vor Schädigungen durch Immissionen, das sind Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und Strahlung, zu schützen. Außer auf den Schutz zielt das Gesetz darauf ab, schon der Entstehung dieser schädlichen Umwelteinflüsse vorzubeugen. Dazu enthält das Bundes-Immissionsschutzgesetz Regelungen für einen anlagen- und produktbezogenen Immissionsschutz und legt die Grundlage für eine umfassende, flächenbezogene und fortlaufende Überwachung der Luftqualität.

Baden-Württemberg hat zur Überwachung der Luftqualität ein Messnetz aus kontinuierlich arbeitenden Luftmessstationen aufgebaut. Es hat die Funktion eines Alarmsystems und ermöglicht außerdem, Entwicklungen der Immissionen über längere Zeiträume zu verfolgen.

Zusätzlich werden in den Ballungs- und Verdichtungsräumen sowie in anderen mutmaßlich höherbelasteten Regionen Baden-Württembergs Immissionsmessungen durchgeführt. Für die untersuchten Gebiete werden außerdem Emissionskata-

ster erstellt, deren Daten ebenfalls regelmäßig überprüft und fortgeschrieben werden.

Die Durchführung der Messungen richtet sich nach den zum Bundes-Immissionsschutzgesetz erlassenen Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften. Es handelt sich dabei um die

- Zweiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [22. BImSchV, 1994]
  - Dreiundzwanzigste Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [23. EBImschV, 1997]
  - Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (1. BImSchVwV; Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, TA Luft) [TA Luft, 1986]
  - Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [4. BImSchVwV, 1993]
- Die Vorgaben zur Erstellung der Emissionskataster finden sich in der
- Elften Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [11. BImSchV, 1991]
  - Fünften Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [5. BImSchVwV, 1993]

Mit der Durchführung der zur Luftüberwachung nötigen Messungen und Erhebungen in Baden-Württemberg beauftragte das Land die Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen (UMEG).

Der vorliegende Jahresbericht gibt einen Überblick über die im Jahr 1999 durchgeführten Luftqualitätsuntersuchungen und ihre Ergebnisse. Die Entwicklung der Luftqualität in Baden-Württemberg wird anhand von verschiedenen Zeitreihen beschrieben. Außerdem wird im vorliegenden Bericht die Entwicklung der Schadstoff-Emissionen in Verdichtungsräumen Baden-Württembergs dargestellt und von Bodenuntersuchungen und -erhebungen in Baden-Württemberg berichtet.

## 2 IMMISSIONSMESSUNGEN

### 2.1 Beurteilungsgrundlagen für die Luftqualität

#### 2.1.1 Beurteilungswerte

Für die Bewertung der Luftbelastung durch gas- und partikelförmige Schadstoffkomponenten steht eine Vielzahl verschiedener Beurteilungswerte zur Verfügung. Sie können zunächst in Beurteilungswerte zur Gefahrenabwehr hinreichend wahrscheinlicher Umweltschäden (Schutzprinzip) und in Werte zur Vorsorge vor möglichen Umweltschäden unterschieden werden. Dabei gehen letztere definitionsgemäß von einem niedrigeren tolerierbaren Immissionsniveau aus.

Neben der Unterscheidung nach Schutz- und Vorsorgeprinzip stellt das bei den Beurteilungswerten betrachtete Schutzgut ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Beurteilungswerte dar. Als Schutzgüter werden bezeichnet:

- menschliche Gesundheit und menschliches Wohlbefinden - Schutzgut Mensch
- ökologische Systeme - Schutzgüter: Tier, Pflanze, Boden, Biotope und Biozöten
- Sachgüter und materielles Erbe

Die Höhe der Beurteilungswerte orientiert sich am betrachteten Schutzgut und der angesetzten Wirkungsschwelle des jeweiligen Stoffes. So reagieren beispielsweise bestimmte Pflanzen schon bei vergleichsweise „niedrigen“ Ozonkonzentrationen, die vom Menschen und Tieren noch ohne erkennbare Reaktionen toleriert werden, mit sichtbaren Blattschädigungen. Andererseits wirken sich die meisten bei Mensch und Tier als krebserzeugend bekannten Schadstoffkomponenten auf die Gesundheit von Pflanzen nicht aus.

Um den unterschiedlichen Wirkungsmechanismen der Luftschadstoffe gerecht zu werden, sind Beurteilungs-

oder Grenzwerte in Langzeit- und Kurzzeitwerte unterschieden. Kurzzeitwerte beziehen sich auf kurzzeitig auftretende Konzentrationsspitzen und sind z. B. als Stunden- oder Tagesmittelwerte oder auch als 95- oder 98-Perzentil der Summenhäufigkeit der gemessenen 1/2-Stundenwerte definiert. Mit Langzeitwerten, z. B. dem Jahresmittelwert, wird der langfristigen Schädigung eines Schutzgutes durch dauerhafte Einwirkung eines Schadstoffs Rechnung getragen.

Zur Bewertung von Schadstoffkonzentrationen in der Luft wurden in Deutschland ursprünglich die Immissionswerte der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft“ herangezogen. Inzwischen ist die Bewertung weitgehend durch Luftqualitätsstandards geregelt, die von der Europäischen Union festgelegt und in innerstaatliches Recht überführt wurden oder werden. Dabei waren zunächst vier Richtlinien rechtlich von Bedeutung:

- Richtlinie 80/779/EWG über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebstaub
- Richtlinie 82/884/EWG betreffend einen Grenzwert für den Bleigehalt der Luft
- Richtlinie 85/203/EWG über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid
- Richtlinie 92/72/EWG über die Luftverschmutzung durch Ozon

Gegenstand der ersten drei Richtlinien ist in erster Linie die Festsetzung von Grenz- und Leitwerten für die jeweils genannten Schadstoffe. Die Ozonrichtlinie soll darüber hinaus die Überwachung der Luftverschmutzung durch Ozon, den Austausch von diesbezüglichen Informationen und die Unterrichtung der Bevölkerung innerhalb der EU vereinheitlichen. Außerdem nennt sie Schwellenwerte für die Information/Warnung der Bevölkerung, die helfen sollen, die Beeinträchtigungen der Gesundheit „in Grenzen zu halten“.

Die vier genannten Richtlinien sind in Deutschland durch die 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - 22. BImSchV vom 26.10.1993 und in nationales Recht umgesetzt. Die Immissionswerte der 22. BImSchV sind in den Tabellen 2.1-1 und 2.1-2 zusammengestellt.

Mit der Belastung durch verkehrstypische Luftschadstoffe beschäftigt sich die „23. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchV“ [23. BImSchV, 1997]. Sie legt für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß Prüfwerte fest, die an stark verkehrsbelasteten Straßen und Verkehrsknotenpunkten einzuhalten sind. Bei Überschreitung der Prüfwerte können von den zuständigen Behörden verkehrsregulierende Maßnahmen geprüft und angeordnet werden. Die

Messung dieser Luftschadstoffe soll punktbezogen an Orten der mutmaßlich höchsten Belastung erfolgen, wenn zu befürchten ist, dass mindestens ein Prüfwert überschritten wird und dass Personen über längere Zeit dieser Belastung ausgesetzt sind. Zur Beurteilung der an den Verkehrsmessstellen ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen werden daher neben den Immissionswerten der 22. BImSchV die genannten Prüfwerte der 23. BImSchV berücksichtigt. Sie sind in Tabelle 2.1-3 zusammengestellt.

Neben den rechtsverbindlichen Grenzwerten, insbesondere der 22. BImSchV, werden in Deutschland u.a. die vom VDI (Verein Deutscher Ingenieure) in der VDI-Richtlinie 2310 formulierten maximalen Immissionskonzentrationen (MIK-Werte) und vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) erarbeiteten Ziel-

**Tabelle 2.1-1: Immissionswerte nach der 22. BImSchV (Gase: bezogen auf  $t = 293\text{ K}$ ,  $1013\text{ hPa}$ )**

Schadstoff	Bezugszeitraum	statistische Definition	Immissionswert
Schwefeldioxid	01.04 - 31.03	Median aus Tagesmittelwerten (bei Median Schwebstaub $\leq 150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	01.04 - 31.03	Median aus Tagesmittelwerten (bei Median Schwebstaub $> 150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	01.10 - 31.03	Median aus Tagesmittelwerten (bei Median Schwebstaub $\leq 200\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	01.10 - 31.03	Median aus Tagesmittelwerten (bei Median Schwebstaub $> 200\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	01.04 - 31.03	98%-Wert aus Tagesmittelwerten (bei 98%-Wert Schwebstaub $\leq 350\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	01.04 - 31.03	98%-Wert aus Tagesmittelwerten (bei 98%-Wert Schwebstaub $> 350\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Stickstoffdioxid	01.01 - 31.12	98%-Wert aus 1h-Mittelwerten oder kürzer	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Schwebstaub	01.04 - 31.03	arithmetisches Mittel aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	0,15 $\text{mg}/\text{m}^3$
	01.04 - 31.03	95%-Wert aller während des Jahres gemessenen Tagesmittelwerte	0,30 $\text{mg}/\text{m}^3$
Blei im Schwebstaub	01.01 - 31.12	Jahresmittelwert	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Tabelle 2.1-2:** Schwellenwerte für Ozon<sup>1)</sup> nach der 22. BImSchV (bezogen auf  $t = 293\text{ K}$ ,  $1013\text{ hPa}$ )

Schutzobjekt	Schwellenwert	Zeitbasis
Gesundheitsschutz	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 h <sup>2)</sup>
Schutz der Vegetation	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 h
	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 h
Unterrichtung der Bevölkerung	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 h
Auslösung des Warnsystems	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 h

<sup>1)</sup> Die Konzentrationen müssen kontinuierlich gemessen werden

<sup>2)</sup> Der Mittelwert über acht Stunden wird vier mal täglich anhand der acht Stundenwerte (0 - 8 Uhr, 8 - 16 Uhr, 12 - 20 Uhr, 16 - 24 Uhr) berechnet

**Tabelle 2.1-3:** Prüfwerte der 23. BImSchV

Schadstoff	Einheit	Jahresmittelwert	98%-Wert
Stickstoffdioxid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	160
Ruß	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8	—
Benzol	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10	—

werte für krebserzeugende Luftschadstoffe als Entscheidungshilfen herangezogen.

Die in der VDI 2310 festgelegten Richtwerte (Tabelle 2.1-4) sind so festgelegt, dass „(...) Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Menschen, insbesondere auch für Kinder, Kranke und Alte, bei ihrer Einhaltung“ vermieden werden.

Die vom LAI erarbeiteten Zielwerte für krebserzeugende Luftschadstoffe basieren auf einer Risikobetrachtung. Für jede der insgesamt sieben in der Studie genannten Schadstoffkomponenten wird jeweils ein Risikoanteil bestimmt. Werden die ermittelten Zielwerte für jeden der sieben Schadstoffe gerade erreicht, wird davon ausgegangen, dass das Risiko, an durch Luftschadstoffe verursachtem Krebs zu sterben, bei 1 : 2500 liegt (bei 70-jähriger Exposition). Dabei ist berücksichtigt, dass auch solche Luftschadstoffe zum Krebsrisiko beitragen, die bis heute noch nicht messtechnisch erfassbar sind oder deren kanzerogene Wirkung noch nicht bekannt ist. Die in der Krebsrisikostudie des LAI erarbeiteten Beurteilungswerte wurden im Beschluss der 37. Um-

**Tabelle 2.1-4:** MIK-Werte nach VDI 2310 (Gase: bezogen auf  $20^\circ\text{C}$ ,  $1013\text{ hPa}$ )

Schadstoff	Einheit	Mittelwert über			
		1/2 Stunde	1 Stunde	24 Stunden	1 Jahr
Kohlenmonoxid	$\text{mg}/\text{m}^3$	50	—	10	10
Stickstoffdioxid	$\text{mg}/\text{m}^3$	0,20 <sup>1)</sup>	—	0,10 <sup>1)</sup>	—
Stickstoffmonoxid	$\text{mg}/\text{m}^3$	1,00	—	0,50	—
Schwefeldioxid	$\text{mg}/\text{m}^3$	1,00 <sup>2)</sup>	—	0,30 <sup>3)</sup>	—
Ozon	$\text{mg}/\text{m}^3$	0,12 <sup>4)</sup>	—	—	—
Fluorwasserstoff	$\text{mg}/\text{m}^3$	0,2	—	—	—
Schwebstaub <sup>6)</sup>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	500	250 <sup>5)</sup>	75
Blei im Schwebstaub	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	—	3,0	2,0
Cadmium im Schwebstaub	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	—	—	0,05	—

<sup>1)</sup> Höchstens eine Überschreitung pro Monat bis zum dreifachen Wert

<sup>2)</sup> Höchstens einmal pro Tag

<sup>3)</sup> Höchstens an 4 aufeinanderfolgenden Tagen

<sup>4)</sup> Höchstens bis 0,40  $\text{mg}/\text{m}^3$  einmal pro Tag

<sup>5)</sup> Höchstens 24 Stunden, bei längerer Überschreitung 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>6)</sup> Abscheidefunktion in Anlehnung an die Johannesburger Konvention mit einem Medianwert bei  $d_{ac} \leq 10\ \mu\text{m}$

weltministerkonferenz unter anderem als Orientierungswerte innerhalb der Sonderfallprüfung nach TA Luft für sinnvoll erachtet [UMK, 1991]. In dem Bericht des LAI an die Umweltministerkonferenz 1994 [LAI, 1994] wurden die Beurteilungswerte der LAI-Krebsrisikostudie außerdem als Zielwerte für die regionale Luftreinhaltung aufgenommen (Tabelle 2.1-5).

Die für Europa zuständige Stelle der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation; WHO) veröffentlichte 1987 für 28 Luftschadstoffe Luftqualitätsleitlinien [WHO, 1987]. Sie wurden auf der Grundlage toxikologischer und ökologischer Befunde entwickelt. Die Luftqualitätsleitlinien der WHO sind keine verbindlichen Grenzwerte, sondern sollen den für Immissionsfragen zuständigen Behörden als Hilfestellung bei der Risikobeurteilung von Luftschadstoffen und bei der Festlegung von Grenzwerten dienen. Für die nicht krebserzeugenden Schadstoffe sind die Werte und Expositionszeiten so festgelegt, dass keine nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen zu erwarten sind. Für die in den Leitlinien enthaltenen krebserzeugenden Luftschadstoffe wird eine Abschätzung des Krebsrisikos bei lebenslanger Exposition angegeben. Die Leitwerte der WHO sind in Tabelle 2.1-6 aufgelistet. In Zukunft wird die Rahmenrichtlinie 96/62/EG „über

**Tabelle 2.1-5:** Zielwerte (bei einem Gesamtrisiko von 1 : 2500) der sieben in der Krebsrisikostudie des LAI genannten Luftschadstoffe

Schadstoff	Beurteilungswert	Einheit
Arsen	5	ng/m <sup>3</sup>
Asbest	88	Fasern/m <sup>3</sup>
Benzol	2,5	µg/m <sup>3</sup>
Cadmium	1,7	ng/m <sup>3</sup>
Dieselruß	1,5	µg/m <sup>3</sup>
Benzo(a)pyren (PAK)	1,3	ng/m <sup>3</sup>
2,3,7,8-TCDD	16	fg/m <sup>3</sup>

die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ maßgeblich sein für die Ermittlung der Immissionsituation und die Beurteilung der Luftqualität sowie für Maßnahmen, die zur Einhaltung von Grenzwerten führen sollen. Sie legt die Grundsätze für eine gemeinsame Strategie der europäischen Staaten mit folgenden Zielen fest:

**Tabelle 2.1-6:** Leitwerte<sup>1)</sup> der WHO

Komponente	Mittelwert	Bezugszeit
Schwefeldioxid	500 µg/m <sup>3</sup>	10 Minuten
	350 µg/m <sup>3</sup>	1 Stunde
Stickstoffdioxid	400 µg/m <sup>3</sup>	1 Stunde
	150 µg/m <sup>3</sup>	24 Stunden
Kohlenmonoxid	100 mg/m <sup>3</sup>	15 Minuten <sup>2)</sup>
	60 mg/m <sup>3</sup>	30 Minuten <sup>2)</sup>
	30 mg/m <sup>3</sup>	1 Stunde <sup>2)</sup>
	10 mg/m <sup>3</sup>	8 Stunden
Ozon	150-200 µg/m <sup>3</sup>	1 Stunde
	100-120 µg/m <sup>3</sup>	8 Stunden
Blei	0,5-1,0 µg/m <sup>3</sup>	1 Jahr
Cadmium	1-5 ng/m <sup>3</sup>	1 Jahr (ländliche Gebiete)
	10-20 ng/m <sup>3</sup>	1 Jahr (städtische Gebiete)
Toluol	8 mg/m <sup>3</sup>	24 Stunden
Styrol	800 µg/m <sup>3</sup>	24 Stunden
Tetrachlorethylen	5 mg/m <sup>3</sup>	24 Stunden
Trichlorethylen	1 mg/m <sup>3</sup>	24 Stunden

<sup>1)</sup> diese Leitwerte sollten nicht ohne Bezug zu den Begründungen in den zugehörigen Kapiteln der Air Quality Guidelines benutzt werden.

<sup>2)</sup> eine Exposition gegenüber diesen Konzentrationen sollte den angegebenen Zeitraum nicht überschreiten und sollte innerhalb von acht Stunden nicht wiederholt werden

- Definition und Festlegung von Luftqualitätszielen für die Gemeinschaft im Hinblick auf die Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt
- Beurteilung der Luftqualität in den Mitgliedsstaaten anhand einheitlicher Methoden und Kriterien
- Verfügbarkeit von sachdienlichen Informationen über die Luftqualität und Unterrichtung der Öffentlichkeit hierüber, unter anderem durch Alarmschwellen
- Erhaltung der Luftqualität, sofern sie gut ist und Verbesserung der Luftqualität, wenn dies nicht der Fall ist.

Die Rahmenrichtlinie wird durch Tochterrichtlinien ergänzt, in denen die oben genannten Ziele konkretisiert und Beurteilungswerte festgelegt sind. In den Tochterrichtlinien werden auch die Aufhebung von älteren Bestimmungen und Übergangsfristen für die Gültigkeit der Beurteilungswerte geregelt.

Die 1. Tochterrichtlinie 99/30/EG „über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft“ wurde im Frühjahr 1999 erlassen. Sie legt für die genannten Komponenten Grenzwerte fest, die ab 2005 bzw. 2010 einzuhalten sind.

Tochterrichtlinien für Benzol und Kohlenmonoxid sowie für Ozon liegen in Entwürfen vor.

Die in der 1. Tochterrichtlinie festgelegten bzw. in den Entwürfen für die 2. und 3. Tochterrichtlinie diskutierten Immissionswerte stellen durchweg strengere Beurteilungsmassstäbe dar, als die in den oben aufgeführten älteren Richtlinien. Sie sind zum Überblick zusammen mit den anderen Beurteilungswerten in den Tabellen 2.1-7 und 2.1-8 aufgeführt.

Tabelle 2.1-7: Beurteilungswerte der EU und des deutschen Rechts zur Beurteilung von Langzeit-Immissionen.

Regelwerk	Zeitbezug	Beurteilungswert	Geltung, Toleranzmarge, Übergangsfrist	Bemerkung	Temp. / Druck
<b>Schwefeldioxid</b>					
1. Tochterrichtlinie	1 Jahr u. Winter	20µg/m <sup>3</sup>	2005	gilt für Ökosysteme	20 °C/1013 hPa
<b>Stickstoffdioxid</b>					
1. Tochterrichtlinie	Kalenderjahr	40µg/m <sup>3</sup>	ab 2001 mit TM von 50% bis 2010 linear abzubauen	Schutz d. menschl. Gesundheit	20 °C/1013 hPa
<b>Stickstoffoxide NOx</b>					
1. Tochterrichtlinie	1 Jahr	30µg/m <sup>3</sup>	ab 24 Mon. nach Inkraft treten d. Richtlinie	Schutz d. Vegetation	20 °C/1013 hPa
<b>Kohlenmonoxid</b>					
VDI 2310	1 Jahr	10mg/m <sup>3</sup>			20 °C/1013 hPa
<b>Benzol</b>					
2. Tochterrichtlinie (Entwurf)	1 Jahr	5µg/m <sup>3</sup>	100% 2003 2010		20 °C/1013 hPa
23. BImSchV	1 Jahr	10µg/m <sup>3</sup>		in Verkehrsnähe	0 °C/1013 hPa
LAI-Krebsrisikostudie	1 Jahr	2,5µg/m <sup>3</sup>		Zielwert, nicht rechtsverbindlich	0 °C/1013 hPa
<b>PM10-Staub</b>					
1. Tochterrichtlinie	1 Jahr	40µg/m <sup>3</sup>	ab 2001 mit TM von 20% bis 2005 linear abzubauen		
<b>Blei im PM10-Staub</b>					
VDI 2310	1 Jahr	1,5ng/m <sup>3</sup>			
1. Tochterrichtlinie	1 Jahr	0,5ng/m <sup>3</sup>	ab 2001 mit TM von 100% bis 2005 linear abzubauen		
<b>Cadmium im PM10-Staub</b>					
LAI-Krebsrisikostudie	1 Jahr	1,7ng/m <sup>3</sup>		Zielwert, nicht rechtsverbindlich	
<b>Arsen im PM10-Staub</b>					
LAI-Krebsrisikostudie	1 Jahr	5ng/m <sup>3</sup>		Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen
<b>Benzo(a)pyren</b>					
LAI-Krebsrisikostudie	1 Jahr	1,3ng/m <sup>3</sup>		Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen
<b>Ruß</b>					
23. BImSchV	1 Jahr	8µg/m <sup>3</sup>		in Verkehrsnähe	
LAI-Krebsrisikostudie	1 Jahr	1,5µg/m <sup>3</sup>		Zielwert, nicht rechtsverbindlich	

Tabelle 2.1-8: Beurteilungswerte der EU und des deutschen Rechts zur Beurteilung von Kurzzeit-Immissionen.

Regelwerk	Zeitbezug	Beurteilungswert	Geltung, Toleranzmarge, Übergangsfrist	Bemerkung	Temp. / Druck		
<b>Schwefeldioxid</b>							
1. Tochterrichtlinie	1 h	350 µg/m <sup>3</sup>	ab 2001, TM 150 µg/m <sup>3</sup> , bis 2005 linear abzubauen 2005	Überschreitung ≤ 24 mal/Kalenderjahr	20 °C/1013 hPa		
1. Tochterrichtlinie	24 h	120 µg/m <sup>3</sup>		Überschreitung ≤ 3 mal/Kalenderjahr	20 °C/1013 hPa		
1. Tochterrichtlinie	3 x 1 h	500 µg/m <sup>3</sup>		Alarmschwelle für menschl. Gesundheit	20 °C/1013 hPa		
VDI 2310	0,5 h	1000 µg/m <sup>3</sup>		Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa		
VDI 2310	24 h	300 µg/m <sup>3</sup>		Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa		
<b>Stickstoffdioxid</b>							
1. Tochterrichtlinie	1 h	200 µg/m <sup>3</sup>	ab 2001 mit TM von 50% bis 2010 linear abzubauen	Überschreitung ≤ 18 mal/Kalenderjahr	20 °C/1013 hPa		
1. Tochterrichtlinie	3x1 h	400 µg/m <sup>3</sup>		Alarmschwelle für menschl. Gesundheit	20 °C/1013 hPa		
23. BImSchV	1 Jahr	160 µg/m <sup>3</sup>		gilt in Verkehrsnähe	0 °C/1013 hPa		
VDI 2310	0,5 h	200 µg/m <sup>3</sup>		Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa		
VDI 2310	24 h	100 µg/m <sup>3</sup>		Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa		
<b>Kohlenmonoxid</b>							
2. Tochterrichtlinie (Entwurf)	8 h	10 mg/m <sup>3</sup>	2003	50%	2005	20 °C/1013 hPa	
VDI 2310	0,5 h	50 mg/m <sup>3</sup>				Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa
VDI 2310	24 h	10 mg/m <sup>3</sup>				Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa
<b>Ozon</b>							
22. BImSchV	8 h	110 µg/m <sup>3</sup>				Gesundheitsschutz	20 °C/1013 hPa
22. BImSchV	1 h	200 µg/m <sup>3</sup>				Schutz d. Vegetation	20 °C/1013 hPa
22. BImSchV	24 h	65 µg/m <sup>3</sup>				Schutz d. Vegetation	20 °C/1013 hPa
22. BImSchV	1 h	180 µg/m <sup>3</sup>				Unterrichtung d. Bevölkerung	20 °C/1013 hPa
22. BImSchV	1 h	360 µg/m <sup>3</sup>				Auslösung des Warnsystems	20 °C/1013 hPa
VDI 2310	0,5 h	120 µg/m <sup>3</sup>				Maximale Immissionskonzentration	20 °C/1013 hPa
<b>PM10-Staub</b>							
1. Tochterrichtlinie	24 h	50 µg/m <sup>3</sup>	ab 2001 mit TM von 50% bis 2005 linear abzubauen			Überschreitung ≤ 35 mal/Kalenderjahr	

## 2.1.2 Meteorologische Größen im Jahr 1999

Das Jahr 1999 war in Baden-Württemberg im Vergleich zu den langjährigen Durchschnittswerten zu warm und zu nass. Die Sonnenscheindauer war überwiegend unterdurchschnittlich.

Zu kalt waren landesweit nur die beiden Monate Februar und November. Die beiden Monate Juni und Oktober zeigten annähernd durchschnittliche Monatsmittelwerte der Temperatur. Demgegenüber zeigten die Monate Januar, Mai und September landesweit die höchsten positiven Abweichungen gegenüber den langjährigen Durchschnittswerten (Abbildung 2.1-1). Die anderen Monate waren ebenfalls zu warm; jedoch mit geringfügigeren Abweichungen.

Die Monate Februar und Dezember waren im Vergleich zu den durchschnittlichen Niederschlagsmengen landesweit zu nass. In den Monaten Januar, März und

Juli wurden die langjährigen durchschnittlichen Niederschlagsmessungen überwiegend überschritten. Dagegen war der Monat August landesweit zu trocken. Auch die Monate Juni, Oktober und November waren eher zu trocken, wobei es jedoch in einigen Landesteilen zu nass war. In den anderen Monaten war es gebietsweise zu trocken bzw. zu nass.

Die Sonnenscheindauer war in den Monaten Januar, September und Oktober meist überdurchschnittlich. Meist unterdurchschnittlich war die Sonnenscheindauer in den Monaten Februar bis Juni sowie in den Monaten August und Dezember.

Im **Januar** wurden in den ersten Tagen durch Tiefdruckeinfluss milde Luftmassen herangeführt. Zufuhr von kühler Polarluft und anschließend von wärmeren Luftmassen aus südlicher bis südwestlicher Richtung

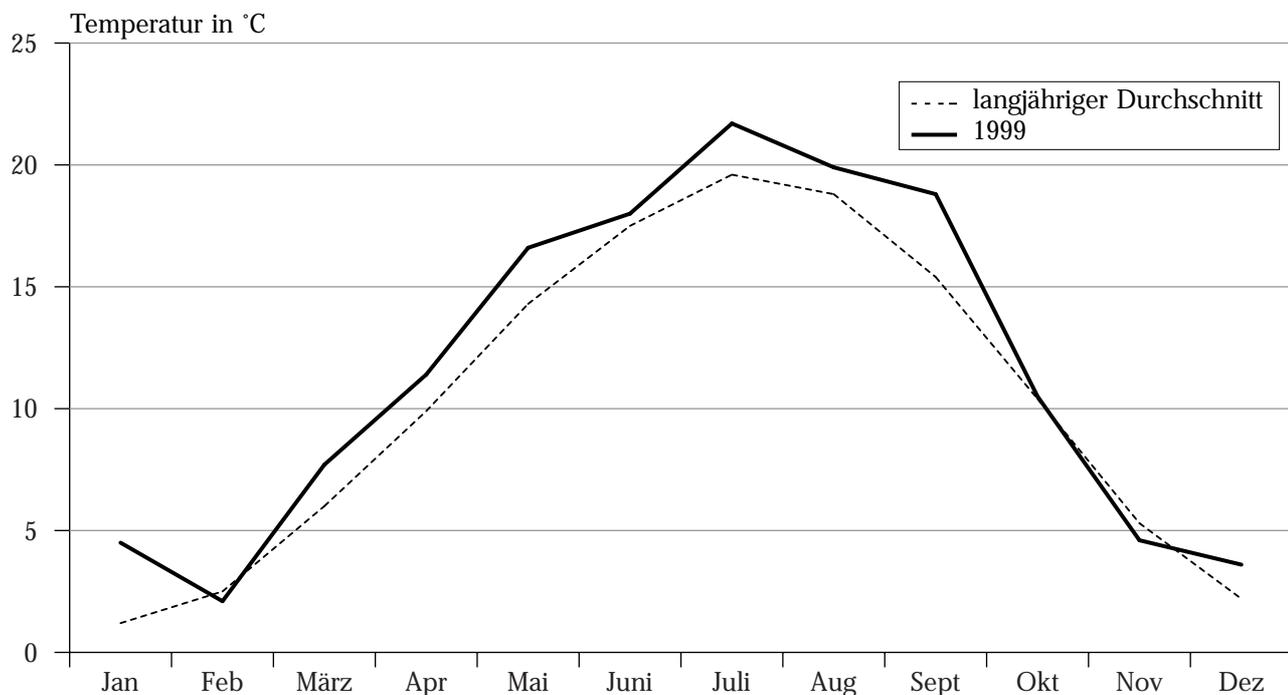


Abbildung 2.1-1: Monatsmitteltemperaturen in Karlsruhe für das Jahr 1999 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 1961 bis 1990.

schloss sich an. Zu Beginn der zweiten Monatshälfte bis zur Mitte des letzten Monatsdrittels dominierte Hochdruckeinfluss, der jedoch zunächst noch von Störungen unterbrochen war. Gegen Ende dieser Phase waren die Temperaturen auf das langjährige durchschnittliche Temperaturniveau zurückgegangen. Tiefdrucktätigkeit mit Warmluftzufuhr und weiteren Störungen schlossen sich an, bevor sich Ende des Monats wieder Hochdruckeinfluss durchsetzte. Aufgrund der häufigen Tiefdrucktätigkeit war die mittlere Windgeschwindigkeit über alle Stationen mit 1,9 m/s (Tabelle 2.1-9) relativ hoch. In 13,3 % der Zeit traten Windstillen auf (Windgeschwindigkeit < 0,4 m/s). In der ersten Hälfte des letzten Monatsdrittels waren durch Hochdruckeinfluss die Austauschbedingungen in der Atmosphäre eingeschränkt und es kam zur Ausbildung von Inversionen.

Zu Beginn des Monats **Februar** setzte sich der Hochdruckeinfluss fort. Die dabei zugeführte milde Meeresluft führte zu überdurchschnittlichen Temperaturen. Von Mitte des ersten Monatsdrittels bis zu Beginn des zweiten Monatsdrittels bestimmte Tiefdruckeinfluss die Witterung. In einer meist kräftigen Strömung wurde kalte Luft nach Süddeutschland geführt. Unter dem anschließenden Hochdruckeinfluss kam es wiederum zu einer Erwärmung. Von Monatsmitte bis zu Beginn des letzten Monatsdrittels dominierte Tiefdruckeinfluss, bevor das letzte Monatsdrittel von Hochdruckeinfluss geprägt war. Insgesamt war es im Monat Februar zu kalt und zu nass. Die Sonnenscheindauer war unterdurchschnittlich. Tageweise bildeten sich Inversionen aus, die jedoch nur von kurzer Dauer waren. Die mittlere Windgeschwindigkeit war aufgrund der häufig kräftigen Winde mit 2,0 m/s relativ hoch; der Anteil der Windstillen mit 11,7 % vergleichsweise niedrig (Tabelle 2.1-9).

Die erste Hälfte des Monats **März** wurde durch Tiefdrucktätigkeit bestimmt. Nur an einzelnen Tagen machte sich Hochdruckeinfluss bemerkbar. In der häufig kräftigen Strömung waren die Temperaturen meist überdurchschnittlich. Ab Monatsmitte schloss sich Hochdruckeinfluss, Tiefdrucktätigkeit und daraufhin bis Ende des Monats wieder Hochdruckeinfluss an. Während der beiden Hochdruckphasen lagen die Tagesmitteltemperaturen auf dem Niveau der langjährigen Durchschnittswerte und darunter. Insgesamt war es im Monat März zu warm. Bei meist unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer lag die Niederschlagsmenge je nach Region über bzw. unter den langjährigen Durchschnittswerten. Durch die überwiegende Tiefdrucktätigkeit waren an den meisten Tagen günstige Austauschbedingungen vorhanden. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 1,8 m/s. Die Häufigkeit an Windstillen war mit 11,8 % relativ niedrig.

Der Monat **April** war durch den häufigen Wechsel von Hoch- und Tiefdruckeinfluss geprägt. Im ersten Monatsdrittel überwog Hochdruckeinfluss. Das zweite Monatsdrittel war zunächst von Tiefdruckeinfluss und dann von Hochdruckeinfluss geprägt. Während zu Beginn des Monats die Tagesmitteltemperaturen deutlich über den langjährigen Durchschnittswerten lagen, war es nach dem Durchzug einer Kaltfront zur Monatsmitte deutlich zu kalt. Im letzten Monatsdrittel, das im wesentlichen von Tiefdruckeinfluss geprägt war, stiegen die Temperaturen zunächst auf das langjährige durchschnittliche Temperaturniveau an. Daraufhin kam es zu einer deutlichen Erwärmung. Insgesamt war der Monat April zu warm und in den südlichen Landesteilen zu nass, ansonsten zu trocken. Durch den häufigen Wechsel der Druckgebilde lagen meist gute Austauschbedingungen in der Atmosphäre vor. Die middle-

**Table 2.1-9: Meteorologische Jahreskenngrößen und Abweichung der Monatswerte vom langjährigen Mittel für alle Stationen des landesweiten Messnetzes (Quelle: Deutscher Wetterdienst, landesweites Luftmessnetz Baden-Württemberg)**

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
<b>Temperatur in °C</b>												
Karlsruhe 1999	4,5	2,1	7,7	11,4	16,6	18	21,7	19,9	18,8	10,5	4,6	3,6
Abweichung in Grad	3,3	-0,4	1,7	1,5	2,3	0,5	2,1	1,1	3,4	0,1	-0,7	1,4
Stuttgart 1999	4,1	1,2	7,0	10,4	15,8	16,6	20,3	19,1	18,1	10,2	4,0	2,8
Abweichung in Grad	3,6	-0,7	1,7	1,5	2,5	0,2	1,9	1,2	3,4	0,2	-0,7	1,3
<b>Niederschlag in mm</b>												
Karlsruhe 1999	60	56	88	49	74	75	70	37	70	49	50	166
Anteil am langjährigen Durchschnitt in %	105	104	166	80	94	87	100	56	132	84	77	248
Stuttgart 1999	43	75	50	36	71	60	83	60	58	31	63	115
Anteil am langjährigen Durchschnitt in %	113	214	128	67	85	65	119	79	109	76	131	280
<b>Sonnenscheindauer in Stunden</b>												
Karlsruhe 1999	72	56	115	155	193	229	264	220	206	143	69	18
Anteil am langjährigen Durchschnitt in %	153	73	94	96	92	104	108	100	120	128	117	38
Stuttgart 1999	97	63	120	157	208	184	254	200	204	134	71	41
Anteil am langjährigen Durchschnitt in %	162	79	97	102	105	88	107	93	122	110	100	75
	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Mittlere Windgeschwindigkeit in m/s	1,9	2,0	1,8	1,7	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	2,3
Windstillen in %	13,3	11,7	11,8	11,4	13,2	12,6	13,5	16,3	16,9	17,4	14,1	9,7
Unterschreitungshäufigkeit von												
1,5 m/s in %	50,5	49,8	52,6	52,6	59,9	58,5	58,3	64,5	64,2	62,7	61,5	42,4
3,0 m/s in %	80,0	76,8	83,6	84,6	90,4	90,5	89,3	92,1	91,4	88,9	90,6	72,0

re Windgeschwindigkeit betrug 1,7 m/s. Die Häufigkeit an Windstillen war mit 11,4 % relativ niedrig.

Im Monat **Mai** lag die mittlere Windgeschwindigkeit aufgrund der meist geringen Luftdruckgegensätze bei 1,5 m/s. Windstillen gab es mit einer Häufigkeit von 13,2 %. In den Nachtstunden traten verstärkt lokale Windsysteme auf. Insgesamt wurde die Witterung im Monat Mai durch den häufigen Wechsel von Hoch- und Tiefdruckeinfluss bestimmt. Schwacher Hochdruckeinfluss über mehrere Tage lag von Ende des ersten Monatsdrittels bis zur Monatsmitte vor. Eine zweite Phase mit Hochdruckeinfluss über mehrere Tage gab es im letzten Monatsdrittel. Zu Beginn des Monats und besonders an den letzten Tagen des Monats war es deutlich zu warm; ansonsten lagen die Temperaturen meist im Bereich der langjährigen Durchschnittswerte. Insgesamt war dadurch der Monat Mai zu warm. Bei meist unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer war es in den südlichen Landesteilen zu nass.

Im Monat **Juni** war das erste Monatsdrittel vom Wechsel von Hochdruck- und Störungseinfluss geprägt. Die Tagesmitteltemperaturen gingen dabei in den ersten Tagen des Monats deutlich zurück, so dass die Temperaturen überwiegend unter den Durchschnittswerten lagen. Das zweite Monatsdrittel wurde überwiegend durch von einem Azorenhoch ausgehende Hochdruckkeile bestimmt. Dabei nahm die Temperatur allmählich zu. Im letzten Monatsdrittel überwog Tiefdruckeinfluss. Jedoch setzte sich auch über einige Tage Hochdruckeinfluss durch. Insgesamt lagen die Monatsmitteltemperaturen auf dem langjährig durchschnittlichen Niveau. Überwiegend war es bei nahezu überall durchschnittlicher Sonnenscheindauer zu trocken. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 1,5 m/s.

Im Monat **Juli** wurde die Witterung häufig durch Störungseinfluss bestimmt. Die Phasen mit Hochdruckeinfluss waren meist von kurzer Dauer. Erst Ende des Monats dominierte Hochdruckeinfluss über den Zeitraum einer Woche. Zu markanten Temperaturabnahmen kam es im ersten Monatsdrittel und zu Beginn des letzten Monatsdrittels. Insgesamt war es im Monat Juli zu warm und die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 1,5 m/s. In den Nachtstunden bildeten sich häufig lokale Windsysteme aus.

Im Monat **August** wurden die beiden ersten Monatsdritteln durch häufigen Störungseinfluss geprägt, wobei sich im zweiten Monatsdrittel schon häufiger Hochdruckeinfluss bemerkbar machte. Im letzten Monatsdrittel dominierte Hochdruckeinfluss, der jedoch in der Mitte dieses Zeitraums von Tiefausläufern unterbrochen wurde. Im ersten Monatsdrittel lagen die Tagesmitteltemperaturen meist über und im zweiten Monatsdrittel meist unter bzw. auf dem Niveau der langjährigen Durchschnittswerte. Im letzten Monatsdrittel kam es zu einer kräftigen Erwärmung. Gegen Ende des Monats gingen die Temperaturen wieder auf das langjährige durchschnittliche Niveau zurück. Insgesamt war es im Monat August zu warm und zu trocken. Da die Tiefdruckgebiete schwach ausgeprägt waren, waren die Windgeschwindigkeiten nicht so hoch wie in den Übergangsjahreszeiten. In den Nachtstunden bildeten sich häufig lokale Windsysteme aus. Die mittlere Windgeschwindigkeit über alle Stationen betrug nur 1,4 m/s. Der Anteil an Windstillen stieg gegenüber den Vormonaten auf 16,3 % an.

Im Monat **September** wurde die Witterung in der ersten Monatshälfte überwiegend durch Hochdruckeinfluss geprägt, während in der zweiten Monatshälfte

Tiefdruckeinfluss dominierte. Besonders in der Woche vor Monatsmitte lagen die Temperaturen deutlich über den langjährigen Durchschnittswerten. Mit einem markanten Temperaturrückgang begann nach einem Kaltfrontdurchgang zur Monatsmitte ein Zeitraum mit wechselhafter Witterung. Ende des Monats gab es abermals einen markanten Temperaturrückgang. Insgesamt war der Monat bei überwiegend überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer deutlich zu warm. Die Niederschlagsmenge war je nach Ort über- bzw. unterdurchschnittlich. In den ersten beiden Monatsdritteln lagen die Windgeschwindigkeiten auf niedrigem Niveau. Trotz der kräftigen Strömung im letzten Monatsdrittel betrug die mittlere Windgeschwindigkeit nur 1,4 m/s. Windstillen traten mit einer mittleren Häufigkeit von 16,9 % relativ häufig auf.

Im Monat **Oktober** lag die mittlere Windgeschwindigkeit ebenfalls bei 1,4 m/s. Die Häufigkeit an Windstillen war mit 17,4 % hoch (Tabelle 2.1-9). Zu diesen Verhältnissen trug der überwiegende Hochdruckeinfluss bei. Besonders von Mitte des ersten Monatsdrittels bis zum Ende des zweiten Monatsdrittels sowie in der zweiten Hälfte des letzten Monatsdrittels dominierte Hochdruckeinfluss. Nur vereinzelt machte sich in diesen Zeiträumen Störungseinfluss bemerkbar. Während des Hochdruckeinflusses traten Inversionen auf. Ende des Monats wurde die Witterung durch ein Tiefdruckgebiet bestimmt. Warme Zeiträume waren ebenfalls zu Beginn des Monats und zu Beginn des zweiten Monatsdrittels. Kälter war es Mitte des ersten und zu Ende des zweiten Monatsdrittels. Die Monatsmitteltemperaturen zeigten nur geringfügige Abweichungen von den langjährigen Durchschnittswerten. Bei meist überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer war es überwiegend zu trocken.

Im Monat **November** fand ein häufiger Wechsel von Hochdruck- und Störungseinfluss statt, wobei der Hochdruckeinfluss überwog. Die Hochdruckphasen wurden häufig nach kurzer Zeit durch Störungen unterbrochen. Kurz vor Monatsmitte und im letzten Monatsmittel bildeten sich tageweise Inversionen aus. Die Temperaturen nahmen von Monatsmitte bis zu Beginn des letzten Monatsdrittels ab. Nur durch den Einfluss von Tiefdruckgebieten gab es kurze Unterbrechungen. Im letzten Monatsdrittel stiegen die Temperaturen wieder an. Insgesamt gesehen war der Monat November zu kalt und überwiegend zu trocken. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 1,4 m/s. Windstillen traten in 14,1 % der Zeit auf.

Tiefdruckeinfluss bestimmte im wesentlichen die Witterung im Monat **Dezember**. Der Hochdruckeinfluss, der sich zwischendurch einstellte, war meist nur von kurzer Dauer. In zwei Abschnitten gingen die Temperaturen markant zurück. Kurz vor Monatsmitte und zu Beginn des letzten Monatsdrittels nahmen die Tagesmitteltemperaturen innerhalb weniger Tage um etwa 10 Grad ab. Kurz vor Weihnachten wurde durch ein Tiefdruckgebiet warme Meeresluft herangeführt. Auf diesen markanten Temperaturanstieg kam es bis nach Weihnachten zu häufigen Luftmassenwechsel. Am zweiten Weihnachtsfeiertag überquerte ein Orkantief den süddeutschen Raum. In den letzten Tagen des Monats setzte sich wieder Hochdruckeinfluss durch. Insgesamt war der Monat bei deutlich unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer überwiegend zu warm und zu nass. Durch den überwiegenden Tiefdruckeinfluss mit einer meist kräftigen Strömung wurde mit 2,3 m/s die höchste mittlere Windgeschwindigkeit eines Monats im Jahr 1999 erreicht (Tabelle 2.1-9). Mit einer Häufigkeit von 9,7 % Windstillen war der

Monat Dezember der Monat mit den wenigsten Windstillen im Jahr 1999.

Ausgehend von den Windverhältnissen lagen gute Ausbreitungsbedingungen in den Monaten Januar, Februar und Dezember 1999 vor (Tabelle 2.1-9). Insgesamt traten in diesen Monaten höhere Windgeschwindigkeiten auf (Abbildung 2.1-2). Demgegenüber waren die Windgeschwindigkeiten in den Monaten August, September, Oktober und November deutlich geringer und somit die Austauschbedingungen weniger günstig (Abbildung 2.1-2). Die Summenhäufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit der anderen Monate liegen zwischen den in Abbildung 2.1-2 dargestellten Verteilungen.

Werden die Austauschbedingungen nicht monatsweise sondern tageweise betrachtet, so ergaben sich Zeitabschnitte mit ungünstigen Austauschverhältnissen zu Beginn des Jahres, zu Beginn des letzten Januar Drittels, Anfang und Ende Februar, zu Beginn des zweiten März Drittels, im zweiten und dritten Oktober Drittel, zu Beginn des zweiten November Drittels, im letzten November Drittel und zu Beginn des letzten Dezember Drittels.

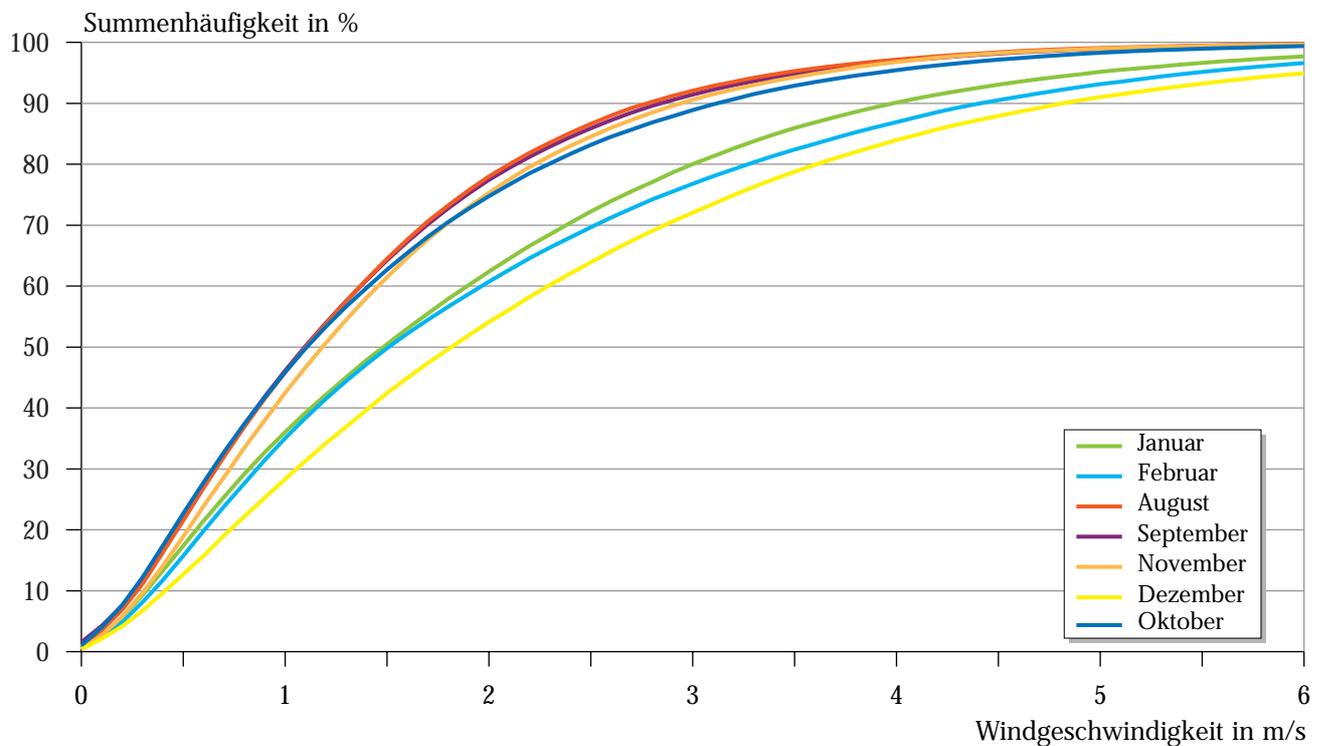


Abbildung 2.1-2: Summenhäufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit an allen Stationen in ausgewählten Monaten des Jahres 1999

## 2.2 Messkonzeption und Durchführung der Immissionsmessungen

Das Land Baden-Württemberg verfolgt bei der Überwachung der Luftschadstoffbelastung die Strategie, kontinuierliche Messungen mit Messstationen, die für gewisse Flächen repräsentativ sind, durch zeitlich befristete Messprogramme mit hoher räumlicher Auflösung zu ergänzen. Damit soll einerseits Kontinuität gewährleistet sein. Andererseits tragen die flächendeckenden Rastermessprogramme dazu bei, Belastungsschwerpunkte zu erfassen, die sich, bedingt durch strukturelle Veränderungen, Emissionsminderungen oder neue, aktuelle Luftschadstoffe, über die Jahre verlagern können.

Kontinuierliche Messungen der Luftschadstoffkonzentrationen wurden Ende 1999 in Baden-Württemberg an 69 Messstationen durchgeführt. In Karte 2.2-1 ist die Lage dieser Stationen dargestellt. Das Messnetz ist so ausgelegt, dass das gesamte Land repräsentativ abgedeckt ist. Dabei ist die Stationsdichte in den Kernbereichen der drei Ballungszentren Stuttgart, Mannheim und Karlsruhe höher.

Aufschluss über die Hintergrundbelastung in Baden-Württemberg geben mit der Einrichtung der Station Odenwald im September vier Stationen, die emittententfern in verschiedenen Höhenlagen und Regionen liegen:

- Schwarzwald-Süd (Kälbelescheuer)
- Welzheimer Wald (Edelmannshof)
- Schwäbische Alb (Erpfingen)
- Odenwald (Wilhelmsfeld)

Die Belastung an stark befahrenen, innerstädtischen Verkehrsknotenpunkten wird mit Hilfe von 5 Verkehrsmessstationen überwacht:

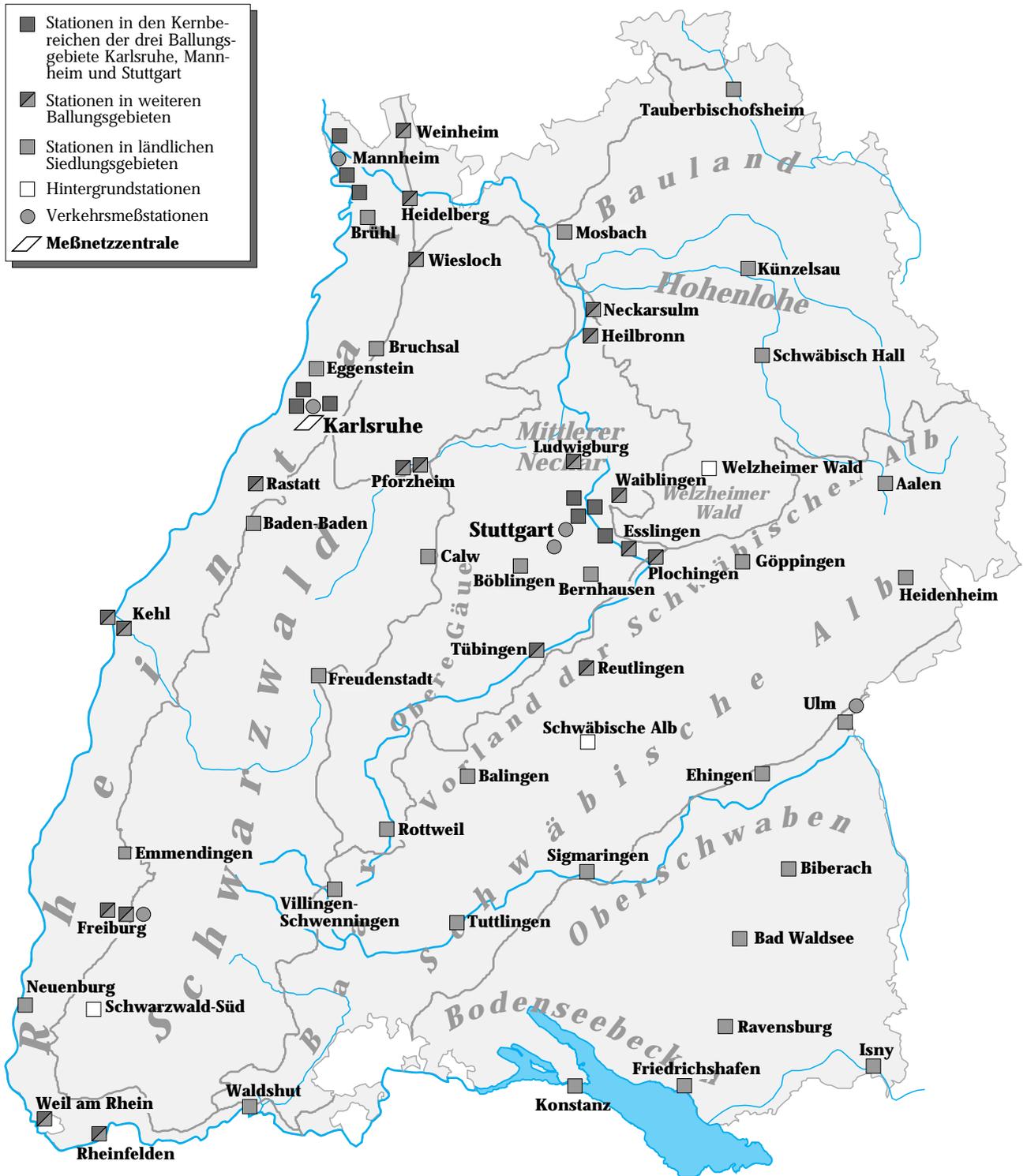
- Freiburg-Straße
- Mannheim-Straße
- Karlsruhe-Straße

- Stuttgart-Mitte Straße
- Ulm-Straße

An der Verkehrsmessstation Stuttgart-Vaihingen-Straße wurden 1999 die Messungen eingestellt, in der Nähe des Leonberger Dreiecks wurden im August mit der Station Leonberg-BAB neue Messungen begonnen. Im Juni wurde die Station Bruchsal stillgelegt und die zeitlich befristet aufgestellte Station Brühl wurde Ende August versetzt.

Im Rahmen von Sondermessprogrammen werden weitere Fragestellungen, wie beispielsweise die Untersuchung der Deposition von Staub, Nitrat und Sulfat in Hintergrundgebieten und der Benzol- und Rußbelastung in unmittelbarer Straßennähe etc. durchgeführt. Die Ergebnisse solcher Messprogramme werden in eigenständigen Abschlussberichten veröffentlicht, doch wird hier ein kurzer Überblick über die Ergebnisse gegeben.

Die Ergebnisse der Konzentrationsmessungen laufen in der Messnetzzentrale der UMEG in Karlsruhe zusammen und werden rund um die Uhr überwacht (siehe Kap. A.4). Durch die zeitnahe Überwachung der Immissionen ist es möglich, hohe Luftschadstoffkonzentrationen rasch zu erkennen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Vorsorge oder Abhilfe einzuleiten. Aufgabe der Messnetzzentrale sind daher auch spezielle Warndienste, wie z.B. Ozon- bzw. Sommersmog-Warndienst. Neben der Aufgabe als Warnsystem dient das Messnetz der Langzeitüberwachung von Immissionen. Die über Jahre an den Stationen durchgeführten kontinuierlichen Messungen erlauben Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Luftschadstoffbelastung und damit auch über den Erfolg von Immissionsminderungsmaßnahmen. Informationen über das an den einzelnen Stationen erfasste Komponentenspektrum, die eingesetzten Immissionsmessgeräte sowie Messprinzip, Probenahmedauer



Karte 2.2-1: Standorte der Luftmessstationen des landesweiten Luftmessnetzes (Stand: 1.1.1999)

und -häufigkeit, die jeweiligen Nachweisgrenzen und Genauigkeiten sind im Anhang dieses Berichts in den Tabellen A.1 bis A.3 aufgelistet. Ebenfalls im Anhang sind die verschiedenen Dienste aufgeführt, die von der Messnetzzentrale der UMEG wahrgenommen werden.

Neben der kontinuierlichen Überwachung der Luftbelastung durch gas- und partikelförmige Verunreinigungen spielt die frühzeitige Erkennung einer Gefährdung durch radioaktive Strahlung eine wichtige Rolle. Die Erfassung der Radioaktivität in Luft und Niederschlag ist laut Strahlenschutzvorsorgegesetz [StrVG, 1986] Aufgabe des Bundes. Die Länder sind jedoch befugt, weitergehende eigenständige Ermittlungen und Messungen vorzunehmen. Zu diesem Zweck hat Baden-Württemberg insgesamt 35 Luftmessstationen (entsprechend den 35 Landkreisen) mit Dosisleistungsmessgeräten ( $\gamma$ -Dosisleistung) sowie mit Geräten zur Ermittlung der  $\beta$ - $\gamma$ -Impulsrate ausgerüstet. Die Messgeräte, die hierbei zum Einsatz kommen, sind im Anhang (in Tabelle A-4) aufgeführt. Weiterhin werden an diesen 35 Messstationen Aerosol- und Niederschlagsprobenahmen durchgeführt, die bei gegebenem Anlass auf radioaktive Stoffe untersucht werden können. Ziel dieser Messungen ist in erster Linie, den Eintrag radioaktiver Nuklide nicht natürlichen Ursprungs, insbesondere infolge von Störfällen in kerntechnischen Anlagen, frühzeitig zu erkennen. An welchen Stationen des landesweiten Messnetzes die Radioaktivität erfasst wird, kann der Tabelle A-1 im Anhang entnommen werden. Die räumliche Verteilung der Stationen ist in Karte A-1 im Anhang dieses Berichts dargestellt. Sie ermöglicht eine flächendeckende Überwachung der Radioaktivität in Baden-Württemberg.

## 2.3 Ergebnisse der Immissionsmessungen

### 2.3.1 Ergebnisse der Messungen aus dem landesweiten Messnetz

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Luftschadstoffmessungen an den Messstationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg vorgestellt. Für jeden Schadstoff wird der Jahresmittel- und der 98%-Wert angegeben. Die Darstellung der beiden Kenngrößen erfolgt in Karten und in Balkendiagrammen.

Die Belastungssituation durch kurzzeitig auftretende Konzentrationsspitzen wird bei der Überprüfung der Messergebnisse auf Einhaltung von Kurzzeitbelastungsrichtwerten (MIK-Werte der VDI-Richtlinie 2310, Schwellenwerte für Ozon der 22. BImSchV) dokumentiert. Eventuelle Überschreitungen dieser Richt- und Schwellenwerte sind in den entsprechenden Kapiteln aufgeführt.

Die Langzeitentwicklung verschiedener Schadstoffe wird im vorliegenden Bericht am Beispiel der beiden Regionen „Großraum Stuttgart“ und „Rheingraben“ dargestellt. Diese beiden Regionen repräsentieren die Gebiete mit der höchsten Besiedlungs- und Industriedichte in Baden-Württemberg. Zum Vergleich wird die Langzeitentwicklung an den Hintergrundstationen des Landes mit dargestellt. Die Darstellung erfolgt in Form von Monats- und Jahresmittelwerten für den Zeitraum von 1985 bis 1999. In die Betrachtung gehen die folgenden Stationen ein: Großraum Stuttgart: Ludwigsburg, Stuttgart-Mitte, Stuttgart-Zuffenhausen, Stuttgart-Bad Cannstatt, Stuttgart-Hafen, Esslingen und Plochingen. Rheingraben: Mannheim-Nord, Mannheim-Mitte, Mannheim-Süd, Eggenstein, Karlsruhe-Nordwest, Karlsruhe-Mitte, Karlsruhe-West, Kehl-Hafen, Freiburg-Mitte und Weil am Rhein. Hintergrundstationen des Landes:

Schwarzwald Süd (Kälbelescheuer), Welzheimer Wald (Edelmannshof). Für den gleichen Zeitraum von 1985 bis 1999 wird die Temperatur von Mannheim als meteorologischer Parameter dargestellt.

Die 4. BImSchVwV definiert in Anhang E verschiedene Formblätter für die zusammenfassende Darstellung der Messergebnisse aus den Messnetzen der Bundesländer. Diese Darstellung dient der Berichterstattung an die EU-Kommission sowie für den Bericht der Bundesregierung an den Bundestag. Es werden für jeden Schadstoff und jede Messstation die wichtigsten Kenngrößen angegeben:

- Monatsauswertung
- arithmetischer Mittelwert
- 98%-Wert
- maximaler Halbstundenmittelwert
- maximaler Tagesmittelwert
- Gleitende 12 Monatsauswertung
- arithmetisches Mittel
- 98%-Wert

In den Formblättern sind außerdem die Auswertungen bezüglich der Grenz- und Richtwerte nach den Richtlinien der EU für die dort unterschiedlich geforderten Zeiträume aufgelistet. Überschreitungen dieser Grenz- und Richtwerte sind ebenfalls in diesen Formblättern ausgewiesen. Die Auswertungen sind sehr umfangreich. Sie werden in einem separaten Materialienband zusammengefasst. Dieser kann bei Bedarf bei der UMEG angefordert werden.

### 2.3.1.1 Schwefeldioxid

Schwefeldioxid entsteht überwiegend bei Verbrennungsprozessen aus den in fossilen Brennstoffen (Kohle, Erdöl) enthaltenen Schwefelverbindungen. Die Schwefeldioxidemissionen sind dabei direkt abhängig vom Schwefelgehalt des Brennstoffs. Die Anteile der

einzelnen Quellengruppen an der Schwefeldioxidemission in Baden-Württemberg sind in Abbildung 2.3-1 dargestellt. Innerhalb der Quellengruppe Industrie und Gewerbe kommen die größten Beiträge aus der mineralölverarbeitenden Industrie sowie den industriellen Kraft- und Heizwerken. Der Anteil der Quellengruppe Verkehr wird wesentlich durch Dieselfahrzeuge geprägt [UVM, 1998-2].

In der Atmosphäre wird Schwefeldioxid zu Schwefelsäure umgewandelt, die über den „Sauren Regen“ Schäden an Gebäuden verursacht und zur Versauerung des Bodens beiträgt [UBA, 1991]. Schwefeldioxid kann Pflanzen schädigen und reizt beim Menschen die Schleimhäute und Atemwege. Hohe Konzentrationen von Schwefeldioxid können daher die Gesundheit von

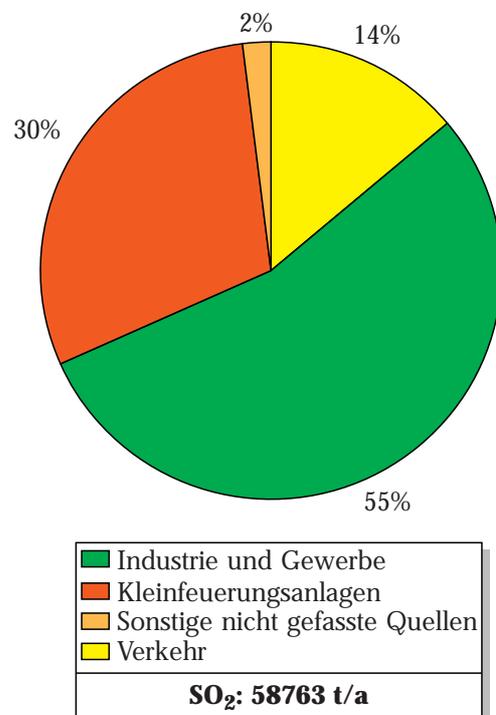


Abbildung 2.3-1: Anteile der verschiedenen Quellengruppen an den Emissionen in Baden-Württemberg 1995 [UVM, 1998-2]

Menschen beeinträchtigen. Die Kombination von Schwefeldioxid mit Stäuben verstärkt die gesundheitsschädliche Wirkung erheblich. Aus diesem Grund sind in der 22. BImSchV die Immissionswerte für Schwefeldioxid an die Höhe der Schwebstaubkonzentrationen gekoppelt. Abbildung 2.3-2 stellt die kombinierten Schwebstaub- und Schwefeldioxid-Konzentrationen der Messstationen, an denen das ganze Jahr PM10-Staub gemessen wurde, in Bezug zu den Grenzwerten der 22. BImSchV dar. (Karlsruhe-Nordwest, Mannheim-Nord, Stuttgart-Bad Cannstatt, Stuttgart-Hafen und Schwarzwald-Süd (Kälbelescheuer)).

Wie an den dargestellten Stationen, so wurden auch an allen anderen Stationen die in der 22. BImSchV ausgewiesenen Immissionswerte für Schwefeldioxid in Kombination mit Schwebstaub sicher eingehalten. Das höchste Tagesmittel der Schwefeldioxidkonzentration wurde in Kehl-Hafen gemessen und liegt mit  $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nur wenig über dem Immissionswert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der 22. BImSchV, der für Mediane der Tagesmittelwerte gilt. In Tabelle 2.3-1 sind auffällige Kenngrößen der Schwefeldioxidkonzentrationen des Jahres 1999 zu-

sammengestellt. Wie auch in den vergangenen Jahren unterscheiden sich die Messstationen in Kehl und Mannheim von den übrigen Stationen im Land deutlich durch eine höhere Belastung. Als Ursache hierfür kommen Industrieanlagen in der Umgebung der genannten Stationen in Frage. Wie Tabelle 2.3-1 zu entnehmen ist, kam es aber auch an der Station Rottweil zu Überschreitungen des 1/2h-MIK-Wertes für Schwefeldioxid von  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und zu auffälligen 1h- und 24h-Werten. Diese Auffälligkeiten in Rottweil rühren offensichtlich vom Silvesterfeuerwerk her. Von diesem Ereignis abgesehen, waren die Schwefeldioxidkonzentrationen dort völlig unauffällig: der höchste in der übrigen Zeit gemessene 1/2-Std-Wert betrug  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Jahresmittelwerte und 98%-Werte der Schwefeldioxidkonzentrationen sind für alle Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes in Abbildung 2.3-3 dargestellt. Die Karten 2.3-1 und 2.3-2 zeigen die Jahresmittelwerte und 98%-Werte für die einzelnen Stationen in ihrer Verteilung auf das Land. In Abbildung 2.3-4 ist die Entwicklung der Schwefeldioxidkonzentrationen in den Jahren 1985 bis 1999 dargestellt. Aufgrund der wärmeren Witterung waren die Schwefeldioxidkonzentrationen

*Tabelle 2.3-1: Übersicht über Messstationen mit Überschreitungen verschiedener Beurteilungskriterien für Schwefeldioxid im Zeitraum von 01.01.1999 bis 31.12.1999*

Station	1/2-h-MW $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MIK-Wert VDI 2310) Anz. Stunden	1-h-MW $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1. TRL) Anz. Stunden	1-h-MW $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1. TRL) Anz. Stunden	Tages-MW $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1. TRL) Anz. Tage
Kehl-Hafen	2,5	9	5 (einzelne Stunden)	2
MA-Nord	0	2	1	0
Rottweil	0,5	1	1	0
		darf im Kalenderjahr nicht öfter als 24 mal überschritten werden	Alarmschwelle für menschliche Gesundheit, darf im Kalenderjahr nur einmal in 3 aufeinander folgenden Stunden überschritten werden	darf im Kalenderjahr nicht öfter als 3 mal überschritten werden

trationen im Jahr 1999 etwas niedriger als im Vorjahr, insgesamt betrachtet, liegen sie seit Jahren auch im Großraum Stuttgart und im Rheingraben auf sehr niedrigem Niveau.

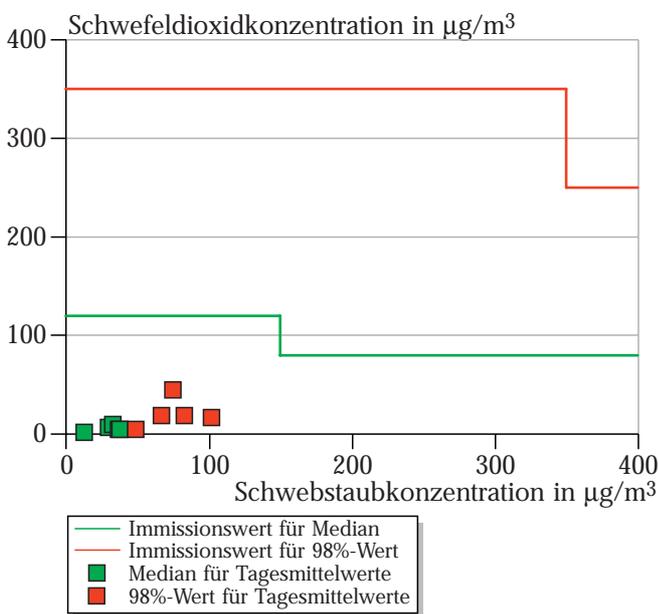


Abbildung 2.3-2: Median- und 98%-Werte der Tagesmittel der Schwefeldioxid- und Schwebstaubkonzentrationen an den Messstationen Karlsruhe-Nordwest, Mannheim-Nord, Stuttgart-Bad Cannstatt, Stuttgart-Hafen und Schwarzwald-Süd in Bezug zu den Immissionswerten der 22. BImSchV für Schwefeldioxid

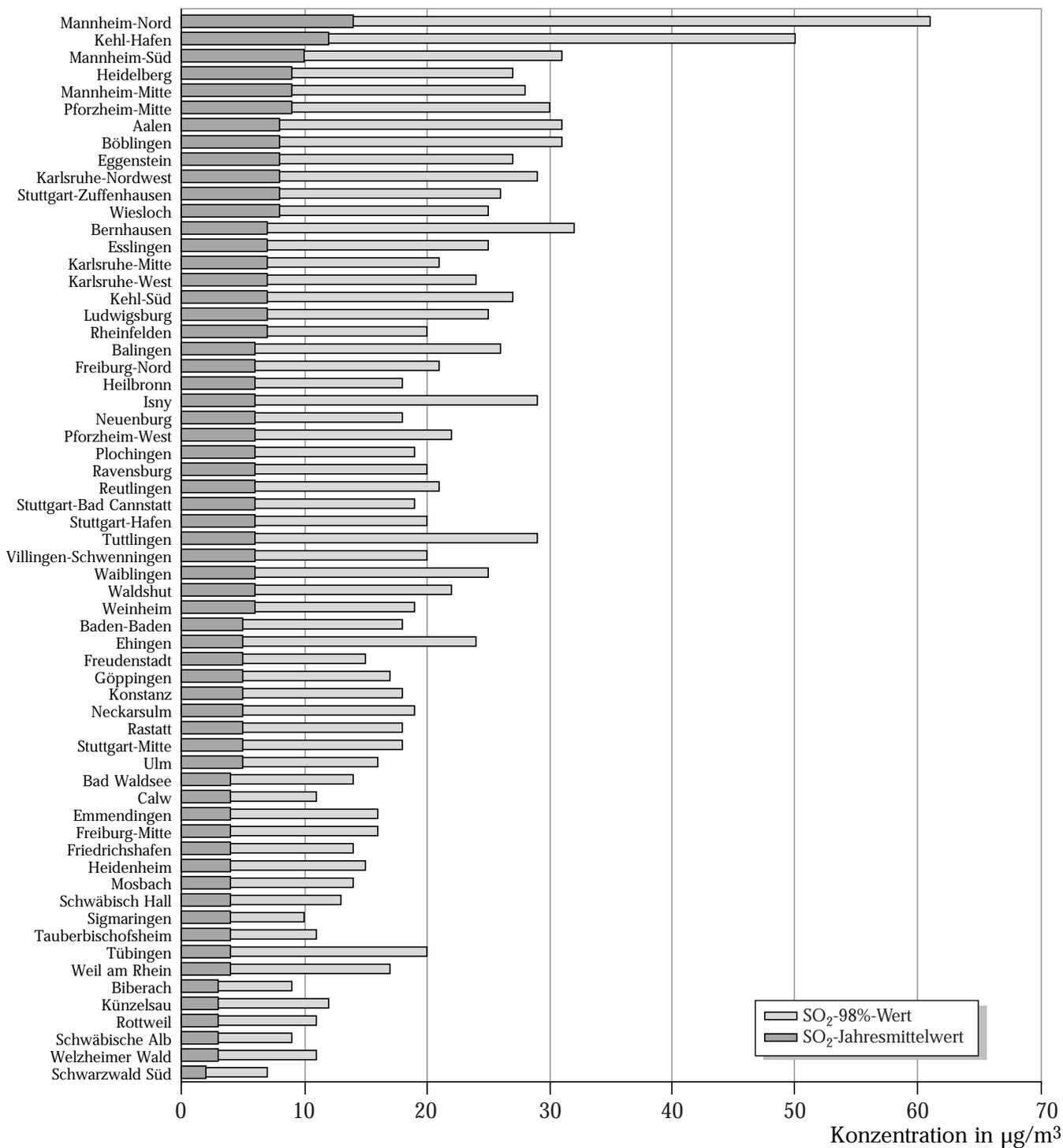


Abbildung 2.3-3: Jahresmittel- und 98%-Werte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) des landesweiten Messnetzes, im Jahr 1999

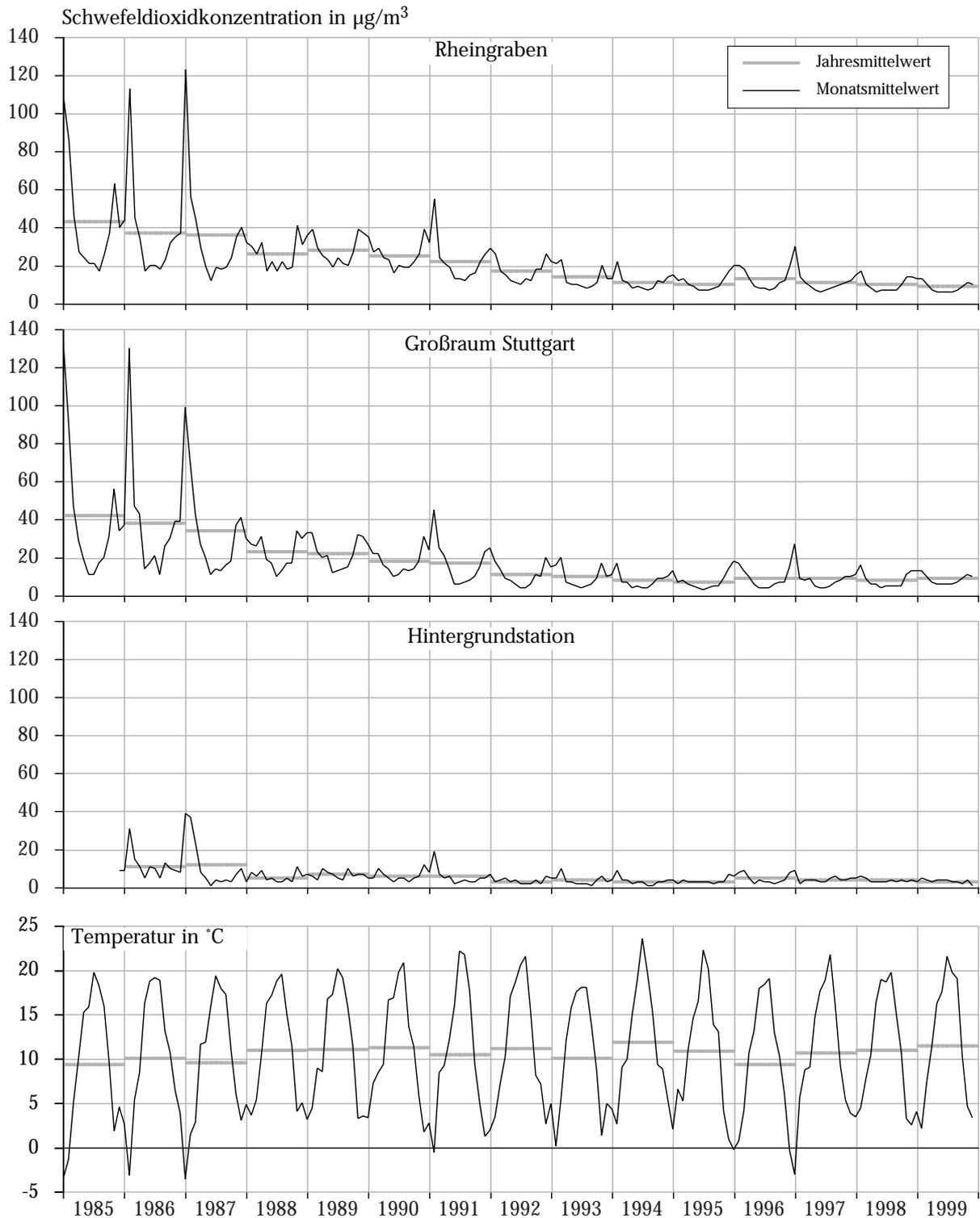
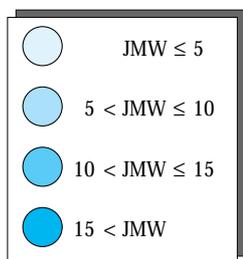
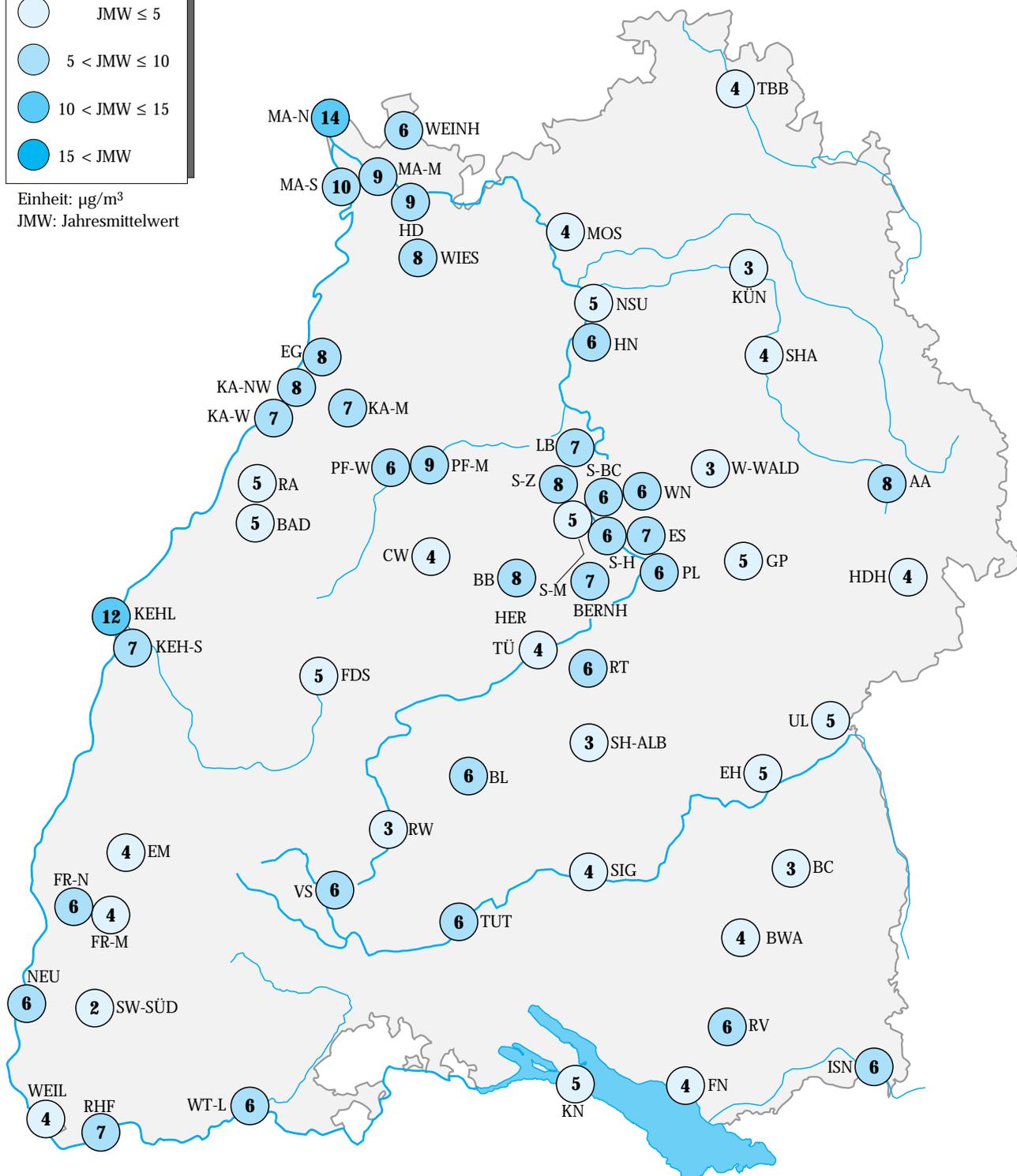


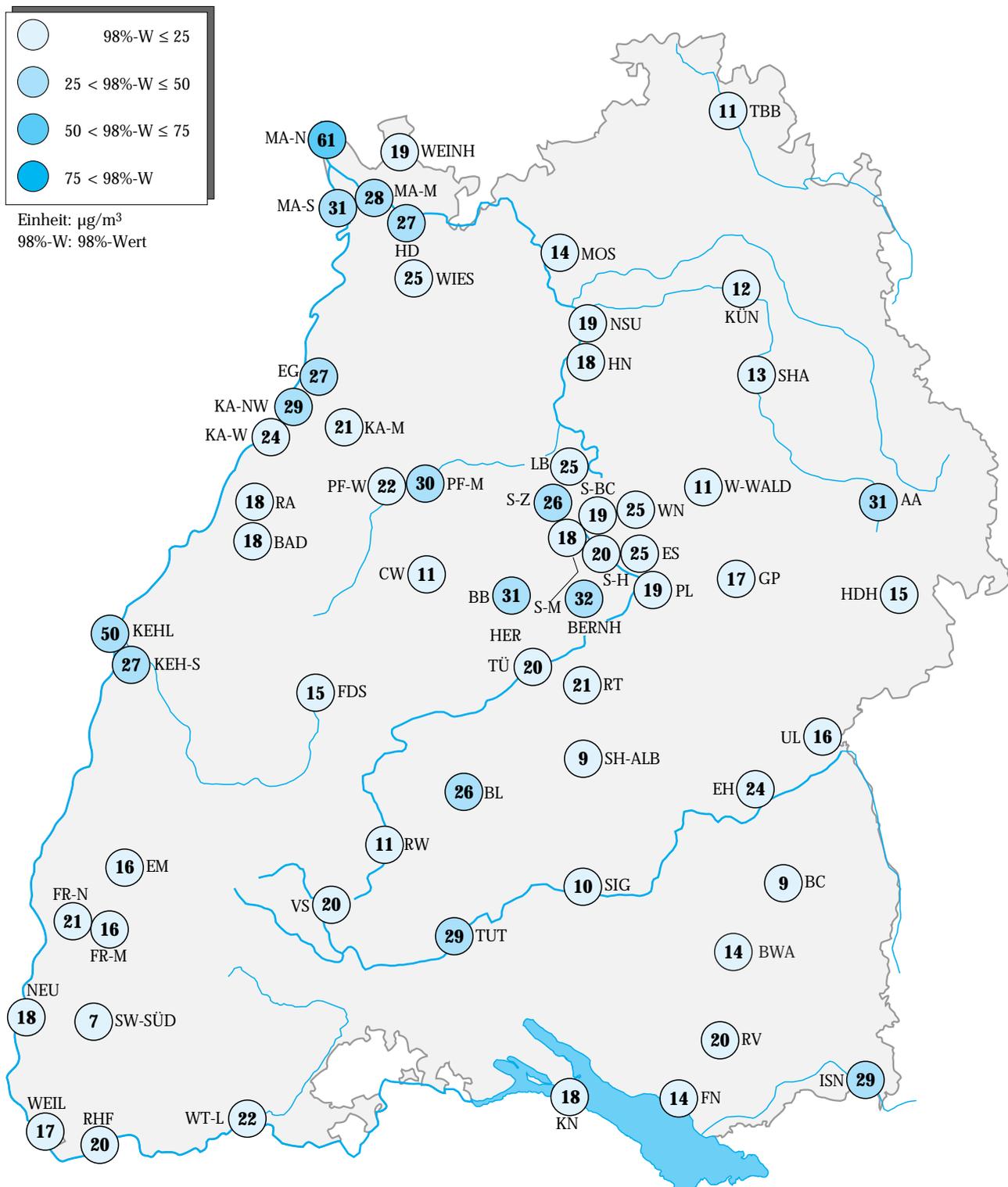
Abbildung 2.3-4: Verlauf der Schwefeldioxidkonzentrationen in den Jahren 1985 bis 1999 (Monatsmittelwerte). Vergleich der Regionen Rheingraben und Großraum Stuttgart mit den Hintergrundstationen Schwarzwald-Süd (Kälbescheuer) und Welzheimer Wald (Edelmannshof) und den mittleren Monatstemperaturen



Einheit: µg/m<sup>3</sup>  
 JMW: Jahresmittelwert



Karte 2.3-1: Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999.



Karte 2.3-2: 98%-Werte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999.

**2.3.1.2 Stickstoffoxide**

Die Menge Stickoxide, die bei einer Verbrennung entsteht, hängt nicht nur von der im Brennstoff vorhandenen Menge an Stickstoff ab, sondern auch von den Verbrennungsbedingungen. Diese entscheiden wieviel des mit der Luft zugeführten Stickstoffes zusätzlich oxidiert wird. Daher entstehen z. B. aus einem Liter Kraftstoff je nach der Betriebsart eines Kraftfahrzeuges unterschiedliche Mengen Stickoxide.

Die Anteile der einzelnen Quellengruppen an der Stickstoffoxidemission in Baden-Württemberg sind in Abbildung 2.3-5 dargestellt.

In der Atmosphäre kann sich aus Stickstoffdioxid Salpetersäure bilden, die neben Schwefelsäure eine der Hauptursachen des „Sauren Regens“ darstellt. Außerdem wirken Stickoxide (Nitrat!) als Dünger für Pflanzen, der aus der Luft ausgekämmt und über die Blätter aufgenommen wird. Da Wälder eine „rauhere“ Oberfläche haben als z. B. landwirtschaftliche Nutzflächen, käumen sie mehr Luftschadstoffe aus als diese. Die meist von Natur aus armen Waldböden können die Bäume nicht in der gleichen Schnelligkeit mit anderen Nährstoffen versorgen, wie diese über die Luft mit Stickstoff gedüngt werden. Das durch die Stickstoffdüngung angeregte Wachstum führt daher zu einer Unterversorgung mit Nährstoffen, die als eine der Ursachen für die neuartigen Waldschäden angesehen wird. Für den Menschen ist insbesondere Stickstoffdioxid von Bedeutung: Es reizt die Schleimhäute und begünstigt damit Atemwegserkrankungen. Akute Vergiftungserscheinungen durch Stickstoffoxide treten jedoch erst ab sehr hohen Konzentrationen auf. Ihre größte Bedeutung für die Luftqualität haben Stickstoffoxide aber als Vorläufersubstanzen für die Bildung von Ozon und anderen Photooxidantien.

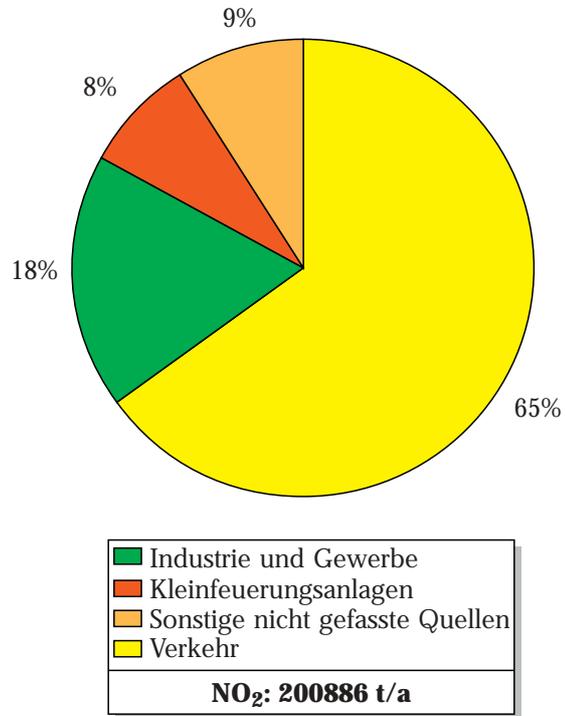


Abbildung 2.3-5: Anteile der verschiedenen Quellengruppen an den Stickstoffoxidemission (berechnet als NO<sub>2</sub>) in Baden-Württemberg 1995 [UVM, 1998-2]

Die höchsten Konzentrationen wurden an den Verkehrsmessstationen in Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim und Freiburg registriert, wobei die Station Freiburg-Straße mit 127 µg/m<sup>3</sup> den höchsten 98%-Wert aufwies. Der in der 23. BImSchV als 98%-Wert festgelegte Prüfwert von 160 µg/m<sup>3</sup> wurde 1999 an allen Stationen eingehalten. In Tabelle 2.3-2 sind die Überschreitungen weiterer Beurteilungsschwellen für Stickstoffoxidkonzentrationen zusammengestellt, die im Jahr 1999 an Stationen des landesweiten Messnetzes Baden-Württemberg ermittelt wurden. Wie schon 1998, waren auch 1999 deutlich weniger Überschreitungen der MIK-Werte für Stickstoffdioxid zu verzeichnen als im Vorjahr. Der 1/2-h-Wert der 22. BImSchV von 200 µg/m<sup>3</sup> wurde an 5 Stationen, der 24h-MIK-Wert von 1,0 mg/m<sup>3</sup>

wurde an 15 Stationen überschritten (Tabelle 2.3-2). Der 1/2h-MIK-Wert für Stickstoffmonoxid von 1,00 mg/m<sup>3</sup> wurde 1998 an einer Messstation überschritten. Die Rangreihenfolge der Stationen hinsichtlich der Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen ist Abbildung 2.3-6 zu entnehmen, wo auch die 98%-Werte der Konzentrationen dargestellt sind. Die Karten 2.3-3 und 2.3-4 zeigen die räumliche Verteilung der Jahresmittelwerte und 98%-Werte für die einzelnen Stationen.

Stickoxide werden überwiegend als Stickstoffmonoxid emittiert und in der Atmosphäre sehr rasch zu Stickstoffdioxid oxidiert. Aus diesem Grund treten erhöhte Stickstoffmonoxidkonzentrationen hauptsächlich in der Nähe von Emittenten auf, während Stickstoffdioxid auch über größere Strecken transportiert werden kann und damit räumlich gleichmäßiger verteilt ist. In Abbil-

dung 2.3-7 sind die 98%-Werte der beiden Komponenten einander gegenübergestellt, um dies sichtbar zu machen. Die Unterschiede zeigen sich bereits bei den Mittelwerten deutlich, sind aber bei den 98%-Werten noch ausgeprägter.

Der Verlauf der Monats- und Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid (Abbildung 2.3-8) zeigt keine wesentliche Veränderung zu den Vorjahren.

*Tabelle 2.3-2: Überschreitungen von Beurteilungskriterien für Stickstoffdioxid- und Stickstoffmonoxidkonzentrationen im Jahr 1999*

Station	Stickstoffdioxid		Stickstoffmonoxid
	1/2-Std.MW 200 µg/m <sup>3</sup> (22. BImSchV) Anzahl Stunden gesamt	24-Std.MW 0,1 mg/m <sup>3</sup> (MIK-Wert der VDI 2310) Anzahl Tage	1/2-Std.MW 1,0 mg/m <sup>3</sup> (MIK-Wert der VDI 2310) Anzahl Stunden gesamt
Stuttgart-Mitte-Straße	-	114	-
Karlsruhe-Straße	1	77	-
Mannheim-Straße	-	70	-
Stuttgart-Mitte	-	29	-
Stuttgart-Vaihingen-Straße *)	-	20	-
Bernhausen	2	21	-
Karlsruhe-Nordwest	-	21	-
Freiburg-Straße	1	19	-
Karlsruhe-West	1	19	1,5
Mannheim-Süd	-	12	-
Böblingen	-	11	-
Pforzheim-Mitte	-	6	-
Stuttgart-Zuffenhausen	0,5	4	-
Plochingen	-	3	-
Stuttgart-Bad Cannstatt	-	2	-

\*) wurde weniger als 3 Monate betrieben.

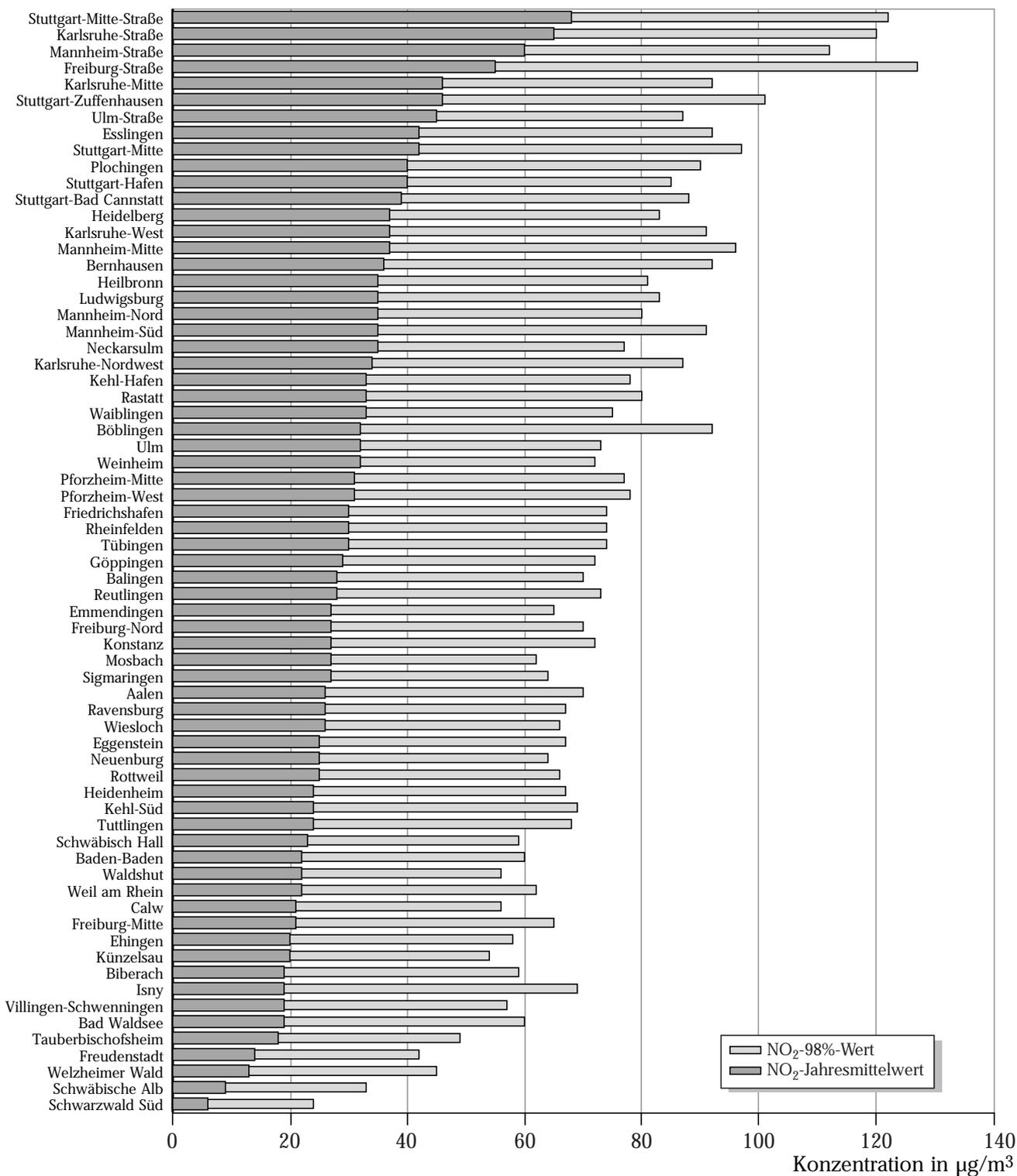


Abbildung 2.3-6: Jahresmittel- und 98%-Werte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

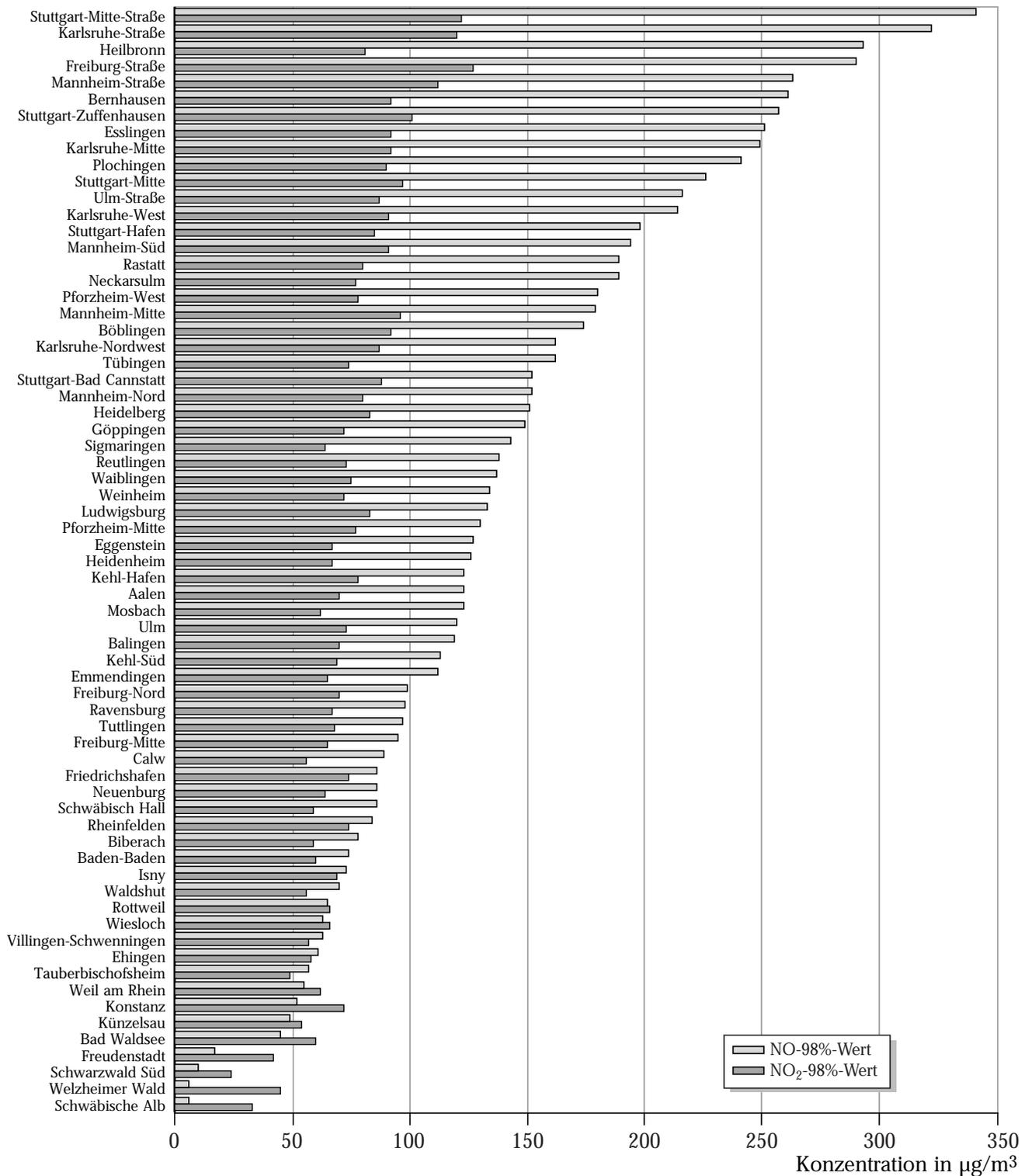
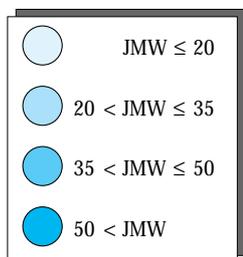
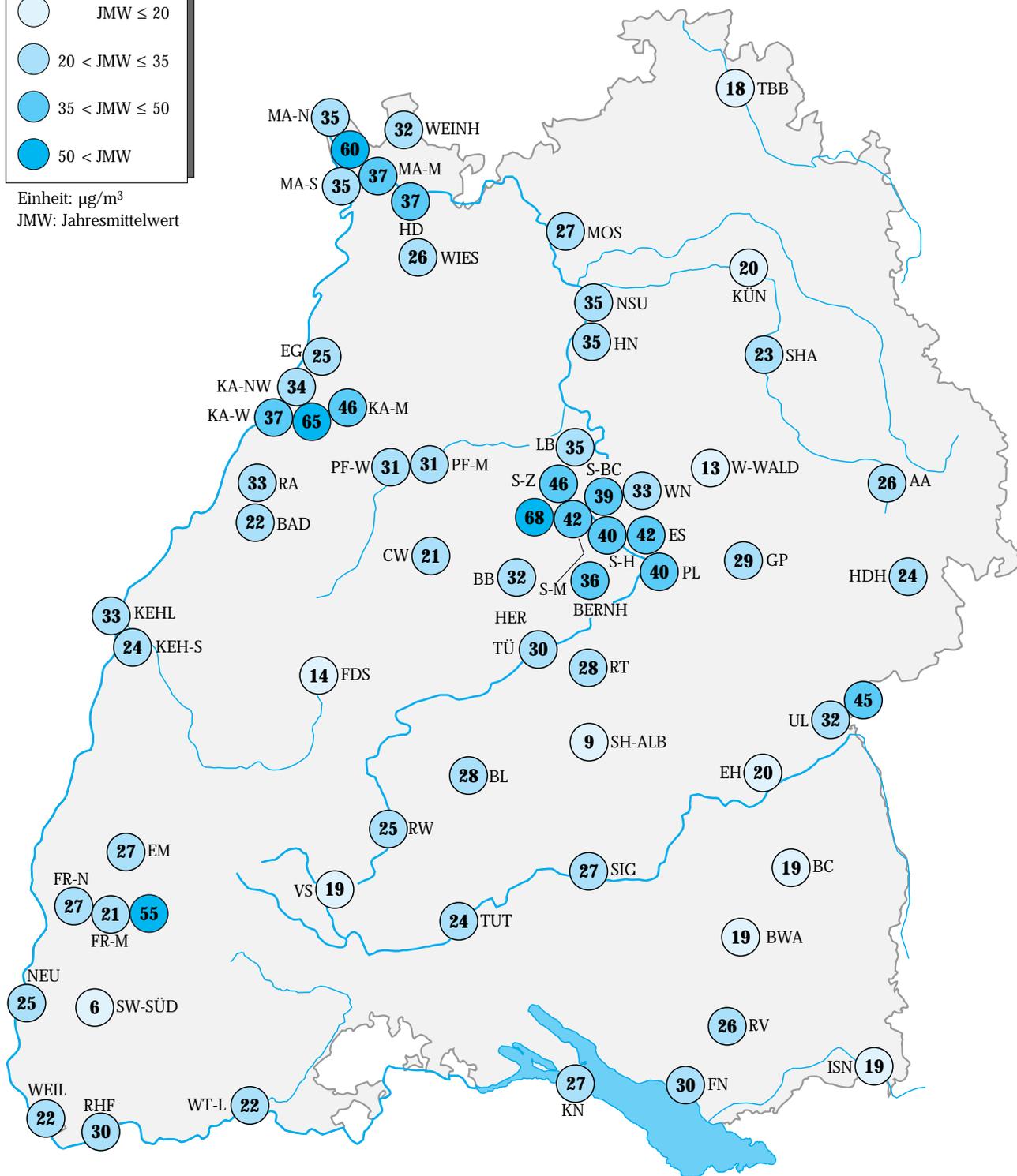


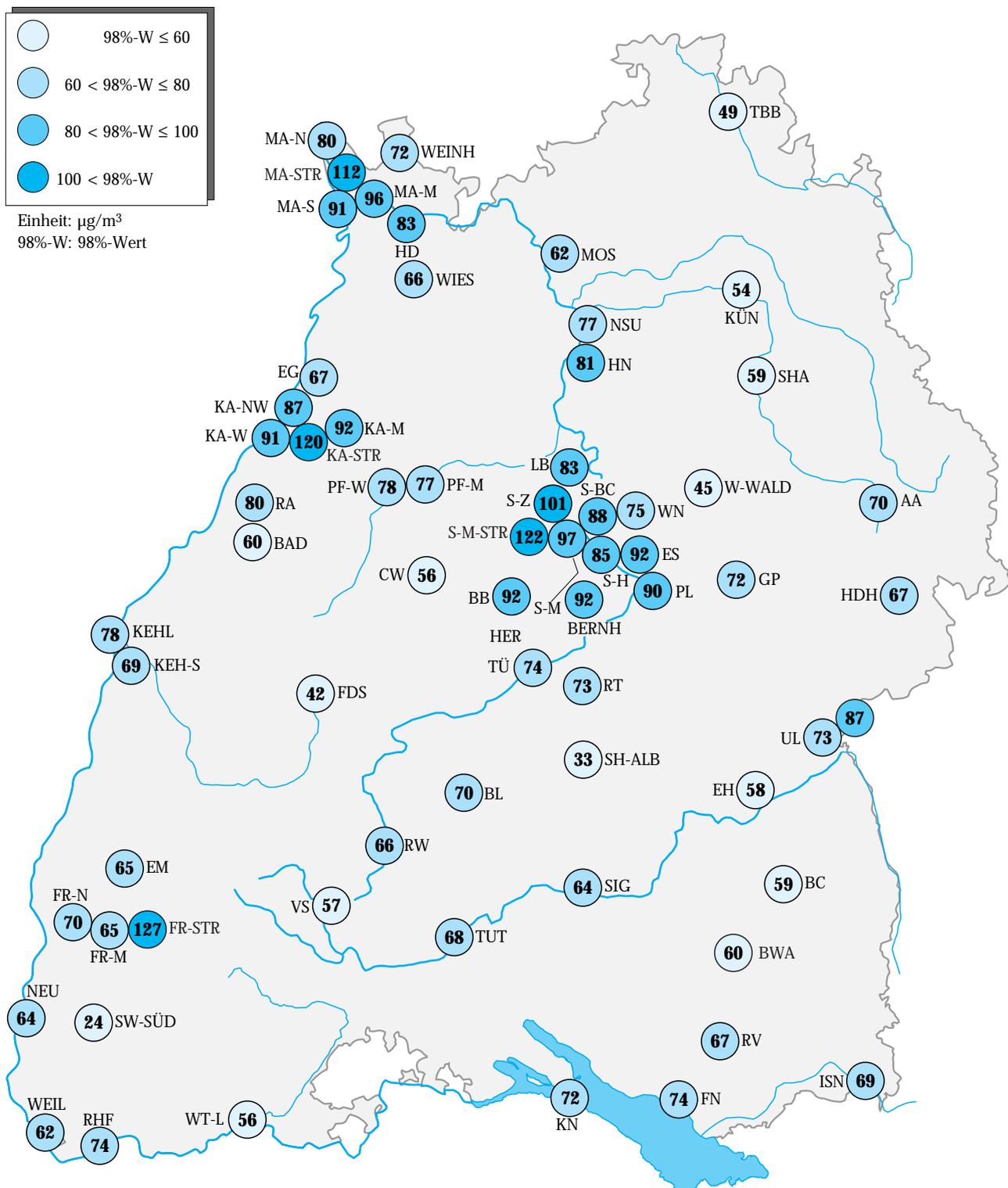
Abbildung 2.3-7: Gegenüberstellung der 98%-Werte von Stickstoffmonoxid und von Stickstoffdioxid an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes (Messstationen sind nach NO-Werten sortiert) im Jahr 1999



Einheit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 JMW: Jahresmittelwert



Karte 2.3-3: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999



Karte 2.3-4: 98%-Werte der Stickstoffdioxidkonzentrationen an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999

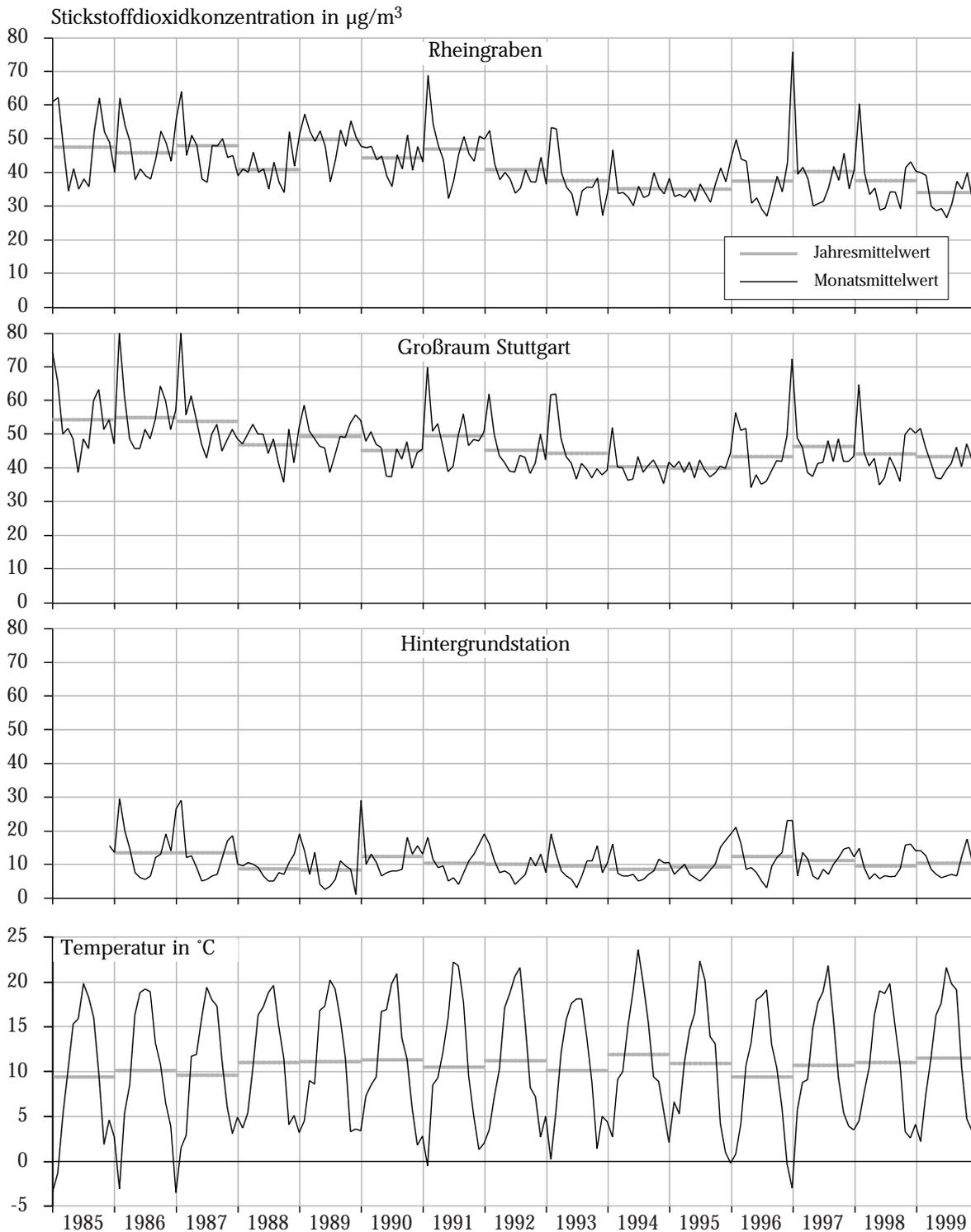


Abbildung 2.3-8: Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen in den Jahren 1985 bis 1999 (Monatsmittelwerte). Vergleich der Regionen Rheingraben und Großraum Stuttgart mit den Hintergrundstationen Schwarzwald-Süd und Edlmannshof (Welzheimer Wald) und den mittleren Monatstemperaturen

### 2.3.1.3 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid entsteht bei unvollständiger Verbrennung aus dem Kohlenstoff des Brennstoffs. Der größte Teil der Kohlenmonoxidemissionen wird durch den Verkehr verursacht, gefolgt von den Emissionen von Maschinen und Geräten. Die Kleinfeuerungsanlagen spielen ebenso eine untergeordnete Rolle wie die Emissionen von Industrie und Gewerbe [UVM, 1998-2]. Wie bei Schwefeldioxid sind bei Kohlenmonoxid Emissionen aus Verkehr, Industrie und Gewerbe über das Jahr konstant. Im Winter kommen Emissionen aus den Kleinfeuerungsanlagen hinzu, die in Verbindung mit austauscharmen Wetterlagen kurzzeitig zu erhöhten Konzentrationen von Kohlenmonoxid führen. Die Anteile der einzelnen Quellengruppen an der Kohlenmonoxidemission in Baden-Württemberg sind in Abbildung 2.3-9 dargestellt.

Kohlenmonoxid blockiert bei Menschen und Tieren die Sauerstoffaufnahme des Blutes und führt dadurch zu Sauerstoffmangel.

Die Jahresmittelwerte und 98%-Werte der Kohlenmonoxidkonzentrationen sind für alle Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes in Abbildung 2.3-10 dargestellt. Die Karten 2.3-5 und 2.3-6 zeigen die Jahresmittelwerte und 98%-Werte für die einzelnen Stationen in ihrer Verteilung auf das Land. Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Kohlenmonoxidkonzentrationen an Messstationen in Straßennähe bzw. in den Kernbereichen der Ballungszentren und an den emittentenfern gelegenen Hintergrundstationen. Die höchste Konzentration trat an der Verkehrsmessstation Karlsruhe-Straße mit einem Jahresmittelwert von  $1,6 \text{ mg/m}^3$  und einem 98%-Wert von  $4,4 \text{ mg/m}^3$  auf. Die MIK-Werte für Kohlenmonoxid (1/2h-MIK-Wert:  $50 \text{ mg/m}^3$ ; 24h-MIK-Wert:  $10 \text{ mg/m}^3$ ) wurden 1999 an

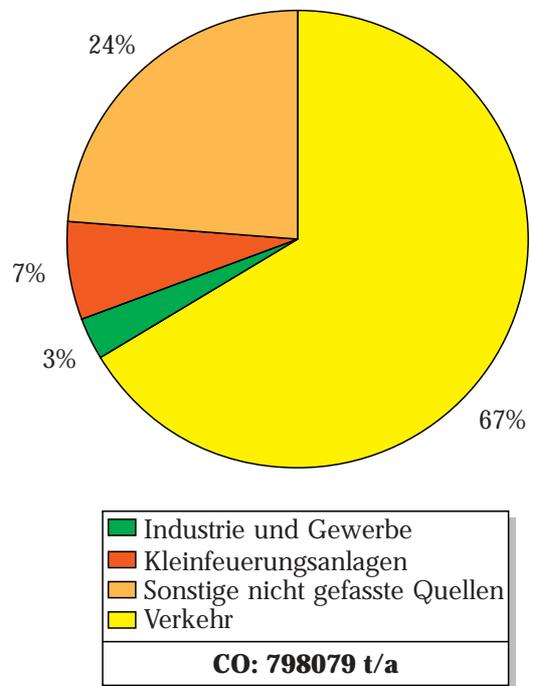


Abbildung 2.3-9: Anteile der verschiedenen Quellengruppen an den Kohlenmonoxidemissionen in Baden-Württemberg 1995 [UVM, 1998-2]

keiner Station des landesweiten Messnetzes erreicht. Der höchste 1/2h-Mittelwert betrug  $25,1 \text{ mg/m}^3$  an der Station Ulm Straße, der höchste 24h-Mittelwert  $5,2 \text{ mg/m}^3$  an der Station Karlsruhe-Straße.

In Abbildung 2.3-11 sind die Zeitreihen der Monatsmittelwerte der Kohlenmonoxidkonzentrationen der Regionen Rheingraben und Großraum Stuttgart dargestellt. Nach einem deutlichen Rückgang von 1985 bis 1993 stagnierten die Kohlenmonoxidkonzentrationen bis 1997 weitgehend auf einem schon sehr niedrigen Niveau. Im Jahr 1998 sanken die Konzentrationen nochmals und lagen nun im Rheingraben unter  $0,5 \text{ mg/m}^3$  im Jahresmittel, wobei dieser Rückgang maßgeblich von der sehr milden Witterung in den Wintermonaten geprägt wurde.

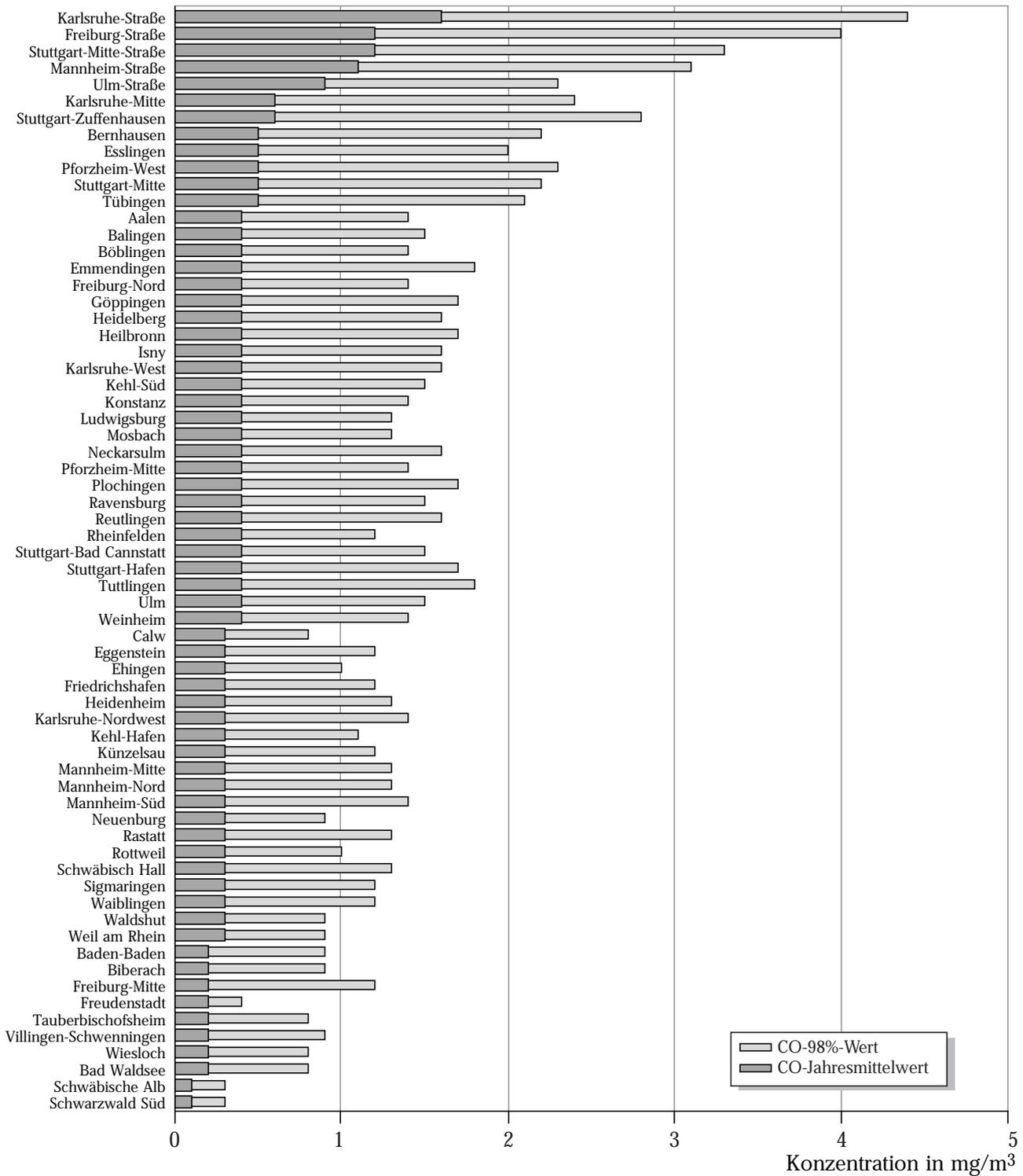


Abbildung 2.3-10: Jahresmittel- und 98%-Werte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

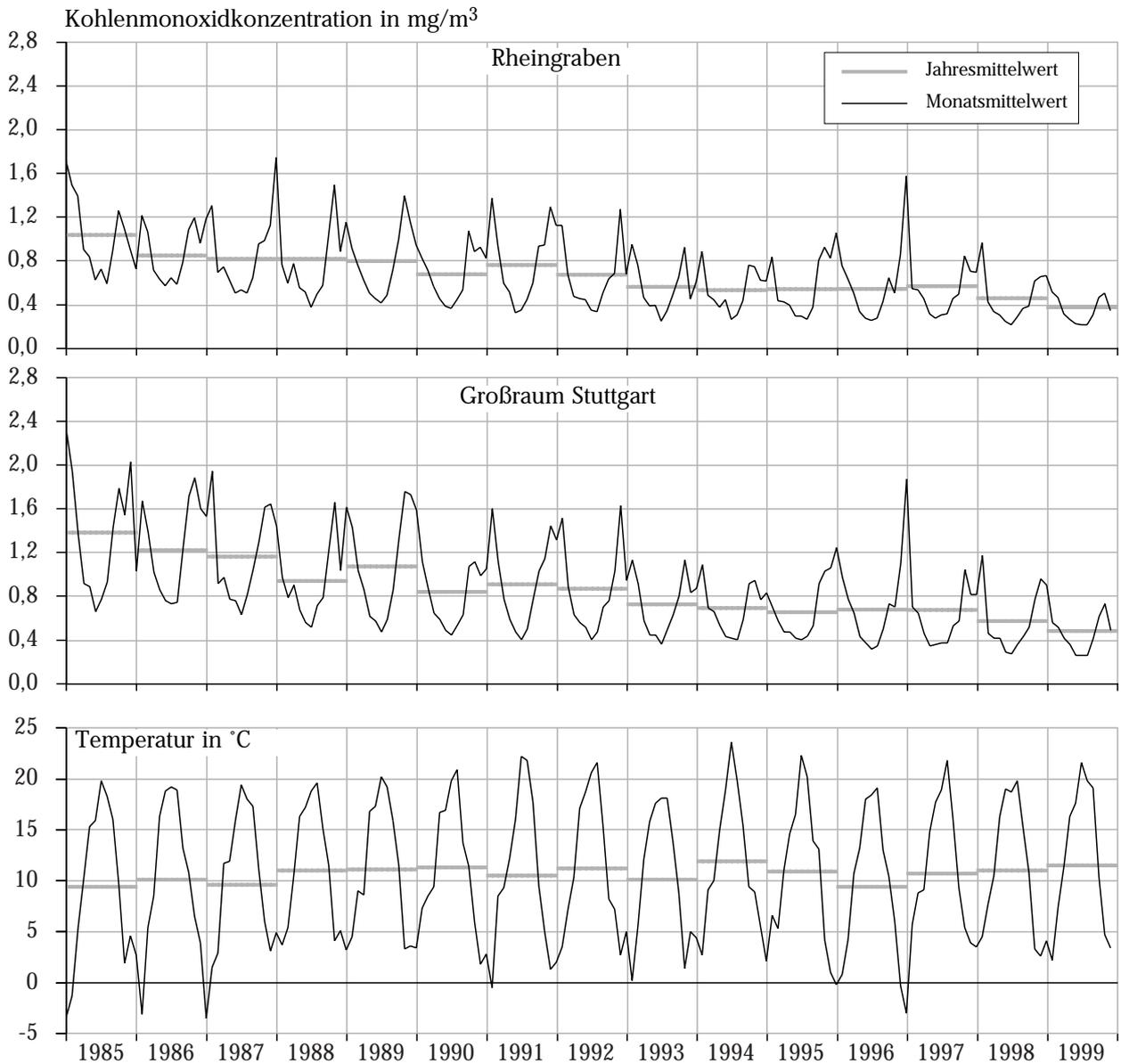
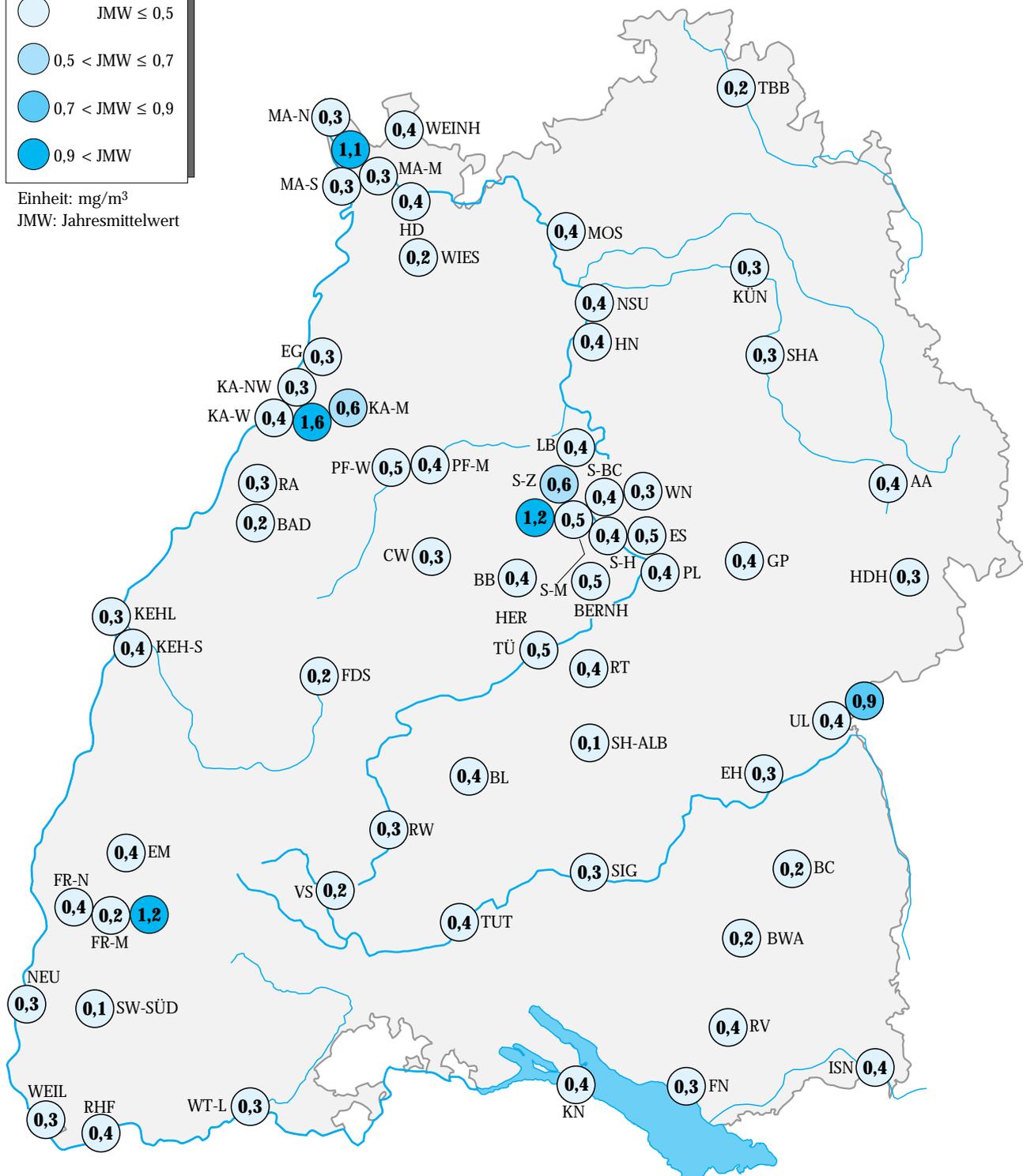
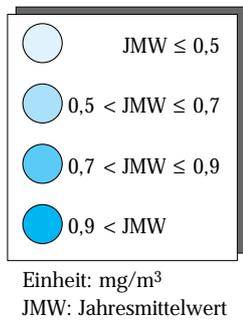
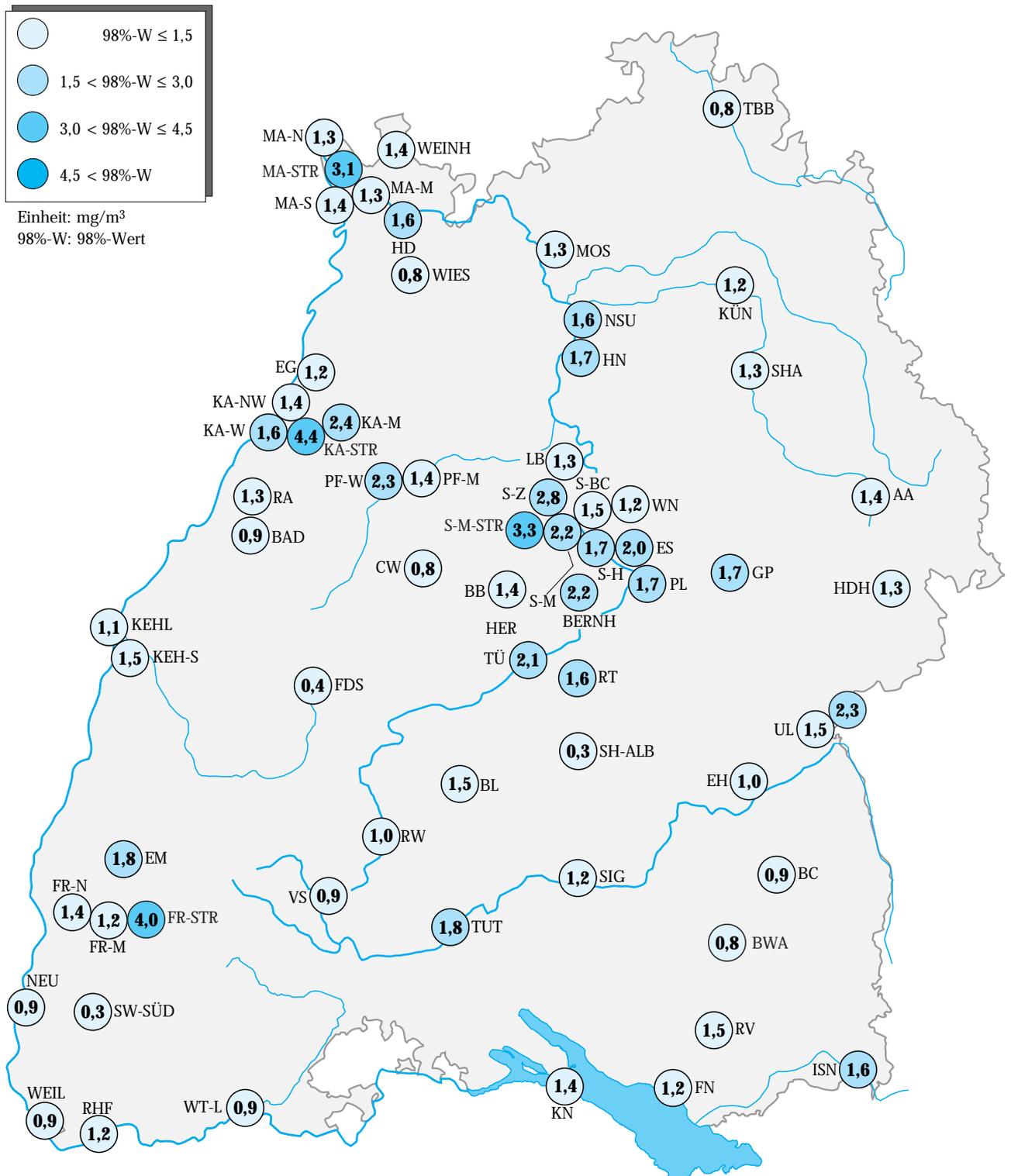


Abbildung 2.3-11: Verlauf der Kohlenmonoxidkonzentrationen in den Jahren 1985 bis 1999 (Monatsmittelwerte). Vergleich der Regionen Rheingraben und Großraum Stuttgart mit den mittleren Monatstemperaturen



Karte 2.3-5: Jahresmittelwerte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999.



Karte 2.3-6: 98%-Werte der Kohlenmonoxidkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999.

#### 2.3.1.4 Ozon

Die 1999 festgestellten Jahresmittelwerte für Ozon (Abbildung 2.3-12) zeigen im Gegensatz zu den primär emittierten Schadstoffen die höchsten Konzentrationen an den Hintergrundstationen z.B. Schwarzwald-Süd (Kälbelescheuer):  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die niedrigsten Jahresmittelwerte werden aufgrund der Reduktion von Ozon durch Stickstoffmonoxid an den Stationen mit starkem Verkehrseinfluss, wie z.B. Esslingen und Plochingen mit  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beobachtet (Karte 2.3-7). Bei der Belastung durch Ozon-Konzentrationsspitzen, hier dargestellt anhand der 98%-Werte (Karte 2.3-8), wird der höchste Wert 1999 ebenfalls an der Station Schwarzwald-Süd mit  $147 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht. Die im Vergleich zu den Jahresmittelwerten geringere Spannweite der 98%-Werte von Ozon ist in Abbildung 2.3-12 zu erkennen. Hier zeigt sich, dass erhöhte Ozonwerte bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen fast überall auftreten können.

Bei Ozon sind neben den Kenngrößen Jahresmittel- und 98%-Wert die Überschreitungshäufigkeiten verschiedener Schwellenwerte von besonderem Interesse. Der 1/2-Stunden-MIK-Wert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde 1999 an allen Stationen des landesweiten Messnetzes überschritten (Abbildung 2.3-13). Die meisten Überschreitungen zeigt die Station Schwarzwald Süd mit 91 Tagen und einer durchschnittlichen Überschreitungsdauer von 8,9 Stunden, gefolgt von den Stationen Baden-Baden (83 Tage) und Bad Waldsee (77 Tage). Am Ende der Rangfolge stehen die Stationen Reutlingen und Pforzheim-West mit 23 bzw. 27 Tagen.

In der 22. BImSchV sind für Ozon verschiedene Schwellenwerte zum Schutz vor schädlichen Einflüssen auf Menschen, Pflanzen und andere schützenswerte Güter festgelegt.

Überschreitungen des 1-Stunden-Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden im Jahr 1999 nur an maximal acht

Tagen festgestellt (Abbildung 2.3-14).

Der Schwellenwert von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 8-Stundenmittelwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde 1999 an allen Stationen überschritten (Abbildung 2.3-15). Ein Großteil der Stationen zeigt 30 bis 60 Tage mit Überschreitungen. Am unteren Rand der Rangfolge sind überwiegend Stationen, die in Verkehrsnähe liegen. Die mit 87 Tagen höchste Zahl an Überschreitungen wird an der Hintergrundstation Schwarzwald Süd beobachtet. Zum Schutz der Vegetation dient der 1-Stunden-Schwellenwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Er wurde 1999 an 8 Stationen an jeweils einem Tag überschritten (Eggenstein, Welzheimer Wald, Schwäbische Alb, Heidelberg-Schwimmbad, Karlsruhe-West, Mannheim-Nord, Mosbach und Weil am Rhein).

Ebenfalls zum Schutz der Vegetation ist der 24-Stunden-Mittelwert von  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Erwartungsgemäß wurden die häufigsten Überschreitungen an den Hintergrundstationen Schwarzwald Süd (920 m ü. NN), Schwäbische Alb (799 m ü. NN) und der hochgelegenen Station Freudenstadt (750 m ü. NN) festgestellt (Abbildung 2.3-16). Hier werden an mehr als 230 Tagen Überschreitungen beobachtet. An der Station Schwarzwald Süd wird der Schwellenwert an 316 Tagen überschritten. Aufgrund der Höhenlage dieser Stationen ist zum einen die natürliche Ozonkonzentration erhöht, zum anderen liegt sie in der sogenannten Reservoirschicht, in der der nächtliche Abbau der Ozonkonzentrationen durch Stickoxide fehlt. Überschreitungen an weniger als 50 Tagen zeigen dagegen Stationen mit Verkehrseinfluss, wie z.B. die Stationen Plochingen, Stuttgart-Hafen, Esslingen und Stuttgart-Zuffenhausen. Die in den letzten Jahren oft an letzter Stelle in den Rangfolgen erscheinende Station Karlsruhe-Mitte ist aufgerückt. Aufgrund einer im September 1998 geänderten Verkehrsführung in Karlsruhe ist das Verkehrsaufkommen an der Station Karlsruhe-

Mitte deutlich zurückgegangen und in der Folge die Ozonkonzentrationen leicht angestiegen.

Der Auslösewert des Ozongesetzes von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde 1999 an keiner Station überschritten. Verkehrsempfehlungen wurden an 7 Tagen gegeben.

Einen Überblick über die sommerlichen Ozonkonzentrationen gibt das tägliche Ozonmaximum (höchster 1h-Mittelwert des Tages), das von Mitte April bis Mitte September 1999 für alle Stationen in Abbildung 2.3-17 dargestellt ist. Der Verlauf der täglichen Ozonmaxima zeigt, dass es 1999 im Grunde genommen keinen „Ozonsommer“ gab. Häufige Niederschläge verhinderten oft einen Aufbau hoher Ozonkonzentrationen über mehrere Tage. Leicht erhöhte Ozonkonzentrationen wurden Ende Mai in Verbindung mit einer Hochdruckwetterlage und südwestlicher Strömung erreicht sowie in zwei kurzen Wärmeepisoden Ende Juni und Anfang Juli. Die ausgeprägteste Ozonwetterlage im Jahr 1999 wurde Mitte September beobachtet. Hier verlagerte sich ab dem 7. September ein Hochdruckgebiet vom Alpenraum nach Fennoskandien, dabei blieb die Hochdruckbrücke über Deutschland erhalten. Ab 8. September wurde warme und trockene Festlandsluft zuerst aus östlicher Richtung nach Süddeutschland herangeführt. Im Zuge der Verlagerung des Hochs nach Fennoskandien drehte die Strömung von Ost auf Südost und es gelangte Luft subtropischen Ursprungs nach Süddeutschland. Mit Zufuhr der subtropischen Luft stiegen die Stickstoffdioxid- und die Ozonkonzentrationen erst im Rheingraben und ab dem 12. September auch im Großraum Stuttgart. Für Stickstoffdioxid wurden dabei Überschreitungen des 1/2h-MIK-Wertes von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an den Verkehrsmessstationen in Freiburg, Karlsruhe und Mannheim, aber auch an der Station Karlsruhe-West festgestellt. Die Ozonwerte stiegen erst im Rheingraben und ab dem 13. September auch

im Großraum Stuttgart und auf der Schwäbischen Alb auf Werte über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . An der Station Schwäbische Alb wurde am 14. September mit  $219 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der höchste 1h-Mittelwert des Sommers in Baden-Württemberg gemessen. Beendet wurde die Ozonwetterlage mit Durchzug einer Störung am 15. September.

Die Entwicklung der Ozonkonzentrationen während der letzten 10 bzw. 15 Jahre wird im Folgenden betrachtet. Abbildung 2.3-18 zeigt die mittlere Anzahl von Tagen pro Station mit Überschreitungen des Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Zeitraum von 1990 bis 1999. Die Überschreitungen sind nach Monaten aufgeteilt. Im Jahr 1999 wurden die wenigsten Überschreitungen seit 1990 beobachtet. Im wesentlichen beschränkten sich die Überschreitungen auf die Monate Juni, Juli und vor allem September. Der sonst durch besonders viele Überschreitungen auffallende Monat August zeigte 1999 an keiner Station eine Überschreitung von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In Abbildung 2.3-19 sind die langjährigen Monats- und Jahresmittel für Ozon der verschiedenen Regionen sowie der Verlauf der mittleren Monats- und Jahrestemperatur von Mannheim für 1985 bis 1999 dargestellt. Für alle drei Regionen ist ein ausgeprägter Jahresgang mit hohen Ozonkonzentrationen in den Monaten April bis August zu erkennen. Einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf über die Jahre zeigen Rheingraben und Großraum Stuttgart, wobei der Rheingraben auf einem höheren Niveau liegt. Im Jahr 1999 sind die Unterschiede in den Monaten Juni und Juli ausgeprägter. Hier werden im Rheingraben deutlich höhere Monatsmittelwerte erreicht als im Großraum Stuttgart. Diese regionalen Unterschiede zeigten sich schon in Abbildung 2.3-17, in der die täglichen Ozonmaxima im Sommer 1999 dargestellt sind. Während im Rheingraben die Ozonwerte innerhalb sechs Episoden an einzelnen Stationen über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  stiegen, sind im Großraum Stuttgart nur drei Epi-

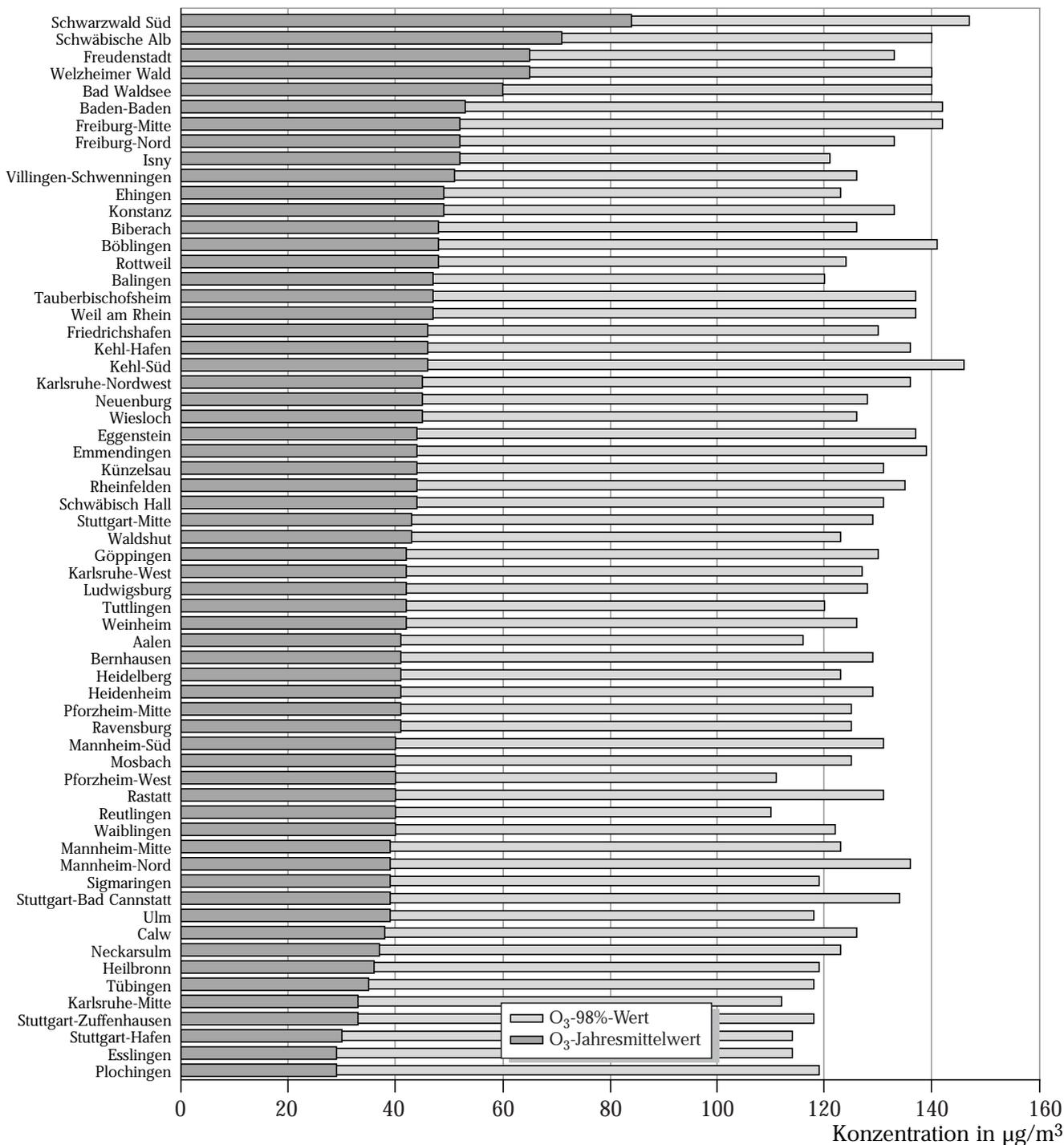


Abbildung 2.3-12: Jahresmittel- und 98%-Werte der Ozonkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

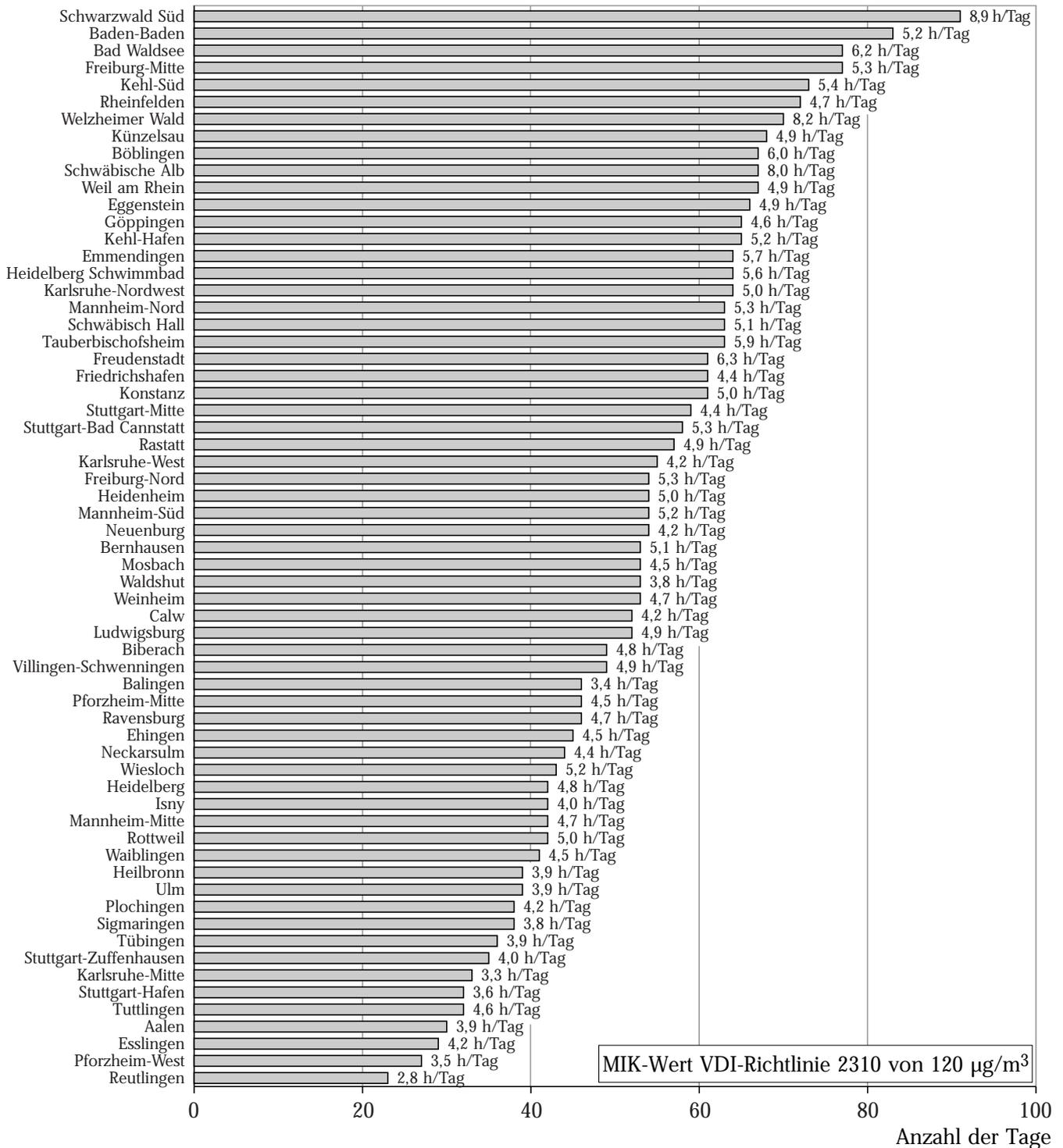
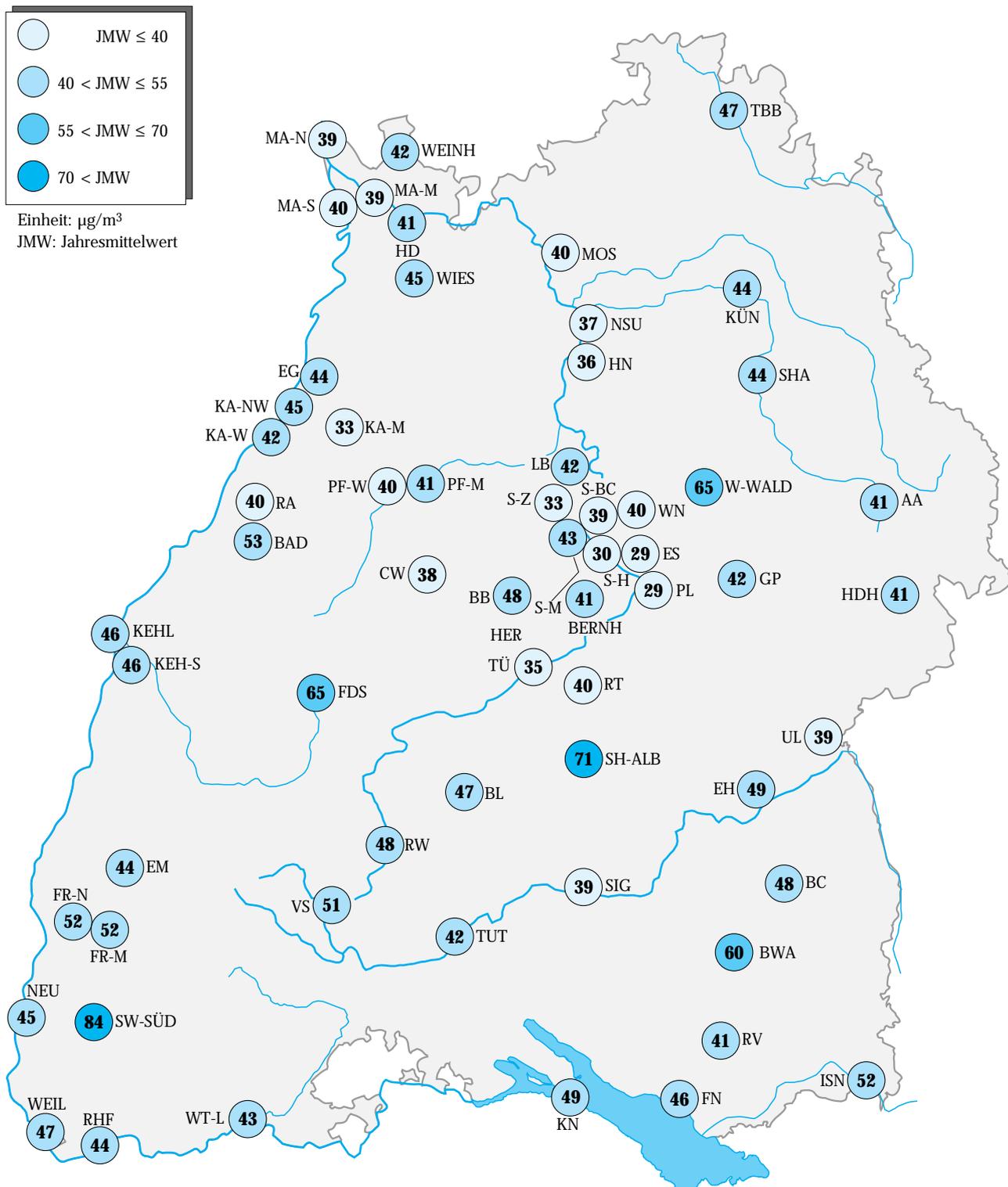
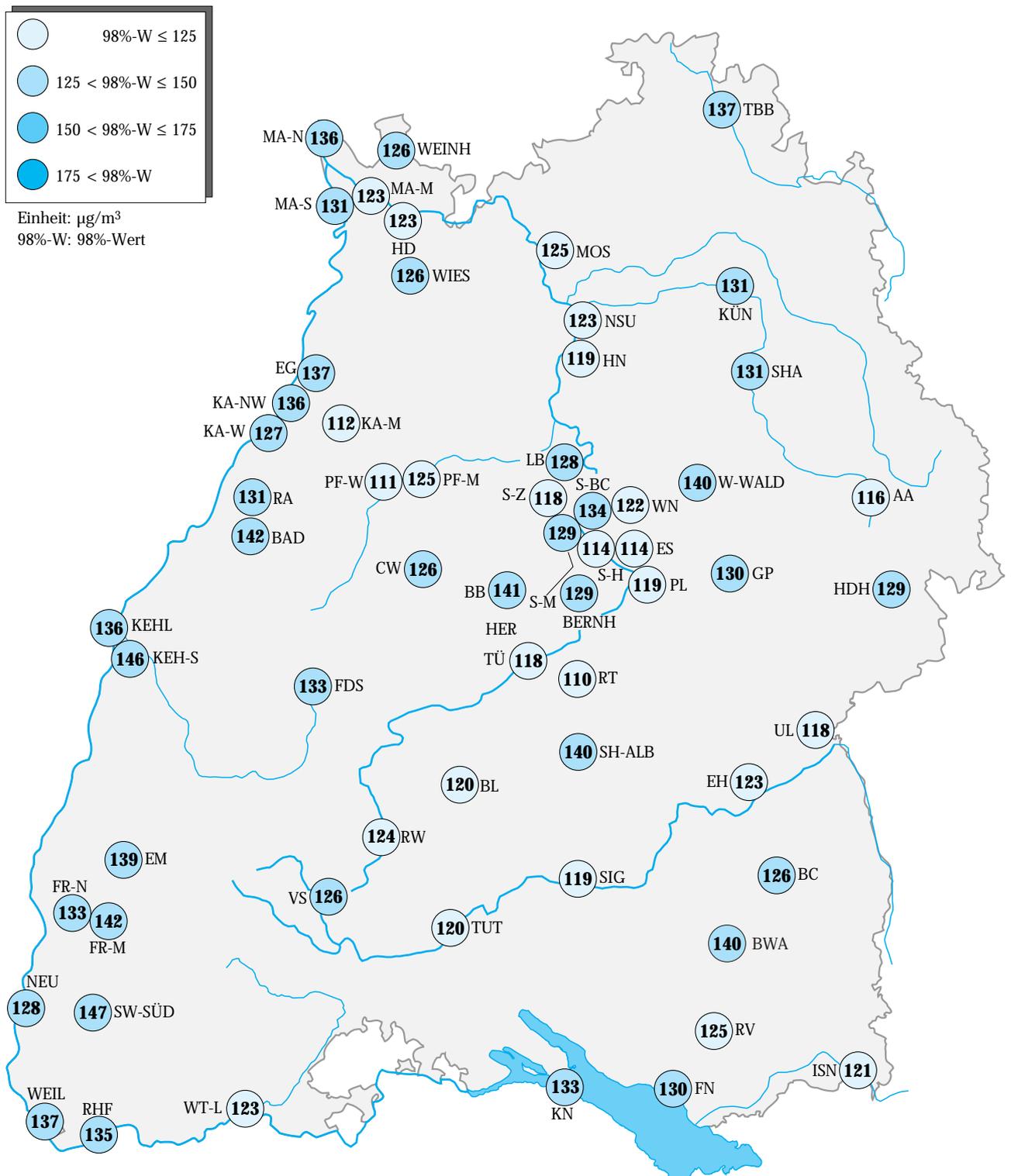


Abbildung 2.3-13: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 1/2-h-MIK-Wertes für Ozon von 120 µg/m<sup>3</sup> und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999



Karte 2.3-7: Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999



Karte 2.3-8: 98%-Werte der Ozonkonzentrationen an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999

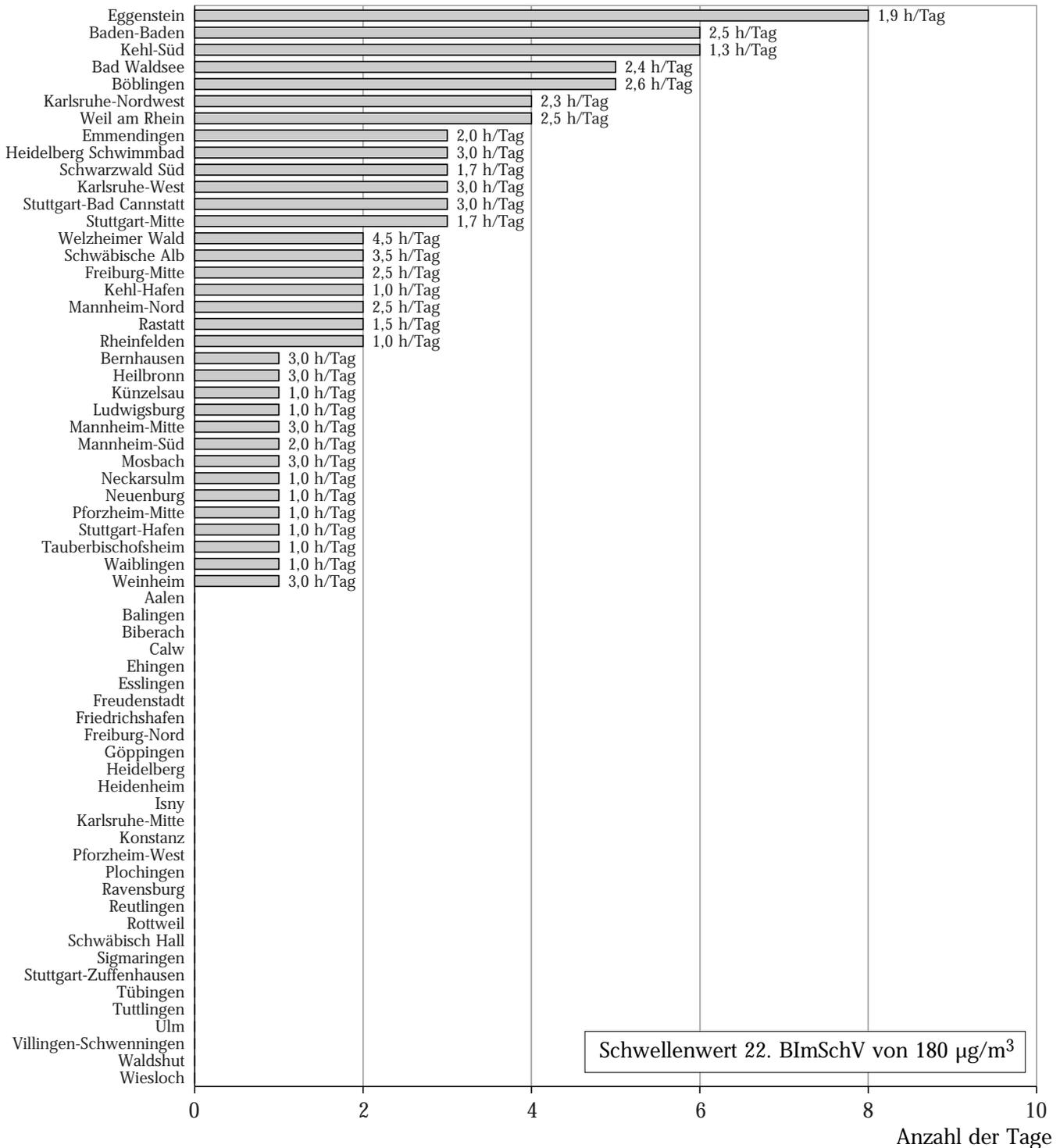


Abbildung 2.3-14: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 1-h-Schwellenwertes für Ozon von 180 µg/m<sup>3</sup> und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999

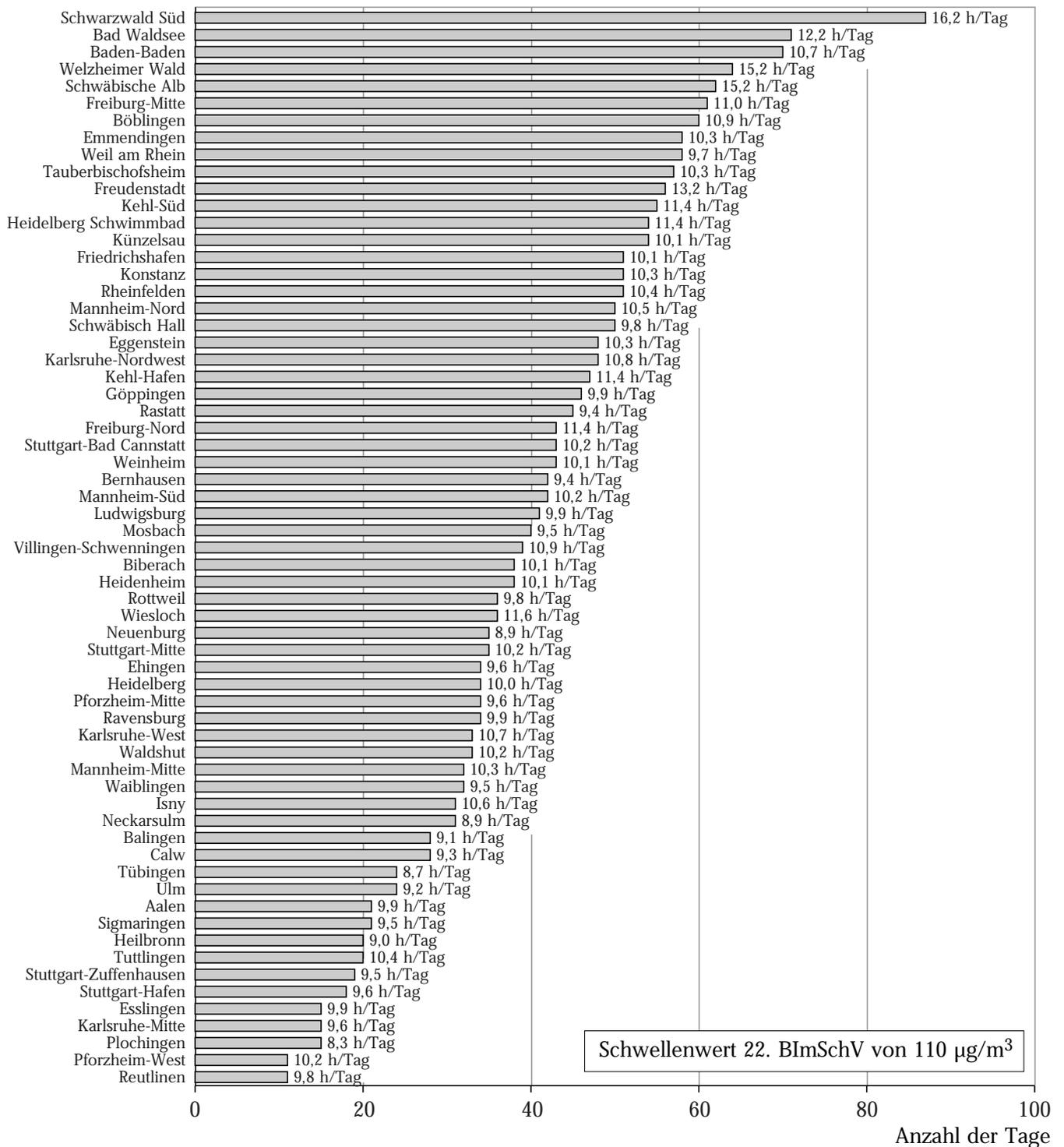


Abbildung 2.3-15: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 8-h-Schwellenwertes für Ozon von 110 µg/m<sup>3</sup> und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999

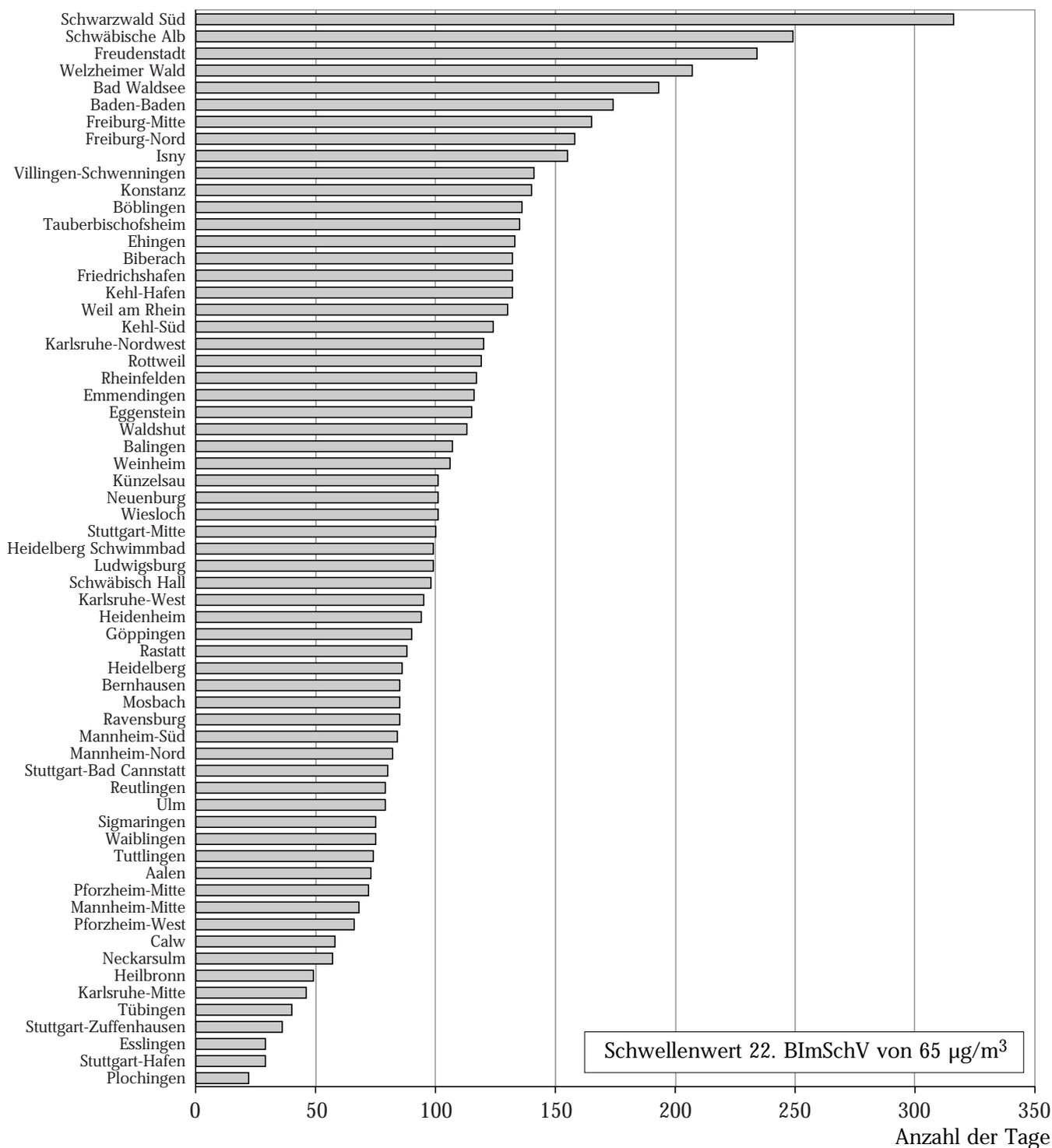


Abbildung 2.3-16: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 24-h-Schwellenwertes für Ozon von  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999

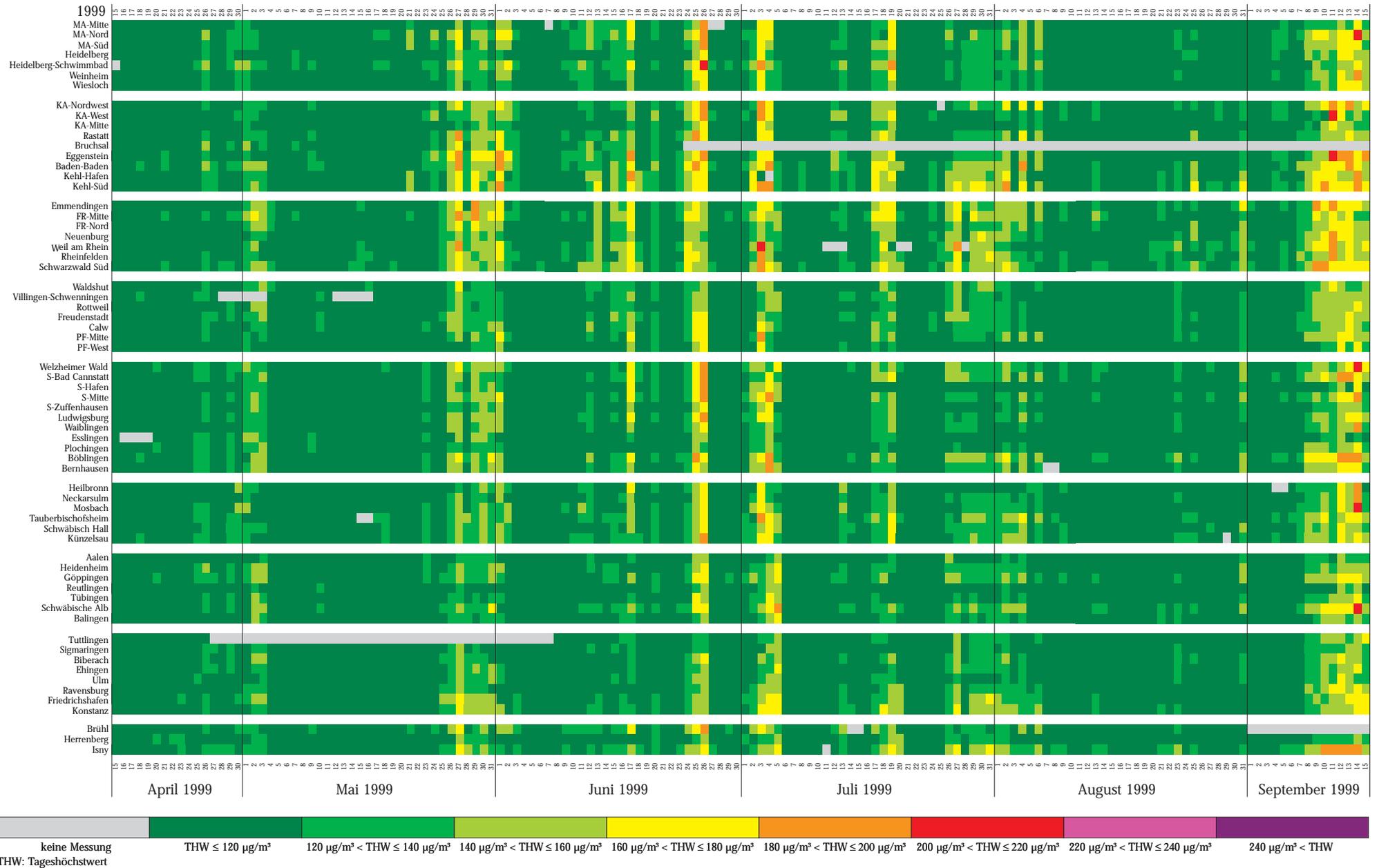


Abbildung 2.3-17: Tageshöchstwerte (THW: 1-h-Werte) für Ozon an den Stationen des landesweiten Luftmessnetzes 1999 von Mitte April bis September 1999, eingeteilt in Konzentrationsklassen

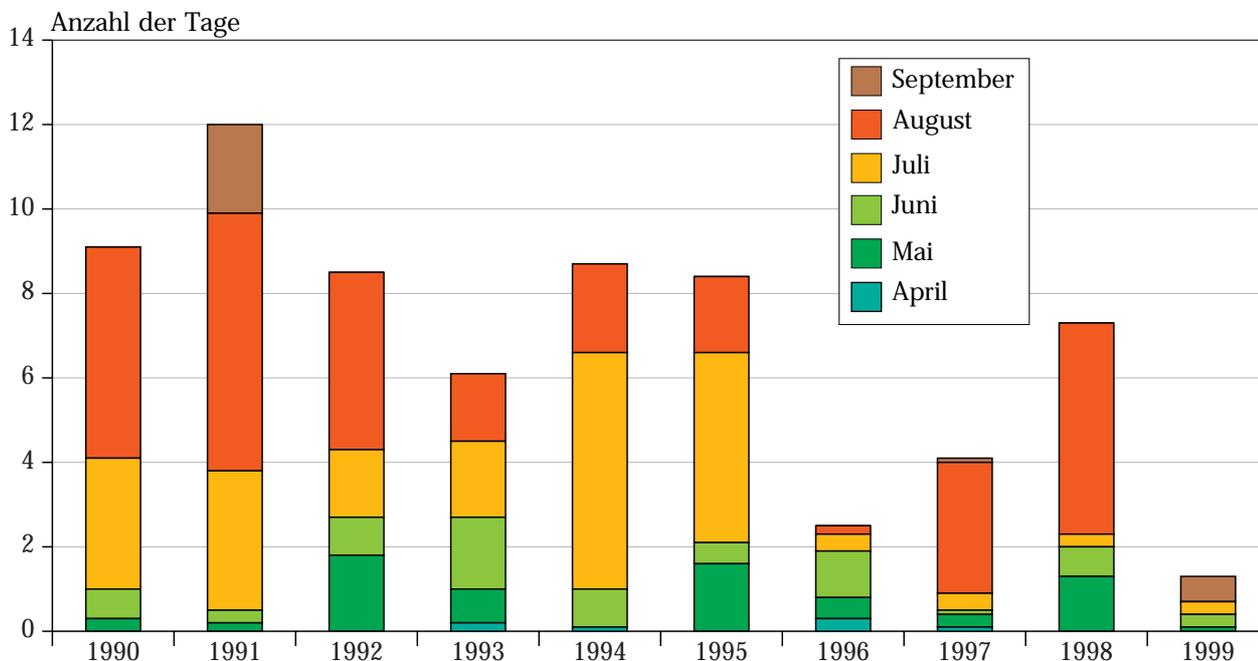


Abbildung 2.3-18: Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des 1-h-Schwellenwertes für Ozon von 180 µg/m³ im Mittel aller Stationen des landesweiten Luftmessnetzes für die Jahre von 1990 bis 1999

soden feststellbar. Die höheren Ozonwerte im Rheingraben gegenüber dem Großraum Stuttgart liegen im besseren Ozonbildungspotential des Rheingrabens begründet. So sind dort zum einen höhere Temperaturen und somit auch höhere biogene Emissionen zu beobachten. Zum anderen sorgen die Emissionen aus den verschiedenen Ballungsräumen entlang des Rheingrabens für ein ausreichendes Angebot an Vorläufersubstanzen. Gegenüber den städtischen Gebieten zeigen die Hintergrundstationen ein Ozonniveau, das nochmals doppelt so hoch liegt. Die Hintergrundstationen liegen fernab von städtischen Emissionen und in höher gelegenen Regionen. Dort ist zum einen die natürliche Ozonkonzentration höher als in tieferen Lagen, zum anderen fehlen reduzierende Luftverunreinigungen. Insgesamt ist für den Zeitraum von 1985 bis 1999 eine Zunahme der mittleren Ozonkonzentration festzustellen. Im Rheingraben werden 1999 trotz des „schlechten

Ozonsommers“ die höchsten Jahresmittelwerte in diesem Zeitraum erreicht. Im Großraum Stuttgart liegen sie nur geringfügig unter dem Jahresmittelwert für 1998. An den Hintergrundmessstationen ist die Entwicklung nicht so eindeutig. Hier werden die höchsten Konzentrationen in den Jahren 1991 und 1992 erreicht. Die Konzentrationen der folgenden Jahre bewegen sich auf einem niedrigeren Niveau. Im Gegensatz dazu gehen, wie schon oben erwähnt, die maximalen Ozonwerte in Baden-Württemberg seit Anfang der 80er Jahre deutlich zurück. Diese gegensätzliche Entwicklung - Rückgang der Ozonspitzen und Anstieg der mittleren Ozonwerte - wird gegenwärtig diskutiert. Ursache des abnehmenden Trends bei hohen Ozonwerten ist der seit den 80er Jahren zu beobachtende Rückgang der Ozonvorläufersubstanzen Stickoxide und VOC. Der Anstieg der mittleren Ozonkonzentrationen, insbesondere in der freien Atmosphäre, ist noch nicht geklärt.

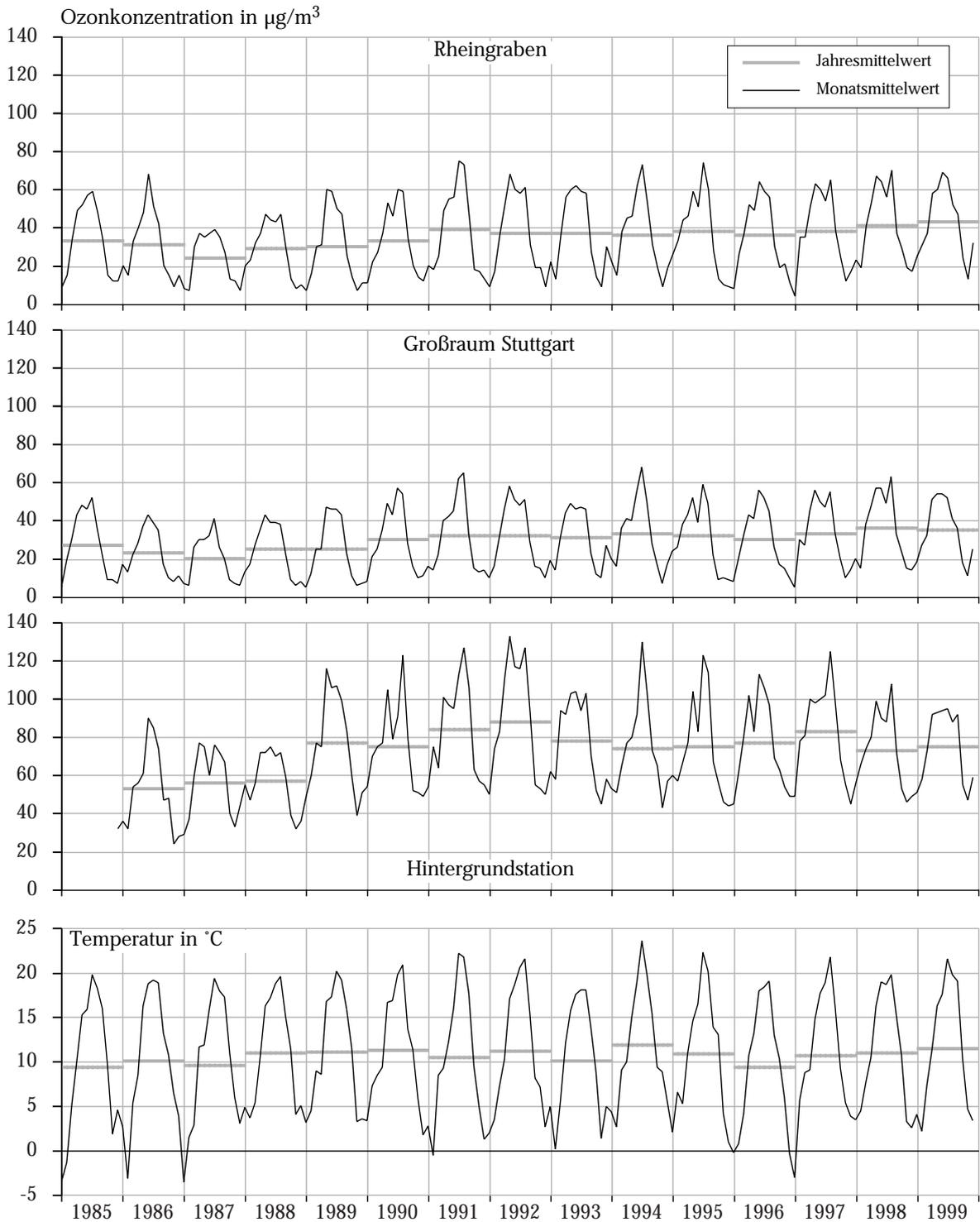


Abbildung 2.3-19: Verlauf der Ozonkonzentrationen in den Jahren 1985 bis 1999 (Monatsmittelwerte). Vergleich der Regionen Rheingraben und Großraum Stuttgart mit den Hintergrundstationen Schwarzwald-Süd (Kälbelescheuer) und Welzheimer Wald (Edelmannshof) und den mittleren Monatstemperaturen

### 2.3.1.5 Organische Luftschadstoffe

Zur Beurteilung der Luftverunreinigung durch organische Gase wurden 1999 an ausgewählten 40 Stationen (incl. der sechs Verkehrsmessstationen) Gesamtkonzentrationen der flüchtigen Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC: Non Methane Volatile Organic Compounds) kontinuierlich gemessen.

Organische Gase stammen zu einem großen Teil aus natürlichen Quellen insbesondere Fäulnisprozessen sowie aus Erdgas. Anthropogene Quellen sind vor allem der Kraftfahrzeugverkehr, die chemische Industrie, Mineralölraffinerien und Feuerungsanlagen sowie die vielfältige Verwendung von unterschiedlichen organischen Lösungsmitteln. Die Herkunft der insgesamt 245900 Tonnen 1995 in Baden-Württemberg emittier-

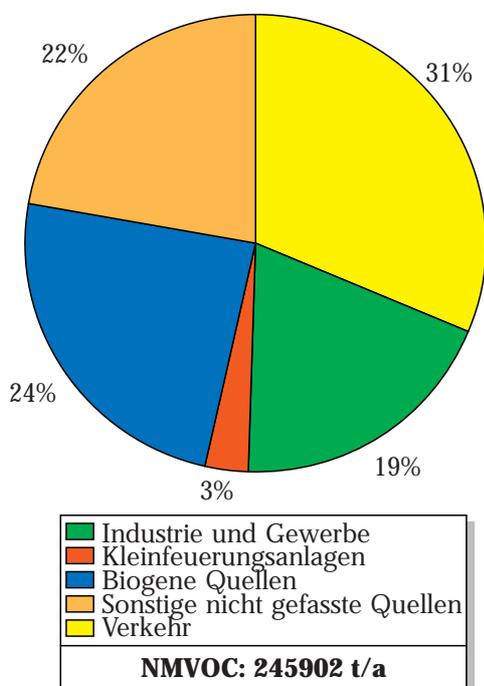


Abbildung 2.3-20: Anteile der verschiedenen Quellengruppen an den Gesamtkohlenwasserstoffemissionen (methanfrei) in Baden-Württemberg 1995 [UVM, 1998-2]

ten Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMVOC) ist Abbildung 2.3-20 zu entnehmen [UVM, 1998-2].

In Abbildung 2.3-21 sind die Jahresmittel- und die 98%-Werte der Gesamtkohlenwasserstoffkonzentrationen (methanfrei) dargestellt. Die höchste Belastung sowohl im Jahresmittel als auch bei den 98%-Werten wurden an den Verkehrsmessstationen Mannheim-Straße, Karlsruhe-Straße und Freiburg-Straße festgestellt. Der maximale Jahresmittelwert lag bei 114 µg/m<sup>3</sup> (Mannheim-Straße), der höchste 98%-Wert bei 422 µg/m<sup>3</sup> (Freiburg-Straße). Die niedrigsten Kohlenwasserstoffkonzentrationen wurden an der Station Schwarzwald Süd/Schwarzwald-Süd (Kälbelescheuer) gemessen.

Die oben beschriebenen Ergebnisse der Gesamtkohlenwasserstoffmessungen (methanfrei) geben zwar Hinweise auf die Höhe der Belastung durch organische Verbindungen, sie erlauben jedoch keine Angaben über den Anteil der Einzelkomponenten an der Belastung. Aus diesem Grund wurden die Messstationen des landesweiten Messnetzes in den letzten Jahren zusätzlich mit Probenahmesystemen zur Erfassung von Benzol, Toluol, Xylole und weiteren ausgewählten organischen Einzelkomponenten ausgerüstet. Die Proben werden je nach Standort als Tages- bzw. 14-Tagesmittelwerte gezogen und analysiert. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 2.3-3 aufgelistet. Für Benzol sind die Jahresmittelwerte zusätzlich in Karte 2.3-9 dargestellt.

Erwartungsgemäß wurden 1999 die höchsten Konzentrationen von Benzol, Toluol und den Xylole an den Verkehrsmessstationen und den stark verkehrsbeeinflussten Messstationen festgestellt. Die Verkehrsmess-

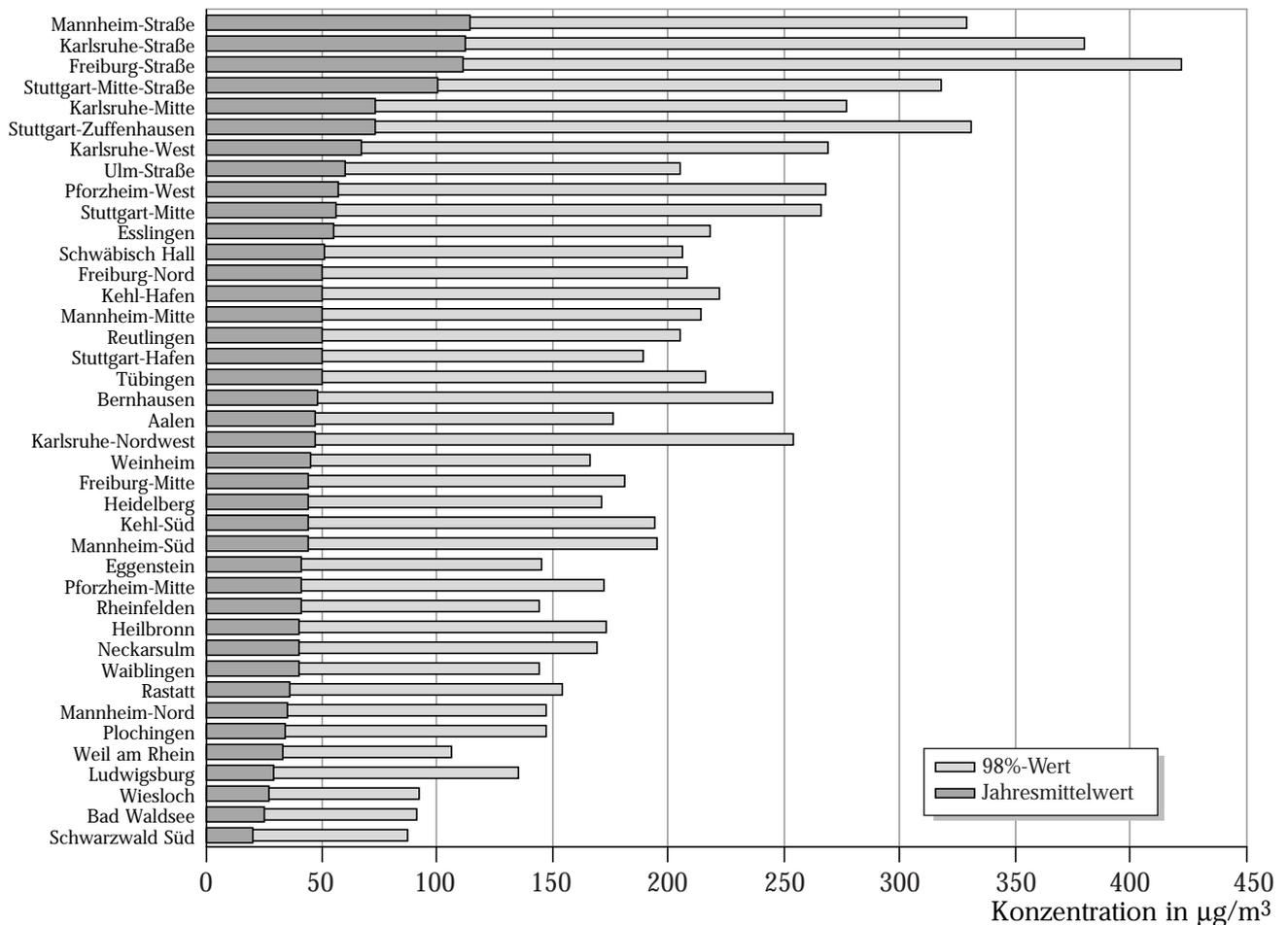


Abbildung 2.3-21: Jahresmittel- und 98%-Werte der Gesamtkohlenwasserstoff-Konzentration (methanfrei) an 40 ausgewählten Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

stationen Karlsruhe-Straße, Mannheim-Straße, Stuttgart-Mitte-Straße und Freiburg-Straße zeigen die höchsten Jahresmittelwerte von etwa 6 µg/m³ bis 7 µg/m³ für Benzol und 13 µg/m³ bis 17 µg/m³ für Toluol. Auf vergleichbarem Niveau liegen die Konzentrationen von m/p-Xylol. Die o-Xylol-Außenluftkonzentration liegt an diesen Messstationen maximal um 4 µg/m³. Die Konzentrationen der übrigen gemessenen Kohlenwasserstoffe liegen auf deutlich niedrigerem Niveau. Der Prüfwert der 23. BImSchV von 10 µg/m³ für Benzol wird an keiner Verkehrsmessstation überschritten.

Auffallend durch ihre hohe Toluolkonzentration ist, wie schon in den Vorjahren, die Station Karlsruhe-West (Abbildung 2.3-22). Die Toluol-Konzentration liegt dort im Jahresmittel bei 12 µg/m³. Während für typische Verkehrsmesspunkte das Verhältnis Benzol zu Toluol zwischen 1:2 und 1:3 liegt, ist an der Station Karlsruhe-West das Verhältnis 1:6. Dies lässt auf einen zusätzlichen Toluol-Emittenten in der Nähe der Station schließen.

Die niedrigste Belastung durch organische Komponenten zeigt sich erwartungsgemäß an den Hintergrund-

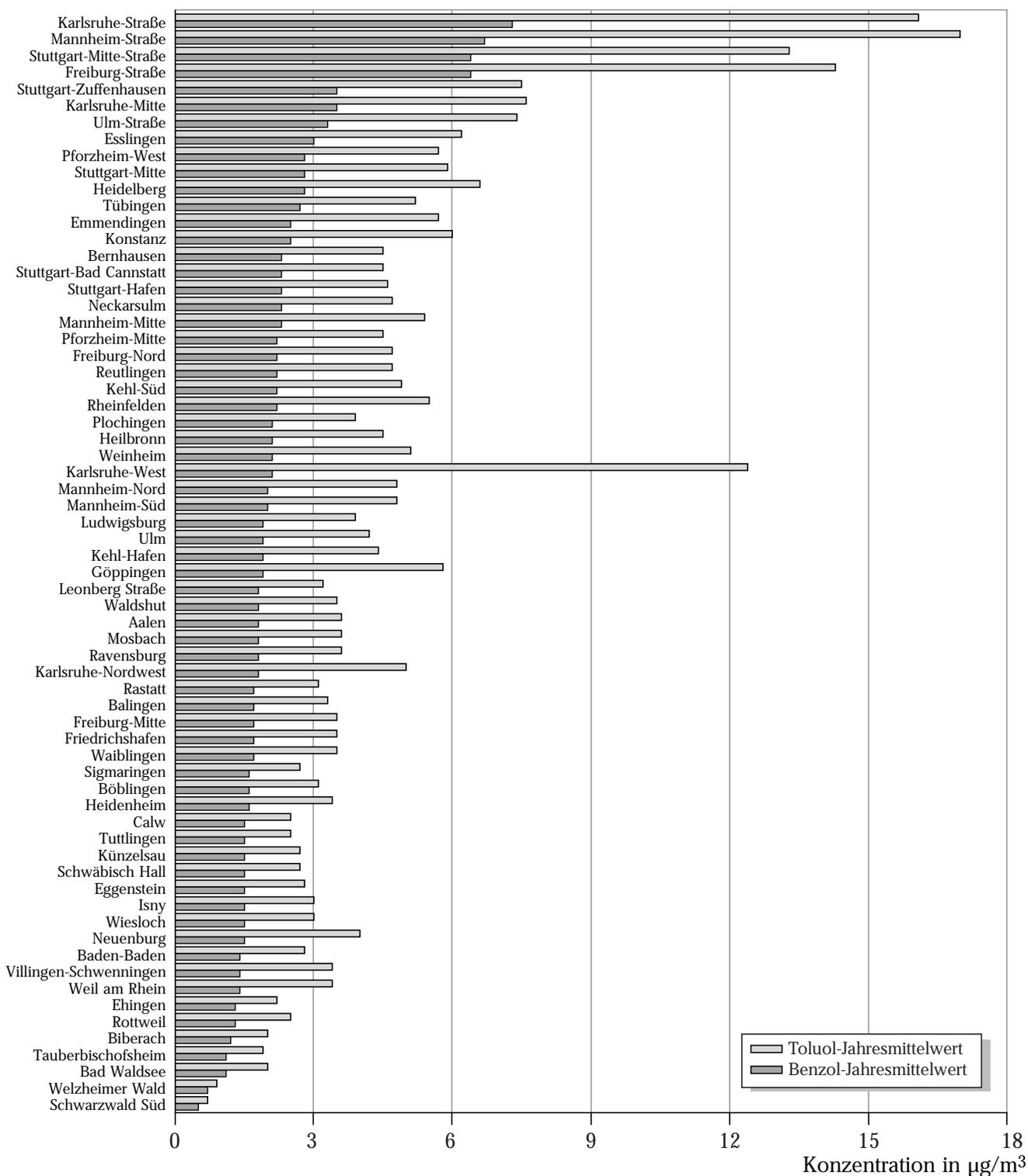
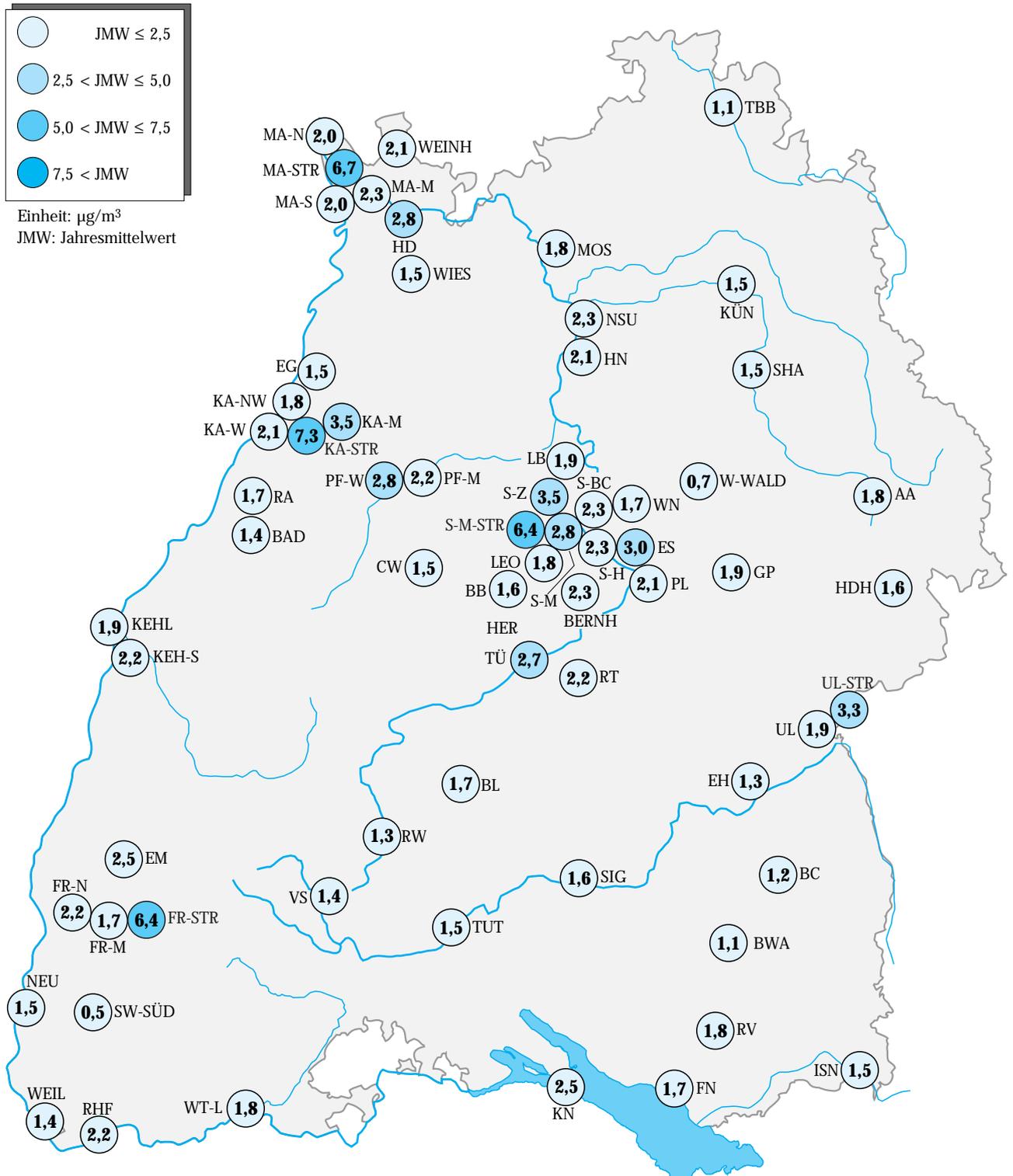


Abbildung 2.3-22: Verhältnis der Jahresmittelwerte der Benzol- und Toluolkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach dem Jahresmittelwert von Benzol) im Jahr 1999



Karte 2.3-9: Jahresmittelwerte der Benzolkonzentrationen an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999.

**Tabelle 2.3-3:** Jahresmittelwerte ausgewählter Kohlenwasserstoffverbindungen im Jahr 1999 (alle Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Messstation	Benzol	Toluol	m/p-Xylol	o-Xylol	Ethylbenzol	Trimethylbenzol	Trichloräthen	Tetrachloräthen	Cyclohexan
Aalen	1,8	3,6	2,2	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Bad Waldsee	1,1	2,0	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Baden-Baden	1,4	2,8	1,6	0,6	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Balingen	1,7	3,3	2,1	0,8	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Bernhausen	2,3	4,5	3,1	1,2	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Biberach	1,2	2,0	1,6	0,6	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Böblingen	1,6	3,1	2,1	0,8	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Calw	1,5	2,5	1,7	0,6	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Eggenstein	1,5	2,8	1,5	0,6	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Ehingen	1,3	2,2	2,4	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Emmendingen	2,5	5,7	3,5	1,3	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Esslingen	3,0	6,2	4,9	1,7	1,5	0,6	< 0,5	2,1	< 0,5
Freiburg-Mitte	1,7	3,5	2,3	0,8	0,8	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Freiburg-Nord	2,2	4,7	3,1	1,1	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Freiburg-Straße	6,4	14,3	10,1	3,7	2,9	1,4	< 0,5	0,5	0,6
Friedrichshafen	1,7	3,5	2,1	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Göppingen	1,9	5,8	3,0	1,1	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Heidelberg	2,8	6,6	4,0	1,5	1,4	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Heidenheim	1,6	3,4	2,1	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Heilbronn	2,1	4,5	3,4	1,2	1,1	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Isny	1,5	3,0	1,8	0,7	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Karlsruhe-Mitte	3,5	7,6	5,3	2,0	1,6	0,7	< 0,5	<0,5	<0,5
Karlsruhe-Nordwest	1,8	5,0	2,6	0,9	0,8	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Karlsruhe-Straße	7,3	16,1	11,1	4,1	3,3	1,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Karlsruhe-West	2,1	12,4	3,3	1,2	1,1	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Kehl-Hafen	1,9	4,4	2,6	0,9	0,9	<0,5	< 0,5	<0,5	0,6
Kehl-Süd	2,2	4,9	3,0	1,1	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Konstanz	2,5	6,0	3,2	1,2	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Künzelsau	1,5	2,7	2,9	1,0	0,9	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Leonberg Straße	1,8	3,2	2,2	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Ludwigsburg	1,9	3,9	3,1	1,1	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Mannheim-Mitte	2,3	5,4	3,9	1,4	1,3	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Mannheim-Nord	2,0	4,8	2,7	1,0	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	0,7
Mannheim-Straße	6,7	17,0	12,1	4,0	3,7	1,4	< 0,5	<0,5	0,7
Mannheim-Süd	2,0	4,8	2,8	1,0	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Mosbach	1,8	3,6	2,4	0,9	0,8	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Neckarsulm	2,3	4,7	3,5	1,3	1,1	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Neuenburg	1,5	4,0	2,5	0,8	0,8	<0,5	< 0,5	<0,5	0,8
Pforzheim-Mitte	2,2	4,5	3,3	1,2	1,0	<0,5	< 0,5	0,9	<0,5
Pforzheim-West	2,8	5,7	4,0	1,5	1,2	0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Plochingen	2,1	3,9	2,7	1,0	0,8	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Rastatt	1,7	3,1	3,5	1,2	1,2	<0,5	< 0,5	0,8	<0,5
Ravensburg	1,8	3,6	2,1	0,8	0,7	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Reutlingen	2,2	4,7	3,1	1,2	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Rheinfelden	2,2	5,5	2,9	1,0	0,9	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Rottweil	1,3	2,5	1,4	0,5	<0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Schwäbisch Hall	1,5	2,7	1,8	0,6	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Schwarzwald Süd	0,5	0,7	0,3	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Sigmaringen	1,6	2,7	1,7	0,6	0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Stuttgart-Bad Cannstatt	2,3	4,5	3,3	1,2	1,0	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Stuttgart-Hafen	2,3	4,6	4,1	1,3	1,1	0,6	< 0,5	<0,5	<0,5

**Tabelle 2.3-3:** Fortsetzung (alle Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Messstation	Benzol	Toluol	m/p-Xylol	o-Xylol	Ethylbenzol	Trimethylbenzol	Trichlorethen	Tetrachlorethen	Cyclohexan
Stuttgart-Mitte	2,8	5,9	4,4	1,6	1,4	0,6	< 0,5	0,5	<0,5
Stuttgart-Mitte-Straße	6,4	13,3	10,4	3,8	3,0	1,5	< 0,5	1,5	0,5
Stuttgart-Zuffenhausen	3,5	7,5	6,4	2,3	1,9	0,8	< 0,5	1,1	<0,5
Tauberbischofsheim	1,1	1,9	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Tübingen	2,7	5,2	4,3	1,4	1,1	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Tuttlingen	1,5	2,5	1,5	0,6	<0,5	<0,5	< 0,5	0,6	<0,5
Tuttlingen	2,0	3,5	2,2	0,8	0,7	< 0,5	< 0,5	1,1	0,8
Ulm	1,9	4,2	2,9	1,0	0,9	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Ulm-Straße	3,3	7,4	5,3	1,9	1,6	0,7	< 0,5	<0,5	<0,5
Villingen-Schwenningen	1,4	3,4	2,0	0,7	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Waiblingen	1,7	3,5	2,7	1,0	0,9	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Waldshut	1,8	3,5	1,7	0,6	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Weil am Rhein	1,4	3,4	1,7	0,6	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5
Welzheimer Wald	0,7	0,9	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,5	<0,5	< 0,5
Wiesloch	1,5	3,0	1,7	0,6	0,6	<0,5	< 0,5	<0,5	<0,5

stationen Kälbelescheuer und Edelmannshof, an denen mit Ausnahme von Benzol, Toluol und den Xylenen die Jahresmittelwerte unter der Nachweisgrenze von  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen.

Bei den flächenrepräsentativen Messstationen - alle Stationen, die nicht direkt als Verkehrsmessstationen bezeichnet sind - kann die Benzolbelastung mit dem flächenbezogenen Zielwert der LAI-Krebsrisikostudie von  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verglichen werden. Die Spannweite der Benzoljahresmittelwerte reicht an diesen Stationen von  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hintergrundstationen) bis  $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an den verkehrsbeeinflussten Station Karlsruhe-Mitte und Stuttgart-Zuffenhausen. Gemessen am o.a. Zielwert der LAI-Krebsrisikostudie ist die Benzolbelastung in den Ballungsräumen Stuttgart und Karlsruhe noch hoch, während in Mannheim 1999 im Gegensatz zum Vorjahr an den Messstationen der Zielwert unterschritten bleibt. Insgesamt gesehen, ist gegenüber den Vorjahren aufgrund der immer stärker greifenden Emissionsminderungsmaßnahmen ein Rückgang der Benzolbelastung auch an den weniger stark verkehrsbezogenen

Stationen zu verzeichnen. So wird 1999 der Zielwert von  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an 55 der Messstationen eingehalten. Für die weiteren, organischen nicht chlorierten Verbindungen Ethylbenzol, Cyclohexan und Trimethylbenzol liegen die Konzentrationen auf niedrigem Niveau zwischen  $< 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auch für diese Komponenten wurden die höchsten Konzentrationen an den Verkehrsmessstationen gemessen. Bei der Betrachtung der Jahresmittelwerte für die chlorierten Kohlenwasserstoffe Trichlorethen und Tetrachlorethen sind Auffälligkeiten an einigen Messstationen feststellbar. Während Trichlorethen keine Relevanz in der Aussenluft zukommt, weil an keiner Messstation Konzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt wurden, ergibt sich für Tetrachlorethen ein anderes Bild. Hier werden an einigen Messstationen Konzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze gefunden. Hierzu zählen: Esslingen, Stuttgart-Zuffenhausen, Stuttgart-Mitte-Straße, Pforzheim-Mitte, Freiburg-Straße und Rastatt. Der mit  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höchste Jahresmittelwert wurde, wie schon im Vorjahr, in Esslingen ermittelt.

**2.3.1.6 PM10-Fraktion des Schwebstaubes mit Inhaltsstoffen**

Die Lufthülle unserer Erde ist ein Gemisch aus gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen. In der Atmosphäre verteilen sich die flüssigen und festen Stoffteilchen und bilden atmosphärische Aerosole. Darunter versteht man luftgetragene feste oder flüssige, meist kolloidale Teilchen, die überwiegend aus einer oder mehreren Substanzen bestehen.

Sind die dispergierten (verteilten) Komponenten fest, so spricht man von Staub. Diejenigen Staubteilchen, die sich nur langsam absetzen bzw. sich zu größeren Partikeln vereinigen, bezeichnet man als Schwebstaub. Stäube stammen sowohl aus natürlichen als auch aus anthropogenen Quellen. Natürliche Quellen von Staubemissionen sind u. a. Verwehungen, Aufwirbelungen, Pollenflug, Vulkanausbrüche und Waldbrände. Stäube anthropogenen Ursprungs stammen aus Feuerungsanlagen, Hütten- und Metallwerken, Zementwerken und zu einem nicht unerheblichen Teil vom Kraftfahrzeugverkehr. Für die Emissionen von Stäuben in Baden-Württemberg waren 1995 mit 46 % Industrie und Gewerbe und mit 31 % der Verkehr verantwortlich. Innerhalb der Quellengruppe Verkehr tragen die schweren Nutzfahrzeuge mit 57 % im Vergleich zu einer Fahrleistung von 7 % überproportional zur Emission bei. Die Staubemissionen von sonstigen Geräten/Maschinen/Fahrzeugen liegt bei 13 %, die der Kleinf Feuerungsanlagen bei 10 % [UVM, 1998-2]

Die Anteile der einzelnen Quellengruppen an der Staub-Emission in Baden-Württemberg sind in Abbildung 2.3-23 dargestellt.

Für die toxikologische Bewertung von Schwebstaub sind neben der spezifischen Schadstoffwirkung, der Konzentration und der Expositionszeit die Partikel-

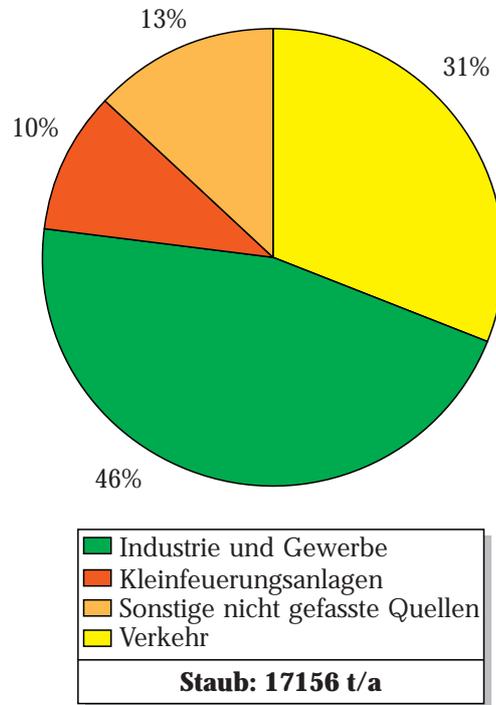


Abbildung 2.3-23: Anteile der verschiedenen Quellengruppen an den Staub-Emissionen in Baden-Württemberg 1995 [UVM, 1998-2]

größen der Staubteilchen von besonderem Interesse. Die Partikelgröße ist der Parameter, der bestimmt, ob ein Teilchen eingeatmet werden kann und wo die Ablagerung im Atemtrakt erfolgt.

Im Zuge der europäischen Harmonisierung wurden die EU-Rahmenrichtlinie 96/62 „über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ und zugehörige Tochterrichtlinien erstellt. In der 1. Tochterrichtlinie sind Grenzwerte für Schwebstaub der Konvention PM10 festgelegt. Durch Einführung dieser Konvention soll bewirkt werden, daß nur Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von < 10 µm erfasst werden, die beim Einatmen in den thorakalen (den Brustkorb betreffenden) Bereich des Atemtraktes gelangen können. Die hierdurch notwendige Umstellung der Schwebstaubmessungen von Ringspaltvorabscheider zu PM10-

Vorabscheider erfolgte an den Stationen des Messnetzes in Baden-Württemberg im März/April 1999. Da mit dem Ringspaltvorabscheider auch größere Partikel erfasst werden, sind die damit ermittelten Schwebstaubkonzentrationen nicht direkt mit den Konzentrationen nach PM10 - Konvention vergleichbar. Um dennoch Jahresmittelwerte für alle Meßorte angeben zu können, wurden die im ersten Quartal 1999 noch mit Ringspaltvorabscheider ermittelten Schwebstaubkonzentrationen auf PM10 umgerechnet. Die dazu verwendeten Umrechnungsfaktoren wurden mit Hilfe von Vergleichsdaten aus Parallelmessungen an den Stationen Karlsruhe - Nordwest, Mannheim - Nord, Stuttgart - Bad Cannstatt und Stuttgart - Hafen festgelegt. Sie sind in Tabelle 2.3-4 zusammengestellt.

Die Schwebstaubprobenahme wurde an jedem zweiten Tag für jeweils einen Zeitraum von 24 Stunden vorgenommen. Die Schwebstaubmassen wurden gravimetrisch bestimmt und dann auf Konzentrationen umgerechnet. An ausgewählten Stationen wurde der Schwebstaub auf seine Gehalte an Blei, Cadmium, Nickel, Arsen, Benzo(a)pyren und Ruß analysiert.

Die höchsten Schwebstaubkonzentrationen treten an den Stationen mit direktem Verkehrseinfluss auf, die niedrigsten an den Hintergrundstationen (Schwarzwald-Süd, Welzheimer-Wald) und an Stationen in klei-

**Tabelle 2.3-4:** Mit Hilfe von Vergleichsdaten festgelegte Umrechnungsfaktoren von Ringspalt- auf PM10-Vorabscheider für das 1. Quartal 1999

Parameter	Umrechnungsfaktor
Schwebstaub	0,8
Blei	0,95
Cadmium	0,9
Arsen	0,9
Nickel	0,8
Benzo(a)pyren	0,9

neren Städten bzw. Verdichtungsräumen (Freudenstadt, etc.) oder an Messorten mit geringem Verkehrseinfluss. Abbildung 2.3-24 zeigt die Spannweite der Jahresmittelwerte der PM10-Staubkonzentrationen in der Reihenfolge der Belastung, die räumliche Verteilung der Jahresmittelwerte im Land ist in Karte 2.3-10 dargestellt. Auf eine Darstellung der 98%-Werte wird wegen der Umstellung des Messverfahrens verzichtet. Gemäß Anhang III der Tochterrichtlinie 99/30/EG zur Richtlinie 96/62/EG wurde ein Jahresgrenzwert für Partikel (PM10) von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgelegt. Dieser Grenzwert ist ab 1. Januar 2005 einzuhalten. Nur an der Station Stuttgart - Mitte - Straße kam der PM10-Wert mit  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in die Nähe des zukünftigen Grenzwertes. Der höchste Tagesmittelwert mit  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde ebenfalls an der Station Stuttgart - Mitte - Straße gemessen. Die derzeit noch geltenden Grenzwerte nach der 22. BImSchV von  $0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$  für das Jahresmittel und von  $0,30 \text{ mg}/\text{m}^3$  für den 95%-Wert wurden an keiner Station überschritten.

### Blei im Schwebstaub (PM10)

Die im PM10-Staub analysierten Bleikonzentrationen liegen innerhalb einer Spannweite von  $5 \text{ ng}/\text{m}^3$  bis  $30 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Der höchste Tagesmittelwert für Blei wurde am 20.04.1999 mit  $780 \text{ ng}/\text{m}^3$  an der Station Freiburg - Straße ermittelt.

Gemäß Anhang IV der Tochterrichtlinie 99/30/EG zur Richtlinie 96/62/EG wurde für den Schutz der menschlichen Gesundheit ein Jahresgrenzwert für Blei von  $500 \text{ ng}/\text{m}^3$  festgelegt. Dieser Grenzwert gilt für Orte, die sich nicht in unmittelbarer Nachbarschaft bestimmter industrieller Quellen befinden. Die Bleikonzentrationen an den Meßstationen in Baden-Württemberg liegen unterhalb von 10% des zukünftigen Grenzwertes und damit auf einem sehr niedrigen Niveau.

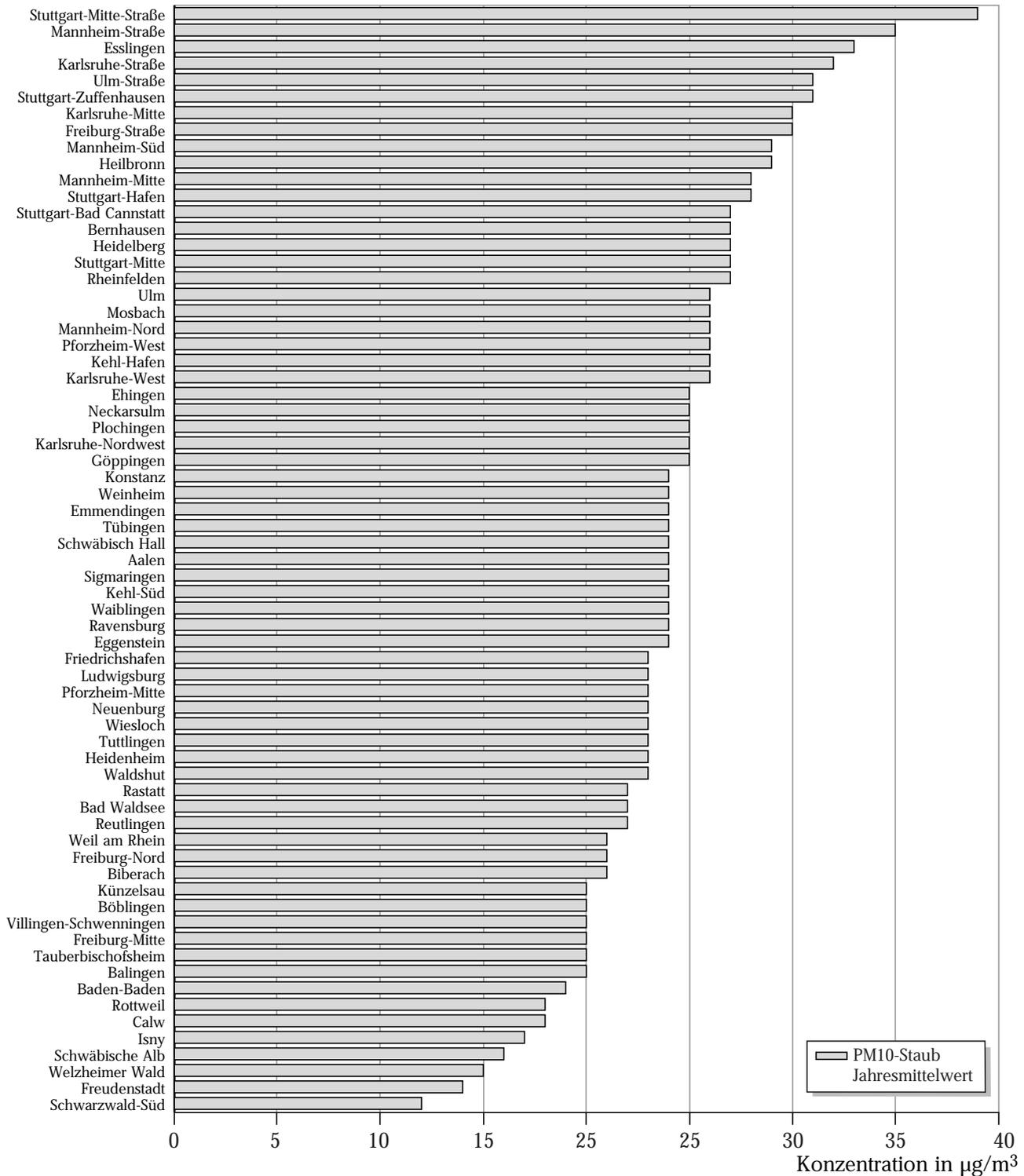
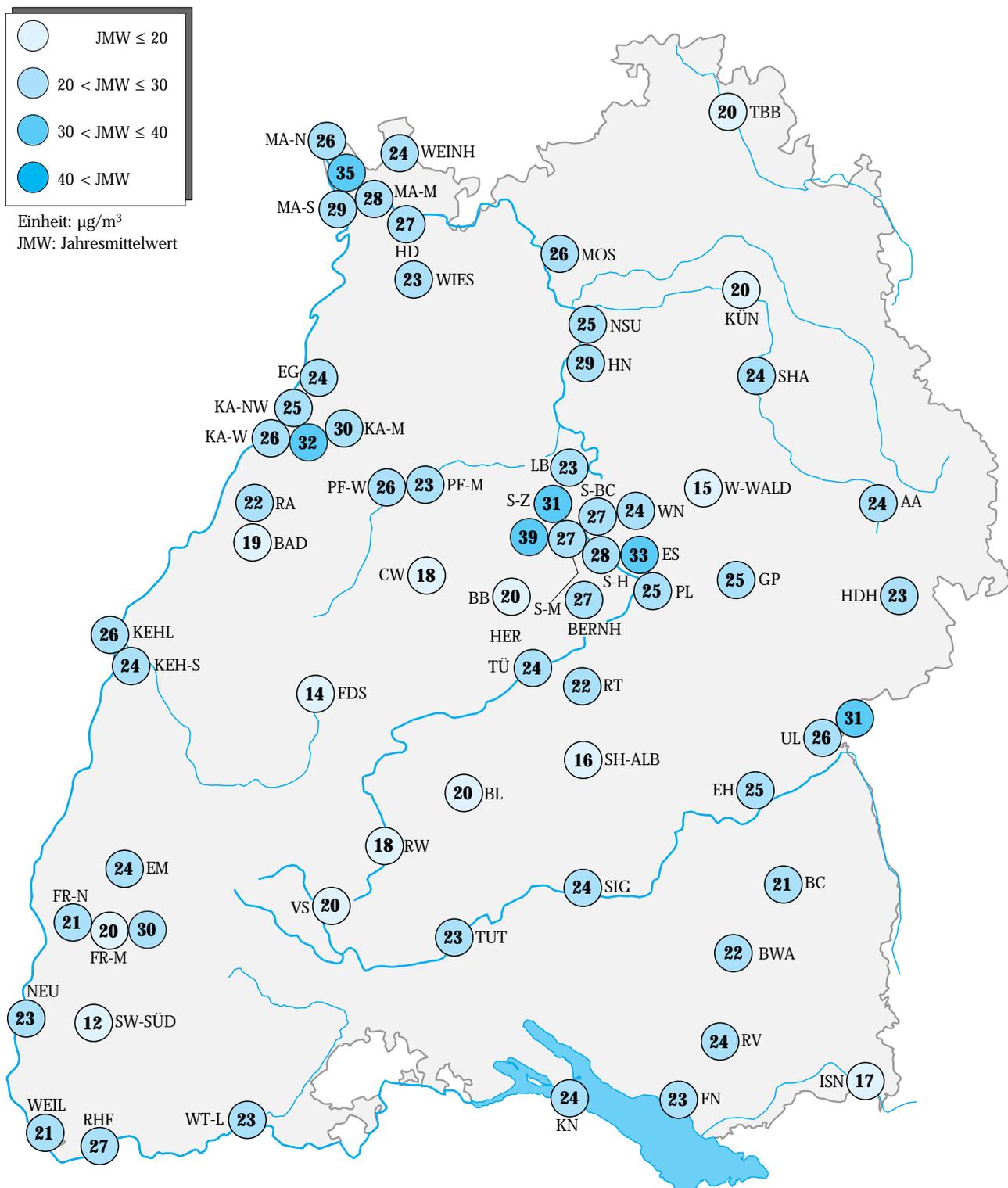


Abbildung 2.3-24: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) für das Jahr 1999



Karte 2.3-10: Jahresmittelwerte der PM10-Staubkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes im Jahr 1999

### **Cadmium im Schwebstaub (PM10)**

Die Jahresmittelwerte für Cadmium im PM10-Staub liegen zwischen 0,1 ng/m<sup>3</sup> und 0,5 ng/m<sup>3</sup>. Der höchste 24h-Mittelwert wurde an der Station Pforzheim-Mitte mit 4 ng/m<sup>3</sup> festgestellt.

Gemäß dem Position Paper (Stand 06. Juni 2000) der Arbeitsgruppe 14 des Technischen Komitees 264 des europäischen Komitees für Normung (CEN/TC264/WG14) wurde für Cadmium ein Grenzwert von 5 ng/m<sup>3</sup> als Jahresmittelwert empfohlen. Dieser empfohlene Grenzwert wird an allen Stationen sicher unterschritten. Auch der Zielwert des LAI für Cadmium von 1,7 ng/m<sup>3</sup> im Jahresmittel wurde an allen Stationen sicher eingehalten.

### **Arsen im Schwebstaub (PM10)**

Die Jahresmittelwerte für Arsen im PM10-Staub weisen eine Spannbreite von < 0,2 ng/m<sup>3</sup> an der Station Schwarzwald-Süd bis 0,8 ng/m<sup>3</sup> an der Station Mannheim-Süd auf. Der in der Krebsrisikostudie vorgeschlagene Außenluftstandard für anorganische Arsenverbindungen von 5 ng/m<sup>3</sup> wurde demnach 1999 an allen Stationen sicher eingehalten. Von der CEN/TC264/WG14 wird ein Grenzwert für Arsen im Bereich von 4 ng/m<sup>3</sup> bis 13 ng/m<sup>3</sup> vorgeschlagen.

### **Nickel im Schwebstaub (PM10)**

Die Jahresmittelwerte für Nickel im PM10-Staub liegen im Bereich von 0,8 ng/m<sup>3</sup> an der Station Schwarzwald-Süd und 4 ng/m<sup>3</sup> an der Station Karlsruhe-Nordwest. Die Belastung liegt damit in dem für Siedlungs- und Ballungsgebiete üblichen Konzentrationsbereich bis maximal 10 ng/m<sup>3</sup> [Kühling, 1994]. Der von der CEN/TC264/WG14 für Nickel vorgeschlagene Grenzwert im Bereich von 10 ng/m<sup>3</sup> bis 50 ng/m<sup>3</sup> wird deutlich unterschritten.

### **Benzo(a)pyren im Schwebstaub (PM10)**

Benzo(a)pyren (BaP) gehört zur Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). Sie entstehen bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials, wobei Menge und Zusammensetzung der emittierten PAK (PAK-Profil) vom Brennstoff und den Feuerungsbedingungen abhängen. Die Hauptquellen für PAK sind Industrieprozesse, Hausbrand und der Kraftfahrzeugverkehr. Natürliche PAK-Emissionen, z.B. aus Waldbränden, spielen in der Bundesrepublik Deutschland eine untergeordnete Rolle. Für die Stoffklasse der PAK wird das Benzo(a)pyren als Leitkomponente herangezogen, d.h. anhand der ermittelten BaP-Konzentrationen lassen sich die Konzentrationen weiterer PAK in der Aussenluft abschätzen.

Die Jahresmittelwerte der BaP-Konzentrationen in Aussenluft liegen zwischen 0,1 ng/m<sup>3</sup> (Hintergrund-Messstation Schwarzwald-Süd) und 0,9 ng/m<sup>3</sup> an der Messstation Esslingen. An der Hintergrundmessstation Schwarzwald-Süd wurde erst ab April 1999 begonnen, die BaP-Konzentrationen zu erfassen. Behelfsweise wurde dort deshalb dem Jahresmittelwert der Messzeitraum April 1999 bis März 2000 zugrundegelegt. Zur Beurteilung der Jahresmittelwerte wird der in der Krebsrisikostudie für BaP vorgeschlagene flächenbezogene Zielwert von 1,3 ng/m<sup>3</sup> herangezogen. Dieser Zielwert wurde an allen Stationen eingehalten.

### **Ruß**

Ruß entsteht z.B. bei der Verbrennung von Dieseldieselkraftstoff. Eine weitere Quelle von Rußemissionen ist der Hausbrand. Rußpartikel besitzen in der Regel einen aerodynamischen Durchmesser von 0,1 µm bis 0,2 µm und gelangen daher weit in den Atemtrakt hinein. Aufgrund ihrer großen Oberfläche haben Rußpartikel ein sehr gutes Adsorptionsvermögen. Daher sind an ihnen

eine Vielzahl von Stoffen, insbesondere auch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe angelagert. Nach neueren Kenntnissen beruht die kanzerogene Wirkung von Ruß jedoch weniger auf den adsorbierten PAK als vielmehr auf den mechanisch irritativen Eigenschaften der in den Rußpartikeln enthaltenen Kohlenstoffkerne. Ruß wird im Rahmen des landesweiten Luftmessnetzes Baden-Württemberg nur an den Stationen in den Ballungs- und Verdichtungsräumen gemessen. In Abbildung 2.3-25 sind die Jahresmittelwerte für Ruß dargestellt. Erwartungsgemäß wurden die höchsten Rußkonzentrationen an den verkehrsbezogenen Stationen festgestellt. Die Stationen Stuttgart-Mitte-Straße

(8,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Karlsruhe-Straße (7,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Mannheim - Straße (6,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Freiburg - Straße (6,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) finden sich im oberen Bereich der Rangfolge. In der 23. BImSchV ist für Ruß ein Prüfwert von 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert festgelegt, der an stark verkehrsbelasteten Straßenabschnitten einzuhalten ist. Dieser Wert wird nur an der Station Stuttgart - Mitte - Straße überschritten. Verglichen mit dem Zielwert der LAI-Krebsrisikostudie von 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  liegt die Belastung durch Ruß landesweit über diesem Zielwert. Dieser Wert wird an der Hintergrundstation Schwarzwald Süd fast erreicht und an allen anderen Messpunkten überschritten.

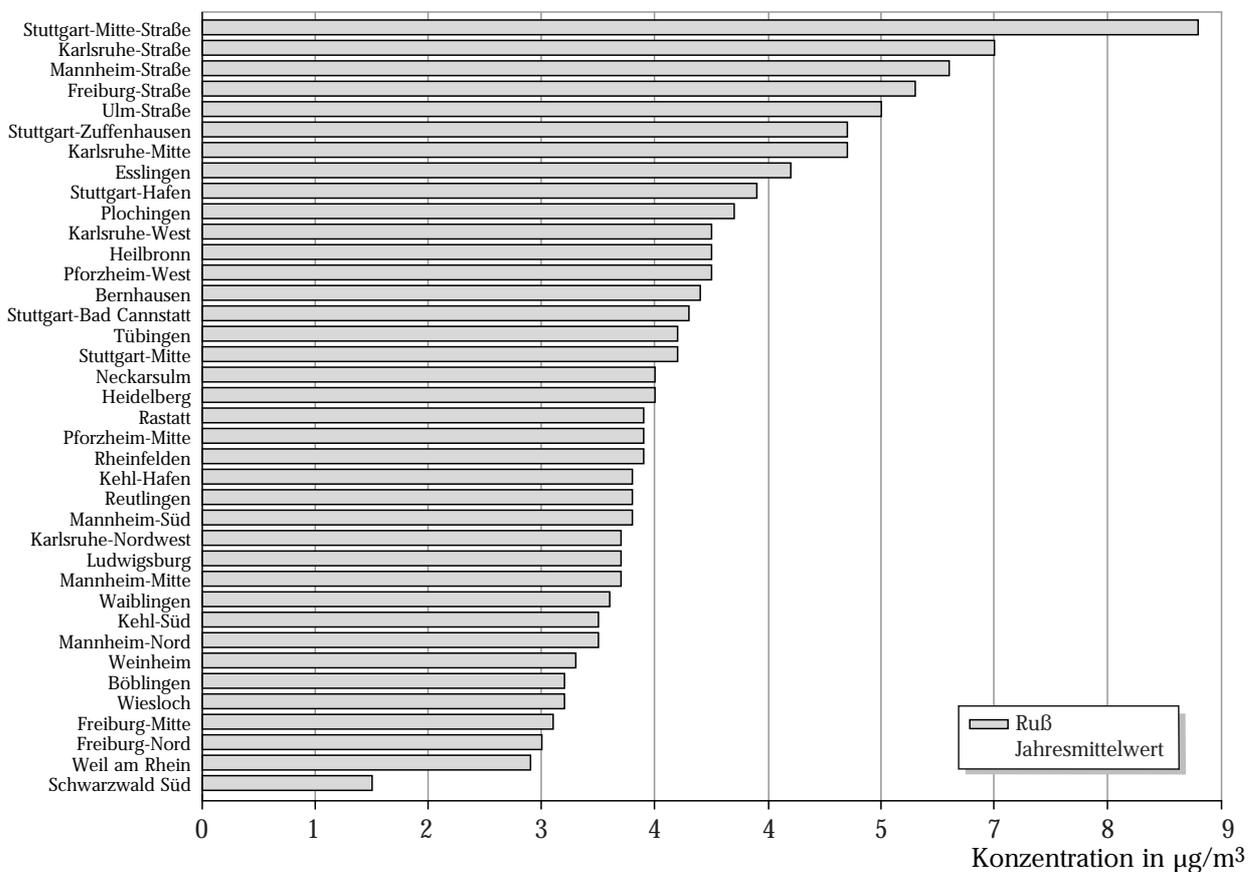


Abbildung 2.3-25: Jahresmittelwerte der Rußkonzentrationen an den Messstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

### Zusammenhang zwischen PM10-Staub und seinen Inhaltsstoffen

Abbildung 2.3-26 zeigt eine Gegenüberstellung der Jahresmittelwerte der PM10-Staubkonzentrationen an den einzelnen Messstationen und der Konzentrationen der Schwermetalle bzw. von Benzo(a)pyren und Ruß. Um die Zusammenhänge deutlich zu machen, wurden die Daten auf einheitliches Niveau transformiert und die Abweichungen vom Durchschnitt aller Messstationen dargestellt. Es ist deutlich sichtbar, dass ein genereller Zusammenhang besteht zwischen der Höhe der PM10-Staubkonzentration und der Höhe der Inhaltsstoffkonzentrationen. An den Messstationen mit den höchsten Staubkonzentrationen sind im wesentlichen auch die Schwermetall-, Benzo(a)pyren- bzw. Rußgehalte überdurchschnittlich hoch und an den Stationen mit den geringsten PM10-Konzentrationen auch die Inhaltsstoffe weit unterdurchschnittlich.

Insbesondere im Bereich der durchschnittlichen Schwebstaubkonzentrationen traten aber an einigen Stationen relativ hohe Schwermetallkonzentrationen auf. Das ist einerseits an Stationen wie Mannheim - Süd, Rheinfelden, Kehl - Hafen und Karlsruhe - Nordwest der Fall, wo Einfluss industrieller Emissionen als Ursache angenommen werden kann. Andererseits aber auch in Wiesloch wo durch historische Bergbauaktivitäten Schwermetalle mit dem Abraum in Oberböden eingetragen wurden und von dort ausgeweht werden können. Auch die relativ hohen Cadmiumgehalte in Pforzheim sind vermutlich durch Jahrzehnte alte Anreicherungen in den Böden bedingt [UM, 1995].

Benzo(a)pyren ist dagegen an den Stationen Bernhausen, Plochingen und Tübingen relativ hoch, ohne dass erkennbar wäre, wodurch dies verursacht ist.

### 2.3.1.7 Radioaktivität

An 35 Stationen des Luftmessnetzes wurden kontinuierlich Radioaktivitätsmessungen durchgeführt. Die eingesetzten Messverfahren sind Tabelle A-4 im Anhang zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Radioaktivitätsmessung an den 35 Messstationen sind in den Abbildungen 2.3-27 und 2.3-28 dargestellt. Abbildung 2.3-27 enthält die Rangfolge der Jahresmittelwerte der Ortsdosisleistung, die mit der empfindlichsten Messsonde (siehe Tabelle A-4 im Anhang) ermittelt wurde, während Abbildung 2.3-28 die  $\beta$ -,  $\gamma$ -Impulsrate in gleicher Weise darstellt. Um die zeitliche Schwankung der beiden Messgrößen an den einzelnen Messorten beurteilen zu können, sind in diesen Abbildungen die jeweiligen Standardabweichungen mit eingezeichnet.

Diese Spannweite der Ortsdosisleistung ist repräsentativ für die Streubreite der natürlichen radioaktiven Strahlung in Baden-Württemberg. Diese Strahlung wird im wesentlichen durch natürlich in Boden und Luft vorkommende Radionuklide (Argon, Krypton, Radon, Kalium-40 sowie Isotope der Thorium- und Uran-Zerfallsreihen) sowie durch kosmische Strahlung verursacht. Die mittlere Ortsdosisleistung hängt somit in der Hauptsache vom geologischen Untergrund und von der Höhenlage des Messortes ab. Schwankungen der Ortsdosisleistung an einem Messort können als Folge von Temperatur und Luftdruckänderungen oder in Zusammenhang mit Niederschlägen auftreten. Diese Schwankungen sind in der Regel jedoch sehr gering, was auch an den relativ kleinen Standardabweichungen in Abbildung 2.3-27 zu erkennen ist. Treten deutlich erhöhte Ortsdosisleistungen auf ( $> 300$  nS/h), so ist diese Strahlung nicht natürlichen Ursprungs.

Im Berichtsjahr 1999 wurde ein Ereignis an der Station Heidenheim registriert, das nicht natürlichen Ur-

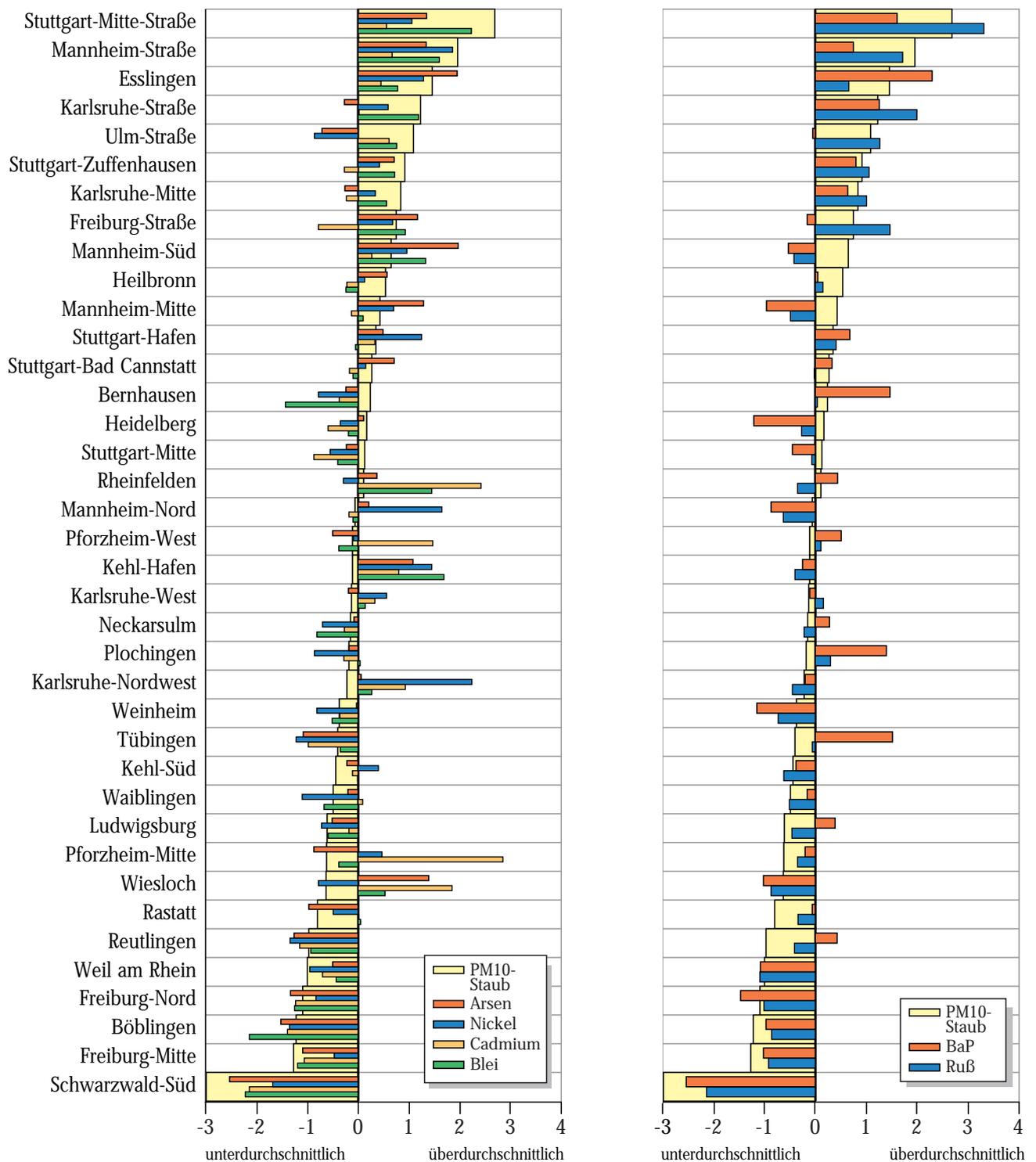


Abbildung 2.3-26: Gegenüberstellung der Jahresmittelwerte der Konzentrationen von PM10-Staub und seiner Inhaltsstoffe für 1999 (die Messwerte sind so transformiert, dass der Durchschnitt aller Stationen Null ist, die Abweichungen sind auf Standardabweichungen normiert (z-Transformation)).

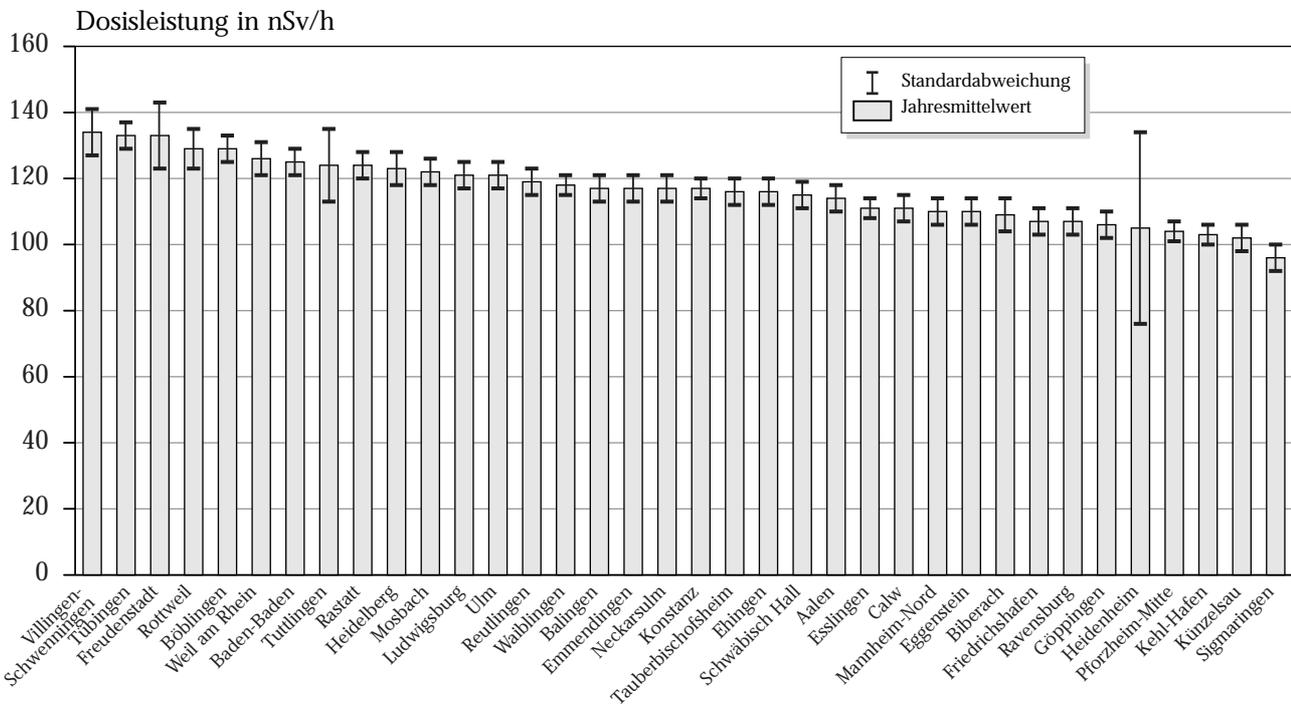


Abbildung 2.3-27: Jahresmittelwerte und Standardabweichung der Ortsdosisleistung an den Radioaktivitätsmessstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

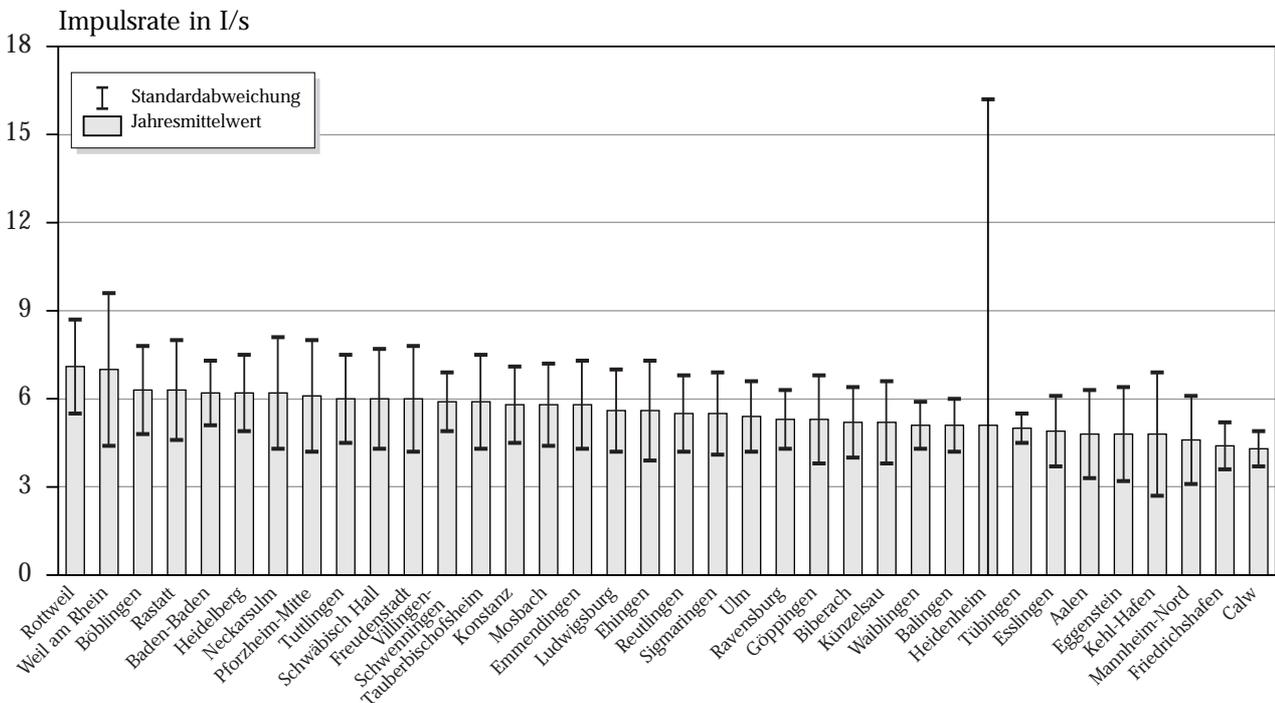


Abbildung 2.3-28: Jahresmittelwerte und Standardabweichungen der  $\beta$ -,  $\gamma$ -Impulsraten an den Radioaktivitätsmessstationen des landesweiten Luftmessnetzes (geordnet nach Jahresmittelwert) im Jahr 1999

sprungs war. Am 30.8. stieg dort zwischen 11:00 und 11:30 Uhr die Ortsdosisleistung auf 2884 nSv/s und blieb auch in der folgenden halben Stunde mit 2723 nSv/s ähnlich hoch, fiel dann aber wieder auf die durchschnittlichen Werte. Auch die Impulsrate war in dieser Zeit mit 1075 I/s bzw. 971 I/s weit höher als normal. Nachforschungen ergaben, dass das Ereignis durch Röntgenprüfung der Dichtigkeit von Rohren im nahegelegenen Wasserwerk ausgelöst worden war. Die auffällig hohe Standardabweichung der Ortsdosisleistung in Heidenheim, die sich in Abbildung 2.3-27 zeigt, ist die Folge dieses Ereignisses. Ansonsten war die Streuung auch an dieser Station im Normalbereich. An der Station in Tuttlingen wurde ebenfalls eine auffällig große Standardabweichung der Ortsdosisleistung registriert (Abbildung 2.3-27), Ursache war in diesem Fall, dass die Messeinrichtung verlegt werden mußte und am neuen Messort die Ortsdosisleistung geringfügig höher ist. Auf die Impulsrate hatte dies aber keinen erkennbaren Einfluss. Auch in Freudenstadt ist die Streuung der Ortsdosisleistung etwas höher als an den anderen Messstationen. Die Schwankung war dort auf ein Absinken der Ortsdosisleistung während einer Kälteperiode im Februar zurückzuführen, das abgeschwächt auch an anderen höhergelegenen Messstationen zu beobachten war. Vermutlich lag während dieser Zeit Schnee, der die aus dem Boden kommende Strahlung teilweise absorbierte.

### **2.3.2 Überprüfung der Messergebnisse von 1999 auf Einhaltung internationaler Bezugswerte**

In den Tabellen 2.3-5 bis 2.3-7 ist für alle Stationen des landesweiten Messnetzes gekennzeichnet, ob im Jahr 1999 einer der Leit- bzw. Immissionsgrenzwerte der EU-Richtlinien, der WHO oder der Schweizer Luftreinhalteverordnung überschritten wurde.

Für Schwefeldioxid wurden 1999 je eine Überschreitung der EU-Leitwerte und der Grenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung (siehe Tabelle A-5 im Anhang) sowie vereinzelt Überschreitungen der WHO-Leitwerte registriert. Eine Überschreitung wurde durch das Silvesterfeuerwerk, die übrigen durch nahegelegene Emittenten verursacht.

Bei Stickstoffdioxid kam es an den meisten Stationen zu Überschreitungen der relativ strengen Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung (Jahresmittelwert: 30 µg/m<sup>3</sup>; Tagesmittelwert: 80 µg/m<sup>3</sup>). Die WHO-Leitwerte wurden eingehalten, die Leitwerte der EU-Richtlinie wurden an einigen Verkehrsmessstationen überschritten. Bei Kohlenmonoxid gab es keine Überschreitungen.

Bei der Fraktion PM<sub>10</sub> im Schwebstaub wurden an den meisten Stationen die Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung überschritten; die Schwebstaubinhaltsstoffe Blei und Cadmium waren überall unauffällig.

Auch bei Ozon kam es sehr häufig zu Überschreitungen. An allen Stationen des landesweiten Messnetzes wurde der 1h-WHO-Leitwert von 150 µg/m<sup>3</sup> und entsprechend auch der 1-h-Immissionsgrenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung von 120 µg/m<sup>3</sup> überschritten. Auch der dort festgelegte 98%-Wert für die innerhalb eines Monats gemessenen Konzentrationen von 100 µg/m<sup>3</sup> waren nicht eingehalten. Auch die 8-h-Leitwerte der WHO von 120 µg/m<sup>3</sup> wurden überall überschritten.

**Tabelle 2.3-5:** Überschreitungen der Leitwerte der EU-Richtlinien für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999

	SO <sub>2</sub> Tagesmittelwert		SO <sub>2</sub> Jahresmittelwert	NO <sub>2</sub> 50%-Wert	NO <sub>2</sub> 98%-Wert
	100 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup>			
Aalen					
Bad Waldsee					
Baden-Baden					
Balingen					
Bernhausen					
Biberach					
Böblingen					
Brühl					
Calw					
Eggenstein					
Ehingen					
Emmendingen					
Esslingen					
Freiburg-Mitte					
Freiburg-Nord					
Freiburg-Straße	—	—	—	•	
Freudenstadt					
Friedrichshafen					
Göppingen					
Heidelberg					
Heidenheim					
Heilbronn					
Isny					
Karlsruhe-Mitte					
Karlsruhe-Nordwest					
Karlsruhe-Straße	—	—	—	•	
Karlsruhe-West					
Kehl-Hafen	•				
Kehl-Süd					
Konstanz					
Künzelsau					
Ludwigsburg					
Mannheim-Mitte					
Mannheim-Nord					
Mannheim-Straße	—	—	—	•	
Mannheim-Süd					
Mosbach					
Neckarsulm					
Neuenburg					
Pforzheim-Mitte					
Pforzheim-West					
Plochingen					
Rastatt					
Ravensburg					
Reutlingen					
Rheinfelden					
Rottweil					
Schwäbisch Hall					
Schwäbische Alb					
Schwarzwald Süd					
Sigmaringen					
Stuttgart-Bad Cannstatt					
Stuttgart-Hafen					
Stuttgart-Mitte					
Stuttgart-Mitte-Straße	—	—	—	•	
Stuttgart-Zuffenhausen					
Tauberbischofsheim					
Tübingen					
Tuttlingen					
Ulm					
Ulm-Straße	—	—	—		
Villingen-Schwenningen					
Waiblingen					
Waldshut					
Weil am Rhein					
Weinheim					
Welzheimer Wald					
Wiesloch					

•: Überschreitung(en) festgestellt  
 —: keine Messung

**Tabelle 2.3-6: Überschreitung der Leitwerte der WHO an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999**

Mittelwert über	SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		CO				O <sub>3</sub>				Pb	Cd
	10-Min* 500 µg/m <sup>3</sup>	1-Std 350 µg/m <sup>3</sup>	1-Std 400 µg/m <sup>3</sup>	24-Std 150 µg/m <sup>3</sup>	15-Min* 100 mg/m <sup>3</sup>	30-Min 60 mg/m <sup>3</sup>	1-Std 30 mg/m <sup>3</sup>	8-Std 10 mg/m <sup>3</sup>	1-Std 150 µg/m <sup>3</sup>	1-Std 200 µg/m <sup>3</sup>	8-Std 100 µg/m <sup>3</sup>	8-Std 120 µg/m <sup>3</sup>	1 Jahr 0,5 - 1,0 µg/m <sup>3</sup>	1 Jahr 10 - 20 ng/m <sup>3</sup>
Aalen									•		•	•		—
Bad Waldsee									•		•	•		—
Baden-Baden									•		•	•		—
Balingen									•		•	•		—
Bernhausen									•		•	•		—
Biberach									•		•	•		—
Böblingen									•		•	•		—
Brühl									•		•	•	—	—
Calw									•		•	•		—
Eggenstein									•	•	•	•		—
Ehingen									•		•	•		—
Emmendingen									•		•	•		—
Esslingen									•		•	•		—
Freiburg-Mitte									•		•	•		—
Freiburg-Nord									•		•	•		—
Freiburg-Straße	—	—							—	—	—	—		—
Freudenstadt									•		•	•		—
Friedrichshafen									•		•	•		—
Göppingen									•		•	•		—
Heidelberg									•		•	•		—
Heidenheim									•		•	•		—
Heilbronn									•		•	•		—
Isny									•		•	•		—
Karlsruhe-Mitte									•		•	•		—
Karlsruhe-Nordwest									•		•	•		—
Karlsruhe-Straße	—	—							—	—	—	—		—
Karlsruhe-West									•	•	•	•		—
Kehl-Hafen	•	•							•		•	•		—
Kehl-Süd									•		•	•		—
Konstanz									•		•	•		—
Künzelsau									•		•	•		—
Ludwigsburg									•		•	•		—
Mannheim-Mitte									•		•	•		—
Mannheim-Nord	•	•							•	•	•	•		—
Mannheim-Straße	—	—							—	—	—	—		—
Mannheim-Süd									•		•	•		—
Mosbach									•	•	•	•		—
Neckarsulm									•		•	•		—
Neuenburg									•		•	•		—
Pforzheim-Mitte									•		•	•		—
Pforzheim-West									•		•	•		—
Plochingen									•		•	•		—
Rastatt									•		•	•		—
Ravensburg									•		•	•		—
Reutlingen									•		•	•		—
Rheinfelden									•		•	•		—
Rottweil	•	•							•		•	•		—
Schwäbisch Hall									•		•	•		—
Schwäbische Alb									•	•	•	•		—
Schwarzwald Süd									•		•	•		—
Sigmaringen									•		•	•		—
Stuttgart-Bad Cannstatt									•		•	•		—
Stuttgart-Hafen									•		•	•		—
Stuttgart-Mitte									•		•	•		—
Stuttgart-Mitte-Straße	—	—							—	—	—	—		—
Stuttgart-Zuffenhausen									•		•	•		—
Tauberbischofsheim									•		•	•		—
Tübingen									•		•	•		—
Tutlingen									•		•	•		—
Ulm									•		•	•		—
Ulm-Straße	—	—							—	—	—	—		—
Villingen-Schwenningen									•		•	•		—
Waiblingen									•		•	•		—
Waldshut									•		•	•		—
Weil am Rhein									•	•	•	•		—
Weinheim									•		•	•		—
Welzheimer Wald					—	—	—	—	•	•	•	•		—
Wiesloch									•		•	•		—
Heidelberg Schwimmbad	—	—	—	—	—	—	—	—	•	•	•	•	—	—

•: Überschreitung(en) festgestellt  
 —: keine Messung  
 \*: überprüft als Halbstundenwert

**Tabella 2.3-7: Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung an den Stationen des landesweiten Messnetzes im Jahr 1999**

	SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO 24-h-MW 8 mg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> 98%-Wert 100 µg/m <sup>3</sup>	1-h-MW 120 µg/m <sup>3</sup>	PM10		Pb JMW 500 ng/m <sup>3</sup>	Cd JMW 1,5 ng/m <sup>3</sup>
	JMW	95%-Wert	24-h-MW	JMW	95%-Wert	24-h-MW				JMW	Max TMW		
	µg/m <sup>3</sup>				µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>							
Aalen								•	•	•	•		—
Bad Waldsee								•	•	•	•		—
Baden-Baden								•	•	•	•		—
Balingen								•	•	•	•		—
Bernhausen				•		•		•	•	•	•		—
Biberach								•	•	•	•		—
Böblingen				•		•		•	•	•	•		—
Brühl*	—	—	—	—	—	—		—	•	—	—	—	—
Calw								•	•	•	•		—
Eggenstein						•		•	•	•	•		—
Ehingen								•	•	•	•		—
Emmendingen								•	•	•	•		—
Esslingen				•		•		•	•	•	•		—
Freiburg-Mitte								•	•	•	•		—
Freiburg-Nord								•	•	•	•		—
Freiburg-Straße	—	—	—	•	•	•		—	—	•	•		—
Freudenstadt								•	•	•	•		—
Friedrichshafen						•		•	•	•	•		—
Göppingen						•		•	•	•	•		—
Heidelberg				•		•		•	•	•	•		—
Heidenheim								•	•	•	•		—
Heilbronn				•		•		•	•	•	•		—
Isny								•	•	•	•		—
Karlsruhe-Mitte				•		•		•	•	•	•		—
Karlsruhe-Nordwest				•		•		•	•	•	•		—
Karlsruhe-Straße				•		•		•	•	•	•		—
Karlsruhe-West	—	—	—	•	•	•		—	—	•	•		—
Kehl-Hafen			•	•				•	•	•	•		—
Kehl-Süd								•	•	•	•		—
Konstanz								•	•	•	•		—
Künzelsau								•	•	•	•		—
Ludwigsburg				•		•		•	•	•	•		—
Mannheim-Mitte				•		•		•	•	•	•		—
Mannheim-Nord				•		•		•	•	•	•		—
Mannheim-Straße	—	—	—	•		•		—	—	•	•		—
Mannheim-Süd				•		•		•	•	•	•		—
Mosbach								•	•	•	•		—
Neckarsulm				•		•		•	•	•	•		—
Neuenburg								•	•	•	•		—
Pforzheim-Mitte				•		•		•	•	•	•		—
Pforzheim-West				•		•		•	•	•	•		—
Plochingen				•		•		•	•	•	•		—
Rastatt				•				•	•	•	•		—
Ravensburg								•	•	•	•		—
Reutlingen								•	•	•	•		—
Rheinfelden								•	•	•	•		—
Rottweil								•	•	•	•		—
Schwäbisch Hall								•	•	•	•		—
Schwäbische Alb								•	•	•	•		—
Schwarzwald Süd								•	•	•	•		—
Sigmaringen								•	•	•	•		—
Stuttgart-Bad Cannstatt				•		•		•	•	•	•		—
Stuttgart-Hafen				•		•		•	•	•	•		—
Stuttgart-Mitte				•		•		•	•	•	•		—
Stuttgart-Mitte-Straße	—	—	—	•	•	•		—	—	•	•		—
Stuttgart-Zuffenhausen				•		•		•	•	•	•		—
Tauberbischofsheim								•	•	•	•		—
Tübingen						•		•	•	•	•		—
Tuttlingen								•	•	•	•		—
Ulm				•				•	•	•	•		—
Ulm-Straße	—	—	—	•		•		—	—	•	•		—
Villingen-Schwenningen								•	•	•	•		—
Waiblingen				•				•	•	•	•		—
Waldshut								•	•	•	•		—
Weil am Rhein								•	•	•	•		—
Weinheim				•				•	•	•	•		—
Welzheimer Wald							—	•	•	•	•		—
Wiesloch								•	•	•	•		—
Wilhelmsfeld*	—	—	—	—	—	—		—	•	—	—		—
Heidelberg Schwimmbad*	—	—	—	—	—	—		•	•	—	—		—

SwSt: Schwebstaub  
 Max TMW: Maximaler Tagesmittelwert;  
 höchstens eine Überschreitung  
 pro Jahr zulässig  
 •: Überschreitung(en) festgestellt  
 —: keine Messung

JMW: Jahresmittelwert  
 \*: nicht das ganze Jahr in Betrieb

### 2.3.3 Staubniederschlag mit Inhaltsstoffen

Unter Deposition versteht man die Ablagerung von Stoffen aus der Atmosphäre auf Oberflächen von z. B. Pflanzen, Bauwerken, Böden, Oberflächengewässern, etc.. Es wird dabei zwischen trockener und nasser Deposition unterschieden. Unter trockener Deposition versteht man die Ablagerung von luftgetragenen Partikeln aus der Atmosphäre, von nasser Deposition spricht man, wenn Stoffe aus Nebel, Regen oder Schnee aus der Atmosphäre an Oberflächen abgeschieden werden.

Seit 1992 führt die UMEG Messungen der Gesamtdosition mit Bergerhoffgeräten durch. Hierzu wird in ländlichen Gebieten und Höhenlagen die Hintergrundbelastung und exemplarisch in Karlsruhe und Mannheim die Belastung in industriell geprägten Ballungsgebieten erfasst. Insgesamt werden 24 Messpunkte im Hintergrund, acht Messpunkte in Karlsruhe sowie sechs Messpunkte in Mannheim beprobt. Die Probenahme erfolgte jeweils über die Dauer eines Monats. Im Labor wurden neben der Staubniederschlagsmenge auch die Sulfat- und Nitratniederschläge bestimmt. An den 24 Hintergrundmesspunkten werden zusätzlich mit Passivsammlern die mittleren Konzentrationen von Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid ermittelt. Auch dafür betrug die Expositionsdauer je ein Monat.

Einen Überblick über die geographische Lage der Depositionsmesspunkte gibt die Karte A-2. Die genauen Standorte sind in Tabelle A-2 im Anhang aufgelistet.

An Messpunkt MA-2 in Mannheim und an Messpunkt KA-6 in Karlsruhe wurden wiederholt Vandalismus an den Bergerhoffgeräten festgestellt. Die Ausfälle beliefen sich auf 6 Monate, so dass die Jahresmittelwerte dieser beiden Messpunkte nur sehr eingeschränkt zur Betrachtung herangezogen werden können.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.3-29 dargestellt

und in Tabelle 2.3-8 aufgelistet. Der Immissionswert der TA Luft für Staubniederschlag von 0,35 mg/m<sup>2</sup>d für das Jahresmittel und von 0,65 mg/m<sup>2</sup>d für den höchsten Monatswert wurde an allen Messpunkten zuverlässig eingehalten.

Aus Abbildung 2.3-29 ist ersichtlich, dass zwischen dem Staubniederschlag und der Deposition von Sulfat- und Nitrationen kein Zusammenhang besteht. Die Ursache hierfür ist, dass Sulfat- und Nitrateinträge vorwiegend als nasse Deposition abgeschieden werden, der Staub hingegen bei trockener Witterung deponiert wird. Ferner ist erkennbar, dass in den industriell geprägten Ballungsräumen Karlsruhe und Mannheim der Staubniederschlag nicht generell höher ist, als an den Hintergrundstationen in ländlichen Gebieten und in den Höhenlagen des Landes. Unterschiede zeigen sich jedoch im Verhältnis der Sulfat- zu den Nitrateinträgen. In Mannheim, aber auch an zwei Stationen in Karlsruhe, sind die Sulfateinträge höher als die Nitrateinträge. Hier dürfte sich der industrielle Immissionstyp bemerkbar machen. Dies trifft ebenfalls für den Messpunkt Plittersdorf zu. An den Messpunkten Feldberg, Schauinsland, Isny, Ilmensee, Stötten, Bad Wurzach, Klippeneck und Mudau überwiegt dagegen der Eintrag von Nitrationen. Die Einträge von Nitrat an den Messpunkten Wildsee, Hohlohsee und Hornisgrinde im Nordschwarzwald sind relativ hoch. Die Ökosysteme an diesen Standorten sind von Natur aus stickstoffarm, sodass sie gegenüber stickstoffhaltigen Immissionen empfindlicher sind als andere hochgelegene Standorte (LfU, Immökol. Jahresberichte).

Die mit Passivsammlern an den Hintergrundstationen des Depositionsmessnetzes ermittelten Konzentrationen von Schwefeldioxid lagen im Jahresmittelwert zwischen 6 und 10 µg/m<sup>3</sup>, die Konzentrationen von Stick-

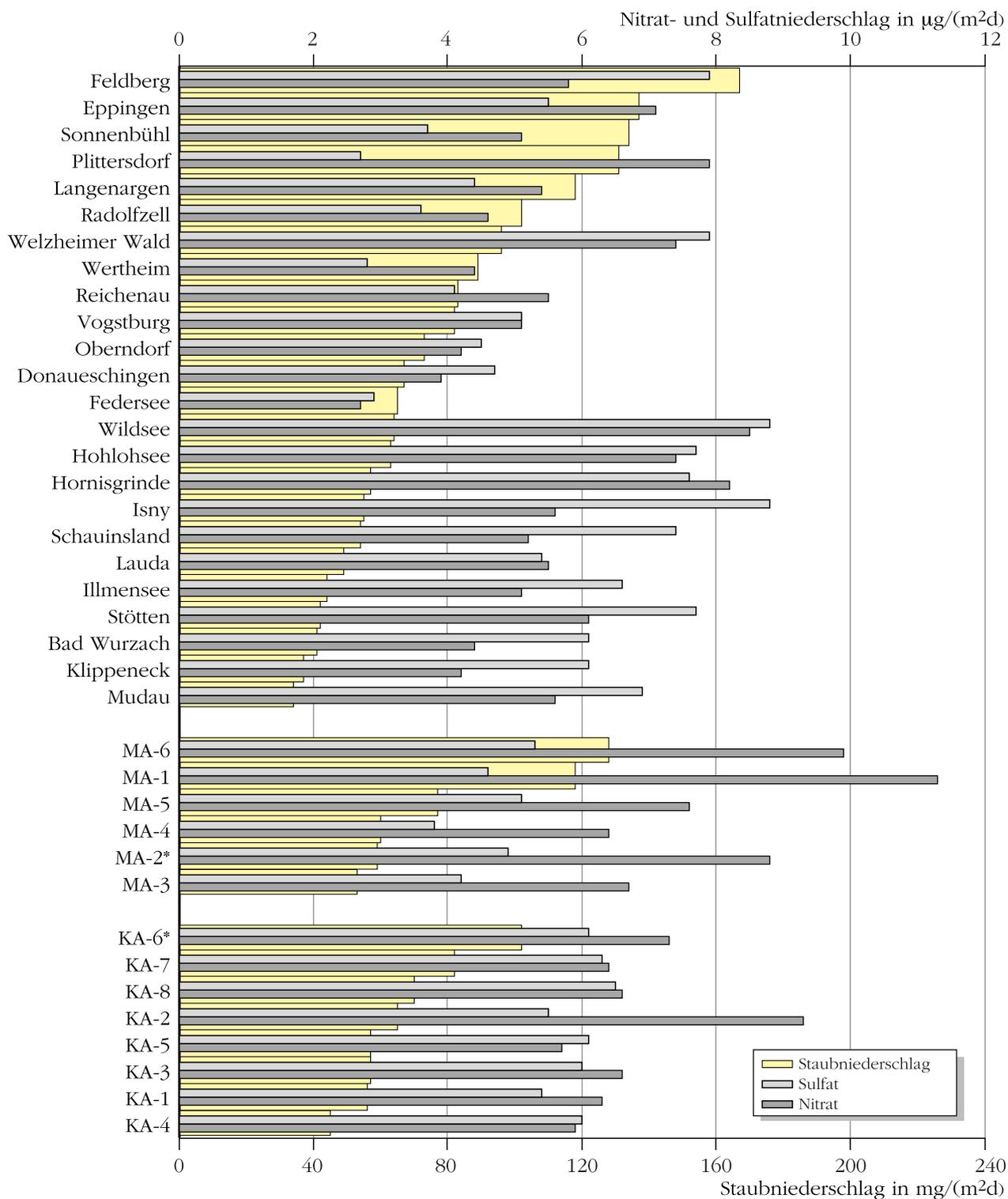


Abbildung 2.3-29: Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Sulfat- und Nitratdeposition an den Depositionsmessstationen im Jahr 1999 (geordnet nach Jahresmittelwert des Staubniederschlags; an den mit \* gekennzeichneten Messpunkten fielen je 6 Monatswerte durch Vandalismus aus)

*Tabelle 2.3-8: Ergebnisse der Depositionsmessungen und der Bestimmung der Schwefeldioxid- und Stickstoffdioxidkonzentrationen mit Passivsammlern im Jahr 1999 (an den mit \* gekennzeichneten Messpunkten fielen je 6 Monatswerte durch Vandalismus aus)*

Messstelle	Staubniederschlag mg/(m <sup>2</sup> d)	Nitratdeposition mg/(m <sup>2</sup> d)	Sulfatdeposition mg/(m <sup>2</sup> d)	NO <sub>2</sub> passiv µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> passiv µg/m <sup>3</sup>
Mudau	34	6,9	5,6	10	10
Wertheim	89	2,8	4,4	12	7
Lauda	49	5,4	5,5	11	9
Eppingen	137	5,5	7,1	13	8
Plittersdorf	131	2,7	7,9	14	8
Vogstburg	82	5,1	5,1	12	7
Hornisgrinde	57	7,6	8,2	5	6
Hohlohsee	63	7,7	7,4	5	7
Wildsee	64	8,8	8,5	5	6
Schauinsland	54	7,4	5,2	4	7
Feldberg	167	7,9	5,8	4	7
Edelmannshof	96	7,9	7,4	10	7
Stötten	42	7,7	6,1	7	8
Sonnenbühl	134	3,7	5,1	6	7
Klippeneck	37	6,1	4,2	5	7
Oberndorf	73	4,5	4,2	9	8
Donaueschingen	67	4,7	3,9	10	7
Federsee	65	2,9	2,7	9	7
Bad Wurzach	41	6,1	4,4	7	8
Illmensee	44	6,6	5,1	7	7
Isny	55	8,8	5,6	8	7
Radolfzell	102	3,6	4,6	13	7
Reichenau	83	4,1	5,5	12	7
Langenargen	118	4,4	5,4	15	7
KA-1	56	5,4	6,3	-	-
KA-2	65	5,5	9,3	-	-
KA-3	57	6,0	6,6	-	-
KA-4	45	5,6	5,9	-	-
KA-5	57	6,1	5,7	-	-
KA-6*	102	6,1	7,3	-	-
KA-7	82	6,3	6,4	-	-
KA-8	70	6,5	6,6	-	-
MA-1	118	4,6	11,3	-	-
MA-2*	59	4,9	8,8	-	-
MA-3	53	4,2	6,7	-	-
MA-4	60	3,8	6,4	-	-
MA-5	77	5,1	7,6	-	-
MA-6	128	5,3	9,9	-	-

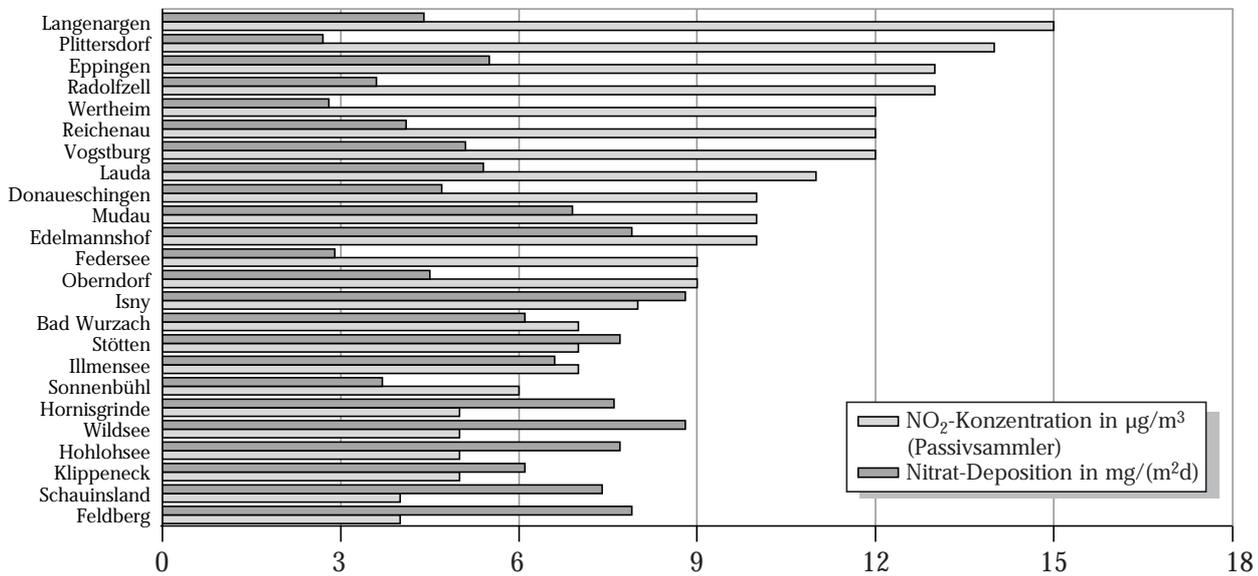


Abbildung 2.3-30: Mit Passivsammlern ermittelte Jahresmittelwerte der Konzentrationen von Stickstoffdioxid und der Nitratdeposition an den Depositionsmessstationen im Jahr 1999 (geordnet nach Stickstoffdioxidkonzentrationen)

stoffdioxid zwischen 4 bis 15 µg/m<sup>3</sup>. Die Gegenüberstellung der Nitratdeposition und der an denselben Messpunkten ermittelten Stickstoffdioxidkonzentrationen (Abbildung 2.3-30) zeigt, dass die Konzentrationen an den hochgelegenen Messpunkten vergleichsweise niedrig sind, die Depositionsraten von Nitrat (und Sulfat) aufgrund der hohen Niederschläge in den Hochlagen trotzdem überdurchschnittlich sein können.

In Abbildung 2.3-31 sind Zeitreihen der Jahresmittelwerte der Staub-, Nitrat- und Sulfatdeposition dargestellt. Beim Staubbiederschlag und bei der Nitratdeposition ist kein signifikanter Trend zu erkennen, die Unterschiede zwischen den Jahren dürften hauptsächlich witterungsbedingt sein. Bei der Sulfatdeposition könnte sich hier der allgemeine Rückgang der Schwefeldioxidemissionen bemerkbar machen.

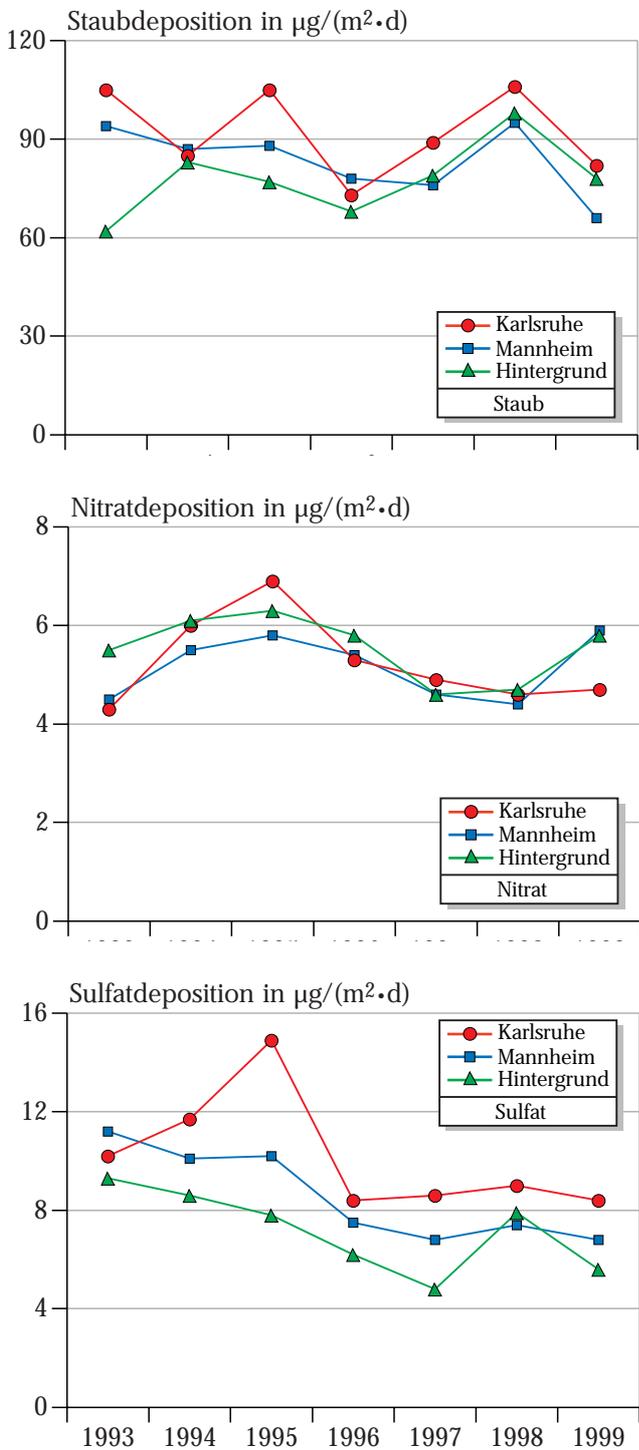


Abbildung 2.3-31: Zeitreihen der Jahresmittelwerte der Staub-, Nitrat- und Sulfatdeposition im Hintergrundmessnetz und in den Ballungsräumen Karlsruhe und Mannheim

### 2.3.4 Entwicklung der Konzentrationen von Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß an verkehrsexponierten Standorten

An den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg werden seit 1994 Messungen zum Vollzug der 23. BImSchV durchgeführt. Dies ermöglicht, die zeitliche Entwicklung der relevanten Luftschadstoffe an verkehrsexponierten Standorten zu betrachten. In Abbildung 2.3-32 ist die Entwicklung der Luftschadstoffkonzentrationen von Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß an den Verkehrsmessstationen in Baden-Württemberg von 1994 bis 1999 dargestellt. Im Jahr 1999 lagen die ermittelten Werte bei Stickstoffdioxid und Benzol an allen vier Messstationen unter den Konzentrationswerten der 23. BImSchV. Bei Ruß zeigt nur die Station Stuttgart-Mitte-Straße eine Überschreitung des Konzentrationswertes, an den anderen Stationen liegen die Werte unter dem Konzentrationswert. Insgesamt ist ein deutlicher Rückgang der Benzolwerte festzustellen. Hier sind die Werte an allen vier Stationen in den letzten Jahren gesunken und liegen nun auf dem niedrigsten Niveau seit dem Messbeginn 1994. Die Komponenten Stickstoffdioxid und Ruß zeigen keine eindeutige Entwicklung. Zwar sind 1999 an allen vier Stationen niedrigere Konzentrationswerte als 1998 festgestellt worden, ob dieser Rückgang sich jedoch fortsetzt, müssen die nächsten Jahre zeigen.

Weitere Ergebnisse von verkehrsexponierten Standorten liegen von den Messprogrammen zur Durchführung der 23. BImSchV vor. Mit Messwagen wurden 1997/98 83 Messpunkte beprobt [UMEG, 31-1/99]. An 11 Messpunkten wurden 1998/99 die Messungen orientierend fortgeführt [UMEG, 31-1/2000]. Ein Vergleich der Ergebnisse bestätigt die an den Verkehrsmessstationen festgestellte Entwicklung.

Für Benzol zeigen die Mittelwerte 1998/99 im Ver-

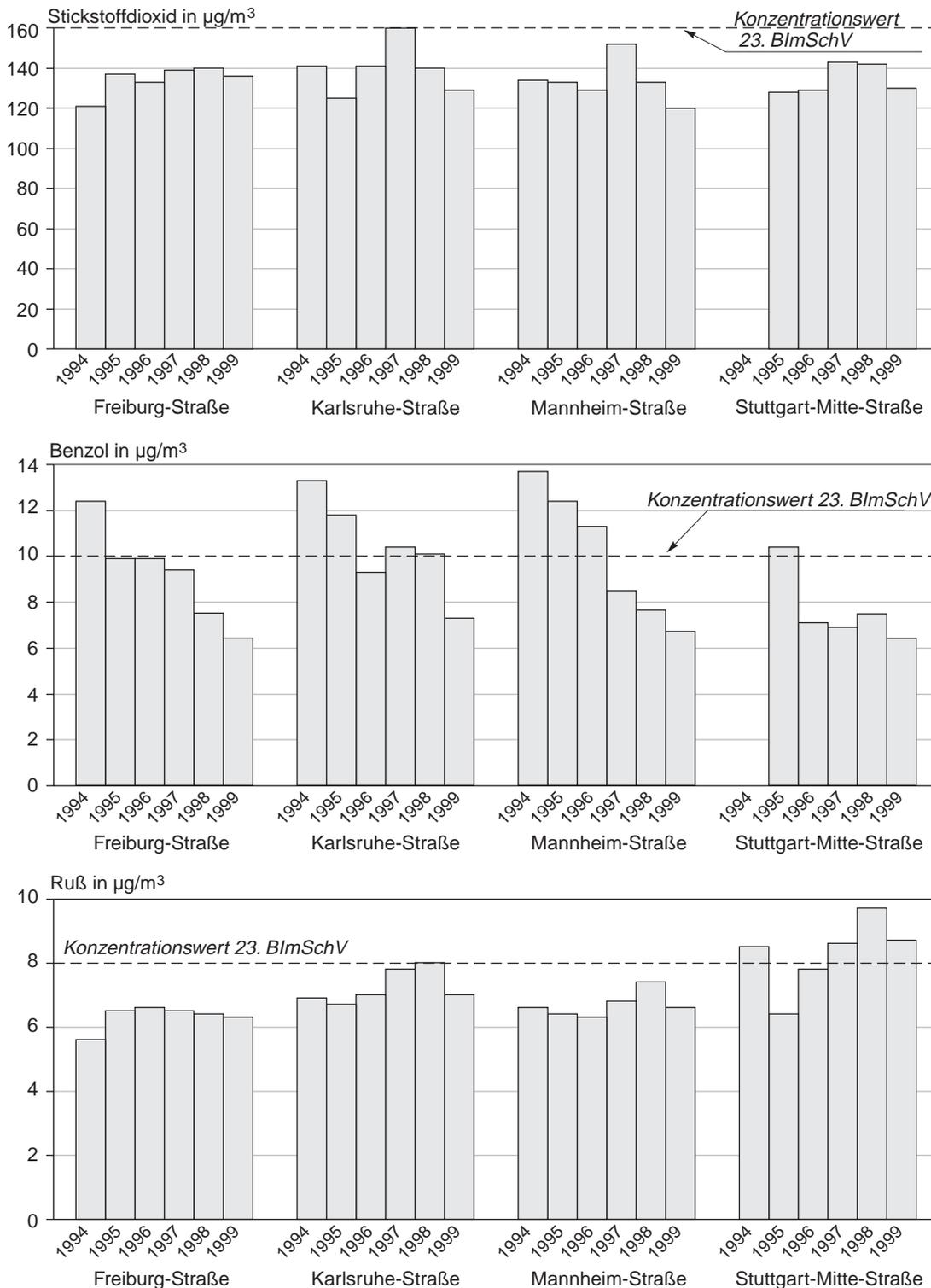


Abbildung 2.3-32: Entwicklung der Stickstoffdioxid-, Benzol- und Rußkonzentrationen an den Verkehrsmessstationen in Freiburg, Karlsruhe, Mannheim und Stuttgart.

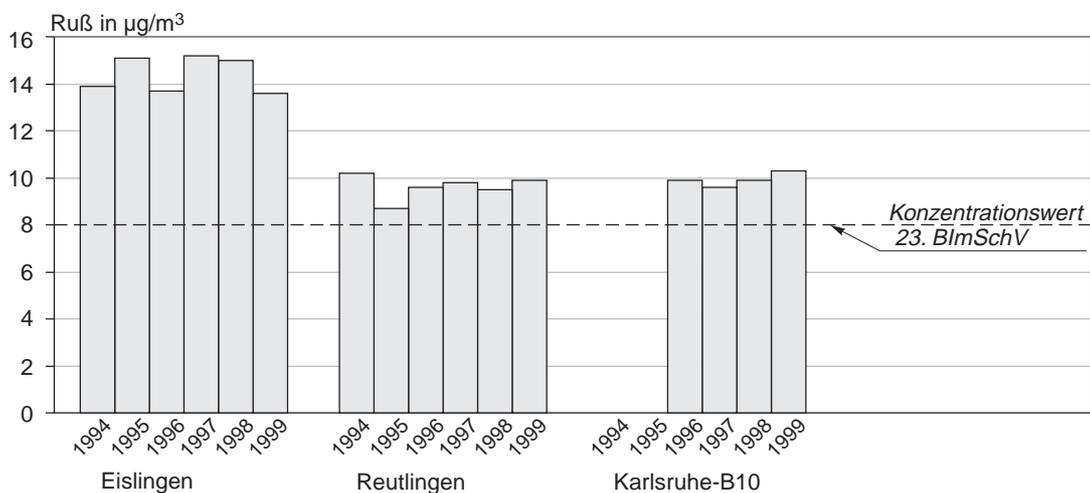


Abbildung 2.3-33: Entwicklung der Rußkonzentrationen an den Messstellen Eislingen, Reutlingen und Karlsruhe B10

gleich zu den Ergebnissen des Messprogramms 1997/98 eine deutlich rückläufige Tendenz. Für die Komponenten Stickstoffdioxid und Ruß kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht auf eine eindeutige Entwicklung geschlossen werden.

Die Entwicklung der Rußkonzentrationen wird zudem an hoch belasteten Messstellen in Eislingen, Reutlingen und an der B10 in Karlsruhe seit 1994 bzw. 1996 beobachtet (Abbildung 2.3-33). An allen drei Messstellen wird 1999 der Konzentrationswert für Ruß von  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten. Die Rußkonzentrationen an diesen Messstellen zeigen in den letzten Jahren nur geringe Schwankungen.

Die Entwicklung der Benzolkonzentrationen zeigt einen deutlichen Rückgang der Belastung im Jahresmittel. Dies wird sowohl durch die mit Messwagen durchgeführten ergänzenden Messungen 1998/99 im Vergleich zum Messprogramm 1997/98 als auch durch die Zeitreihen der Verkehrsmessstationen bestätigt. Dieser Rückgang ist auf den sinkenden Benzolgehalt im Otto-

Kraftstoff zurückzuführen. So wurde z.B. die erst Anfang des Jahres 2000 greifende Begrenzung des Benzolgehaltes im Otto-Kraftstoff von 2,5 Vol. % auf 1 Vol. % von der Mineralölindustrie zum Teil schon Mitte 1999 umgesetzt. Für Stickstoffdioxid und Ruß stellt sich die Situation anders dar. Es scheint, als ob die Immissionsbelastung aufgrund der inzwischen greifenden Regelungen bezüglich der Kraftstoffqualität und der verbesserten Abgasreinigung bei Pkw leicht zurück ginge. Dieser Rückgang wird jedoch an einigen Messpunkten durch erhöhte Emissionen aufgrund höherem Kfz-Aufkommens und/oder aufgrund der Verkehrssituation (stockender Verkehr, Stau) wieder „aufgebraucht“.

## 3 FEINSTAUBUNTERSUCHUNGEN IM RAUCHGAS VON HOLZFEUERUNGSANLAGEN

### 3.1 Einführung

Die in Deutschland geltenden Immissionsgrenzwerte für Staub beziehen sich bislang auf die Gesamtstaubwerte. In Bezug auf Partikelgrößen gab es über Begrenzungen keine Angaben. In der 1. Tochterrichtlinie zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG sind erstmalig Immissionsgrenzwerte für Schwebstaub mit Angaben eines Partikelgrößenbezugs ausgewiesen.

Für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen sind häufig die Gesamtstaubemissionen bekannt, nicht aber die Anteile der Partikel der immissionsseitig interessierenden Fraktionen.

Der LAI bat den UA „Luft/Technik“ darum, die Kenntnisse über Ursachen und Herkunft der Feinstaubbelastung zu verbessern. In Fachgesprächen mit den zuständigen Vertretern der Länderbehörden wurden, unter Leitung des Umweltbundesamtes, der Untersuchungsbedarf an Anlagen mit relevanten Feinstaubemissionen festgelegt. Für Baden-Württemberg lag der Untersuchungsschwerpunkt auf der Ermittlung der Feinstaubfraktionen im Rauchgas von Holzfeuerungsanlagen über einen weiten Leistungsbereich aus den Bereichen Hausbrand, Kleingewerbe und Industrie. Kernstück der Untersuchungen waren fraktionierende Feinstaubmessungen, mit welchen Aussagen über die Verteilung der Partikelgrößen möglich sind.

Das Untersuchungsprogramm wurde in folgende Bereiche aufgeteilt:

Kleinfeuerungsanlagen (Bearbeitung durch das Institut für Verfahrens- und Dampfkesselwesen (IVD) der Universität Stuttgart)

Industrief Feuerungen, genehmigungsbedürftige Holzfeuerungsanlagen ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW (Bearbeitung durch die UMEG).

Im erstellten Bericht „Feinstaubuntersuchungen an Holzfeuerungsanlagen“ [IVD 1999] sind die Ergebnisse

der Untersuchungen zusammengefasst.

Die Messungen an den immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Industriefeuerungsanlagen wurden durch Emissionsmessungen nach §§ 26, 28 BImSchG durchgeführt und durch Analysen von Asche- bzw. Staubproben aus dem Feuerungsraum und den Abgasreinigungseinrichtungen dieser Anlagen ergänzt. Die Berichterstattung erfolgte separat für jede der Anlagen sowie in zusammengefasster Form für alle Anlagen [UMEG 1999a; UMEG 1999b]

### 3.2. Aufgabenstellung

Die UMEG wurde beauftragt, auf der Grundlage des Geschäftsbesorgungsvertrages mit dem Land Baden-Württemberg, Messungen an immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungsanlagen durchzuführen. Dazu wurden im Vorfeld von den Staatlichen Gewerbeaufsichtsämtern die für das Messprogramm in Frage kommenden Feuerungsanlagen ermittelt und der UMEG mitgeteilt. Bei der Auswahl der Anlagen sollten unterschiedliche Holzbrennstoffe und Feuerungsarten berücksichtigt werden, insbesondere war der Einfluss unterschiedlicher Abgasreinigungstechniken auf das Emissionsverhalten und auf die Partikelgrößenverteilung der emittierten Stäube zu untersuchen.

Dazu sollten an den ausgewählten Anlagen fraktionierende Staubmessungen bei verschiedenen Betriebszuständen (soweit dies die äußeren Bedingungen zuließen) durchgeführt werden.

Außerdem sollten im Reingas nach Vorgaben des Genehmigungsbescheides Emissionsmessungen nach §§ 26, 28 BImSchG durchgeführt und Asche- bzw. Staubproben aus dem Feuerungsraum und aus dem jeweiligen Abscheider entnommen und untersucht werden.

### 3.3 Messplanung

Bei der Auswahl der Anlagen war das Ziel, eine möglichst große Übersicht über das Emissionsverhalten in Bezug auf die Partikelgrößenverteilung an unterschiedlichen Anlagentypen zu erhalten.

Die Erhebungen ergaben 51 Anlagen in 42 Betrieben im Leistungsbereich zwischen 1 und 27 MW (Feuerungswärmeleistung).

Es wurde davon ausgegangen, dass durch die Feuerungsart der Anlage (z.B. Unterschubfeuerung, Rostfeuerung, Einblasfeuerung) der zum Betrieb vorgesehene Brennstoff weitgehend vorgegeben ist und entsprechend eingesetzt wird. Der Schwerpunkt der Untersuchung wurde daher auf die eingesetzten Abgasreinigungsanlagen gelegt. Laut Erhebungen waren die in Tabelle 3-1 aufgelisteten Abgasreinigungssysteme im Einsatz.

Für die Untersuchungen wurden exemplarisch 9 Feuerungsanlagen mit Feuerungswärmeleistungen von ca. 1 bis 15 MW und unterschiedlichen Abgasreinigungsverfahren ausgewählt.

*Tabelle 3-1: Laut Erhebung eingesetzte Abgasreinigungssysteme*

Abgasreinigungssystem	Anzahl
Zyklon- /Multizyklonabscheider	36 Anlagen
Elektrofilter	7 Anlagen
Multizyklon und Elektrofilter	5 Anlagen
Zyklonabscheider mit Rauchgaskondensationsstufe	3 Anlagen

### 3.4 Messprogramm

Im Reingas wurden nach den Vorgaben des Genehmigungsbescheides die Emissionen an Gesamtstaub, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxiden und an Gesamtkohlenstoff sowie die jeweiligen Abgasrandbedingungen ermittelt. Bei allen Feuerungsanlagen wurde die Partikel-Größenverteilung im Abgas mit einem Kaskadenimpaktor bestimmt. Zusätzlich wurden alle für die Beurteilung der Anlagen erforderlichen Parameter erfasst. An jeder Anlage wurden Proben aus der Brennstoffasche und Staubproben aus den Abgasreinigungsanlagen für Analysen und zur anschließenden Beurteilung der Deponiefähigkeit entnommen.

### 3.5 Messtechnik

Wie oben angeführt, lag außer den Messungen von Gesamtstaub und der gasförmigen Komponenten bei allen Feuerungsanlagen der Schwerpunkt auf der Bestimmung der Partikel-Größenverteilung im Abgas. Die Ausführungen hier beschränken sich daher auf die Durchführung der fraktionierenden Staubbmessung. Als Kurzbezeichnung für die betreffenden Schwebstaubfraktionen wird üblicherweise „PM“ als Abkürzung für „particulate matter“ zusammen mit dem Medianwert des aerodynamischen Durchmessers der Partikel in den einzelnen Partikelfraktionen verwendet. PM10 steht damit für die Partikelfraktion, die einen Median des aerodynamischen Durchmessers von 10 mm aufweist, PM2,5 entsprechend für die Fraktion mit 2,5 mm. Für die fraktionierenden Staubbmessungen wurde ein achtstufiger Kaskadenimpaktor „Andersen MARK III“ eingesetzt. Die Durchführung der Probenahmen erfolgte nach den Vorgaben der Richtlinie VDI 2066, Blatt 5. Bei dieser Messtechnik werden die Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser im Bereich von ca. 0,5 bis 12  $\mu\text{m}$  fraktioniert auf acht Sammelpplatten abgeschieden. Die Impaktorstufen sind mit abnehmenden Trenngrenzen in Reihe geschaltet. Partikel, die die letzte Impaktorstufe passieren, werden auf einem Backup-Filter abgeschieden. Die resultierenden Trenngrenzen des Kaskadenimpaktors hängen vom Betriebsvolumenstrom des abgesaugten Probengases im Impaktor ab und sind für jede Probenahme zu bestimmen. Die abgeschiedenen Partikelmassen werden gravimetrisch bestimmt.

Detaillierte Informationen über die gesamte Messtechnik können dem Abschlußbericht [UMEG 1999a; UMEG 1999b] entnommen werden.

### 3.6 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Abbildung 3-1 zeigt die Partikelgrößenverteilung gemäß Richtlinie VDI 2066, Blatt 5.

Die Partikelklassen, die durch die Abstufung der Sammelplatten vorgegeben sind, sind für das Ergebnis u.U. nicht aussagekräftig. Gewünscht ist hier eine Zuordnung zu den Partikelklassen (< PM 10, < PM 2,5 und ggf. < PM 1) entsprechend der immissionsseitigen Bestimmungen, ausgedrückt als prozentuale Anteile der Gesamtmasse der abgeschiedenen Staubpartikel (Tabelle 3-2). Dies kann durch Berechnung (Interpolation der Verläufe) aus der Summenhäufigkeitskurve der Partikelgrößenverteilung erfolgen (Abbildung 3-2).

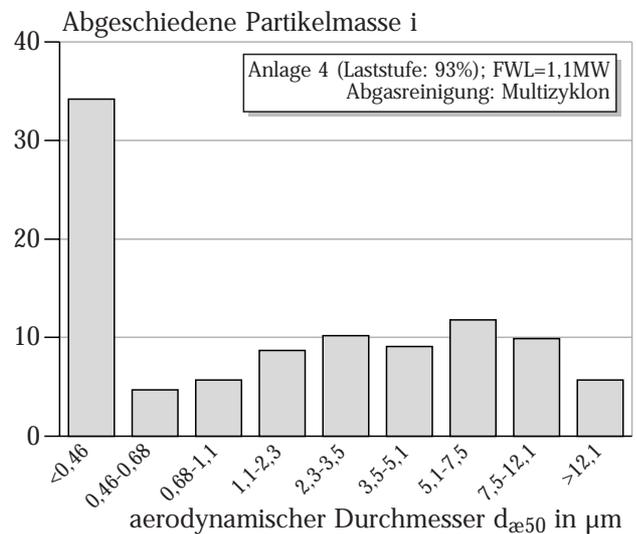


Abbildung 3-1: Beispiel für Partikelgrößenverteilung im Abgas einer Holzfeuerungsanlage

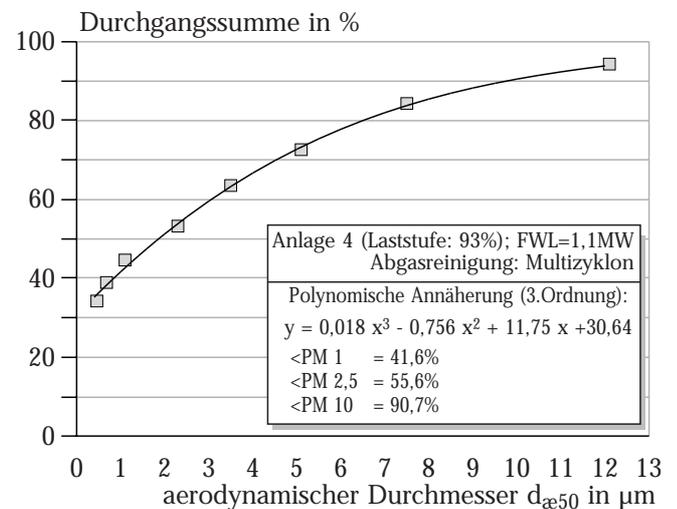


Abbildung 3-2: Beispiel einer Summenhäufigkeitskurve der Partikelgrößenverteilung

Tabelle 3-2: Partikelklassen < PM1, < PM2,5 und < PM10 im Abgas der Anlage 4 bei Volllastbetrieb.

Anlage 4	< PM1 [%]	< PM2,5 [%]	< PM10 [%]	$m_{\text{Gesamtstaub}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]
Volllast (93 %)	42	56	91	280

### 3.7 Messergebnisse

Die Ergebnisse der Emissionsmessungen an den Anlagen sind in Tabelle 3-3 aufgelistet. Darin enthalten sind auch Angaben über die Feuerungswärmeleistung (FWL), Art der Abgasreinigungsanlage und den Lastzustand während der Messungen.

Die Ergebnisse über die Partikelgrößenverteilung sind in Abbildung 3-3 zusammengefasst. Zur Veranschaulichung der Partikelgrößenverteilung an den verschiedenen Holzfeuerungsanlagen wurden im oberen Bildteil von Abbildung 3-3 die prozentualen Anteile der Partikelklassen (< PM1, < PM2,5 und < PM10) an der Ge-

samtmasse der abgeschiedenen Staubpartikel als Säulendiagramm dargestellt. Der untere Bildteil zeigt die auf die Konzentrationswerte bezogenen Anteile der Partikelklassen.

Es zeigt sich, dass bei den Anlagen mit Multizyklon zur Abgasreinigung (Anlage 1 - 4) die gemessenen Staubpartikel fast ausschließlich Partikelgrößen < 10 µm aufweisen, da die groben Teilchen durch die Fliehkraftabscheidung abgeschieden werden. Die Anteile der Partikel mit Partikelgrößen < 2,5 µm liegen deutlich über 50 %. Die Konzentrationen der Partikelklassen mit sehr feinen Partikeln (< 2,5 µm und < 1 µm)

Tabelle 3-3: Anlagendaten und Messergebnisse  
(Abgasreinigung: M: Multizyklon, E: Elektrofilter, R: Rauchgaskondensationsstufe)

Anlagennummer		1	2	3	4	5	6**			7	8	9		
Abgasreinigung		M	M	M	M	M	E	E	E	M+E	M+E	M+E	M+R	M+R
FWL	[MW]	1,4	1,4	0,8	3,0	1,1	2,0	4,8	4,8	7,9	9,5	15,0	1,5	1,5
T <sub>Abgas</sub>	[°C]	80	95	95	125	160	220	115	140	170	180	160	75	80
Kesselleistung	[%]	65	92	100	44	93	73	60	100	74	91	100	30	60
O <sub>2</sub>	[%]	10,0	9,3	10,0	11,1	16,2	11,3	10,7	9,2	7,6	7,4	8,7	9,3	9,5
CO <sub>2</sub>	[%]	10,4	11,1	10,4	9,3	4,3	9,1	9,6	11,1	12,9	11,5	11,6	10,8	10,8
V <sub>(n, tr.)</sub>	[m <sup>3</sup> /h]	1700	2100	1200	2500	4300	4800	3200	6900	9300	10500	28500	1300	2200
CO	[mg/m <sup>3</sup> ]	609	285	46	47	377	549	25	21	123	63	87	47	60
	[mg/m <sup>3</sup> ]*	<b>544</b>	<b>232</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>878</b>	<b>567</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>92</b>	<b>46</b>	<b>70</b>	<b>40</b>	<b>52</b>
	[kg/h]	<b>1,01</b>	<b>0,61</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>1,62</b>	<b>2,661</b>	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>1,13</b>	<b>0,66</b>	<b>2,47</b>	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>
NO <sub>x</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	140	152	136	182	70	68	217	215	170	180	274	169	187
	[mg/m <sup>3</sup> ]*	<b>127</b>	<b>130</b>	<b>123</b>	<b>184</b>	<b>139</b>	<b>70</b>	<b>212</b>	<b>187</b>	<b>127</b>	<b>132</b>	<b>224</b>	<b>145</b>	<b>164</b>
	[kg/h]	<b>0,24</b>	<b>0,32</b>	<b>0,16</b>	<b>0,45</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>	<b>0,69</b>	<b>1,48</b>	<b>1,58</b>	<b>1,88</b>	<b>7,82</b>	<b>0,22</b>	<b>0,41</b>
C <sub>ges.</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	12	7	< 1	< 1	11	4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1
	[mg/m <sup>3</sup> ]*	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>1</b>	<b>&lt; 1</b>				
	[kg/h]	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt; 0,01</b>						
Staub	[mg/m <sup>3</sup> ]	<b>194</b>	<b>172</b>	<b>251</b>	184	123	27	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>31</b>
	[mg/m <sup>3</sup> ]*	-	-	-	<b>188</b>	<b>280</b>	<b>29</b>	-	-	-	-	-	-	-
	[kg/h]	<b>0,32</b>	<b>0,37</b>	<b>0,29</b>	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>	<b>0,13</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,21</b>	<b>0,29</b>	<b>0,20</b>	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>

Alle Volumenangaben beziehen sich auf den Normzustand (1013 hPa; 0°C, trocken)

\*: bezogen auf 11 % O<sub>2</sub>-Gehalt

\*\*: Ergebnisse nicht repräsentativ

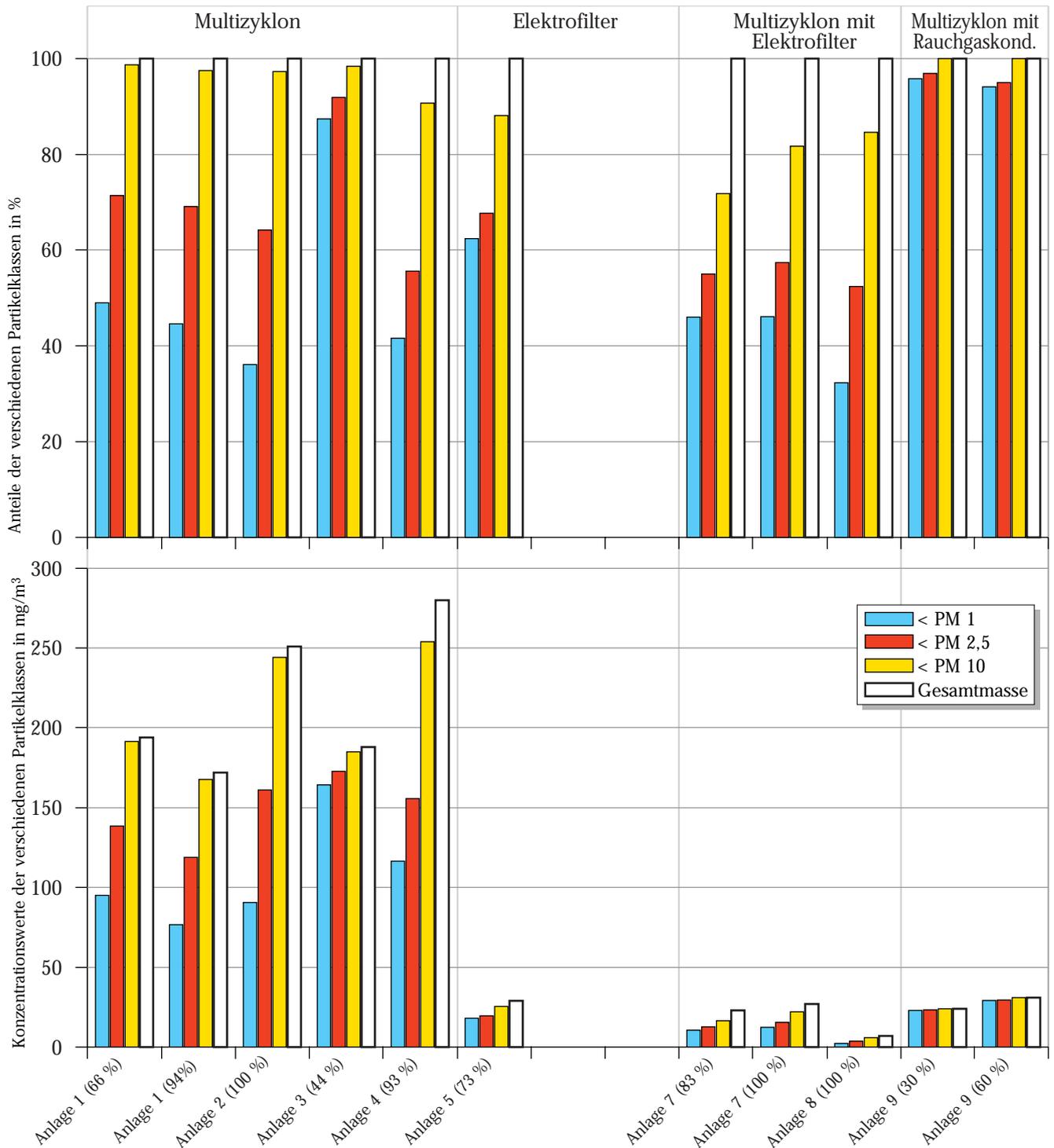


Abbildung 3- 3: Säulendiagramm der prozentualen Anteile bzw. der Konzentrationswerte der verschiedenen Partikelklassen bezogen auf die Gesamtstaubmasse.

liegen aufgrund der hohen Gesamtstaubwerte im Bereich zwischen  $75 \text{ mg/m}^3$  und  $170 \text{ mg/m}^3$ .

Bei Anlagen mit Elektrofilter (Anlage 5) sind die Abstufungen zwischen den einzelnen Partikelklassen nicht so stark ausgeprägt. Bei Anlage 5 weisen die gemessenen Staubpartikel ebenso wie bei den Anlagen mit einem Multizyklon hauptsächlich Partikel mit einer Partikelgröße  $< 10 \text{ }\mu\text{m}$  auf.

Die Ergebnisse der Anlage 6 werden nicht dargestellt, da sie nicht repräsentativ sind.

Die Anlagen mit einer Kombination aus Elektrofilter und Multizyklon (Anlage 7, 8) weisen eine ähnliche Partikelgrößenverteilung wie die Anlagen mit Multizyklon auf. Zu beachten ist, dass bei den Anlagen mit Elektrofilter und Multizyklon die Gesamtstaubkonzentrationen deutlich geringer sind als bei den Anlagen mit Multizyklon.

Bei Anlage 9 ist dem Multizyklon noch ein kombiniertes Wasch- und Kondensationsmodul nachgeschaltet, in welchem feine Staubpartikel mit ausgewaschen werden sollen. Weitere Untersuchungen an dieser Anlage haben ergeben, dass durch das Wasch- und Kondensationsmodul keine signifikanten Einflüsse auf das Emissionsverhalten festzustellen sind.

Insgesamt ist zu erkennen, dass die Konzentration an Partikeln hauptsächlich durch die Abgasreinigungseinrichtungen beeinflusst wird und Feuerungsart oder Brennstoffbeschaffenheit (Stückholz, Hackschnitzel, Späne, Sägemehl) keine feststellbaren Auswirkungen auf die Partikelemission zeigen.

## 4 ENTWICKLUNG DER LUFTSCHADSTOFF-EMISSIONEN IM ZEITRAUM VON 1980 - 2000

Im Jahresbericht 1999 werden die Entwicklungen der Luftschadstoff-Emissionen im Zeitraum von 1980 bis 2000 für die Jahre 1980, 1985, 1990, 1995 und 2000 dargestellt. Betrachtet werden die Emissionen aus den Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen, Verkehr sowie Industrie und Gewerbe.

Für die beiden Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr werden aus den Emissionswerten bereits erhobener Untersuchungsgebiete in Baden-Württemberg gemittelte Werte berechnet, womit als Ergebnisse die Emissionsentwicklungen für einen mittleren Verdichtungsraum dargestellt werden. Damit die Werte der unterschiedlich großen Gebiete vergleichbar werden, sind sie zur Mittelung auf 1000 Einwohner normiert worden. Die Emissionen werden in Tonnen pro Jahr und 1000 Einwohner angegeben.

In der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist eine einwohnerbezogene Normierung nicht sinnvoll. Hier wird die Luftschadstoffentwicklung landesweit für gesamt Baden-Württemberg aufgezeigt. Die Emissionswerte sind Absolutwerte, angegeben in Tonnen pro Jahr.

Untersucht werden in allen drei Quellengruppen die Luftschadstoffe Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$  als  $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Organische Gase und Dämpfe (OGD) sowie Staub.

### 4.1 Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen in Verdichtungsräumen von Baden-Württemberg in den Quellengruppen Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr

Unter Verdichtungsräumen werden in diesem Zusammenhang Gebiete in Baden-Württemberg verstanden, für die in der Vergangenheit Emissionskataster erstellt wurden. Es handelt sich dabei um die Untersuchungsgebiete Mannheim/Heidelberg, Heilbronn/Neckarsulm, Karlsruhe/Rastatt, Pforzheim/Mühlacker, Großraum Stuttgart, Kehl/Offenburg, Reutlingen /Tübingen, Ulm, Freiburg und Hochrhein. Bezugsjahre für die vorliegende Studie sind die Jahre 1980, 1985, 1990, 1995 und 2000. Falls direkt passend zu den o.g. Bezugsjahren keine Ergebnisse aus Untersuchungsgebieten vorliegen, werden die Emissionswerte aus den zum Bezugsjahr nächstgelegenen Gebieten abgeleitet. Die tendenziellen Aussagen für diese Untersuchungsgebiete gelten auch für andere Verdichtungsräume in Baden-Württemberg, die bisher emissionsseitig noch nicht untersucht worden sind.

Die Jahresemissionswerte aus den Untersuchungsgebieten werden auf 1000 Einwohner normiert. Bei der Betrachtung der Ergebnisse wird berücksichtigt, dass die Gebiete z.T. unterschiedlich strukturiert sind (Autobahnanteil, Besiedlungsdichte u.a.).

#### 4.1.1 Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen

Im Rahmen der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen sind entsprechend der 5. Verwaltungsvorschrift (Emissionskataster in Untersuchungsgebieten) [5. BImSchVwV, 1992] zum Bundes-Immissionschutzgesetz die Emissionen der Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasserbereitung sowie die Emissionen aus der Erzeugung von Prozesswärme im gewerblichen und industriellen Bereich erfasst, soweit für die entspre-

chenden Feuerungsanlagen keine immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach der 4. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [4. BImSchV, 1997] benötigt wurde. Die immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen sind der Quellengruppe Industrie und Gewerbe zugeordnet.

Zur Ermittlung der Emissionen wird in einem ersten Schritt ein Energieatlas erstellt. Wesentliche Informationen dazu sind die Gebäudenutzung, der Energiebedarf der Haushalte und Kleinverbraucher nach Energieträgern, die Nutzungsart (Raumheizung, Heizung mit Brauchwasser, nur Brauchwasser, Prozesswärme) sowie die Heiztechnik (Einzelofen, Zentralheizung). Die Emissionen für die Brennstoffe Gas, Heizöl, Kohle und Holz werden aus dem Energiebedarf mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren errechnet. Die Emissionen aus den Energieträgern Heizstrom und Fernwärme sind den jeweiligen Kraft- und Heizwerken zugeordnet, soweit die betreffenden Feuerungsanlagen genehmigungsbedürftig sind; diese Emissionen sind bei den erklärungsbedürftigen Anlagen in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe berücksichtigt.

In der Abbildung 4.1-1 sind die Emissionsmengen aus der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen für die verschiedenen Luftschadstoffe und für die Jahre 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 für einen mittleren Verdichtungsraum vergleichend gegenübergestellt. Die Emissionsreduktionen bei den einzelnen Luftschadstoffen von 1980 bis 1995 liegen zwischen 20 % bei den Stickstoffoxiden bis zu 75% beim Staub.

Ausgehend von 1995 werden bis zum Jahr 2000 weitere Emissionsreduktionen zwischen 5 % für Schwefeldioxid und 17 % für Kohlenmonoxid erwartet. Die Emissionsreduktionen sind auf die Auswirkungen der Än-

derung von Verordnungen und sonstigen Ereignissen zurückzuführen. Dazu gehören z. B. die 1. BImSchV (Anforderung an Kleinf Feuerungsanlagen und Brennstoffe) [1. BImSchV, 1997], 3. BImSchV (Begrenzung des Schwefelgehaltes von leichtem Heizöl) [3. BImSchV, 1975], WärmeschutzV (Verbesserung des Gebäudewärmeschutzes) und die HeizungsanlagenV (energiesparende Anforderungen an Heizungs- und Brauchwasseranlagen). Ein wesentlicher Punkt ist auch die Veränderung im Energieträgermix, d. h. die Umstellung von sehr emissionsintensiven Festbrennstoffheizungen (Kohle, Holz) auf andere emissionsarme Energieträger. Auch die Umstellung von heizölbetriebenen Feuerungsanlagen auf Erdgasbefuerung bewirkt vor allem bei Schwefeldioxid deutliche Reduktionen.

#### 4.1.2 Quellengruppe Verkehr

Nach der 5. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz sind in der Quellengruppe Verkehr die Emissionen aus dem Straßenverkehr, dem Schiffsverkehr, dem Schienenverkehr und dem Flugverkehr erfasst. Berücksichtigt wurden auch die Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Verkehr. Diese resultieren aus der Tankatmung und dem Heiß-/Warmabstellen der Fahrzeuge.

Zur Ermittlung der Emissionen des Straßenverkehrs wird das Straßennetz in Linienquellen (Hauptstraßennetz) und Flächenquellen (Straßennetz mit untergeordneter verkehrlicher Bedeutung) eingeteilt. Die Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs erfolgt über die Fahrleistung in Abhängigkeit von der Verkehrsmischung (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge) und dem Fahrverhalten mit Hilfe spezifischer Emissionsfaktoren.

Die Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen aus der

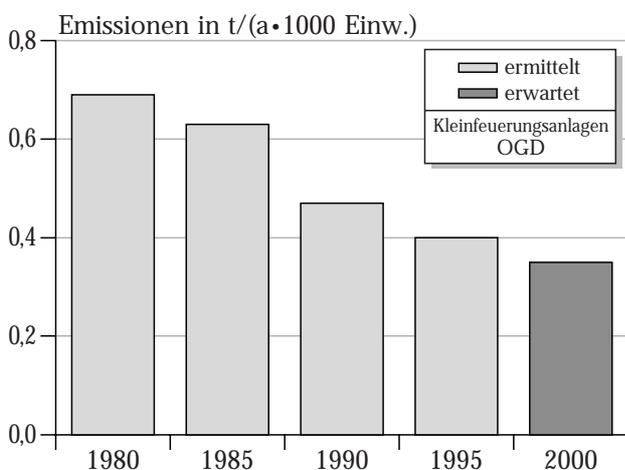
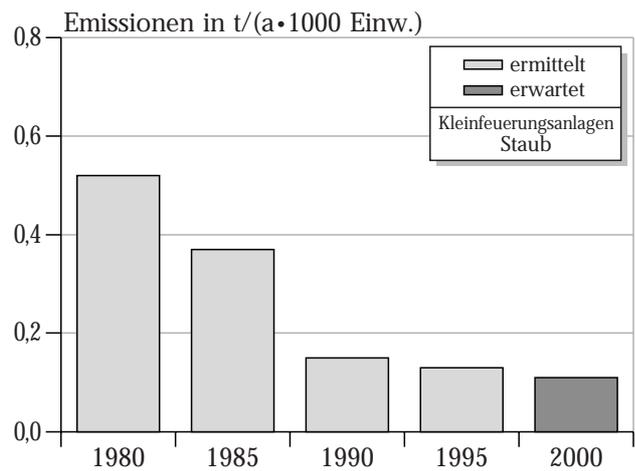
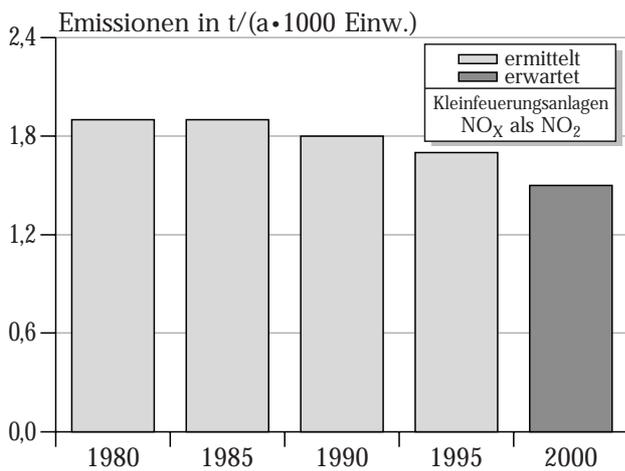
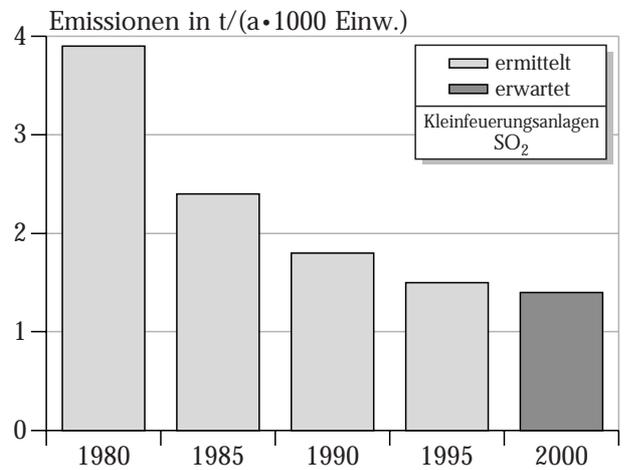
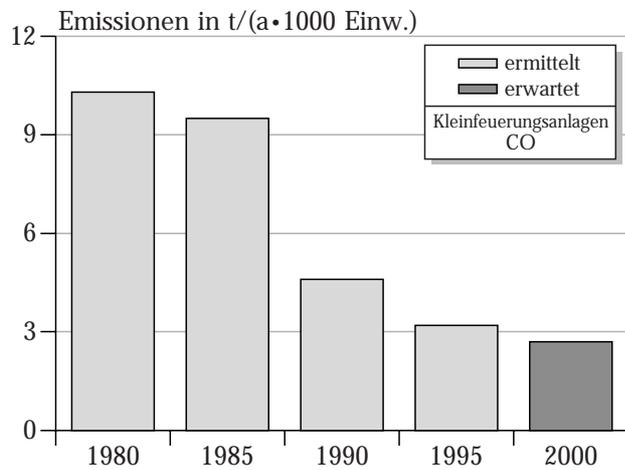


Abbildung 4.1-1: Entwicklung der Emissionen der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen für einen mittleren Verdichtungsraum von Baden-Württemberg 1980 - 2000

Quellengruppe Verkehr zwischen den Jahren 1980 und 2000 ist in der Abbildung 4.1-2 dargestellt. Bedingt durch die enorme Zunahme bei der Fahrleistung kommt es bis 1985 zu einer Steigerung der Emissionen bei allen aufgeführten Luftschadstoffen. Die Anstiegs- werte von 1980 bis 1985 liegen zwischen 8 % bei Staub und 16 % bei Schwefeldioxid. Mit Erfolg der weiter steigenden Fahrleistung entgegengewirkt haben die verschiedenen Stufen der Schwefelreduktion in Dieselmotoren [3. BImSchV, 1975], die Einführung von unverbleitem Ottokraftstoff [10. BImSchV, 1993] und die Einführung des geregelten Katalysators bei PKW. So wurde der Schwefelgehalt im Dieselmotoren ab 1988 von 0,3 Gew. % auf 0,2 Gew. % erniedrigt und ab 1996 auf 0,05 Gew. %. Die nächsten Schritte sind die Senkung auf 0,035 Gew. % ab 01. 01. 2000 und auf 0,005 Gew. % ab 2005.

Diese Maßnahmen haben es ermöglicht, dass z. B. die Schwefeldioxidemissionen von 1985 bis 1995, trotz steigender Fahrleistung, um ca. 55 % gesunken sind. Die Staubemissionen sind in diesem Zeitraum um 71 % gefallen. Mit ca. 32 % ist die Schadstoffreduktion bei CO am geringsten ausgefallen.

Es wird erwartet, dass von 1995 bis 2000 (bezogen auf 1995) die SO<sub>2</sub>-Emissionen um weitere 56 % und die Staubemissionen um 21 % fallen. Die Emissionsveränderungen bei den Schadstoffen NO<sub>x</sub>, CO und OGD liegen zwischen den oben diskutierten Werten.

## 4.2 Entwicklung der Luftschadstoff-Emissionen landesweit in Baden-Württemberg in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe

Im Emissionskataster Industrie und Gewerbe sind die Daten und Emissionen folgender Anlagen erfasst:

- Anlagen, für die nach der 11. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Emissionserklärungsverordnung) [11. BImSchV, 1991] eine Verpflichtung besteht, eine Emissionserklärung abzugeben (Bereich Industrie).

- Emissionsrelevante nicht erklärungs-pflichtige Anlagen (Bereich Gewerbe) mit Ausnahme der nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen, die gemäß 5. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Emissionskataster in Untersuchungsgebieten) in einer eigenen Quellengruppe zusammengefasst sind (vgl. Kleinf Feuerungsanlagen, Abschnitt 4.1.1).

Datengrundlage zur Erstellung der landesweiten Betrachtungsreihe bildeten das Emissionskataster Baden-Württemberg 1995, Daten aus Untersuchungsgebieten sowie die landesweiten Kataster für emissionserklärungs-pflichtige Anlagen.

Die Emissionen des Bereiches Industrie werden durch Auswerten der Emissionserklärungen der Anlagenbetreiber ermittelt. Grundlage dazu sind die Ergebnisse aus Emissionsmessungen bzw. Angaben zu Massenbilanzen verknüpft mit spezifischen Emissionsfaktoren. Die Daten des Bereiches Gewerbe werden durch Befragung der Gewerbebetriebe erfasst. Die Emissionen werden mittels Stoffumsätzen (z. B. Kraftstoffumschlag, Lackverbrauch) und Emissionsfaktoren berechnet. Dabei werden nur Emissionen erfasst, die in Anlagen entstehen z. B. in Lackieranlagen (Emissionen von Malerarbeiten in Gebäuden sind nicht Bestandteil dieser Betrachtung).

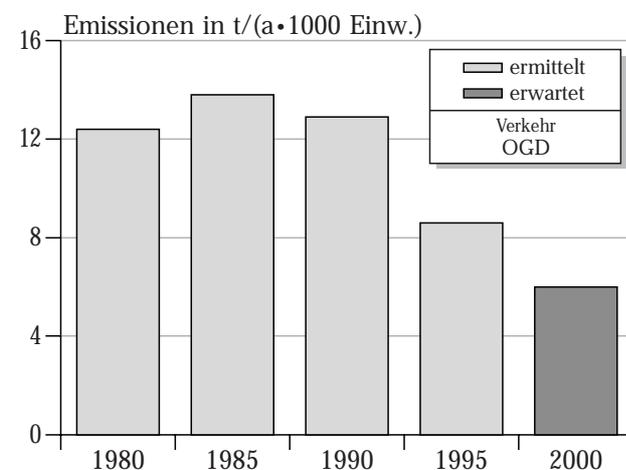
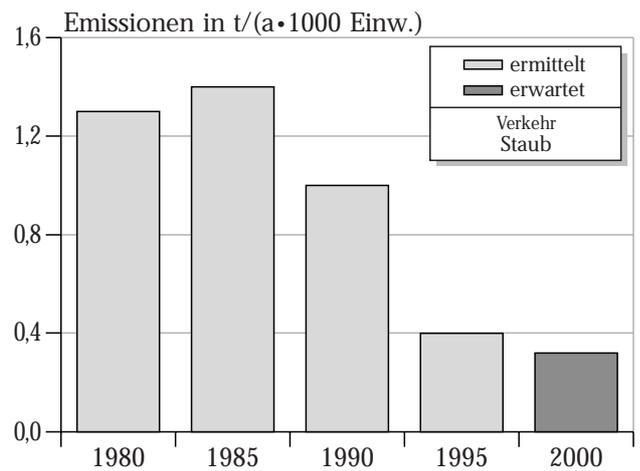
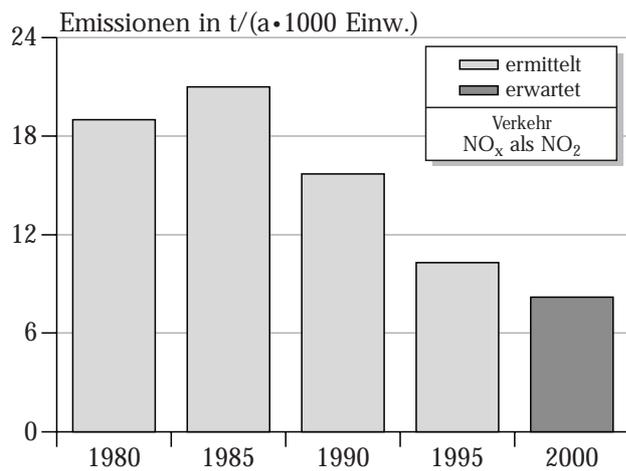
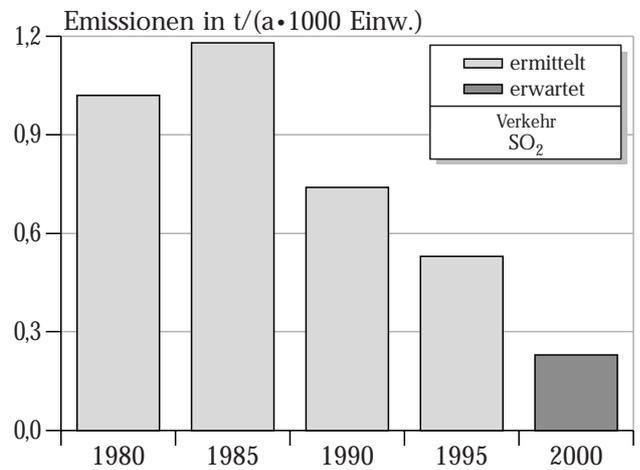
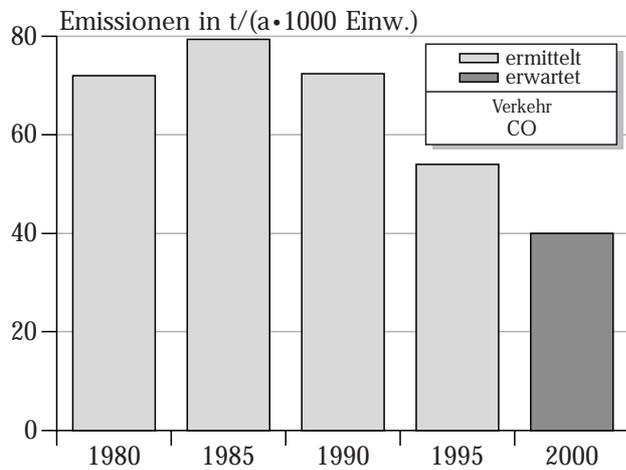


Abbildung 4.1-2: Entwicklung der Emissionen der Quellengruppe Verkehr für einen mittleren Verdichtungsraum von Baden-Württemberg 1980 – 2000

Die Jahresemissionswerte werden als Absolutwerte dargestellt. Für einzelne Stoffe werden z.T. die landesweiten Emissionswerte durch Hochrechnungen der Emissionsentwicklungen aus einzelnen Untersuchungsgebieten abgeschätzt. Lücken im älteren Datenbestand werden aus Analogieschlüssen hochgerechnet.

Den Verlauf der Emissionsentwicklung von 1980 bis 2000 zeigt Abbildung 4.2-1. Ausgehend von 1980 kommt es bei SO<sub>2</sub>, CO, Staub bis 1995 zu Emissionsreduktionen von etwa 80 %. Bei NO<sub>x</sub> und OGD liegen die Emissionsreduktionen im gleichen Zeitraum bei ca 65 %. Diese Emissionsreduktionen sind bedingt durch die Umsetzung verschiedener Verordnungen zum BImSchG und auch Produktionsreduktionen bzw. Stilllegungen. Folgende Verordnungen sind relevant: Emissionsbegrenzung leichtflüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe [2. BImSchV, 1990], Auswurfbegrenzung von Holzstaub [7. BImSchV, 1975], Verordnung über Großfeuerungsanlagen [13. BImSchV, 1983], Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen [20. BImSchV, 1998], Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen [21. BImSchV, 1992] sowie die Altanlagenanierung nach TA-Luft. Der deutliche Rückgang der Emissionen konnte vor allem im Bereich der Großfeuerungsanlagen durch den Einbau von Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen, durch die Stilllegung von Altanlagen und durch den Einsatz von umweltfreundlichen Brennstoffen wie z. B. Erdgas und leichtem Heizöl erreicht werden.

Von 1995 bis 2000 werden weitere Emissionsreduktionen zwischen 8 % bei NO<sub>x</sub> und 30 % bei den OGD erwartet.

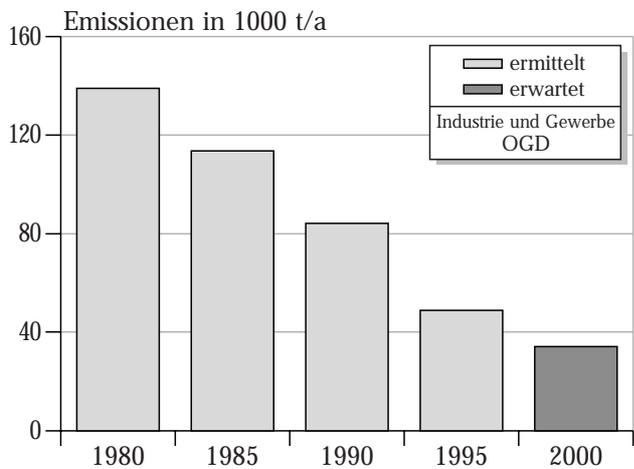
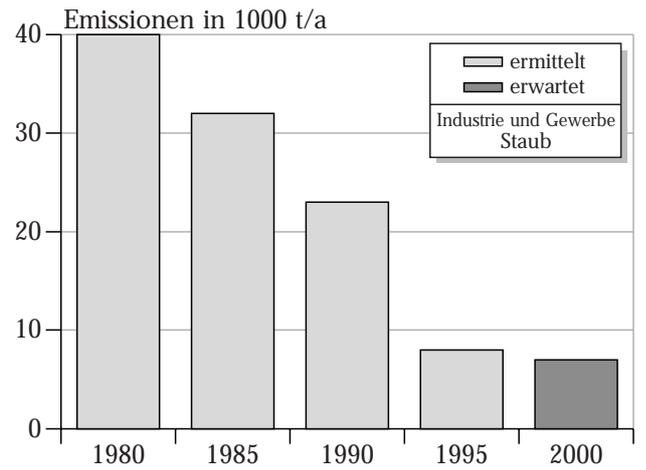
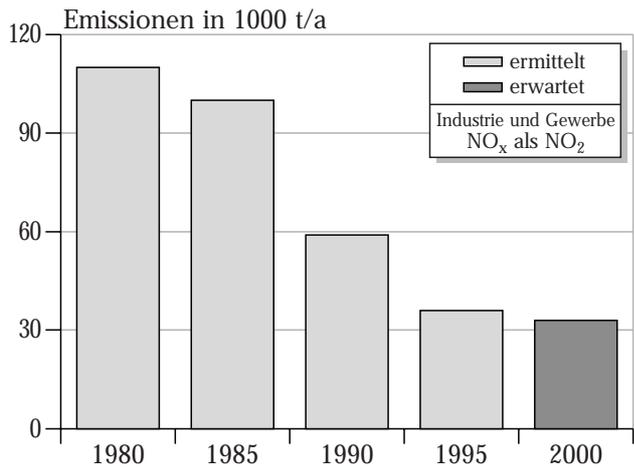
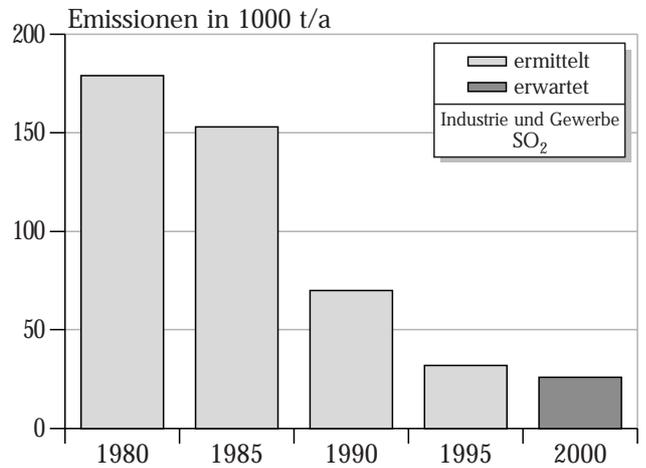
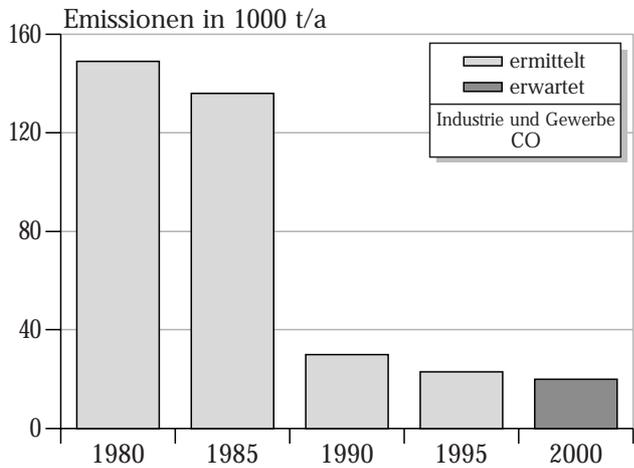


Abbildung 4.2-1: Entwicklung der Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe landesweit in Baden-Württemberg von 1980 - 2000

## 5 BODENMESSUNGEN UND -ERHEBUNGEN

### 5.1 Intensiv-Bodendauerbeobachtung

#### 5.1.1 Einleitung

Die Bodendauerbeobachtung ist ein bundesweit laufendes Programm zur langfristigen Überwachung der Bodenbeschaffenheit. Sie gliedert sich in die sogenannte Basis-Dauerbeobachtung, bei der mittels Wiederholungsbeprobungen die Änderungen der Stoffgehalte repräsentativer Böden dokumentiert werden (Merkmalsdokumentation), sowie in die Intensiv-Bodendauerbeobachtung, bei der zusätzlich noch die Prozesse, die zu diesen Änderungen führen, untersucht werden (Prozessdokumentation) [LABO 1998]. Die UMEG ist mit dem Betrieb der vier bestehenden Baden-Württembergischen Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen Forst, Wilhemsfeld, Baltmannsweiler und Kehl beauftragt. Im Jahr 1999 errichtete die UMEG im Auftrag des Geologischen Landesamtes Bayern überdies zwei neue Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen in Marktredwitz und Burghausen [siehe auch SCHILLING et al. 2000].

#### 5.1.2 Methode

Die Prozessdokumentation wird an den Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen realisiert, indem die Stoffflüsse im System auf jährlicher Basis ermittelt werden. Dazu zählen die Stoffflüsse zwischen den verschiedenen Bodenhorizonten ebenso wie die Stoffeinträge in den Boden aus der Atmosphäre (Deposition) sowie die Stoffausträge aus dem Boden. Auf Messflächen unter Grünland ist dabei noch der Ernteentzug zu berücksichtigen, unter Forst, aufgrund der großen Kontaktflächen, zusätzlich noch die Stoffflüsse in die bzw. aus der Vegetation (Interzeption, Leaching). Während die Deposition vergleichsweise einfach durch Bulk-Sammler nach dem Trichter-Flasche Prinzip

als Produkt aus Niederschlagshöhe und Stoffgehalt ermittelt werden kann, erfordert die Ermittlung der Stoffflüsse mit dem Bodenwasser einen größeren apparativen und methodischen Aufwand. Auch hier gilt der Zusammenhang Stofffracht gleich geflossene Wassermenge mal Konzentration; jedoch läßt sich die geflossene Wassermenge (Sickerrate) im Boden nicht direkt messen. Sie muß vielmehr mit Hilfe eines numerischen Wasserhaushaltsmodells aus meßbaren Größen wie Niederschlag, Wassergehalt bzw. Saugspannung und Wasserleitfähigkeit in verschiedenen Bodentiefen, Verdunstung, Durchwurzelung und ggf. Grundwasserflurabstand berechnet werden. Für die Berechnung der Verdunstung ist dabei eine Klimamessstelle erforderlich. Zur Konzentrationsbestimmung des Bodenwassers wird dieses kontinuierlich über Saugkerzen in verschiedenen Tiefen aus dem Boden abgesaugt und in regelmäßigen Intervallen im Labor untersucht.

#### 5.1.3 Aufbau der bayerischen Messstellen und Entwicklungen

Zur praktischen Realisierung des Vorhabens wurden von der UMEG einige Entwicklungen gemacht, die im Folgenden beschrieben werden. Da neben den Hauptelementen auch organische und anorganische Spurenstoffe untersucht werden, ist die Auswahl der verwendeten Materialien an hohe Anforderungen geknüpft, um Kontaminationen zu vermeiden. So kommen als Baumaterialien im Außenbereich ausschließlich Glas, Aluminium, Edelstahl, PE/PA/PVC-Kunststoffe und unbehandeltes Holz zum Einsatz. Alle mit den Probenlösungen in Kontakt kommenden Materialien sind ausschließlich Duran-Glas, Edelstahl, Aluminium und Teflon bzw. PVDF. Vor dem Hintergrund der geplanten jahrzehntelangen Betriebszeiten sind die Messstellen auf Wartungsfreundlichkeit und Haltbarkeit hin optimiert.

## Entwicklung von Borsilikat-Saugkerzen

Zur Bodenwasserentnahme für die Analyse auf organische und anorganische Spurenstoffe werden an den Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmessstellen von der Firma SITEC und der UMEG entwickelte V4A-Edelstahlsaugkerzen verwendet (Abbildung 5.1-1). Sie bestehen aus gesintertem Edelmahlgut mit Porengröße 1 µm und einem aufgeschraubten PVDF-Fitting für den vakuumdichten Anschluß eines Teflon-Saugschlauches. Sie weisen eine sehr geringe Sorptionskapazität auf, sind mechanisch außerordentlich robust und können deshalb gut in den Boden eingebaut werden. Allerdings besteht bei diesem Saugkerzentyp die Gefahr der Probenbeeinflussung bei der Untersuchung auf Quecksilber; bei Chrom und Nickel ist eine Kontamination nachgewiesen. Insbesondere für den Einsatz an der Messstelle Marktredwitz, die in einer durch Quecksilber belasteten Talaue liegt, wurden deshalb



Abbildung 5.1-1: Links die SITEC/UMEG-Edelstahlsaugkerze, rechts die UMEG-Borsilikatsaugkerze

von der UMEG neue Borsilikat-Saugkerzen entwickelt. Sie bestehen aus gesintertem Borsilikatglas mit einer Porenweite von rund 5 µm und weisen ebenso geringe Sorptionskapazitäten auf, sind aber sehr empfindlich und deshalb beim Einbau in den Boden sehr viel vorsichtiger zu handhaben. Die Anforderung einer über Jahre hinweg im Boden vakuumdichten Verbindung von Glas und Teflonsaugschlauch wird durch eine Glasgewinde-Lösung mit großer Kontaktfläche und geringem Anpressdruck erfüllt.

## Schutzhütte mit thermostatisierter Sickerwassergewinnung

Die entwickelte Schutzhütte (Abbildung 5.1-2) zur Unterbringung aller Messeinrichtungen besteht aus unbehandeltem Holz der sibirischen Lärche mit Aluminium-Wellblechdach und Boden aus Aluminium-Riffelblech. Um auch die geringste Aufkalkung im Umfeld der



Abbildung 5.1-2: Messhütte Typ Burghausen



Abbildung 5.1-3: Thermostatisierter Probenkühlschrank für Sickerwasserproben

Messhütte zu vermeiden, sind die Betonfundamente in Edelstahlrohre gefasst. Die Messstellen sollen ganzjährig Bodenwasser liefern können. Die somit geforderte Frostsicherheit wurde durch Verlegen der Teflonschläuche in mindestens 25 cm Tiefe gewährleistet sowie durch die Beheizbarkeit des Probenkühlschranks (Abbildung 5.1-3) und der oberirdischen Schlauchstrecken. Im Sommer können die Proben im Kühlschrank gekühlt werden. Die Innentemperatur des Kühlschranks wird mit dem Datenlogger aufgezeichnet und steht für die Funktionskontrolle der Anlage über Fernabfrage zur Verfügung.

### **Saugdrucksteuerung mit Fernüberwachung**

Um die für die Analysen notwendigen Bodenwassermengen während der Beprobungsintervalle gewinnen zu können und andererseits das Bodenwasserregime nicht durch zu große Wasserentnahmen zu stören, kann an den entwickelten Pumpeneinschüben der Saugdruck für die verschiedenen Entnahmetiefen getrennt auf beliebige Werte eingestellt werden. Der jeweils anliegende Unterdruck wird mit dem UMEG-Datenlogger aufgezeichnet und steht über die Datenfernabfrage für die Ferndiagnose des Pumpeneinschubs zur Verfügung.

### **Hochwasserschutz**

Die Messstelle Marktredwitz wurde in einer Talaue errichtet, die bis zu 1 m überflutet werden kann. Deshalb waren besondere Hochwasserschutzvorkehrungen erforderlich. So wurde die Messhütte auf 1,5 m hohe betongefüllte Edelstahlrohr-Stelzen gebaut und ragt so aus dem Überflutungsniveau heraus. Zum Schutz der in den Boden eingebauten Wassergehalts- und Saugspannungssonden vor im Wasser treibenden Gegenständen wurde ein Abfangwehr aus unbehandeltem Akazienholz und Edelstahlrohren gebaut.

### **DFÜ mit Funk**

Sämtliche Klimamesswerte, die bodenphysikalischen Messwerte Wassergehalt und Saugspannung sowie die gemessenen Prozessparameter Saugdruck und Kühlschranktemperatur werden mit dem UMEG-Datenlogger als halbstündliche Mittelwerte gespeichert. Die Abfrage und Parametrisierung des Loggers geschieht über ein Funkmodem. Die Anbindung der Messstellen an die UMEG-Messnetzzentrale ermöglicht die automatische Datenabfrage.

## 5.2 Bodenzustandserhebung Großraum Stuttgart - Schadstoffgehalte der Böden

### 5.2.1 Einleitung

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg hat die UMEG im Jahr 1999 den Bodenzustandsbericht für den Großraum Stuttgart erstellt [UVM 1999]. Neben der Landesanstalt für Umweltschutz haben das Regierungspräsidium Stuttgart, die Stadt Stuttgart und die Landkreise Böblingen, Esslingen, Ludwigsburg und Rems-Murr durch Datenlieferungen und Beiträge mitgewirkt.

### 5.2.2 Methoden

In dem Bodenzustandsbericht Stuttgart werden die aus 36 Projekten und teils laufenden Untersuchungsprogrammen vorhandenen Daten zu Schadstoffgehalten in Böden zusammengestellt, kartographisch dokumentiert und bewertet (Karte 5-1). Im Rahmen der Erhebungen wurden weitere Schadstoffuntersuchungen an 40 Standorten meist unter Grünlandnutzung vorgenommen.

In dem Erhebungsraum wurden bislang ca. 2.600 Standorte auf Gesamtschwermetallgehalte untersucht (davon ca. 1.800 Ackerstandorte im Umland der Stadt). Daten über mobile Schwermetalle und/oder organische Schadstoffe waren von etwa 300 Standorten verfügbar.

Bei den statistischen Angaben über Schadstoffgehalte der Böden wurden Erhebungen von Altlasten ausgeschlossen. Aus den verbleibenden Daten wurde die Häufigkeitsverteilung der Schadstoffgehalte ermittelt (50. bzw. 90. Perzentilwerte).

### 5.2.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Großraum Stuttgart wurden bislang ca. 1 % der vorhandenen Spielflächen auf Schadstoffgehalte im Oberboden untersucht. Schwerpunktmäßig wurden dabei immissionsexponierte Flächen (alte Industrievororte, Nähe verkehrsreicher Straßen usw.) ausgewählt. An ca. 10 % der untersuchten Spielflächen im Großraum Stuttgart treten etwas erhöhte Gehalte bei Gesamt-Blei auf. In der Regel handelt es sich um verkehrs- bzw. zentrumsnahe Flächen, die länger nicht mehr erneuert oder bearbeitet wurden. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) können hier ebenfalls relevant sein. Bislang liegen im Großraum Stuttgart erst 5 Untersuchungen von PAK an Spielplätzen vor.

Im Jahr 1993 wurden in den Kreisen Stuttgart und Ludwigsburg 16 ausgewählte, exponierte Kleingartenanlagen (d. h. ebenfalls ein kleiner Teil aller Gartenanlagen im Erhebungsgebiet) auf Schadstoffe im Boden untersucht. An 7 Standorten ergaben sich Belastungen bei PAK, DDT oder polychlorierten Biphenylen (PCB); in anderen Erhebungen wurden erhöhte Cadmium- und Bleigehalte identifiziert (vgl. Karte 5-2 und Karte 5-3). Cadmium und PCB sind in Kleingärten auf punktuelle Einträge beispielsweise durch Klärschlamm oder Pflanzenschutzmittel zurückzuführen; PAK und DDT sind allgemein in langjährig genutzten Böden von Haus- und Kleingärten der Verdichtungsräume eher flächenhaft zu finden (Ruß von Holz- und Kohlestücken, Pflanzenschutzmittel).

Bei früheren Untersuchungen wurden in den Auen von Neckar, Enz, Glens und Rems sowie einiger Nebenflüsse lokal erhöhte Schwermetall-, PAK-, gelegentlich auch PCB- und DDT-Gehalte gefunden. Böden in den Weinbaugebieten im Großraum Stuttgart können

# Projekte

## Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

- ◇ 2/1 Bodenmeßnetz
- ◇ 2/6, 2/14 Schwermetalle in Böden, 2/7 Überschwemmungsgebiete Baden-Württemberg
- ◇ 2/16, 2/22 PCB-Hintergrundgehalte, 2/19, 2/28, 2/29, 2/33 Dioxine im Umfeld von Müllverbrennungs- und Kabelverschmelzanlagen, Emittenten, Landwirtschaft, Spiel- und Sportplätze
- ◇ 2/34, 2/37 Erhebung Belastung in Ballungsgebieten
- ◇ 2/41 Dioxine in Überschwemmungsgebieten, 2/42 in Umgebung von Krematorien, 2/53 in Böden von Kompostierungsanlagen, 2/57 Richtwerte für mobile Spurenelemente
- ◇ 2/62 Bodenzustandsbericht Großraum Stuttgart

## Regierungspräsidium Stuttgart

- 6/1 Untersuchung von Weinbergböden im Rems-Murr-Kreis
- 6/2 Schwermetalle und ausgewählte organische Schadstoffe der Böden im Mittleren Neckarraum
- 6/3 Kampfmittelbeseitigungsdienst Sindelfingen
- 6/4 Untersuchung von Boden und Aufwuchs auf anorganische und organische Schadstoffe im Flurneueordnungsgebiet S-Flughafen
- 6/5 Bodengutachten zur UVU zur zweiten SAV Baden-Württemberg
- 6/6 Aufbereitung der im Mittleren Neckarraum verfügbaren Bodendaten
- 6/7 Bodenkundliche Untersuchungen im Einflusbereich der Fahrbahn BAB 8 Heimsheim-Leonberg
- 6/8 Untersuchungen an der Enzaue
- 6/9 Schwermetallgehalte in Waldstandorten

## Stadt Stuttgart

- ◁ 23/2 Stadtbodenkarte Stuttgart, 23/3 Altlasten-Untersuchungen seit 1990

## Landkreis Böblingen

- ▷ 24/1 Bodengutachten zur UVU MHKW Böblingen

## Landkreis Esslingen

- △ 25/1 Bodengutachten zum Kraftwerk Altbach, 25/2 Bodengutachten zur UVU MHKW Esslingen

## Landkreis Ludwigsburg

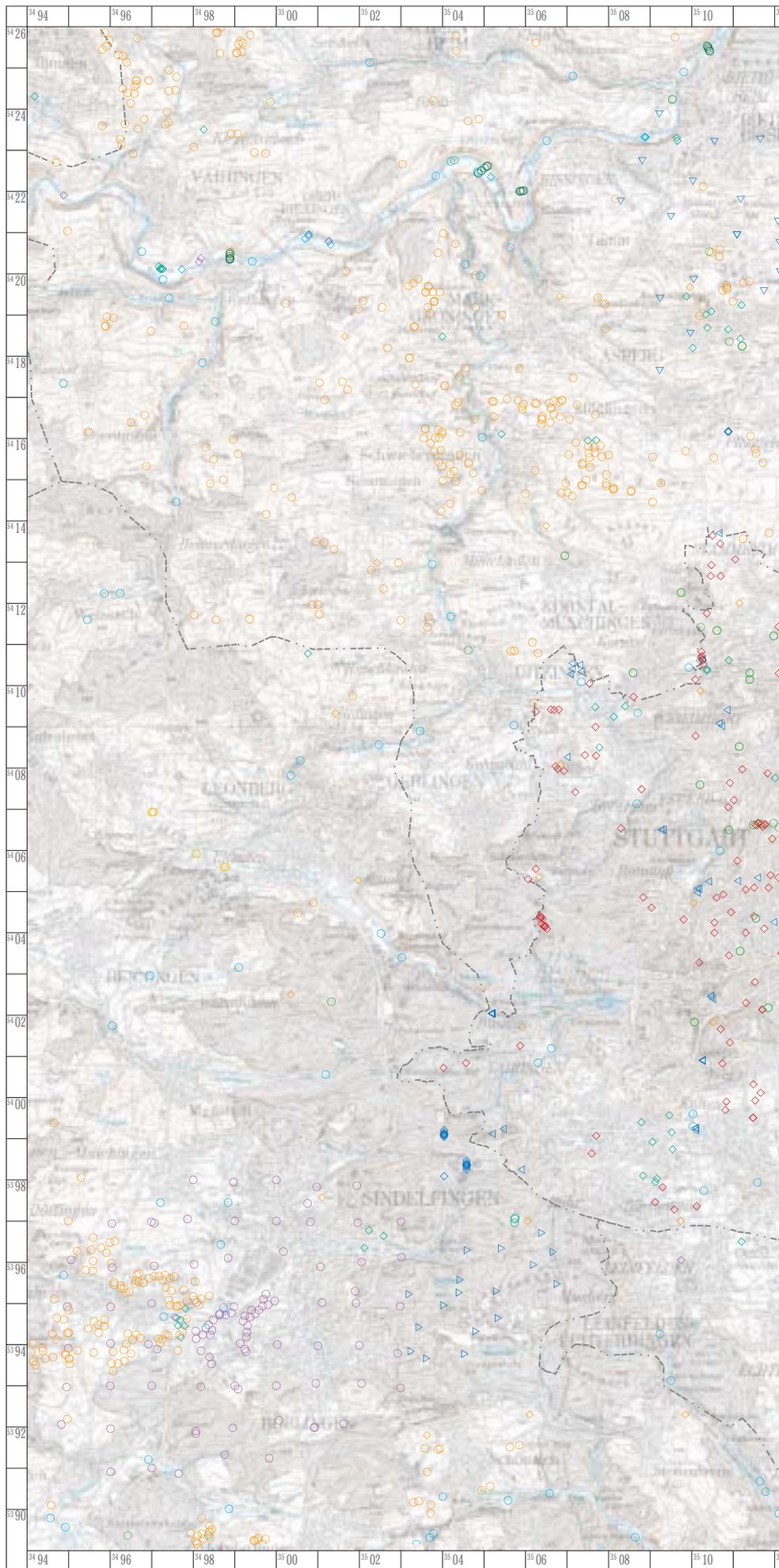
- ▽ 27/1 Bodengutachten zur UVU MHKW Ludwigsburg

## Landkreis Rems-Murr

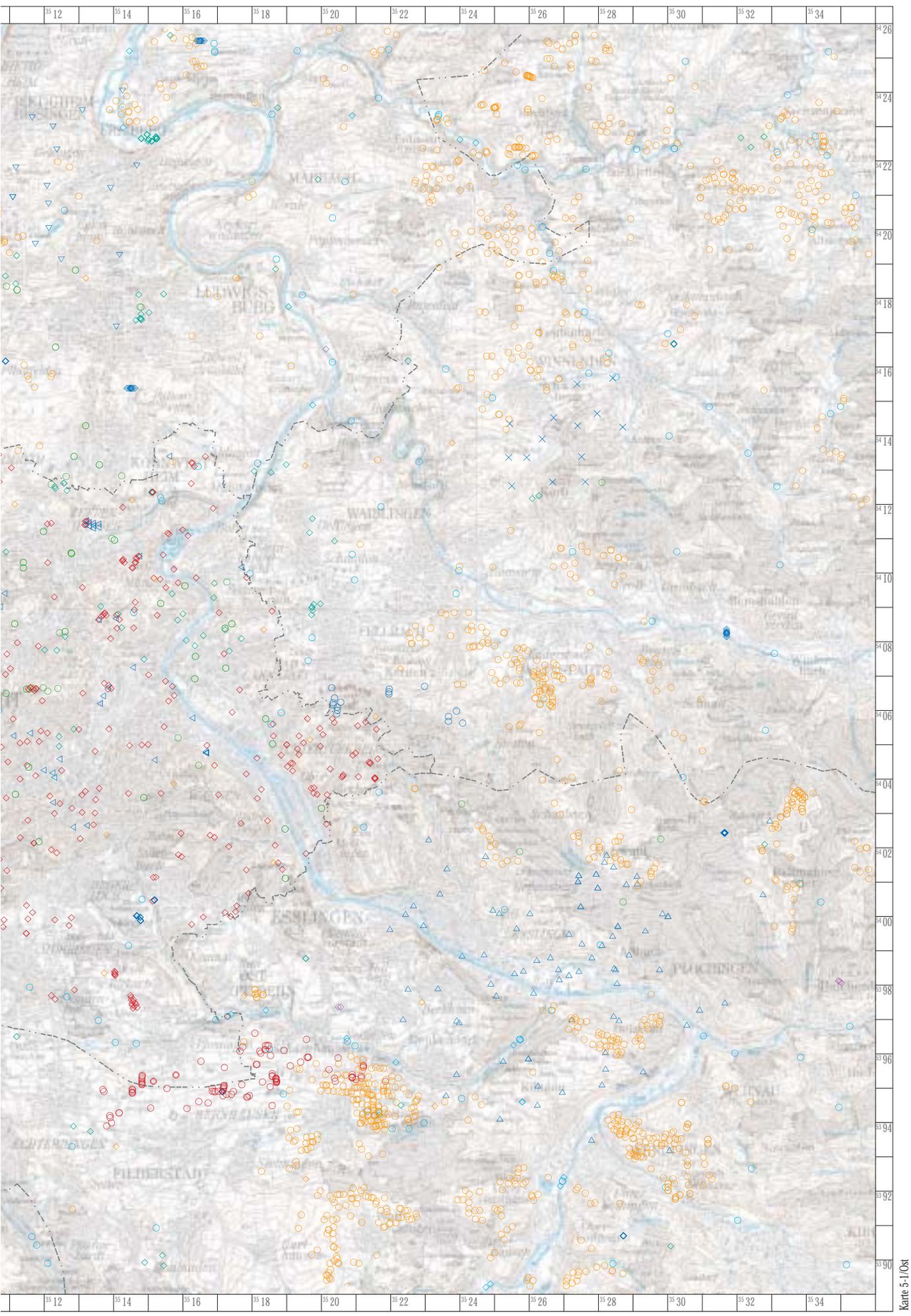
- × 28/1 Bodengutachten zur UVU MHKW Rems-Murr-Kreis



**Karte 5-1: Projektzugehörigkeit der Untersuchungsstandorte im Großraum Stuttgart**



Karte 5-1/O



Karte 5-1/Ost

Karte 5-1/Ost

**Summe DDT [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]**

- < 15
- $\geq 15$  bis <20
- $\geq 20$  bis <50
- $\geq 50$  bis <100
- $\geq 100$

**Hintergrund-, Prüf- und Belastungswerte nach der 3. und 4. VwV BodSchG**

**Summe DDT [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]**

- 15 Hintergrundwert Mineralböden
- 20 Prüfwert Sickerwasser
- 100 Belastungswert Pflanzen und Tiere

**Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte nach der BBodSchV [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]**

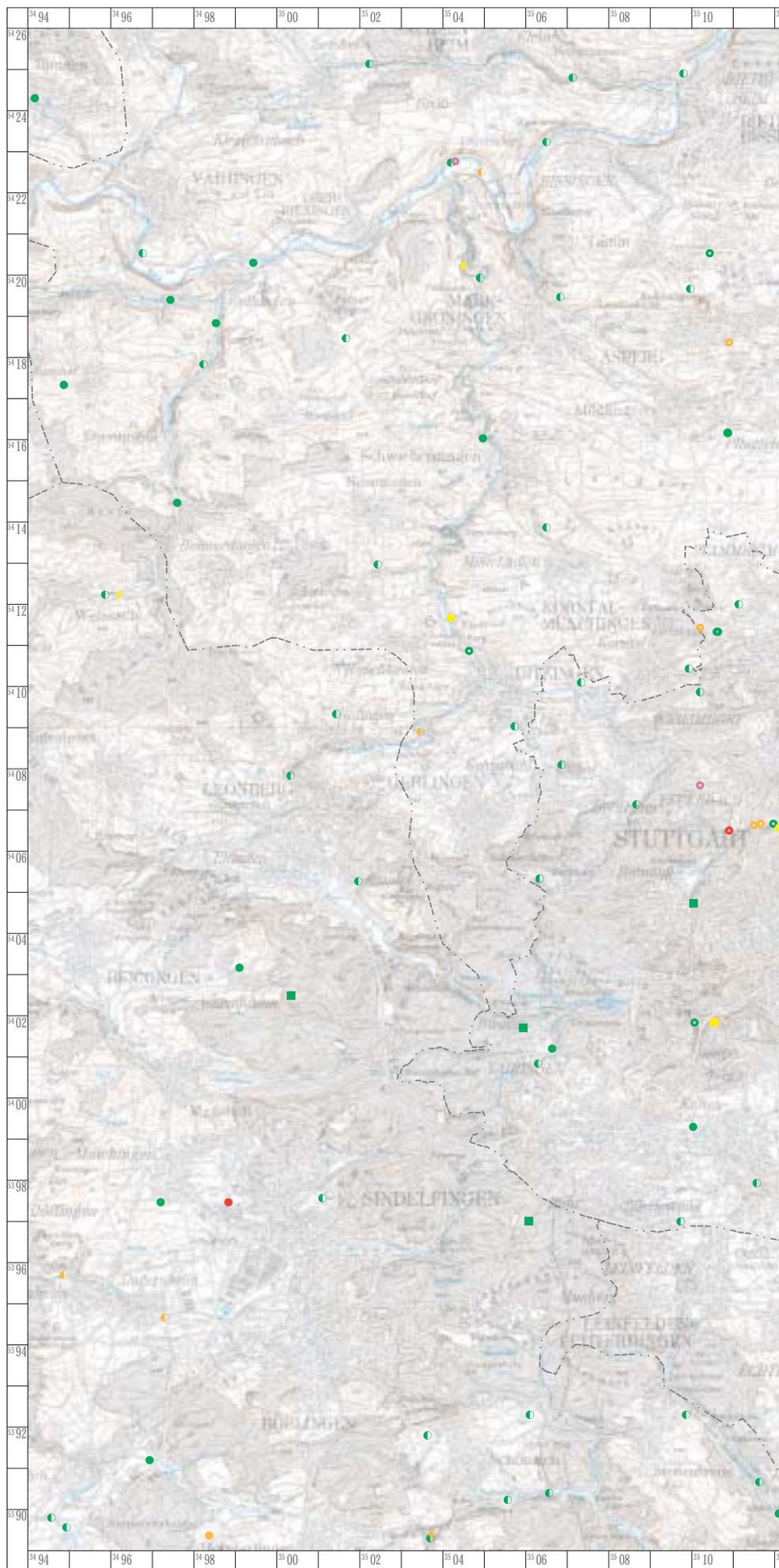
- 40.000 Prüfwert Kinderspielfläche
- 80.000 Prüfwert Wohngebiet
- 200.000 Prüfwert Park- und Freizeitanlage
- Prüfwert Industrie- und Gewerbe

**Bodennutzungen**

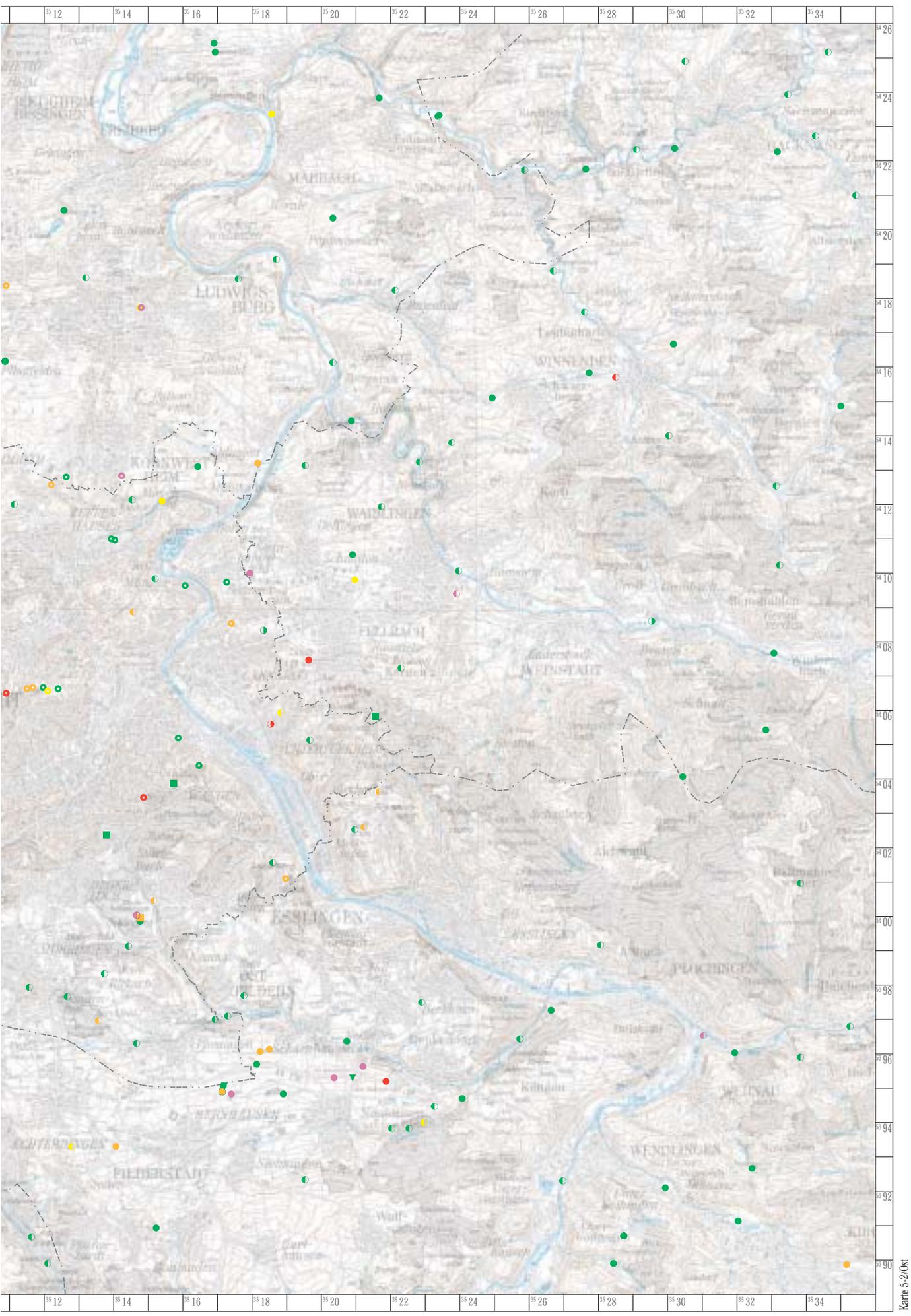
- Ackerbau
- Grünland
- Sonderkultur
- Haus- und Kleingärten
- Forst und ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeitanlage
- Kinderspielplatz



**Karte 5-2: DDT-Gehalte in Böden des Großraums Stuttgart**



Karte 5-2/O



Karte 5-2/Ost

Karte 5-2/Ost

**Cadmium-Gesamtgehalt [mg/kg]**

- < 0,2
- ≥ 0,2 bis < 0,4
- ≥ 0,4 bis < 1,0
- ≥ 1,0 bis < 1,5
- ≥ 1,5 bis < 3,0
- ≥ 3,0 bis < 15,0
- ≥ 15,0

**Hintergrund-, Prüf- und Belastungswerte nach der 3. VwV BodSchG**

**Cadmium-Gesamtgehalt [mg/kg]**

- 0,2 Hintergrundwert Tgr 1 (0-8%Ton)
- 0,4 Hintergrundwert Tgr 2 (8-17%Ton)
- 1,0 Prüfwert Pflanzen u. Wasser pH < 6
- 1,5 Prüfwert Pflanzen u. Wasser pH > 6
- 3,0 Prüfwert Kinderspielfläche
- 15 Prüfwert Siedlungsfläche

**Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte nach der BBodSchV[mg/kg]**

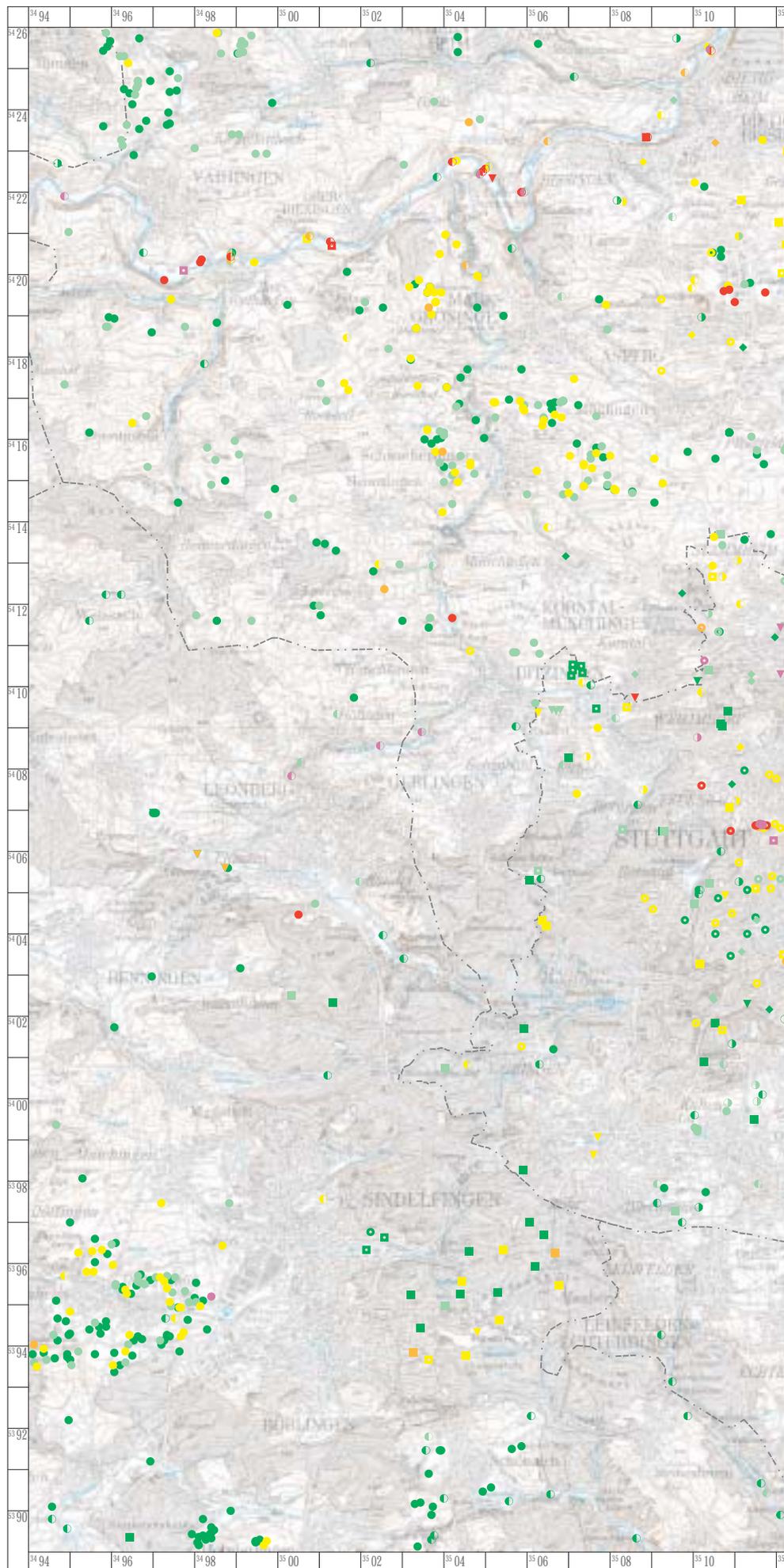
- 0,4 Vorsorgewert Sand
- 1,0 Vorsorgewert Lehm/Schluff
- 1,5 Vorsorgewert Ton
- 2,0 Prüfwert Haus- und Nutzgärten (Pflanzen)
- 10 Prüfwert Kinderspielfläche
- 20 Prüfwert Wohngebiet
- 20 Maßnahmenwert Grünland
- 50 Prüfwert Park- und Freizeitanlage
- 60 Prüfwert Industrie- und Gewerbe

**Bodennutzungen**

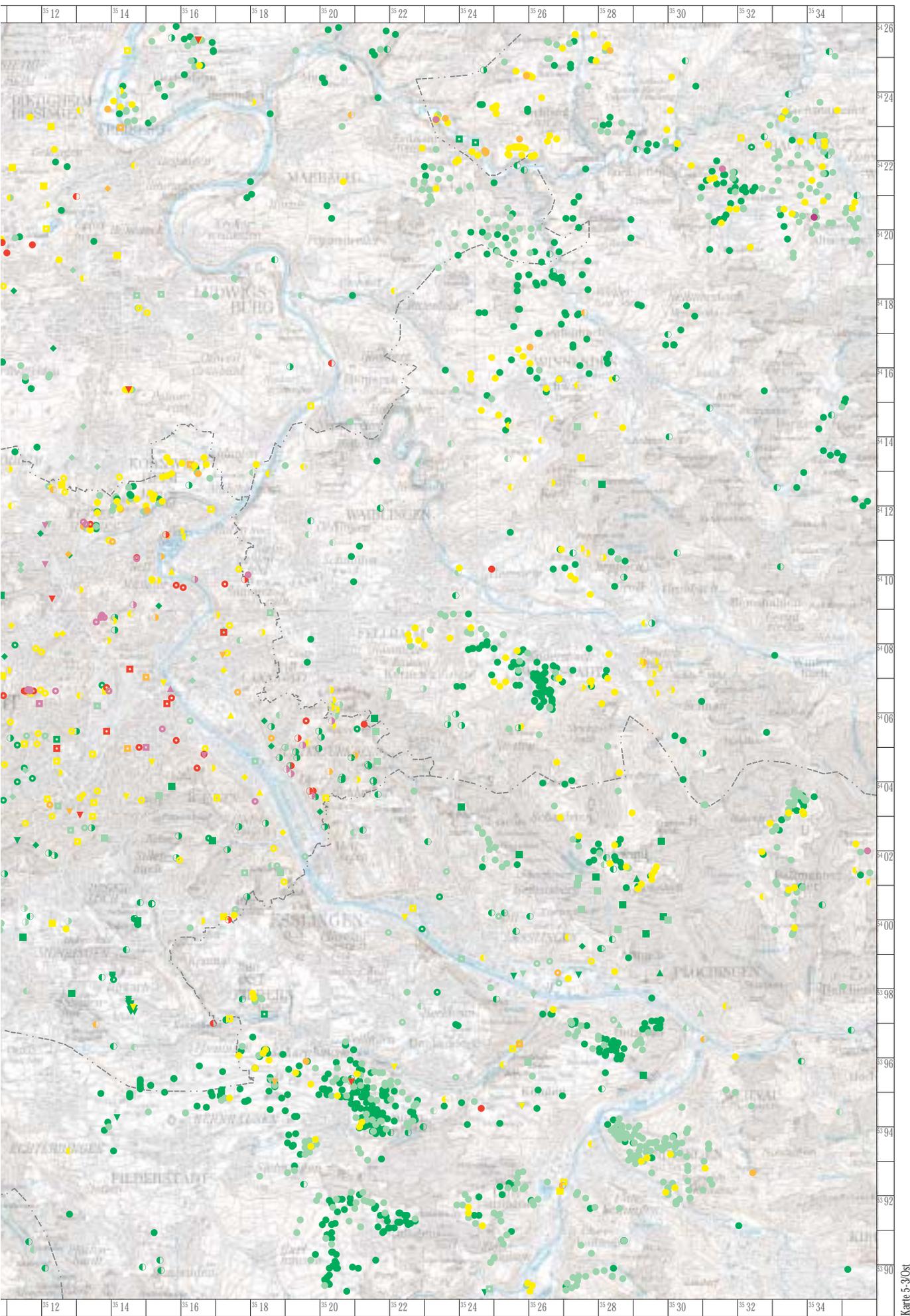
- Ackerbau
- Grünland
- Sonderkultur
- Haus- und Kleingärten
- Forst und ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeitanlage
- ◆ Kinderspielfeld



**Karte 5-3: Cadmium-Gesamtgehalte in Böden des Großraums Stuttgart**



Karte 5-3/Os



Karte 5-3/Ost

Karte 5-3/Ost

vereinzelt Belastungen durch Kupfer aufweisen, die auf den Einsatz kupferhaltiger Pflanzenbehandlungsmittel zurückzuführen sind. DDT scheint in den Böden des Erhebungsgebiets nutzungsübergreifend etwas erhöht zu sein.

Im Großraum Stuttgart weisen 50 % der unter Forstvegetation untersuchten Oberböden einen Boden-pH-Wert  $< 4,0$  auf. Böden aus Stubensandstein, Schilfsandstein oder Kieselsandstein sind örtlich tiefgründig versauert.

In den Oberböden des Großraums Stuttgart sind erhöhte Schadstoffwerte vergleichbar häufig wie zum Beispiel im Großraum Mannheim/Heidelberg vorhanden. Bei polychlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen (PCDD/F) ergaben sich erhöhte Gehalte in 39 %, bei Benzo(a)pyren in 27 %, bei DDT in 20 % der untersuchten Böden. Bei Cadmium, Zink, PAK und PCB liegt der Anteil bei 10 - 20 %. Für die Verwertung von Bodenaushub (Oberboden) sollten im Regelfall Schadstoffuntersuchungen vorliegen.

Die Cadmium- und Zinkbelastungen im Großraum Stuttgart werden größtenteils auf Klärschlammanwendungen vor mehr als 10 Jahren zurückgeführt. Die Bleigehalte der Stuttgarter Böden sind ebenfalls gegenüber den anderen untersuchten Siedlungsräumen erhöht (Tabelle 5.2-1). Ob dabei verkehrsbedingte Einträge eine Rolle spielen, konnte im Rahmen dieser Erhebung nicht geklärt werden. Darüber hinaus sind in Stuttgart und Umgebung erhöhte Kupfergehalte u.a. bedingt durch den flächenmäßig bedeutenden Weinbau vorhanden.

Bezüglich der organischen Schadstoffe ergibt sich, dass die bislang ermittelten PCB-Gehalte in Stuttgart über dem Durchschnitt anderer Siedlungsräume liegen, während die PAK- und PCDD/F-Gehalte darunter liegen. Eine weitere Verdichtung der bisherigen stich-

probenartigen Messungen würde hier besser abgesicherte Aussagen ermöglichen.

Die Beprobungsdichte im Stadtgebiet Stuttgart ist bei den organischen Schadstoffen deutlich geringer als in Mannheim oder Heidelberg (vgl. n: Anzahl der Untersuchungen in Tabelle 5.2-1). Insbesondere bei der Untersuchung von Spielflächen, Park- und Grünanlagen sowie Kleingärten waren unter Berücksichtigung der Flächengröße und der Einwohnerzahl zumindest bis 1999 Defizite bei der Untersuchung von Spielflächen, Park- und Grünanlagen sowie Kleingärten vorhanden.

Tabelle 5.2-1: Cadmium-, PAK-, PCDD/F- und DDT-Gehalte in Böden von Siedlungsräumen in Baden-Württemberg

	Außenbereich			Siedlungsbereich		
	n	50%-Wert	90%-Wert	n	50%-Wert	90%-Wert
<b>Cadmium-ges [mg/kg]</b>						
Stuttgart '98	267	0,2	1,3	231	0,6	3,2
Esslingen '98	821	0,2	0,4	44	0,2	0,6
Böblingen '98	194	0,2	0,5	10	0,1	1,2
Ludwigsburg '98	483	0,2	0,9	47	0,7	2,6
Rems-Murr '98	559	0,2	0,6	4	0,1	-
Mannheim '98	151	0,2	0,6	144	0,3	1,0
Heidelberg '98	99	0,2	1,0	71	0,5	1,0
Rhein-Neckar '98	250	0,2	0,7	44	0,2	0,8
Karlsruhe '93	129	0,2	0,6	162	0,4	1,0
Pforzheim '93	22	0,4	2,2	108	0,6	7,2
Kehl '94	80	<0,1	0,3	54	0,3	1,0
<b>PAK-16 [mg/kg]</b>						
Stuttgart '98	55	0,9	3,7	29	2,0	5,8
Esslingen '98	76	0,6	4,0	6	1,2	-
Böblingen '98	46	0,9	6,7	4	1,4	-
Ludwigsburg '98	52	0,9	9,1	22	1,0	6,9
Rems-Murr '98	53	1,0	7,1	2	3,7	-
Mannheim '98	20	1,5	6,7	52	2,7	15,8
Heidelberg '98	16	0,3	-	26	2,6	7,8
Rhein-Neckar '98	16	0,6	-	2	1,0	-
Karlsruhe '93	44	0,9	2,6	32	3,5	15,0
Pforzheim '93	13	1,1	-	35	1,8	17,0
<b>PCDD/F [ng/kg] I-TEq</b>						
Stuttgart '98	39	5,1	10,2	30	7,4	13,8
Esslingen '98	11	0,8	-	4	37,4	-
Böblingen '98	20	1,1	5,0	6	2,6	-
Ludwigsburg '98	39	3,6	19,2	15	7,6	-
Rems-Murr '98	22	0,8	2,5	5	3,3	-
Mannheim '98	24	6,6	37,8	88	9,5	26,1
Heidelberg '98	63	2,4	9,7	46	2,5	9,2
Rhein-Neckar '98	10	4,8	-	4	1,6	-
Karlsruhe '93	15	0,5	-	75	3,0	20,0
Pforzheim '93	0	-	-	17	4,2	-
Kehl '94	15	1,6	-	35	2,6	31,0
<b>DDT-Summe [µg/kg]</b>						
Stuttgart '98	55	5,4	94,0	21	13,0	54,0
Esslingen '98	67	1,4	40,6	3	<1,0	-
Böblingen '98	22	3,3	31,2	0	-	-
Ludwigsburg '98	43	5,1	19,1	9	40,0	-
Rems-Murr '98	39	3,5	41,5	0	-	-
Mannheim '98	15	7,0	-	45	6,4	55,6
Heidelberg '98	20	13,4	155,9	28	9,9	79,9
Rhein-Neckar '98	82	8,6	62,3	19	20,0	-

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

**1. BImSchV, 1997:** Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen - 1. BImSchV) in der Fassung vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 490)

**2. BImSchV, 1990:** Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen - 2. BImSchV) vom 10. Dezember 1990 (BGBl. I S. 2694), geändert am 5. Juni 1991 (BGBl. I S. 1218)

**3. BImSchV, 1975:** Dritte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über den Schwefelgehalt von leichtem Heizöl und Dieselmotortreibstoff - 3. BImSchV) vom 15. Januar 1975 (BGBl. I S. 264), zuletzt geändert am 26. September 1994 (BGBl. I S. 2640)

**4. BImSchV, 1997:** Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) in der Fassung vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504), zuletzt geändert am 23. Februar 1999 (BGBl. I S. 186)

**5. BImSchVwV, 1992:** Fünfte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Emissionskataster in Untersuchungsgebieten - 5. BImSchVwV) vom 24. April 1992 (GMBL. S. 317), berichtigt am 24. März 1993 (GMBL. S. 343)

**7. BImSchV, 1975:** Siebente Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub - 7. BImSchV) vom 18. Dezember 1975 (BGBl. I S. 3133)

**10. BImSchV, 1993:** Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Beschaffenheit und Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen - 10. BImSchV) vom 13. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2036), zuletzt geändert am 22. Dezember 1999 (BGBl. I S. 2845)

**11. BImSchV, 1991:** Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Emissionserklärungsverordnung - 11. BImSchV) vom 12. Dezember 1991 (BGBl. I S. 2213), zuletzt geändert am 18. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2059)

**20. BImSchV, 1998:** Zwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen beim Umfüllen und Lagern von Ottomotortreibstoffen - 20. BImSchV) vom 27. Mai 1998 (BGBl. I S. 1174)

**21. BImSchV, 1992:** Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen - 21. BImSchV) vom 7. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1730)

**22. BImSchV, 1994:** Verordnung zur Änderung der Verordnung über Immissionswerte; Deutscher Bundestag – 12. Wahlperiode, Drucksache 12/6241

**23. BImSchV, 1997:** Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV); 1997

**Kühling, 1994:** Kühling, W.; Peters, H.-J.: Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfun-

gen; Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur; Dortmund 1994

**IVD 1999:** Abschlußbericht zum Werkvertrag 43-98.03 "Feinstaubuntersuchungen an Holzfeuerungen", Bericht Nr. 44-1999 Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD und UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, Karlsruhe

**LABO, 1998:** Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Entwurf zur Vorlage beim AK2-Bodeninformationssysteme der LABO, Stand 31.10.1998.

**LAI 1994:** Länderausschuss für Immissionsschutz: Beurteilungswerte für luftverunreinigende Immissionen. Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz an der Umweltministerkonferenz. 22. September 1994

**SCHILLING B., HOLZNER G., MAHLER C. und**

**J. QUINGER (2000):** Intensiv-Boden-Dauerbeobachtung - ein Beitrag für den Bodenschutz der Zukunft. - BVB-Jahrestagung 2000 an dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft, München [im Druck].

**StrVG, 1986:** Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenvorsorgegesetz - StrVG), BGBl. I S. 2610; 1986

**TA Luft, 1986:** Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI. S. 95, 202)

**UBA 1991:** Umweltbundesamt (Hrsg.): Was sie schon immer über Umweltchemikalien wissen wollten; Ausgabe 1991, Verlag W. Kohlhammer GmbH; 1990

**UM, 1995:** Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Bodenzustandsbericht Pforzheim- Schadstoffgehalte der Böden; Bericht UM-15-95

**UMEG, 1999a:** Abschlußbericht Bericht Nr. 33-16/99 "Feinstaubuntersuchungen an Holzfeuerungsanlagen", UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, Karlsruhe

**UMEG, 1999b:** Abschlußbericht Bericht Nr. 33-25/99 "Feinstaubuntersuchungen an Holzfeuerungsanlagen (Teil II)", Ergebnisse der Emissionsmessungen nach §§ 26, 28 BImSchG, UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, Karlsruhe [UMEG,31-1/99] UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Ergebnisse der Messungen zum Vollzug der 23. BImSchV — Messzeitraum Herbst '97 bis Herbst '98, Januar 1999

**UMEG,31-1/2000:** UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Ergänzende Messungen im Hinblick auf die 23. BImSchV - November 1998 bis November 1999, Juli 2000

**UMK 1991:** 27. Umweltministerkonferenz am 21./22. November 1991 in Leipzig; TOP 11.1 Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. BE: LAI, Hamburg

**UVM, 1998-1:** Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Immissions- und Wirkungsuntersuchungen Raum Friedrichshafen/Ravensburg 1997/98; Oktober 1998

**UVM, 1998-2:** Ministerium für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg (Hrsg.): Luftschadstoff-Emissions-  
kataster Baden-Württemberg 1995; Bericht 12-3/98

**UVM 1999:** Ministerium für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg (Hrsg.): Bodenzustandsbericht  
Großraum Stuttgart.- Umweltschutz in Baden-Württem-  
berg, : 108 S.; Stuttgart.

**VDI, 1974:** Verein Deutscher Ingenieure: Maximale  
Immissions-Werte; VDI- Richtlinie 2310; September  
1974

**WHO, 1987:** Air Quality Guidelines for Europe; WHO  
Regional Publications, European Series No. 23



# A ANHANG

## A.1 Stationsverzeichnis

- Stationen, die mit Messgeräten zur Erfassung der  $\gamma$ -Dosisleistung und der  $\beta$ -,  $\gamma$ -Impulsrate ausgerüstet sind
- Messnetzzentrale



Karte A-1: Übersicht über die Stationen des landesweiten Messnetzes, an denen die Radioaktivität erfaßt wird

**Table A-1: Verzeichnis der Stationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg (Stand: 31.12.1999)**

Lfd.Nr.	Bezeichnung:	Schwefel-dioxid	Stickstoffdioxid	Ozon	Kohlenstoff-monoxid	Kohlenstoff-dioxid	Gesamtkohlen-wasserstoffe (methanfrei)	Schwebstaub (β-Absorption)	Schwebstaub/PM10 (gravimetrisch)	Windgeschwin-digkeit	Windrichtung	Globalstrahlung	Luftdruck	Temperatur	Taupunkt	Niederschlag	Radioaktivität
1	Aalen	ML	BE	DA	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
2	Baden-Baden	ML	BE	DA	HO1			FAG	AOA	X	X	X		X	X	X	X
3	Balingen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
4	Bernhausen	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X		
5	Biberach	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
6	Böblingen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X			X	X	X	X
8	Calw	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
9	Eggenstein	ML	BE	BE	HO		HO	FAG	DIG	X	X					X	
10	Ehingen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
11	Emmendingen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
12	Esslingen	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X					X	X
13	Freiburg-Mitte	ML	BE	BE	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
14	Freiburg-Nord	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG								
15	Freiburg-Straße		BE		HO1		HO		DIG								
16	Freudenstadt	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	X
17	Friedrichshafen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	X
18	Göppingen	ML	BE	DA	HO	MA		FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
19	Heidelberg	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X				X	X
20	Heidenheim	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
21	Heilbronn	ML	BE	BE	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
22	Karlsruhe-Mitte	ML	BE	DA	HO		HO	VE	DIG								
23	Karlsruhe-Nordwest	ML	BE	DA	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	
24	Karlsruhe-Straße		BE		HO1		HO		DIG								
25	Karlsruhe-West	ML	BE	BE	HO		HO	VE	DIG	X	X	X		X	X	X	
26	Kehl-Hafen	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X				X	X
27	Kehl-Süd	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
28	Konstanz	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
29	Künzelsau	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
	Leonberg-BAB		BE		HO1		HO		DIG								
30	Ludwigsburg	ML	BE	DA	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X					X	X
31	Mannheim-Mitte	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
32	Mannheim-Nord	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X					X	X
33	Mannheim-Mitte-Straße		BE		HO1		HO		DIG								
34	Mannheim-Süd	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	
35	Mosbach	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	X
36	Neckarsulm	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X				X	X
37	Neuenburg	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
	Odenwald	ML	BE	DA	HO			FAG		X	X	X		X	X	X	
38	Pforzheim-Mitte	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
39	Pforzheim-West	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X					X	
40	Plochingen	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
41	Rastatt	ML	BE	DA	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
42	Ravensburg	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
43	Reutlingen	ML	BE	DA	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X				X	X
44	Rheinfelden	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X					X	
45	Rottweil	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
46	Schwäbisch-Hall	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
47	Schwäbische Alb	ML	BE	DA	HO	MA		FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	
48	Schwarzwald Süd	ML	BE	DA		MA				X	X	X	X	X	X		
49	Sigmaringen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
50	Stuttgart-Bad-Cannstatt	ML	BE	BE	HO		HO	VE	DIG	X	X	X		X	X	X	
51	Stuttgart-Hafen	ML	BE	BE	HO		HO	FAG	DIG	X	X					X	
52	Stuttgart-Mitte	ML	BE	DA	HO1	MA	HO	FAG	DIG								
53	Stuttgart-Mitte-Straße		BE		HO1		HO		DIG								
55	Stuttgart-Zuffenhausen	ML	BE	DA	HO		HO	VE	DIG	X	X					X	
56	Tauberbischofsheim	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	X
57	Tübingen	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
58	Tuttlingen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
59	Ulm	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X	X	X	X	X	X
60	Ulm-Straße		BE		HO1		HO		DIG							X	
61	Villingen Schwenningen	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
62	Waiblingen	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X					X	X
63	Waldshut	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X					X	
64	Weil am Rhein	ML	BE	BE	HO	MA	HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	X
65	Weinheim	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X						
66	Welzheimer Wald	ML	BE	DA		MA				X	X			X	X		
67	Wiesloch	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
69	Isny	ML	BE	DA	HO			FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	
70	Bad Waldsee	ML	BE	DA	HO		HO	FAG	DIG	X	X	X		X	X	X	

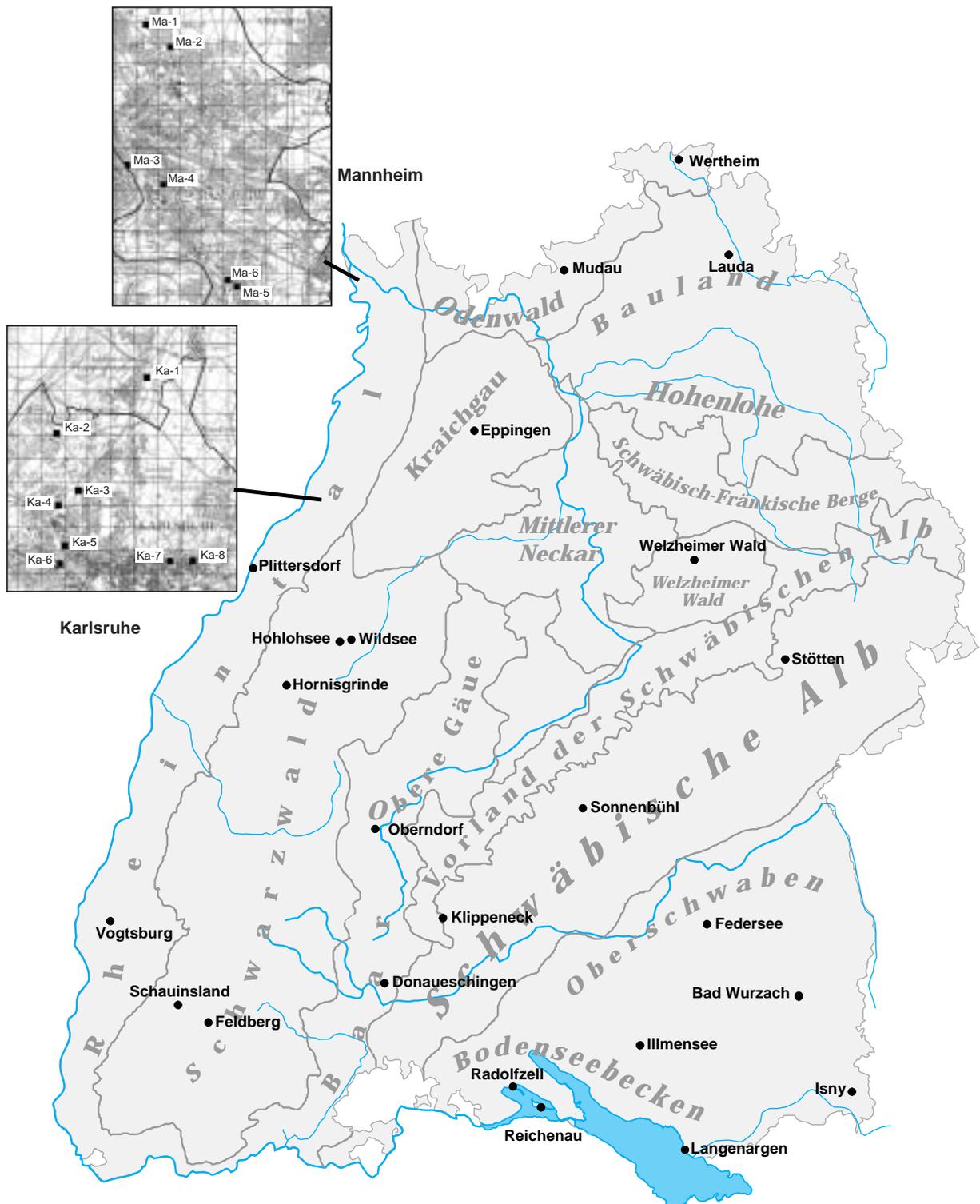
**Legende:**

ML Monitor Labs (Modell 8850)  
 BE (Stickoxide) Bendix (BE Modell 8101)  
 DA Dasibi (Modell 1008 AH)  
 BE (Ozon) Bendix (BE Modell 8001)  
 HO (Kohlenmonoxid) Horiba (Modell APMA 300E)  
 HO1 (Kohlenmonoxid) Horiba (Modell APMA 350E)  
 HO (Gesamtkohlenwasserstoffe) Horiba (Modell APHA 350E)

MA Maihak (Modell UNOR 4N)  
 FAG Modell FH 62 IN  
 DIG Digital High Volume Sampler  
 AOA Apparatebau Gauting  
 VE VEREWA

**Messverfahren:**

FAG/VE β-Strahlen Absorption  
 DA UV-Absorption  
 HO(CO)/MA Infrarot-Absorption  
 BE Chemilumineszenz  
 ML UV-Fluoreszenz-Analysator  
 HO Flammenionisationsdetektor



Karte A-2: Depositionsmessnetz Baden-Württemberg

**Tabelle A-2:** Lage der Messpunkte des Depositionsmessnetzes Baden-Württemberg sowie eingesetzte Messverfahren

Messpunkt- bezeichnung	Standort, Region	Rechts- wert	Hoch- wert	Bergerhoff- Gerät			Passiv- sammler	
				Staub	Nitrat	Sulfat	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
Ka-1	Eggenstein, bei der Messstation Eggenstein	3456525	5438525	x	x	x		
Ka-2	Karlsruhe (Nordwest), nördlich der Raffinerie	3452650	5436075	x	x	x		
Ka-3	Karlsruhe (Nordwest), Hertzstraße bei der LfU	3453575	5433600	x	x	x		
Ka-4	Karlsruhe-Knielingen, Lassallestraße/Julius-Bergmann-Straße	3452725	5432952	x	x	x		
Ka-5	Karlsruhe-Mühlburg, Bodelschwinghstraße/Sonnenstraße	3453000	5431175	x	x	x		
Ka-6	Karlsruhe-Mühlburg, bei der Messstation Karlsruhe-West	3452800	5430400	x	x	x		
Ka-7	Karlsruhe, bei der Messstation Karlsruhe-Mitte	3457500	5430520	x	x	x		
Ka-8	Karlsruhe-Oststadt, Rintheimer Straße/Tullastraße	3458500	5430550	x	x	x		
Ma-1	Mannheim (Nord), bei der Messstation Mannheim-Nord	3461425	5489825	x	x	x		
Ma-2	Mannheim-Schönau, Sonderburger Straße	3462560	5488790	x	x	x		
Ma-3	Mannheim-Schwetzigstadt, bei der Messstation Mannheim-Mitte	3462250	5482225	x	x	x		
Ma-4	Mannheim-Hafen, Rheinvorlandstraße (bei Hafenamt)	3460590	5483170	x	x	x		
Ma-5	Mannheim-Rheinau, bei der Messstation Mannheim-Süd	3465660	5477375	x	x	x		
Ma-6	Mannheim-Rheinau, Graßmannstraße	3465225	5477715	x	x	x		
Donaueschingen	Baar	3467800	5314040	x	x	x	x	x
Bad Wurzach	Riss-Aitrach-Platten	3567190	5311000	x	x	x	x	x
Federsee	Donau-Ablach-Platten	3545180	5328330	x	x	x	x	x
Feldberg	Hochschwarzwald	3425570	5304530	x	x	x	x	x
Oberndorf	Obere Gäue	3465730	5351270	x	x	x	x	x
Hohlohsee	Enzhöhen (Nordschwarzwald)	3457100	5397050	x	x	x	x	x
Hornisgrinde	Grindenschwarzwald	3441160	5386130	x	x	x	x	x
Illmensee	Oberschwäbisches Hügelland	3529220	5299180	x	x	x	x	x
Isny	Westallgäuer Hügelland	3579980	5287800	x	x	x	x	x
Vogstburg	Kaiserstuhl	3402130	5329030	x	x	x	x	x
Klippeneck	Vorland der Westlichen Schwäbischen Alb	3481790	5329830	x	x	x	x	x
Reichenau	Bodenseebecken	3505270	5284130	x	x	x	x	x
Eppingen	Kraichgau/Stromberg	3489300	5447730	x	x	x	x	x
Langenargen	Bodenseebecken	3539960	5273960	x	x	x	x	x
Mudau	Sandstein-Odenwald	3510880	5486300	x	x	x	x	x
Radolfzell	Bodenseebecken	3598670	5289130	x	x	x	x	x
Plittersdorf	Nördliche Oberrhein-Niederung (Rheinaue)	3436460	5414470	x	x	x	x	x
Stötten	Mittlere Kuppenalb	3563780	5392360	x	x	x	x	x
Schauinsland	Hochschwarzwald	3418500	5308950	x	x	x	x	x
Lauda	Tauberland	3550380	5490050	x	x	x	x	x
Wertheim	Sandstein-Spessart	3538410	5513030	x	x	x	x	x
Edelmannshof	Welzheimer Wald	3542030	5416470	x	x	x	x	x
Wildsee	Enzhöhen (Nordschwarzwald)	3459900	5397150	x	x	x	x	x
Sonnenbühl	Mittlere Kuppenalb	3515475	5356415	x	x	x	x	x

## A.2 Erfasste Luftschadstoffe und angewandte Messverfahren

**Table A-3:** Die im Rahmen der Immissionsmessungen an den Stationen des landesweiten Messnetzes erfassten Luftschadstoffe sowie die angewandten Mess- und Analyseverfahren

Messobjekt	Zeitbasis	Häufigkeit	Messverfahren	Analysenverfahren	Nachweisgrenze
Schwefeldioxid	1/2h	kont.	UV-Fluoreszenz		2,0 µg/m <sup>3</sup>
Stickstoffdioxid	1/2h	kont.	Chemilumineszenz		2,5 µg/m <sup>3</sup>
Stickstoffmonoxid	1/2h	kont.	Chemilumineszenz		2,5 µg/m <sup>3</sup>
Kohlenmonoxid	1/2h	kont.	IR-Absorption		125 µg/m <sup>3</sup>
Ozon	1/2h	kont.	UV-Verfahren		2,0 µg/m <sup>3</sup>
Ozon	1/2h	kont.	Chemilumineszenz		2,0 µg/m <sup>2</sup>
Gesamtkohlenwasserstoffe (methanfrei)	1/2h	kont.			
Schwebstaub					
FAG	3h	kont.	β-Absorption		
Digitel	24h	180	VDI 2463*	Wägung	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Inhaltsstoffe des Schwebstaubes:					
Blei	24h	180	VDI 2267*	ICP-MS	2 ng/m <sup>3</sup>
Cadmium <sup>1)</sup>	24h	180	VDI 2267 Bl. 1*	ICP-MS	0,1 ng/m <sup>3</sup>
Arsen <sup>1)</sup>	24h	180	VDI 2267 Bl. 1*	ICP-MS	0,2 ng/m <sup>3</sup>
Nickel <sup>1)</sup>	24h	180	VDI 2267 Bl. 1*	ICP-MS	0,2 ng/m <sup>3</sup>
Benzo(a)pyren <sup>1)</sup>	24h	104	VDI 3875 Bl. 2*	HPLC	0,05 ng/m <sup>3</sup>
Ruß <sup>1)</sup>	24h	104	VDI 2465	Thermographie	0,4 µg/m <sup>3</sup>
Benzol	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Toluol	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
o-Xylole	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
m/p-Xylol	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Ethylbenzol	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Trichlorethen	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Tetrachlorethen	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Cyclohexan	24h bzw 1 Monat	208 bzw. 12	VDI 3482 Bl.4	GC	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Lufttemperatur	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.3	WT	0,2 Grad
Luftfeuchte	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.4	LI	0,2 Grad
Windgeschwindigkeit	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.2	SA	0,3 m/s <sup>2)</sup>
Windrichtung	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.2	WF	2,5 Grad <sup>3)</sup>
Luftdruck	1/2h	kont.		KA	
Niederschlag	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.7	TR	0,005 mm
Globalstrahlung	1/2h	kont.	VDI 3786 Bl.5	SP	
Radioaktivität	1/2h	kont.	siehe Tabelle A-4		

<sup>1)</sup> Diese Schadstoffe werden nur an den Stationen in Ballungsgebieten erfasst <sup>2)</sup> Anlaufschwelle <sup>3)</sup> Auflösung \* in Anlehnung an

kont. = kontinuierlich  
 GC = Gaschromatographie  
 ICP-MS = Induced Coupled Plasma + Massenspektroskopie  
 HPLC = Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie

WF = Windfahne  
 SA = Schalenkreuzanemometer  
 WT = Widerstandsthermometer  
 LI = Lithiumchlorid-Hygrometer  
 KA = Kapazitiver Sensor  
 TR = Tropfer  
 SP = Sternpyranometer

**Tabelle A-4:** Messgeräte zur Ermittlung der  $\gamma$ -Dosisleistung und der  $\beta$ -,  $\gamma$ -Impulsrate

Messgröße	Messbereich	Messprinzip	Hersteller	Typ
$\gamma$ -Dosisleistung	$5 \cdot 10^{-3} - 10^3$ $\mu\text{Sv/h}$	Proportionalzählrohr	FAG	FHZ 600A
$\gamma$ -Dosisleistung	$10^{-2} - 10^3$ $\mu\text{Sv/h}$	Proportionalzählrohr	Berthold	LB 6123
$\gamma$ -Dosisleistung	$10 - 10^6$ $\mu\text{Sv/h}$	Geiger-Müller-Zählrohr	Berthold	LB 6500-3
$\beta$ -, $\gamma$ -Impulsrate	$10^0 - 3 \cdot 10^4$ Imp/s	Proportionalzählrohr	Berthold	BZ 120 P

### A.3 Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung

**Tabelle A-5:** Immissionsgrenzwerte der Schweizer Luftreinhalteverordnung

Luftschadstoff	Immissionsgrenzwert	statistische Definition
Schwefeldioxid	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % der 1/2h-Mittelwerte eines Jahres $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24h-Mittelwert; Überschreitung höchstens einmal pro Jahr
Stickstoffdioxid	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % der 1/2h-Mittelwerte eines Jahres $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24h-Mittelwert; Überschreitung höchstens einmal pro Jahr
Kohlenmonoxid	8 $\text{mg}/\text{m}^3$	24h-Mittelwert; Überschreitung höchstens einmal pro Jahr
Ozon	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	98 % der 1/2h-Mittelwerte eines Monats $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1h-Mittelwert; Überschreitung höchstens einmal pro Jahr
Schwebstaub	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % der 24 h-Mittelwerte eines Jahres $\leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Inhaltsstoffe des Schwebstaubs		
Blei	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
Cadmium	10 $\text{ng}/\text{m}^3$	Jahresmittelwert
Staubniederschlag		
200 $\text{mg}/(\text{m}^2\text{d})$	Jahresmittelwert	
Inhaltsstoffe des Staubniederschlags		
Blei	100 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	Jahresmittelwert
Cadmium	2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	Jahresmittelwert
Zink	400 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	Jahresmittelwert
Thallium	2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	Jahresmittelwert

#### A.4 Dienste der Messnetzzentrale

- **Informationen über die aktuelle Luftqualität**

Die täglichen Luftschadstoffkonzentrationen von 9.00 Uhr, 12.00 Uhr, 15.00 Uhr und 18.00 Uhr können im T-Online-Dienst der Telekom AG unter der Seitennummer 67899 oder vom Videotext unter dem Namen Südwesttext des 3. Fernsehprogrammes (S3) auf Tafel 176 abgerufen werden. Das Videotextangebot wird in den Monaten Mai bis September von 12.00 Uhr bis 21.00 Uhr stündlich aktualisiert.

Seit 1. Mai 1999 ist die UMEG im INTERNET vertreten. Unter **www.umeg.de** finden sich Informationen über die aktuelle Luftqualität. Die Luftschadstoffkonzentrationen werden in Tabellenform, als Tagesverläufe und in flächenhafter Darstellung zur Verfügung gestellt. Desweiteren finden sich Aussagen zur Ozonsituation.

- **Ozonansagedienst**

Von Mai bis September versorgt die UMEG den zentralen Ozonansagedienst des Landes Baden-Württemberg. Unter der Rufnummer (0721) 751076 werden die Stationen mit Überschreitung des Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  genannt. Desweiteren erfolgt eine Aufzählung der Stationen mit den aktuell gemessenen Stundenmittelwerten. Bei einer Überschreitung von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  werden Verwaltungsempfehlungen für die Bevölkerung gegeben. In den Abend- und Morgenstunden wird eine Prognose für die Tendenz der Ozonkonzentrationen (fallend, vergleichbar, steigend) sowie eine Aussage über die zu erwartenden Überschreitungen von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegeben.

- **Informationstafeln**

Ende 1998 waren in Baden-Württemberg 42 Anzeigetafeln aufgestellt, an denen die Bevölkerung über die aktuellen Werte der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Staub und Ozon informiert wird. Die Tafeln werden von Mai bis September stündlich und in den anderen Monaten im 3-Stunden-Takt mit aktuellen Daten versorgt.