

OZON  
IN BADEN-WÜRTTEMBERG  
SOMMER 2003



**UMEG**

Umweltmessungen  
Umwelterhebungen  
und Gerätesicherheit



OZON  
IN BADEN-WÜRTTEMBERG  
SOMMER 2003

**Bearbeitung:**

UMEG Zentrum für  
Umweltmessungen,  
Umwelterhebungen  
und Gerätesicherheit  
Baden-Württemberg

Großoberfeld 3  
76135 Karlsruhe  
*Fachlich verantwort-  
lich:*

*Fachbereich 2.1  
'Messnetzzentrale, Da-  
tenkommunikation und  
Berichtswesen*

[kontakt@umeg.de](mailto:kontakt@umeg.de)  
[www.umeg.de](http://www.umeg.de)

Bericht-Nr.: 21-01/2004  
Druckdatum: Apr. 2004  
Berichtsumfang: 34 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

	Kurzübersicht	5
	Einleitung	6
1	Überschreitungshäufigkeit der einzelnen Bezugswerte 2003	8
2	Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung des täglichen Ozonmaximums	20
3	Langjährige Ozonentwicklung	25
4	Ozonepisode August 2003	30
	Literatur	34

## KURZÜBERSICHT

Der "Ozonsommer 2003" nimmt eine Sonderstellung bezüglich der aufgetretenen Maximalwertkonzentrationen und der Häufigkeit und Dauer der Schwellenwertüberschreitungen innerhalb der letzten 15 Jahren ein.

Der Sommer 2003 zählt zu den heißesten Sommern seit Beginn der Gebietsmittelzeitreihen des DWD, d.h. seit dem Jahr 1901. Nachdem schon in den Monaten Juni und Juli die Temperaturmittel deutlich über den langjährigen Mittelwerten lagen, wurden im August eine Vielzahl von Temperaturrekorden eingestellt oder überboten [DWD, 2003]. Diese extremen Temperaturverhältnisse spiegelten sich in den hohen Ozonkonzentrationen wider. Begünstigt wurde dies auch durch das extreme Niederschlagsdefizit, das sich schon im außerordentlich trockenen Frühjahr aufgebaut hatte.

Die Auswertungen bezüglich der Beurteilungswerte der 22. BImSchV und der 3. Tochterrichtlinie zeigten auch im langjährigen Vergleich eine außergewöhnlich hohe Zahl von Überschreitungen im Sommer 2003 [22. BImSchV][2002/3/EG].

Die höchsten Ozonkonzentrationen wurden in der Ozonepisode vom 1. bis 14.8.2003 festgestellt. In diesem Zeitraum herrschten für die Ozonbildung günstige meteorologische Bedingungen, so dass sich ein hoher Sockel an Ozon anreichern konnte, auf den sich die Spitzen mit Schwellenwertüberschreitungen aufsetzten [UBA-2, 2003]. Der höchste 1h-Mittelwert in Baden-Württemberg wurde am 9. August an der Station Mannheim-Nord mit  $328 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Damit wurde die höchste Maximalkonzentration seit 1986 beobachtet.

Die außergewöhnliche Ozonsituation schlägt sich auch in den mittleren Ozonkonzentrationen nieder. So wurden im Jahr 2003 die höchsten Monatsmit-

telwerte in den Sommermonaten Juni, Juli und August für Ozon im Rheingraben, Großraum Stuttgart und an den Hintergrundstationen seit 1991 ermittelt. Ebenfalls liegt der Jahresmittelwert für Ozon im Jahr 2003 in diesen drei Regionen deutlich über den Jahresmittelwerten der vorangegangenen Jahre.

Der Ozonsommer 2003 wurde durch die extremen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse nicht nur während der ausgeprägten Episode im August geprägt. Hohe Temperaturen sorgen für eine Verschärfung der Ozonsituation, da sie zu einer erhöhten Emission von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen aus Pflanzen und aus von Menschen verursachten Quellen wie Lösungsmitteln führen [EEA, 2003]. Berücksichtigt man, dass verglichen mit dem Jahr 1990 die vom Umweltbundesamt berechneten Emissionen der Ozonvorläufer Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen bundesweit bis heute um etwa 42 % bzw. 50 % zurückgegangen sind, so wären 1990 bei gleichen Witterungsverhältnissen noch deutlich höhere Ozonkonzentrationen zu erwarten gewesen. Das Umweltbundesamt rechnet, dass mit den Emissionen der Ozonvorläufersubstanzen des Jahres 1997 mit einer höheren Ozonbelastung und mit ca. 10 % mehr Überschreitungen der Schwellenwerte zu rechnen gewesen wäre [UBA-2, 2003].

Statistisch gesehen liegt die durchschnittliche Wiederkehrzeit für einen Sommer mit diesen Mitteltemperaturen bei über 1000 Jahren [DWD, 2003]. Somit nimmt der Sommer 2003 eine absolute Sonderstellung ein. Mit Überschreitungen der Schwellen- und Zielwerte der 3. Tochterrichtlinie muss jedoch auch bei ungünstigeren meteorologischen Bedingungen in den nächsten Jahren gerechnet werden.

## EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht ist nach dem Jahrhundert-sommer 2003 eine Wiederaufnahme der Ozonbe-richte aus den 90er-Jahren. Nach einer Darstellung der Ozonsituation in Baden-Württemberg für den Sommer 2003 und der langjährigen Entwicklung wird insbesondere auf die meteorologische Situati-on im Sommer 2003 Bezug genommen.

Ozon wurde im Rahmen des landesweiten Luft-messnetzes und von Sondermessprogrammen im Jahr 2003 an insgesamt 58 Stationen kontinuierlich gemessen, darunter die Station Reutlingen, die von der Stadt Reutlingen finanziert wird. Während der Sommermonate steht eine zusätzliche Station am Heidelberger Schwimmbad zur Verfügung, die im Auftrag der Stadt Heidelberg betrieben wird.

Ozon gilt als Leitkomponente für das gesamte Spektrum an Photooxidantien. Ozon kommt als natürlicher Bestandteil in der Atmosphäre vor. Es wird in der Stratosphäre in 20 bis 50 km Höhe über der Erdoberfläche gebildet und schützt als soge-nannte Ozonschicht Mensch, Tier und Pflanze vor schädlicher UV-Strahlung. Bei stürmischen Wetter-lagen mit starken vertikalen Luftbewegungen ge-langt Ozon aus der Stratosphäre bis in bodennahe Luftschichten. Aufgrund dieser Austauschprozesse werden natürliche mittlere Ozonkonzentrationen von 20 bis 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht, in den Frühlings- und Herbstmonaten bei stürmischer Witterung sogar kurzzeitig Werte von 60 bis 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hohe Ozon-werte in den Sommermonaten beruhen jedoch auf der zusätzlichen Bildung von Ozon aus anthropoge-nen Vorläufersubstanzen, im wesentlichen Stickstof-foxide, flüchtige organische Verbindungen (VOC), Kohlenmonoxid und Methan. Hierfür sind bestimm-te meteorologische Bedingungen Voraussetzung. In-

tensive Sonneneinstrahlung in Verbindung mit ho-hen Temperaturen begünstigen die photochemische Reaktion. Somit steigen die Ozonkonzentrationen mit zunehmender Sonneneinstrahlung und steigen-den Temperaturen in den Sommermonaten an. Auch natürliche Quellen, insbesondere die Biosphä-re, tragen zu den Konzentrationen von VOC und NOx bei. In der EU liegen die Beiträge über das Jahr gemittelt bei ca. 20 % bzw. 7 %. Dabei handelt es sich überwiegend um reaktive Kohlenwasserstof-fe wie Terpene und Isoprene aus Wäldern und Grünflächen. Bei steigenden Temperaturen nehmen die VOC-Emissionen der Wälder stark zu und kön-nen in waldreichen Regionen Anteile von 60 % und mehr an den gesamten VOC-Emissionen erreichen. Damit können biogene Quellen in Episoden mit ho-hen Temperaturen Hauptverursacher der atmos-phärischen VOC-Belastung sein und so zu einer weiteren Erhöhung der Ozonbelastung beitragen [Simpson, 1995; Stohl et. al, 1996].

Ozon wirkt stark oxidierend. Es wird deshalb auch zur Bleichung, Trinkwasser- und Schwimmbadent-keimung und zur Lebensmittelkonservierung einge-setzt.

Beim Menschen können erhöhte Konzentrationen von Ozon und anderen Photooxidantien zu Reizun-gen der Schleimhäute und der Atemwege führen. Aufgrund der geringen Wasserlöslichkeit dringt Ozon weit in die Lunge ein. In der Lungenperiphe-rie trifft es auf Gewebe, das nicht durch eine Schleimschicht geschützt ist. Hier kann es zur Schädigung der Zellmembran mit den damit ver-bundenen entzündlichen Prozessen kommen. Wir-kungen auf die Lungenfunktion und die körperliche Leistungsfähigkeit sind potenzielle, konzentrations-

bzw. dosisabhängige Wirkungen von Ozon auf den Menschen. Daneben bewirken höhere Ozonkonzentrationen ( $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) subjektive Befindlichkeitsstörungen wie Tränenreiz, Reizung der Atemwege, Husten, Kopfschmerzen und Atembeschwerden. Die akuten Reizerscheinungen an Augen und Schleimhäuten sind von der körperlichen Aktivität weitgehend unabhängig, sondern werden von der Aufenthaltsdauer in der mit Photooxidantien belasteten Atmosphäre bestimmt. Bei hohen Ozonwerten ( $>240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kann eine Reduzierung der physischen Ausdauer-Leistungsfähigkeit auftreten. Auf Pflanzen hat Ozon eine giftige Wirkung und ist ein Stressfaktor. Neben direkten Wirkungen wie Schädigungen von Blättern, Wachstumshemmung und Ertragsverlusten gibt es indirekte Wirkungen, die sich in Änderungen der Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften und sogar der Veränderung ganzer Ökosysteme äußern können [UBA-1, 2003].

Zur Beurteilung der Ozonimmissionen wurden Schwellenwerte in der EU-Richtlinie 92/72/EWG festgelegt, die am 27. Mai 1994 mit der Änderung der Verordnung über Immissionswerte [22. BImSchV] in deutsches Recht umgesetzt und in der 22. BImSchV Fassung vom 11.9.2002 übernommen wurden [92/72/EWG]. Diese bisherige Ozon-Richtlinie wurde zum 9. September 2003 aufgehoben und durch die 3. Tochterrichtlinie (EG-Richtlinie über den Ozongehalt der Luft ersetzt [2002/3/EG]. Die 3. Tochterrichtlinie wird zukünftig durch die zur Zeit beratene 33. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt [33. BImSchV/E]. In Tabelle 1 sind sowohl die Beurteilungswerte der 22. BImSchV in der Fassung vom 11.9.2002 als auch der 3. Tochterrichtlinie aufgeführt. Zusätzlich wird auch der Maximale-Immissionswert für Ozon (MIK-Wert) der VDI Richtlinie 2310 überprüft [VDI 2310].

Die Messwerte (auch die der zurückliegenden Jahre) sind, entsprechend der Richtlinie der Europäischen Union 92/72/EWG, auf eine Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  und einen Druck von  $101,3 \text{ kPa}$  bezogen. Als Referenzmethode für die Ozonanalyse wird das UV-

Verfahren herangezogen.

Der Bevölkerung stehen während der Sommermonate folgende Möglichkeiten zur Verfügung, um sich über die aktuelle und die zu erwartende Ozonsituation zu informieren:

- Zentraler Ozonansagedienst (0721) 751076
- Videotext (Südwesttext Tafel 176 - 177)
- Internet ([www.umeg.de](http://www.umeg.de))

**Tabelle 1**

 Beurteilungswerte für Ozon 2003 – alle Werte ohne Einheiten in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Zeitbezug	berechnet als	BW	Definition	Bemerkung	Regelwerk
1 Stunde	Mittelwert	180	Schwellenwert	Unterrichtung der Bevölkerung	22. BImSchV
24 Stunden	Mittelwert	65	Schwellenwert	Schutz der Vegetation	22. BImSchV
1 Stunde	Mittelwert	200	Schwellenwert	Schutz der Vegetation	22. BImSchV
1 Stunde	Mittelwert	360	Schwellenwert	Auslösung des Alarmsystems	22. BImSchV
8 Stunden <sup>1)</sup>	Mittelwert	110	Schwellenwert	Gesundheitsschutz	22. BImSchV
8 Stunden <sup>2)*</sup>	Mittelwert	120	Zielwert (2010)	Gesundheitsschutz höchstens 25 Überschreitungen pro Jahr; gemittelt über 3 Jahre	3. Tochterrichtlinie
Mai-Juli*	AOT40 <sup>3)</sup> in $\mu\text{g h}/\text{m}^3$	18000	Zielwert (2010)	Schutz der Vegetation gemittelt über 5 Jahre	3. Tochterrichtlinie
8 Stunden <sup>2)*</sup>	Mittelwert	120	langfristiger Zielwert (2020)	Gesundheitsschutz	3. Tochterrichtlinie
Mai-Juli*	AOT40 <sup>3)</sup> in $\mu\text{g h}/\text{m}^3$	6000	langfristiger Zielwert (2020)	Schutz der Vegetation	3. Tochterrichtlinie
1 Stunde*	Mittelwert	180	Schwellenwert	Informationsschwelle	3. Tochterrichtlinie
1 Stunde*	Mittelwert	240	Schwellenwert	Alarmschwelle	3. Tochterrichtlinie
1/2 Stunde	Mittelwert	120	MIK-Wert		VDI Richtlinie 2310

BW: Beurteilungswert

\* Kein geltendes Recht

1) Der Mittelwert über acht Stunden wird viermal täglich anhand der Achtstundenwerte 0 - 8 Uhr, 8 - 16 Uhr, 12 - 20 Uhr und 16 - 24 Uhr berechnet.

2) Gleitender 8h-Wert, der für den Tag gilt, an dem der 8h-Block endet.

 3) AOT 40: accumulated exposure over a threshold of 40 ppb, Summe der Differenzen zwischen 1-h-Mittelwert über  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40 ppb) und dem Wert  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Zeitraum von 8 - 20 Uhr



# 1 ÜBERSCHREITUNGEN 2003

Bei der Belastung durch Ozon sind weniger die mittleren Konzentrationen von Interesse als die Überschreitung von bestimmten Schwellenwerten. Im Folgenden werden die Überschreitungen bezüglich der Beurteilungswerte der 22. BImSchV als auch der 3. Tochterrichtlinie dargestellt.

In Karte 1-1 ist die Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 1-Stunden-Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (22. BImSchV und 3. Tochterrichtlinie) räumlich dargestellt. Bei Überschreitung dieses Schwellenwertes wird die Bevölkerung über die Medien über die Ozonsituation informiert und Verhaltensempfehlungen gegeben. Abbildung 1-1 zeigt die Stationen in der Reihenfolge der Überschreitungshäufigkeiten, zusätzlich wird die mittlere Überschreitungsdauer angegeben. Im Jahr 2003 wurden an jeder Messstation Überschreitungen von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Die Stationen Heilbronn und Mannheim-Nord führen mit 31 bzw. 30 Tagen die Rangfolge der Überschreitungstage an. Die Stationen, an denen an mehr als 20 Tagen Überschreitungen festgestellt wurden, sind über das ganze Land verteilt. Dazu gehören auch die Hintergrundstationen Schwäbische Alb, Schwarzwald Süd und Welzheimer Wald, bei denen die mittlere Dauer der Überschreitung mit 6,4 h/Tag bis 10,3 h/Tag überdurchschnittlich hoch liegt. Insgesamt liegt die Anzahl der Überschreitungstage im Rheintal und im Großraum Stuttgart höher als in den anderen Landesteilen.

Der Schwellenwert von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 8-Stundenmittelwert zum Schutz der Gesundheit wurde beim Großteil der Stationen an 60 bis 100 Tagen überschritten (Abbildung 1-2). Am unteren Rand der Rangfolge sind überwiegend Stationen zu finden, die in Ver-

kehrsnähe liegen. Die höchste Zahl an Überschreitungstagen wird an den Hintergrundstationen Schwarzwald Süd, Welzheimer Wald und Schwäbische Alb erreicht.

Zum Schutz der Vegetation dient der 1-Stunden-Schwellenwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Er wurde 2003 fast an allen Stationen überschritten (Abbildung 1-3). An der Spitze der Rangfolge stehen die Mannheimer Stationen Nord und Mitte zusammen mit der Hintergrundstation Schwäbische Alb.

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 vier Hintergrundstationen und der hochgelegenen Station Freudenstadt festgestellt (Abbildung 1-4). Hier wurden an mehr als 200 Tagen Überschreitungen beobachtet. An der Station Schwarzwald Süd wurden Überschreitungen an 318 Tagen gezählt. Aufgrund der Höhenlage dieser Stationen ist zum einen die natürliche Ozonkonzentration erhöht, zum anderen liegen sie in der sogenannten Reservoirschicht, in der der nächtliche Abbau der Ozonkonzentrationen nicht stattfindet. Überschreitungen an weniger als 100 Tagen zeigen dagegen die Stationen mit Verkehrseinfluss, wie z.B. Plochingen, KA-B10-Nord, Stuttgart-Hafen und Bernhausen.

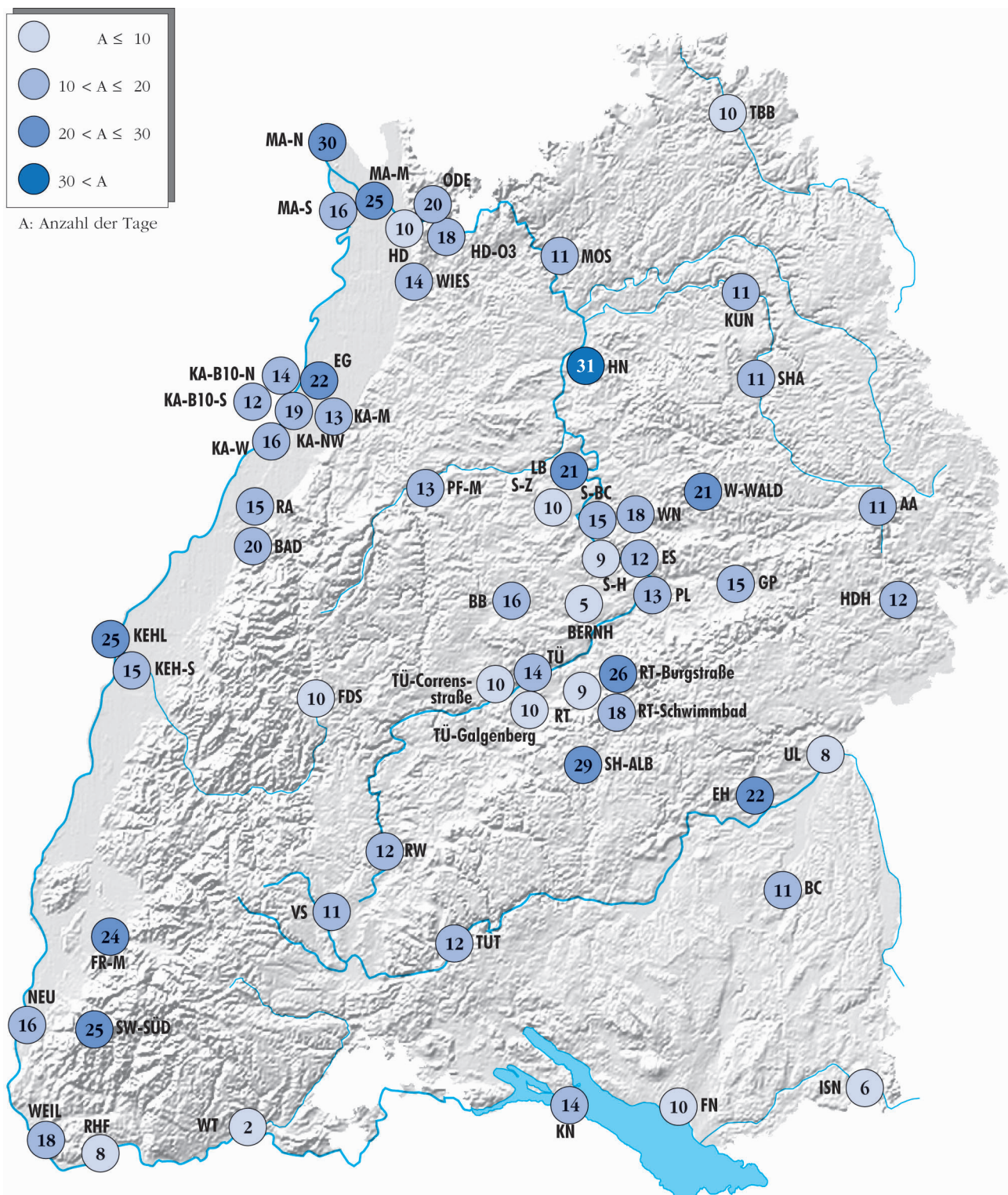
In Abbildung 1-5 sind die Überschreitungen des Zielwertes zum Gesundheitsschutz von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages dargestellt. Auch hier dominieren die Hintergrundstationen mit 99 bis 131 Tagen. Der Großteil der Stationen liegt zwischen 50 und 90 Tagen. Im Jahr 2010 soll das Ziel erreicht sein, dass gemittelt über die letzten drei Jahre

die Zahl der Tage mit Überschreitungen nicht größer als 25 ist; Startjahr ist 2010.

Der Alarmschwellenwert der 3. Tochtterrichtlinie von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bezogen auf den 1h-Mittelwert wurde im Jahr 2003 an 19 Stationen überschritten (Abbildung 1-6). Spitzenreiter sind die Mannheimer Stationen Nord und Mitte mit Überschreitungen an 9 und 7 Tagen, gefolgt von der Hintergrundstation Schwarzwald Süd mit 5 Tagen. Die übrigen Stationen zeigen Überschreitungen an 1 bis 3 Tagen.

Als Zielwert für den Schutz der Vegetation dient der AOT40 von  $18\,000 \mu\text{g h}/\text{m}^3$  der 3. Tochtterrichtlinie. Zur Bildung des AOT40 werden in den Monaten Mai bis Juli die Konzentrationen aufsummiert, die zwischen 8 und 20 Uhr höher als 40 ppb Ozon (entspricht ca.  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liegen. Dieser Wert wurde bis auf 5 Stationen, die verkehrsbezogen liegen, an allen Stationen überschritten (Abbildung 1-7). An 6 Stationen wurde sogar das zweifache des Zielwertes überschritten. Hierzu zählen die Hintergrundstationen Schwäbische Alb, Welzheimer Wald und Schwarzwald Süd, aber auch Ehingen, Reutlingen Burgstraße und Konstanz.

Der 1/2-Stunden-MIK-Wert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde 2003 an allen Stationen an mehr als 60 Tagen überschritten (Abbildung 1-8). Die meisten Tage mit Überschreitungen weisen die Hintergrundstationen Schwarzwald Süd (144 Tage) und Welzheimer Wald (128 Tage) auf. Bemerkenswert ist die mittlere Überschreitungsdauer an diesen beiden Stationen mit 13,5 bzw. 12,0 h/Tag. Der Großteil der Stationen zeigt an 80 bis 110 Tagen Überschreitungen.



Karte 1-1

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003

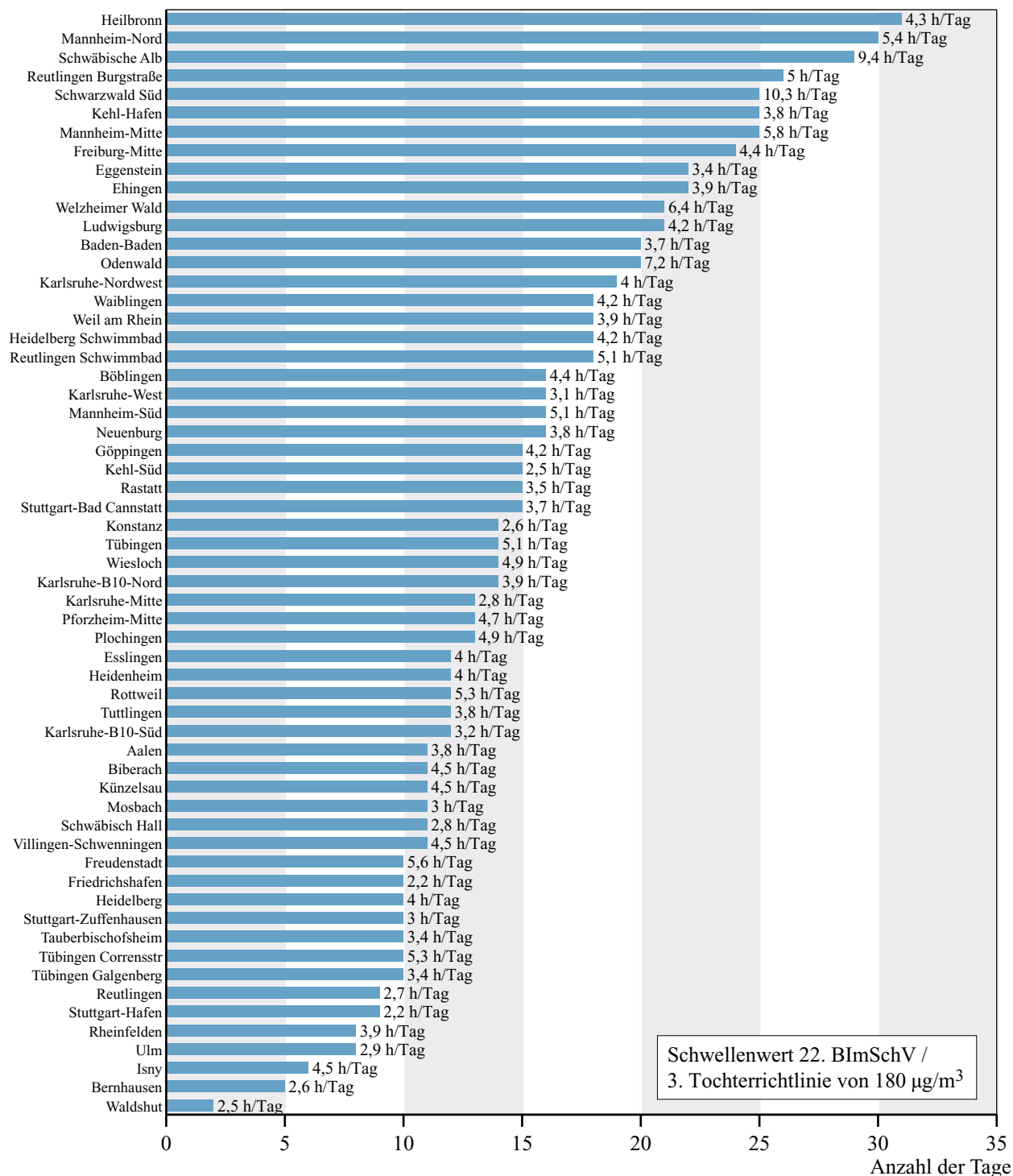


Abbildung 1-1

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von 180 µg/m<sup>3</sup> (1h-Mittelwert) und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003

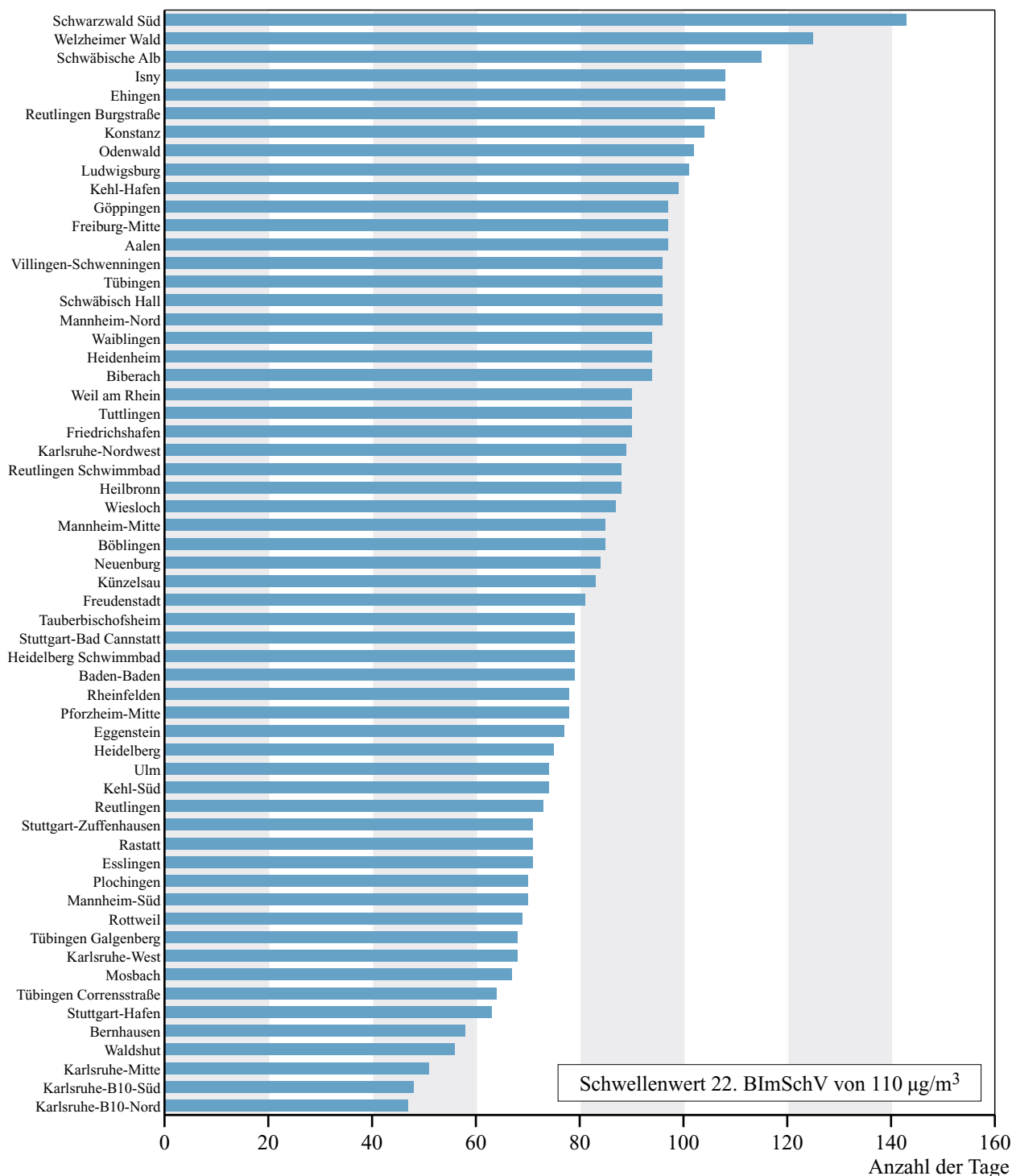


Abbildung 1-2

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von 110 µg/m<sup>3</sup> (8h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003



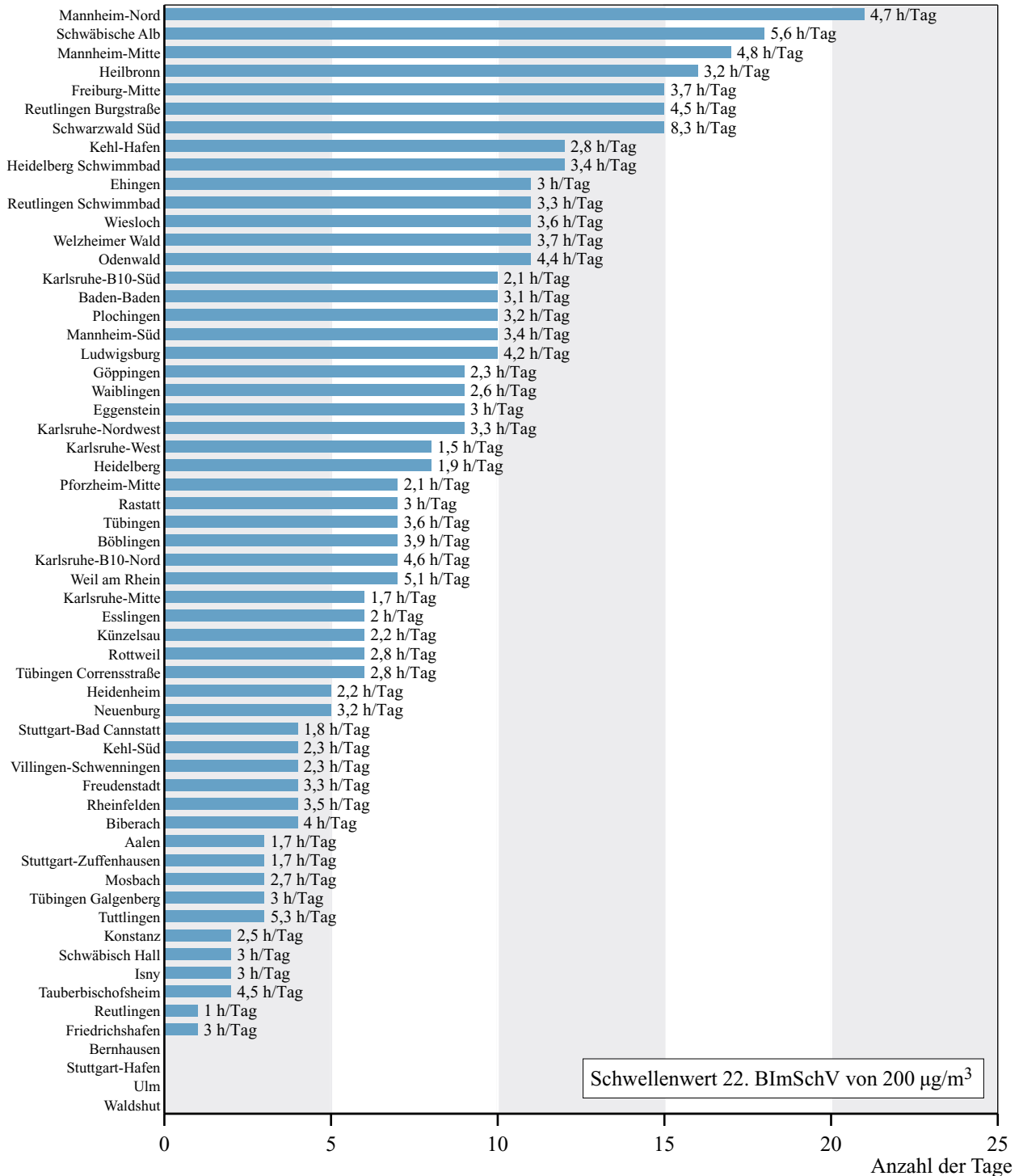
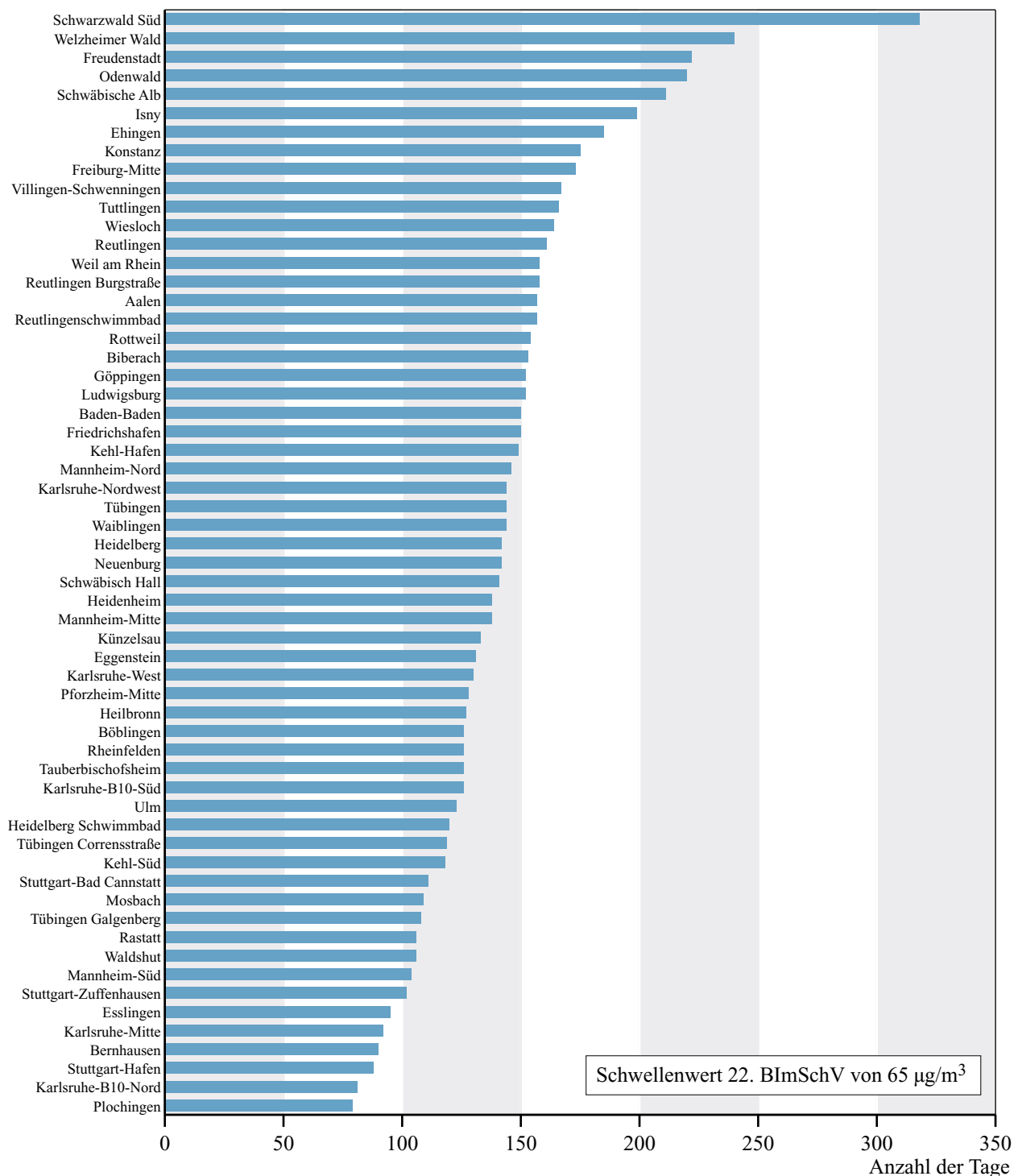


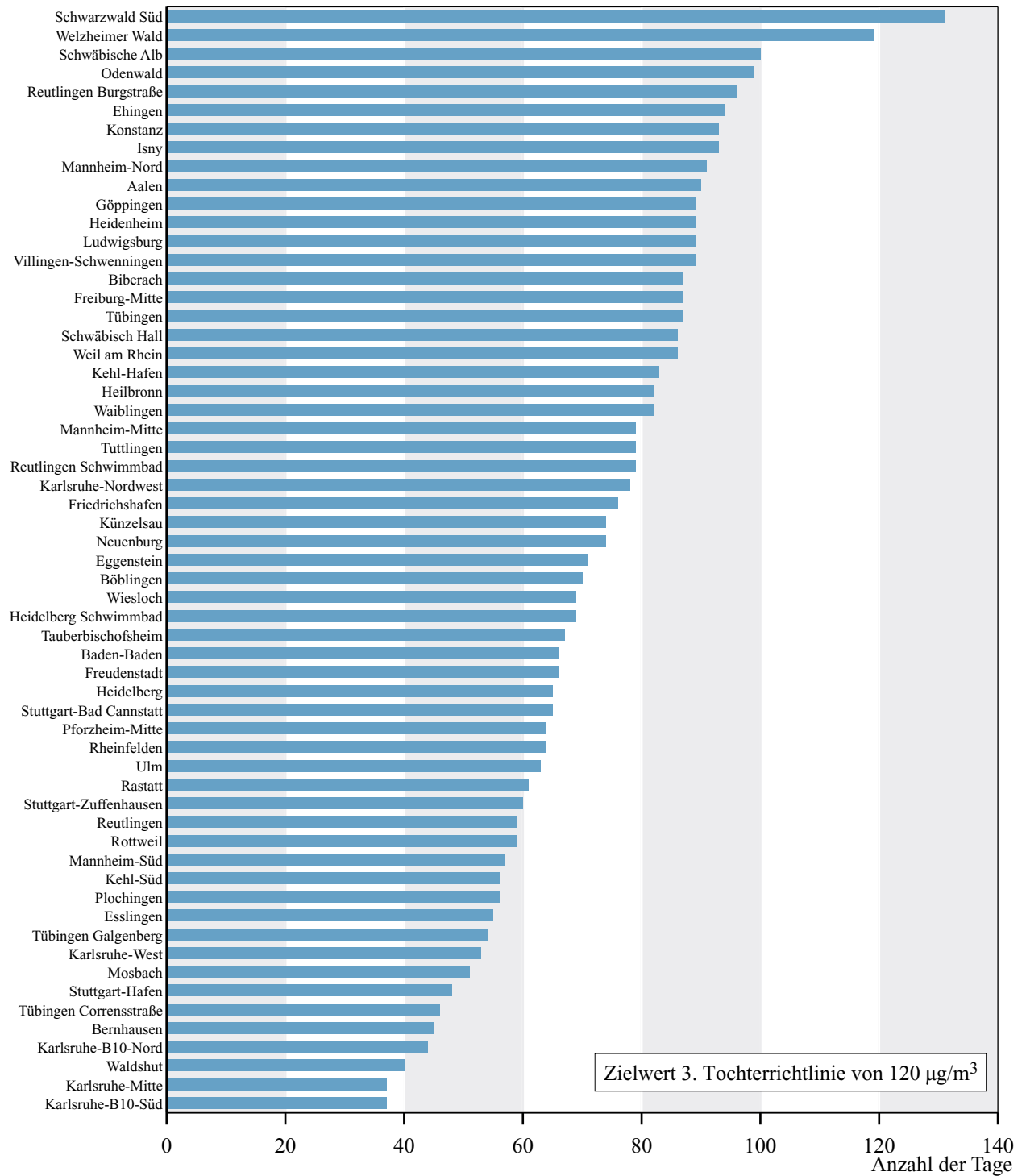
Abbildung 1-3

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> (1h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003



**Abbildung 1-4**

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von 65 µg/m<sup>3</sup> (24h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003



**Abbildung 1-5**

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Zielwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003



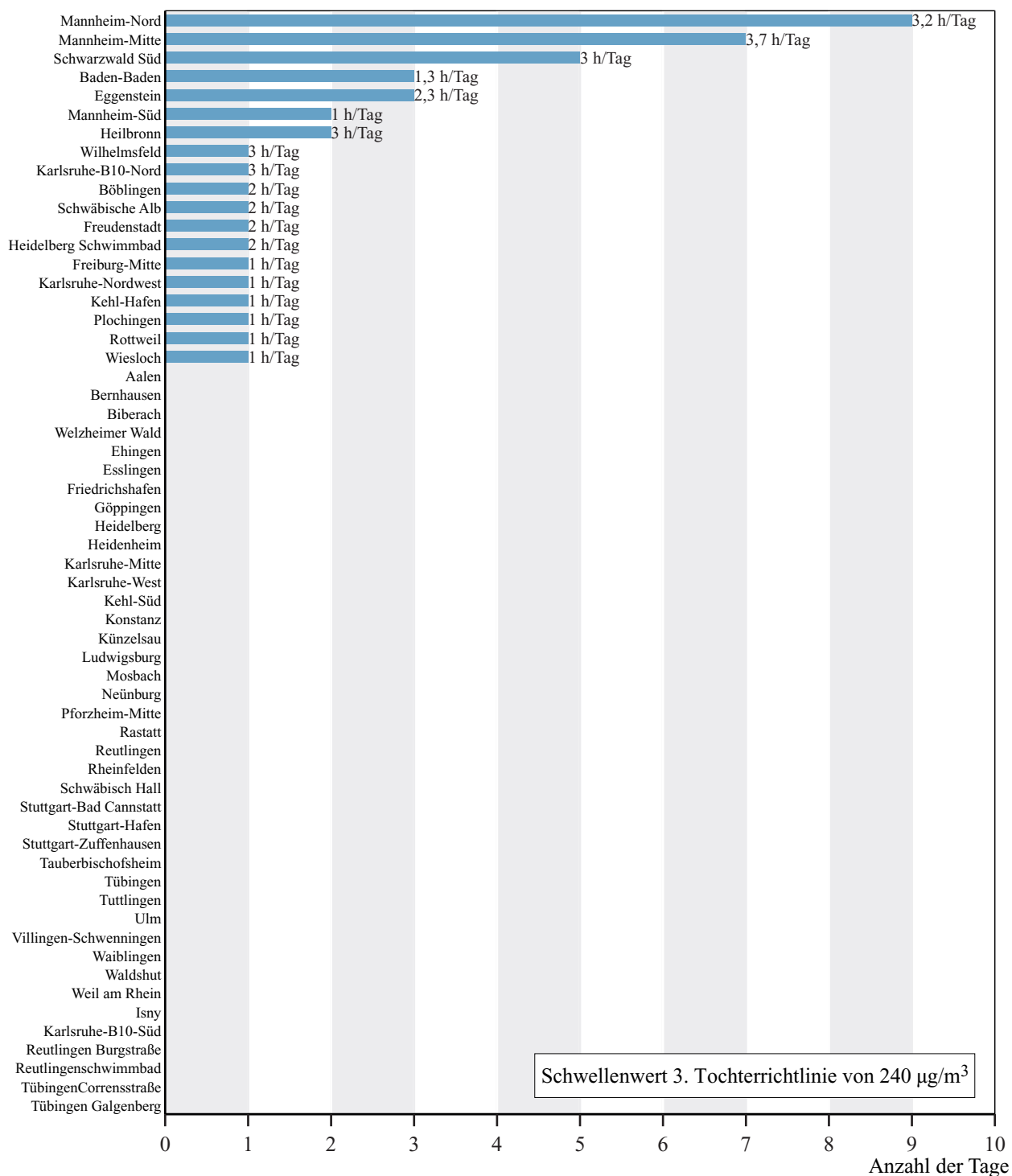
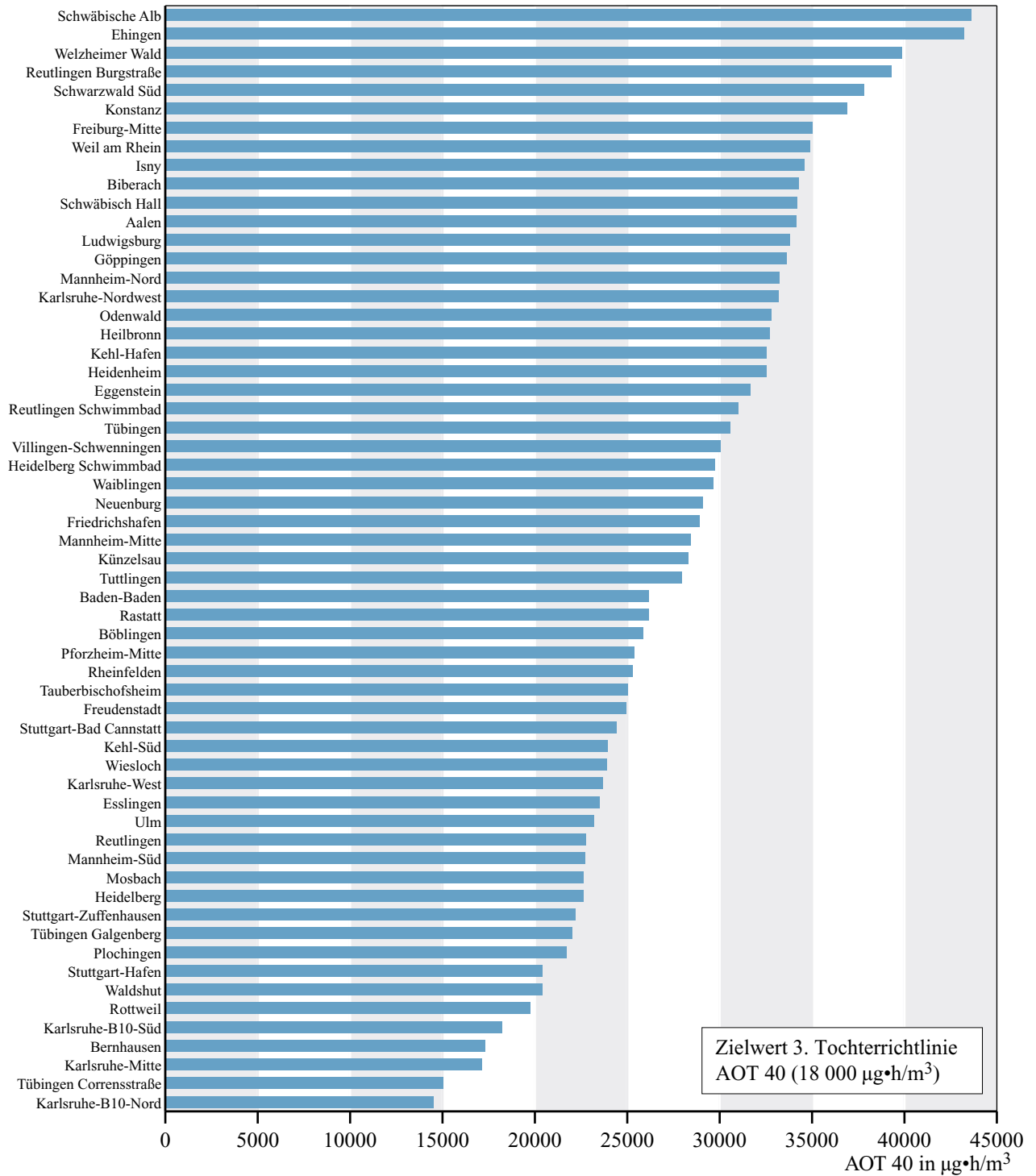


Abbildung 1-6

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Schwellenwertes von 240 µg/m<sup>3</sup> (1h-Mittelwert) und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003



**Abbildung 1-7**  
AOT40 (Mai bis Juli) an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003

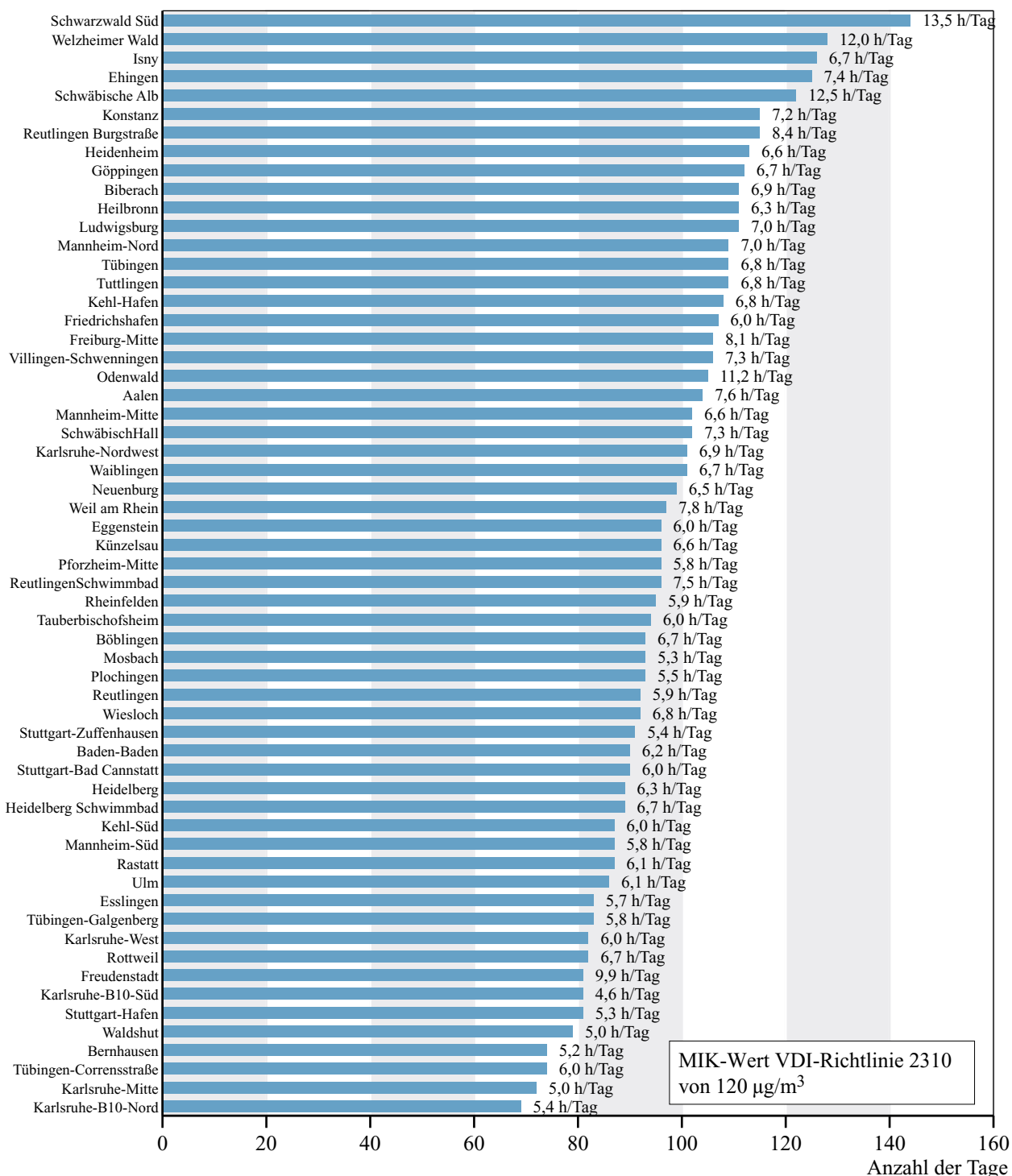


Abbildung 1-8

Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-MIK-Wertes von 120 µg/m<sup>3</sup> (1/2h-Mittelwert) und mittlere Überschreitungsdauer an den Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2003

## 2 ZEITLICHER VERLAUF UND RÄUMLICHE VERTEILUNG DES TÄGLICHEN OZONMAXIMUMS 2003

In Abbildung 2-1 ist das tägliche Ozonmaximum (höchster 1h-Mittelwert) für alle Stationen von Mitte April bis Ende September 2003 dargestellt. Die Stationen sind zur besseren Übersicht nach Regionen zusammengefasst. Abbildung 2-2 enthält analog dazu die täglichen Temperaturmaxima. die Anzahl der Stationen ist hier geringer, da nicht an allen Stationen die meteorologischen Parameter erfasst werden.

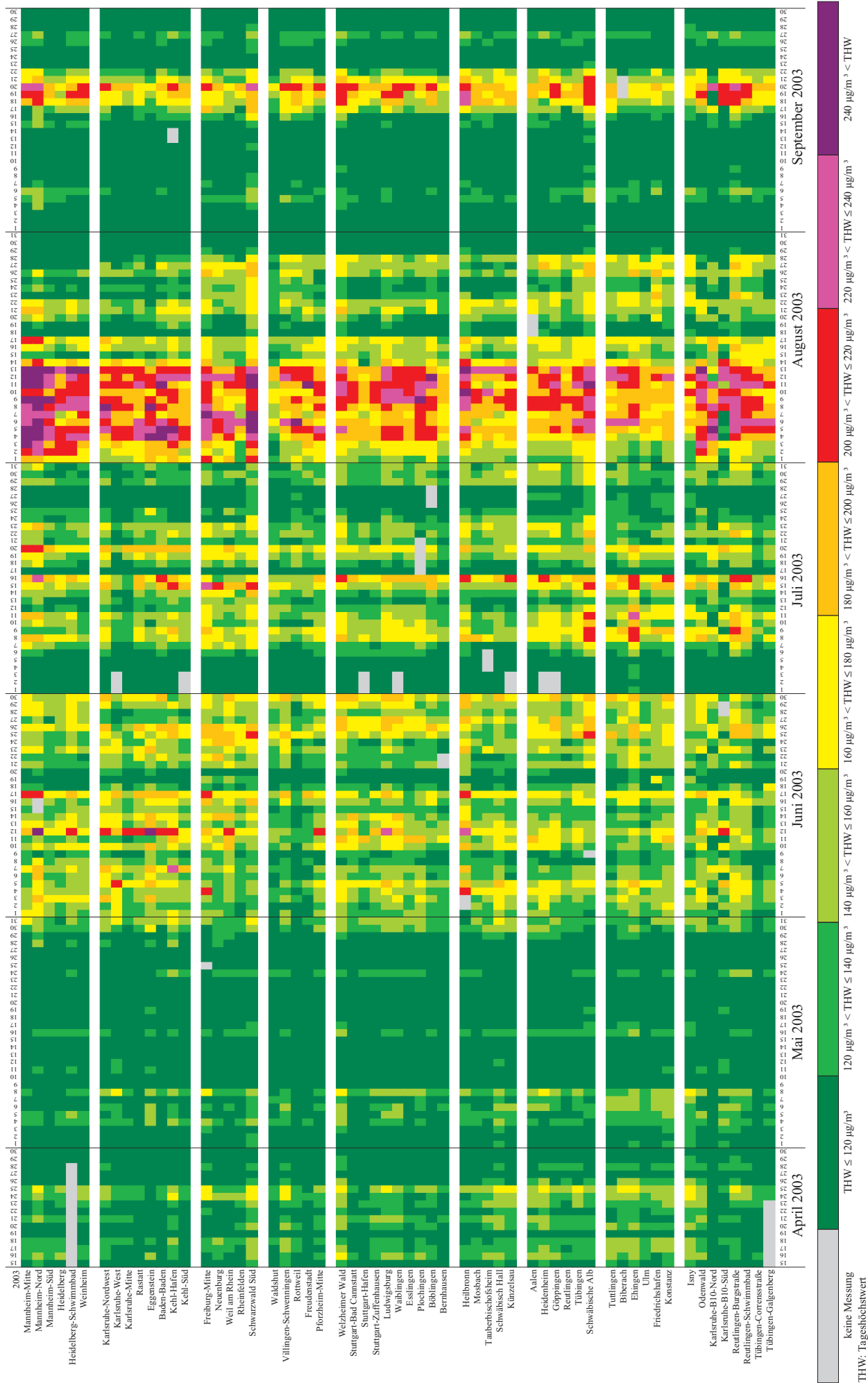
Der Verlauf der täglichen Ozonmaxima spiegelt in weiten Teilen den Witterungsverlauf wider. Der Beginn des "Ozonsommers 2003" startete mit Zufuhr warmer Luftmassen Ende Mai (Abbildung 2-2). Dabei stiegen die Tageshöchstwerte von Ozon deutlich an. Die höchste Ozonkonzentration im Juni wurde am 12.6. an der Station Mannheim-Nord mit  $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 1-h-Wert erreicht. An diesem Tag lagen die Tageshöchsttemperaturen fast flächendeckend über  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  und in einigen Regionen auch über  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kurz vor Ende des zweiten Junidrittels wurde durch einen Tiefausläufer nochmals kühlere und ozonärmere Luft herantransportiert. Unter der Zufuhr tropischer Luftmassen wurden ab 22.6. wiederum landesweit Tageshöchstwerte um  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  und mehr erreicht. Dabei lagen die Ozonmaxima allgemein auf einem erhöhten Niveau, der Schwellenwert von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde wiederholt erreicht bzw. überschritten. Anfang Juli sorgte ein Tiefausläufer für einen markanten Austausch der Luftmassen. Die Tageshöchsttemperaturen sanken teilweise auf unter  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und die Ozonmaxima lagen unter  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im zweiten und dritten Julidrittels dominierte überwiegend Hochdruck mit kurzzeitigen Störungen das Wetter. Mitte des Monats strömte kurzzeitig wärmere Luft aus östlicher Richtung nach Deutschland. Dies führte auch zu der einzigen ausgeprägten Ozonepisode im Juli.

Der August beginnt mit der Wetterlage, die dem Sommer 2003 den Namen "Rekordsommer" eingetragen hat.

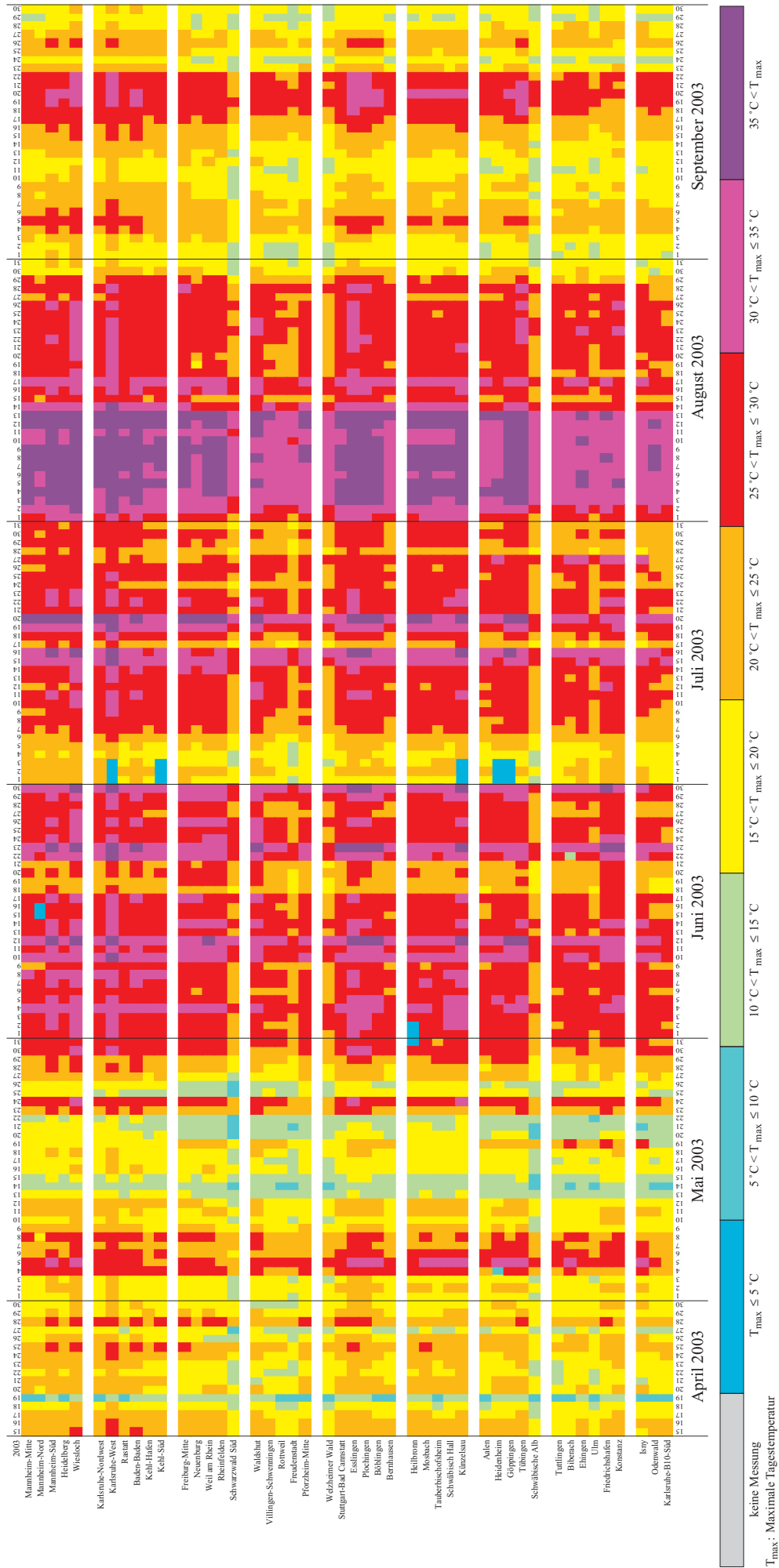
Nachdem schon die Monate Juni und auch Juli bezüglich der Temperaturmittel deutlich über den langjährigen Mittelwerten lag, wurden im August eine Vielzahl von Rekorden eingestellt. An zahlreichen Stationen wurden neue absolute Temperaturrekordwerte "seit Beginn der Messungen" registriert [DWD, 2003]. So wurde das bisherige Temperaturmaximum für ganz Deutschland von  $40,2 \text{ }^\circ\text{C}$  eingestellt und zwar am 09.08. in Karlsruhe und am 13.8. erneut in Karlsruhe und in Freiburg i. Breisgau. Ebenfalls ergaben sich neue Rekorde bezüglich der Anzahl klimatologischer "Sommertage" ( $T_{\text{max}} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) und klimatologischer "Heiße Tage" ( $T_{\text{max}} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Im Oberrheingebiet registrierte man bis zu 53 solcher heißen Tage und bis zu 83 Sommertage (Freiburg im Breisgau), d.h. nur an 9 Tagen des Sommers wurde kein Sommertag registriert [DWD, 2003]. Verursacht wurde diese extreme Witterung durch das gehäufte Auftreten sogenannter Omega-Lagen über Mitteleuropa. Bei Omega-Lagen bildet sich in der großräumigen zirkumpolaren Strömung der freien Atmosphäre ein markanter Wellenrücken aus, der zusammen mit den westlich und östlich liegenden Wellentäler die Form des griechischen Buchstaben Omega annimmt. Das sich darunter ausbildende stabile Bodenhoch sorgt für wolkenarmes Wetter, dadurch können in den Sommermonaten durch die lange, ungehinderte Sonneneinstrahlung extrem hohe Temperaturen auftreten. Das häufige Auftreten dieser Omega-Lagen im Sommer 2003 führte auch zu einem erheblichen Niederschlagsdefizit. Der Sommer 2003 zählt zu den heißesten Sommern seit Beginn der Gebietsmittelzeitreihen des DWD, d.h. seit dem Jahre 1901 [DWD, 2003].

Die extreme Wetterlage spiegelt sich auch in den täglichen Ozonmaxima. In der ersten Augushälfte wurden an einer Vielzahl von Stationen Ozonmaxima  $> 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht. Insbesondere in den Räumen Mannheim, Karlsruhe und Freiburg stiegen die Ozonkonzentrationen auf Werte, die seit Jahren in Baden-Württemberg nicht mehr erreicht wurden. An der Station Mannheim-Nord wurde am 09.08. der höchste 1-h-Mittelwert des Jahres 2003 in Baden-Württemberg mit  $328 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon festgestellt. Eine detailliertere Darstellung der Ozonsituation in der ersten Augushälfte folgt in Kapitel 4. Beendet wurde diese extreme Ozonwetterlage durch einen Tiefdruckausläufer Mitte August. Zwar lagen die Temperaturen bis Ende August weiterhin auf einem recht hohen Niveau, aber es baute sich kein über mehrere Tage stabiles Hochdruckgebiet auf. Damit blieben die Ozonwerte auf niedrigerem Niveau. Nach wechselhafter Witterung in den ersten zwei Septemberwochen baute sich Mitte September nochmals ein umfangreiches Hochdruckgebiet über Mitteleuropa auf. Subtropische Warmluft gelangte nach Süddeutschland und die Ozonkonzentrationen stiegen nochmals auf Werte über  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , teilweise über  $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mit Durchzug eines kräftigen Tiefdruckgebietes am 23. September endete der Ozonsommer 2003.

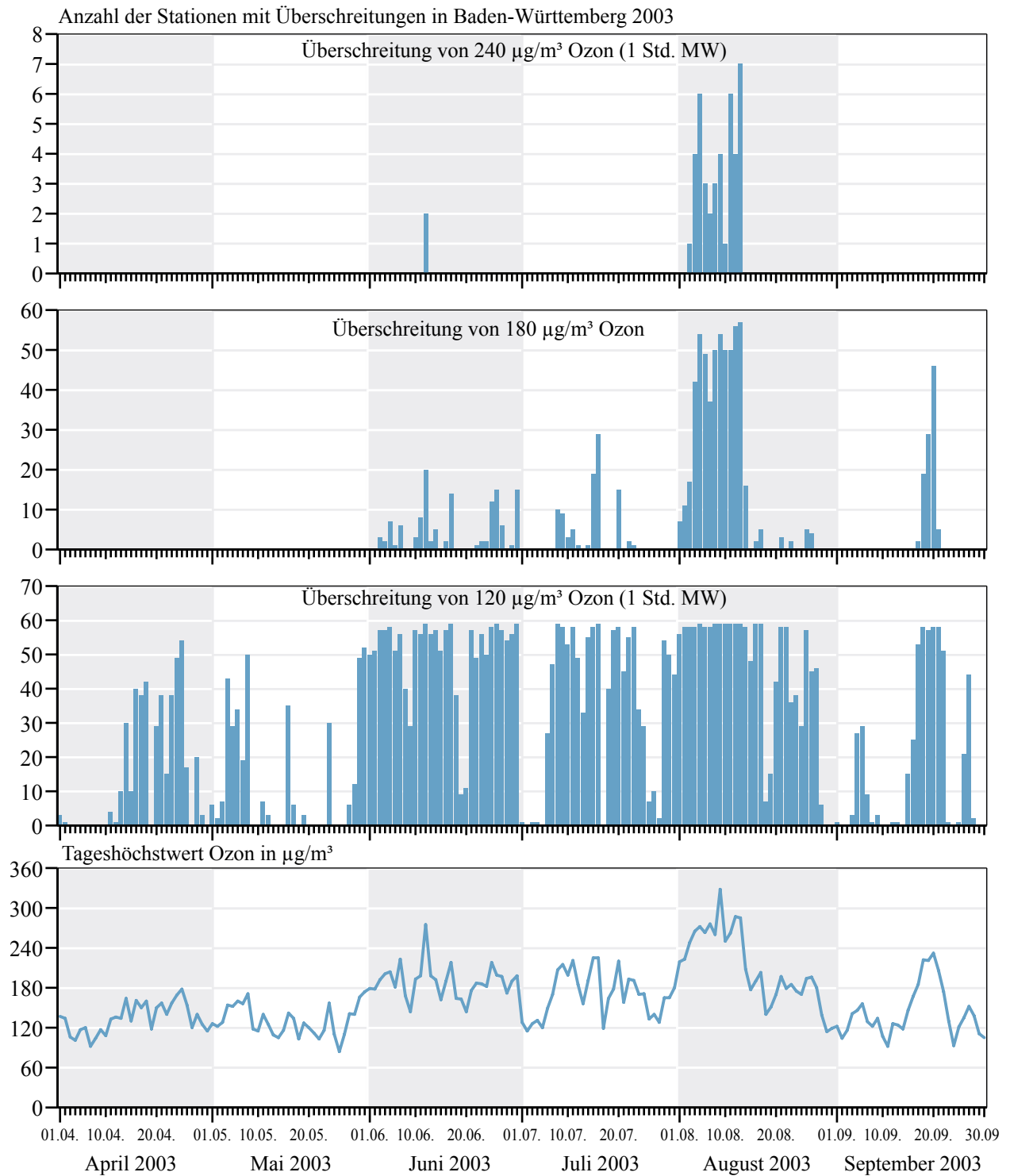
In Abbildung 2-3 ist anhand der täglichen Überschreitungen verschiedener Beurteilungswerte ebenfalls der zeitliche Verlauf des Ozonsommers 2003 nachzuvollziehen. Dargestellt sind die Anzahl der Stationen mit Überschreitung des 1h-Wertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , des 1h-Informationswertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und des 1h-Alarmwertes von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sowie der tägliche, maximal in Baden-Württemberg erreichte Ozonwert. So waren zahlreiche Überschreitungen des MIK-Wertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  schon im April zu verzeichnen und von Juni bis Ende August wurden nur an wenigen Tagen keine Überschreitungen festgestellt. Dagegen sind Tage mit Überschreitungen von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nur von Juni bis August und während der kurzen Episode im September feststellbar. Überschreitungen der Alarmschwelle von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden nur an einem Tag im Juni und während der ersten zwei Augustwochen an 11 Tagen in Folge beobachtet.



**Abbildung 2-1**  
 Tageshöchstwerte (THW: 1h-Mittelwerte) für Ozon im Zeitraum von Mitte April 2003 bis Ende September 2003; eingeteilt in Konzentrationsklassen



**Abbildung 2-2**  
 Tageshöchstwerte der Temperatur ( $T_{\max}$ : 1/2h-Mittelwerte) im Zeitraum von Mitte April 2003 bis Ende September 2003; eingeteilt in Klassen



**Abbildung 2-3**

Anzahl der Stationen mit Überschreitung verschiedener Beurteilungswerte sowie maximale Ozonkonzentration (1h-Mittelwert) an den Stationen in Baden-Württemberg im Zeitraum 1.04.03 bis 30.09.03



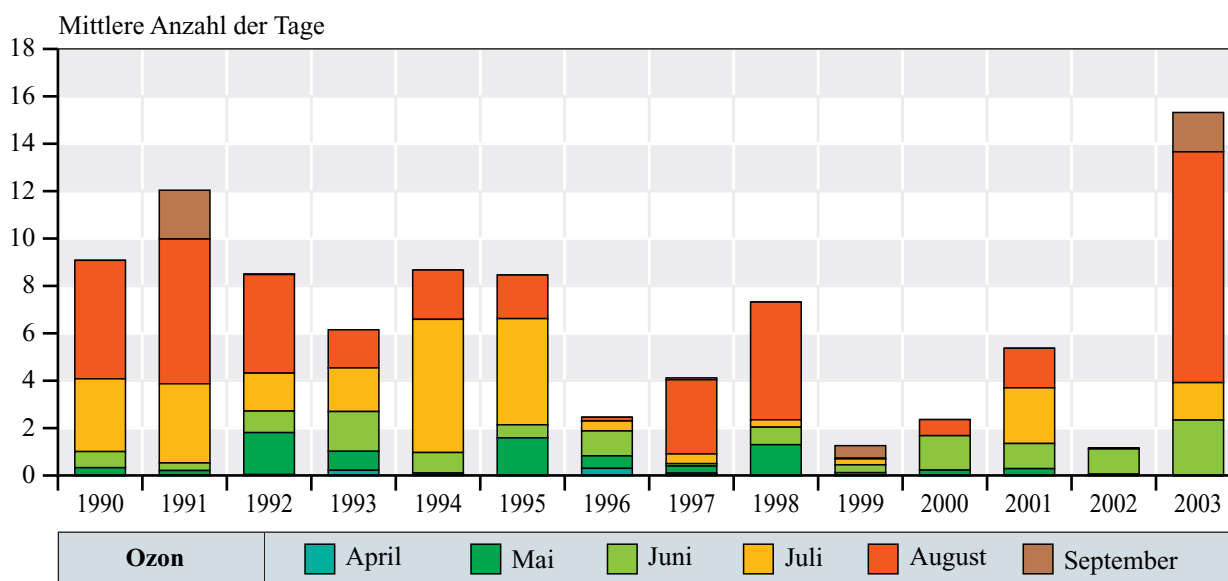
### 3 LANGJÄHRIGE OZONENTWICKLUNG

In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick über den langjährigen Verlauf der Ozonkonzentrationen gegeben.

Abbildung 3-1 zeigt die mittlere Anzahl von Tagen pro Station mit Überschreitungen des Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Zeitraum 1990 bis 2003. Die Überschreitungen sind nach Monaten aufgeteilt. Im Jahr 2003 wurden im Mittel die meisten Überschreitungen seit 1990 festgestellt. Herausragend ist der Monat August mit deutlich mehr Überschreitungen als in den Vorjahren. Die Abbildung zeigt auch, wie ungewöhnlich eine Ozonepisode im September ist. Dies war neben 2003 nur in den Jahren 1991 und 1999 der Fall. Auffallend in dem Vergleich ist noch das Jahr 2002. In diesem Jahr traten nur im Juni Überschreitungen auf, während in den eigentlichen

Sommermonaten Juli und August aufgrund der wechselhaften Witterung keine erhöhten Ozonkonzentrationen festgestellt wurden.

Die maximalen Spitzenkonzentrationen für Ozon (1-Stunden-Mittelwerte) in Baden-Württemberg sind für die Jahre 1985 bis 2003 in Abbildung 3-2 dargestellt. Seit 1993 lagen die Ozonspitzenkonzentrationen deutlich unter den der vorangegangenen Jahre. Ausnahmen bilden die Jahre 2001 und 2003, in denen Spitzenkonzentrationen um  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht wurden. Der Schwellenwert der 22. BImSchV von  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Zeitraum 1985 bis 2003 nicht überschritten.



**Abbildung 3-1**

Mittlere Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des Schwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1h-Mittelwert) von 1990 bis 2003 im Mittel über die durchweg betriebenen Stationen des landesweiten Luftmessnetz Baden-Württemberg

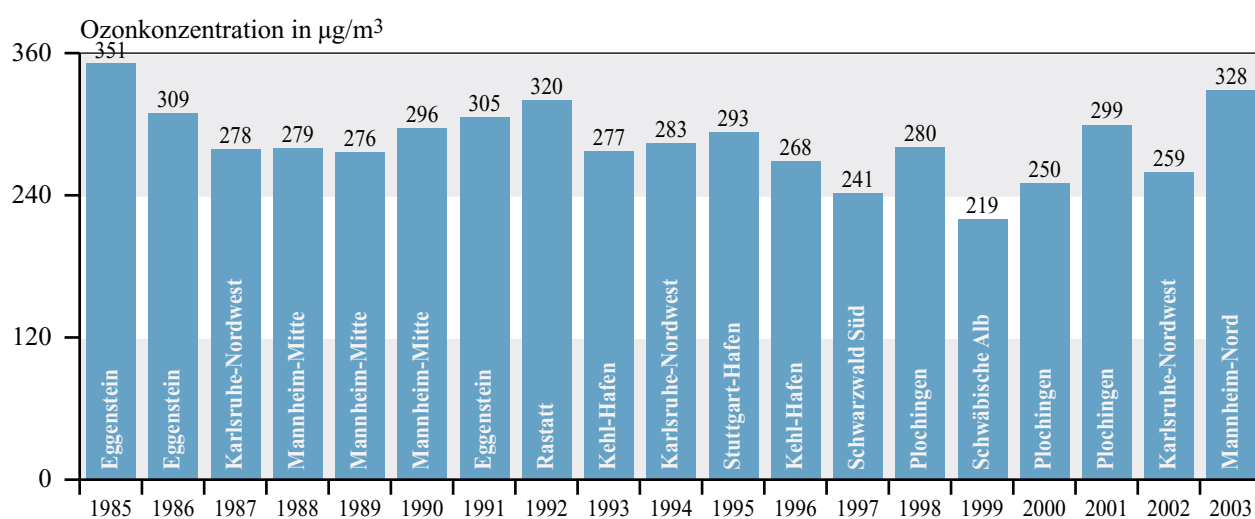
Regionale Unterschiede in der Ozonbelastung sowie die Entwicklung von Monats- und Jahresmittelwerten soll Abbildung 3-3 aufzeigen. Für den Zeitraum 1991 bis 2003 werden die Räume Rheingraben und Großraum Stuttgart sowie die Hintergrundstationen verglichen. In die Betrachtung gehen die folgenden Stationen ein:

- **Großraum Stuttgart:** ‘Ludwigsburg’, 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:** ‘Schwarzwald Süd’ und ‘Welzheimer Wald’

In Abbildung 3-3 sind die langjährigen Monats- und Jahresmittelwerte für Ozon in den verschiedenen Regionen sowie der Verlauf der mittleren Monats- und Jahrestemperatur für Mannheim für 1991 bis 2003

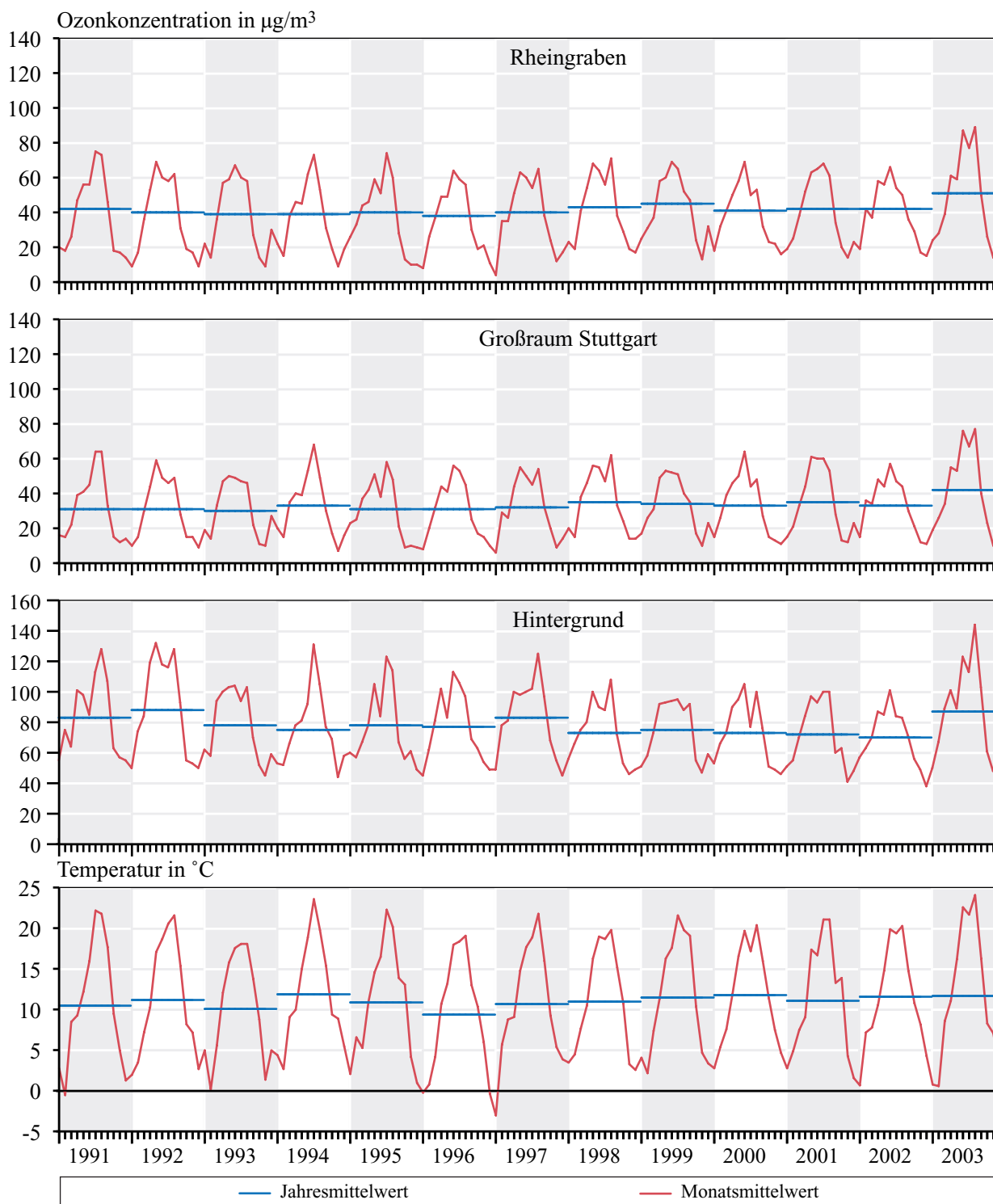
dargestellt. Für alle drei Regionen ist ein ausgeprägter Jahresgang mit hohen Ozonkonzentrationen in den Monaten April bis August erkennbar. Im Vergleich der Messstationen liegen die Werte im Mittel an den Hintergrundstationen auf einem höheren Niveau. Der Kurvenverlauf für den Rheingraben und den Großraum Stuttgart ist deutlich ausgeprägter, wobei der Rheingraben etwas höhere Werte als der Großraum Stuttgart aufweist. Die mittlere Ozonkonzentration lag im Jahr 2003 auf einem deutlich höheren Niveau als in den Vorjahren. Im Rheingraben wurde erstmalig seit 1991 ein Jahresmittelwert über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und im Großraum Stuttgart über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. An den Hintergrundstationen wurde das Niveau vom Jahr 1992 erreicht. Sehr hohe Monatsmittelwerte wiesen die Monate Juni und August 2003 auf mit Werten über  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Rheingraben und über  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Großraum Stuttgart. Aber auch im Juli lagen die Monatsmittelwerte über dem Niveau der Vorjahre. An den Hintergrundstationen wird im Monat August  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Monatsmittelwert überschritten.

Die höheren Ozonwerte im Rheingraben gegenüber dem Großraum Stuttgart liegen im besseren Ozonbildungspotential des Rheingrabens begründet. So sind



**Abbildung 3-2**

Maximale 1-Mittelwerte für Ozon aus dem landesweiten Luftmessnetz Baden-Württemberg für die Jahre 1985 bis 2003



**Abbildung 3-3**

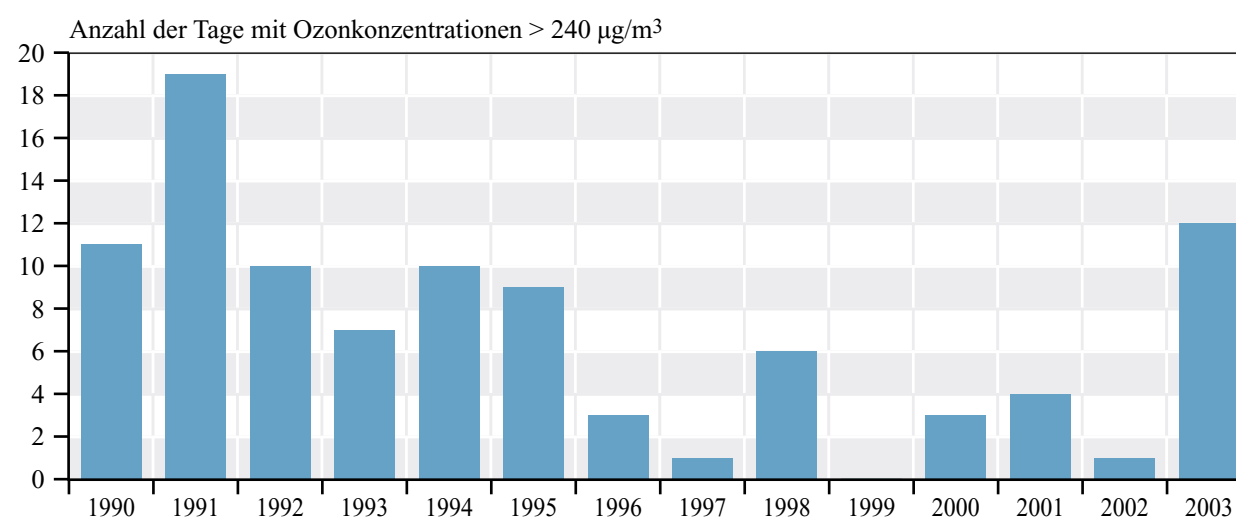
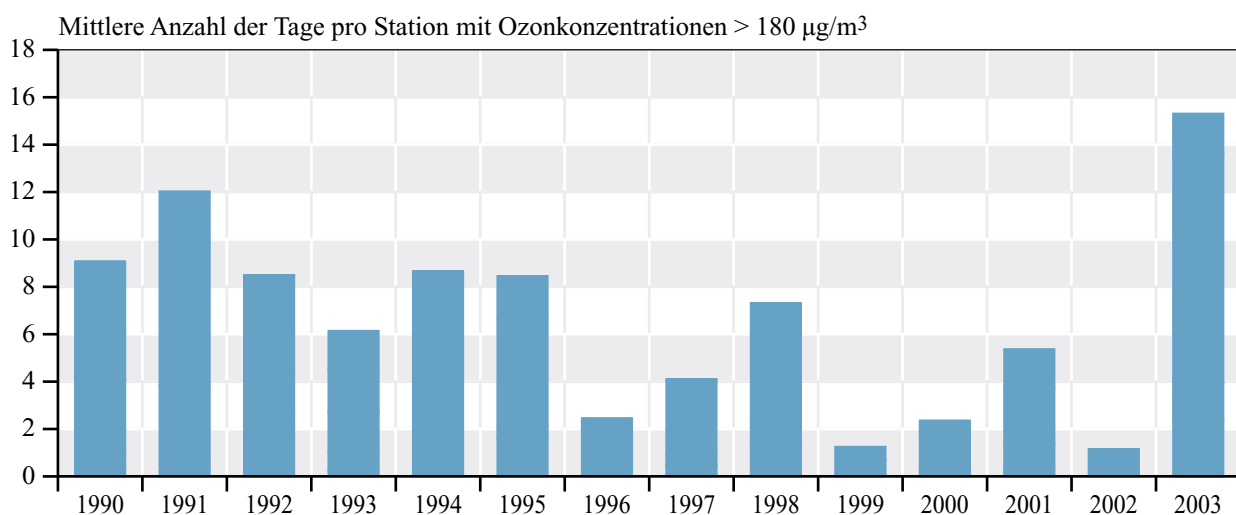
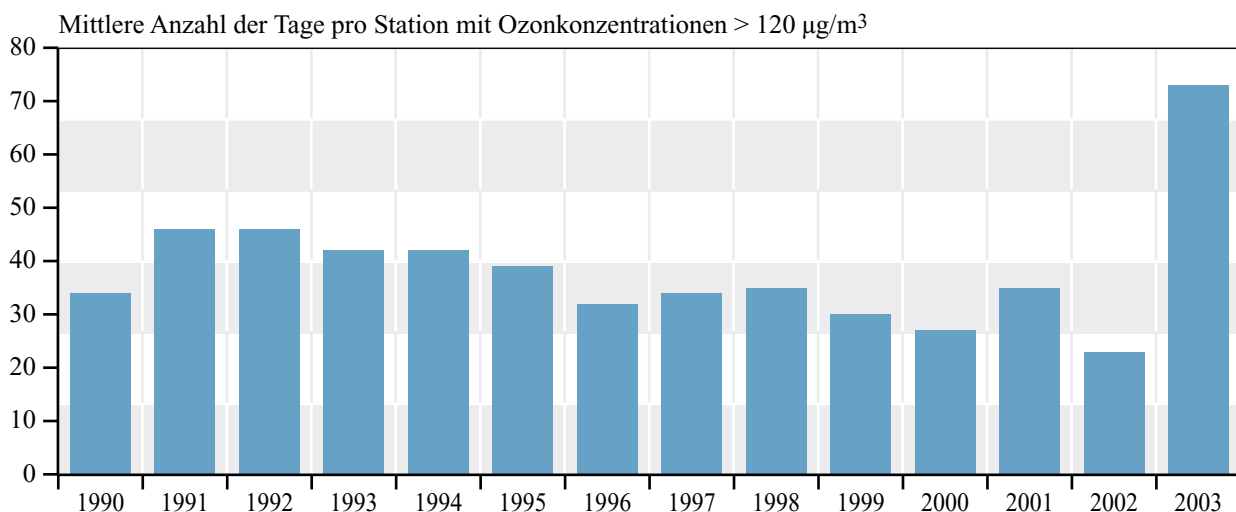
Verlauf der Monats- und Jahresmittelwerte für Ozon von 1991 bis 2003 im Rheingraben, Großraum Stuttgart und an den Hintergrundstationen in Baden-Württemberg sowie Verlauf der mittleren Monats- und Jahrestemperatur an der DWD-Station Mannheim (Quelle: DWD)

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 doppelt so hohes Ozonniveau. Die Hintergrundstationen liegen in höheren Regionen fernab von städtischen Emissionen. Dort ist zum einen die natürliche Ozonkonzentration höher als in tieferen Lagen, zum anderen fehlen reduzierende Luftverunreinigungen, während die verstärkten biogenen Emissionen bei hohen Temperaturen die Ozonbildung in Gang hält.

Der Sommer 2003 war außergewöhnlich heiß und trocken. Nach Berechnungen des DWD liegt die statistische Wiederkehrzeit für einen Sommer mit diesen Mitteltemperaturen bei über 1000 Jahren [DWD, 2003]. Hohe Temperaturen begünstigen die Ozonbildung, da sie zu einer erhöhten Emission von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen aus Pflanzen und aus von Menschen verursachten Quellen wie Lösungsmitteln führen [EEA, 2003]. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes wurden die Emissionen der Ozonvorläufer Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen bundesweit seit 1990 um 42 % bzw. 50 % reduziert [UBA-2, 2003]. D.h., wäre ein solcher Sommer Anfang der 90er Jahre aufgetreten, so wären deutlich höhere Ozonkonzentrationen zu erwarten gewesen. Dies unterstreicht auch die Abbildung 3-4, in der die mittlere Anzahl der Tage mit Überschreitungen des 8-Stunden-Wertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. des 1-Stunden-Wertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. die Anzahl der Tage mit Überschreitung von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seit 1990 dargestellt ist. Der 8-Stunden-Zielwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Jahr 2003 im Mittel an 73 Tagen überschritten, das sind 27 Tage mehr als in den Jahren 1991 und 1992. Dagegen wurde der Schwellenwert von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 1991 im Mittel an 12 Tagen und 2003 an 15 Tagen überschritten, während der Schwellenwert von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  1991 mit 19 Tagen deutlich häufiger überschritten wurde als im Rekordsommer 2003 mit 12 Tagen. Dies bekräftigt

die Aussage, dass die Abnahme der Emissionen an Ozonvorläufersubstanzen seit den 90er Jahren die Häufigkeit des Auftretens hoher Ozonkonzentrationen und die Höhe der Spitzenkonzentrationen reduziert hat.

Bezüglich der Überschreitung der Schwellenwerte der 22. BImSchV zeigt sich, dass die Zahl der Überschreitungen im Jahr 2003 außergewöhnlich hoch im Vergleich zu den Vorjahren lag. Allerdings ist, wie Abbildung 3-4 zeigt auch in relativ "ozonarmen" Sommern mit Überschreitungen der Schwellenwerte sowohl der 22. BImSchV als auch der zukünftigen 33. BImSchV zu rechnen.



**Abbildung 3-4**

Mittlere Anzahl von Tagen pro Station mit Überschreitung der Schwellenwerte von 120 µg/m³ (8h-Mittelwert gleitend) und 180 µg/m³ und Anzahl der Tage mit Überschreitung des Schwellenwerts von 240 µg/m³ (1h-Mittelwerte) in Baden-Württemberg von 1990 bis 2003

## 4 OZONEPISODE AUGUST 2003

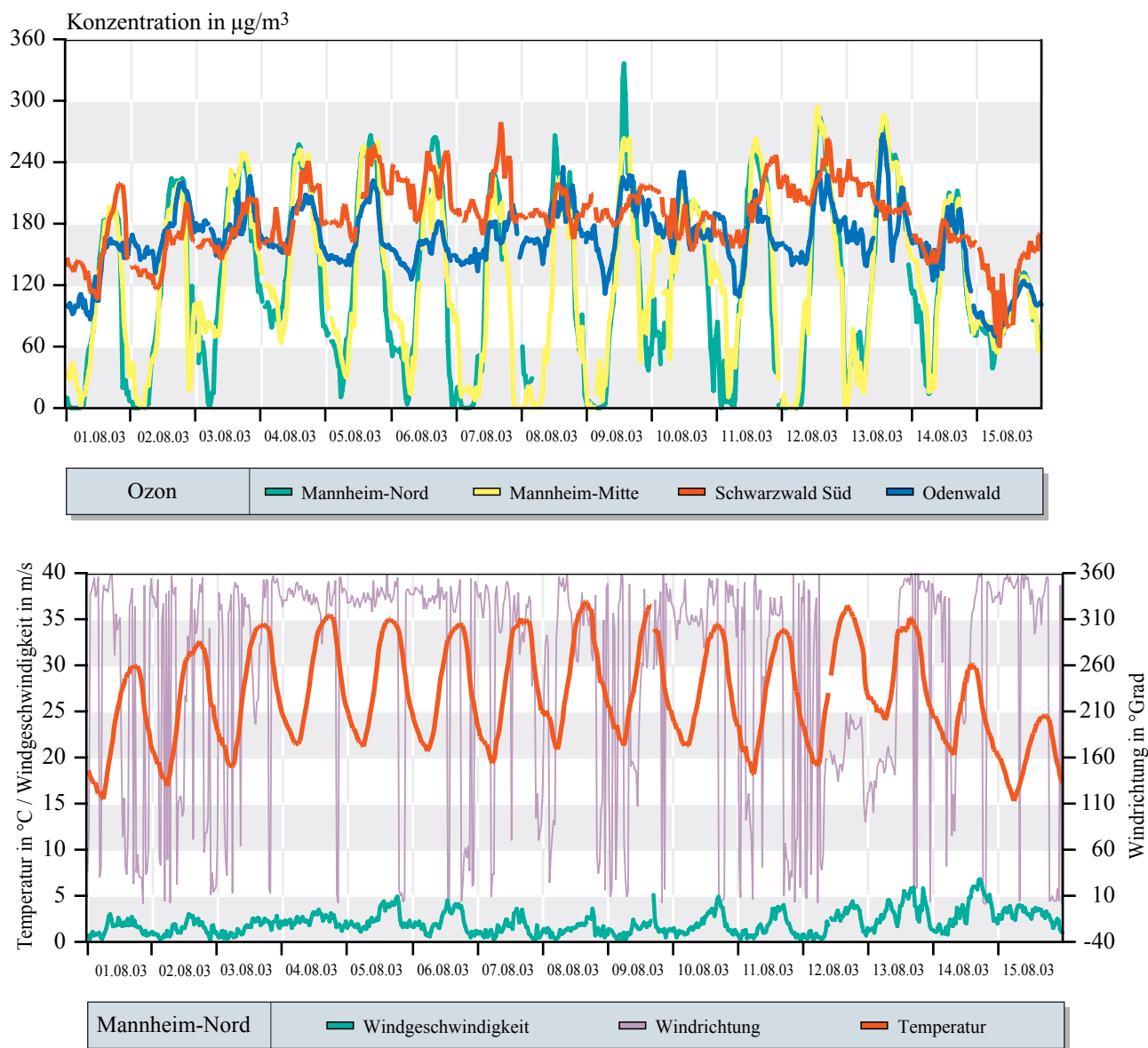
Die ausgeprägteste Ozonepisode im Sommer 2003 trat in den ersten beiden Augustwochen auf. Anfang August baute sich ein nahezu ortsfestes Hochdruckgebiet auf. Subtropische Luftmassen wurden nach Deutschland geführt und die Tageshöchsttemperaturen lagen fast landesweit 14 Tage über 30 °C, in den Regionen Rheingraben, Großraum Stuttgart auch über 35 °C (vgl. auch Abbildung 2-2). Die Intensität und Dauer der Sonneneinstrahlung erreichte in diesem Zeitraum Höchstwerte. Damit lagen optimale Bedingungen für die Ozonbildung vor. Zum Einen begünstigen hohe Temperaturen die photochemische Bildung von Ozon, zum Anderen nehmen die VOC-Emissionen aus der Vegetation und auch aus anthropogenen Quellen mit steigender Temperatur stark zu. Die stabile Wetterlage förderte zudem die Anreicherung von Ozon.

In Abbildung 4-1 ist der Verlauf der Ozonkonzentrationen an den Stationen Mannheim-Nord, Mannheim-Mitte und an den beiden Hintergrundstationen Odenwald und Schwarzwald-Süd vom 1. August bis 15. August 2003 dargestellt. Die Station Odenwald liegt östlich vom Raum Mannheim im Odenwald auf einer Höhe von 520 m ü. NN, die Station Schwarzwald-Süd auf einer Höhe von 920 m ü. NN. Die Abbildung 4-2 zeigt die meteorologischen Größen Windrichtung, -geschwindigkeit und Temperatur an der Station Mannheim-Nord ebenfalls für diesen Zeitraum. In den ersten Tagen des August stiegen sowohl die Temperaturen als auch die Maximalkonzentrationen von Ozon stetig an. Der Anstieg der nächtlichen Ozonwerte an den beiden Hintergrundstationen signalisiert die Ausbildung eines großräumigen "Ozonsockels". Auf diesen Ozonsockel setzte am 9. August die Ozonspitze an der Station Mannheim-Nord von 328 µg/m<sup>3</sup> auf. Während die beiden Mannheimer Stationen an

den anderen Tagen vergleichbar hohe Maximalwerte erreichten, so lag an diesem Tag der Maximalwert für Ozon an der Station Mannheim-Nord deutlich höher. Die Analyse der Winddaten zeigt, dass zu diesem Zeitpunkt und einige Stunden davor der Wind aus südwestlicher Richtung kam. Bei dieser Windrichtung liegt die Station Mannheim-Nord im Einflussbereich einer chemischen Anlage. Daher ist die Ozonspitze höchstwahrscheinlich auf eine lokale Zusatzbildung von Ozon im Lee der Anlage zurückzuführen. Nachdem am 11. August kurzzeitig etwas kühlere Festlandsluft aus Osten eingeflossen war, stiegen die Temperaturen und auch die Ozonwerte bis zum 13. August nochmals an. Danach beendete ein Tiefdruckausläufer die Ozonepisode.

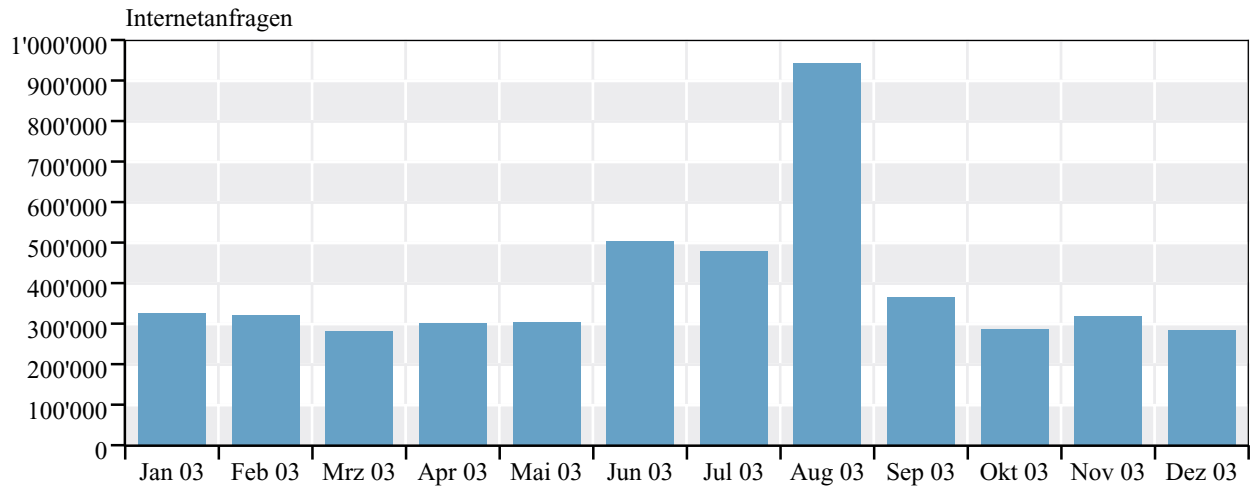
Die stabile Wetterlage und die damit verbundenen geringen Windgeschwindigkeiten in dem betrachteten Zeitraum ermöglichten einen kontinuierlichen Ozonaufbau. Die darüber hinaus zu beobachtende Ozonspitze an der Station Mannheim-Nord ist auf einen lokalen Effekt zurückzuführen.

Die UMEG informiert, wie in der Einleitung erwähnt, über verschiedene Medien die Bevölkerung. Immer intensiver wird das Internet zur Informationsfindung herangezogen. Abbildung 4-2 zeigt die monatlichen Internetanfragen der UMEG-Seite ([www.umeg.de](http://www.umeg.de)) von Januar bis Dezember 2003. Hier zeigt sich, dass neben einem Grundinteresse (ca. 300 000 Anfragen im Monat) die Zahl der Anfragen im Sommer deutlich mit der Ozonentwicklung zunimmt. So wurden im August fast 1 000 000 Anfragen gezählt. In Abbildung 4-3 wurden die täglichen Internetanfragen für den Zeitraum 1. August bis 22. September 2003 in Verbindung mit dem täglichen Ozonmaximum, der Anzahl der Stationen > 180 µg/m<sup>3</sup> bzw. der täglichen



**Abbildung 4-1**

Verlauf der Ozonkonzentrationen an den Stationen Mannheim-Nord, Mannheim-Mitte, Odenwald und Schwarzwald Süd sowie Verlauf von Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Temperatur an der Station Mannheim-Nord vom 1. August bis 15. August 2003



**Abbildung 4-2**

Monatliche Anfragen der UMEG-Internetseite <http://www.umeg.de>

Maximaltemperatur (Messungen an den Stationen des landesweiten Messnetzes; Skala von 30 °C bis 42 °C) herausgegriffen. Deutlich ist der steile Anstieg der Zahl der Internetanfragen mit der Anzahl der Stationen > 180 µg/m<sup>3</sup> und Maximaltemperaturen über 30 °C zu sehen, während der höchste Ozonwert im Land weniger Einfluss auf das Interesse der Bevölkerung zu haben scheint. Der Einbruch bei den Internetanfragen am Tag des höchsten Ozonwertes am 9.8.2003 ist darauf zurückzuführen, dass der 9.8.2003 ein Samstag und der erreichte Maximalwert an der Station Mannheim-Nord ein Einzelereignis war. Allgemein sind an den Wochenenden weniger Anfragen zu verzeichnen. Interessant ist, dass zu Beginn der Ozonperiode bzw. der Hitzeperiode das öffentliche Interesse an der Schadstoffsituation groß war, dass jedoch im weiteren Verlauf ein gewisser Gewöhnungseffekt eintrat. Die Zahl der Anfragen in der zweiten Augustwoche lag noch doppelt bis dreifach so hoch wie im Durchschnitt, sie war jedoch im Vergleich zur ersten Augustwoche um etwa 40 % gesunken. Die Ozonperiode im September konnte nach dem allgemein ozonreichen Sommer kaum mehr ein übermäßiges Interesse wecken.



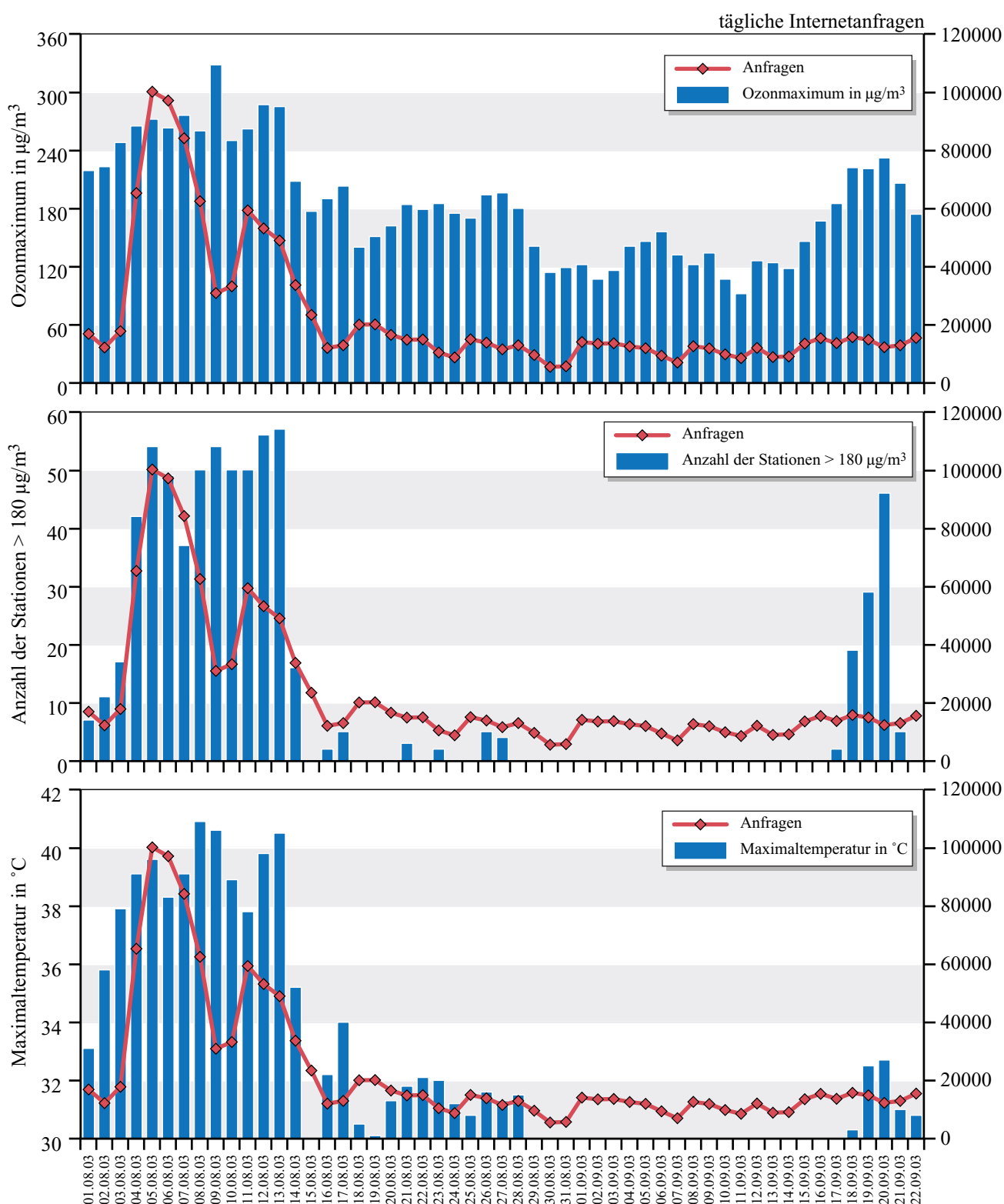


Abbildung 4-3

Zahl der tägl. Internetanfragen im Zusammenhang mit verschiedenen Parameter im Zeitraum 1.08. bis 22.09.2003

## LITERATUR

[22. BImSchV] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV) vom 11.9.2002, in der Fassung vom 11.9.2002 (BGBl. I S. 3626)

[2002/3/EG] Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft (3. Tochterrichtlinie) (Abl. EG, L 67 S. 14)

[92/72/EWG] Richtlinie 92/72/EWG des Rates vom 21. September 1992 über die Luftverschmutzung durch Ozon (Abl. EG, L297 S.1), aufgehoben zum 9. September 2003 durch die Richtlinie 2002/3/EG vom 12. Februar 2002 (Abl. EG, L 67 S. 14)

[33. BImSchV/E] Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen - 33. BImSchV) Entwurf

[DWD, 2003] Deutscher Wetterdienst: DWD/Internet: [www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/temp/Rekordsommer\\_2003.pdf](http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/temp/Rekordsommer_2003.pdf)

[EEA, 2003] European Environment Agency, Pressemitteilung Kopenhagen, 24.10.03, "Im Sommer erreicht...]

[Simpson, 1995] Biogenic emission in Europe 2: Implications for ozone control strategies. in J. Geophys. Res., Bd. 100, No D11, S. 22891-22906

[Stohl et al., 1996] An European inventory of soil nitric oxide emissions and the effect of these emissions on the photochemical formation of ozone. In Atmospheric Environment, Bd 30, S. 3741-3755

[UBA-1, 2003] Umweltbundesamt: Hintergrundinformation Sommersmog; Berlin; Mai 2003

[UBA-2, 2003] Umweltbundesamt: Kurzbericht - Ozonsituation 2003 in der Bundesrepublik Deutschland; Berlin; Dezember 2003

[VDI 2310] Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 2310; Maximale Immissions-Wert; September 1974