

LIS - Berichte

Nr. 55

Analyse der Smoglage
vom 16.-21. Januar 1985
im Rhein-Ruhr-Gebiet
Teil 1: Text- und Bildband



Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1985

ISSN 0720-8499

Analyse der Smoglage vom
16. bis 21. Januar 1985 im
Rhein-Ruhr-Gebiet
Teil 1: Text- und Bildband

S. Külske, J. Giebel, Dr. H.-U. Pfeffer
und Dr. R. Beier

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

	Seite
Zusammenfassung	7
1. Einleitung	10
2. Der Alarmablauf und die verfügbaren Maßnahmen	13
3. Die Wetterlage	15
4. Die zeitliche und räumliche Immissionsentwicklung	17
4.1. Überblick über die Immissionsentwicklung	17
4.2. Schwefeldioxid	20
4.3. Schwebstaub	31
4.4. Stickstoffmonoxid	35
4.5. Stickstoffdioxid	40
4.6. Kohlenmonoxid	42
4.7. Smogindex	43
5. Detailanalyse von Ferntransporten	45
6. Beitrag des Kfz-Verkehrs zur Immissionsbelastung	54
7. Auswirkung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Bereich der Industrie	70
8. Bild- und Tabellenanhang	A 1 - A 71

ANALYSE DER SMOGLAGE VOM 16.- 21. JANUAR 1985 IM RHEIN-RUHR-GEBIET

TEIL 1: Text- und Bildband

S. Külske, J. Giebel, Dr. H.-U. Pfeffer und Dr. R. Beier

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Smoglage im Rhein-Ruhr-Gebiet wurde anhand des zeitlichen und räumlichen Verlaufes der Immissionskonzentration von Schwefeldioxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Schwebstaub und des Smogindex im Hinblick auf meteorologische und emissionsseitige Ursachen analysiert. Die Analyse führte zu folgenden Ergebnissen:

- Die Smoglage entstand durch eine ungewöhnliche, langandauernde und extrem austauscharme Wetterlage. Die austauscharme Wetterlage dauerte vom 15.01. bis 20.01. - über 6 Tage - an. Unser Gebiet lag am Rande einer von Skandinavien nach Osteuropa reichenden Hochdruckzone in einer gradientschwachen Übergangszone. Dies führte zu geringen Windgeschwindigkeiten und überwiegend östlichen Windrichtungen. In Bodennähe wurde Kaltluft herangeführt, in der Höhe floß Warmluft aus südlichen Richtungen ein, wodurch sich langandauernde Inversionsschichtungen ausbildeten. Eine geschlossene Schneedecke führte zu einer ständigen Neubildung von Kaltluft. Die sehr niedrigen Lufttemperaturen (Tagesmittelwerte zwischen -13°C und -8°C) ließen die Schadstoffemissionen durch vermehrten Energieverbrauch und durch verstärktes Heizen zusätzlich ansteigen.

- Smogalarm wurde in den beiden Warngebieten des Ruhrgebietes ausgelöst. Die gesamte Warnzeit betrug im westlichen Ruhrgebiet 4 Tage und 13 Stunden, davon 47 Stunden Alarmstufe 1, 44 Stunden Alarmstufe 2 und 18 Stunden Alarmstufe 3. Die Warnzeit im östlichen Ruhrgebiet betrug insgesamt 4 Tage und 18 Stunden, davon 60 Stunden Alarmstufe 1 und 54 Stunden Alarmstufe 2.

In der Alarmstufe 2 wurden Verkehrsbeschränkungen und Emissionsreduktionen angeordnet. Bei der Alarmstufe 3 wurden darüber hinaus sehr stark emittierende Betriebe stillgelegt.

- Auch in der Rheinschiene (Bereich Köln, Leverkusen, Düsseldorf) war die Immissionsbelastung zeitweise stark erhöht. Dieses Gebiet gehörte jedoch nach der gültigen Smogverordnung nicht zum Smogwarngebiet, so daß eine offizielle Auslösung von Smogalarm unterblieb. Hätte der Alarmplan auch für die Rheinschiene bestanden, so hätte für Rheinschiene-Süd (Bereich Köln) Smogalarm der Stufe 1 und für Rheinschiene Mitte (Bereich Düsseldorf) Smogalarm der Stufen 1 und 2 ausgerufen werden müssen.

- Von den Immissionskomponenten der Smogverordnung - Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid als Einzelkomponenten sowie der Smogindex als Summenwert aus Schwefeldioxid und Schwebstaub - war der Smogindex in bezug auf die Alarmschwellen die kritische Komponente. Diese Komponente steuerte im wesentlichen den Alarmablauf. Der höchste Smogindexwert im Ruhrgebiet wurde im Raum Duisburg mit $1,75 \text{ mg/m}^3$ gemessen. In der Rheinschiene Süd (Raum Köln) wurde ein Höchstwert von $1,52 \text{ mg/m}^3$ erreicht. Im Raum Düsseldorf betrug der Höchstwert $1,56 \text{ mg/m}^3$.

Neben dem Smogindex hatten die SO_2 -Belastung als Einzelkomponente und der Schwebstaub als Teilkomponente zur Berechnung des Smogindex eine besondere Bedeutung. Beide Komponenten zeigten stark erhöhte Werte. So überschritt als erste Komponente das Schwefeldioxid die Warnschwelle für die Warnstufe 1. Das höchste 3-Stunden-Mittel der SO_2 -Konzentration betrug im Ruhrgebiet $1,37 \text{ mg/m}^3$. Im Raum Düsseldorf wurden maximal $0,89 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ im 3-Stunden-Mittel erreicht. Im Raum Köln betrug der Höchstwert $1,06 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$.

Die höchsten 3-Stunden-Mittel der Schwebstaubkonzentration betragen $0,84 \text{ mg/m}^3$ im Ruhrgebiet, $0,66 \text{ mg/m}^3$ im Raum Düsseldorf und $0,54 \text{ mg/m}^3$ in der südlichen Rheinschiene (Bereich Köln).

Die Konzentrationen von Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid waren zwar erhöht, überschritten jedoch nicht die Alarmschwellen. Als höchste 3-Stunden-Mittel der NO_2 -Konzentrationen wurden gemessen: $0,29 \text{ mg/m}^3$ im Ruhrgebiet, $0,33 \text{ mg/m}^3$ im Raum Düsseldorf und $0,32 \text{ mg/m}^3$ im Raum Köln.

Die höchsten 3-Stunden-Mittel der CO-Konzentrationen betragen: 12 mg/m^3 im Ruhrgebiet, 13 mg/m^3 im Raum Düsseldorf und 15 mg/m^3 im Raum Köln.

- Aus Trajektorienbetrachtungen, durch Immissionsvergleiche hessischer Meßstationen (Bereich Kassel), Meßstationen im Eggegebirge und in der Eifel mit Meßstationen im Rhein-Ruhr-Gebiet sowie aus Immissionsanalysen innerhalb des Rhein-Ruhr-Gebietes ergibt sich, daß die Smoglage über mehrere Tage wesentlich durch Ferntransporte aus dem Bereich der DDR, Polen und der CSSR beeinflusst wurde. Abschätzungen führen bei der Komponente Schwefeldioxid zu Fremdimmissionsanteilen am Ostrand des Ruhrgebietes von 50 bis 60 % und im westlichen Ruhrgebiet zu Anteilen von 30 bis 50 %.

Nach niederländischen Analysen wurde die SO_2 -Belastung in den Niederlanden, die auch dort stark erhöht war, während der Zeit vom 12.-19.01. zu 55 % aus der DDR und Polen und zu 25 % aus der Bundesrepublik verursacht. Diese Angaben decken sich weitgehend mit den für das Ruhrgebiet ermittelten Schätzwerten.

- Der Ferntransport führte zu einer großräumigen Verschmutzung der Atmosphäre. So waren das nördliche Hessen, größere Teile Nordrhein-Westfalens und vor allem am 21.01. Niedersachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein betroffen.

An der TEMES-Station im Eggegebirge - einer Waldmeßstation - wurden SO_2 -Konzentrationen von bis zu $1,19 \text{ mg/m}^3$ (3-Stunden-Mittel) registriert. Die Schwebstaubkonzentrationen erreichten $0,44 \text{ mg/m}^3$ (3-Stunden-Mittel). Der Smogindex erreichte maximal $1,54 \text{ mg/m}^3$. Die Belastung in der Eifel war geringer. Hier wurden als höchste 3-Stunden-Mittel registriert: $0,66 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$, $0,39 \text{ mg Schwebstaub/m}^3$ und $0,73 \text{ mg/m}^3$ als Smogindexwert.

- Die Immissionsbelastung in der Rheinschiene unterschied sich im zeitlichen Immissionsverlauf überwiegend deutlich von der des Ruhrgebietes. Die Ursache dafür ist die unterschiedliche Ausrichtung der Gebiete bezüglich der Himmelsrichtung, so daß gleiche Windrichtungen zu unterschiedlichen Transport- und Durchlüftungsbedingungen führten.

Zeitweise waren die Windverhältnisse in beiden Gebieten deutlich unterschiedlich.

- Über eine längere Zeit stellte sich, während gleichzeitig im Ruhrgebiet östliche Windrichtungen herrschten, im Bereich der Rheinschiene eine nördliche Windrichtung ein. Dies führte zu Schadstofftransporten aus dem Ruhrgebiet in die Rheinschiene.

- Während der Smoglage durchgeführte mobile Immissionsmessungen außerhalb der Belastungsgebiete sowie die räumliche Verteilung der Schadstoffbelastungen an der jeweiligen Lee-Seite der Belastungsgebiete führen zu dem Schluß, daß die hoch belasteten Flächen deutlich über die Grenzen der Belastungsgebiete hinausreichten.

- Die während der Warnstufen 2 und 3 durchgeführten Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung in den Sperrbezirken - im westlichen Ruhrgebiet betrug die Gesamtzeit des Kfz-Verbotes insgesamt 32 Stunden, im östlichen Ruhrgebiet 18 Stunden - führten nach einer für den 19.01. durchgeführten Abschätzung im Bereich der TEMES-Stationen bei Stickstoffmonoxid zu einer Immissionsentlastung von 40 bis 50 %. Im Bereich stark befahrener Straßen ist die Entlastung höher anzusetzen.

Für den Bereich stärker befahrener Straßen ergab eine für Kohlenmonoxid durchgeführte Abschätzung für den 18.01. eine Immissionsentlastung um zwei Drittel. In dem Entlastungswert für den 19.01., einem Sonnabend, ist allerdings zusätzlich der Effekt des verminderten Wochenendverkehrs enthalten.

- Es ist nicht eindeutig festzustellen, ob die bei der Warnstufe 2 verfügbaren Emissionsminderungsmaßnahmen sowie die Betriebsstillegungen bei der Warnstufe 3 zu Immissionsentlastungen innerhalb der Smoggebiete geführt haben.

Es kann davon ausgegangen werden, daß bei der überwiegend geringen Mischungsschichthöhe Emissionsreduzierungen bei Anlagen, deren Kaminhöhen größer als 150 m sind, keine merkbaren Immissionsminderungen im Belastungsgebiet selbst zur Folge hatten, da die Emissionen überwiegend in die Inversionsschichten oberhalb der Mischungsschicht gelangt sind. Überwiegend gelangten diese Emissionen erst außerhalb der Belastungsgebiete zum Boden. Die während der Alarmstufe 3 (vom 18.01., 14.40 Uhr bis 19.01., 9.05 Uhr) im westlichen Ruhrgebiet verfüzten Betriebsstillegungen prägten sich im Immissionsverlauf nicht unmittelbar aus. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Ursache dafür in der Änderung der meteorologischen Bedingungen während dieser Zeit zu suchen ist. So wies die Mischungsschichthöhe während der Alarmstufe 3 äußerst niedrige Werte auf. Sie sank am 18.01., nach 15.00 Uhr, innerhalb weniger Stunden von etwa 150 m über Boden auf 0 m ab, d.h., in weiten Teilen des Ruhrgebietes lag in der Nacht vom 18. auf den 19.01. eine Bodeninversion vor. Die Windgeschwindigkeit frischte zeitweise auf, die Windrichtung drehte gebietsweise von überwiegend Ost auf Nordost, was zu einer Veränderung der Schadstoffadvektion führte. Diese geänderten meteorologischen Bedingungen können zu einer Kompensation des Emissionsminderungseffektes geführt haben. Generell ist jedoch davon auszugehen, daß Emissionsverminderungen zu einer Immissionsverringerung führen. In jedem Fall wird daher die Emissionsverminderung zu einem Effekt in größerer Entfernung geführt haben. Bei Smoglagen mit größeren Austauschhöhen sind die Minderungseffekte auch bei höheren Schornsteinen im Smoggebiet selbst zu erwarten.

1. Einleitung

Am 15. Januar 1985 wurde eine Periode sehr hoher Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet sowie auch in den angrenzenden Gebieten der Rheinschiene von Köln bis Wesel eingeleitet. Diese Periode dauerte bis zum 20. Januar 1985 an. Während dieser Zeit mußte im Smoggebiet 1 (östliches Ruhrgebiet) Smogalarm der Stufen 1 und 2 und im Smoggebiet 2 (westliches Ruhrgebiet) Smogalarm der Stufen 1-3 ausgerufen werden. Die Auslösung der Alarmstufen erfolgte auf der Basis einer geänderten Smogverordnung für das Land Nordrhein-Westfalen [1], die am 17.01.1985 in Kraft trat.

Die Schwellenwerte für die Auslösung der Alarmstufen 1 und 2 waren auch an mehreren Meßstationen in den Belastungsgebieten der Rheinschiene (Bereich Köln, Leverkusen, Düsseldorf) überschritten. Eine offizielle Alarmauslösung erfolgte hier jedoch nicht, da diese Gebiete bisher nicht in den Smog-Alarmplan einbezogen sind. Dies war in der Vergangenheit auch nicht erforderlich, da eine Überschreitung der bis zum 17.01.1985 gültigen Alarmschwellen und die Erfüllung der sonstigen Auslösebedingungen in diesen Gebieten nicht zu erwarten war. Durch die geänderten Warnbedingungen kommt es nach der neuen Smogverordnung zu einer frühzeitigeren Alarmauslösung.

Nach der neuen Smogverordnung sind folgende Alarmbedingungen gegeben:

Alarmstufe 1 wird ausgelöst bei Überschreitung folgender Schwellen:

3-Stunden-Mittel:	0,60 mg SO ₂ /m ³ oder 0,60 mg NO ₂ /m ³ oder 30 mg CO/m ³ oder
24-Stunden-Mittel:	Summenwert (Indexwert) aus SO ₂ und 2 x Schwebstaub: 1,10 mg/m ³ .

Die Schwellenwerte für die Alarmstufe 2 betragen:

3-Stunden-Mittel:	1,20 mg SO ₂ /m ³ oder 1,00 mg NO ₂ /m ³ oder 45 mg CO/m ³ oder
24-Stunden-Mittel:	Summenwert aus SO ₂ und 2 x Schwebstaub: 1,40 mg/m ³ .

Die Schwellenwerte für die Alarmstufe 3 betragen:

3-Stunden-Mittel:	1,80 mg SO ₂ /m ³ oder 1,40 mg NO ₂ /m ³ oder 60 mg CO/m ³ oder
24-Stunden-Mittel:	Summenwert aus SO ₂ und 2 x Schwebstaub: 1,70 mg/m ³ .

Die Zeitmittel sind alle drei Stunden zu bilden.

Die Alarmstufen 2 und 3 können auch über einen sogenannten Zeitumschaltfaktor ausgelöst werden. So muß Alarmstufe 2 auch dann ausgelöst werden, wenn die Schwelle der Alarmstufe 1 (Summenwert) 3 Tage lang überschritten war; desgleichen muß die Alarmstufe 3 ausgelöst werden, wenn die Schwelle der Alarmstufe 2 (Summenwert) drei Tage lang überschritten war. Die Schwellenwerte müssen gleichzeitig an wenigstens 2 Meßstationen von je 6 Smogwarndienst-Meßstationen in einem der beiden Smoggebiete (östliches Ruhrgebiet, westliches Ruhrgebiet) überschritten sein. Als weitere Bedingung muß eine sogenannte austauscharme Wetterlage (Inversion in den untersten 700 m der Atmosphäre und 12-Stunden-Mittel der Windgeschwindigkeit < 1,5 m/s) gegeben sein und deren weiteres Bestehen über 24 Stunden prognostiziert sein.

Die Verschärfung der Smogverordnung beruht in erster Linie auf der Herabsetzung der Schwellenwerte für Schwefeldioxid auf 75 % der Werte der früheren Verordnung sowie auf der Einführung eines 24stündigen Indexwertes aus SO₂ und Schwebstaub mit einem Wichtungsfaktor von 2 für Schwebstaub. Dieser Indexwert steuerte im wesentlichen den Alarmablauf während dieser Smogperiode. Gleichzeitig wirkt auch die Herabsetzung der für eine Alarmauslösung erforderlichen Anzahl von Meßstationen in einem Gebiet mit Schwellenwertüberschreitungen von 4 auf 2 Stationen verschärfend.

Seit Bestehen des Smog-Warnsystems im Lande Nordrhein-Westfalen - seit dem Jahre 1964 - war es das erste Mal, daß alle drei Alarmstufen ausgelöst werden mußten. In der Vergangenheit mußte nur einmal die Alarmstufe 1 für das Smoggebiet 2 ausgelöst werden (Januar 1979). Dies darf jedoch nicht zu dem Schluß führen, daß die Smoggefahr im Laufe der Jahre zugenommen hätte. Das Gegenteil ist eher richtig. Die Immissionsbelastung in den Ballungsgebieten der für die Alarmauslösung wichtigsten Komponenten Schwefeldioxid und Schwebstaub hat im Laufe der Jahre ständig abgenommen. Für das Ruhrgebiet beiträgt diese Abnahme für Schwefeldioxid, bezogen auf die Jahresmittelwerte, bei einem Vergleich der Jahre 1966 und 1984 60 %. Die Schwebstaubbelastung hat im Ruhrgebiet in der Zeit von 1968 bis 1984 im Jahresmittel gleichfalls um 60 % abgenommen [3].

Da die Höhe der Schadstoffbelastung bei einer ungünstigen Wetterlage wesentlich von dem vorhandenen Schadstoffpotential abhängt, kann die Smoggefahr heute als geringer gegenüber den 60er und 70er Jahren bezeichnet werden.

Einen Eindruck von den früher möglichen Schadstoffanreicherungen vermittelt die Abb. 1, die den SO_2 -Verlauf im Ruhrgebiet während der Smogtage vom 03. bis 07.12.1962 wiedergibt. Während dieser Lage wurden die SO_2 -Immissionen an 10 Meßorten im Ruhrgebiet vom Institut für Luftreinhaltung e.V., Essen-Bredeneu - einem Vorläuferinstitut der Landesanstalt -, registriert. Als Beispiel ist der SO_2 -Verlauf einer Meßstation im Stadtgebiet von Bottrop wiedergegeben. Danach wurden Maximalwerte von nahezu 6 mg SO_2/m^3 als 10-Minuten-Mittel erreicht. Der höchste 1-Stunden-Mittelwert betrug ca. 5 mg SO_2/m^3 . Das höchste Tagesmittel lag am 06.12.1962 bei 4 mg SO_2/m^3 .

Das höchste Tagesmittel während der Smoglage vom 15.-21.01.1985 betrug dagegen 0,72 mg SO_2/m^3 - weniger als 1/5 der Werte der Smoglage im Dezember 1962. Die Schwebstaubkonzentrationen konnten 1962 noch nicht gemessen werden. Nach einer Analyse des Wetteramtes Essen [2] waren die meteorologischen Bedingungen bezüglich Austauschcharakter der Wetterlagen (Inversionsbildung, geringe Windgeschwindigkeiten) im Dezember 1962 vergleichbar mit den Bedingungen im Januar 1985.

Das in den Folgejahren sinkende Immissionsniveau verhinderte, daß Smoglagen des Ausmaßes wie im Dezember 1962 jemals wieder aufgetreten sind. Zwar wurden auch danach wiederholt Situationen erhöhter Belastungen registriert, die Immissionskonzentrationen waren jedoch geringer. Daß jedoch seit 1964 nur einmal - im Januar 1979 - Smogalarm der niedrigsten Stufe 1 ausgelöst werden mußte, ist allerdings auf die früher höheren Alarmschwellenwerte zurückzuführen. Bei den heutigen Schwellenwerten wäre es jedoch auch in der Vergangenheit häufiger zu Smogalarm gekommen.

Den derzeit gültigen Alarmschwellen liegt ein Gutachten des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene der Universität Düsseldorf zugrunde [4]. Dieses Gutachten wurde inzwischen allerdings durch eine gemeinsame Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes und des obigen Instituts revidiert [5], was den für die Alarmauslösung entscheidenden Schwebstaub-Gewichtungsfaktor angeht, der vom

Medizinischen Institut für Umwelthygiene mit 2 angesetzt wurde und auch so in den bundeseinheitlichen Musterentwurf einer Smogverordnung als auch in die Smogverordnung NW übernommen wurde. In der gemeinsamen Stellungnahme der beiden Institute wird für den Gewichtungsfaktor nunmehr ein Bereich von 1,3 bis 1,6 angegeben. Inwieweit durch die Diskussion des Gewichtungsfaktors die derzeitigen Schwellenwerte für die Auslösung von Smogalarm in der Zukunft berührt werden, bleibt abzuwarten.

Die Konzeption des Smogwarndienstes hat sich gegenüber früher geändert. Wurde früher seine Aufgabe in der Katastrophenabwehr gesehen, steht heute der Gesichtspunkt der Prophylaxe im Vordergrund, d.h., durch relativ früh einsetzende Maßnahmen zur Senkung der Emissionen soll im Smogfall die Akkumulation gesundheitlich bedenklicher Immissionskonzentrationen verhindert werden.

2. D e r A l a r m a b l a u f u n d d i e v e r f ü g t e n M a ß n a h m e n

In den Nachtstunden des 15. Januars begannen bereits die Immissionskonzentrationen im Überwachungsgebiet anzusteigen. Die Smoglage wurde damit eingeleitet, wenn auch vorerst die Schwellenwerte für die Auslösung von Smogalarm noch nicht erreicht wurden.

Die höchsten 3-Stunden-Werte betragen am 15.01. $0,57 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$, $0,30 \text{ mg Schwebstaub}/\text{m}^3$, $0,59 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ und $4,8 \text{ mg CO}/\text{m}^3$. Der höchste Indexwert aus SO_2 und Schwebstaub betrug $0,82 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Bei weiter steigenden Immissionen wurde am 16.01. um 13.00 Uhr der Krisenstab, bestehend aus Vertretern des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales, des Innenministers und des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr sowie der Smogwarndienstausschuß einberufen. Der Smogwarndienstausschuß besteht u.a. aus Vertretern der Ministerien, der Regierungspräsidenten, der Industrie, der Gewerkschaften, der Landesanstalt für Immissionsschutz und des Deutschen Wetterdienstes. Um 13.55 und um 19.45 Uhr wurde die Bevölkerung in beiden Smoggebieten über die Medien darauf hingewiesen, daß mit einem Smogalarm gerechnet werden müsse. Die Auslösung des Smogalarms der Stufe 1 erfolgte dann am 17.01. um 0.00 Uhr für das östliche Ruhrgebiet mit dem Inkrafttreten der neuen Smogverordnung. Zwar waren die Bedingungen für die Alarmstufe 1 im östlichen Ruhrgebiet bereits um 15.00 Uhr am 16.01. erfüllt - die 3-Stunden-Mittelwerte der SO_2 -Konzentration lagen im östlichen Ruhrgebiet an 3 Smogwarndienststationen oberhalb von $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ - die neue Smogverordnung war jedoch noch nicht in Kraft. Für einen Alarm nach der alten Verordnung war die Immissionsbelastung noch nicht hoch genug.

Ab 18.00 Uhr war am 16.01. die Schwelle für den Indexwert von $1,10 \text{ mg}/\text{m}^3$ an zwei Smogwarndienststationen im östlichen Ruhrgebiet überschritten.

Am 17.01. um 2.30 Uhr wurde die Alarmstufe 1 auch für das westliche Ruhrgebiet (Smoggebiet 2) ausgerufen. Die Immissionsbelastung stieg jedoch laufend weiter an, so daß am 17.01. um 19.30 Uhr die Alarmstufe 2 für das westliche Ruhrgebiet ausgelöst werden mußte. Die Schwelle von $1,40 \text{ mg/m}^3$ für den Indexwert war an zwei Stationen überschritten.

Für das östliche Ruhrgebiet waren die Bedingungen für Smogalarm der Stufe 2 gleichfalls ab 21.00 Uhr am 17.01. hinsichtlich der Höhe der Indexwerte gegeben. Der Wetterdienst prognostizierte jedoch, daß die austauscharme Wetterlage nicht mehr 24 Stunden andauern würde, so daß die meteorologischen Voraussetzungen für die Auslösung der Smogwarnstufe 2 entfielen.

Am 18.01. um 9.20 Uhr ergab eine erneute Prognose des Wetterdienstes das Fortbestehen der austauscharmen Wetterlage. Um 10.00 Uhr wurde daraufhin auch für das östliche Ruhrgebiet die Alarmstufe 2 ausgerufen. Kurz darauf, um 12.00 Uhr, überschritt der Indexwert im westlichen Ruhrgebiet an zwei Stationen sogar die Schwelle von $1,70 \text{ mg/m}^3$. Es erfolgte Alarm der Stufe 3 für das westliche Ruhrgebiet um 14.40 Uhr. Da die Schwelle von $1,70 \text{ mg/m}^3$ jedoch um 21.00 Uhr überall unterschritten wurde, konnte am 19.01. um 9.05 Uhr die Alarmstufe 3 wieder aufgehoben werden. Es galt wiederum Alarmstufe 2 für das ganze Ruhrgebiet. Bei sinkender Immissionsbelastung konnte die Alarmstufe 2 dann am 20.01. um 10.05 Uhr im westlichen Ruhrgebiet auf Alarmstufe 1 zurückgenommen werden, im östlichen Ruhrgebiet erfolgte dies um 16.05 Uhr.

Am 20.01. wurde vom Deutschen Wetterdienst prognostiziert, daß die austauscharme Wetterlage nicht mehr 24 Stunden andauern würde. Trotz dieser zutreffenden Prognose - die Smoglage wurde in der Nacht vom 20.01. zum 21.01. beendet - stiegen die Immissionskonzentrationen am 20.01. im Laufe des Tages noch einmal stark an. Der Index überschritt die Schwelle der Alarmstufe 2. Da nach der Smogverordnung eine 24-stündige Andauer der austauscharmen Wetterlage jedoch eine der Bedingungen für die Alarmauslösung ist, unterblieb die erneute Auslösung der Alarmstufe 2. Am 21.01. konnte schließlich auch die Alarmstufe 1 um 15.45 Uhr im westlichen Ruhrgebiet und um 18.30 Uhr im östlichen Ruhrgebiet aufgehoben werden.

Die Smoglage dauerte damit insgesamt ca. 5 Tage. Die gesamte Warnzeit betrug im westlichen Ruhrgebiet 4 Tage und 13 Stunden, davon ca. 47 Stunden Alarmstufe 1, 44 Stunden Alarmstufe 2 und 18 Stunden Alarmstufe 3. Im östlichen Ruhrgebiet betrug die gesamte Warnzeit 4 Tage und 18 Stunden, davon ca. 60 Stunden Alarmstufe 1 und 54 Stunden Alarmstufe 2.

Mit der Auslösung der Alarmstufe 1 wurde die Bevölkerung zur freiwilligen Schadstoffreduzierung aufgerufen und appelliert, die Kraftfahrzeuge nicht zu benutzen. Herz- und Kreislaufkranken und Personen mit Atemwegserkrankungen wurde empfohlen, sich möglichst nicht im Freien aufzuhalten.

Mit Auslösung der Alarmstufe 2 wurde zur Smogabwehr ein Kfz-Verkehrsverbot in den Sperrgebieten für die Zeit von 6.00 Uhr bis 10.00 Uhr und von 15.00 Uhr

bis 20.00 Uhr verfügt. Betreiber größerer Feuerungsanlagen durften nur noch schwefelarme Brennstoffe einsetzen.

Bei der Alarmstufe 3 war das Kfz-Verkehrsverbot in den Sperrgebieten zeitlich unbeschränkt wirksam. Die Betreiber besonders stark emittierender Anlagen mußten den Betrieb einstellen oder die Produktion stark drosseln. Von diesen Maßnahmen waren mehrere hundert industrielle Anlagen betroffen [6].

3. Die Wetterlage

Anfang Januar setzte die Zufuhr arktischer Kaltluft aus nördlichen bis nordöstlichen Richtungen ein. Bei häufigen Schneefällen wurde damit eine Frostperiode eingeleitet, die bis zum 21.01. andauerte. Bis Mitte des Monats hatte sich verbreitet eine Schneedecke von ca. 20 cm Höhe gebildet. Die Witterungskonstellation vom 13. bis zum 20.01. war durch eine von Skandinavien nach Osteuropa reichende Hochdruckzone gekennzeichnet. Unser Gebiet lag am Rande dieser Hochdruckzone in einer gradientschwachen Übergangszone. Weiterhin wurde die Wetterlage durch ein Höhentief bestimmt, daß von Osten über Deutschland hinweg nach Südwest-Frankreich und dann in den Raum der Britischen Inseln wanderte. An der Ostflanke dieses Höhentiefs wurde in den bodennahen Schichten Kaltluft aus östlichen Richtungen und ab dem 14.01. Warmluft in der Höhe aus südlichen Richtungen in unser Gebiet geführt. Die Warmluftadvektion aus dem Mittelmeerraum konnte die bodennahe Kaltluft nicht beseitigen, zumal diese sich über der geschlossenen Schneedecke ständig neu bildete.

Nachstehende Tabelle gibt die Tagesmittelwerte der Temperatur während dieser Zeit aus dem Ruhrgebiet wieder.

Tabelle 1: Tagesmittelwerte der Temperatur im Ruhrgebiet in °C (Meßstation Niederaden)

Datum	Tagesmittel
14.01.	- 12,4
15.01.	- 11,1
16.01.	- 11,0
17.01.	- 10,6
18.01.	- 12,9
19.01.	- 12,9
20.01.	- 7,8
21.01.	+ 1,3

Diese tiefen Temperaturen hielten in Verbindung mit der Warmluft in der Höhe nicht nur die sehr stabile Inversionsschichtung aufrecht, sondern führten auch wegen des erhöhten Energiebedarfs zu erhöhten Emissionen im Hausbrandbereich.

In der Nacht vom 20.01 bis zum 21.01. erreichte ein Ausläufer eines umfangreichen Tiefs über den Britischen Inseln Nordrhein-Westfalen und beendete die Smoglage. Die Wetteränderung erfaßte bei auffrischendem Wind aus Südost zuerst die Rheinschiene und griff später auf das Ruhrgebiet über.

Die wesentlich eine austauscharme Wetterlage bestimmenden meteorologischen Größen sind die Höhenlage, Mächtigkeit und der Gradient der Temperaturinversion sowie die Windgeschwindigkeit, denn niedrig liegende Temperaturinversionen schränken den vertikalen Austauschraum ein, niedrige Windgeschwindigkeiten vermindern die Verdünnung der Emissionen. Die Abbildung 2, entnommen der meteorologischen Analyse der Smogwetterlage des Wetteramtes Essen [2], zeigt den zeitlichen Verlauf der vertikalen Temperaturschichtung vom 16.01. bis 21.01. im Ruhrgebiet (Meßstandorte: Bottrop und Gelsenkirchen). Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß in den untersten 1500 m der Atmosphäre mehrere Inversionen übereinander lagen. In der überwiegenden Zeit schränkte die unterste Inversion den vertikalen Austauschraum auf weniger als 150 m über Grund ein. Am 16.01., 18.01. und 19.01. vergrößerte sich der Austauschraum vornehmlich in der Mittagszeit vorübergehend auf 200 m bis 300 m über Grund. Am 20.01. betrug der Austauschraum ganztägig weniger als 100 m. Es handelte sich überwiegend um starke Inversionsbildungen. Die Abbildung 3 (entnommen aus [2]) zeigt den vertikalen Temperaturverlauf vom 17.01. und 18.01. am Wetteramt Essen und in Gelsenkirchen. So betrug am 18.01. um 20.00 Uhr in Gelsenkirchen die vertikale Temperaturzunahme vom Boden bis 500 m über Grund 10 K. Die Bodentemperatur betrug -8°C , in 500 m Höhe über Grund wurden $+2^{\circ}\text{C}$ gemessen.

Die Abbildung 4 zeigt Zeit-Höhenschnitte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit bis zu einer Höhe von 1500 m über NN (entnommen [2]) vom 15.01. bis 21.01. Es dominierten in der gesamten Höhenschicht östliche Windrichtungen. Ausnahmen bildeten der 16.01. An diesem Tag kam der Wind in den untersten 500 m bei Windgeschwindigkeiten kleiner 2 m/s aus West bis Nord. Der 18.01. zeigte oberhalb 700 m Winde aus Süd bis Südwest, die im Laufe des Tages auf Nord drehten. Hier machte sich in der Höhe ein von Westen herandrückender Tiefausläufer bemerkbar, von dem erwartet worden war, daß er die Smoglage beenden würde. Er konnte sich jedoch nicht durchsetzen und löste sich noch über Frankreich auf. Am 20.01. schließlich drehte der Wind auf Süd.

Die Höhenwinde sind wesentlich für die Trajektorienanalyse, wie sie vom Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes durchgeführt wurde. Die Abbildungen 5 bis 18 geben diese Trajektorien für Ankunftszeiten in Essen vom 15.01. 1.00 Uhr bis 21.01. 13.00 Uhr in 12 Stundenzeitschritten wieder. Diese Abbildungen sind gleichfalls [2] entnommen. Diese Trajektorien beschreiben die Bahnen, die die Luftmassen in 950 hPa, das ist eine Höhe von etwa 500 m über NN, genommen haben.

Aus den Markierungen im 4-Stunden-Abstand kann der jeweilige Verweilort zeitlich zugeordnet werden. Aus diesen Trajektorien Darstellungen können Schlüsse über mögliche Verfrachtungen von Luftverunreinigungen bei dieser Lage insbesondere aus der DDR, Polen und CSSR gezogen werden. Zu beachten ist allerdings, daß diese Transportwege auf einem numerischen Wettervorhersagemodell beruhen mit einer horizontalen Auflösung von 254 km und unter Verwendung von Meßdaten in 12stündigen Abständen. Der Trajektorienverlauf ist daher mit Unsicherheiten behaftet. Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen. Außerdem sind Hinweise vorhanden, daß die weiträumigen Schadstofftransporte in geringeren Höhen als 500 m stattfanden. In Kapitel 5 werden diese Gesichtspunkte bei der Betrachtung des weiträumigen Transportes näher erläutert.

4. Die zeitliche und räumliche Immissionsentwicklung

4.1. Überblick über die Immissionsentwicklung

Ein Vergleich der zeitlichen Konzentrationsverläufe aller gemessenen Konzentrationen an den ausgewählten Stationen ermöglicht einen Überblick über die zeitliche Konzentrationsentwicklung sowie ihre Ursachen. Ausgewählt wurden für den Bereich der Rheinschiene die Stationen Rodenkirchen (südlich Köln), Leverkusen und Reisholz (Bereich Düsseldorf). Die Abbildungen 19 bis 21 stellen die Zeitverläufe der 3-Stunden-Mittelwerte in halbstündigen Abständen von jeweils 5 Komponenten für die einzelnen Stationen gegenüber. Zusätzlich ist der Verlauf des 24stündigen Indexes dargestellt. Nach dem Zeitverlauf bilden die Komponenten Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid eine zusammengehörige Komponentengruppe sowie Schwefeldioxid und Schwebstaub eine zweite Komponentengruppe. Sehr markant für die erste Gruppe ist der starke und kurzzeitige Belastungsanstieg in den Abendstunden des 17.01. SO_2 und Schwebstaub zeigten keinen vergleichbaren Anstieg. Dies macht deutlich, daß NO , NO_2 und CO von einer anderen Quellengruppe dominiert wird als SO_2 und Schwebstaub. Ohne Frage spielt der Kfz-Verkehr für die NO -, NO_2 - und CO -Konzentrationen eine wesentliche Rolle. Darauf weist auch die Mikrostruktur im Konzentrationsverlauf (Maxima in den Morgen- und Abendstunden in Übereinstimmung mit der tageszeitlichen Verkehrsdichte) hin. SO_2 und Schwebstaub zeigten diese Mikrostruktur nicht. Der plötzliche Anstieg für NO , NO_2 und CO , der nahezu gleichzeitig in der ganzen Rheinschiene auftrat, war auf eine mehrstündige Windstille bei stabiler atmosphärischer Schichtung zurückzuführen. Dadurch akkumulierten die verstärkten Emissionen des Feierabendverkehrs sehr schnell. Dies macht die Potenz des Kfz-Verkehrs für hohe Immissionen von NO , NO_2 und CO und weiterer in den Autoabgasen enthaltener Komponenten wie z.B. kanzerogene Kohlenwasserstoffe, Blei u.ä. deutlich für den Fall, daß ungünstige meteorologische Bedingungen gegeben sind. Im Bereich stark befahrener Straßen sind noch stärkere Akkumulationseffekte zu erwarten. Charakteristisch im Immissionsverlauf für alle Komponenten ist der plötzliche und kräftige Konzentrationsrückgang in der Nacht vom 17. auf den 18.01., der durch Drehen des Windes auf östliche bis südöstliche Richtungen bedingt war. Auch hier wird deutlich, in welchem Ausmaß bei einer

Smoglage die Konzentrationshöhe in der Rheinschiene von relativ geringfügigen meteorologischen Änderungen abhängig ist. Die austauscharme Wetterlage hatte sich nicht geändert. Durch die Windrichtungsdrehung wurde Frischluft in die Rheinschiene geführt, die bei der relativ geringen Ausdehnung in West-Ost-Richtung zu einer schnellen Durchlüftung in diesem Gebiet führte. Im südlichen Teil der Rheinschiene verblieb die Konzentration am ganzen 18.01. auf sehr niedrigem Niveau. Jedoch im Bereich Düsseldorf und Leverkusen setzte in den Abendstunden des 18.01. wieder ein Anstieg bei den Komponenten NO , NO_2 und CO ein. Der Wind hatte in diesem Gebiet auf nördliche Richtungen gedreht. Die Durchlüftung war damit herabgesetzt, und es machte sich die Vorlast der von Norden aus dem Ruhrgebiet einströmenden Luft bemerkbar. In der Nacht vom 18. auf den 19.01. setzten sich die Konzentrationsanstiege auch in der südlichen Rheinschiene nunmehr auch bei SO_2 und Schwebstaub durch. Die Strömung war auch hier auf Nord bis West umgesprungen. Stärker belastete Luft aus den nördlichen Gebieten führte zu dem Immissionsanstieg.

Die Konzentrationen verblieben am 19.01. auf einem leicht erhöhten Niveau. Vom 19.01. auf den 20.01. erfolgte ein weiterer Konzentrationsanstieg - vornehmlich bei SO_2 und NO_2 . Der Anstieg erfaßte die Rheinschiene zwischen 0.00 Uhr und 2.00 Uhr. Er war verbunden mit einem Umspringen des Windes auf östliche Richtung. Mit der östlichen Strömung wurden die Verunreinigungen, die vorher in das Gebiet östlich der Rheinschiene geführt worden waren, nunmehr zurücktransportiert.

Im Laufe des 20.01. drehte der Wind zunehmend auf Südost bis Südsüdost. Gegen 14.30 Uhr gingen die Konzentrationen in der südlichen Rheinschiene sehr schnell zurück. Zwischen 15.30 Uhr und 16.00 Uhr wurden an nahezu allen Meßstationen in diesem Gebiet $0,20 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ unterschritten. Der Rückgang leitete das Ende der Smogsituation in diesem Gebiet ein. Der Wind drehte zunehmend auf Südsüdost und nahm in den frühen Abendstunden deutlich zu.

Die parallele Betrachtung der Konzentrationszeitläufe für SO_2 , Schwebstaub, NO_2 , NO und CO für ausgewählte Stationen des Ruhrgebietes (Meerbeck für den Westrand des Ruhrgebietes, Spellen für den Nordwestrand, Essen-Altendorf für das mittlere Ruhrgebiet, Niederaden für den Nordostrand und Leithe für den südlichen Rand) zeigen, daß der Immissionsverlauf im Ruhrgebiet zeitweise deutlich von dem der Rheinschiene abwich. Die Verläufe sind in den Abbildungen 22 bis 26 parallel dargestellt. Der Immissionsverlauf an den Ruhrgebietsstationen läßt sich in mehrere Phasen unterteilen. Die erste Phase vom 14.01. bis 17.01. zeigt eine stetige Immissionszunahme bis zu einem Immissionsgipfel in den Nachmittags- bis Abendstunden des 17.01.

Im östlichen Ruhrgebiet traten die höchsten SO_2 -Konzentrationen bereits in den Mittagsstunden auf, im südwestlichen Ruhrgebiet (Duisburg) in den Abendstunden. Mit Ausnahme einzelner Stationen im Bereich Duisburg (z.B. Spellen und Budberg) wurden die höchsten SO_2 -Konzentrationen der ganzen Smogperiode erreicht. Sie lagen an den einzelnen Stationen zwischen $0,6$ und $1,4 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$.

Die Ursache dieses Immissionsgipfels liegt im Zusammenwirken von meteorologischen Bedingungen (geringe Inversionshöhe) sowie dem Herantransport von Schadstoffen aus ostnordöstlicher Richtung.

Der nach dem Immissionsgipfel einsetzende Abfall der Konzentration trotz unveränderter meteorologischer Bedingungen "beweist" den Einfluß des Ferntransportes. Der Abfall der Konzentration leitete die zweite Phase in der Immissionsentwicklung ein. An den einzelnen Stationen war diese Phase je nach Stationslage unterschiedlich stark ausgeprägt. Deutlich war der Konzentrationsrückgang des SO_2 in Meerbeck, Spellen und Sickingmühle ausgeprägt. Schwächer war der Rückgang in Altendorf, Niederaden und Leithe. Diese Phase des Immissionsrückganges dauerte bis in die Abendstunden des 19.01. an. Das Immissionsminimum wurde verbreitet am 19.01. zwischen 14.00 und 20.00 Uhr erreicht. Die Ursachen des sich über den 18.01. und 19.01. erstreckenden SO_2 -Rückgangs sind verbesserte Austauschbedingungen. Der vertikale Austauschraum betrug in den Mittagstunden des 18.01. ca. 250 m und am 19.01. ca. 350 m (Abbildung 2). In Teilen des Ruhrgebietes nahm die Windgeschwindigkeit zeitweise zu. Am 19.01. drehte der Wind zeitweise auf nördliche Richtungen, was zu einer verbesserten Durchlüftung des Ruhrgebietes führte - allerdings am Südrand zu einem Herantransport aus dem nördlichen und mittleren Ruhrgebiet (siehe Station Leithe). Generell dürfte der Ferntransport von außerhalb des Ruhrgebietes am 18.01. und 19.01. geringer als an den Vortagen gewesen sein.

Die dritte Phase im Immissionsverlauf setzte in der Nacht vom 19.01. auf den 20.01. ein. In dieser Phase nahmen die Immissionskonzentrationen erneut zu, bevor dann vom 20.01. auf den 21.01. die Smoglage beendet wurde. Eingeleitet wurde die dritte Phase durch ein Drehen des Windes aus dem nördlichen Richtungssektor auf Ost bis Südost. Im nordöstlichen und östlichen Ruhrgebiet war der SO_2 -Anstieg relativ gering (Niederaden, Sickingmühle). Im östlichen und südlichen Ruhrgebiet setzte der Anstieg zuerst ein (Maximum von $0,97 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ in Leithe am 19.01. um 23.00 Uhr, $0,50 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ in Witten am 19.01. um 23.30 Uhr). Nach Westen und Nordwesten hin traten die Maxima zunehmend später auf (Meiderich: $1,06 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ am 20.01. um 6.30 Uhr, Meerbeck: $1,23 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ am 20.01. um 6.30 Uhr, Walsum: $1,36 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ am 20.01. um 6.00 Uhr, Spellen: $2,17 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ am 20.01. um 6.00 Uhr). Hervorgerufen wurde der Immissionsanstieg im wesentlichen durch den Herantransport von Luftverunreinigungen. Es handelte sich allerdings primär nicht um Ferntransporte aus östlichen Gebieten, da die östlichen Meßstationen kaum Immissionserhöhungen aufwiesen. Vielmehr wurden durch die Windrichtungsänderung auf Ost bis Südost die vorher mit der nördlichen Windrichtungskomponente in den Raum südlich des Ruhrgebietes geführten Luftverunreinigungen zurückgeholt. Zu dieser Vorlast addierten sich auf dem Weg durch das Ruhrgebiet die Immissionen dieses Gebietes. Es kam zur stärksten Akkumulation im Nordwesten (Spellen), da hier konvergente Schadstoffströme zusammentrafen (siehe Abbildung 76). Im nördlichen Ruhrgebiet wurden mit der mehr östlichen Strömung Schadstoffe herangeführt, von südlichen Ruhrgebiet addierte sich ein ost-südöstlicher Schadstoffstrom und im Bereich der Rheinschiene in Duisburg trat ein mehr südlicher und südsüdöstlicher Schadstoffstrom hinzu. Vom 20.01. auf den 21.01. wurde die Smoglage mit dem zunehmend auffrischenden Wind beendet.

In den Kapiteln 4.2 bis 4.7 werden die hier mehr im Überblick dargestellten Zusammenhänge näher erläutert und analysiert. Dabei werden als Dimension für die Schadstoffkonzentrationen sowohl mg/m^3 als auch $\mu\text{g}/\text{m}^3$ benutzt. Dies hat auswertetechnische Gründe. $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ entspricht $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2. Schwefeldioxid

Aus den Abbildungen 27 bis 90 ist die zeitliche und räumliche Entwicklung der Schwefeldioxidimmissionsbelastung im gesamten Überwachungsgebiet, das die Rheinschiene von Köln bis Wesel und das Ruhrgebiet umfaßt, zu ersehen. Dargestellt sind am jeweiligen Standort der TEMES-Stationen die 3-Stunden-Mittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Uhrzeitangabe bezeichnet das Ende des jeweiligen 3-Stundenzeitraumes. Eingezeichnet sind ferner die Windrichtungen als Vektormittel über 3 Stunden.

Die eingezeichneten Isolinien der Konzentrationen erlauben es, die räumliche Veränderung der Immissionsfelder zu verfolgen. Aus den Abbildungen 91 bis 131 ist darüberhinaus der zeitliche Konzentrationsverlauf an jeder Meßstation zu ersehen. Dargestellt sind die 3-Stunden-Mittelwerte zeitlich gleitend mit einer Verschiebung in halbstündigen Abständen. In Tabelle 2 sind die Standorte der TEMES-Stationen, in Karte 1 ist ihre räumliche Lage angegeben.

Bereits das erste 3-Stundenmittel der SO_2 -Konzentration am 14.01. um 3.00 Uhr zeigt ein leicht erhöhtes Immissionsniveau, obwohl die Windgeschwindigkeit im Ruhrgebiet mit Werten zwischen 2 bis 5 m/s relativ hoch war. Die Vorlast der von Ostnordost in das Ruhrgebiet einströmenden Luft lag bei 150 bis 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Auf dem Weg durch das Ruhrgebiet von Ostnordost nach Westsüdwest, d.h. auf einer Strecke von 70 km Länge, reicherte sich die Luft auf ca. 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am westlichen Rand des Ruhrgebietes an. Im Bereich der Rheinschiene (Gebiet Düsseldorf bis Köln) drehte der Wind bedingt durch die Leitwirkung des Rheintales auf Nordnordost. Damit wurden Immissionen aus dem Ruhrgebiet auch in die Rheinschiene geführt. Die Belastung hier lag zwischen 90 und 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bereits hier werden in den Grundzügen die für die Immissionsentwicklung bei dieser Smoglage wesentlichen Einflüsse deutlich.

Die Belastungssituation wurde generell bestimmt

- durch die im Smoggebiet selbst entstehenden Immissionen,
- durch Schadstofftransporte aus benachbarten Belastungsgebieten, z.B. durch Transporte aus dem Ruhrgebiet in die Rheinschiene und
- durch Schadstofftransporte aus größeren Entfernungen (weiträumiger Transport).

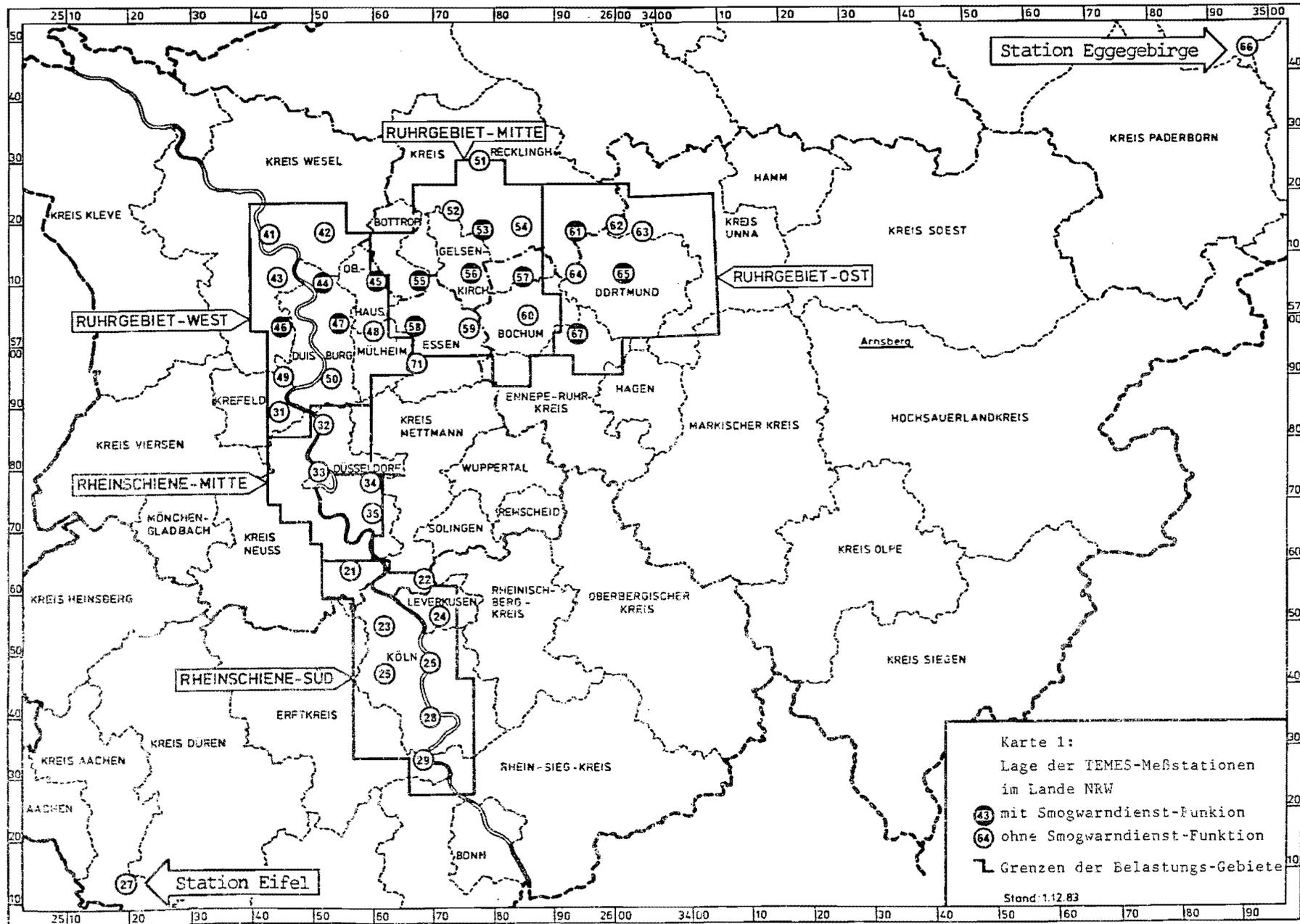


Tabelle 2: Standorte der TEMES-Stationen

Stationsnummer	Stationsname	Nenn-Rechts-Hochwert		Standort
Belastungsgebiet "Rheinschiene-Süd"				
21	DORMAGEN	2556,3	5663,6	4047 Dormagen, Weiler Straße
22	LANGENFELD	2568,4	5662,3	4018 Langenfeld-Reusrath, Virneburgstr.
23	CHORWEILER	2561,8	5654,6	5000 Köln-Chorweiler, Fühlinger Weg
24	LEVERKUSEN	2570,8	5656,4	5090 Leverkusen, Elsa-Brandström-Straße
25	VOGELSANG	2561,9	5647,0	5000 Köln-Vogelsang, Vogelsanger Str. 453
26	RIEHL	2569,5	5648,7	5000 Köln-Riehl, Kuhweg
28	RODENKIRCHEN	2569,3	5639,8	5000 Köln-Rodenkirchen, Friedrich-Ebert-Str.
29	WESSELING	2568,2	5632,8	5047 Wesseling, Hubertusstr.
Belastungsgebiet "Rheinschiene-Mitte"				
32	EINBRUNGEN	2551,9	5687,3	4000 Düsseldorf-Einbrungen/Wittlaer, Duisburger Landstr., Ecke Einbrunger Str.
33	LÖRICK	2551,2	5679,6	4000 Düsseldorf-Lörick, Bushaltestelle Erholungsstätte Lörick
34	GERRESHEIM	2559,8	5677,9	4000 Düsseldorf-Gerresheim, An der Leimkuhle
35	REISHOLZ	2560,0	5673,0	4000 Düsseldorf-Reisholz, Further-Str.
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-West"				
31	KREFELD	2544,7	5689,5	4150 Krefeld-Linn, Hammerstr.
41	SPELLEN	2543,2	5718,4	4221 Voerde-Spellen, Mehrstr.
42	BRUCKHAUSEN	2552,3	5718,5	4224 Hünxe-Bruckhausen, Hauptstr.
43	BUDBERG	2544,4	5711,1	4134 Rheinberg-Budberg, Lutherstr.
● 44	WALSUM	2552,0	5710,2	4103 Duisburg-Walsum, Sonnenstr.
● 45	OSTERFELD	2560,7	5710,6	4260 Oberhausen-Osterfeld, Tackenbergstr.
● 46	MEERBECK	2545,1	5703,0	4130 Moers-Meerbeck, Fuldastr.
● 47	MEIDERICH	2554,7	5703,7	4100 Duisburg-Meiderich, Westenderstr.
48	STYRUM	2560,2	5702,5	4330 Mülheim-Styrum, Neustadtstr.
49	KALDENHAUSEN	2545,5	5695,1	4136 Duisburg-Kaldenhausen, Darwinstr.
50	BUCHHOLZ	2553,2	5694,8	4100 Duisburg-Buchholz, Böhmerstr.
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-Mitte"				
51	SICKINGMÜHLE	2577,7	5730,0	4370 Marl-Sickingmühle, Alte Straße
52	POLSUM	2573,4	5722,0	4370 Marl-Polsum, Dorfstr.
● 53	HERTEN	2578,2	5718,9	4352 Herten, Paschenbergstr./Ecke Ebbelicher Weg
54	RECKLINGHAUSEN	2584,7	5719,5	4350 Recklinghausen, Nordseeestr.
● 55	BOTTROP	2567,8	5710,6	4250 Bottrop, Welheimer Str.
● 56	GELSENKIRCHEN	2576,6	5711,6	4650 Gelsenkirchen-Schalke, Trinenkamp
● 57	HERNE	2585,0	5711,1	4690 Herne, Ingeborgstr.
● 58	ALTENDORF	2567,2	5703,1	4300 Essen-Altendorf, Heinrich-Strunk-Str.
59	LEITHE	2576,0	5702,9	4300 Essen-Leithe, Friedhof-Erweiterungsgelände
60	BOCHUM	2585,9	5704,9	4630 Bochum-Wiemelhausen, Glockengartenstr.
71	LIS	2567,3	5697,3	4300 Essen-Bredeney, Wallneyer Str.
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-Ost"				
● 61	ICKERN	2593,5	5718,5	4620 Castrop-Rauxel-Ickern, Uferstr.
62	BRAMBAUER	2600,2	5719,7	4670 Lünen-Brambauer, Am Freibad
63	NIEDERADEN	3401,0	5718,5	4670 Lünen-Niederaden, Kreisstr.
64	FROHLINDE	2593,6	5711,6	4620 Castrop-Rauxel-Frohlinde, Dortmunder Str.
● 65	DORTMUND	2601,6	5711,7	4600 Dortmund-Mitte, Hüttnerstr./Schumannstr.
● 67	WITTEN	2593,9	5702,0	5810 Witten, Westfalenstr.
"Waldgebiete"				
27	EIFEL	2519,9	5613,1	5107 Simmerath-Lammersdorf
66	EGGEGBIRGE	3496,6	5744,1	4934 Horn-Bad Meinberg 1, Veldrom/Velmerstot

● TEMES-Station mit Smogwarndienst-Funktion

Ziel der Immissionsanalyse ist es, u.a. abzuschätzen, zu welchem Anteil die Smoglage durch Schadstofftransporte aus größeren Entfernungen, d.h. also durch "Fremdimmissionen" verursacht wurde. Zur Beantwortung dieser Frage können zusätzlich die Meßstationen im Eggegebirge und in der Eifel herangezogen werden. Die Station im Eggegebirge liegt auf dem Höhenzug des Eggegebirges in 430 m Höhe. Ihre Entfernung zur östlichsten Meßstation des Ruhrgebietes (Niederaden) beträgt 100 km. Die Verbindungslinie zwischen beiden Stationen markiert die Richtung von 75°, d.h., bei östlichen Winden passiert die Luft, die das Ruhrgebiet erreicht, auch das Eggegebirge. Die Meßstation in der Eifel liegt auf einer Höhe von 570 m. Ihre Entfernung zur südlichsten Station in der Rheinschiene (Wesseling) beträgt ca. 54 km. Die Verbindungslinie zwischen beiden Stationen markiert die Richtung von 70°. Da überwiegend östliche Winde herrschten, kommt der Meßstation im Eggegebirge besondere Bedeutung hinsichtlich der Abschätzung von Fremdimmissionen an Rhein und Ruhr zu. Da bekannterweise auf dem Gebiet der DDR, Polen und der CSSR starke SO₂-Emittenten liegen, ist es ganz natürlich, daß bei östlichen Winden Schadstofftransporte aus diesen Ländern in die Bundesrepublik erfolgen, wie umgekehrt bei westlichen Winden ein Transport in umgekehrter Richtung erfolgt. Da bei austauscharmen Wetterlagen häufig Ostwinde herrschen, machen sich die Transporte bei solchen Lagen jedoch besonders bemerkbar. Diese Schadstofftransporte waren für die Entwicklung der Smoglage an Rhein und Ruhr von besonderer Bedeutung.

Von der Smoglage waren nicht nur das Ruhrgebiet und die Rheinschiene betroffen, sondern z.B. auch Kassel und Gießen. Im Rhein-Main-Gebiet und im südhessischen Raum war die Belastung geringer. Betroffen waren jedoch auch Niedersachsen und Hamburg. Nach der Analyse der Hessischen Landesanstalt für Umwelt [7], die sich u.a. auf kontinuierliche Meßstationen in Kassel, Witzenhausen, Grebenau, Wetzlar und Gießen stützte, wurden die hohen Immissionen in diesen Gebieten dominierend durch über die Grenze zur DDR herantransportierte Schadstoffe verursacht. Dies ergibt sich aus den vorherrschenden östlichen Windrichtungen, der Nähe zur Grenze (Witzenhausen liegt 5 km von der Grenze zur DDR entfernt, Kassel hat eine Entfernung von 30 km zur Grenze) und dem weitgehend parallelen Immissionsverlauf an den Meßstationen.

Die Station der LIS im Eggegebirge liegt 68 km von Kassel entfernt. Ihre Entfernung zur DDR-Grenze beträgt 85 km.

In Abbildung 132 ist dem aus [7] entnommenen SO₂-Verlauf in Kassel-Bettenhausen der SO₂-Verlauf der Station Eggegebirge gegenübergestellt. Die Immissionsverläufe beider Stationen sind weitgehend parallel. Es ist daher der Schluß gerechtfertigt, daß auch die Immissionen im Eggegebirge dominierend durch Schadstofftransporte aus dem Bereich der DDR, Polen und CSSR verursacht wurden.

Abbildung 133 gibt die zeitlichen Verläufe der SO₂-Konzentration im Eggegebirge und am Ostrand des Ruhrgebietes (Station Niederaden) wieder. Auffällig ist auch hier der weitgehend parallele Verlauf vom 14.01. bis 18.01. Am 19.01. und 20.01. sind die Verläufe jedoch weitgehend entkoppelt.

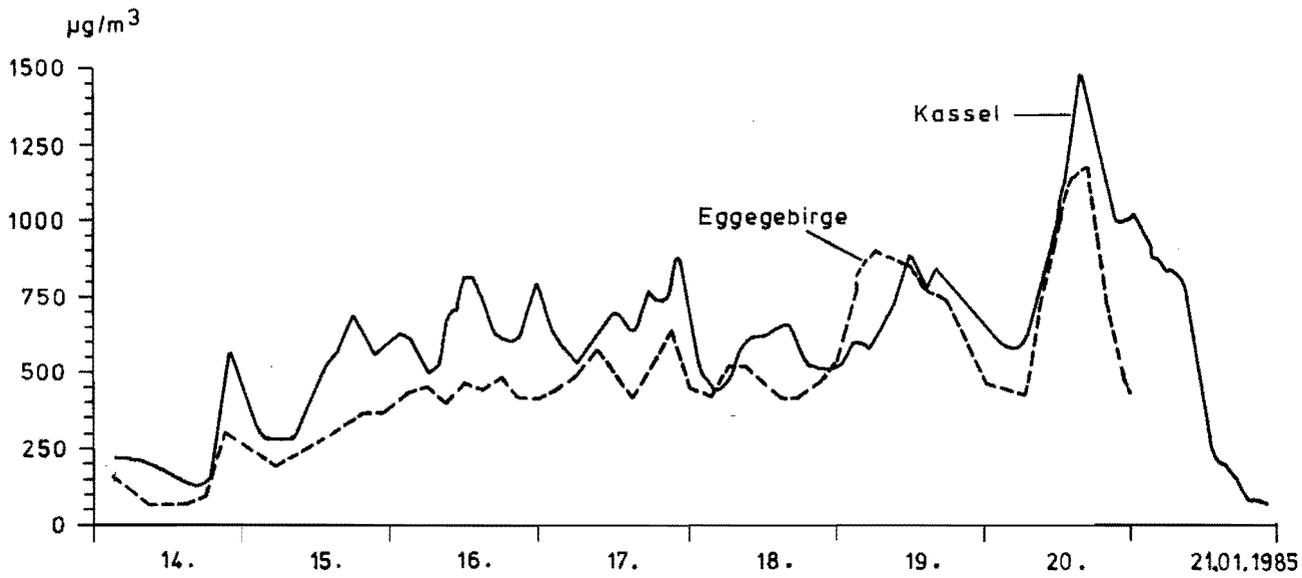


Abb. 132: Zeitverlauf der Schwefeldioxidkonzentration an den Meßstationen Kassel-Nord (entnommen aus [7]) und Eggegebirge (3-Stundenmittelwerte, zeitlich gleitend)

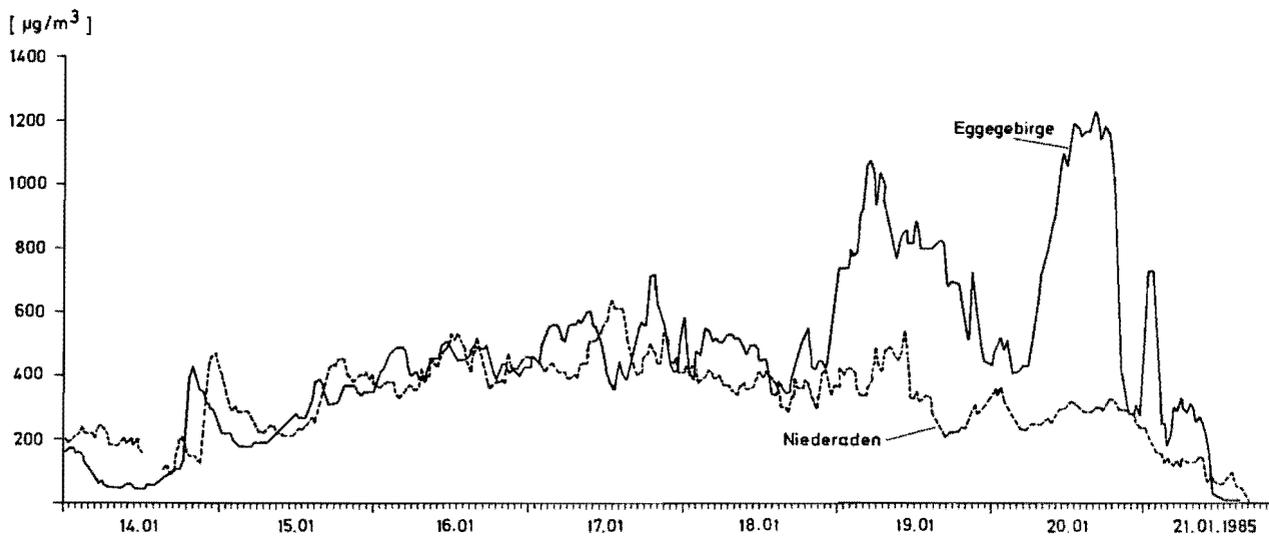
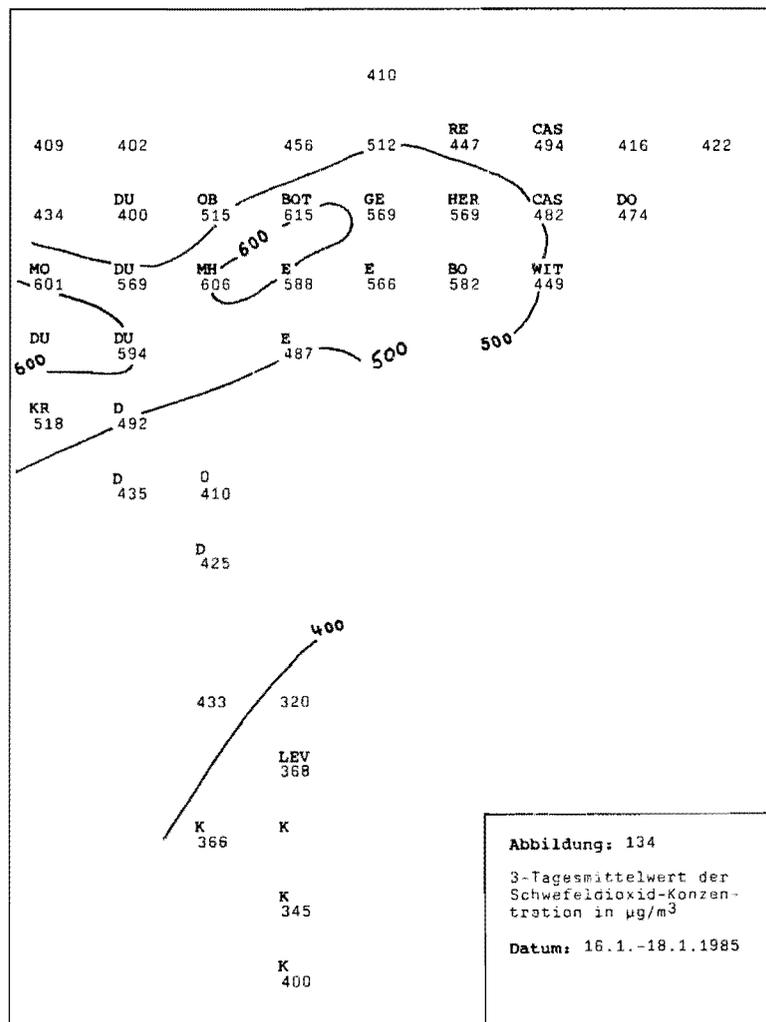


Abb. 133: Zeitverlauf der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Meßstationen Eggegebirge und Niederaden (Halbstundenmittelwerte)

Die Abbildung 133 zeigt, daß die Smoglage in der Nacht vom 14.01. zum 15.01. eingeleitet wurde durch einen steilen Immissionsanstieg. Dieser Anstieg trat auch in Kassel (Abbildung 132) und im Eggegebirge auf. Am Ostrand des Ruhrgebietes begann der Anstieg 3 Stunden später. Dies entspricht einer Transportgeschwindigkeit zwischen Eggegebirge und Ruhrgebiet von ca. 30 km/h. Der zeitliche SO_2 -Verlauf in Abbildung 132 macht deutlich, daß die SO_2 -Belastung vom 15.01. an mit zeitlichen Schwankungen stetig zunahm. Dies zeigt, daß die herant transportierten Luftmassen großräumig einen zunehmend höheren Verschmutzungsgrad aufwiesen. Die diesem Trend überlagerten zeitweiligen Anstiege zeigen "Schadstoffwolken" an, die in der allgemein verschmutzten Atmosphäre einen zusätzlich erhöhten Transport markieren. Aus der zeitlichen Versetzung zwischen Eggegebirge und östlichem Ruhrgebiet ergibt sich eindeutig, daß es sich auch hier um Transporte aus östlichen Regionen handelte. Der Fremdimmissionsanteil am Ostrand des Ruhrgebietes kann wie folgt abgeschätzt werden:

Im Mittel betrug die Belastung am Ostrand des Ruhrgebietes vom 16.01. bis 18.01. ca. $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Wert im Eggegebirge lag bei $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Abbildung 134 sind die 3-Tages-Mittelwerte für die Zeit vom 16.01. bis 18.01. und alle Meßstationen dargestellt. Man erkennt, daß die Belastung innerhalb des



Ruhrgebietes von Ost nach West zunahm. Im Bereich Bottrop, Mülheim, Duisburg wurden ca. $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Diese Zunahme ist auf Emissionen des Ruhrgebietes zurückzuführen. In der Vorlast der von Ostnordost in das Ruhrgebiet einströmenden Luft von etwa $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist auch ein Anteil enthalten, der auf der Strecke DDR-Grenze bis zum Ruhrgebiet überwiegend durch Hausbrand entstanden sein dürfte. Schätzungsweise kann dieser Anteil mit 150 bis $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt werden. Es ergeben sich daraus Fremdimmissionsanteile (Anteile aus der DDR, Polen und CSSR) für den Ostrand des Ruhrgebietes von $2/3$ bis $1/2$ der gemessenen Immissionen und für das höher belastete westliche Ruhrgebiet von $1/2$ bis $1/3$ der gemessenen Immissionen, je nach Schätzwert für den Eigenanteil von der DDR-Grenze zum Ruhrgebiet.

Nachfolgend wird die zeitliche und räumliche Veränderung der SO_2 -Immissionen in Abhängigkeit von meteorologischen Größen näher diskutiert:

SO_2 -Immissionssituation am 14.01.1985

An diesem Tag blieb die SO_2 -Belastung noch relativ gering. Der Wind kam im Ostteil des Ruhrgebietes von Ostnordost und drehte im Westteil des Ruhrgebietes und im Bereich der Rheinschiene auf Nordnordost bis Nord. Bei lebhaften Winden zu Beginn des Tages (bis 5 m/s um 3.00 Uhr als 3-Stundenmittel), ging die Windgeschwindigkeit in der Mittagszeit im Ruhrgebiet auf $1,5$ bis 3 m/s zurück und frischte dann um 21.00 Uhr und 24.00 Uhr bis zu 8 m/s auf.

Am Ostrand des Ruhrgebietes lagen die Konzentrationen bis 21.00 Uhr unter $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sie überschritten im Westteil nicht den Wert von $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel. Durch die nördliche Windrichtungskomponente im westlichen Ruhrgebiet und in der Rheinschiene wurden die Immissionen im Laufe des Tages aus dem Ruhrgebiet zunehmend in die Rheinschiene geführt (Abbildung 31). Die Abbildung 34 für 24.00 Uhr zeigt eine neue Entwicklung. Mit den hohen Windgeschwindigkeiten bis 8 m/s kam es von Ostnordost her zu einem plötzlich starken Immissionsanstieg. Am nordöstlichen Rand des Ruhrgebietes wurden $460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Auf diesen Immissionsanstieg, der großräumig auch im Eggegebirge und in Hessen eintrat und der eindeutig auf Herantransport von Immissionen über die östliche Grenze zurückzuführen ist, wurde bereits hingewiesen. Nach dem Trajektorienverlauf ist wahrscheinlich, daß die Luftmasse über die CSSR, Polen und die DDR in unser Gebiet gelangte.

SO_2 -Immissionssituation am 15.01.1985

Die Windrichtung im östlichen, mittleren und auch überwiegend im westlichen Ruhrgebiet war Ostnordost. In der Rheinschiene drehte der Wind auf Nordnordost bis Nord, im Bereich Köln um 24.00 Uhr sogar auf West. Der in der Nacht noch lebhafteste Wind von im Mittel 5 m/s im Ruhrgebiet schwächte sich im Laufe des Tages auf Werte um ca. 3 m/s ab. In der Rheinschiene lag die Windgeschwindigkeit zeitweise unter 1 m/s . Mittags hatte sich - bedingt durch Warmluftadvektion

tion - in der Höhe eine abgehobene Inversion mit einer Untergrenze in 300 m über NN gebildet. Um Mitternacht war bei weiterer kräftiger Warmluftadvektion in der Höhe eine kräftige Bodeninversion, die bis zu 700 m über NN reichte, entstanden.

Mit dem Einbruch der Fremdimmissionen war das Belastungsniveau allgemein erhöht. Die durch das Ruhrgebiet ziehenden Wolken führten im westlichen Ruhrgebiet zu Konzentrationswerten bis zu $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel. Nach einem allgemeinen Rückgang der Belastung (6.00 Uhr, 9.00 Uhr, 12.00 Uhr) wiesen die 3-Stundenmittel ab 15.00 Uhr wieder einen allgemeinen Anstieg auf. Wenn auch die Rheinschiene - zusätzlich durch Transporte aus dem Ruhrgebiet - 3-Stundenmittel bis $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreichte, lag das Hauptbelastungsfeld von Ostnordost nach Westsüdwest gerichtet doch über dem Ruhrgebiet. Im Westteil wurden Werte bis $570 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21.00 Uhr) erreicht.

SO₂-Immissionssituation am 16.01.1985

Die Windgeschwindigkeiten gingen im gesamten Raum zurück. Sie lagen überwiegend unter 1,5 m/s. Im Ruhrgebiet herrschten zu Beginn des Tages östliche Winde. In der Rheinschiene kam der Wind zu Beginn aus südlichen Richtungen (3.00 Uhr), drehte dann vorübergehend auf Ost (6.00 Uhr) und kam ab 9.00 Uhr überwiegend aus westlichen Richtungen. Im Ruhrgebiet dominierte ab Mittag die nördliche Windrichtungskomponente. Dementsprechend bildeten sich charakteristische Immissionsfelder aus. Unter einer abgehobenen Inversion war mittags eine maximale Austauschhöhe im Ruhrgebiet von ca. 300 m gegeben. Im Verein mit der geringen Windgeschwindigkeit bewirkte dies eine zunehmende Schadstoffakkumulation vornehmlich auf der Leeseite des Ruhrgebietes. Bis 9.00 Uhr war dies das westliche Ruhrgebiet. Hier wurden maximal $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel erreicht. Ab 9.00 Uhr verschob sich das Gebiet maximaler Belastung mit dem Drehen des Windes auf nördliche Richtungen auf die Südseite des Ruhrgebietes. So wurden um 18.00 Uhr in Bochum mehr als $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel gemessen. Von der zunehmenden Südverlagerung der Immissionen wurde auch die Rheinschiene betroffen. Es wurden auch hier 3-Stundenmittel oberhalb $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Die 24.00 Uhr-Werte zeigen eine geänderte Situation im Ruhrgebiet. Eine Zone deutlich erhöhter Belastung (bis $650 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hatte das mittlere Ruhrgebiet erfaßt - offensichtlich bedingt durch eine herantransportierte Schadstoffwolke aus Ostnordost von außerhalb des Ruhrgebietes.

SO₂-Immissionssituation am 17.01.1985

Die Warmluftadvektion in der Höhe führte am 17.01. zu einer weiteren Verstärkung der Inversionsschichtung. Der vertikale Austauschraum hatte im Ruhrgebiet nur eine Höhe von 100 bis 150 m. Im östlichen Ruhrgebiet kam der Wind überwiegend aus Ostnordost. Im westlichen Ruhrgebiet drehte er auf Nordnordost. In der mittleren Rheinschiene (Raum Düsseldorf) dominierte Nordnordwest bis Nord. Im Bereich Köln herrschte zu Beginn des Tages noch Westwind, ab 12.00 Uhr

setzte sich auch hier die Nordkomponente durch. In den Abendstunden setzte sich Ostsüdost durch. Es war während des ganzen Tages schwachwindig. Überwiegend lagen die 3-Stundenmittel der Windgeschwindigkeit unterhalb 2 m/s.

Die Immissionsbelastung war stark erhöht. Die Vorbelastung der aus östlichen Richtungen einströmenden Luft lag ständig oberhalb 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, um 15.00 Uhr betrug der Wert sogar 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch dieser Wert weist auf den Durchzug einer Schadstoffwolke hin, die zeitversetzt auch im Eggegebirge auszumachen ist (Abbildung 133). Der Schwerpunkt der Belastung lag im westlichen Ruhrgebiet. Es wurden im 3-Stundenmittel Werte bis 1150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Deutlich sind auch die Transporte aus dem Ruhrgebiet entlang der Rheinschiene nach Süden zu erkennen (Beispiel 15.00 Uhr). In der südlichen Rheinschiene war die Belastung deutlich geringer. So betrug die Belastung im Bereich Köln um 21.00 Uhr ca. 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gleichzeitig wies der Duisburger Raum 3-Stundenmittel von 1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

SO₂-Immissionsbelastung am 18.01.1985

Der 18.01. brachte gegenüber dem 17.01. einen deutlichen Rückgang in der SO₂-Belastung. Die höchsten 3-Stundenmittel lagen nur wenig oberhalb 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bis morgens 8.00 Uhr war der vertikale Austauschraum im Ruhrgebiet ca. 50 m hoch. Über die Mittagszeit wurde der Austauschraum bis auf 200 m über Boden angehoben. Um 20.00 Uhr jedoch war wieder eine kräftige Bodeninversion bis 600 m über NN gegeben.

Auffällig ist eine kräftige Zunahme der Höhenwindgeschwindigkeit auf bis zu 8 m/s in den Abendstunden (Abbildung 4). Hier zeigte sich der Einfluß eines über Frankreich liegendegebliebenen Tiefdruckausläufers. Auf die gleiche Ursache ist die Windrichtungsänderung in der Rheinschiene auf Südsüdost bis Ostsüdost zurückzuführen. Vor allem in der Rheinschiene frischte der Wind deutlich auf. Es wurden in der ersten Tageshälfte Windgeschwindigkeiten von bis zu 3 m/s gemessen. Im Ruhrgebiet kam der Wind aus Ost bis Ostnordost. Die Windgeschwindigkeit lag in der ersten Tageshälfte im allgemeinen unter 2 m/s. In der zweiten Tageshälfte wurden zeitweise Werte bis 2,5 m/s (3-Stundenmittelwerte) gemessen. Die gute Durchlüftung der Rheinschiene führte hier zu relativ geringen SO₂-Belastungen. Sie lagen überwiegend unterhalb 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel. Im Westteil des Ruhrgebietes wurden maximal ca. 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Der Rückgang der Belastung gegenüber dem Vortag ist zurückzuführen auf die geringe Vorbelastung der Luft und auf die höheren Windgeschwindigkeiten.

SO₂-Immissionssituation am 19.01.1985

Im Laufe des Tages wurde die bodennahe Inversionsschicht aufgelöst. Mittags betrug der vertikale Austauschraum ca. 350 m. Diese Höhe wurde auch noch um 20.00 Uhr festgestellt. Sie nahm bis Mitternacht auf ca. 100 m ab.

Das Strömungsfeld war in der Nacht durch Ostnordost-Winde im östlichen Ruhrgebiet gekennzeichnet. Im Westteil kam der Wind aus Nord bis Nordost. Er drehte in der Rheinschiene auf Nordnordwest bis West.

Die Windgeschwindigkeiten waren relativ gering. Sie lagen im allgemeinen unterhalb 2 m/s, zeitweise jedoch auch unter 1 m/s. Das zu Beginn, um 3.00 und 6.00 Uhr, sich von Ostnordost nach Westsüdwest über das Ruhrgebiet erstreckende Immissionsfeld mit Belastungsschwerpunkten von ca. 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Mülheim und Duisburg verschob sich im Laufe des Tages mit Drehen des Windes auf nördliche Richtungen zunehmend auf den Südrand des Ruhrgebietes und die Gebiete südlich hiervon. Auch in der Rheinschiene wurden zunehmend Schadstoffe von Nord (Raum Duisburg) nach Süden bis Köln transportiert und im Südteil der Rheinschiene mit den hier herrschenden westlichen Winden auch in das Bergische Land. Auch in diesen Gebieten dürften Werte von über 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aufgetreten sein.

Der starke Immissionsanstieg im Eggegebirge, der um Mitternacht einsetzte und hier über den Tag hinweg zu einem hohen Immissionsniveau von über 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Halbstundenmittel führte, machte sich am Nord- und Ostrand des Ruhrgebietes nicht als "Schadgaswolke" bemerkbar. Die Trajektorienverläufe für die Ankunftszeit 19.01., 13.00 Uhr und 20.01., 1.00 Uhr, machen es wahrscheinlich, das diese über die CSSR und Polen herankommende "Schadgaswolke" sehr hoher Konzentration ihren Weg südlich der Belastungsgebiete an Rhein und Ruhr genommen hat. Es dürften vor allem das Sauerland und Siegerland sowie Nordhessen betroffen worden sein.

Die Meßstation der Hessischen Landesanstalt für Umwelt in Kassel, in Grebenau (Bereich Vogelsberg) sowie in Gießen und Wetzlar zeigen parallel mit der TEMES-Station im Eggegebirge einen deutlichen Immissionsanstieg [7] und bestätigen damit, daß diese aus Ost herandrifende "Schadgaswolke" das Ruhrgebiet und die Rheinschiene nicht erreichte. Die im Bereich des Ruhrgebietes zeitweiligen nördlichen Windrichtungen sowie die westlichen Windrichtungen in der Rheinschiene drückten die "Schadgaswolke" nach Südosten weg.

SO₂-Immissionssituation am 20.01.1985

Obwohl von der meteorologischen Entwicklung her sich das Ende der austauscharmen Wetterlage abzeichnete - das Wetteramt gab um 15.00 Uhr bekannt, daß die austauscharme Wetterlage nicht mehr 24 Stunden andauern werde - kam es am 20.01. in Teilen des Überwachungsgebietes zu einem starken Belastungsanstieg und hier zu den höchsten Konzentrationen während der ganzen Smogperiode. An der am nordwestlichsten Rand des Überwachungsgebietes liegenden Station Spellen wurde um 6.00 Uhr ein höchster Halbstundenwert von 2170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Im Eggegebirge betrug der während der Smogperiode erreichte Höchstwert (Halbstundenwert) 1230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Er trat am 20.01. um 16.00 Uhr auf.

Der vertikale Austauschraum war gegenüber dem 19.01. stark reduziert. Er betrug im Ruhrgebiet maximal 100 m über Boden.

Die Windgeschwindigkeit war bis in die Abendstunden relativ gering. Im Ruhrgebiet lagen die 3-Stundenmittel der Windgeschwindigkeit zwischen 0,5 und 2 m/s. Erst um 21.00 Uhr und 24.00 Uhr wurden Werte bis 2,7 m/s registriert.

In der Rheinschiene war die Windgeschwindigkeit gleichfalls bis in die Abendstunden relativ gering mit Werten zwischen 0,5 m/s und 1,9 m/s. Ein deutlicher Anstieg der Windgeschwindigkeit setzte dann hier in den Abendstunden - zuerst an den südlichsten Meßstationen, dann fortschreitend nach Norden - ein. Um 24.00 Uhr hatte der Wind in der südlichen Rheinschiene im 3-Stundenmittel bis auf 4,1 m/s aufgefrischt.

Im Ruhrgebiet schwankte die Strömungsrichtung zwischen Ost und Ostnordost. In der Rheinschiene jedoch trat eine deutliche Änderung der Strömungsrichtung ein. Die vor allem in der südlichen Rheinschiene am 19.01. vorherrschende westliche Strömungsrichtung drehte zunehmend auf Ost bis Ostsüdost und Südsüdost. In Rodenkirchen und Chorweiler setzte der Windrichtungswechsel gegen Mitternacht ein. Im höher gelegenen Langenfeld trat der Windrichtungswechsel bereits gegen 21.30 Uhr am 19.01. auf.

Nur wenige Stunden nach dem Windrichtungswechsel setzte in der Rheinschiene ein deutlicher Anstieg der Immissionsbelastung ein. Aus den Abbildungen 74 bis 82 ist die räumliche Verschiebung im Tagesablauf zu ersehen. Aus den Abbildungen erkennt man die Konzentrierung der Belastung auf die Rheinschiene. Trotz östlicher Windrichtungen im Ruhrgebiet stiegen in diesem Gebiet die Immissionen nicht stärker an, was beweist, daß die über Kassel und Eggegebirge mit südöstlicher Windrichtung hinwegdriftende "Schadgaswolke" das Ruhrgebiet nicht erreichte. Die Wolke ist mit großer Wahrscheinlichkeit nördlich des Ruhrgebietes in Richtung Nordwest geführt worden. Der Immissionsanstieg in der Rheinschiene ist im wesentlichen auf das mit der Windrichtungsänderung verbundene Zurückholen von Immissionen zurückzuführen. Zurückgeholt wurden die Immissionen, die am 19.01. mit nördlichen bis westlichen Winden in das Gebiet südlich des Ruhrgebietes und östlich der Rheinschiene eingebracht worden waren. Ein weiterer Hinweis für die unterschiedlichen Ursachen der Schadstoffanstiege im Eggegebirge und in der Rheinschiene sind die Eintrittszeiten des Anstieges. Im Eggegebirge begann die Konzentration um 6.30 Uhr anzusteigen, in der südlichen Rheinschiene setzte der Anstieg jedoch bereits um Mitternacht ein.

Die Trajektorie für den 20.01. 13.00 Uhr (Abbildung 16) zeigt gleichfalls im Bereich der Belastungsgebiete eine Südostverlagerung der Luftmassen am 19.01. nach 13.00 Uhr sowie das Zurückholen der Luftmassen danach bis zum 20.01., 13.00 Uhr.

SO₂-Immissionssituation am 21.01.1985

Am 21.01. ging die austauscharme Wetterlage zu Ende. Die Ausläufer eines umfangreichen Tiefs über den Britischen Inseln führten milde Meeresluft aus

Südwesten heran. Da jedoch auch in der Höhe Warmluft herangeführt wurde, blieb die Inversionsschichtung am 21.01. noch erhalten. Jedoch frischte der Wind stark auf, so daß die Immissionen deutlich absanken.

Am 20.01. um 24.00 Uhr hatte die auffrischende südliche Strömung die Rheinschiene bis Düsseldorf erfaßt. Im Ruhrgebiet herrschte zu dieser Zeit noch Ostwind. Bis 15.00 Uhr setzte sich jedoch auch im Ruhrgebiet die südliche Strömung durch. Um 18.00 Uhr lagen die 3-Stundenmittel der Windgeschwindigkeit im gesamten Überwachungsgebiet zwischen 3,8 und 6,4 m/s.

Die SO₂-Immissionen, die um 3.00 Uhr im mittleren Ruhrgebiet noch 400 µg/m³ im 3-Stundenmittel überschritten, sanken schnell ab. Um 12.00 Uhr war die Belastung nahezu überall unter 200 µg/m³ abgesunken.

4.3. Schwebstaub

Den Zeitverlauf an jeder Station geben die Abbildungen 135 bis 176 wieder. Dargestellt sind die 3-Stundenmittelwerte mit zeitlich gleitender Verschiebung um eine halbe Stunde.

Es ist nicht ohne weiteres zu erwarten, daß die Schwebstaubbelastung in ihrer zeitlichen und räumlichen Variation das gleiche Muster wie die Komponente Schwefeldioxid zeigt. Die Gründe dafür sind u.a.:

- Unterschiedliche Emissionsstruktur -

Nach den Ergebnissen der Emissionskataster, die für die Luftreinhaltegebiete [22] erstellt wurden, erfolgt die Staubemission überwiegend in Bodennähe. Im Mittel über alle Belastungsgebiete werden ca. 75 % des gesamten Staubes über Quellhöhen bis zu 40 m emittiert. Der Anteil beim SO₂ für diesen Quellhöhenbereich beträgt dagegen nur 12 %.

- Unterschiedliche Ferntransportanteile -

Bei Transporten über große Entfernungen erlangen zunehmend Prozesse der chemischen Umsetzung sowie der Deposition der Schadstoffe Bedeutung. Es kann davon ausgegangen werden, daß diese Prozesse zu unterschiedlichen Abbauraten bei den unterschiedlichen Schadstoffkomponenten führen. Dies ist umso mehr der Fall, da der Staub in stärkerem Maße über niedrige Quellhöhen emittiert wird.

Bei der Komponente Schwefeldioxid konnten aus der Gegenüberstellung des Immissionsverlaufes im Eggegebirge, in Kassel und am Ostrand des Ruhrgebietes Hinweise über den Durchzug von "Schadgaswolken" aus größeren Entfernungen sowie über den Fremdanteil der Immissionen erhalten werden. Dies ist beim Schwebstaub jedoch nicht so deutlich möglich. In Abbildung 177 ist in Form von 3-Stunden-Mittelwerten der Schwebstaubkonzentrationsverlauf im Eggegebirge und am Ostrand des Ruhrgebietes (Station Niederaden) dargestellt. Im Gegensatz zu SO₂ ist die

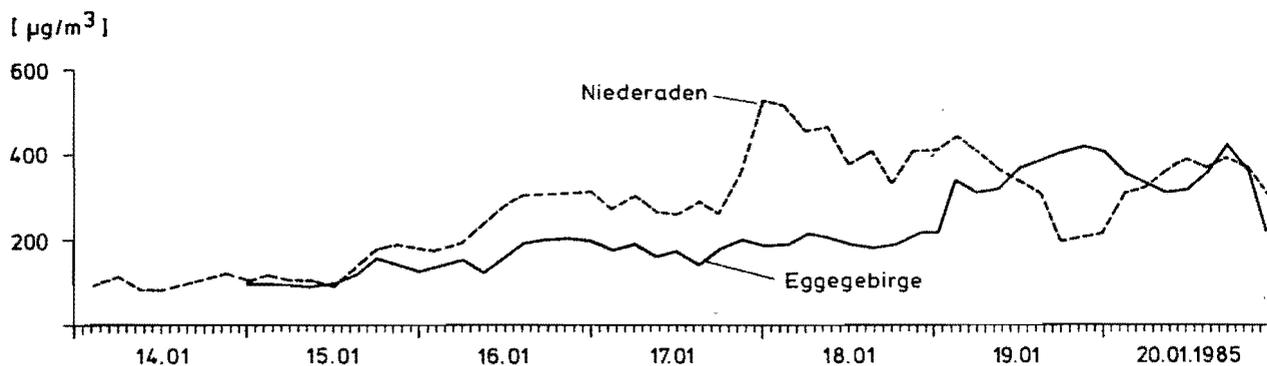


Abb. 177: Zeitverlauf der Schwebstaubkonzentration an den Meßstationen Eggegebirge und Niederaden (3-Stundenmittelwerte)

Schwebstaubbelastung im Eggegebirge vom 16.01. bis 18.01. deutlich geringer als am Rand des Ruhrgebietes. Am 19.01. und 20.01. ist das Belastungsniveau etwa gleich hoch bzw. im Eggegebirge höher als an den Rändern des Ruhrgebietes. An diesen beiden Tagen war jedoch - wie beim SO_2 nachgewiesen - ein Transport über das Eggegebirge in das Ruhrgebiet unwahrscheinlich. Das relativ geringe Belastungsniveau für Schwebstaub im Eggegebirge läßt den Schluß zu, daß der Immissionsfremdanteil an Rhein und Ruhr bei Schwebstaub geringer als bei SO_2 ist. Auf eine Abschätzung wird verzichtet, da die Unsicherheit hierfür zu groß ist. Offenbar wirken sich auch an den Rändern des Ruhrgebietes im Nahbereich liegende Schwebstaubquellen - bedingt durch geringe Quellhöhen - relativ stärker aus als beim SO_2 . Daß es jedoch auch beim Schwebstaub prinzipiell zu Fremdimmissionen gekommen ist, zeigt der parallel zunehmende Anstieg der Schwebstaubbelastung sowohl im Eggegebirge als auch am Ost- und Nordrand des Ruhrgebietes vom 15.01. an. Eine Zuordnung von kurzzeitigen Immissionsanstiegen im Eggegebirge zu zeitversetzten Anstiegen im Ruhrgebiet, die auf den Durchzug von "Schwebstaubwolken" hindeuten würden, ist jedoch eindeutig nicht möglich. Es wird daher im folgenden darauf verzichtet, Detailanalysen im Hinblick auf den Durchzug solcher "Wolken" zu erarbeiten.

Von Interesse ist der Zeitverlauf der Schwebstaubbelastung im Eggegebirge am 19.01. und 20.01. im Vergleich zum SO_2 -Verlauf (Abbildung 175 und Abbildung 130). Die Maxima und Minima der Schwebstaubkonzentration traten bis zu 10

Stunden später ein als beim SO_2 , so daß z.B. die Schwebstaubbelastung am 19.01. um 21.00 Uhr ihr Maximum erreichte, die SO_2 -Belastung jedoch zu dieser Zeit sich nahezu wieder im Minimum befand. Dies zeigt, daß die großräumige Belastung und Verfrachtung von Schwebstäuben nicht identisch ist mit der von SO_2 .

Schwebstaub-Immissionssituation am 14.01.1985

Die Belastung war an diesem ersten Tag der Smogperiode noch relativ gering. Maximal wurden $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 3-Stundenmittel erreicht. Entsprechend der Windrichtung war, wie auch beim SO_2 , zu Beginn das westliche Ruhrgebiet stärker belastet. Mit zunehmender Nordkomponente des Windes verlagerte sich der Belastungsschwerpunkt etwa ab 12.00 Uhr auf das südliche Ruhrgebiet (Essen, Bochum).

Schwebstaub-Immissionssituation am 15.01.1985

Gegenüber dem Vortag nahm die Belastung insbesondere nach 12.00 Uhr weiter zu. Das maximale 3-Stundenmittel betrug $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es bildete sich ein Gebiet erhöhter Belastung im Zentrum des Ruhrgebietes von Ost nach West gerichtet - zeitweise zum südlichen Ruhrgebiet verschoben - aus.

Schwebstaub-Immissionssituation am 16.01.1985

An diesem Tage nahm die Schwebstaubbelastung deutlich zu. Die Werte stiegen bis auf $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 3-Stundenmittel. Der Belastungsschwerpunkt verlagerte sich auf das südliche Ruhrgebiet (Bochum). Die 15.00-Uhr-Werte zeigten eine mit der SO_2 -Konzentration vergleichbare räumliche Verteilung des Schwebstaubes. Dies ist eine Folge des Strömungsfeldes. Am Mittag dominierte im Ruhrgebiet eine nördliche Windrichtungskomponente, die zu einer Verschiebung des Belastungsschwerpunktes an den Südrand des Ruhrgebietes und darüber hinaus führte. Aus den zeitlichen Immissionsverläufen ist besonders deutlich - an den Stationen im mittleren und östlichen Ruhrgebiet - ein vorübergehender Anstieg der Schwebstaubbelastung zwischen 15.00 und 18.00 Uhr zu erkennen. Dieser Anstieg ist nur unbedeutend an den nördlich gelegenen Stationen, aber sehr markant an den südlich gelegenen Stationen. Dieses Beispiel belegt - bei den zu dieser Zeit herrschenden nördlichen Winden -, daß die Belastungsspitze durch die im Ruhrgebiet selbst liegenden Emittenten verursacht wurde.

Schwebstaub-Immissionssituation am 17.01.1985

Die Schwebstaubbelastung stieg an diesem Tag - wie auch Schwefeldioxid - kräftig an. Die höchsten 3-Stunden-Mittelwerte betragen ca. $660 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Belastungsstruktur war ähnlich wie beim Schwefeldioxid. Zu Beginn des Tages war der

Südrand des Ruhrgebietes stärker belastet. Mit der zunehmend östlichen Windrichtung verschob sich das Feld hoher Belastung ab 12.00 Uhr auf das Zentrum des Ruhrgebietes (Essen, Bottrop, Gelsenkirchen) und auf den Duisburger-Raum. Die nordnordöstliche Strömung in der Rheinschiene führte zu einem zunehmenden Schwebstaubtransport aus dem Ruhrgebiet in die mittlere und südliche Rheinschiene. So wurde der höchste Schwebstaubwert in Düsseldorf (Station Lörick) mit $661 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 21.00 Uhr gemessen.

Schwebstaub-Immissionssituation am 18.01.1985

Während beim Schwefeldioxid an diesem Tage gegenüber dem Vortag die Belastung absank, nahm die Schwebstaubbelastung weiter zu. Als höchstes 3-Stundenmittel wurde $835 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht (Essen-Leithe um 15.00 Uhr).

Die Belastung konzentrierte sich um 12.00 Uhr auf die Längsachse des Ruhrgebietes von Dortmund nach Duisburg. Danach verschob sich der Schwerpunkt auf das südöstliche Ruhrgebiet (Essen, Bochum, Witten). In der gesamten Rheinschiene und ab 15.00 Uhr auch im Duisburger-Raum ging die Belastung deutlich zurück. Um 15.00 Uhr lag das Belastungsniveau im Raum Köln und Düsseldorf unter $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im Belastungsschwerpunkt des Ruhrgebietes um $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der in den zeitlichen Konzentrationsverläufen sehr markant in Erscheinung tretende Abfall der Konzentration an den Stationen in der Rheinschiene hat seine wesentliche Ursache in einer Windrichtungsänderung in diesem Gebiet. Die am Vortag noch nördliche Strömung wurde durch östliche Winde abgelöst, die eine gute Durchlüftung in der Rheinschiene brachten und gleichzeitig den Transport aus dem Ruhrgebiet in die Rheinschiene unterbanden. Zusätzlich war in der Rheinschiene ein stärkeres Auffrischen der Windgeschwindigkeit zu beobachten.

Schwebstaub-Immissionssituation am 19.01.1985

An diesem Tag ging die Belastung im Ruhrgebiet - vor allem in nördlichen Teil - zurück, in der Rheinschiene nahm sie deutlich zu. Es fand eine allgemeine Umstellung der Strömungsrichtung von Ost auf zunehmend Nord im Ruhrgebiet und in der mittleren Rheinschiene und auf West im Bereich Köln statt. Dies führte, wie auch beim Schwefeldioxid, zu einer Südverlagerung der Belastungsschwerpunkte und zu einem deutlichen Staubtransport aus dem Ruhrgebiet nach Süden. Sehr deutlich ist dies aus der in der Rheinschiene nach Süden fortschreitenden Erhöhung der Schwebstaubkonzentrationen zu erkennen. Nach 18.00 Uhr waren die Schwebstaubkonzentrationen in der Rheinschiene höher als im Ruhrgebiet. Deutlich erhöhte Schwebstaubwerte dürften durch diesen Transport auch im Bergischen Land aufgetreten sein.

Schwebstaub-Immissionssituation am 20.01.1985

Die nördliche Strömungsrichtung des Vortages stellte sich auf östliche Richtungen um. In der Rheinschiene drehte der Wind von über Ost auf Südsüdost. Bereits am 19.01. um 24.00 Uhr wurden im Duisburger- und Kölner-Bereich Südsüdost und Ostnordost-Winde registriert. Auch um 3.00 Uhr und 6.00 Uhr des 20.01. war eine nordöstliche Strömungsrichtung im Bereich der Rheinschiene dominierend. Nach vorübergehend östlichen Winden war dann ab 15.00 Uhr im Bereich der Rheinschiene eine südöstliche Strömungskomponente wieder dominierend. Die Windrichtungsänderung auf Ost bis Südsüdost brachte in der Rheinschiene nicht etwa einen Abfall der Schwebstaubbelastung, wie er wegen der bei der Nord-süd-Erstreckung guten Durchlüftungsmöglichkeit zu erwarten war. Die Schwebstaubkonzentrationen blieben auf einem erhöhten Niveau bzw. stiegen vorübergehend an. Dies ist ein Hinweis darauf, daß der Schwebstaub (wie auch das Schwefeldioxid), der am Vortage aus den Belastungsgebieten in das Vorland (Bergisches Land) transportiert wurde, nunmehr mit der Windrichtungsänderung wieder zurückgeführt wurde. Es kam allerdings nicht zu einem so starken Anstieg der Schwebstaubbelastung, wie es beim SO₂ im Duisburger Bereich bis Wesel der Fall war.

Gleichfalls wich die Belastungsstruktur des Schwebstaubes im mittleren und östlichen Ruhrgebiet von der des SO₂ ab. Während die SO₂-Belastung in diesem Bereich bei den hier herrschenden östlichen Winden keine stärker erhöhten Werte erreichte, stiegen die Schwebstaubkonzentrationen hier bis etwa 18.00 Uhr an. Es wurden im mittleren Ruhrgebiet Werte über 600 µg/m³ im 3-Stundenmittel erreicht. Dies dürfte die Auswirkung der niedrig liegenden Inversion und der relativ geringen Windgeschwindigkeit sein, was bei den in überwiegend geringen Höhen freigesetzten Schwebstaubemissionen zu einer stärkeren Immissionsauswirkung führte. Mit einer Zunahme der Windgeschwindigkeit vor allem in der Rheinschiene sank in diesem Bereich die Schwebstaubbelastung deutlich ab, zum Teil auf Werte unter 100 µg/m³.

Schwebstaub-Immissionssituation am 21.01.1985

Mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit auch im Ruhrgebiet sank hier die Schwebstaubbelastung ebenfalls deutlich ab. Die 3-Stundenmittel um 9.00 Uhr lagen auch im Ruhrgebiet - mit einer Ausnahme - an allen Stationen unter 200 µg/m³.

4.4. Stickstoffmonoxid

Die Hauptemissionsquelle in dem Bereich niedriger Quellhöhen (bis 60 m Höhe) ist für die Stickoxide in der Rheinschiene der Kfz-Verkehr (siehe Tabelle 13). Auch im Ruhrgebiet ist der Kfz-Anteil erheblich. Wenn auch NO keine Smogkomponente ist - für NO sind im Smogalarmplan keine Schwellenwerte angegeben - ist NO jedoch von Bedeutung, da die chemische Umsetzung von NO zu NO₂ führt und NO₂ eine Smogalarmkomponente ist.

Da eine wesentliche Quelle für NO der Kfz-Verkehr ist, können außerdem aus dem Immissionsverlauf des NO Rückschlüsse über die Auswirkung der Kfz-Verkehrsverbote während der Alarmstufen 2 und 3 auf die Immissionssituation gezogen werden.

Die Abbildungen 178 bis 216 geben den zeitlichen Immissionsverlauf an den einzelnen Stationen in Form von zeitlich gleitenden 3-Stunden-Mittelwerten wieder.

Danach traten die höchsten NO-Immissionen in der Rheinschiene auf. Das höchste 3-Stundenmittel wurde mit $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Meßstation Riehl am 17.01. erreicht. An den Stationen Reisholz, Chorweiler, Leverkusen und Riehl wurden nahezu gleich hohe Werte erreicht. Der höchste Halbstundenmittelwert betrug $1170 \mu\text{g NO}/\text{m}^3$; er wurde gleichfalls an der Station Riehl gemessen.

Die Immissionsverläufe zeigen eine unterschiedliche Belastungsstruktur in den verschiedenen Gebieten und auch an den einzelnen Meßstationen. Diese räumlich größere Inhomogenität erklärt sich einmal aus der unterschiedlichen Nähe der einzelnen Meßstationen zur Hauptemissionsquelle - dem Kfz-Verkehr - sowie auch aus der Auswirkung unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen in den einzelnen Belastungsgebieten. Diese Auswirkung hat wegen der geringen Quellhöhe der NO-Emissionen ein stärkeres Gewicht als bei anderen Komponenten mit einer anderen Quellhöhenverteilung.

Insgesamt weisen die Meßstationen in der Rheinschiene - von Wesseling bis in den Raum Krefeld - ein relativ übereinstimmendes Muster im zeitlichen Immissionsverlauf auf. Auffällig ist dabei der starke NO-Anstieg in den Abendstunden des 17.01. und der nachfolgende abrupte Einbruch der Belastung zu Beginn des 18.01. an fast allen Stationen in der Rheinschiene. Der Anstieg setzte nahezu gleichzeitig an den Meßstationen in der Rheinschiene zwischen 16.00 und 17.00 Uhr ein. Die Maxima wurden zwischen 16.30 Uhr und 23.00 Uhr erreicht. Zwischen 0.00 Uhr und 2.00 Uhr des Folgetages waren die NO-Werte fast auf Null abgefallen. Der nahezu gleichzeitige Anstieg der NO-Werte ist zurückzuführen auf die bodennahen Inversionsbedingungen sowie eine über mehrere Stunden anhaltende Windstille. Die Emissionen des Kfz-Verkehrs konnten nur wenig verdünnt werden. Der abrupte Abfall der Konzentration ging einher mit dem Auffrischen des Windes auf bis zu 2 m/s. Da der Wind aus östlichen Richtungen kam, wurde die relativ schmale Rheinschiene schnell durchlüftet.

Die NO-Belastung verblieb in der Rheinschiene am 18.01. vorerst auf einem relativ geringen Niveau, da die relativ lebhaften östlichen Winde (bis 3,6 m/s) andauerten. Ein Anstieg der NO-Werte setzte zuerst im Bereich Düsseldorf und dann fortschreitend nach Süden mit einem Rückgang der Windgeschwindigkeit und einem Drehen des Windes um Ost auf Nordnordwest ein. Es handelte sich also hier eindeutig um eine Advektion von stärker mit NO-belasteter Luft aus dem Ruhrgebiet.

Im Ruhrgebiet war das Zeitmuster des NO-Immissionsverlaufes anders als in der Rheinschiene. So trat ein stärkerer NO-Anstieg in den Abendstunden des 17.01.

und ein Einbruch am 18.01. nicht auf. Der Grund dafür liegt in der relativen Konstanz der Windgeschwindigkeit und der nordöstlichen Strömung. Die Windgeschwindigkeiten lagen zwischen 1,0 und 2,5 m/s. Werte, die auch unter Inversionsbedingungen für eine Verdünnung der bodennah freigesetzten NO-Emissionen ausreichen. Auffällig ist der an den Meßstationen des Ruhrgebietes am 18.01. (Freitag) einsetzende Rückgang der NO-Belastung. Die NO-Belastung verblieb am 19.01. (Samstag) auf geringem Niveau und stieg erst in den Nachmittagsstunden des 20.01. (Sonntag) wieder an.

Als Beispiel sind die Zeitverläufe der NO-Immission für Styrum (westliches Ruhrgebiet) und Witten (östliches Ruhrgebiet) auf der Basis von Halbstundenmittelwerten in den Abbildungen 217 und 218 dargestellt. Parallel dazu sind die SO₂-Immissionen dargestellt. Es zeigt sich aus der Gegenüberstellung der Zeitverläufe der beiden Schadstoffkomponenten, daß die NO-Absenkung nicht meteorologisch, d.h. durch verbesserte Verdünnungsbedingungen, erklärt werden kann. Dieser Befund wird gestützt durch die Abbildungen 219 und 220 (paralleler SO₂- und Schwebstaubverlauf).

Die Absenkung des NO-Niveaus ist zurückzuführen auf die in den Alarmstufen 2 und 3 verfügbaren Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung.

Im westlichen Ruhrgebiet (Smoggebiet 2) wurde ein Fahrverbot in den Verkehrssperrbezirken während folgender Zeiten erlassen:

18.01.	von	6.00 Uhr - 10.00 Uhr	und	15.00 Uhr - 24.00 Uhr
19.01.	von	0.00 Uhr - 10.00 Uhr	und	15.00 Uhr - 20.00 Uhr
20.01.	von	6.00 Uhr - 10.00 Uhr.		

Die Gesamtzeit des Verkehrsverbots betrug 32 Stunden.

Im östlichen Ruhrgebiet (Smoggebiet 1) betraf das Fahrverbot folgende Zeiten:

18.01.	von	15.00 Uhr - 20.00 Uhr
19.01.	von	6.00 Uhr - 10.00 Uhr und 15.00 Uhr - 20.00 Uhr
20.01.	von	6.00 Uhr - 10.00 Uhr.

Die Gesamtzeit des Verkehrsverbots betrug 18 Stunden.

Hinzu kam, daß der Verkehr am Samstag (19.01.) unter den winterlichen Bedingungen generell stark zurückging - auch außerhalb der Sperrbezirke.

In Styrum (Abbildung 217) begann der NO-Rückgang am 18.01. gegen 17.00 Uhr. Das Verkehrsverbot war an diesem Tage allerdings schon von 6.00 - 10.00 Uhr und dann von 15.00 Uhr an in Kraft. Die Immissionsauswirkung erfolgte - wie auch nicht anders zu erwarten - mit zeitlicher Verzögerung. Unterstützt wurde die NO-Absenkung durch vorübergehend erhöhte Windgeschwindigkeiten, die auch die SO₂-Werte parallel abfallen ließen. Jedoch stiegen die SO₂-Konzentrationen in der Nacht und in den Morgenstunden des 19.01. wieder sehr deutlich an. NO

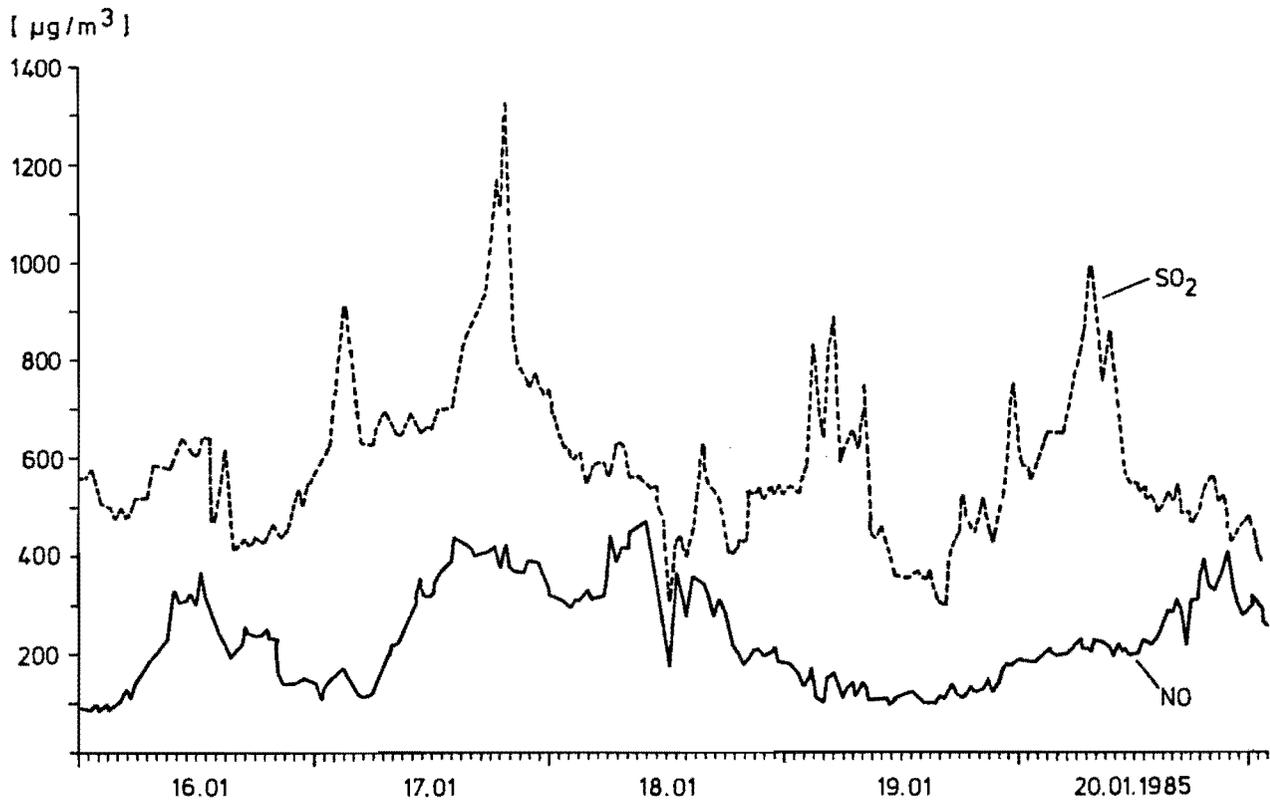


Abb. 217: Halbstundenmittelwerte der SO₂- und NO-Konzentration
Station Styrum

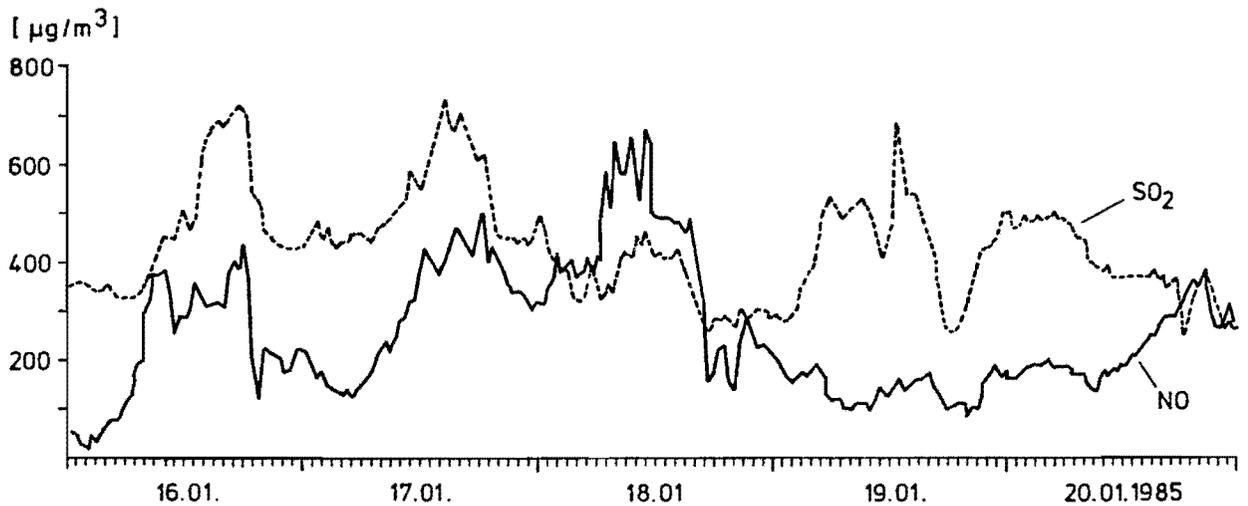


Abb. 218: Halbstundenmittelwerte der SO₂- und NO-Konzentration
Station Witten

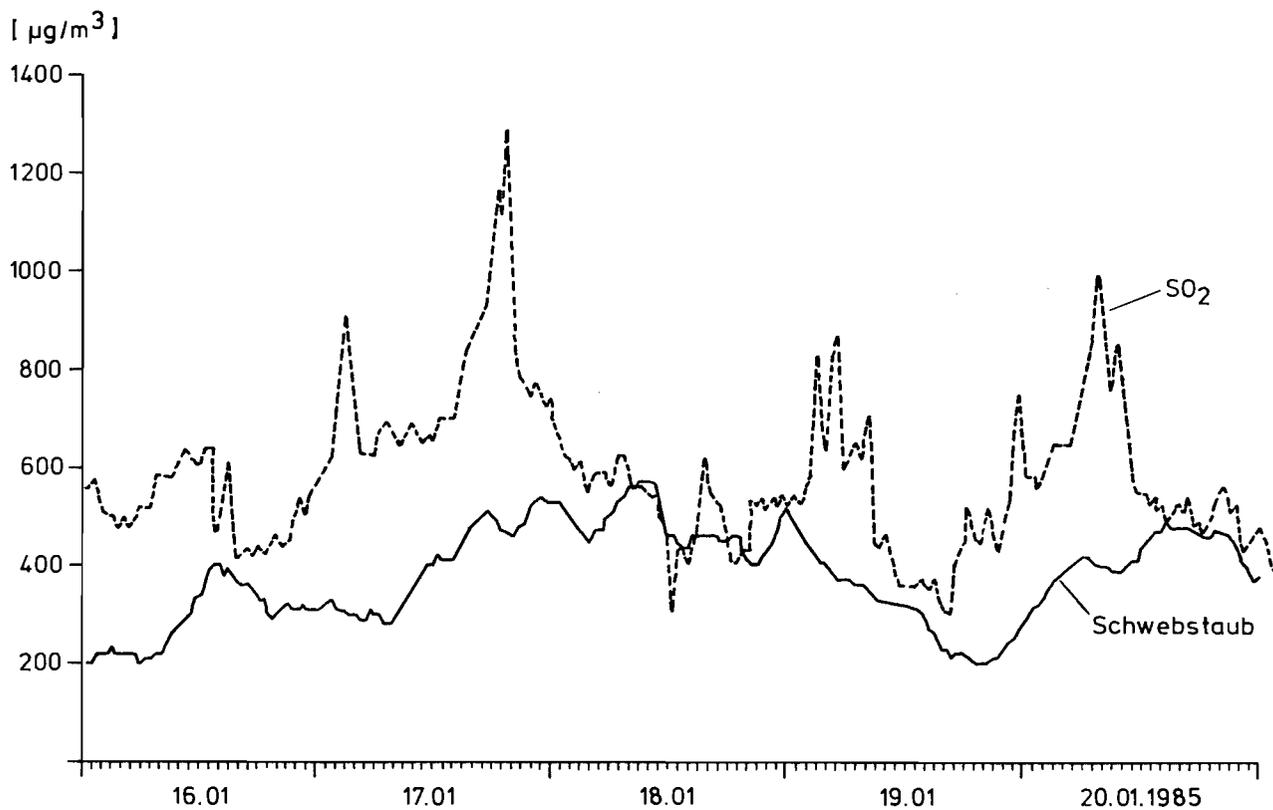


Abb. 219: Zeitverlauf der Schwefeldioxidkonzentration (Halb-
stundenmittelwerte) und der Schwebstaubkonzentra-
tion (3-Stundenmittelwerte, zeitlich gleitend um
eine halbe Stunde),
Station Styrum

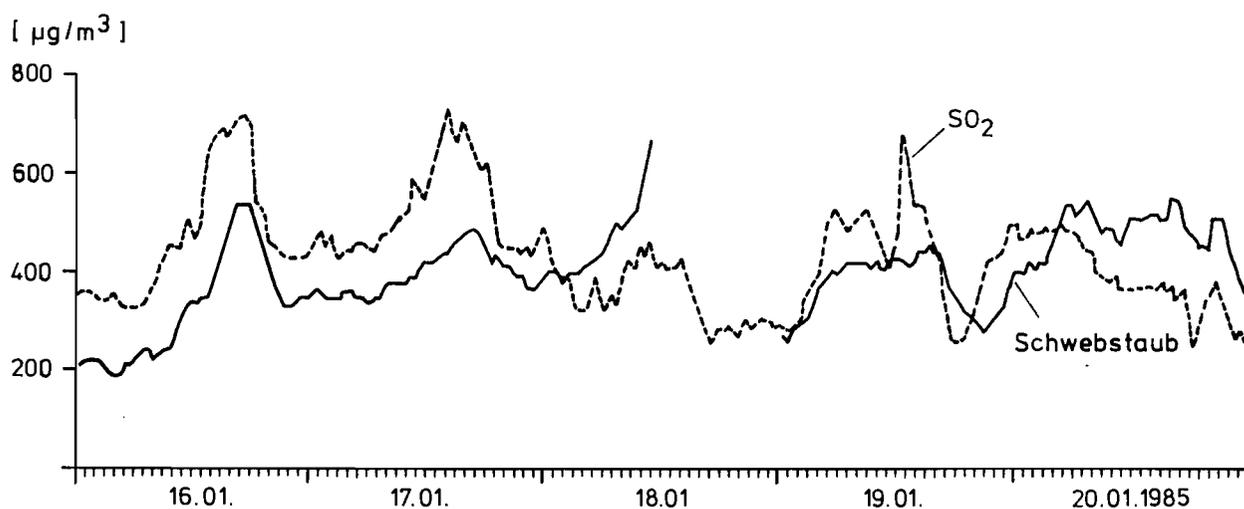


Abb. 220: Zeitverlauf der Schwefeldioxidkonzentration (Halb-
stundenmittelwerte) und der Schwebstaubkonzentra-
tion (3-Stundenmittelwerte, zeitlich gleitend um
eine halbe Stunde),
Station Witten

dagegen sank weiterhin ab. Es verblieb auch am 20.01. trotz relativ geringer Windgeschwindigkeit auf einem geringen Niveau und nahm erst in den Mittagsstunden wieder zu. Um 10.05 Uhr war an diesem Tag die Alarmstufe 2 und damit das Verkehrsverbot aufgehoben worden.

Aus dem NO/SO_2 -Verhältnis für die Zeit vom 16.01. bis 18.01., in Gegenüberstellung zu dem Verhältnis am 19.01., ergibt sich die Möglichkeit, die Auswirkung der Verkehrsverbote sowie der sonstigen Reduktion des Verkehrs für den 19.01. abzuschätzen. Im Mittel über die 3 Tage vom 16.01. bis 18.01. betrug das NO/SO_2 -Verhältnis 0,43. Am 19.01. betrug die Relation 0,25. Daraus errechnet sich für den 19.01. ein anteilmäßiger Rückgang der NO-Immission um ca. 40 %, der auf verringerte Emissionen durch den Verkehr zurückzuführen ist. Aus der NO/Schwebstaub-Relation ergibt sich eine gleich große NO-Verminderung.

Die in Abbildung 218 für die Station Witten dargestellten NO- und SO_2 -Verläufe vermitteln ein ähnliches Bild wie an der Station Styrum. Gleichfalls setzte in den Nachmittagsstunden des 18.01. ein deutlicher Rückgang der NO-Belastung ein. Um 17.00 Uhr war ein Niveau von unter $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Am 19.01. verblieb die NO-Belastung auch hier auf geringem Niveau, um erst am 20.01. mittags wieder anzusteigen. Aus dem mittleren NO/SO_2 -Verhältnis für die Zeit vom 16.01. bis 18.01. von 0,68 und einem NO/SO_2 -Verhältnis von 0,32 für den 19.01. ergibt sich als Schätzwert ein Rückgang der NO-Immissionen am 19.01. von ca. 50 %. Das NO/Schwebstaub-Verhältnis bestätigt diesen Schätzwert auch hier.

Es kann daher in Näherung davon ausgegangen werden, daß im Ruhrgebiet die Drosselung des Verkehrs zu einer Immissionsentlastung am 19.01. von 40 bis 50 % bei der Schadstoffkomponente NO geführt hat. Da die TEMES-Stationen nicht speziell die punktuell stärkeren Verkehrsimmissionen erfassen, sondern flächenrepräsentativ messen, dürften die Immissionsminderungseffekte in stark befahrenen Straßen noch größer gewesen sein. Ferner ist zu beachten, daß alle weiteren aus den Kraftfahrzeugen stammenden Schadstoffkomponenten wie kanzerogene Kohlenwasserstoffe, Blei u.ä. entsprechend vermindert werden.

4.5. Stickstoffdioxid

Die Abbildungen 221 bis 259 geben den zeitlichen Immissionsverlauf der NO_2 -Konzentration an den TEMES-Stationen wieder.

Die Stickoxidemission (gerechnet als NO_2) wird im Ruhrgebiet dominierend durch die Industrie freigesetzt. Der Anteil beträgt ca. 83 %. Der Hausbrandanteil ist geringfügig. Er liegt bei 5 %. Der Verkehr emittiert 12 %.

Wird jedoch der bei Inversionswetterlagen besonders relevante Quellenbereich bis zu einer Höhe von 60 m betrachtet, so ergeben sich folgende Emissionsanteile:

Industrie ca. 48 %, Hausbrand ca. 15 % und Verkehr ca. 37 % (siehe Tabelle 13).

Bezogen auf den Schwellenwert für die Alarmstufe 1 von $0,60 \text{ mg/m}^3$ im 3-Stundenmittel erreichten die NO_2 -Konzentrationen kein kritisches Niveau. Der höchste 3-Stunden-Mittelwert wurde mit $330 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ am 17.01. um 21.00 Uhr in Gerresheim erreicht. Das höchste Halbstundenmittel betrug $380 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Es trat am 17.01. um 20.30 Uhr in Rodenkirchen auf. Das Zeitmuster der NO_2 -Konzentration ähnelt sehr stark dem der NO -Konzentration, was auf die große Bedeutung des Kfz-Verkehrs für die NO_2 -Belastung hinweist.

Die NO_2 -Verläufe an den Meßstationen in der Rheinschiene unterscheiden sich, wie beim NO , von den Verläufen im Ruhrgebiet. So wurden in der Rheinschiene die höchsten NO_2 -Werte in den Abendstunden des 17.01. erreicht, mit einem Einbruch der Belastung am 18.01. Ein vorübergehender Anstieg ist in der Rheinschiene in den Abendstunden des 18.01. von Nord nach Süd zeitversetzt zu beobachten. Die Parallelität zum SO_2 - und Schwebstaub-Verlauf sowie die nordöstliche bis nordwestliche Strömungsrichtung zeigen an, daß dieser Anstieg durch Advektion von belasteter Luft aus dem Ruhrgebiet bedingt war. In den Morgenstunden des 20.01. stiegen die NO_2 -Werte in der Rheinschiene wiederum an. Der Anstieg war relativ stärker als beim NO . Da dies in Parallelität mit dem SO_2 -Verlauf erfolgte, zeigte sich hier der Einfluß von Luftmassentransporten aus östlicher bis südöstlicher Richtung durch die Rheinschiene.

Die NO_2 -Belastung im Ruhrgebiet wies einen deutlichen Anstieg in den Vormittagsstunden des 17.01. auf. Das NO_2 -Niveau blieb am 18.01. erhöht und fiel in der Nacht vom 18.01. auf 19.01. wieder ab, um am 20.01. erneut - stärker im Duisburger Raum als im übrigen Gebiet - zuzunehmen. Dieser Verlauf ging weitgehend mit dem NO -Verlauf parallel. Die NO_2 -Absenkung am 19.01. zeigte die Auswirkung des verminderten Verkehrs. Der deutliche Anstieg am 20.01. im Duisburger Gebiet (siehe Spellen - Abbildung 236) zeigte den Durchzug belasteter Luft über die Rheinschiene nach Nordwest bis Nord an. Im Eggegebirge ist über die Gesamtzeit vom 14.01. bis 20.01. eine stetige, jedoch geringe Zunahme der NO_2 -Belastung feststellbar. Etwas deutlicher nahmen die Werte am 19.01. und 20.01. zu. Die in Windrichtung liegende nördlichste Station Sickingmühle lieferte jedoch im Vergleich zu den Immissionsverläufen im Eggegebirge keine Hinweise auf einen deutlichen Fremdtransport von NO_2 . Die im Vergleich zu der Alarmschwelle der 1. Stufe von $0,60 \text{ mg/m}^3$ im allgemeinen relativ geringe NO_2 -Belastung bei dieser Smoglage sollte nicht zu dem Schluß verleiten, daß generell bei Smoglagen mit einer schwerwiegenden NO_2 -Belastung nicht zu rechnen sei. Die Erfahrung während der Smoglage vom 15. bis 20.01.1982 spricht dagegen. Während der Smoglage im Januar 1982 traten höchste Halbstundenmittel im mittleren Ruhrgebiet bis $750 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ auf. Das höchste 3-Stundenmittel betrug $590 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. Die NO_2 -Belastung war bei der Smoglage im Januar 1985 geringer, weil die Windgeschwindigkeit nur kurzzeitig unter 1 m/s fiel und somit überwiegend eine noch ausreichende Verdünnung und ein Abtransport der Emissionen stattfinden konnte.

4.6. Kohlenmonoxid

Der zeitliche Immissionsverlauf des Kohlenmonoxid an den TEMES-Stationen ist in den Abbildungen 260 bis 286 dargestellt.

Kohlenmonoxid stellte während dieser Smoglage keine kritische Schadstoffkomponente dar. Das höchste 3-Stundenmittel der CO-Konzentration wurde mit 15 mg/m^3 am 17.01. um 20.30 Uhr in Rodenkirchen gemessen. Das höchste Halbstundenmittel betrug 17 mg/m^3 . Es trat am 17.01. um 18.30 Uhr in Rodenkirchen auf. Im Ruhrgebiet sind die Hauptquellen für das Kohlenmonoxid die Industrie und der Hausbrand (siehe Tabelle 4). Bezogen auf die Gesamtemission emittieren industrielle Quellen 45 %, der Hausbrand 40 % und der Kfz-Verkehr 15 %. In der Rheinschiene sind jedoch die Emissionsverhältnisse anders. Hier dominiert der Hausbrand und der Kfz-Verkehr mit einem Anteil von 46 % bzw. 45 %, gefolgt von der Industrie mit 9 %.

Für die bei austauscharmen Wetterlagen besonders relevanten bodennahen Auslässe bis 60 m Quellhöhe ergeben sich für das Ruhrgebiet folgende Anteile: Hausbrand 56 %, Industrie 23 % und Kfz-Verkehr 21 %. In der Rheinschiene betragen die Werte: Hausbrand 50 %, Kfz-Verkehr 48 % und Industrie 2 % (Tabelle 12).

Nach dem zeitlichen Immissionsverlauf des CO ist wiederum, wie z.B. auch beim NO, die Rheinschiene deutlich vom Ruhrgebiet zu unterscheiden. Typisch für die Stationen der Rheinschiene ist der markante Immissionsanstieg in den Abendstunden des 17.01. und der nachfolgende Einbruch der Belastung zu Beginn des 18.01. In den Abendstunden des 17.01. wurden die höchsten CO-Konzentrationen während dieser Smoglage im gesamten Überwachungsgebiet gemessen. Der zeitliche Immissionsverlauf von CO ist weitgehend deckungsgleich mit dem des NO. Der Kfz-Anteil des NO in der Rheinschiene ist für Quellhöhen bis 60 m vergleichbar mit dem des CO. Bei Quellhöhen bis 60 m werden Stickoxide zu 53 %, CO zu 48 % vom Kfz-Verkehr emittiert. Die in Kapitel 4.4 erläuterten meteorologischen und emissionsseitigen Ursachen für den NO-Immissionsverlauf treffen damit auch für CO zu. Der nahezu gleichzeitige CO-Anstieg am 17.01. ist danach im starkem Maße auf den Kfz-Verkehr bei mehrstündiger Windstille und Inversionsbedingungen zurückzuführen. Der Rückgang der CO-Belastung am 18.01. wurde durch ein Auffrischen des Windes und ein Umspringen der Windrichtung auf Ost hervorgerufen. Im Ruhrgebiet wurden generell nicht so hohe CO-Konzentrationen wie in der Rheinschiene erreicht, da hier die relativ konstante nordöstliche Strömung mit Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 2,5 m/s für eine ausreichende Verdünnung sorgten. Auch ist im Ruhrgebiet der CO-Anteil des Kfz-Verkehrs geringer als bei den Stickoxiden. An den Stationen des Ruhrgebietes sind, wie auch bei den anderen Immissionskomponenten, drei Phasen in der Immissionsentwicklung zu unterscheiden. Die erste Phase dauerte vom 14.01. bis 18.01. Es war die Phase, in der die CO-Immissionen unter Fluktuationen ständig zunahmen. Die höchsten CO-Konzentrationen wurden an den einzelnen Meßstationen am 18.01. erreicht. Diese Phase dauerte damit länger an als beim Schwefeldioxid.

Auch die Komponenten NO, NO₂ und Schwebstaub erreichten die höchsten Konzentrationen am 18.01. - wie die Komponente CO. Der frühere Abfall des SO₂ deutet auf einen Rückgang des SO₂-Ferntransportanteiles in der Nacht vom 17. auf den 18.01. hin.

Während der 2. Phase fiel die CO-Belastung an allen Stationen ab. Der Abfall begann nach dem Erreichen der Maxima am 18.01. und dauerte bis in die Abendstunden des 19.01. an. Danach setzte mit einem Immissionsanstieg die 3. Phase im Immissionsverlauf ein. In der Nacht vom 20. auf den 21.01. fielen dann die CO-Konzentrationen mit der Auflösung der Smoglage schnell ab.

4.7. Smogindex

Von besonderer Bedeutung für die Auslösung von Smogalarm ist der sogenannte Smogindex. Es handelt sich hierbei um den Summenwert der 24-Stundenmittelwerte von Schwefeldioxid und Schwebstaub. Der Schwebstaub wird in dieser Summe mit dem Faktor 2 gewichtet. Er bestimmt daher wesentlich den Summenwert.

In den Abbildungen 287 bis 327 sind die zeitlichen Verläufe des Smogindex an den einzelnen Stationen dargestellt. Die Berechnung des Index erfolgte zeitlich gleitend in halbstündigen Abständen. Den Zeitangaben in den Abbildungen zugeordnet ist jeweils das Ende der 24stündigen Zeitintervalle.

In den Abbildung sind außerdem die Schwellenwerte für die Auslösung der drei Alarmstufen markiert.

Die Abbildungen zeigen einen gegenüber den Komponenten SO₂ und Schwebstaub sehr ausgeglichenen Verlauf des Indexes. Kurzzeitige Fluktuationen des Indexes traten nicht auf. Diese Stetigkeit im Indexverlauf ist bedingt durch die 24stündige Mittelbildung. Für Smogwarndienstzwecke ist diese Stetigkeit des Index-Wertes, unabhängig vom Zahlenwert des Staubgewichtungsfaktors vorteilhaft, da bei Alarmschwellenüberschreitungen des Indexes dieser eine gewisse Dauer besitzt, so daß Maßnahmen im Smogfall wirksam werden können. Nicht zu verkennen ist allerdings, daß der Index wegen der 24stündigen Mittelung gegenüber den aktuellen Konzentrationen von SO₂ und Schwebstaub eine Nachlaufzeit besitzt. Maxima und Minima treten zeitlich später auf. Auch der Abbau einer Smoglage wird durch den Index zeitlich verzögert wiedergegeben.

Der Index zeigte im Zeitverlauf an den einzelnen Stationen ein relativ einheitliches Bild. An fast allen Stationen war vom 14.01. an ein stetiger Anstieg bis zu einem Maximum am 17. bis 18.01. festzustellen. Danach sank der Index ab. Ein relatives Minimum trat am 19. bis 20.01. auf. Der erneute Anstieg führte zu einem zweiten Maximum am 20. bis 21.01. Danach endete die Smoglage.

Zeitlich deutlich verschoben waren die Maxima und Minima in der Rheinschiene gegenüber denen des Ruhrgebietes. So trat z.B. das erste Maximum in Rodenkirchen (Abbildung 324) am 17.01. um 12.00 Uhr auf, in Essen-Altendorf (Ab-

bildung 302) dagegen am 18.01. um 13.30 Uhr. Das Minimum wurde in Rodenkirchen am 19.01. um 2.00 Uhr erreicht, in Essen-Altendorf am 20.01. um 5.00 Uhr. Das zweite Maximum trat in Rodenkirchen am 20.01. um 12.00 Uhr ein, in Essen-Altendorf am 20.01. um 23.30 Uhr. Weiterhin war das zweite Maximum in der Rheinschiene an einigen Stationen stärker ausgeprägt als das erste Maximum (Wesseling, Rodenkirchen, Leverkusen, Walsum, Bruckhausen, Spellen). Im mittleren und östlichen Ruhrgebiet war das erste Maximum dominierend. Am Nord- und Südrand des Ruhrgebietes (Niederaden, Leithe, Bochum, Witten) war das Minimum am 18.01. und das zweite Maximum am 20.01. gar nicht oder kaum ausgeprägt.

Im einzelnen ist die zeitliche und räumliche Entwicklung des Indexes in den Abbildungen 328 bis 374 zu verfolgen. Dargestellt sind die Indexwerte in 3stündigen Abständen für den 16.01. - dem Tag des Inkrafttretens der neuen Smogverordnung - bis zum 21.01.1985. Man erkennt, daß analog zur Entwicklung der Schwefeldioxid- und Schwebstaubbelastung die Indexschwelle von 1,10 für die erste Alarmstufe zuerst in Dortmund überschritten wurde (am 16.01. um 15.00 Uhr) und sich das Überschreitungsgebiet in der Folge zunehmend nach Westen hin über das mittlere Ruhrgebiet nach Duisburg ausweitete. Am 17.01. um 6.00 Uhr wurde die Schwelle von 1,10 auch zeitweise in der Rheinschiene überschritten. Die Schwelle von 1,40 für die zweite Alarmstufe wurde wiederum zuerst in Dortmund (am 17.01. um 6.00 Uhr) überschritten. Wiederum weitete sich danach das Überschreitungsgebiet dieser Schwelle nach Westen hin aus. Um 21.00 Uhr am 17.01. zeigte Düsseldorf-Lörick als erste Station in der Rheinschiene eine Überschreitung von 1,40 an.

Am 18.01. um 6.00 Uhr wurde erstmals im Ruhrgebiet der Schwellenwert für die dritte Alarmstufe von 1,70 (Gelsenkirchen, Duisburg-Meiderich) überschritten. Die größte Erstreckung des Überschreitungsgebietes für den Indexwert von 1,70 war am 18.01. um 12.00 Uhr erreicht (Gelsenkirchen, Essen-Altendorf, Mülheim-Styrum, Duisburg-Meiderich, Duisburg-Meerbeck). In der südlichen Rheinschiene waren die Indexwerte gleichzeitig stark abgefallen.

In der Folgezeit gingen die Indexwerte im Ruhrgebiet langsam zurück. Am 18.01. um 21.00 Uhr wies keine Station mehr eine Überschreitung von 1,70 auf. Am 20.01. um 3.00 Uhr wies auch keine Station mehr eine Überschreitung von 1,40 auf.

In der Rheinschiene dagegen nahm der Indexwert nach Tiefstwerten am 19.01. um 3.00 Uhr wiederum zu. Am 20.01. um 3.00 Uhr wurde verbreitet auch in der südlichen Rheinschiene eine Überschreitung von 1,10 (Alarmstufe 1) festgestellt. Die Schwelle von 1,40 (Alarmstufe 2) wurde am 20.01. von 9.00 Uhr - 15.00 Uhr in Wesseling überschritten.

Als weitere Station wies Düsseldorf-Lörick am 20.01. von 18.00 Uhr - 21.00 Uhr eine Überschreitung von 1,40 auf. Nach Tiefstwerten am 20.01. um 9.00 Uhr stiegen auch im Ruhrgebiet die Indexwerte wieder an. Die Schwelle von 1,40 wurde am 20.01. um 18.00 Uhr zuerst in Duisburg-Meerbeck überschritten. Die größte Ausprägung des Überschreitungsgebietes von 1,40 ergab sich am 20.01.

um 24.00 Uhr. Danach fielen die Werte allgemein - wie vorher schon in der Rheinschiene - ab. Am 20.01. um 18.00 Uhr war an keiner Station mehr die Schwelle von 1,10 überschritten.

Die meteorologischen und emissionsseitigen Ursachen für den zeitlichen und räumlichen Verlauf der Indexwerte sind aus Kapitel 4.2 und 4.3 zu entnehmen. Dort sind die Ursachen für die Entwicklung der Schwefeldioxid- und Schwebstaubbelastung erläutert. Aus beiden Komponenten setzt sich der Index zusammen.

5. D e t a i l a n a l y s e n v o n F e r n t r a n s p o r t e n

In diesem Kapitel wird detaillierter auf Ferntransporte von Schadstoffen eingegangen. Den in Kapitel 4 bei der Schilderung der Immissionsentwicklung vorgefundenen deutlichen Hinweisen auf Ferntransporte wird systematisch nachgegangen und es wird der Durchzug von einzelnen "Schadgaswolken" näher untersucht.

Den beiden Meßstationen Eifel und Eggegebirge kommt bei der Beurteilung der durch Ferntransporte von Schadstoffen verursachten Immissionsbelastung eine besondere Bedeutung zu. Bei der Übertragung der an diesen Stationen auftretenden Immissionsverhältnisse auf das Ruhrgebiet ist jedoch, abgesehen von der Entfernung, zu berücksichtigen, daß die beiden Stationen eine Höhenlage von etwa 500 m haben. Das heißt, hier werden nicht nur die Immissionskonzentrationen registriert, welche bei geringeren Höhenlagen in der Mischungsschicht transportiert werden, sondern auch Schadstoffe, die sich darüber ausbreiten. Insbesondere bei Smoglagen mit niedrigen Mischungsschichthöhen werden hier vielfach Schadstoffe registriert, welche aufgrund einer großen effektiven Quellhöhe in die Inversionsschichten hinein emittiert werden und sich allmählich zum Boden hin ausbreiten. Da die Windgeschwindigkeit auch bei Smoglagen gewöhnlich mit der Höhe zunimmt, erfolgt der Transport hier rascher, außerdem ist hier die trockene Ablagerung am Boden weniger wirksam als bei den innerhalb der Mischungsschicht transportierten Schadstoffen. Während die letzteren aufgrund der trockenen Ablagerung am Boden mit zunehmender Quellentfernung allmählich abfallen, ist das bei den innerhalb der Inversionsschichten transportierten Schadstoffen in wesentlich geringerem Maße der Fall. Stationen in größeren Höhenlagen, insbesondere diejenigen auf Gipfeln oder Kämmen von Bergzügen (Meßstation im Eggegebirge) dürften infolgedessen bei Smoglagen insbesondere mit höheren SO_2 -Konzentrationen beaufschlagt werden als die Meßstationen im Tiefland, da SO_2 zu einem großen Teil bei Smoglagen mit niedrigen Mischungsschichthöhen in die Inversionsschichten hinein emittiert wird.

Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung der Smoglage im Ruhrgebiet war der Ferntransport von SO_2 und Schwebstaub. Diese beiden Stoffe werden während des Transportes durch die trockene Deposition am Boden abgelagert. Die Ablagerungsgeschwindigkeit beträgt im Mittel bei beiden Stoffen etwa 1 cm/s. Auch über nassem Schnee beträgt sie bei SO_2 etwa 1 cm/s; über trockenem Schnee ist sie bei SO_2 allerdings beträchtlich reduziert. Sie beträgt dann im Mittel bei SO_2

nur noch 0,1 cm/s [21]. Eine Schneedecke ist trocken, wenn die Temperatur unter 0° absinkt. Die Ablagerungsgeschwindigkeit von Feinstaub über trockenem Schnee ist nicht bekannt. Sie dürfte jedoch ebenfalls sehr niedrige Werte annehmen, falls die geringe Ablagerungsgeschwindigkeit von SO₂ über trockenem Schnee hauptsächlich durch die stabile Temperaturschichtung zustande kommt, welche sich unmittelbar über einer kalten Schneedecke einstellt.

Für Schadstoffe, welche innerhalb der Mischungsschicht transportiert werden, ist die trockene Ablagerung umso wirksamer, je geringer die Mischungsschichthöhe ist. Da bei einer Smoglage die Mischungsschicht nur eine geringe Mächtigkeit aufweist, werden die innerhalb der Mischungsschicht von entfernten Emissionsgebieten herantransportierten Schadstoffe auch noch bei einer Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,1 cm/s beträchtlich reduziert.

Die mittlere Verweilzeit eines Schadstoffes in der Atmosphäre sowie seine Abbaurrate aufgrund der trockenen Ablagerung am Boden lassen sich mit Hilfe der beiden folgenden Gleichungen in Abhängigkeit von der Mischungsschichthöhe und der Ablagerungsgeschwindigkeit grob abschätzen:

$$\text{Mittlere Verweilzeit: } \tau_b = \frac{H}{v_g \cdot 3600} \quad [\text{h}]$$

$$\text{Abbaurrate: } R_b = 100 (1 - e^{-3600 \cdot v_g/H}) \quad [\%/h]$$

H : Mischungsschichthöhe (m)

v_g : Ablagerungsgeschwindigkeit (m/s)

In der folgenden Tabelle sind Abbauraten und mittlere Verweilzeiten in Abhängigkeit von der Mischungsschichthöhe für eine Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,1 cm/s angegeben, wie sie im Mittel für SO₂ über trockenem Schnee vorhanden sind:

Tabelle 15: Abbauraten und mittlere Verweilzeiten über trockenem Schnee

Mischungsschichthöhe (m) (Höhe über Boden)	Abbaurrate (%/h)	Mittlere Verweilzeit (h)
50	7	13,9
100	3,5	27,8
150	2,4	41,7
200	1,8	55,6
300	1,2	83,3
500	0,7	138,9

Wie die Tabelle zeigt, steigt die Abbaurate aufgrund der trockenen Ablagerung am Boden auch bei der geringen Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,1 cm/s bei einer Mischungsschichthöhe von 50 m immerhin noch auf 7 % pro Stunde an. Die mittlere Verweilzeit des SO₂ in der Mischungsschicht nimmt entsprechend niedrige Werte an. Bei einer Mischungsschichthöhe von 50 m beträgt sie 13,9 Stunden. Die mittlere Verweilzeit ist dadurch charakterisiert, daß in ihrem Verlauf die Immissionskonzentration auf 37 % des Anfangswertes absinkt. Nach Verdoppelung der mittleren Verweilzeit sind nur noch 14 % der Anfangskonzentration vorhanden. Innerhalb einer Mischungsschicht von 150 m Höhe, wie sie während der Smoglage im Januar 1985 im Mittel etwa vorhanden war, sanken die innerhalb dieser Schicht transportierten SO₂-Mengen bei der vorhandenen Transportgeschwindigkeit von etwa 3 m/s nach einer Reisezeit von 41,7 Stunden bzw. einer Quellentfernung von 450 km auf 14 % der Anfangswerte ab.

Die Entfernung Essen - Leipzig beträgt in der Luftlinie 370 km, die Entfernung Essen - Prag 540 km und die Entfernung Essen - Breslau 700 km. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Schadstoffe oft nicht auf direktem Weg herantransportiert werden.

Wenn nun dennoch innerhalb der Mischungsschicht ein bedeutender Ferntransport von SO₂ und Feinstaub aus östlichen Industriegebieten festgestellt wurde, so kann das zweierlei Ursachen haben:

- Die Ablagerungsgeschwindigkeit über der Schneedecke war wegen der extrem tiefen Temperaturen niedriger als der Mittelwert von 0,1 cm/s. Da die über trockenem Schnee ermittelten Ablagerungsgeschwindigkeiten eine große Schwankungsbreite aufweisen, ist das durchaus denkbar.

- Da die Hauptmenge des SO₂ aus höheren Schornsteinen emittiert wird, welche zudem meist noch eine beträchtliche Abgasfahnenüberhöhung aufweisen, hat sich der Ferntransport zu einem großen Teil in den Inversionsschichten oberhalb der Mischungsschicht vollzogen. Insbesondere in der Nacht sowie in den Morgen- und Abendstunden, wenn die Mischungsschichthöhe vielfach unterhalb von 100 m lag, wurde SO₂ zum überwiegenden Teil in die Inversionsschichten oberhalb der Mischungsschicht hinein emittiert. In diesen Inversionsschichten war die Transportgeschwindigkeit größer, außerdem gelangten die Schadstoffe aufgrund des geringeren Vertikalaustausches innerhalb einer Inversionsschicht nur allmählich in Bodennähe. Die trockene Ablagerung spielt infolgedessen bei den in die Inversionsschichten hinein emittierten Schadstoffen eine wesentlich geringere Rolle.

Während sich das innerhalb der Mischungsschicht transportierte SO₂ aufgrund der trockenen Ablagerung am Boden verringert, ist das oberhalb der Mischungsschicht transportierte SO₂ von der trockenen Ablagerung am Boden zunächst nicht betroffen. Mit zunehmender Quellentfernung gelangt jedoch auch das in die Inversionsschichten hinein emittierte SO₂ durch atmosphärische Turbulenz allmählich in Bodennähe. Insbesondere wird die Mischungsschicht dann wieder mit SO₂ aufge-

füllt, wenn ihre Obergrenze um die Mittagszeit aufgrund der Sonneneinstrahlung in die Höhe wächst.

Nachfolgend wird der Durchzug von einzelnen "Schadgaswolken" näher untersucht.

Die am Nordostrand - in Luvrichtung - des Ruhrgebietes liegenden Meßstationen wiesen des öfteren SO_2 -Konzentrationen auf, die etwa halb so hoch wie die Konzentrationen auf der windabgewandten Seite des Ruhrgebietes waren.

Die in das Ruhrgebiet hineintransportierte SO_2 -Belastung war also bereits so hoch, wie die Belastung, welche innerhalb des Ruhrgebietes über die gesamte Längsachse hin dazu kam. Da den Meßstationen im Luv des Ruhrgebietes keine Industriegebiete und auch keine größeren Städte vorgelagert sind, muß wegen der Höhe der Immissionsbelastung angenommen werden, daß sie in erster Linie durch Ferntransport zustande kam, zumal ähnliche Werte auch im Eggegebirge gemessen wurden, das dem Ruhrgebiet in der Windrichtung vorgelagert ist.

Die Verläufe der Immissionsbelastungen in der Eifel und im Eggegebirge, wie sie aufgrund des Ferntransportes zustande kamen, sind hauptsächlich durch einen allmählichen Anstieg und Abfall der Immissionskonzentrationen gekennzeichnet. Daneben wurden aber auch einzelne Schadgaswolken beobachtet. Auf eine ähnliche Weise wie in der Eifel und im Eggegebirge dürfte auch die Immissionszusatzbelastung aufgrund des Ferntransportes im Rhein-Ruhrgebiet zustande gekommen sein. Der Durchzug von einzelnen "Abgaswolken" beweist zwar den Ferntransport, dürfte jedoch nur den kleineren Teil der Immissionszusatzbelastung aufgrund von Ferntransporten verursacht haben. Den Hauptanteil des Ferntransportes bildete der als Grundstrom über Tage andauernde Transport. Diesem Grundstrom waren die einzelnen "Abgaswolken" eingelagert.

Deutlich nachzuweisen ist der Durchzug von " SO_2 -Wolken" durch das Ruhrgebiet während folgender Zeiten:

- In der Nacht vom 14.01. zum 15.01.,
- am 16.01.,
- in der Nacht vom 16.01. zum 17.01.,
- am 17.01. sowie in der Nacht,
- vom 19.01. zum 20.01.

Mit Ausnahme der " SO_2 -Wolke" in der Nacht vom 14.01. zum 15.01. zogen die "Wolken" nur über einen Teil des Ruhrgebietes hinweg, etwa über ein Drittel bis zur Hälfte des Gebietes. Insbesondere galt das für den Teil der "Wolke" mit den höchsten Konzentrationen. Die einzelnen "Wolken" waren dadurch gekennzeichnet, daß die SO_2 -Konzentrationen kurzfristig, d.h. innerhalb von ein bis zwei Stunden, stark anstiegen. Der stärkste Anstieg wurde mit etwa $500 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ am 17.01. registriert. Die SO_2 -Konzentrationen verblieben für etwa 2 bis 3 Stunden auf dem hohen Niveau und sanken ebenso abrupt wieder ab. Bei den "Wolken" konnte im Maximum meist eine Breite von etwa 20 bis 25 km festgestellt werden. In der Windrichtung erstreckten sie sich meist über einen Bereich von

etwa 20 bis 30 km. Vorübergehend stark erhöhte SO_2 -Konzentrationen wurden als Ferntransport identifiziert, wenn nachfolgende Bedingungen erfüllt waren:

- Der Konzentrationsanstieg erfolgte zunächst an mehreren Meßstationen, welche auf der dem Wind zugewandten Seite des Ruhrgebietes lagen.
- An den in der Windrichtung im Ruhrgebiet gelegenen Stationen trat der Konzentrationsanstieg mit einer zeitlichen Verzögerung auf, welche der Windgeschwindigkeit innerhalb der Mischungsschicht entsprach.
- Die Konzentrationserhöhung sowie deren Dauer war bei den Stationen, über welche die "Wolken" mit ihrem Maximum hinweg gezogen sind, in etwa gleich.

Der Durchzug von mehr oder weniger begrenzten "Abgaswolken" wurde auch in der Eifel und im Eggegebirge festgestellt. " SO_2 -Wolken" mit hohen Konzentrationen wurden am 17. und 19.01. in der Eifel und insbesondere am 20.01. im Eggegebirge festgestellt. Am 20.01. stieg die SO_2 -Konzentration im Eggegebirge innerhalb weniger Stunden von etwa 500 auf etwa 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an, verblieb über einige Stunden auf diesem hohen Niveau und fiel dann ebenso abrupt wieder auf niedrige Werte ab. Ein fast ebenso abrupter Anstieg und Abfall der Feinstaubkonzentration wurde am 19.01. in der Eifel festgestellt.

Die Anzahl über das Ruhrgebiet hinwegdriftender " SO_2 -Wolken" dürfte größer gewesen sein, als sie auf die beschriebene Weise ermittelt wurden, und zwar aus folgenden Gründen:

- Bei starken Bodeninversionen können keine durchwandernden "Schadstoffwolken" beobachtet werden, da diese dann durch die Inversion weitgehend vom Boden abgesperrt werden.
- Wenn in den Inversionsschichten oberhalb der Mischungsschicht ein Ferntransport von Schadstoffen stattfindet, so führt daß bei einem Emporwachsen der Mischungsschicht zu hohen Schadstoffkonzentrationen am Boden (Fumigation-Effekt). Der Konzentrationsanstieg erfolgt dann an den Meßstationen, über welche die "Schadstoffwolke" hinweg driftet, in etwa gleichzeitig. Ein Anstieg der Immissionsbelastung mit zunehmender Mächtigkeit der Mischungsschicht tritt bei Schadstoffen, welche hauptsächlich in größeren Höhen in die Atmosphäre gelangen, wie z.B. SO_2 , allerdings auch dann ein, wenn kein Ferntransport vorliegt. Auf Ferntransport kann in diesem Fall deshalb nur dann geschlossen werden, wenn auch an den Stationen im Luv des Emissionsgebietes beim Emporwachsen der Mischungsschicht ein stärkerer Konzentrationsanstieg beobachtet wird.

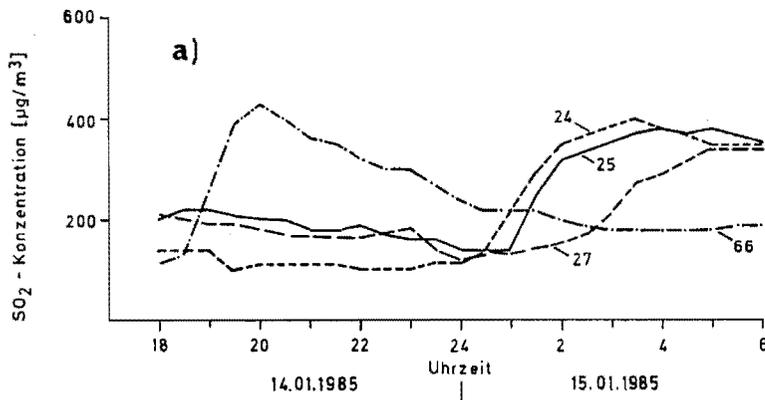
Der Durchzug eines Teils der über das Ruhrgebiet hinweg driftenden Luftmassen mit erhöhten Schadstoffkonzentrationen wird im folgenden näher beschrieben:

"SO₂-Wolke" am 14.01. und 15.01.1985

In der Nacht vom 14.01. zum 15.01. stieg die SO₂-Konzentration an fast allen Stationen im Rhein-Ruhrgebiet innerhalb von 1 bis 2 Stunden von etwa 150 auf 400 bis 500 µg/m³ an, verblieb hier für 3 bis 4 Stunden und sank dann wieder auf niedrigere Werte ab, die allerdings meist um etwa 100 µg/m³ höher lagen als vor dem Durchzug der "Schadgaswolke". Der Anstieg der SO₂-Konzentration trat zuerst im Eggegebirge auf, knapp 3 Stunden später an den Meßstationen im Nordosten des Ruhrgebietes, 1 1/2 Stunden später wurden die erhöhten SO₂-Konzentrationen im Südwesten des Ruhrgebietes registriert und 4 Stunden später an der TEMES-Station in der Eifel (siehe Abbildungen 423 a-c). In Dortmund und Sickingmühle erfolgte der Anstieg etwa zur gleichen Zeit (um 21.30 Uhr). Um 22.30 Uhr, also eine Stunde später, stiegen die SO₂-Konzentrationen etwa zur gleichen Zeit an der LIS und in Walsum an. Die Entfernung zwischen Dortmund und der LIS bzw. zwischen Sickingmühle und Walsum beträgt im Mittel etwa 37 km. Der Quotient aus Entfernung und Zeitdifferenz im Anstieg der erhöhten Konzentrationswerte ergibt die Geschwindigkeit, mit der die Schadstoffwolke durch das Ruhrgebiet driftete. Sie betrug etwa 10 m/s. In Anemometerhöhe wurde zu dieser Zeit eine Windgeschwindigkeit von 5 m/s gemessen. Bei neutraler Temperaturschichtung, wie sie vorgelegen hat, ist dann in 100 m Höhe eine Windgeschwindigkeit von 10 m/s zu erwarten. Nach den Meßwerten der TEMES-Stationen hatte die Luftmasse mit der erhöhten SO₂-Konzentration eine Breitenausdehnung von wenigstens 80 km. Die Ausdehnung in der Windrichtung dürfte etwa 100 km betragen haben.

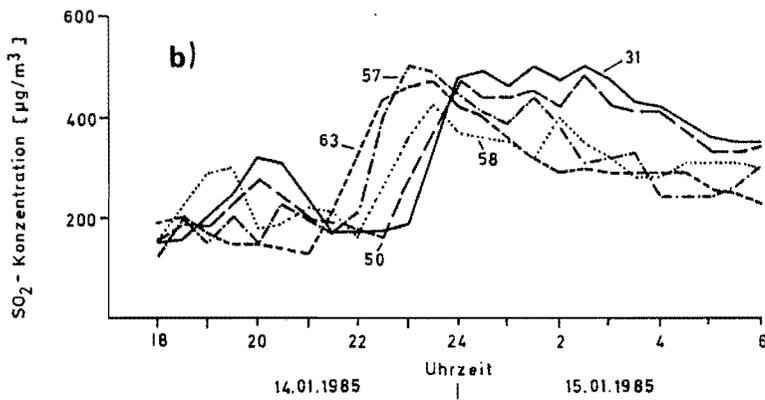
"SO₂-Wolke" in der Nacht vom 16.01. zum 17.01.1985

Eine in das Ruhrgebiet hineindriftende Luftmasse mit erhöhter SO₂-Konzentration war auch in der Nacht vom 16.01. zum 17.01. zu beobachten. Es herrschte Nordost-Wind mit einer Windgeschwindigkeit von 1 bis 2 m/s in Anemometerniveau. Die Obergrenze der Mischungsschicht lag relativ hoch, nämlich bis gegen Mitternacht bei etwa 200 m über NN. Der stärkste Anstieg der SO₂-Konzentration trat an den Stationen Herten, Bottrop, Styrum und Buchholz auf. An diesen Stationen, welche auf einer von Nordosten nach Südwesten verlaufenden Linie von etwa 35 km Länge liegen, stieg die SO₂-Konzentration für mehrere Stunden von 500 auf 750 bis 900 µg/m³. An den in der Nähe von Herten gelegenen Stationen Polsum und Recklinghausen trat ein ähnlicher Konzentrationsanstieg auf. Die erhöhte SO₂-Konzentration konnte auf einer Breite von ca. 15 km festgestellt werden. Etwa 10 km hinter Buchholz, an der Meßstation Krefeld, war der Konzentrationsanstieg nur noch gering. Windrichtung und Windgeschwindigkeit entsprechend stieg die SO₂-Konzentration zuerst in Herten, ca. 1 Stunde später in Bottrop, wieder 1 Stunde später in Styrum und noch eine 1/2 Stunde später in Buchholz an (siehe Abbildungen 424 a-c). Die Gesamtstrecke von ca. 35 km wurde von der Luftmasse mit erhöhter SO₂-Konzentration in etwa 4 Stunden zurückgelegt. Hieraus ergibt sich eine mittlere Transportgeschwindigkeit von etwa 2,5 m/s. Diese Geschwindigkeit liegt etwas höher als die Windgeschwindigkeit in Anemometerniveau. Nach dem Durchzug der "SO₂-Wolke" fiel die SO₂-Konzentrationen an der nörd-



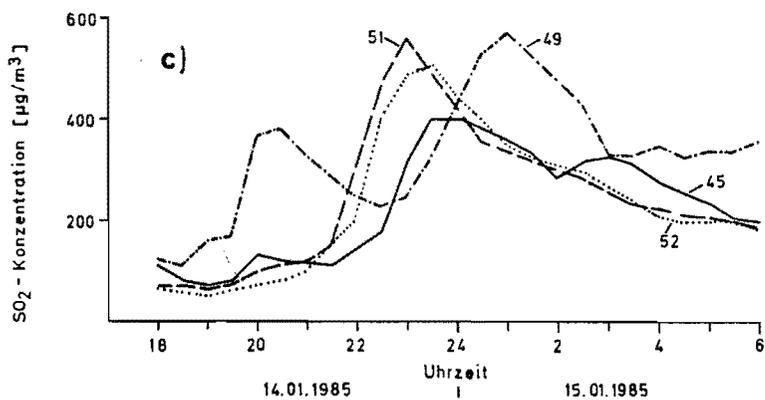
a) Meßstationen:

- 66 : Eggegebirge
- 24 : Leverkusen
- 25 : Vogelsang
- 27 : Eifel



b) Meßstationen:

- 63 : Niederaden
- 57 : Herne
- 58 : Altendorf
- - - 50 : Buchholz
- 31 : Krefeld



c) Meßstationen:

- 51 : Sickingmühle
- 52 : Polsum
- 45 : Osterfeld
- 49 : Kaldenhausen

Abb. 423 a-c: SO₂-Konzentrationsverlauf am 14./15.01.1985

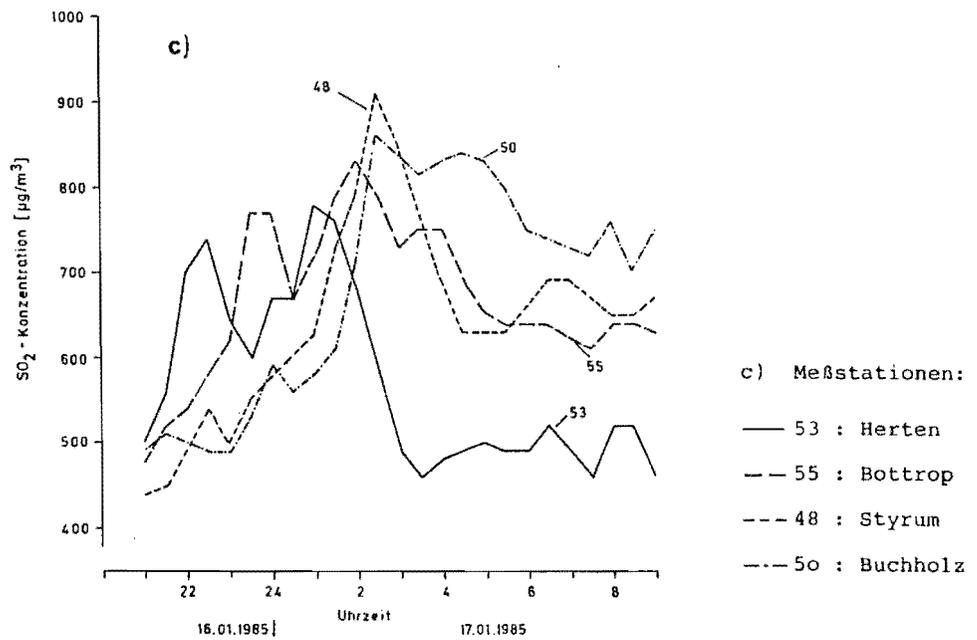
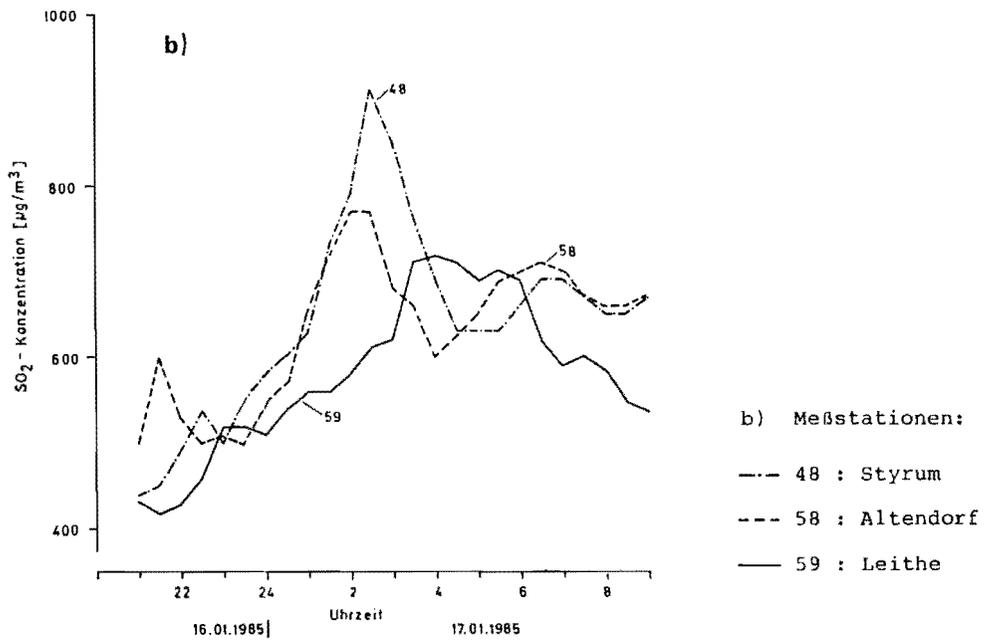
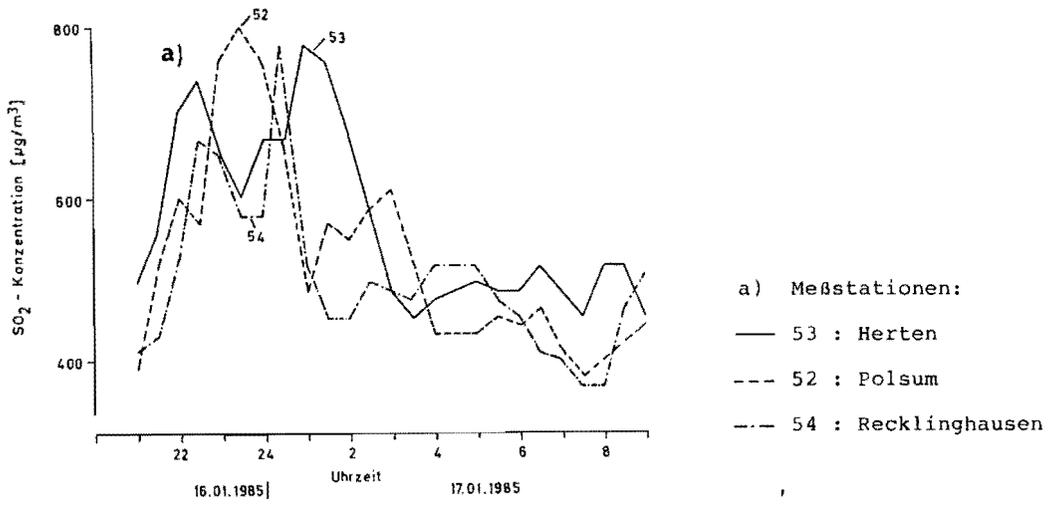


Abb. 424 a-c: SO₂-Konzentrationsverlauf am 16./17.01.1985

lichen Grenze des Ruhrgebietes gelegenen Meßstation Herten wieder auf das ursprüngliche Niveau von etwa $500 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ab, während in Bottrop, Styrum und Buchholz ein erhöhter SO_2 -Pegel bestehen blieb. Dieser war umso höher, je weiter die Meßstation im Ruhrgebiet lag, d.h., der SO_2 -Pegel stieg mit der Ausdehnung des Emissionsgebietes in Windrichtung an.

" SO_2 -Wolke" am 17.01.1985

An der überwiegenden Anzahl der Stationen im Ruhrgebiet trat die höchste SO_2 -Belastung am Abend des 17.01. auf. Die SO_2 -Konzentrationen erreichten zu dieser Zeit an den meisten Stationen im mittleren und westlichen Teil des Ruhrgebietes Werte zwischen ca. 700 und $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei der Konzentrationsanstieg kurzfristig 300 bis $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betrug. In der Rheinschiene-Mitte wurden ebenfalls SO_2 -Konzentrationen von etwa $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Auch in Rheinschiene-Mitte und Ruhrgebiet-Ost stiegen die SO_2 -Konzentrationen an, allerdings nicht in dem Maße wie in den anderen Gebieten. Was war die Ursache für diesen starken Konzentrationsanstieg?

Die Mischungsschichthöhe lag an diesem Abend im Ruhrgebiet bei etwa 70 bis 80 m über Boden. Der Wind kam im Ruhrgebiet, vom Rheintal abgesehen, im Mittel aus Ostnordost. In Bottrop und Walsum wurde am frühen Nachmittag für einige Stunden jedoch auch Nordwind gemessen. Die Windgeschwindigkeit betrug 1 bis 2 m/s. Im Rheintal herrschte zunächst überall Nordwest- bzw. Nordostwind. Am Nachmittag sprang der Wind dann in der Rheinschiene-Süd und am Abend in der Rheinschiene-Mitte auf Südsüdost um. Die Windgeschwindigkeit lag im Rheintal, bevor der Wind umsprang, an den meisten Stationen im Mittel etwas unterhalb 1 m/s. Als dann der Wind umsprang, stieg die Windgeschwindigkeit auf etwa 3 m/s an. Parallel dazu sank die SO_2 -Immissionsbelastung hier stark ab.

Die SO_2 -Belastung wurde wesentlich durch eine " SO_2 -Wolke" verursacht, welche mit ihrem Maximum von Nordosten her mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 m/s über die Stationen Sickingmühle, Polsum und Herten in das Ruhrgebiet hineindriftete. Die Maximalkonzentrationen dieser "Wolke" lassen sich auf einer Breite von etwa 15 km nachweisen.

Der Konzentrationsanstieg trat in Sickingmühle gegen 15.00 Uhr (Anstieg um $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in Polsum gegen 16.00 Uhr (Anstieg um $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in Osterfeld gegen 18.30 Uhr (Anstieg um $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Abfall später um $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), in Walsum ebenfalls gegen 18.30 Uhr (Anstieg um $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, - das Maximum wurde jedoch in Walsum später als in Osterfeld erreicht) und in Meerbeck gegen 19.30 Uhr (Anstieg um $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Abfall später um $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ein. Die hohen Konzentrationen traten etwa 4 bis 5 Stunden lang auf (Abbildung 425).

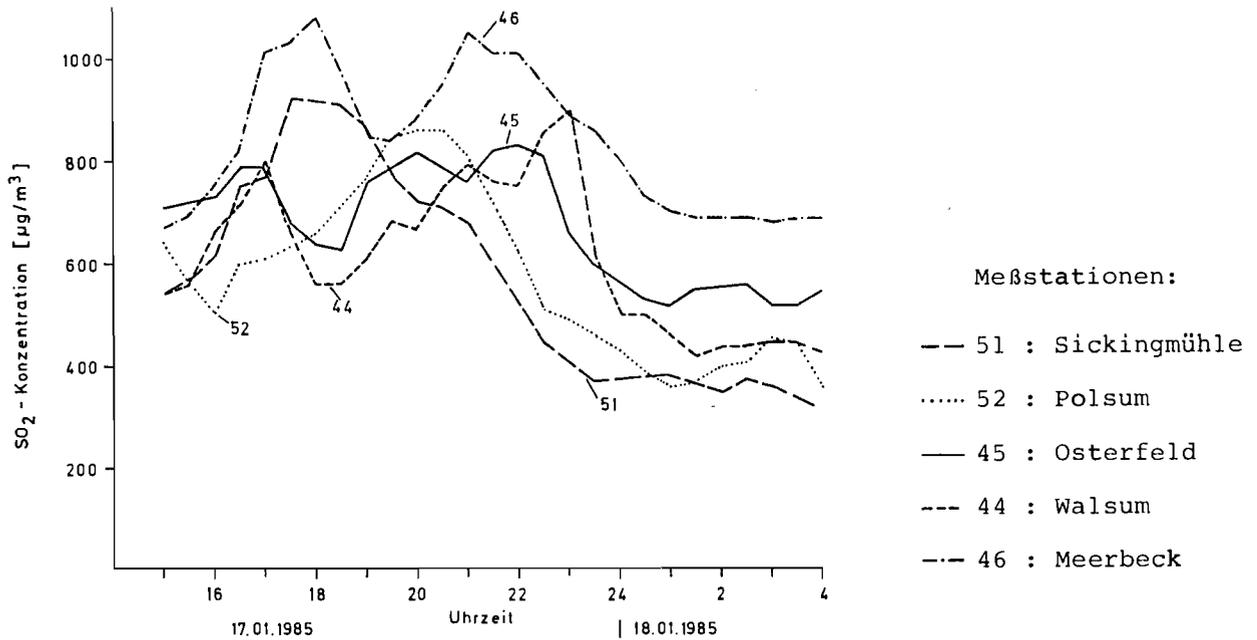


Abb. 425: SO₂-Konzentrationsverlauf am 17./18.01.1985

6. Beitrag des Kfz-Verkehrs zur Immissionsbelastung

In diesem Kapitel wird die grundsätzliche Bedeutung des Kfz-Verkehrs für Smoglagen behandelt. Am Beispiel der Smoglage vom Januar 1985 werden - über die Ausführungen in Kapitel 4 hinausgehend - Entwicklung und Verlauf der Kfz-Immissionen detailliert untersucht und die Bedeutung von Verkehrsbeschränkungsmaßnahmen im Smogfall herausgestellt.

6.1. Emissionen des Kfz-Verkehrs

Kraftfahrzeuge emittieren u.a.:

Kohlenmonoxid,
Stickoxide,
Schwefeldioxid,
Kohlenwasserstoffe,
Rußpartikel,
Bleiverbindungen und in geringeren Mengen
auch noch andere Schadstoffe.

Zu den Kohlenwasserstoffen gehören Benzol und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), von denen Benzol und einige PAH, wie z.B. Benzo(a)pyren und Dibenzo(a,h)anthracen zu den kanzerogenen Schadstoffen zählen.

Die nachfolgend genannten Emissionsanteile basieren auf den Emissionskatastern [22], die für die Belastungsgebiete an Rhein und Ruhr erstellt wurden und stellen die Verhältnisse für das Winterhalbjahr dar.

Die CO-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr haben im Ruhrgebiet einen Anteil an den CO-Emissionen insgesamt von im Mittel 15 %. Im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West sinkt der Anteil auf 10 % ab, wohingegen er im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte auf 20 % ansteigt. Im Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd haben die CO-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr sogar einen Anteil an den CO-Emissionen insgesamt von 45 %. Die Stickoxidemissionen aus dem Kfz-Verkehr (gerechnet als NO_2) haben im Ruhrgebiet an den Stickoxidemissionen insgesamt einen Anteil von 12 %, die SO_2 -Emissionen aus dem Kfz-Verkehr einen Anteil an den gesamten SO_2 -Emissionen von ca. 1 % und die Staubemissionen aus dem Kfz-Verkehr einen Anteil an den Gesamtemissionen von ca. 1 %. Bei den organischen Gasen und Dämpfen beträgt der Anteil des Kfz-Verkehrs an den Gesamtemissionen dieser Stoffgruppe im Mittel 28 %. Ähnlich wie bei CO sind die Anteile in den einzelnen Belastungsgebieten jedoch unterschiedlich. Im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte hat der Kfz-Verkehr z.B. nur einen Anteil von 22 % an den Gesamtemissionen der organischen Gase und Dämpfe, im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Ost dagegen einen Anteil von 42 %. Die Stickoxidemissionen aus dem Kfz-Verkehr (gerechnet als NO_2) liegen im Ruhrgebiet um den Faktor 2,4 höher als die Stickoxidemissionen aus Hausbrand und Kleingewerbe. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Stickoxidemissionen aus dem Kfz-Verkehr in erster Linie als NO freigesetzt werden. Bei Mischungsschichthöhen unterhalb von 60 bis 100 m ist deshalb NO ein noch besserer Indikator für die Kraftfahrzeugemissionen als CO. Die CO-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr erreichen im Mittel 38 % der CO-Emissionen aus Hausbrand und Kleingewerbe. An den Stickoxidemissionen (gerechnet als NO_2) bis zu einer Quellhöhe von 60 m hat der Kfz-Verkehr im Ruhrgebiet einen Anteil von 37 %, an den CO-Emissionen bis 60 m dagegen nur einen Anteil von 21 %. An den Emissionen bis 100 m Quellhöhe betragen die entsprechenden Werte bei den Stickoxiden 24 % und bei CO 18 %. Für größere Quellhöhen sowie für die Schadstoffe SO_2 und Staub gehen die Anteile, welche auf die verschiedenen Auslaßhöhen entfallen, aus den Tabellen 7 und 10 hervor. Die CO-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr liegen bezogen auf ihre absolute Menge im Ruhrgebiet um den Faktor 8 höher als die Stickoxidemissionen aus dem Kfz-Verkehr. In bezug auf organische Gase und Dämpfe liegen die CO-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr um den Faktor 10, in bezug auf SO_2 um den Faktor 98 und in bezug auf Schwebstaub um den Faktor 360 höher. Diese Zahlen liefern einen Anhaltspunkt dafür, wie hoch z.B. die SO_2 -Immissionsbelastung aufgrund des Kfz-Verkehrs am Rande stark befahrener Straßen ist. Bei einer CO-Konzentration von 20 mg/m^3 ergibt sich eine SO_2 -Konzentration aus dem Kfz-Verkehr von $0,20 \text{ mg/m}^3$. Da SO_2 mit einer Abbaurrate von etwa 10 %/h in Stadtgebieten relativ rasch abgebaut wird, dürfte der tatsächliche SO_2 -Anteil aus dem Kfz-Verkehr geringer sein. In den Innenstädten verschiebt sich darüberhinaus aufgrund der dort niedrigeren

Fahrgeschwindigkeit das Verhältnis zwischen den CO- und SO₂-Emissionen zugunsten von CO. Mit absinkender Fahrgeschwindigkeit steigen nämlich die CO-Emissionen stark an. Dennoch zeigt die Abschätzung, daß die SO₂-Immissionen aus dem Kfz-Verkehr am Rande stark befahrener Straßen einen Anteil an den SO₂-Gesamtimmisionen haben, der nicht vernachlässigt werden kann. Das gilt insbesondere für Smoglagen.

Die Verkehrsdichte geht im allgemeinen mit der Bevölkerungsdichte parallel. Beide erreichen in den Stadtzentren ein Maximum. Für die Stadt Köln wurde z.B. ermittelt, daß sich die Linienquellen mit den höchsten Emissionsdichten an Kohlenmonoxid im Stadtkern befinden oder Teile stark frequentierter Ausfallstraßen oder Querverbindungen darstellen [8].

6.2. Immissionen aus dem Kfz-Verkehr im allgemeinen Fall

Die höchsten CO- und Stickoxidimmissionen werden am Fahrbahnrand stark befahrener Stadtstraßen gemessen:

In Tabelle 16 sind typische Werte angegeben. Die höchsten Immissionskonzentrationen (12 bis 24 mg CO/m³) traten an den Wochentagen zu den Hauptverkehrszeiten morgens und abends auf [9]. Im Ruhrgebiet wurde fernab stark befahrener Straßen ein Jahresmittelwert von 0,8 mg CO/m³ gemessen [10]. Das sind nur etwa 3 bis 7 % der CO-Immissionen, wie sie zu den Hauptverkehrszeiten am Fahrbahnrand stark befahrener Stadtstraßen gemessen werden. An den TEMES-Stationen des Ruhrgebietes, deren Standorte gemäß ihrer Aufgabenstellung so gewählt wurden,

Tabelle 16: Immissionskonzentrationen in stark befahrenen Stadtstraßen und in der offenen Landschaft

Schadstoff-Komponente	Konzentrationen in mg/m ³	
	stark befahrene Stadtstraße (am Fahrbahnrand)	offene Landschaft
CO	1-Stundenmittelwert : 12 - 24	0,1 - 0,6
	24-Stundenmittelwert : 2 - 19	
	Jahresmittelwert : 6 - 11	
NO _x (gerechnet als NO ₂)	1/2 - 1-Stundenmittelwert : 0,4 - 2,4	0,004 - 0,012
	24-Stundenmittelwert : 0,8	
	Jahresmittelwert : 0,4	

daß sie weitgehend frei bleiben von unmittelbaren Einflüssen spezieller Emittenten, werden im räumlichen und zeitlichen Mittel ebenfalls nur Werte zwischen etwa 1 und 2 mg CO/m³ gemessen. Im Gegensatz hierzu liegt der Jahresmittelwert an stark befahrenen Stadtstraßen nach Tabelle 16 zwischen 6 und 11 mg/m³, also um den Faktor 4,6 bis 8,5 höher. Die relativ niedrigen CO-Werte fernab stark befahrener Straßen sind ein Hinweis darauf, daß die CO-Immissionen in einer stark befahrenen Straße im Mittel fast ausschließlich durch die CO-Emissionen des Kfz-Verkehrs dieser Straße verursacht werden.

Gestützt wird diese Aussage durch folgende Befunde:

- Vergleiche von Verkehrsaufkommen und CO-Konzentrationsverläufen zeigen einen synchronen Verlauf der beiden Meßgrößen. Für den Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen und CO-Konzentrationsverlauf ergab sich ein Korrelationskoeffizient von 0,87. Für NO_x lag die Korrelation wegen der etwas höheren NO_x-Vorbelastung etwas niedriger [11].

- In Straßen mit keiner oder nur aufgelockerter Randbebauung, einer Verkehrsstärke von mehr als 5000 Kfz/24 Stunden und einer Fahrzeuggeschwindigkeit von mehr als 60 km/h beträgt die CO-Immissionsbelastung im Jahresmittel in 50 m Abstand nur noch ein Viertel der Immissionsbelastung am Fahrbahnrand. In 100 m Abstand ist sie auf weniger als 1/8 der Immissionsbelastung am Fahrbahnrand abgesunken [11].

- Im Dezember 1973 galt an mehreren Sonntagen ein Fahrverbot. Vergleiche mit Sonntagen im Dezember 1973/Januar 1974 ohne Fahrverbot ergaben, daß die Anzahl der Kfz/h am Neumarkt in Köln an diesen Sonntagen ohne Fahrverbot auf 1260 Kfz/h anstieg, wohingegen sie an den Sonntagen mit Fahrverbot nur bei maximal etwa 240 Fahrzeugen/Std. lag. Die CO-Belastung stieg an den Sonntagen ohne Fahrverbot im Maximum auf 23 mg/m³ an, während sie an den Sonntagen mit Fahrverbot bei maximal 5,9 mg/m³ lag [12].

Aus diesen Angaben läßt sich eine CO-Immission pro Fahrzeug von 0,017 mg/m³ berechnen. Die CO-Vorbelastung aufgrund der CO-Emissionen anderer Emittentengruppen sowie der CO-Emissionen des Kfz-Verkehrs in benachbarten Straßen ergibt sich zu 1,9 mg CO/m³ bzw. 8,3 % der Maximalimmission.

Die NO_x-Immissionen betragen an den Sonntagen ohne Fahrverbot maximal 0,55 und an den Sonntagen mit Fahrverbot maximal 0,16 mg/m³. Die NO_x-Immission pro Fahrzeug ergibt sich damit zu $3,8 \cdot 10^{-4}$ mg/m³ und die NO_x-Vorbelastung zu 0,07 mg/m³. Das sind 12,7 % der Maximalimmission. Bei den Kohlenwasserstoffen betragen die entsprechenden Werte 5,4 und 2,2 ppm. Die Kohlenwasserstoffemission pro Fahrzeug läßt sich damit zu $3,1 \cdot 10^{-3}$ ppm und die Vorbelastung zu 1,45 ppm berechnen. Die Vorbelastung hat damit einen Anteil von 26,9 % an der Maximalbelastung. Da die Emissionen der einzelnen Schadstoffe von der Fahrgeschwindigkeit abhängen, handelt es sich bei diesen Zahlen um Überschlagswerte. Die ermittelten Zahlenwerte können zudem nicht auf andere Jahreszeiten übertragen werden, da die Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr im Winter ein deutlich höheres Niveau erreicht als zu den anderen Jahreszeiten.

- Aus einer im Auftrage des Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW [13] durchgeführten Abschätzung für den Kölner Raum ergab sich für die ausgewählten Tagessituationen, daß im Mittel 90 bis 99 % der CO-Belastung in stark befahrenen Straßenschluchten durch den Kfz-Verkehr verursacht wurde.

- Von 1969 bis 1973 wurden Messungen der Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr im Stadtzentrum von Essen durchgeführt, und zwar im Südviertel, in der Bismarckstraße sowie in der Alfredstraße. Dabei wurde festgestellt, daß die gemessenen CO-Konzentrationen zu etwa 95 % aus dem Kfz-Verkehr stammten. Bei den Kohlenwasserstoffen sowie den Stickoxiden betrug dieser Anteil 40 bzw. 50 %. Die verkehrsbedingten Immissionen waren an Werktagen höher als am Wochenende. An Sonntagen lagen sie nur etwa halb so hoch wie an Werktagen.

Die CO-Immissionen (Stundenmittelwerte) stiegen im Tagesgang auf 10 mg/m³ an, die NO_x-Immissionen auf 0,16 mg/m³ und die Kohlenwasserstoff-Immissionen auf 3,2 mg/m³ [14]. Bei diesen Angaben ist zu berücksichtigen, daß der Kfz-Verkehr seit Anfang 1970 beträchtlich zugenommen hat und die Immissionen aus dem Kfz-Verkehr infolgedessen heute höher liegen.

1974 lag die Anzahl der Kraftfahrzeuge im Ruhrgebiet bei 1,2 Mio., 1984 dagegen bei 1,7 Mio. Der Anstieg betrug 44 %.

6.3. Immissionen aus dem Kfz-Verkehr während austauscharmer Wetterlagen

Zum Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die CO-Immissionsbelastung ergaben Messungen im Essener Stadtgebiet, daß die CO-Konzentrationen bei einer Abnahme der Windgeschwindigkeit von 3,5 m/s (mittlere Wetterverhältnisse) auf 1 m/s (windschwache Wetterlage) im Mittel von 10 auf 15 mg/m³ anstiegen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß eine windschwache Wetterlage nicht immer auch eine austauscharme Wetterlage ist. Bei einer Sonneneinstrahlung, wie sie tagsüber im Sommerhalbjahr gegeben ist, sind niedrigere Windgeschwindigkeiten in der Regel mit einem stärkeren Vertikalaustausch und einer entsprechend hohen Mischungsschicht verknüpft. Da sich dann die Kfz-Emissionen rasch in der Vertikalen ausbreiten, verbleibt die Immissionsbelastung auf einem niedrigen Niveau. Die Emissionen aus dem Straßenverkehr führen jedoch dann zu hohen Immissionsbelastungen, wenn niedrige Windgeschwindigkeiten zusammen mit Bodeninversionen oder niedrigen Mischungsschichthöhen auftreten. Da die Mischungsschicht im Winter in der Regel wesentlich niedriger ist als im Sommer, sind Kfz-Immissionen im Winter deutlich höher.

Am Neumarkt in Köln wurde z.B. bei einer Verkehrsdichte von 1428 Kfz/h im Sommer zwischen 6.00 und 20.00 Uhr ein Mittelwert von 12,9 mg CO/m³ und im Winter ein Mittelwert von 21,6 mg CO/m³ gemessen. Die entsprechenden NO_x-Mittelwerte betragen 0,36 und 0,61 mg/m³. Der Maximalwert (Stundenmittelwert) betrug im Sommer 29,3 und im Winter 81,9 mg CO/m³. Die zugehörige Verkehrsdichte war 2259 Kfz/h [15]. Die im Winter höheren CO-Emissionen aus Hausbrand und Kleingewerbe haben an diesen Immissionen nur einen untergeordneten Anteil.

Nach Messungen der Bundesanstalt für Straßenwesen [11] am Rande einer Stadtumgehungsstraße mit einer maximalen Verkehrsstärke von etwa 1000 Kfz/h und einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von ca. 50 km/h war die CO-Immissionskonzentration bei Inversionswetterlagen mit einer Windgeschwindigkeit von weniger als 1,5 m/s in der Nacht um mehr als das doppelte und um die Mittagszeit um etwa 50 % gegenüber den Wetterlagen mit Windgeschwindigkeiten größer 2 m/s erhöht. Am Morgen und zur Hauptverkehrszeit am Abend stieg die CO-Konzentration um das 3- bis 4fache an. In den Abendstunden blieb dabei der Schadstoffpegel trotz stark abnehmender Verkehrsstärke noch mehrere Stunden hindurch auf fast dem gleichen hohen Niveau.

6.3.1. Smoglage vom 15.01. bis 20.01.1982

Vom 15.01. bis 20.01.82 wurde im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte auf einer Fläche von ca. 140 km² eine außergewöhnlich hohe CO-, NO- und Kohlenwasserstoffbelastung registriert, wie sie in erster Linie vom Kfz-Verkehr verursacht wird [16]. Die meteorologischen Parameter, welche zu der hohen Immissionsbelastung führten, waren niedrige Windgeschwindigkeiten sowie starke Bodeninversionen bzw. niedrige Mischungsschichthöhen im Zusammenhang mit einer Hochdruckwetterlage. Windgeschwindigkeit und Mischungsschichthöhe sanken auf äußerst niedrige Werte ab, wie sie auch für eine Smoglage ungewöhnlich sind. In Bottrop wurde z.B. während der Zeit vom 15. bis 20.01.82 nur eine mittlere Windgeschwindigkeit von etwa 0,5 m/s gemessen. An den Stationen außerhalb der hochbelasteten Fläche im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-Mitte wurden demgegenüber mit 1 bis 2 m/s deutlich höhere Windgeschwindigkeiten registriert. Die Mischungsschichthöhe dürfte in den bebauten Gebieten der Stadtzentren die meiste Zeit auf einige 10 m beschränkt gewesen sein. Auf den anderen Flächen haben die starken Inversionen mit einer Temperaturzunahme von etwa 4° Celsius/100 m unmittelbar am Boden begonnen. Eine Ausnahme bildete lediglich die Mittagszeit, in der die Mischungsschichthöhe aufgrund der Sonneneinstrahlung auf einige 100 m anwuchs. Der niedrigen Mischungsschichthöhe entsprechend wurden die hohen Immissionskonzentrationen fast ausschließlich durch die bodennahen Quellen Verkehr, Hausbrand und Kleingewerbe verursacht, die Emissionen aus höheren Quellen dagegen weitgehend durch die starken Inversionen oberhalb der Mischungsschicht vom Boden abgesperrt. Lediglich um die Mittagszeit, als die Obergrenze der Mischungsschicht auf einige 100 m anstieg, hatten auch höhere Quellen vorübergehend einen größeren Anteil an der Immissionsbelastung am Boden. Die SO₂-Konzentrationen erreichten dann für eine kurze Zeit ein hohes Niveau (Fumigation-Effekt), während die CO-, NO- und wahrscheinlich auch die Kohlenwasserstoff-Konzentrationen auf niedrige Werte absanken. Ursache für dieses unterschiedliche Verhalten ist das unterschiedliche Emissionsniveau, auf dem die einzelnen Schadstoffe in die Atmosphäre gelangen. Während SO₂ hauptsächlich aus höheren Quellen mit einer großen Abgasfahnenüberhöhung in die Atmosphäre emittiert wird, stammen CO, NO und Kohlenwasserstoffe zu einem bedeutenden Teil aus bodennahen Quellen [17]. Der markante Rückgang der CO- sowie der NO-Immissionskonzentration um die Mittagszeit war während dieser Smogperiode für den Konzentrationsverlauf der beiden Schadstoffe charak-

teristisch. Ursache für den Konzentrationsabfall von CO und NO war nicht nur der größere Austauschraum aufgrund der größeren Mächtigkeit der Mischungsschicht, sondern auch das Auffrischen des Windes parallel zum Anstieg der Mischungsschichthöhe.

Die höchsten Immissionsbelastungen wurden an den TEMES-Stationen Bottrop, Gelsenkirchen und Essen-Altendorf gemessen. Wie die übrigen TEMES-Stationen liegen auch diese Stationen weiter entfernt von stark befahrenen Straßen. Die Tagesmittelwerte der SO₂-Konzentrationen lagen hier während der Smoglage zwischen 0,25 und 0,59 mg/m³, die NO₂-Konzentrationen zwischen 0,12 und 0,32 mg/m³, die NO-Konzentrationen zwischen 0,24 und 0,89 mg/m³ und die CO-Konzentrationen zwischen 8,2 und 21,5 mg/m³. Die höchsten NO- und CO-Immissionen wurden am 15. sowie am 19. und 20.01.1982 gemessen. Die durchschnittlichen Tagesmittel betragen für die genannten drei Stationen bei NO 0,66, 0,75 und 0,63 mg/m³ und bei CO 17,5, 19,6 und 17,2 mg/m³. An diesen drei Tagen mit den höchsten Immissionsbelastungen wurden zusätzlich mobile Messungen in starkbefahrenen Straßen abseits der Fahrbahn durchgeführt. Am 15.01. fanden die Messungen in der Zeit zwischen 14.25 Uhr und 15.15 Uhr statt. Im Mittel über neun Meßpunkte wurden während dieser Zeit 60 mg CO/m³ gemessen. Als Höchstwert (3-Minutenmittel) wurden 105 mg CO/m³ gefunden. Die mittlere CO-Belastung lag im Einflußbereich stark befahrener Straßen etwa doppelt so hoch wie die zu dieser Zeit an der TEMES-Station Essen-Altendorf gemessene CO-Belastung. Am 19.01. wurden die mobilen Messungen zwischen 14.35 Uhr und 17.35 Uhr durchgeführt. Als Mittel über 15 Messungen ergab sich wiederum ein CO-Wert von 60 mg/m³. Der Höchstwert betrug 140 mg CO/m³. Die CO-Konzentration am Straßenrand lag diesmal im Mittel um den Faktor 3 höher als der zur gleichen Zeit an der TEMES-Station Essen-Altendorf gemessene Wert.

Mit einem zweiten Meßwagen wurden an diesem Tag auch SO₂, NO₂ und NO gemessen. Während die SO₂- und die NO₂-Konzentrationen mit den Werten vergleichbar waren, welche an der Station Essen-Altendorf registriert wurden, lagen die NO-Konzentrationen am Straßenrand mit Werten zwischen 0,98 und 1,74 mg/m³ im Mittel um etwas mehr als den Faktor 2 höher als die an der Station Essen-Altendorf gemessenen Werte.

Am 20.01.1982 fanden die mobilen Messungen in der Zeit zwischen 11.25 Uhr und 13.35 Uhr statt. Die CO-Konzentrationen lagen mit Werten um 60 mg/m³ im Mittel um mehr als den Faktor 3 höher als die an der Station Essen-Altendorf gemessenen CO-Immissionsbelastungen. Am 20.01. wurden an der Station Essen-Altendorf um die Mittagszeit zusätzlich Luftproben gezogen und auf den Gehalt an Kohlenwasserstoffen untersucht. Gegenüber dem Mittel der zwischen April und Dezember 1981 gemessenen Werte war die Kohlenwasserstoffkonzentration um den Faktor 30 erhöht. Wie aufgrund von Verhältniszahlen anderer Schadstoffkonzentrationen geschlossen wurde, erreichten die Kohlenwasserstoffkonzentrationen an stark befahrenen Straßen zu dieser Zeit noch um ein Mehrfaches höhere Werte.

6.3.2. Smoglage vom 17.01.1979

Um 17.30 Uhr am 17.01.1979 waren im Belastungsgebiet Ruhrgebiet-West die Bedingungen für die Auslösung der Warnstufe 1 des Smogalarms erfüllt, weil hier an mehr als der Hälfte der Meßstationen gleichzeitig für die Dauer von 3 Stunden der Schwellenwert von $0,8 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ überschritten war und mit einer Andauer der austauscharmen Wetterlage über weitere 24 Stunden gerechnet werden mußte. Die CO-Immissionsbelastung lag zum Zeitpunkt der Alarmauslösung an den Smogwarndienst-Stationen relativ niedrig. In Duisburg stieg sie gegen 7.30 Uhr auf etwas über $12 \text{ mg}/\text{m}^3$ an und fiel danach auf $7 \text{ mg}/\text{m}^3$ ab. In der Nacht zuvor wurde eine CO-Konzentration von $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ gemessen. Die CO-Konzentrationen an den Smogwarndienst-Stationen stiegen u.a. deswegen nicht auf höhere Werte an, weil die meteorologischen Bedingungen, welche zu der hohen SO_2 -Immissionsbelastung führten, hauptsächlich während der Nacht auftraten, zu einer Zeit also, da der Kfz-Verkehr stark reduziert war. Die meteorologischen Verhältnisse während dieser Smoglage lassen sich wie folgt charakterisieren: Im Zusammenhang mit einer Hochdruckzone traten Höheninversionen auf, deren Untergrenze am 16.01. zwischen 0.00 Uhr und 14.00 Uhr von 400 auf 550 m über NN anstieg. Am 17.01. 0.00 Uhr wurde am Wetteramt Essen eine Bodeninversion gemessen, deren Obergrenze eine Höhe von 530 m über NN erreichte. Um 6.30 Uhr hatte sie sich bis zu einer Höhe von 220 m und um 12.00 Uhr bis zu einer Höhe von 250 m über NN aufgelöst. Ein weiterer Grund dafür, weshalb die Immissionsbelastung aus dem Kfz-Verkehr an den Smogwarndienst-Stationen keine höheren Werte erreichte, war also auch der relativ große zur Verfügung stehende vertikale Austauschraum. Der Mittelwert der Windgeschwindigkeit am Boden - gemessen an der Station Bottrop - betrug vom 16. bis zum Morgen des 17.01. nur 0,6 bis 0,7 m/s. Gegen 7.00 Uhr erreichte die Windgeschwindigkeit ein Minimum und stieg dann bis gegen 11.30 Uhr auf etwa 2 m/s an [18].

6.3.3. Smoglage vom 21.02.1979

Am 21.02.1979 bestand eine Hochdruckwetterlage mit bodennahen Inversionen und niedrigen Windgeschwindigkeiten. Im Mittel wurde an diesem Tag in Bottrop nur eine Windgeschwindigkeit von $0,4 \text{ m/s}$ gemessen. Die CO-Immissionsbelastung stieg auf hohe Werte an, und es wurden auch relativ hohe SO_2 -Konzentrationen registriert. In Essen, wo die CO-Konzentration 6 m entfernt vom Fahrbahnrand einer stark befahrenen Straße gemessen wurde (Kfz-Dichte etwa 38.000 pro Tag), stieg die CO-Konzentration gegen 8.00 Uhr auf $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ an. Im Mittel lag die CO-Konzentration hier zwischen 8.00 und 20.00 Uhr bei etwa $28 \text{ mg}/\text{m}^3$. Das Monatsmittel betrug im Februar 1979 $6 \text{ mg}/\text{m}^3$. Am Fahrbahnrand dürfte die CO-Konzentration zwischen 8.00 und 20.00 Uhr weit über $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ gelegen haben. Die CO-Konzentration nimmt mit zunehmender Entfernung vom Fahrbahnrand rasch ab. Bei Messungen in Berlin [16] ergab sich in 4 m Entfernung vom Fahrbahnrand im Mittel eine Abnahme von rund 30 %, und zwar sowohl beim Jahresmittel als auch beim 95- und 97,5 %-Wert der Summenhäufigkeit.

An der Smogwarndienststation Bochum, welche in größerem Abstand von stärker befahrenen Straßen liegt, stieg die CO-Konzentration am Morgen für eine halbe Stunde auf über 30 mg/m³ an. Im Tagesmittel lag sie bei 15 mg/m³. Während die CO-Konzentration in Essen zur Hauptverkehrszeit um 17.00 Uhr noch einmal auf 37 mg/m³ anstieg, sank die CO-Konzentration in Bochum auf 7 mg/m³ ab, stieg in der Nacht jedoch dann wieder auf etwa mehr als doppelt so hohe Werte an. Das Monatsmittel der CO-Konzentration betrug in Bochum im Februar 1979 4 mg/m³.

6.3.4. Smoglage vom Januar 1985

Ebenso wie bei SO₂, Stickoxiden und Staub stiegen auch die CO-Immissionen seit dem 14.01. über mehrere Tage hinweg auf immer höhere Konzentrationswerte an. Während sie am 14.01. noch 1 bis 2 mg CO/m³ betrugten, erreichten sie am 16.01. bereits ein erstes Maximum, das an einer Reihe von Stationen bei etwa 6 mg/m³ lag. Am 18.01. und 20.01. wurden dann an den TEMES-Stationen im Ruhrgebiet Maximalwerte von 8 bis 10 mg CO/m³ gemessen. Am 20.01. fiel die Immissionsbelastung bei höheren Windgeschwindigkeiten und Mischungsschichthöhen rasch wieder auf Normalwerte ab. Im Mittel blieben die CO-Konzentrationen an den TEMES-Stationen um etwas mehr als den Faktor 2 unterhalb der Werte, welche hier während der Smoglage im Januar 1982 gemessen wurden. Wie bei den vorhergehenden Smoglagen auch, waren die meteorologischen Ursachen für den CO-Anstieg in erster Linie geringe Windgeschwindigkeiten und niedrige Mischungsschichthöhen im Zusammenhang mit einer Hochdruckwetterlage. Beide Parameter sanken jedoch nicht auf so niedrige Werte ab wie während der Smoglage im Januar 1982. Da CO (abgesehen von NO) in stärkerem Maße als andere Schadstoffe aus niedrigen Quellen, insbesondere dem Kfz-Verkehr, in die Atmosphäre gelangt, steigt die CO-Immissionsbelastung bei unveränderter Windgeschwindigkeit auf umso höhere Werte an, je niedriger der vertikale Austauschraum ist. Die höchsten Konzentrationen treten bei niedrigen Windgeschwindigkeiten und starken Boden- bzw. bodennahen Inversionen auf, welche sich auch tagsüber kaum auflösen. Eine weitere Ursache für den Anstieg der CO-Belastung bilden auch Transportvorgänge innerhalb des Ruhrgebietes. Sie bewirkten im Januar 1985, daß die CO-Konzentrationen in Windrichtung anstiegen. Da meist Nordost-Winde und während einiger kürzerer Zeitabschnitte auch Nord-Winde herrschten, wurden die höchsten CO-Konzentrationen im Süd- und Westteil des Ruhrgebietes gemessen. Im Nordosten war die Immissionsbelastung am geringsten. Ein weiteres Charakteristikum des CO-Konzentrationsverlaufes im Januar 1985 war der Rückgang der Konzentrationswerte in der Nacht vom 16. zum 17.01., sowie das markante Minimum am 19.01. Ursache für das Minimum in der Nacht vom 16. zum 17.01. war eine relativ hohe nächtliche Mischungsschicht verbunden mit einem Auffrischen des Windes. Die Windgeschwindigkeit stieg an manchen Stationen von 1 auf 2,5 m/s an, und die am Wetteramt Essen um 0.00 Uhr gemessene Mischungsschichthöhe lag bei 350 m über NN; das sind am Wetteramt Essen 200 m und in der Emscher-Niederung 300 m über Boden. In den übrigen Nächten lag die Obergrenze der Mischungsschicht meist nur etwa 50 m über Boden oder es traten Bodeninversionen auf. Bei den Stickoxiden und beim Staub war in der Nacht vom 16. zum 17.01. an den TEMES-Stationen im Ruhrgebiet meist ebenfalls ein Rückgang der Immissionskonzentra-

tionen zu beobachten. Dieser war jedoch schwächer als bei CO. Am wenigsten ging die SO₂-Immissionsbelastung zurück. Ursache für das markante Minimum der CO-Belastung am 19.01. war ebenfalls eine relativ mächtige Mischungsschicht, deren Obergrenze in der Emscher Niederung um 19.45 Uhr 340 m und am Wetteramt Essen 180 m über dem Boden lag. Das waren die höchsten während der Smoglage im Januar 1985 gemessenen Mischungsschichthöhen. Über den Einfluß der Windgeschwindigkeit auf den Konzentrationsrückgang ist folgendes zu sagen: Ein Auffrischen des Windes wurde lediglich in der Anfangsphase des Konzentrationsrückganges beobachtet. In der Nacht vom 18. zum 19.01. stieg die Windgeschwindigkeit an den meisten Windmeßstationen im Ruhrgebiet auf über 2 m/s an. Die höchsten Werte wurden um Mitternacht gemessen, danach sank die Windgeschwindigkeit im Laufe des 19.01. auf Werte von weniger als 0,5 m/s ab. Ebenso wie in der Nacht vom 16. zum 17.01. gingen auch die Stickoxid- und Staubbelastungen am 19.01. zurück. Bei CO machte sich der Konzentrationsrückgang am stärksten und bei SO₂ am wenigsten bemerkbar. Die unterschiedliche Abhängigkeit des Belastungsniveaus der verschiedenen Schadstoffe von der Mischungsschichthöhe ist auch theoretisch zu erwarten, wie Rechnungen mit einem Box-Modell zeigten, in welches die Emissionen mit ihren unterschiedlichen Höhenstufen eingegeben wurden, in denen sie im Ruhrgebiet im räumlichen und zeitlichen Mittel in die Atmosphäre gelangen. Die unterschiedlichen Ablagerungsgeschwindigkeiten, mit denen die Schadstoffe vom Boden aufgenommen wurden, wurden ebenfalls berücksichtigt. Nach diesen Immissionssimulationen fallen die CO-Konzentrationen mit ansteigender Mischungsschichthöhe steil ab. Auch die Stickoxid- und Staubkonzentrationen sinken ab, wohingegen die SO₂-Konzentrationen bis zu einer Mischungsschichthöhe von 250 bis 300 m noch ansteigen, um erst bei noch größeren Mischungsschichthöhen allmählich wieder auf niedrigere Werte abzusinken. Das abweichende Verhalten von SO₂ ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß SO₂ in viel stärkerem Maße als andere Schadstoffe aus hohen Quellen freigesetzt wird, welche zudem noch eine große Abgasfahnenüberhöhung aufweisen. Des weiteren spielen auch die unterschiedlichen Ablagerungsgeschwindigkeiten eine Rolle, mit denen die Schadstoffe vom Boden aufgenommen werden. Sie beträgt bei SO₂ im Mittel etwa 0,8 cm/s und ist bei CO praktisch Null. Über trockenem Schnee ist allerdings auch die Ablagerungsgeschwindigkeit von SO₂ stark herabgesetzt. Dies führt zu höheren Immissionskonzentrationen, insbesondere bei niedrigen Mischungsschichthöhen und bei geringen Windgeschwindigkeiten. Wie auch bei anderen Smoglagen sanken die CO-Konzentrationen in der Nacht vielfach auf niedrigere Werte ab. Das ist auf den Rückgang der Kfz- und Hausbrandemissionen während der Nacht zurückzuführen. Die NO-Immissionsbelastung stieg während der Smoglage an den TEMES-Stationen auf etwa 0,4 und in einigen Fällen auch auf 0,6 mg/m³ an. Ähnlich wie bei CO wurden die höchsten Konzentrationen wegen des vorherrschenden Nordostwindes im Südwesten und Süden des Ruhrgebietes gemessen. Desgleichen wurde auch ein ausgeprägtes Minimum in der Nacht vom 16. zum 17.01. sowie am 19.01. beobachtet. Die Ursache war auch hier in erster Linie eine große Mischungsschichthöhe, teilweise verbunden mit einem Auffrischen des Windes. Im Vergleich zu CO trat das Minimum am 19.01. eher ein. Ursache war die stärkere Auswirkung des Verkehrsrückganges auf die NO-Immissionsbelastung. Des weiteren stiegen

auch die NO-Konzentrationen am 20.01. meist weniger hoch an als die CO-Konzentrationen. Die Ursache liegt wiederum darin, daß die NO-Immissionen im stärkeren Maße als die CO-Konzentrationen durch den Verkehr verursacht werden, und daß der Kfz-Verkehr an diesem Sonntag noch stärker als sonst reduziert gewesen sein dürfte. Alarmstufe 2 wurde im westlichen Ruhrgebiet um 10.05 Uhr und im östlichen Ruhrgebiet um 16.05 Uhr aufgehoben. Außerdem war der Straßenverkehr durch Schnee und Frost stark behindert, so daß viele Autofahrer zuhause geblieben oder auf öffentliche Verkehrsmittel ausgewichen sein dürften.

Nachfolgend wird abgeschätzt, wie hoch die Immissionsbelastung während der Smoglage im Januar 1985 in den stark befahrenen Stadtstraßen gewesen sein dürfte:

Nach Tabelle 16 liegt das tägliche Maximum der CO-Konzentration als 1-Stunden-Mittelwert in stark befahrenen Stadtstraßen gewöhnlich zwischen 12 und 24 mg/m³. Da, wie bereits ausgeführt, die CO-Konzentrationen im Winter etwa doppelt so hoch liegen wie im Sommer, ist im Winter zu den Hauptverkehrszeiten allgemein mit höheren Immissionskonzentrationen zu rechnen. Die genannten Konzentrationswerte werden in stark befahrenen Stadtstraßen zu mehr als 90 % durch den Kfz-Verkehr in diesen Straßen selber verursacht. In einer Smog-situation verursacht der durch eine Straße führende Kfz-Verkehr hier eine höhere Immissionsbelastung. Um wieviel höher diese Belastung liegt, hängt vor allem von den meteorologischen Parametern Windgeschwindigkeit und Mischungsschichthöhe ab. Ein Kennzeichen dieser höheren Immissionsbelastung ist, daß sie insbesondere am Abend auch dann noch anhält, nachdem die Kfz-Dichte wieder auf niedrigere Werte abgesunken ist.

Die CO-Konzentration von 60 mg/m³, welche während der Smoglage im Januar 1982 um die Mitte des Tages im räumlichen und zeitlichen Mittel gemessen wurde, dürfte etwa zur Hälfte durch den Kfz-Verkehr in der betreffenden Straße verursacht worden sein, da an der entsprechenden TEMES-Station zur gleichen Zeit ja Konzentrationen von ca. 30 mg/m³ gemessen wurden. Die CO-Konzentrationen zu den Hauptverkehrszeiten und danach dürften in den betreffenden Straßen im übrigen noch höher gelegen haben.

Wenn bei einer Smoglage, wie sie z.B. im Januar 1985 auftrat, Windgeschwindigkeiten und Mischungsschichthöhe höhere Werte annehmen, so kann in einer stark befahrenen Stadtstraße von einer durch den Kfz-Verkehr in der betreffenden Straße selber verursachten maximalen CO-Konzentration von überschlagsmäßig 20 mg/m³ (Stundenmittelwert) ausgegangen werden. Hierzu ist dann noch die CO-Vorbelastung zu addieren, wie sie an den TEMES-Stationen gemessen wird. Im Januar 1985 waren das an einzelnen Stationen maximal etwas über 10 mg/m³. Insgesamt dürfte damit die maximale CO-Konzentration während der Smoglage im Januar 1985 in stark befahrenen Stadtstraßen im räumlichen Mittel bei etwa 30 mg/m³ gelegen haben.

Neben den Messungen an den TEMES-Stationen wurden während der Smogperiode mobile Messungen in stark und weniger stark befahrenen Straßen durchgeführt. Am

18.01. fanden Messungen an der Randzone des nordöstlichen Ruhrgebietes und am 19.01. Messungen im Essener Norden statt. Die Meßergebnisse sind in den Tabellen 17 und 18 dargestellt. Am 18.01. wurde in der Zeit zwischen 11.15 Uhr und 15.20 Uhr gemessen. Zu dieser Zeit stieg die Obergrenze der Mischungsschicht auf relativ hohe Werte an, was, wie ausgeführt, mit einer niedrigen Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr verbunden ist. Darüber hinaus war das nördöstliche Ruhrgebiet aufgrund des vorherrschenden Nordostwindes am geringsten belastet. Aus diesen Gründen war die Immissionsbelastung aus dem Kfz-Verkehr im Meßgebiet niedrig. Nur auf einer Durchgangsstraße in Haltern-Mitte wurden bis 25 mg/m^3 CO gemessen.

Die Messungen am 19.01. im Essener Norden fanden zwischen 10.50 und 13.45 Uhr statt. An diesem Tag nahm die Mischungsschicht für eine Smoglage sogar ungewöhnlich hohe Werte an. Aus diesem Grund, und des weiteren auch weil es sich um einen Samstag mit Verkehrsbeschränkung handelte, lag die Immissionsbelastung von einer Ausnahme abgesehen relativ niedrig. Diese höhere CO-Belastung zwischen 25 und 38 mg/m^3 wurde gegen 13.00 Uhr am Porscheplatz gemessen. Bei schlechteren Austauschverhältnissen und einer höheren Vorbelastung, wie sie sonst immer gegeben waren, dürften die CO-Konzentrationen hier um wenigstens 50 % höher gelegen haben. Desgleichen traten dann auch entsprechend hohe NO- und Kohlenwasserstoff-Konzentrationen auf.

6.3.5. Auswirkung von Verkehrsbeschränkungen während der Smoglage im Januar 1985

Die Auslösung des Smogalarms Alarmstufe 2 hat eine zeitliche Beschränkung des Kraftfahrzeugverkehrs in den Verkehrssperrgebieten für die Zeit von 6.00 Uhr bis 10.00 Uhr und von 15.00 Uhr bis 20.00 Uhr zur Folge. Die Alarmstufe 3 führt zu einem zeitlich unbeschränkten Kraftfahrzeug-Verkehrs-Verbot in den Verkehrssperrbezirken. Alarmstufe 2 wurde für das westliche Ruhrgebiet (Smoggebiet 2) am 17.01. um 19.30 Uhr und für das östliche Ruhrgebiet (Smoggebiet 1) am 18.01. um 10.00 Uhr bekanntgegeben. Am 18.01. um 14.40 Uhr wurde dann für das Smoggebiet 2 auch die Alarmstufe 3 ausgerufen. Sie bestand bis zum 19.01. um 9.05 Uhr. Aufgehoben wurde Alarmstufe 2 für das westliche Ruhrgebiet am 20.01. um 10.05 Uhr und für das östliche Ruhrgebiet am 20.01. um 16.05 Uhr. Die Verkehrsbeschränkung hat in erster Linie am 18.01., einem Werktag, zu einer stärkeren Verringerung der Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr geführt. Im einzelnen ist zu fragen, welche Auswirkungen die Verkehrsbeschränkungen auf die Immissionsbelastung an den TEMES-Stationen und auf die Immissionsbelastung in den stark befahrenen Straßen innerhalb der Verkehrssperrbezirke hatte.

In den Verkehrssperrbezirken liegen folgende TEMES-Stationen:

Smoggebiet 1: Witten, Bochum, Gelsenkirchen, Herne und Dortmund

Smoggebiet 2: Walsum (Randlage), Meiderich, Buchholz, Styrum, Oberhausen, Essen-Altendorf und Leithe.

Tabelle 17: Schadstoffkonzentrationen an der Randzone des nordöstlichen Ruhrgebietes am 18.01.1985 (aus mobilen Messungen)

Standort	Uhrzeit	Komponente	Konzentration mg/m ³
B 224, Ortseingang Dorsten (Süd)	11.15	SO ₂	0,33
		CO	3,8
		NO	0,19
		NO ₂	0,11
B 224, Dorsten-Mitte	11.27- 11.32	SO ₂	0,34
		CO	1,9
		NO	0,14
		NO ₂	0,11
Von Dorsten über Kreuzung B 224/ B 58 auf der B 58 in Richtung Haltern	11.32- 12.20	SO ₂	0,20 - 0,40
B 58, Haltern-Mitte (Durchgangs- straße)	12.20	SO ₂	0,25
		CO	≤ 25,0
		NO	0,13
		NO ₂	0,12
B 58, Lüdinghausen (Güterab- fertigung)	12.50- 13.10	SO ₂	0,33
		CO	2,5
		NO	0,11
		NO ₂	0,09
Hamm, Zentrum, B 63 Höhe Stadt- werke, Fußgängerzone	14.12- 14.20	SO ₂	0,36
		CO	5 - 10
		NO	0,24
		NO ₂	0,18
Kamen, Zentrum, B 61	15.10- 15.20	SO ₂	0,34
		CO	7,5 - 15
		NO	0,59
		NO ₂	0,20

Tabelle 18: Schadstoffkonzentrationen im Essener Norden am 19.01.1985 (aus mobilen Messungen)

Standort	Uhrzeit	Komponente	Konzentration mg/m ³
Bredeney, Hatzperstraße	10.50	SO ₂	0,85
Gruga	10.55	SO ₂	0,75
Zweigertstraße	11.00	SO ₂	1,05
Bismarckplatz	11.03	SO ₂	0,65
Berliner Platz	11.06	SO ₂	0,50
Hafenstraße, Georg-Melches-Stadion	11.15	SO ₂	0,46
Stadthafen, Ostuferstraße	11.25	SO ₂	0,44
Karnap, Gladbecker Straße	11.35	SO ₂	0,38
Haverkamp, Welheimer Mark	11.40	SO ₂	0,38
Bottrop, Feuerwerkerstraße, Welheimer Mark	11.45	SO ₂	0,34
Bottrop, Lucas-Cranach-Straße	11.55	SO ₂	0,37
Bottrop-Ebel	12.10	SO ₂ CO	0,34 3,8
Vogelheim, Autokino	12.35	SO ₂ CO	0,37 5,0
Karnap, Hattramstraße	12.45	SO ₂ CO	0,32 2,5
Altenessen, Mitte	13.00	SO ₂	0,36
Karolingerstraße	13.10	SO ₂ CO	0,44 6,3
Porscheplatz	13.30	SO ₂ CO	0,40 25 - 38
Hauptbahnhof, Freiheit	13.35	SO ₂	0,65
Hatzperstraße/Meisenburgstraße	13.45	SO ₂	0,68

Da NO in noch größerem Umfang als CO durch den Kfz-Verkehr emittiert wird, sollte eine Verkehrsbeschränkung auch in erster Linie eine Absenkung der NO-Belastung bewirken. Welchen Anteil der Kfz-Verkehr an der Immissionsbelastung außerhalb stark befahrener Straßen hat, richtet sich - abgesehen von dem Tages- und Wochengang des Kfz-Verkehrs, der Immissionsvorbelastung und dem Abstand der Meßstelle von stark befahrenen Straßen - nach dem Anteil des Kfz-Verkehrs an den Emissionen eines Schadstoffes, welche innerhalb der jeweiligen Mischungsschicht freigesetzt werden und diese aufgrund ihres thermischen Auftriebes auch nicht verlassen können. Da die Emissionen des Kfz-Verkehrs nur wenig über dem Boden in die Atmosphäre gelangen, ist der Anteil des Kfz-Verkehrs an den innerhalb der Mischungsschicht freigesetzten Emissionen und damit auch an der Immissionsbelastung am Boden naturgemäß umso größer, je niedriger die Mischungsschichthöhe liegt.

Welchen Verlauf nahm nun die Mischungsschichthöhe am 18.01., demjenigen Werktag, an dem im westlichen Ruhrgebiet den ganzen Tag über Alarmstufe 2 und am Nachmittag auch Alarmstufe 3 bestand? Die Mischungsschichthöhe lag in der Nacht vom 17. zum 18.01. bei etwa 50 m über Boden, stieg um die Mittagszeit auf etwa 220 m über Boden an und fiel am Abend des 18.01. auf Null ab. Parallel zum Absinken der Mischungsschichthöhe stieg die Windgeschwindigkeit auf etwa 2 m/s an. In bezug auf die Immissionsbelastung durch niedrige Quellen waren das zwei gegenläufige meteorologische Effekte. In den Stadtzentren dürfte aufgrund von Bebauung, Hausbrand und Verkehr auch vielfach dann eine Mischungsschichthöhe von maximal 60 m vorhanden gewesen sein, wenn nach den Messungen in unbebauten Gebieten Bodeninversionen vorlagen.

Der Anteil der vom Kfz-Verkehr emittierten Stickoxide an den Stickoxidemissionen, die innerhalb einer Mischungsschicht von 60 m im Mittel freigesetzt werden, beträgt im Ruhrgebiet etwa 37 %. Bei einem Anstieg der Mischungsschichthöhe auf 200 m sinkt der Anteil des Kfz-Verkehrs an den innerhalb dieser Schicht freigesetzten Stickoxidemissionen auf 15 % herab. Der Anteil des Kfz-Verkehrs im Ruhrgebiet an den innerhalb einer Mischungsschichthöhe von 60 m (200 m) freigesetzten CO-Emissionen beträgt 21 % (16 %). Zum Vergleich seien auch die entsprechenden Zahlen für Staub angegeben, der zwar zum überwiegenden Teil aus niedrigen Quellen stammt, vom Kfz-Verkehr aber nur in geringen Mengen emittiert wird. Die entsprechenden mittleren Zahlen sind in bezug auf beide Mischungsschichthöhen ca. 1 %. Die Stäube werden zu ca. 75 % aus Quellen mit einer Höhe bis zu 60 m freigesetzt, CO im Mittel zu 71 % und Stickoxid zu 33 %.

Wenn eine starke Bodeninversion vorliegt, kann die Immissionsbelastung von CO und Stickoxiden - von der Vorbelastung einmal abgesehen - allein durch den Kfz-Verkehr sowie durch Hausbrand und Kleingewerbe verursacht werden.

Aufgrund des Tagesganges der Mischungsschichthöhe während des 18.01. ergibt sich nun folgendes:

Die Verkehrsbeschränkung kann sich am 18.01. in den Morgenstunden an den entsprechenden TEMES-Stationen des westlichen Ruhrgebietes nicht merklich ausge-

wirkt haben, da die Mischungsschicht-Obergrenze im Verlauf des Morgens auf relativ hohe Werte anstieg. Anders war es dagegen in den Abendstunden, als die Mischungsschichthöhe durch eine Boden- bzw. bodennahe Inversion ersetzt war. Ohne Verkehrsbeschränkung hätte der Feierabendverkehr während der Zeit des Spitzenverkehrs und noch einige Stunden darüber hinaus auch an den TEMES-Stationen zu einer deutlich feststellbaren Immissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr geführt. Stattdessen wurde jedoch an vielen TEMES-Stationen folgendes beobachtet:

Die NO-Immissionen, welche bei der niedrigen Mischungsschichthöhe in erster Linie durch den Kfz-Verkehr verursacht wurden, gingen deutlich zurück, während die Immissionsbelastung durch den Schwebstaub konstant blieb und die CO-Konzentrationen allenfalls leicht zurückgingen. An der TEMES-Station Essen-Alten-dorf wurde z.B. bis Mitternacht ein Rückgang der NO-Konzentration um etwa 50 % beobachtet, während die CO-Konzentration nur um etwa 20 % abfiel und die Schwebstaub- und Stickoxid-Immissionen konstant blieben. Daß insbesondere die Schwebstaubkonzentrationen trotz der geringen Mischungsschichthöhe nicht anstiegen, ist in erster Linie dem Auffrischen des Windes zuzuschreiben.

Ebenso wie an den TEMES-Stationen ist in stark befahrenen Straßen innerhalb der Verkehrssperrbezirke vor allem ein Rückgang der Immissionsbelastung aufgrund der Verkehrsbeschränkung am 18.01. eingetreten. Die Entlastung war hier allerdings wesentlich stärker als an den TEMES-Stationen und trat im Smoggebiet 2 auch bereits am Morgen ein. Wie ausgeführt, wird die CO-Immissionsbelastung in einer stark befahrenen Straße im Mittel zu 90 bis 95 % durch den Kfz-Verkehr verursacht, der in dieser Straße stattfindet. Bei NO liegt der Anteil noch höher, während die Immissionsbelastung durch andere Schadstoffe zu einem geringeren Teil durch den Kfz-Verkehr verursacht wird. Während einer Smoglage ist der Anteil anderer Quellen an den CO-Immissionen größer als 5 bis 10 %. Die CO-Halbstundenmittel werden während einer Smoglage zu den Hauptverkehrszeiten, soweit das bisher festgestellt wurde, zu etwa 2/3 bis 3/4 durch den Verkehr verursacht, der in dieser Straße stattfindet. Außerhalb der Hauptverkehrszeiten dürfte der Anteil anderer Quellen an der Immissionsbelastung stark befahrener Straßen weiter ansteigen. In einer Straße mit Verkehrsbeschränkung wird die Immissionsbelastung fast ausschließlich durch andere Emittentengruppen verursacht bzw. aus anderen Stadtteilen herantransportiert. Während der Verkehrsbeschränkung am 18.01.1985 dürften deshalb zu den Hauptverkehrszeiten morgens und abends in den Straßen der Verkehrssperrbezirke nicht viel höhere Immissionskonzentrationen aufgetreten sein, als sie auch an den TEMES-Stationen gemessen wurden. Während, wie ausgeführt, zu den Hauptverkehrszeiten an Werktagen in stark befahrenen Straßen mit etwa 30 mg CO/m³ zu rechnen war, dürfte die CO-Belastung in Straßen mit Verkehrsbeschränkung nur etwa 10 mg/m³ erreicht haben. Das entspricht einer Immissionsentlastung um 2/3. Eine noch stärkere Entlastung hat bei NO stattgefunden. Die SO₂-Immissionsbelastung dürfte in stark befahrenen Straßen mit Verkehrsbeschränkung zu den Hauptverkehrszeiten um etwa 20 % niedriger gelegen haben, während bei den Schwebstaubimmissionen keine feststellbare Verringerung eintrat. Stark verringert dürften sich auch wiederum die Kohlenwasserstoff-Immissionen haben. An dem auf den 18.01. folgenden Samstag

lag im gesamten Ruhrgebiet eine Verkehrsbeschränkung zwischen 6.00 und 10.00 Uhr und zwischen 15.00 und 20.00 Uhr vor. Am Sonntag bestand diese Verkehrsbeschränkung im gesamten Ruhrgebiet noch zwischen 6.00 und 10.00 Uhr und im östlichen Ruhrgebiet dann noch zwischen 15.00 und 16.00 Uhr. An diesen Tagen erfolgte durch den verringerten Wochenendverkehr eine zusätzliche Immissionsentlastung - vor allem im Straßenbereich.

7. Auswirkung von Emissionsminderungsmaßnahmen im Bereich der Industrie

Während der Alarmstufe 2 dürften Anlagen nach § 3, Abs. 5, des Bundes-Immissionsschutzgesetzes nur noch schwefelarme Brennstoffe einsetzen. Eine überschlagsmäßige Berechnung ergab, daß für den Bereich der Kraftwerke im Ruhrgebiet dies lediglich zu einer Emissionsreduktion um 14 % geführt haben kann, wenn vorausgesetzt wird, daß die Auslastung unverändert war.

Die Alarmstufe 3 führte im Smoggebiet 2 zu Betriebsbeschränkungen bei mehreren hundert Emittenten. Welche Emissionsverminderung im Gesamtgebiet dadurch erzielt wurde, kann z.Zt. noch nicht abschließend beurteilt werden. Daher wird versucht, die Auswirkung dieser Maßnahmen über die sich ändernde Immissionsbelastung festzustellen.

Generell muß davon ausgegangen werden, daß der Immissionsbeitrag von Emittenten in den Belastungsgebieten, deren Schornsteine höher als 150 m sind, während dieser Smoglage deutlich vermindert war. Die Ursache dafür liegt in den besonderen Witterungsbedingungen. Während der Smoglage betrug die Höhe der Mischungsschicht im Smoggebiet überwiegend weniger als 150 m. Die Inversionen an der Obergrenze der Mischungsschicht wiesen Temperatursprünge bis zu 4°C pro 100 m auf. Die Windgeschwindigkeit in 200 m Höhe lag häufig unter 2 m/s.

Bei einer Windgeschwindigkeit von 2 m/s und einer Temperaturinversion von 4°/100 m erreicht die Abgasfahne eines Kraftwerkes mit einer Nettoleistung von 300 MW eine Überhöhung von etwa 160 m, bei einer Nettoleistung von 100 MW beträgt die Abgasfahnenüberhöhung unter den selben Bedingungen etwa 110 m. Die Abgasfahnenüberhöhung addiert sich mit der Schornsteinbauhöhe zur effektiven Quellhöhe. Ein Vergleich der Mischungsschichthöhe mit der effektiven Quellhöhe zeigt, daß die Emissionen aus Schornsteinen von 150 m Höhe und mehr während dieser Smoglage überwiegend in die Inversionsschichten oberhalb der Mischungsschicht gelangt sind. Eine Immissionsauswirkung ist daher erst in größerer Entfernung der Emittenten, d.h. überwiegend außerhalb der Smoggebiete, zu erwarten.

Auch die während der Alarmstufe 3 (vom 18.01., 14.40 Uhr bis 19.01., 09.05 Uhr) vorgenommenen Betriebsstillegungen prägten sich in der Immissionsbelastung nicht aus. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Ursache dafür in der Änderung der meteorologischen Bedingungen während dieser Zeit zu suchen ist. So wies die Mischungsschichthöhe während der Alarmstufe 3 äußerst niedrige

Werte auf. Sie sank am 18.01. nach 15.00 Uhr innerhalb weniger Stunden von etwa 150 m über Boden auf Null ab, d.h., in weiten Teilen des Ruhrgebietes lag in der Nacht vom 18. auf den 19.01. eine Bodeninversion vor. Die Windgeschwindigkeit frischte zeitweise auf, die Windrichtung drehte gebietsweise von überwiegend Ost auf Nordost, was zu einer Veränderung der Schadstoffadvektion führte. Diese geänderten meteorologischen Bedingungen können zu einer Kompensation des Emissionsminderungseffektes geführt haben.

Generell ist jedoch davon auszugehen, daß eine Emissionsverminderung bei Smoglagen zu einer Immissionsverringerung führt. In jedem Fall wird daher die Emissionsverminderung zu einem Effekt in größerer Entfernung geführt haben.

Bei Smoglagen mit größeren Austauschhöhen sind die Minderungseffekte auch bei höheren Schornsteinen im Smoggebiet selbst zu erwarten.

S c h r i f t t u m

- [1] Dritte Verordnung zur Änderung der Smogverordnung vom 18. Dezember 1984.
Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 39. Jahrgang, Nummer 2 (Düsseldorf, 16. Januar 1985).
- [2] PERKUHNS, J., K.E. PULS und U. OTTE:
Die Smog-Wetterlage im Ruhrgebiet im Januar 1985.
Deutscher Wetterdienst - Wetteramt Essen, März 1985.
- [3] BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, H. 18 (1982), 56 S.
- [4] SCHLIPKÖTER, H.-W., H.E. WICHMANN, M.J. CSICSAKY:
Wissenschaftliches Gutachten über die Kriterien des Smog-Warndienstes.
Medizinisches Institut für Umwelthygiene, Düsseldorf, September 1984.
- [5] Gemeinsame Stellungnahme des Medizinisches Instituts für Umwelthygiene, Düsseldorf und des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin zur Bewertung des Schwebstaubes in Smogsituationen.
Düsseldorf, 11.03.1985.
- [6] Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW:
- Erste Bilanz der Smog-Periode -.
Landespressekonferenz am 23.02.1985.
- [7] Der Hessische Minister für Arbeit, Umwelt und Soziales:
Smogbericht 85 - Erfahrungen und erste Folgerungen aus der Smog-situation in Hessen im Januar und Februar 1985, Wiesbaden 7/85.

- [8] DREYHAUPT, F.-J.:
Anteil des Kraftverkehrs an den Luftverunreinigungen in einer Großstadt.
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 42 (1974), S. 271 - 302.
- [9] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit:
Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen - Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung -, (MLas-82), 1982.
- [10] IXFELD, H.:
Kohlenmonoxid-Immissionsmessungen im Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-West".
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 46, S. 21 - 24. Verlag W. Girardet, Essen 1978.
- [11] ESSER, J.:
Untersuchungen über die Abgaskonzentration in Abhängigkeit von den Verkehrsdaten.
Bundesanstalt für Straßenwesen, Juni 1980, V. 1.3e-Vul.
- [12] Berichte 7/76 des Umweltbundesamtes
Empfehlung zur Schadstoffverminderung - Kraftfahrzeugabgase -.
- [13] Emissionskataster Köln
Hrsg.: Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1972.
- [14] HARTKAMP, H.:
Untersuchungen zur Immissionsstruktur einer Großstadt - Projekt "Großstadtluft".
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 42 (1974), S. 125 - 147.
- [15] DEIMEL, M.:
Kohlenmonoxid-, Blei-, Stickoxid- und Benzo(a)pyren-Belastung in Kölner Straßen.
Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 42 (1974), S. 149 - 164.

- [16] KÜLSKE, S.:
Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01. bis 20.01.1982.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, H. 24 (1982), 80 S.
- [17] GIEBEL, J.:
Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, H. 29 (1983), 42 S.
- [18] GIEBEL, J. und R.-W. BACH:
Ursachenanalyse der Immissionsbelastung während der Smogsituation am 17.01.1979.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, H. 47, S. 60 - 73, Verlag W. Girardet, Essen 1979.
- [19] LAHMANN, E.:
CO-Konzentration im Berliner Stadtgebiet (Straßen, Tunnels, Wohngebiete und Gewässer).
Staub-Reinhaltung der Luft, 32 (1972), Nr. 2, S. 74 - 77.
- [20] Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiene:
Luchtveronreinigingsepisode 16 tot 21 Januar 1985.
Bilthoven - 21. Januar 1985.
- [21] Säurehaltige Niederschläge - Entstehung und Wirkungen auf terrestrische Ökosysteme.
Hrsg.: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Düsseldorf 1983.
- [22] Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd (Köln) 1977 - 1981,
Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West 1978 - 1982,
Luftreinhalteplan Ruhrgebiet Ost 1979 - 1983,
Luftreinhalteplan Ruhrgebiet Mitte 1980 - 1984,
Luftreinhalteplan Rheinschiene Mitte 1982 - 1986,
Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd II 1982 - 1986,
Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West II 1984 - 1988,
Hrsg.: Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW, Düsseldorf.

BILD- UND TABELLENANHANG

- Abb. 1: SO₂-Konzentration während der Smoglage vom 03.-07.12.1962
- Abb. 2-4: Vertikale Temperatur- und Windverteilungen vom 15.-21.01.1985 (nach Angaben des Wetteramts Essen)
- Abb. 5-18: Trajektorien (Ankunft über Essen) während der Smoglage im Januar 1985 (nach Angaben des Wetteramts Essen)
- Abb. 19-26: Zeitlicher Verlauf aller gemessenen Schadstoffkonzentrationen vom 14.-21.01.1985 an einigen ausgewählten TEMES-Stationen
- Abb. 26-90: Räumliche Verteilung der 3-Stunden-Mittelwerte der SO₂-Konzentration und der Windrichtung vom 14.-21.01.1985
- Abb. 91-131: Zeitlicher Verlauf der Schwefeldioxid-Konzentrationen vom 14.-21.01.1985
- Abb. 135-176: Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub-Konzentrationen vom 14.-21.01.1985
- Abb. 178-216: Zeitlicher Verlauf der Stickstoffmonoxid-Konzentrationen vom 14.-21.01.1985
- Abb. 221-259: Zeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxid-Konzentrationen vom 14.-21.01.1985
- Abb. 260-286: Zeitlicher Verlauf der Kohlenmonoxid-Konzentrationen vom 14.-21.01.1985
- Abb. 287-327: Zeitlicher Verlauf des Smogindex vom 14.-21.01.1985
- Abb. 328-374: Räumliche Verteilung der zeitlich gleitenden 24-Stunden-Mittelwerte des Smogindex vom 16.-21.01.1985 (Werte nach Ablauf von jeweils 3 Stunden neu berechnet)
- Abb. 375-390: Zeitlicher Verlauf der Windgeschwindigkeit vom 14.-21.01.1985
- Abb. 391-406: Zeitlicher Verlauf der Windrichtung vom 14.-21.01.1985
- Abb. 407-414: Zeitlicher Verlauf der Lufttemperatur vom 14.-21.01.1985
- Abb. 415-422: Zeitlicher Verlauf der relativen Luftfeuchte vom 14.-21.01.1985
- Tab. 3-14: Emissionen von SO₂, CO, NO₂ und Staub im Ruhrgebiet und in der Rheinschiene während eines Winterhalbjahres, aufgeteilt nach Emittentengruppen und Quellenhöhen
- Hinweis:** Auf den Seiten A1-A71 ist in der Fußnote "57" durch "55" zu ersetzen: LIS-Berichte Nr. 55 (1985)

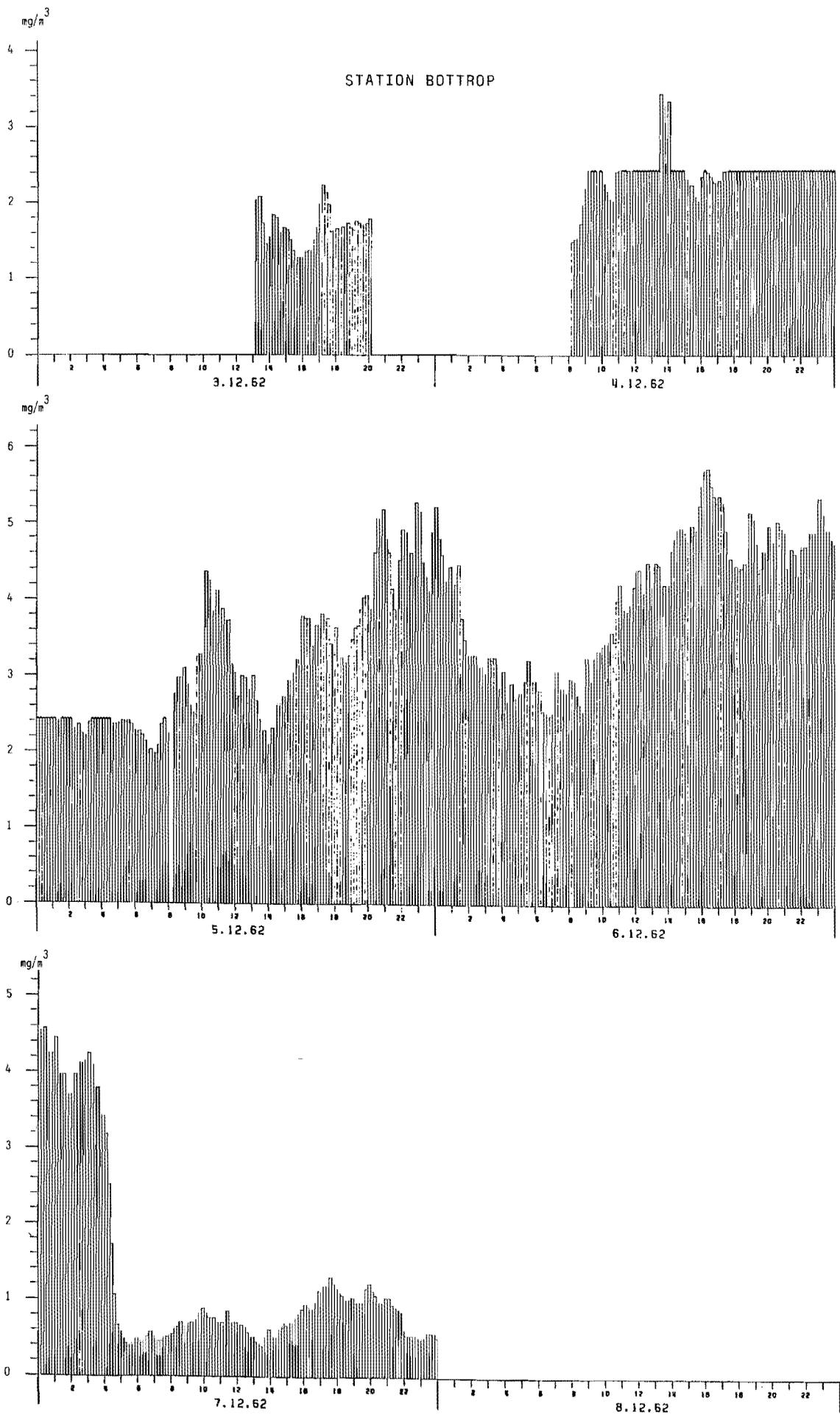


Abb. 1: Smoglage vom 3. - 7.12.1962
SO₂-Konzentrationen (10-Minutenmittel)

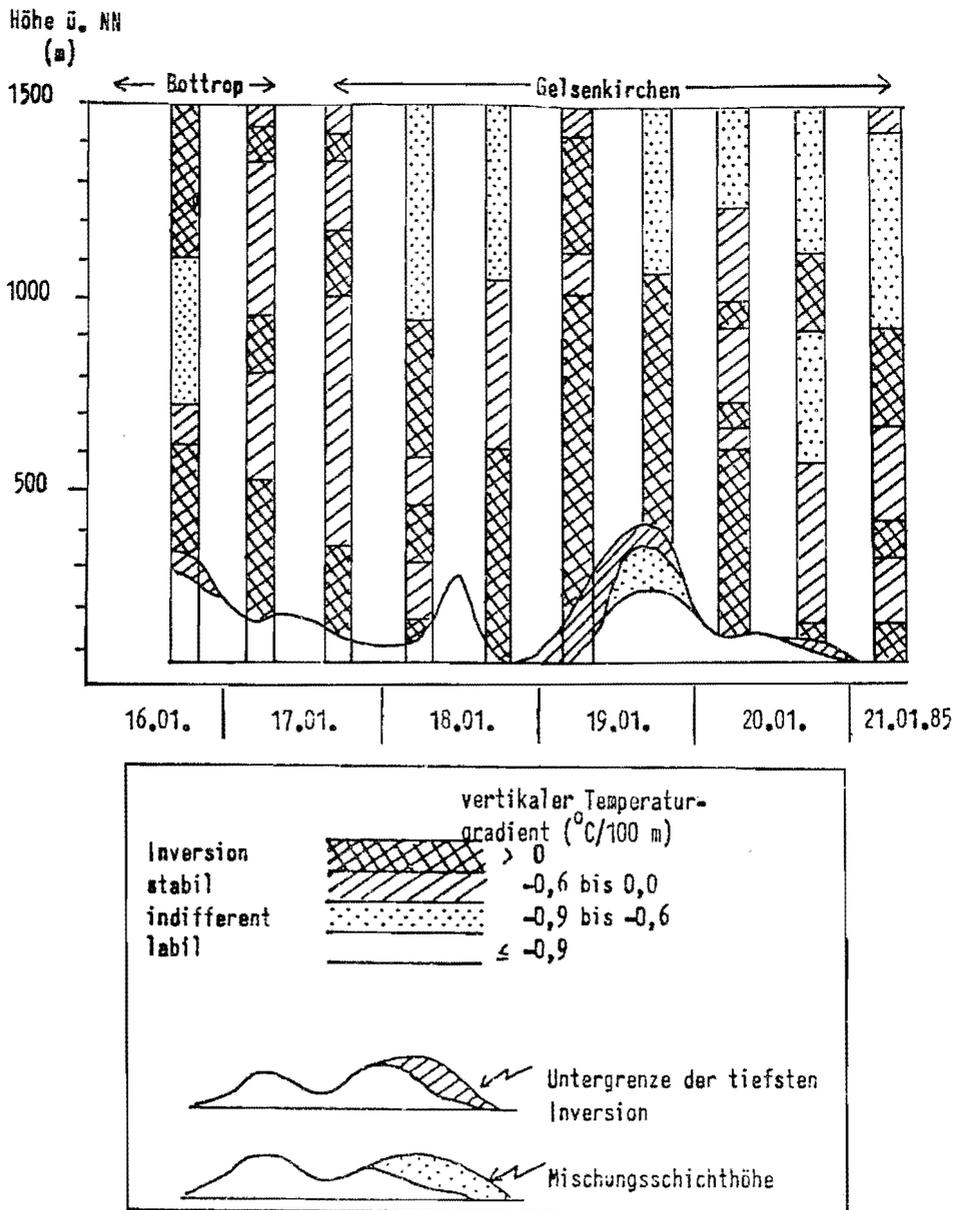


Abb. 2: Vertikale Temperaturschichtung der Atmosphäre, 16./17.01. Bottrop, 17. bis 21.01. Gelsenkirchen [2]*

* Die Abb. 2 - 18 wurden entnommen:
Die Smog-Wetterlage im Ruhrgebiet im Januar 1985
von J. Perkuhn - K.E. Puls - U. Otte,
Deutscher Wetterdienst, Wetteramt Essen,
März 1985 [2]

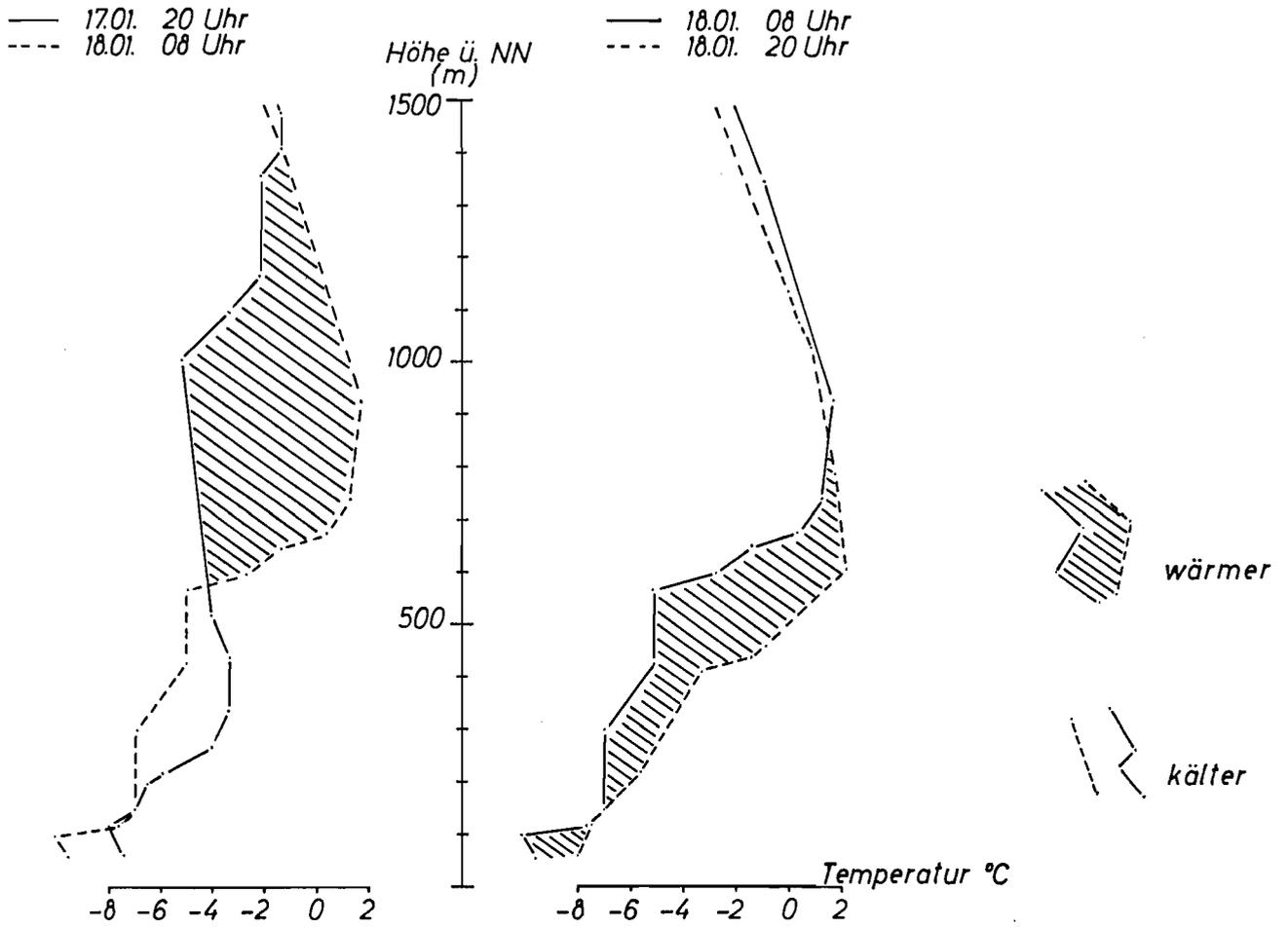


Abb. 3: zeitliche Änderung der Temperaturprofile am 18.01.1985, Gelsenkirchen [2]

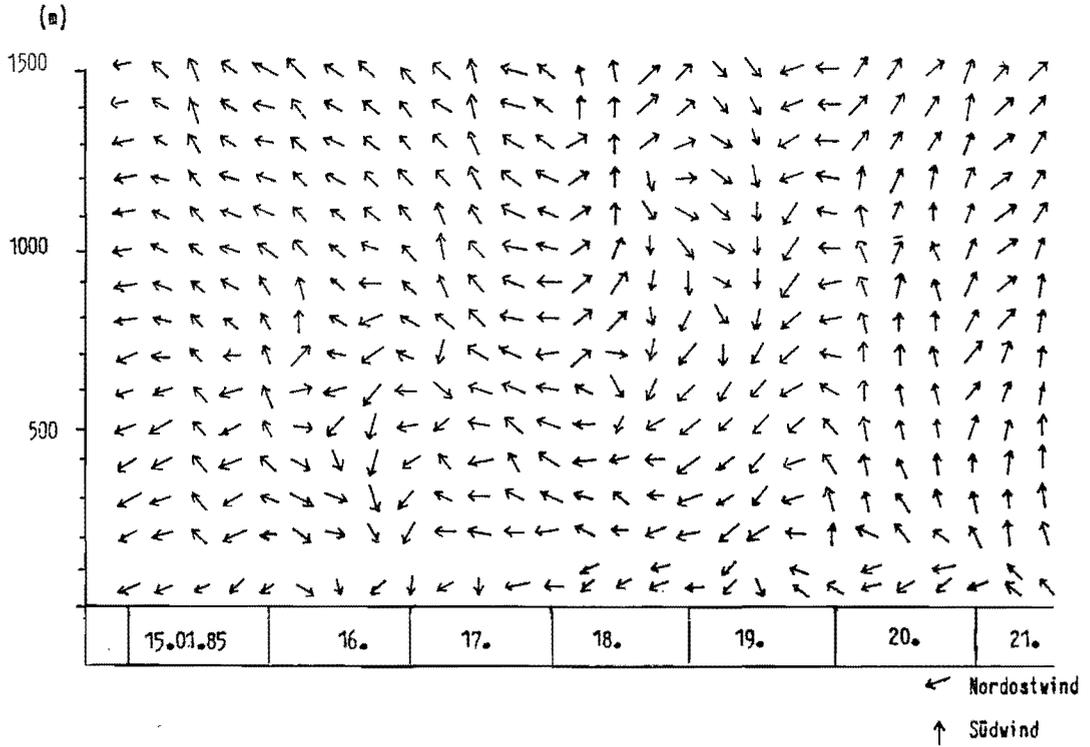


Abb. 4a: Zeit-Höhen-Schnitt der Windgeschwindigkeit
Radiosonde Wetteramt Essen (154 m ü. NN),
bodennahe Werte für tiefere Lagen ergänzt [2]

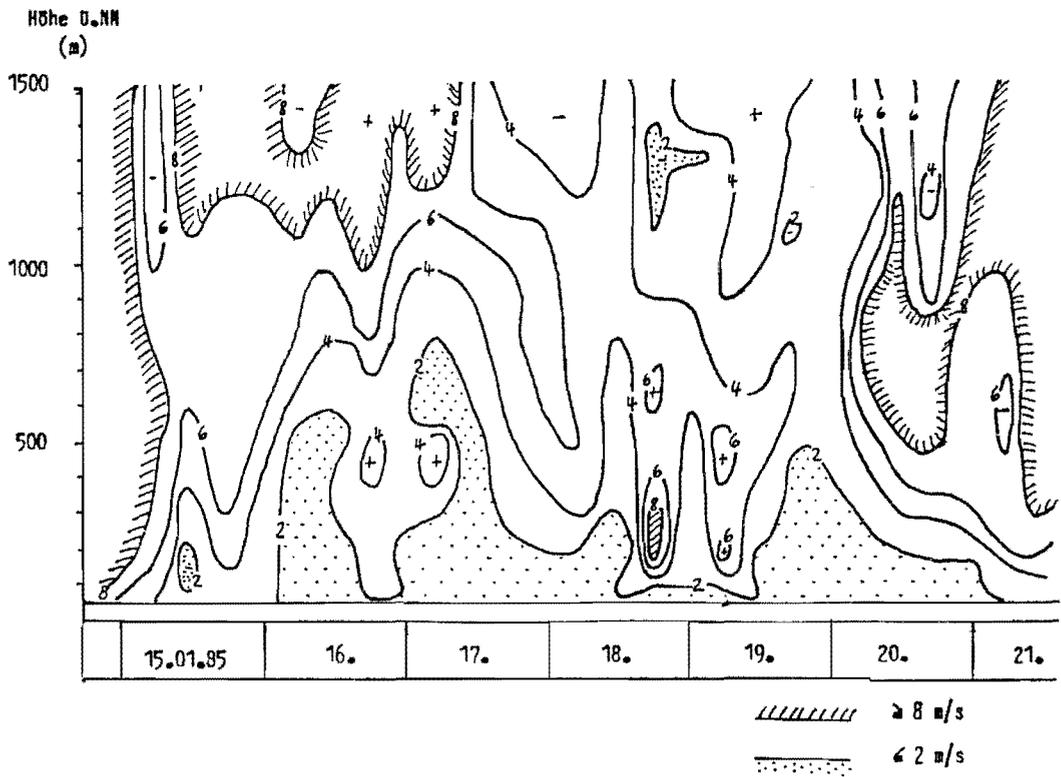


Abb. 4b: Zeit-Höhen-Schnitt der Windgeschwindigkeit (m/s)
Radiosonde Wetteramt Essen (154 m ü. NN),
bodennahe Werte für tiefere Lagen ergänzt [2]

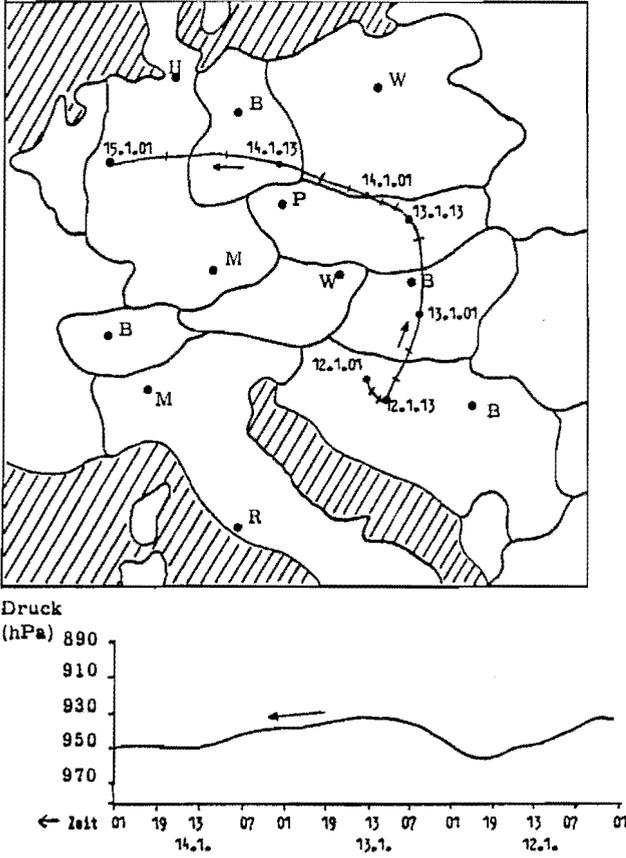


Abb. 5: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 15.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

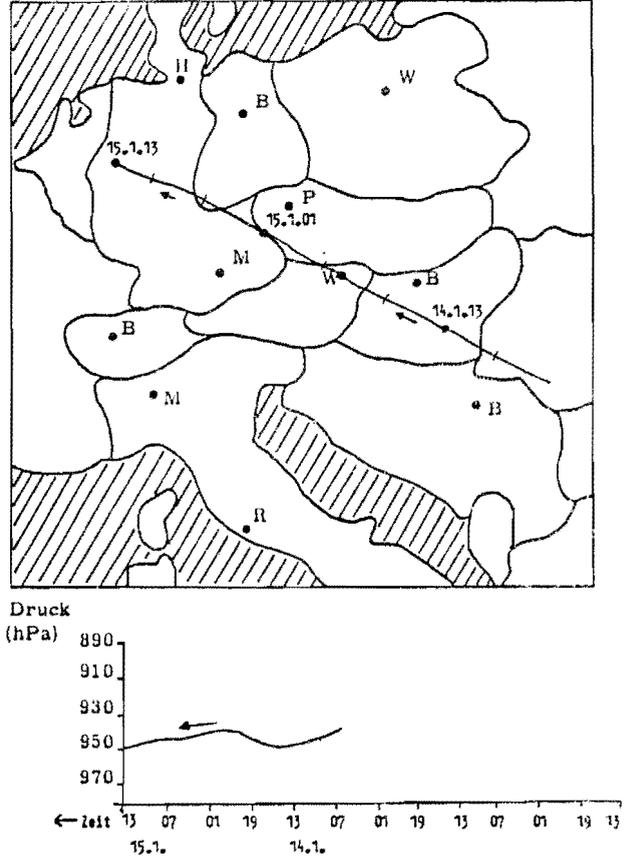


Abb. 6: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 15.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

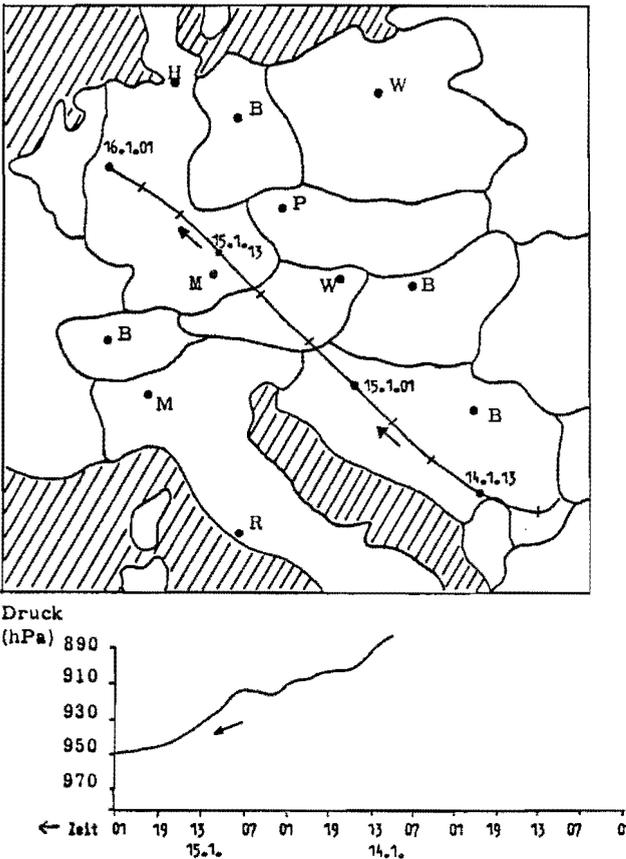


Abb. 7: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 16.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

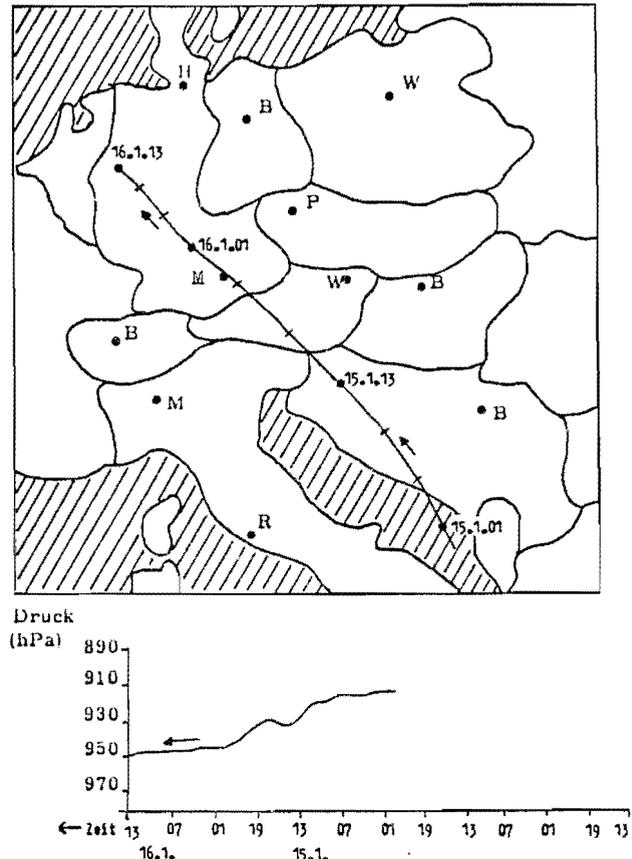


Abb. 8: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 16.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

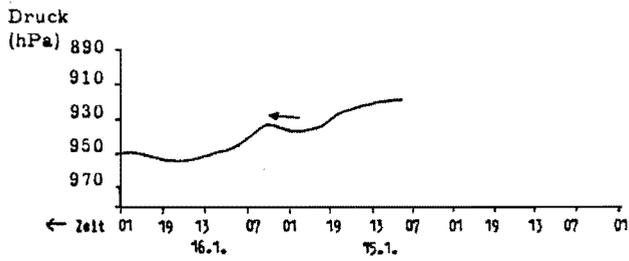
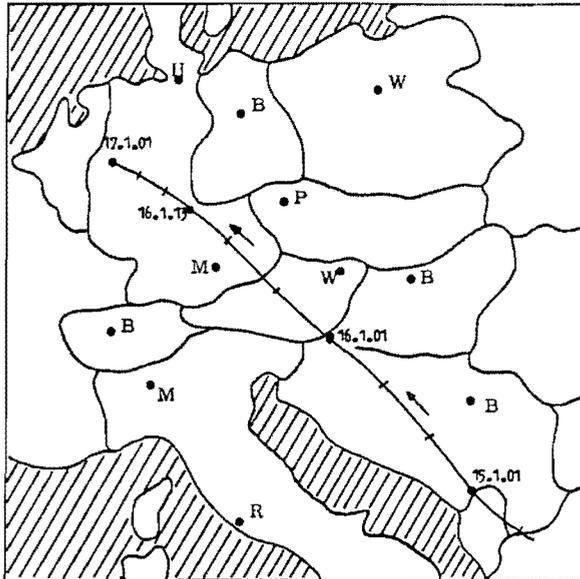


Abb. 9: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 17.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

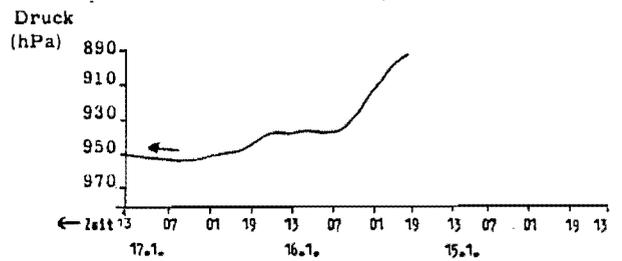
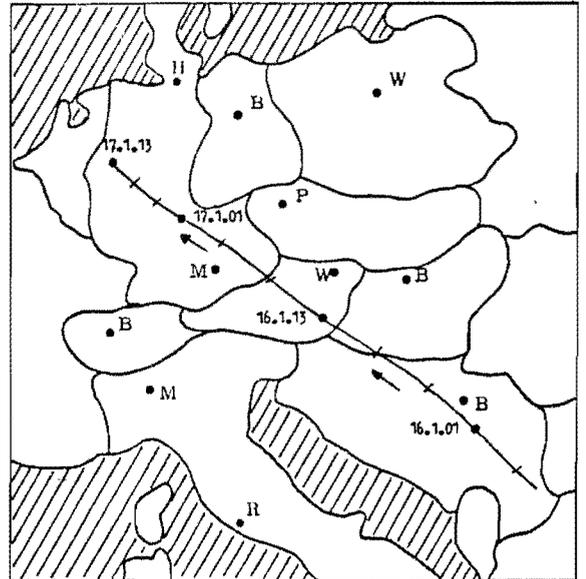


Abb. 10: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 17.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

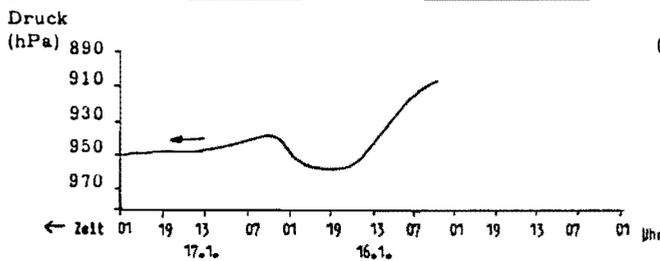
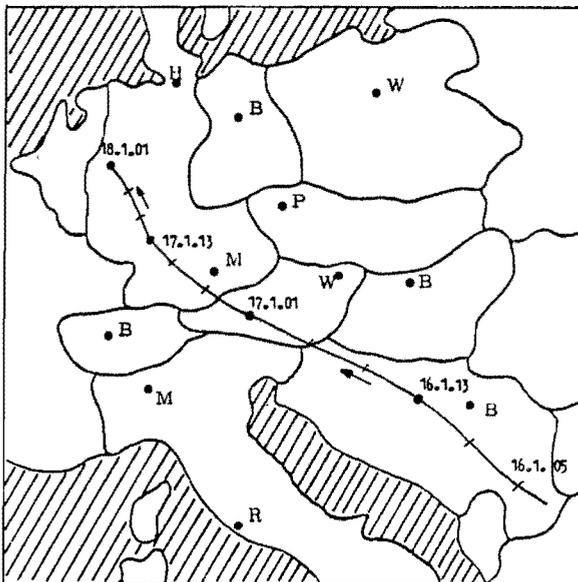


Abb. 11: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 18.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

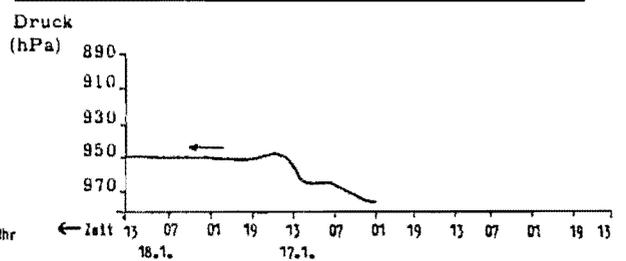
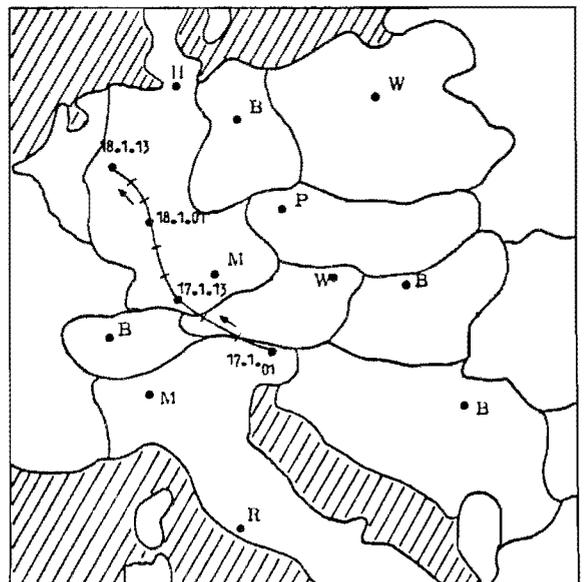


Abb. 12: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 18.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

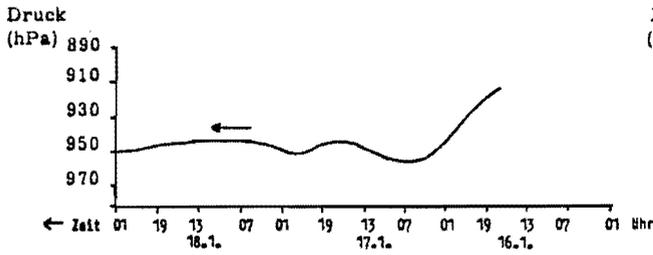
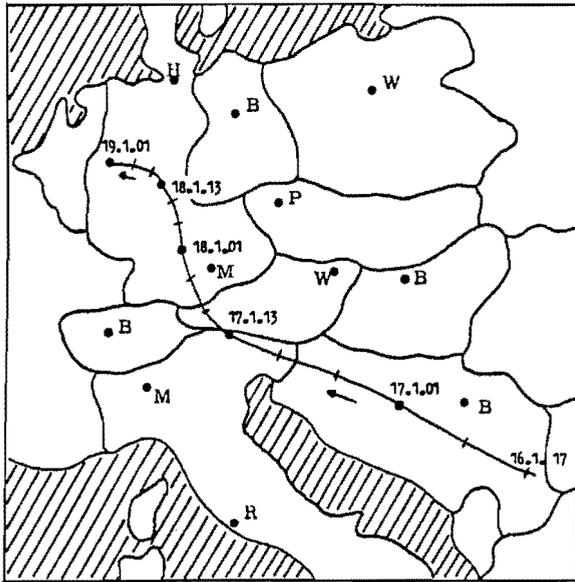


Abb. 13: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 19.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

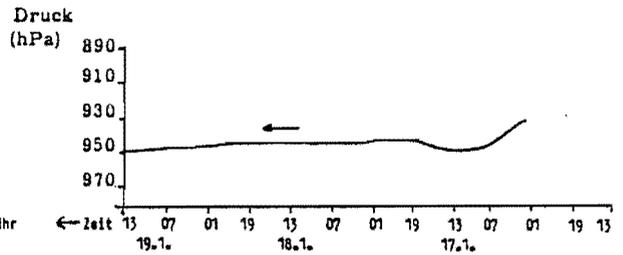
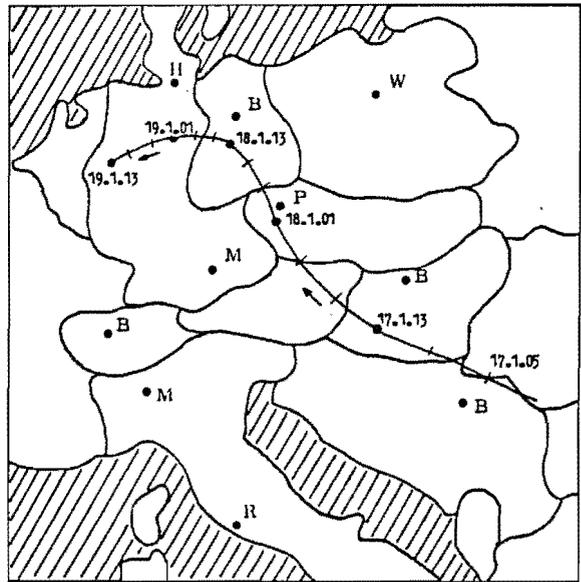


Abb. 14: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 19.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

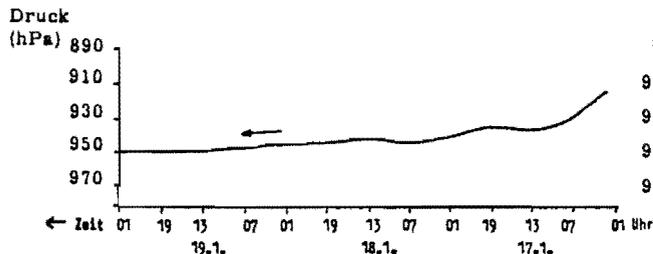
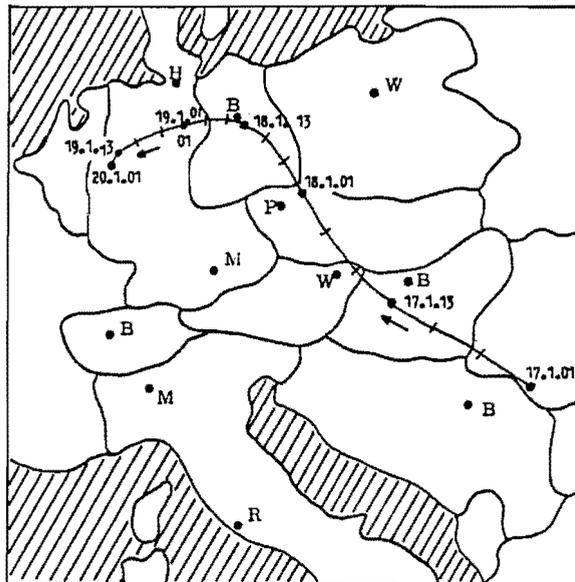


Abb. 15: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 20.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

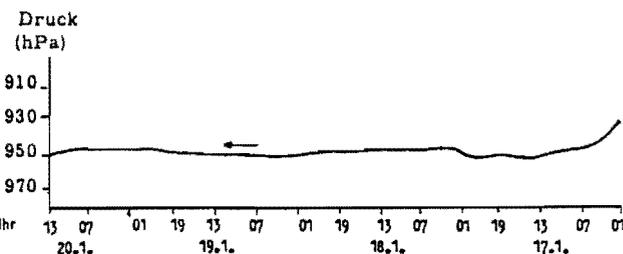
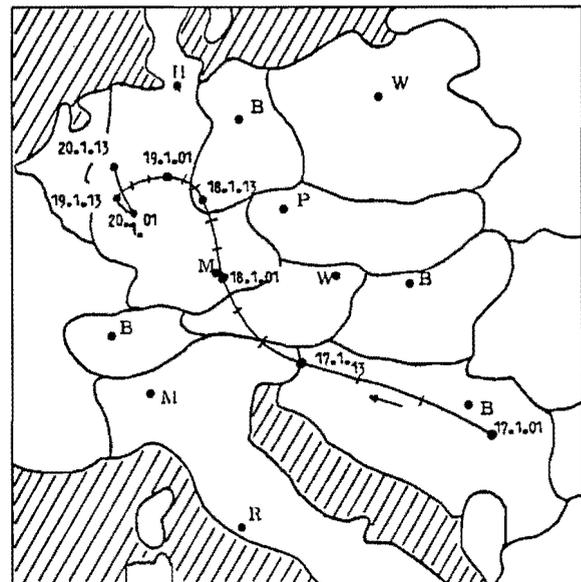


Abb. 16: Trajektorie über Mitteleuropa
Ankunft über Essen am 20.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

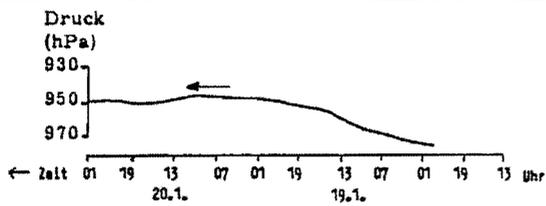
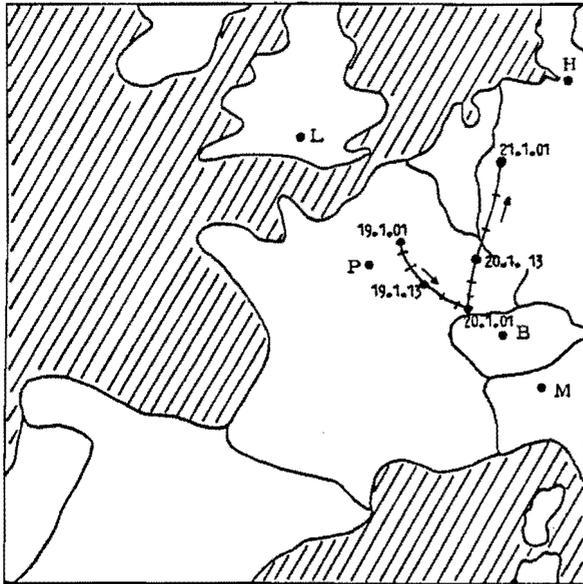


Abb. 17: Trajektorie über Westeuropa
Ankunft über Essen am 21.1.85 um 01 Uhr
in 950 hPa [2]

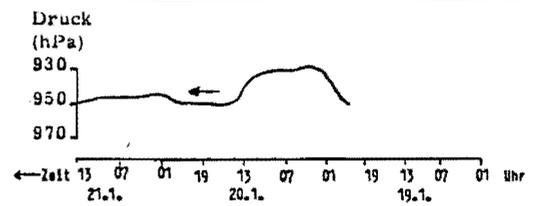
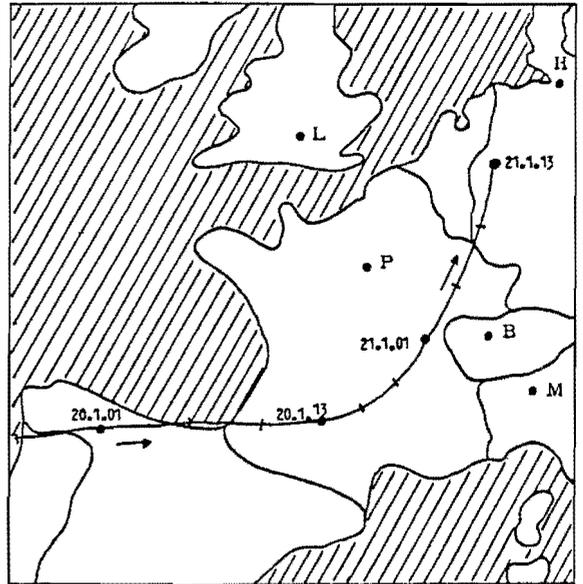
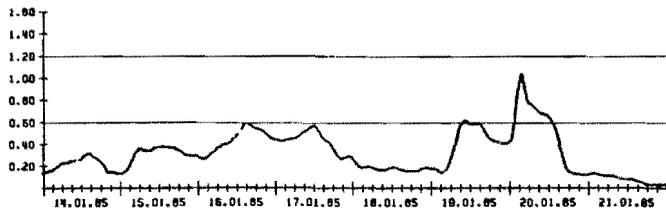
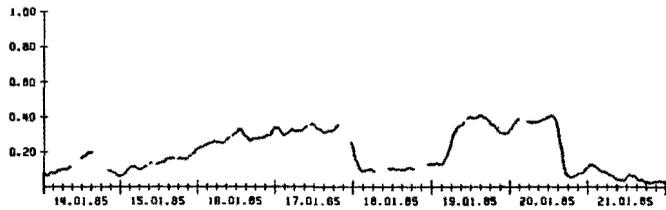


Abb. 18: Trajektorie über Westeuropa
Ankunft über Essen am 21.1.85 um 13 Uhr
in 950 hPa [2]

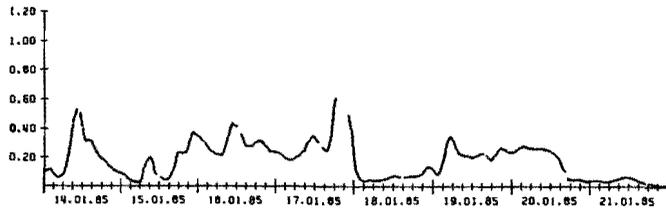
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



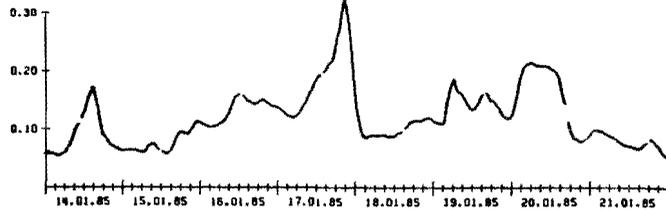
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



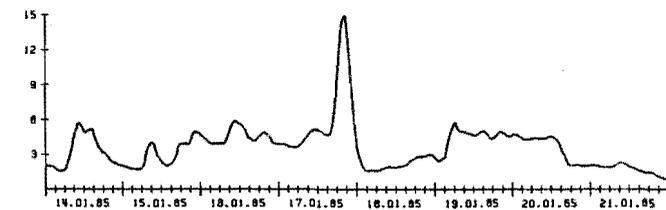
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



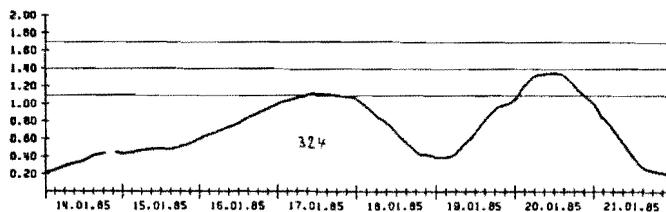
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



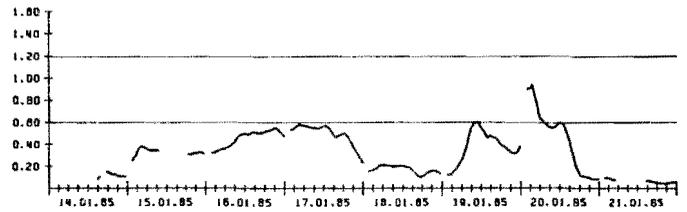
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



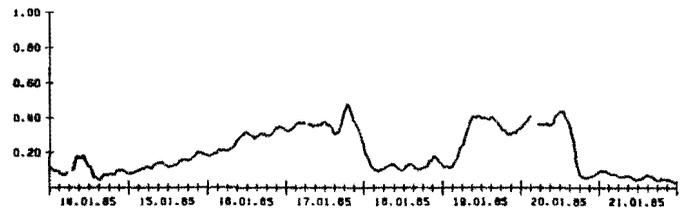
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION RODENKIRCHEN



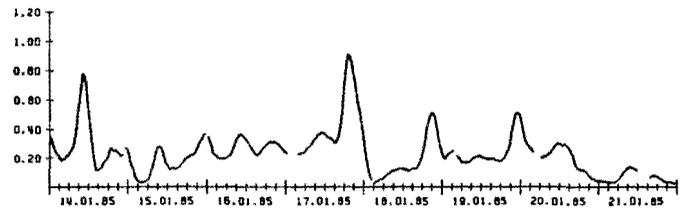
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN



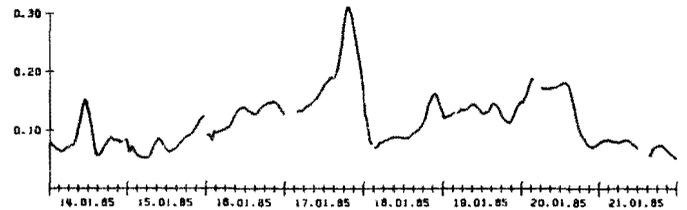
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN



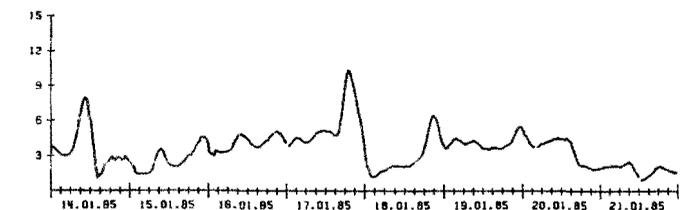
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN



DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN



DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN



24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

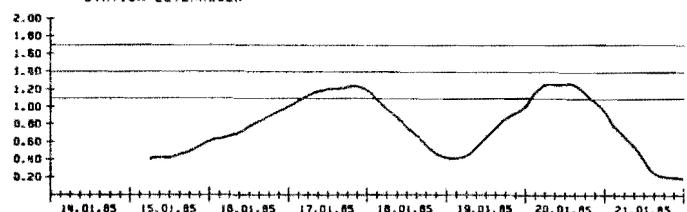


Abb. 19: Meßwerte Station Rodenkirchen

Abb. 20: Meßwerte Station Leverkusen

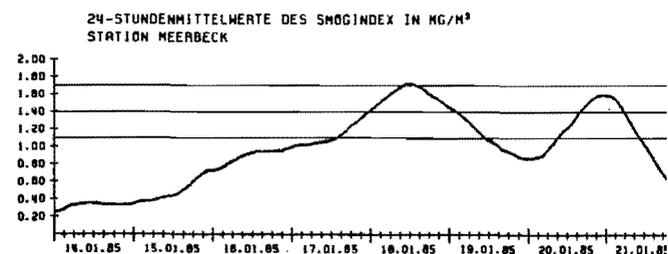
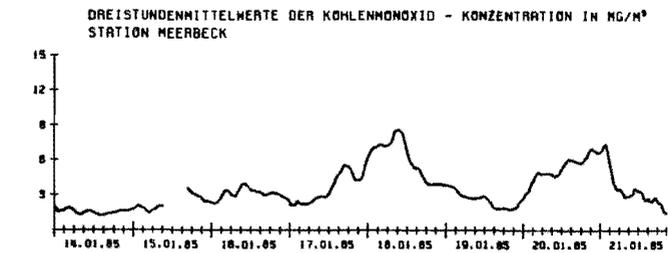
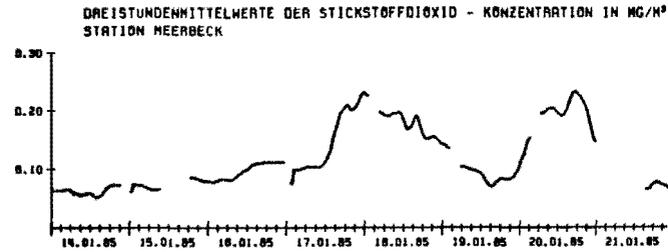
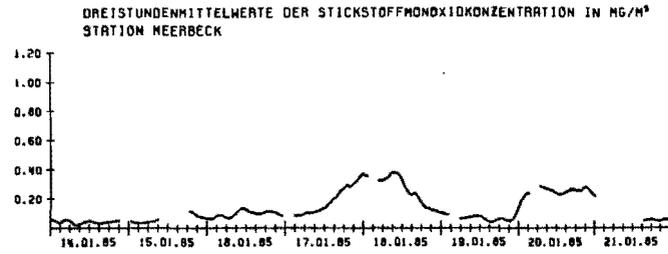
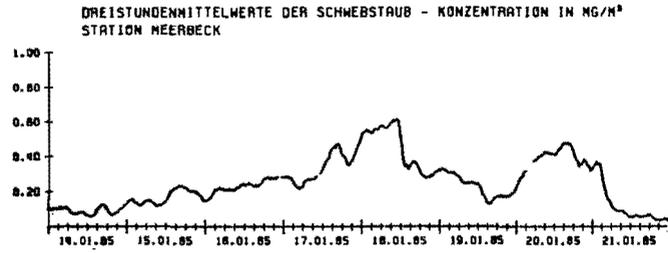
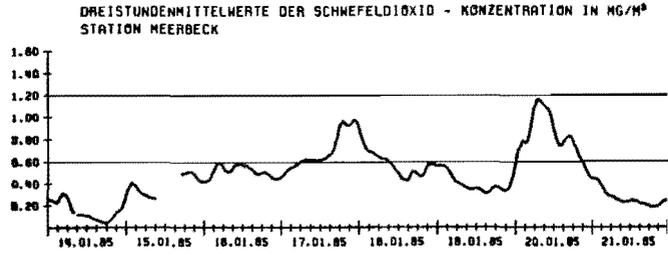
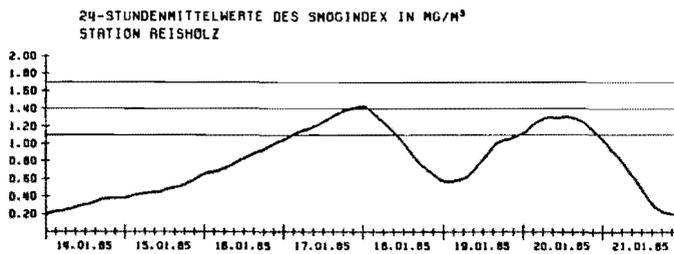
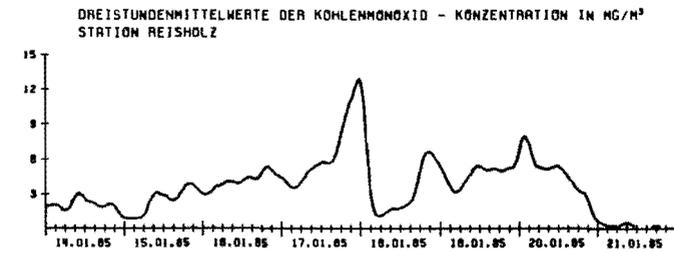
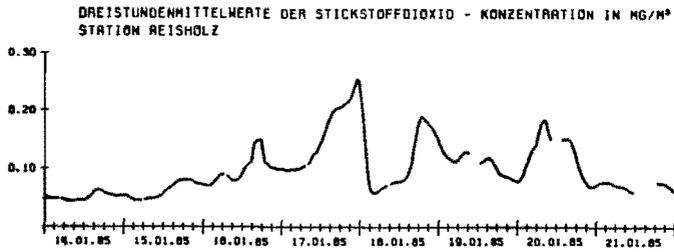
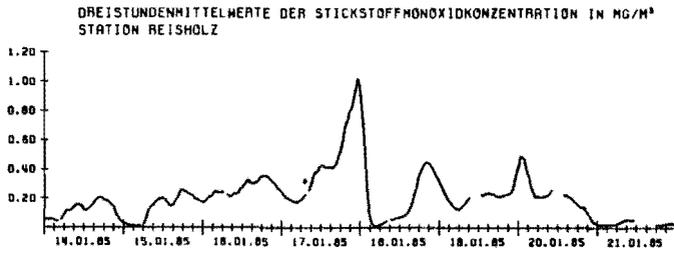
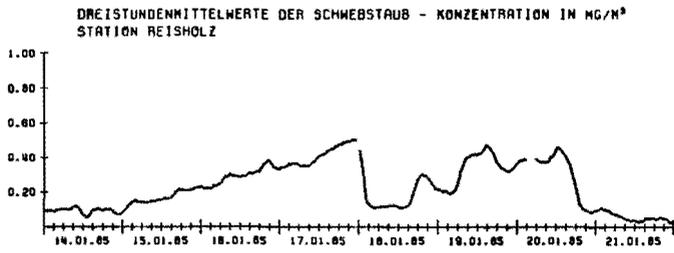
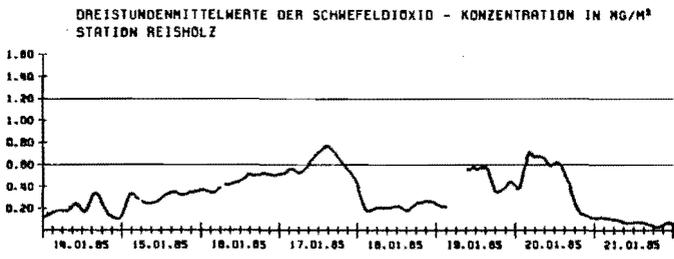


Abb. 21: Meßwerte Station Reisholz

Abb. 22: Meßwerte Station Meerbeck

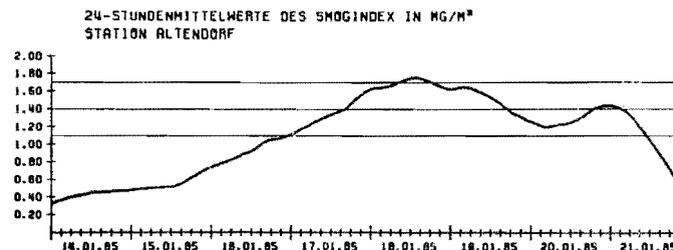
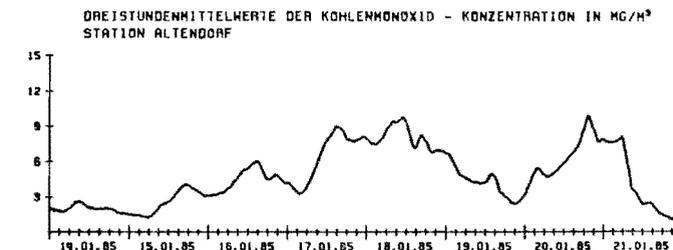
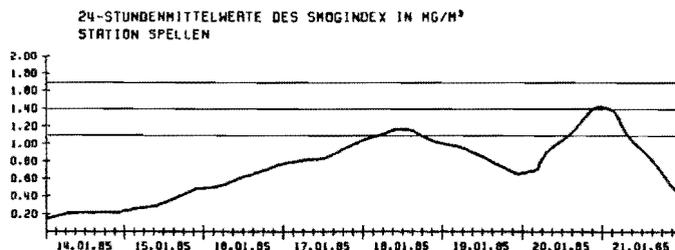
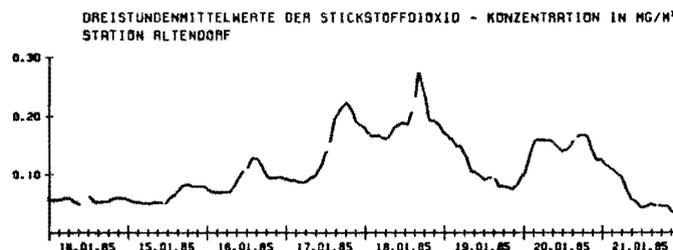
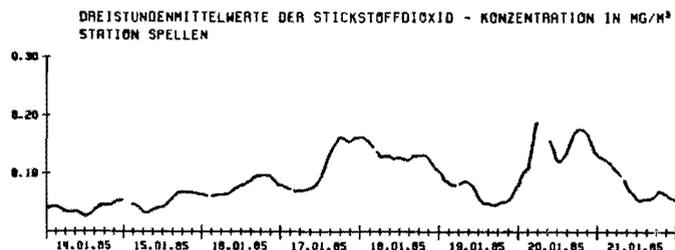
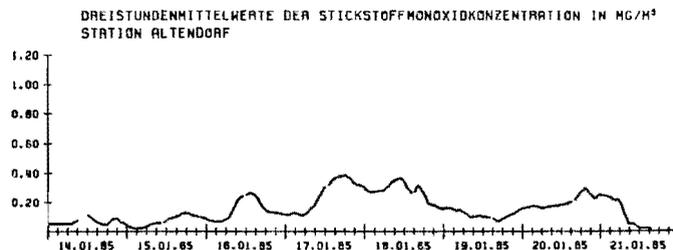
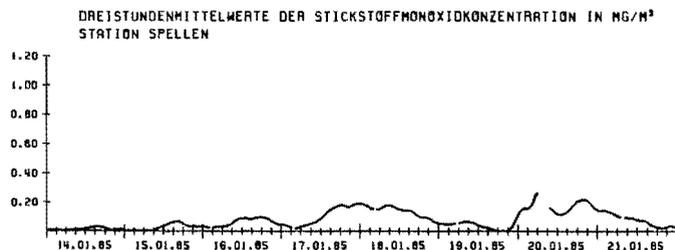
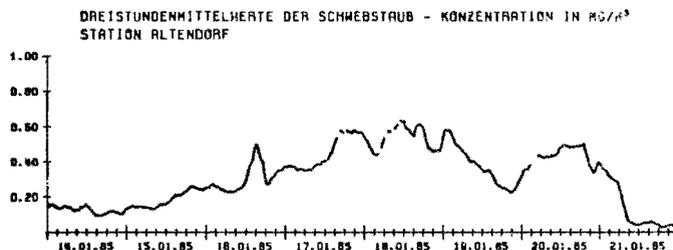
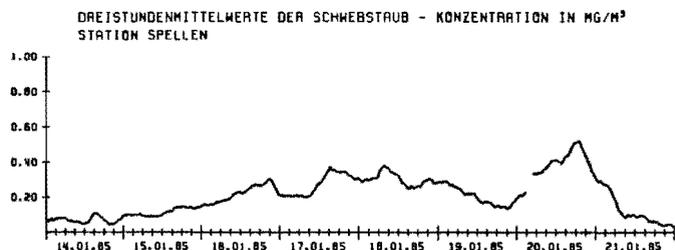
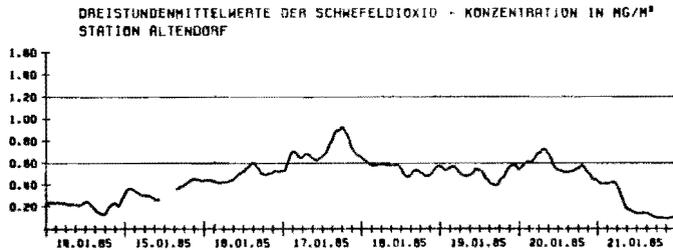
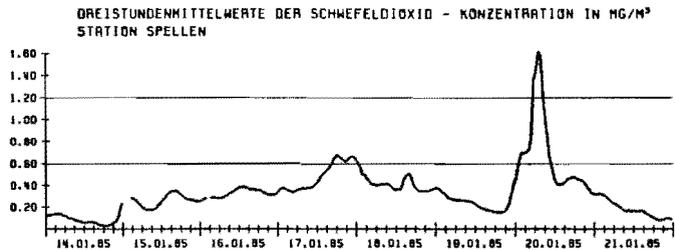


Abb. 23: Meßwerte Station Spellen

Abb. 24: Meßwerte Station Altendorf

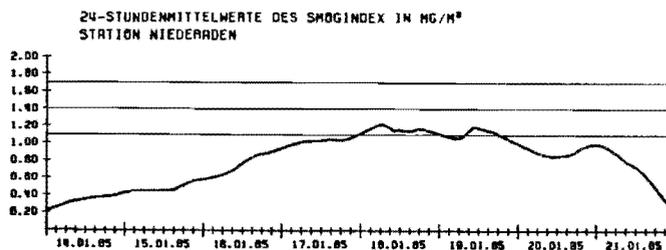
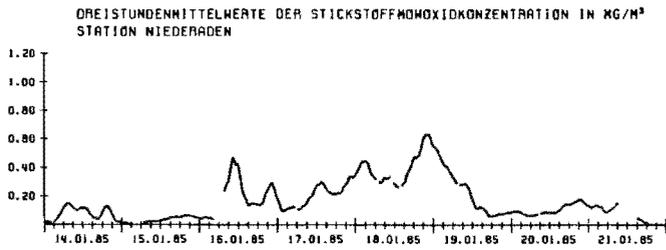
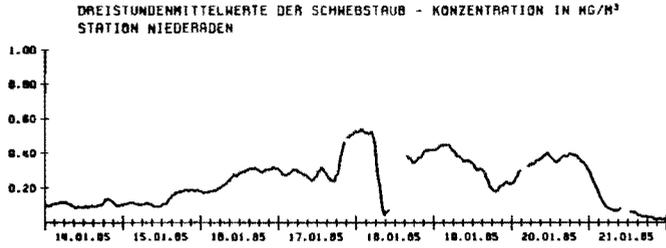
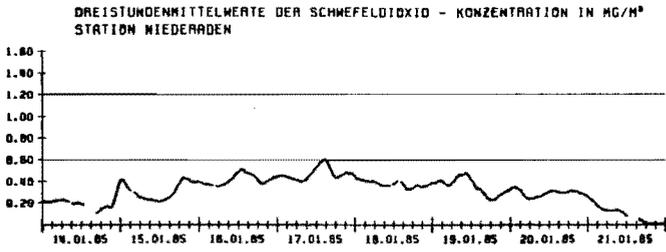


Abb. 25: Meßwerte Station Niederaden

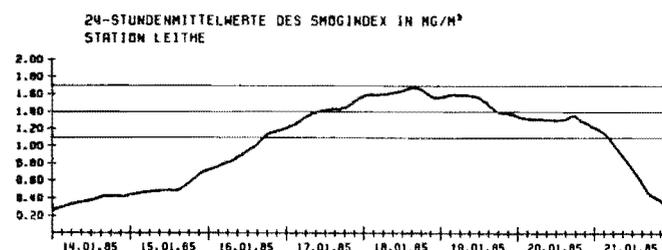
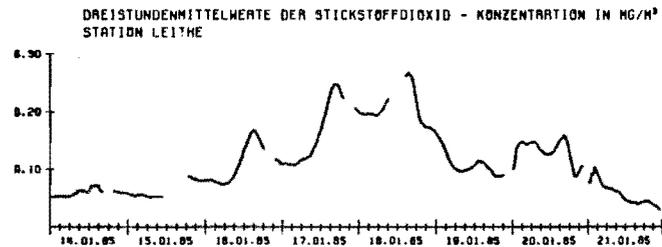
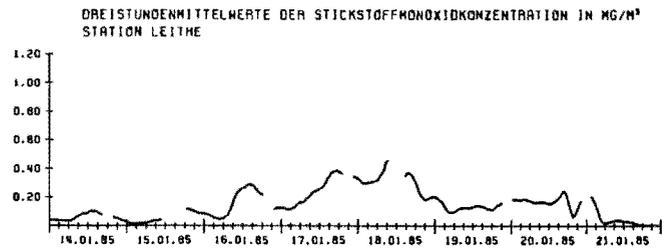
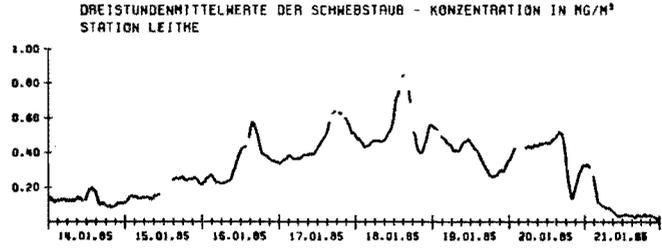
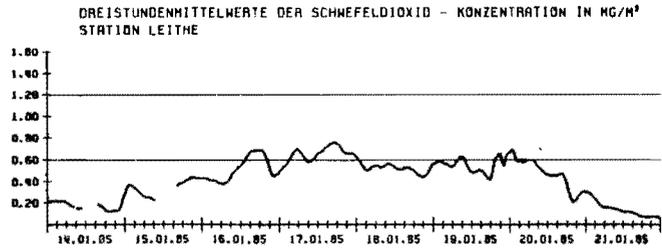
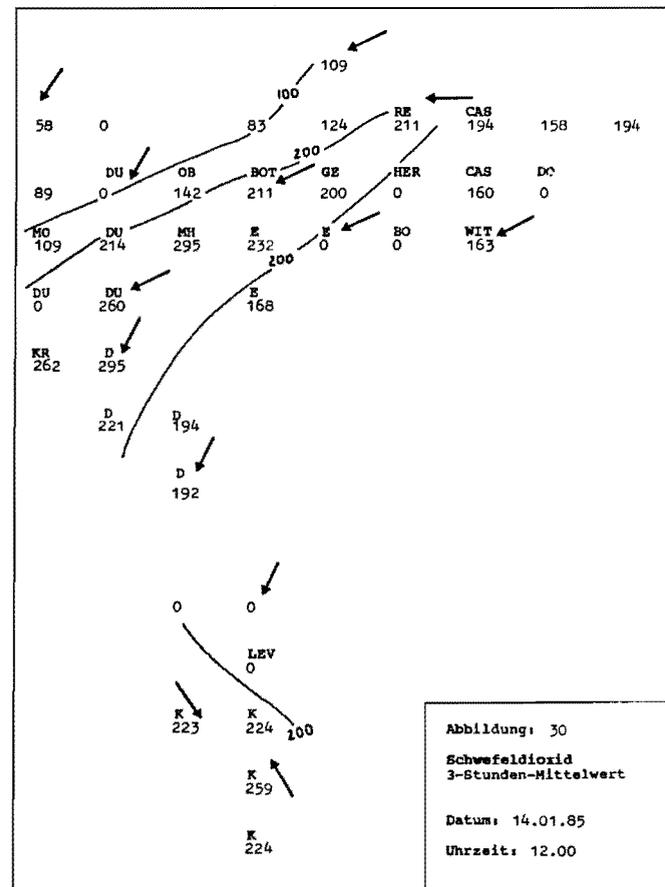
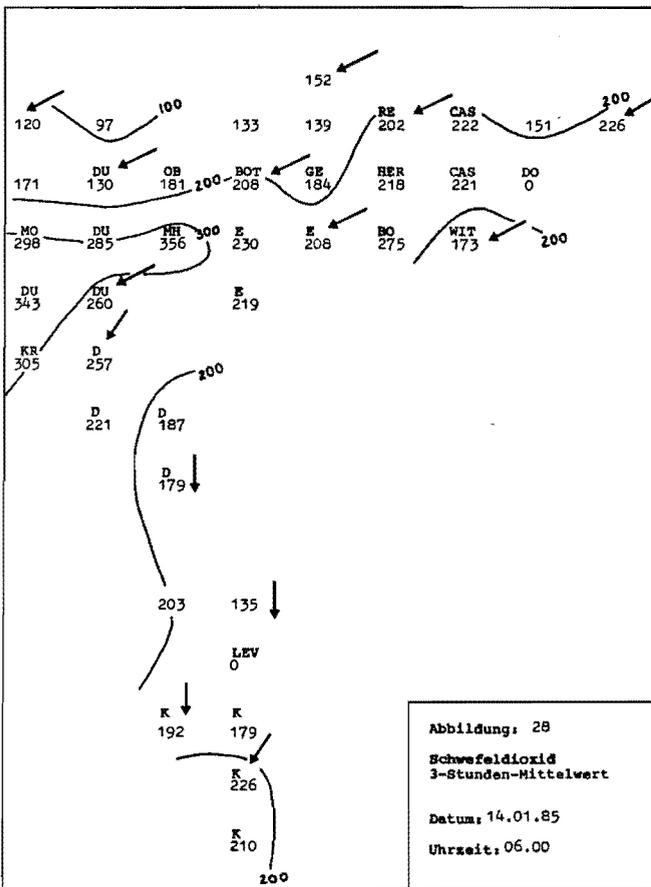
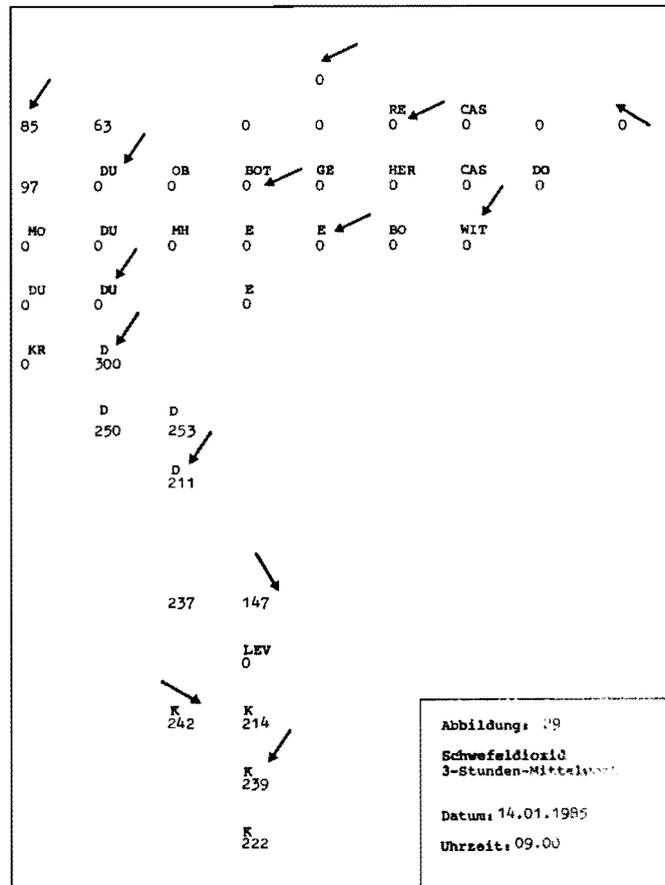
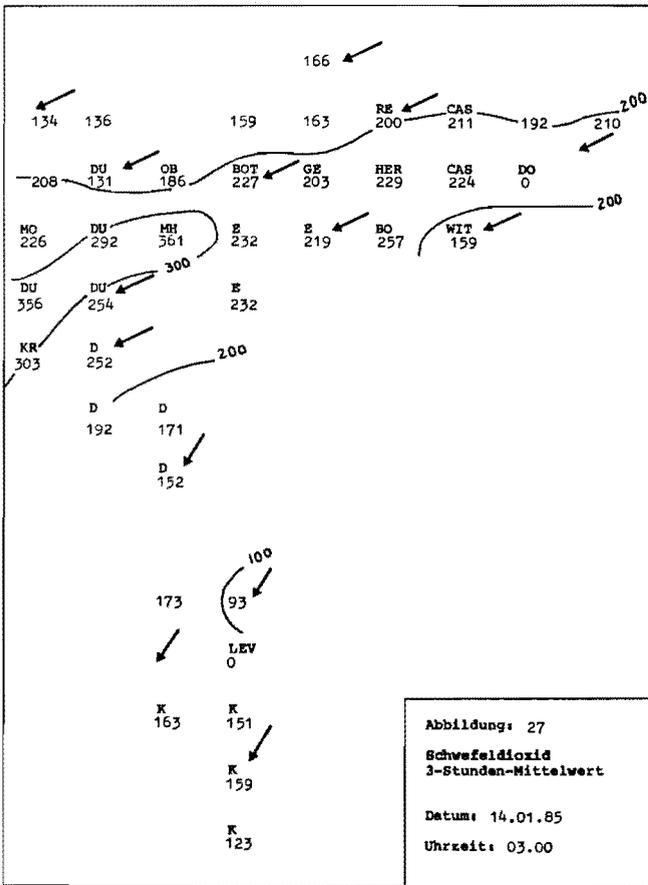
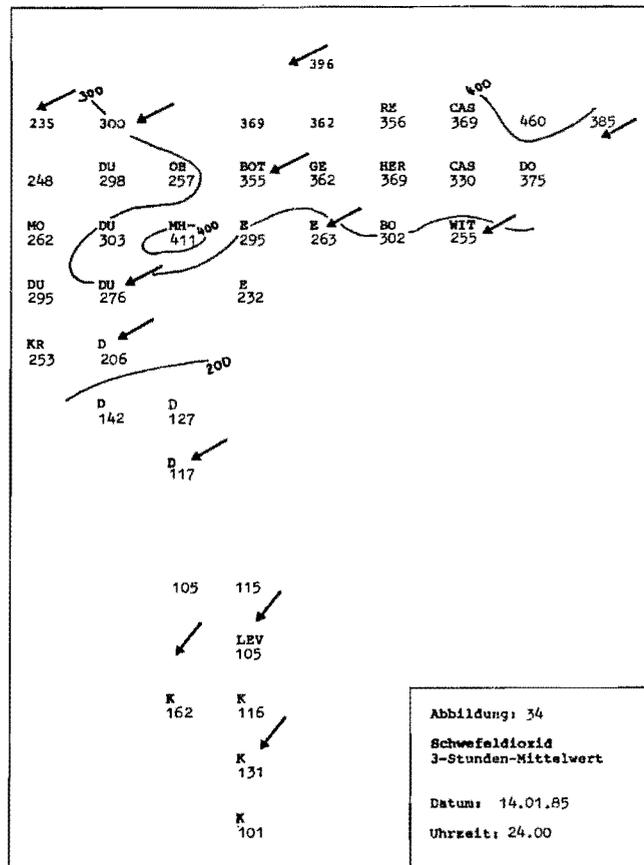
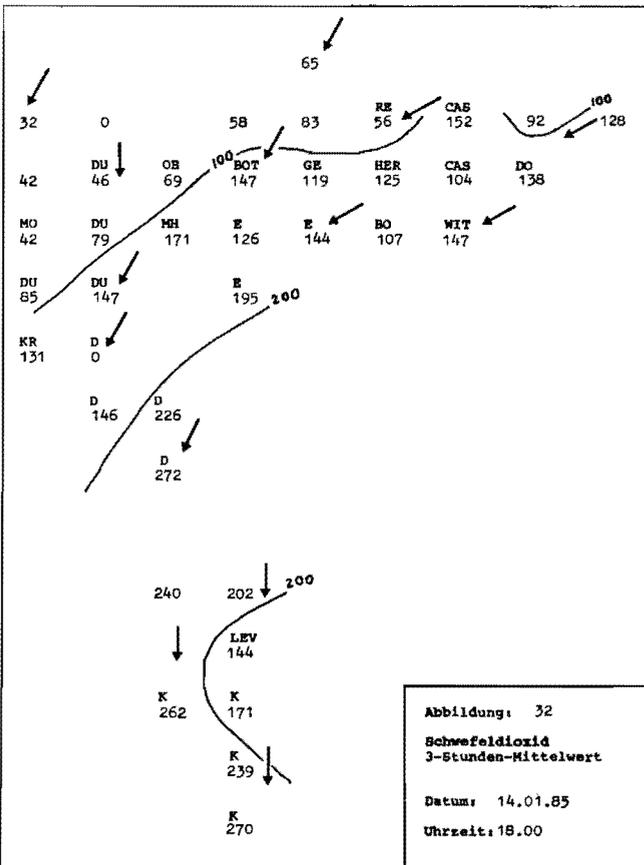
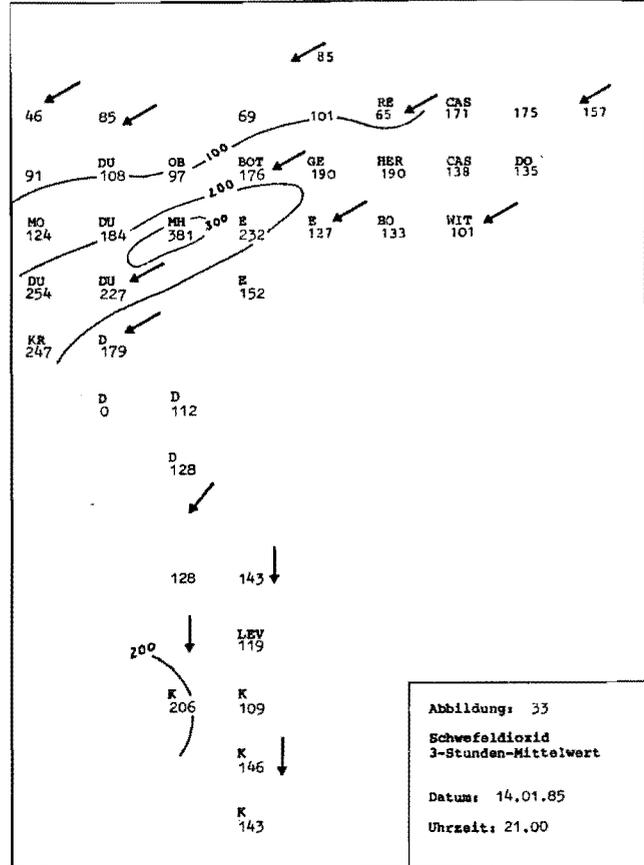
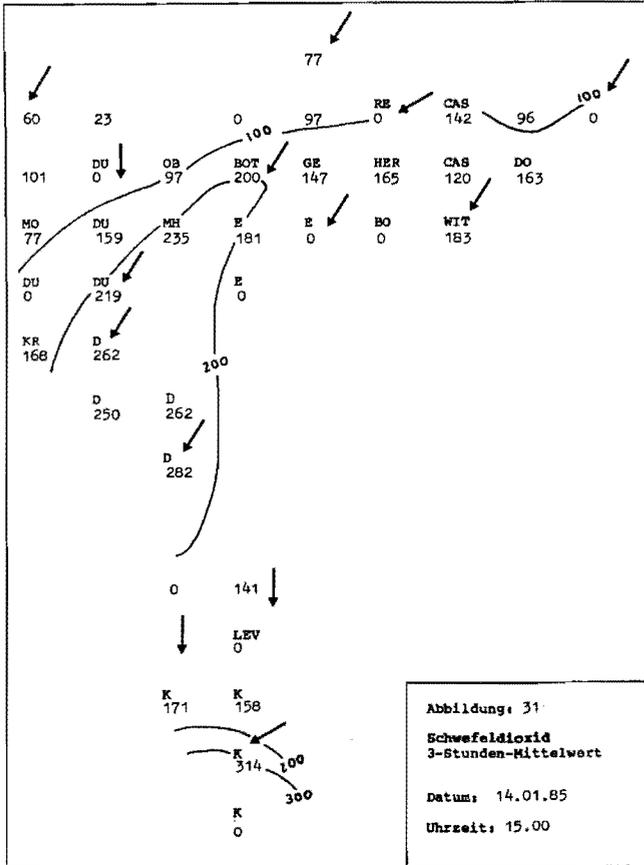


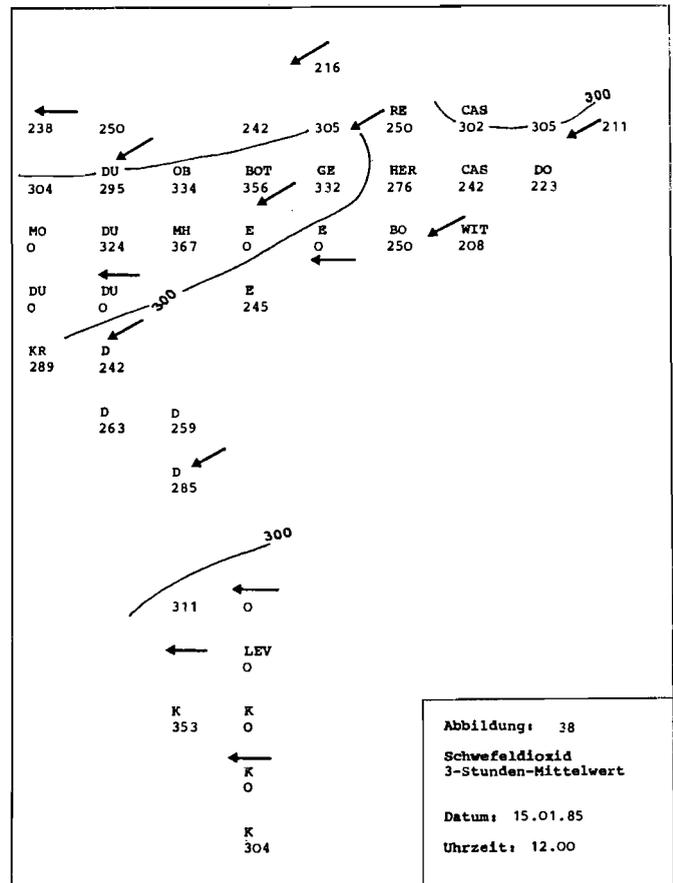
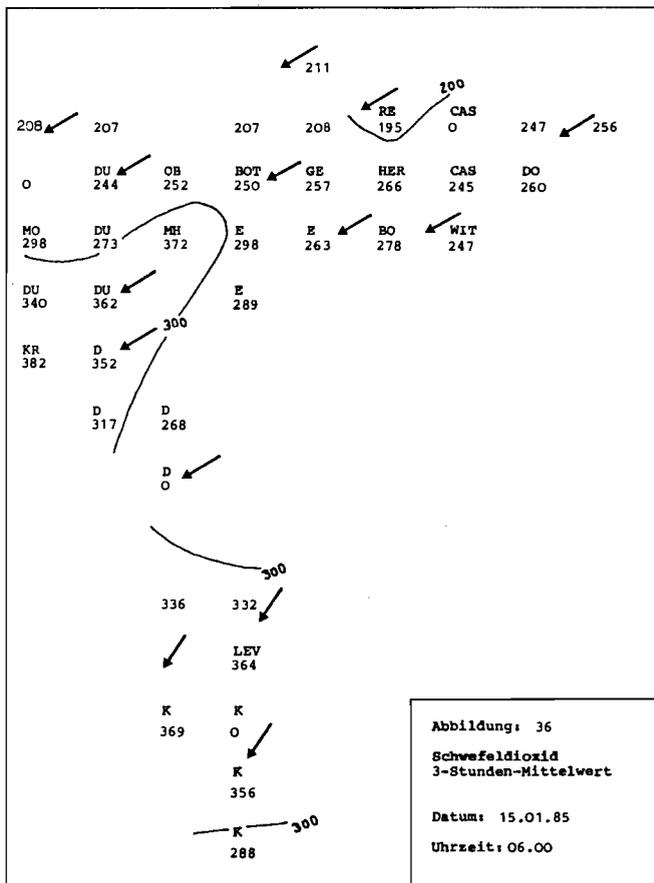
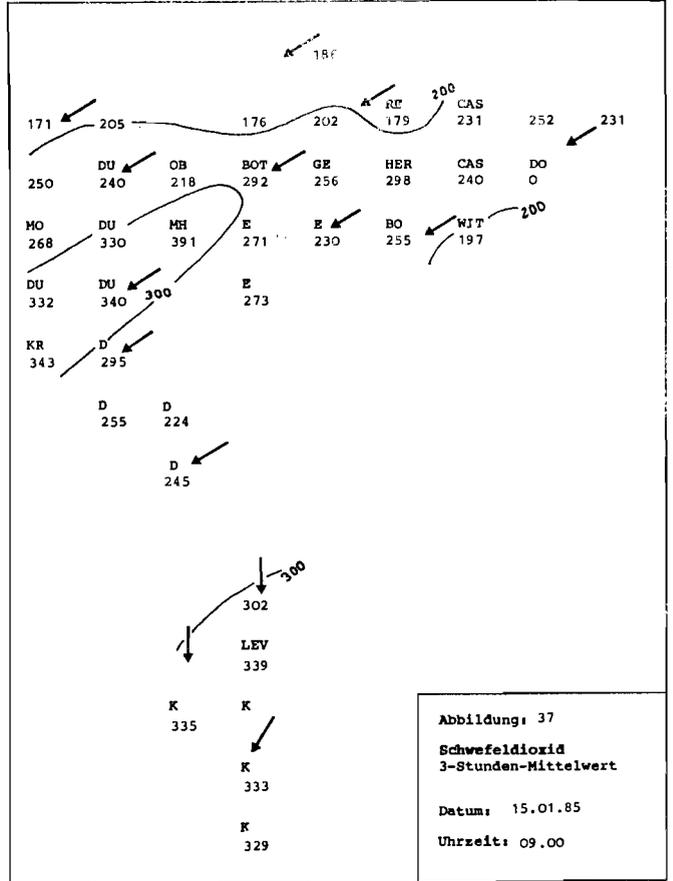
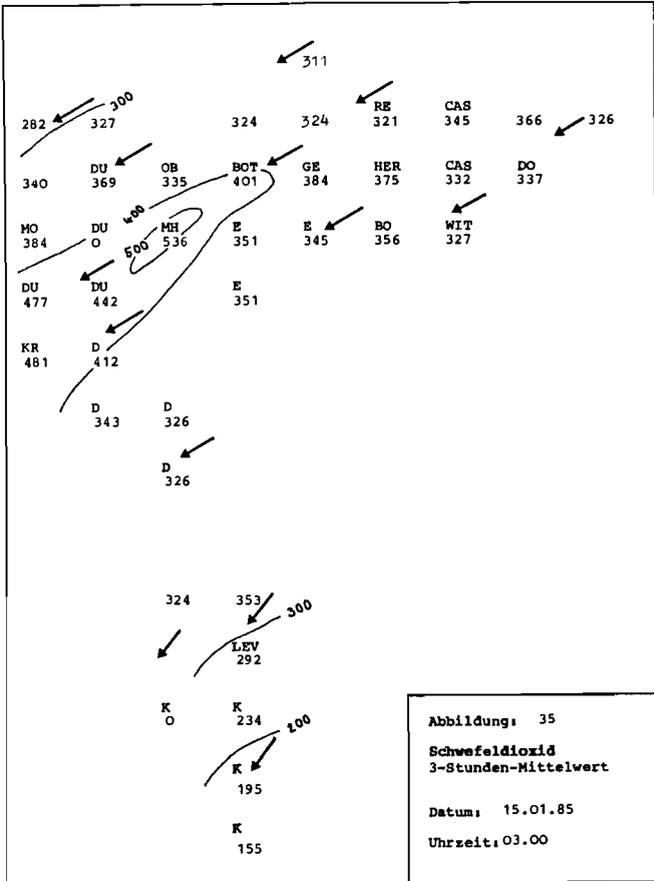
Abb. 26: Meßwerte Station Leithe



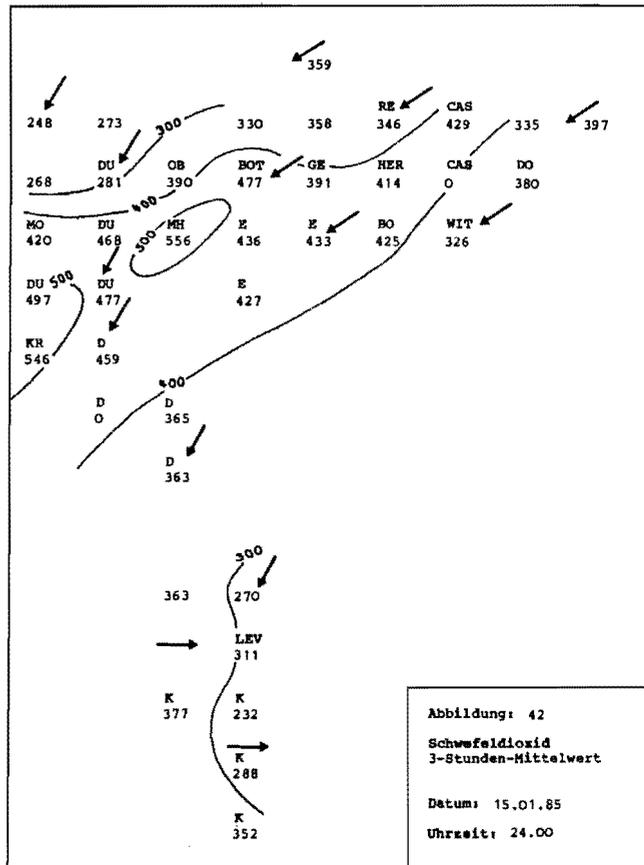
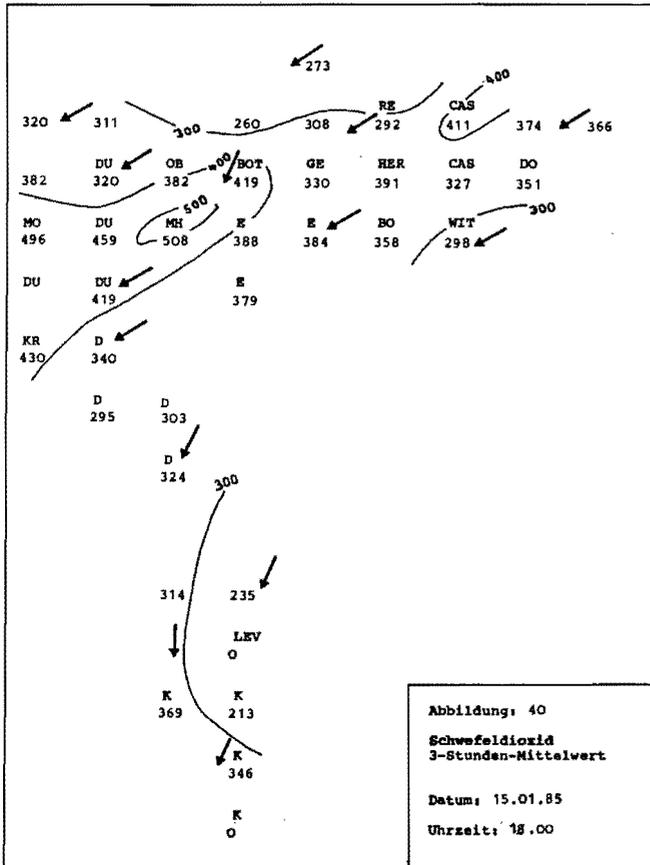
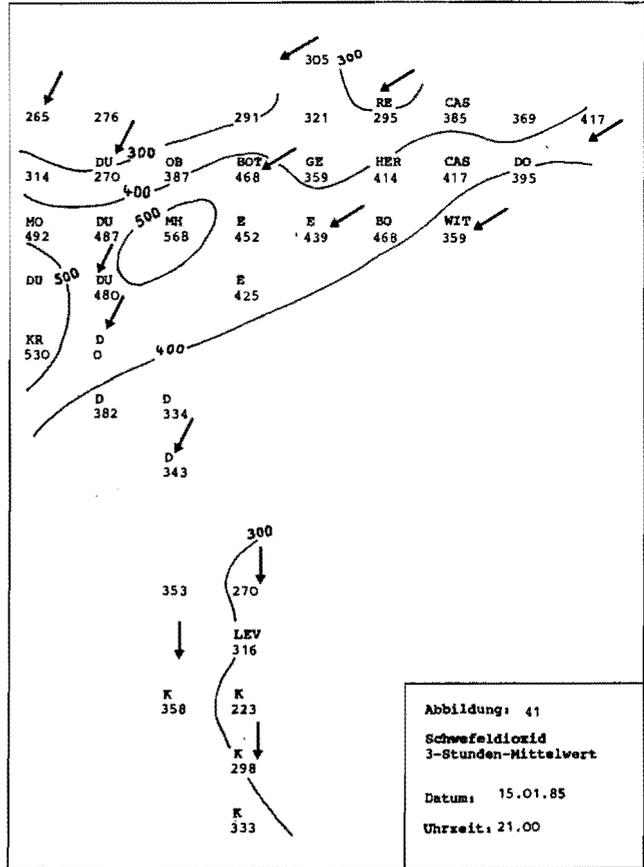
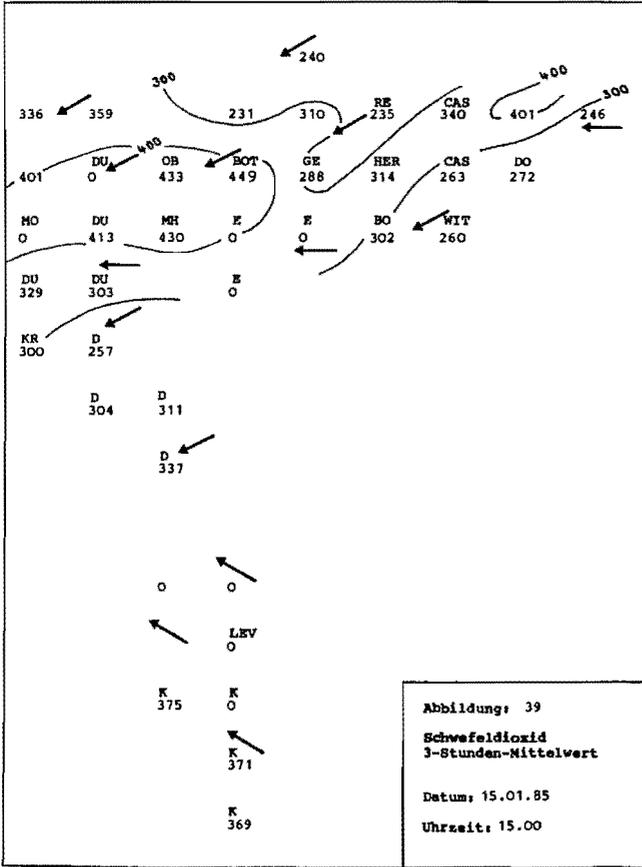
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



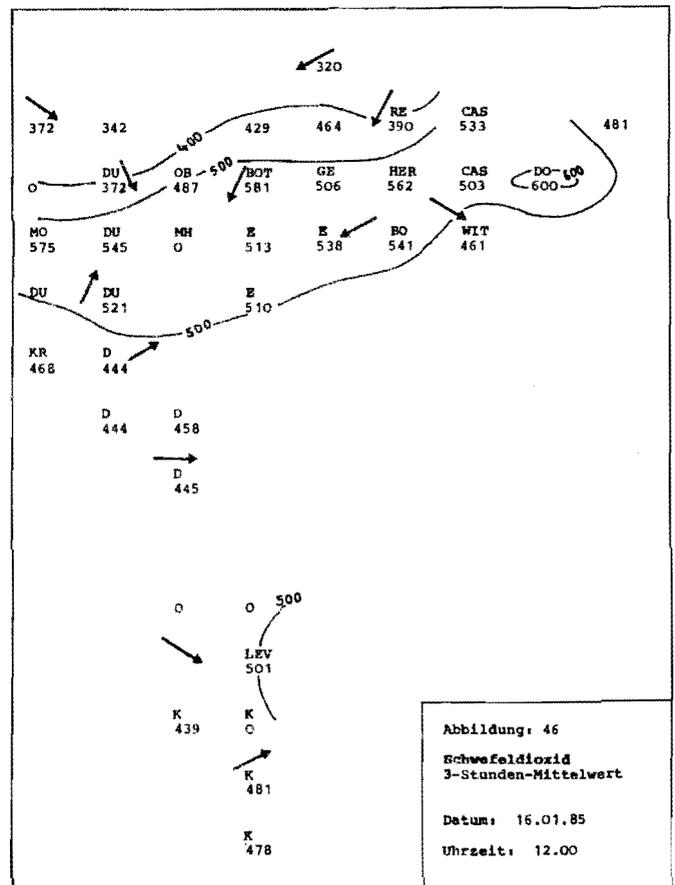
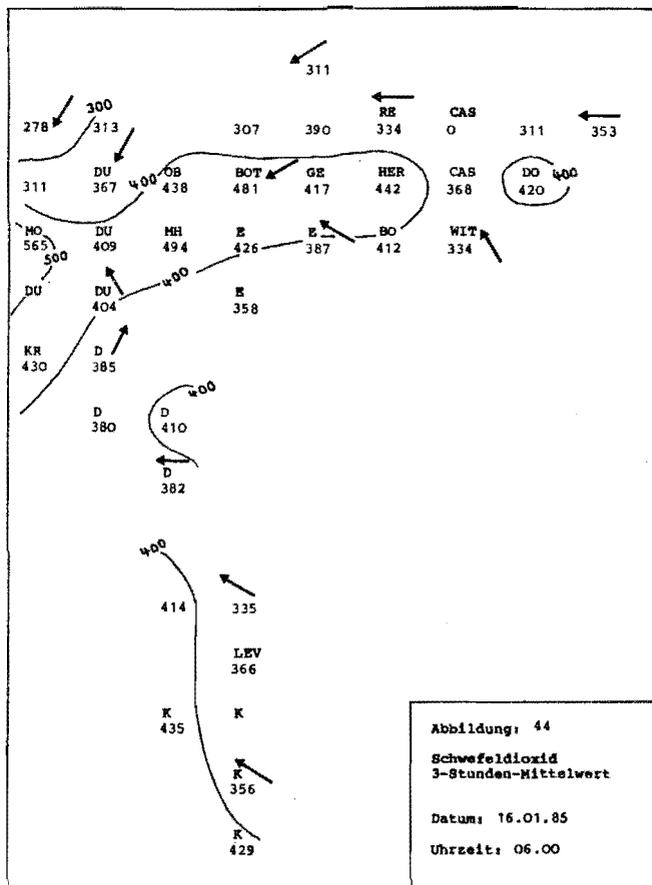
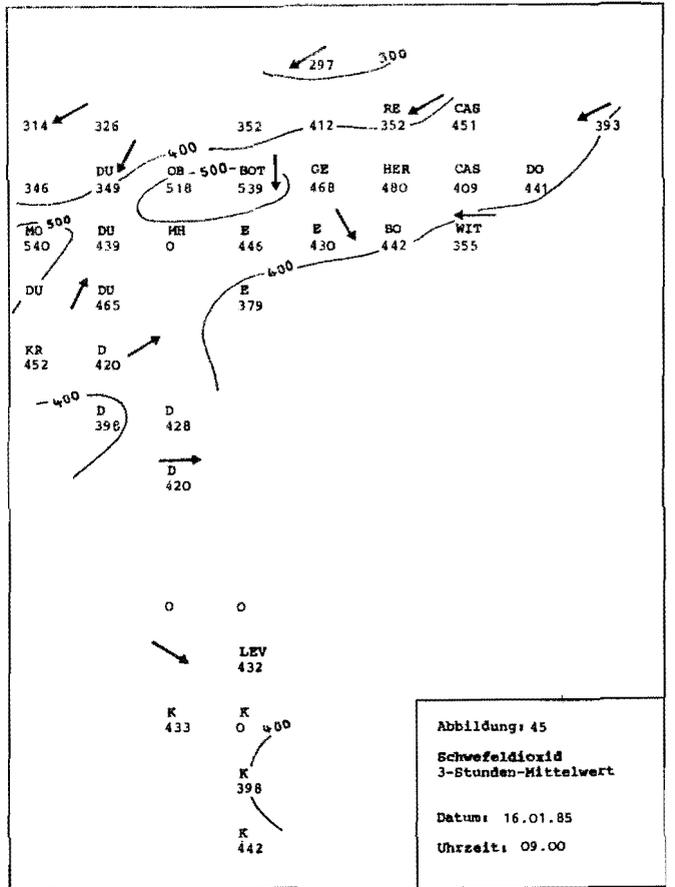
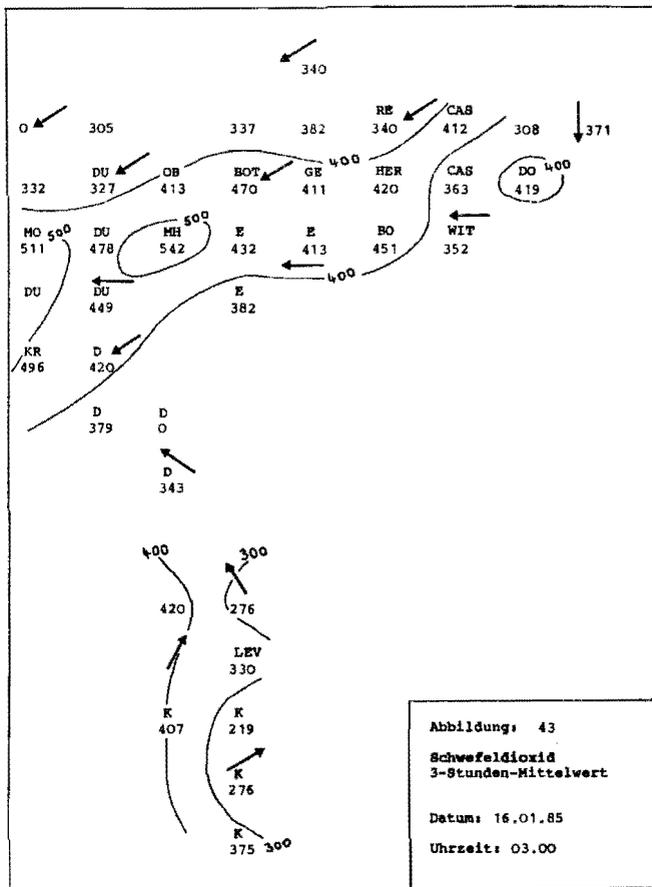
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



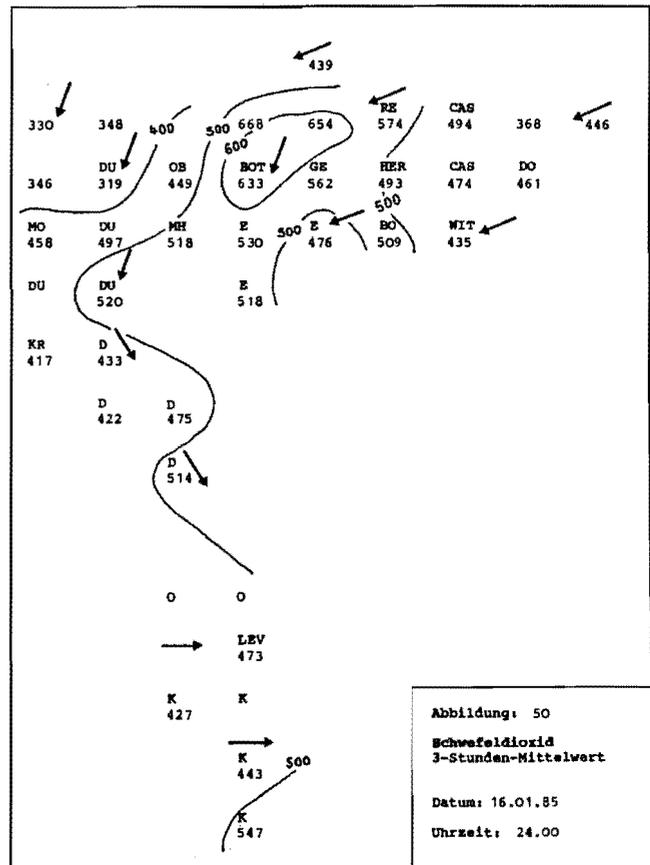
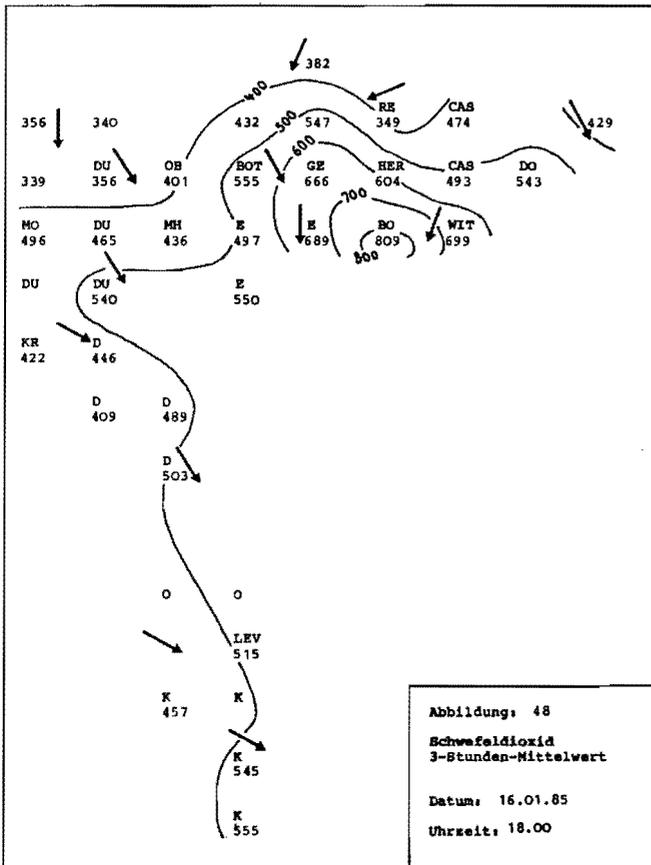
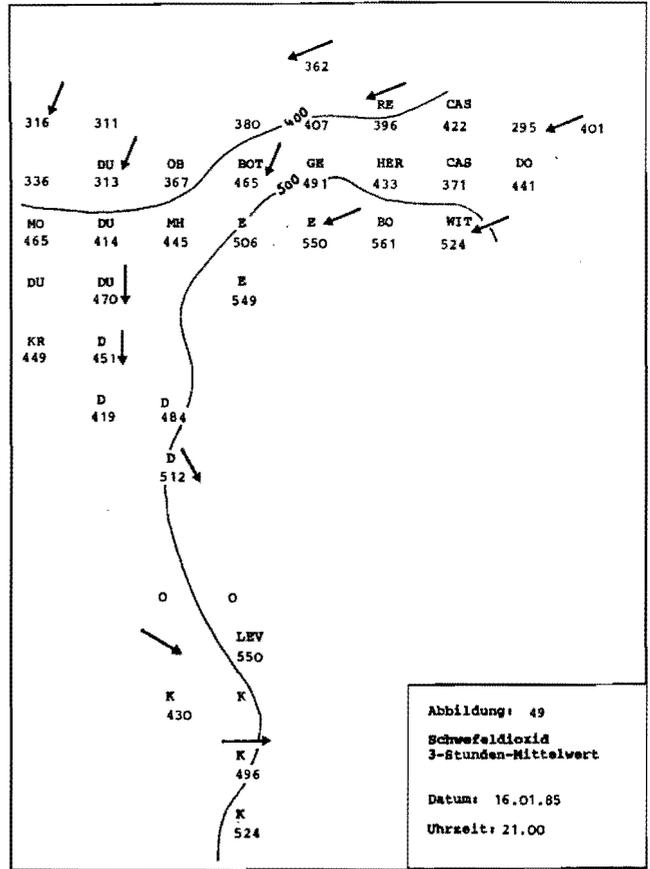
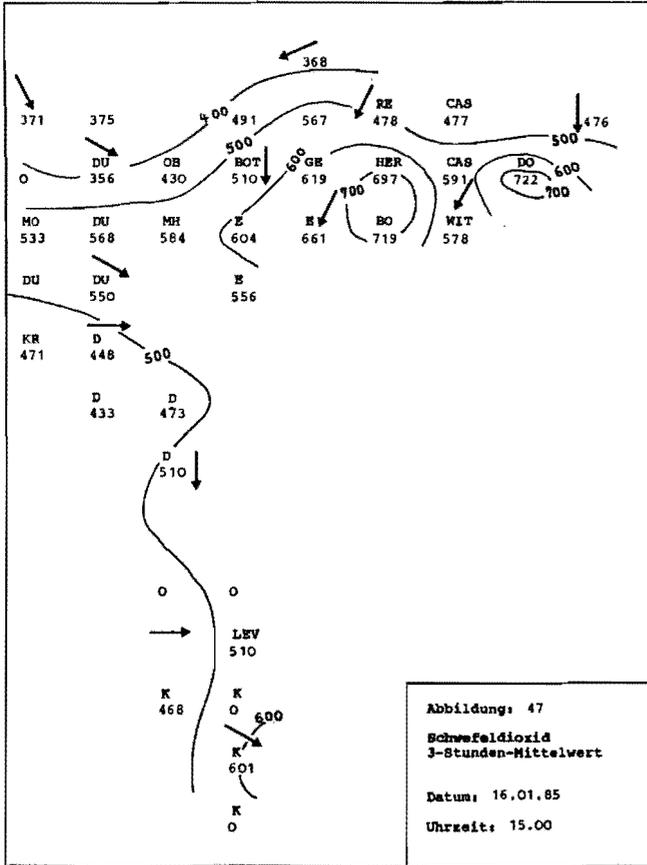
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



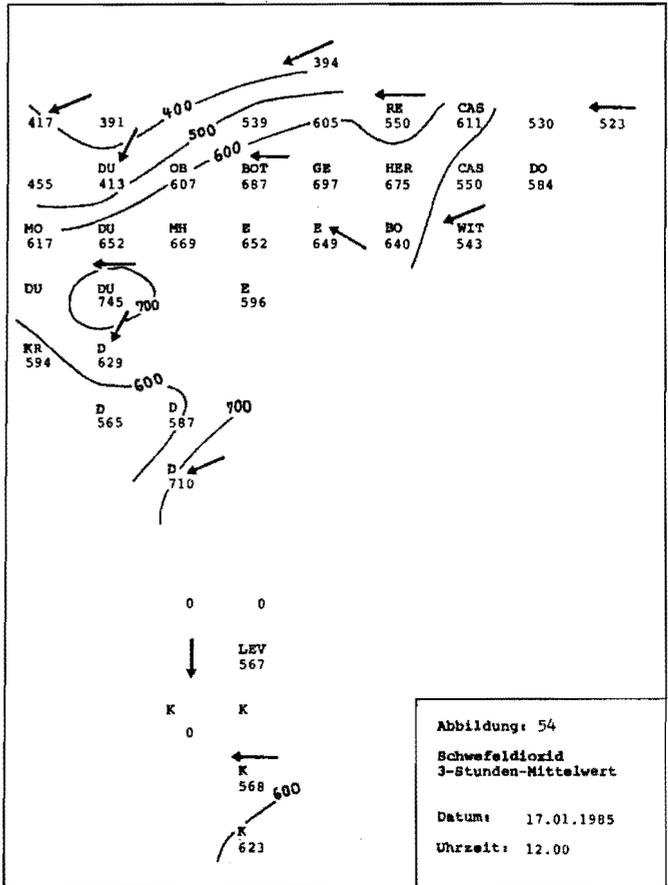
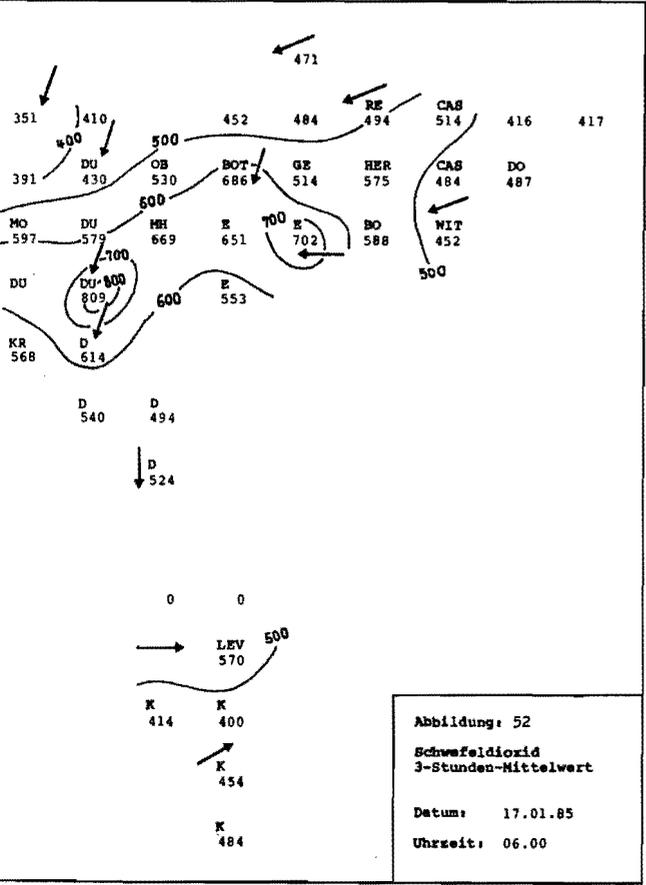
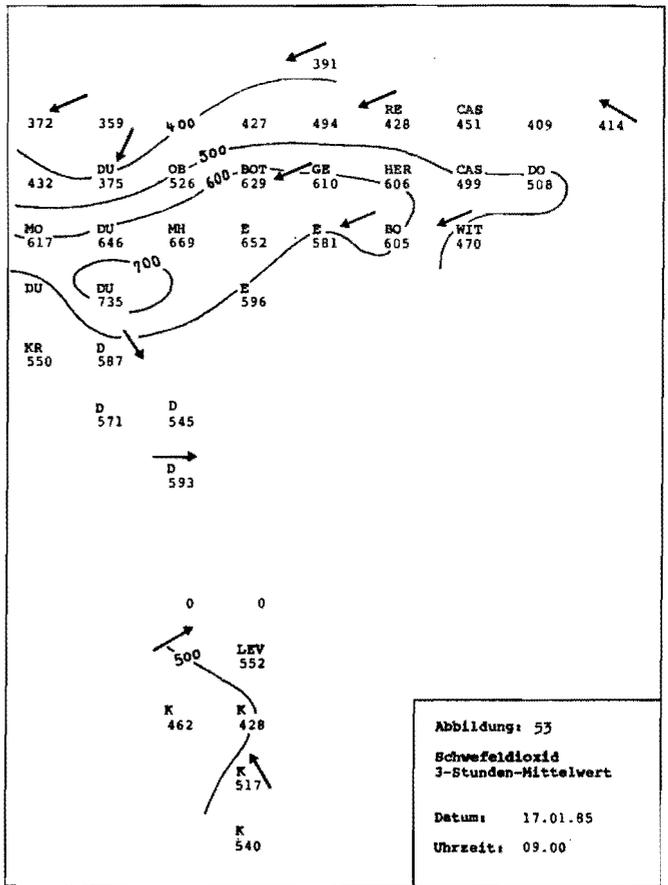
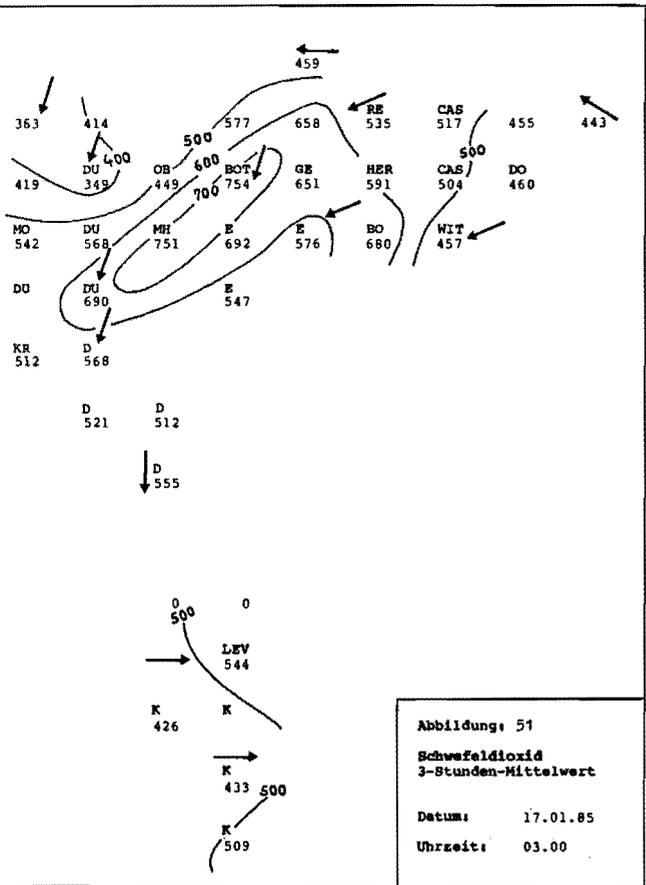
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



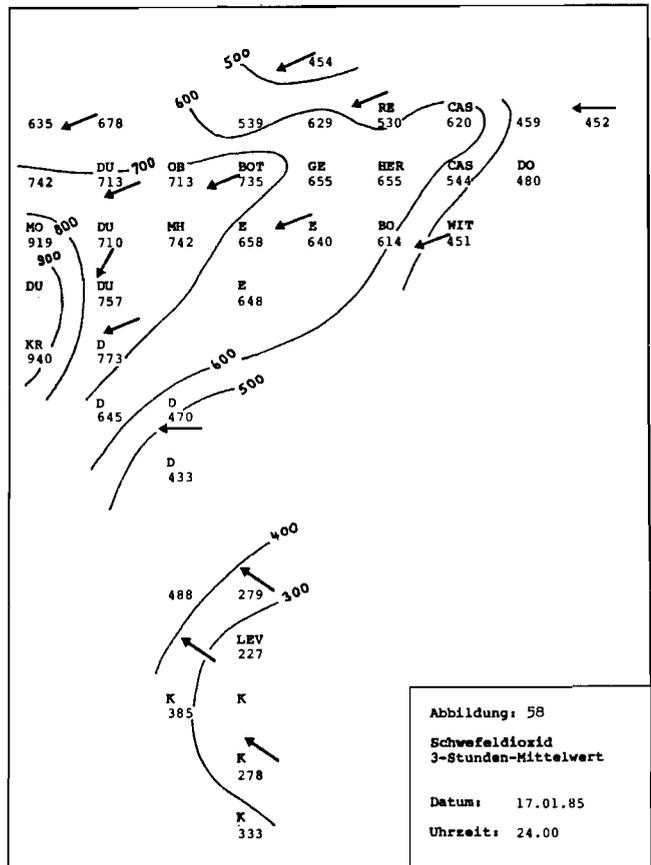
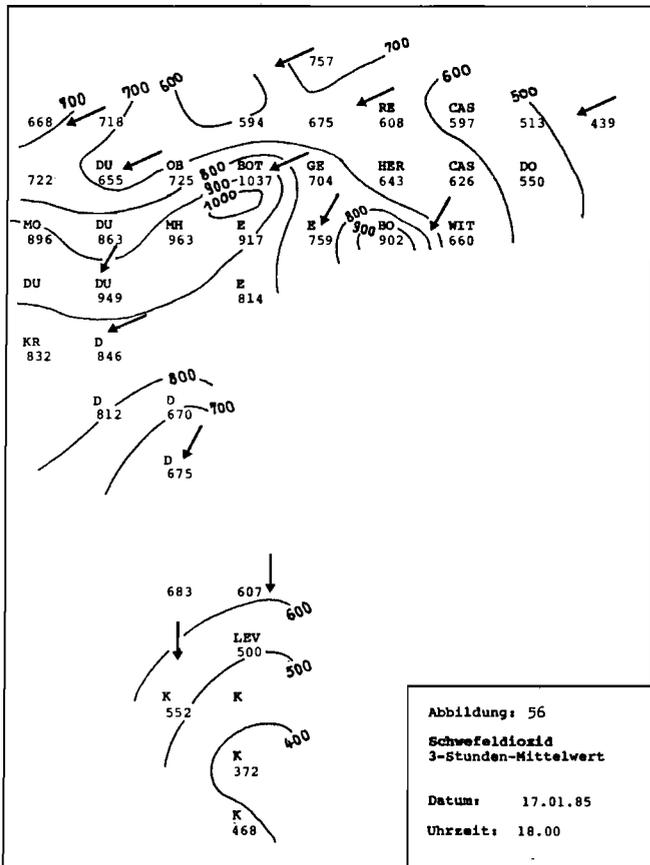
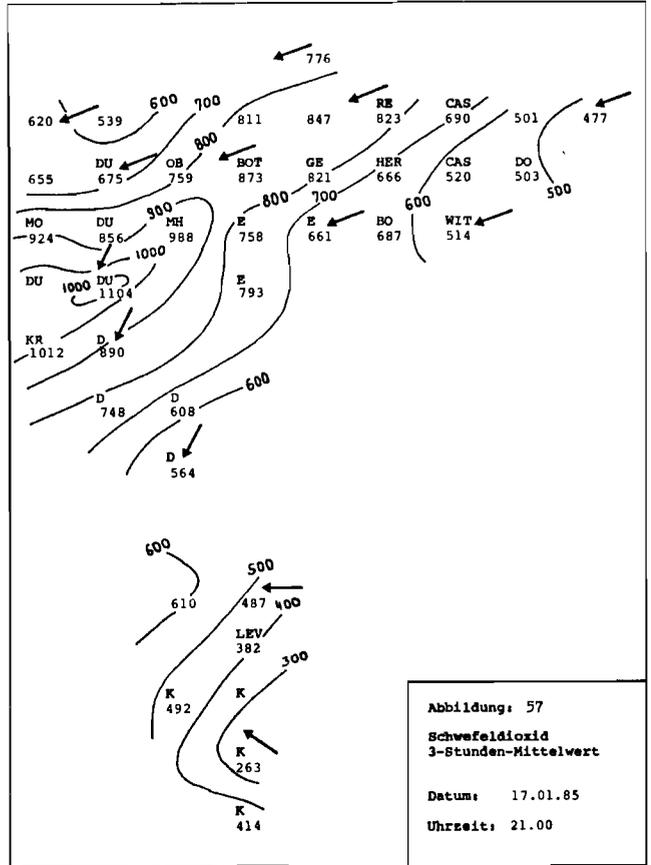
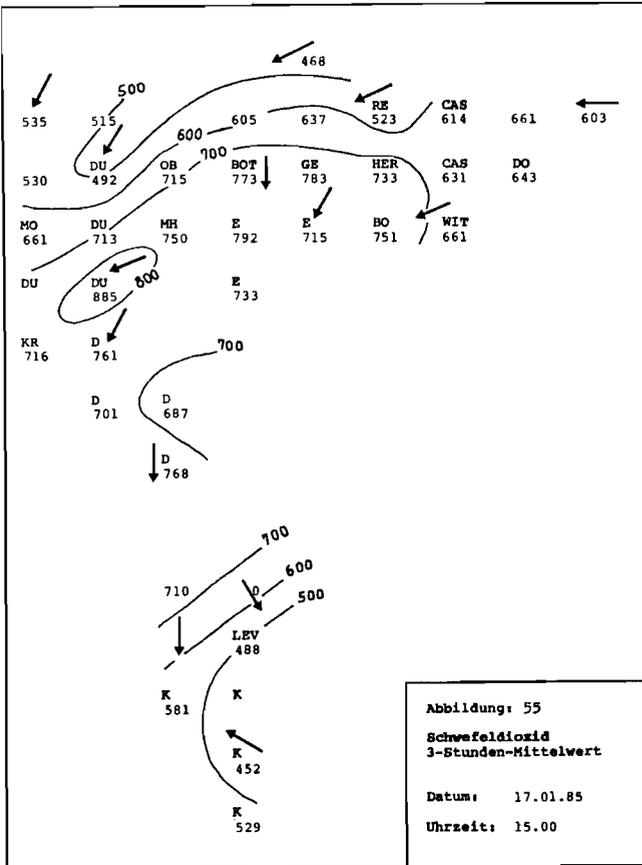
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



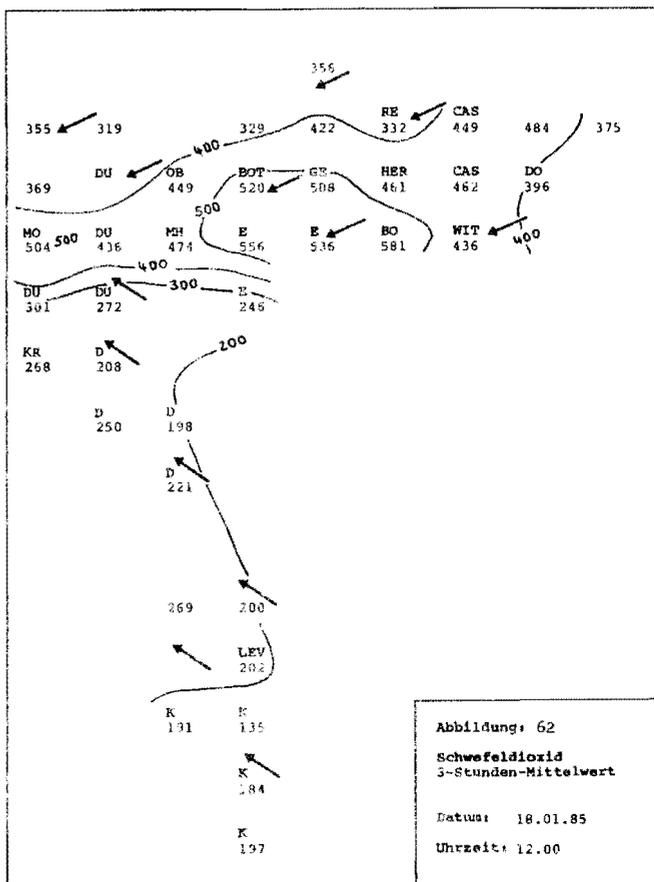
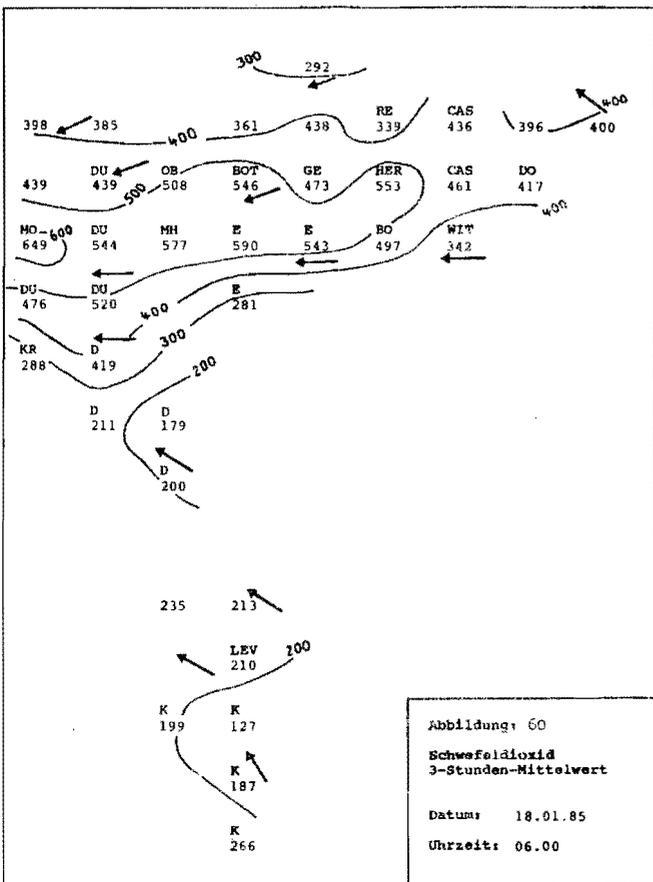
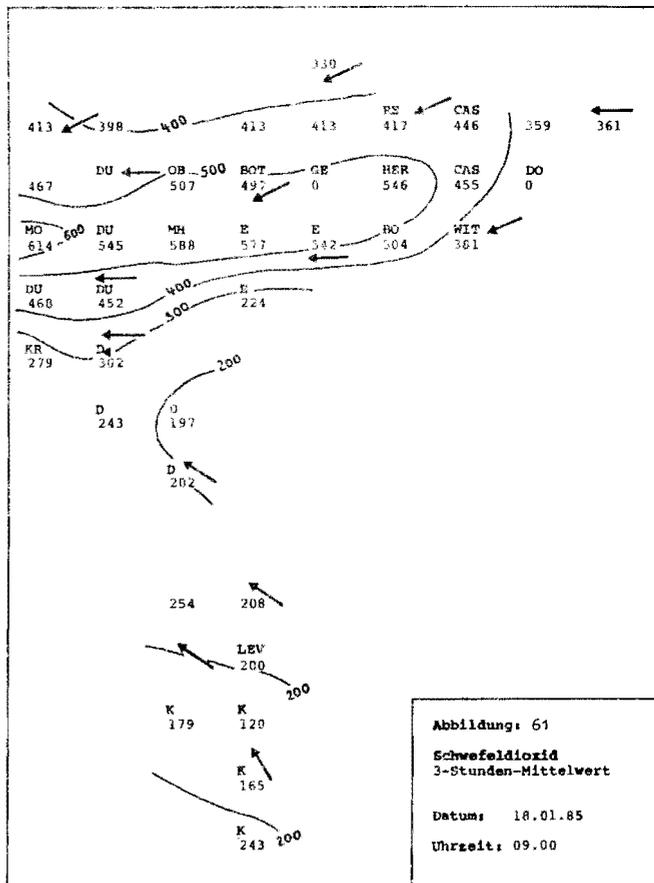
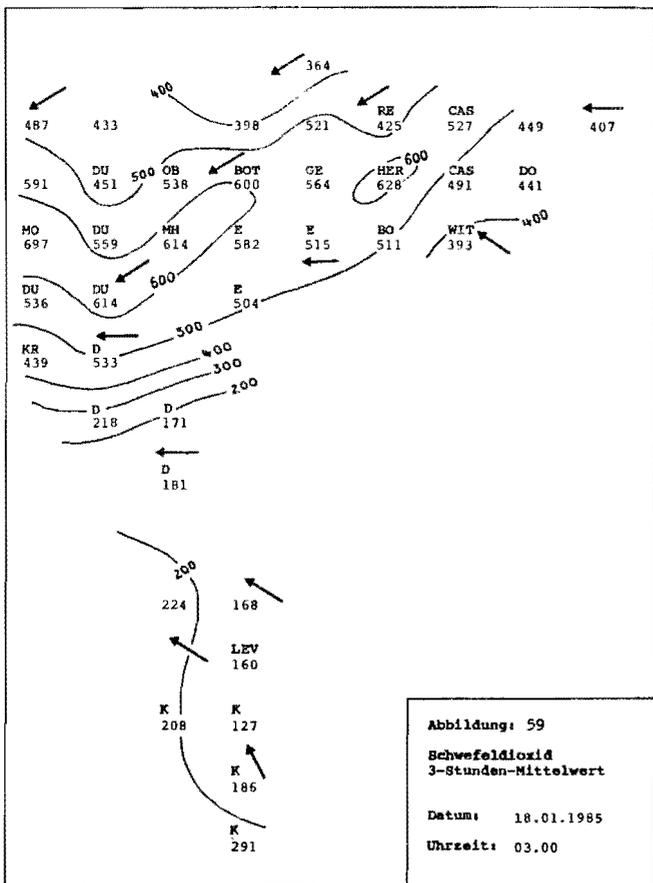
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



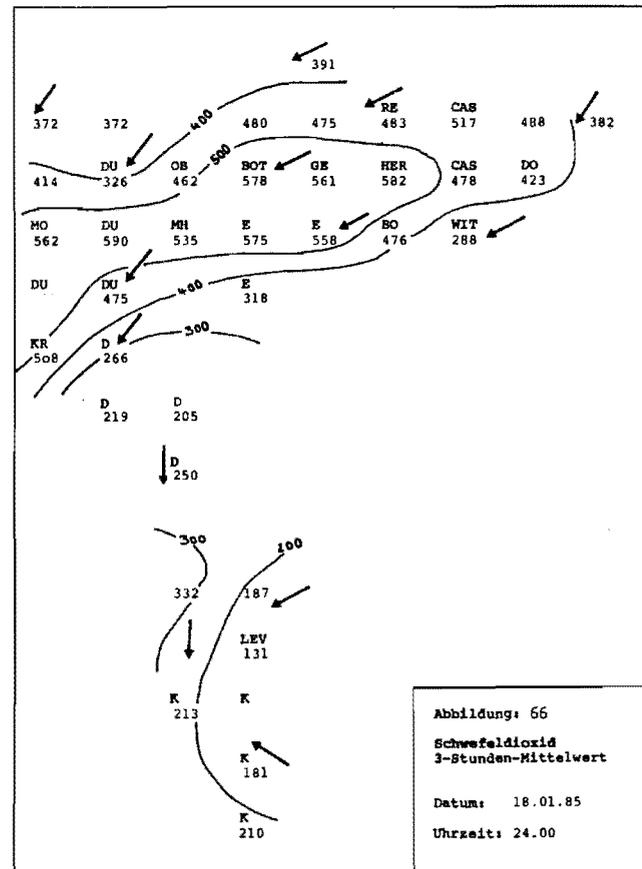
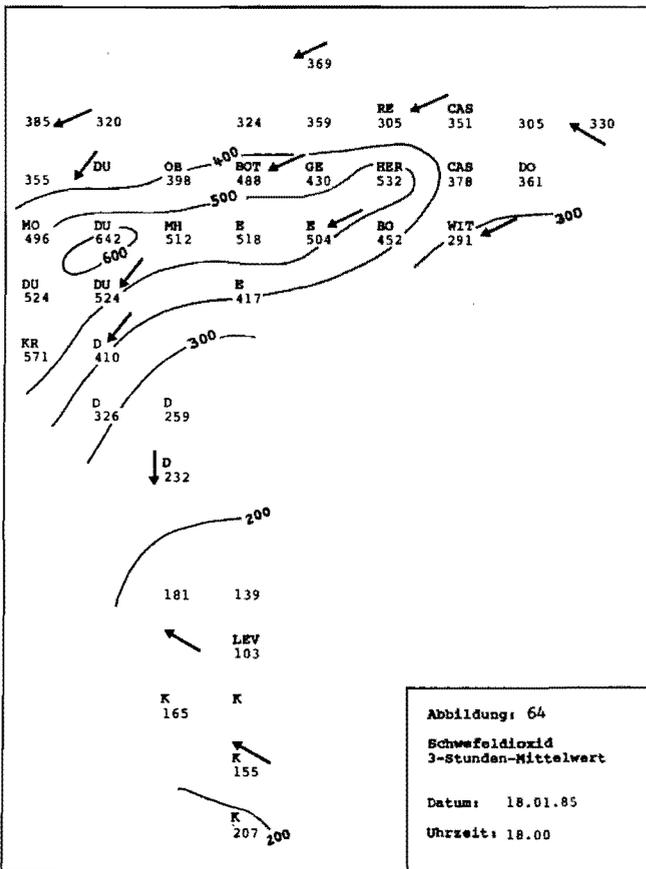
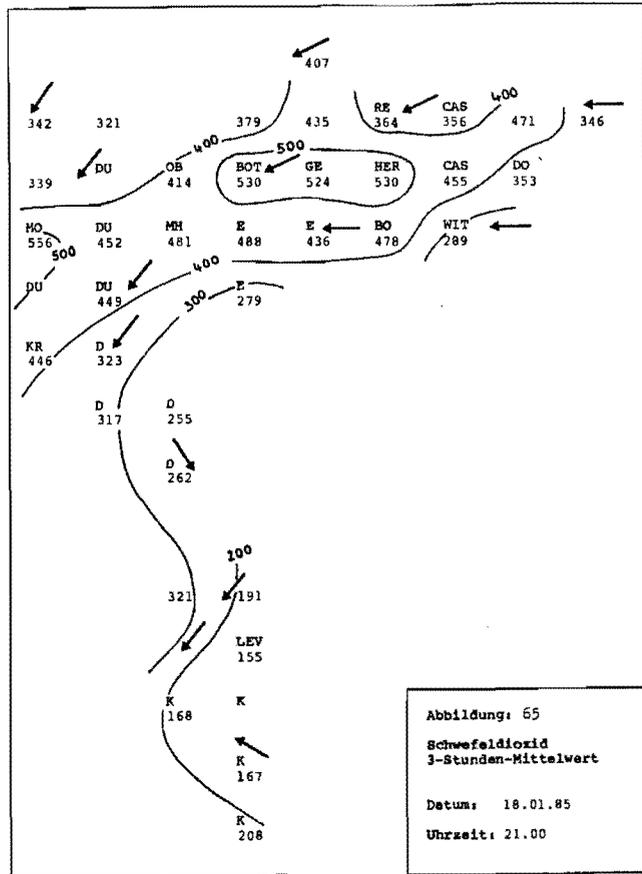
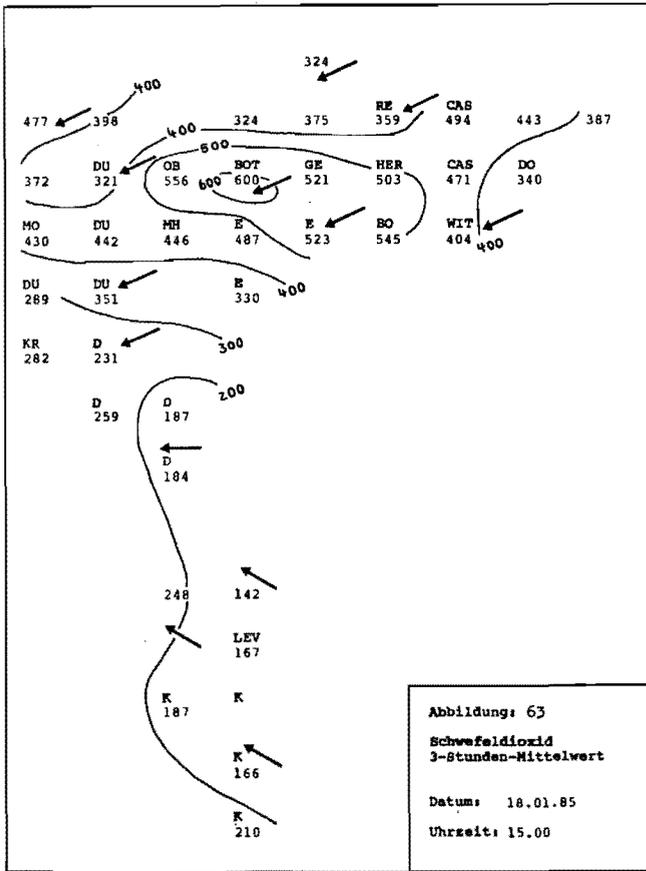
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



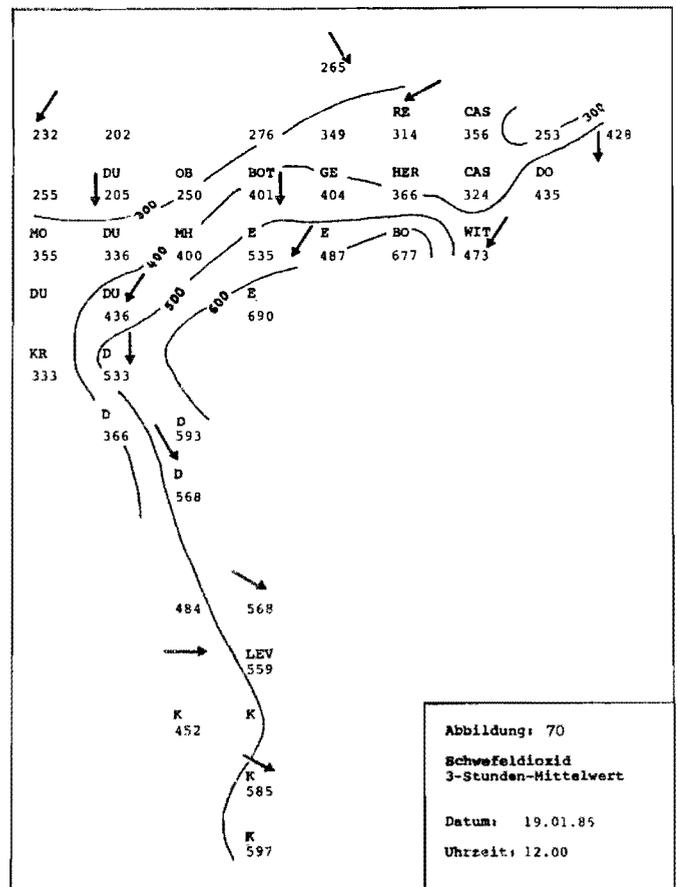
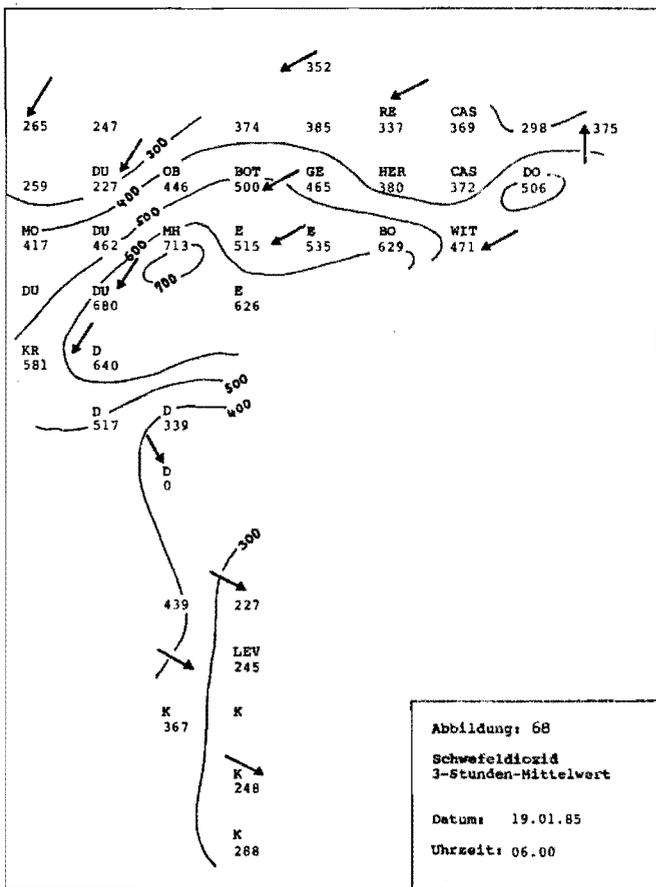
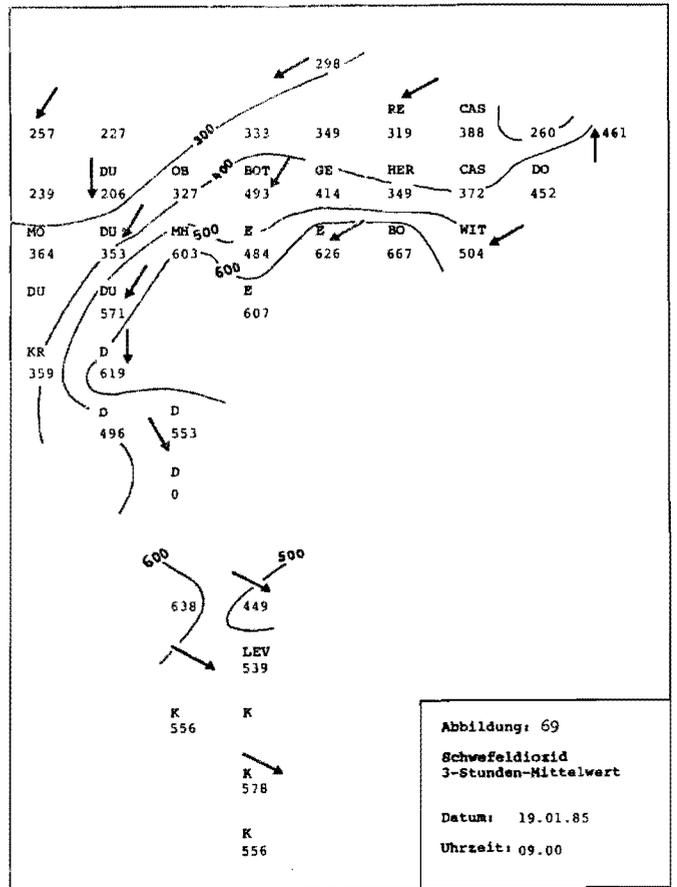
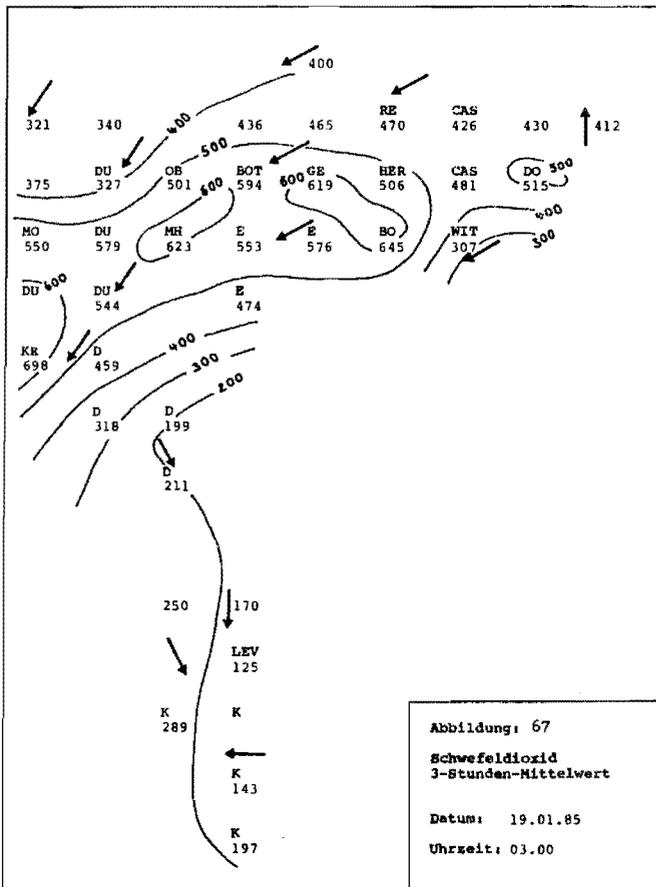
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



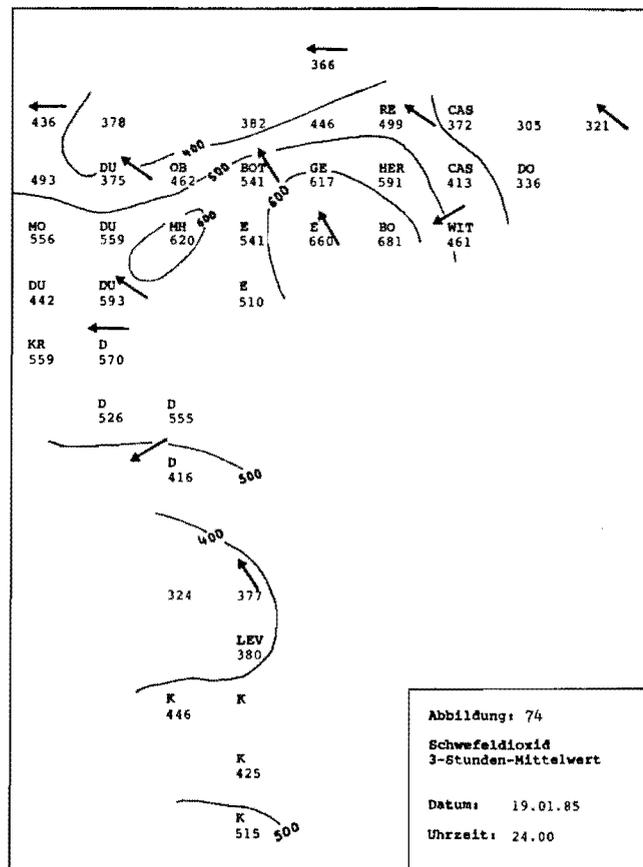
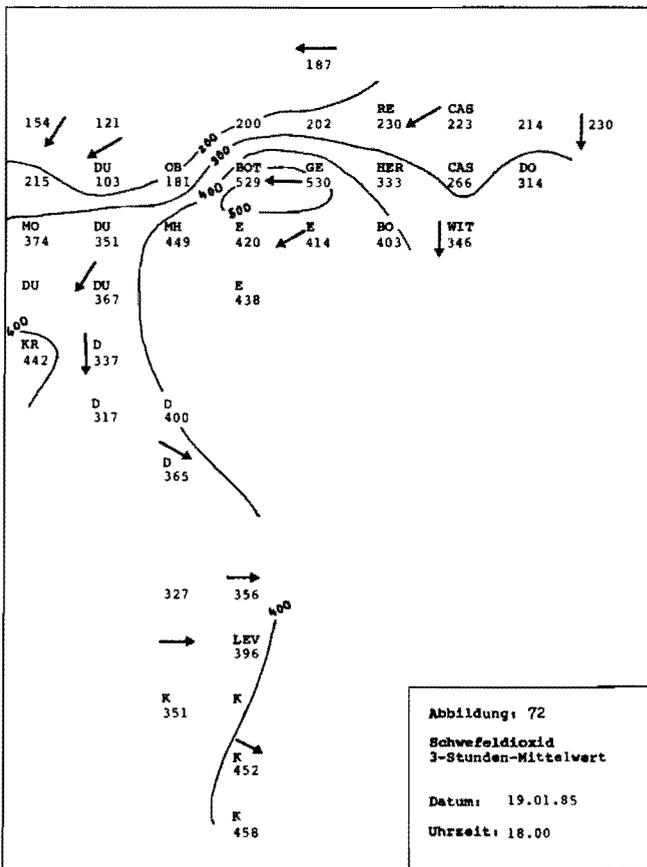
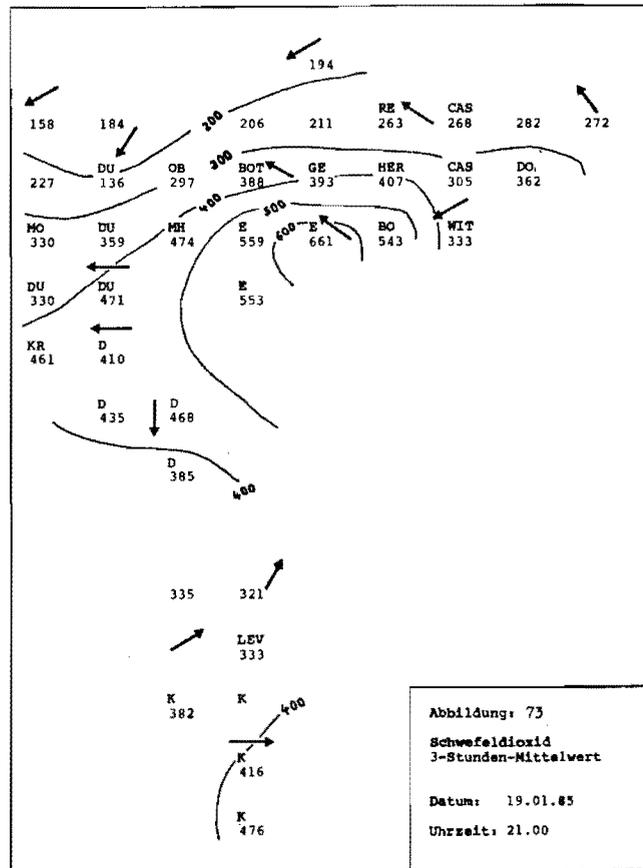
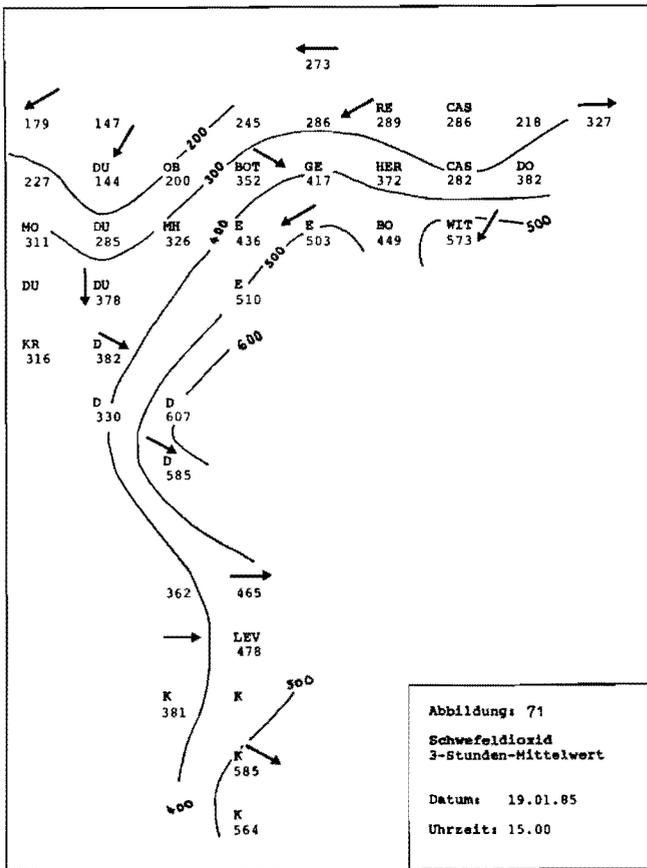
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



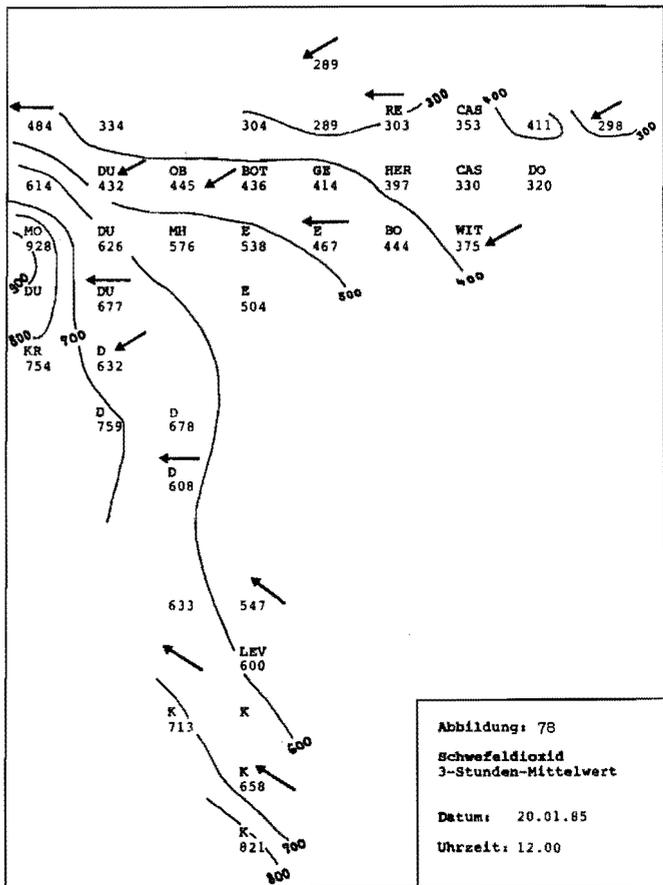
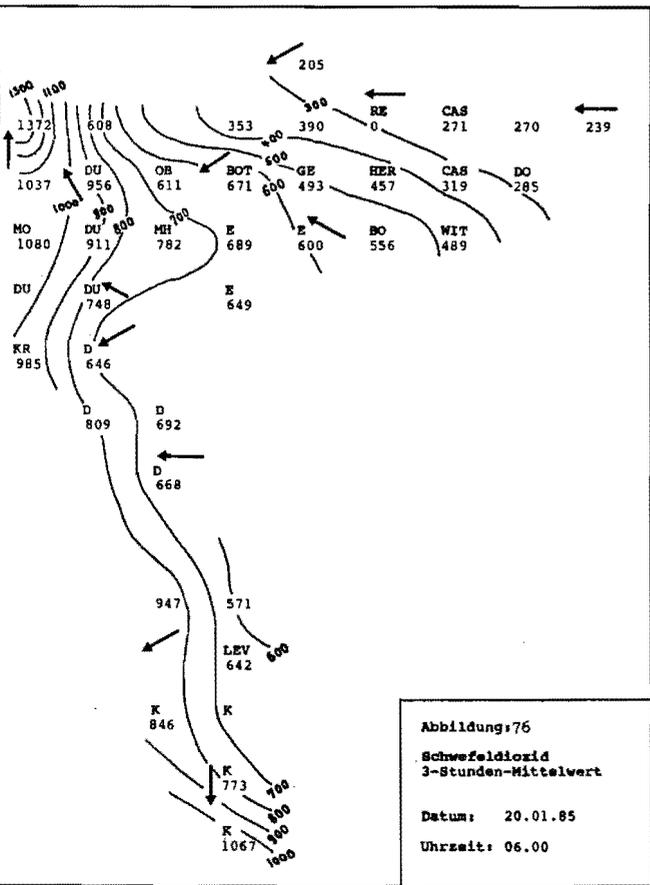
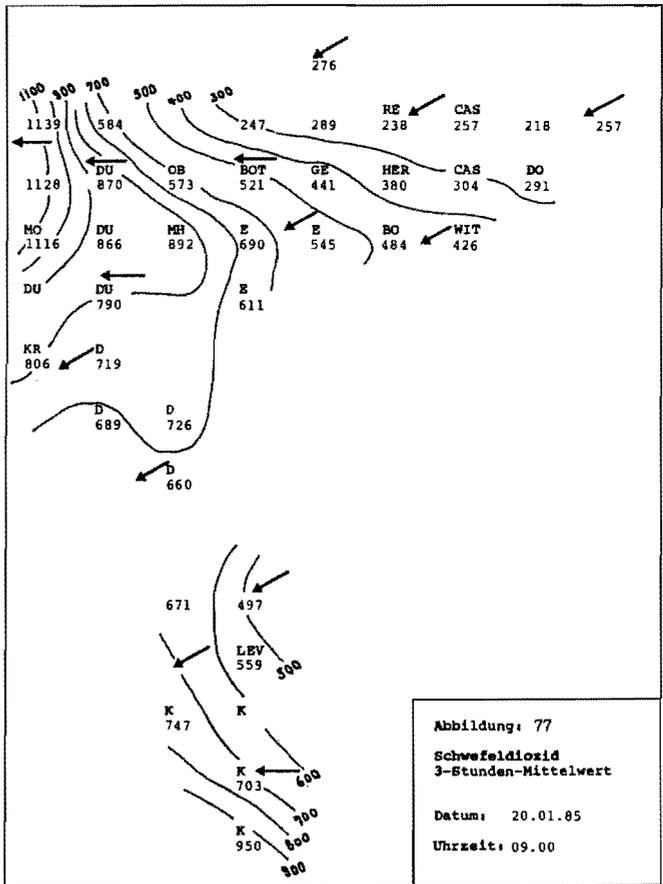
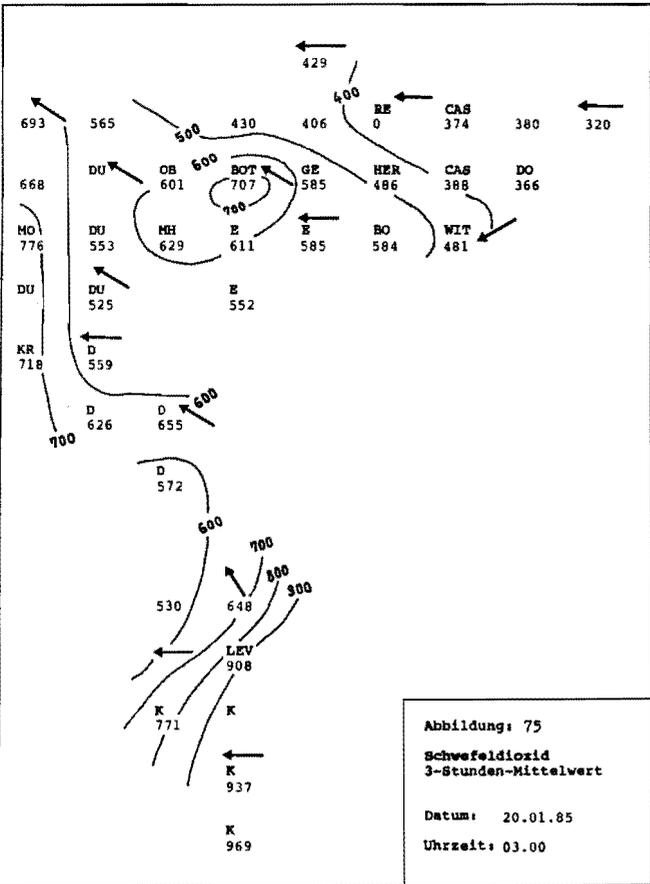
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



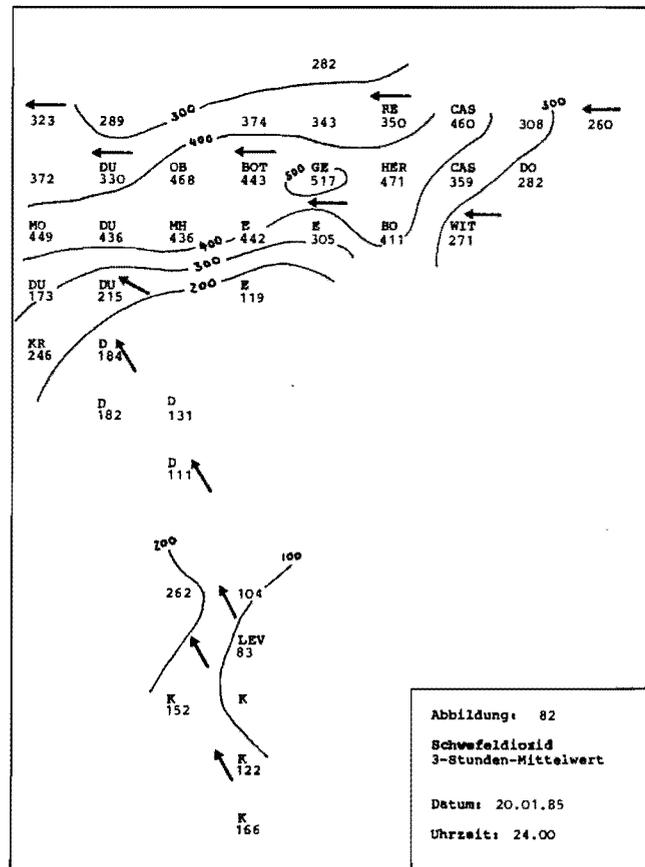
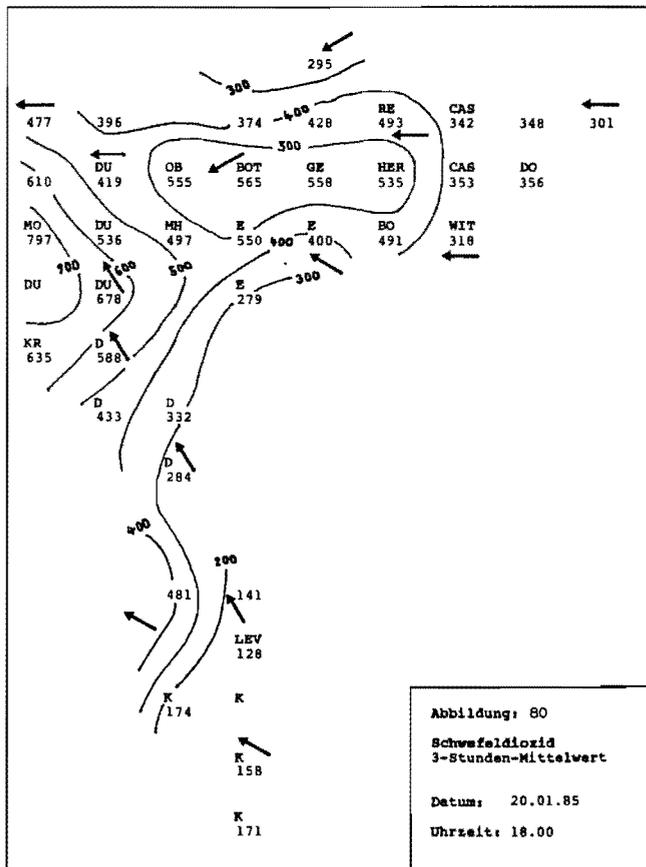
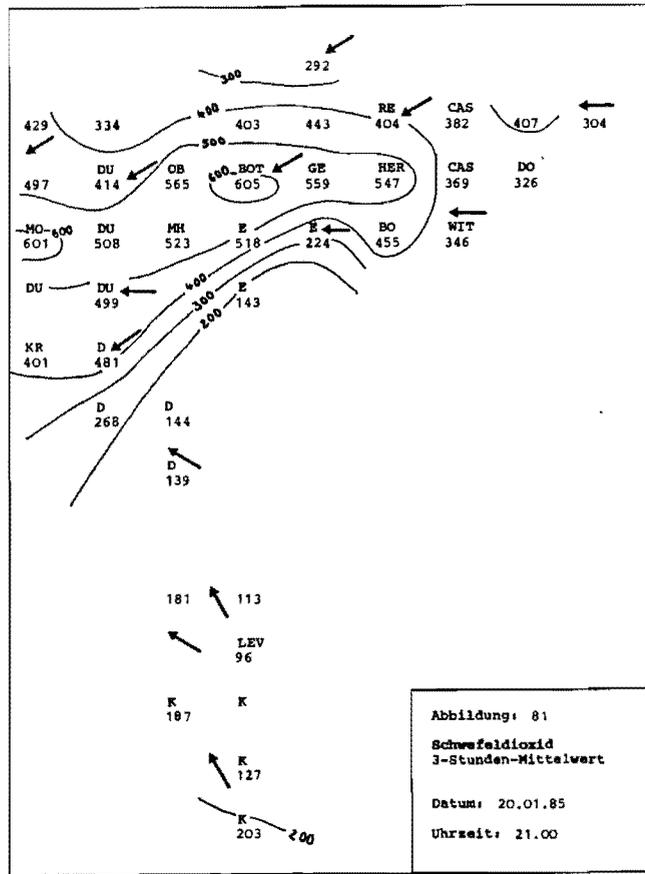
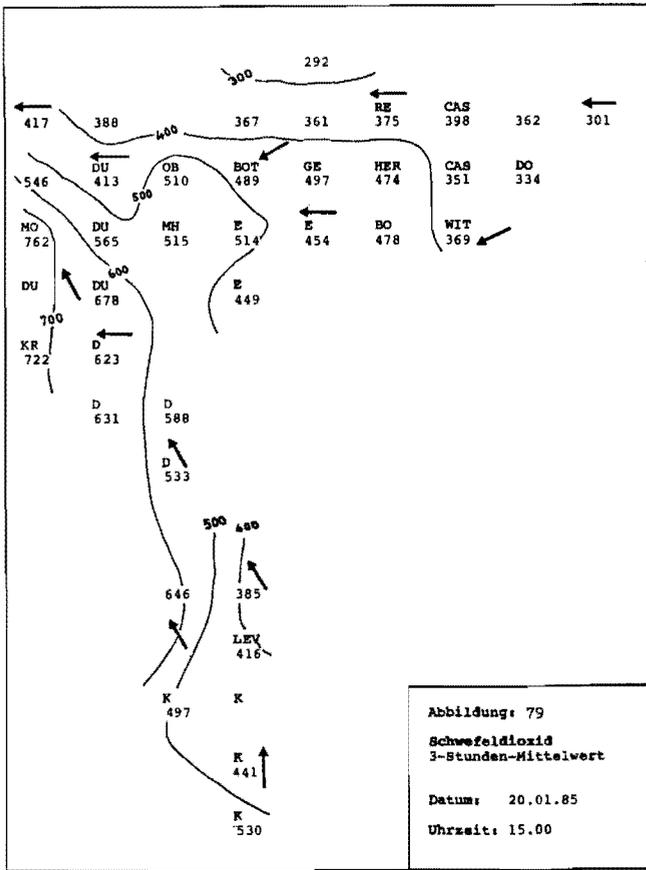
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



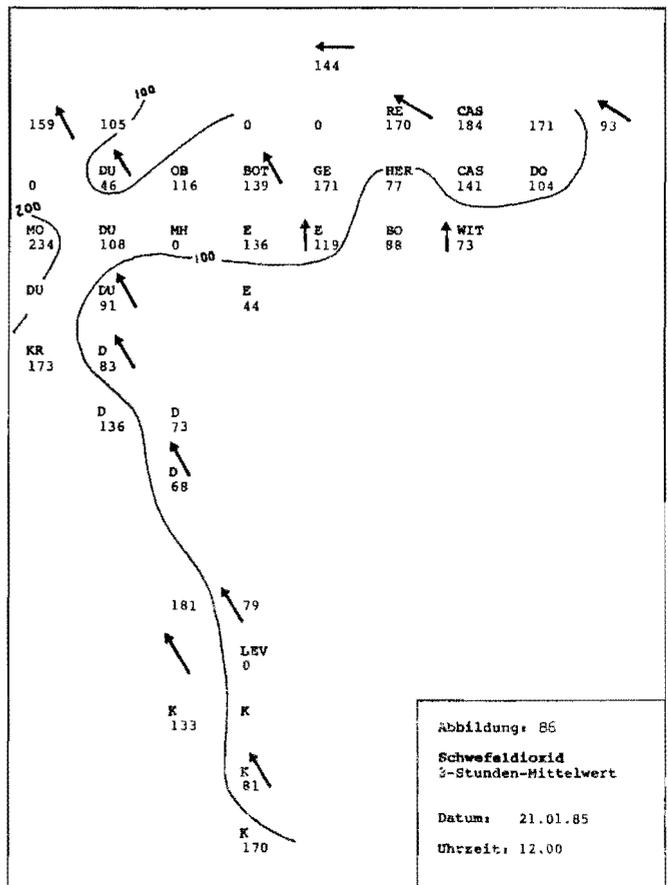
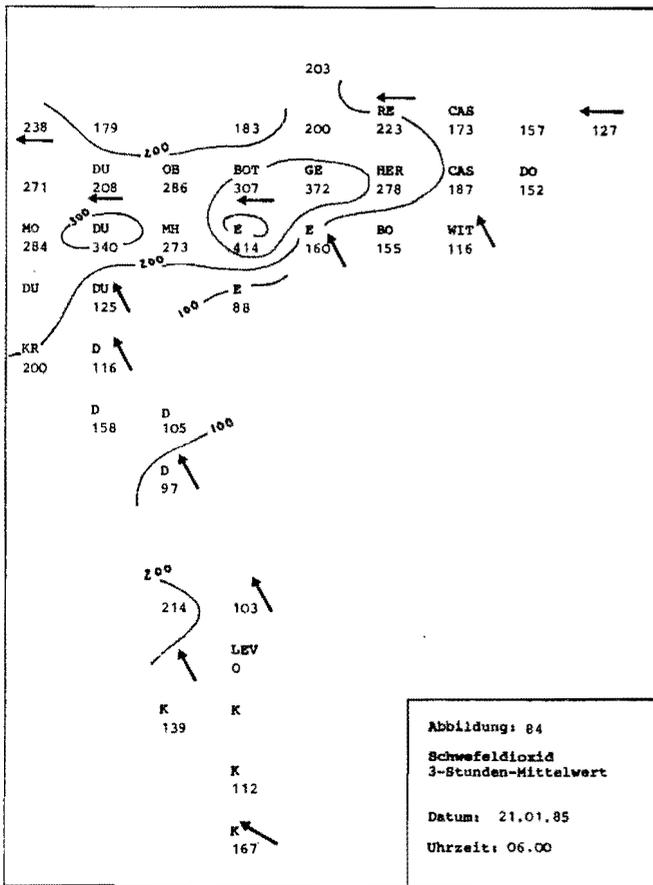
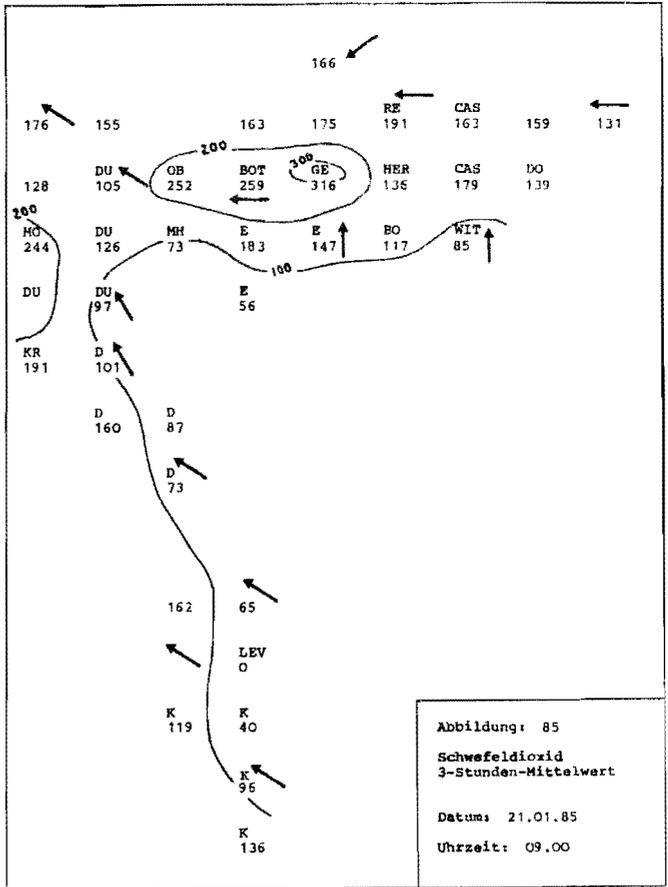
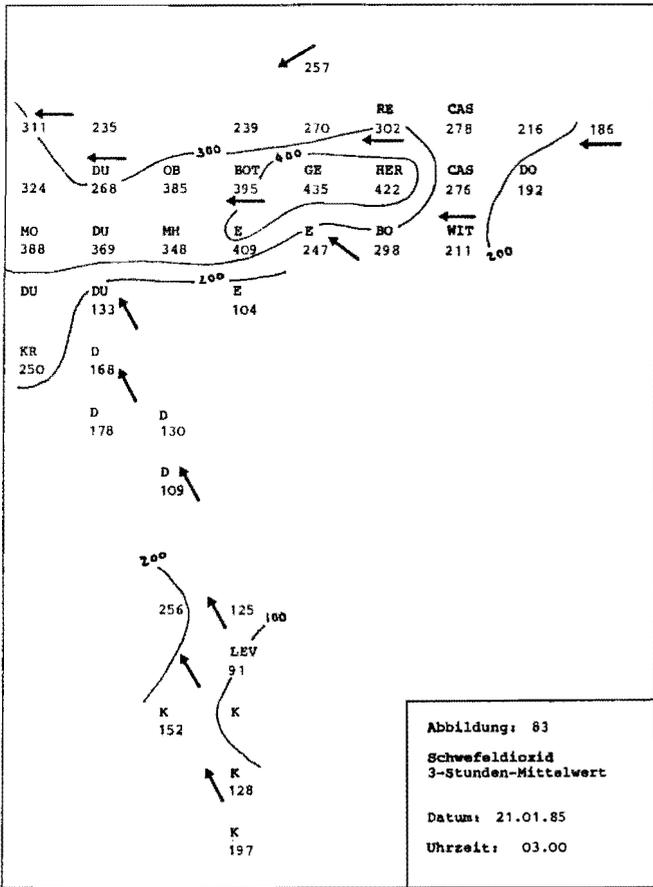
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



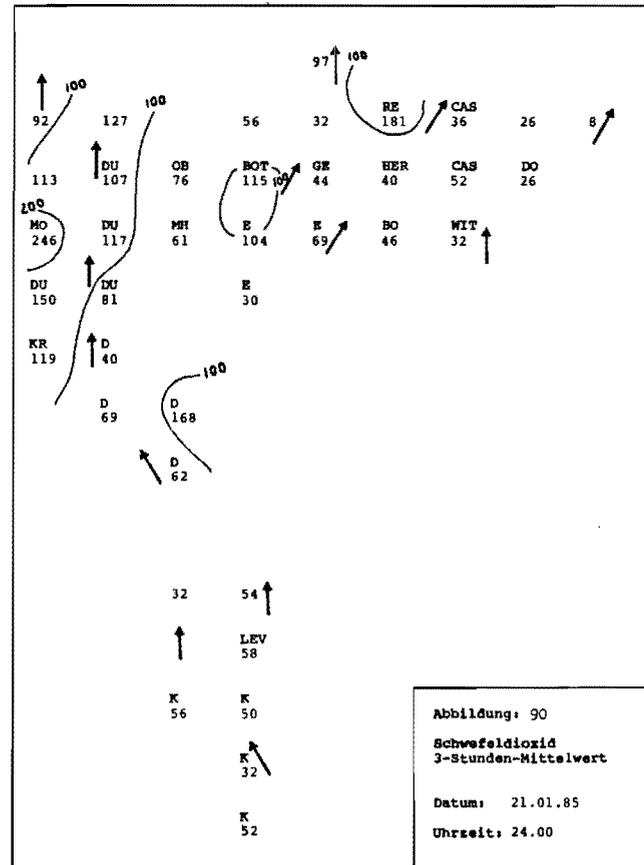
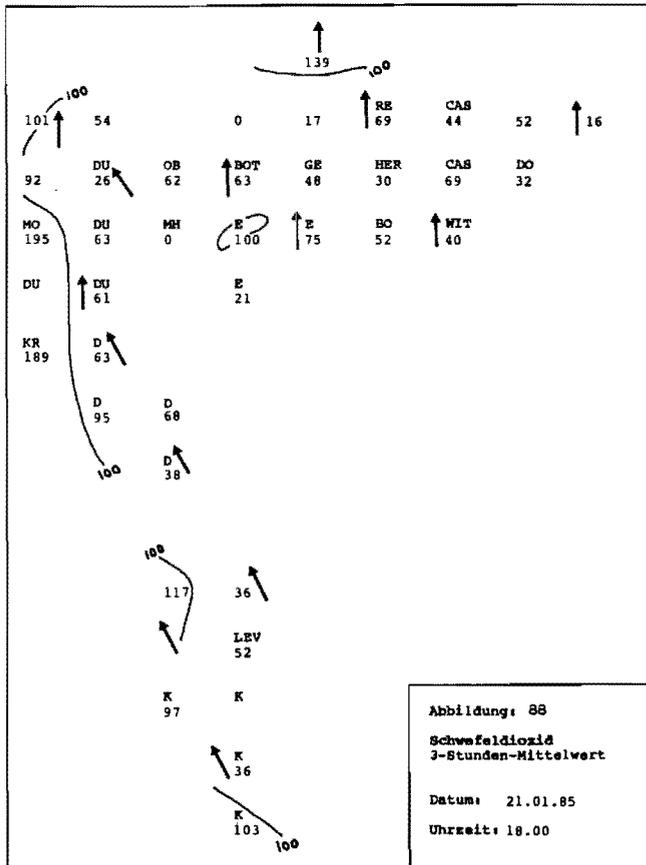
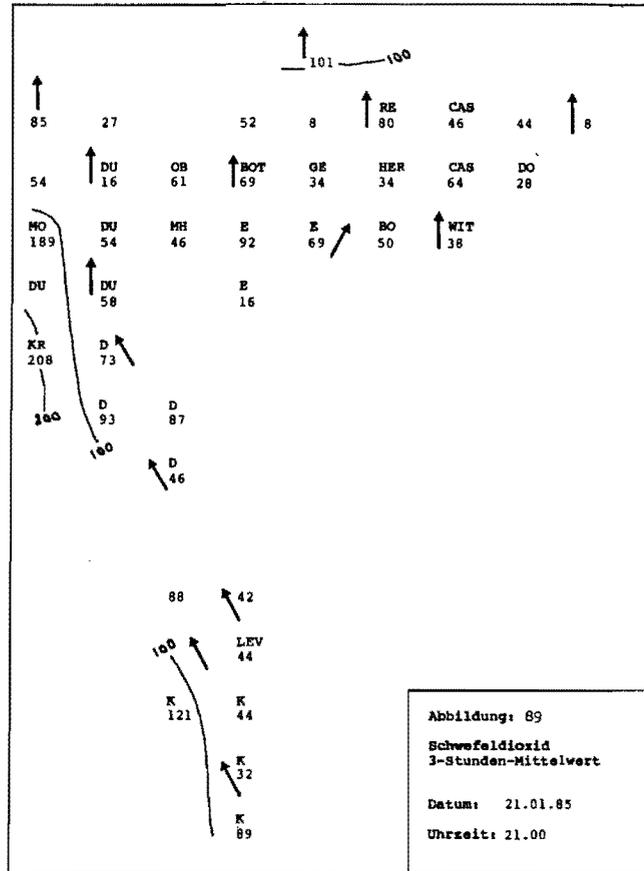
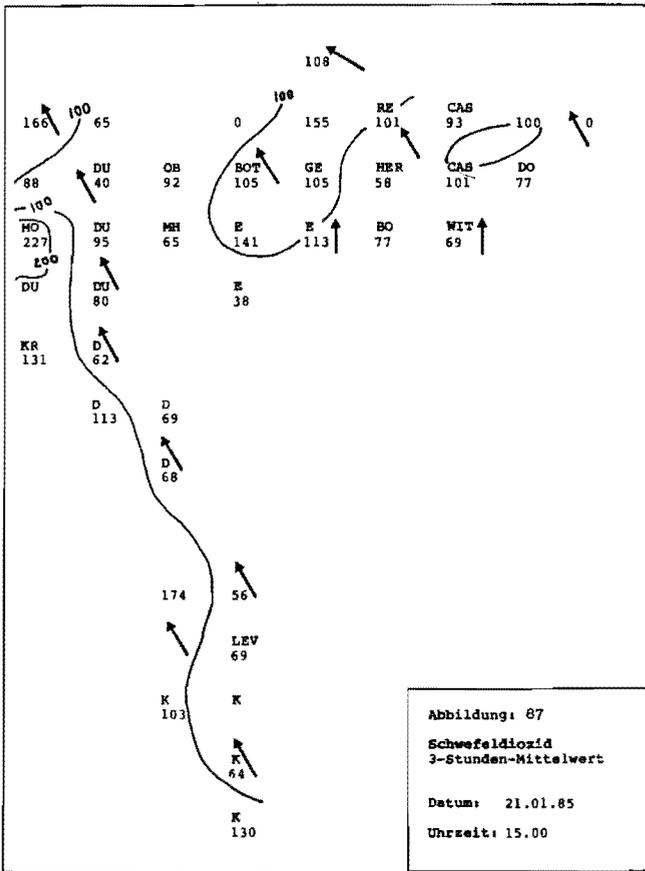
Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION NIEDERRADEN

Abb. 91

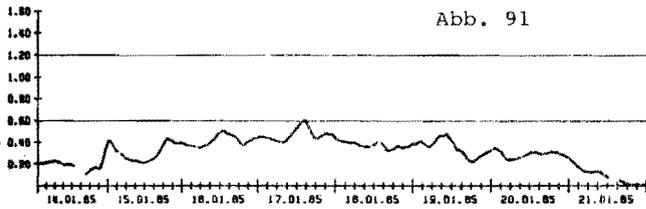
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION SIECHINGWÜHELE

Abb. 97

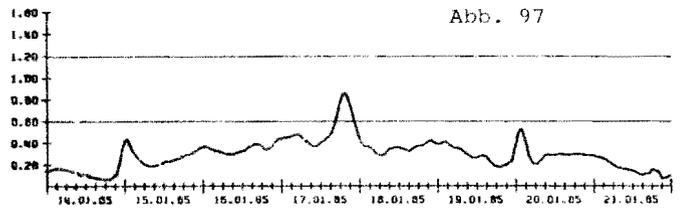
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION BRAHBAUER

Abb. 92

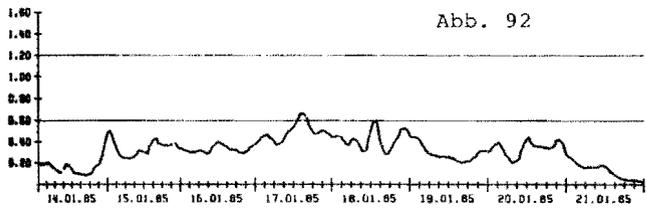
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION RECKLINGHAUSEN

Abb. 98

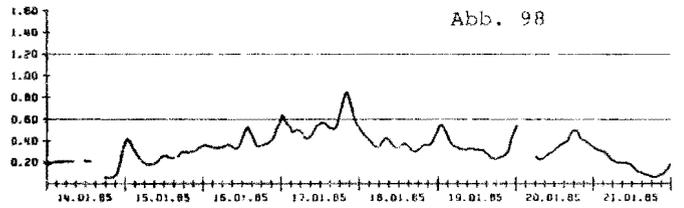
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION ICKERN

Abb. 93

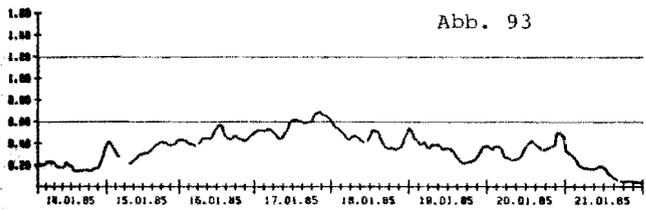
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION HERTEN

Abb. 99

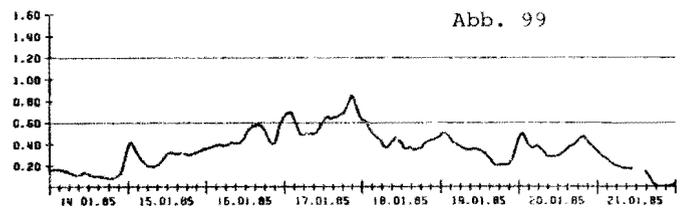
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION DORTMUND

Abb. 94

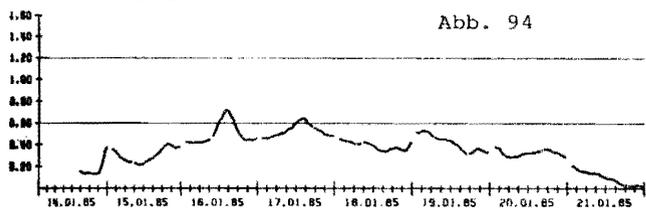
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION PÖLSUM

Abb. 100

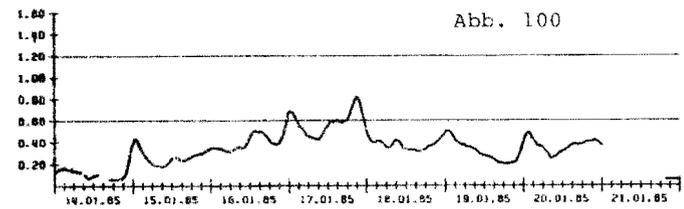
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION FROHLINDE

Abb. 95

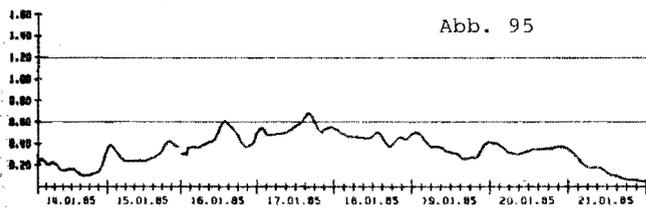
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION HERNE

Abb. 101

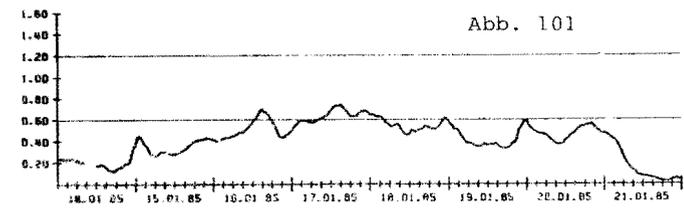
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION MITTEN

Abb. 96

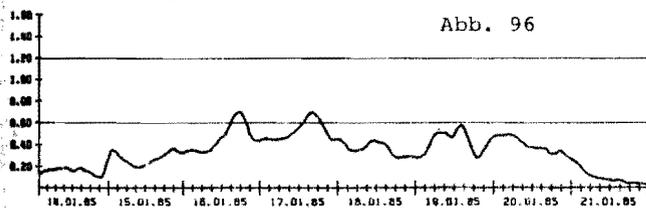
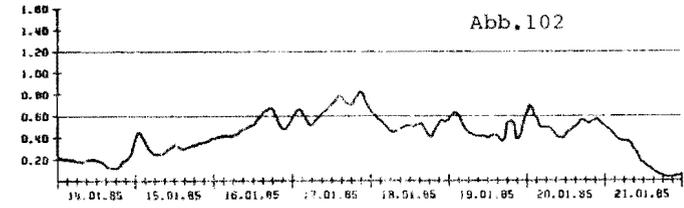
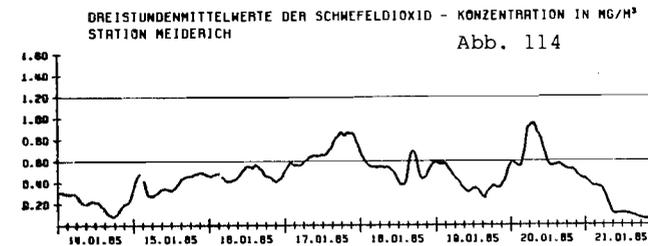
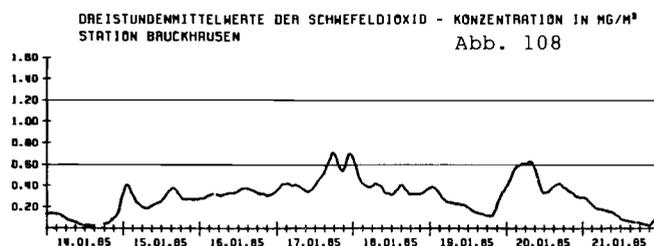
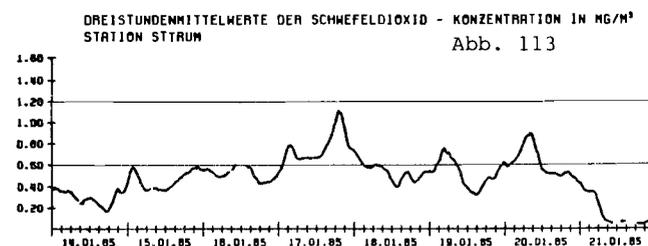
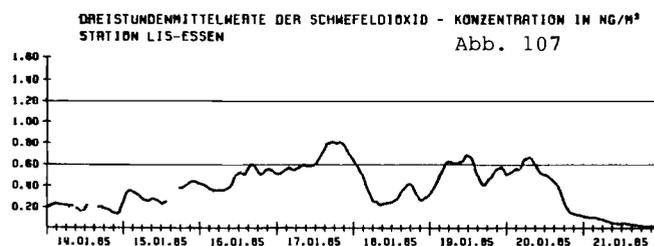
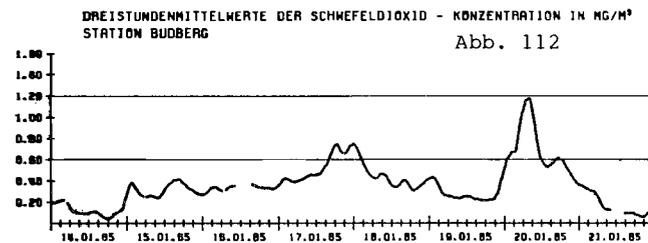
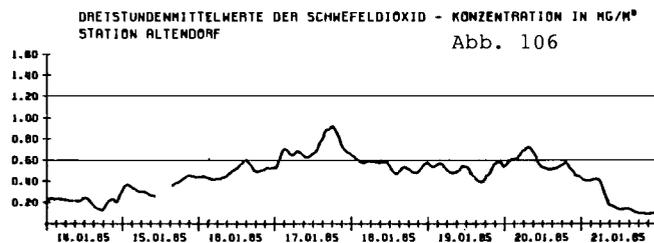
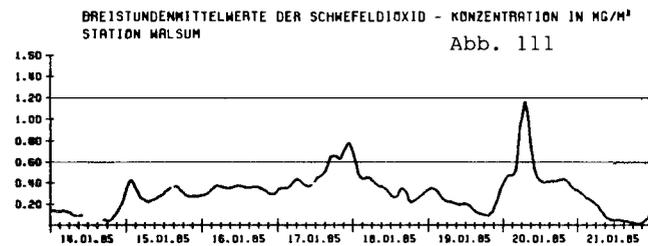
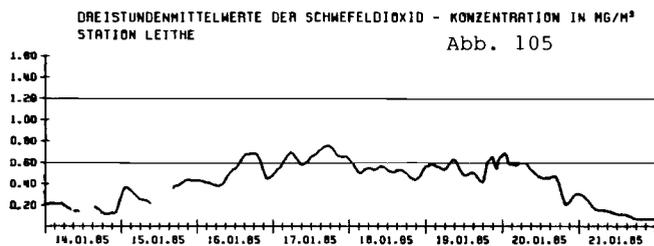
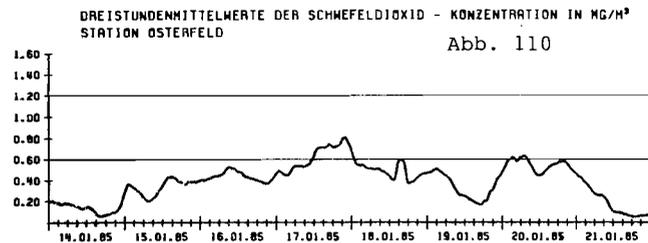
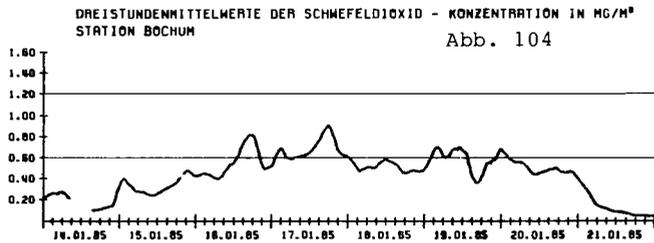
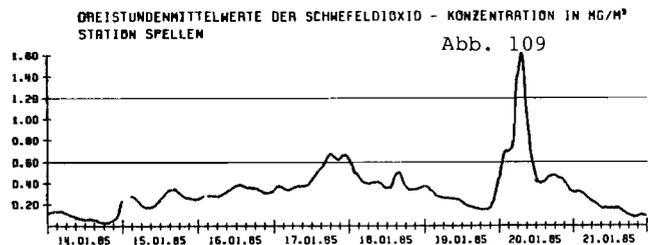
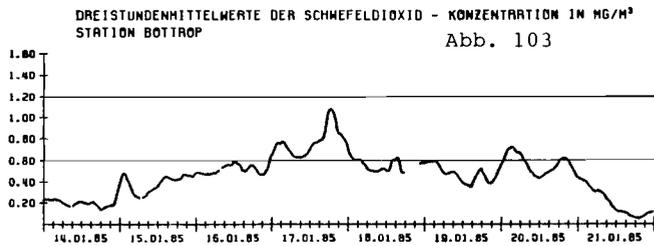
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN $\mu\text{G}/\text{M}^3$
STATION FRIEDRICHHEIM

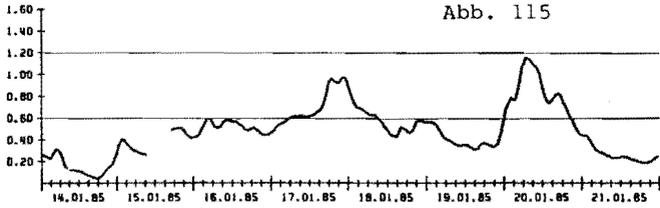
Abb. 102





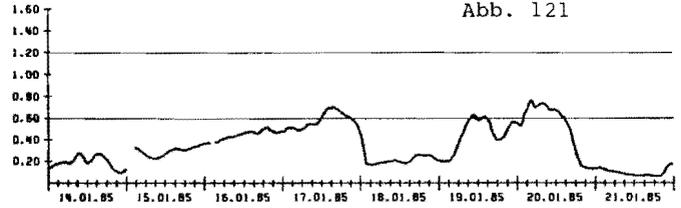
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEEBEBECK

Abb. 115



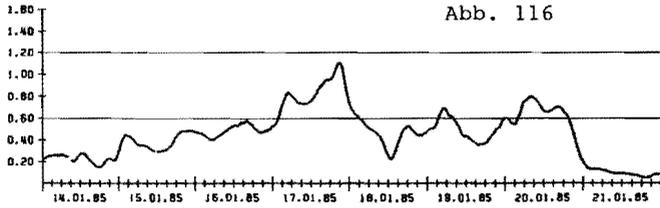
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GERRESHEIM

Abb. 121



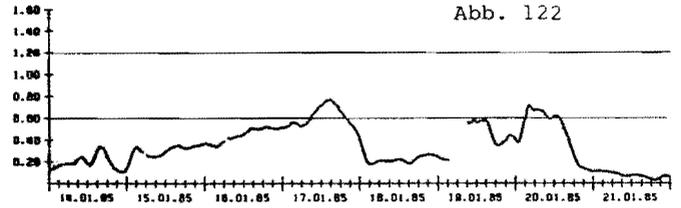
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BUCHHOLZ

Abb. 116



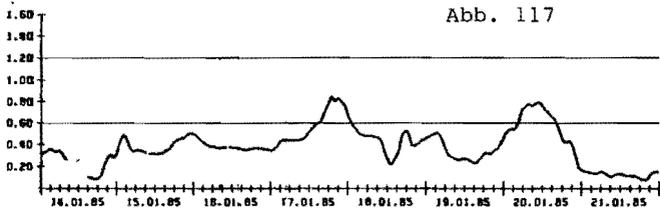
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION REISMOLZ

Abb. 122



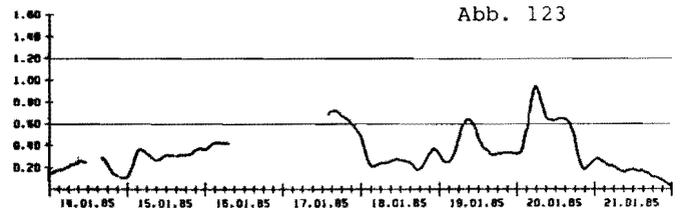
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KALDENHAUSEN

Abb. 117



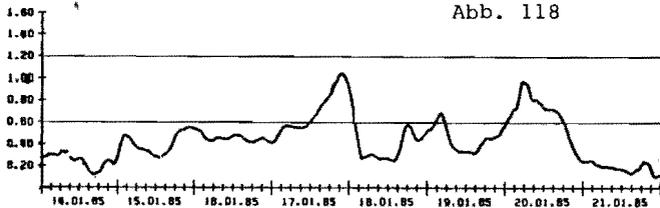
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORNAGEN

Abb. 123



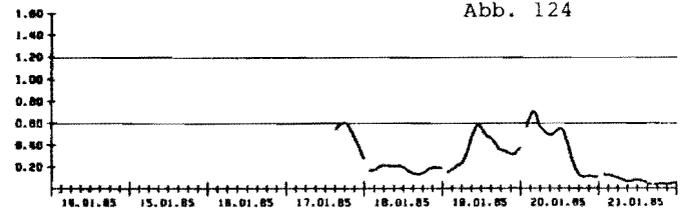
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KRAEFELD

Abb. 118



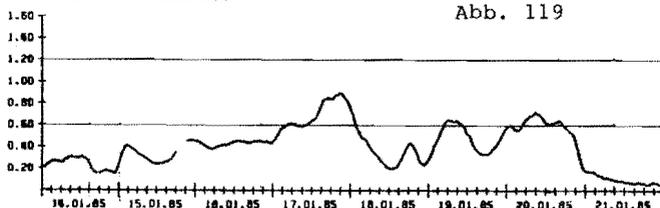
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LANGENFELD

Abb. 124



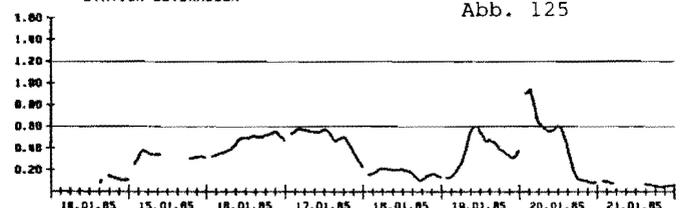
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EINBRUNGEN

Abb. 119



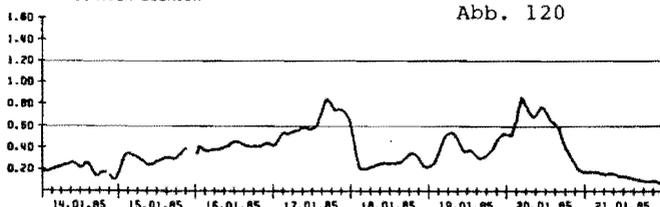
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

Abb. 125



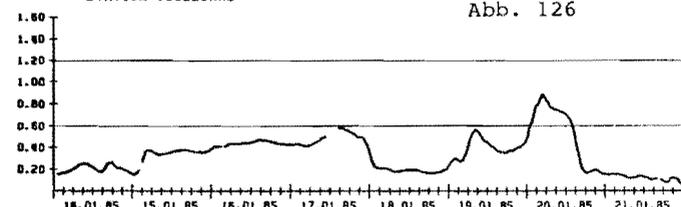
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LOERICK

Abb. 120



DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION VOGELSANG

Abb. 126



DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M^3
STATION RIEHL

Abb. 127

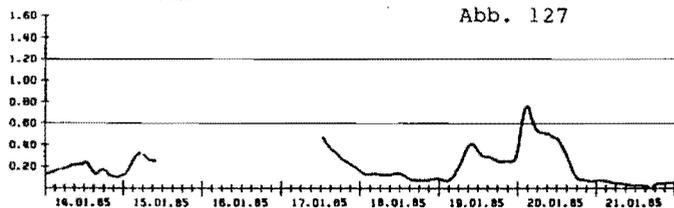
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M^3
STATION EGGEGBIRGE

Abb. 130

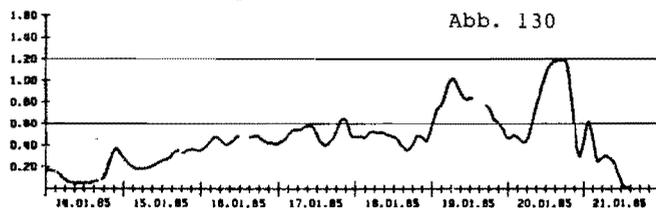
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M^3
STATION RODEMKIRCHEN

Abb. 128

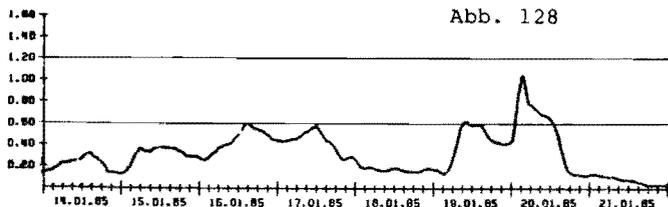
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M^3
STATION EIFEL

Abb. 131

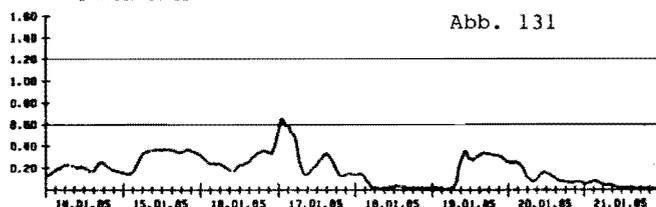
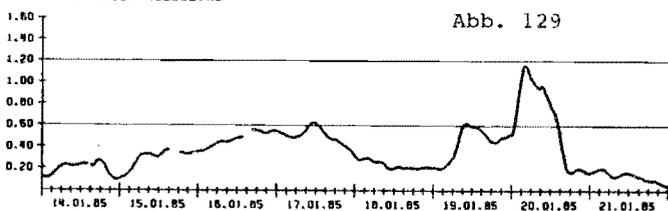
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEFELDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M^3
STATION WESSELING

Abb. 129



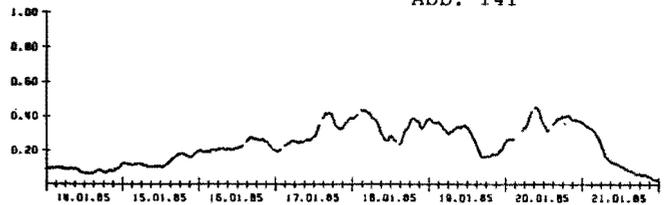
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION NIEDERADEN

Abb. 135



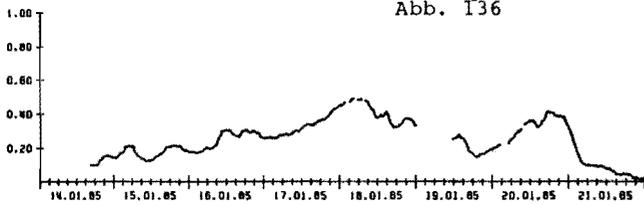
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION SICKINGMUEHLE

Abb. 141



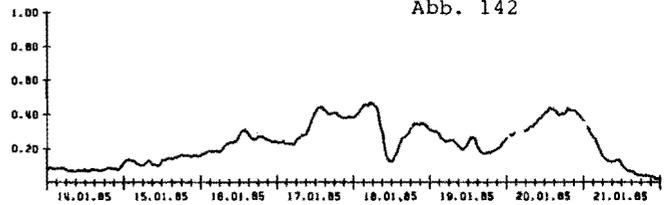
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRAMBAUER

Abb. 136



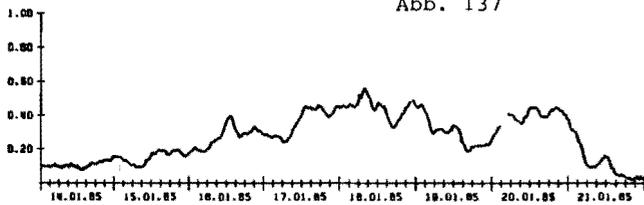
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RECKLINGHAUSEN

Abb. 142



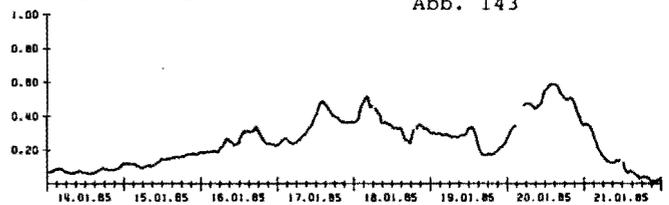
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ICKERN

Abb. 137



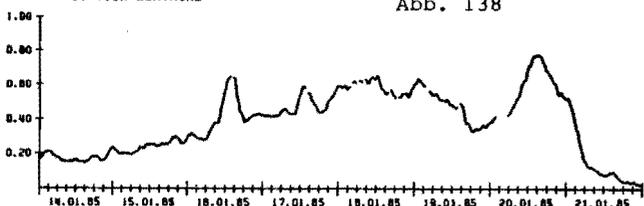
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HEATEN

Abb. 143



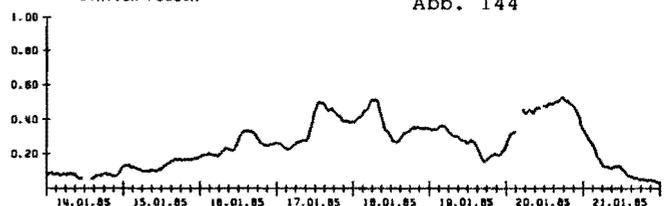
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORTMUND

Abb. 138



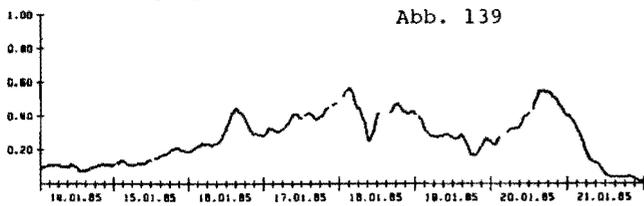
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION POLSUM

Abb. 144



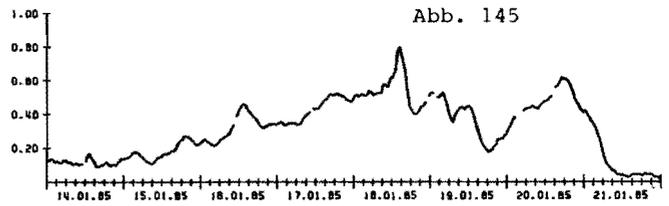
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION FROHLINDE

Abb. 139



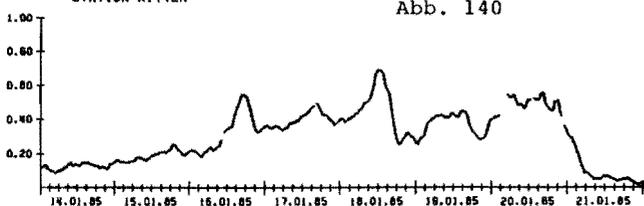
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERNE

Abb. 145



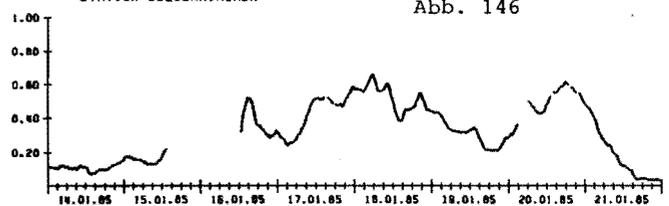
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WITTEN

Abb. 140



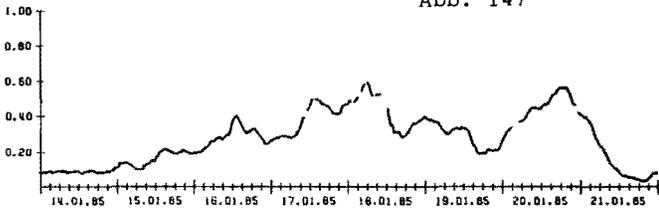
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GELSENKIRCHEN

Abb. 146



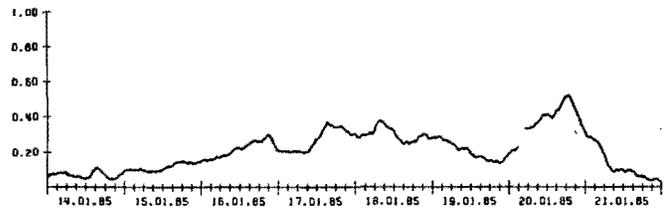
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOITROP

Abb. 147



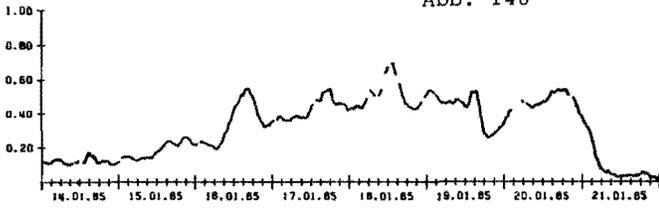
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION SPELLEN

Abb. 153



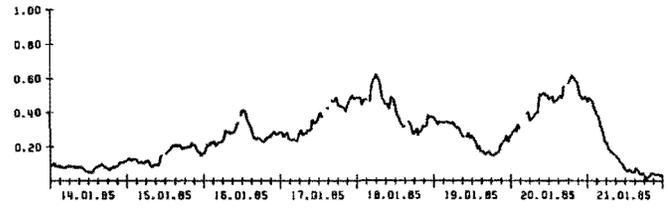
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOCHUM

Abb. 148



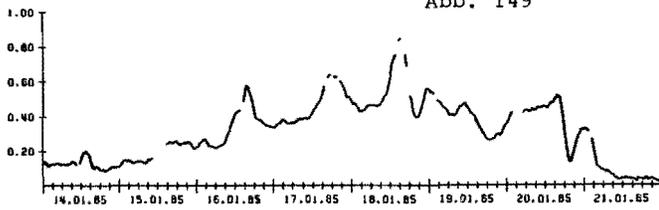
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION OSTERFELD

Abb. 154



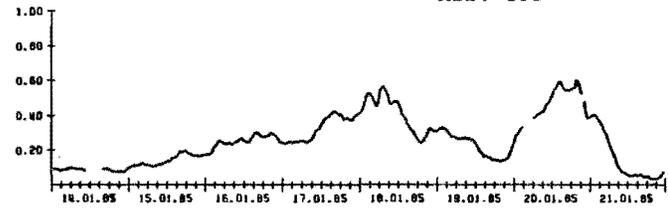
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEITHE

Abb. 149



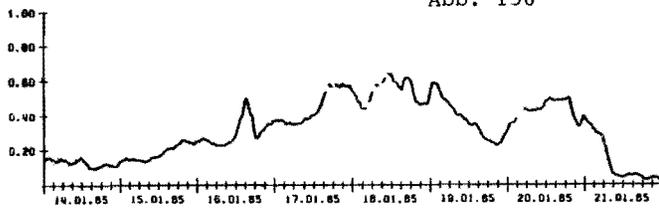
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WALSUM

Abb. 155



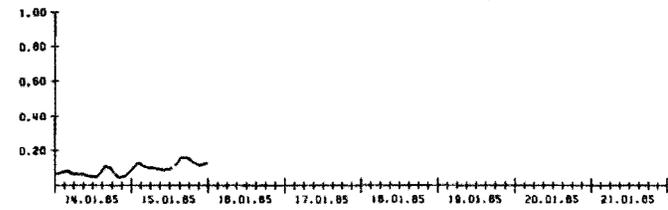
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ALTENDORF

Abb. 150



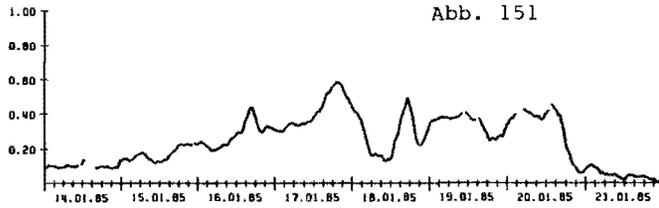
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BUDBERG

Abb. 156



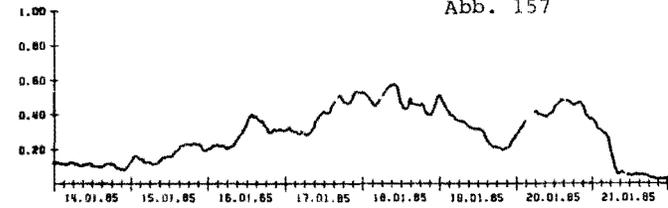
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LIS-ESSEN

Abb. 151



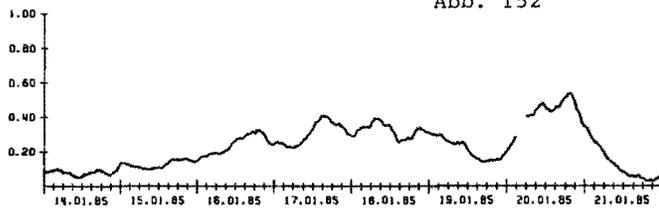
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION STRUM

Abb. 157



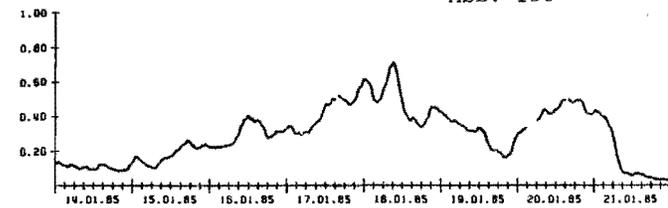
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRUCKHAUSEN

Abb. 152



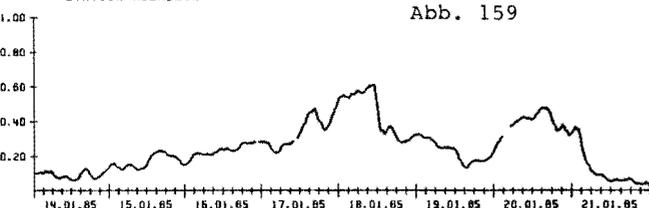
DREI-STUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEIDERICH

Abb. 158



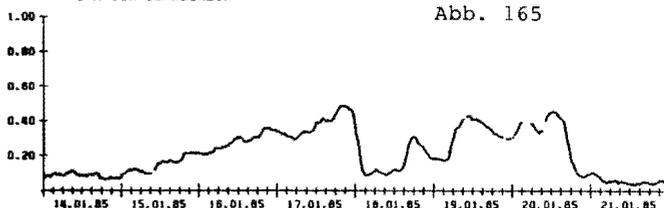
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEERBECK

Abb. 159



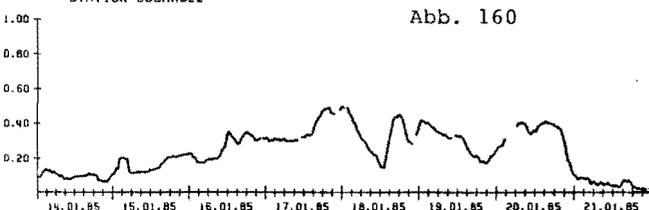
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GERRESHEIM

Abb. 165



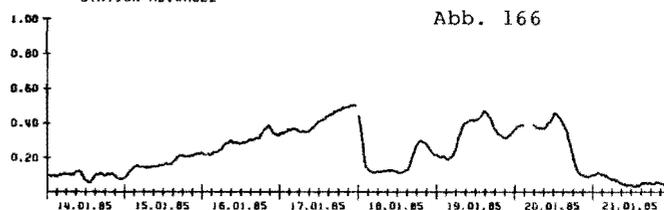
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BUCHHOLZ

Abb. 160



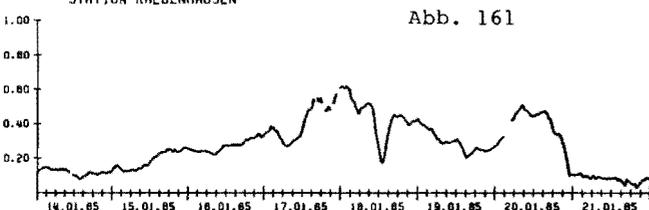
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION REISHOLZ

Abb. 166



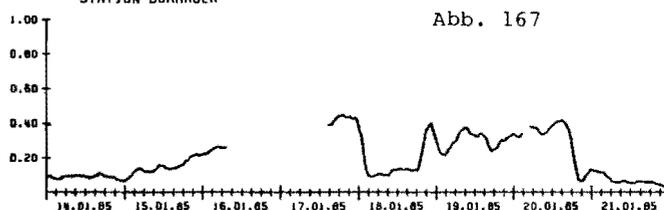
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KALDENHAUSEN

Abb. 161



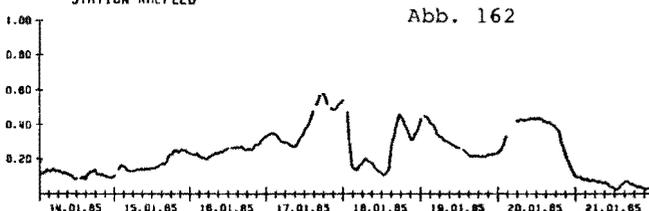
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORNAGEN

Abb. 167



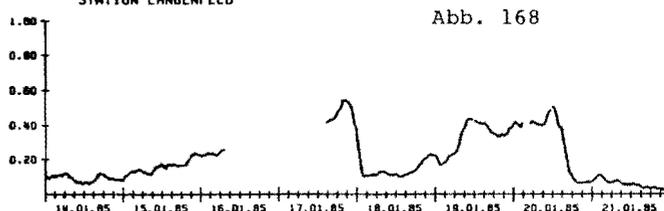
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KREFELD

Abb. 162



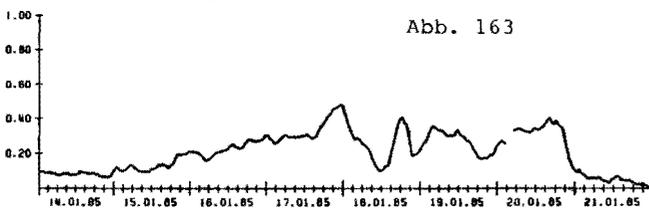
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LANGENFELD

Abb. 168



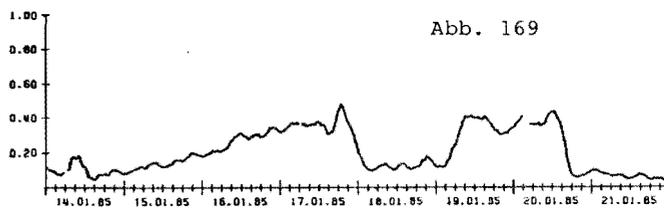
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EIJNRUNGEN

Abb. 163



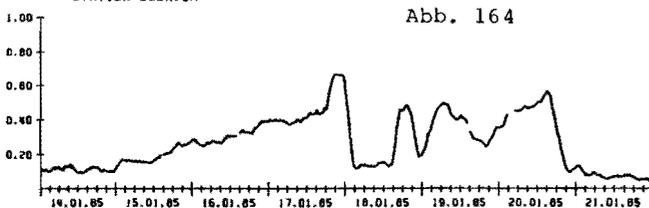
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

Abb. 169



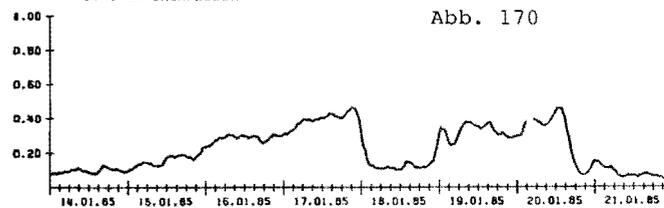
DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LDERICK

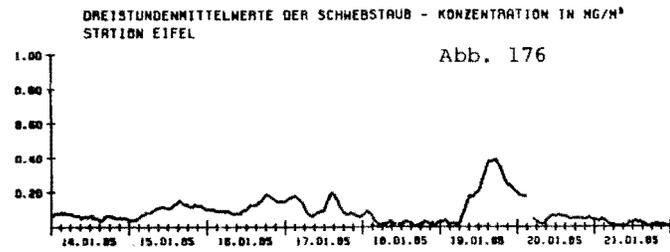
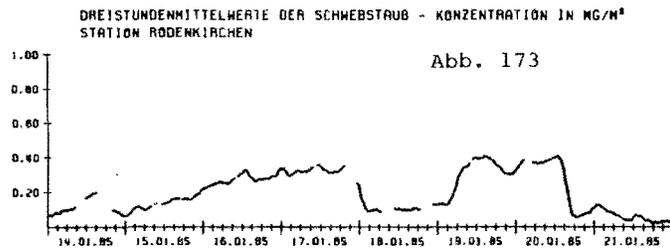
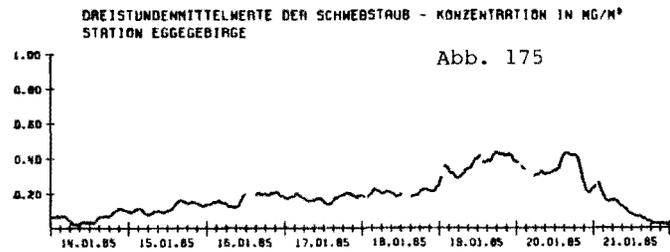
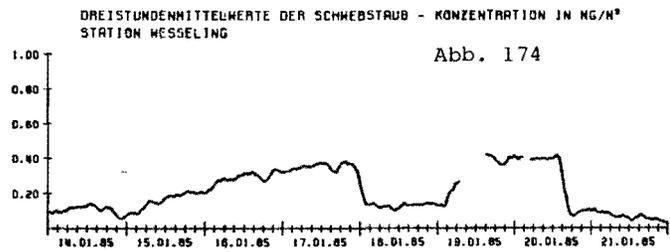
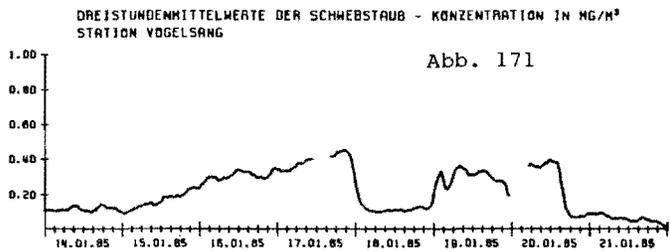
Abb. 164



DREISTUNDENMITTELWERTE DER SCHWEBSTAUB - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION CHORWEILER

Abb. 170





DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION NIEDERAUDEN

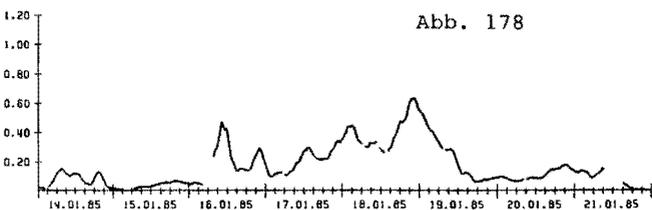


Abb. 178

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERTEN

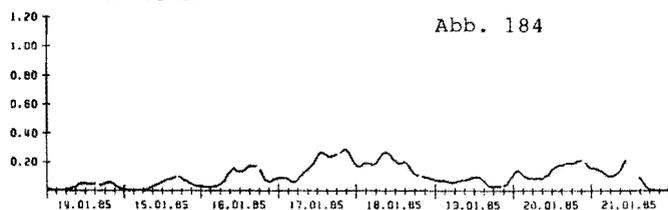


Abb. 184

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRAMBRAUER

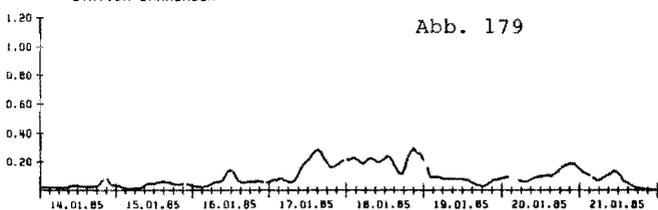


Abb. 179

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION PÖLSUM

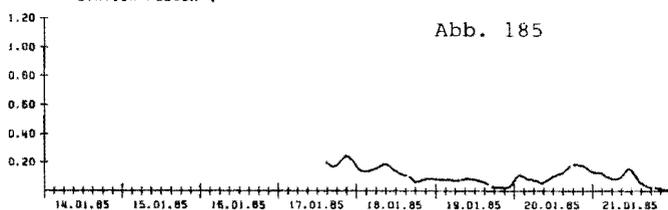


Abb. 185

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION ICKERN

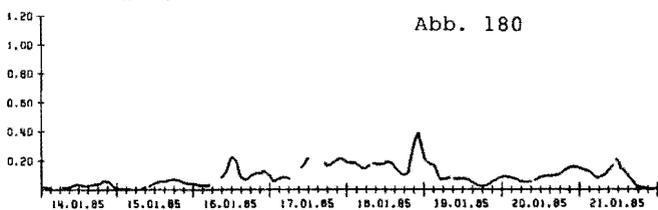


Abb. 180

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERWE

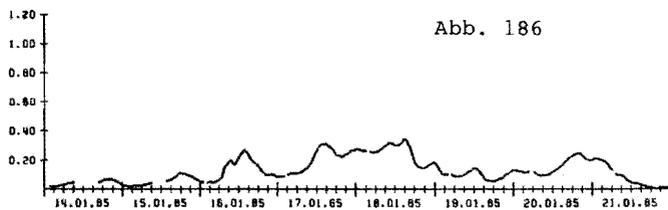


Abb. 186

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORTMUND

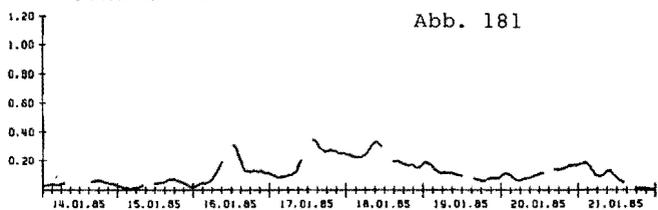


Abb. 181

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION GELSENKIRCHEN

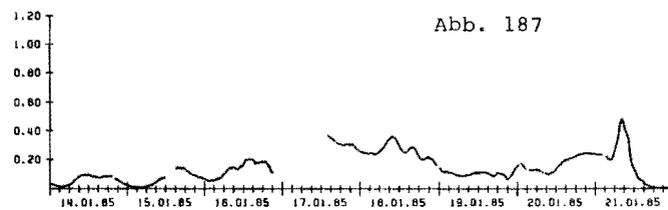


Abb. 187

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION WITTEN

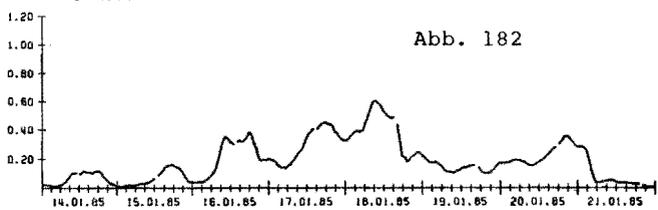


Abb. 182

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOITROP

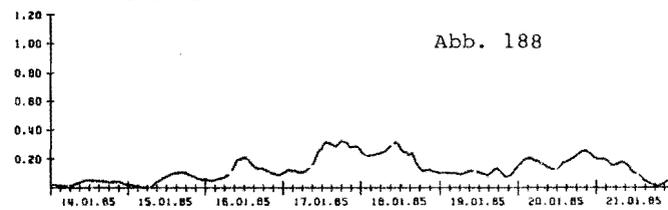


Abb. 188

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION SICKINGMUEHLE

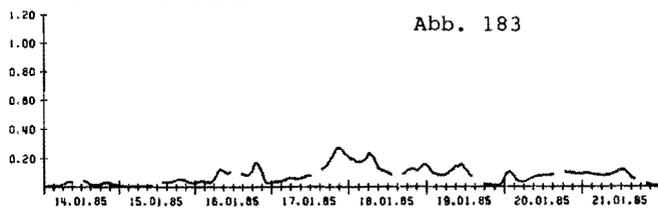


Abb. 183

DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOCHUM

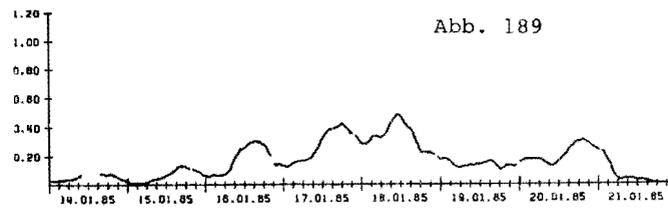
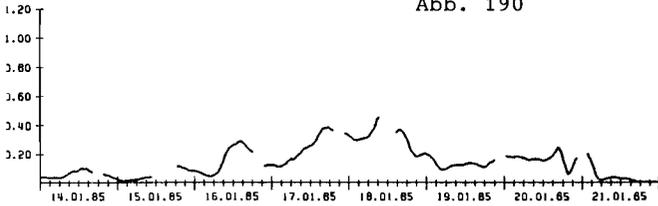


Abb. 189

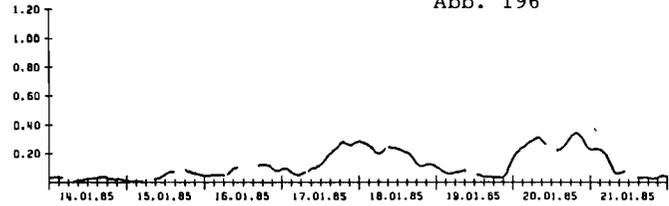
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEITHE

Abb. 190



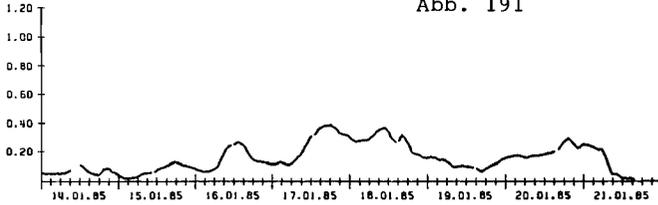
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION BUDBERG

Abb. 196



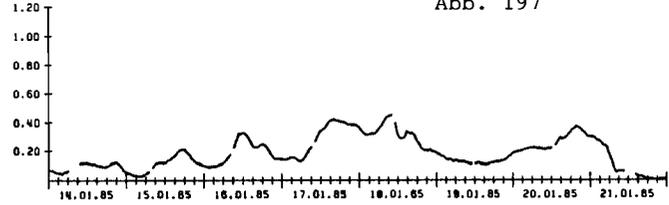
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION ALTENDORF

Abb. 191



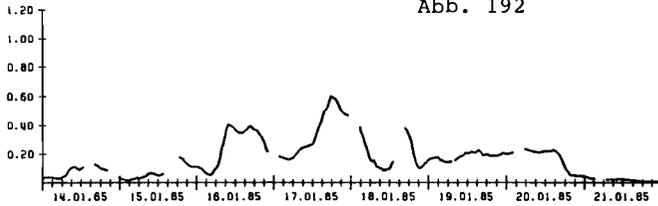
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION STYRUM

Abb. 197



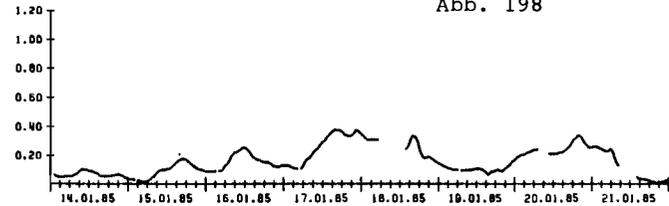
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LIS-ESSEN

Abb. 192



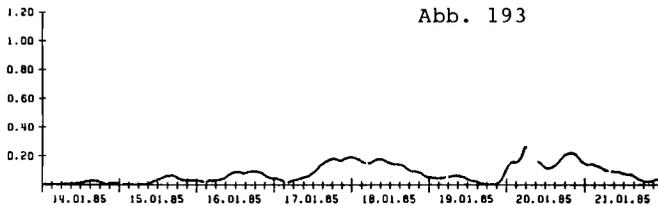
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEIDERICH

Abb. 198



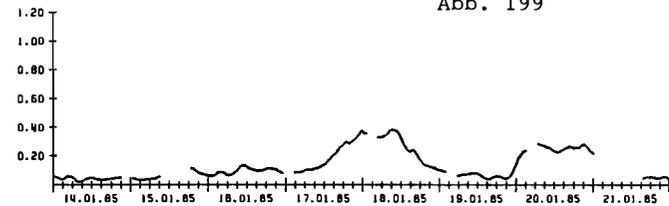
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION SPELLEN

Abb. 193



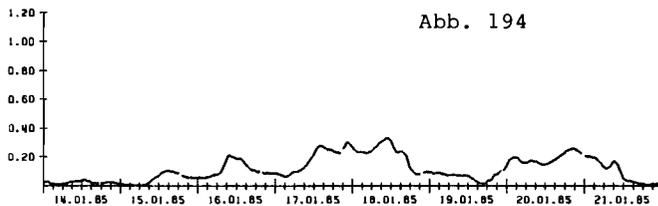
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEERBECK

Abb. 199



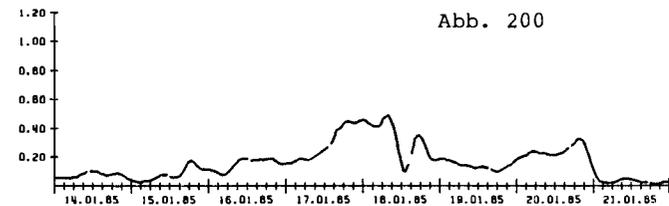
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION OSTERFELD

Abb. 194



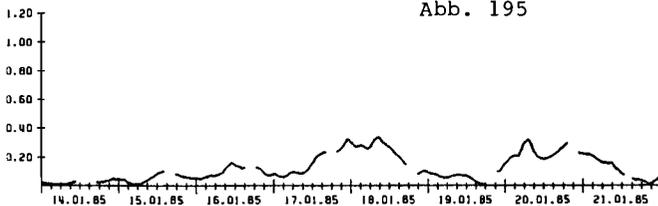
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION BUCHHÖLZ

Abb. 200



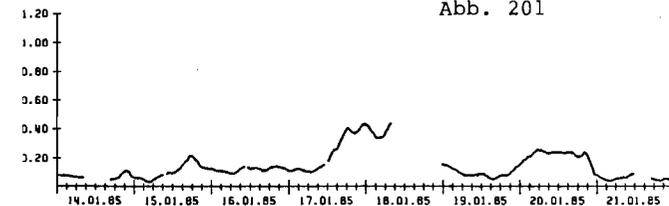
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION WALSUM

Abb. 195



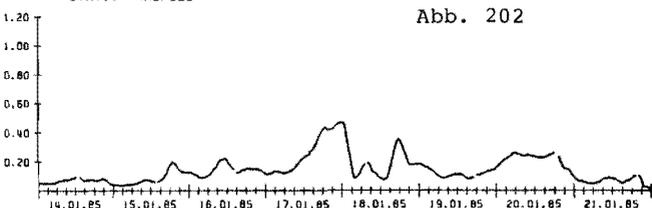
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION KALDENHAUSEN

Abb. 201



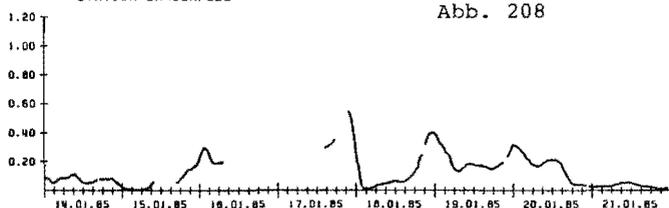
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION KREFELD

Abb. 202



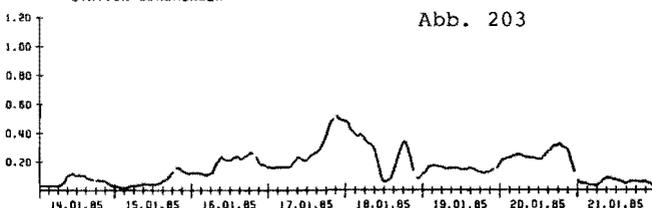
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LANGENFELD

Abb. 208



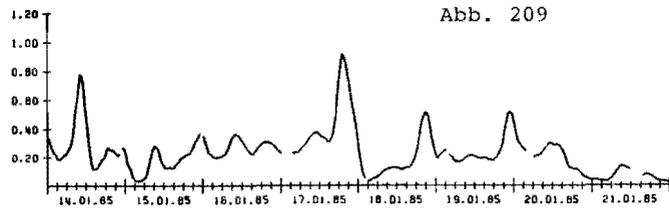
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION EINBRUNGEN

Abb. 203



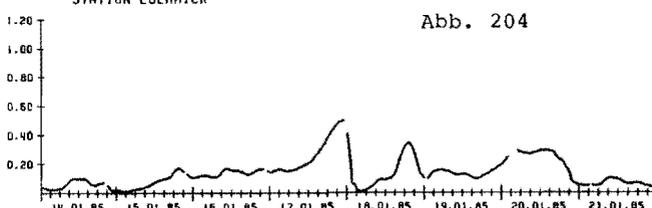
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

Abb. 209



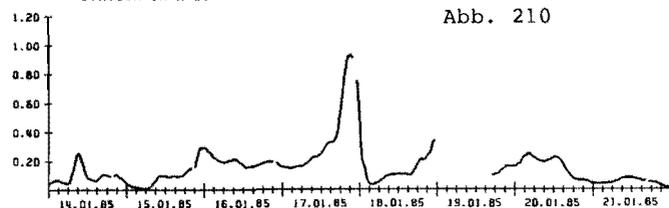
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION LOERRICK

Abb. 204



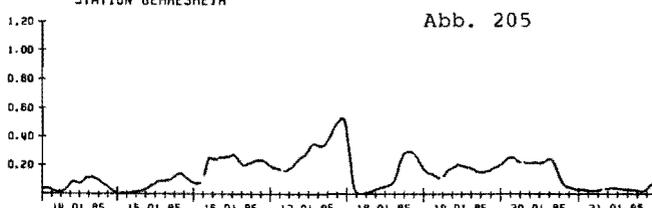
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION CHORWEILER

Abb. 210



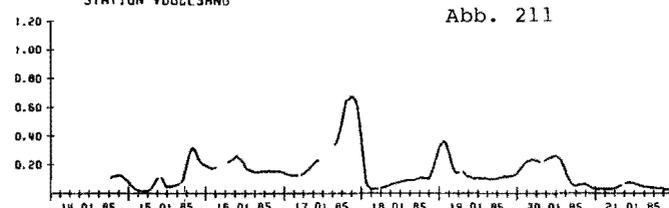
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION GERRESHEIM

Abb. 205



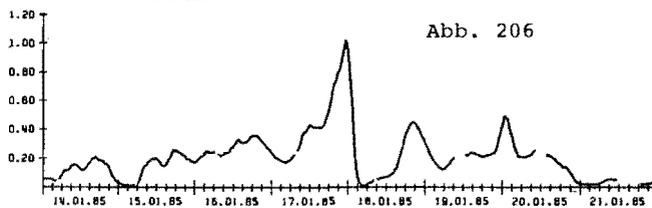
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION VOGELSBANG

Abb. 211



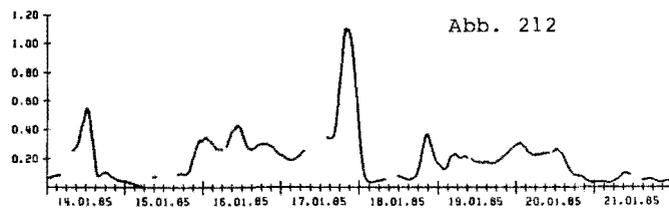
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION REISHOLZ

Abb. 206



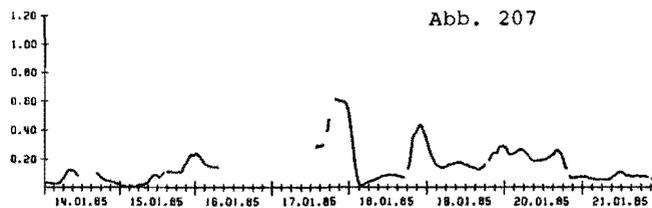
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION RIEHL

Abb. 212



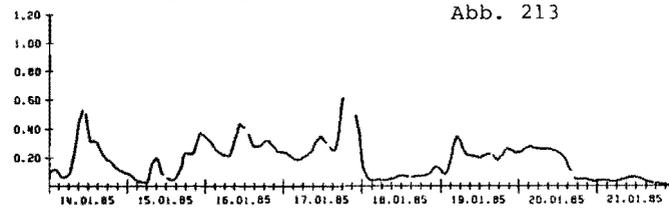
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION DÖRMAGEN

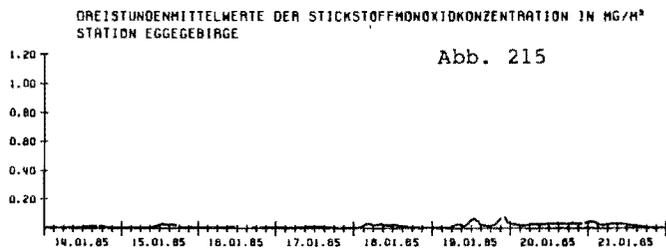
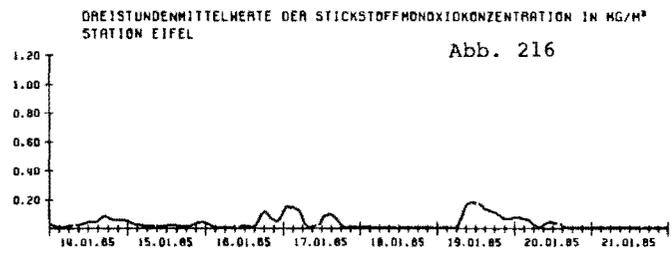
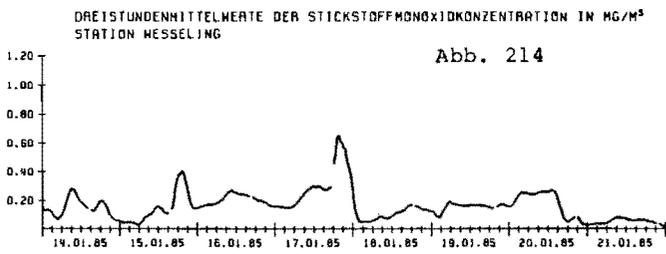
Abb. 207



DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFMONOXIDKONZENTRATION IN MG/M³
STATION RÖDENKIRCHEN

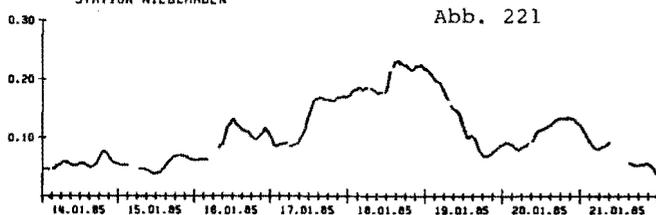
Abb. 213





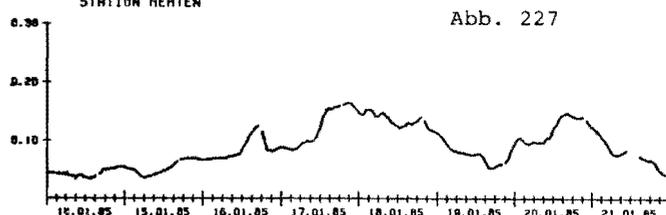
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION NIEDERRADEN

Abb. 221



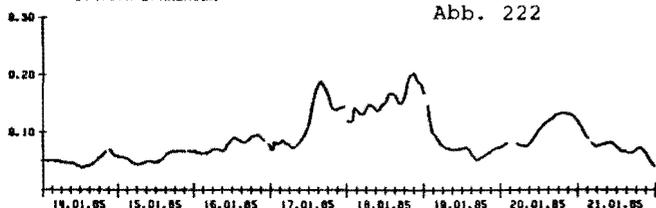
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERTEN

Abb. 227



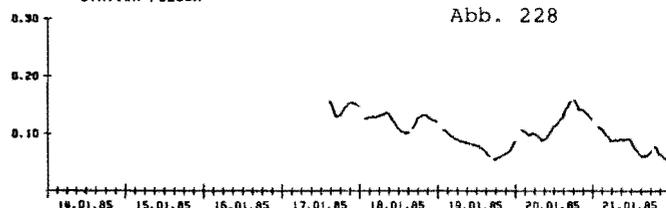
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRÄUBAUER

Abb. 222



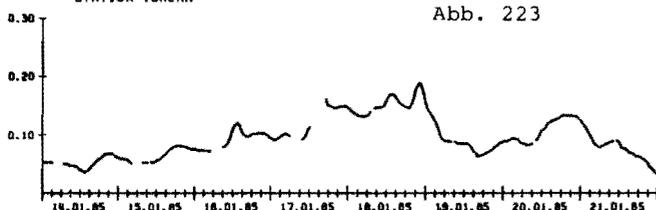
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION POLSUM

Abb. 228



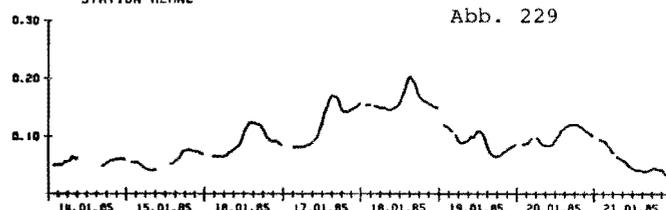
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ICKERN

Abb. 223



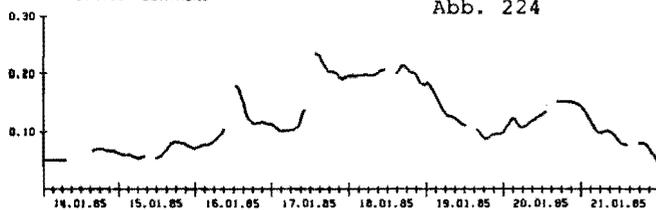
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERNE

Abb. 229



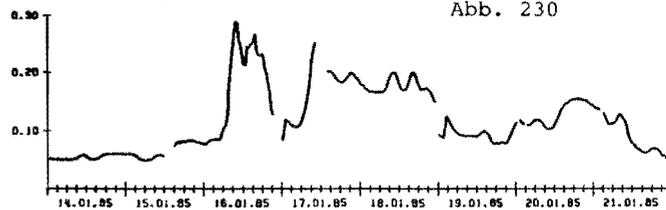
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORTMUND

Abb. 224



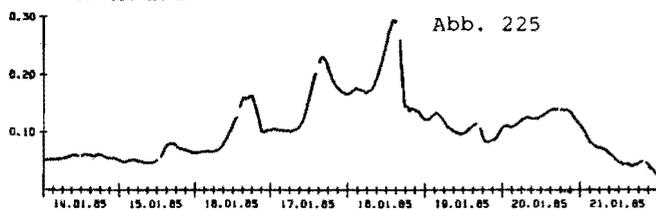
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GELSENKIRCHEN

Abb. 230



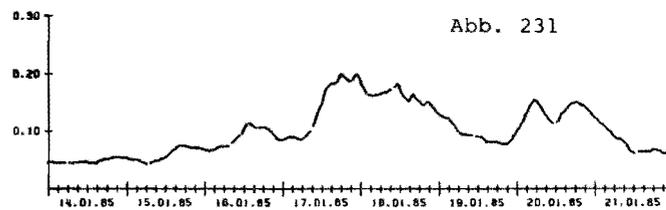
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WITTEN

Abb. 225



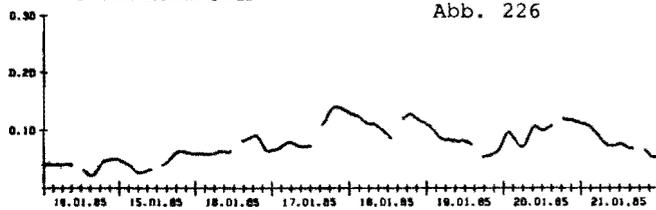
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOTTRUP

Abb. 231



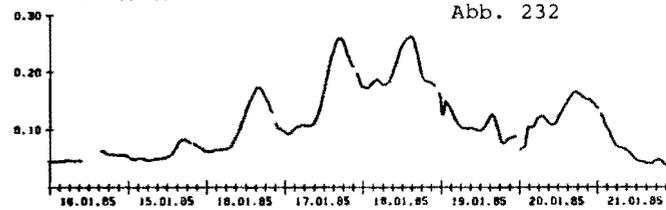
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION SICKINGMUEHLE

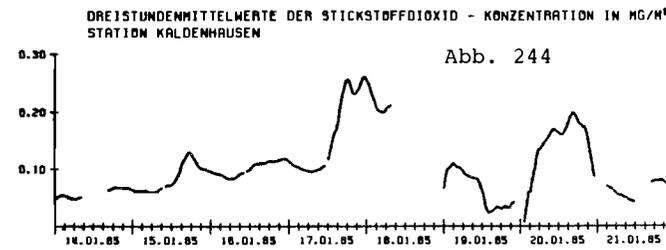
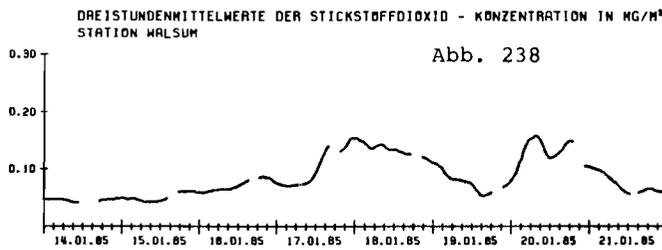
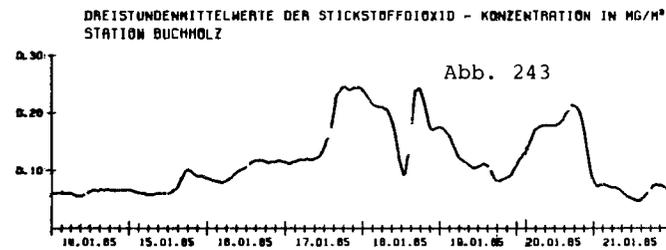
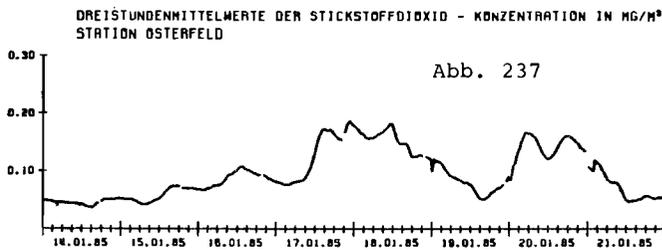
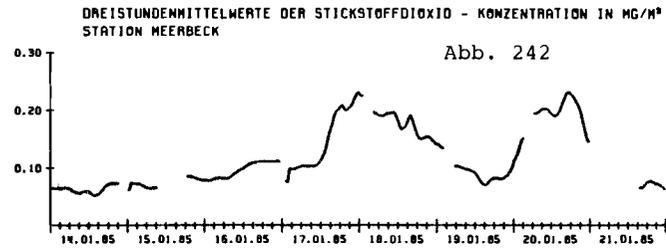
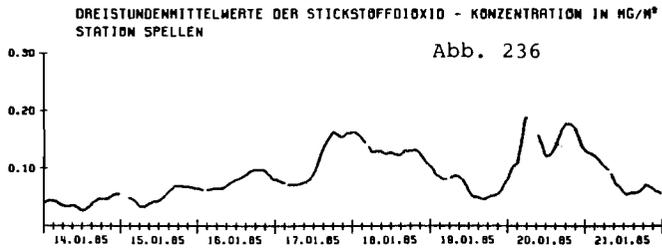
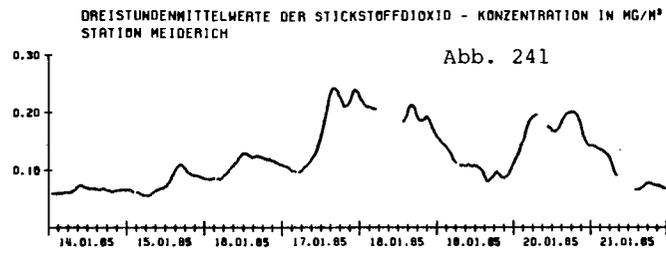
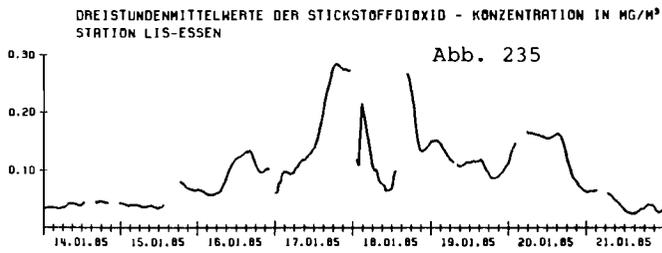
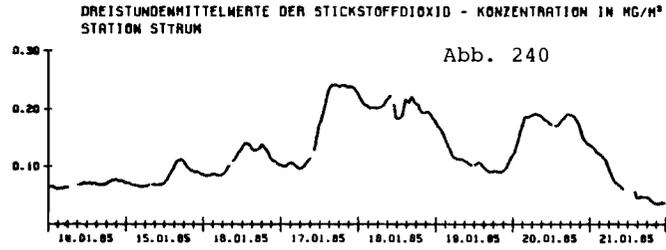
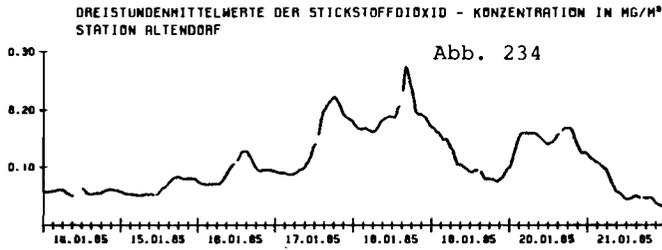
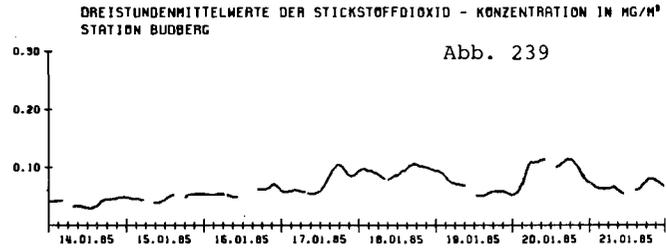
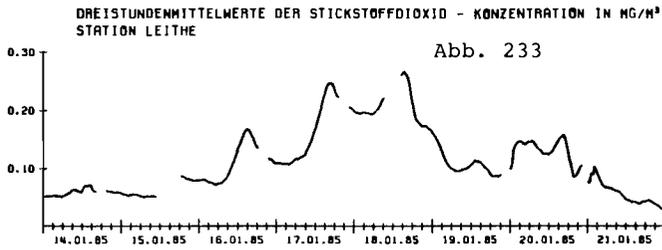
Abb. 226



DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOCHUM

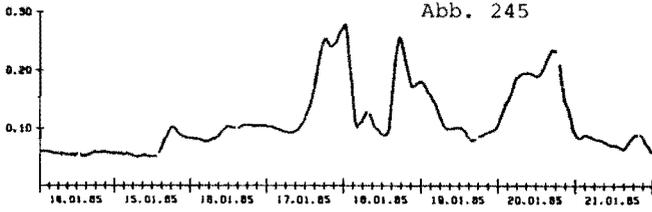
Abb. 232





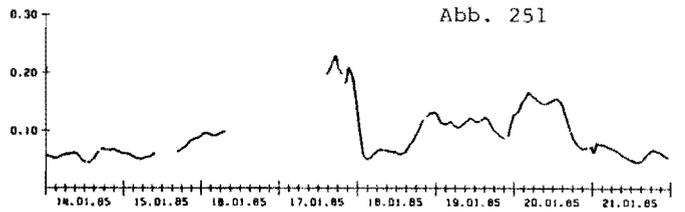
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KREFELD

Abb. 245



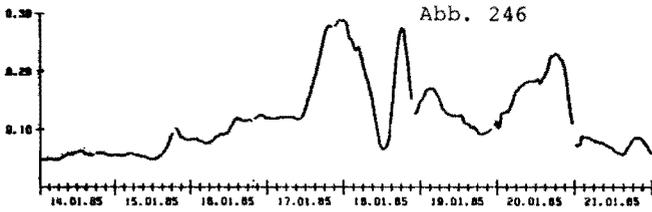
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LANGENFELD

Abb. 251



DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EINBRUNGEN

Abb. 246



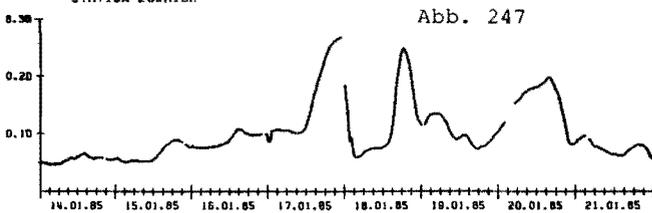
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

Abb. 252



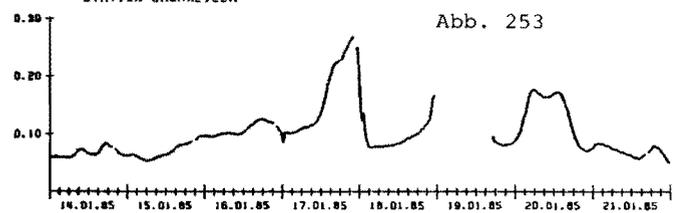
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LOERICK

Abb. 247



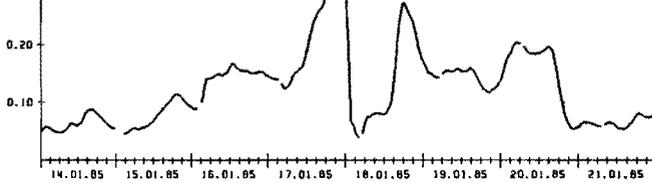
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION CHORWEILER

Abb. 253



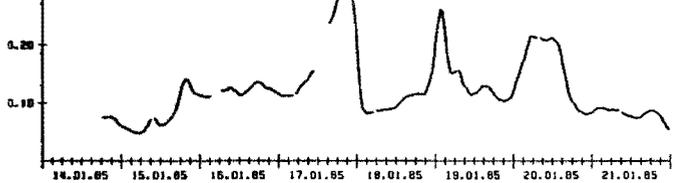
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GERRESHEIM

Abb. 248



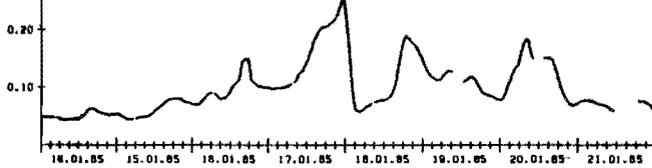
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION VOGELSANG

Abb. 254



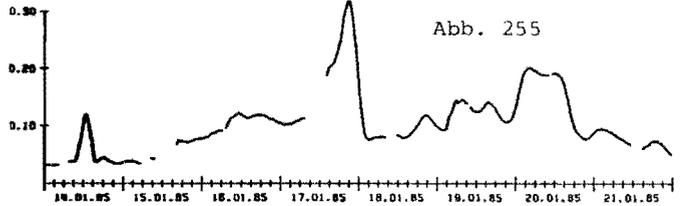
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION REISHOLZ

Abb. 249



DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RIEHL

Abb. 255



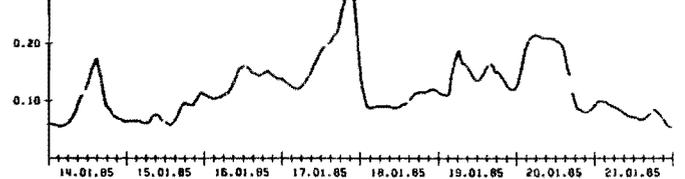
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORNAGEN

Abb. 250



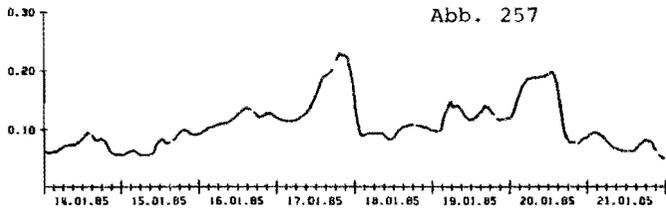
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ROENKIRCHEN

Abb. 256



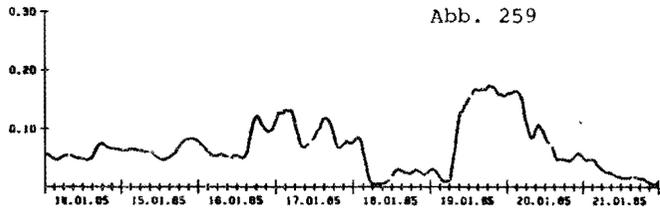
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WESSELING

Abb. 257



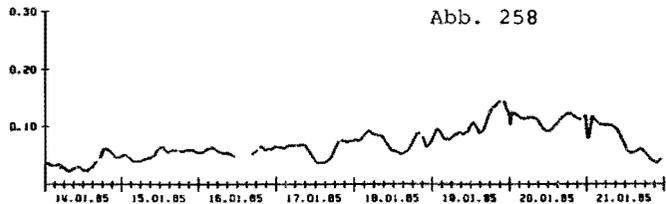
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EIFEL

Abb. 259



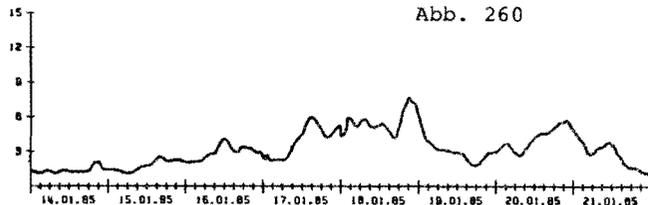
DREISTUNDENMITTELWERTE DER STICKSTOFFDIOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EDGEGBIRGE

Abb. 258



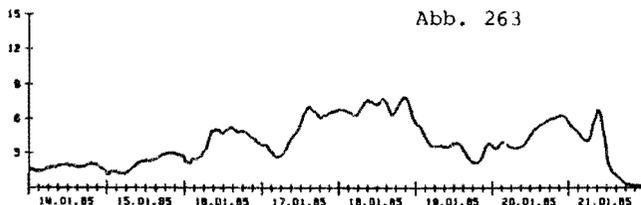
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRAMBÄUER

Abb. 260



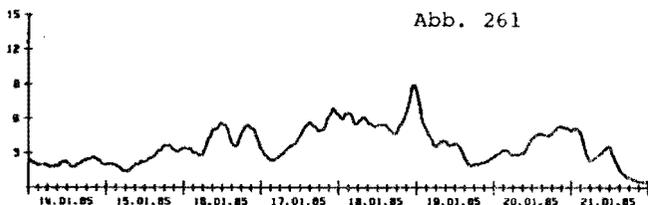
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION FROHLINDE

Abb. 263



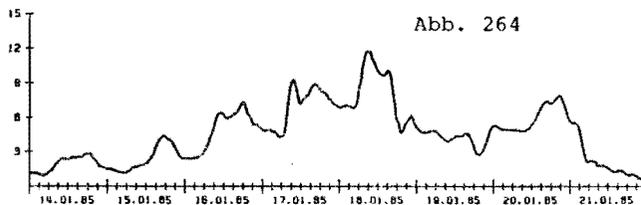
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ICKERN

Abb. 261



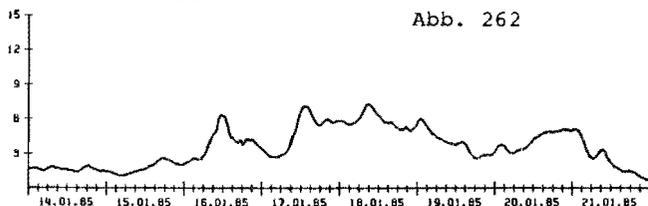
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WITTEN

Abb. 264



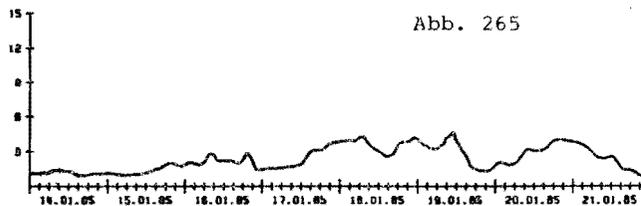
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION DORTMUND

Abb. 262



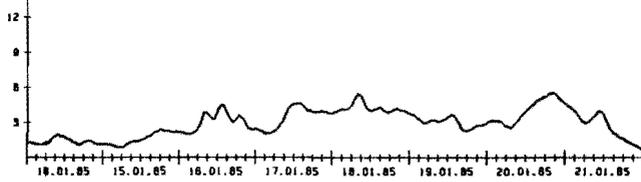
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION SICKINGMUEHLE

Abb. 265



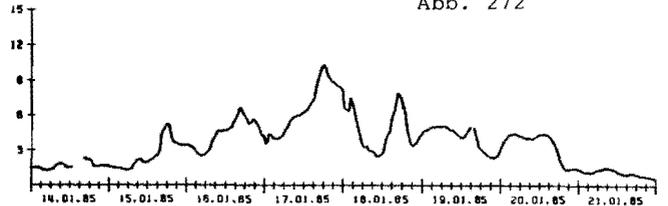
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RECKLINGHAUSEN

Abb. 266



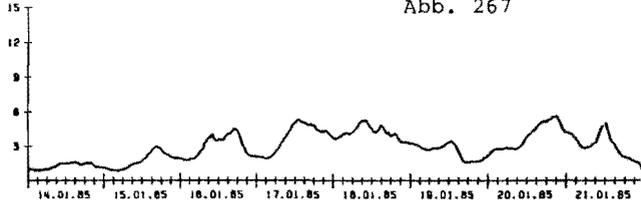
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LIS-ESSEN

Abb. 272



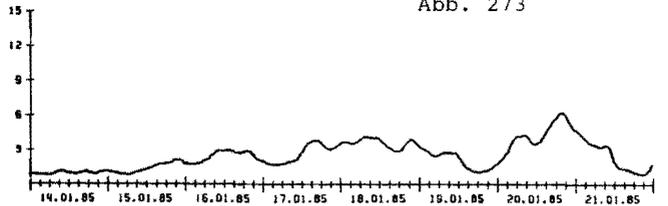
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERTEN

Abb. 267



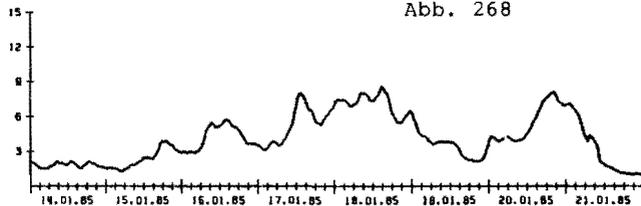
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BRUCKHAUSEN

Abb. 273



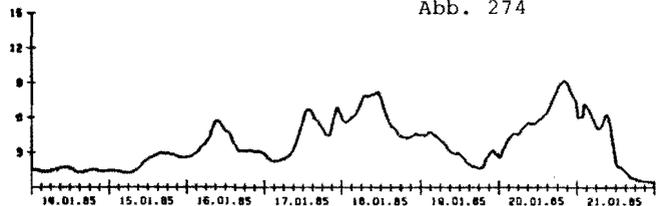
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION HERNE

Abb. 268



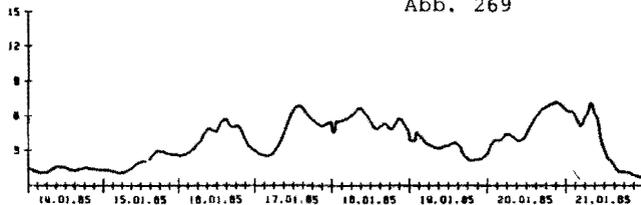
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION OSTERFELD

Abb. 274



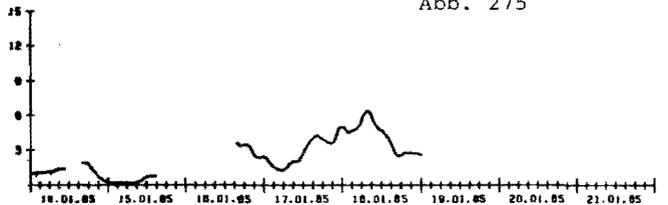
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GELSENKIRCHEN

Abb. 269



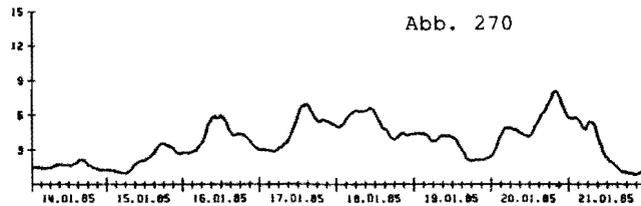
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WALSUM

Abb. 275



DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION BOTTROP

Abb. 270



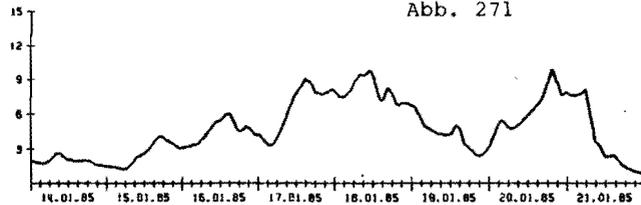
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEIDERICH

Abb. 276



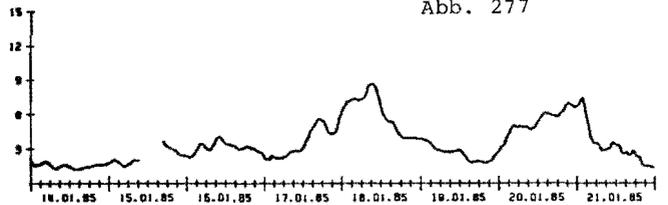
DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION ALTENDORF

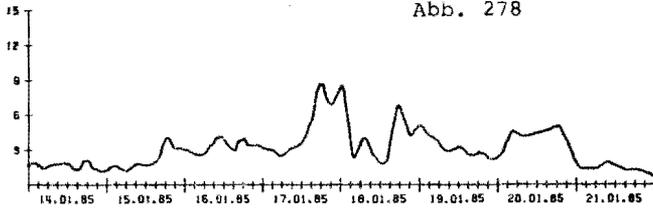
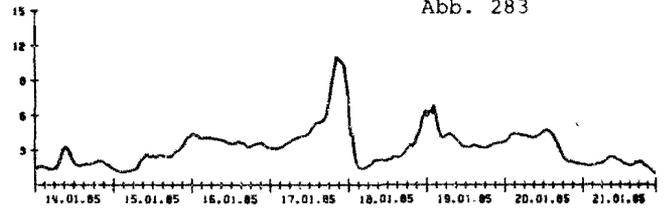
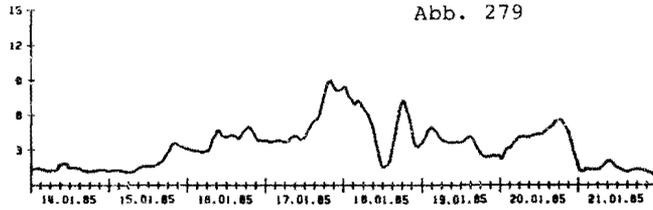
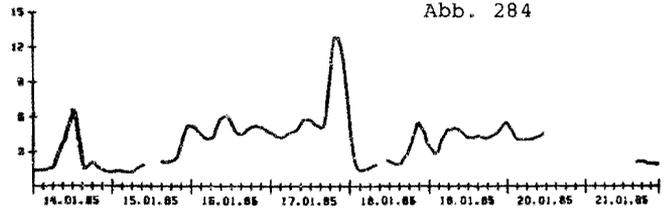
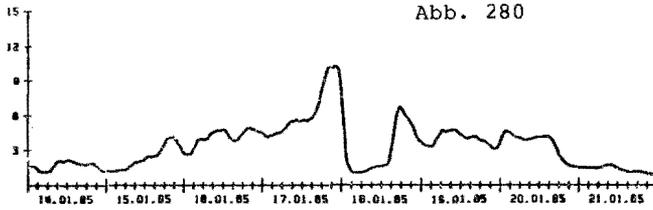
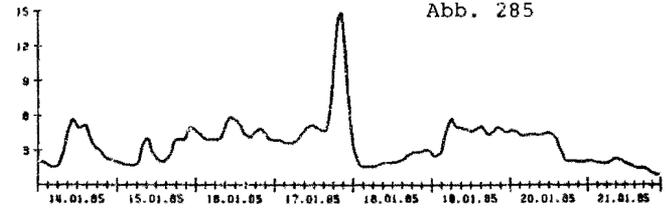
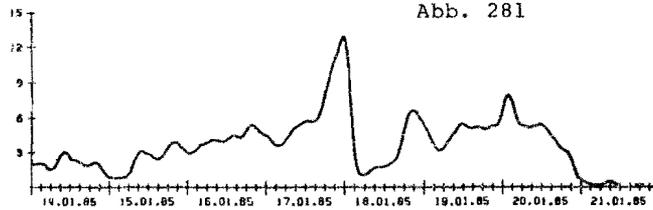
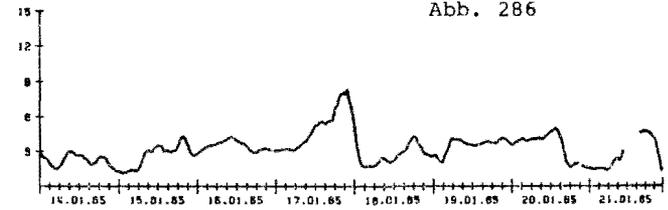
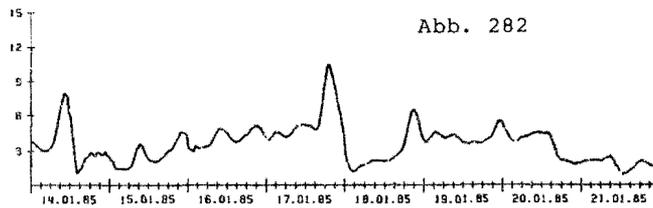
Abb. 271



DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION MEERBECK

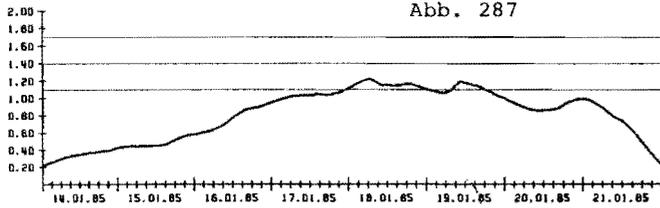
Abb. 277



DREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION KREFELDDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION CHORWEILERDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION EINSBRUNGENDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RIEHLDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION GERRESHEIMDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION RODENKIRCHENDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION REISHOLZDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION WESSELINGDREISTUNDENMITTELWERTE DER KOHLENMONOXID - KONZENTRATION IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

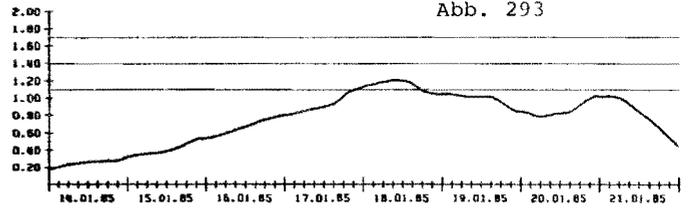
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION NIEDERRADEN

Abb. 287



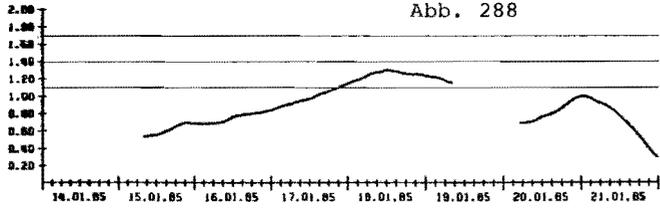
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION SICKINGHUEHLE

Abb. 293



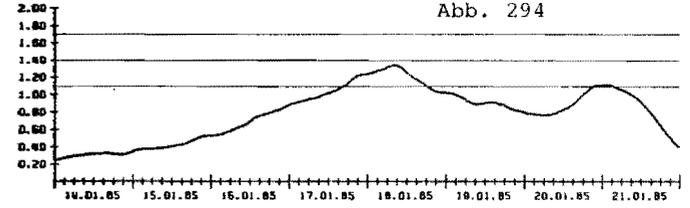
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BRANBAUER

Abb. 288



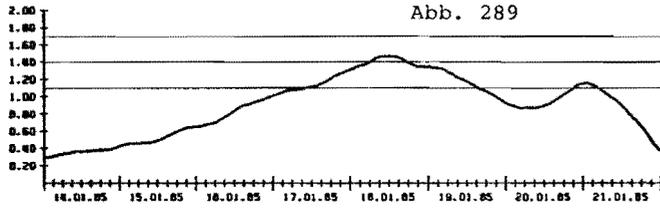
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION RECKLINGHAUSEN

Abb. 294



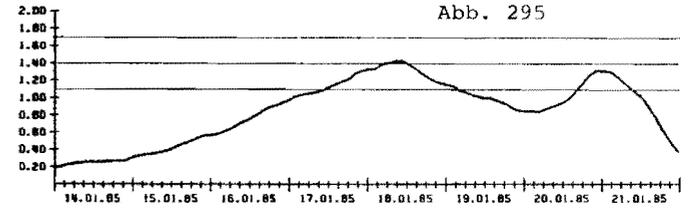
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION ICKERN

Abb. 289



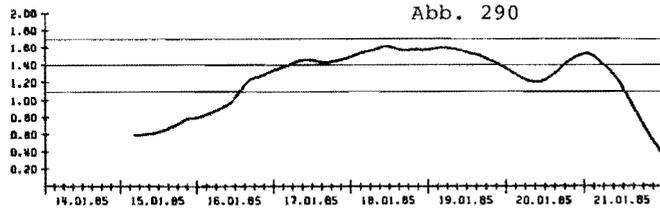
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION HERTEN

Abb. 295



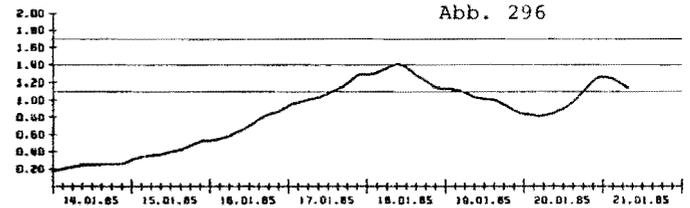
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION DORTMUND

Abb. 290



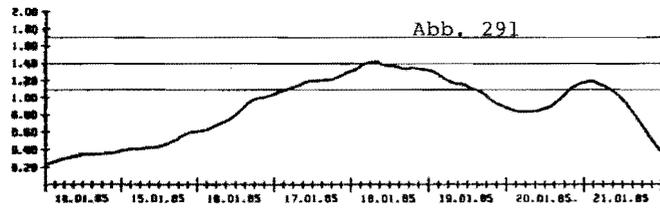
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION POLSUM

Abb. 296



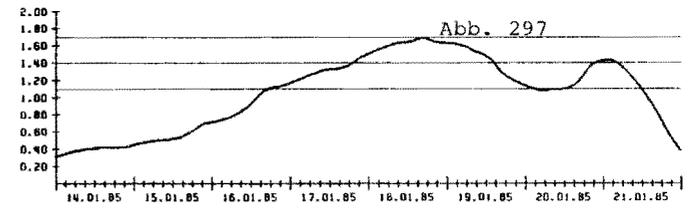
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION FROHLINDE

Abb. 291



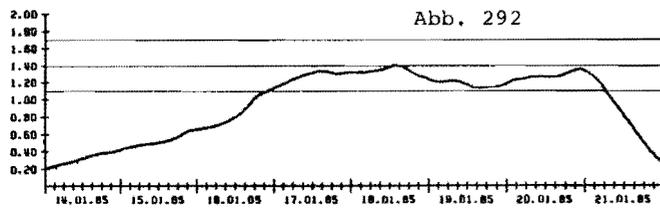
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION HERNE

Abb. 297



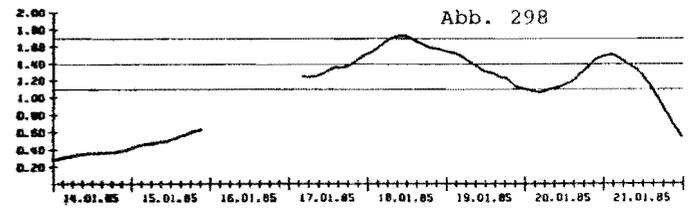
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION WITTEN

Abb. 292



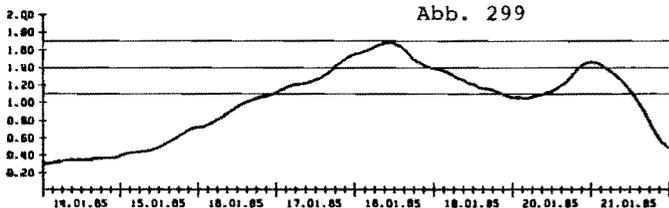
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION EISENKRICHEN

Abb. 298



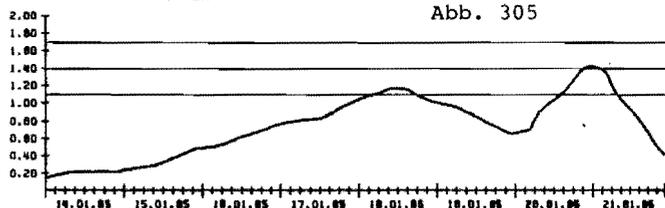
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BOTTROP

Abb. 299



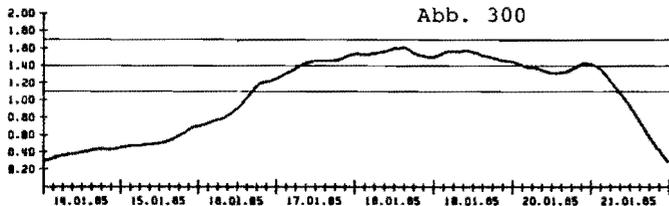
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION SPELLEN

Abb. 305



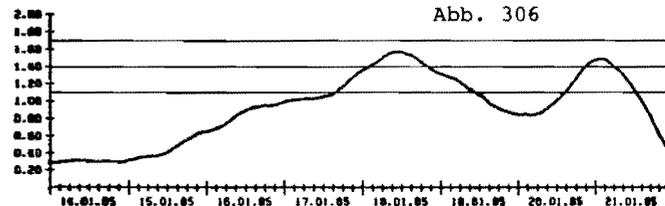
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BOCHUM

Abb. 300



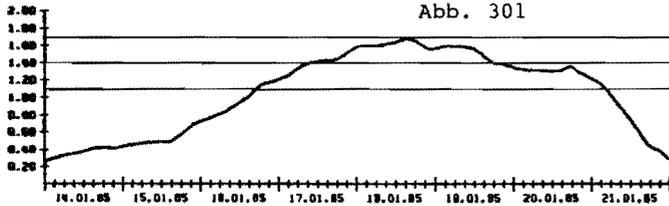
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION OSTERFELD

Abb. 306



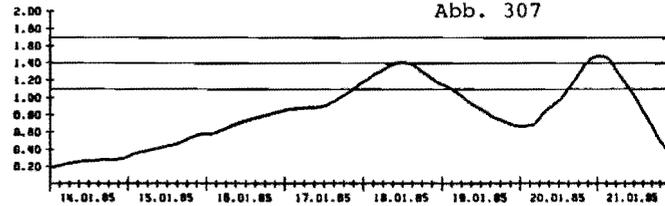
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LEITHE

Abb. 301



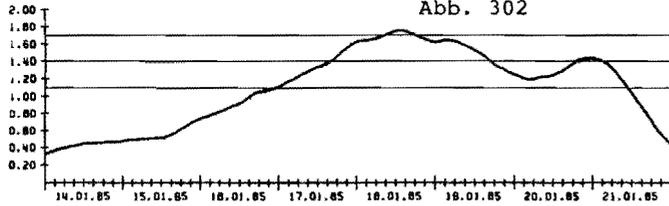
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION WALSUM

Abb. 307



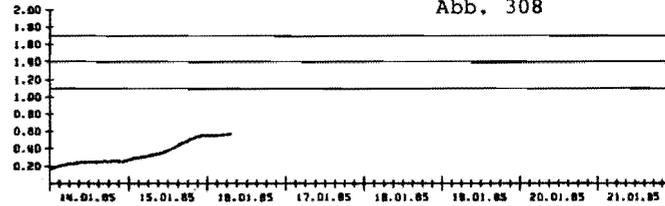
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION ALTENDORF

Abb. 302



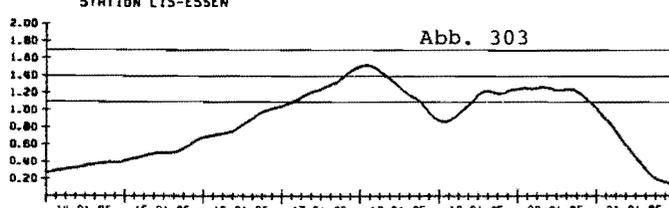
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BUDBERG

Abb. 308



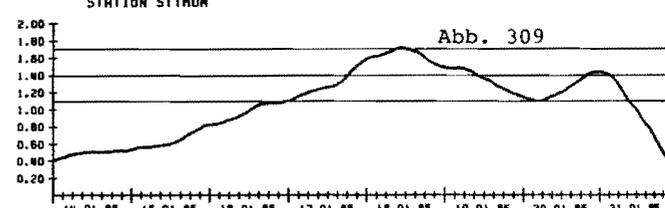
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LIS-ESSEN

Abb. 303



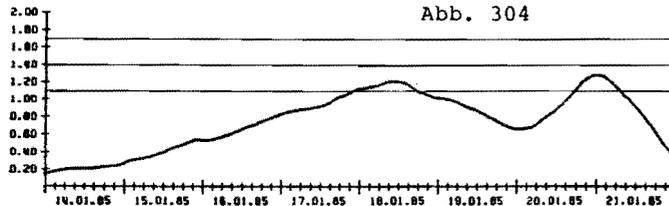
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION STYRUM

Abb. 309



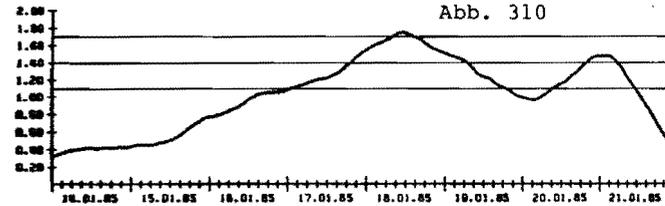
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BRUCKHAUSEN

Abb. 304



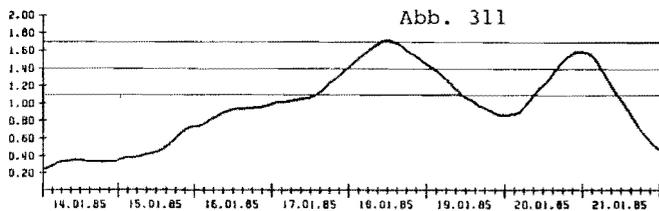
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION HEIDERICH

Abb. 310



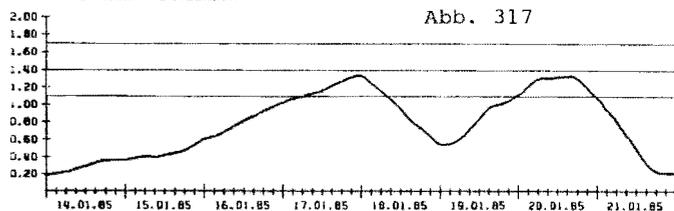
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION MEERBECK

Abb. 311



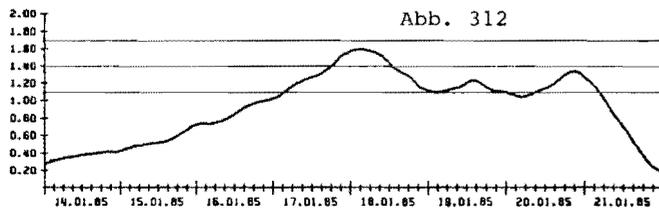
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION GERRESHEIM

Abb. 317



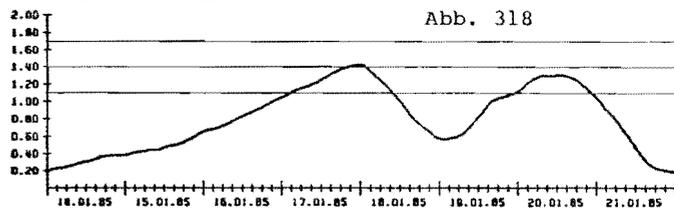
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION BUCHHOLZ

Abb. 312



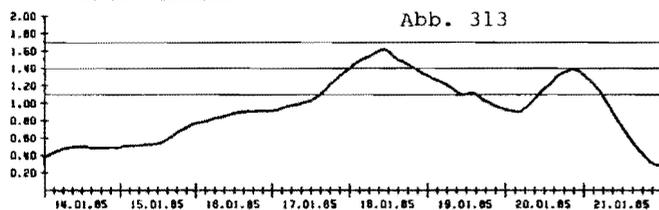
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION REISHOLZ

Abb. 318



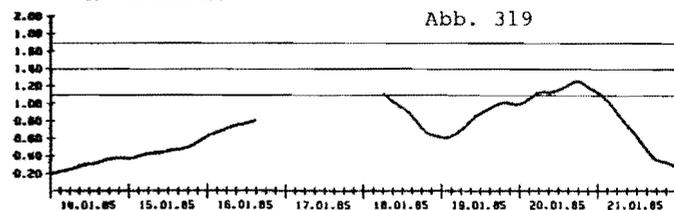
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION KALOENHAUSEN

Abb. 313



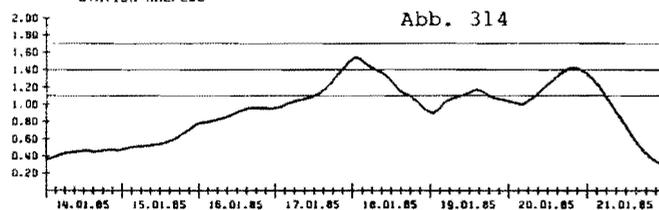
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION DORRAGEN

Abb. 319



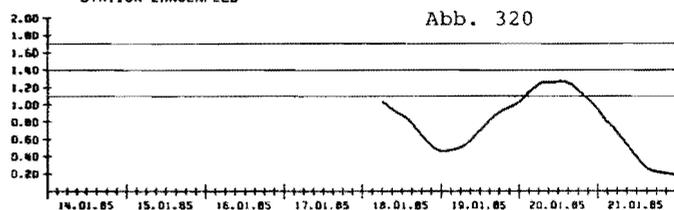
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION KRAEFELD

Abb. 314



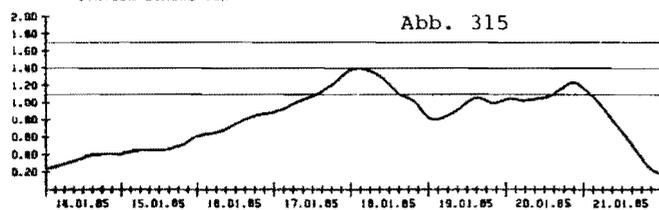
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LANGENFELD

Abb. 320



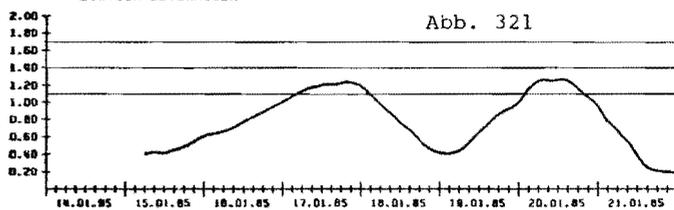
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION EINBRUNGEN

Abb. 315



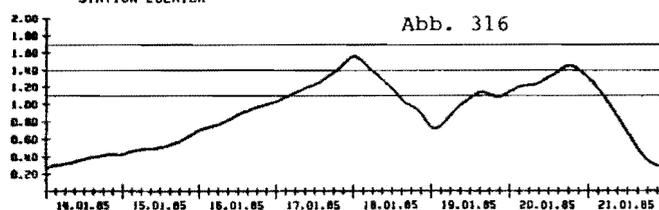
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LEVERKUSEN

Abb. 321



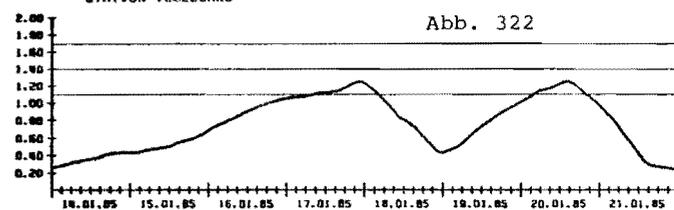
24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION LOERICK

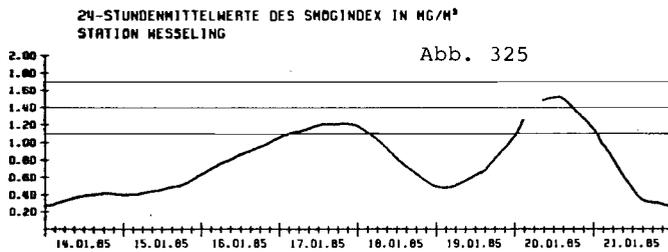
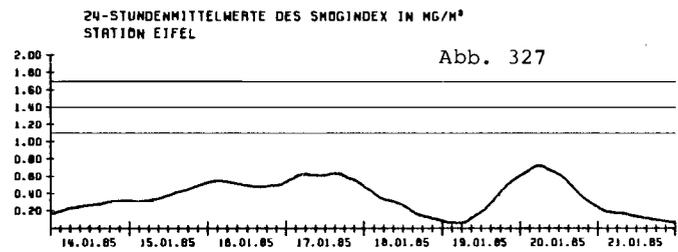
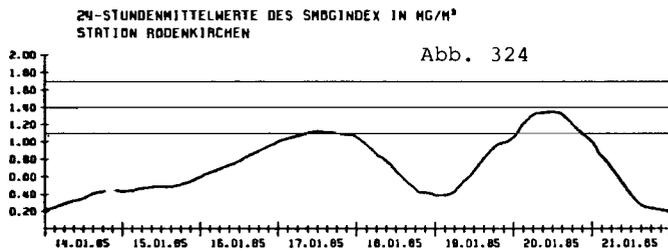
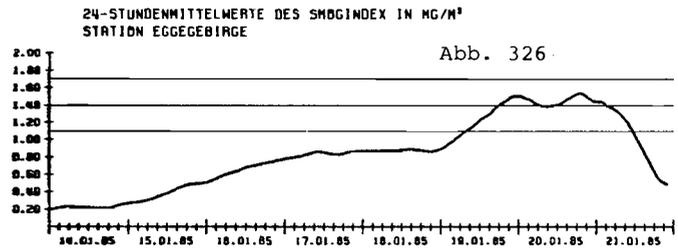
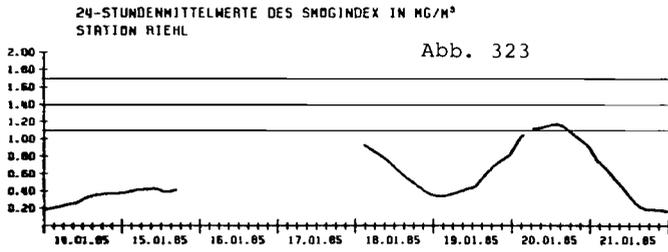
Abb. 316



24-STUNDENMITTELWERTE DES SMOGINDEX IN MG/M³
STATION VOGELSANG

Abb. 322





				.56					
.50	.54		.55	.59	RE .55	CAS .67	.68	.60	
.55	DU .59	OB .68	BOT .75	GE	HER .73	CAS .63	DO .83		
MO .76	DU .79	MH .84	E .77	E .76	BO .73	WIT .67			
DU .79	DU .74		E .70						
KR .79	D .63								
	D .73								
		D .68							
			LEV .63						
	K .74	K							
		K .64							
		K .69							

Abbildung: 328

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 16.01.85

Uhrzeit: 03.00

								.63	
.57	.61		.64	.70	RE .63	CAS .76	.70	.68	
	DU .69	OB .82	BOT .87	GE	HER .83	CAS .72	DO .92		
MO .89	DU .88	MH .91	E .87	E .87	BO .81	WIT .73			
DU .85	DU .78		E .75						
KR .85	D .69								
	D .81								
		D .77							
			LEV .70						
	K .84	K							
		K .73							
		K .80							

Abbildung: 330

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 16.01.85

Uhrzeit: 09.00

				.59					
.53	.57		.58	.64	RE .58	CAS .69	.69	.63	
.56	DU .64	OB .73	BOT .81	GE	HER .77	CAS .67	DO .87		
MO .82	DU .83	MH .87	E .82	E .81	BO .77	WIT .70			
DU .83	DU .75		E .72						
KR .81	D .65								
	D .76								
		D .71							
			LEV .66						
	K .79	K							
		K .68							
		K .75							

Abbildung: 329

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 16.01.85

Uhrzeit: 06.00

								.67	
.62	.65		.69	.75	RE .68	CAS .83	.75	.76	
	DU .73	OB .88	BOT .94	GE	HER .91	CAS .79	DO 1.01		
MO .92	DU .96	MH .98	E .91	E .94	BO .90	WIT .79			
DU .88	DU .84		E .82						
KR .90	D .74								
	D .87								
		D .82							
			LEV .77						
	K .90	K							
		K .77							
		K .86							

Abbildung: 331

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 16.01.85

Uhrzeit: 12.00

								.82									
.79	.86		.97	1.02	RE 91	CAS 1.04	.87	.98									
	DU .87	OB 1.01	BOT 1.16	GE	HER 1.21	CAS 1.08	DO 1.36										
MO 1.02	DU 1.12	MH 1.15	E 1.17	E 1.25	BO 1.30	WIT 1.17											
DU .94	DU 1.08	E 1.08															
KR .98	D .92																
	D 1.07																
	D 1.10																
		LEV 1.06															
	K 1.07	K															
		K 1.03															
		K 1.10															

Abbildung: 336
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 17.01.85
Uhrzeit: 03.00

								.87									
.82	.89		1.02	1.07	RE .97	CAS 1.08	.94	1.03									
	DU .89	OB 1.03	BOT 1.22	GE 1.26	HER 1.30	CAS 1.16	DO 1.44										
MO 1.05	DU 1.20	MH 1.23	E 1.28	E 1.38	BO 1.42	WIT 1.27											
DU .99	DU 1.22	E 1.20															
KR 1.06	D 1.03																
	D 1.18																
	D 1.19																
		LEV 1.17															
	K 1.10	K															
		K 1.10															
		K 1.15															

Abbildung: 338
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 17.01.85
Uhrzeit: 09.00

								.85									
.81	.88		1.00	1.05	RE .95	CAS 1.07	.91	1.01									
	DU .88	OB 1.02	BOT 1.20	GE 1.24	HER 1.26	CAS 1.12	DO 1.41										
MO 1.02	DU 1.16	MH 1.19	E 1.22	E 1.33	BO 1.36	WIT 1.23											
DU .97	DU 1.16	E 1.14															
KR 1.03	D .98																
	D 1.13																
	D 1.15																
		LEV 1.13															
	K 1.08	K															
		K 1.06															
		K 1.12															

Abbildung: 337
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 17.01.85
Uhrzeit: 06.00

								.90									
.83	.92		1.17	1.11	RE 1.02	CAS 1.11	.96	1.03									
	DU .90	OB 1.04	BOT 1.25	GE 1.32	HER 1.32	CAS 1.20	DO 1.45										
MO 1.07	DU 1.22	MH 1.26	E 1.33	E 1.41	BO 1.45	WIT 1.31											
DU 1.03	DU 1.27	E 1.24															
KR 1.09	D 1.07																
	D 1.22																
	D 1.24																
		LEV 1.20															
	K 1.12	K															
		K 1.12															
		K 1.19															

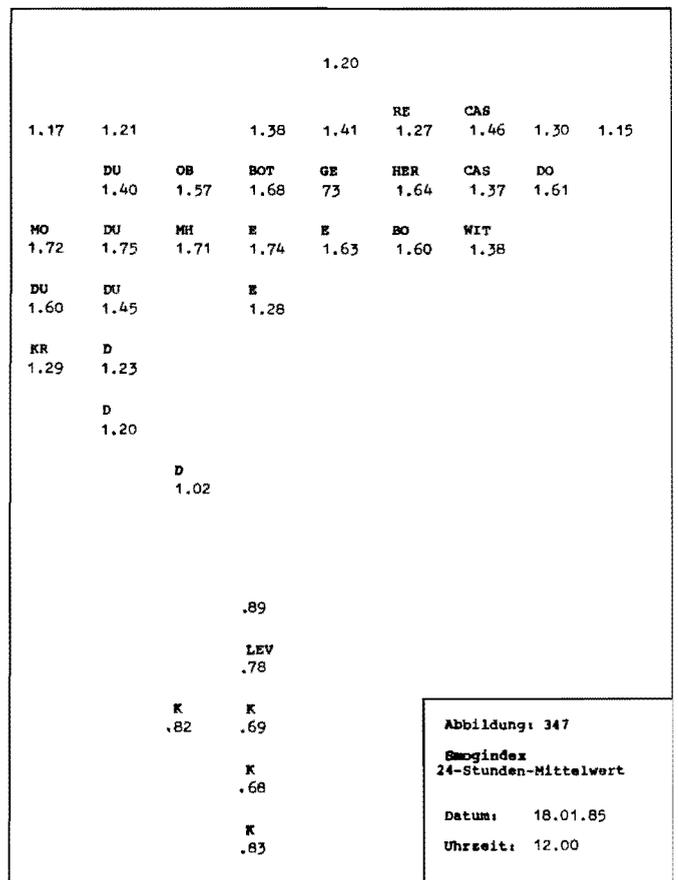
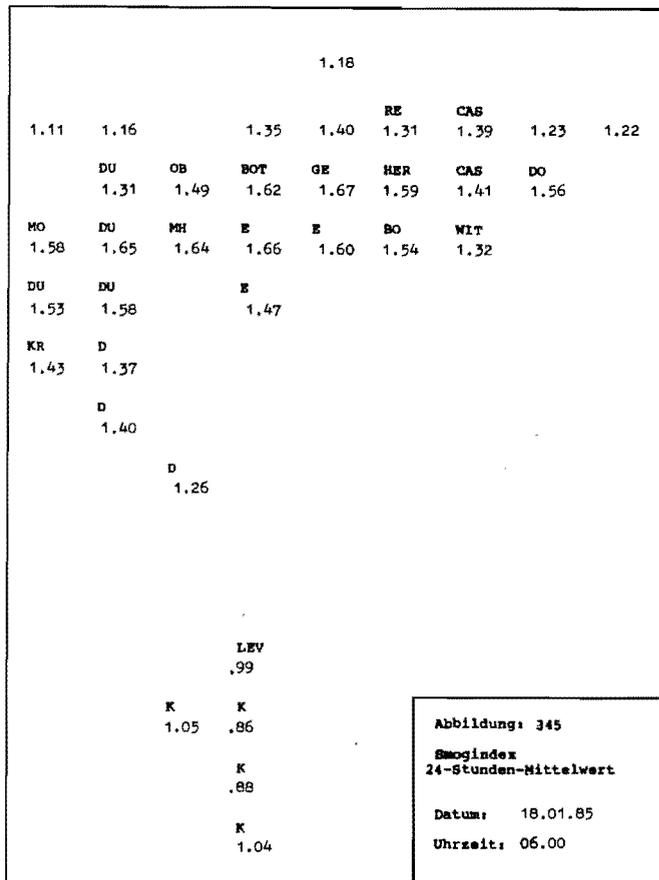
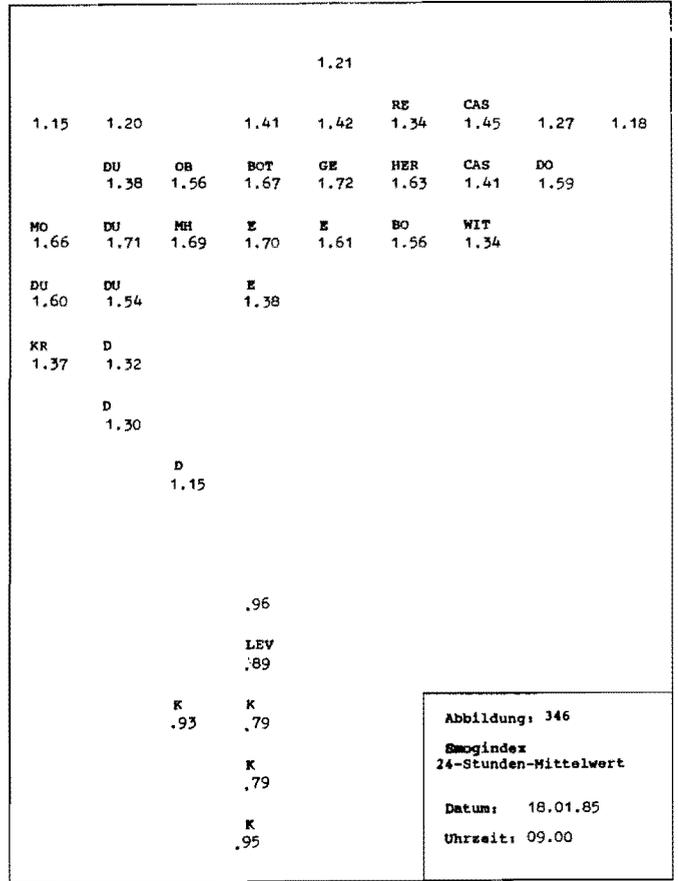
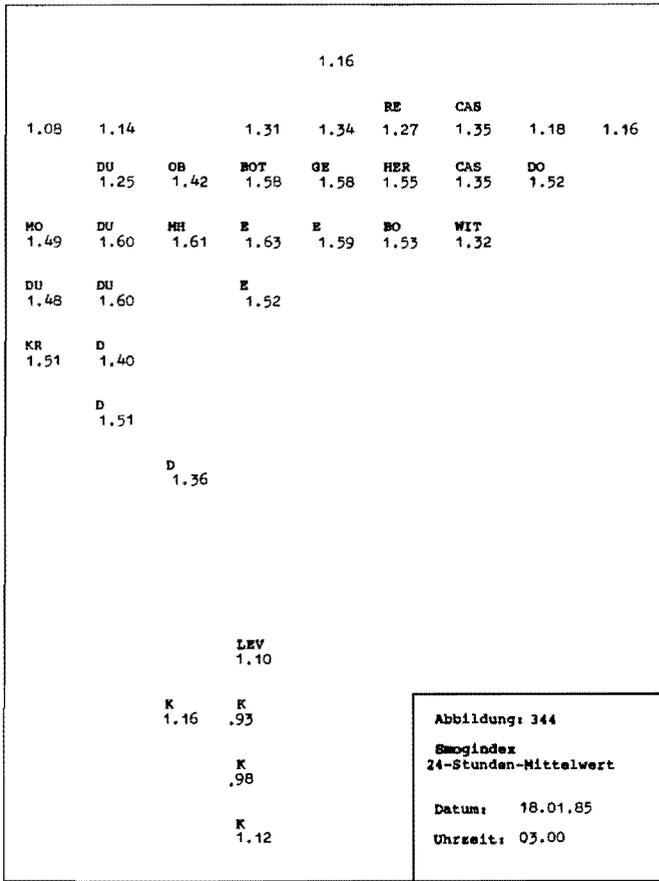
Abbildung: 339
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 17.01.85
Uhrzeit: 12.00

								.93									
.87	.96			1.12	1.16	RE 1.06	CAS 1.14	1.01	1.05								
	DU .95	OB 1.07	BOT 1.30	GE 1.36	HER 1.33	CAS 1.20	DO 1.43										
MO 1.12	DU 1.26	MH 1.29	E 1.37	E 1.43	BO 1.45	WIT 1.33											
DU 1.10	DU 1.31	E 1.29															
KR 1.16	D 1.12																
	D 1.28																
	D 1.31																
		LEV 1.21															
	K 1.13	K															
		K 1.11															
		K 1.21															
										Abbildung: 340							
										Smogindex 24-Stunden-Mittelwert							
										Datum: 17.01.85							
										Uhrzeit: 15.00							

								1.09									
.99	1.07			1.27	1.29	RE 1.21	CAS 1.26	1.09	1.06								
	DU 1.09	OB 1.26	BOT 1.48	GE 1.44	HER 1.44	CAS 1.26	DO 1.45										
MO 1.31	DU 1.45	MH 1.49	E 1.54	E 1.50	BO 1.49	WIT 1.30											
DU 1.31	DU 1.51	E 1.44															
KR 1.40	D 1.29																
	D 1.46																
	D 1.40																
		LEV 1.23															
	K 1.23	K															
		K 1.09															
		K 1.21															
										Abbildung: 342							
										Smogindex 24-Stunden-Mittelwert							
										Datum: 17.01.85							
										Uhrzeit: 21.00							

								1.01									
.94	1.03			1.18	1.21	RE 1.13	CAS 1.20	1.05	1.03								
	DU 1.02	OB 1.16	BOT 1.40	GE 1.37	HER 1.37	CAS 1.21	DO 1.43										
MO 1.23	DU 1.35	MH 1.38	E 1.45	E 1.45	BO 1.46	WIT 1.31											
DU 1.21	DU 1.39	E 1.35															
KR 1.26	D 1.20																
	D 1.36																
	D 1.37																
		LEV 1.22															
	K 1.17	K															
		K 1.10															
		K 1.21															
										Abbildung: 341							
										Smogindex 24-Stunden-Mittelwert							
										Datum: 17.01.85							
										Uhrzeit: 18.00							

								1.13									
1.04	1.12			1.29	1.32	RE 1.24	CAS 1.30	1.14	1.11								
	DU 1.18	OB 1.35	BOT 1.55	GE 1.52	HER 1.50	CAS 1.30	DO 1.48										
MO 1.41	DU 1.54	MH 1.58	E 1.62	E 1.57	BO 1.54	WIT 1.32											
DU 1.40	DU 1.57	E 1.50															
KR 1.52	D 1.38																
	D 1.56																
	D 1.43																
		LEV 1.20															
	K 1.24	K															
		K 1.06															
		K 1.19															
										Abbildung: 343							
										Smogindex 24-Stunden-Mittelwert							
										Datum: 17.01.85							
										Uhrzeit: 24.00							



								1.17									
1.16	1.18					1.29	1.34	RE	CAS	1.18	1.45	1.29	1.14				
	DU	OB	BOT	GE	HER	CAS	DO										
	1.39	1.54	1.62	1.67	1.67	1.36	1.58										
MO	DU	MH	E	E	BO	WIT											
1.68	1.70	1.68	1.75	1.67	1.61	1.40											
DU	DU	E															
1.50	1.35	1.19															
KR	D																
1.15	1.12																
	D																
	1.07																
	D																
	.87																
		.80															
		LEV															
		.69															
	K	K															
	.75	.59															

Abbildung: 348

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 18.01.85

Uhrzeit: 15.00

								1.06									
1.05	1.05					1.15	1.19	RE	CAS	1.04	1.35	1.25	1.15				
	DU	OB	BOT	GE	HER	CAS	DO										
	1.23	1.38	1.44	1.58	1.64	1.34	1.57										
MO	DU	MH	E	E	BO	WIT											
1.54	1.56	1.54	1.66	1.59	1.51	1.28											
DU	DU	E															
1.38	1.18	.99															
KR	D																
1.01	.97																
	D																
	.90																
		D															
		.66															
			.54														
		LEV															
		.47															
	K	K															
	.52	.42															
		K															
		.42															
		K															
		.56															

Abbildung: 350

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 18.01.85

Uhrzeit: 21.00

								1.09									
1.10	1.10					1.22	1.26	RE	CAS	1.11	1.40	1.26	1.17				
	DU	OB	BOT	GE	HER	CAS	DO										
	1.31	1.46	1.50	1.61	1.68	1.34	1.57										
MO	DU	MH	E	E	BO	WIT											
1.61	1.63	1.61	.71	1.66	1.55	1.35											
DU	DU	E															
1.45	1.29	1.12															
KR	D																
1.10	1.06																
	D																
	.99																
		D															
		.75															
			.66														
		LEV															
		.58															
	K	K															
	.64	.50															
		K															
		.47															
		K															
		.65															

Abbildung: 349

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 18.01.85

Uhrzeit: 18.00

								1.05									
1.01	1.02					1.13	1.16	RE	CAS	1.03	1.34	1.24	1.11				
	DU	OB	BOT	GE	HER	CAS	DO										
	1.16	1.32	1.39	1.55	1.63	1.32	1.57										
MO	DU	MH	E	E	BO	WIT											
1.46	1.52	1.49	1.62	1.56	1.50	1.24											
DU	DU	E															
1.32	1.12	.89															
KR	D																
.91	.84																
	D																
	.75																
		D															
		.59															
			.47														
		LEV															
		.42															
	K	K															
	.43	.36															
		K															
		.39															
		K															
		.50															

Abbildung: 351

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 18.01.85

Uhrzeit: 24.00

1.04							
.99	1.00		1.12	1.12	RE 1.00	CAS 1.33	1.22 1.08
	DU 1.11	OB 1.28	BOT 1.36	GE 1.52	HER 1.62	CAS 1.28	DO 1.59
MO 1.39	DU 1.47	MH 1.48	E 1.64	E 1.59	BO 1.54	WIT 1.21	
DU 1.26	DU 1.10		E .87				
KR .95	D .81						
	D .74						
	D .58						
			.47				
			LEV .41				
	K .47	K .34					
		K .39					
		K .48					

Abbildung: 352
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 19.01.85
Uhrzeit: 03.00

1.01							
.91	.92		1.04	1.03	RE 90	CAS 1.23	.00 1.14
	DU .94	OB 1.14	BOT 1.26	GE 1.39	HER 1.53	CAS 1.17	DO 1.58
MO 1.18	DU 1.33	MH 1.43	E 1.59	E 1.59	BO 1.57	WIT 1.21	
DU 1.14	DU 1.15		E 1.05				
KR 1.09	D .91						
	D .98						
	D .69						
			.58				
			LEV .53				
	K .64	K .40					
		K .54					
		K .56					

Abbildung: 354
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 19.01.85
Uhrzeit: 09.00

1.03							
.96	.97		1.09	1.07	RE .95	CAS 1.29	1.19 1.06
	DU 1.03	OB 1.23	BOT 1.31	GE 1.46	HER 1.59	CAS 1.21	DO 1.59
MO 1.29	DU 1.43	MH 1.48	E 1.63	E 1.59	BO 1.57	WIT 1.21	
DU 1.21	DU 1.12		E .95				
KR 1.05	D .85						
	D .86						
	D .60						
			.50				
			LEV .44				
	K .53	K .36					
		K .43					
		K .50					

Abbildung: 353
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 19.01.85
Uhrzeit: 06.00

1.02							
.86	.87		1.02	1.00	RE .90	CAS 1.18	.00 1.18
	DU .88	OB 1.07	BOT 1.21	GE 1.31	HER 1.48	CAS 1.14	DO 1.55
MO 1.08	DU 1.24	MH 1.37	E 1.53	E 1.57	BO 1.56	WIT 1.17	
DU 1.10	DU 1.20		E 1.17				
KR 1.13	D 1.00						
	D 1.06						
	D .81						
			.69				
			LEV .65				
	K .72	K .43					
		K .66					
		K .62					

Abbildung: 355
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 19.01.85
Uhrzeit: 12.00

								.82									
.69	.68			.83	.85	RE .78	CAS .89	.00	.95								
	DU .68	OB .84	BOT 1.05	GE 1.07	HER 1.10	CAS .85	DO 1.30										
MO .88	DU .97	MH 1.12	E 1.21	E 1.32	BO 1.40	WIT 1.23											
DU .91	DU 1.07			E 1.26													
KR 1.01	D 1.04																
	D 1.20																
	D 1.21																
								1.14									
								LEV 1.16									
	K 1.07	K 1.01															
		K 1.20															
		K 1.26															

Abbildung: 360

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 20.01.85

Uhrzeit: 03.00

								.80									
.95	.79			.85	.90	RE .78	CAS .87	.71	.86								
	DU .87	OB .90	BOT 1.09	GE 1.11	HER 1.09	CAS .84	DO 1.20										
MO 1.08	DU 1.08	MH 1.15	E 1.23	E 1.31	BO 1.35	WIT 1.26											
DU 1.05	DU 1.10			E 1.26													
KR 1.12	D 1.04																
	D 1.24																
	D 1.30																
								1.26									
								LEV 1.26									
	K 1.17	K 1.13															
		K 1.34															
		K 1.48															

Abbildung: 362

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 20.01.85

Uhrzeit: 09.00

								.79									
.80	.70			.82	.86	RE .77	CAS .87	.69	.90								
	DU .75	OB .85	BOT 1.06	GE 1.07	HER 1.07	CAS .84	DO 1.24										
MO .95	DU 1.00	MH 1.10	E 1.20	E 1.31	BO 1.38	WIT 1.25											
DU .94	DU 1.05			E 1.26													
KR 1.03	D 1.03																
	D 1.22																
	D 1.28																
								1.23									
								LEV 1.25									
	K 1.14	K 1.31															
		K .00															

Abbildung: 361

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 20.01.85

Uhrzeit: 06.00

								.82									
1.03	.87			.90	.95	RE .82	CAS .90	.75	.86								
	DU .96	OB .99	BOT 1.12	GE 1.14	HER 1.10	CAS .87	DO 1.22										
MO 1.20	DU 1.15	MH 1.20	E 1.24	E 1.30	BO 1.31	WIT 1.27											
DU 1.16	DU 1.14			E 1.24													
KR 1.22	D 1.06																
	D 1.31																
	D 1.30																
								1.26									
								LEV 1.26									
	K 1.22	K 1.15															
		K 1.35															
		K 1.51															

Abbildung: 363

Smogindex
24-Stunden-Mittelwert

Datum: 20.01.85

Uhrzeit: 12.00

								,84	
1.12	,98		,97	1.03	RE ,89	CAS ,95	,79	,86	
	DU 1.09	OB 1.10	BOT 1.19	GE 1.20	HER 1.13	CAS ,92	DO 1.29		
MO 1.33	DU 1.23	MH 1.27	E 1.29	E 1.31	BO 1.32	WIT 1.26			
DU 1.27	DU 1.20		E 1.24						
KR 1.32	D 1.10								
	D 1.38								
		D 1.29							
			1.26						
			LEV 1.25						
		K 1.25	K 1.17						
			K 1.33						
			K 1.51						

Abbildung: 364
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 20.01.85
Uhrzeit: 15.00

								,98	
1.38	1.23		1.20	1.28	RE 1.08	CAS 1.09	,94	,97	
	DU 1.40	OB 1.39	BOT 1.41	GE 1.42	HER 1.38	CAS 1.13	DO 1.47		
MO 1.56	DU 1.43	MH 1.42	E 1.42	E 1.28	BO 1.41	WIT 1.34			
DU 1.38	DU 1.34		E 1.15						
KR 1.42	D 1.24								
	D 1.42								
		D 1.17							
			1.08						
			LEV 1.07						
		K 1.08	K 1.01						
			K 1.11						
			K 1.29						

Abbildung: 366
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 20.01.85
Uhrzeit: 21.00

								,91	
1.25	1.10		1.09	1.16	RE ,99	CAS 1.01	,86	,91	
	DU 1.24	OB 1.24	BOT 1.29	GE 1.30	HER 1.26	CAS 1.02	DO 1.39		
MO 1.47	DU 1.33	MH 1.34	E 1.36	E 1.35	BO 1.35	WIT 1.29			
DU 1.35	DU 1.29		E 1.23						
KR 1.40	D 1.18								
	D 1.45								
		D 1.25							
			1.18						
			LEV 1.17						
		K 1.18	K 1.09						
			K 1.22						
			K 1.40						

Abbildung: 365
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 20.01.85
Uhrzeit: 18.00

Ausfall
am 20.01.85
24.00 Uhr

								1.03									
1.39	1.26		1.24	1.30	RE 1.11	CAS 1.14	.98	.96									
	DU 1.47	OB 1.49	BOT 1.44	GE 1.51	HER 1.43	CAS 1.20	DO 1.51										
MO 1.56	DU 1.48	MH 1.41	E 1.41	E 1.16	BO 1.36	WIT 1.27											
DU 1.23	DU 1.18		E .90														
KR 1.25	D 1.08																
	D 1.19																
	D .92																
			.81														
			LEV .79														
	K .87	K .74															
		K .84															
		K .98															
Abbildung: 367 Smogindex 24-Stunden-Mittelwert Datum: 21.01.85 Uhrzeit: 03.00																	

								.94									
1.06	1.05		1.12	1.01	RE 1.01	CAS .99	.87	.81									
	DU 1.20	OB 1.32	BOT 1.28	GE 1.37	HER 1.24	CAS 1.09	DO 1.30										
MO 1.23	DU 1.25	MH 1.13	E 1.21	E 90	BO 1.09	WIT 98											
DU .91	DU .87		E .61														
KR .92	D .81																
	D .88																
			.66														
			.56														
			LEV .56														
	K .59	K .50															
		K .57															
		K .65															
Abbildung: 369 Smogindex 24-Stunden-Mittelwert Datum: 21.01.85 Uhrzeit: 09.00																	

								1.01									
1.24	1.16		1.18	1.21	RE 1.06	CAS 1.08	.92	.89									
	DU 1.35	OB 1.41	BOT 1.36	GE 1.45	HER 1.36	CAS 1.15	DO 1.41										
MO 1.41	DU 1.40	MH 1.31	E 1.34	E 1.04	BO 1.24	WIT 1.14											
DU 1.09	DU 1.04		E .77														
KR 1.09	D .96																
	D 1.04																
	D .81																
			.70														
			LEV .68														
	K .74	K .63															
		K .72															
		K .83															
Abbildung: 368 Smogindex 24-Stunden-Mittelwert Datum: 21.01.85 Uhrzeit: 06.00																	

								.85									
.94	.93		1.03	.93	RE .93	CAS .91	.78	.74									
	DU 1.05	OB 1.18	BOT 1.15	GE 1.26	HER 1.10	CAS .99	DO 1.15										
MO 1.05	DU 1.09	MH 1.01	E 1.06	E .75	BO .94	WIT .83											
DU .73	DU .72		E .47														
KR .75	D .67																
	D .70																
			.50														
			.41														
			LEV .41														
	K .44	K .36															
		K .41															
		K .48															
Abbildung: 370 Smogindex 24-Stunden-Mittelwert Datum: 21.01.85 Uhrzeit: 12.00																	

								.77		
.83	.79					.88	RE .81	CAS .79	.68	.64
	DU .87	OB 1.02	BOT 1.00	GE 1.11	HER .94	CAS .86	DO .95			
MO .89	DU .93	MH .84	E .90	E .60	BO .78	WIT .68				
DU .57	DU .55	E .33								
KR .58	D .53									
	D .52									
	D .34									
								.28		
								LEV .26		
	K .31	K .23								
								K .28		
								K .35		

Abbildung: 371
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 21.01.85
Uhrzeit: 15.00

								.56		
.53	.48					.52	RE .52	CAS .53	.42	.37
	DU .51	OB .65	BOT .61	GE .71	HER .54	CAS .53	DO .55			
MO .58	DU .60	MH .52	E .58	E .39	BO .44	WIT .39				
DU .32	DU .25	E .17								
KR .35	D .24									
	D .30									
	D .21									
								.20		
								LEV .20		
	K .26	K .18								
								K .22		
								K .29		

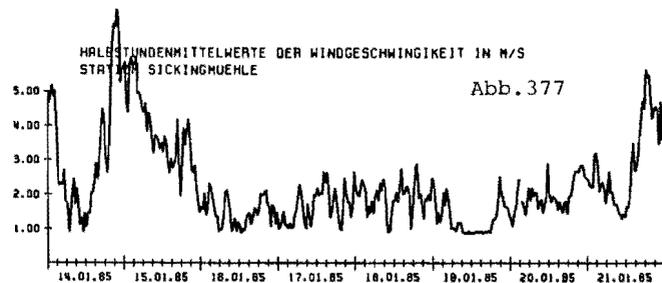
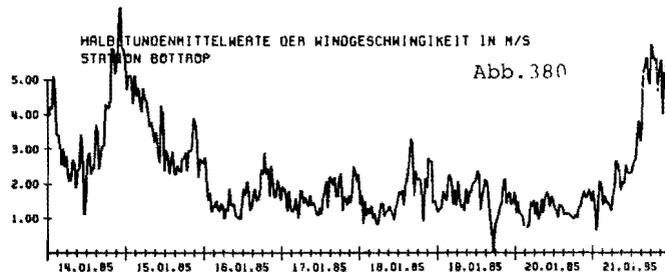
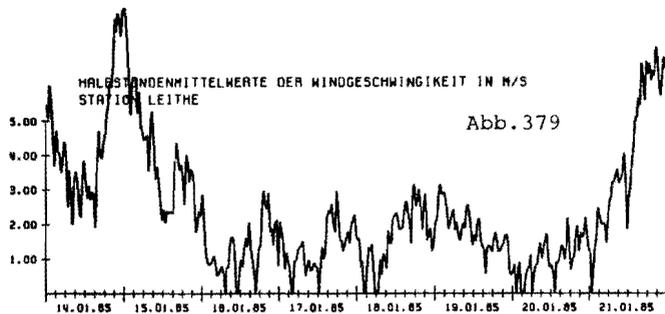
Abbildung: 373
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 21.01.85
Uhrzeit: 21.00

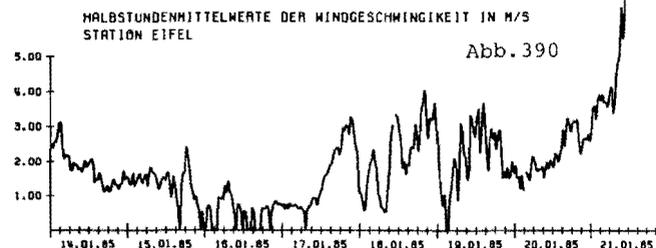
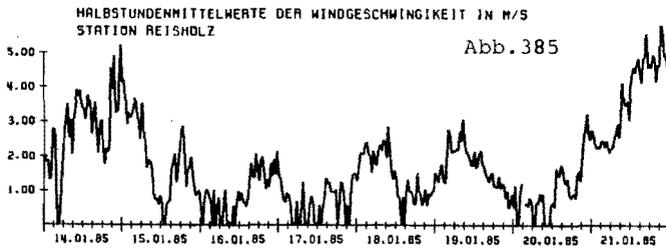
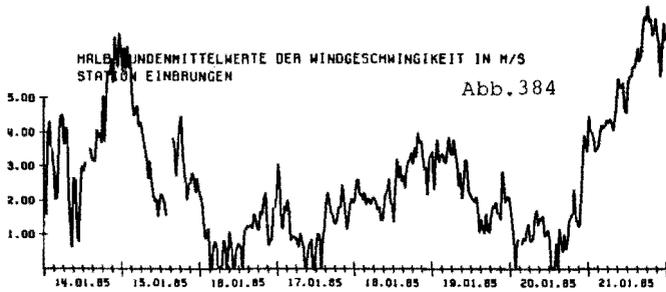
								.67		
.69	.64					.70	RE .66	CAS .67	.56	.51
	DU .70	OB .85	BOT .81	GE .91	HER .74	CAS .69	DO .74			
MO .71	DU .77	MH .70	E .74	E .45	BO .59	WIT .52				
DU .43	DU .39	E .22								
KR .44	D .38									
	D .37									
	D .24									
								.22		
								LEV .21		
	K .28	K .19								
								K .24		
								K .31		

Abbildung: 372
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 21.01.85
Uhrzeit: 18.00

								.45		
.42	.37					.38	RE .41	CAS .37	.30	.24
	DU .39	OB .48	BOT .49	GE .54	HER .38	CAS .39	DO .39			
MO .48	DU .46	MH .37	E .45	E .29	BO .29	WIT .27				
DU .29	DU .19	E .14								
KR .30	D .19									
	D .27									
	D .19									
								.18		
								LEV .19		
	K .24	K .17								
								K .19		
								K .26		

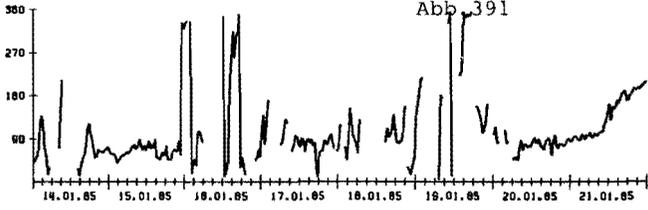
Abbildung: 374
Smogindex
24-Stunden-Mittelwert
Datum: 21.01.85
Uhrzeit: 24.00





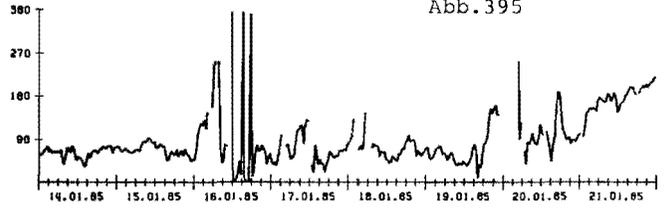
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION NIEDERRADEN

Abb. 391



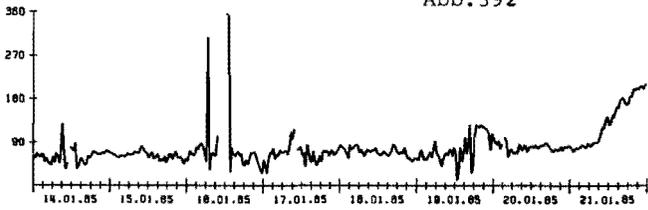
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION LEITHE

Abb. 395



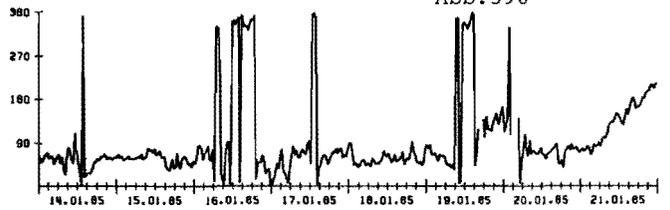
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION RECKLINGHAUSEN

Abb. 392



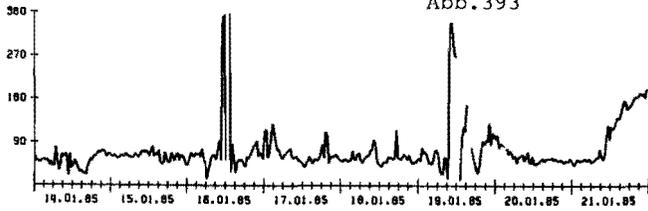
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION BOTTRUP

Abb. 396



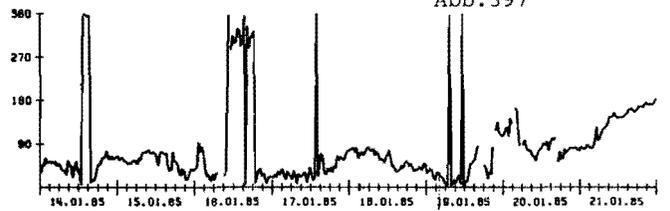
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION SICKINGMUEHLE

Abb. 393



HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION WALSUM

Abb. 397



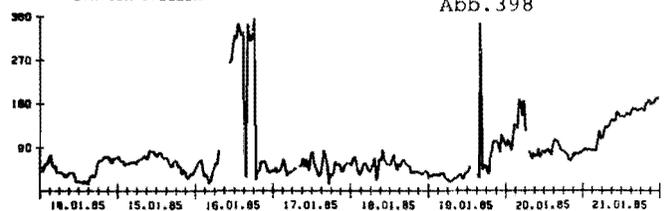
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION WITTEN

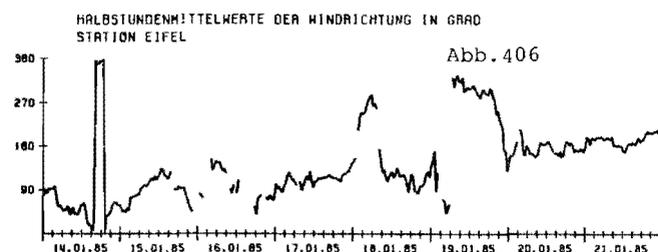
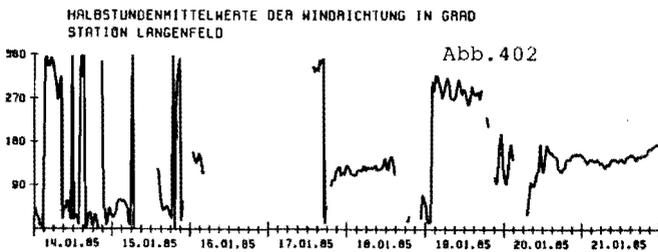
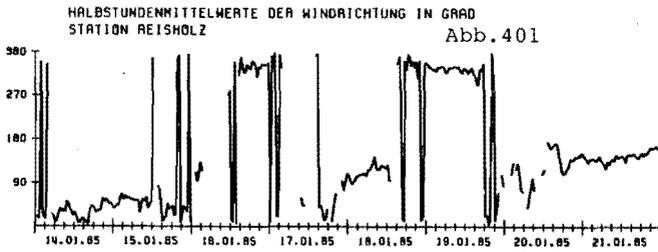
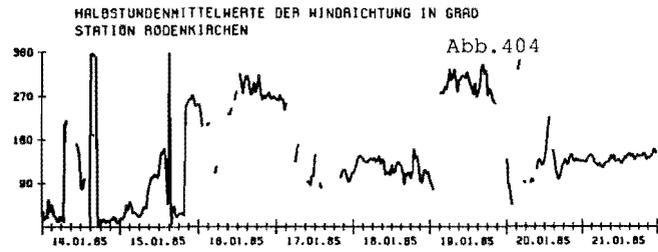
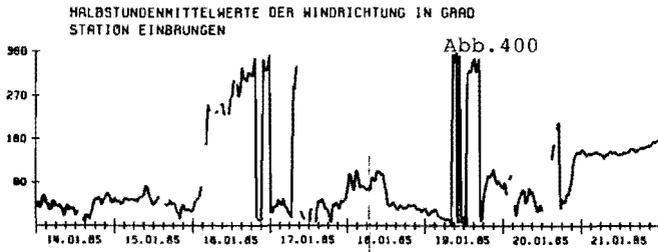
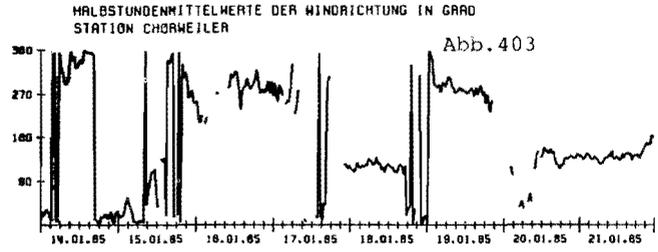
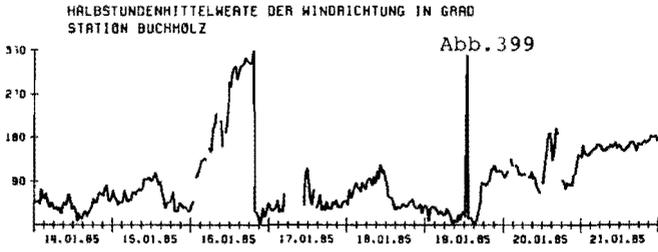
Abb. 394



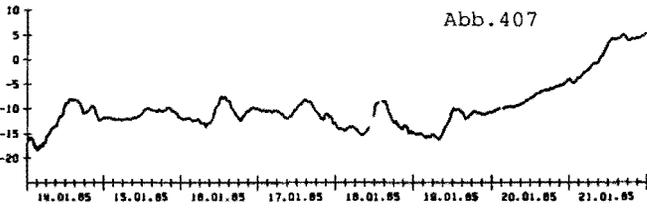
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER WINDRICHTUNG IN GRAD
STATION SPELLEN

Abb. 398

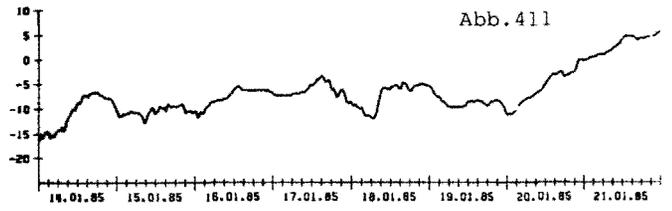




HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION NIEDERADEN



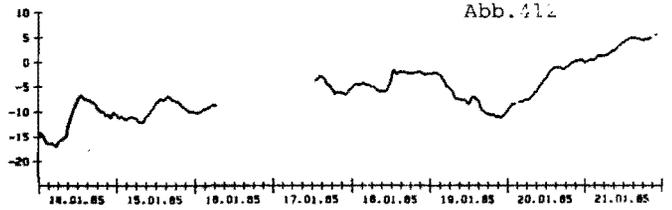
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION EINBRUNGEN



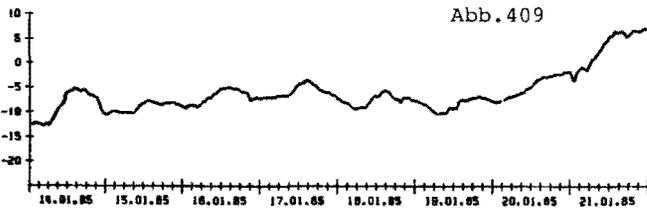
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION LEITHE



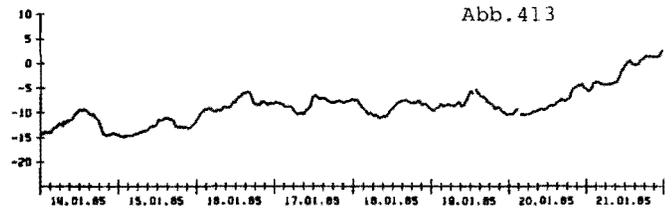
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION LANGENFELD



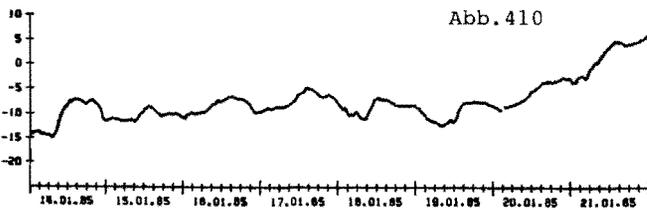
HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION BÖTTROP



HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION EGGEGBIRGE

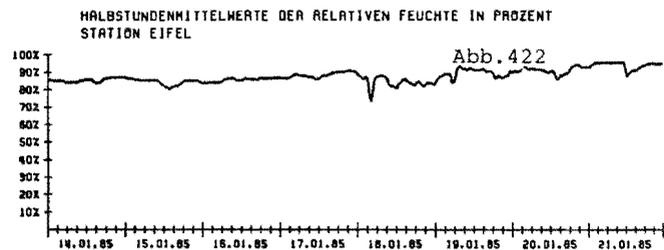
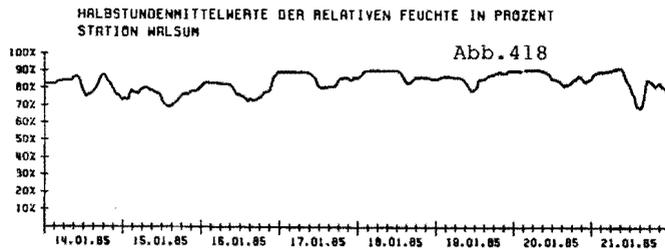
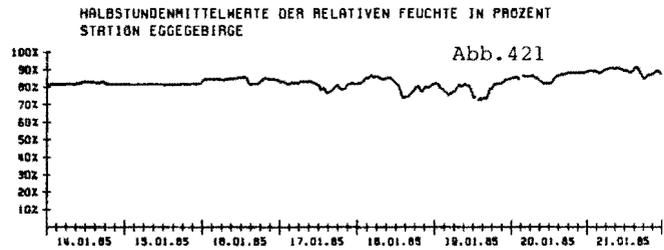
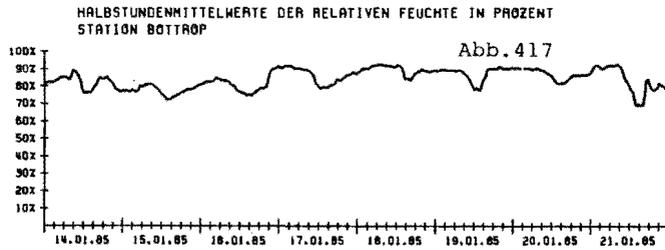
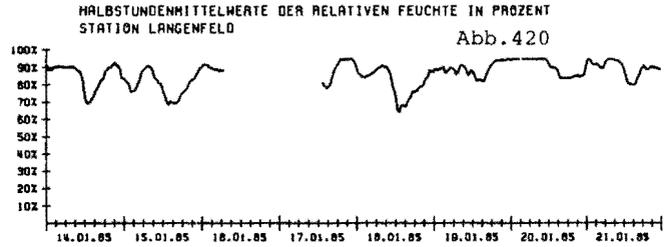
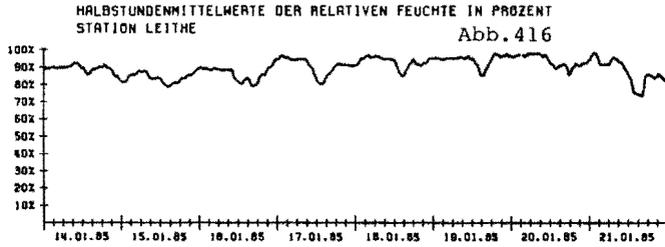
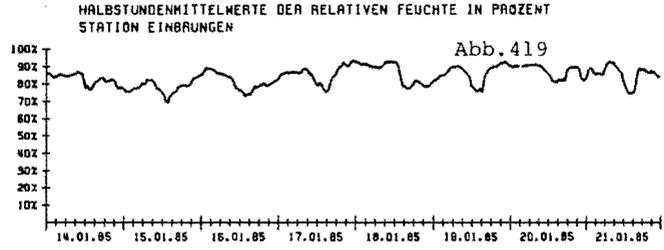
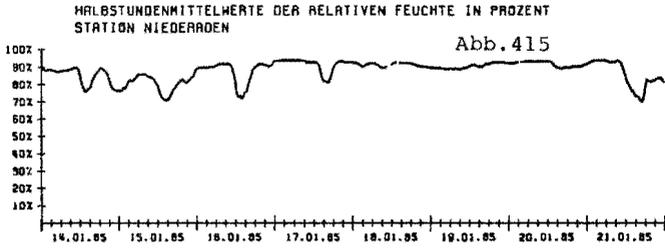


HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION WALSUM



HALBSTUNDENMITTELWERTE DER LUFTTEMPERATUR IN GRAD CELSIUS
STATION EIFEL





Emission für das Winterhalbjahr im Ruhrgebiet und in der Rheinschiene
für die einzelnen Emittentengruppen

Tabelle 3: Schwefeldioxid

Belastungsgebiet	Emission in t				Emission in %			
	Industrie	Hausbrand und Klein- gewerbe	Verkehr	Gesamt	Industrie	Hausbrand und Klein- gewerbe	Verkehr	Gesamt
Ruhrgebiet-West	74737	7585	465	82787	90	9	1	100
Ruhrgebiet-Mitte	146484	17638	644	164766	89	11	< 1	100
Ruhrgebiet-Ost	56163	12706	656	69525	81	18	1	100
Ruhrgebiet-Gesamt	277384	37929	1765	317078	87	12	1	100
Rheinschiene-Süd	55908	6931	426	63265	88	11	1	100
Rheinschiene-Mitte	14553	4998	230	19781	74	25	1	100

Tabelle 4 : Kohlenmonoxid

Ruhrgebiet-West	321927	91665	44677	458269	70	20	10	100
Ruhrgebiet-Mitte	70147	218096	71465	359708	20	60	20	100
Ruhrgebiet-Ost	127255	143860	56068	327183	39	44	17	100
Ruhrgebiet-Gesamt	519329	453621	172210	1145160	45	40	15	100
Rheinschiene-Süd	15161	48203	52742	116106	13	42	45	100
Rheinschiene-Mitte	1435	40753	32831	75019	2	54	44	100

Tabelle 5: Stickoxide (gerechnet als NO₂)

Belastungsgebiet	Emission in t				Emission in %			
	Industrie	Hausbrand und Klein- gewerbe	Verkehr	Gesamt	Industrie	Hausbrand und Klein- gewerbe	Verkehr	Gesamt
Ruhrgebiet-West	38161	2415	7511	48087	79	5	16	100
Ruhrgebiet-Mitte	68516	3814	8323	80653	85	5	10	100
Ruhrgebiet-Ost	40569	2650	5911	49130	83	5	12	100
Ruhrgebiet-Gesamt	147246	8879	21744	177870	83	5	12	100
Rheinschiene-Süd	26068	3040	7978	37086	70	8	22	100
Rheinschiene-Mitte	12114	1938	4283	18335	66	11	23	100

Tabelle 6 : Staub

Ruhrgebiet-West	31104	2153	140	33397	93	6	< 1	100
Ruhrgebiet-Mitte	15200	5488	177	20865	73	26	1	100
Ruhrgebiet-Ost	9613	3142	158	12913	75	24	1	100
Ruhrgebiet-Gesamt	55917	10783	475	67175	83	16	1	100
Rheinschiene-Süd	6682	1942	132	8756	76	22	2	100
Rheinschiene-Mitte	2836	715	71	3622	78	20	2	100

Emission im Winterhalbjahr in Abhängigkeit von der Quellhöhe in % der Gesamt-Emission für die Belastungsgebiete an Rhein und Ruhr

Tabelle 7: Schwefeldioxid

Belastungsgebiet	0 - 60 m	0 - 200 m	Gesamt
Ruhrgebiet-West	20	80	100
Ruhrgebiet-Mitte	15	49	100
Ruhrgebiet-Ost	30	73	100
Ruhrgebiet-Gesamt	19	78	100
Rheinschiene-Süd	20		100
Rheinschiene-Mitte	38	100	100

Tabelle 9: Stickoxide (gerechnet als NO₂)

Belastungsgebiet	0 - 60 m	0 - 200 m	Gesamt
Ruhrgebiet-West	38	67	100
Ruhrgebiet-Mitte	24	87	100
Ruhrgebiet-Ost	42	73	100
Ruhrgebiet-Gesamt	33	83	100
Rheinschiene-Süd	41		100
Rheinschiene-Mitte	40	100	100

Tabelle 8 : Kohlenmonoxid

Ruhrgebiet-West	54	87	100
Ruhrgebiet-Mitte	95	100	100
Ruhrgebiet-Ost	68	100	100
Ruhrgebiet-Gesamt	71	94	100
Rheinschiene-Süd	90		100
Rheinschiene-Mitte	98	100	100

Tabelle 10: Staub

Ruhrgebiet-West	89	99	100
Ruhrgebiet-Mitte	54	97	100
Ruhrgebiet-Ost	74	95	100
Ruhrgebiet-Gesamt	75	97	100
Rheinschiene-Süd	57		100
Rheinschiene-Mitte	65	100	100

Emission im Winterhalbjahr für die einzelnen Emittentengruppen im Ruhrgebiet und in der Rheinschiene in % der Gesamt-Emission der Quellhöhen von 0 bis 60 m

Tabelle 11: Schwefeldioxid

Belastungsgebiet	Industrie	Hausbrand und Kleingewerbe	Verkehr	Gesamt
Ruhrgebiet-West	50	47	3	100
Ruhrgebiet-Mitte	25	72	3	100
Ruhrgebiet-Ost	37	60	3	100
Ruhrgebiet-Gesamt	36	61	3	100
Rheinschiene-Süd	43	54	3	100
Rheinschiene-Mitte	31	66	3	100

Tabelle 13: Stickoxide (gerechnet als NO₂)

Belastungsgebiet	Industrie	Hausbrand und Kleingewerbe	Verkehr	Gesamt
Ruhrgebiet-West	46	13	41	100
Ruhrgebiet-Mitte	37	20	43	100
Ruhrgebiet-Ost	58	13	29	100
Ruhrgebiet-Gesamt	48	15	37	100
Rheinschiene-Süd	28	20	52	100
Rheinschiene-Mitte	17	26	57	100

Tabelle 12: Kohlenmonoxid

Ruhrgebiet-West	46	36	18	100
Ruhrgebiet-Mitte	14	65	21	100
Ruhrgebiet-Ost	11	64	25	100
Ruhrgebiet-Gesamt	23	56	21	100
Rheinschiene-Süd	3	46	51	100
Rheinschiene-Mitte	< 1	55	44	100

Tabelle 14: Staub

Ruhrgebiet-West	92	7	1	100
Ruhrgebiet-Mitte	50	48	2	100
Ruhrgebiet-Ost	65	33	2	100
Ruhrgebiet-Gesamt	78	21	1	100
Rheinschiene-Süd	58	39	3	100
Rheinschiene-Mitte	66	31	3	100

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANN, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahmeleistung des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
(vergriffen) Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:
Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:
Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.