

LIS-Berichte

Nr. 77

Die Smoglage

vom 14. bis 22. Januar 1987

in Nordrhein-Westfalen

und ihre Ursachen

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz

des Landes Nordrhein-Westfalen

Wallneyer Straße 6

D 4300 Essen 1

1988

ISSN 0720-8499

**Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987
in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen**

Siegfried Külske, Dr. Reinhold Beier, Dr. Hans-Ulrich Pfeffer

Landesanstalt für Umweltforschung
des Ministeriums für Umwelt und Natur
St. Ralf

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	7
1. Einleitung	9
2. Wetterlage	11
3. Immissionsentwicklung und Ursachen	14
3.1 Erste Smogphase (13.1. und 14.1.1987)	17
3.2 Zwischenphase (15.1. bis 19.1.1987)	22
3.3 Smoghauptphase (20.1.) und Abklingphase (21.1. bis 23.1.1987)	26
4. Bildanhang	43

DIE SMOGLAGE VOM 14. BIS 22. JANUAR 1987 IN NORDRHEIN-WESTFALEN UND IHRE URSACHEN

Siegfried KÜlske, Dr. Reinhold Beier, Dr. Hans-Ulrich Pfeffer

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

Die Smoglage vom 14. bis 22.1.1987, die im Smoggebiet IV (Rheinschiene Mitte) und im Smoggebiet II (Ruhrgebiet Mitte) zu Smogvoralarm führte, wird in bezug auf die räumlich-zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung detailliert untersucht.

Die Auswirkung meteorologischer Ursachen auf die Belastungssituation in den Smoggebieten und punktuell auch außerhalb der Smoggebiete wird dargestellt, wobei dem Ferntransport und den Transporten zwischen den Smoggebieten besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Die Analyse führte im wesentlichen zu folgenden Ergebnissen:

- Zeitliche Schwerpunkte der Smoglage waren der 14.1.1987 und der 20.1.1987
- Smogalarm der Vorwarnstufe mußte am 20.1.1987 um 12.00 Uhr für das Smoggebiet IV (Rheinschiene Mitte) und um 18.00 Uhr für das Smoggebiet II (Ruhrgebiet Mitte) ausgelöst werden. Der Voralarm dauerte im Smoggebiet IV bis zum 21.1.1987, 3.00 Uhr, und im Smoggebiet II bis zum 22.1.1987, 3.00 Uhr, an.
- Schwefeldioxid prägte die Smogperiode. Der Smogindex überschritt gleichfalls zeitweise den Schwellenwert von $1,10 \text{ mg/m}^3$. Kohlenmonoxid und Stickoxide zeigten überwiegend ein nur geringfügig erhöhtes Niveau.
- Die höchsten 3-Stunden-Mittelwerte der Konzentration betragen in den Smoggebieten: $1000 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, $448 \text{ } \mu\text{g Schwebstaub}/\text{m}^3$, $580 \text{ } \mu\text{g NO}/\text{m}^3$, $230 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$, $8 \text{ mg CO}/\text{m}^3$. Der höchste Smogindexwert betrug $1,38 \text{ mg/m}^3$.
- Die höchsten 3-Stunden-Mittelwerte der Konzentration in Telgte beziehungsweise Paderborn betragen: $737 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, $350 \text{ } \mu\text{g Schwebstoff}/\text{m}^3$, $370 \text{ } \mu\text{g NO}/\text{m}^3$, $250 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$.
- Die höchsten 3-Stunden-Mittelwerte der Konzentration an den Waldstationen wurden im Eggegebirge gemessen mit: $724 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, $274 \text{ } \mu\text{g Schwebstaub}/\text{m}^3$, $303 \text{ } \mu\text{g NO}/\text{m}^3$, $233 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$.
- Die Smoglage entstand während einer hochwinterlichen Frostperiode mit geschlossener Schneedecke. Zu Beginn wurde am Südrand eines skandinavischen Hochdruckgebietes mit einer östlichen Strömung arktische Kaltluft in unser Gebiet geführt. Im weiteren Verlauf geriet NRW in einen Keil des Hochdruckgebietes und später in seine windschwache Achse. Mit Abschwächung des Hochdruckgebietes beendete Meeresluft aus westlichen Richtungen am 23.1. die Smoglage.
- Vom 14. bis 16.1. herrschten hohe Windgeschwindigkeiten mit bis zu 9 m/s im Tagesmittel. Am 20. und 21.1. lagen die Tagesmittel an einzelnen Meßstationen unter 1 m/s . Ab dem 21.1. drehte der Wind auf Westsüdwest. Er nahm am 22.1. und 23.1. deutlich zu.

- Der vertikale Austauschraum war während der gesamten Zeit durch Inversionsbildung eingeschränkt. Der maximale vertikale Austauschraum im Ruhrgebiet betrug am 14.1. 350 m. Er stieg am 15. und 16.1. auf ca. 800 m an, lag am 17.1. bei 250 m, am 18.1. bei 450 m, stieg am 19.1. auf 600 m und nahm dann bis zum 23.1. auf ca. 100 m ab.

- Nach den meteorologischen Bedingungen und dem Emissionsverlauf ist die Smoglage zu unterscheiden in eine erste Smogphase (14.1.), in eine Zwischenphase (15.1. bis 19.1.), in eine Hauptphase (20.1./21.1.) und in die Abklingphase (21. bis 23.1.). Die erste Smogphase stellt den Fall eines reinen Transportsmogs dar. Mit hohen Windgeschwindigkeiten wurde aus den östlichen Nachbarstaaten ein starker SO_2 -Strom herangeführt. Die Transportgeschwindigkeit betrug etwa 30 km/h. Die SO_2 -Wolke erfaßte weite Teile von NRW. Die höchsten Werte wurden im Eggegebirge und in Paderborn mit $770 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (1/2-Stunden-Mittelwert) gemessen. Die Schwelle von $600 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ wurde im Eggegebirge und in Paderborn für die Dauer von fünf bis acht Stunden überschritten. Am Ostrand des Ruhrgebietes betrug die Überschreitungszeit ca. vier Stunden, am Westrand bis 15 Stunden. In der mittleren und südlichen Rheinschiene wurden $600 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ nicht erreicht. Der Ferntransportanteil an der gemessenen SO_2 -Belastung lag nach Abschätzung bei nahe 100 % für die Egge, bei ca. 90 % für den Ostteil des Ruhrgebietes und bei ca. 70 % für den Westrand des Ruhrgebietes.

- Während der Zwischenphase von 15. bis 19.1. blieben die SO_2 -Konzentrationen weitgehend unterhalb von $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei die relativ höchste Belastung im Ruhrgebiet auftrat. Flugzeugmessungen und die Meßstation Egge belegen auch für diese Zwischenphase bei den vorherrschenden Nordost- bis Ostnordost-Winden einen SO_2 -Ferntransport. Die SO_2 -Belastung betrug im Mittel über diesen Zeitraum an der Egge $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$, am Ostrand des Ruhrgebietes $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, am Westrand des Ruhrgebietes $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in der Rheinschiene (Raum Düsseldorf und Köln) ca. $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Die Smoghauptphase am 20.1., die zum Smogvoralarm in den Smoggebieten Ruhrgebiet Mitte und Rheinschiene Mitte führte, wurde durch komplexe Transportprozesse verursacht. Bei geringen Windgeschwindigkeiten und zeitweiliger nördlicher Strömungsrichtung entstand ein Korridor hoher SO_2 -Belastung, der sich durch das mittlere Ruhrgebiet vom Nordrand nach Südsüdwest bis in den Düsseldorfer Raum erstreckte. In diesem Bereich wurden Tagesmittelwerte von über $600 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ und höchste 3-Stunden-Mittelwerte von über $900 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ gemessen. Die südliche Rheinschiene bildete den Ausläufer des Korridors und wies Tagesmittelwerte von nahe $500 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ und höchste 3-Stunden-Mittelwerte von über $600 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ auf. Außerhalb dieses Belastungskorridors - im westlichen und im östlichen Ruhrgebiet - war die Belastung mit Tagesmittelwerten zwischen 200 und $400 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ relativ gering. Die zeitliche und räumliche Entwicklung der SO_2 -Belastung bei zeitweisem parallelem Rückgang der Schwebstaubkonzentrationen sowie Flugzeugmessungen machen es wahrscheinlich, daß die Situation wesentlich von SO_2 -Wolken verursacht wurde, die von Norden in das Ruhrgebiet hineindrifteten. Diesen Fremdeinflüssen überlagerten sich Eigenemissionen des Ruhrgebietes. Der Transport der Schadstoffmassen setzte sich bis in die südliche Rheinschiene fort.

- Während der Abklingphase vom 21. bis 23.1. kam es am 21.1. mit dem Drehen des Windes auf südliche bis südwestliche Windrichtungen im nördlichen Ruhrgebiet zu Konzentrationsanstiegen bis $1000 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (3-Stunden-Mittel),

die durch Rücktransport aus der Rheinschiene und dem Südteil des Ruhrgebietes verursacht wurden. Gleichzeitig waren die Werte in der Rheinschiene gebietsweise mit unter $100 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ abgesunken. Bis Tagesende wurde die Schwelle von $500 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ auch im nördlichen Ruhrgebiet unterschritten. Die Abgaswolke des Ruhrgebietes driftete Nordost- bis ostnordostwärts und erreichte nach ca. 21 Stunden Transportzeit die Meßstation Telgte und nach 36 Stunden Transportzeit die Station Paderborn Eggegebirge. Es wurden hier höchste 3-Stunden-Mittelwerte von $620 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (Telgte) und $460 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (Paderborn) bzw. $470 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (Eggegebirge) erreicht. Die Ankunftszeiten der Schadgaswolke des Ruhrgebietes wurden auch deutlich durch den Anstieg des NO- und NO₂-Konzentrationen sowohl in Telgte als auch in Paderborn und im Eggegebirge markiert. Im Eggegebirge wurden dabei die höchsten bisher überhaupt gemessenen NO- und NO₂-Konzentrationen gemessen (3-Stunden-Mittelwerte: $300 \mu\text{g NO}/\text{m}^3$, $233 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$). Die Smoglage wurde endgültig am 23.1. mit auffrischenden westlichen Winden beendet.

- Das besondere Charakteristikum der hier analysierten Lage war der starke Einfluß von Fremdimmissionen nicht nur bei hohen Windgeschwindigkeiten am 14.1., sondern auch bei den geringen Windgeschwindigkeiten am 20.1. Der Ferntransport führte zeitweise zu landesweit erhöhten SO₂-Belastungen. Flugzeugmessungen und die Messungen an den Bergstationen belegen, daß der Transport im wesentlichen unterhalb der Inversion erfolgte.

- Die Belastungen in den einzelnen Smoggebieten waren sehr unterschiedlich.
- Der Raum Düsseldorf war durch Immissionen aus dem Ruhrgebiet besonders betroffen.
- Es traten auch in der Nachbarschaft und außerhalb der Smoggebiete in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung hohe Immissionen auf.
- Es zeigte sich, daß zur Ermittlung von Ferntransportanteilen Meßstationen und Flugzeugmessungen auch im Vorfeld des Ruhrgebietes erforderlich sind.

1. Einleitung

Vom 14. bis 22. Januar 1987 war die Schadstoffbelastung in den Smoggebieten des Rhein-Ruhrgebietes - aber zeitweise auch in anderen Landesteilen von NRW - stark erhöht. Innerhalb dieses Zeitraums traten besonders hohe Immissionen am 14.1.87, 20.1.87 und 21.1.87 auf.

Die Smogverordnung des Landes war nach den Erfahrungen während der Smoglage im Januar 1985 geändert worden. Insbesondere wurde das Smogwarnggebiet auch auf die Rheinschiene ausgedehnt und das gesamte Warnggebiet in die fünf einzelnen Smoggebiete Ruhrgebiet Ost, Ruhrgebiet Mitte, Ruhrgebiet West, Rheinschiene Mitte und Rheinschiene Süd aufgeteilt, für die nunmehr auch einzeln - bei Vorliegen der Voraussetzungen - Smogalarm ausgelöst werden kann. Die Schwellenwerte der Schadstoffkonzentration für die Alarmauslösung sind nicht verändert worden, jedoch erfolgte eine Umbenennung der Alarmstufen. Die frühere Alarmstufe 1 wird nunmehr als Vorwarnstufe, die frühere Alarmstufe 2 als 1. Alarmstufe und die frühere Alarmstufe 3 als 2. Alarmstufe bezeichnet.

Die seit dem 1. Dezember 1986 gültige Smogverordnung [1] regelt den Smogalarm wie folgt:

Die Vorwarnstufe wird ausgelöst bei Überschreitung der Schwellenwerte $0,60 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ oder $0,60 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ oder $30 \text{ mg CO}/\text{m}^3$ (3-Stunden-Mittel) oder Summenwert (Indexwert) aus SO_2 und $2 \times$ Schwebstaub: $1,10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (24-Stunden-Mittel).

Die Schwellenwerte für die erste Alarmstufe betragen: 3-Stunden-Mittel: $1,20 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ oder $1,00 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ oder $45 \text{ mg CO}_2/\text{m}^3$
oder 24-Stunden-Mittel: Summenwert aus SO_2 und $2 \times$ Schwebstaub: $1,40 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Die Schwellenwerte für die zweite Alarmstufe betragen: 3-Stunden-Mittelwerte: $1,80 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ oder $1,40 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ oder $60 \text{ mg CO}_2/\text{m}^3$
oder 24-Stunden-Mittel: Summenwert aus SO_2 und $2 \times$ Schwebstaub: $1,70 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Die Zeitmittel sind zu jeder durch 3 teilbaren vollen Tagesstunde zu bilden. Die Alarmstufen 1 und 2 können auch über einen sogenannten Zeitemschaltfaktor ausgelöst werden. So muß Alarmstufe 1 auch dann ausgelöst werden, wenn eine Schwelle der Vorwarnstufe drei Tage lang überschritten war; desgleichen muß die Alarmstufe 2 ausgelöst werden, wenn eine Schwelle der Alarmstufe 1 drei Tage lang überschritten war. Die Schwellenwerte müssen gleichzeitig an wenigstens einem Drittel der Meßstationen eines Smoggebietes überschritten sein. Als weitere Bedingung muß eine sogenannte austauscharme Wetterlage (Inversion in den untersten 700 m der Atmosphäre und 12-Stunden-Mittel der Windgeschwindigkeit $< 1,5 \text{ m/s}$) gegeben sein und deren weiteres Bestehen über 24 Stunden prognostiziert sein.

Die Voraussetzungen für die Auslösung von Smogalarm sowohl nach der Höhe der Immissionsbelastung und der räumlichen Ausdehnung als auch nach den meteorologischen Bedingungen waren am 20.1. in den Smoggebieten IV (Rheinschiene Mitte) und II (Ruhrgebiet Mitte) erfüllt.

Der Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, löste am 20.1. um 12.00 Uhr Voralarm für das Smoggebiet IV und um 18.00 Uhr für das Smoggebiet II aus. Der Alarm für das Smoggebiet IV konnte am 21.1. um 3.00 Uhr wieder aufgehoben werden, nachdem die Schadstoffbelastung zurückgegangen war. Im Smoggebiet II bestand der Voralarm bis zum 22.1., 3.00 Uhr.

Der Voralarm machte die Bevölkerung vorsorglich auf die Gefahrenlage aufmerksam und diente der Vorbereitung von Abwehrmaßnahmen. Gleichzeitig wurde an die Öffentlichkeit appelliert, die Emissionen zu reduzieren.

Weitergehende Maßnahmen, die bei Auslösung der ersten Alarmstufe vorgesehen sind, konnten jedoch unterbleiben, da durch eine Änderung der Wetterlage die hohen Schadstoffwerte am 21.1./22.1. vermindert wurden.

Der Voralarm wurde über die Komponente SO_2 ausgelöst. Der Schwellenwert von $600 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ war im Smoggebiet IV am 20.1. um 12.00 Uhr an vier der vorhandenen fünf Smogwarndienststationen überschritten. Der höchste Meßwert (3-Stunden-Mittel) betrug zu diesem Zeitpunkt $672 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (Meßstation Lörick).

Der Smogindex (Voralarmschwelle $1,10 \text{ mg}/\text{m}^3$) erreichte am 20.1. maximal $1,09 \text{ mg}/\text{m}^3$, blieb also knapp unter der Alarmschwelle. Das höchste 3-Stunden-Mittel der NO_2 -Konzentration betrug im Raum Düsseldorf am 20.1. $194 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Voralarmschwelle: $600 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die CO-Konzentration (3-Stunden-Mittel) erreichte am 20.1. maximal $4,3 \text{ mg/m}^3$ (Voralarmschwelle: 30 mg/m^3). Im Smoggebiet II führte gleichfalls die Komponente SO_2 zum Voralarm. Am 20.1. um 18.00 Uhr wurde an 9 von den 12 Smogwarndienststationen in diesem Gebiet die Schwelle von $600 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ überschritten. Der höchste Meßwert (3-Stunden-Mittel) betrug zu diesem Zeitpunkt $942 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (Meßstation Sickingmühle). Der Smogindexwert erreichte am 20.1. maximal $1,31 \text{ mg/m}^3$, überschritt also auch die Voralarmschwelle von $1,10 \text{ mg/m}^3$. Der Smogindex stieg am 21.1. bis 6.00 Uhr auf einen Wert von $1,38 \text{ mg/m}^3$ weiter an.

Mit zeitlicher Verzögerung hätte also auch über den Smogindex Voralarm ausgelöst werden müssen.

Die Komponenten Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid wiesen dagegen am 20.1. im Smoggebiet II mit Maximalwerten (3-Stunden-Mittelwerte) von $220 \text{ } \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ und $4,6 \text{ mg CO/m}^3$ eine relativ geringe Immissionshöhe auf.

Der Schwellenwert von SO_2 für die Auslösung von Smogvoralarm war auch am 14.1. überschritten. In den Smoggebieten I, II und III wurde die für eine Alarmauslösung erforderliche Anzahl von Meßstationen mit Schwellenwertüberschreitungen erreicht. Der maximale 3-Stunden-Mittelwert der SO_2 -Konzentration betrug am 14.1. im Ruhrgebiet $838 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Nach den Bestimmungen der Smogverordnung unterblieb die Auslösung der Vorwarnstufe, da die erforderlichen meteorologischen Kriterien für eine austauscharme Wetterlage nicht gegeben waren. Zwar war eine Inversion in den untersten 700 m der Atmosphäre vorhanden, die 12-Stunden-Mittel der Windgeschwindigkeit überschritten jedoch den Wert von $1,5 \text{ m/s}$ bei weitem. Die 12-Stunden-Mittel der Windgeschwindigkeit lagen am 14.1. zwischen 4 und $8,5 \text{ m/s}$.

In den folgenden Kapiteln werden die Ursachen der Smoglage näher untersucht.

2. Wetterlage

Die Smogwetterlage im Januar 1987 ist in einem Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt Essen [2] detailliert beschrieben, so daß hier nur die wesentlichen Details skizziert werden. Es handelte sich, wie auch schon bei der Smoglage im Januar 1985, um eine hochwinterliche Frostperiode mit geschlossener Schneedecke. Die nachfolgend aufgeführten Tagesmittelwerte und Minima der Temperatur an der am nördlichen Rand des Ruhrgebietes gelegenen Meßstation Niederaden belegen dies.

Zu Beginn der Periode, am 13.1.87, wurde zwischen einem umfangreichen Hochdruckgebiet über Skandinavien und einer Tiefdruckrinne über dem Mittelmeer und Südosteuropa kontinentale, arktische Kaltluft über das verschneite Osteuropa nach Mitteleuropa geführt. Am 14. und 15.1. verstärkte sich die nordöstliche Strömung bei zeitweisem Schneefall. Die Windgeschwindigkeiten erreichten im Ruhrgebiet am 14. und 15.1. 11 m/s im 1/2-Stunden-Mittel.

Tabelle 1: Tagesmittel und Minima der Lufttemperatur in °C
(Meßstation Niederaden)

Datum	Tagesmittel	Lufttemperatur Minimum
13.1.87	-10,8	-15,9
14.1.87	-14,9	-16,2
15.1.87	-11,9	-14,6
16.1.87	- 9,0	- 9,7
17.1.87	- 6,6	- 8,5
18.1.87	- 6,5	- 9,9
19.1.87	- 6,2	- 9,2
20.1.87	- 3,8	- 4,6
21.1.87	- 2,3	- 3,5
22.1.87	+ 0,7	- 0,5
23.1.87	+ 3,0	+ 1,6

Im Tagesverlauf des 16. nahm die Windgeschwindigkeit bei starker Bewölkung ab. Es kam zu geringen Schneefällen. Ab dem 16.1. verlagerte sich das skandinavische Hoch südwärts. NRW geriet in den Folgetagen zunehmend unter den Einfluß des Hochdruckgebietes. Die Windgeschwindigkeiten nahmen weiter ab. Am 20.1. lag NRW in einem Keil des osteuropäischen Hochs. Am 21. und 22.1. erstreckte sich das Hoch von Rußland bis zu den Britischen Inseln. NRW lag in der windschwachen Achse des Hochs. Erst am 23.1. schwächte sich das Hoch über Mitteleuropa ab, so daß an seiner Nordwestflanke Meeresluft in unseren Bereich eindringen konnte und die austauscharme Witterung beendete.

Einen Überblick über Richtung und Intensität der Strömung im Ruhrgebiet vermitteln nachstehende Tagesmittel von Windrichtung (Vektormittel) und Windgeschwindigkeit (skalares Mittel) von der Meßstation Recklinghausen.

Tabelle 2: Tagesmittel der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
Meßstation: Recklinghausen

Datum	Windrichtung	Windgeschwindigkeit
13.1.87	59° (ENE)	3,9 m/s
14.1.87	68° (ENE)	7,9 m/s
15.1.87	64° (ENE)	8,9 m/s
16.1.87	68° (ENE)	5,8 m/s
17.1.87	68° (ENE)	2,6 m/s
18.1.87	67° (ENE)	3,3 m/s
19.1.87	51° (NE)	1,8 m/s
20.1.87	54° (NE)	1,0 m/s
21.1.87	245° (WSW)	0,9 m/s
22.1.87	248° (WSW)	1,5 m/s
23.1.87	262° (W)	2,9 m/s

Eine austauscharme Wetterlage im Sinne der Smogverordnung (12-Stunden-Mittel der Windgeschwindigkeit $< 1,5$ m/s und Inversion in den untersten 700 m der Atmosphäre) war in den Smoggebieten I, II, III und IV vom 20. bis in den 23.1. hinein gegeben. Im Smoggebiet V erstreckte sich die austauscharme Wetterlage vom 17.1. bis zum 23.1.

Die Höhenlagen der Inversion und ihr zeitlicher Verlauf über Essen ist aus Abbildung 1 (entnommen aus [2]) zu ersehen. Vor allem vom 17. bis 18.1. und vom 20. bis 23.1. war der vertikale Austauschraum stark eingeschränkt.

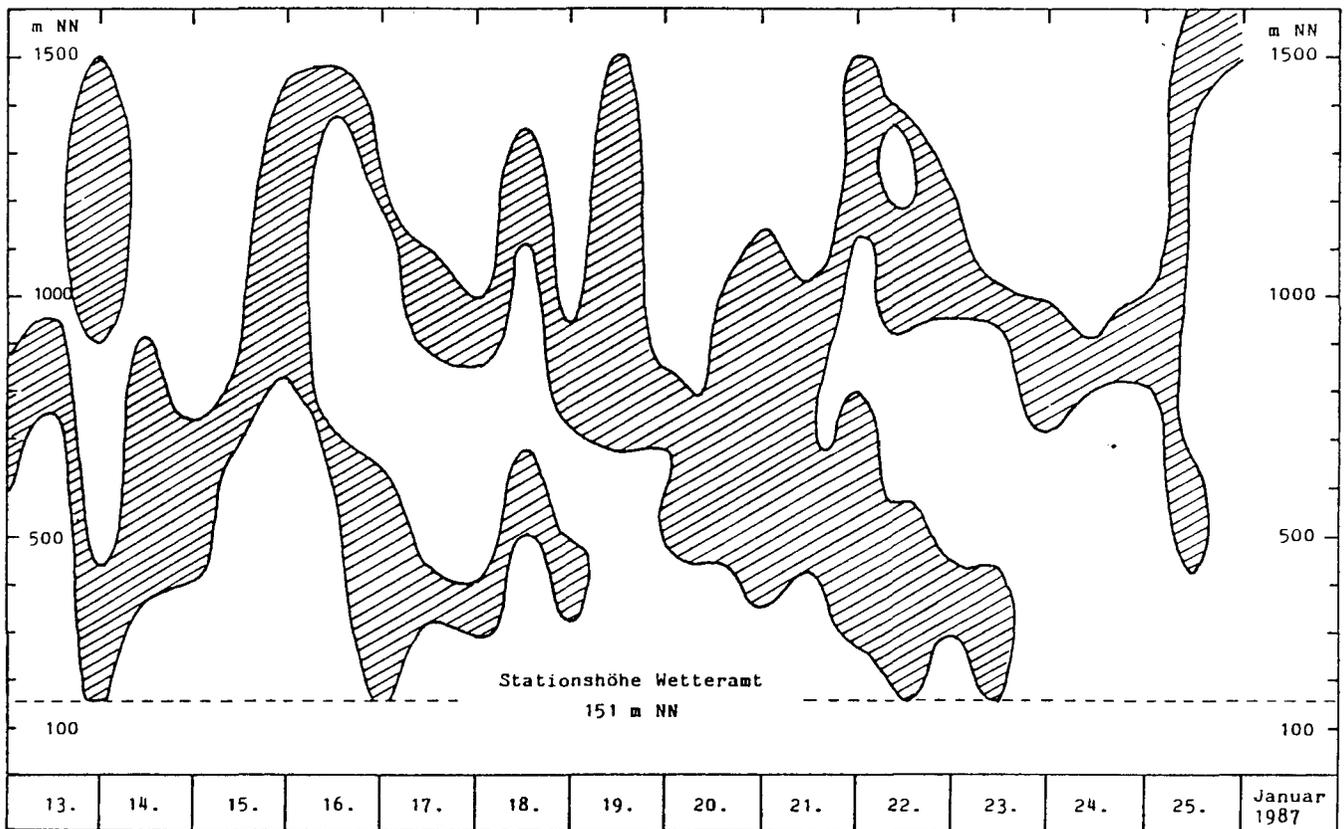


Abb. 1: Zeit-Höhen-Schnitt der Inversion (Temperaturzunahme $\geq 0^\circ\text{C}$) über Essen [2]

3. Immissionsentwicklung und Ursachen

Zur Analyse der Smoglage standen Meßergebnisse von insgesamt 62 Stationen in den Belastungsgebieten der Rheinschiene und des Ruhrgebietes zur Verfügung, weiterhin drei Waldstationen (Eggegebirge, Rothaargebirge, Eifel) sowie vier Sonderstationen (Telgte bei Münster, Paderborn, Mönchengladbach, Stommeln). Die Standorte der Stationen sind der Abbildung 2 zu entnehmen. (Abbildungen, die nicht im Text erscheinen, sind im Bildanhang zusammengefaßt.) Zur Analyse wurden die Schadstoffkomponenten Schwefeldioxid, Schwebstaub, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid sowie der Smogindex herangezogen.

Einen Überblick über die Verteilung der Immissionen während der Smogtage geben die Tabellen 3 bis 6 mit den Tagesmittelwerten für die Smoggebiete und für die Stationen außerhalb der engeren Grenzen der Smoggebiete.

Aus diesen Tabellen ergeben sich bereits folgende wesentliche Zusammenhänge:

- die Smogperiode hatte ihre Schwerpunkte am 14.1. und am 20.1.,
- die bestimmenden Komponenten waren Schwefeldioxid und Schwebstaub,
- von der Smogperiode waren auch Gebiete außerhalb der Smoggebiete betroffen.

Nachfolgend wird der Verlauf der Smogperiode detaillierter untersucht und versucht, aus der Korrelation zu meteorologischen Parametern die Ursache der Smogsituation aufzuklären.

Die Abbildungen 3 - 67 geben für alle TEMES-Stationen den zeitlichen Verlauf des Smogindex-Wertes sowie der SO₂- und Schwebstaub-Konzentration wieder. In den Abbildungen 68 - 93 ist für 26 repräsentativ ausgewählte TEMES-Stationen der Verlauf der CO-, NO₂- und NO-Konzentrationen dargestellt. Abb. 94 - 134 enthalten die meteorologischen Größen Windgeschwindigkeit, Windrichtung, relative Luftfeuchte und Lufttemperatur und die Abb. 135 - 139 geben schließlich den Verlauf der Immissionskonzentration und von Windgeschwindigkeit und Windrichtung - soweit vorhanden - an den Sonderstationen Paderborn, Telgte, Mönchengladbach, Stommeln und Köln-Langerich wieder.

Die Konzentrationswerte sind als 3-Stundenmittelwerte zeitlich gleitend in Halbstundenschritten aufgetragen. Die Smogindex-Werte sind 24-Stundenmittelwerte, aufgetragen auch hier zeitlich gleitend in Halbstundenschritten. Die zeitliche Zuordnung erfolgte jeweils für die Endpunkte der Zeitintervalle.

Die meteorologischen Größen sind als Halbstundenmittel dargestellt.

Tabelle 3: Tagesmittelwerte der Schwefeldioxid-Immissionskonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	13.01.	14.01.	15.01.	16.01.	17.01.	18.01.	19.01.	20.01.	21.01.	22.01.	23.01.
Ruhrgebiet Ost	88	<u>493</u>	209	144	296	<u>374</u>	361	371	321	311	139
Ruhrgebiet Mitte	98	<u>478</u>	231	166	293	369	361	<u>522</u>	447	313	114
Ruhrgebiet West	101	<u>507</u>	244	211	321	<u>416</u>	365	358	410	272	83
Rheinschiene Mitte	89	361	236	156	226	333	<u>413</u>	<u>492</u>	323	201	89
Rheinschiene Süd	90	255	235	174	219	243	<u>397</u>	<u>432</u>	264	145	84
Eggegebirge	142	<u>472</u>	173	145	315	367	<u>427</u>	289	165	399	179
Rothaargebirge	73	<u>299</u>	215	211	231	258	189	56	27	24	64
Eifel	71	192	<u>244</u>	157	186	134	<u>264</u>	89	8	76	73
Telgte	84	<u>400</u>	163	136	253	290	319	331	<u>450</u>	289	54
Paderborn	154	<u>482</u>	199	163	389	367	<u>462</u>	336	122	348	138
Mönchengladbach	103	<u>428</u>	302	198	335	418	<u>442</u>	391	407	221	118
Stommeln	87	285	237	176	224	278	<u>418</u>	<u>452</u>	338	161	58
Bonn	93	241	220	188	211	249	338	<u>453</u>	264	178	133

Tabelle 4: Tagesmittelwerte der Schwebstaub-Immissionskonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	13.01.	14.01.	15.01.	16.01.	17.01.	18.01.	19.01.	20.01.	21.01.	22.01.	23.01.
Ruhrgebiet Ost	58	164	108	105	194	200	<u>254</u>	<u>242</u>	166	203	104
Ruhrgebiet Mitte	55	171	120	106	210	199	<u>245</u>	<u>289</u>	210	194	112
Ruhrgebiet West	53	179	112	113	<u>221</u>	197	<u>230</u>	<u>218</u>	196	<u>220</u>	119
Rheinschiene Mitte	58	141	108	105	179	171	<u>271</u>	<u>258</u>	162	177	128
Rheinschiene Süd	71	122	113	108	182	135	<u>225</u>	<u>265</u>	146	159	121
Eggegebirge	71	179	92	102	172	<u>194</u>	<u>193</u>	-	-	-	-
Rothaargebirge	36	94	95	<u>119</u>	81	<u>101</u>	85	49	31	26	35
Eifel	39	81	<u>112</u>	105	<u>107</u>	65	<u>123</u>	60	28	19	20
Telgte	58	175	96	101	176	184	<u>235</u>	165	176	<u>240</u>	77
Paderborn	85	190	105	111	197	194	<u>231</u>	<u>215</u>	91	182	86
Mönchengladbach	55	161	123	116	179	-	<u>243</u>	<u>299</u>	-	-	-
Stommeln	46	117	120	112	163	152	<u>253</u>	<u>248</u>	130	166	122
Bonn	67	96	92	97	175	128	<u>226</u>	<u>301</u>	129	111	101

Tabelle 5: Tagesmittelwerte der Stickstoffdioxid-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	13.01.	14.01.	15.01.	16.01.	17.01.	18.01.	19.01.	20.01.	21.01.	22.01.	23.01.
Ruhrgebiet Ost	37	56	49	45	58	63	73	90	<u>123</u>	<u>148</u>	98
Ruhrgebiet Mitte	41	62	50	50	66	65	76	113	<u>154</u>	<u>126</u>	98
Ruhrgebiet West	40	62	47	48	67	63	67	81	<u>136</u>	<u>127</u>	96
Rheinschiene Mitte	58	64	56	52	68	62	85	<u>112</u>	<u>125</u>	105	103
Rheinschiene Süd	59	63	54	48	66	60	83	<u>106</u>	<u>106</u>	91	90
Eggegebirge	33	55	27	34	51	56	59	73	78	<u>187</u>	<u>115</u>
Rothaargebirge	26	38	38	37	38	32	32	29	20	38	<u>89</u>
Eifel	51	56	55	50	56	43	<u>71</u>	45	12	50	<u>71</u>
Telgte	37	67	39	50	70	68	83	106	<u>166</u>	<u>194</u>	105
Paderborn	43	59	46	48	64	60	79	95	86	<u>180</u>	<u>116</u>
Mönchengladbach	68	79	71	65	83	72	76	<u>107</u>	<u>124</u>	106	97
Stommeln	47	61	49	44	60	53	74	-	-	98	90
Bonn	65	63	59	52	73	65	87	<u>129</u>	<u>114</u>	91	97

Tabelle 6: Tagesmittelwerte der Kohlenmonoxid-Konzentrationen in mg/m^3

	13.01.	14.01.	15.01.	16.01.	17.01.	18.01.	19.01.	20.01.	21.01.	22.01.	23.01.
Ruhrgebiet Ost	1.0	1.6	1.1	1.1	1.6	1.6	2.2	2.3	<u>3.3</u>	<u>4.7</u>	3.1
Ruhrgebiet Mitte	1.2	2.0	1.5	1.5	2.2	2.0	2.5	2.8	<u>3.9</u>	<u>4.0</u>	3.2
Ruhrgebiet West	1.3	2.1	1.2	1.4	2.3	1.9	2.1	2.2	<u>3.5</u>	<u>3.6</u>	3.0
Rheinschiene Mitte	1.6	1.9	1.3	1.4	2.1	1.9	2.9	<u>3.2</u>	3.1	<u>3.2</u>	<u>3.4</u>
Rheinschiene Süd	1.6	1.5	1.2	1.3	2.1	1.9	2.7	<u>3.1</u>	2.7	2.8	<u>2.9</u>
Eggegebirge	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rothaargebirge	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eifel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Telgte	0.5	1.3	0.7	0.7	1.2	1.4	1.6	1.4	2.1	<u>4.0</u>	1.9
Paderborn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mönchengladbach	1.7	2.4	2.1	2.1	2.8	2.4	2.3	2.9	3.4	<u>3.7</u>	<u>3.8</u>
Stommeln	1.0	1.2	1.1	1.2	1.8	1.5	2.4	<u>2.9</u>	2.6	2.7	<u>2.8</u>
Bonn	1.8	1.5	1.6	1.6	2.2	1.8	2.7	<u>3.3</u>	2.5	2.5	<u>3.1</u>

Neben diesen zeitlichen Darstellungen der Immissionsentwicklung geben die Abbildungen von 140 bis 228 die räumlich-zeitliche Entwicklung der SO₂-Belastung in den Smogwarngeländen für die Zeit vom 13.1., 3.00 Uhr bis 23.1., 24.00 Uhr wieder. Die Darstellungen zeigen das räumliche SO₂-Belastungsfeld auf der Basis von 3-Stunden-Mittelwerten in Form von Isolinien der Konzentration in einer Zeitfolge von drei Stunden. Aus der zeitlichen Veränderung der Belastungsfelder lassen sich im Verein mit den eingezeichneten Windrichtungspfeilen Hinweise über den Transport des Schwefeldioxid ermitteln. Schwefeldioxid wurde hier als Leitkomponente gewählt.

Im weiteren Verlauf kann nicht auf alle Einzelheiten der zeitlich-räumlichen Immissionsentwicklung eingegangen werden, es wird vielmehr versucht, die wesentlichen Zusammenhänge, die sich von Tag zu Tag ergaben, darzulegen.

3.1. Erste Smogphase (13.1. und 14.1.1987)

Am Südrand einer nordeuropäischen Hochdruckzone herrschten hochwinterliche Witterungsbedingungen. Die Tagesmittel der Temperatur betragen am 13.1. -11 °C, am 14.1. -15 °C. Die Minima lagen bei -16 °C. In ca. 700 m Höhe lag mittags eine Inversion mit einem Temperatursprung von 2 K und einer Dicke von 200 m. In der Nacht vom 13. auf den 14.1. sank die Höheninversion herab und es entstand mit einer sich über der Schneefläche bildenden Bodeninversion eine auf dem Boden aufliegende Inversion bis ca. 500 m Höhe über NN. Die Temperaturzunahme betrug 6 K. Am Vormittag des 14.1. löste sich die Bodeninversion bis ca. 400 m Höhe über NN auf; darüber verstärkte sich die Höheninversion. Die Inversionsschicht hatte mittags eine Dicke von 500 m mit einer Temperaturzunahme von 13 K. Die Höhenlage der Inversion blieb zum 15.1. erhalten.

Der Bodenwind in Anemometerhöhe kam zu Beginn des 13.1. aus Nord bis Nordnordost bei Geschwindigkeiten unter 2 m/s. In den Vormittagsstunden drehte der Wind zunehmend auf Ostnordost und nahm im Laufe des Tages auf Werte bis ca. 5 m/s im Ruhrgebiet und in der Rheinschiene auf ca. 3 - 4 m/s zu. In der Nacht ging die Geschwindigkeit etwas zurück. In den Morgenstunden des 14.1. frischte der Wind wiederum auf. Gegen 12.00 Uhr wurden im Ruhrgebiet im 3-Stunden-Mittel örtlich bis 7 m/s gemessen, in der südlichen Rheinschiene war die Geschwindigkeit mit Werten unter 3 m/s deutlich geringer.

Aus Abbildung 229 (entnommen aus [2]) sind die Höhenwinde zu ersehen. Es herrschte auch in der Höhe Ostwind. Am 14.1. um 12.00 Uhr wurden an der Untergrenze der Höheninversion in 400 m Höhe über NN Geschwindigkeiten um ca. 14 m/s gemessen.

Die Abbildungen 140 bis 228 geben das SO₂-Immissionsfeld als 3-Stunden-Mittelwerte in Zeitabständen von 3 Stunden in den Smoggeländen wieder. Die Windpfeile markieren die Windrichtung.

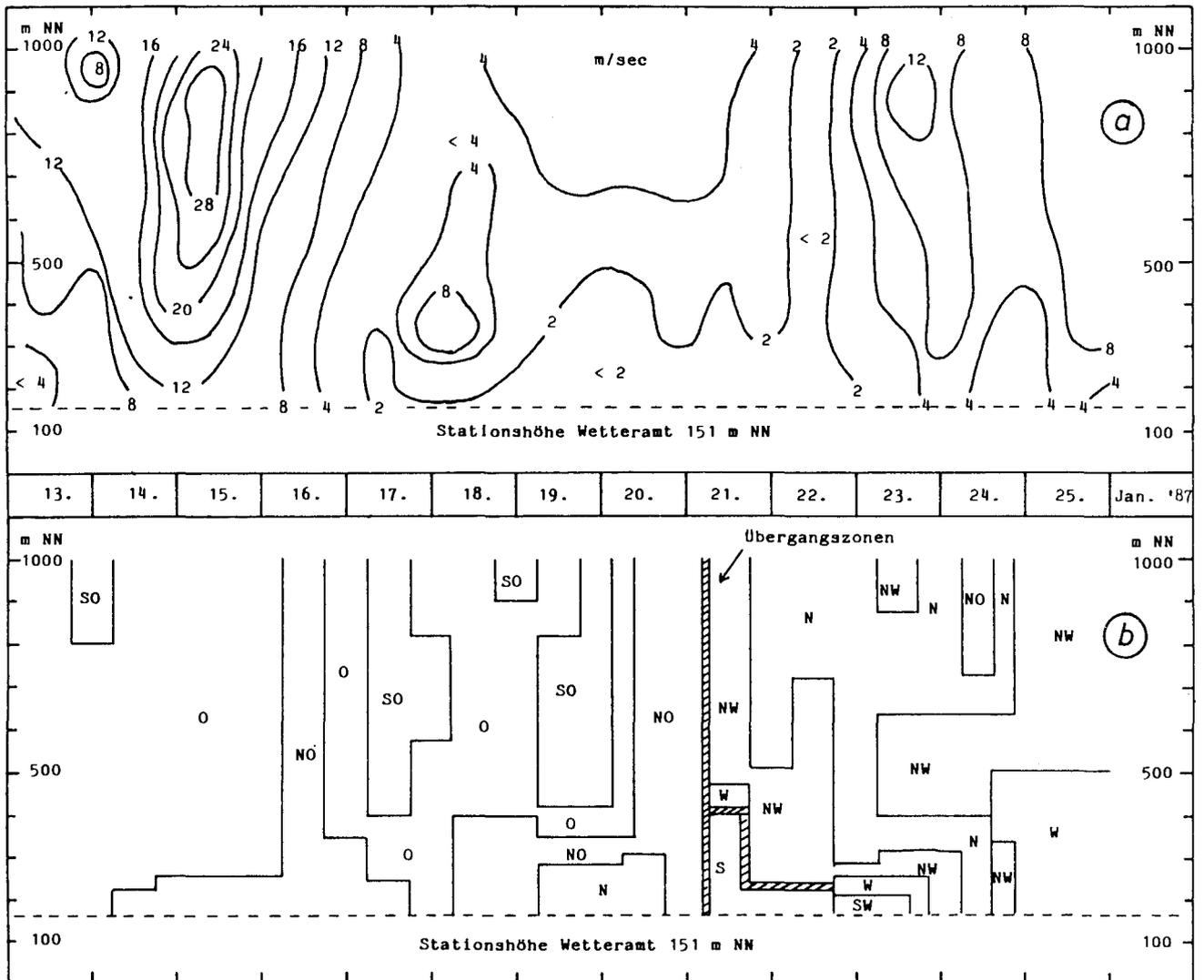


Abb. 229: Zeit-Höhen-Schnitt von Windstärke und Windrichtung über Essen [2]

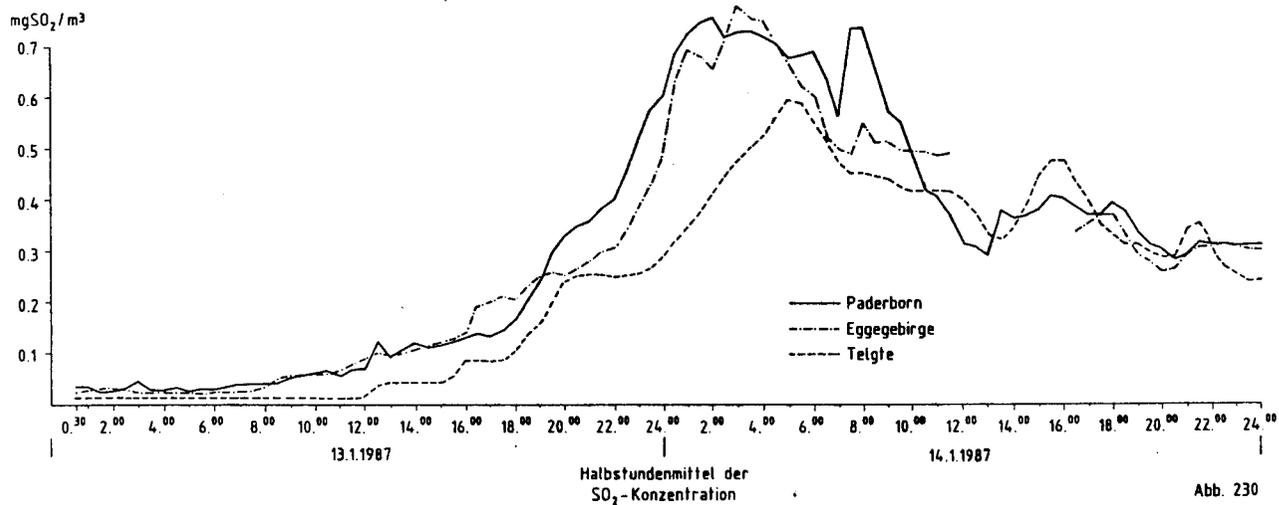


Abb. 230

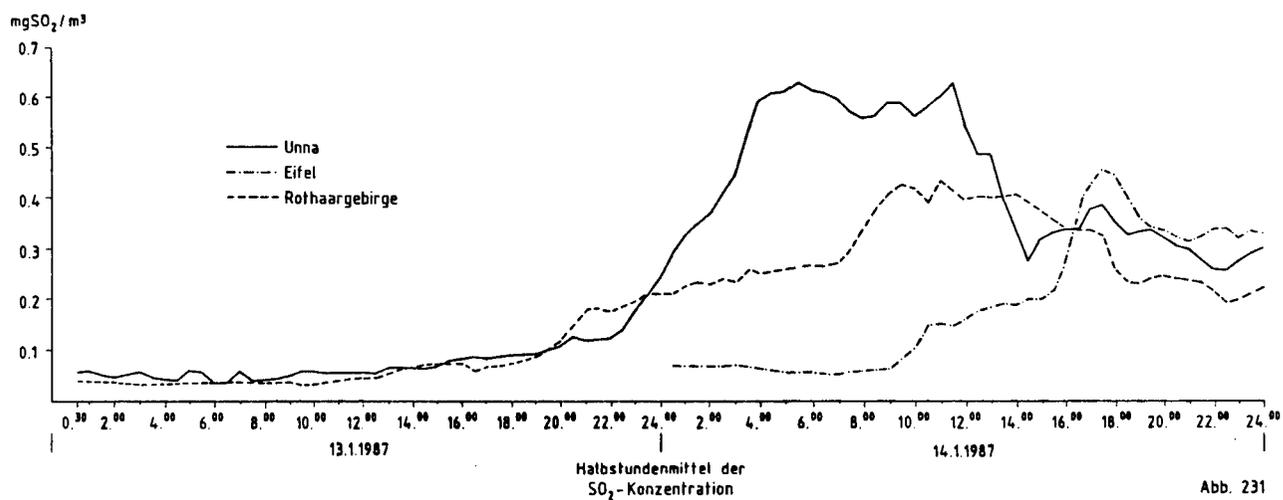


Abb. 231

Abb. 230-231: Halbstundenmittelwerte der SO₂-Konzentrationen

Die SO₂-Konzentrationen blieben am 13.1. auf relativ geringem Niveau. Nach Werten von überwiegend unter 100 µg/m³ in der ersten Tageshälfte stieg die Belastung bis Mitternacht im Ruhrgebiet auf überwiegend unter 200 µg/m³ an. Am 14.1. setzte dann abrupt ein starker SO₂-Anstieg ein. Die Abbildungen 230 und 231 geben den Zeitverlauf an den Stationen Eggegebirge, Paderborn, Telgte, Unna, Rothaargebirge und Eifel als 1/2-Stunden-Mittelwerte wieder. Die Verläufe zeigen einen von Ost nach West zeitversetzten Konzentrationsanstieg. Im Eggegebirge begann die Konzentration bereits am 13.1. gegen 16.30 Uhr anzusteigen, am Ostrand des Ruhrgebietes, in Unna, setzte der Anstieg gegen 23.00 Uhr ein. Die Konzentrationen stiegen zügig auf ein Immissionsmaximum an, um im Laufe des 14.1. allmählich wieder abzufallen. Die zeitversetzten Kurvenverläufe in den Abbildungen machen deutlich, daß mit den östlichen Winden ein kräftiger Schadstoffstrom transportiert wurde. Wie die Messungen in Hessen im Bereich Kassel, Frankfurt, Gießen und Grebenau (nördlich des Vogelberges) zeigen, reicht dieser Schadstoffstrom nach Süden bis auf die Höhe von Frankfurt [3].

Die Abbildung 232 gibt die Eintrittszeiten des 90 %-Wertes des jeweiligen Immissionsmaximums, das bei Durchzug der SO₂-Wolke an den nordrhein-westfälischen Meßstationen registriert wurde, wieder. Es errechnen sich daraus Transportgeschwindigkeiten von der Egge bis zum Ostrand des Ruhrgebietes (Unna) von ca. 30 km/h (ca. 8 m/s). In ca. 2,5 Stunden, von 3.30 Uhr bis 6.00 Uhr, wurde das Ruhrgebiet vom Ostrand zum Westrand überquert, was gleichfalls einer Transportgeschwindigkeit von 30 km/h entspricht.

Da die Bodenwindgeschwindigkeiten überwiegend zwischen 4 und 6 m/s lagen, muß der Transport zu einem wesentlichen Teil in höheren Luftschichten mit höheren Windgeschwindigkeiten erfolgt sein. Die Windgeschwindigkeiten in ca. 200 - 300 m Höhe entsprachen etwa der Transportgeschwindigkeit (Abb. 229). Durch turbulenten vertikalen Austausch bei den relativ hohen Windgeschwindigkeiten wurden die Schadstoffe zum Boden geführt.

Durch den Osttransport wurde auch der nördliche Teil der Rheinschiene bis zur Höhe Hilden-Dormagen zügig erfaßt, wie aus den Eintrittszeiten der Immissionsmaxima zu ersehen ist. Südlich Langenfeld, Dormagen, Pulheim bis in den Kölner und Bonner Raum traten die Immissionsmaxima fünf bis neun Stunden später ein. In diesem Teil der Kölner Bucht kam es erst ab 14.00 Uhr zu einem Transport nach Süden, als der Wind hier zunehmend auf nördliche bis nord-nordöstliche Richtungen drehte. Die Transportgeschwindigkeit blieb dabei mit etwa 9 km/h gering, was ungefähr der Windgeschwindigkeit in Anemometerhöhe entsprach.

Der Vergleich der Immissionsverläufe und der Strömungsverhältnisse an den Waldstationen Rothaargebirge und Eifel zeigt, daß der Osttransport auch über das Sauerland hinweg bis zur Eifel und weiter nach Westen hin reichte. Das Immissionsmaximum trat im Rothaargebirge um 8.30 Uhr auf, in der Eifel um 16.30 Uhr. Aus der Entfernung zwischen beiden Stationen von ca. 140 km errechnet sich eine Transportgeschwindigkeit von 17,5 km/h, was in etwa den mittleren Windgeschwindigkeiten während der Transportzeit von ca. 5 m/s an den Stationen Rothaargebirge (Höhenlage: 642 m über NN) und Eifel (Höhenlage: 572 m über NN) entsprach. Der Schadstoffstrom überquerte auf dem Wege vom Rothaargebirge zur Eifel den Südteil der Kölner Bucht. Dieser Teil hätte gegen 13.00 Uhr vom Maximum des Schadstoffstromes erfaßt werden müssen. Da die Maxima hier jedoch - wie oben erläutert - wesentlich später auftraten und außerdem in Korrelation zur Windrichtung und Windgeschwindigkeit in der Kölner Bucht stehen, ist wahrscheinlich, daß wesentliche Antei-

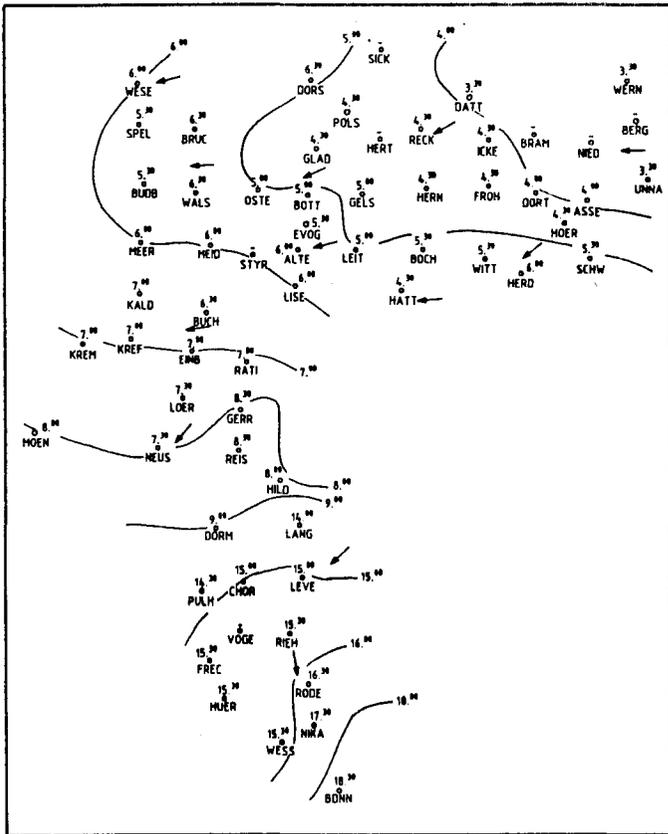


Abb. 232

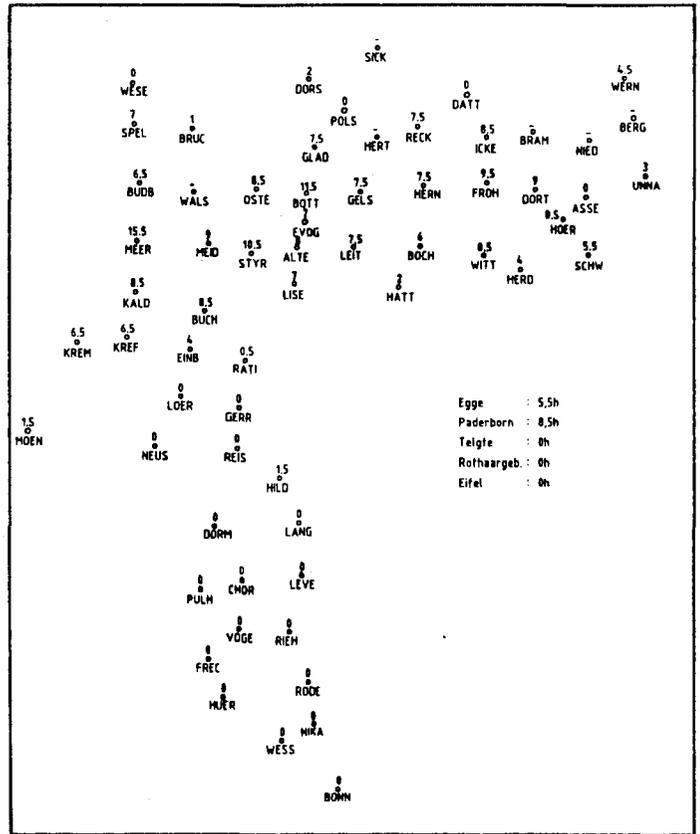


Abb. 233

Abb. 232: Eintrittszeiten der maximalen SO_2 -Konzentration (Halbstundenwerte) am 14.01.1987

Abb. 233: Überschreitungshäufigkeit der Schwelle von $0,60 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ in Stunden am 14.01.1987

le des Schadstoffstromes durch Anheben der Strömung über dem Sauerland in der Höhe transportiert wurden und das südliche Rheintal durch vertikalen Austausch nur geringfügig in Mitleidenschaft gezogen wurde. Der Südteil der Kölner Bucht war in erster Linie indirekt durch den nördlichen Transport innerhalb der Bucht betroffen.

Die räumliche Verteilung der maximalen 1/2-Stunden-Mittelwerte, wie sie während dieser Transportperiode aufgetreten sind, zeigt für die östlichsten Meßstationen (Eggegebirge und Paderborn) ein Konzentrationsniveau von ca. $770 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 85 km weiter westlich, am Ostrand des Ruhrgebietes im Mittel ein Niveau von ca. $620 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und am Westrand des Ruhrgebietes - ca. 75 km entfernt - im Mittel ein Niveau von ca. $730 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Bereich Düsseldorf beträgt das Niveau ca. $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im Südteil der Kölner Bucht 300 bis $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die höchsten Konzentrationen traten an den am östlichsten gelegenen Stationen auf, sie verringerten sich bis zum Ostrand des Ruhrgebietes durch Verdünnung und Deposition um ca. 20 % und wurden beim Weg durch das Ruhrgebiet durch die Eigenemission, die die weitere Verdünnung und Deposition überkompensierte, um ca. 18 % erhöht, so daß am Westrand des Ruhrgebietes nahezu wieder das Niveau der Stationen Eggegebirge und Paderborn erreicht wurde.

Der Ferntransportanteil der gemessenen Immissionen dürfte für das Eggegebirge nahezu 100 % ausmachen, für den Ostrand des Ruhrgebietes ca. 90 % und für den Westteil des Ruhrgebietes schätzungsweise 70 %.

Die Quellen für den sehr starken Ferntransport sind nach Trajektorienberechnungen des Deutschen Wetterdienstes [2] in erster Linie in der DDR und CSSR zu suchen.

Mit dem Ferntransport wurden außer Schwefeldioxid auch Schwebstaub und in geringerem Maße Stickoxide in die Bundesrepublik geführt.

Wie die Zeitverläufe in den Abbildungen 3 bis 67 ausweisen, erfolgte parallel mit der Zunahme der SO₂-Konzentration eine Zunahme der Schwebstaubkonzentration, zuerst im Eggegebirge und in Paderborn und dann zeitversetzt an den Stationen im Rhein-Ruhrgebiet.

Vor dem Einsetzen der Transportepisode betragen die Schwebstaubkonzentrationen im Eggegebirge 30 µg/m³ (3-Stunden-Mittelwerte). Mit dem Ferntransport stiegen die Konzentrationen zu Beginn des 14.1. auf einen Wert von 225 µg/m³ an. Am Ostrand des Ruhrgebietes wurden Maximalwerte um 195 µg/m³, am Westrand um 225 µg/m³ erreicht. Die Ferntransportanteile für Schwebstaub entsprachen in etwa den für SO₂ abgeschätzten Werten.

Mit dem Einsetzen des Ferntransportes stiegen zwar auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen im Eggegebirge um ca. 20 µg/m³ auf ca. 60 µg/m³ an. Dieser Anstieg ist jedoch relativ geringfügig und zeigt, daß der Ferntransport von Stickoxiden relativ gering war. Auch in den Belastungsgebieten traten während dieser Smogphase keine deutlich erhöhten NO₂-Konzentrationen auf.

Das gleiche gilt für das CO-Konzentrationsniveau.

Bezüglich SO₂ kam es in dieser ersten Smogphase in den einzelnen Gebieten zu unterschiedlichen Überschreitungszeiten für die Schwelle von 0,60 mg SO₂/m³. Abbildung 233 gibt eine Übersicht über diese Überschreitungszeiten.

An den Stationen Eggegebirge und Paderborn wurden 5,5 bzw. 8,5 Stunden Überschreitungszeit erreicht, am Ostrand des Ruhrgebietes 3 bis 4,5 Stunden, am Westrand des Ruhrgebietes bis 15,5 Stunden. Südlich der Linie Mönchenglabbach, Einbrungen, Ratingen wurden in der Rheinschiene keine Überschreitungen der 0,6 mg/m³-Schwelle verzeichnet.

3.2. Zwischenphase (15.1. bis 19.1.1987)

Die Zeit vom 15.1. bis 19.1.1987 kann als Zwischenphase während dieser Smogperiode bezeichnet werden. Während dieser Tage waren die Immissionskonzentrationen zwar gegenüber den während dieser Jahreszeit üblichen Werten erhöht, die Schwellenwerte für die Auslösung des Voralarms wurden je-

doch nicht überschritten. Die meteorologischen Bedingungen waren an diesen Tagen unterschiedlich, obwohl sich die Großwetterlage (Hoch Nordmeer-Fennoskandien, zykonal) vorerst wenig änderte.

Am 15.1. herrschten im Ruhrgebiet Windgeschwindigkeiten bis zu 11 m/s bei ostnordöstlicher Richtung. In der Rheinschiene, im Bereich Düsseldorf, wurden bei gleicher Windrichtung Geschwindigkeiten bis zu 7 m/s erreicht. Im südlichen Teil der Rheinschiene wurden Geschwindigkeiten bis zu 5 m/s bei Richtungen um Nord bis Nordnordost registriert.

Auch am 16.1. herrschten noch hohe Windgeschwindigkeiten mit bis zu 8 m/s im Ruhrgebiet, 4,5 m/s im Bereich Düsseldorf und 3 m/s in der südlichen Rheinschiene. Die Windrichtung blieb in den einzelnen Gebieten nahezu unverändert.

Am 17.1. nahm die Windgeschwindigkeit deutlich ab auf Werte bis zu 3 m/s im Ruhrgebiet, auf 2,4 m/s im Raum Düsseldorf und auf 1,5 m/s in der südlichen Rheinschiene. Die Windrichtung im Ruhrgebiet betrug Ostnordost bis Ost, im Raum Düsseldorf überwiegend Nord bis Nordost, in der südlichen Rheinschiene überwiegend West. Zeitweise wurde im Raum Düsseldorf und in der südlichen Rheinschiene Windstille festgestellt.

Am 18.1. nahm die Windgeschwindigkeit wieder etwas zu. Im Ruhrgebiet wurden Werte bis 5 m/s bei Richtung um Ostnordost bis Ost gemessen. Im Raum Düsseldorf wurden bis 4 m/s bei Richtung um Nordnordost bis Ost registriert. In der südlichen Rheinschiene blieb es relativ schwachwindig mit maximalen Geschwindigkeiten bis zu 2,4 m/s und zeitweiser Windstille. Die Windrichtung kam hier in der ersten Tageshälfte mehr aus S bis SO und drehte dann zunehmend auf Nord bis Nordnordost.

Am 19.1. gingen die Windgeschwindigkeiten allgemein zurück auf maximale Geschwindigkeiten um 3 m/s im Ruhrgebiet, um 2 m/s im Raum Düsseldorf und um 1,5 m/s in der südlichen Rheinschiene.

Die Richtung im Ruhrgebiet schwankte zwischen Nordnordost bis Ostnordost, im Düsseldorfer Raum dominierten nördliche Richtungen zwischen Nordnordwest und Nordnordost. In der südlichen Rheinschiene dominierten westliche Windrichtungen.

Während der gesamten betrachteten Zeit vom 15.1. bis 19.1. lagen Inversionen vor. Nach Abbildung 1 war der vertikale Austauschraum im Ruhrgebiet am 15. und 16.1. mit maximal 800 m relativ groß. In der Nacht vom 16. zum 17.1. erstreckte sich eine am Boden aufliegende Inversion bis ca. 700 m Höhe. Die bodennahe Inversion wurde am 17.1. bis maximal 250 m und am 18.1. bis 450 m aufgelöst und schränkte den vertikalen Austauschraum stark ein. Am 19.1. lag die Untergrenze der Inversion bei 600 m.

Während der gesamten Zeit war es überwiegend stark bewölkt und bedeckt. Nur am 15. und 16.1. kam es zu geringfügigen Schneefällen. Obwohl der starke Frost sich bis zum 19.1. allmählich abschwächte, blieb es hochwinterlich kalt.

Nach den Kriterien der Smogverordnung war eine austauscharme Wetterlage am 17.1. im Smoggebiet IV am 17., 18. und 19.1. im Smoggebiet V gegeben.

Aufschlußreich für die Frage des Ferntransportes während dieser Periode sind die Immissionsverläufe im Eggegebirge sowie die Meßergebnisse an den Stationen in Paderborn und Telgte. Von Bedeutung sind ferner Flugzeugmessungen, die in der Nähe der Grenze zur DDR auf einer Nord-Süd-Strecke östlich Hannover bis Kassel am 15.1. von 9.35 Uhr bis 10.53 Uhr im Auftrage des Umweltbundesamtes durchgeführt wurden. Die Flugroute verlief etwa 50 km östlich des Eggegebirges und ergab hier in 300 m Flughöhe über NN am 15.1.1987 gegen 10.15 Uhr einen SO_2 -Konzentrationswert von ca. $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einer Windrichtung aus Ostnordost und einer Geschwindigkeit von 15 m/s. Der Endpunkt der Flugstrecke in Kassel mit einer Aufnahme des Vertikalprofils der SO_2 -Konzentration zwischen Boden und 1100 m Höhe lag 100 km ostnordöstlich von der Meßstation Rothaargebirge entfernt. In Kassel wurden um 10.17 Uhr bis zu einer Höhe von 500 m über NN ca. $230 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ und um 10.30 Uhr $160 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ gemessen. Unter Berücksichtigung der Transportzeit wies die Meßstation im Eggegebirge einen parallelen Konzentrationswert von $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Die Meßstation Rothaargebirge registrierte einen Parallelwert von $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diese Werte entsprechen angenähert den Flugzeugmeßwerten und bestätigen damit, daß die im Egge- und Rothaargebirge gemessenen Werte zu dieser Zeit weitgehend durch den Ferntransport aus östlichen Nachbarländern verursacht wurden. Der Ferntransport erfolgte im wesentlichen wie die Abbildung 234 (entnommen aus [4]) zeigt, unterhalb der Inversionsschicht, deren Untergrenze zu diesem Zeitpunkt bei ca. 700 m Höhe lag.

Doch nicht nur am 15.1., sondern auch an den nachfolgenden Tagen lag ein Ferntransport von Verunreinigungen vor. In den Zeitverläufen der SO_2 -Konzentration tauchen markante Veränderungen wie zum Beispiel ein relativer Immissionsgipfel in den Nachmittagstunden des 17.1. im Eggegebirge (Maximum am 17.1. um 15.00 Uhr von $484 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zeitversetzt am östlichen Rand des Ruhrgebietes auf (Maximum in Unna am 18.1. um 2.30 Uhr mit $431 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die mittlere Windgeschwindigkeit während der Transportzeit betrug ca. 2 m/s in Anemometerhöhe. Dies ergäbe, wenn die Luftmasse mit der bodennahen Driftgeschwindigkeit transportiert worden wäre, eine Ankunftszeit von 3.30 Uhr und stimmt relativ gut mit der tatsächlichen Ankunftszeit in Unna überein.

Insgesamt zeigen die Zeitverläufe der SO_2 -Konzentration nach dem Immissionsgipfel am 14.1. einen stetigen Abfall zu einem breiten Minimum am 15.1. und 16.1., einem allmählichen Anstieg am 17.1. und dann ein relativ stetiges, erhöhtes Immissionsniveau von der zweiten Tageshälfte des 17.1. an bis zum 19.1. Dieser Immissionsablauf wurde bei unveränderten östlichen Windrichtungen in starkem Maße durch Ferntransport gesteuert, der jedoch durch die Veränderung der Windgeschwindigkeiten und der Inversionshöhe modifiziert wurde. Der starke Ferntransport am 14.1. ist sicherlich dadurch bedingt, daß bei den an den Vortagen geringen Windgeschwindigkeiten Schadstoffe in den jenseits der Grenze gelegenen östlichen Immissionszentren akkumulierten und durch den auffrischenden Wind am 13.1. und 14.1. nach Westen in Gang gesetzt wurden und hier dann besonders hohe Immissionen verursachten. Nach dem Durchzug der "akkumulierten Wolke" fiel die Konzentration natürlicherweise wieder ab, zumal die zunehmende Windgeschwindigkeit auch in den östlichen Immissionsgebieten für eine stärkere Verdünnung sorgte und außerdem das Anheben der Inversion am 15. und 16.1. auch den vertikalen Austauschraum vergrößerte. Die geringen Windgeschwindigkeiten vom 17. bis 19.1. verringerten die Verdünnungswirkung und ließen die Konzentrationen bei ständigem östlichem Schadstofftransport großräumig wieder ansteigen. Die erläuterten Flugzeugmessungen am 15.1. und das ver-

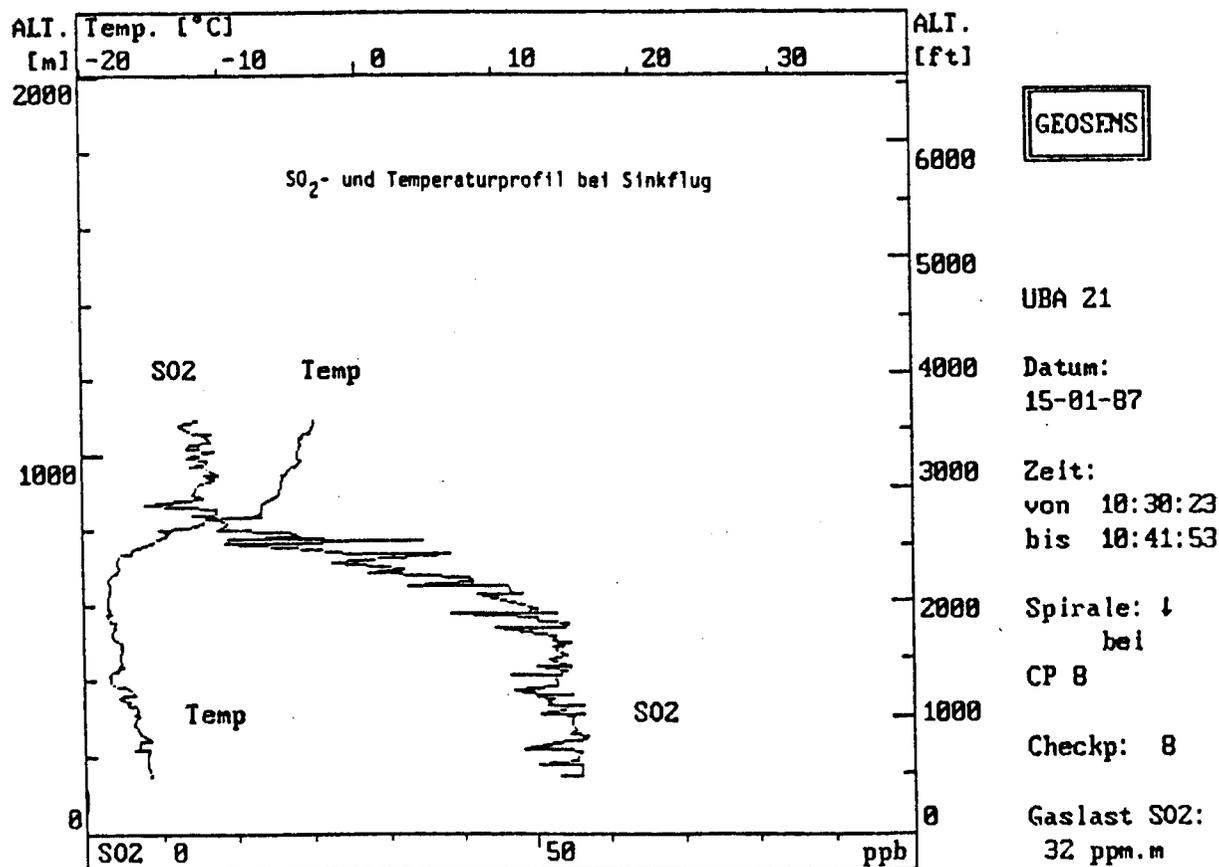
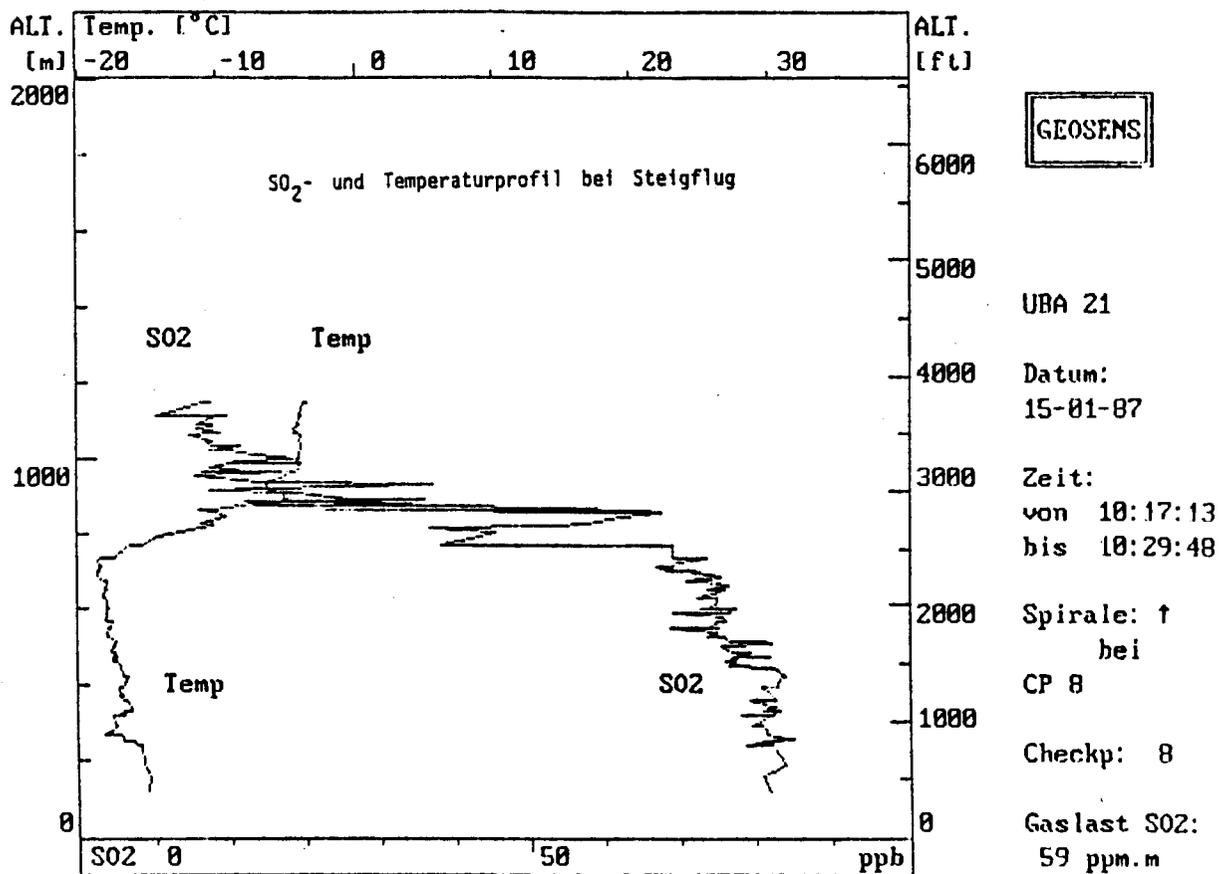


Abb. 234: SO₂- und Temperaturprofil bei Kassel am 15.01.1987 von 10.17 - 10.41 Uhr [4]

gleichbare Immissionsniveau im Eggegebirge und am Ostrand des Ruhrgebietes machen wahrscheinlich, daß auch während dieser Periode der östliche Ferntransport die Schadstoffsituation großräumig wesentlich beeinflusste.

Aus den Isoliniendarstellungen in den Abbildungen 140 bis 228 ist der Transport innerhalb des Ruhrgebietes und der Rheinschiene abzulesen. Während der Periode vom 15. bis 19.1. wurden als höchste 3-Stunden-Mittelwerte der SO_2 -Konzentration im Rhein-Ruhrgebiet gemessen: am 15.1. $433 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Styrum), am 16.1. $372 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Krefeld-Mitte), am 17.1. $573 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bottrop), am 18.1. $601 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bottrop), am 19.1. $587 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bottrop). Nur an einer Station (Bottrop) wurde die Schwelle von $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einmal überschritten.

Die Luftmassen überquerten das Ruhrgebiet überwiegend aus Richtungen von Nordost bis Ostnordost und reicherten sich dabei zusätzlich mit Schadstoffen an. Die Anreicherung betrug auf der Westseite der Ruhrgebietsachse ca. 33 % der mittleren Werte auf der Ostseite.

Die Schadstoffkomponenten Schwebstaub, Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid zeigen einen mit dem SO_2 vergleichbaren Verlauf. Sie weisen jedoch einen stärkeren Anstieg mit der Abnahme der Windgeschwindigkeit am 16., 17. und 19.1. auf. So wurde am 19.1. im Mittel die höchste Schwebstaubbelastung während der ganzen Smogperiode gemessen. Dies weist darauf hin, daß diese Komponenten in höherem Maße auf ortsnahe Quellen zurückzuführen sind.

3.3. Smoghauptphase (20.1.) und Abklingphase (21. bis 23.1.)

Im mittleren Ruhrgebiet und in der Rheinschiene stellte der 20.1. die Smoghauptphase dar. Es mußte Smogalarm der Vorwarnstufe im Smoggebiet II (Ruhrgebiet Mitte) und Smoggebiet IV (Rheinschiene Mitte) ausgelöst werden.

Das nordosteuropäische Hoch hatte sich zunehmend südwärts verlagert, so daß unser Gebiet in den schwachwindigen Teil eines Hochdruckkeils geriet. Es herrschte stark dunstiges Wetter. Mit Tagesmittelwerten von $-4 \text{ }^\circ\text{C}$ hatte sich der Frost abgeschwächt.

Die am 20.1. zu Tagesbeginn bei 450 m Höhe gelegene Untergrenze der Höheninversion sank bis zum 23.1. stetig auf etwa 100 m Höhe ab. Die vom Wetteramt Essen in Gelsenkirchen vorgenommenen vertikalen Sondierungen (siehe Abbildung 235, entnommen aus [4]) zeigen am 20. bis 21.1. bis zu 500 m Höhe Windgeschwindigkeiten unter 2 m/s bei überwiegend nördlicher bis nordöstlicher Richtung am 20.1 und bei überwiegend süd- bis südwestlicher Richtung am 21. und 22.1.

Die Bodenwindgeschwindigkeiten lagen am 20.1. verbreitet unter 1,5 m/s, zeitweise - vor allem in der Rheinschiene - auch unter 1 m/s.

Am 20.1. kam auch der Bodenwind im Ruhrgebiet überwiegend aus nördlichen bis ostnordöstlichen Richtungen. In der südlichen Rheinschiene überwogen nördliche bis westliche Windrichtungen.

Am 21.1. blieb der Wind schwach. Die Richtung stellte sich jedoch zunehmend auf Südost bis Südwest um. Südliche Windrichtungen blieben auch am 22.1. erhalten. Die Windgeschwindigkeiten nahmen zu, blieben jedoch im allgemeinen unter 2 m/s.

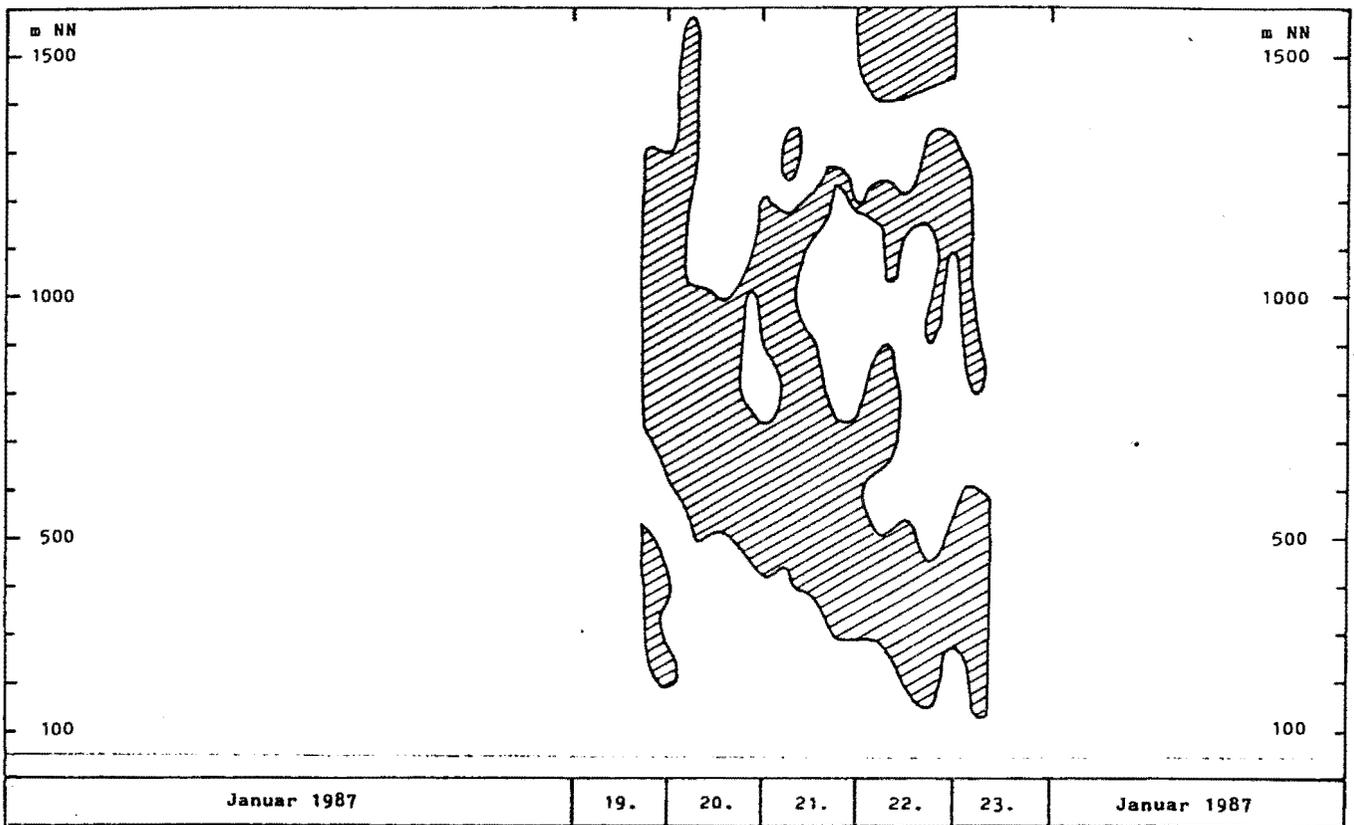
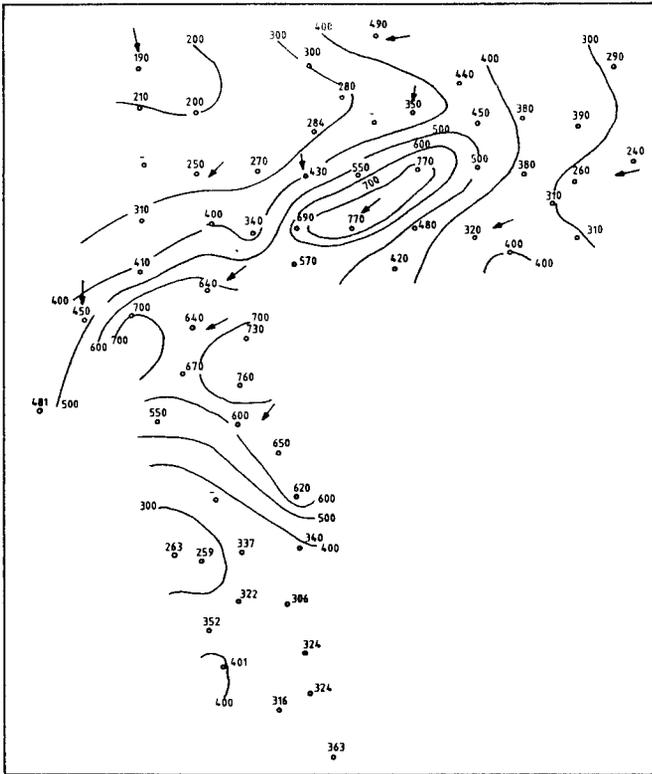


Abb. 235: Zeit-Höhen-Schnitt der Inversion (Temperaturzunahme $\geq 0^\circ\text{C}$) über Gelsenkirchen-Erle [2]

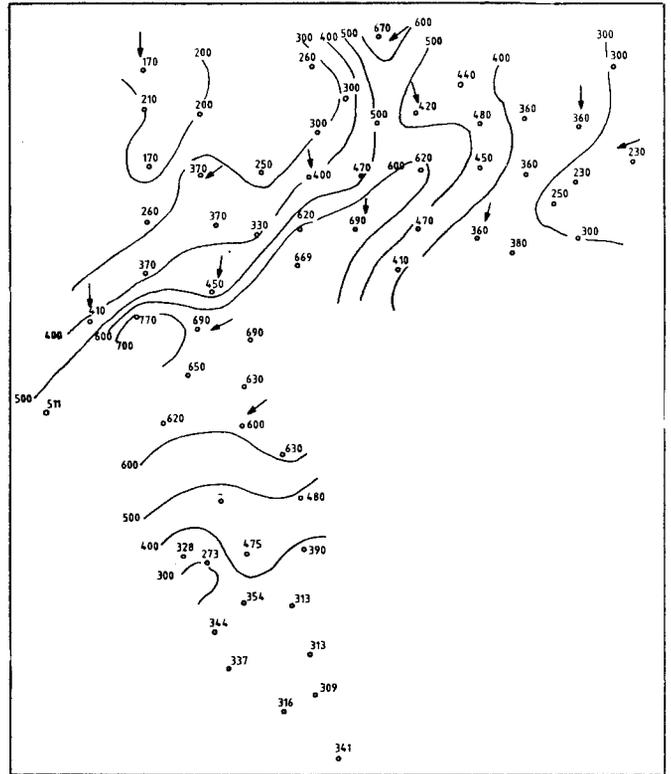
Am 23.1. setzten sich zunehmend westliche Windrichtungen durch. Die Geschwindigkeiten nahmen auf bis zu 4 m/s zu.

In den ersten Nachtstunden des 20.1. (Abbildungen 140 bis 228) ist die Schwefeldioxidbelastung im Ruhrgebiet durch von Nord bis Nordost nach Süden hin zunehmende Konzentrationen gekennzeichnet. Auf der Luvseite des Ruhrgebietes ist die einströmende Luft um 3.00 Uhr mit ca. $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belastet. Am Südrand des Ruhrgebietes und am Ostrand von Düsseldorf beträgt das mittlere Niveau ca. $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Anreicherung im Ruhrgebiet um ca. $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt 35 % des erreichten Wertes von $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und zeigt die starke Bedeutung des Fremdeintrages auch bei dieser windschwachen Situation. In der südlichen Rheinschiene liegt das Belastungsniveau zu dieser Zeit im Mittel um $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

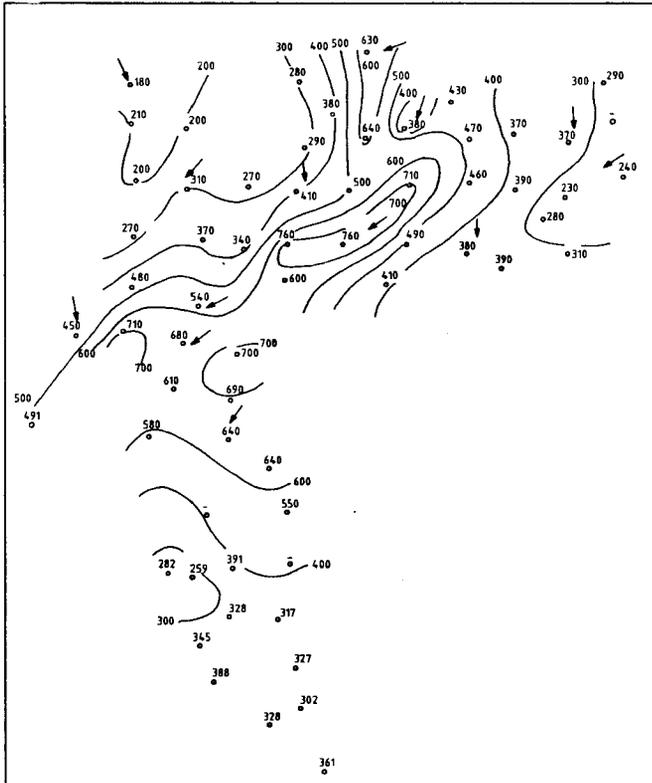
Mit fortschreitender Tageszeit (6.00 Uhr und 9.00 Uhr-Werte) bleiben zwar die Luv-Werte bei sonst wenig veränderter räumlicher Struktur des Immissionsfeldes relativ gleich, das Konzentrationsniveau am Südrand des Ruhrgebietes und im Düsseldorfer Raum nimmt jedoch zu. Für die 9.00 Uhr-Werte betrug die Anreicherung der Luftmasse auf dem Wege durch das Belastungsgebiet ca. $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. 55 % des Niveaus am Südrand. Als Ursache



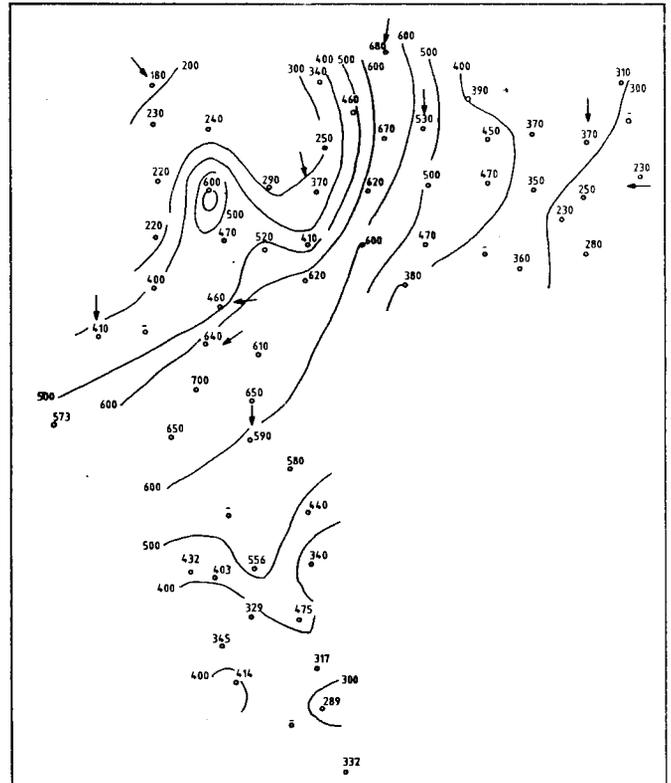
Halbstundenmittel der SO₂-Konzentration am 20.1.1987 - 9.⁰⁰ Uhr
Abb. 236



Halbstundenmittel der SO₂-Konzentration am 20.1.1987 - 10.⁰⁰ Uhr
Abb. 238



Halbstundenmittel der SO₂-Konzentration am 20.1.1987 - 9.³⁰ Uhr
Abb. 237



Halbstundenmittel der SO₂-Konzentration am 20.1.1987 - 11.⁰⁰ Uhr
Abb. 239

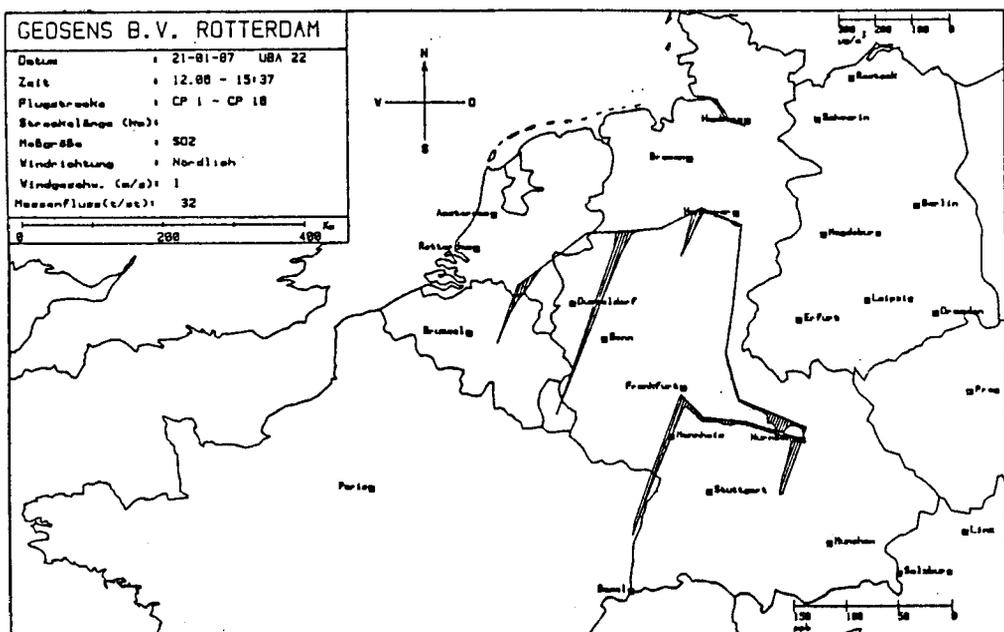
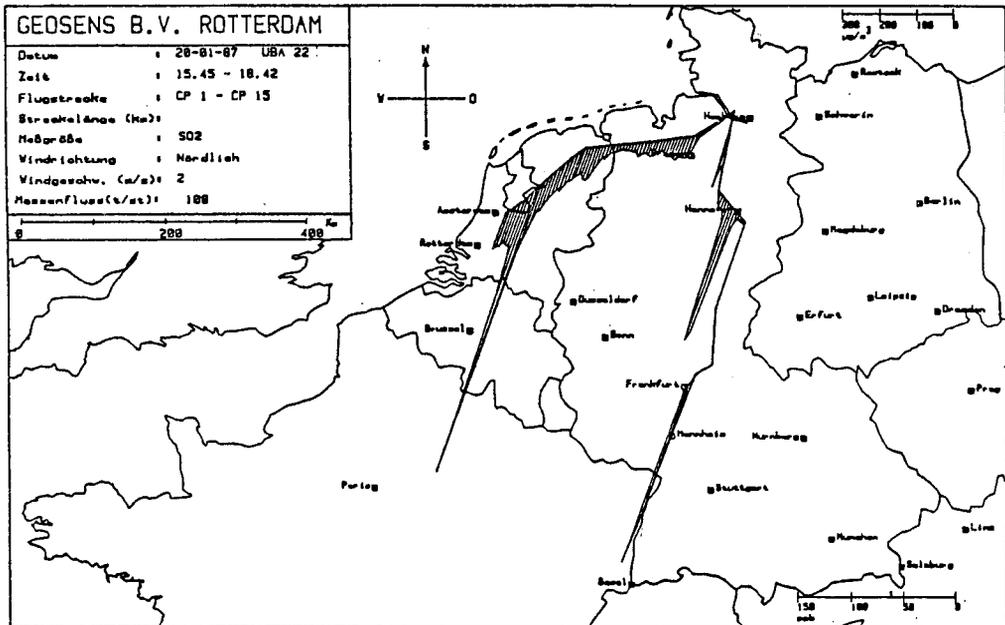


Abb. 243: Flugzeugmessungen der SO_2 -Konzentration am 20.01.1987 von 15.45-18.42 Uhr und am 21.01.1987 von 12.00.-15.37 Uhr [4]

für diesen höheren Beitrag ist im wesentlichen die verstärkte Emission mit Tagesbeginn anzusehen.

Die erhöhten Belastungen der nördlichen Rheinschiene wurden zunehmend mit den nördlichen Winden in den südlichen Teil der Rheinschiene transportiert.

Die 12.00 Uhr-Abbildung zeigt eine ungewöhnliche Entwicklung im Smoggebiet II (Ruhrgebiet Mitte). Am Nordrand des Ruhrgebietes im Bereich Marl-Herten waren die Konzentrationen sprunghaft angestiegen und ein schmaler Korridor hoher Belastung von 10 bis 15 km Breite erstreckte sich von Nord nach Süd durch das mittlere Ruhrgebiet und gewann Anschluß an die hohen Belastungen im Düsseldorfer Raum. Diese Konstellation blieb den ganzen Tag erhalten.

Von Bedeutung ist die Frage, ob der Belastungsanstieg am Nordrand des Ruhrgebietes durch eigene Quellen verursacht wurde oder auf von außen herangeführten Schadstoffen beruhte.

Zur Untersuchung dieser Frage wurde die räumliche Entwicklung der Immissionskonzentrationen in ½-stündigen Abständen auf der Basis von ½-Stunden-Mittelwerten für den Zeitraum 20.1., 9.00 Uhr bis 13.00 Uhr in den Abbildungen 236 bis 242 dargestellt. Die Abbildungen zeigen ab 9.30 Uhr im Bereich Marl und Herten bei überwiegend nördlichen Windrichtungen eine sich von Norden nach Süden in das Ruhrgebiet vorschiebende SO₂-Wolke mit Konzentrationen von über 600 µg SO₂/m³. Im nördlichen Teil des westlichen und östlichen Ruhrgebietes lagen die Konzentrationswerte bei nur 200 bis bzw. 300 µg/m³. Die SO₂-Wolke verband sich im weiteren Verlauf mit dem Gebiet hoher Belastung im südwestlichen Ruhrgebiet und im Düsseldorfer Raum. Es entstand ein relativ schmaler Korridor hoher Belastung, der sich durch das mittlere Ruhrgebiet vom Nordrand bis nach Düsseldorf erstreckte. Die Konzentrationswerte überschritten in diesem Korridor zeitweise die Grenze von 800 µg/m³. Ab 12.00 Uhr entstand westlich dieses Korridors ein zweiter Korridor hoher Belastung, vom ersten durch ein Gebiet geringer Belastung getrennt. Auch dieser Korridor drang nach Süden vor. Die ungewöhnliche räumliche Immissionsverteilung vermittelt den Eindruck von schwadenförmigen Strukturen von SO₂-Wolken, die mit der nördlichen Strömung von Nord nach Süd durch das Ruhrgebiet driften. Daß Strukturen dieser Art bei Ferntransporten auftreten können, bestätigen die Flugzeugmessungen vom 20. und 21.1.1987 (siehe Abbildung 243, entnommen aus [4]). Die Abbildungen zeigen, auch in größeren Entfernungen von möglichen Quellgebieten, scharf gebündelte SO₂-Wolken, die einem breiten Grundstrom von Immissionen überlagert sind. Es ist wahrscheinlich, daß das Ruhrgebiet und die Rheinschiene von einer dieser driftenden Wolken betroffen wurden, wobei das Quellgebiet nicht genau angegeben werden kann.

Ein weiterer Beleg für diese These des Fremdtransportes ergibt sich aus dem Zeitverlauf der Schwebstaubkonzentrationen. In den Abbildungen 244 bis 250 sind für den 20.1. die parallelen Zeitverläufe der Schwebstaub- und SO₂-Konzentrationen für die im nördlichen Ruhrgebiet liegenden Stationen Sickingmühle, Dorsten, Polsum, Gladbeck, Herten, Recklinghausen und für die am Südrand gelegene Station Essen-Bredeney (LIS) dargestellt. An den nördlichen Stationen geht parallel mit dem Anstieg der SO₂-Konzentration in den Morgenstunden die Schwebstaubkonzentration deutlich zurück. Der geringere Schwebstaubgehalt weist auf einen Wechsel der Luftmasse aus nördlicher Richtung hin. Der Rückgang der Schwebstaubkonzentration ist auch in den westlichen und östlichen Teilen des Ruhrgebietes festzustellen, in denen es nicht zum Anstieg der SO₂-Konzentrationen kam. In der herangeführten Luftmasse drifteten also nur einzelne SO₂-Wolken mit. An der am Südrand des

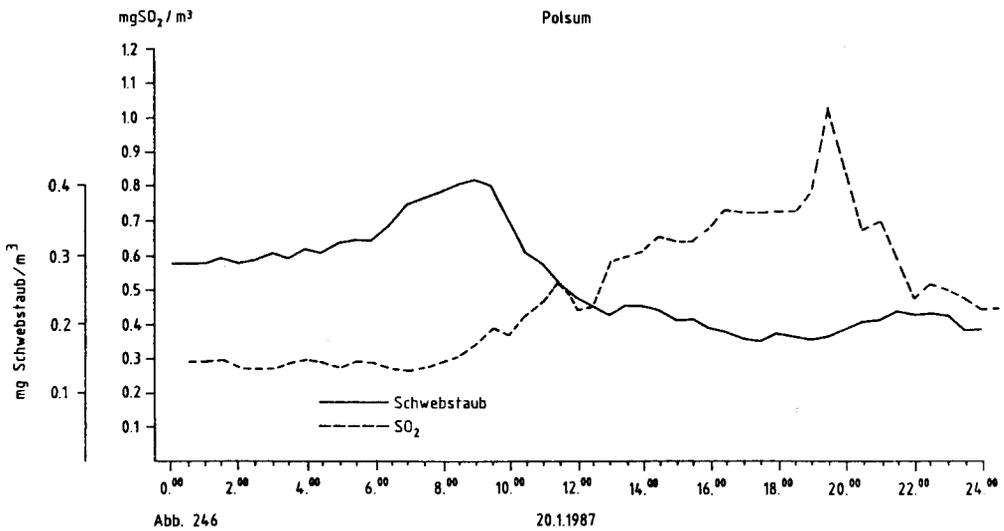
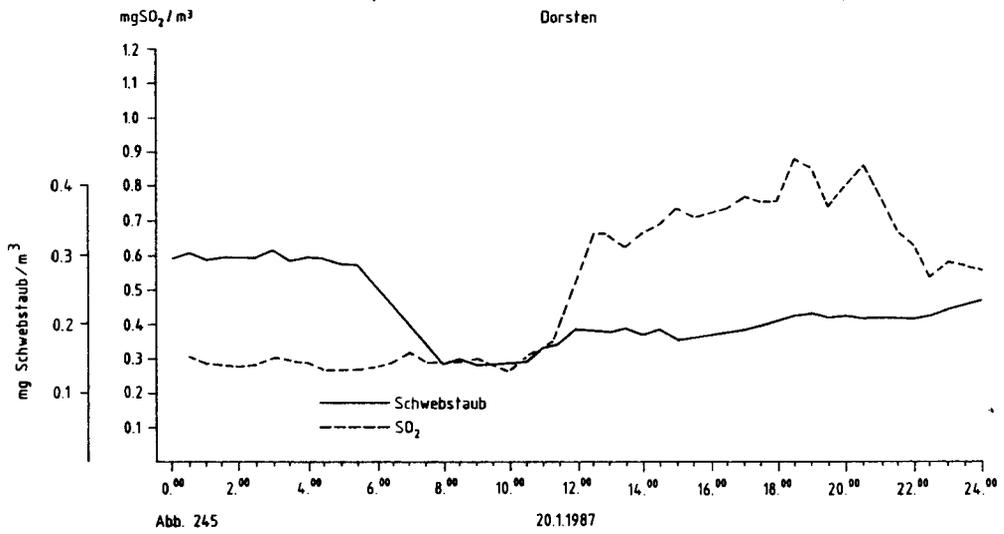
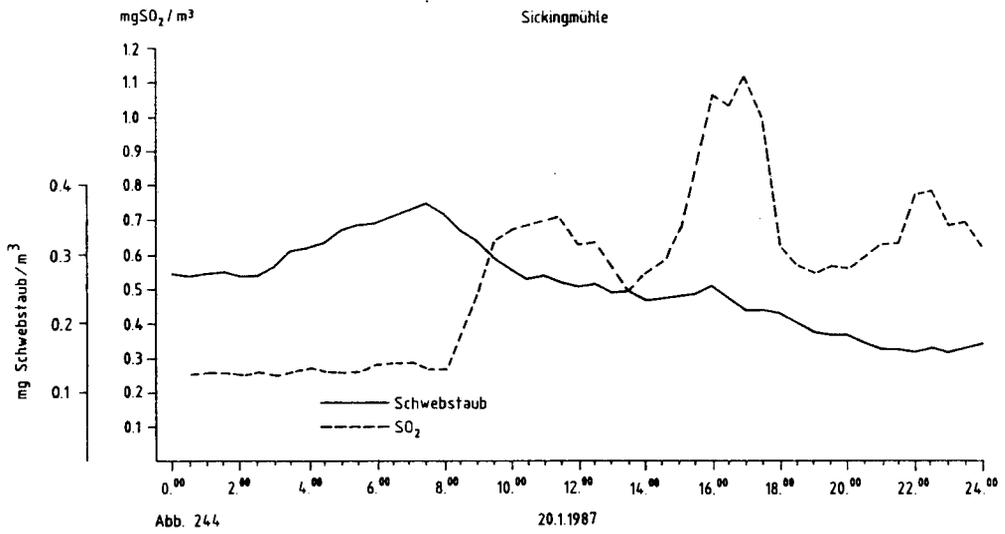


Abb. 244-250: SO₂- und Schwebstaubkonzentration am 20.01.1987

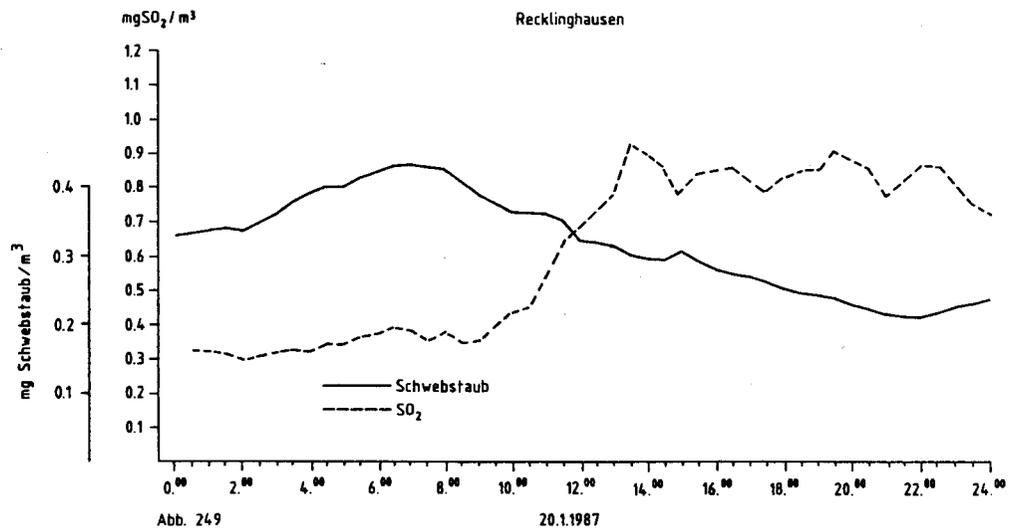
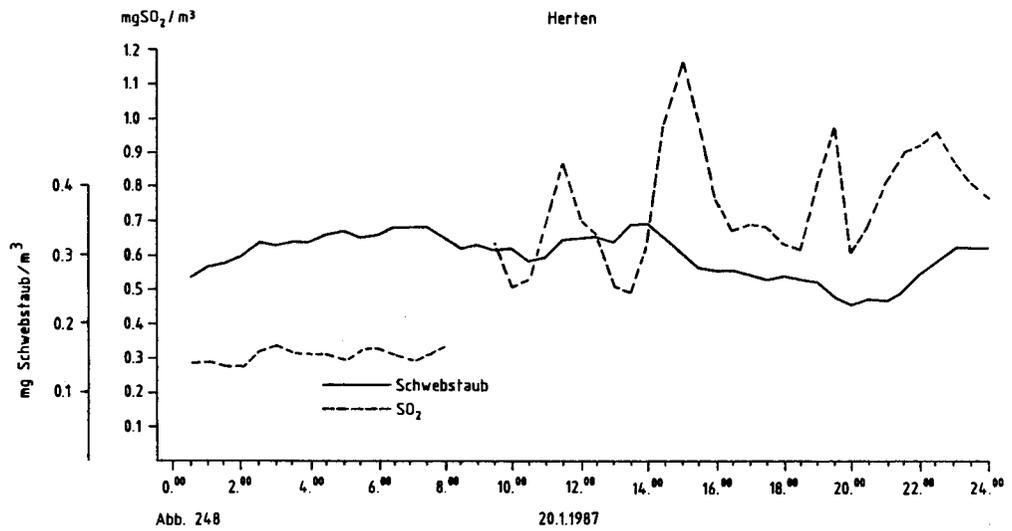
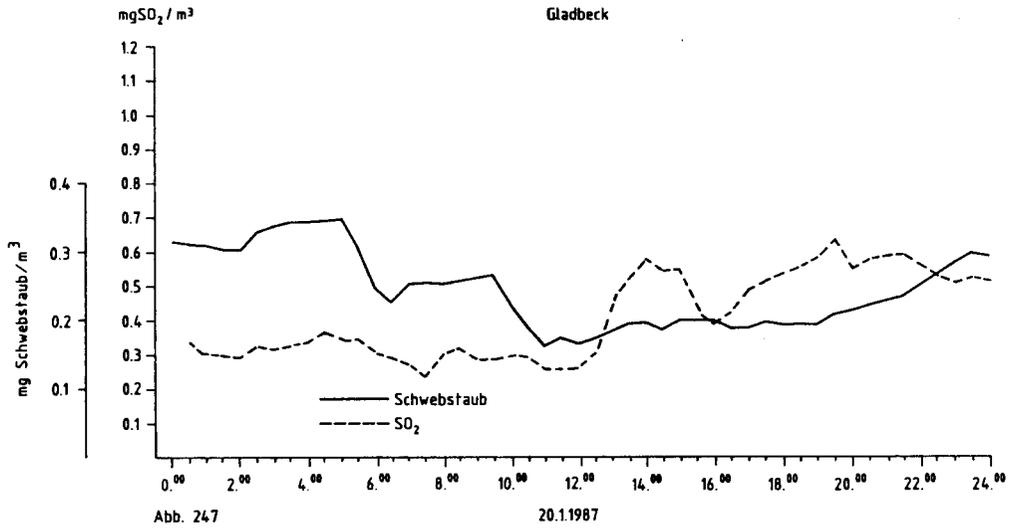


Abb. 244-250: SO₂- und Schwebstaubkonzentration am 20.01.1987

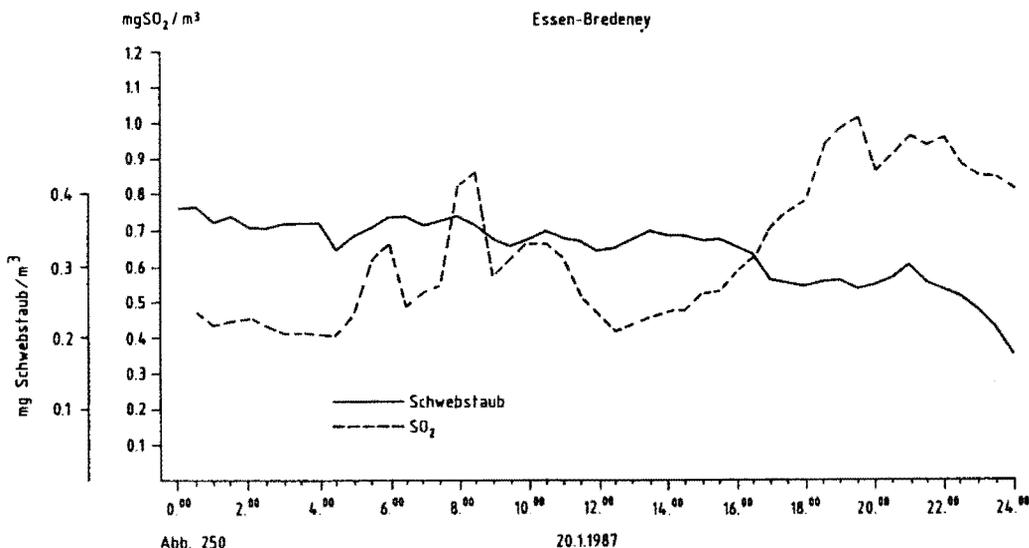


Abb. 244-250: SO₂- und Schwebstaubkonzentration am 20.01.1987

Ruhrgebietes gelegenen Station Essen-Bredenei trat der Rückgang der Schwebstaub-Konzentration verspätet ein - bedingt durch die Transportzeit von Nord nach Süd und die Kompensation durch Staubquellen des Ruhrgebietes.

Die weitere Verfolgung der Immissionsentwicklung anhand der räumlich dargestellten 3-Stunden-Mittelwerte zeigt eine weitere Zunahme der Konzentration im mittleren Ruhrgebiet und eine räumliche Ausweitung des Gebietes hoher Belastung. Die 3-Stunden-Mittelwerte überstiegen zeitweise die 900 µg-Schwelle der SO₂-Konzentration. Das Gebiet hoher Belastung reichte bis in den Düsseldorfer Raum. Auch im Kölner und Bonner Raum wurde zeitweise die Schwelle von 600 µg/m³ überschritten (18.00 und 21.00 Uhr-Werte). Die 24.00-Uhr-Darstellung war typisch für die Situation. Bei Werten von nahe 900 µg SO₂/m³ im mittleren Ruhrgebiet, Werten von über 700 µg/m³ im Bereich Düsseldorf und von bis zu 600 µg/m³ in der südlichen Rheinschiene, lagen die Konzentrationen am Westrand und Ostrand des Ruhrgebietes im Bereich von 200 µg/m³. Es ist davon auszugehen, daß die hohe Belastung zu diesem Zeitpunkt wesentlich auch durch die Emission der Belastungsgebiete selbst verursacht wurde. Die lang andauernde Periode von Windgeschwindigkeiten unter 1,5 m/s, zeitweise auch unter 1 m/s führte zu geringen Driftgeschwindigkeiten der Schadstoffe und zu zunehmender Akkumulation.

Vom 20. zum 21.1. drehte die Windrichtung zuerst in der südlichen Rheinschiene auf Südost bis Süd. Die Windrichtungsänderung erfaßte zunehmend auch das Ruhrgebiet. Die 6.00 Uhr-Karte zeigt auch für das Ruhrgebiet südliche Windrichtungen. Die Windgeschwindigkeiten blieben jedoch am 21.1. gering. Sie lagen in der südlichen Rheinschiene im Mittel bei 1,5 m/s, im Ruhrgebiet im Mittel bei 1 m/s. Die Konzentrationen wurden trotz der relativ geringen Windgeschwindigkeiten und niedrig liegender Inversion deutlich abgebaut. Abbildung 251 mit der Darstellung der Linien gleicher Immissions-

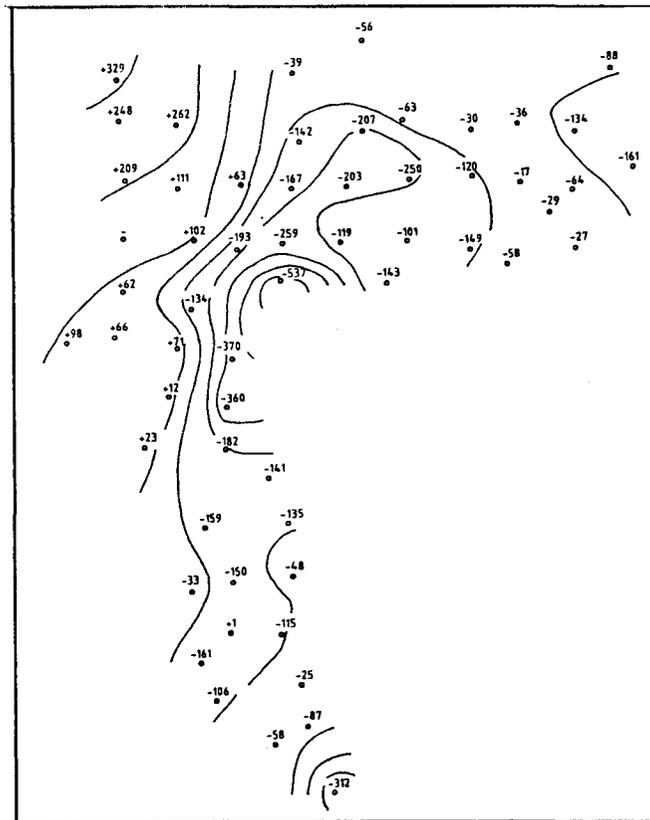


Abb. 251: SO₂-Konzentrationsänderung in µg/m³ am 20.01.1987, von 0.00-9.00 Uhr

START TRAJEKTORIEN VON B70121 1200 UHR (SCHRITTWEITE 1 STD)

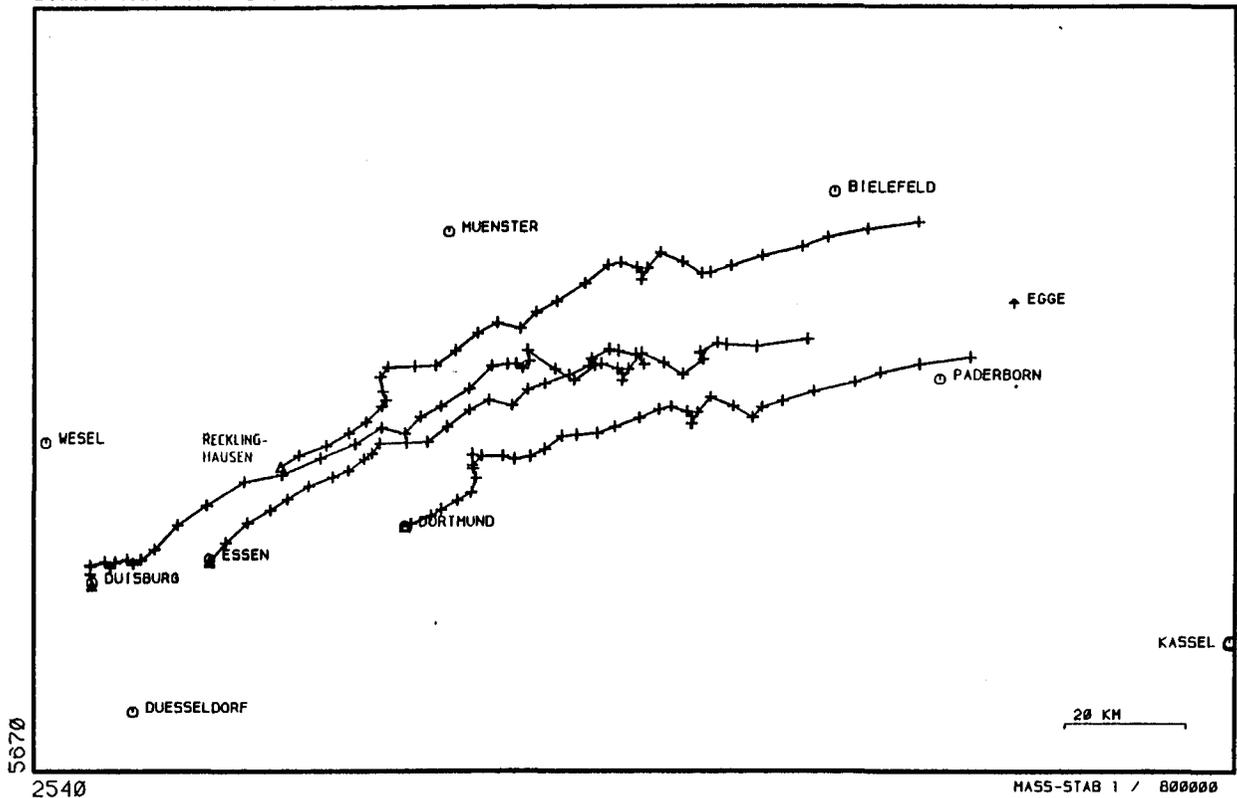


Abb. 252: Bodentrajektorien, Startzeit im Ruhrgebiet am 21.01.1987, 12.00 Uhr

Veränderung in der Zeit vom 20.1., 0.00 Uhr bis 20.1., 9.00 Uhr zeigt einen Konzentrationsrückgang in der Rheinschiene und im mittleren und östlichen Ruhrgebiet. Am Südrand des Ruhrgebietes betrug die Verminderung über $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im westlichen Ruhrgebiet dagegen war eine Zunahme von über $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wesel) zu verzeichnen - bedingt durch Transporte aus der südliche Rheinschiene. Mit zunehmender Drehung des Windes auf Südwest bis West im nördlichen Ruhrgebiet wurden die Schadstoffe verstärkt in den Raum Recklinghausen - Datteln transportiert. Das 3-Stunden-Mittel der SO_2 -Konzentration betrug um 12.00 Uhr in Recklinghausen $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Im weiteren Verlauf wurde die Schadstoffmasse aus dem Ruhrgebiet heraus und in das nördliche bis östliche Vorland des Ruhrgebietes transportiert. Sowohl in Telgte als auch in Paderborn und im Eggegebirge ist der Durchzug der Schadstoffwolke zu verfolgen. Die Abbildung 252 belegt die Zugrichtung der Luftmassen anhand von Trajektorien (Zugbahnen), die auf der Basis von Windmessungen in Anemometerhöhe konstruiert wurden. Bei einer Startzeit der Luftmasse im Ruhrgebiet am 21.1. um 12.00 Uhr wurde das Eggegebirge am 22.1. um 24.00 Uhr erreicht. Die Transportzeit betrug also 36 Stunden. Telgte wurde von Luftmassen aus dem westlichen Ruhrgebiet am 22.1. um 9.00 Uhr erreicht. Die Transportzeit betrug hier 21 Stunden.

Im weiteren Verlauf wurde die hohe SO_2 -Belastung im Ruhrgebiet schnell abgebaut. Am 21.1. um 21.00 Uhr trat an keiner Meßstation in den Smoggebieten mehr ein 3-Stunden-Mittelwert von über $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. In der südlichen Rheinschiene wurden teilweise $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterschritten. Im Ruhrgebiet wurde verbreitet die $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Schwelle jedoch erst mit den 15.00 Uhr-Werten am 23.1. unterschritten. Die Windgeschwindigkeiten hatten am 23.1. deutlich zugenommen. Es wurden im dreistündigen Mittel bis zu 4 m/s erreicht und mit den verbesserten Transport- und Verdünnungsbedingungen wurde die Smoglage endgültig beendet.

Wie während der ersten Smogphase am 14.1. blieb auch während der Haupt-smogphase die Belastung durch Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid gegenüber der SO_2 -Belastung deutlich zurück.

Die Schwebstaubkonzentrationen erreichten im allgemeinen ihre höchsten Werte in den Morgenstunden des 20.1. vor dem Luftmassenwechsel. Die 3-Stunden-Mittel überschritten dabei nur an wenigen Stationen $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das höchste erreichte 3-Stunden-Mittel betrug $448 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dorsten). Der höchste Tagesmittelwert während der gesamten Smogperiode wurde am 20.1. in Gelsenkirchen mit $353 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

Die höchsten gemessenen 3-Stunden-Mittelwerte der CO-Konzentrationen betragen $8 \text{ mg}/\text{m}^3$. Der höchste NO_2 -Wert (3-Stunden-Mittel) betrug $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gegenüber den Voralarmschwellenwerten von $30 \text{ mg CO}/\text{m}^3$ und $600 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ waren diese Konzentrationen relativ bedeutungslos. Auch die NO-Konzentration erreicht mit maximal $580 \mu\text{g NO}/\text{m}^3$ im 3-Stunden-Mittel kein ungewöhnlich hohes Maß. Während der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 waren mit $15 \text{ mg CO}/\text{m}^3$, $330 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ und $1100 \mu\text{g NO}/\text{m}^3$ als 3-Stunden-Mittelwerte die Belastungen deutlich höher gewesen. Diese höheren Werten traten jedoch 1985 vornehmlich in der Rheinschiene nur zeitweise bei längerer Andauer von Windstille und bodennaher Inversion auf. Auch während der Smoglage im Januar 1987 kam es insbesondere bei den Stickoxiden zu einem Belastungsanstieg bei geringen Windgeschwindigkeiten. Die gleichen meteorologischen Bedingungen waren im wesentlichen am 21. und 22.1. gegeben. Die Andauerzeit von geringen Windgeschwindigkeiten bzw. Windstille war jedoch geringer als

bei der Smoglage im Januar 1985 und daher stiegen die Immissionen für die Stickoxide auf ein im Vergleich geringeres Niveau an. Die Auswirkung dieser meteorologischen Bedingungen wurde außerdem durch Schadstofftransporte modifiziert. So traten insbesondere im nördlichen Ruhrgebiet im Zusammenhang mit der am 21.1. einsetzenden südlichen Strömung höhere Werte als Folge von Transporten aus der Rheinschiene und dem südlichen Ruhrgebiet auf. Gleichfalls ist der deutliche Anstieg der Stickoxidkonzentration im Eggegebirge vom 21.1. zum 22.1. auf Transporte aus dem Ruhrgebiet (siehe Trajektorienberechnung Abbildung 252) zurückzuführen. Es traten dabei im Eggegebirge höchste 1/2-Stunden-Werte von $239 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ und $314 \mu\text{g NO}/\text{m}^3$ auf. Dies sind die höchsten bisher in der Egge überhaupt gemessenen Konzentrationen für diese Komponenten.

Abschließend wird noch einmal näher auf das Phänomen des Ferntransportes während dieser Smoglage eingegangen.

Wichtig ist bei Ferntransporten die Kenntnis, in welcher Höhe die Schadstoffe transportiert werden. Davon hängt u.a. ab, wie stark die Schadstoffe durch trockene Deposition auf dem Transportweg vermindert werden und welchen Beitrag sie zur Bodenkonzentration leisten.

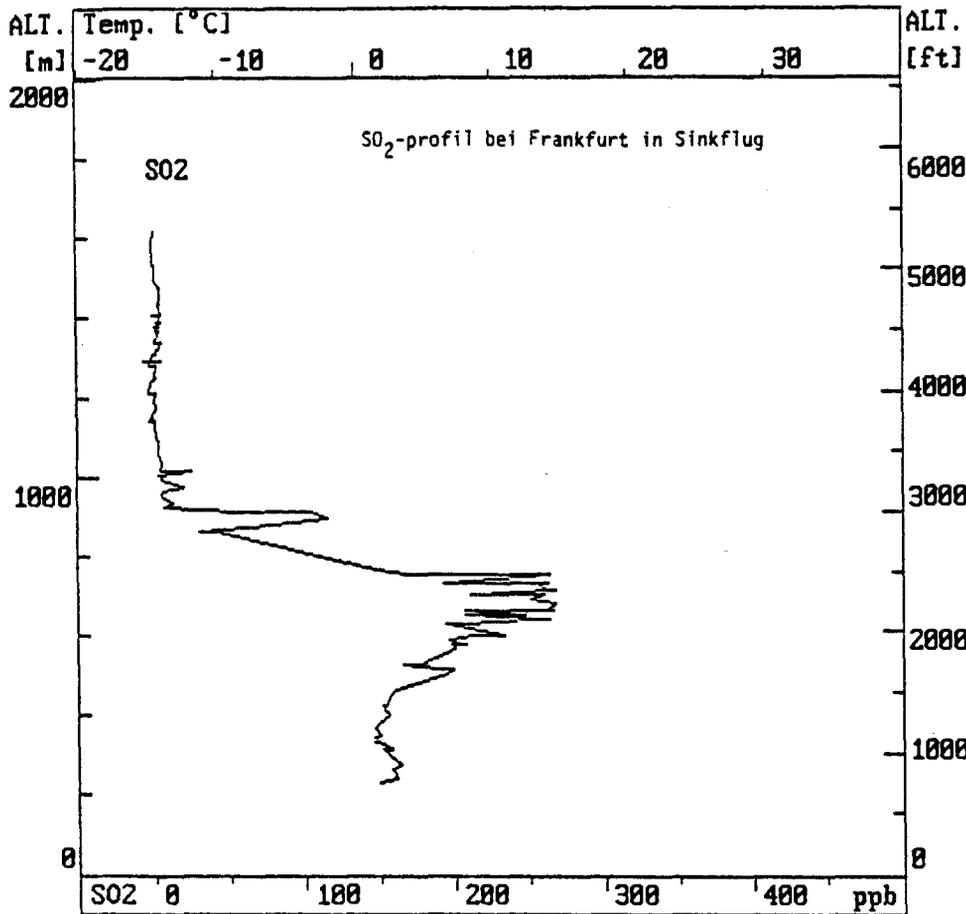
Die bei den Flugzeugmessungen am 15.1., 20.1. und 21.1. (siehe Abb. 243 und 253) gewonnenen Vertikalprofile der SO_2 -Konzentration zeigen übereinstimmend eine relativ konstante Konzentration vom Boden bis zur Untergrenze der Inversion (am 15.1. bis zu 700 m Höhe, am 20.1. bis zu 600 m Höhe und am 21.1. bis zu 300-400 m Höhe) und an der Untergrenze bzw. im unteren Bereich der Inversion einen Rückgang der Konzentration unter Fluktationen auf nahe Null.

Es zeigte sich also, daß die Grenzschicht unter der Inversion gut durchmischt war und der Ferntransport im wesentlichen auf die Schicht unterhalb der Inversion begrenzt war.

Die Bergstationen Eifel und Rothaargebirge erlauben es, am 20.1. die Situation im Grenzbereich der Inversion genauer zu verfolgen. Beide Stationen gerieten zeitweise bei sich absenkender Inversion in die Inversionsschicht, wie die Temperaturregistrierungen ausweisen. In der Tabelle 7 sind die Halbstundenmittelwerte der Konzentration der Komponenten SO_2 , NO_2 und Schwebstaub sowie der Lufttemperatur für den 20.1. an beiden Meßstationen aufgeführt. Die Station Rothaargebirge liegt in 642 m Höhe 140 km östlich der Station Eifel. Die Station Eifel hat eine Höhe von 572 m. Die Temperaturwerte zeigten zuerst im Rothaargebirge, beginnend in den ersten Nachtstunden, eine zunehmende Erwärmung an mit oft sprunghaften Veränderungen (z.B. von 03.30 auf 04.00 Uhr eine Erwärmung um fast 4°C), was belegt, daß die Meßstation zunehmend in die absinkende Inversionsschicht geriet. Parallel dazu sanken die Schadstoff-Konzentrationen deutlich ab. Besonders deutlich ist dies beim NO_2 und SO_2 festzustellen.

Die NO_2 -Werte lagen hier ab 04.30 Uhr unterhalb der Nachweisgrenze. In den Nachmittags- und Abendstunden kam es unter Fluktationen zu zeitweisen Konzentrationsanstiegen. Die zeitweise absinkende Temperatur weist auf parallele vertikale Verschiebungen des Grenzbereiches zwischen der unteren Durchmischungsschicht und der Höheninversion hin.

Vergleichbare Effekte im Konzentrationsverlauf traten in der Eifel zeitlich verschoben erst dann auf, als die langsam absinkende Inversion die gerin-



GEOSENS

UBA 22

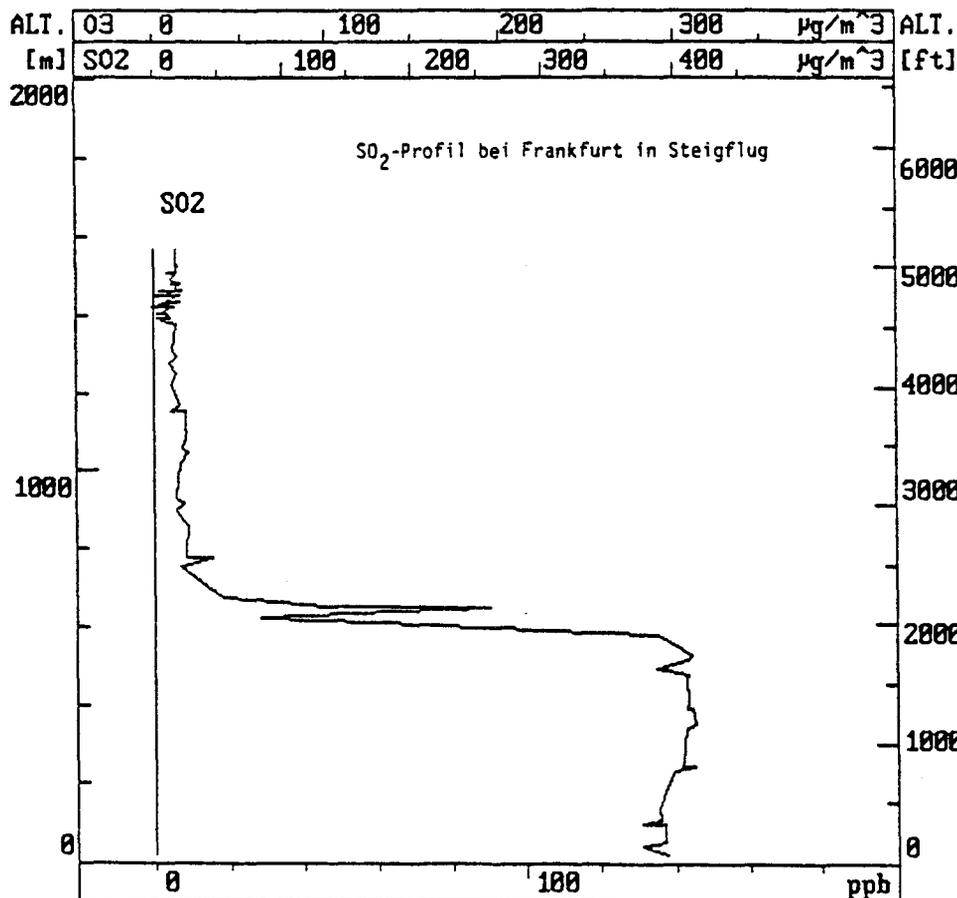
Datum:
20-01-87

Zeit:
von 18:29:43
bis 18:41:33

Spirale: ↓
bei
Frankfurt

Checkp: 15

Gaslast SO₂:
118 ppm.m



GEOSENS

UBA 22

Datum:
21-01-87

Zeit:
von 12:07:33
bis 12:17:58

Spirale: ↑
bei
Frankfurt

Checkp: 1

Gaslast SO₂:
98 ppm.m

Abb. 253: Flugzeugmessungen der SO₂-Konzentration am 20.01.1987 von 18.29-18.41 Uhr und am 21.01.1987 von 12.07-12.17 Uhr bei Frankfurt [4]

gere Höhenlage der Eifel-Station erreichte. Gegen 15.30 Uhr wurden hier erstmals SO_2 -Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze gemessen, wobei jedoch vorher schon im Inversionsgrenzbereich, angezeigt durch zunehmende Erwärmung ab etwa 10.00 Uhr, die Konzentrationen stetig zurückgingen.

Als wesentliches Ergebnis der Analysen ist zu verzeichnen, daß Ferntransporte aus den östlichen Nachbarstaaten die Smogsituation im Rhein-Ruhrgebiet wesentlich beeinflussen. Solche Ferntransporte treten offensichtlich nicht nur bei hohen Windgeschwindigkeiten, sondern auch bei geringeren Windgeschwindigkeiten auf. Je nach meteorologischen Bedingungen liefern die Eigenemissionen der Smoggebiete gegenüber den Fremdemissionen einen geringeren oder größeren Anteil an der Gesamtbelastung. Auch Smoggebiete, deren Eigenemission nicht sehr hoch ist, können durch Ferntransporte und durch Transporte aus benachbarten Smoggebieten stark belastet werden (Beispiel: Raum Düsseldorf). Naturgemäß sind bei starken Ferntransporten weite Landesteile durch hohe Immissionen betroffen, zusätzlich jedoch wirken sich die Smoggebiete in den nicht zum Smoggebiet gehörenden Nachbargebieten aus, wenn diese Gebiete im Lee liegen.

Die Analyse zeigt weiterhin, daß es im Smogfall zur Abschätzung der Auswirkung von Emissionsminderungsmaßnahmen in den Smoggebieten erforderlich ist, den von außen herangeführten Schadstoffanteil abzuschätzen. Dies belegt die Notwendigkeit der Einrichtung von TEMES-Stationen außerhalb der Ballungsgebiete an den Landesgrenzen und das Erfordernis von Flugzeugmessungen im Vorfeld der Smoggebiete.

Wie schon bei früheren Smoglagen so zeigt auch diese Analyse, daß Smoglagen durch komplexe meteorologische Ursachen bedingt sind. Die meteorologischen Bedingungen steuern die Transportprozesse. Sie sind entscheidend für den Ferntransportanteil und den "hausgemachten" Smoganteil. Akkumulations- und Verdünnungsprozesse, vertikale Stofftransporte, Schadstoffverminderung durch Depositionsprozesse, die von der Schneebedeckung des Bodens abhängig sind, bestimmen die räumliche und zeitliche Schadstoffentwicklung. Gleichfalls wird die Schadstoff-Emission selbst durch tiefe Temperaturen beeinflusst.

Die unterschiedliche Ausprägung der Einflüsse und ihre unterschiedliche Andauer bei den einzelnen Smoglagen gibt jeder Smoglage einen eigenen Charakter.

Tabelle 7: Halbstundenmittel der Konzentrationen von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Schwebstaub und Lufttemperatur an den Bergstationen Eifel (572 m über NN) und Rothaargebirge (642 m über NN) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $^{\circ}\text{C}$ am 20.01.1987

Uhrzeit	Eifel				Rothaargebirge			
	SO ₂	NO ₂	Schwebstaub	Temperatur	SO ₂	NO ₂	Schwebstaub	Temperatur
0.30	288	88	204	-6,9	119	28	56	-6,9
1.00	203	74	174	-6,2	144	22	47	-4,5
1.30	164	68	144	-5,9	-	-	39	-4,6
2.00	139	65	115	-5,6	156	-	35	-5,1
2.30	138	64	106	-6,0	136	18	36	-4,0
3.00	112	58	88	-5,5	118	22	34	-5,9
3.30	124	63	75	-5,9	115	28	35	-6,8
4.00	131	63	74	-5,9	53	11	35	-3,0
4.30	115	59	67	-5,8	40	5	29	-2,4
5.00	102	55	65	-6,4	30	5	32	-2,0
5.30	105	52	67	-6,8	21	5	30	-1,6
6.00	127	59	78	-6,8	15	5	23	-1,3
6.30	131	60	81	-6,8	13	5	-	-1,2
7.00	149	62	83	-6,9	21	5	-	-1,5
7.30	154	65	85	-7,0	19	5	18	-1,6
8.00	147	64	85	-7,2	18	11	14	-2,5
8.30	138	63	88	-7,7	18	10	11	-3,9
9.00	143	60	86	-7,5	12	5	-	-3,4
9.30	139	53	76	-7,1	5	5	8	-2,3
10.00	141	50	68	-6,8	5	5	24	-0,6
10.30	135	46	58	-5,9	11	5	-	0,7
11.00	124	41	46	-5,4	15	5	-	1,3
11.30	117	39	39	-4,8	13	10	-	1,1
12.00	103	38	26	-3,7	-	5	40	0,9
12.30	93	36	28	-2,9	69	-	-	0,2
13.00	69	31	23	-2,3	73	-	-	0,2
13.30	43	27	35	-1,0	94	26	58	0,3

Tabelle 7: - Fortsetzung -

14.00	76	39	59	-1,1	30	14	58	1,8
14.30	77	42	66	-0,9	66	-	57	1,0
15.00	59	42	70	0,0	108	-	72	-0,9
15.30	5	23	78	0,5	103	53	75	-1,2
16.00	5	11	75	0,4	88	56	78	-1,4
16.30	16	29	82	-0,3	59	46	80	-1,1
17.00	72	59	79	-2,2	33	29	77	-0,6
17.30	62	60	80	-2,0	29	23	81	-0,6
18.00	63	61	85	-2,4	23	23	67	-1,2
18.30	62	-	91	-3,0	22	20	62	-1,6
19.00	60	-	96	-2,7	26	26	57	-1,9
19.30	33	50	77	-2,0	56	68	50	-2,6
20.00	21	31	59	-1,9	74	80	69	-3,3
20.30	14	23	42	-1,9	65	77	79	-4,1
21.00	15	16	32	-1,7	90	85	102	-4,6
21.30	11	12	16	-1,7	81	81	104	-4,5
22.00	17	19	13	-2,1	91	84	118	-5,8
22.30	16	21	13	-2,1	84	80	127	-6,5
23.00	5	15	16	-1,9	51	58	111	-5,1
23.30	5	11	-	-1,6	33	28	97	-3,5
24.00	17	19	17	-1,5	25	15	73	-2,0

S c h r i f t t u m

- [1] Verordnung zur Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen - Smog-Verordnung -
(Ordnungsbehördliche Verfügung)
Gesetz- und Verordnungsblatt NW. S. 657, -SGV.NW. 7129
Stand: 1.12.86

- [2] Bock, K.H., Puls, K.E., Windfuhr, H.:
Die Smogwetterlage im Ruhrgebiet im Januar 1987
Deutscher Wetterdienst - Wetteramt Essen, März 1987

- [3] Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit
Erfahrungsbericht Smog 87, Juni 1987

- [4] Geosens, B.V.:
Messungen des Flusses von Luftverunreinigungen entlang ausgewählter
Grenzabschnitte
Abschlußbericht des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens
des Umweltbundesamtes
Nr. 104 04 221/01 Mai 1985 - März 1987

B i l d a n h a n g

Standorte der TEMES-Stationen

Stationsnummer	Stationsname	Nenn-Rechts-Hochwert	Standort
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-Ost" / Smog-Gebiet I			
01 * #	Werne	3406,9 5726,8	4712 Werne-Evenkamp, Grote-Dahl-Weg
02	Datteln	2592,2 5724,0	4354 Datteln, Mozartstraße
03 *	Bergkamen	3406,7 5721,9	4709 Bergkamen, Albert-Schweitzer-Straße
04	Ickern	2593,5 5718,5	4620 Castrop-Rauxel-Ickern, Uferstraße
05	Brambauer	2600,2 5719,7	4670 Lünen-Brambauer, Am Freibad
06	Niederaden	3401,0 5718,5	4670 Lünen-Niederaden, Kreisstraße
07	Frohlinde	2593,6 5711,6	4620 Castrop-Rauxel-Frohlinde, Dortmunder Straße
08	Dortmund	2601,6 5711,7	4600 Dortmund-Mitte, Hüttnerstraße/Schumannstraße
09	Asseln	3402,4 5710,9	4600 Dortmund-Asseln, Auf dem Bleek
10 * #	Unna	3409,4 5713,3	4750 Unna-Königsborn, Palaiseaustraße
11	Hörde	2604,2 5707,6	4600 Dortmund-Hörde, Seekante, am Rande des Parkgeländes
12	Witten	2593,9 5702,0	5810 Witten, Westfalenstraße
13	Schwerte	3401,5 5702,4	5840 Schwerte, Schützenstraße, Grünfläche vor dem Rathaus II
14 *	Herdecke	2598,5 5699,0	5804 Herdecke-Kirchende, Am Berge, Parkplatz des Altenheims
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-Mitte" / Smog-Gebiet II			
15	Sickingmühle	2577,7 5730,0	4370 Marl-Sickingmühle, Alte Straße
16 * #	Dorsten	2567,5 5727,5	4270 Dorsten, Bismarckstraße
17	Polsum	2573,4 5722,0	4370 Marl-Polsum, Dorfstraße
18	Herten	2578,2 5718,9	4352 Herten, Paschenbergstraße/Ecke Ebbelicher Weg
19	Recklinghausen	2584,7 5719,5	4350 Recklinghausen, Nordseestraße
20	Gladbeck	2569,6 5716,7	4390 Gladbeck, Krusenkamp
21	Bottrop	2567,8 5710,6	4250 Bottrop, Welheimer Straße
22	Gelsenkirchen	2576,6 5711,6	4650 Gelsenkirchen-Schalke, Trinenkamp
23	Herne	2585,0 5711,1	4690 Herne, Ingeborgstraße
24	Vogelheim	2568,2 5707,4	4300 Essen-Vogelheim, Hafenstraße/Ecke Wildstraße
25	Altendorf	2567,2 5703,1	4300 Essen-Altendorf, Heinrich-Strunk-Straße
26	Leithe	2576,0 5702,9	4300 Essen-Leithe, Friedhof-Erweiterungsgelände
27	Bochum	2585,9 5704,9	4630 Bochum-Wiemeihausen, Glockengartenstraße
28 #	LIS-Essen	2567,3 5697,3	4300 Essen-Bredenei, Wallneyer Straße
29 *	Hattingen	2584,1 5697,3	4320 Hattingen, An der Becke
Belastungsgebiet "Ruhrgebiet-West" / Smog-Gebiet III			
30 * #	Wesel	2543,6 5726,6	4230 Wesel-Feldmark, Mercatorstraße
31	Spellen	2543,2 5718,4	4221 Voerde-Spellen, Mehrstraße
32	Bruckhausen	2552,3 5718,5	4224 Hünxe-Bruckhausen, Hauptstraße
33	Budberg	2544,4 5711,1	4134 Rheinberg-Budberg, Lutherstraße
34	Walsum	2552,0 5710,2	4103 Duisburg-Walsum, Sonnenstraße
35	Osterfeld	2560,7 5710,6	4260 Oberhausen-Osterfeld, Tackenbergstraße
36	Meerbeck	2545,1 5703,0	4130 Moers-Meerbeck, Fuldastraße
37	Weiderich	2554,7 5703,7	4100 Duisburg-Weiderich, Westenderstraße
38	Styrum	2560,2 5702,5	4330 Mülheim-Styrum, Neustadtstraße
39	Kaldenhausen	2545,5 5695,1	4136 Duisburg-Kaldenhausen, Darwinstraße
40	Buchholz	2553,2 5694,8	4100 Duisburg-Buchholz, Böhmerstraße
41 #	Krefeld-Mitte	2538,3 5687,6	4150 Krefeld, Am Boackeshof
42	Krefeld	2544,7 5689,5	4150 Krefeld-Linn, Hammerstraße
Belastungsgebiet "Rheinschiene-Mitte" / Smog-Gebiet IV			
43	Einbrungen	2551,9 5687,3	4000 Düsseldorf-Einbrungen/Wittlaer, Duisburger Landstraße/Ecke Einbrunger Straße
44 *	Ratingen	2559,9 5684,5	4030 Ratingen, Wettmanner Straße
45	Lörick	2551,2 5679,6	4000 Düsseldorf-Lörick, Bushaltestelle Erholungsstätte Lörick
46	Gerresheim	2559,8 5677,9	4000 Düsseldorf-Gerresheim, An der Leimkuhle
47	Neuss	2548,5 5672,2	4040 Neuss, Jean-Pullen-Weg
48	Reisholz	2560,0 5673,0	4000 Düsseldorf-Reisholz, Further-Straße
49 * #	Hilden	2566,5 5670,6	4010 Hilden-Pungshaus, Pungshausstraße
Belastungsgebiet "Rheinschiene-Süd" / Smog-Gebiet V			
50	Dormagen	2556,3 5663,6	4047 Dormagen, Weiler Straße
51	Langenfeld	2568,4 5662,3	4018 Langenfeld-Reusrath, Virneburgstraße
52 * #	Pulheim	2555,5 5652,9	5024 Pulheim, Am Schürgespfad
53	Chorweiler	2561,8 5654,6	5000 Köln-Chorweiler, Fühlinger Weg
54	Leverkusen	2570,8 5656,4	5090 Leverkusen, Elsa-Brandström-Straße
55	Vogelsang	2561,9 5647,0	5000 Köln-Vogelsang, Vogelsanger Straße 453
56	Riehl	2569,5 5648,7	5000 Köln-Riehl, Kuhweg
57 * #	Frechen	2556,9 5642,9	5020 Frechen, An St. Maria Königin
58	Hürth	2562,1 5638,5	5030 Hürth, Am Lintacker
59	Rodenkirchen	2569,3 5639,8	5000 Köln-Rodenkirchen, Friedrich-Ebert-Straße
60	Wesseling	2568,2 5632,8	5047 Wesseling, Hubertusstraße
61	Niederkassel	2572,5 5633,7	5216 Niederkassel-Ranzel, Markusstraße
62 * #	Bonn	2576,5 5624,8	5300 Bonn-Auerberg, An der Josefshöhe
Waldgebiete			
63 * #	Eggegebirge	3496,6 5744,1	4934 Horn-Bad Meinberg 1, Veldrom/Velmerstot
64 * #	Eifel	2519,9 5613,1	5107 Simmerath-Lammersdorf
65 * #	Rothaargebirge	3443,3 5644,2	5912 Hilchenbach, Forsthaus Hohenroth, Kohlenstraße

* außerhalb des Smog-Gebietes
außerhalb des Belastungsgebietes

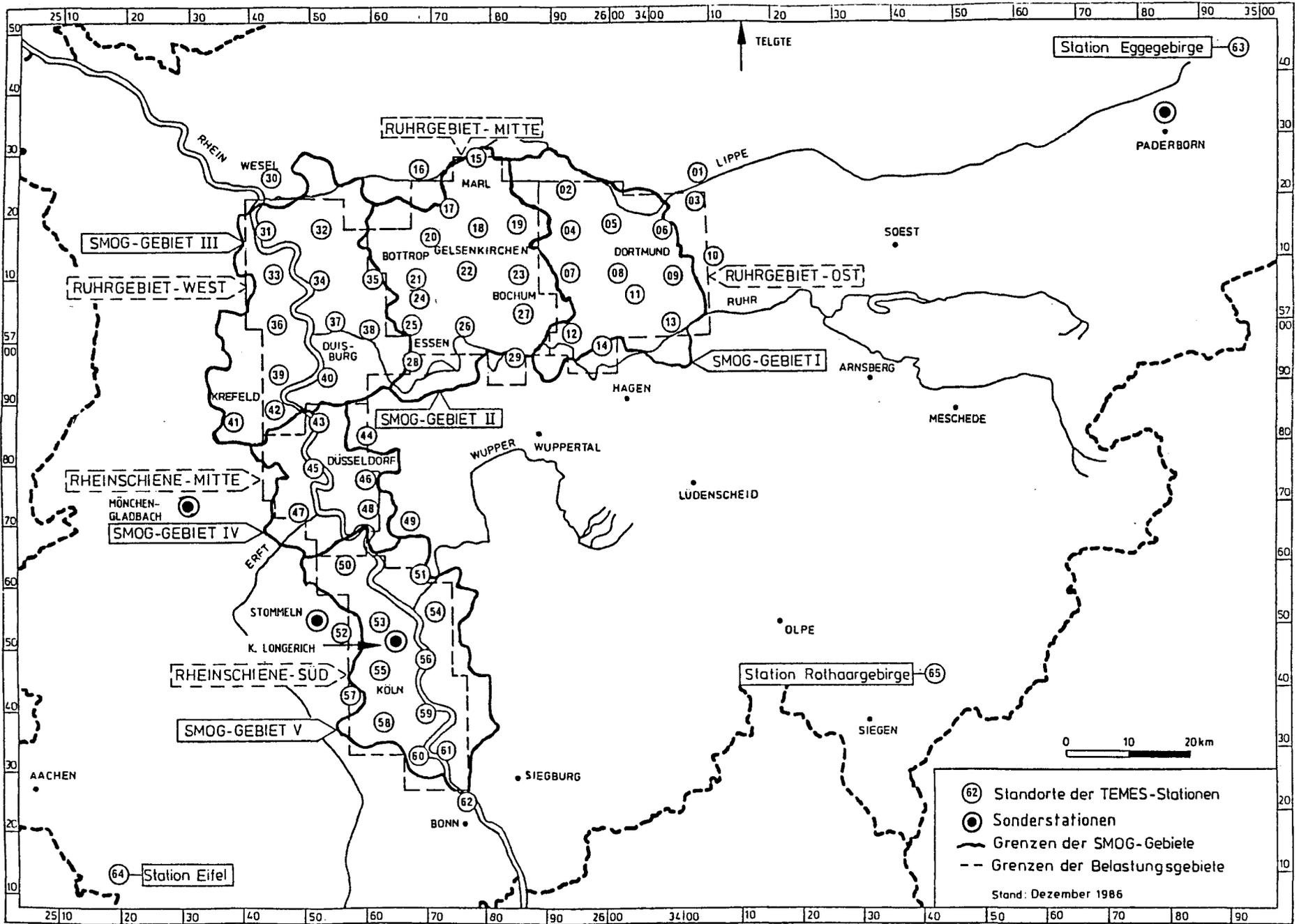


Abb. 2

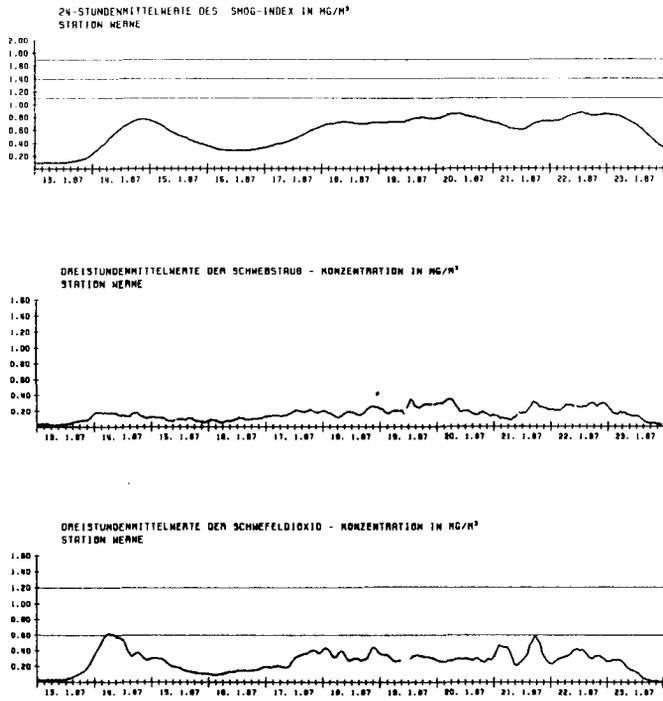


Abb. 3

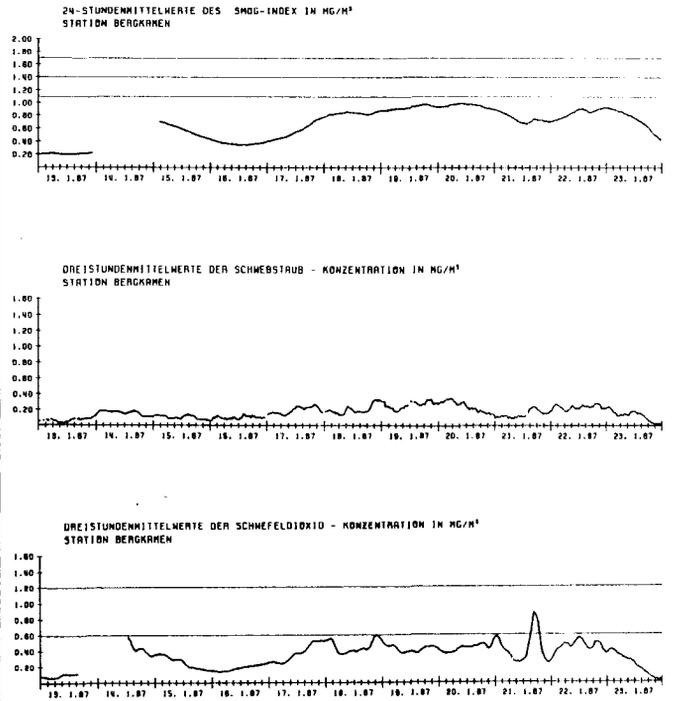


Abb. 5

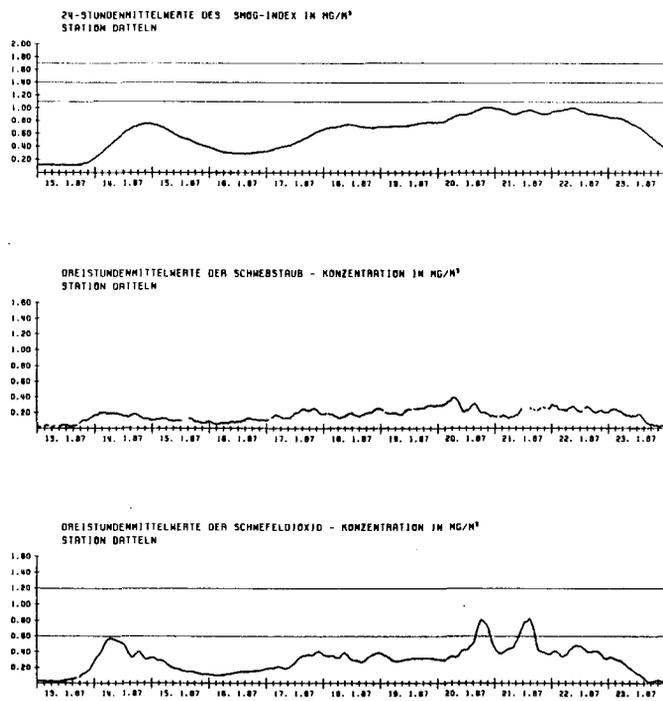


Abb. 4

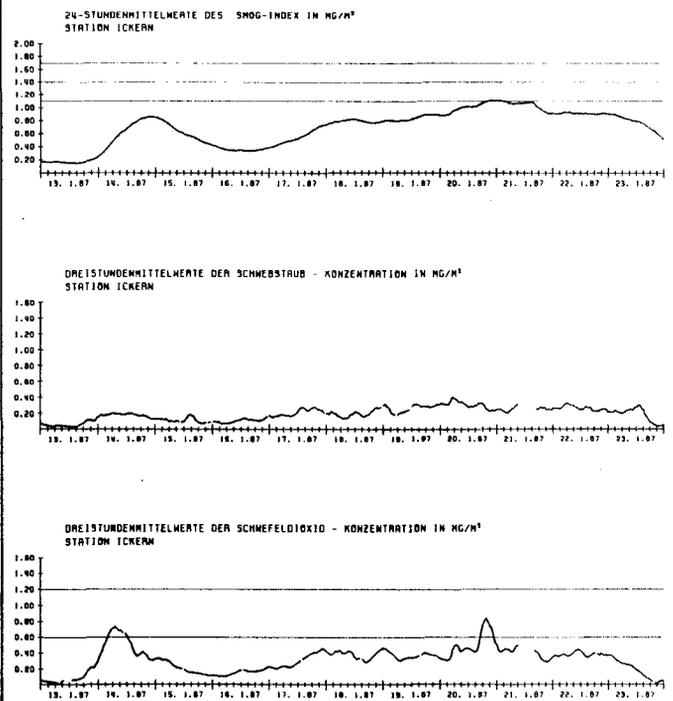


Abb. 6

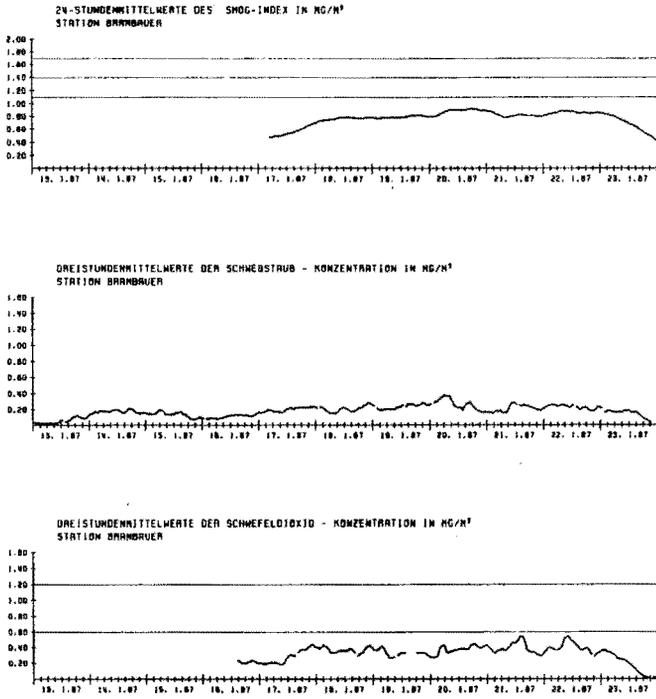


Abb. 7

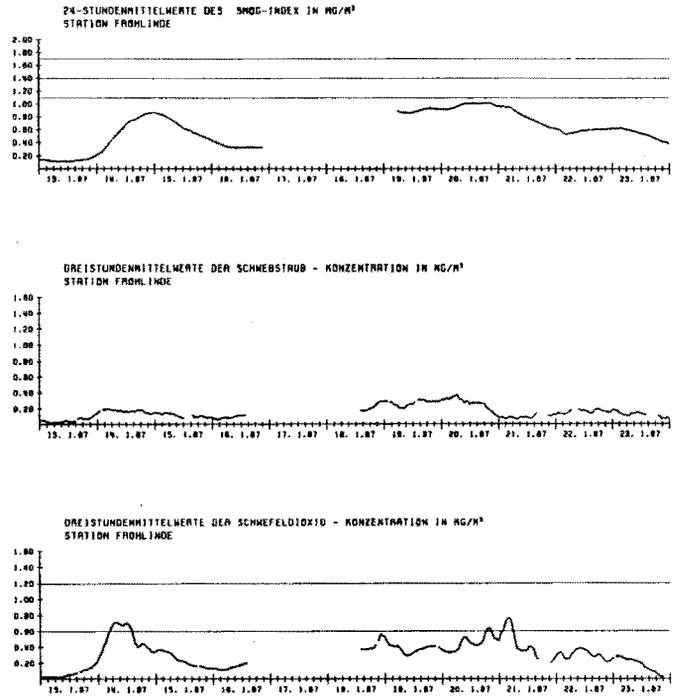


Abb. 9

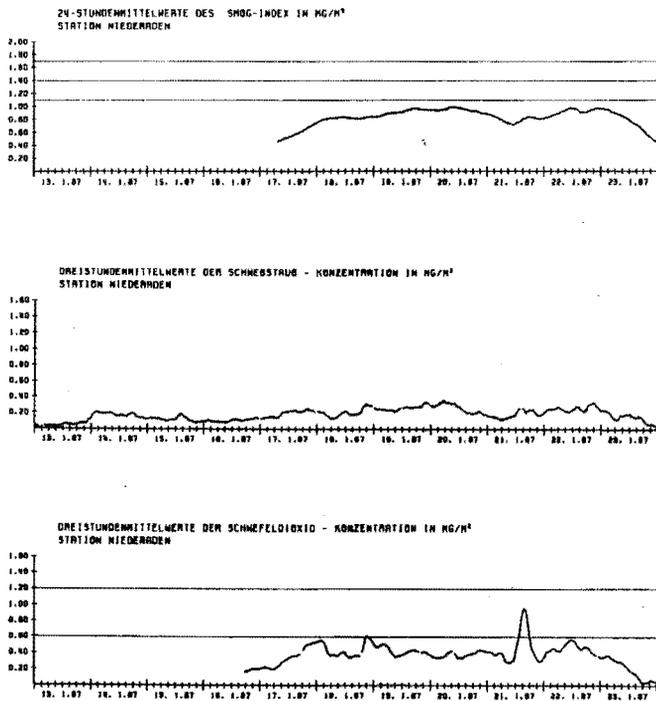


Abb. 8

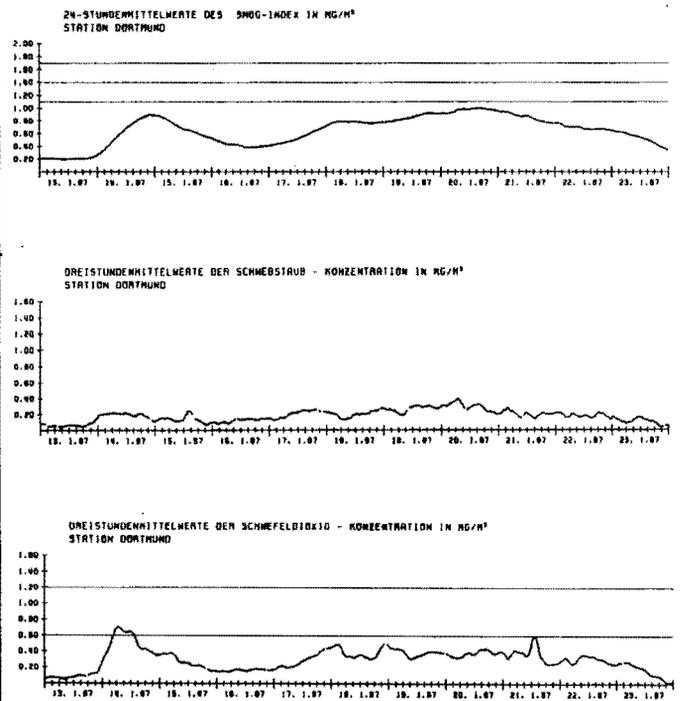


Abb. 10

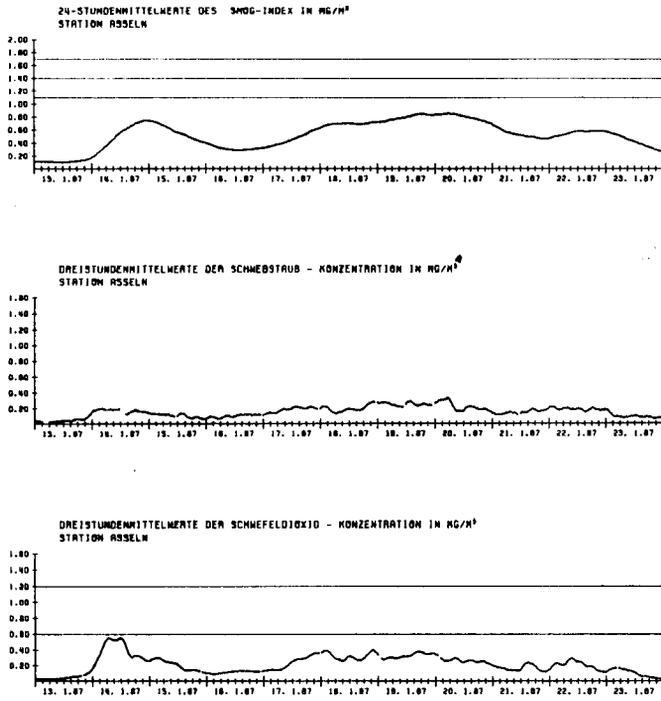


Abb. 11

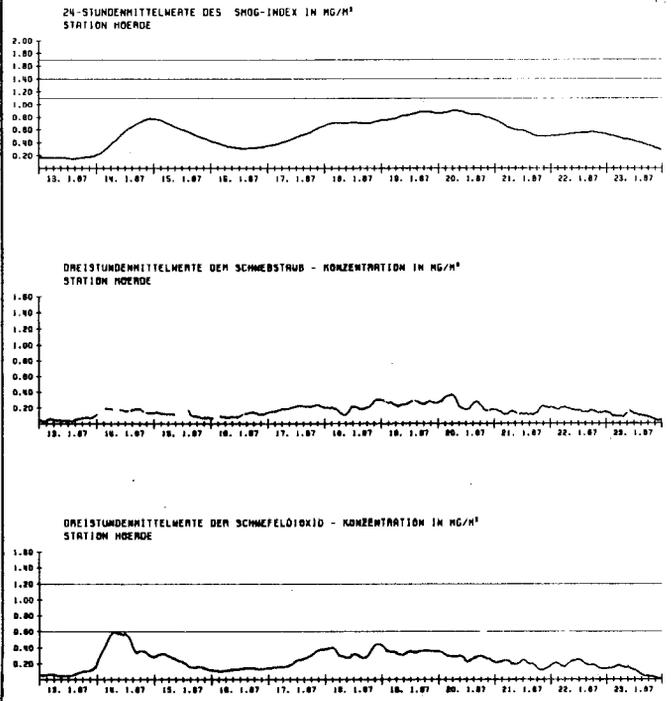


Abb. 13

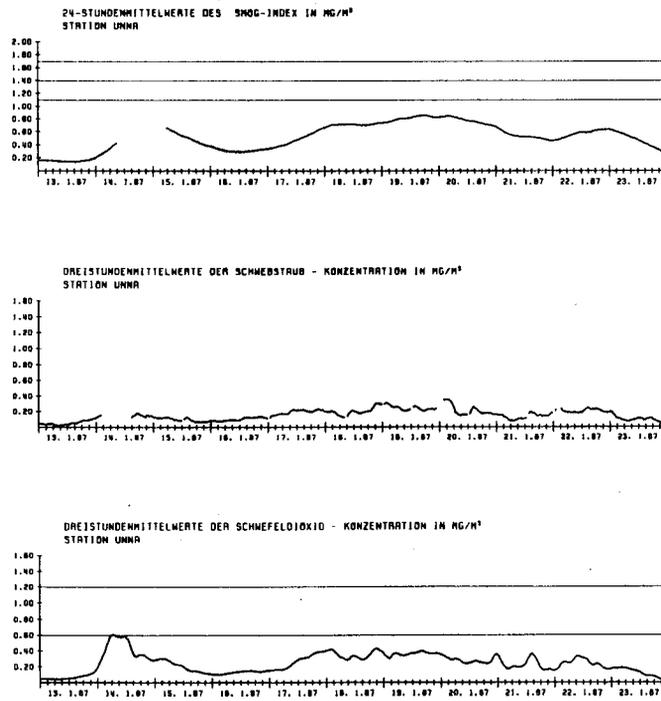


Abb. 12

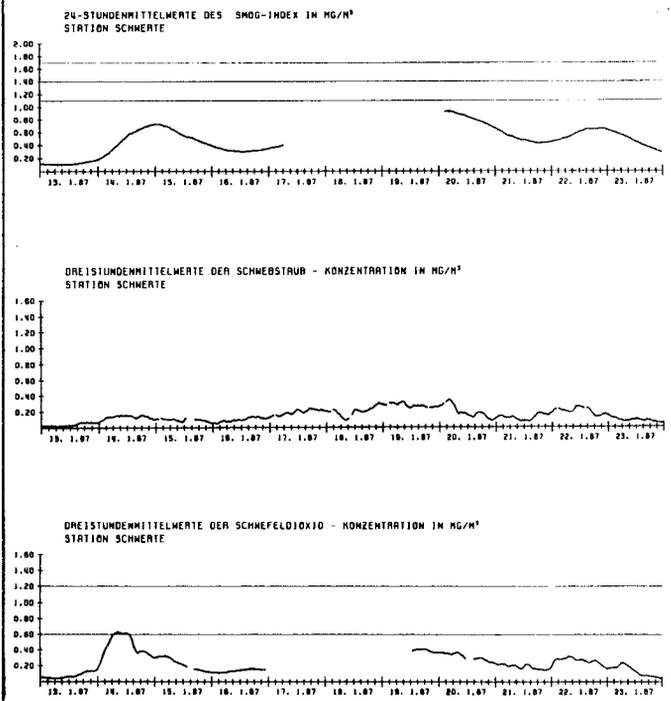


Abb. 14

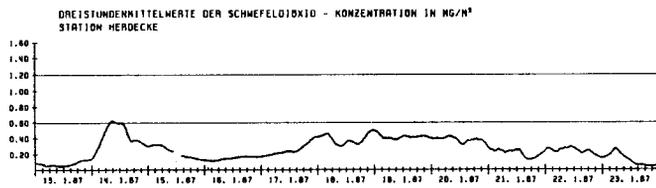
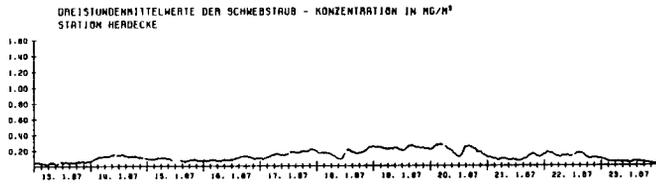
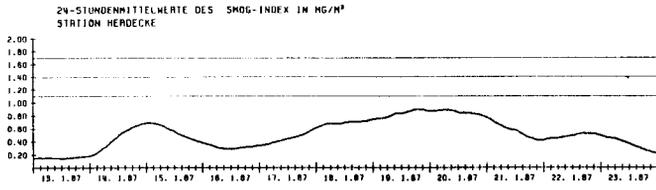


Abb. 15

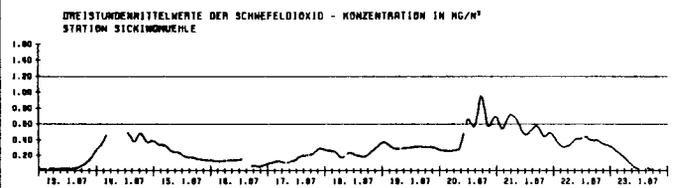
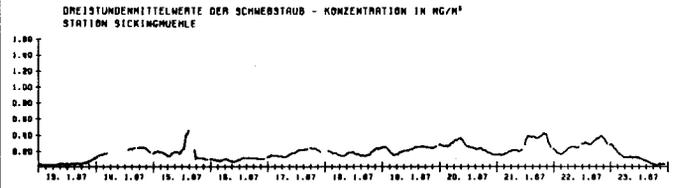
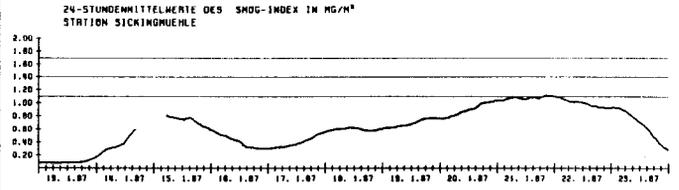


Abb. 17

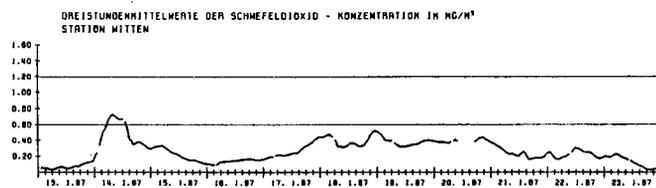
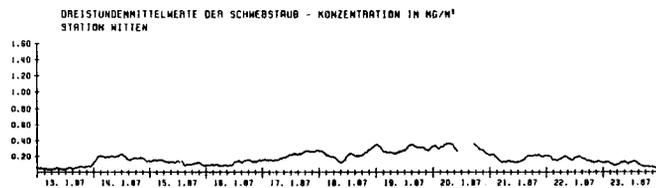
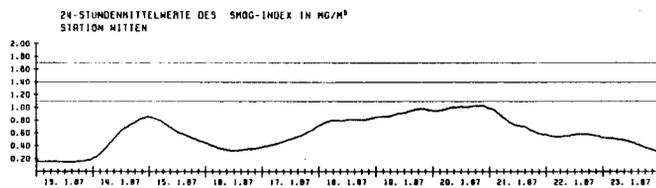


Abb. 16

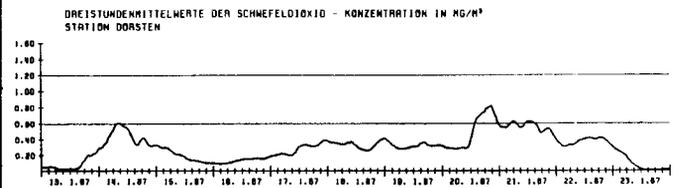
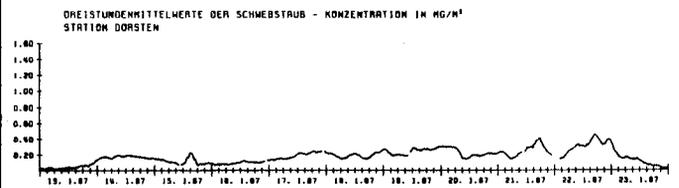
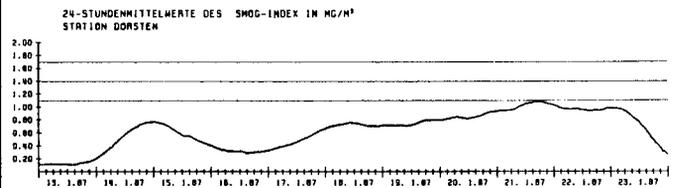


Abb. 18

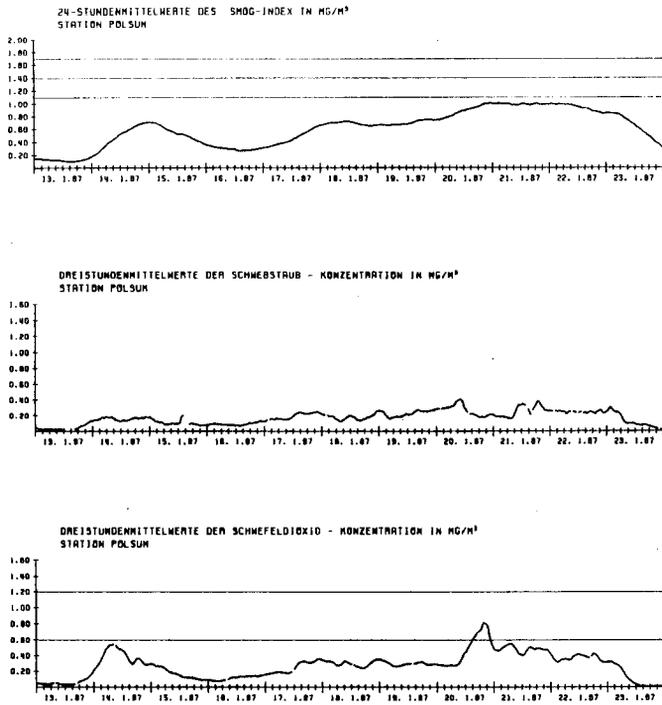


Abb. 19

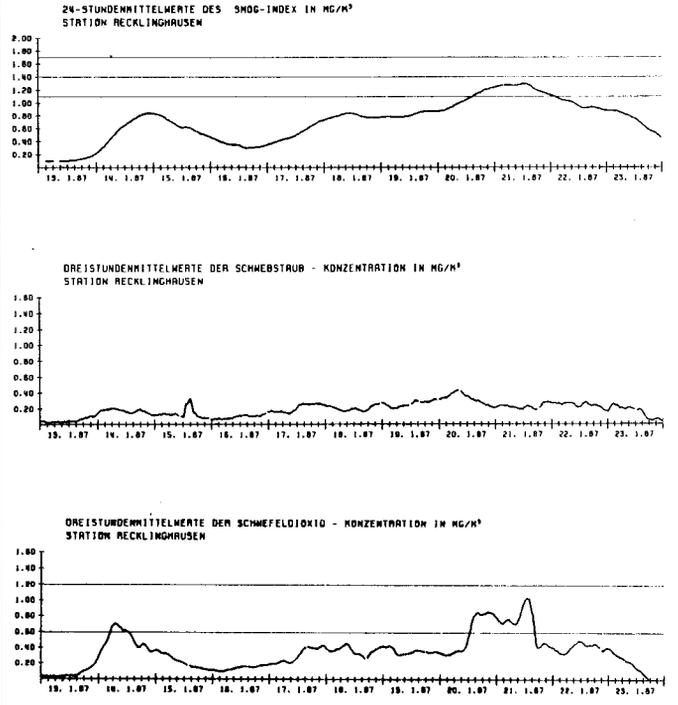


Abb. 21

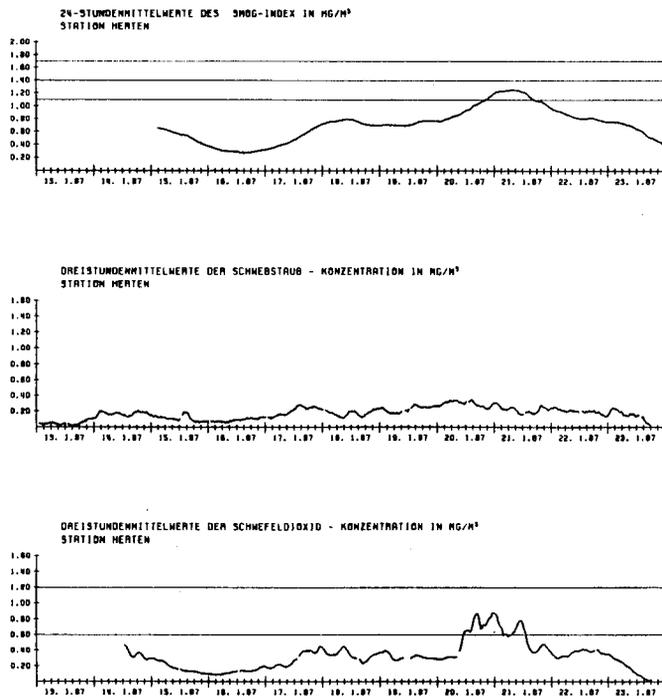


Abb. 20

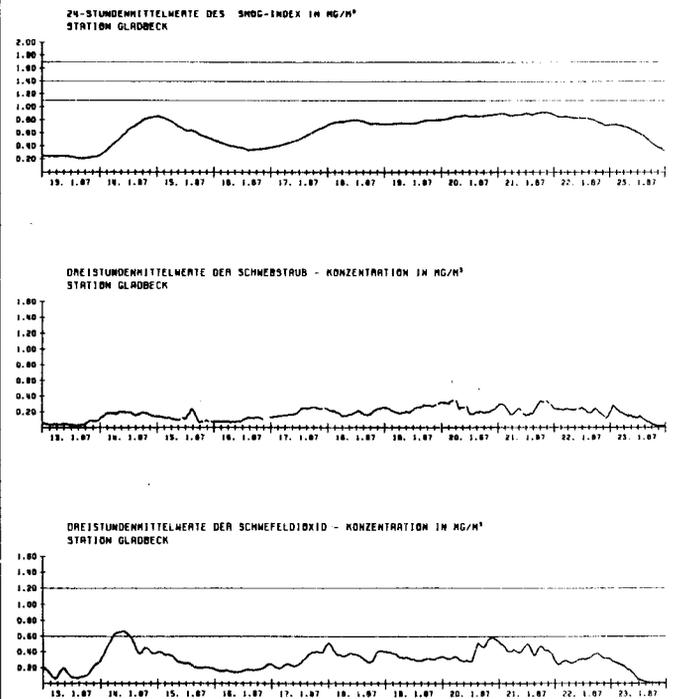


Abb. 22

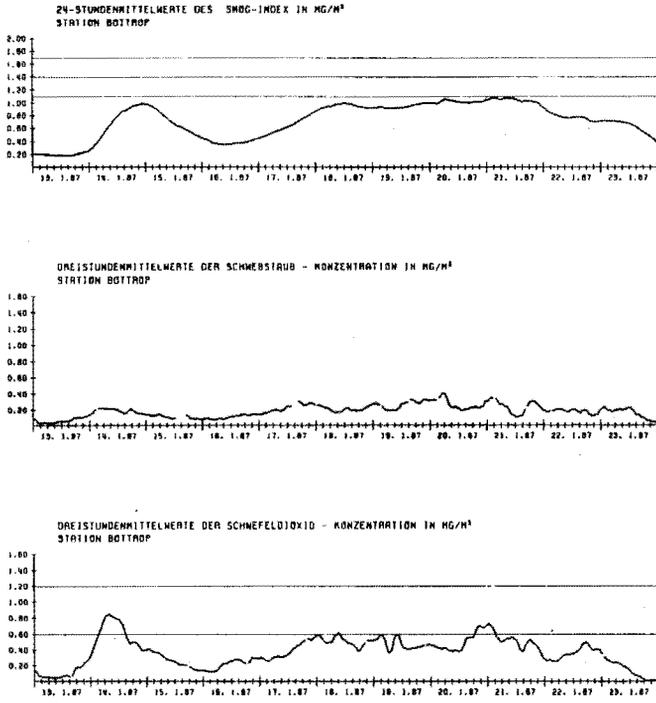


Abb. 23

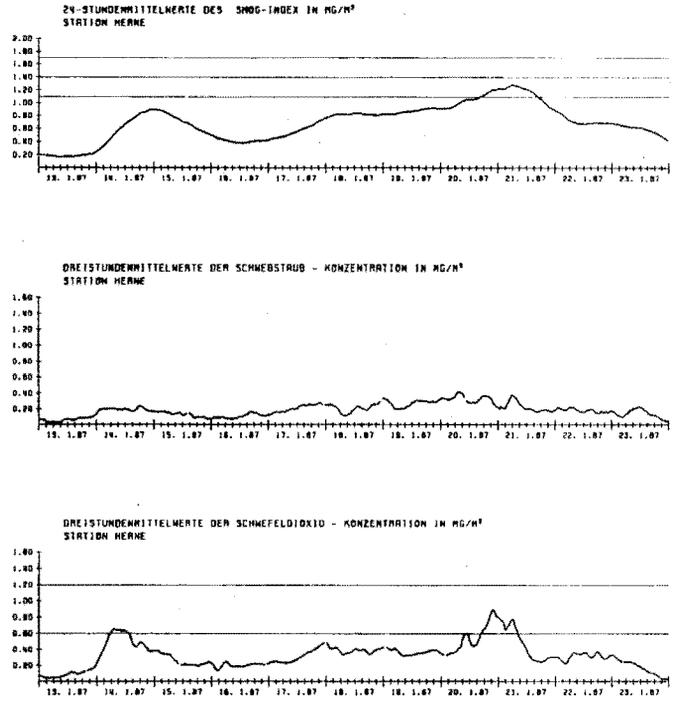


Abb. 25

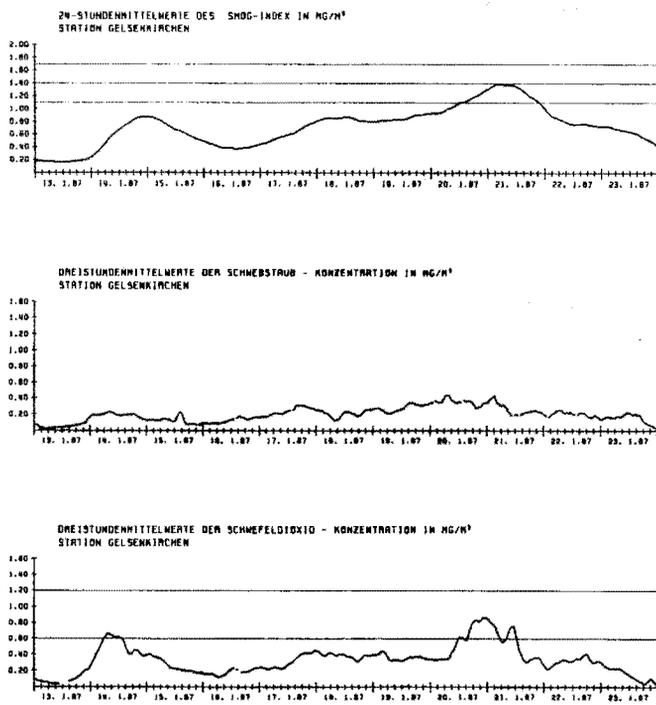


Abb. 24

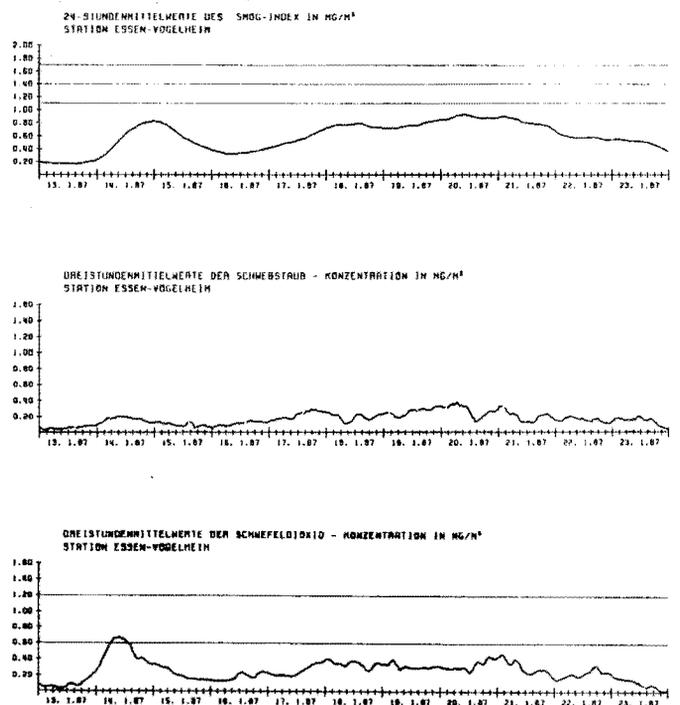


Abb. 26

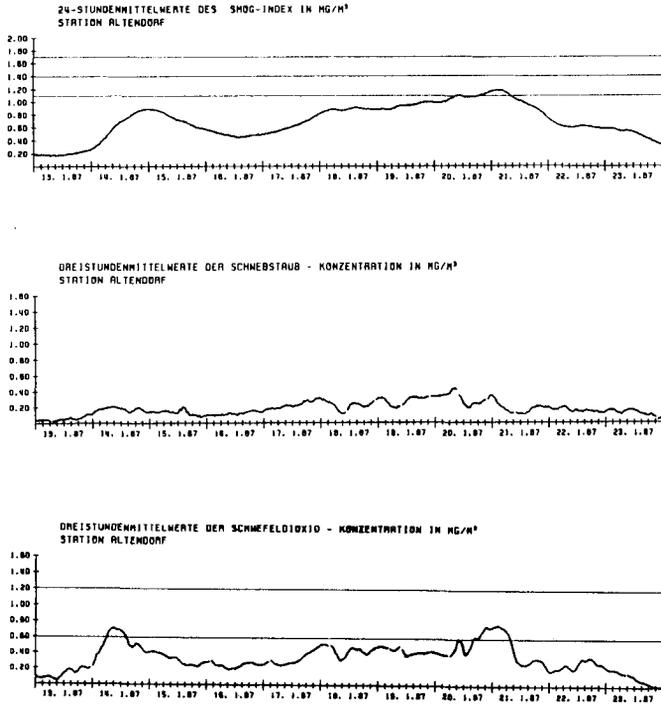


Abb. 27

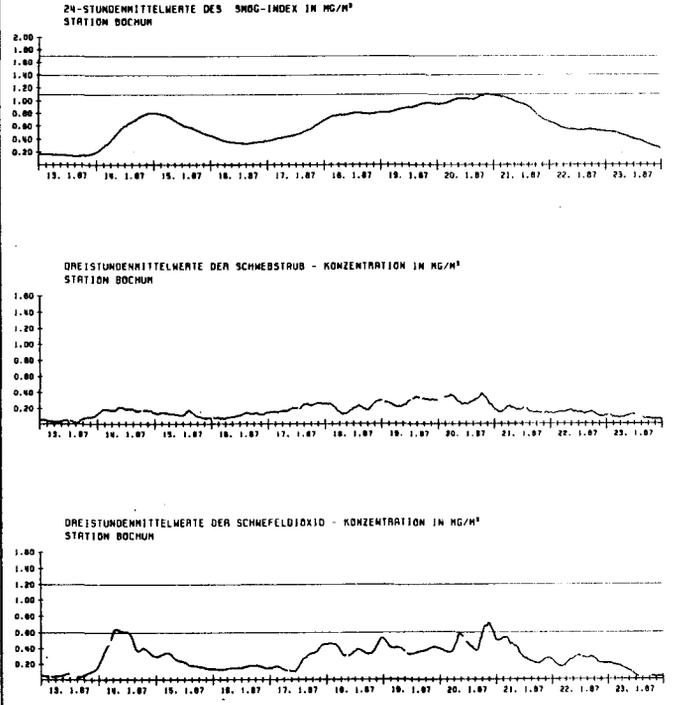


Abb. 29

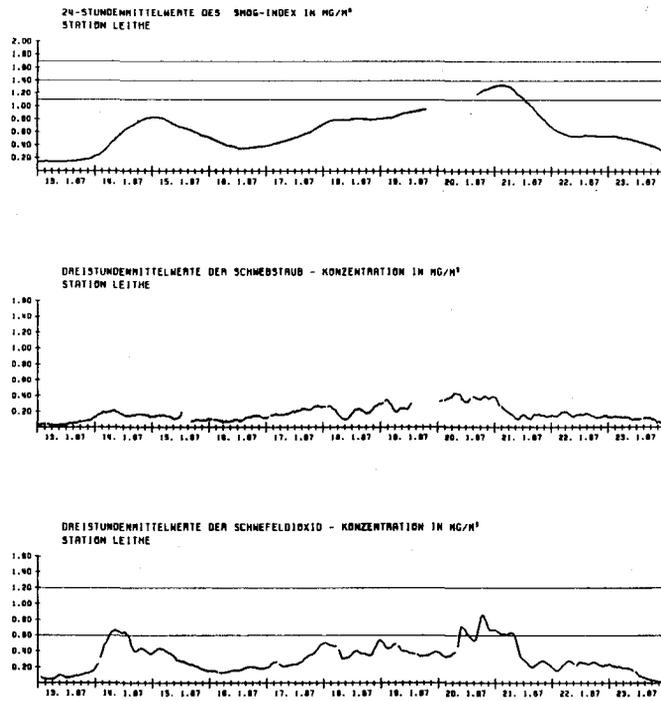


Abb. 28

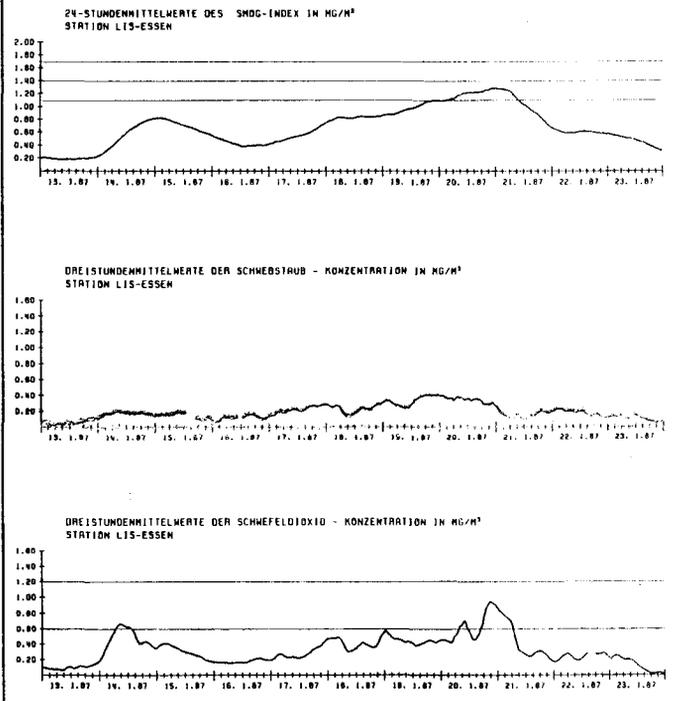


Abb. 30

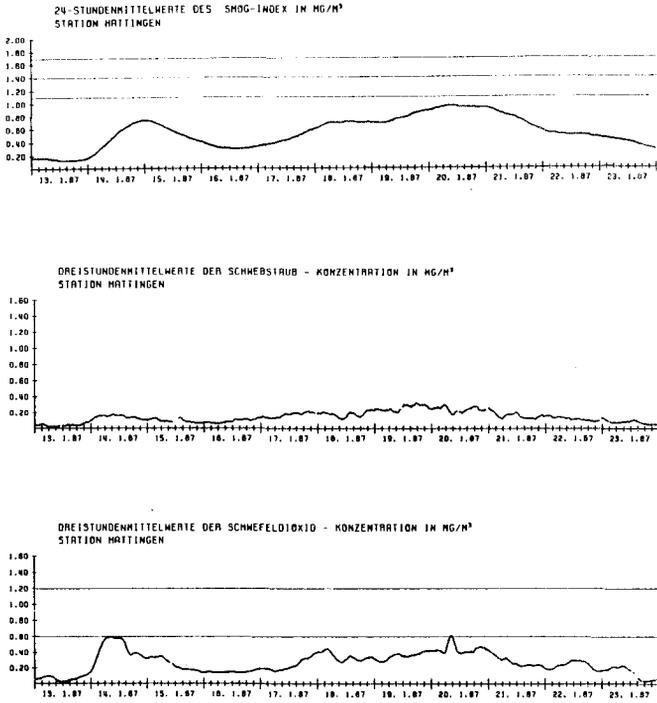


Abb. 31

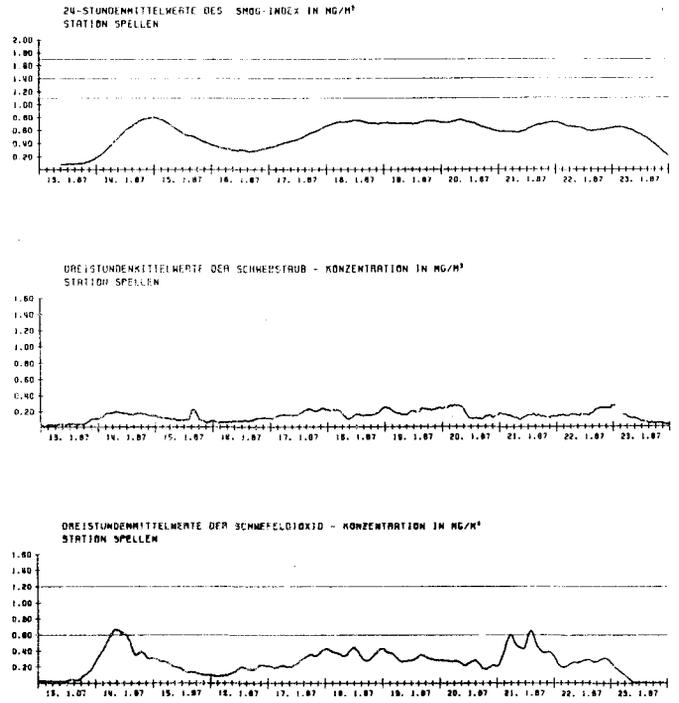


Abb. 33

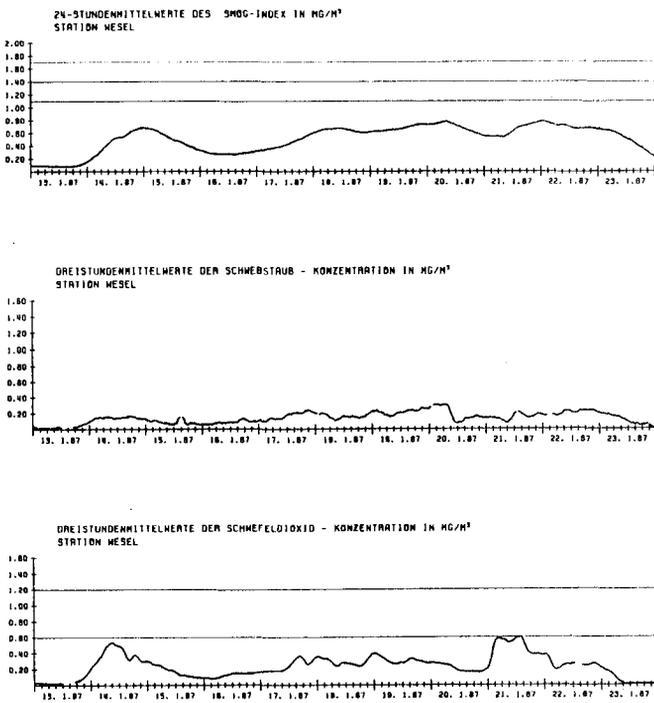


Abb. 32

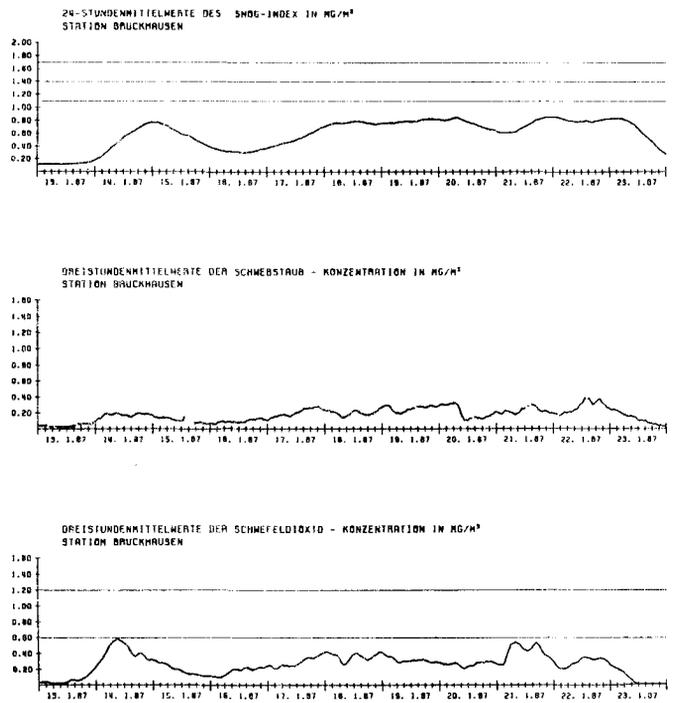


Abb. 34

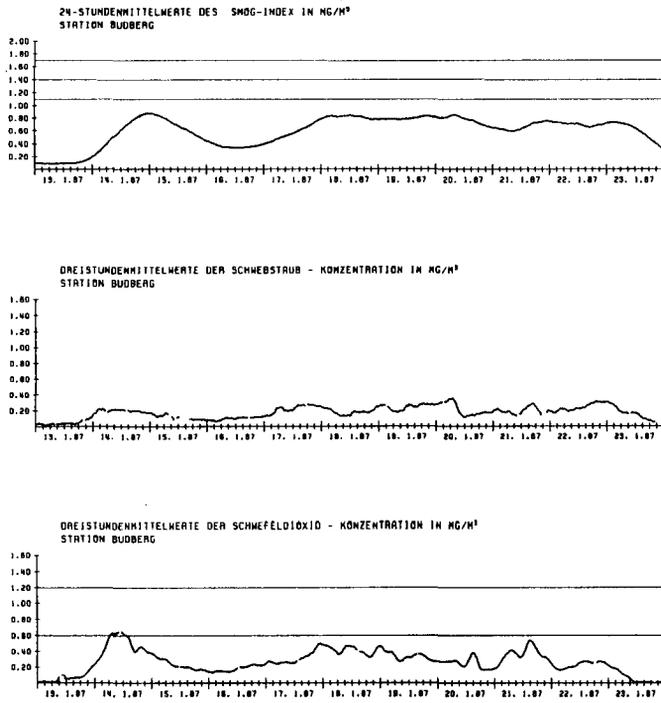


Abb. 35

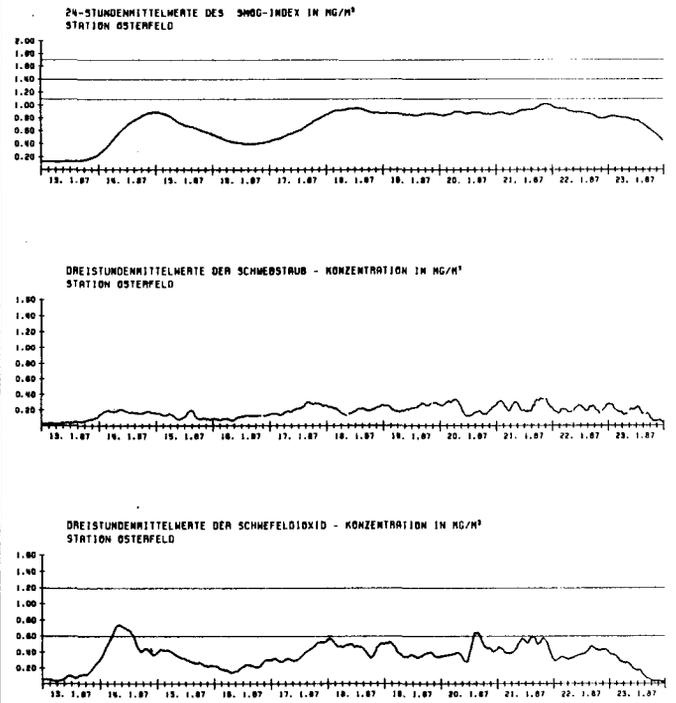


Abb. 37

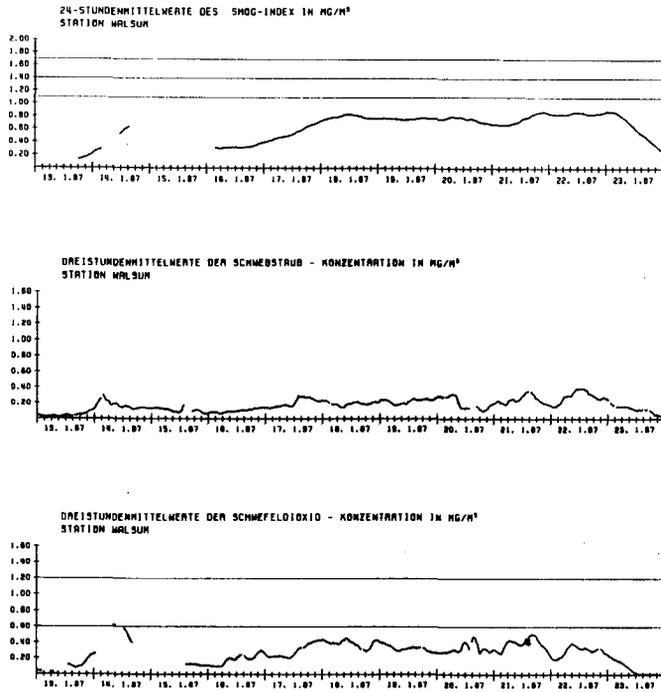


Abb. 36

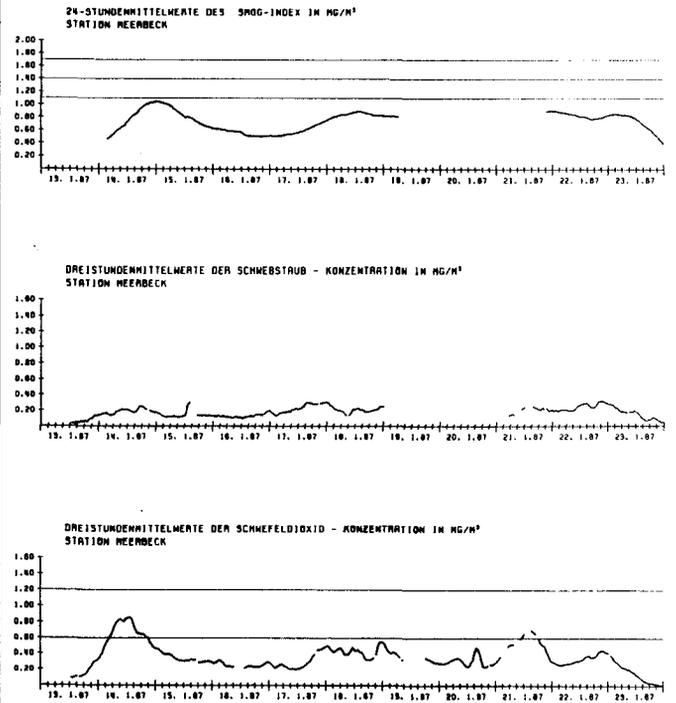


Abb. 38

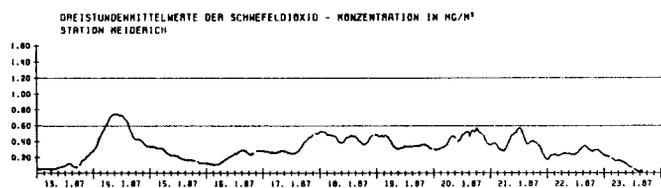
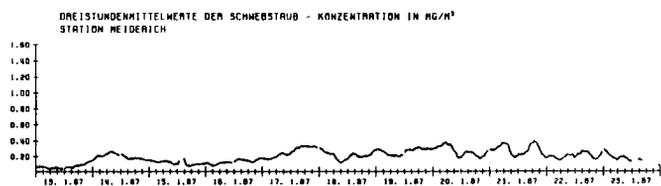
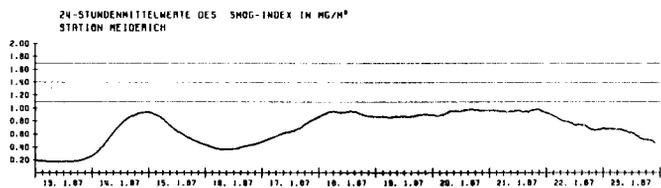


Abb. 39

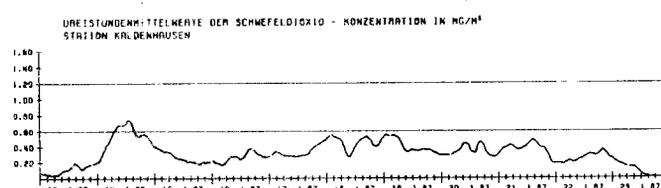
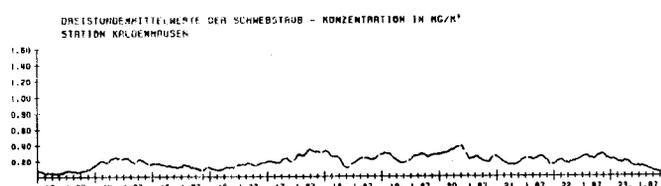
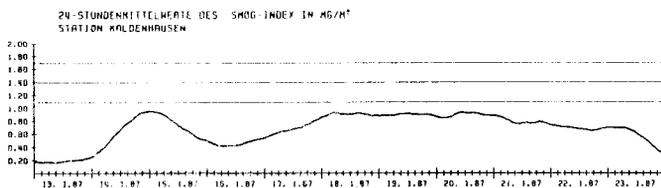


Abb. 41

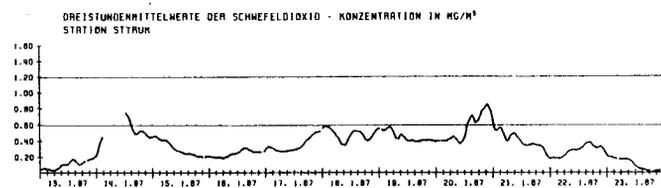
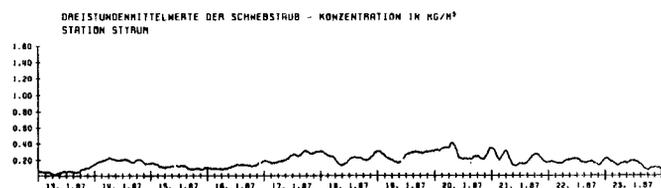
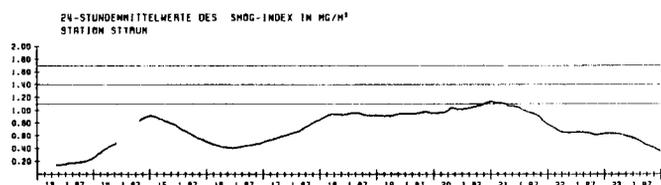


Abb. 40

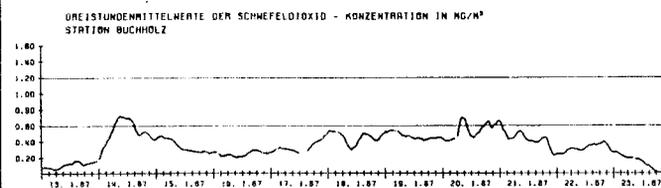
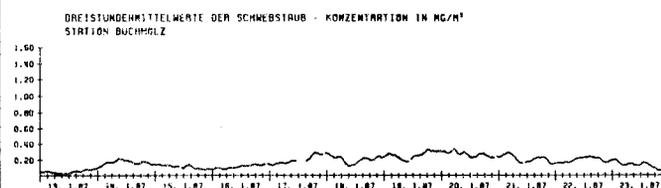
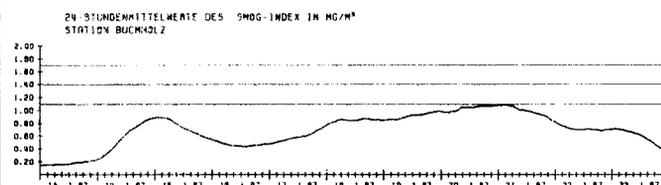


Abb. 42

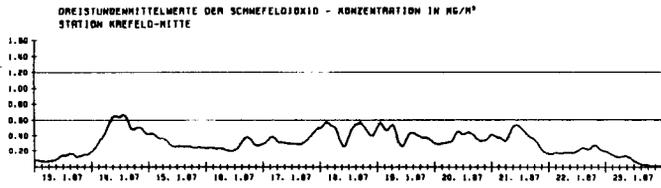
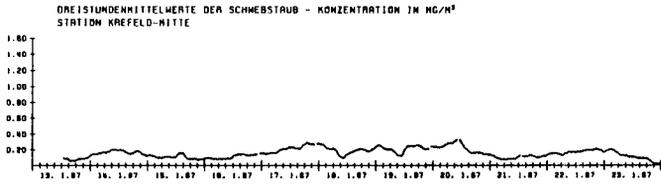
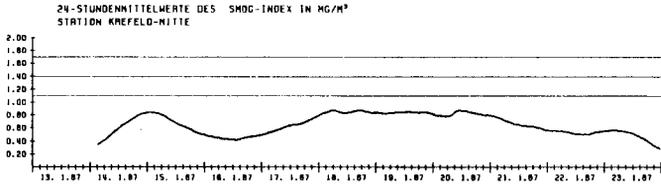


Abb. 43

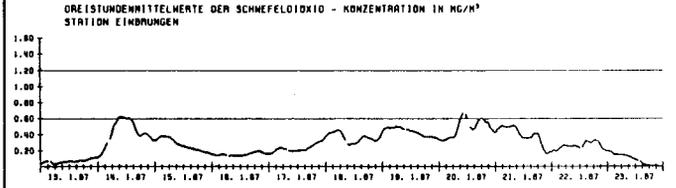
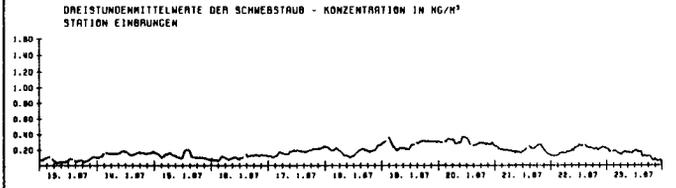
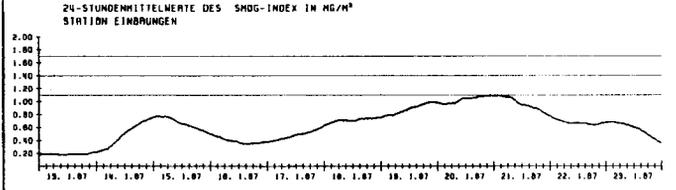


Abb. 45

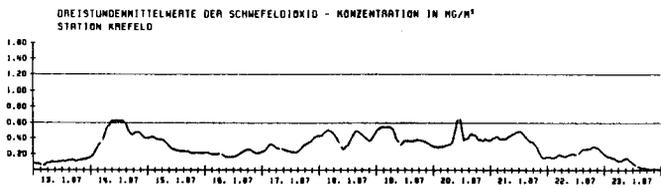
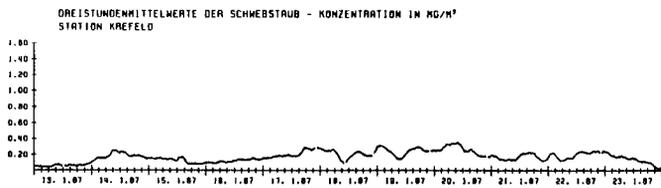
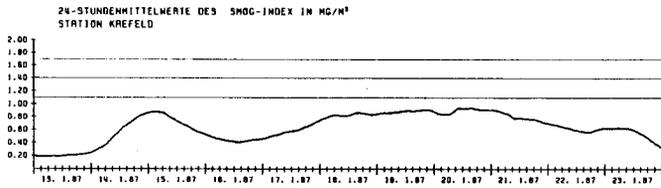


Abb. 44

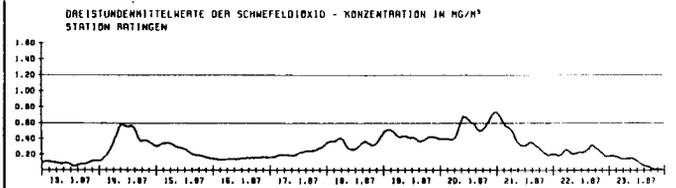
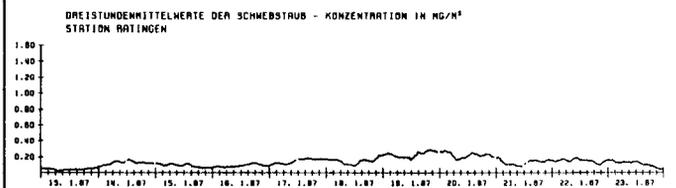
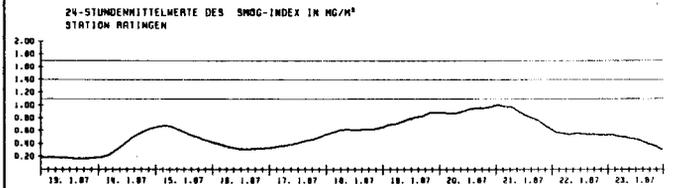


Abb. 46

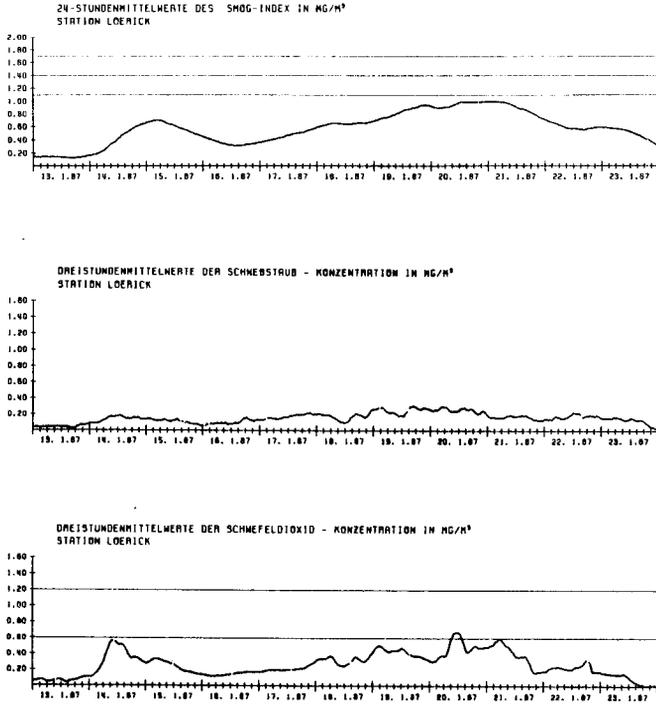


Abb. 47

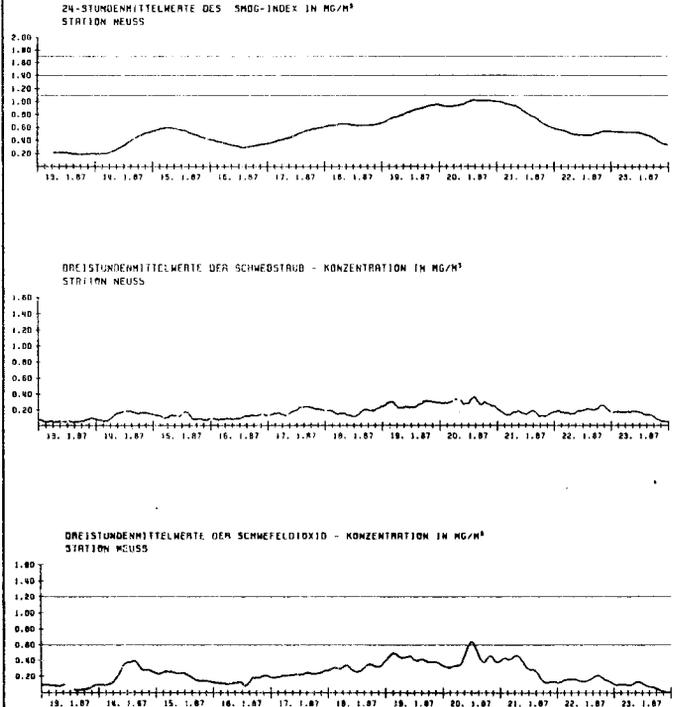


Abb. 49

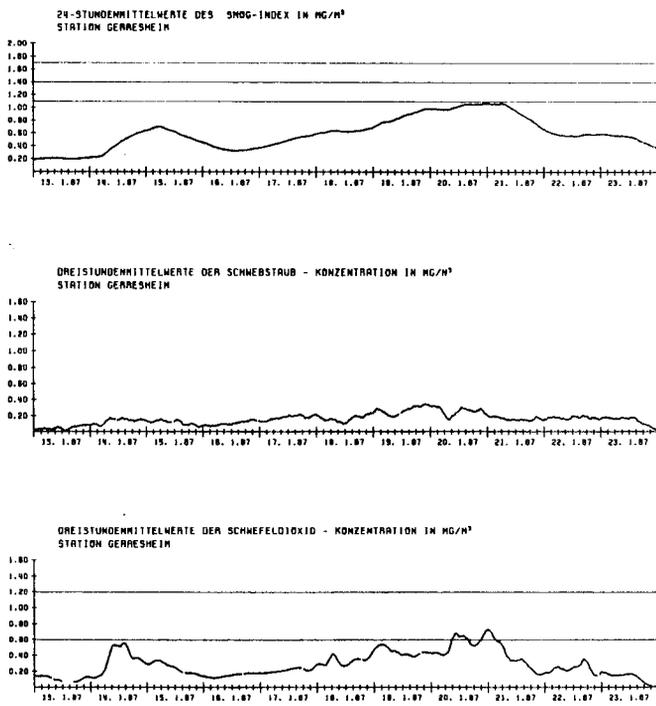


Abb. 48

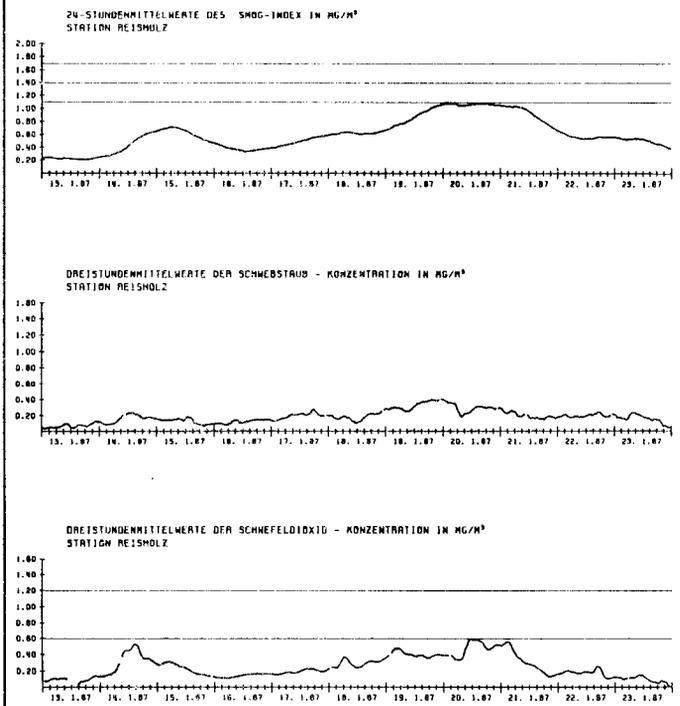


Abb. 50

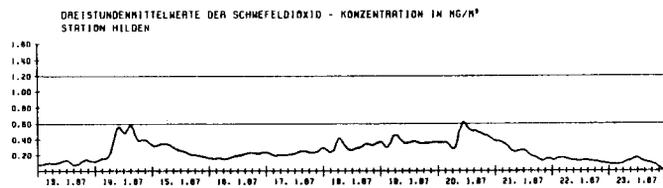
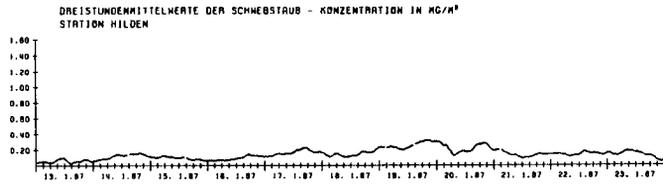
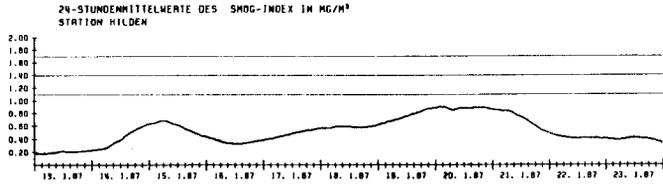


Abb. 51

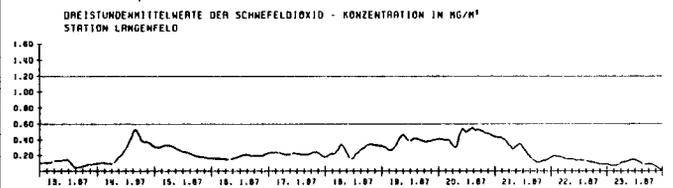
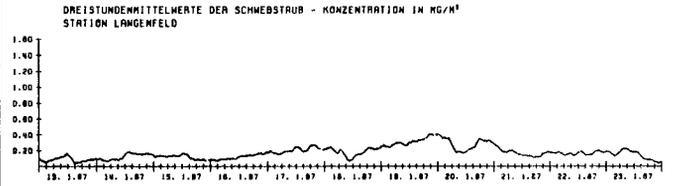
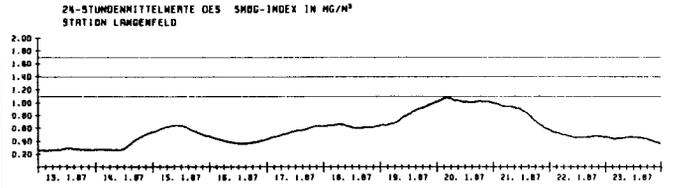


Abb. 53

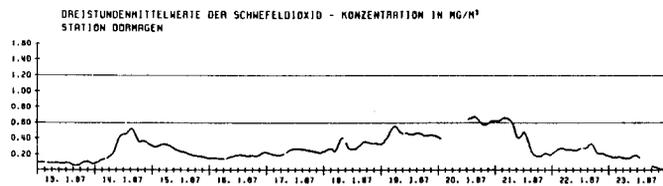
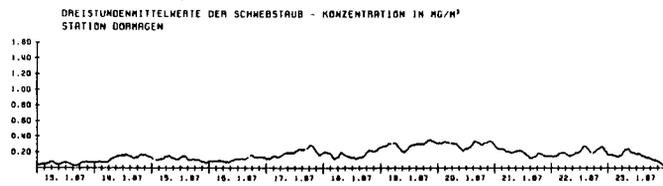
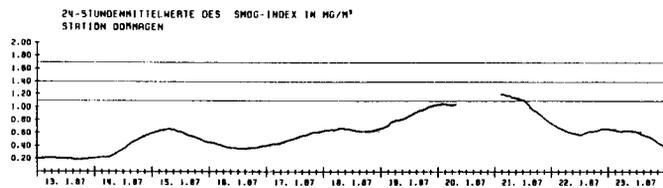


Abb. 52

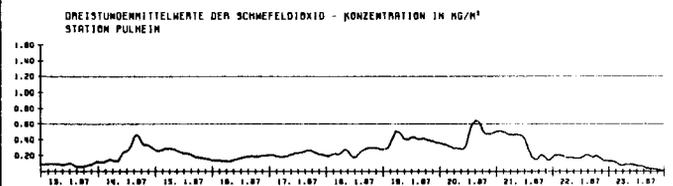
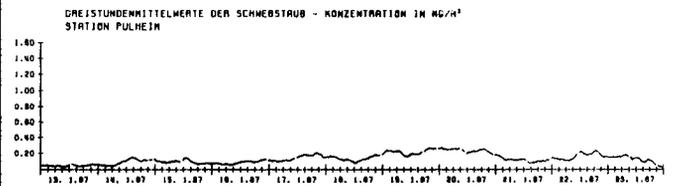
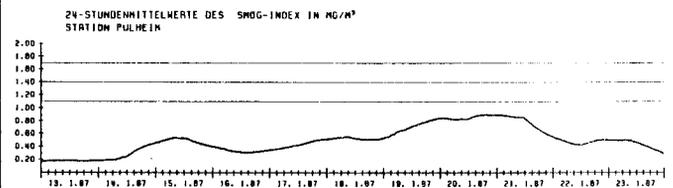


Abb. 54

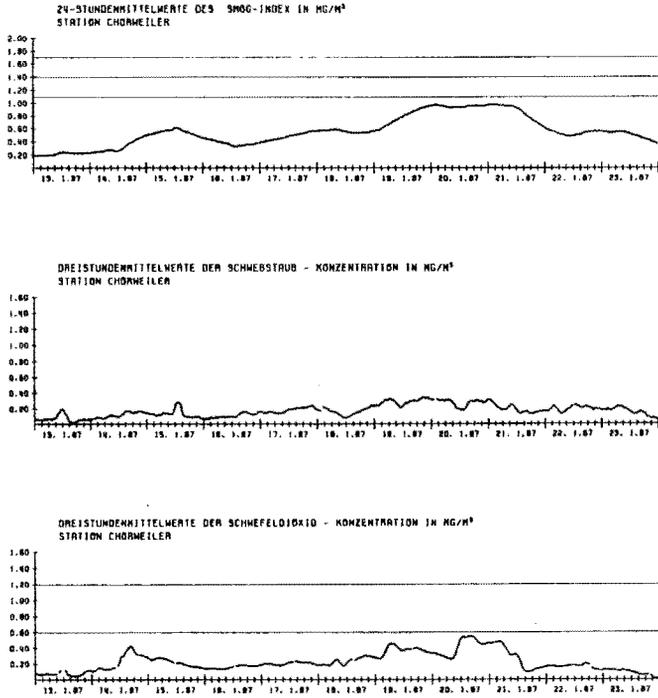


Abb. 55

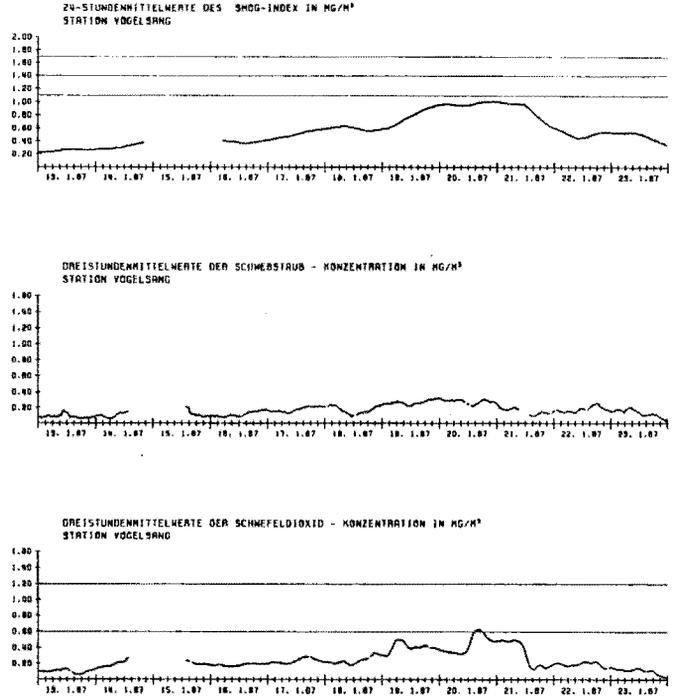


Abb. 57

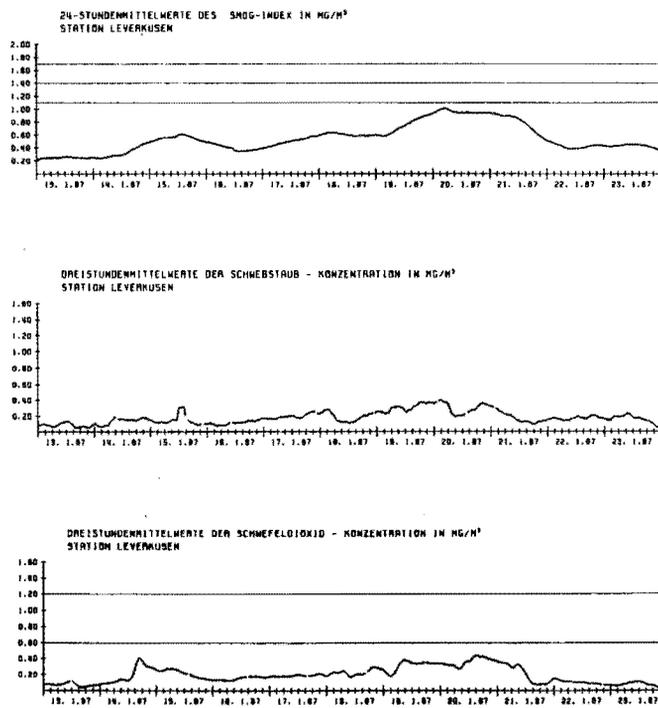


Abb. 56

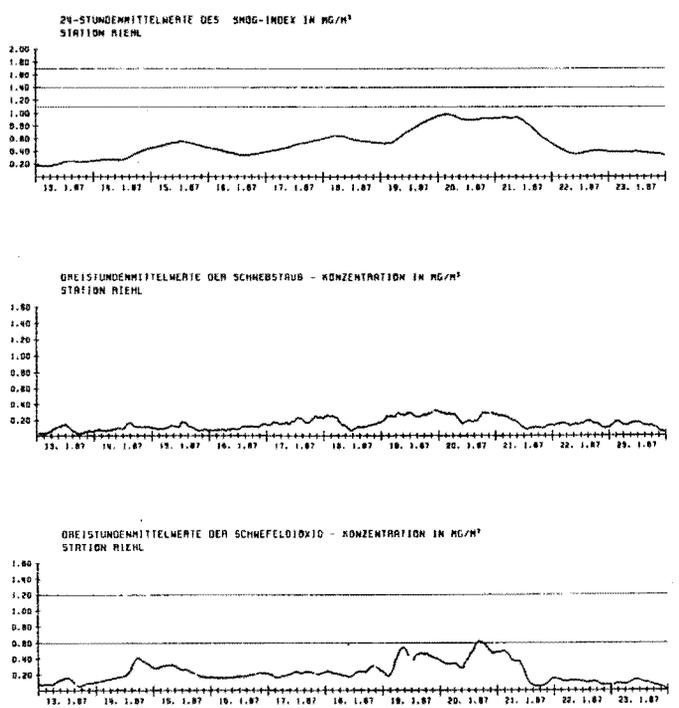


Abb. 58

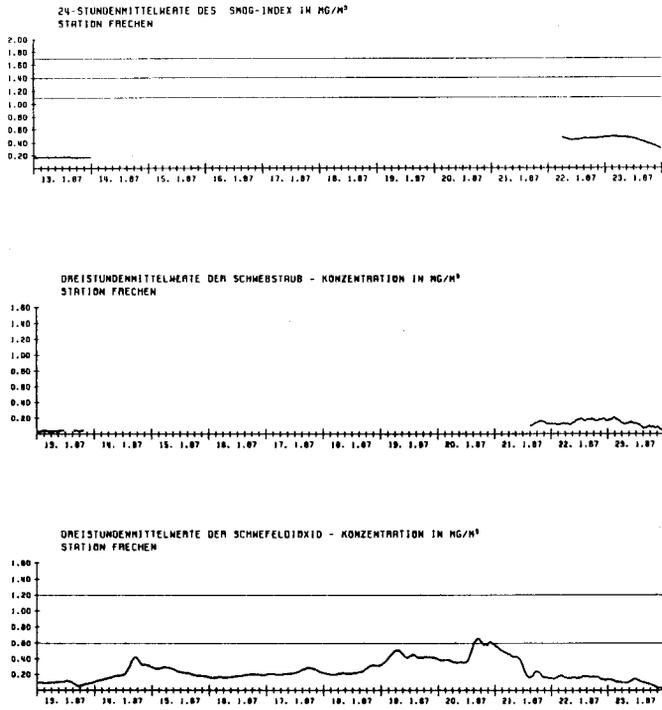


Abb. 59

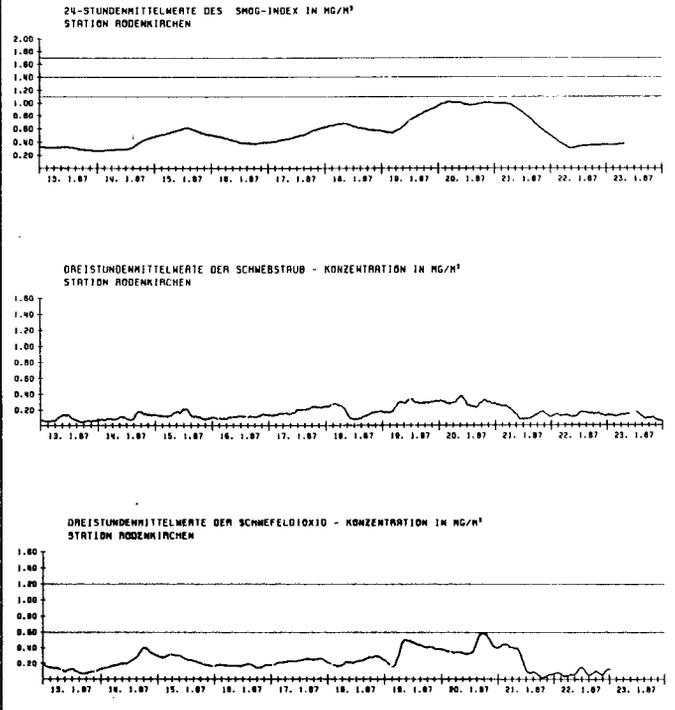


Abb. 61

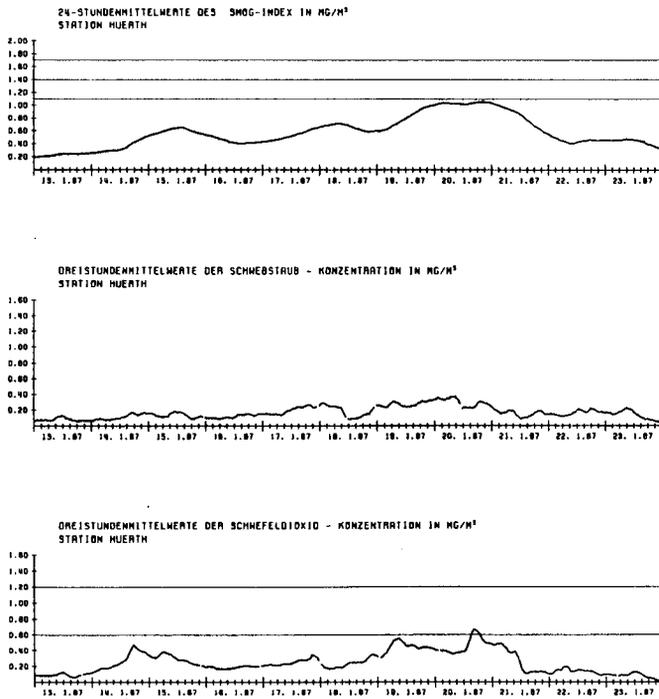


Abb. 60

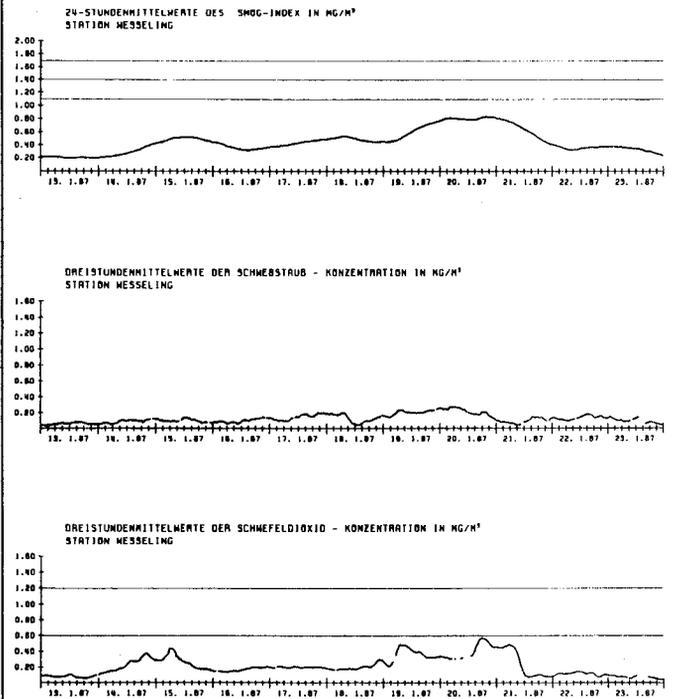


Abb. 62

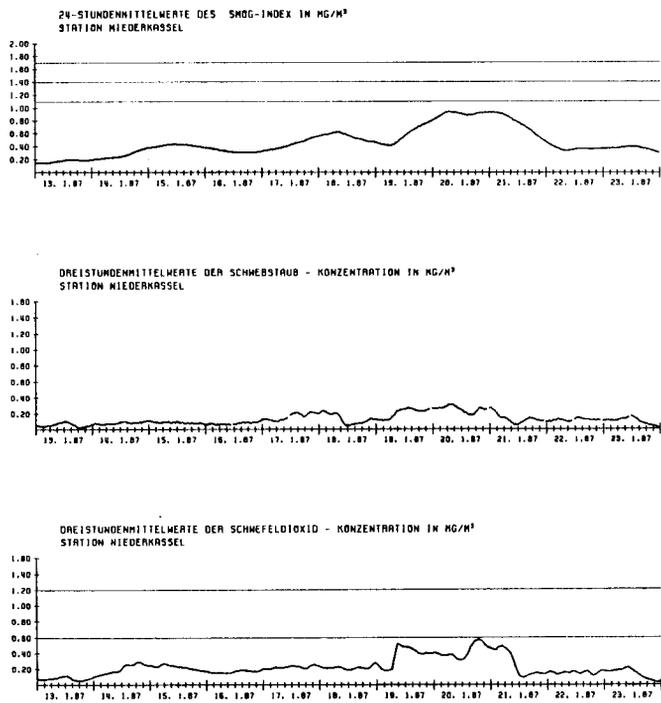


Abb. 63

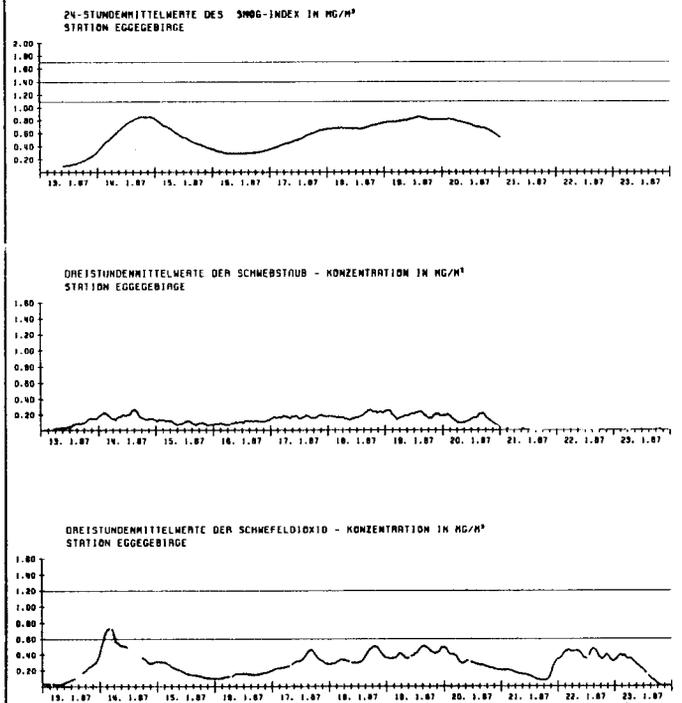


Abb. 65

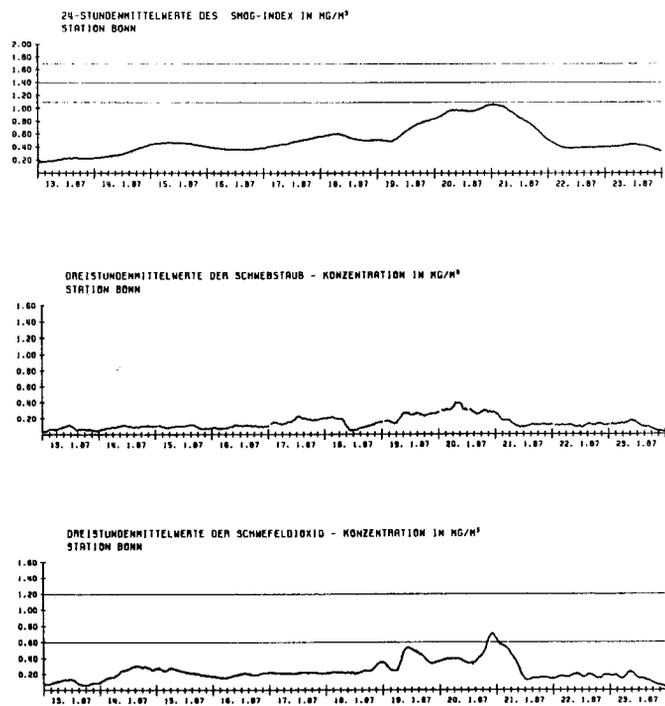


Abb. 64

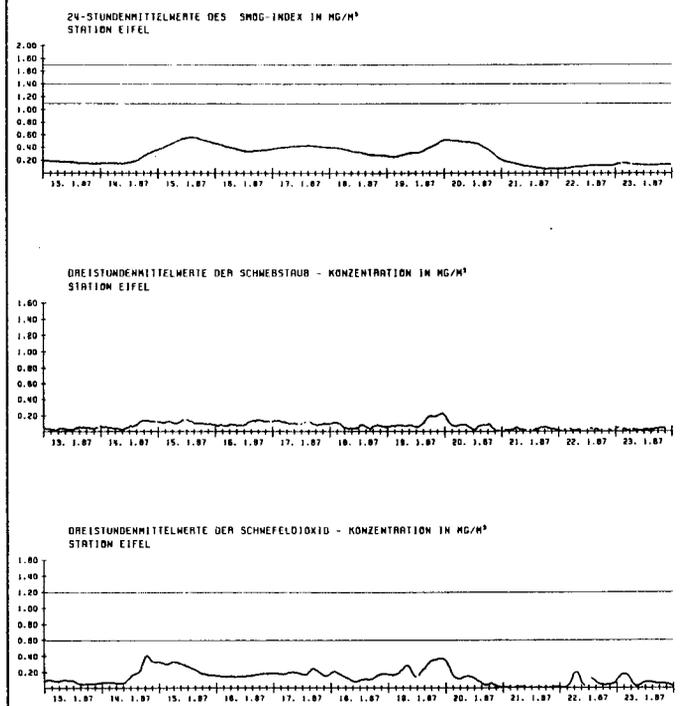


Abb. 66

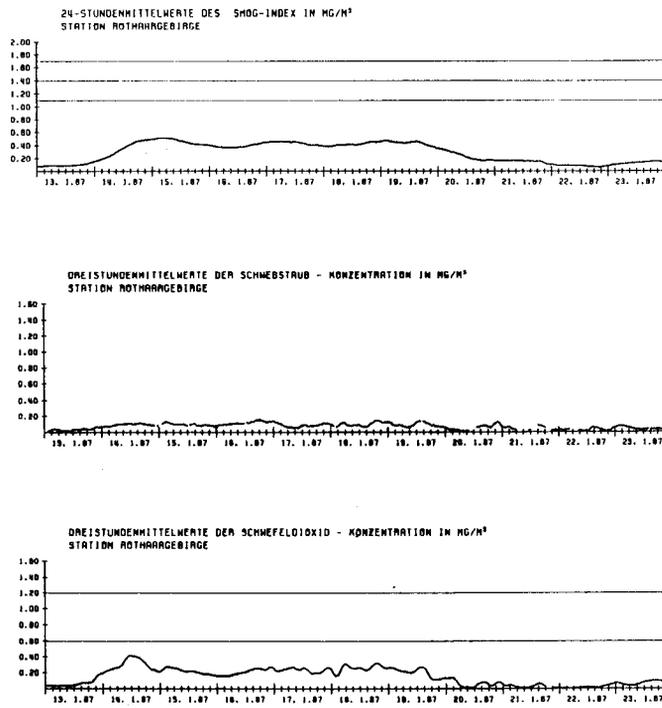


Abb. 67

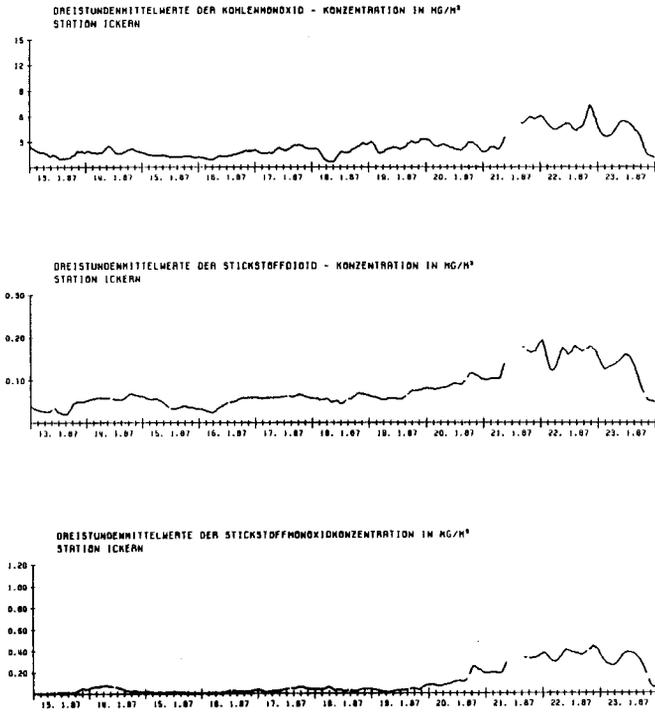


Abb. 68

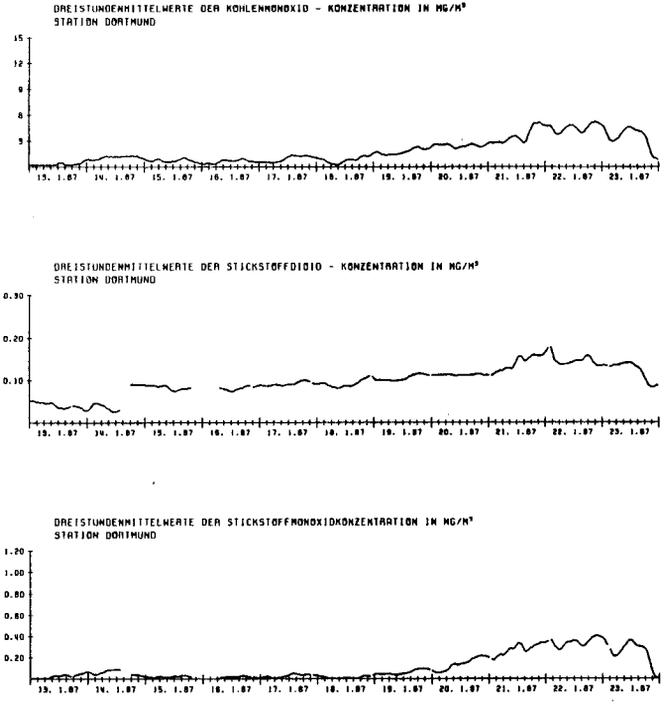


Abb. 70

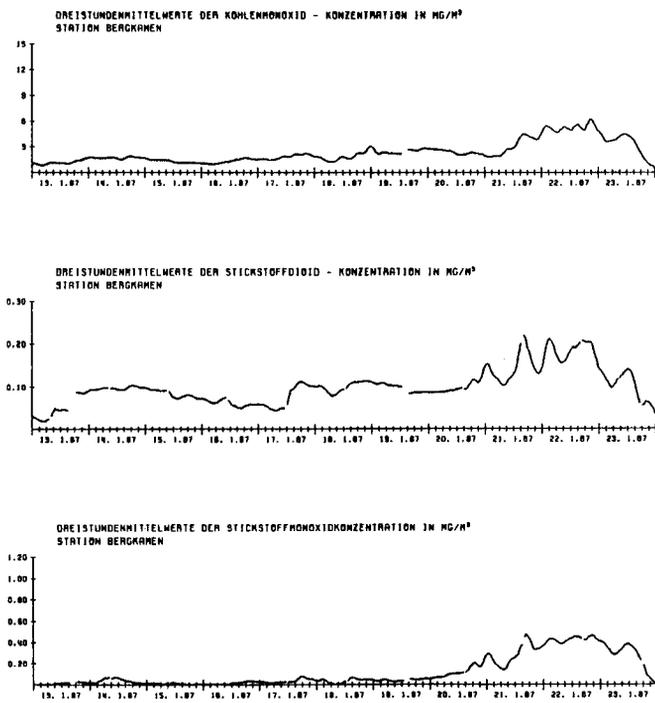


Abb. 69

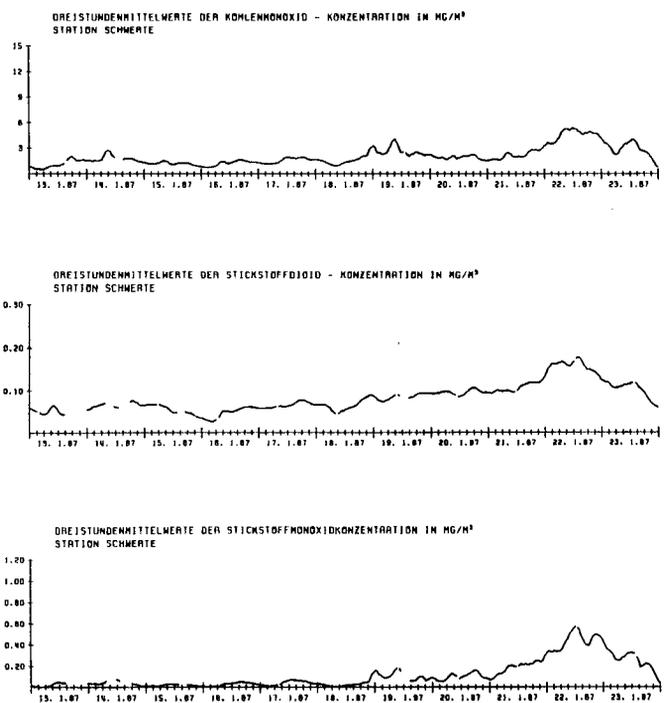


Abb. 71

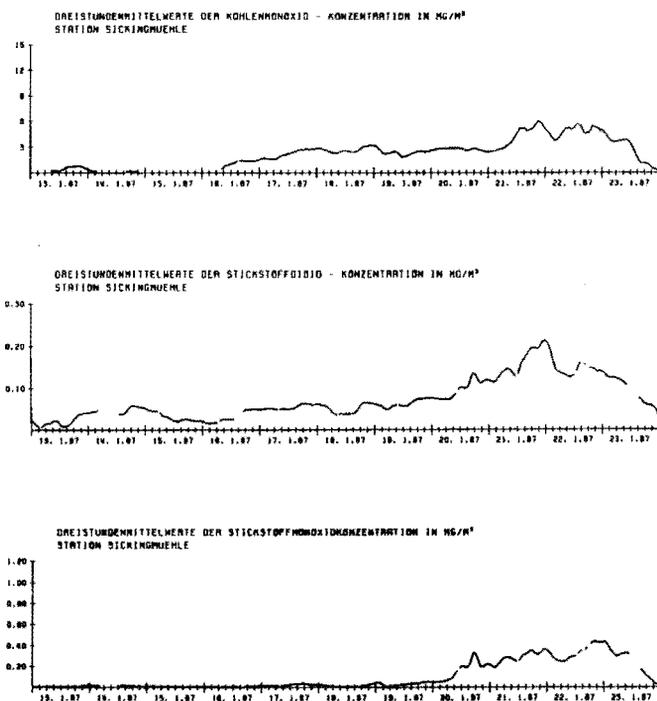


Abb. 72

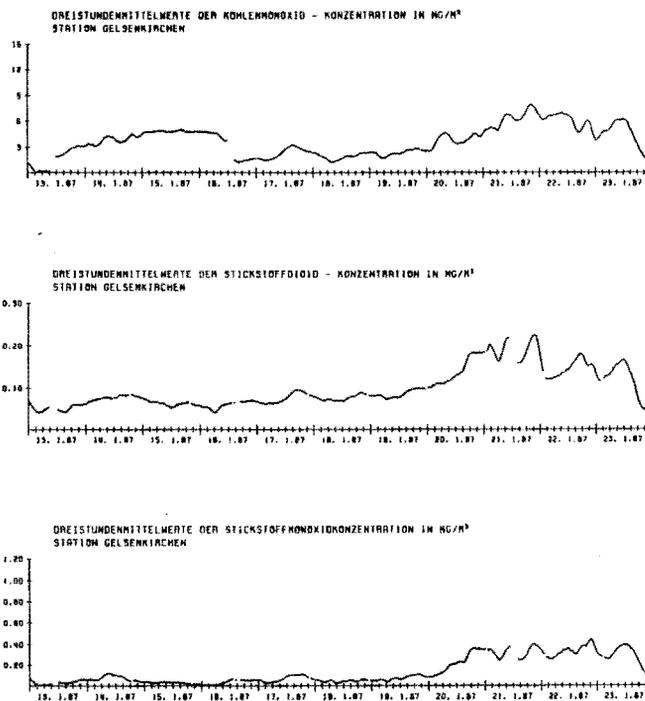


Abb. 74

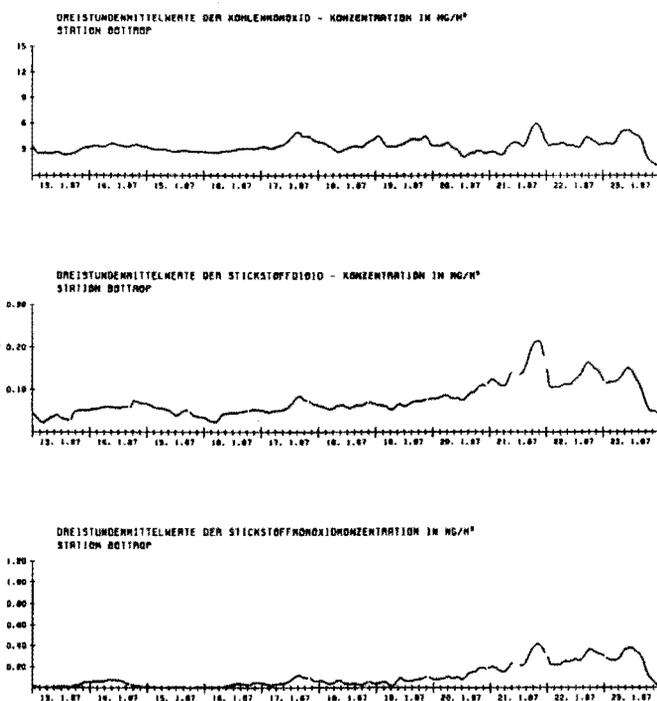


Abb. 73

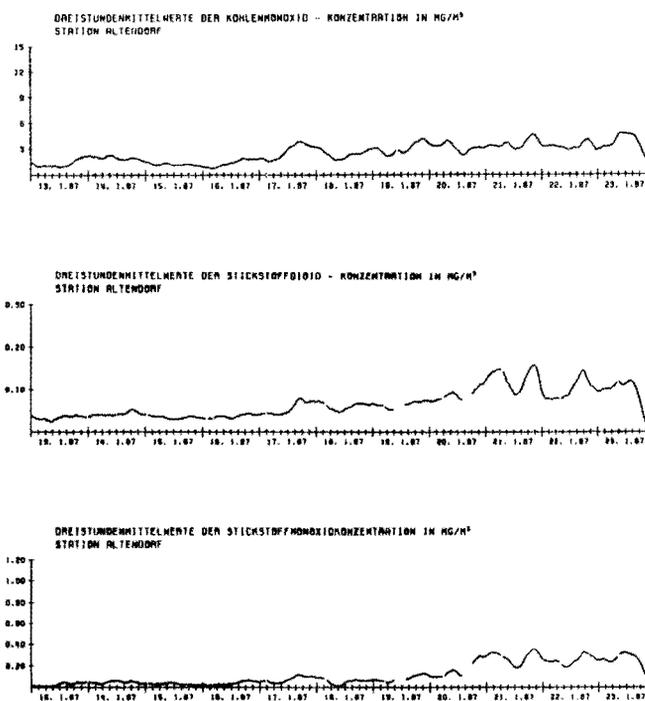


Abb. 75

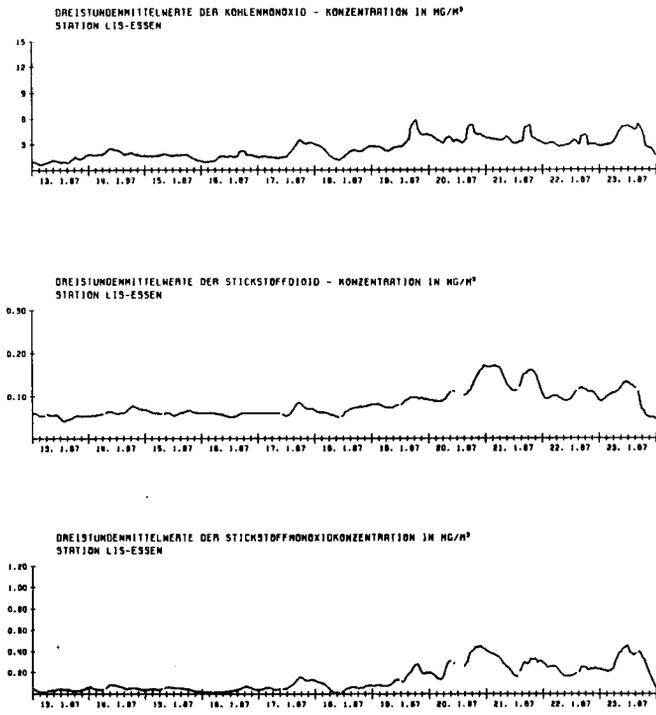


Abb. 76

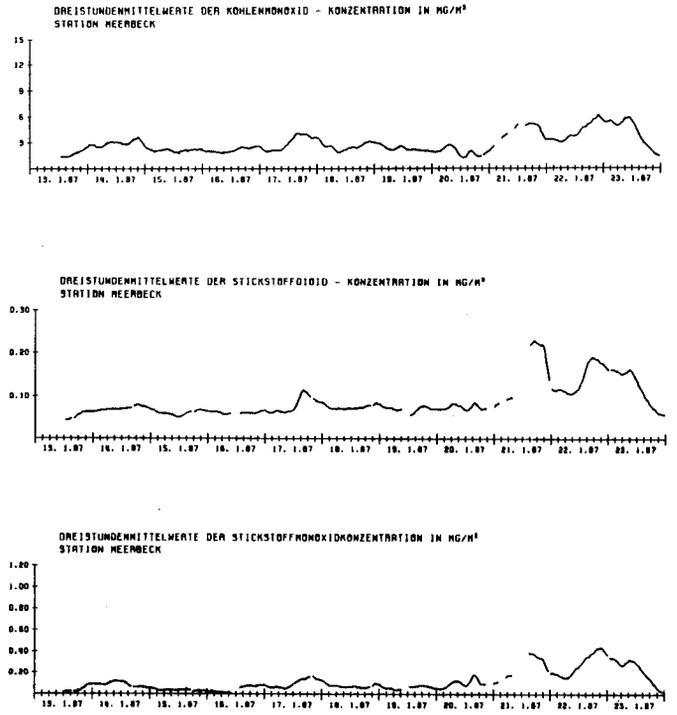


Abb. 78

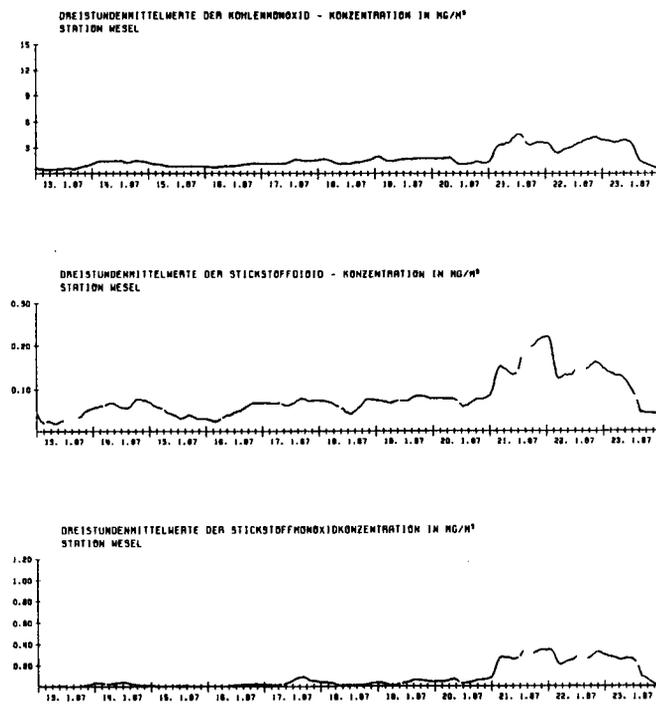


Abb. 77

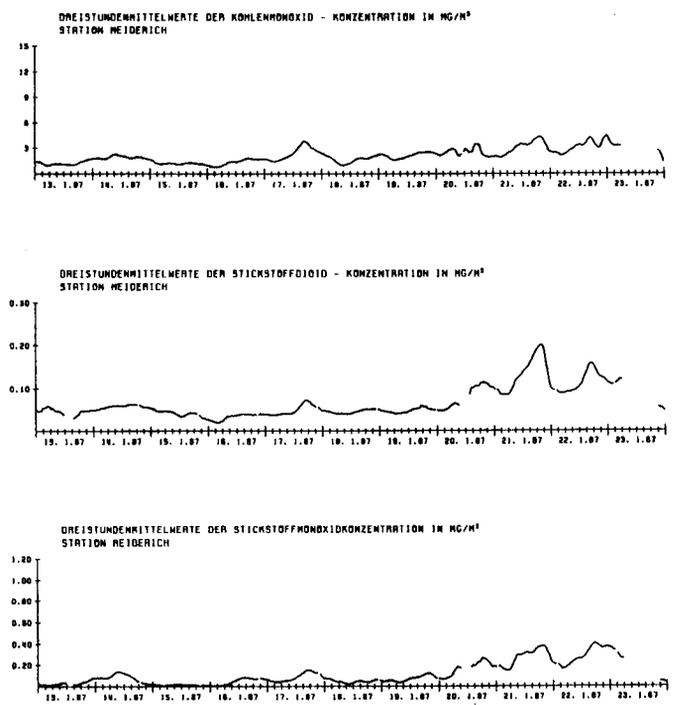


Abb. 79

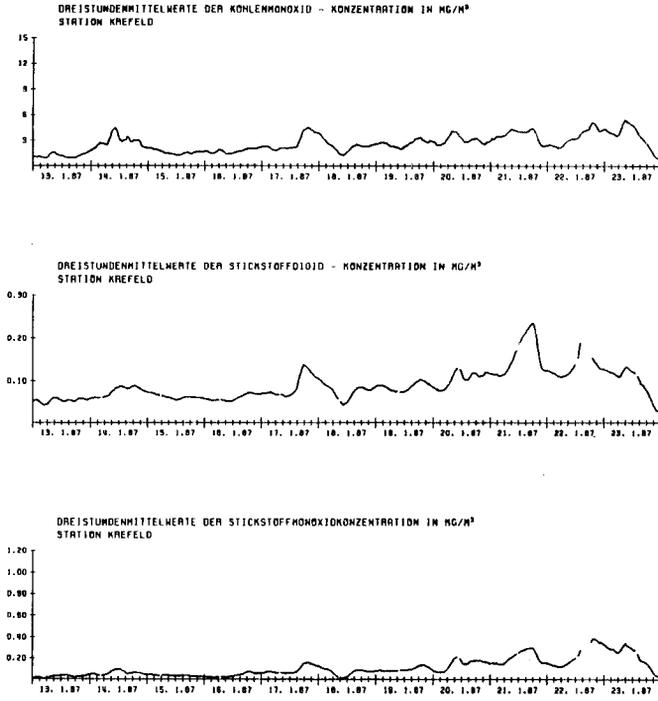


Abb. 80

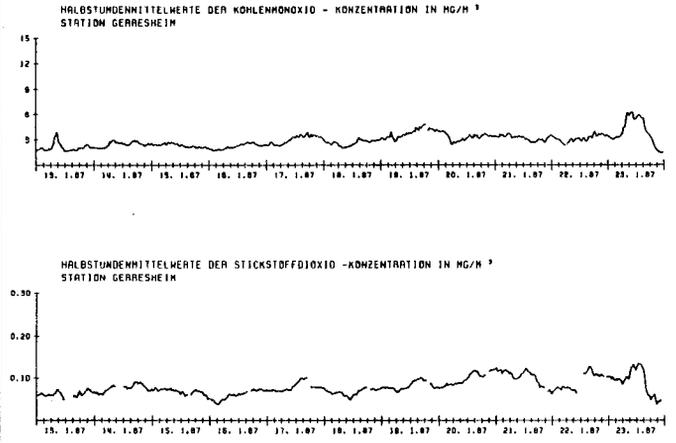


Abb. 82

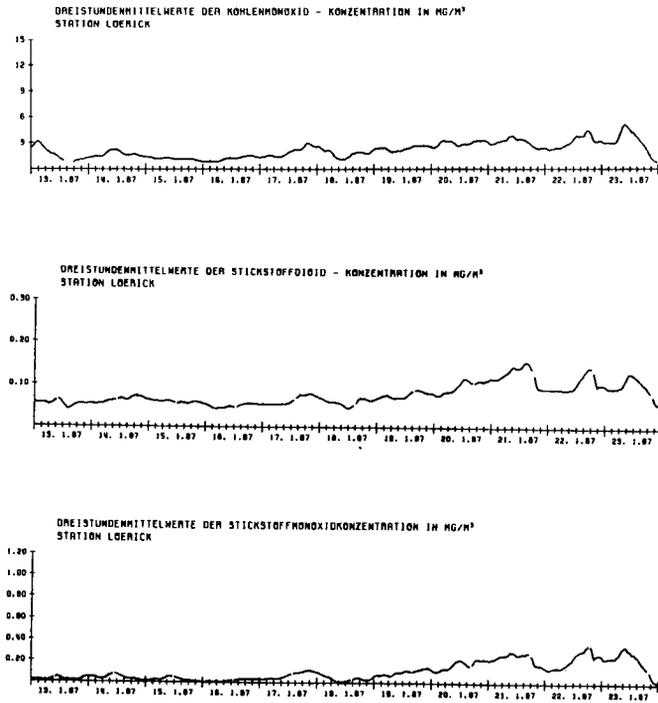


Abb. 81

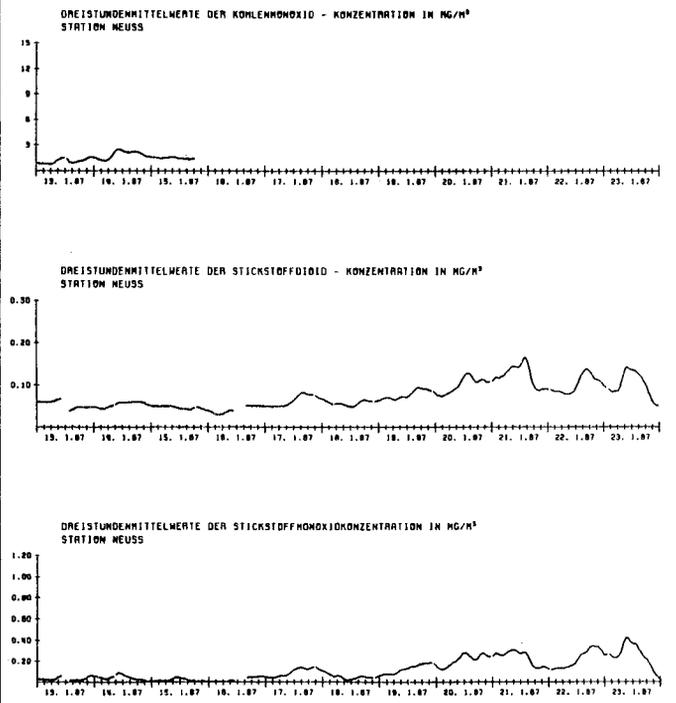


Abb. 83

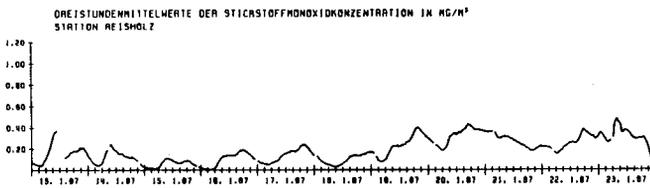
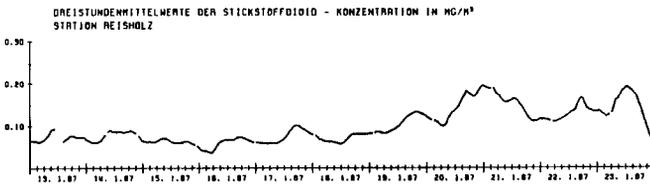
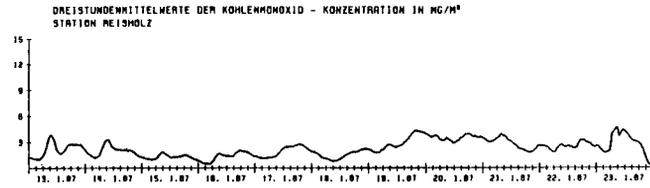


Abb. 84

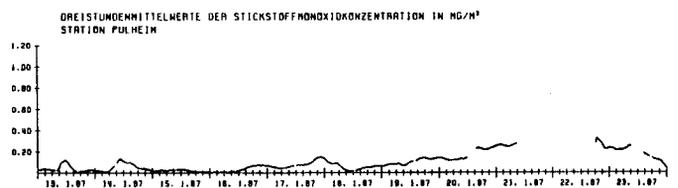
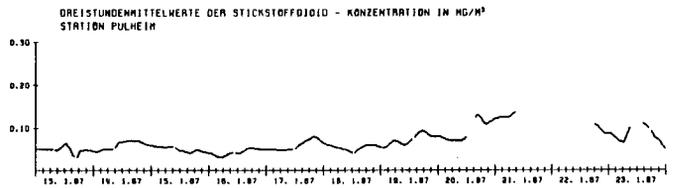
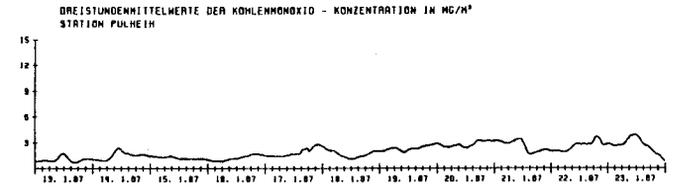


Abb. 86

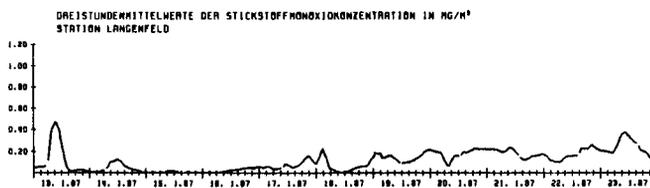
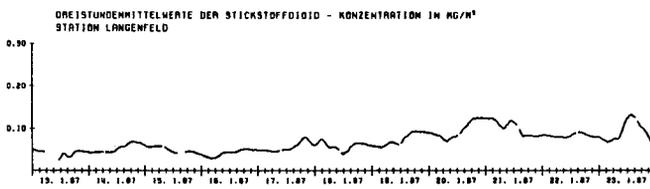
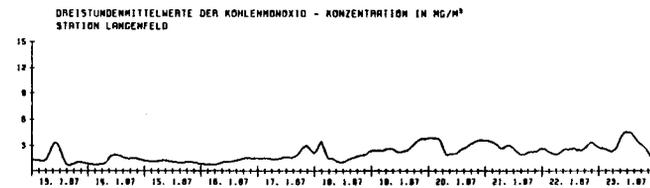


Abb. 85

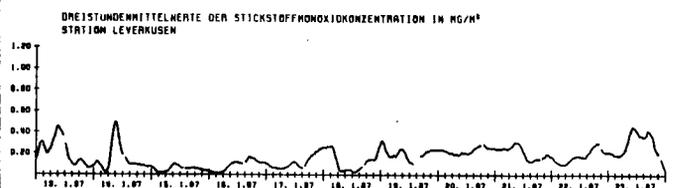
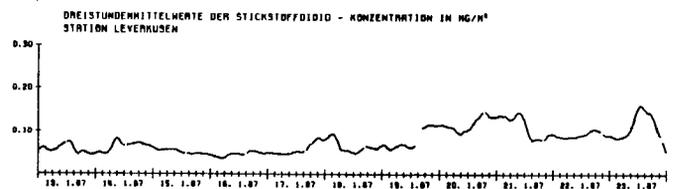
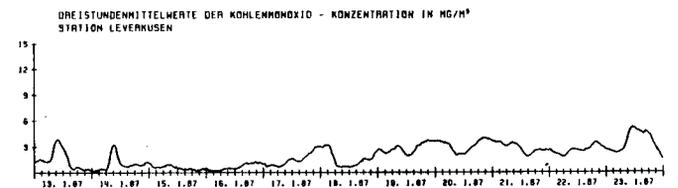


Abb. 87

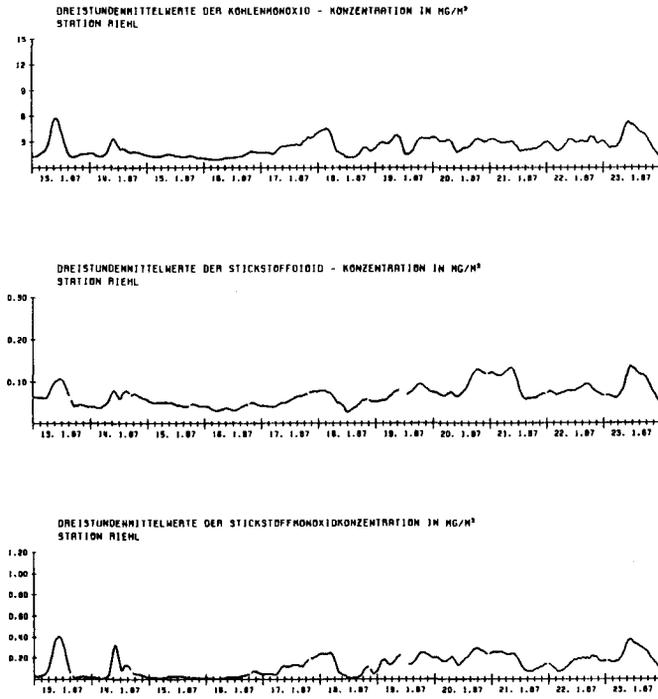


Abb. 88

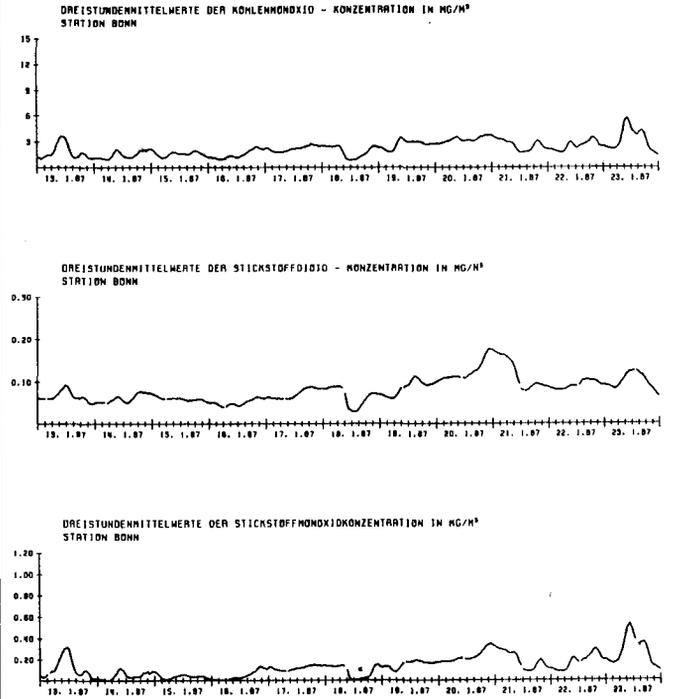


Abb. 90

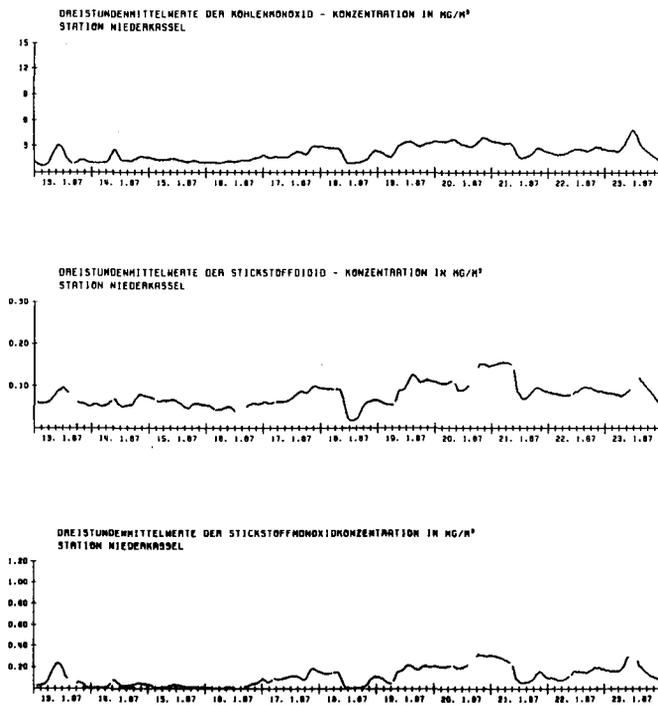


Abb. 89

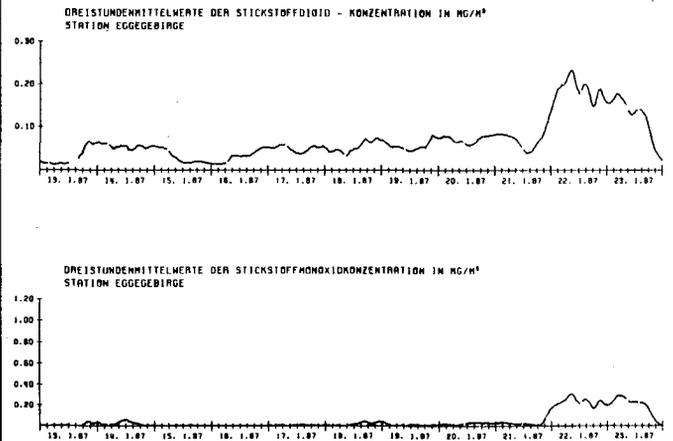


Abb. 91

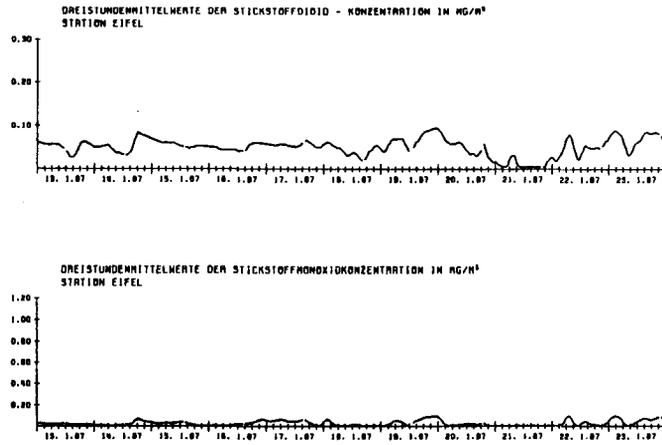


Abb. 92

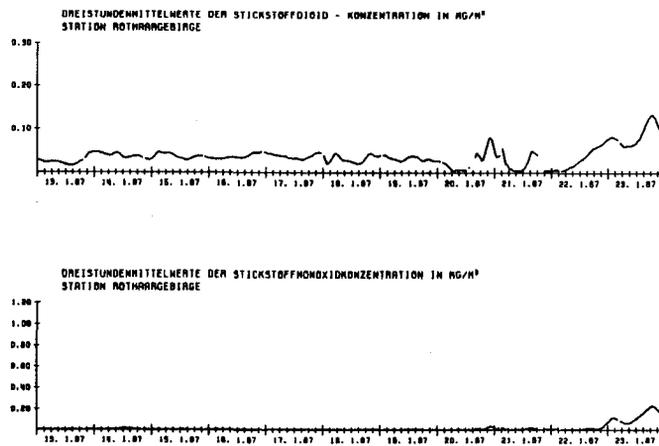


Abb. 93

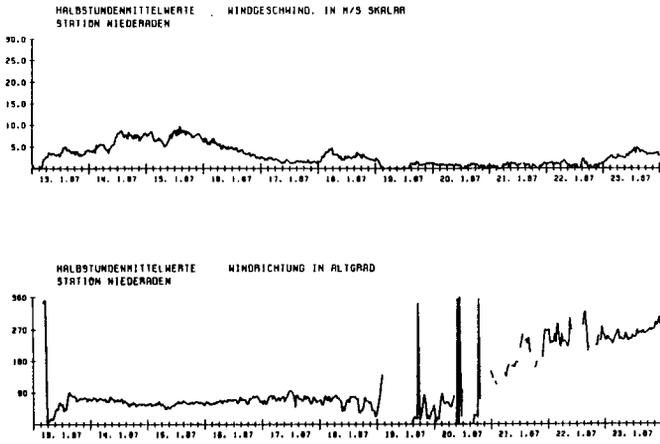


Abb. 94

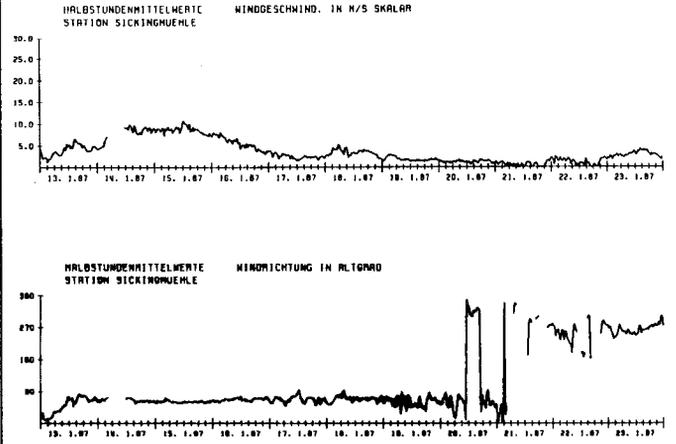


Abb. 97

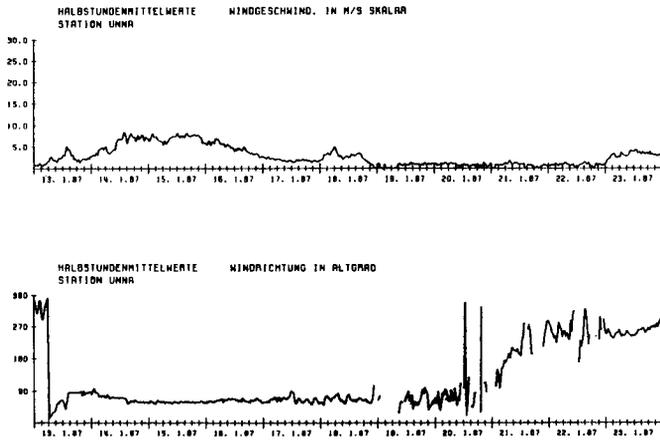


Abb. 95

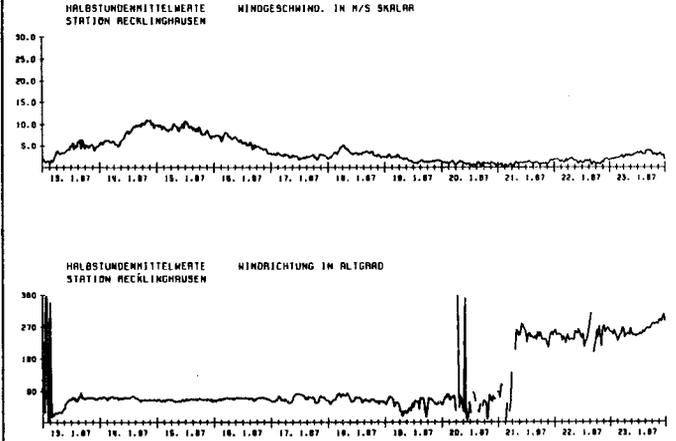


Abb. 98

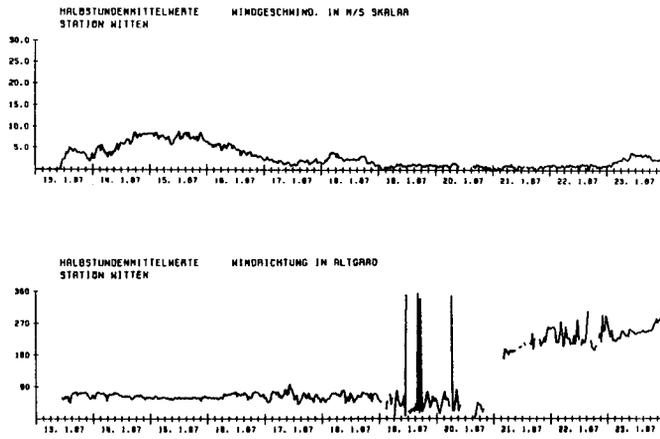


Abb. 96

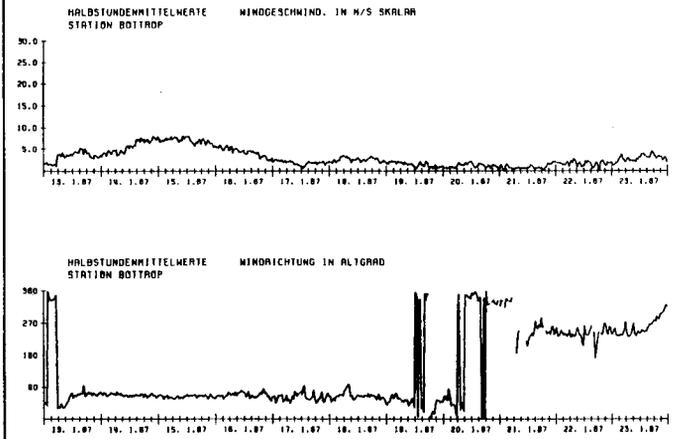


Abb. 99

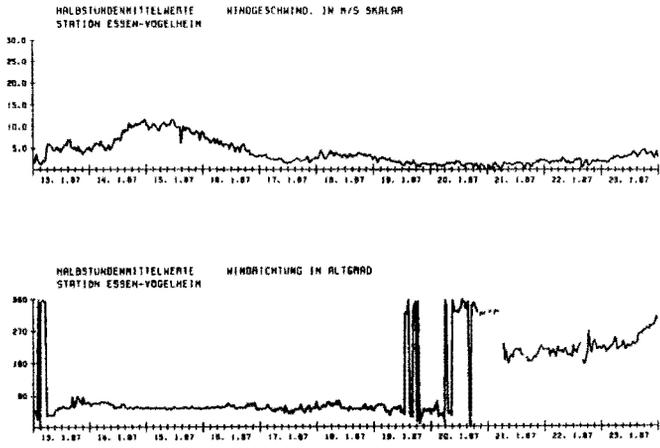


Abb. 100

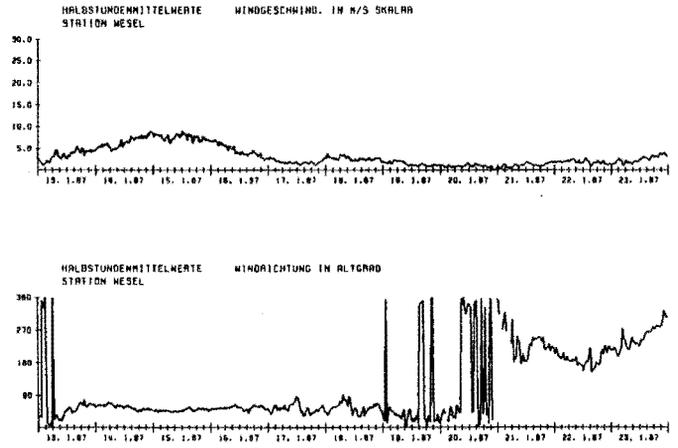


Abb. 103

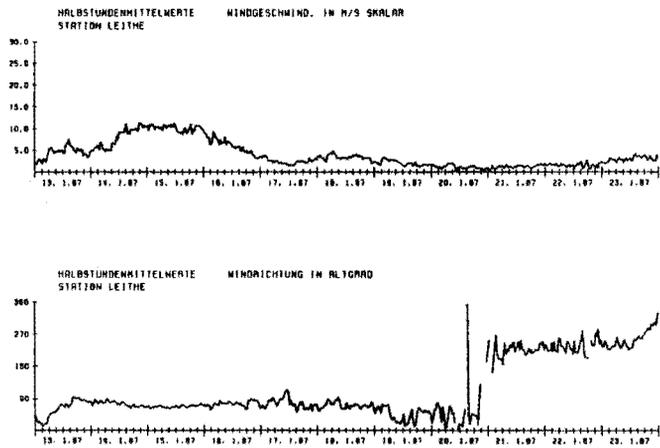


Abb. 101

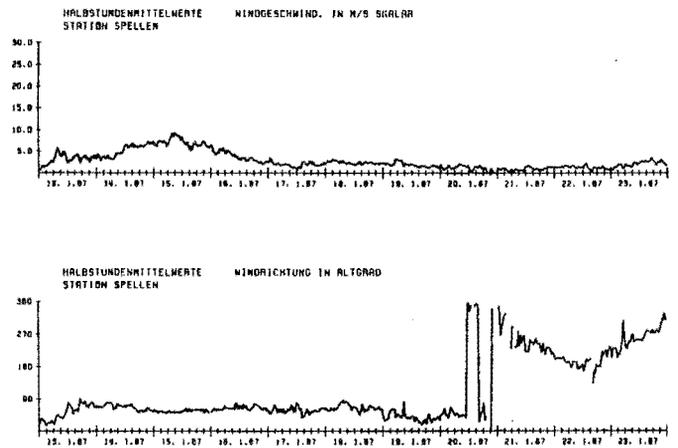


Abb. 104

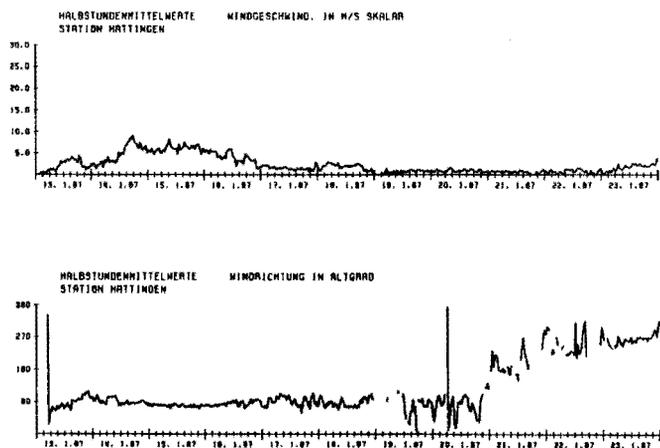


Abb. 102

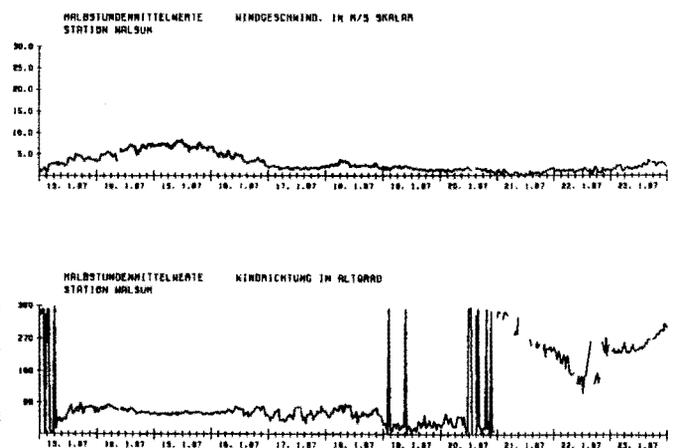


Abb. 105

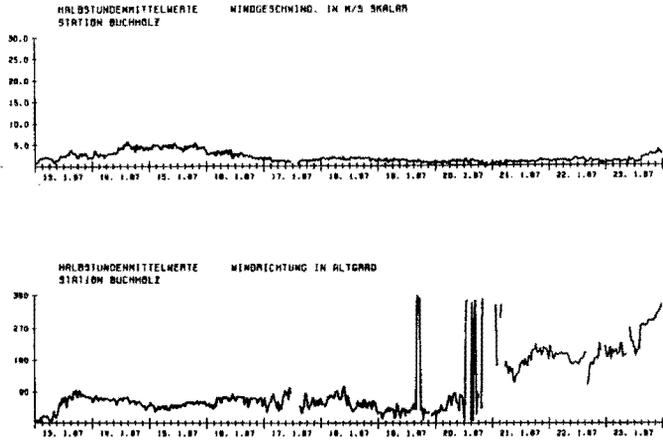


Abb. 106

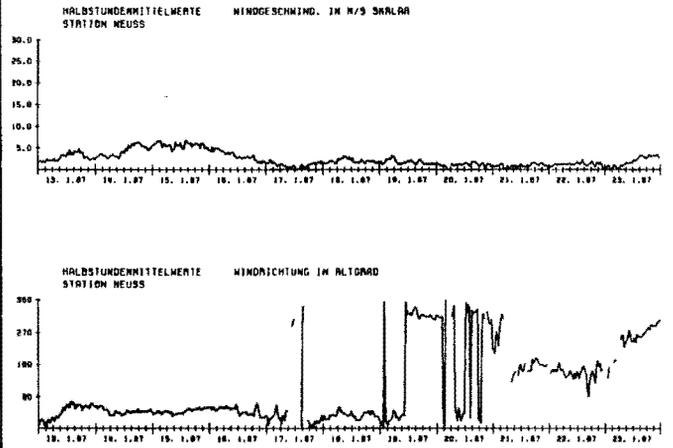


Abb. 109

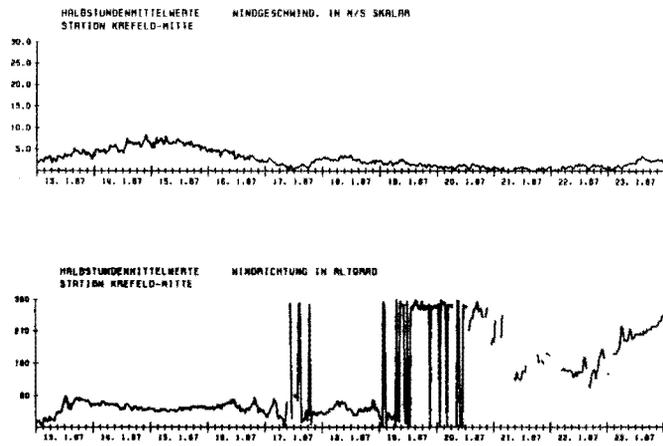


Abb. 107

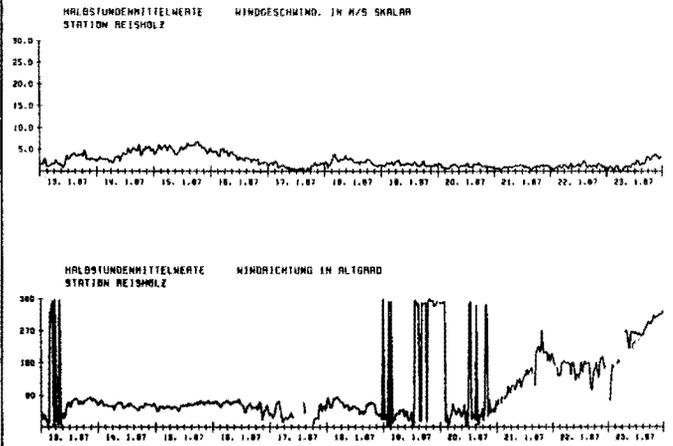


Abb. 110

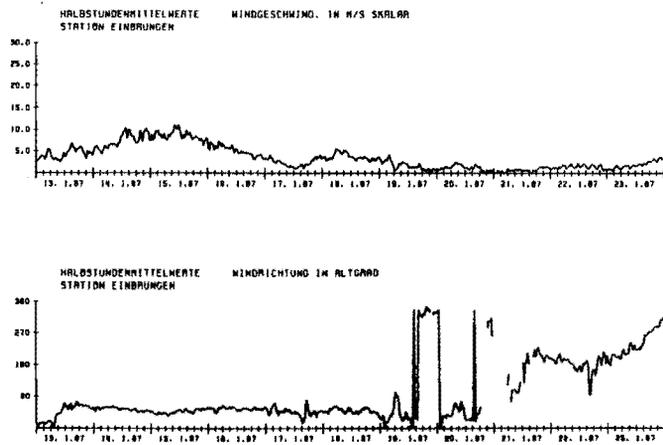


Abb. 108

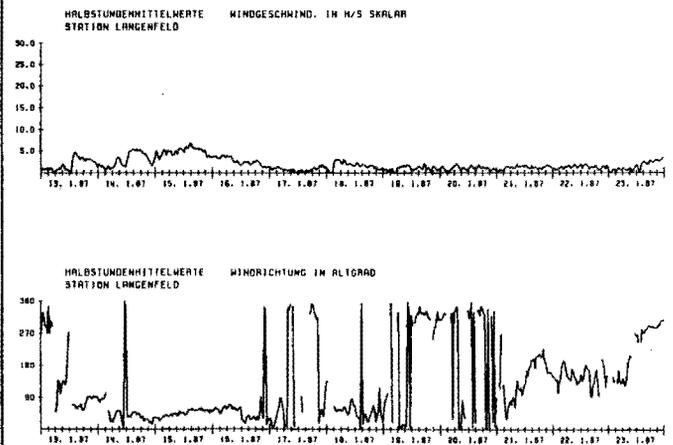


Abb. 111

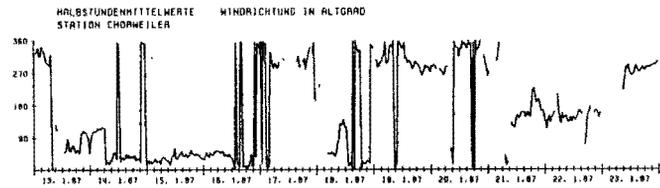
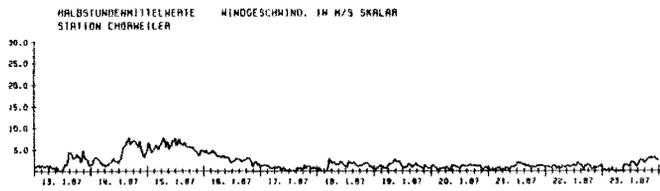


Abb. 112

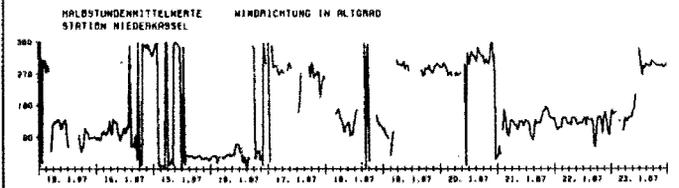
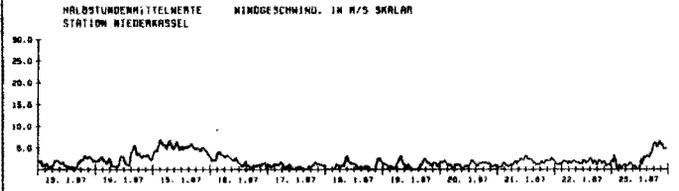


Abb. 115

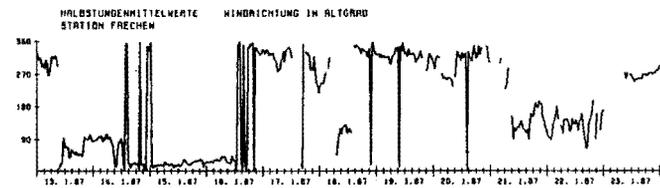
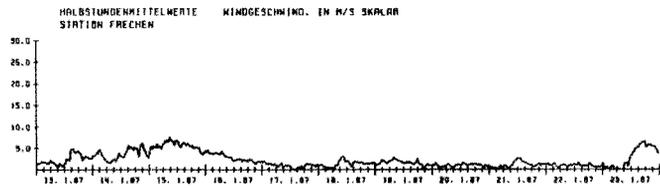


Abb. 113

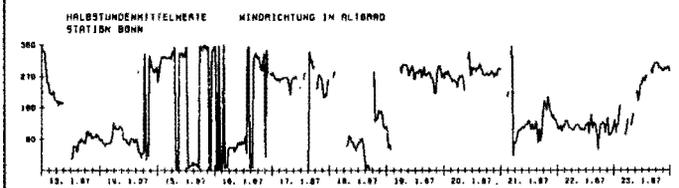
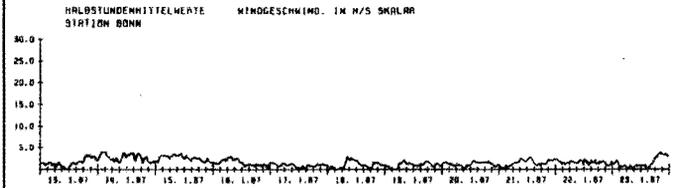


Abb. 116

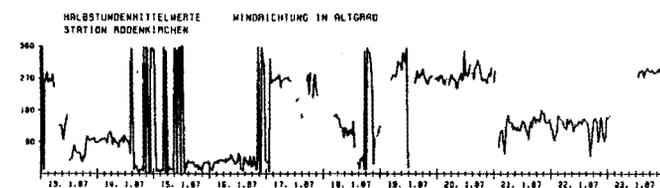
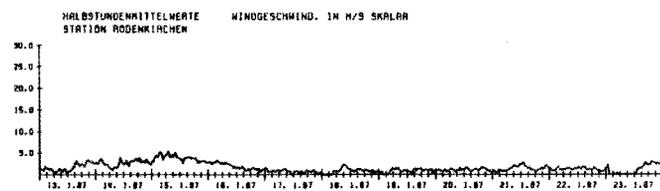


Abb. 114

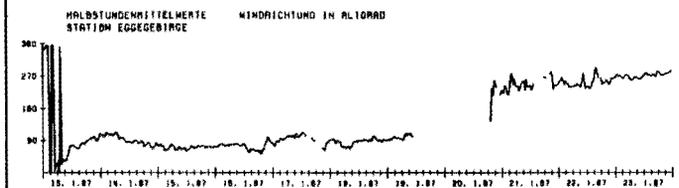
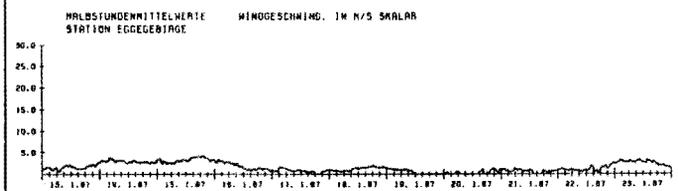


Abb. 117

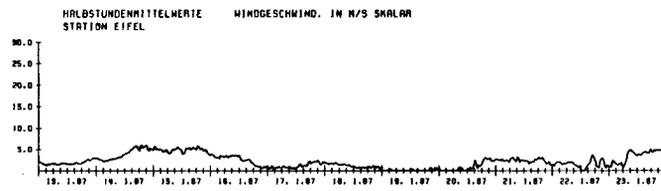


Abb. 118

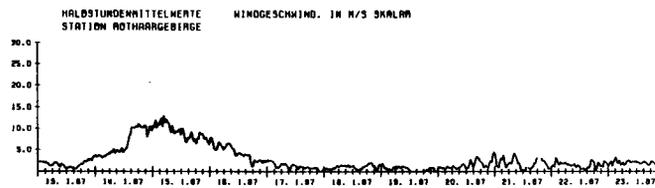


Abb. 119

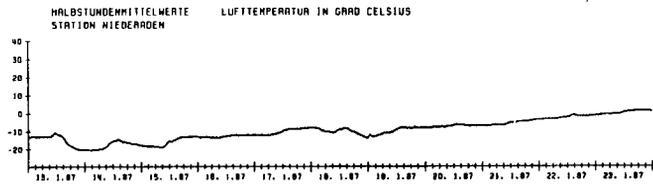
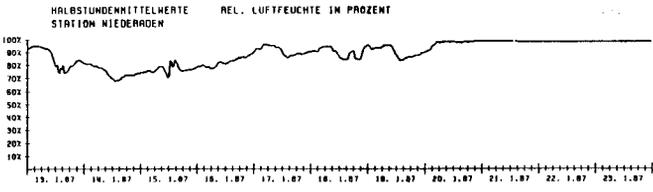


Abb. 120

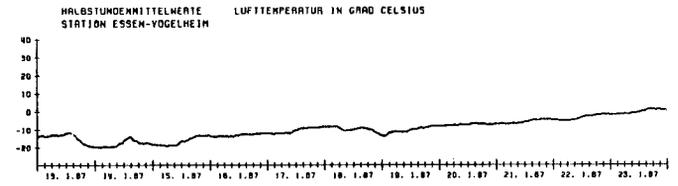
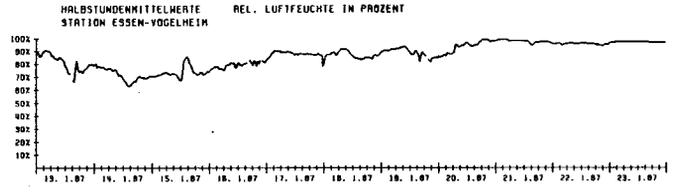


Abb. 123

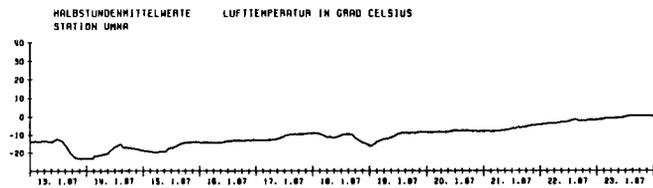
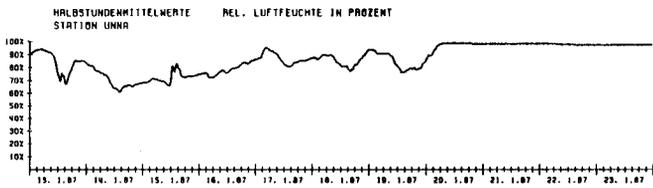


Abb. 121

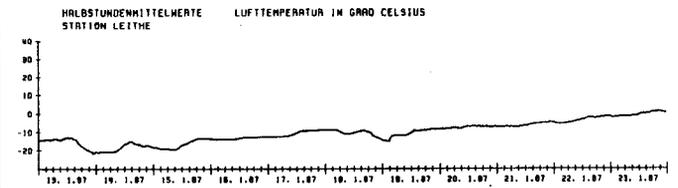
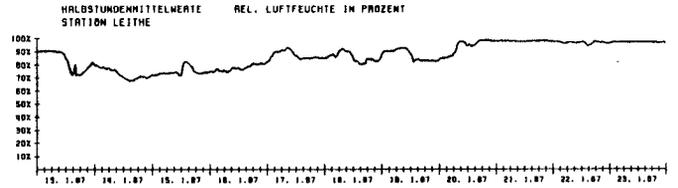


Abb. 124

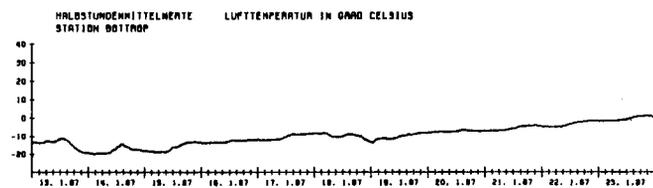
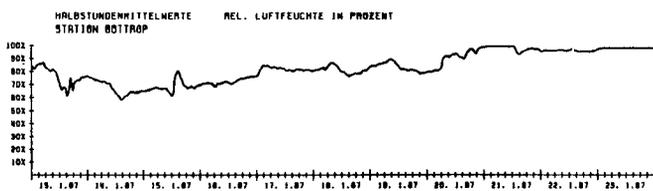


Abb. 122

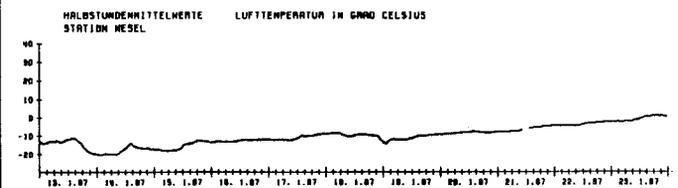
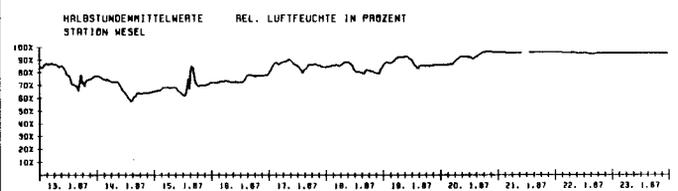


Abb. 125

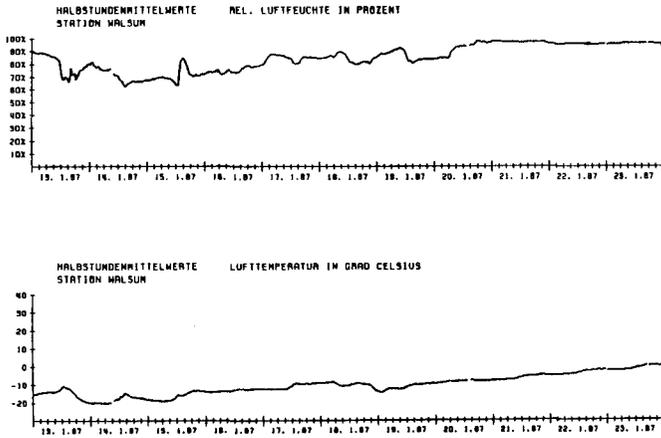


Abb. 126

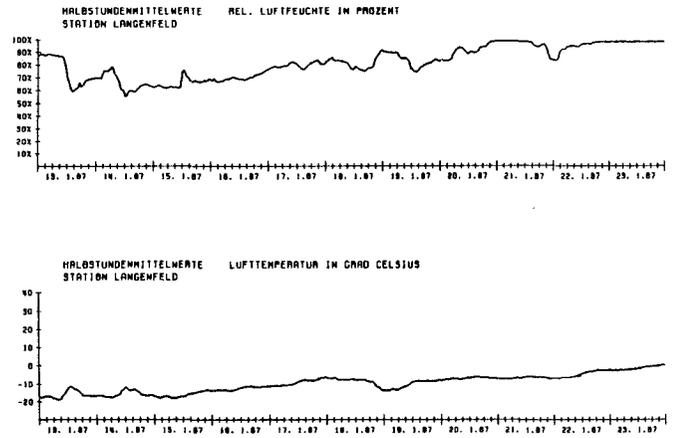


Abb. 130

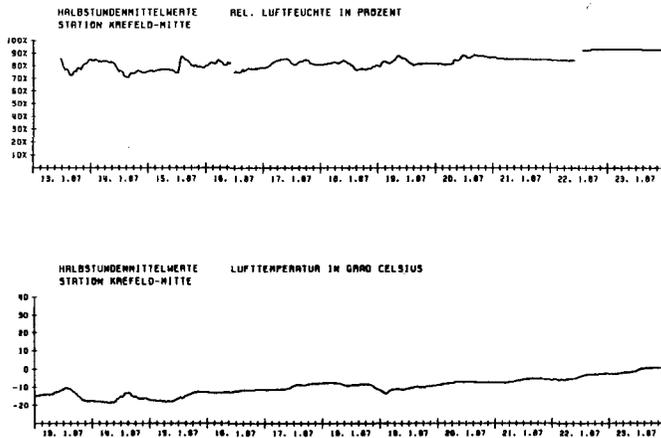


Abb. 127

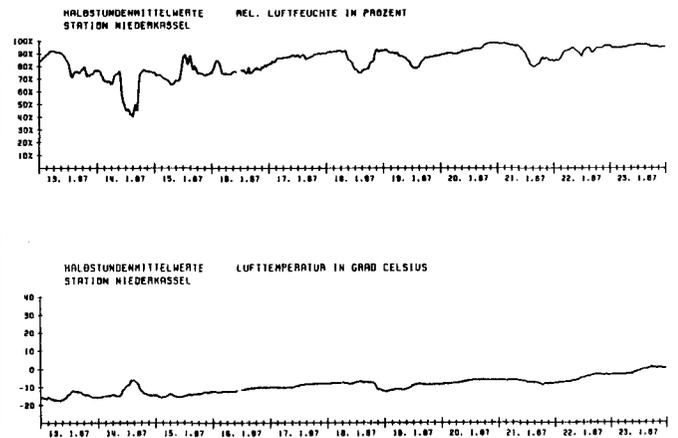


Abb. 131

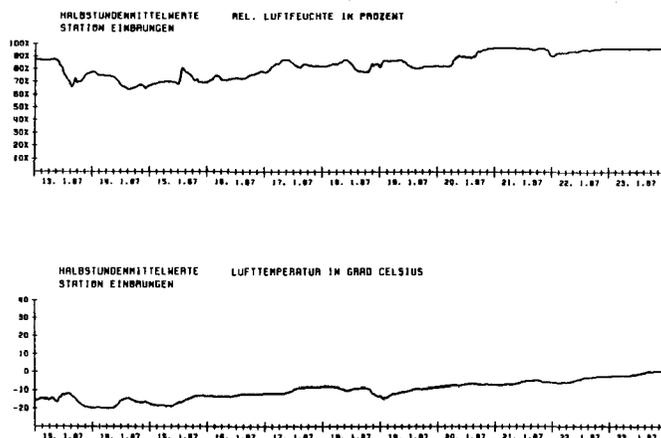


Abb. 128

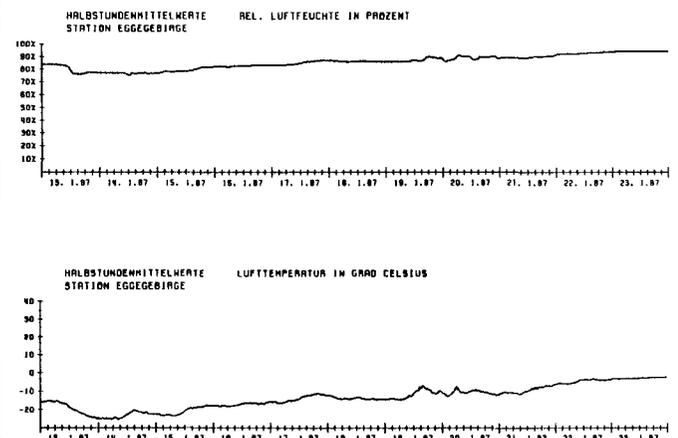


Abb. 132

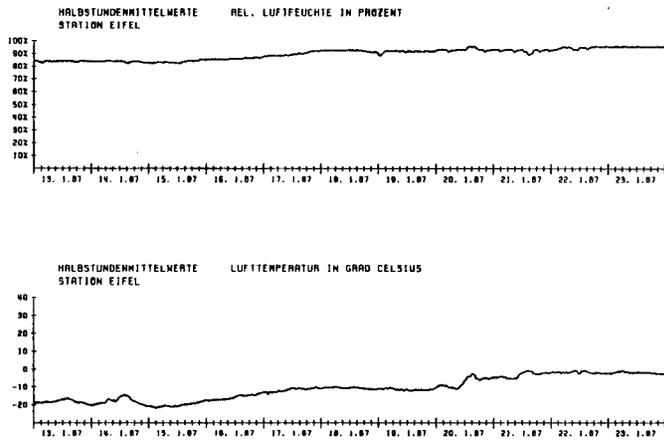


Abb. 133

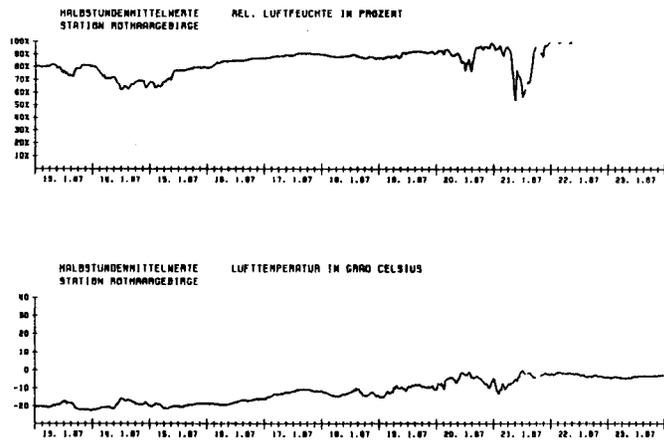


Abb. 134

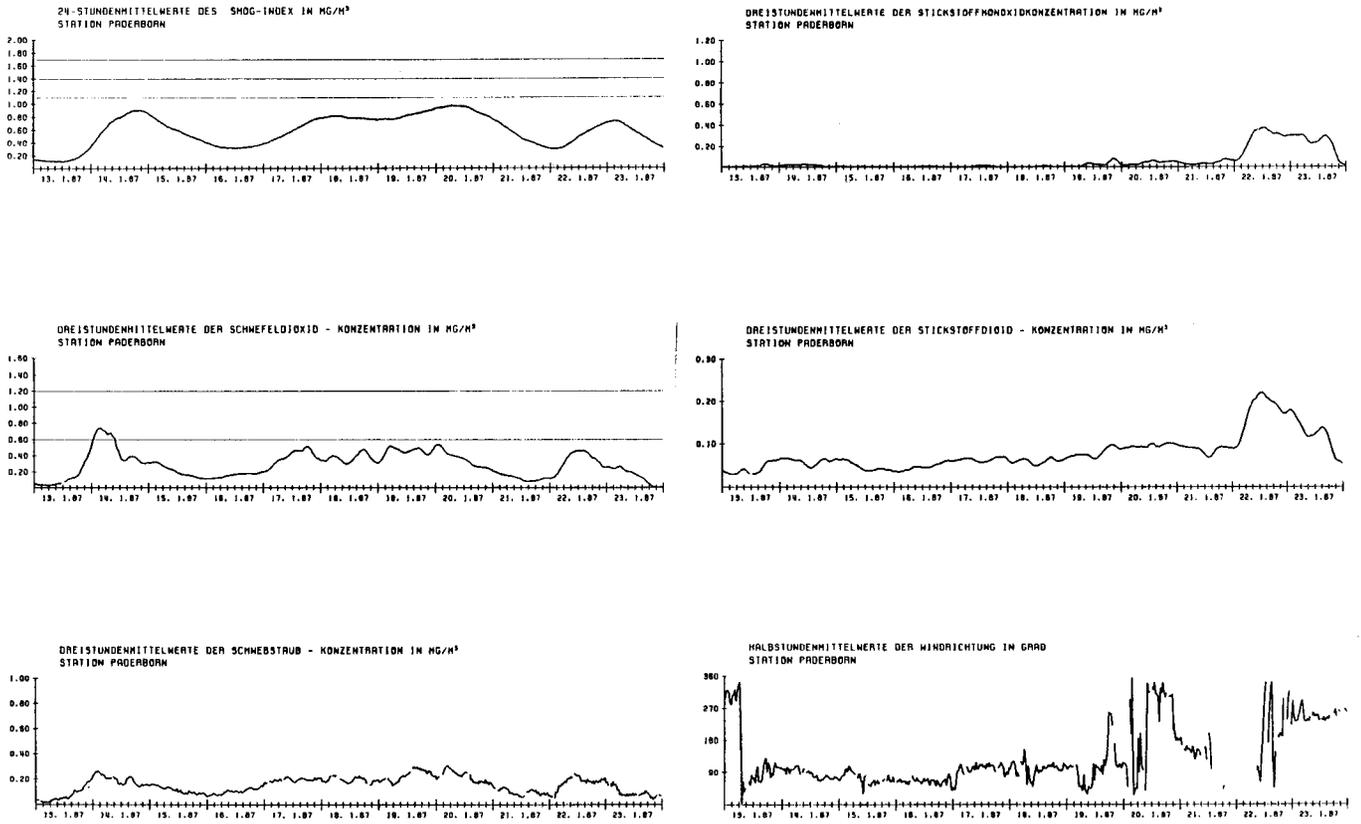


Abb. 135

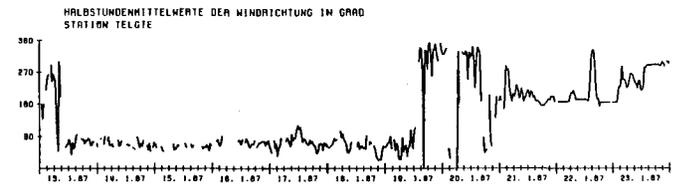
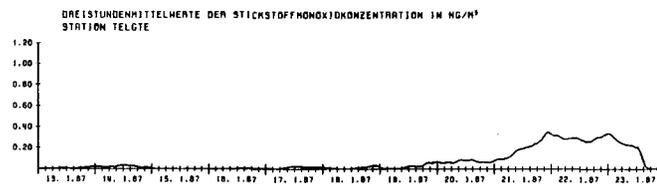
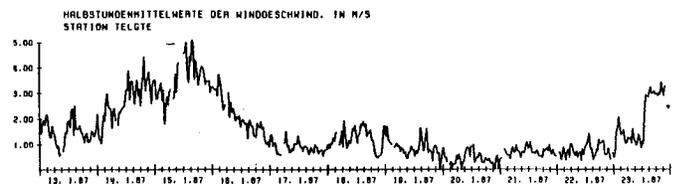
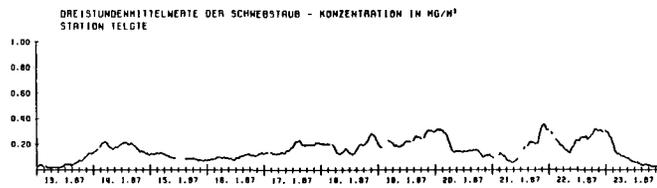
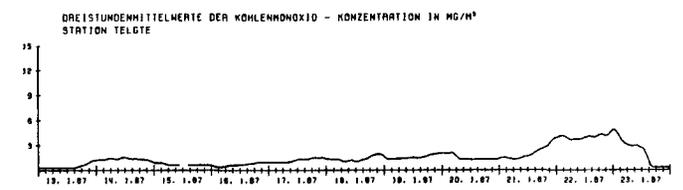
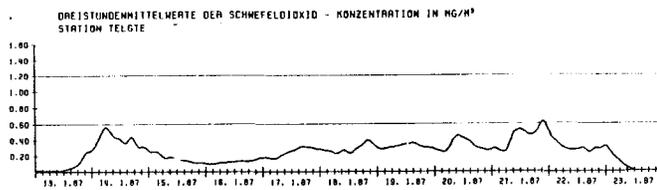
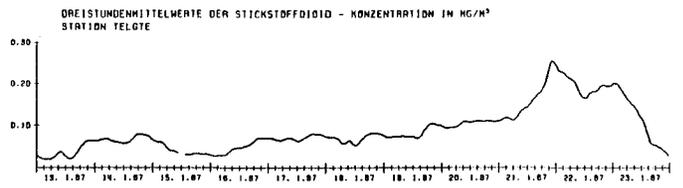
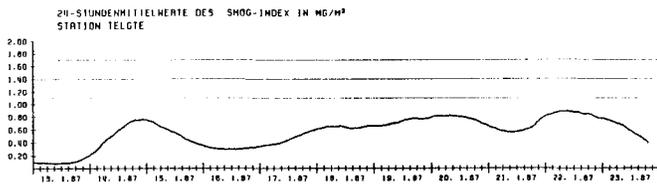


Abb. 136

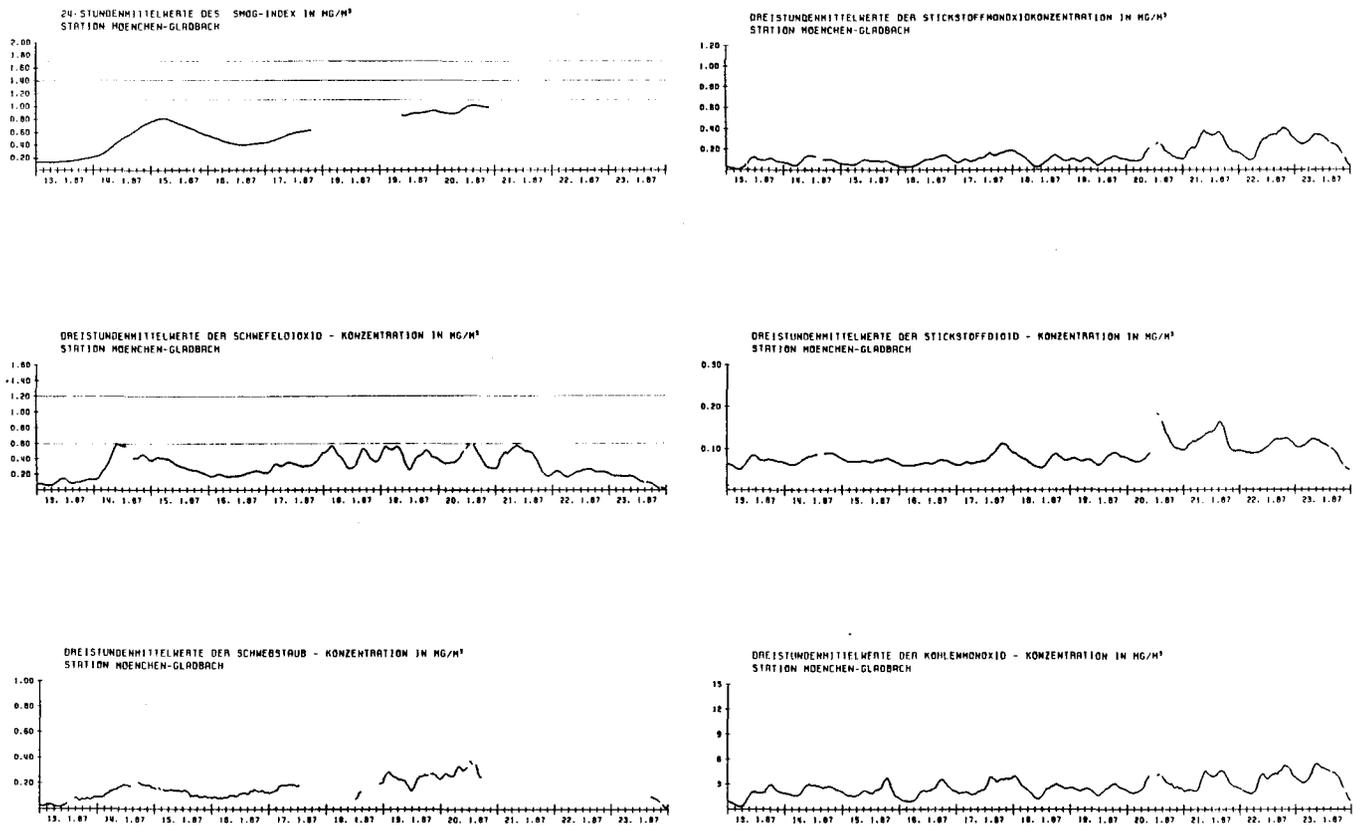


Abb. 137

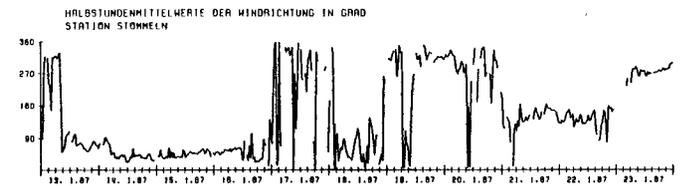
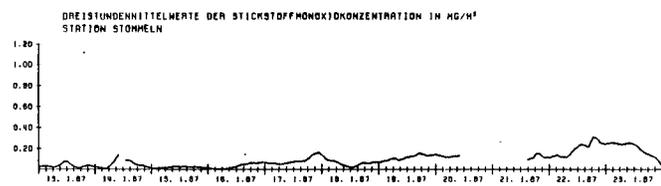
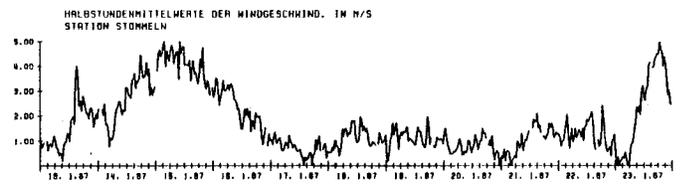
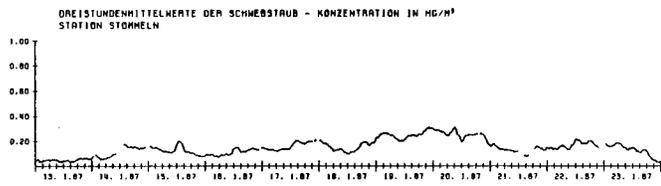
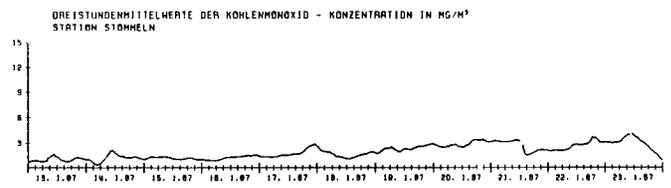
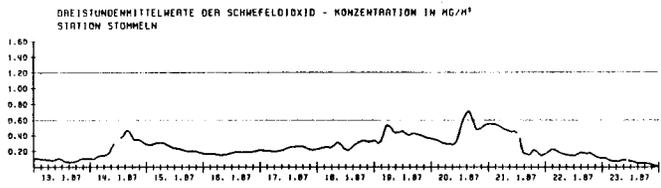
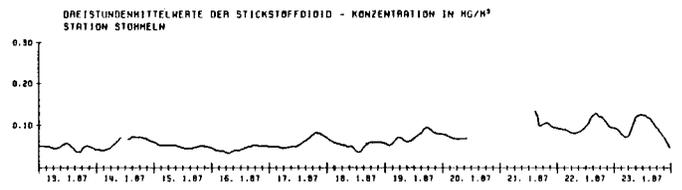
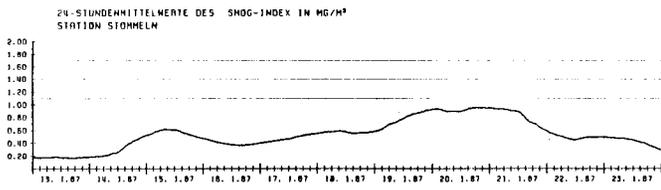


Abb. 138

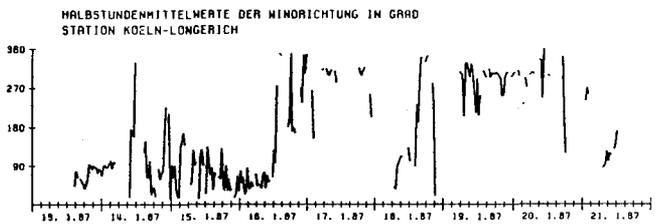
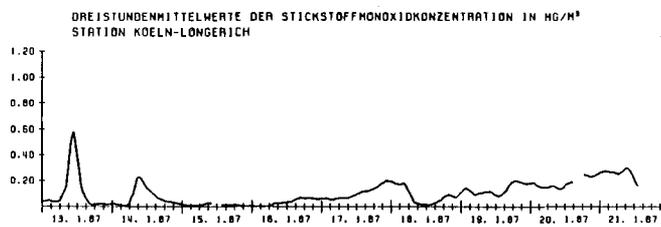
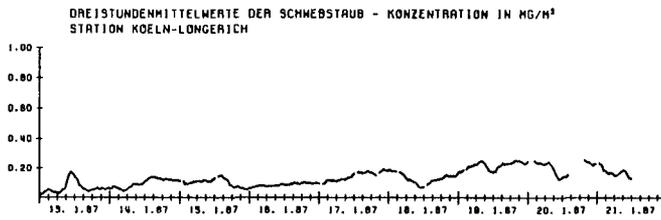
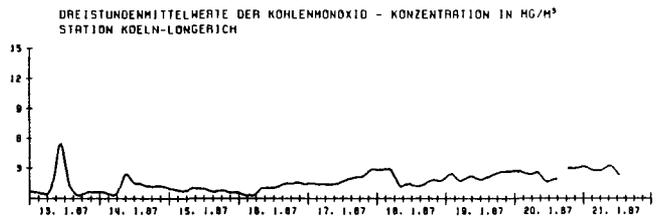
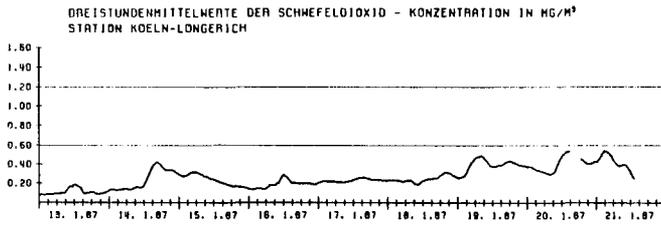
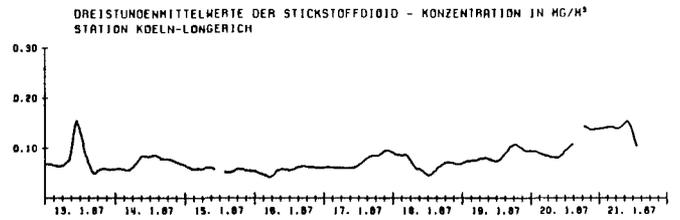
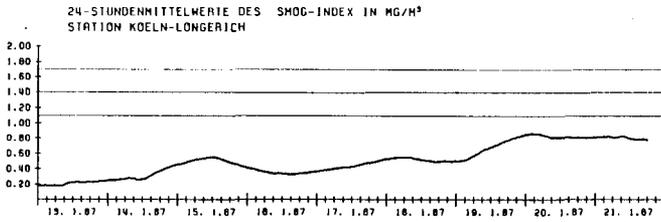


Abb. 139

DATUM:	
WESE	DORS SICK WERN
SPEL BRUC	GLAD HERT RECK ICKE BRAM NIED UNNA
BUDR WALS OSTE BOTT GELS HERN FROH DORT ASSE	
MEER MEID STYR ALTE LEIT BOCH WITT HOER SCHW	
KALD BUCH LISE HATT HERD	
TKREM KREF EINB RATI	
LOER GERR	
NEUS REIS HILD	
DORM LANG	
PULH CHDR LEVE	
FREC VOGE RIEH	
HUER RODE	
WESS NIKA	
BONN	
	L I S
	ESSEN

Abb. 140 : Meßstationen

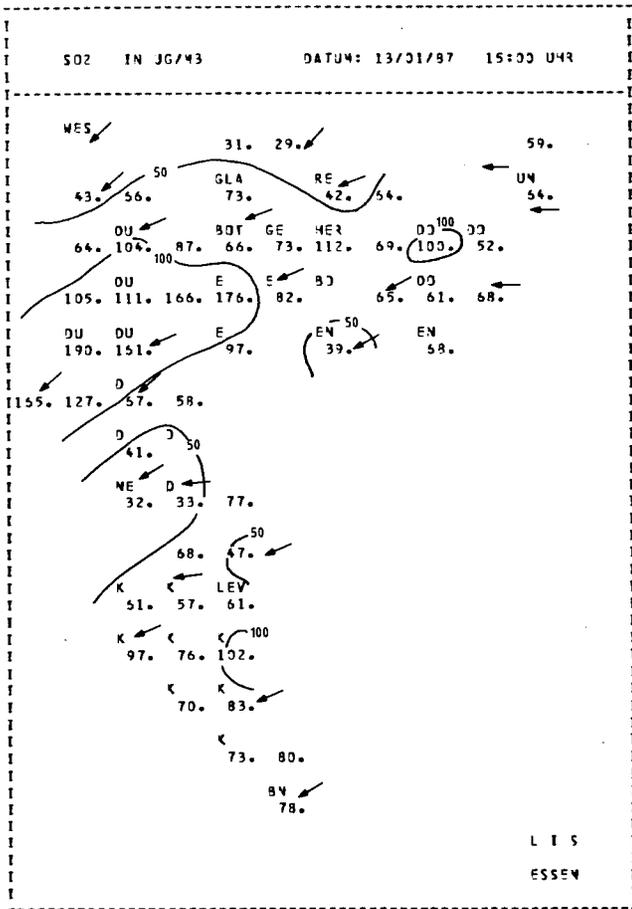


Abb. 145

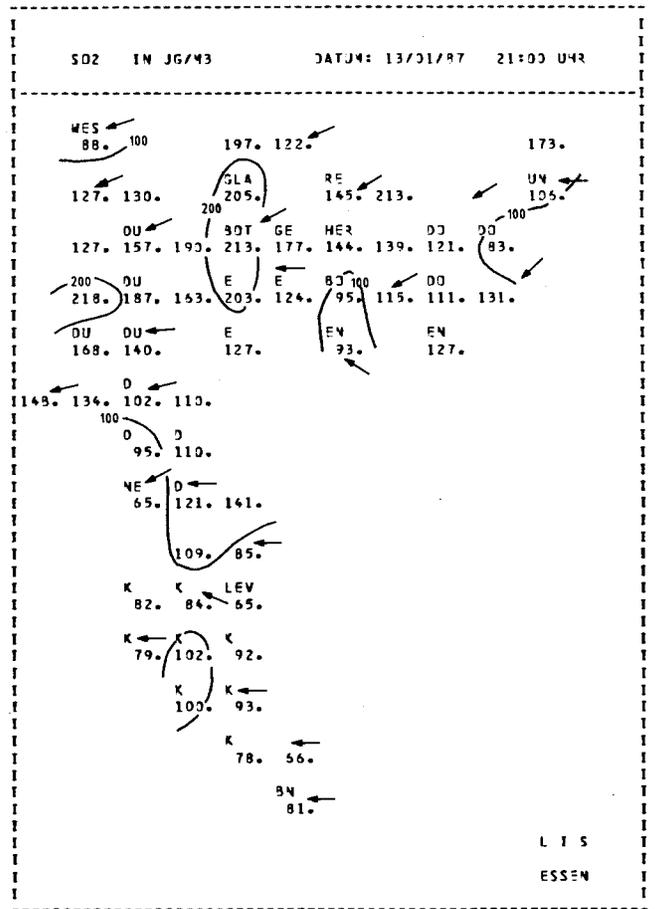


Abb. 147

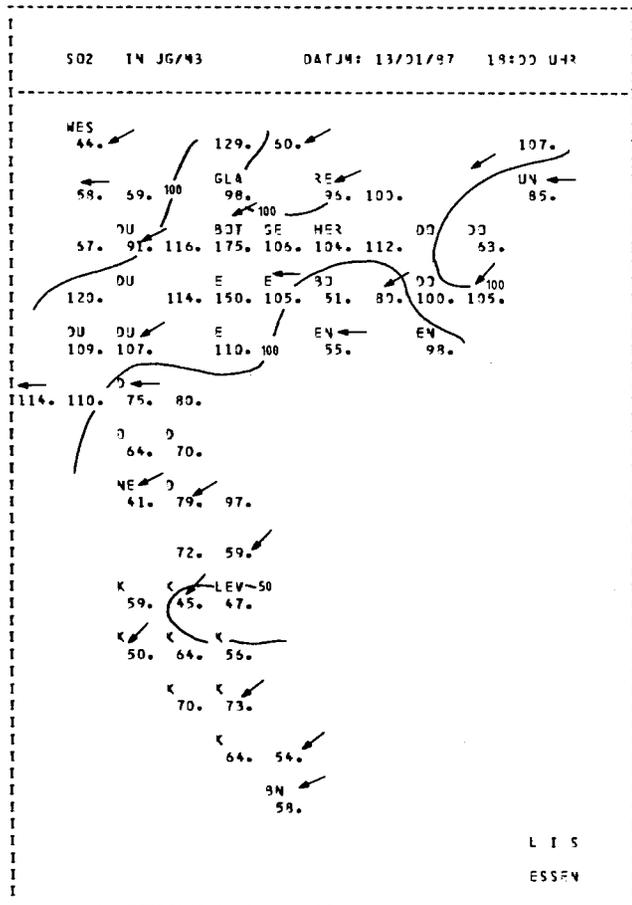


Abb. 146

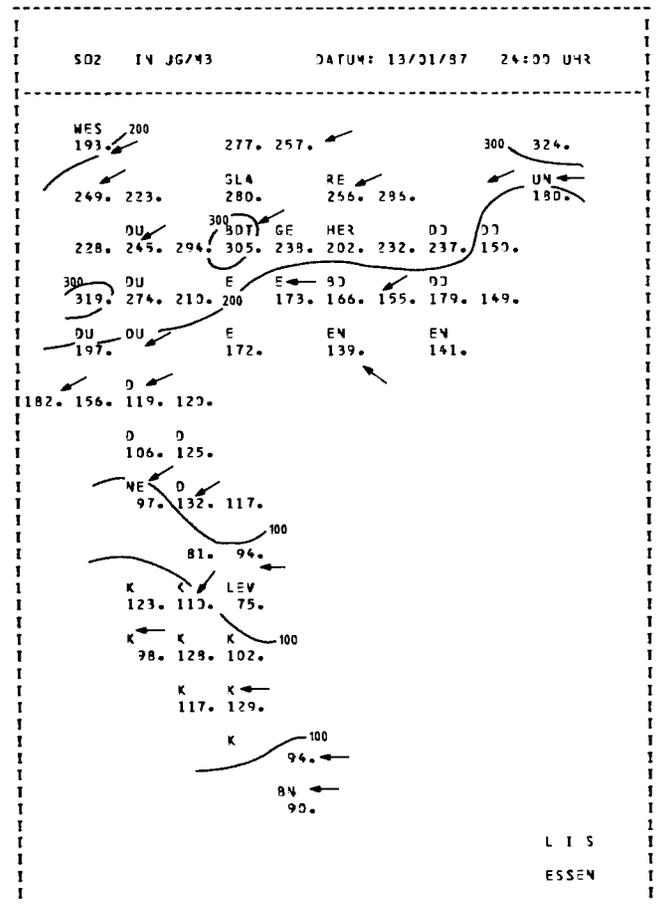


Abb. 148

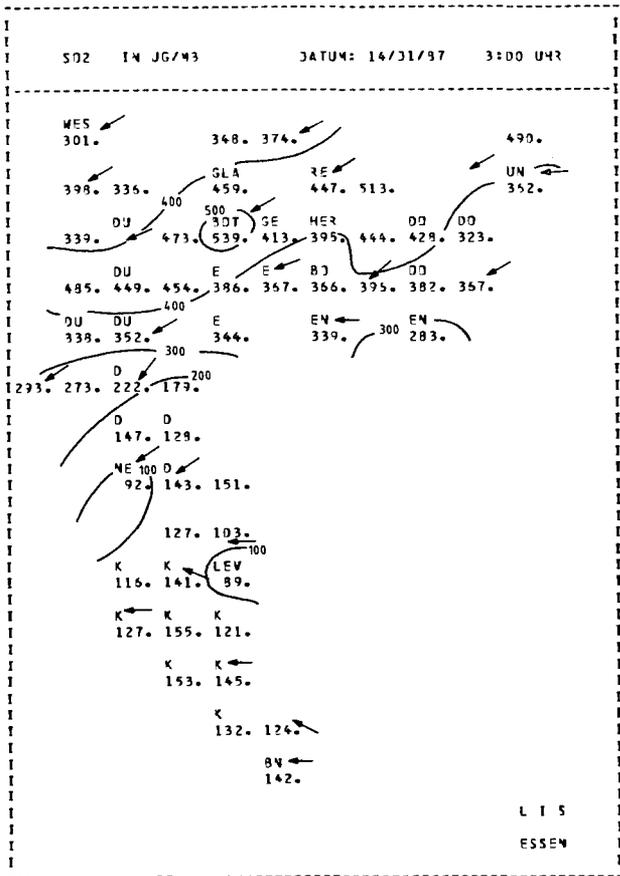


Abb. 149

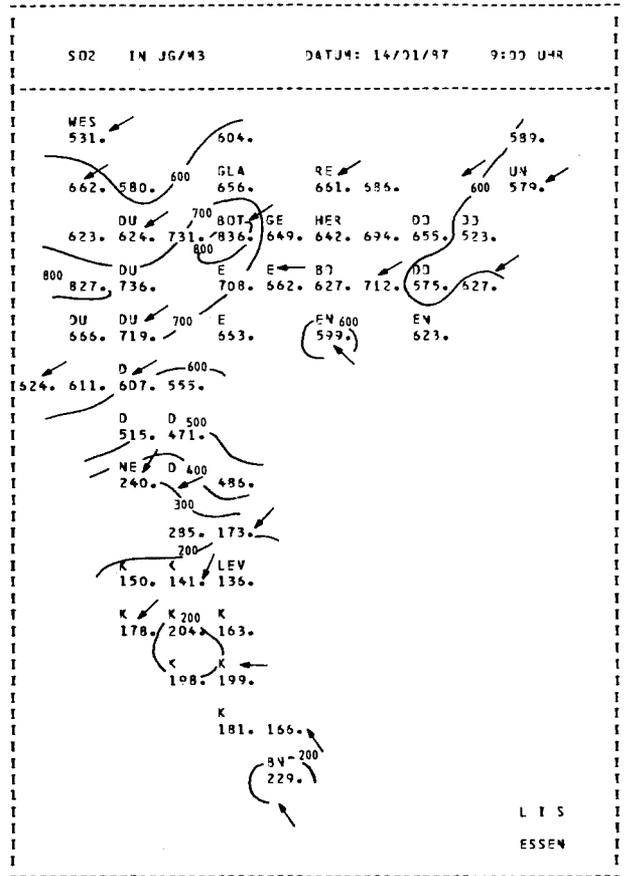


Abb. 151

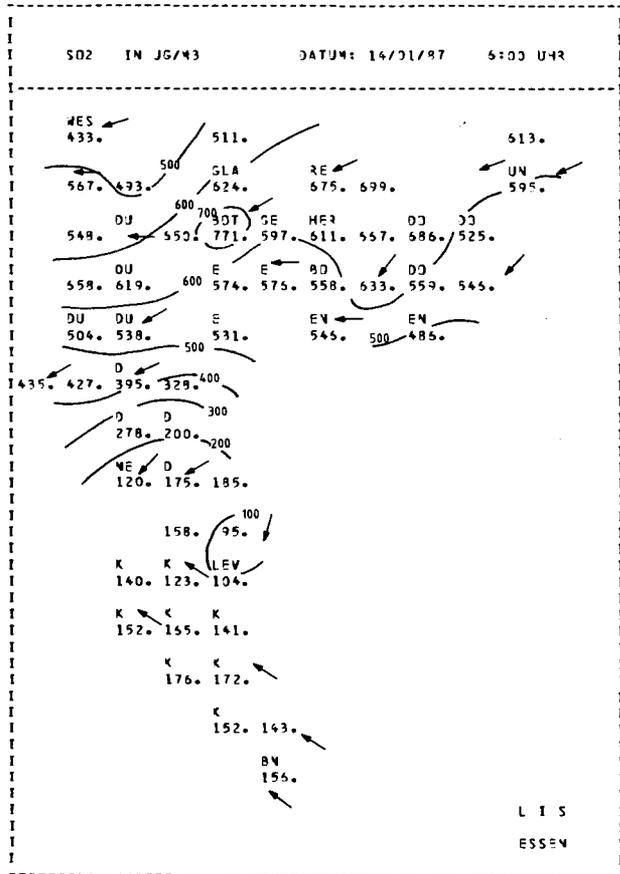


Abb. 150

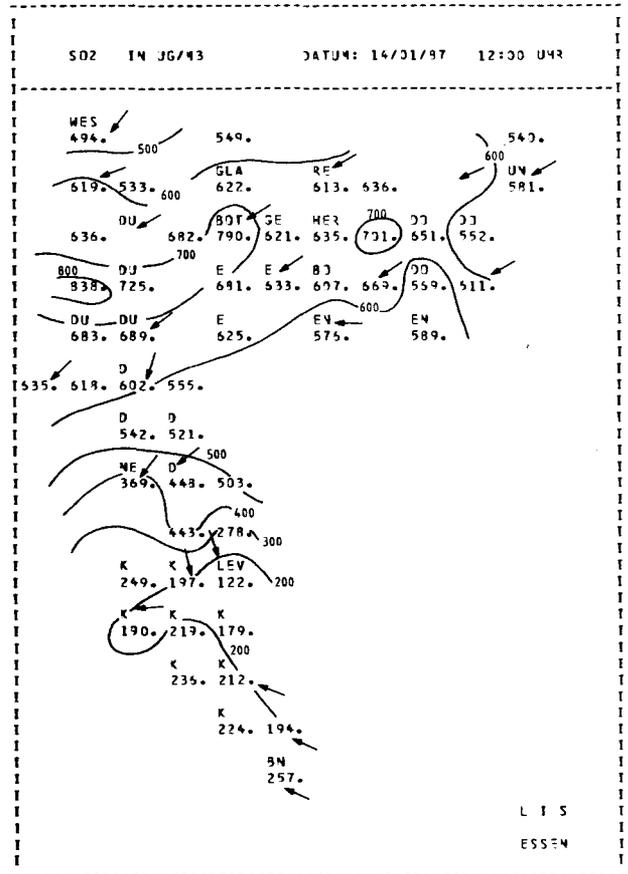


Abb. 152

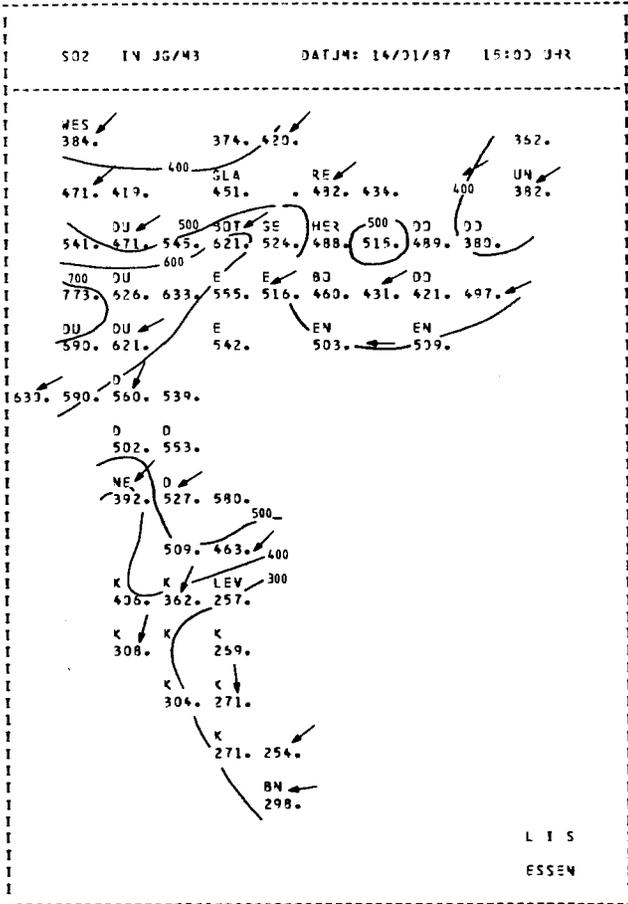


Abb. 153

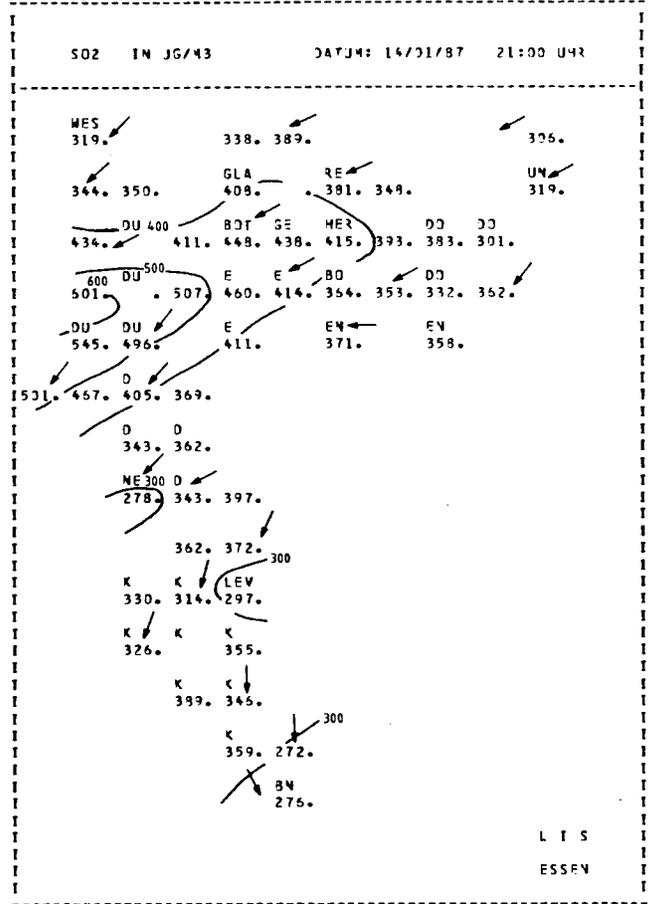


Abb. 155

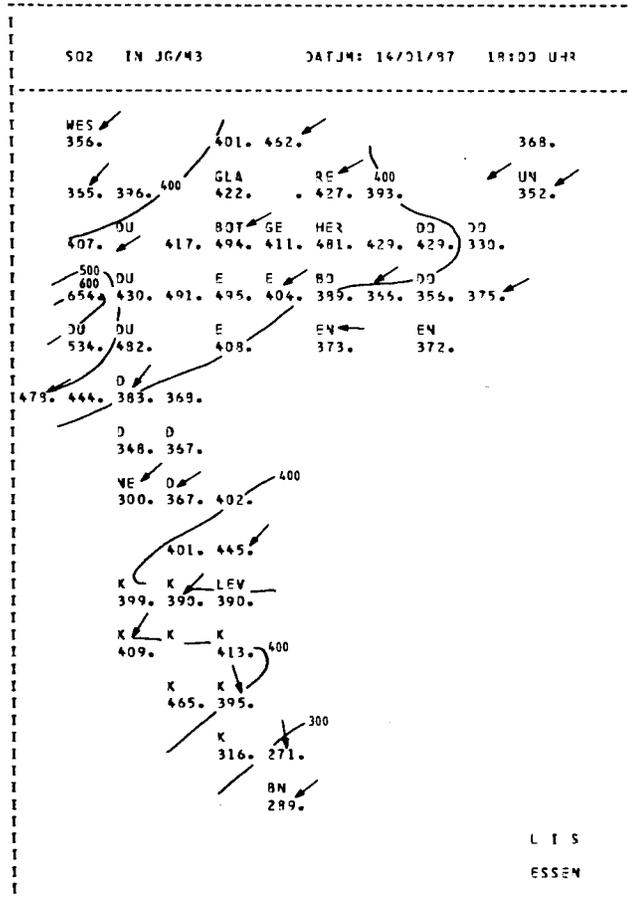


Abb. 154

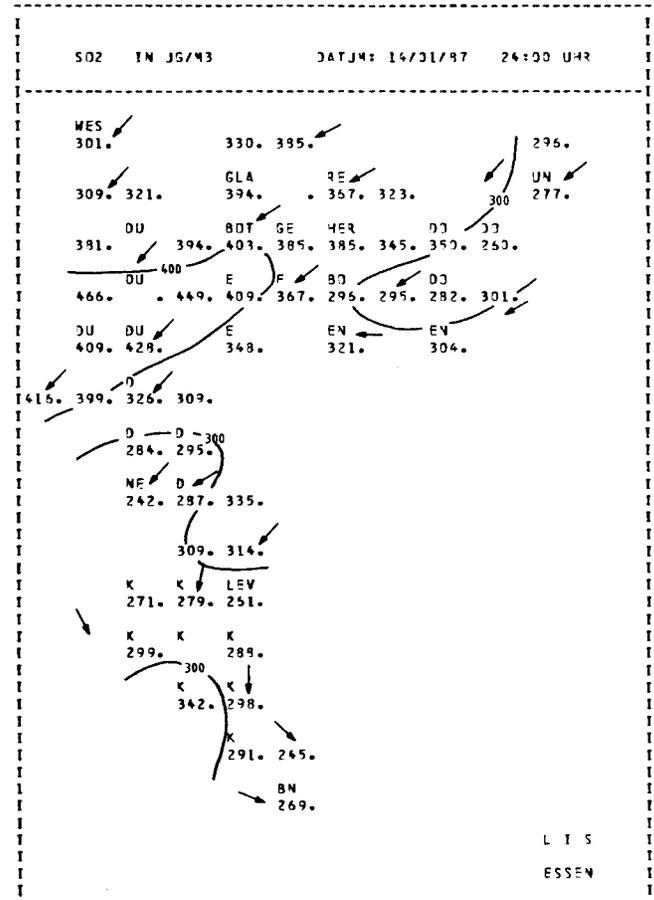


Abb. 156

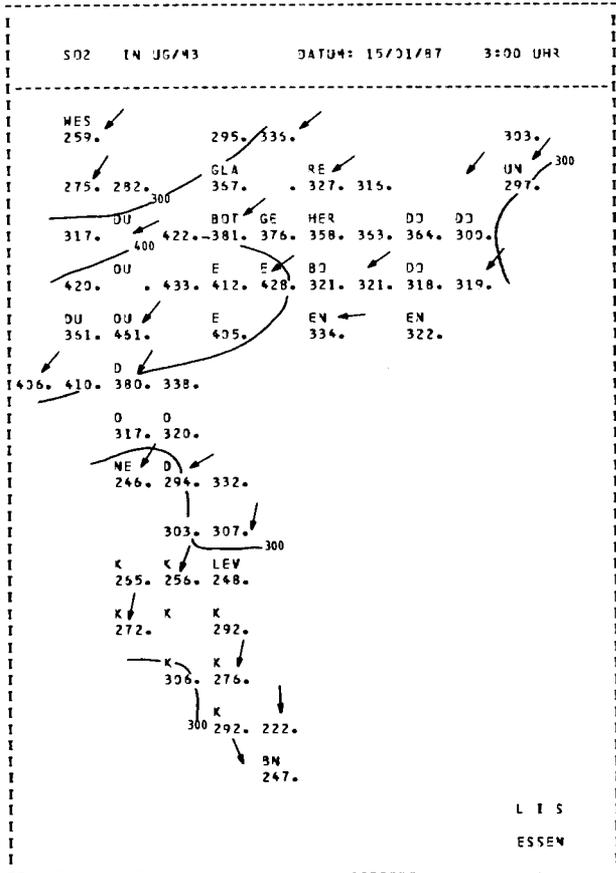


Abb. 157

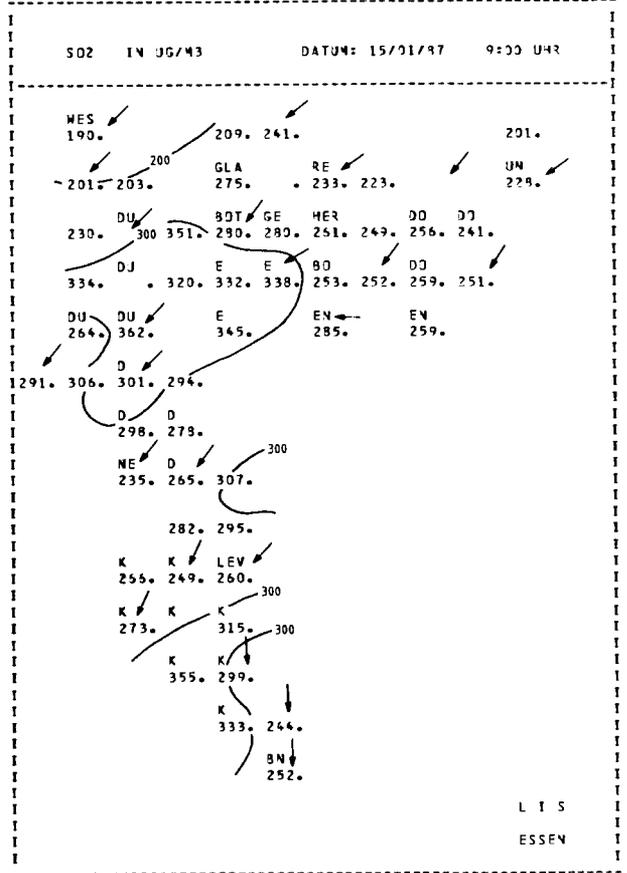


Abb. 159

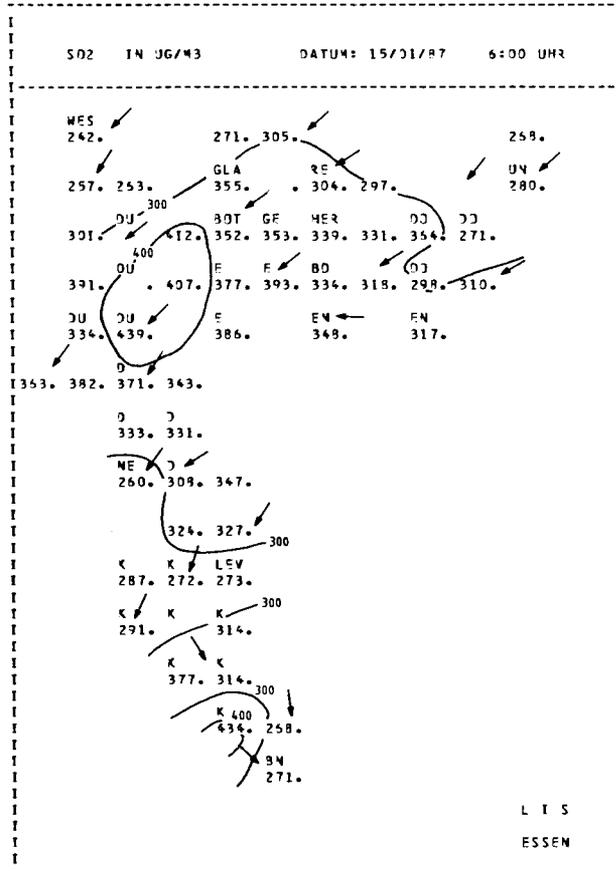


Abb. 158

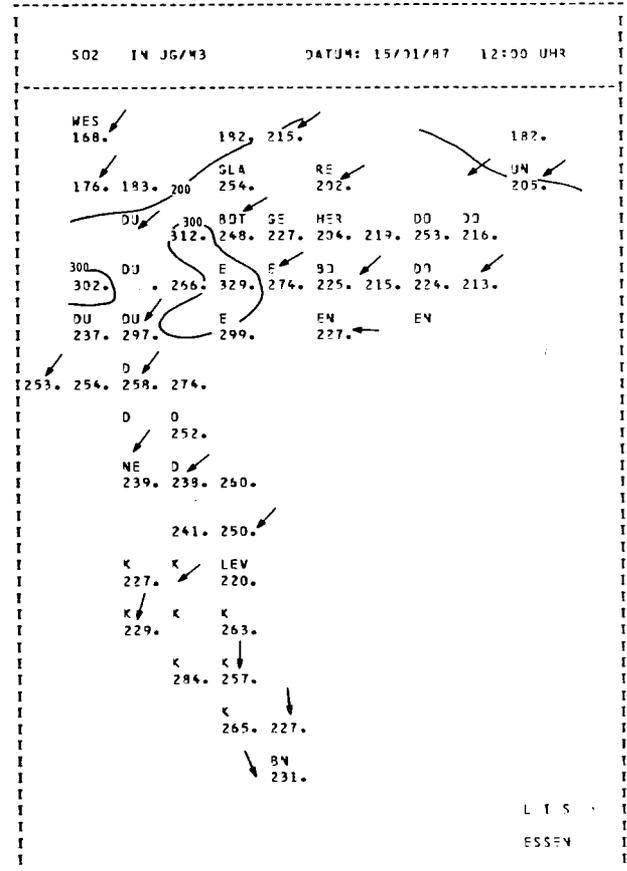


Abb. 160

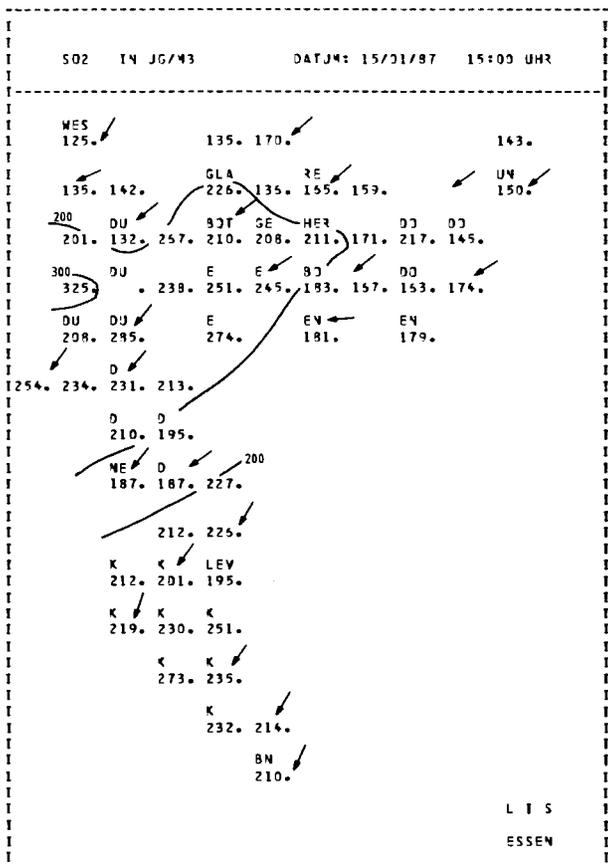


Abb. 161

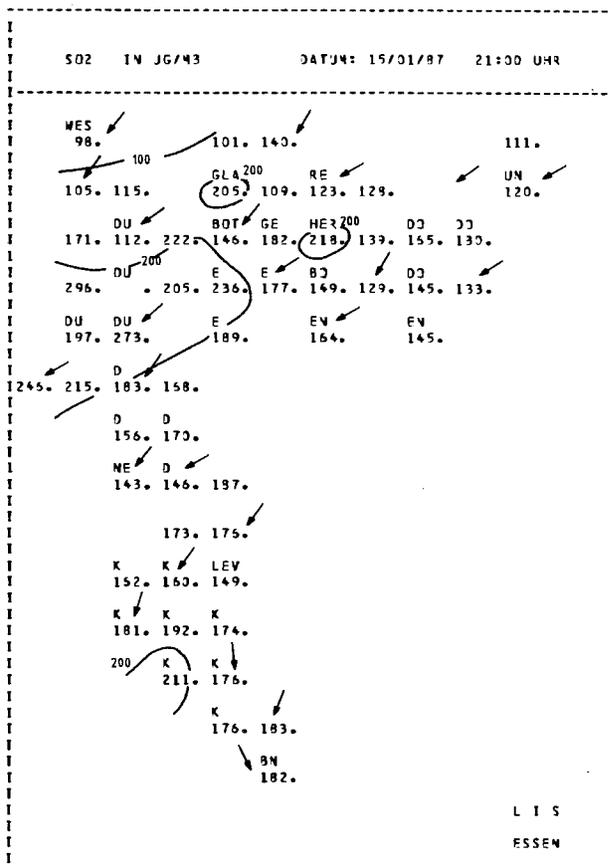


Abb. 163

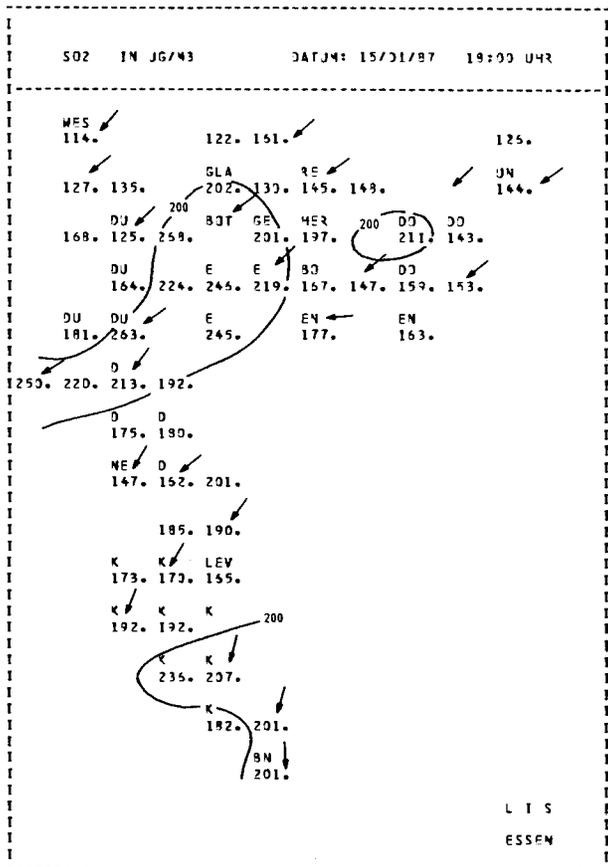


Abb. 162

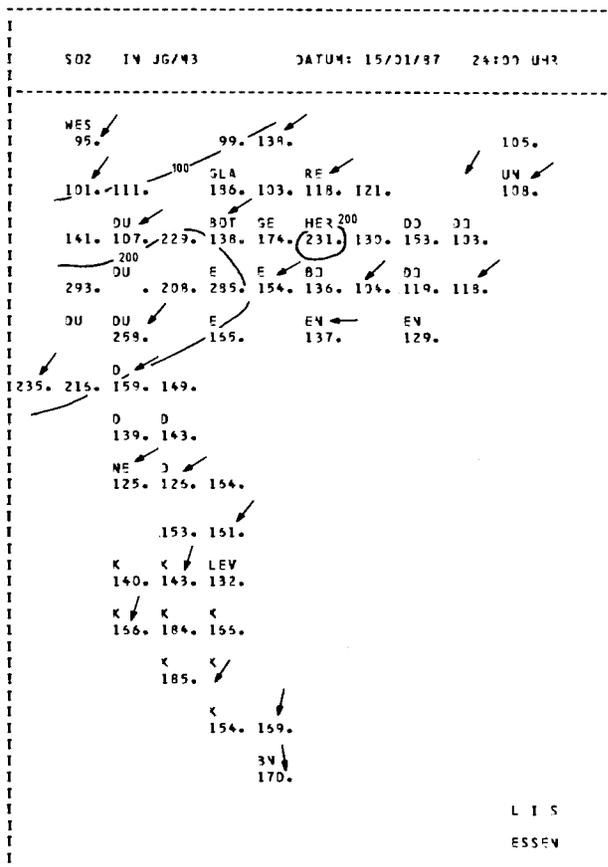


Abb. 164

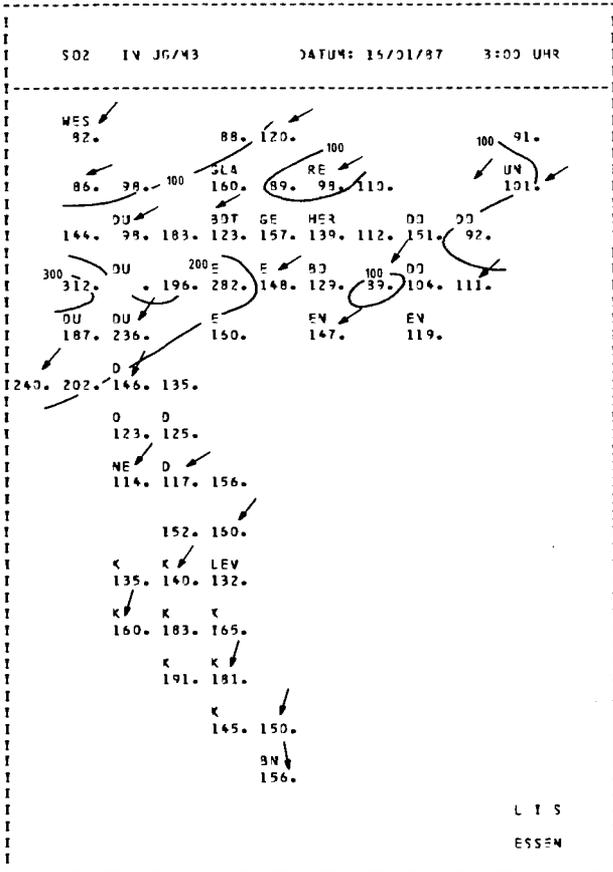


Abb. 165

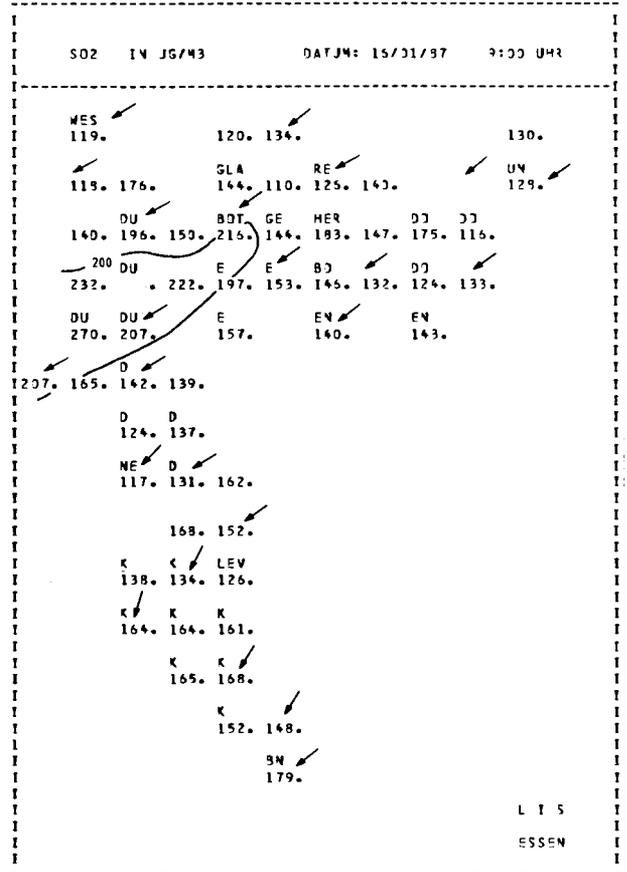


Abb. 167

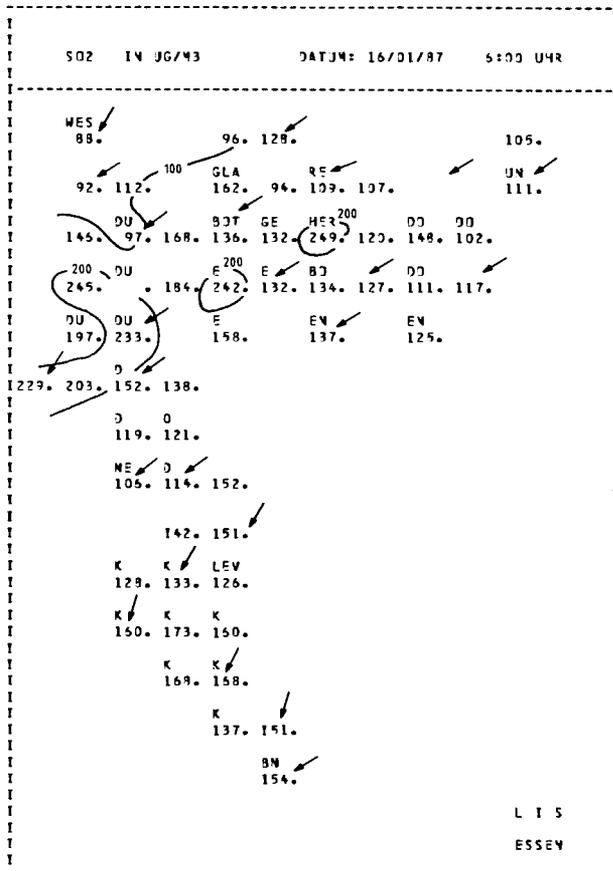


Abb. 166

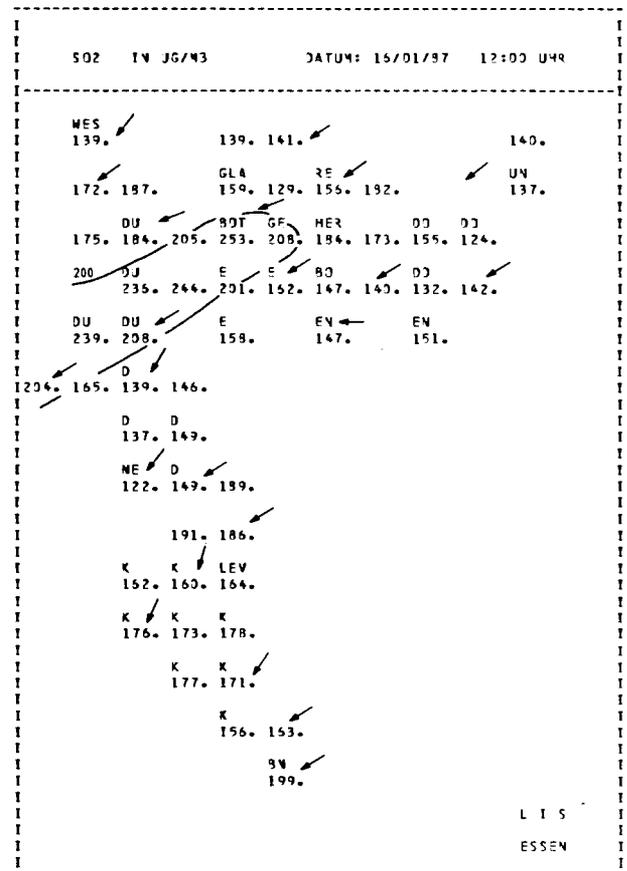


Abb. 168

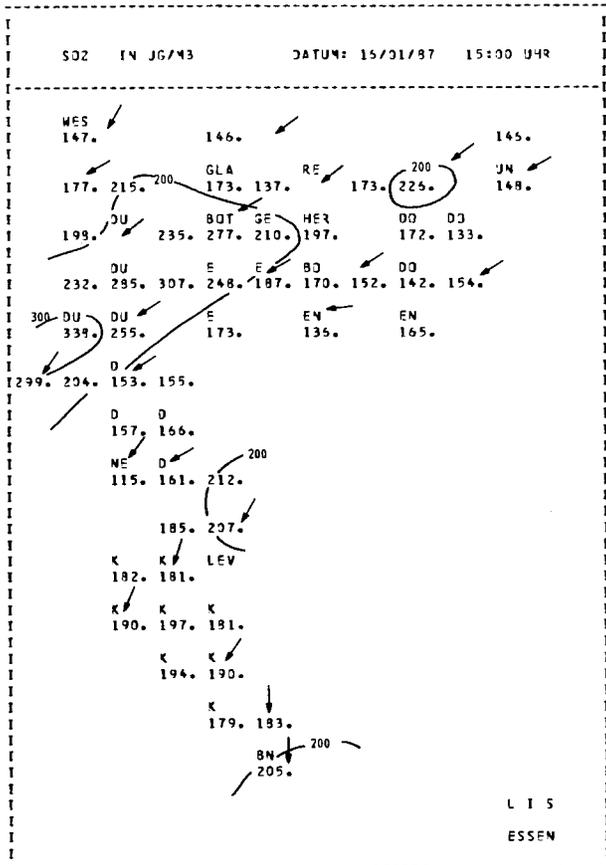


Abb. 169

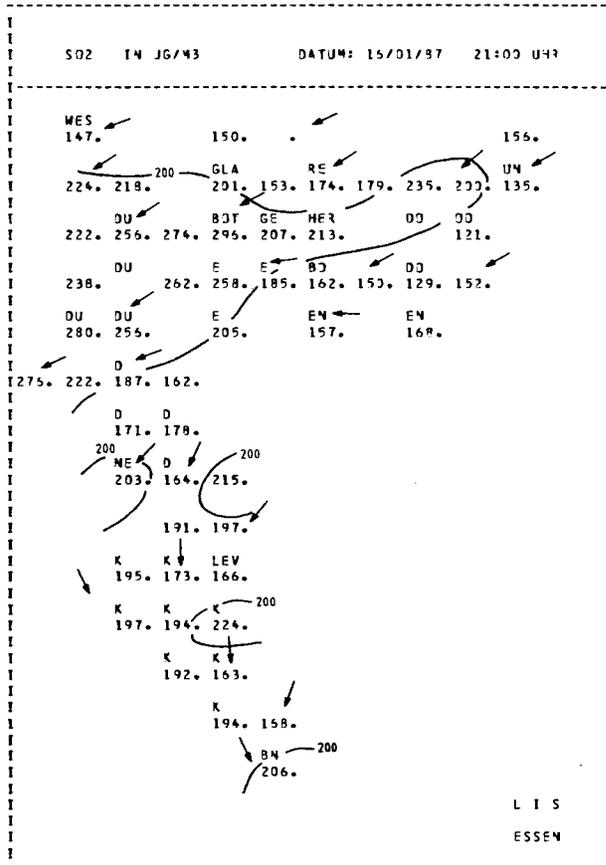


Abb. 171

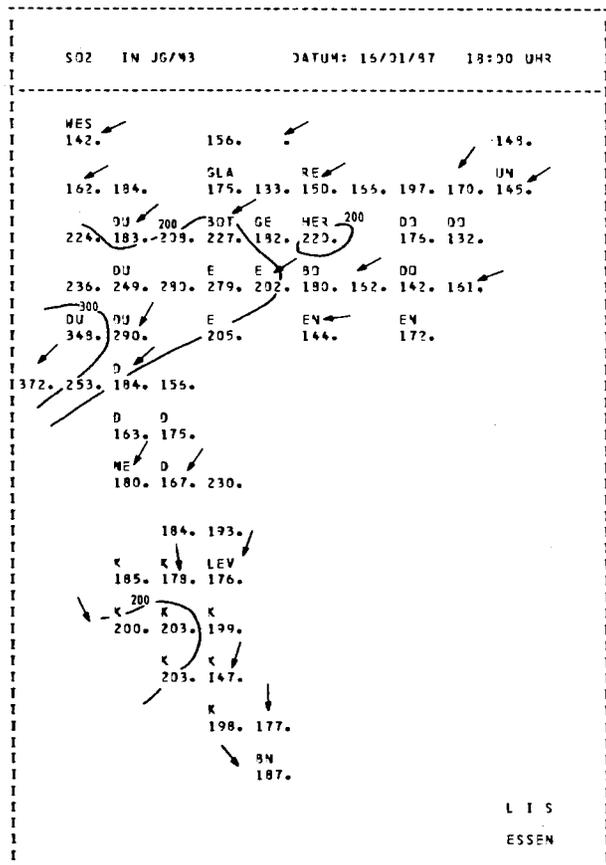


Abb. 170

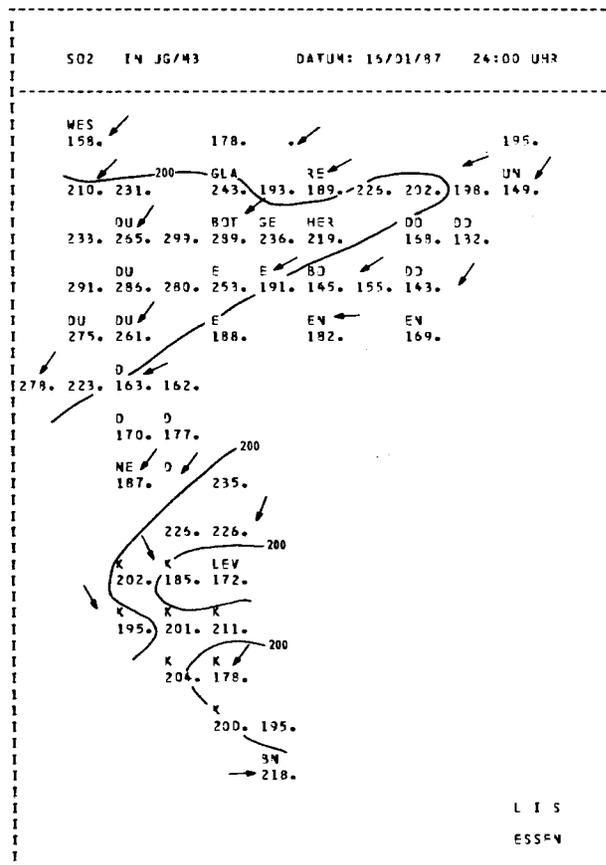


Abb. 172

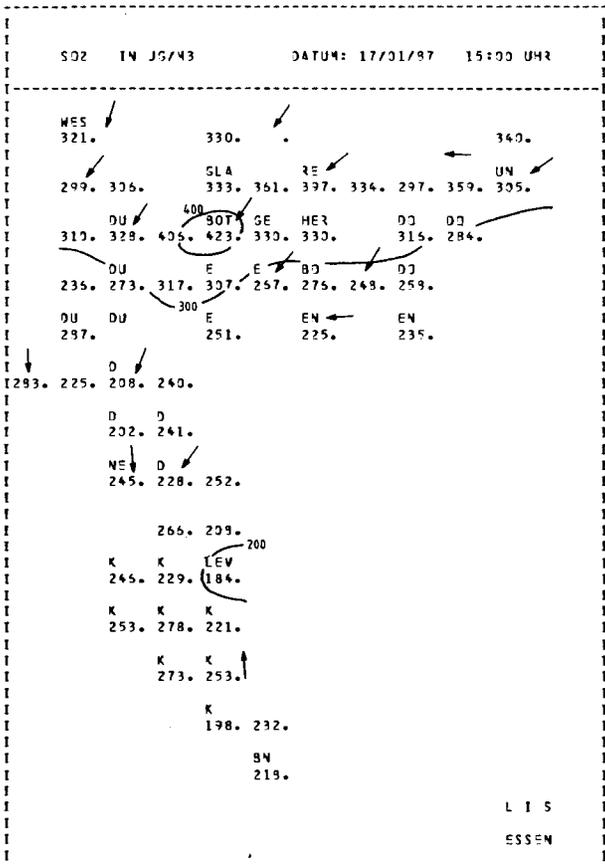


Abb. 177

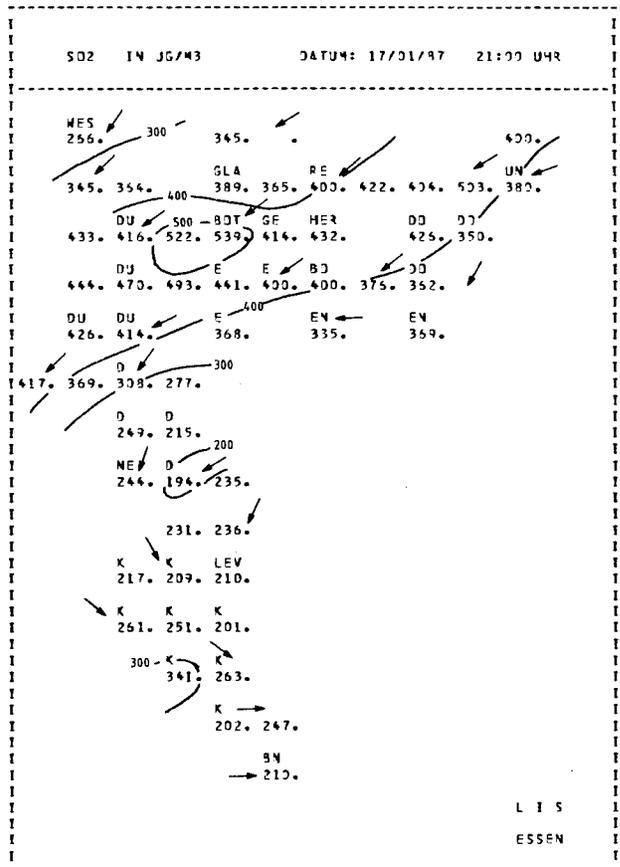


Abb. 179

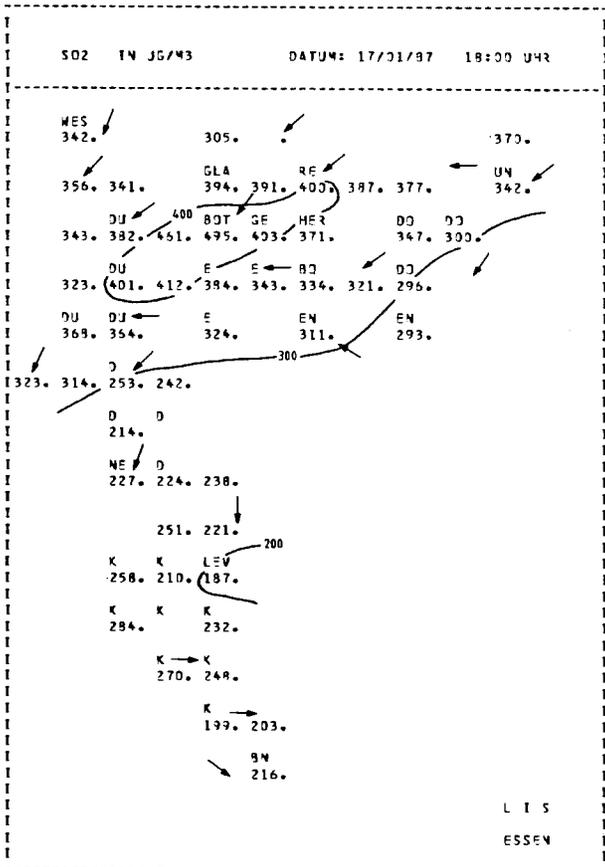


Abb. 178

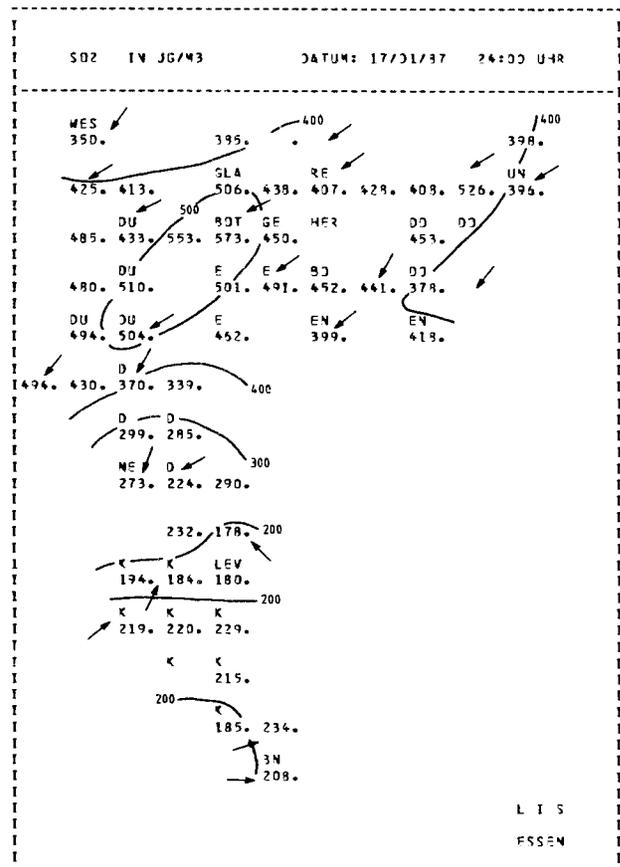


Abb. 180

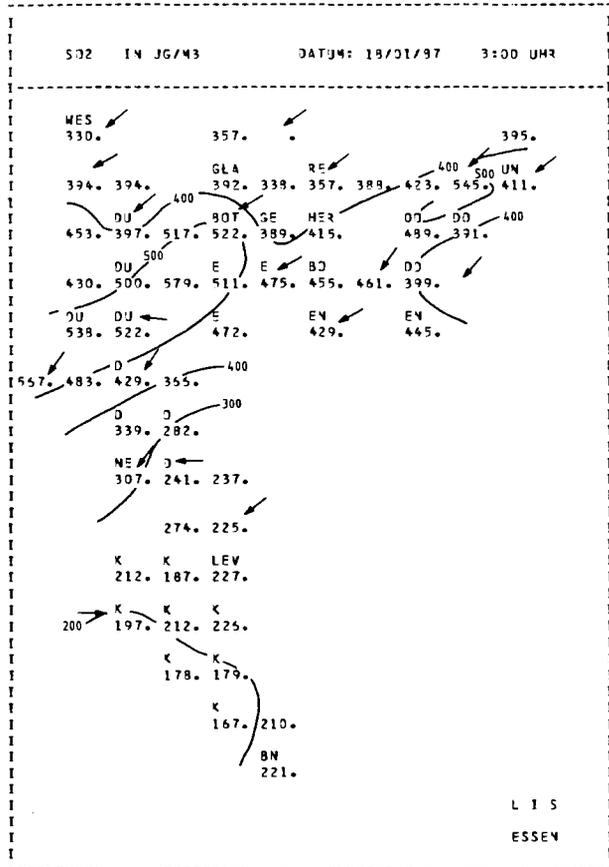


Abb. 181

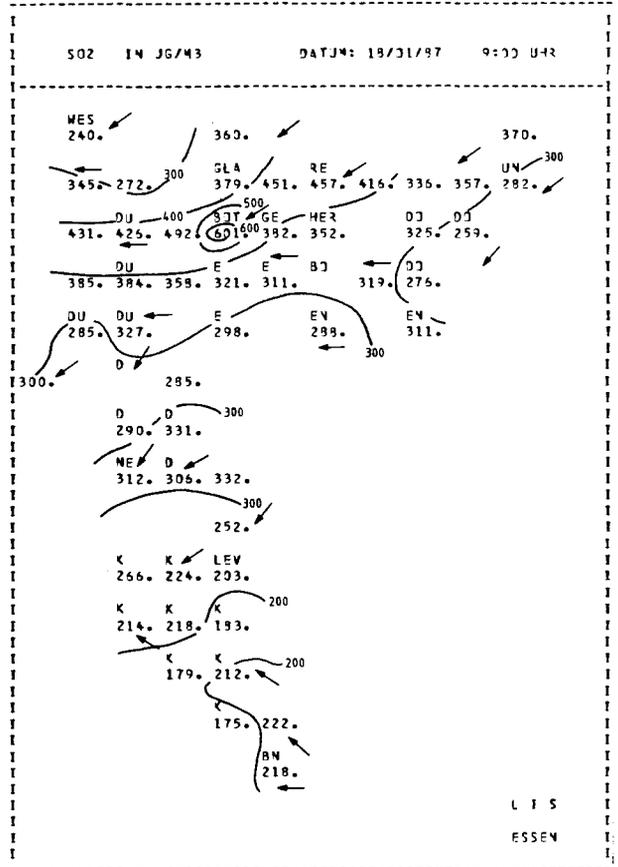


Abb. 183

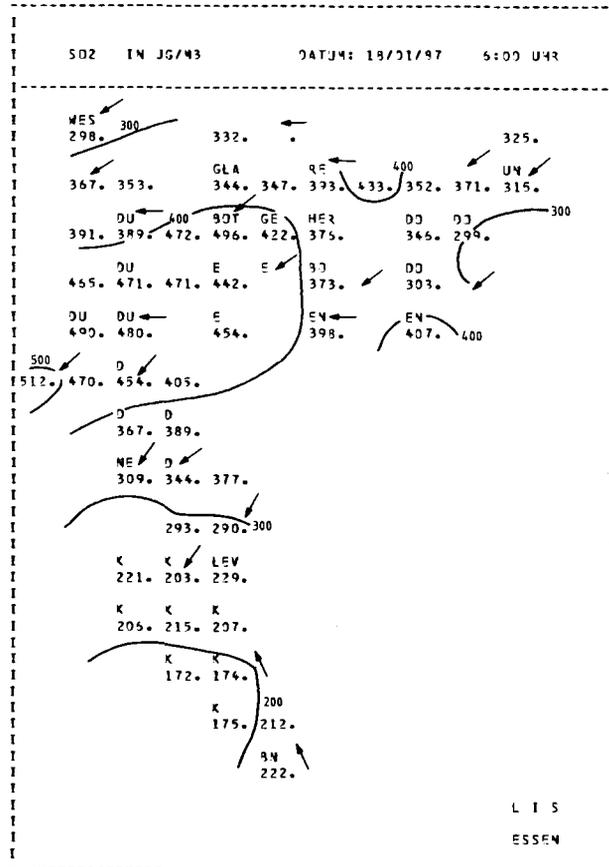


Abb. 182

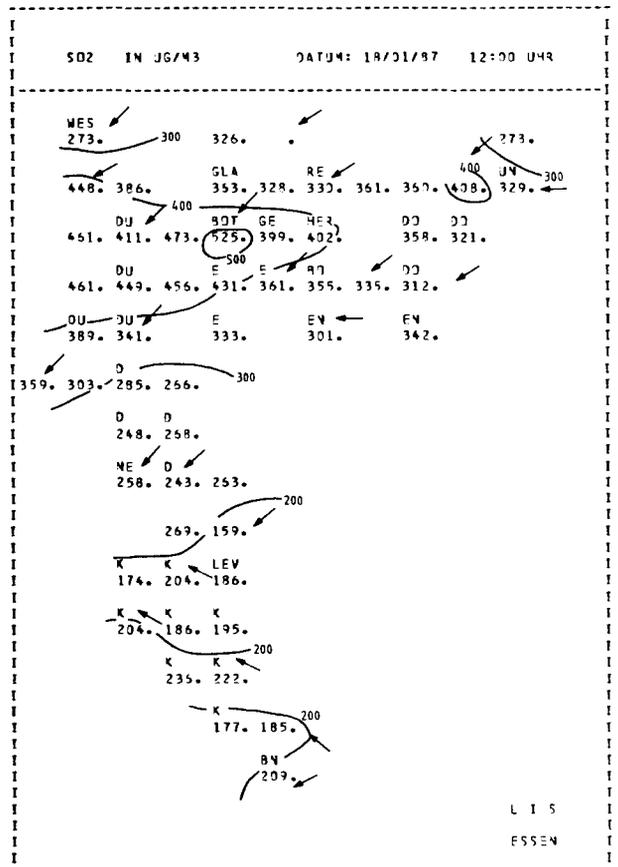


Abb. 184

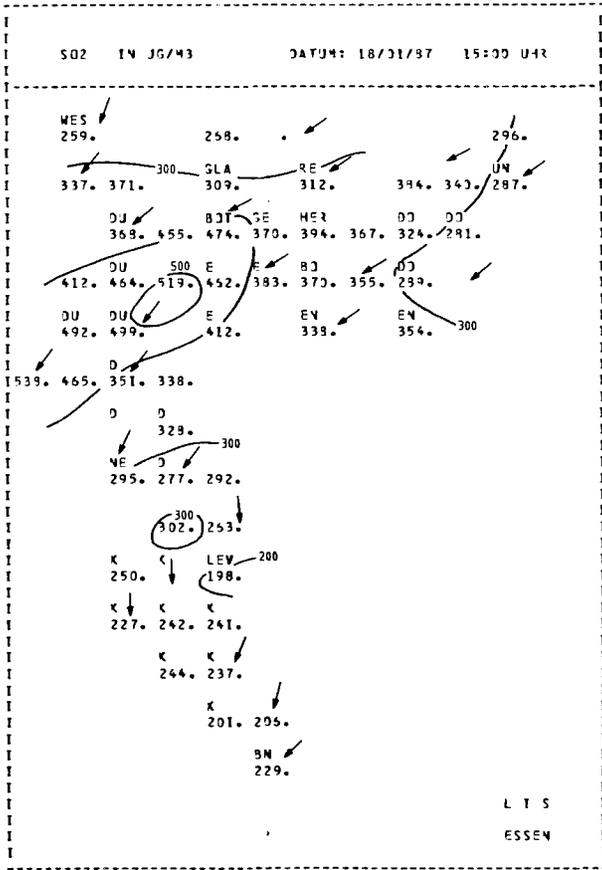


Abb. 185

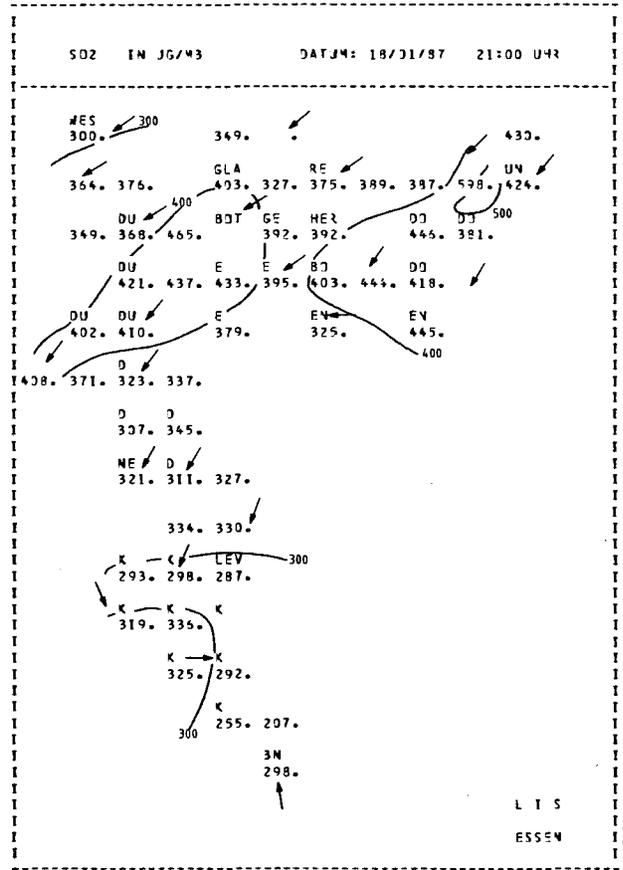


Abb. 187

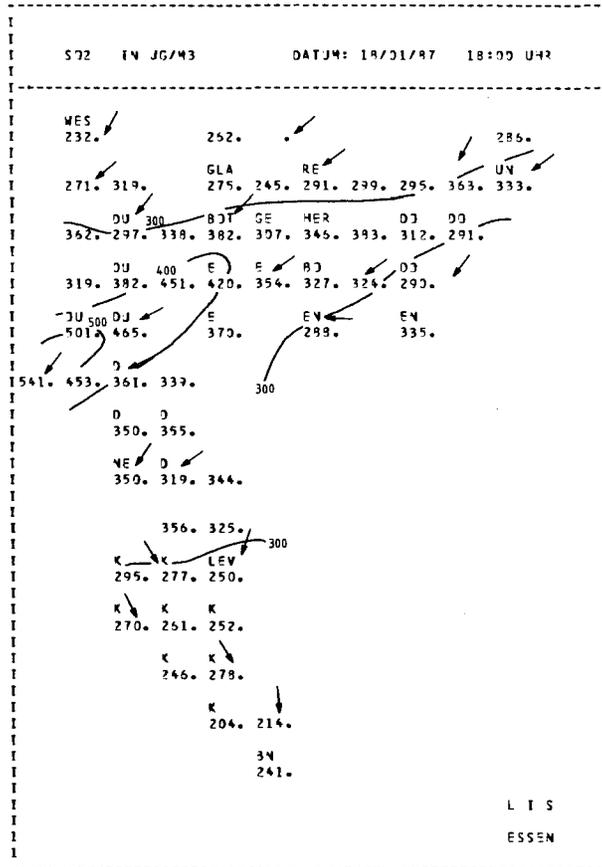


Abb. 186

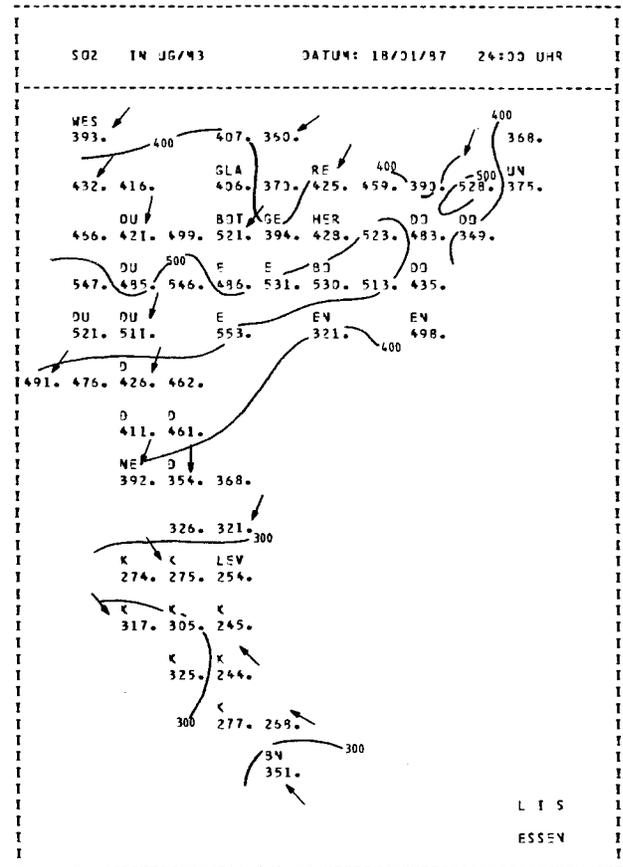


Abb. 188

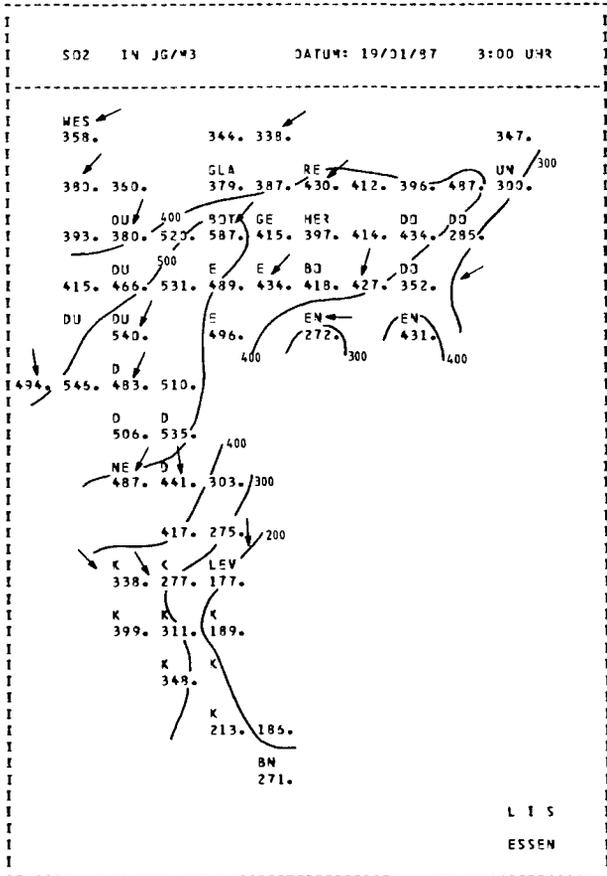


Abb. 189

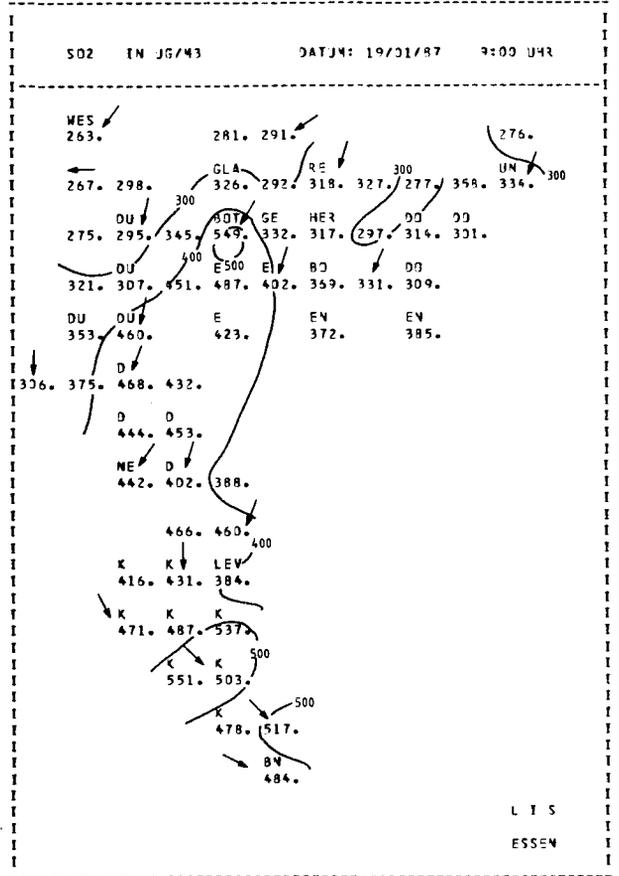


Abb. 191

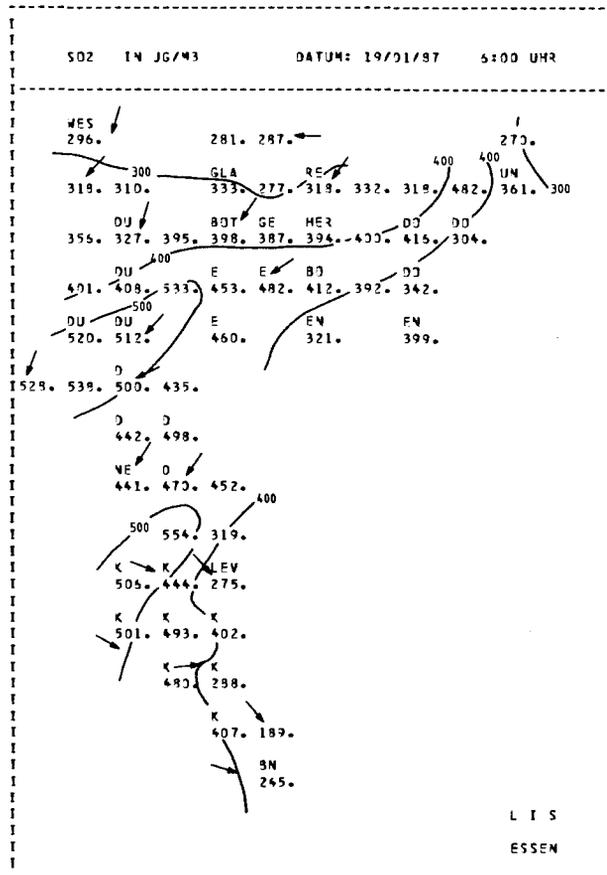


Abb. 190

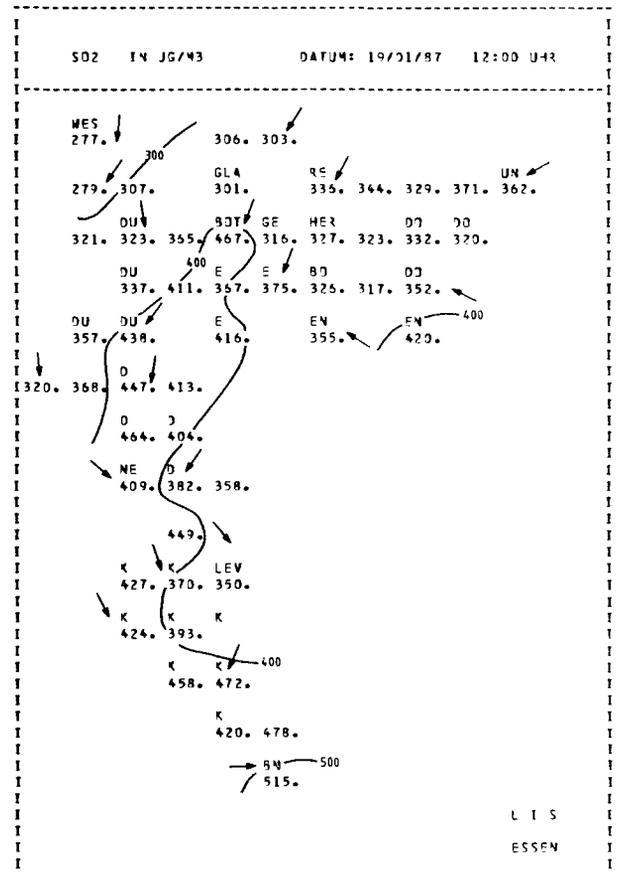


Abb. 192

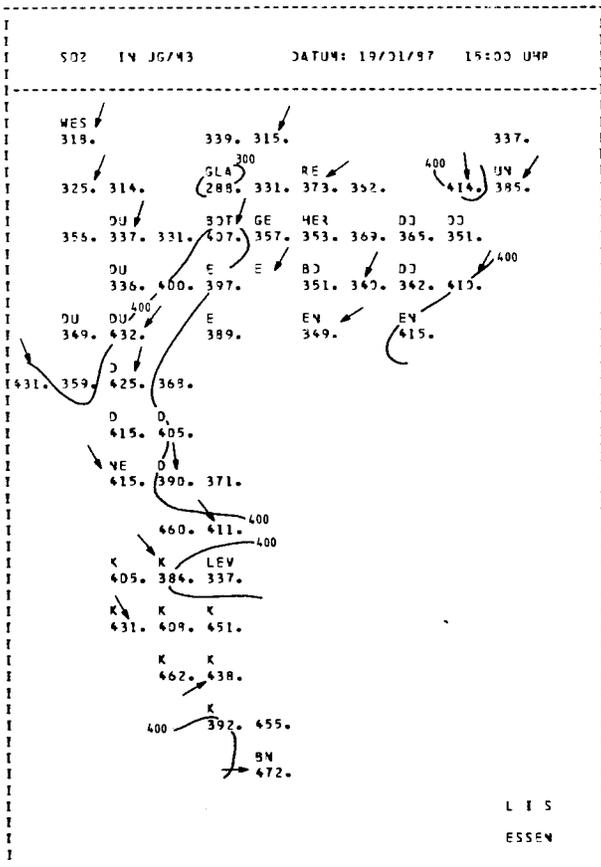


Abb. 193

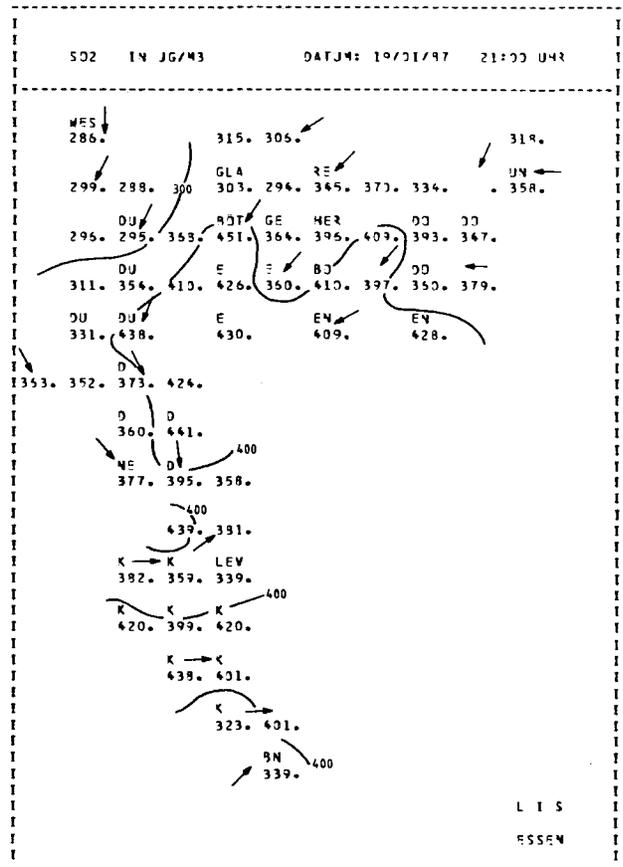


Abb. 195

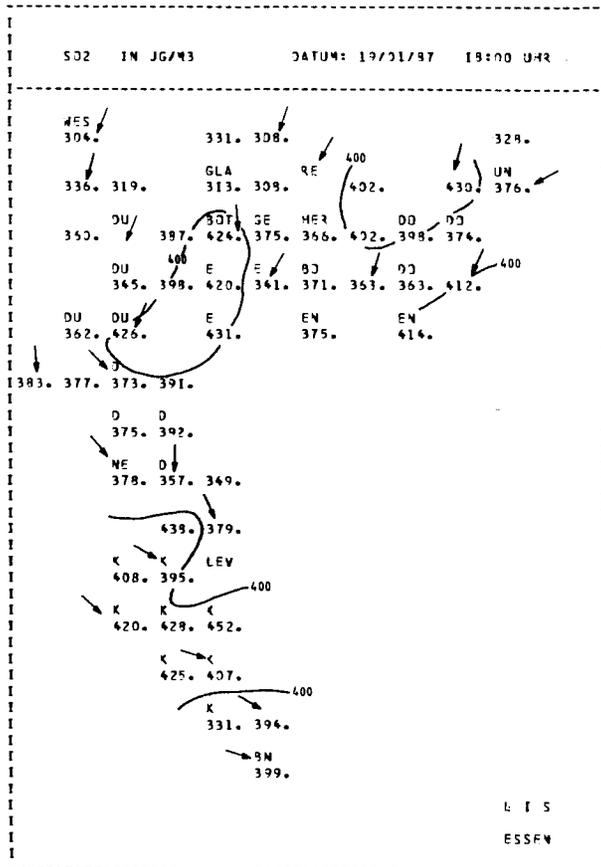


Abb. 194

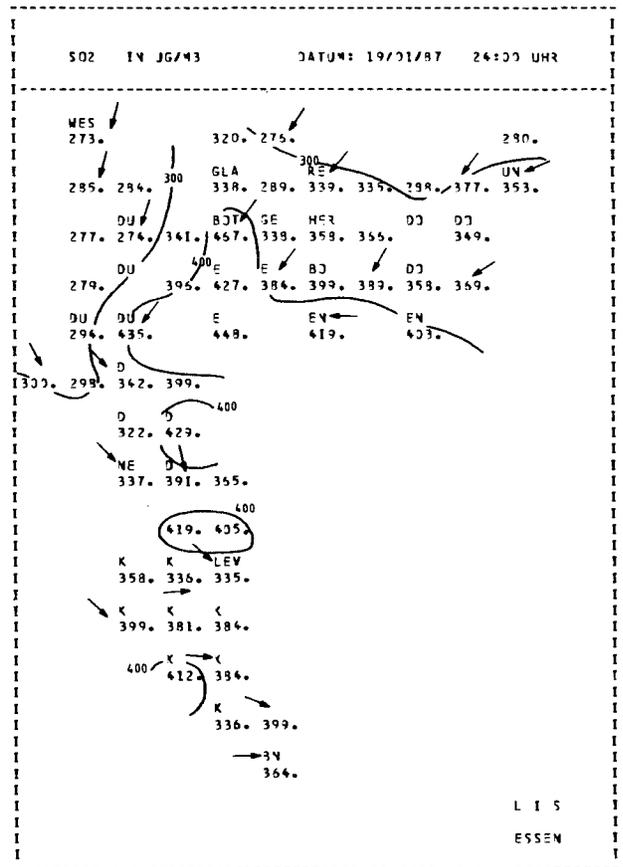


Abb. 196

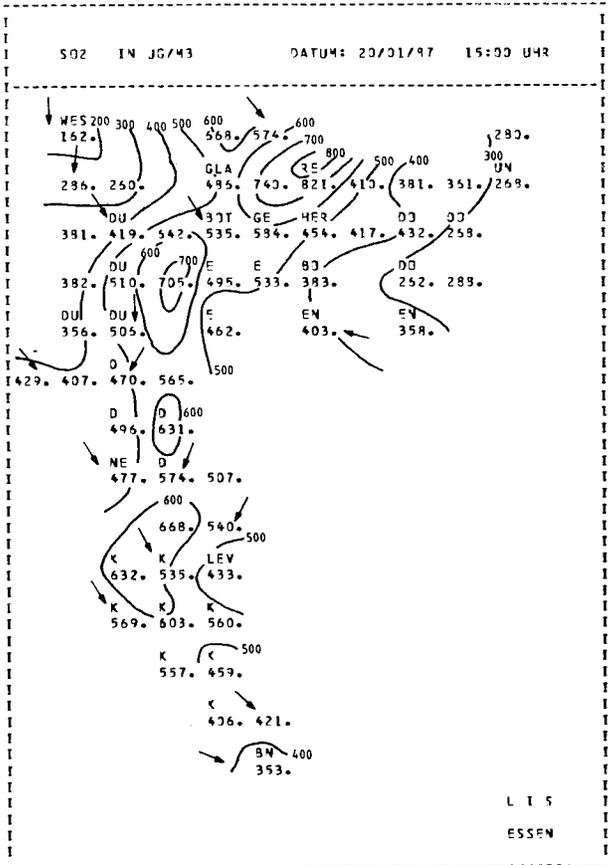


Abb. 201

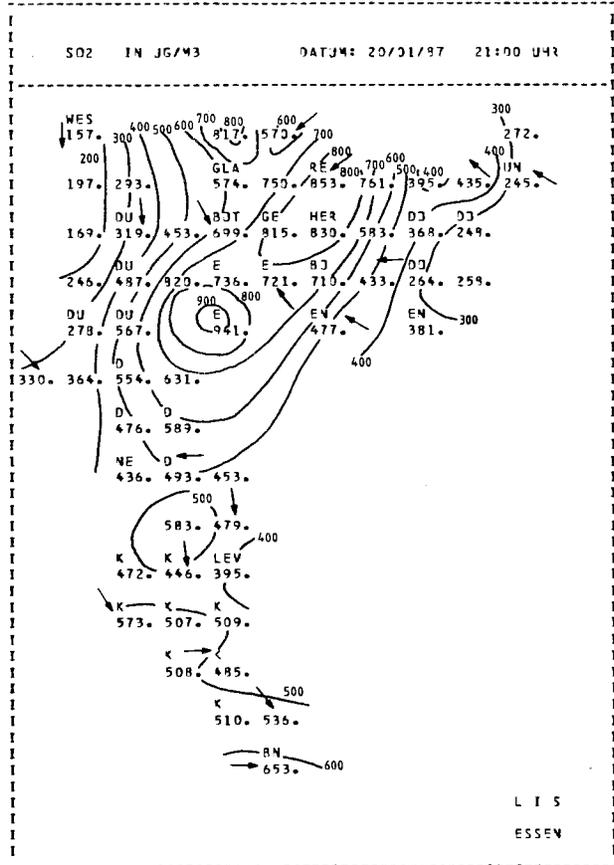


Abb. 203

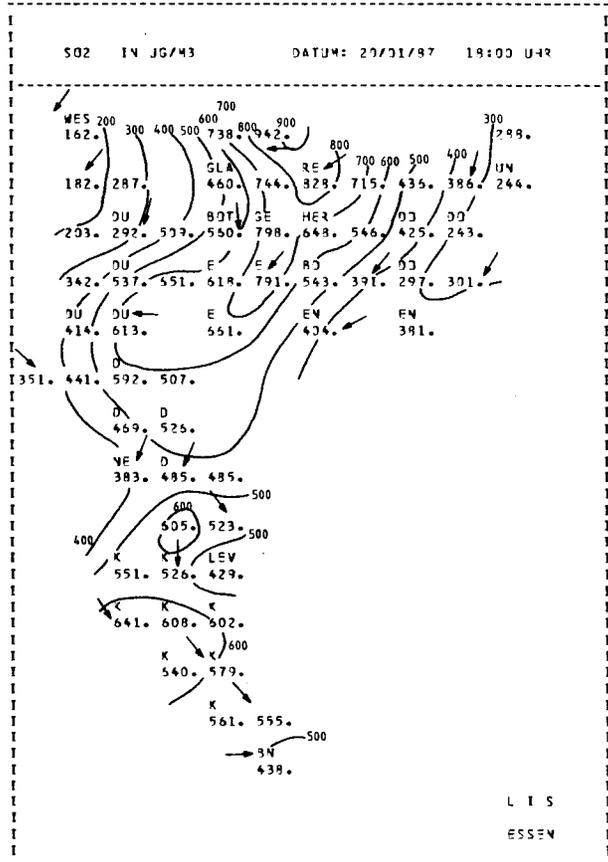


Abb. 202

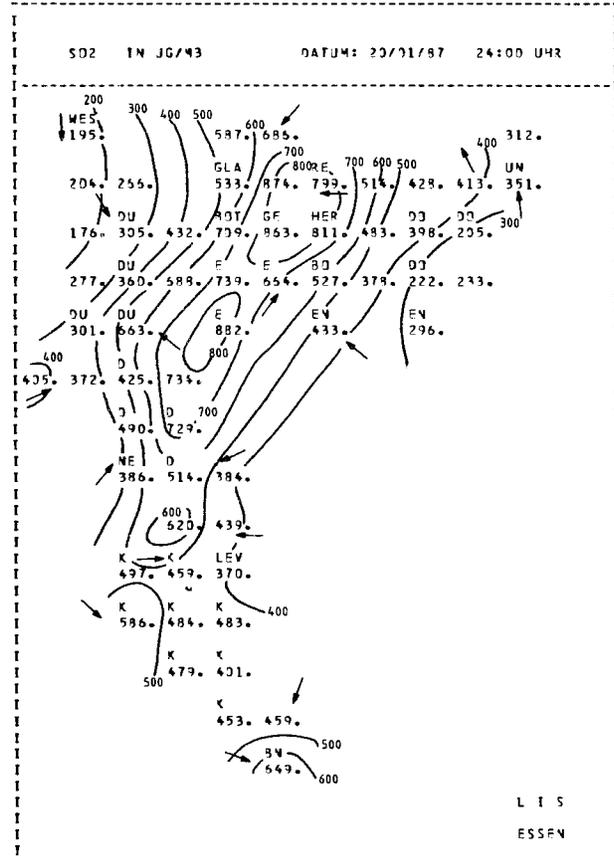


Abb. 204

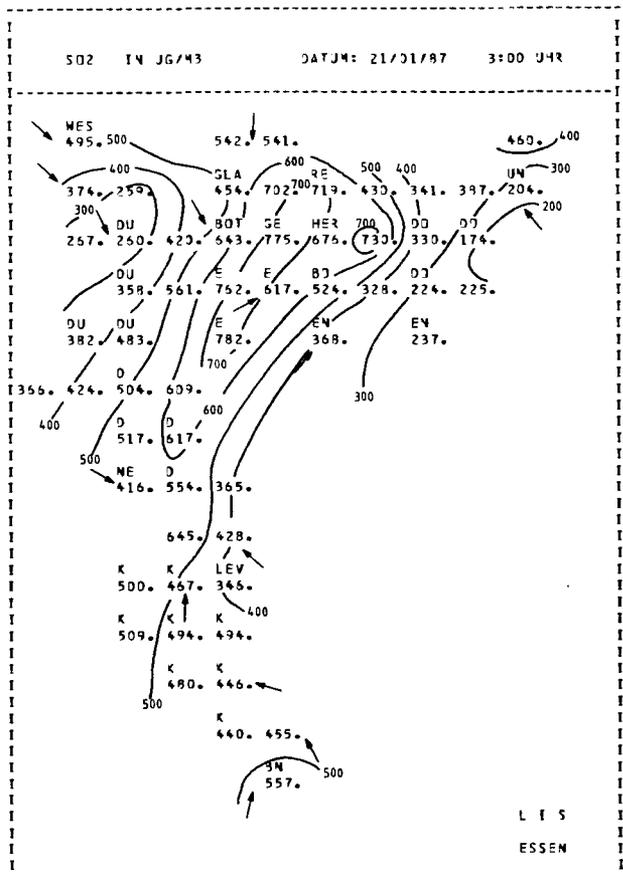


Abb. 205

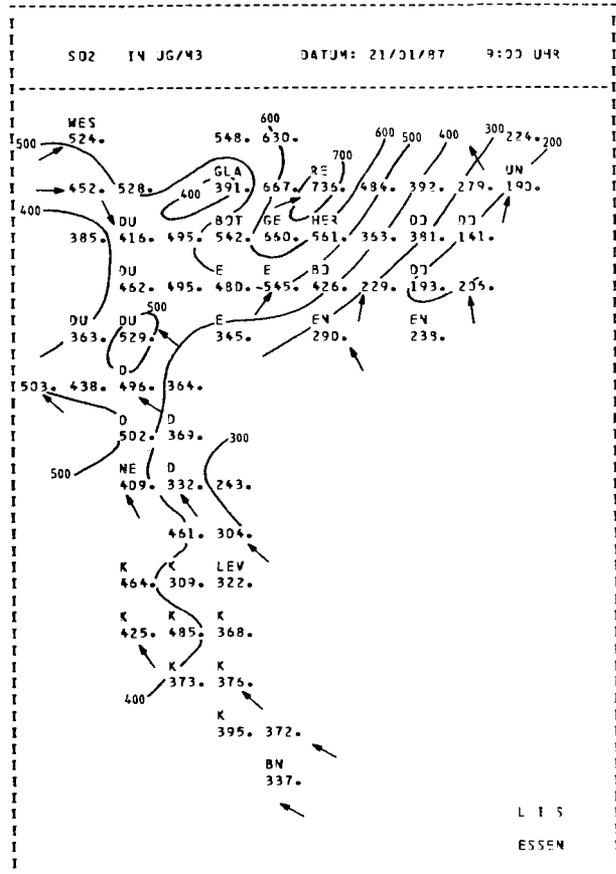


Abb. 207

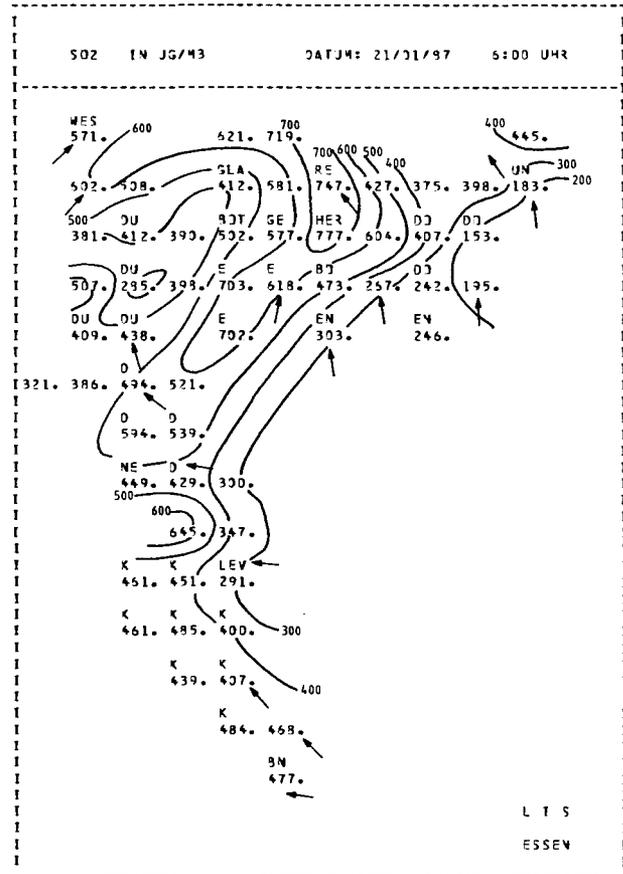


Abb. 206

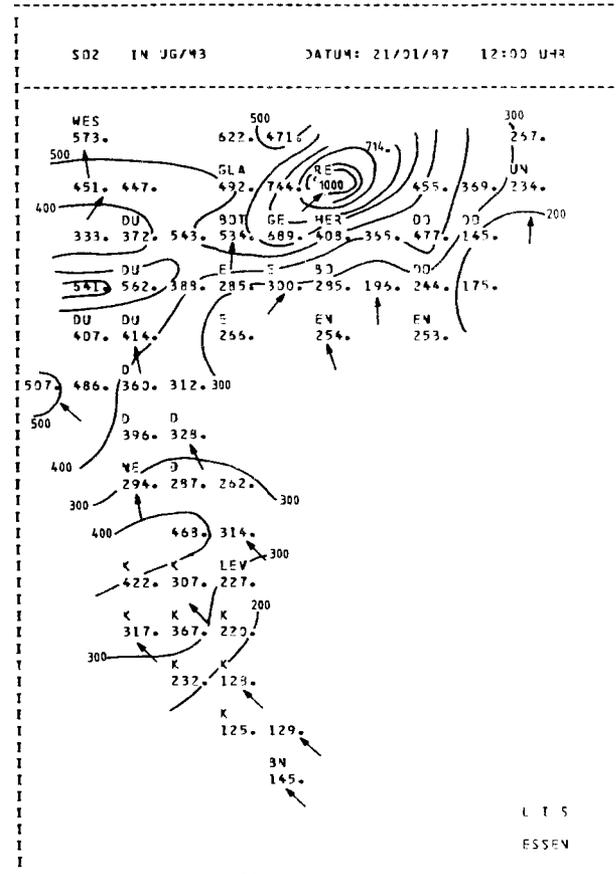


Abb. 208

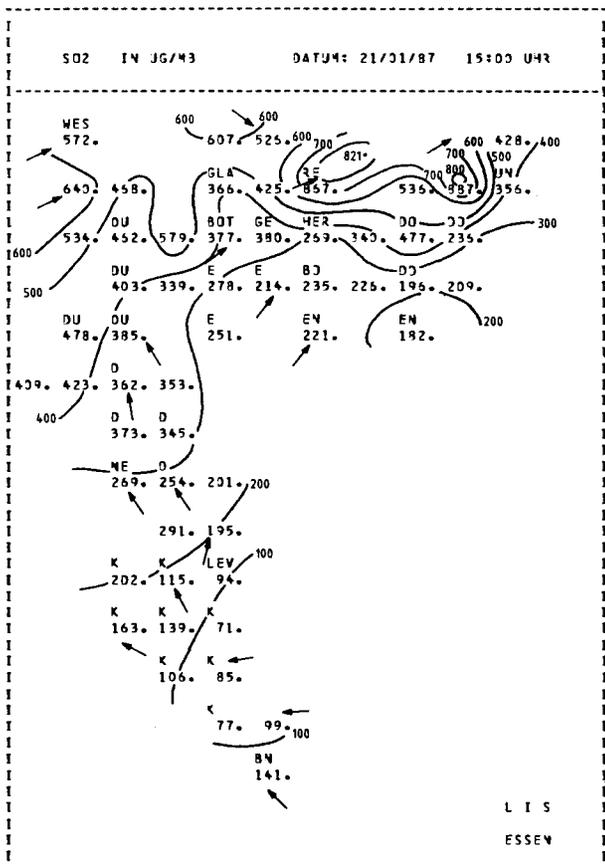


Abb. 209

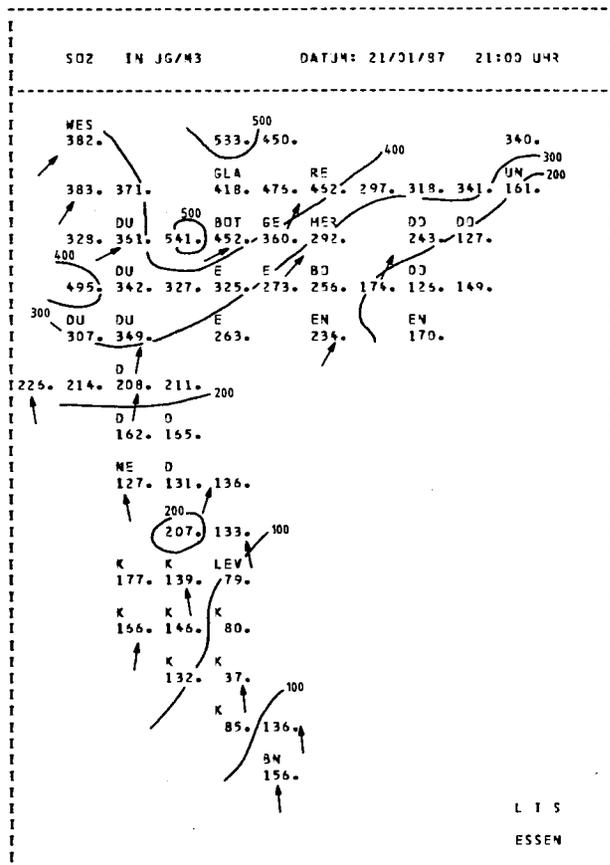


Abb. 211

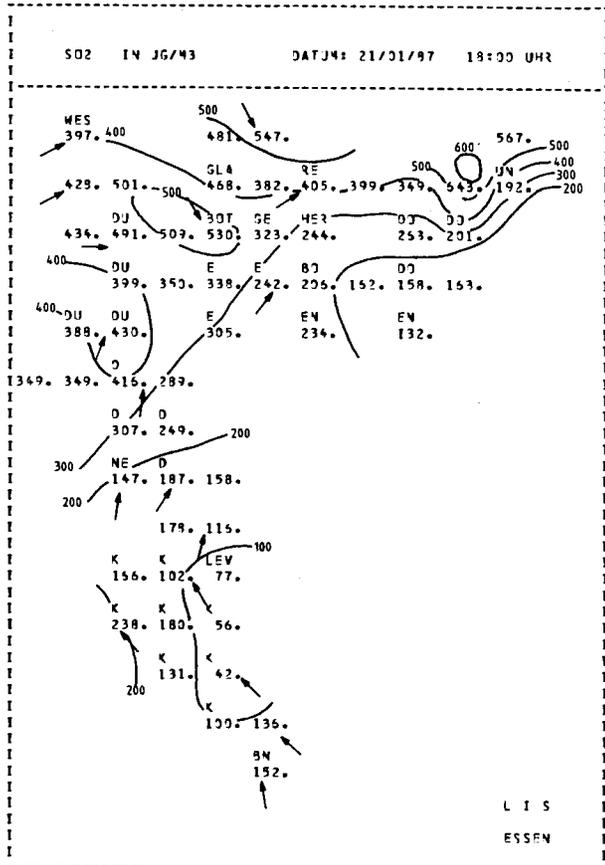


Abb. 210

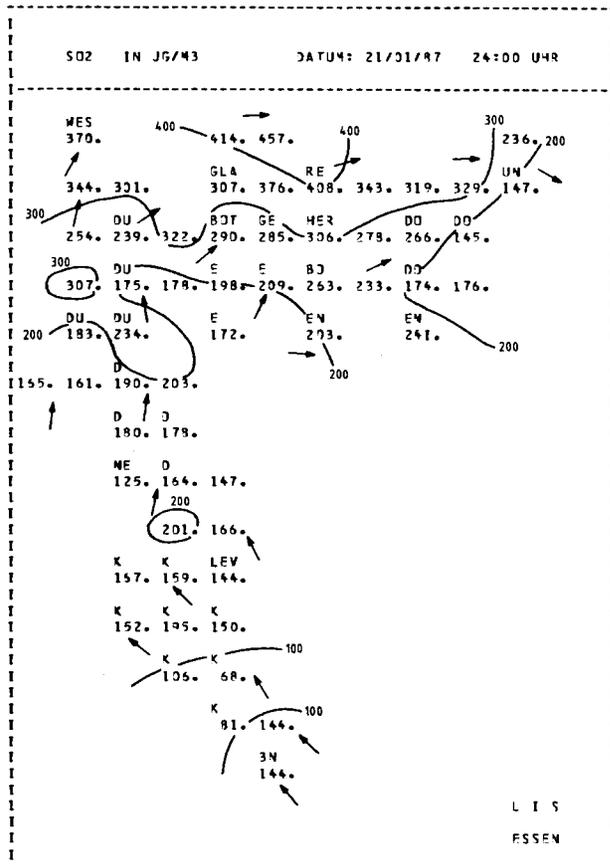


Abb. 212

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. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

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: SPLITGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITGERBER, 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: MANNS, 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 Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
(vergriffen) 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.:
(vergriffen) 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.:
(vergriffen) 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:
(vergriffen) 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.:
(vergriffen) 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:
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen
Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
(vergriffen) 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:
(vergriffen) 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:
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser
Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
(vergriffen) 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: (vergriffen) 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: (vergriffen) GOLDBERG, K.H.:
Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: (vergriffen) HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und
J. KROCHMANN:
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: (vergriffen) 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: (vergriffen) 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).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: (vergriffen) PRINZ, B., J. HRADETSKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:
Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH
(1986).
- Berichte-Nr. 61: (vergriffen) SPLITTGERBER, H.:
Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: (vergriffen) BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzop-Dioxine und Dibenzofurane in
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
Measurements of Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).
(1987).

- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells
(K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)
- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:
Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen -
(1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungseinwirkung durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch
Direktabfederung.
(1986)
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am
8. und 9.10.1986 in der LIS, Essen.
(1986).
- Berichte-Nr. 67: ASSMANN, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschemissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren
nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.
(1986)
- Berichte-Nr. 68: MANNS, H. und H. GIES:
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m³/h für die automatisierte Immis-
sionsmessung.
(1986)
- Berichte-Nr. 69: BEINE, H.:
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalyti-
sche Bestimmung.
(1987)
- Berichte-Nr. 70: BUCK, M. und H.-U. PFEFFER:
Air quality surveillance in the state North-Rhine-Westphalia
(Federal Republic of Germany).
(1987)
- Berichte-Nr. 71: WEFERS, H. und H. KATZER:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen
zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken.
(1987)
- Berichte Nr. 72: BEIER, R., J. KOHLERT und M. BUCK:
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener
Norden in den Jahren 1984-1986.
(1987)
- Berichte Nr. 73: SCHADE, H.:
Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsan-
lagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet
Ost.
(1987)
- Berichte Nr. 74: BEIER, R. und M. BUCK:
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierli-
chen Messungen gemäß TA-Luft.
(1988)
- Berichte Nr. 75: KOCH, E. und P. ALTENBECK:
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes.
(1988)
- Berichte Nr. 76: J. GIEBEL:
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation.
(1988)