

# LIS-Berichte

## Nr. 72

Entwicklung der Immissions-  
belastung in der Umgebung  
der Aluminiumhütte  
im Essener Norden  
in den Jahren 1984 - 1986

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1987

ISSN 0720-8499

Entwicklung der Immissionsbelastung  
in der Umgebung der Aluminiumhütte  
im Essener Norden  
in den Jahren 1984 bis 1986

Dr. Reinhold Beier, Jürgen Kohlert  
und Dr. Manfred Buck

## I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
Zusammenfassung	7
Summary	7
1. EINLEITUNG	8
2. ANORGANISCHE FLUOR-VERBINDUNGEN	9
2.1 Immissionsbelastung	9
2.2 Beiträge des Quellgebietes LMG	10
3. SCHWEFELDIOXID	20
3.1 Immissionsbelastung	20
3.2 Beiträge des Quellgebietes LMG	24
4. SCHWEBSTOFFE	36
4.1 Immissionsbelastung	36
4.2 Beiträge des Quellgebietes LMG	38
5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	41
Schrifttum	43
Tabellen- und Bildanhang	44

ENTWICKLUNG DER IMMISSIONSBELASTUNG IN DER UMGEBUNG DER  
ALUMINIUMHÜTTE IM ESSENER NORDEN IN DEN JAHREN 1984 BIS  
1986.

Dr. Reinhold Beier, Jürgen Kohlert und Dr. Manfred Buck

Z U S A M M E N F A S S U N G

Berichtet wird über Auswertungen von Immissionsmessungen im Industriegebiet des Essener Norden aus den Jahren 1984 bis 1986. Dabei wurden die Schadstoffe Schwefeldioxid und Schwebstoffe an zwei und anorganische Fluor-Verbindungen an einer ortsfesten Meßstation in der Nachbarschaft einer Aluminiumhütte fortlaufend registriert. Neben Mittelwerten und 98%-Werten wird über windrichtungsabhängige Auswertungen berichtet, welche es erlauben, die Beiträge des Quellgebietes zwischen den beiden ortsfesten Meßstationen abzuschätzen und seine Entwicklung zu verfolgen. Dies wurde möglich durch Bereinigung von Einflüssen unterschiedlicher Windverteilungen in den betrachteten Jahren. Ausgehend von Luv-Lee-Messungen der Immissionsbelastungen gelang so eine Erfolgskontrolle von Emissions-Minderungsmaßnahmen, die an einer Aluminiumhütte durchgeführt worden sind.

S U M M A R Y

Results of monitoring programs on air pollutants performed between 1984 and 1986 in an industrial area in the northern part of the city of Essen are reported. The monitoring campaign covered sulfur dioxide at two fixed luv-lee-sites and volatile fluorides at one site in the close neighborhood of an aluminum plant. Besides mean values and 98-percentiles stratified analyses with respect to wind direction are reported, which allow to assess the contributions of the source area between the two fixed monitoring sites and to observe its development. This was enabled by eliminating of influences due to different distributions of wind-direction within the years considered. This way, the effectivity of technical emission control-measures realised at the aluminum plant were checked by monitoring of air quality.

## 1. EINLEITUNG

In einem vorangehenden Bericht /1/ war über Immissionsbelastungen durch anorganische Fluorverbindungen im Essener Norden in den Jahren 1981 bis 1983 berichtet worden. Hierunter sind in erster Linie Fluorwasserstoff und daneben wasserlösliche Fluoride zu verstehen. In diesem Bericht wurden Überschreitungen der TA-Luft-Grenzwerte /2/ konstatiert. Als dominierende Quelle dieser Belastungen war eine Aluminiumhütte im Essener Norden aufgeführt.

Im Jahr 1984 wurden von Seiten der Betreiberin der Aluminiumhütte, der Leichtmetall Gesellschaft (LMG), mit finanzieller Unterstützung durch das Land Nordrhein-Westfalen Maßnahmen zur Verringerung der Fluor- und Schwefeldioxid-Emissionen in die Wege geleitet. Diese Maßnahmen umfaßten: die Kapselung der Elektrolyse-Schmelzöfen mit Absaugung und Abscheidung des Fluorwasserstoffes in einer Trockenabscheideanlage sowie den Bau eines zentralen Abluftkamins von 180 Meter Höhe. Die Inbetriebnahme dieser neuen Anlagenteile erfolgte in drei Stufen, im Januar 1985 für Halle 1, im Mai 1985 für Halle 2 und im Februar 1986 für Halle 3.

Zur immissionsseitigen Kontrolle der Auswirkungen dieser Maßnahmen führte die Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS) die im Jahr 1981 begonnenen Messungen anorganischer Fluorverbindungen in den Jahren 1984 bis 1986 im Kleingartengelände "Am Weidkamp", etwa 1000 Meter westlich der Aluminiumhütte, fort (Meßstation: WEID).

Zusätzlich wurden von der LIS am Meßort WEID und an einem weiteren Meßort an der Wildstraße (Meßstation: WILD), etwa 1500 Meter östlich der Aluminiumhütte, zeitweilig zwei Meßstationen eingerichtet, um fortlaufend die Konzentrationen von Schwefeldioxid und Schwebstoffen zu bestimmen. Die Lage der Meßstationen ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Messungen vorgestellt und diskutiert. Ziel der Arbeit war es insbesondere auch, durch Immissionsmessungen die Effektivität der ergriffenen Minderungsmaßnahmen zu überprüfen und so eine immissionsseitige Erfolgskontrolle durchzuführen.

## 2. ANORGANISCHE FLUORVERBINDUNGEN

### 2.1 Immissionsbelastung

Die kontinuierliche Messung anorganischer Fluorverbindungen, im Folgenden auch kurz als Fluoride bezeichnet, wurde in den Jahren 1984 bis 1986 an dem bereits seit 1981 bemessenen Ort in der Kleingartenanlage "Am Weidkamp" fortgeführt. Diese Meßstelle liegt in unmittelbarer Nähe der im Jahr 1984 für Schwefeldioxid und Schwebstoffe eingerichteten Meßstation

WEID, sie wird daher in diesem Bericht ebenfalls unter dem Namen WEID geführt. Registriert wurden Stundenmittelwerte, und zwar für jede zweite Stunde. In Tabelle 2.1.1 sind die gemäß TA-Luft ermittelten Fluor-Kenngrößen der Station WEID für die Jahre 1983 bis 1986 zusammengestellt.

Tabelle 2.1.1: Jahreskenngrößen der Immissionsbelastung durch anorganische Fluorverbindungen (Fluoride) an der Station WEID in Mikrogramm pro Kubikmeter.

Jahr	Mittelwert	98%-Wert
1983	1,4	15,2
1984	1,2	12,1
1985	0,9	8,6
1986	0,6	4,7
Grenzwerte TA-Luft	1,0 (IW1)	3,0 (IW2)

Man erkennt, daß diese Kenngrößen insbesondere seit 1985 einen deutlichen Rückgang aufweisen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, daß aufgrund ungünstiger meteorologischer Bedingungen im Jahr 1985 eher ein Anstieg der Belastungen zu erwarten gewesen wäre, wie er bei anderen Schadstoffkomponenten, beispielsweise bei Schwefeldioxid, beobachtet wurde /3/. Zum Vergleich sind in Tabelle 2.1.1 auch die Grenzwerte der TA-Luft aufgeführt. Im Jahr 1985 wurde der IW1-Wert erstmals eingehalten, der IW2-Wert von 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde zwar 1985 und 1986 weiterhin überschritten, jedoch mit deutlich rückläufiger Tendenz. Dies wird auch erkennbar in den in Tabelle 2.1.2 angegebenen Überschreitungshäufigkeiten.

Tabelle 2.1.2: Überschreitungshäufigkeiten vorgegebener Schwellen in Stunden.

Jahr	Schwelle in Mikrogramm pro Kubikmeter									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
1983	284	160	101	70	45	30	19	13	11	9
1984	313	168	83	46	23	12	4	2	1	0
1985	284	98	33	8	3	0	0	0	0	0
1986	123	18	3	0	0	0	0	0	0	0

Während 1983 die Schwelle 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  noch 9-mal überschritten wurde, waren in den Jahren 1984 bis 1986 keine derartigen Überschreitungen zu verzeichnen. Wie man aus Tabelle 2.1.2 erkennt, lag der Maximalwert des Jahres 1985 unterhalb von 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1986 sogar unterhalb von 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser

Rückgang ist bemerkenswert. Zumal im Januar 1985 eine langanhaltende stabile Wetterlage eine austauscharme Situation hervorgerufen hat, die fast über eine ganze Woche anhielt /3/. Eine spürbare Besserung ist auch zu erkennen, wenn man die Anzahl der Tage mit erhöhten ( $> 4 \text{ ug/m}^3$ ) Tagesmittelwerten betrachtet:

1983: 33 Tage  
 1984: 31 Tage  
 1985: 24 Tage  
 1986: 10 Tage

Interessante Einblicke in die Jahresverläufe vermittelt Tabelle 2.1.3.

Tabelle 2.1.3: Monatskenngrößen der Immissionsbelastung durch Fluoride an der Station WEID aus den Jahren 1984 - 1986 in Mikrogramm pro Kubikmeter.

Monat	Mittelwert			98%-Wert			Maximalwert		
	84	85	86	84	85	86	84	85	86
Jan.	0,43	2,29	0,40	1,57	14,81	4,27	24,0	20,6	7,68
Feb.	3,36	2,91	3,15	21,32	13,74	9,90	35,7	21,8	13,66
März	3,26	0,77	0,57	20,38	4,64	2,71	27,4	8,1	4,03
Apr.	2,26	0,50	0,37	17,21	4,99	2,03	37,0	11,1	3,04
Mai	1,54	1,61	0,26	11,31	9,72	1,56	14,3	22,2	2,27
Juni	0,50	0,39	0,81	3,95	2,63	3,06	11,8	5,5	6,38
Juli	0,62	0,39	0,23	4,61	3,33	1,15	19,7	5,2	3,12
Aug.	1,04	0,19	0,27	7,81	0,65	1,87	29,7	4,5	3,39
Sept.	0,33	0,23	0,54	2,46	1,36	3,00	7,1	3,5	8,37
Okt.	0,43	0,88	0,36	2,92	6,02	3,28	15,7	7,9	6,33
Nov.	1,13	0,95	0,12	13,92	5,06	0,36	21,2	8,0	0,51
Dez.	0,37	0,27	0,13	2,62	1,83	0,40	12,6	4,9	0,91

Wie Tabelle 2.1.3 zeigt, wies die Belastung durch Fluoride an der Station WEID überwiegend jeweils im Februar die höchsten Werte auf. Der durch die bereits erwähnte Smoglage gekennzeichnete Januar 1985 zeigt keine besondere Auffälligkeit. Insgesamt wird auch aus dieser Tabelle der deutliche Rückgang der Belastung durch Fluoride in der Umgebung der Aluminiumhütte deutlich.

Wie die Entwicklung in den Jahren 1985 und 1986 zeigt, sind Monatsmittelwerte unter  $1 \text{ ug/m}^3$  nicht nur in den Sommermonaten erreichbar. Ungünstiger sieht die Situation noch im Hinblick auf die 98%-Werte aus. Diese unterschritten 1985 nur in den Monaten Juni, August, September und Dezember die Schwelle  $3 \text{ ug/m}^3$ . 1986 überschritten die 98%-Werte nur in den Monaten Januar, Februar, Juni, September und Oktober die Schwelle  $3 \text{ ug/m}^3$ .

Tabelle 2.1.4: Anzahl der Überschreitungen des Wertes  $3 \mu\text{g F}^-/\text{m}^3$   
 Meßzeit: 01.01.1984 bis 31.12.1984  
 Meßstation: Weid

		0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Sonntag	K	5	7	6	6	7	5	6	5	4	4	5	4
	N	48	46	47	46	44	52	50	50	50	48	47	48
	W(K)	0,45	0,12	0,25	0,24	0,10	0,52	0,30	0,48	0,68	0,65	0,43	0,65
Montag	K	4	3	4	5	6	5	6	5	7	6	7	9
	N	48	48	48	46	44	50	50	51	51	50	50	51
	W(K)	0,65	0,83	0,65	0,41	0,21	0,48	0,30	0,50	0,18	0,30	0,17	0,04
Dienstag	K	6	5	4	5	7	5	4	3	3	3	2	2
	N	49	50	49	49	47	50	49	48	49	50	50	50
	W(K)	0,29	0,48	0,66	0,47	0,13	0,48	0,66	0,83	0,84	0,85	0,95	0,95
Mittwoch	K	2	4	3	5	7	3	1	2	3	6	3	3
	N	50	49	48	47	48	49	49	50	48	49	49	50
	W(K)	0,95	0,66	0,83	0,43	0,14	0,84	0,99	0,95	0,83	0,29	0,84	0,85
Donnerstag	K	5	4	3	1	3	4	2	2	1	3	4	3
	N	49	50	49	48	47	49	50	50	50	50	50	50
	W(K)	0,47	0,68	0,84	0,99	0,82	0,66	0,95	0,95	0,99	0,85	0,68	0,85
Freitag	K	5	5	5	5	5	5	6	5	4	6	4	3
	N	49	48	48	49	47	47	48	50	51	51	51	50
	W(K)	0,47	0,45	0,45	0,47	0,43	0,43	0,27	0,48	0,70	0,32	0,70	0,85
Samstag	K	3	5	4	3	5	4	6	7	6	6	4	6
	N	49	49	49	49	48	51	48	49	49	49	48	48
	W(K)	0,84	0,47	0,66	0,84	0,45	0,70	0,27	0,15	0,29	0,29	0,65	0,27

N Anzahl der Messungen pro Zelle (Uhrzeit/Tag)  
 K Anzahl der Überschreitungen  
 W(K) Wahrscheinlichkeit K oder mehr Überschreitungen zu finden  
 Test: Hypergeometrische Verteilung

Tabelle 2.1.5: Anzahl der Überschreitungen des Wertes  $3 \mu\text{g F}^-/\text{m}^3$   
 Meßzeit: 01.01.1985 bis 31.12.1985  
 Meßstation: Weid

		0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Sonntag	K	4	2	4	3	4	5	4	5	6	6	6	7
	N	52	52	52	50	52	52	52	52	52	52	52	51
	W(K)	0,68	0,95	0,68	0,82	0,68	0,48	0,68	0,48	0,30	0,30	0,30	0,15
Montag	K	6	7	7	9	10	9	8	7	6	7	8	2
	N	52	52	52	51	51	51	51	51	51	51	51	51
	W(K)	0,30	0,16	0,16	0,03	0,01	0,03	0,07	0,15	0,28	0,15	0,07	0,94
Dienstag	K	5	3	4	6	4	5	6	6	5	7	7	5
	N	52	52	52	52	52	50	51	50	51	51	51	51
	W(K)	0,48	0,84	0,68	0,30	0,68	0,44	0,28	0,27	0,46	0,15	0,15	0,46
Mittwoch	K	5	6	4	3	4	3	2	2	2	2	5	4
	N	50	49	50	49	50	50	51	50	50	51	51	51
	W(K)	0,44	0,25	0,65	0,81	0,65	0,82	0,94	0,94	0,94	0,94	0,46	0,66
Donnerstag	K	2	0	0	2	2	1	1	2	3	4	5	5
	N	51	51	51	51	50	49	51	50	51	52	52	52
	W(K)	0,94	0,99	0,99	0,94	0,94	0,99	0,99	0,94	0,83	0,68	0,48	0,48
Freitag	K	5	3	5	5	3	3	4	6	5	6	4	2
	N	51	51	51	51	50	50	52	52	52	52	52	52
	W(K)	0,46	0,83	0,46	0,46	0,82	0,82	0,68	0,30	0,48	0,30	0,68	0,95
Samstag	K	3	4	3	4	6	5	4	6	6	3	3	3
	N	52	52	51	51	52	52	52	51	52	52	52	52
	W(K)	0,84	0,68	0,83	0,66	0,30	0,48	0,68	0,28	0,30	0,84	0,84	0,84

N Anzahl der Messungen pro Zelle (Uhrzeit/Tag)

K Anzahl der Überschreitungen

W(K) Wahrscheinlichkeit K oder mehr Überschreitungen zu finden

Test: Hypergeometrische Verteilung

Tabelle 2.1.6: Anzahl der Überschreitungen des Wertes  $3 \mu\text{g F}^-/\text{m}^3$

Meßzeit: 01.01.1986 bis 31.12.1986

Meßstation: Weid

		0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00
Sonntag	K	3	2	5	6	2	4	2	1	4	4	2	4
	N	52	52	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52
	W(K)	0,41	0,68	0,08	0,02	0,67	0,19	0,68	0,91	0,20	0,20	0,68	0,20
Montag	K	5	5	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2
	N	51	52	51	52	52	51	51	51	52	51	51	52
	W(K)	0,08	0,08	0,67	0,68	0,68	0,67	0,90	0,90	0,68	0,67	0,67	0,68
Dienstag	K	4	2	2	3	4	3	2	2	3	3	6	2
	N	51	51	51	52	51	52	52	52	52	52	51	52
	W(K)	0,19	0,67	0,67	0,41	0,19	0,41	0,68	0,68	0,41	0,41	0,02	0,68
Mittwoch	K	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2
	N	53	53	53	53	52	51	51	51	52	52	52	51
	W(K)	0,69	0,69	0,91	0,69	0,68	0,90	0,90	0,90	0,68	0,91	0,91	0,67
Donnerstag	K	3	3	4	4	4	4	2	2	2	1	3	2
	N	51	51	51	51	50	50	48	50	50	50	50	50
	W(K)	0,40	0,40	0,19	0,19	0,18	0,18	0,64	0,66	0,66	0,90	0,39	0,66
Freitag	K	2	1	1	3	1	1	0	1	3	3	2	1
	N	50	50	50	51	50	51	50	51	51	51	51	52
	W(K)	0,66	0,90	0,90	0,40	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,40	0,40	0,67
Samstag	K	2	0	3	3	1	1	0	1	3	2	1	2
	N	51	52	51	50	52	51	50	51	52	51	51	51
	W(K)	0,67	0,91	0,40	0,39	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,41	0,67	0,90

N Anzahl der Messungen pro Zelle (Uhrzeit/Tag)

K Anzahl der Überschreitungen

W(K) Wahrscheinlichkeit K oder mehr Überschreitungen zu finden

Test: Hypergeometrische Verteilung

In Tabelle 2.1.7 sind Kenngrößen der Immissionsbelastung durch Fluoride an der Station WEID geschichtet nach Wochentagen angegeben.

Tabelle 2.1.7: Kenngrößen der Immissionsbelastung durch Fluoride für die Wochentage an der Station WEID.

Wochentag	Jahresmittel				98%-Wert			
	83	84	85	86	83	84	85	86
Sonntag	1,26	1,37	1,00	0,63	8,20	15,31	10,10	3,28
Montag	1,57	1,57	1,35	0,61	16,05	17,21	11,94	2,65
Dienstag	1,65	1,08	0,99	0,64	16,69	10,41	8,05	3,32
Mittwoch	1,36	0,89	0,83	0,50	14,35	7,00	6,19	2,13
Donnerstag	1,20	0,84	0,70	0,66	17,48	9,60	5,24	3,87
Freitag	1,56	1,19	0,86	0,54	16,02	13,72	6,92	2,64
Samstag	1,18	1,32	0,85	0,50	10,23	14,08	7,96	2,29

Auffällig ist, daß sich die höheren Fluorid-Belastungen in den Jahren 1984 und 1985 in zunehmendem Maße auf den Montag so wie das Wochenende konzentrieren. 1986 war dies nicht mehr in vergleichbarem Ausmaß zu beobachten.

Eine weitere Differenzierung dieser Aussage ergibt sich, wenn die Meßwerte zusätzlich zum Wochentag auch nach der Meßzeit geschichtet werden. Betrachtet werden dabei im vorliegenden Fall nur Überschreitungen der Schwelle  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In den Tabellen 2.1.4 bis 2.1.6 sind die Häufigkeiten  $K$  der beobachteten Überschreitungen in den einzelnen Schichten für die Jahre 1984 bis 1986 angegeben. Zusätzlich ist die Wahrscheinlichkeit  $W(K)$  angegeben, daß die beobachteten Überschreitungshäufigkeiten eine zufällige Ursache haben.  $W(K)$  kann mit Hilfe der hypergeometrischen Verteilung berechnet werden.

Wie die Tabellen 2.1.4 bis 2.1.6 zeigen, sind die Überschreitungen der Schwelle  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht zufällig verteilt über Wochentage und Tageszeiten, vielmehr treten an bestimmten Tagen zu bestimmten Zeiten Häufungen auf. Diese erkennt man, wenn  $W(K)$  kleiner oder gleich  $0,05$  ist. Betroffen waren

1984: montags 22-23 Uhr,  
 1985: montags 6-11 Uhr,  
 1986: sonntags 6-7 Uhr, dienstags 20-21 Uhr.

Aufgrund dieser Beobachtungen sind weiterhin regelmäßig auftretende Betriebszustände als Ursache erhöhter Fluorid-Belastungen ( $> 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu vermuten. Im Jahr 1983 waren dienstags von 0-1 Uhr und mittwochs von 2-3 Uhr gehäuft Überschreitungen der Schwelle  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registriert worden /1/.

Richtungsabhängige Auswertungen für die Station WEID sind für die Jahre 1984 bis 1986 in den Abbildungen 2a-2c wiedergegeben.

Dargestellt sind jeweils der Jahresmittelwert und der 98%-Wert für Richtungssektoren von 10 Grad. Diese Ergebnisse bestätigen den im Vorläuferbericht /1/ bereits beschriebenen Befund, daß mit erhöhten Fluorid-Konzentrationen nur dann zu rechnen ist, wenn der Meßort im Lee der Aluminiumhütte liegt. Zugrundegelegt wurden dabei Winddaten der nahegelegenen TEMES-Station in Bottrop-Welheim (BOTT). Auch aus diesen Darstellungen wird der Rückgang der Fluorid-Belastungen in der Umgebung der LMG deutlich erkennbar. Zur Darstellung der Belastungswindrose des Jahres 1986 (Abb.2.c) mußte der Maßstab bereits halbiert werden.

Die Stadt Essen führt seit 1984 mit gelegentlichen Unterbrechungen in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden diskontinuierliche Messungen anorganischer Fluor-Verbindungen nach TA-Luft durch. Die Maschenweite des Meßrasters beträgt dabei 500x500 Meter. Die Ergebnisse sind mit freundlicher Genehmigung der Stadt Essen in den Abbildungen 4a-c wiedergegeben. Als Kenngröße I2 wird dabei gemäß TA-Luft jeweils der 98%-Wert angegeben.

In den insgesamt ausgemessenen 13 Beurteilungsflächen von 0,5x0,5 km<sup>2</sup> Größe wurden folgende Grenzwertüberschreitungen festgestellt:

Tabelle 2.1.8: Festgestellte Grenzwertüberschreitungen bei Fluorid-Messungen der Stadt Essen.

Grenzwert	Anzahl der Überschreitungen		
	1984	April 85 -März 86	Okt.85 -Sept86
IW1 = 1 ug/m <sup>3</sup>	12	3	0
IW2 = 3 ug/m <sup>3</sup>	13	12	7

Aus dieser Darstellung wird die günstige Entwicklung der Belastungssituation in der Umgebung der LMG ebenfalls deutlich. Während im Jahr 1984 noch auf fast allen Teilflächen im Meßgebiet Überschreitungen beider Immissionswerte zu verzeichnen waren, wurden in der jüngsten Meßperiode Überschreitungen des Langzeit-Immissionswertes IW1 nicht mehr vorgefunden. Die Anzahl der Überschreitungen des Kurzzeitwertes IW2 hat sich annähernd halbiert.

Eine interessante Vergleichsmöglichkeit von Kenngrößen aus dem flächendeckenden Meßprogramm der Stadt Essen mit Ergebnissen der Messungen der LIS an einer ausgewählten Station (WEID) ergibt sich anhand von Tabelle 2.1.9. Dort sind die jeweils höchsten Werte der flächenbezogenen Kenngrößen der Stadt Essen den entsprechenden Kenngrößen der ortsfesten Meßstation WEID der LIS gegenübergestellt.

Tabelle 2.1.9: Vergleich von Fluorid-Messungen der Stadt Essen und der LIS.

Jahr	LIS	Stadt Essen Höchstwert	Meßzeitraum Stadt Essen
Mittelwerte in Mikrogramm pro Kubikmeter			
1984	1,2	2,3	Jan. 84 - Dez. 86
1985	0,9	1,2	April 85 - März 86
1986	0,6	0,7	Okt. 85 - Sept.86
98%-Werte in Mikrogramm pro Kubikmeter			
1984	12,1	12,3	Jan. 84 - Dez. 86
1985	8,6	6,8	April 85 - März 86
1986	4,7	4,6	Okt. 85 - Sept.86

Man erkennt eine recht gute Übereinstimmung insbesondere bei den 98%-Werten. Der Unterschied im Jahr 1985 wird auf die Smog-Periode im Januar 1985 zurückgeführt, die im Meßprogramm der Stadt Essen nicht erfaßt wurde.

In den Abbildungen 5-7 sind die Zeitverläufe der Tagesmittel- und Tageshöchstwerte der registrierten Fluorid-Konzentrationen aus den Jahren 1984-1986 wiedergegeben.

## 2.2 Beiträge des Quellgebietes LMG

Die durchgeführten richtungsabhängigen Auswertungen ermöglichen erste Abschätzungen über die Beiträge der Aluminiumhütte zur Fluorid-Belastung am Meßort WEID und die Prüfung der Frage, inwieweit sich diese Beiträge im Zeitraum 1984 bis 1986 verändert haben. Dazu werden die Richtungsklassen 50-90 Grad betrachtet, unter denen an der Station WEID erhöhte Fluorid-Konzentrationen festgestellt worden sind. Die Fluorid-Kenngrößen, welche für die entgegengesetzten Richtungsklassen 230-270 Grad gefunden wurden, werden näherungsweise als Grundbelastung angesehen, welche nicht auf die Aluminiumhütte zurückzuführen ist. Dies ist möglich, da die Aluminiumhütte die dominierende Fluorid-Quelle im Essener Norden darstellt. Zur Abschätzung dieses Beitrages sind entsprechende Kenngrößen in den Tabellen 2.2.1 und 2.2.2 einander gegenübergestellt.

Tabelle 2.2.1: Richtungsabhängige Mittelwerte der Fluorid-Belastung im Essener Norden, 1984 bis 1986.

alpha (Grad)	WEID (Mikrogramm pro Kubikmeter)	WEID (+180 Grad)	D1(alpha)	H(alpha) (Wind:BOTT) (Prozent)
1984, Januar - Dezember				
50	4,22	0,26	3,96	4,1
60	6,83	0,33	6,5	4,8
70	6,51	0,29	6,22	3,2
80	6,26	0,29	5,97	2,0
90	2,67	0,30	2,37	2,0
1985, Januar - Dezember				
50	3,13	0,27	2,86	2,7
60	4,86	0,23	4,53	3,1
70	4,79	0,27	4,52	2,5
80	3,40	0,21	3,19	1,8
90	2,18	0,25	1,93	1,4
1986, Januar - Dezember				
50	1,32	0,20	1,12	3,3
60	2,22	0,22	2,00	4,9
70	2,96	0,22	2,75	5,5
80	2,08	0,17	1,91	4,2
90	1,44	0,20	1,24	1,8

alpha: Windrichtung in Grad

D1(alpha): Differenz der Mittelwerte in Richtung alpha

H(alpha): Häufigkeit der Windrichtung alpha

Tabelle 2.2.2: Richtungsabhängige 98%-Werte der Fluorid-Belastung im Essener Norden, 1984 bis 1986.

alpha (BOTT)	WEID (Mikrogram pro Kubikmeter)	WEID (+180 Grad)	D2(alpha)	H(alpha) (Wind:BOTT) (Prozent)
1984, Januar - Dezember				
50	16,12	0,93	15,19	4,1
60	23,58	1,17	22,41	4,8
70	25,27	1,11	24,16	3,2
80	24,89	1,24	23,65	2,0
90	14,52	1,08	13,44	2,0
1985, Januar - Dezember				
50	13,87	1,15	12,72	2,7
60	14,81	1,25	13,56	3,1
70	16,09	1,19	14,90	2,5
80	14,88	1,03	13,85	1,8
90	11,65	1,29	10,36	1,4
1986, Januar - Dezember				
50	5,03	0,65	4,38	3,3
60	7,37	0,77	6,60	4,9
70	9,88	0,92	8,96	5,5
80	8,79	0,65	8,14	4,2
90	5,66	0,87	4,79	1,8

alpha: Windrichtung in Grad

D2(alpha): Differenz der 98%-Werte in Richtung alpha

H(alpha): Häufigkeit der Windrichtung alpha

Die richtungsbezogenen Differenzen werden der Aluminiumhütte als Quelle zugeordnet. Wie man sieht, nahmen diese Zuwächse 1984 bei den Mittelwerten Werte bis zu 6 ug/m<sup>3</sup>, im Jahr 1985 dagegen nur bis 4,5 ug/m<sup>3</sup> an. Bei den 98%-Werten zeigt sich eine vergleichbare Entwicklung. Waren hier 1984 noch Zuwächse bis zu 24 ug/m<sup>3</sup> zu verzeichnen, so wurde 1985 kein Zuwachs über 15 ug/m<sup>3</sup> mehr gefunden.

Wichtet man die Zuwächse der richtungsabhängigen Mittelwerte mit der relativen Häufigkeit der entsprechenden Windrichtung und summiert sie anschließend auf, so erhält man eine Abschätzung für den Beitrag des Quellgebietes LMG zur mittleren Fluorid-Konzentration am Meßort WEID.

$$IIZ = \text{SUM} (D1(\alpha) \times H(\alpha) / 100)$$

alpha=50-90

Die Resultate für 1984 bis 1986 sind in Tabelle 2.2.3 zusammengestellt.

Tabelle 2.2.3: Beitrag der Aluminiumhütte der LMG zur mittleren Fluorid-Konzentration am Meßort WEID und Fluorid-Emission.

Jahr	Fluorid-Emission (t/a)	Immissionsbeitrag ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		(absolut)	(windbereinigt)
1984	120	0,84	0,84
1985	64	0,42	0,58
1986	16	0,39	0,29

Neben den absoluten Immissionsbeiträgen sind in Tabelle 2.2.3 auch windbereinigte Immissionsbeiträge angegeben. Diese sind für einen Vergleich mit Emissionsdaten besonders geeignet. Denn Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen, wie man sie aus den Tabellen 2.2.1 und 2.2.2 erkennen kann, haben auch Veränderungen bei den richtungsabhängigen Kenngrößen zur Folge.

Die Bereinigung dieser Effekte, im Folgenden kurz Windbereinigung genannt, erfolgte durch Bezug aller Daten auf das Jahr 1984. Das bedeutet: Auch die richtungsabhängigen Differenzen der Jahre 1985 und 1986 aus Tabelle 2.2.1 wurden mit den Windhäufigkeiten des Jahres 1984 gewichtet. Die so ermittelten windbereinigten Immissionsbeiträge ermöglichen einen direkten Vergleich mit den Emissionsdaten der Aluminiumhütte, die ebenfalls in Tabelle 2.2.3 aufgeführt sind (nach Angaben der LMG).

Auf diese Weise werden die immissionsseitigen Auswirkungen der erreichten Verringerungen der Fluorid-Emissionen der Aluminiumhütte unmittelbar deutlich. Nach dieser Abschätzung hat sich der Beitrag der Aluminiumhütte zur mittleren Fluorid-Belastung am Meßort WEID von 1984 auf 1985 um 30 Prozent verringert bei einer Senkung der Fluorid-Emissionen um 47 Prozent, nämlich von 120 Tonnen im Jahr 1984 auf 64 Tonnen im Jahr 1985. Die weitere Senkung der Fluorid-Emissionen auf 16 Tonnen im Jahr 1986, entsprechend 75 Prozent, führte nochmals zu einer Halbierung des Immissionsbeitrages auf nunmehr 0,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Zur Abschätzung der Beiträge zu den 98%-Werten kann diese Methode nicht angewandt werden, da die richtungsbezogenen 98%-Werte nicht auf diese Weise addiert werden können. Die 98%-Werte der Fluorid-Belastung lägen jedoch ohne die Beiträge der Aluminiumhütte deutlich unter 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dies erkennt man aus Tabelle 2.2.2, wenn man die Richtungssektoren betrachtet, für welche die Meßstation im Luv der Aluminiumhütte liegt. Der beobachtete Rückgang der 98%-Werte von 12,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 1984 auf 4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 1986 ist ebenfalls im wesentlichen auf die von Seiten der LMG ergriffenen Maßnahmen zurückzuführen.

### 3. SCHWEFELDIOXID

#### 3.1 Immissionsbelastung

An den im Jahr 1984 eingerichteten automatischen Meßstationen WEID und WILD im Essener Norden (Lage: siehe Abb.1) wurde seit Mai 1984 Schwefeldioxid kontinuierlich registriert, und zwar in Form von Halbstundenwerten. Zum Einsatz gelangte dabei die Leitfähigkeitsmethode /5/. In Tabelle 3.1.1 sind die dort ermittelten Kenngrößen der Schwefeldioxid-Belastung für die Zeiträume Mai-Dezember 1984, Januar-Dezember 1985 sowie Mai-Dezember 1985 zusammengestellt.

Tabelle 3.1.1: Kenngrößen der Schwefeldioxid-Belastung im Essener Norden in Mikrogramm pro Kubikmeter.

Zeitraum	Mittelwert			98%-Wert		
	WEID	WILD	BOTT	WEID	WILD	BOTT
Mai -Dez.84	42	52		171	155	
Jan.-Dez.84	(54)	(68)	86	(243)	(220)	324
Jan.-Dez.85	77	84	94	430	423	494
Mai -Dez.85	55	59	63	253	228	
Grenzwerte der TA-Luft		140 (IW1)			400 (IW2)	

( ) : durch Hochrechnung gewonnen, wie nachfolgend beschrieben.

Um eine Abschätzung der Jahreskenngrößen für 1984 zu erhalten, wurde eine Hochrechnung erforderlich. Aus den Schwefeldioxid-Daten der nahegelegenen TEMES-Station BOTT (Bottrop-Welheim) des Jahres 1984 erhält man folgende Hochrechnungsfaktoren /6/ :

$$\frac{\text{Mittelwert (Jan.- Dez.'84)}}{\text{Mittelwert (Jun.- Dez.'84)}} = 1,29$$

$$\frac{98\text{-Wert (Jan.- Dez.'84)}}{98\text{-Wert (Jun.- Dez.'84)}} = 1,42$$

Rechnet man die in Tabelle 3.1.1 für den Zeitraum Mai-Dezember 1984 angegebenen Kenngrößen mit diesen Faktoren um, so erhält man die entsprechenden Kenngrößen für das gesamte Jahr 1984. Das Jahr 1985 wurde vollständig erfaßt, sodaß keine Hochrechnung erforderlich ist.

Zum Vergleich sind in Tabelle 3.1.1 die entsprechenden Kenngrößen der TEMES-Station BOTT in Bottrop-Welheim für die Jahre 1984 und 1985 sowie die gültigen Grenzwerte der TA-Luft angegeben. Man erkennt zunächst, daß die Kenngrößen des Jahres 1985 an den drei aufgeführten Stationen diejenigen des Jahres 1984 deutlich übertreffen. Dies ist auf die extrem austauscharmen Wetterlagen im Januar und Februar 1985 zurückzuführen. Überschreitungen des Grenzwertes  $400 \text{ ug/m}^3$  waren 1985 nicht nur an den drei hier aufgeführten Meßstationen zu verzeichnen, sondern insgesamt an 29 Prozent aller TEMES-Stationen im Rhein-Ruhr-Gebiet bedingt durch die Smoglage im Januar 1985 /3/. Unter den in Tabelle 3.1.1 aufgeführten Stationen weist BOTT die höchsten Kenngrößen auf. Im Jahr 1984 waren jedoch keine Grenzwertüberschreitungen zu verzeichnen.

In den nachfolgenden Tabellen 3.1.2-3.1.4 sind die Häufigkeitsverteilungen der registrierten Schadstoffkonzentrationen ( $0,5\text{-h}$ -Werte) für die interessierenden Zeiträume wiedergegeben.

Tabelle 3.1.2: Häufigkeitsverteilungen ( $0,5\text{-h}$ -Werte)  
 Komponente: Schwefeldioxid  
 Zeitraum: Mai - Dezember 1984

K Konzentr. ( $\text{ug/m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
25	0,406	0,268
50	0,741	0,559
75	0,868	0,775
100	0,925	0,895
125	0,953	0,952
150	0,971	0,977
175	0,981	0,988
200	0,988	0,994
225	0,992	0,997
250	0,995	0,998
98%-Wert (int.):	172	157 ( $\text{ug/m}^3$ )

Tabelle 3.1.3: Häufigkeitsverteilung (0,5-h-Werte)  
Komponente: Schwefeldioxid  
Zeitraum: Januar - Dezember 1985

K Konzentr. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
50	0,565	0,469
100	0,793	0,766
150	0,871	0,862
200	0,915	0,913
250	0,941	0,944
300	0,956	0,960
350	0,968	0,970
400	0,976	0,977
450	0,983	0,983
500	0,989	0,989
98%-Wert (int.):	429	425 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Tabelle 3.1.4: Häufigkeitsverteilung (0,5-h-Werte)  
Komponente: Schwefeldioxid  
Zeitraum: Mai - Dezember 1985

K Konzentr. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
25	0,320	0,249
50	0,638	0,554
75	0,802	0,751
100	0,870	0,858
125	0,907	0,911
150	0,931	0,939
175	0,948	0,960
200	0,961	0,971
225	0,972	0,981
250	0,979	0,987
98%-Wert (int.):	250	225 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

In den Tabellen 3.1.2 - 3.1.4 sind neben den Summenhäufigkeitswerten zu den angegebenen Schwellen 98%-Werte ausgewiesen, die durch lineare Interpolation gewonnen wurden. Der Vergleich mit den echten 98%-Werten aus Tabelle 3.1.1 zeigt, mit welcher geringen Abweichungen bei der Interpolationsmethode im vorliegenden Fall zu rechnen ist. In Kapitel 3.2 wird die Anwendung dieser Interpolationsmethode in Ermangelung direkter Berechnungsmöglichkeiten zur Bestimmung von 98%-Werten erforderlich.

In Tabelle A.1 im Anhang sind die Monatsmittelwerte und die höchsten Halbstundenwerte der Schwefeldioxid-Konzentrat-

ionen, welche 1984 und 1985 an den Stationen WEID und WILD registriert wurden, wiedergegeben.

Zur weiteren Analyse wurde eine Schichtung der Schwefeldioxid-Meßwerte nach dem Wochentag ihrer Erhebung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.1.5 wiedergegeben.

Tabelle 3.1.5: Kenngrößen der Schwefeldioxid-Belastung für die Wochentage in Mikrogramm pro Kubikmeter.

Wochentag	Jahresmittel		98%-Wert	
	1984	1985	1984	1985
Station WEID				
Sonntag	42	72	142	445
Montag	41	74	126	335
Dienstag	44	80	181	424
Mittwoch	43	79	171	455
Donnerstag	38	82	167	429
Freitag	44	81	205	458
Samstag	43	73	200	438
Station WILD				
Sonntag	46	79	124	441
Montag	56	81	157	291
Dienstag	58	87	164	377
Mittwoch	58	91	159	465
Donnerstag	46	89	129	590
Freitag	54	85	159	469
Samstag	52	77	169	415

Wie Tabelle 3.1.5 zeigt, weisen die Wochentage keine auffälligen Unterschiede hinsichtlich der Belastung durch Schwefeldioxid auf.

Eine weitere Differenzierungsmöglichkeit ergibt sich durch zusätzliche Schichtung nach der Meßzeit. Untersucht wurden auf diese Weise Überschreitungen der Schwelle 300 µg/m<sup>3</sup>. Im Zeitraum Mai-Dezember 1984 wurde diese Schwelle an der Meßstation WEID nur einmal und an der Station WILD nur zweimal überschritten für jeweils eine halbe Stunde, so daß sich weitere Analysen erübrigen. Im Jahr 1985 traten Überschreitungen der Schwelle 300 µg/m<sup>3</sup> gehäuft zu folgenden Zeiten auf:

Station WEID: freitags 16-17 Uhr  
 Station WILD: freitags 16-17 Uhr  
 samstags 0-1 Uhr.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit dieser Aussage beträgt 5 Prozent.

In den Abbildungen 2a-b, 3a-b findet man die Belastungswindrosen für Schwefeldioxid. Zugrundegelegt wurden wiederum die

zeitgleich gemessenen Winddaten der TEMES-Station BOTT in Bottrop-Welheim.

In den Abbildungen B-11 sind die Zeitverläufe der Tagesmittel- und Tageshöchstwerte der registrierten Schwefeldioxid-Konzentrationen für die Jahre 1984 und 1985 wiedergegeben.

Zur Bewertung der Schwefeldioxid-Belastung des Jahres 1986 kann nur auf diskontinuierliche Messungen im 1x1-km-Raster zurückgegriffen werden. Die daraus abgeleiteten Immissionskenngrößen gemäß TA-Luft sind in Abbildung 12 wiedergegeben. Wie man erkennt, liegen die Kenngrößen für das Jahr 1986 in den Umgebungen der Meßstationen WEID, WILD und BOTT auf dem Niveau des Jahres 1984 und damit deutlich niedriger als 1985.

### 3.2 Beiträge des Quellgebietes LMG

Die Benutzung von 2 Meßstationen, die bei den vorherrschenden Windrichtungen (50-100 Grad, 230-280 Grad) jeweils wechselseitig als Luv- und Lee-Station arbeiten, ermöglichte es, die Beiträge des Quellgebietes, welches zwischen den beiden Stationen liegt, abzuschätzen. Im Essener Norden mit den Meßstationen WEID und WILD ist die weitaus wichtigste Quelle zwischen diesen Stationen die Aluminiumhütte der LMG. Ebenfalls vorhandene Hausbrandquellen machen einen relativ geringen Anteil aus.

Notwendig für die durchzuführende Analyse waren neben Messungen der interessierenden Schadstoff-Konzentrationen repräsentative Winddaten, denn erst diese erlaubten windrichtungsabhängige Auswertungen. Im vorliegenden Fall konnten die Winddaten der nahegelegenen TEMES-Station BOTT herangezogen werden. Die Meßstation BOTT liegt etwa 3,5 km nördlich der Aluminiumhütte (siehe Abb.1).

Mit Hilfe dieser Winddaten werden die Meßdaten zunächst in Klassen gleicher Windrichtungssektoren eingeteilt. Gewählt werden 30-Grad Sektoren. Für jede dieser Klassen wurden folgende Kenngrößen berechnet (für den interessierenden Zeitraum):

- 1) Mittelwert
- 2) Anzahl der Überschreitungen einer vorgegebenen Schwelle
- 3) Häufigkeit der Windrichtungssektoren in Prozent

Durch Gegenüberstellung der Luv- und Lee-Daten können nun die Beiträge der interessierenden Quelle am Mittelwert bzw. an einer Überschreitungshäufigkeit angegeben werden.

In den Tabellen 3.2.1-3.2.3 sind die Mittelwerte und die Windhäufigkeiten in den betrachteten Richtungsklassen einander gegenübergestellt für die Zeiträume Mai-Dezember 1984, Januar-Dezember 1985 sowie Mai-Dezember 1985. Die zusätzliche Betrachtung des letzten Zeitintervalls erfolgt, um die

Auswirkungen der ergriffenen Maßnahmen möglichst vollständig abschätzen zu können.

Tabelle 3.2.1: Richtungsabhängige Mittelwerte der Schwefeldioxid-Belastung im Essener Norden. Zeitraum: Mai - Dezember 1984

alpha (Grad)	WEID (Mikrogramm pro Kubikmeter)	WILD	D(alpha)	H(alpha) (Prozent)
0	21	44		5,5
30	54	55		4,3
60	99	57	42 (WEID)	8,4
90	64	53	11 (WEID)	5,9
120	34	54		4,4
150	30	57		4,9
180	31	56		6,9
210	41	55		12,7
240	43	54	11 (WILD)	19,5
270	38	69	31 (WILD)	10,8
300	25	33		9,1
330	23	29		6,3
W.-Stille	30	55		1,4
Verfügbar (%):	72,1	74,9		100
Mittelwert:	42	52	Mikrogramm pro Kubikmeter	
IIZ(WEID) = ( 52x 8,4 + 21x 5,9 )/100 = 5,6 (ug/m <sup>3</sup> )				
IIZ(WILD) = ( 1x19,5 + 21x10,8 )/100 = 2,5 (ug/m <sup>3</sup> )				

Tabelle 3.2.2: Richtungsabhängige Mittelwerte der Schwefeldioxid-Belastung im Essener Norden. Zeitraum: Januar - Dezember 1985

alpha (Grad)	WEID (Mikrogramm pro Kubikmeter)	WILD	D(alpha)	H(alpha) (Prozent)
0	80	96		3,7
30	114	109		4,3
60	188	150	38 (WEID)	11,2
90	137	128	9 (WEID)	6,4
120	82	101		2,6
150	59	82		3,2
180	44	64		5,2
210	47	59		12,1
240	57	68	11 (WILD)	22,7
270	48	66	18 (WILD)	13,3
300	43	54		6,2
330	64	75		5,8
W.-Stille	58	83		3,4
Verfügbar (%):	92,6	88,7		100
Mittelwert:	78	87	Mikrogramm pro Kubikmeter	
IIZ(WEID) = ( 47x11,2 + 18x 6,4 )/100 = 6,4 (ug/m <sup>3</sup> )				
IIZ(WILD) = ( 2x22,7 + 9x13,3 )/100 = 1,6 (ug/m <sup>3</sup> )				

Tabelle 3.2.3: Richtungsabhängige Mittelwerte der Schwefeldioxid-Belastung im Essener Norden. Zeitraum: Mai - Dezember 1985

alpha (Grad)	WEID (Mikrogramm pro Kubikmeter)	WILD	D(alpha)	H(alpha) (Prozent)
0	42	57		3,0
30	72	62		3,4
60	135	92	43 (WEID)	9,7
90	89	77	12 (WEID)	5,9
120	51	60		2,6
150	43	56		3,4
180	42	58		5,2
210	40	49		11,4
240	45	51	6 (WILD)	24,8
270	45	62	17 (WILD)	15,6
300	33	41		6,1
330	45	51		4,9
W.-Stille	36	55		4,2
Verfügbar (%):	91,8	91,7		100
Mittelwert:	55	59	Mikrogramm pro Kubikmeter	

$$IIZ(WEID) = ( 47 \times 9,7 + 16 \times 5,9 ) / 100 = 5,5 \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$IIZ(WILD) = ( 2 \times 24,8 + 13 \times 15,6 ) / 100 = 2,5 \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Man erkennt, daß an der Station WEID die höchsten Werte im Windrichtungssektor 45-75 Grad auftreten, d.h. bei Wind aus der Richtung des Quellgebietes 'LMG' (vgl. Abb.1). An der Station WILD werden ebenfalls bei Wind aus Richtung des Quellgebietes (240-270 Grad) die höchsten Mittelwerte gefunden.

Neben den richtungsbezogenen Mittelwerten sind in den Tabellen 3.2.1-3.2.3 zusätzlich die Differenzen D(alpha) der Mittelwerte gleicher Windrichtung an den Stationen WEID und WILD als 'Zuwachs' angegeben, sowie die relative Häufigkeit der Windrichtungen in Prozent.

Diese Zuwächse enthalten einen allgemeinen Anteil, der durch die Differenz der Gesamtmittel an den beiden Meßorten bedingt ist. Zur Ermittlung der Beiträge des Quellgebietes LMG werden die Zuwächse um die Differenz der Gesamtmittel korrigiert. Bei der Ermittlung des Beitrages an der Station WEID werden die Zuwächse um diese Differenz erhöht und für den Meßort WILD um diese Differenz verringert. Dadurch werden die nicht durch die LMG bedingten Unterschiede in der mittleren Schwefeldioxid-Belastung der beiden Meßorte ausgeglichen.

Die gesuchten Beiträge des Quellgebietes LMG zu den Mittelwerten an den Meßorten ergeben sich als gewichtete Summe über die korrigierten Zuwächse  $D_k(\alpha)$  der Richtungsklassen, unter denen der betreffende Meßort im Lee liegt, wie unter den Tabellen 3.2.1-3.2.3 skizziert. Die Gewichte sind

gegeben durch die relativen Häufigkeiten  $H(\alpha)$  der Windrichtungen. In formalisierter Darstellung erhält man:

$$IIZ(WEID) = \sum_{\alpha=60-90} (Dk(\alpha) \times H(\alpha)/100)$$

$$IIZ(WILD) = \sum_{\alpha=240-170} (Dk(\alpha) \times H(\alpha)/100)$$

Die Ergebnisse dieser Abschätzungen sind in Tabelle 3.2.4 zusammengestellt.

Tabelle 3.2.4: Beiträge der Aluminiumhütte LMG an der mittleren Schwefeldioxid-Konzentration und Schwefeldioxid-Emissionen der Ofenhallen.

Zeitraum	Stationen		Winddaten BOTT	Hallen- Emission (kg/h)
	IIZ(WEID)	IIZ(WILD) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
Mai -Dez.84	5,6	2,5	Mai -Dez.84	169
Jan.-Dez.85	6,4	1,6	Jan.-Dez.85	102
Mai -Dez.85	5,5	2,5	Mai -Dez.85	89
Mai -Dez.85	4,5	1,5	Mai -Dez.84	80

Neben den Beiträgen des Quellgebietes LMG zur mittleren Schwefeldioxid-Belastung sind in Tabelle 3.2.4 zum Vergleich auch die geschätzten Emissionsmassenströme der Ofenhallen der Aluminiumhütte und ihre zeitliche Veränderung angegeben.

Da die vorhandenen Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen der Jahre 1984 und 1985 auch die richtungsabhängigen Kenngrößen und somit auch die daraus abgeleiteten Beiträge zur Immissionsbelastung beeinflussen, war es notwendig, eine Bereinigung dieser Effekte, im Folgenden kurz "Windbereinigung" genannt, durchzuführen. Dies wurde dadurch erreicht, daß bei der gewichteten Summation gemäß den obigen Gleichungen auch für den Zeitraum Mai-Dezember 1985 die Winddaten des Jahres 1984 zugrundegelegt wurden. Nach dieser Windbereinigung werden die Ergebnisse vergleichbar, insbesondere auch mit Emissionsdaten.

Vergleicht man die windbereinigten Immissionsbeiträge für den Zeitraum Mai-Dezember 1985 mit den für das Jahr 1984 ermittelten, so erkennt man einen Rückgang um 40 Prozent am Meßort WILD und um 20 Prozent am Meßort WEID. Im Vergleich dazu verringerte sich die Schwefeldioxid-Emission der Ofenhallen im gleichen Zeitraum um geschätzte 47 Prozent. Der beobachtete Rückgang am Meßort WILD steht in befriedigender Übereinstimmung mit dieser Schätzung und läßt sie damit als eine gute Näherung erkennen.

Der geringere Rückgang des Immissionsbeitrages des Quellgebietes LMG am Meßort WEID dürfte folgende Gründe haben: Austauscharme Wetterlagen, die zu hohen Belastungen führen, treten vorwiegend bei nordöstlichen Windrichtungen auf. Dabei wird der Meßort WEID von den Beiträgen der LMG beaufschlagt, nicht aber der Meßort WILD. Dies führt zu einer Überrepräsentierung hoher Immissionsbeiträge am Meßort WEID. Aus diesem Grund dürften die Resultate der Meßstation WILD eher für einen Vergleich mit Emissionsdaten geeignet sein.

Die vorgestellten Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit den Resultaten von Modellrechnungen, welche in der Planungsphase durchgeführt wurden, um die Auswirkungen der Maßnahmen abzuschätzen /8/.

Für die 98%-Werte führt eine analoge Vorgehensweise nicht zum Ziel, da der 98%-Wert der Gesamtheit nicht als (gewichtete) Summe der 98%-Werte der Richtungsklassen darstellbar ist. Vollwertiger Ersatz ist jedoch in den bereits erwähnten richtungsabhängigen Auswertungen von Überschreitungshäufigkeiten zu finden. Stellt man die richtungsabhängigen Überschreitungshäufigkeiten einer gegebenen Schwelle an den beiden Meßorten einander gegenüber, so kann man durch Vergleich gegebenenfalls einige dieser Überschreitungen dem interessierenden Quellgebiet zwischen den Meßorten zuordnen. In den nachfolgenden Tabellen 3.2.5-3.2.7 sind diese jeweils als 'Zuwachs' angegeben.

Tab. 3.2.5: Richtungsabhängige Überschreitungshäufigkeiten (0,5h)  
Komponente: Schwefeldioxid  
Zeitraum: Mai - Dezember 1984

Station	Richtungs-klasse (30 Grad)												Summe
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Schwelle: 100 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	9	43	237	127	8	5	3	38	87	40	27	14	638
WILD	59	62	94	57	25	36	45	94	209	199	36	25	941
WEID-Zuwachs			143	70									213
WILD-Zuwachs									122	159			281
Schwelle: 150 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	4	16	130	63	1	1	1	5	11	4	9	2	247
WILD	21	28	31	13	4	7	4	14	34	31	12	10	209
WEID-Zuwachs			99	50									149
WILD-Zuwachs									23	27			50
Schwelle: 200 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	2	3	64	27	0	1	1	3	4	0	0	0	105
WILD	8	7	14	5	3	5	0	2	9	1	0	2	56
WEID-Zuwachs			50	22									72
WILD-Zuwachs									5	1			6

Tabelle 3.2.6: Richtungsabhängige Überschreitungshäufigkeiten (0,5h)  
 Komponente: Schwefeldioxid  
 Zeitraum: Januar - Dezember 1985

Station	Richtungsklasse (30 Grad)												Summe
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Schwelle: 200 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	88	106	618	228	32	25	9	28	103	46	35	84	1402
WILD	132	108	435	183	51	38	25	47	166	52	41	95	1373
WEID-Zuwachs			183	45									228
WILD-Zuwachs									63	6			69
Schwelle: 400 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	31	43	193	61	11	7	1	0	23	2	4	25	401
WILD	35	33	146	47	14	14	4	2	27	3	5	27	357
WEID-Zuwachs			47	14									61
WILD-Zuwachs									4	1			5
Schwelle: 450 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	22	29	133	38	9	6	1	0	15	2	3	16	274
WILD	21	25	112	37	10	11	3	0	20	3	4	19	265
WEID-Zuwachs			21	1									23
WILD-Zuwachs									5	1			6

Tabelle 3.2.7: Richtungsabhängige Überschreitungshäufigkeiten (0,5h)  
 Komponente: Schwefeldioxid  
 Zeitraum: Mai - Dezember 1985

Station	Richtungsklasse (30 Grad)												Summe
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Schwelle: 200 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	13	31	222	71	6	8	2	2	12	21	11	29	428
WILD	24	29	111	30	8	9	11	5	20	29	14	27	317
WEID-Zuwachs			111	41									152
WILD-Zuwachs									8	8			16
Schwelle: 250 Mikrogramm pro Kubikmeter													
WEID	8	24	126	29	5	5	2	2	6	5	6	17	235
WILD	13	15	52	9	3	7	6	3	10	13	7	12	150
WEID-Zuwachs			74	20									94
WILD-Zuwachs									4	8			12

Die Tabellen 3.2.5-3.2.7 enthalten die beobachteten Überschreitungshäufigkeiten. Diese wurden mit Hilfe der zeitgleich gemessenen Winddaten der TEMES-Station BOTT (Bottrop-Welheim) nach der Windrichtung klassiert. Dementsprechend sind Unterschiede, welche durch unterschiedliche Windhäufigkeiten hervorgerufen wurden, nicht eliminiert.

Wie Tabelle 3.2.8 zeigt, traten die für Luv-Lee-Betrachtungen hier interessierenden Windrichtungen im Zeitraum Mai-Dezember 1985 um 13 Prozent häufiger auf als im Vergleichszeitraum des Jahres 1984. Dies kann zu einem erhöhten Auftreten von Überschreitungen beigetragen haben und einen eventuell aufgetretenen Rückgang der Beiträge aus dem Quellgebiet 'LMG' überdecken.

Daher wurde auch hier versucht, den Einfluß der unterschiedlichen Windhäufigkeiten zu eliminieren. Das Ziel war, die Überschreitungshäufigkeiten aus dem Zeitraum Mai-Dezember 1985 mit denen aus dem entsprechenden Zeitraum des Jahres 1984 vergleichbar zu machen. Zu diesem Zweck wurden für die interessierenden Richtungsklassen 60, 90, 240 und 270 Grad die relativen Differenzen der Windhäufigkeiten bezogen auf die Werte des Zeitraums Mai-Dezember 1985 berechnet. Diese sind in der vierten Spalte der Tabelle 3.2.8 angegeben.

Diese relativen Differenzen wurden benutzt, um die von Mai bis Dezember 1985 beobachteten Überschreitungshäufigkeiten zu korrigieren, d. h., sie wurden entsprechend der angegebenen relativen Differenz verringert. Die Resultate sind in den beiden letzten Spalten der Tabelle 3.2.8 angegeben. Auf diese Weise werden die Überschreitungshäufigkeiten des Zeitraums Mai bis Dezember 1985 mit denen aus dem Jahr 1984 vergleichbar.

Tabelle 3.2.8: Windbereinigte Zuwächse von Überschreitungshäufigkeiten im Jahr 1985.  
Komponente: Schwefeldioxid

alpha (Grad)	Wind - BOTT		relat. Diff.	ZUWÄCHSE windbereinigt	
	Mai-Dez. 1984 (%)	Mai-Dez. 1985 (%)		Schwelle (ug/m <sup>3</sup> ) 200	250
60	8,4	9,7	-0,13	97	64
90	5,9	5,9	0,00	41	20
240	19,5	24,8	-0,21	6	3
270	10,8	5,6	-0,31	6	6

In den letzten Spalten der Tabellen 3.2.5-3.2.7 sind die Angaben enthalten, welche es ermöglichen, den Anteil der festgestellten Überschreitungen abzuschätzen, der dem Quellgebiet 'LMG' zugeordnet werden kann. Die Resultate sind in Tabelle 3.2.9 zusammengestellt. Dabei findet folgende Nomenklatur Verwendung:

- N: Gesamtzahl der Überschreitungen pro Meßstation
- k: Anzahl der Überschreitungen, welche dem Quellgebiet 'LMG' zugeordnet wird.
- $p = k/N$ : Anteil der Überschreitungen, welcher dem Quellgebiet 'LMG' zugeordnet wird.
- $\sigma(k)$ : Standardabweichung von k gemäß Binomialverteilung  
 $= \sqrt{N \cdot p \cdot (1-p)}$ .
- $\sigma(p)$ : Standardabweichung des Anteils p (Näherung)  
 $= \sigma(k)/N$ .

Tabelle 3.2.9: Dem Quellgebiet 'LMG' zugeordnete Anteile p von Überschreitungshäufigkeiten.

Station	Schwelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N	k	p	$\sigma(k)$	$\sigma(p)$
----- Mai - Dezember 1984 -----						
WEID	100	638	213	0,33	11,9	0,02
WILD	100	941	281	0,30	14,0	0,015
WEID	150	247	149	0,60	7,7	0,03
WILD	150	209	50	0,24	6,2	0,03
WEID	200	105	72	0,69	5	0,04
WILD	200	56	6	0,11	3	0,05
----- Januar - Dezember 1985 -----						
WEID	200	1402	228	0,16	13,8	0,01
WILD	200	1373	69	0,05	8,1	0,006
WEID	400	401	61	0,15	7,2	0,02
WILD	400	357	5	0,01	2,2	0,006
WEID	450	274	23	0,08	4,6	0,02
WILD	450	265	6	0,02	2,4	0,009
----- Mai - Dezember 1985 -----						
WEID	200	428	152	0,36	9,9	0,02
WILD	200	317	16	0,05	3,9	0,01
WEID	250	235	94	0,40	7,5	0,03
WILD	250	150	12	0,08	3,3	0,02
----- Mai - Dezember 1985 - windbereinigt -----						
WEID	200	428	138	0,322	9,7	0,02
WILD	200	317	12	0,038	3,4	0,01
WEID	250	235	84	0,36	7,4	0,03
WILD	250	150	9	0,06	2,9	0,02

Diese Betrachtungen der Überschreitungshäufigkeiten  $k$  und der dem Quellgebiet zugeordneten Anteile  $p$  ist bereits an sich recht interessant. Erlaubt sie doch eine Aussage darüber, inwieweit sich die Anteile des Quellgebietes an diesen Überschreitungen im Laufe der Zeit ändern und damit insbesondere auch, inwieweit die angestrebte Reduzierung der Beiträge des Quellgebietes tatsächlich realisiert wurde. Die benutzte Meßstrategie (Luv-Lee-Messungen) in Verbindung mit der hier vorgestellten Auswertetechnik bietet also die Möglichkeit zu einer anlagebezogenen Erfolgskontrolle eingeleiteter Minderungsmaßnahmen durch Immissionsmessungen.

Betrachtet man beispielsweise die Schwelle  $200 \text{ ug/m}^3$ , so erkennt man einen deutlichen Rückgang der Beiträge des Quellgebietes 'LMG' an den Überschreitungen an den beiden Meßorten. Am Meßort WEID betrug dieser Beitrag im Zeitraum Mai-Dezember 1984 ca. 69 Prozent, im Vergleichszeitraum (Mai-Dezember) des Jahres 1985 jedoch nur 36 Prozent. Am Meßort WILD reduzierte sich dieser Beitrag von 11 Prozent von Mai bis Dezember 1984 auf 5 Prozent im Vergleichszeitraum 1985.

Man erkennt ferner, daß das Quellgebiet 'LMG' an den im Jahr 1985 aufgetretenen Überschreitungen des Wertes  $400 \text{ ug/m}^3$  (Grenzwert der TA-Luft) nur zu maximal 15 Prozent direkt beteiligt war (an der Station WEID). An der Station WILD betrug der Beitrag des Quellgebietes 'LMG' zu diesen Überschreitungen 1985 sogar nur 1,4 Prozent.

Als Maß für die Zuverlässigkeit der angegebenen Anteile  $p$  sind in der letzten Spalte der Tabelle 3.2.9 die Standardabweichungen  $\sigma(p)$  dieser Anteile angegeben. Diese liegen zwischen 10 und 30 Prozent (des Anteils  $p$ ). Wie zu erwarten, ist die Zuverlässigkeit um so größer, je größer der Anteil  $p$  ist. Die vorletzte Spalte enthält die Standardabweichung der Überschreitungshäufigkeit  $k$ . Diese wird als Hilfsgröße zur Ermittlung von  $\sigma(p)$  benötigt.

Die hier beschriebene Entwicklung der Anteile des Quellgebietes 'LMG' an Überschreitungen kann zwei Ursachen haben: (a) Reduzierung der Schwefeldioxid-Emissionen der LMG-Hallen oder (b) Anstieg der Beiträge anderer Quellen.

Um dies zu prüfen, wurde außerdem eine Abschätzung der 98%-Werte vorgenommen, die an den Meßstationen ohne den Beitrag der betrachteten Quelle zu erwarten wären. Diese 'reduzierte Belastung' entspricht der Vorbelastung der TA-Luft. Im vorliegenden Fall erhält man so eine Abschätzung der 98%-Werte der um den Beitrag der Aluminiumhütte reduzierten Schwefeldioxidbelastung.

Dazu werden die Werte  $q = 1 - 5MH(K)$  aus den Tabellen 3.1.2-3.1.4, welche den Schwellen aus Tabelle 3.2.8 entsprechen, um die dort (Tab.3.2.8) angegebenen Anteile  $p$  reduziert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.2.10 dargestellt.

Tabelle 3.2.10: Abschätzung von Summenhäufigkeiten der Schwefeldioxid-Belastung ohne die Beiträge des Quellgebietes LMG.

Station	Schwelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	q(%)	p	q(%) red	SMH red
Mai - Dezember 1984					
WEID	100	7,5	0,33	5,0	0,950
WILD	100	10,5	0,30	7,4	0,926
WEID	150	2,9	0,60	1,2	0,988
WILD	150	2,3	0,24	1,7	0,983
WEID	200	1,2	0,69	0,4	0,996
WILD	200	0,6	0,11	0,5	0,995
Januar - Dezember 1985					
WEID	200	8,5	0,16	7,1	0,929
WILD	200	8,7	0,05	8,3	0,917
WEID	400	2,4	0,15	2,0	0,980
WILD	400	2,3	0,01	2,3	0,977
WEID	450	1,7	0,08	1,6	0,984
WILD	450	1,7	0,02	1,7	0,983
Mai - Dezember 1985					
WEID	200	3,9	0,36	2,5	0,975
WILD	200	2,9	0,05	2,8	0,972
WEID	250	2,1	0,40	1,3	0,987
WILD	250	1,3	0,08	1,2	0,988
Mai - Dezember 1985 - windbereinigt					
WEID	200	3,9	0,322	2,6	0,974
WILD	200	2,9	0,038	2,8	0,972
WEID	250	2,1	0,36	1,3	0,987
WILD	250	1,3	0,06	1,2	0,988

In der letzten Spalte der Tabelle 3.2.10 sind die kumulierten Häufigkeiten (Summenhäufigkeiten) angegeben, welche nach den vorliegenden Abschätzungen den betrachteten Schwellen ohne die Beiträge des Quellgebietes LMG zugeordnet werden. Die Unsicherheit dieser Angaben, beschrieben durch die Standardabweichung der reduzierten Summenhäufigkeiten, ist nicht größer als 0,002.

Diese Ausschnitte aus den Verteilungen der so reduzierten Belastungen ermöglichen die Abschätzung der gesuchten 98%-Werte der Teil-Belastungen ohne die LMG durch lineare Interpolation. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.2.11 zusammengestellt.

Tabelle 3.2.11: 98%-Werte der Schwefeldioxid-Belastung ohne die Beiträge des Quellgebietes LMG. Einheiten: Mikrogramm pro Kubikmeter

Zeitraum	Stationen	
	WEID	WILD
Mai -Dez.84	139	148
Jan.-Dez.85	400	423
Mai -Dez.85	221	225
Mai -Dez.85 (berein.)	223	225

Die Ergebnisse in Tabelle 3.2.11 zeigen, welche 98%-Werte der Schwefeldioxid-Belastung sich ohne die Beiträge des Quellgebietes LMG an den Meßstationen im Essener Norden ergeben hätten. Man erkennt einen Anstieg im Jahr 1985 und zwar auch im Zeitraum Mai-Dezember, d.h. ohne Berücksichtigung der Smog-Einflüsse im Januar 1985. Die Werte liegen jedoch deutlich unter dem Grenzwert der TA-Luft von 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sind daher als unkritisch zu betrachten.

Geht man mit den Daten aus Tabelle 3.2.11 und den Vergleichsdaten der Gesamtbelastung aus Tabelle 3.1.1 in das Nomogramm aus Anhang D der TA-Luft /2/, so findet man für die 98%-Werte des Beitrages des Quellgebietes LMG zur Schwefeldioxid-Belastung folgende Werte: Mai-Dezember 1984: I2Z = 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Jan-Dezember 1985: I2Z = 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mai-Dezember 1985: I2Z = 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ein Rückgang dieser Beiträge wird so nicht erkennbar, obwohl er aufgrund der Verhältnisse bei den Mittelwerten (Tab.3.1.4) zu erwarten ist. Außerdem wird dieses Ergebnis von der nachfolgenden Abschätzung nicht bestätigt. Es ist daher so zu bewerten, daß im Rahmen der begrenzten Genauigkeit des Nomogramms aus Anhang D der TA-Luft ein Rückgang der 98%-Werte der Beiträge des Quellgebietes LMG nicht erkennbar wird.

Um die Ergebnisse der vorgestellten Abschätzungen der dem Quellgebiet 'LMG' zugeordneten Anteile an den Mittelwerten und den 98%-Werten bewerten zu können, werden in Tabelle 3.2.12 die Verhältnisse entsprechender Kenngrößen der Gesamtbelastung, d.h. der Messungen, sowie der abgeschätzten Teil-Belastungen aufgelistet.

Tabelle 3.2.12: Verhältnisse von Kenngrößen der Gesamtbelastung (G) und der Teilbelastung (R). Erläuterungen im Text.

Station	GMI/RMI	G98/R98	GMI-RMI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	G98-R98 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Mai - Dezember 1984				
WEID	1,15	1,23	5,6	32
WILD	1,05	1,05	2,5	7
Januar - Dezember 1985				
WEID	1,09	1,08	6,4	30
WILD	1,02	1,00	1,6	0
Mai - Dezember 1985				
WEID	1,11	1,14	5,5	32
WILD	1,04	1,01	2,5	3
Mai - Dezember 1985 - windbereinigt -				
WEID	1,09	1,13	4,5	30
WILD	1,03	1,01	1,5	3

Tabelle 3.2.12 verdeutlicht einige interessante Ergebnisse. Man erkennt beispielsweise, daß die Anteile des Quellgebietes 'LMG' an den Mittelwerten und an den 98%-Werten nicht sehr unterschiedlich, teilweise sogar sehr ähnlich sind. Dies ist eine interessante Beobachtung, die mit Modellrechnungen verglichen werden kann. In Modellen, welche von der Annahme einer Log-Normalverteilung für die Häufigkeitsverteilung der Schadstoff-Konzentrationen ausgehen, ist das beobachtete Verhalten zu erwarten, solange der Beitrag der Zusatzbelastung zur Gesamtbelastung vergleichsweise gering ist.

Darüber hinaus zeigt Tabelle 3.2.12 insbesondere im Vergleich mit den windbereinigten Auswertungen des Zeitraumes Mai bis Dezember 1985 einen merklichen Rückgang der Beiträge des Quellgebietes 'LMG' sowohl zum Mittelwert als auch zum 98%-Wert der Schwefeldioxidbelastung an.

So reduzierte sich der Beitrag des Quellgebietes 'LMG' zum Mittelwert an der Station WEID von 15 Prozent im Zeitraum Mai bis Dezember 1984 auf 9 Prozent im Vergleichszeitraum des Jahres 1985. Der Beitrag zum 98%-Wert reduzierte sich im gleichen Zeitraum an der Station WEID von 23 auf 13 Prozent.

Auch am Meßort WILD waren deutliche Rückgänge zu verzeichnen. Dort belief sich der Beitrag des Quellgebietes 'LMG' zwischen Mai und Dezember 1984 auf 5 Prozent und reduzierte sich im Vergleichszeitraum des Jahres 1985 auf 3 Prozent. Beim 98%-Wert fiel der Rückgang noch deutlicher aus: von 5 Prozent im Meßzeitraum des Jahres 1984 auf 1 Prozent 1985.

Aus Tabelle 3.2.12 ist zu entnehmen, daß sich die 98%-Werte der Beiträge des Quellgebietes LMG zur Schwefeldioxid-Belastung prozentual in ähnlicher Weise verringert haben wie die Beiträge zu den Mittelwerten .

Soweit diese Ergebnisse erkennen lassen, haben die Minderungsmaßnahmen, welche von Seiten der LMG mit Unterstützung durch das Land NRW ergriffen worden sind, zu einer spürbaren Senkung des Beitrages der Aluminiumhütte zur Schwefeldioxid-Belastung im Essener Norden geführt.

#### 4. SCHWEBSTOFFE

##### 4.1 Immissionsbelastung

Die Luftbelastung durch Schwebstoffe wurde an den Meßstationen WEID und WILD im Essener Norden seit Juli 1984 fortlaufend registriert und zwar in Form von 24-h-Werten. Verwendung fand dabei das halbautomatische LIB-Verfahren. Nähere Beschreibungen der Meßtechnik finden sich z. B. in /7/. In Tabelle 4.1.1 sind die gemäß TA-Luft ermittelten Kenngrößen der Schwebstoff-Belastung zusammengestellt.

Tabelle 4.1.1: Kenngrößen der Schwebstoff-Belastung in Mikrogramm pro Kubikmeter.

Zeitraum	Mittelwert		98%-Wert	
	WEID	WILD	WEID	WILD
Jul.-Dez.84	88	83	260	205
Jan.-Dez.85	96	94	346	343
Mai -Dez.85	81	82	229	175
Grenzwerte der TA-Luft	150 (IW1)		300 (IW2)	

Man erkennt Überschreitungen des IW2-Wertes, wenn das gesamte Jahr 1985 zugrundegelegt wird. Bei Beschränkung auf den Zeitraum Mai-Dezember liegen die Kenngrößen in derselben Größenordnung wie im Vergleichszeitraum des Jahres 1984. In den Tabellen 4.1.2-4.1.4 sind die Häufigkeitsverteilungen der registrierten Schwebstoff-Konzentrationen wiedergegeben.

Tabelle 4.1.2: Häufigkeitsverteilungen (24-h-Werte)  
Komponente: Schwebstoffe  
Zeitraum: Juli-Dezember 1984

K Konzentr. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
25	0,026	0,006
50	0,329	0,187
75	0,546	0,374
100	0,717	0,652
125	0,803	0,832
150	0,875	0,884
175	0,941	0,935
200	0,974	0,974
225	0,987	0,994
250	1,000	1,000
98%-Wert (int.)	211	208 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Tabelle 4.1.3: Häufigkeitsverteilungen (24-h-Werte)  
Komponente: Schwebstoffe  
Zeitraum: Januar-Dezember 1985

K Konzentr. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
50	0,304	0,175
100	0,699	0,720
150	0,820	0,882
200	0,924	0,952
250	0,968	0,975
300	0,984	0,984
350	0,991	0,987
400	0,997	0,994
450	1,000	0,997
500	1,000	1,000
98%-Wert (int.)	288	300 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Tabelle 4.1.4: Häufigkeitsverteilungen (24-h-Werte)  
 Komponente: Schwebstoffe  
 Zeitraum: Mai-Dezember 1985

K Konzentr. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SMH(K) Summenhäufigkeit	
	WEID	WILD
25	0,032	0,014
50	0,310	0,177
75	0,597	0,521
100	0,764	0,772
125	0,819	0,865
150	0,880	0,930
175	0,931	0,981
200	0,968	1,000
225	0,986	1,000
250	1,000	1,000
98%-Wert (int.)	217	175 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

In der Tabelle A.2 (Anhang) sind die Monatsmittelwerte und die höchsten Tagesmittelwerte der Schwebstoff-Konzentrationen an den Stationen WEID und WILD für die Jahre 1984 und 1985 wiedergegeben.

Die ermittelten Belastungswindrosen sind in den Abbildungen 2a,b und 3a,b wiedergegeben. Dargestellt sind wiederum der Mittelwert und der 98%-Wert für Windrichtungsklassen von 10 Grad basierend auf den Winddaten der TEMES-Station Bottrop-Welheim (BOTT).

In den Abbildungen 13-16 sind die Zeitverläufe der Tagesmittelwerte der Schwebstoff-Konzentrationen an den Stationen WEID und WILD für die Jahre 1984 und 1985 dargestellt.

#### 4.2 Beiträge des Quellgebietes LMG

Zur Analyse der Beiträge des Quellgebietes LMG zur Schwebstoff-Belastung im Essener Norden standen, wie im Fall von Schwefeldioxid, Messungen an den beiden Meßstationen WEID und WILD (siehe Abb.1) zur Verfügung. In Tabelle 4.2.1 sind die richtungsbezogenen Mittelwerte der Schwebstoff-Belastung für Luv-Lee-Situationen und die zugehörigen Windhäufigkeiten zusammengestellt. Zugrundegelegt wurden auch hier die Winddaten der TEMES-Station Bottrop-Welheim (BOTT).

Tabelle 4.2.1: Richtungsabhängige Mittelwerte der Schwebstoff-Belastung (24-h-Werte) im Essener Norden.

alpha	WEID (Mikrogramm pro Kubikmeter)	WILD	D(alpha)	H(alpha) (Prozent)
1984, Juli - Dezember				
50	144	108	36	2,3
60	152	120	32	2,5
70	169	134	35	2,1
80	187	143	44	2,3
90	167	129	38	2,0
230	64	82	18	7,6
240	69	91	22	7,8
250	75	101	26	6,8
260	76	104	28	4,4
270	83	111	28	2,4
1985, Januar - Dezember				
50	183	138	45	3,2
60	187	136	51	4,1
70	191	139	52	3,9
80	190	144	56	3,4
90	163	132	31	1,6
230	66	75	9	8,4
240	78	89	11	8,4
250	69	83	14	5,9
260	62	80	18	5,4
270	67	87	20	4,0
1985, Mai - Dezember				
50	143	104	39	2,7
60	153	104	49	3,4
70	158	107	51	3,5
80	160	118	42	2,8
90	134	106	28	1,6
230	58	67	9	8,9
240	66	77	11	8,9
250	63	76	13	6,9
260	61	79	18	6,9
270	66	87	21	4,7

alpha: Windrichtung in Grad

D(alpha): Differenz der Mittelwerte in Richtung alpha

H(alpha): Häufigkeit der Windrichtung alpha

Multipliziert man die Differenzen D(alpha) mit der zugehörigen Windhäufigkeit H(alpha) und summiert anschließend diese Produkte auf, so erhält man eine Abschätzung für den Beitrag des Quellgebietes LMG zur mittleren Schwebstoffbelastung an den Meßorten im betrachteten Zeitraum. Legt man bei dieser Berechnung die Winddaten des Jahres 1984 auch für 1985 zugrunde, so erhält man windbereinigte Resultate, wie sie in Tabelle 4.2.2 angegeben sind. Diese sind für einen Vergleich mit Emissionsdaten besonders geeignet, da sie von Einflüssen unterschiedlicher Windrichtungsverteilungen befreit sind. Eine weitergehende Beschreibung der durchgeführten Windbereinigung findet sich in Abschnitt 3.2. In formalisierter Schreibweise ergeben sich die gesuchten Beiträge aus den folgenden Relationen:

$$I1Z(WEID) = \text{SUM} (D(\alpha) \times H(\alpha, 1984) / 100) \\ \alpha=50-90$$

$$I1Z(WILD) = \text{SUM} (D(\alpha) \times H(\alpha, 1984) / 100) \\ \alpha=230-270$$

Tabelle 4.2.2: Beiträge (windbereinigt) des Quellgebietes LMG zur mittleren Schwebstoff-Konzentration im Essener Norden und Staub-Emissionen der Ofenhallen der LMG.

Zeitraum	I1Z(WEID) ---(ug/m <sup>3</sup> )---	I1Z(WILD)	Staub-Emissionen (kg/h)
Jul.-Dez.84	4,1	6,8	330
Jan.-Dez.85	5,4	3,8	228
Mai.-Dez.85	4,7	3,7	183

Man erkennt, daß am Meßort WILD im Jahr 1985 ein deutlicher Rückgang dieses Beitrages zur Schwebstoff-Belastung zu verzeichnen ist, nicht jedoch am Meßort WEID. Die Ursache dürfte wie im Fall von Schwefeldioxid bereits ausgeführt, auch hier in der Häufigkeit windschwacher Situationen bei nordöstlichen Windrichtungen liegen. Deshalb kommt auch hier den für den Meßort WILD ermittelten Beiträgen eine größere Bedeutung zu. Dort ist eine enge Korrelation zwischen dem Rückgang der Staub-Emissionen der Ofenhallen zu verzeichnen. Einem Rückgang der Staub-Emissionen um 45 Prozent steht eine Verringerung der mittleren Schwebstoff-Belastung am Meßort WILD um 46 Prozent gegenüber.

Auf eine Abschätzung der Beiträge zu den 98%-Werten wurde im Fall von Schwebstoffen verzichtet.

## 5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

In der vorliegenden Arbeit wird erstmals über drei Fälle immissionsseitiger Erfolgskontrollen von technischen Maßnahmen zur Minderung der Emissionen einer Aluminiumhütte berichtet.

Der erste Fall betraf die Emission von Fluoriden durch die Aluminiumhütte der LMG im Essener Norden. Hierzu waren Messungen an einer einzelnen ortsfesten Meßstation hinreichend, da es sich um eine dominierende Einzelquelle handelte.

Wie die vorgestellten Ergebnisse zeigen, reduzierten sich die Immissionsbelastungen durch Fluoride in der Nähe der Aluminiumhütte der LMG im Essener Norden von 1984 bis 1986 um ca. 50 Prozent. Dies gilt sowohl für die durchschnittliche Belastung, d.h. den Jahresmittelwert, als auch für die Spitzenbelastung, charakterisiert durch den 98%-Wert. Trotzdem waren 1985 und 1986 noch Überschreitungen des TA-Luft-Grenzwertes  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IW2) zu verzeichnen.

Um die Beiträge der Aluminiumhütte zur Fluorid-Belastung in den Jahren 1984 bis 1986 mit Emissionsdaten vergleichbar zu machen, wurde durch Bezug auf das Jahr 1984 eine Bereinigung von den Einflüssen unterschiedlicher Windverteilungen in den Jahren durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen einen Rückgang der windbereinigten Beiträge der Aluminiumhütte zur mittleren Fluorid-Belastung um 65 Prozent im Zeitraum 1984 bis 1986 an. Dies ist ein Maß für die immissionsseitigen Auswirkungen der Reduzierung der Fluorid-Emissionen der Aluminiumhütte um 87 Prozent im selben Zeitraum.

Der zweite Fall betraf die Schwefeldioxid-Emissionen derselben Quelle. In diesem Fall wurden zwei Meßstationen in Luv-Lee Anordnung benötigt, um die Beiträge des interessierenden Quellgebietes von denen der übrigen, weitaus größeren Einflüsse separieren zu können. Durch richtungsabhängige Auswertungen konnten die Immissionsanteile der Aluminiumhütte sowohl am Mittelwert als auch am 98%-Wert mit befriedigender Zuverlässigkeit abgeschätzt werden. Entscheidende Voraussetzung war auch hier die Bereinigung von Effekten unterschiedlicher Windhäufigkeiten in den verschiedenen Meßperioden vor und nach Durchführung der emissionsmindernden Maßnahmen.

So wird erkennbar, daß die windbereinigten Beiträge des Quellgebietes LMG sich von 1984 auf 1985 an den Meßorten WEID und WILD um 20 bzw. 40 Prozent verringerten. Dies konnte nachgewiesen werden, obwohl diese Beiträge nur 10-20 Prozent der Gesamtbelastung durch Schwefeldioxid an den Meßorten ausmachen. Dies verdeutlicht die Empfindlichkeit der benutzten Auswertetechnik in Verbindung mit den durchgeführten Luv-Lee-Messungen. Die Schwefeldioxid-Emissionen der Ofenhallen der Aluminiumhütte verringerten sich im selben Zeitraum um 47 Prozent.

Der dritte Fall betraf die Staub-Emissionen der Aluminiumhütte. Hier führte ein Rückgang der Emissionen um 45 Prozent zu einer Verringerung des Immissionsbeitrages des Quellge-

bietes LMG um 46 Prozent am Meßort WILD, dem aus Gründen der Windverteilung größere Bedeutung zukommt.

Die vorgestellten Ergebnisse über den Rückgang der Belastungen durch Fluoride und Schwefeldioxid stehen in guter Übereinstimmung mit Modellrechnungen, welche durchgeführt wurden, um die Auswirkungen der geplanten anlagebezogenen Minderungsmaßnahmen im Planungsstadium abzuschätzen /8/.

Damit konnte gezeigt werden, daß die erwarteten Reduzierungen der Immissionsbelastungen im Essener Norden durch die von Seiten der LMG ergriffenen und vom Land NRW finanziell unterstützten anlagebezogenen Minderungsmaßnahmen tatsächlich erreicht wurden.

Die vorgestellte Untersuchung der Immissionsbeiträge eines interessierenden Quellgebietes hat Modellcharakter. Sie kann auch in anderen ähnlichen Fällen zur Anwendung gelangen. Als Beispiel sei insbesondere die Erfassung der Immissionsbeiträge von Kokereien genannt. Dies ist von besonderem Interesse, da die Emissionen von Kokereien oft nur unzureichend durch Messungen erfaßt werden können.

SCHRIFTTUM:

- /1/ BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:  
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen, LIS-Berichte, Nr.44, Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Essen (1984).
- /2/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft):  
GMBI der Bundesministerien, A37, S.95-143 (1986).
- /3/ 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, LIS-Berichte Nr.55, 145 S, Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Essen (1985).
- /4/ PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:  
TEMES - Jahresbericht 1985, Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Essen (1987).
- /5/ VDI-Richtlinie 2451, Blatt 4:  
Messung gasförmiger Immissionen; Messung der Schwefeldioxid-Konzentration; Leitfähigkeitsverfahren (Picoflux), (August 1968).
- /6/ PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:  
TEMES - Jahresbericht 1983/84, Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Essen (1986).
- /7/ VDI-Richtlinie 2463, Blatt 4:  
Messen der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft, LIB-Filter-Verfahren, (Dezember 1976).
- /8/ KÜLSKE, S.: nicht veröffentlicht (1984)

**Tabellen- und Bildanhang**

Tabelle A1: Schwefeldioxid  
 Monatsmittelwerte und höchste Halbstundenwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Station Weid

Monat	1984		1985	
	Monatsmittel	Höchste 1/2-h-W	Monatsmittel	Höchste 1/2-h-W
1			205	1107
2			157	580
3			80	703
4			47	383
5	*	*	57	283
6	30	488	36	275
7	36	321	37	191
8	34	256	33	295
9	36	226	39	337
10	39	346	80	535
11	54	535	102	436
12	62	272	58	493

Station Wild

1			212	946
2			163	549
3			91	579
4			46-	154
5	*	*	56	270
6	45	414	39	266
7	34	299	35	206
8	41	291	39	260
9	47	191	46	265
10	59	269	80	602
11	68	575	101	367
12	88	231	78	586

- : Verfügbarkeit geringer als 50 %

\* : Verfügbarkeit geringer als 25 %

Tabelle A2: Schwebstoffe

Monatsmittelwerte und höchste Tagesmittelwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Station Weid

Monat	1984		1985	
	Monatsmittel	Höchste Tagesmittelwerte	Monatsmittel	Höchste Tagesmittelwerte
1			181	605
2			170	276
3			96	367
4			67	236
5			107	235
6			57	118
7	65	152	68	200
8	116	209	61	167
9	68	172	80	172
10	72	213	119	258
11	131	319	100	264
12	75	198	57	135

Station Wild

1			171	584
2			150	242
3			98	361
4			71	167
5			94	175
6			58	90
7	68	120	68	126
8	112	207	70	163
9	80	141	91	172
10	92	187	109	268
11	122	294	96	259
12	84	189	68	176

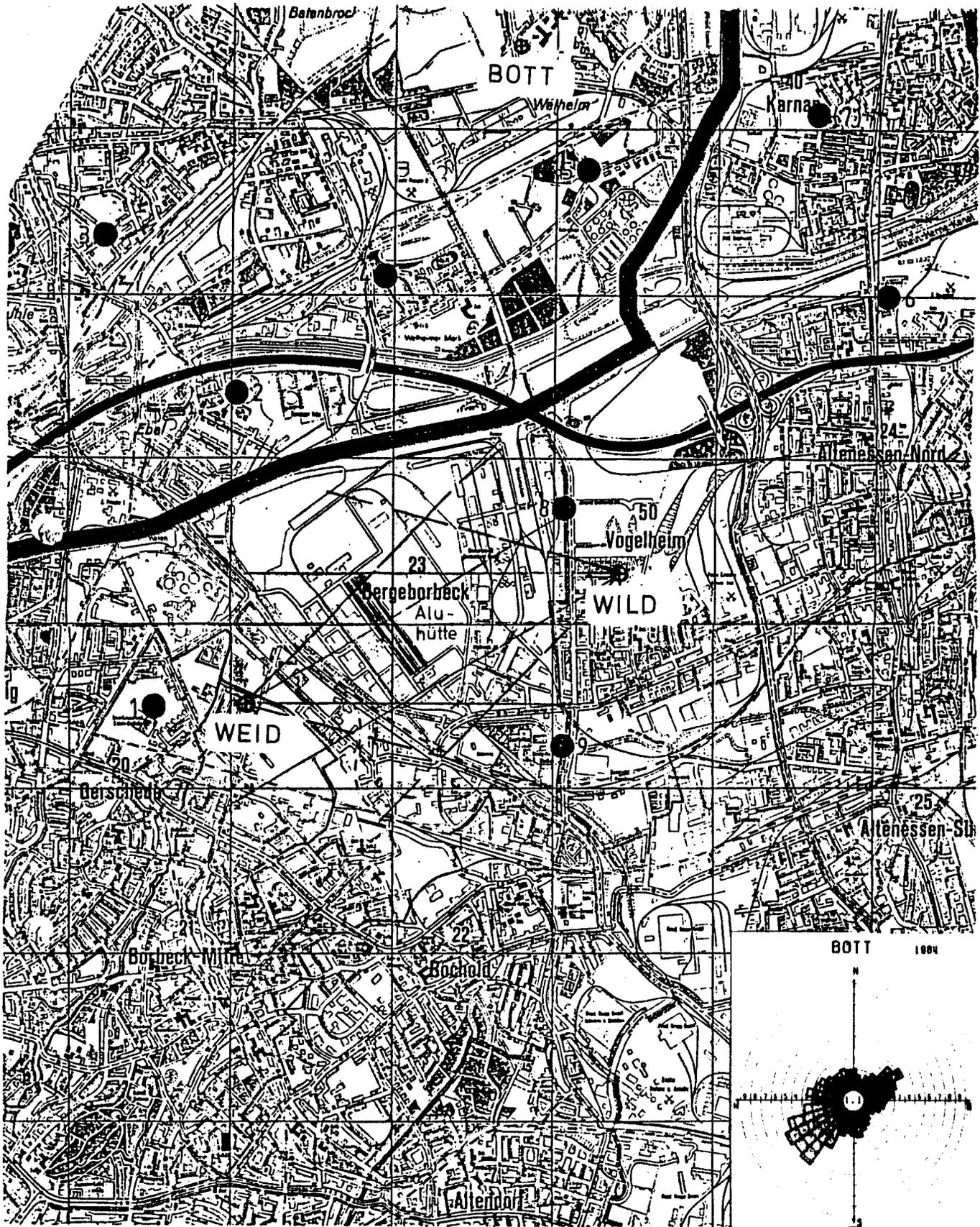


Abb. 1: Lage der Meßstationen WEID, WILD, BOTT   
Meßpunkte der stichprobenartigen Messungen 

1 km

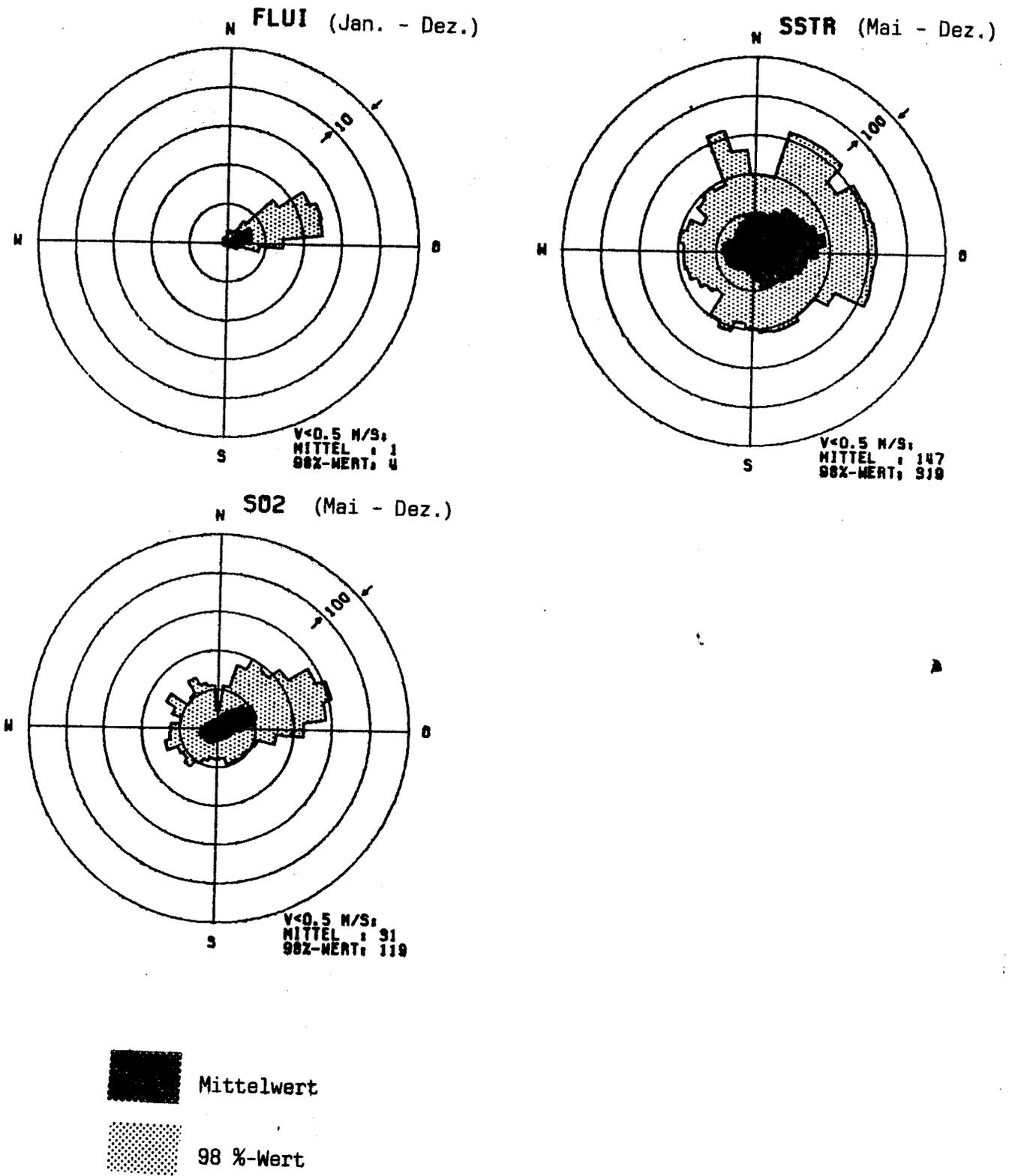


Abb. 2a: Belastungswindrosen in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID - 1984 -

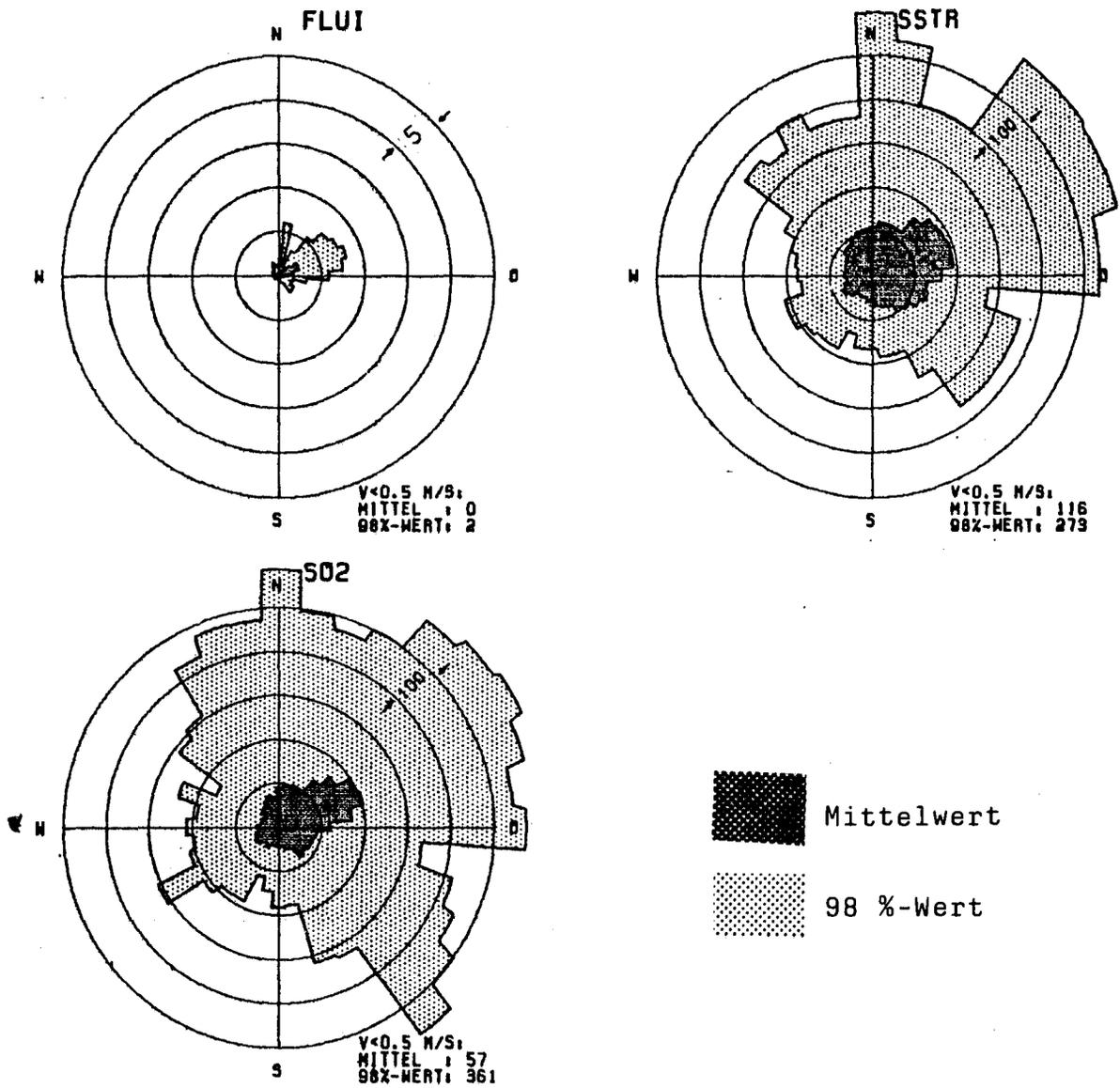


Abb. 2b: Belastungswindrosen in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID - 1985 -

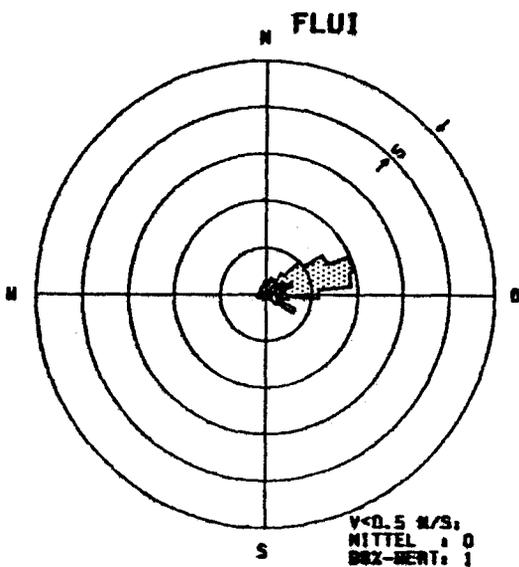


Abb. 2c: Belastungswindrosen in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID - 1986 -

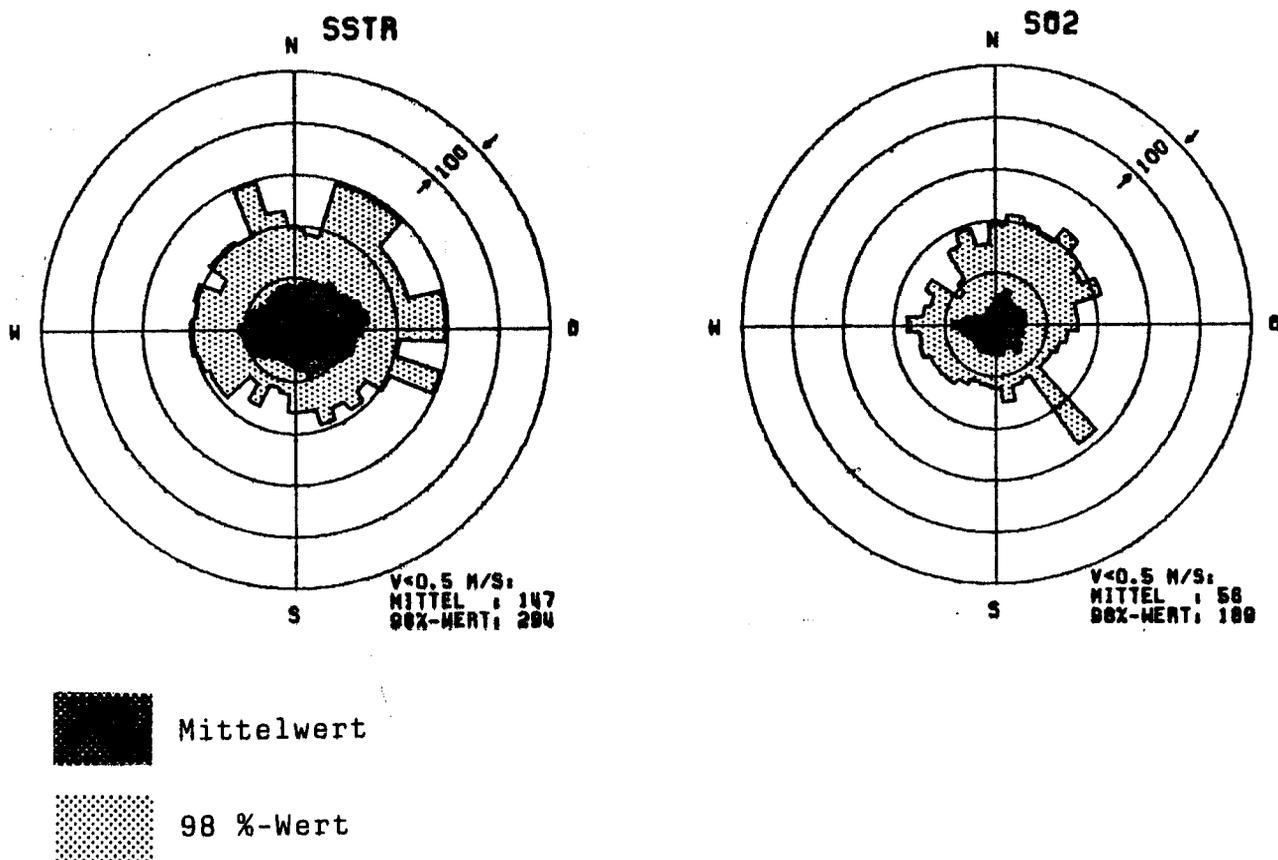


Abb. 3a: Belastungswindrosen in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD - 1984 (Mai-Dez.) -

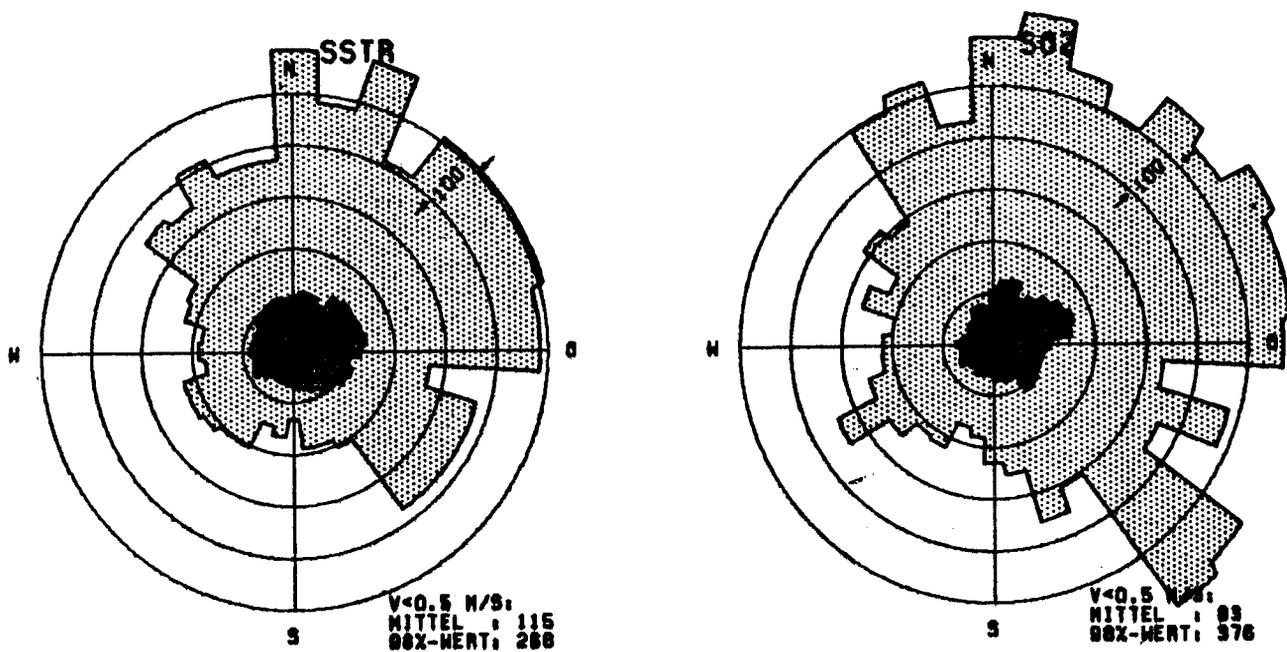


Abb. 3b: Belastungswindrosen in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD - 1985 -

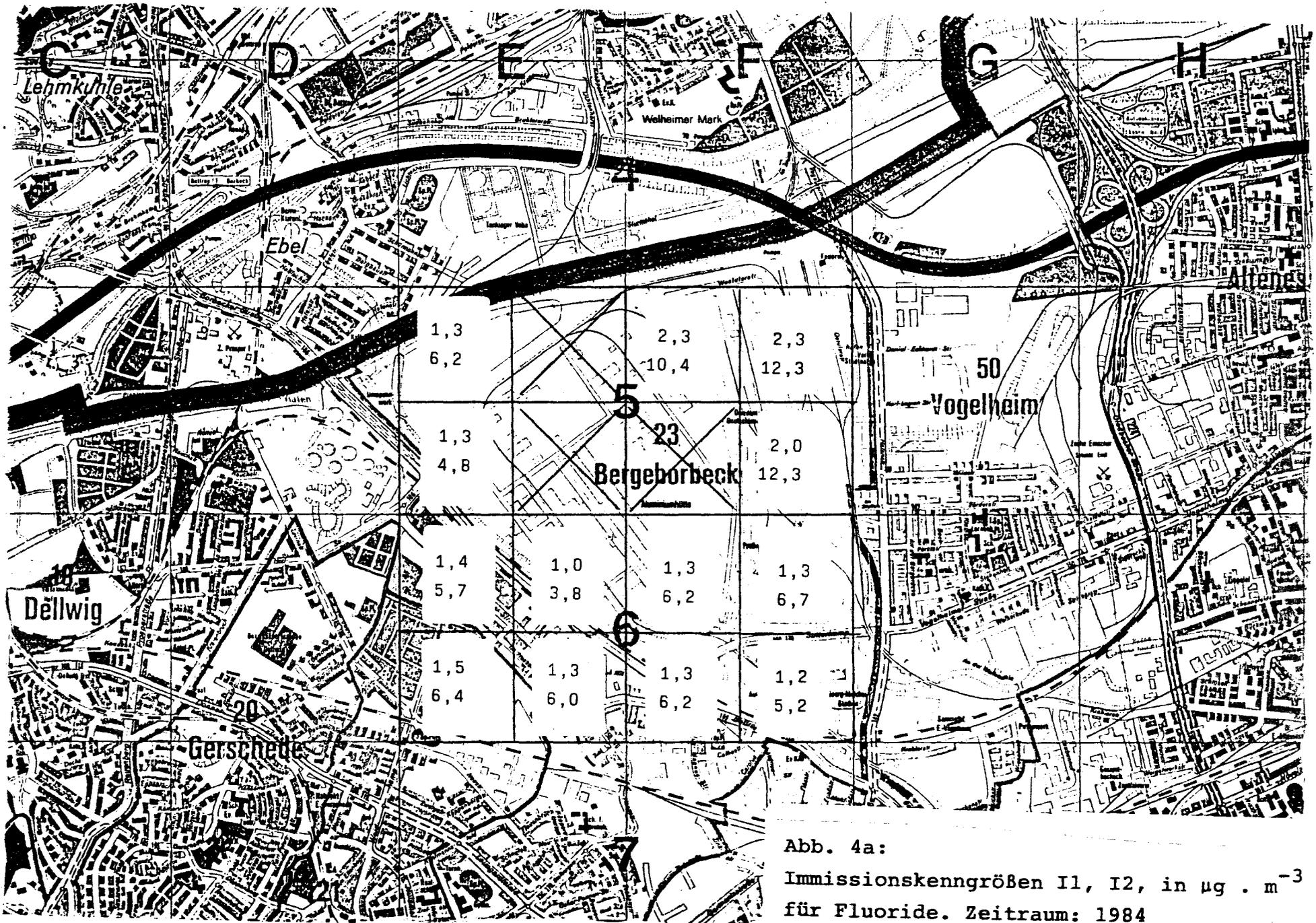


Abb. 4a:  
 Immissionskenngrößen I1, I2, in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
 für Fluoride. Zeitraum: 1984

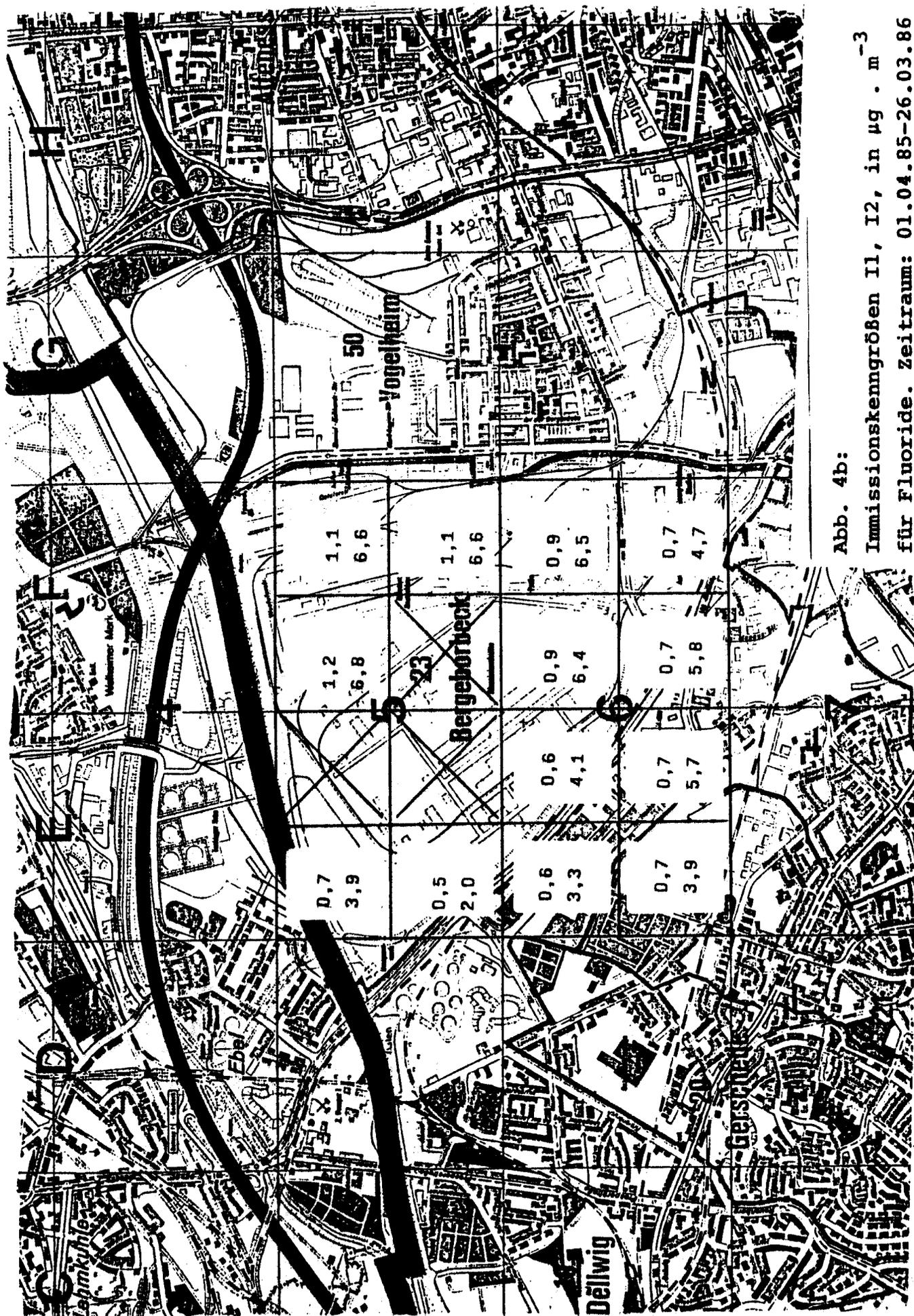


Abb. 4b:

Immissionskenngrößen I1, I2, in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
für Fluoride. Zeitraum: 01.04.85-26.03.86

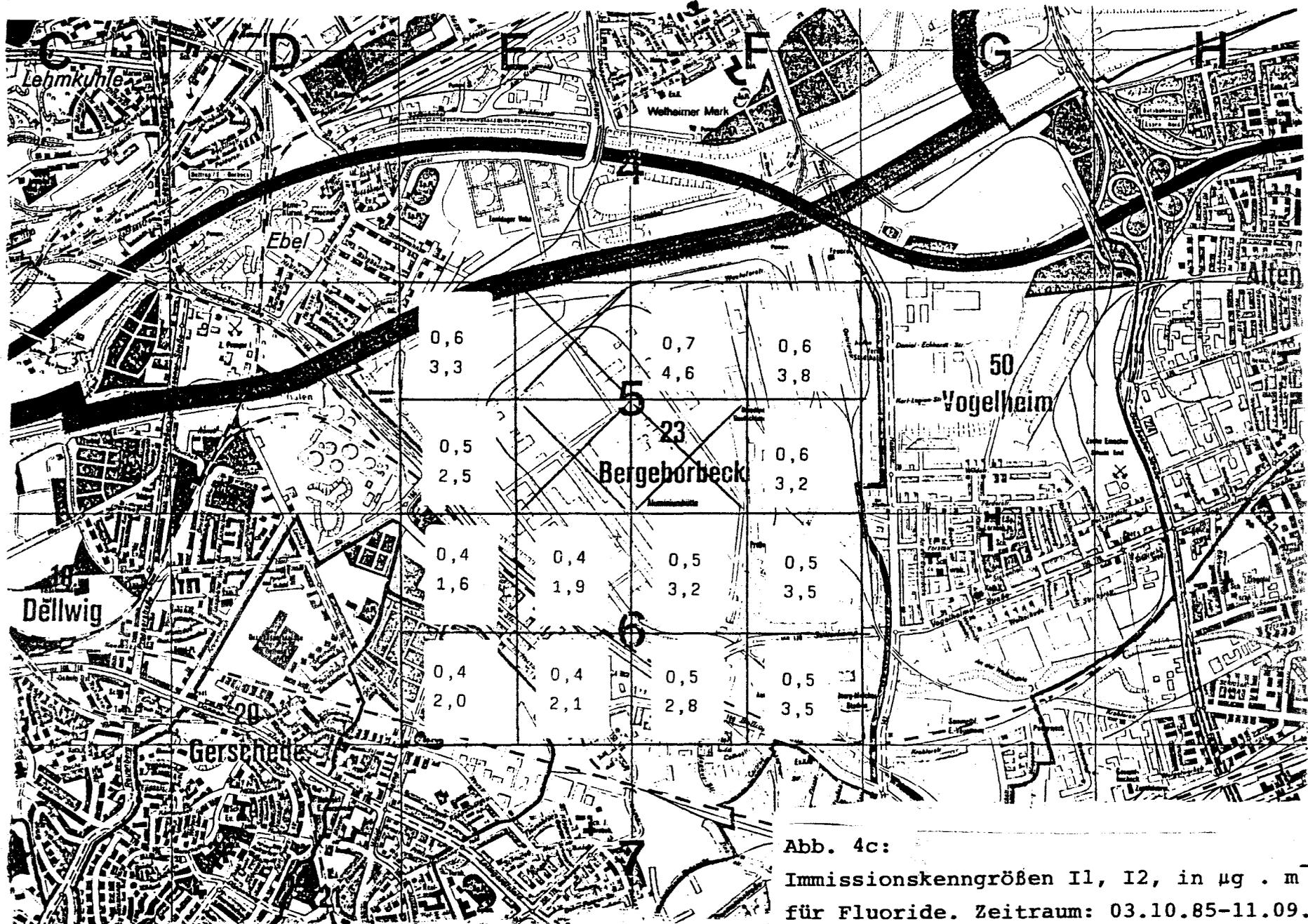


Abb. 4c:

Immissionskenngrößen I1, I2, in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
für Fluoride. Zeitraum: 03.10.85-11.09.86

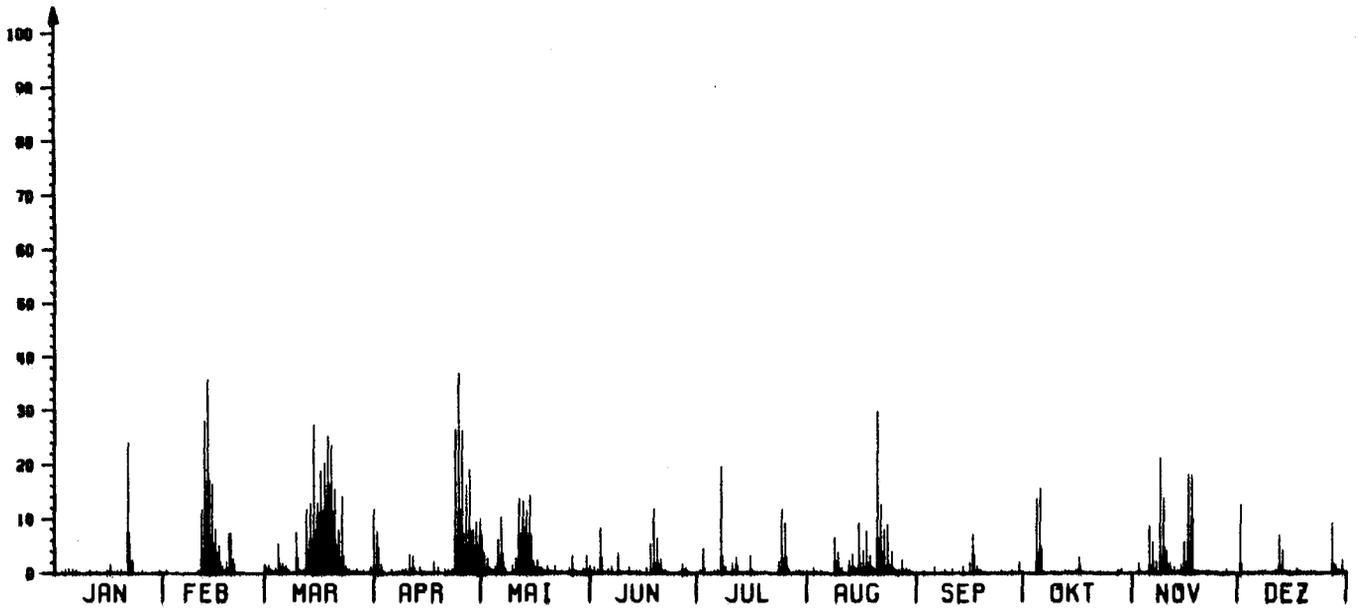


Abb. 5: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Fluoride in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
Station: WEID - 1984 -

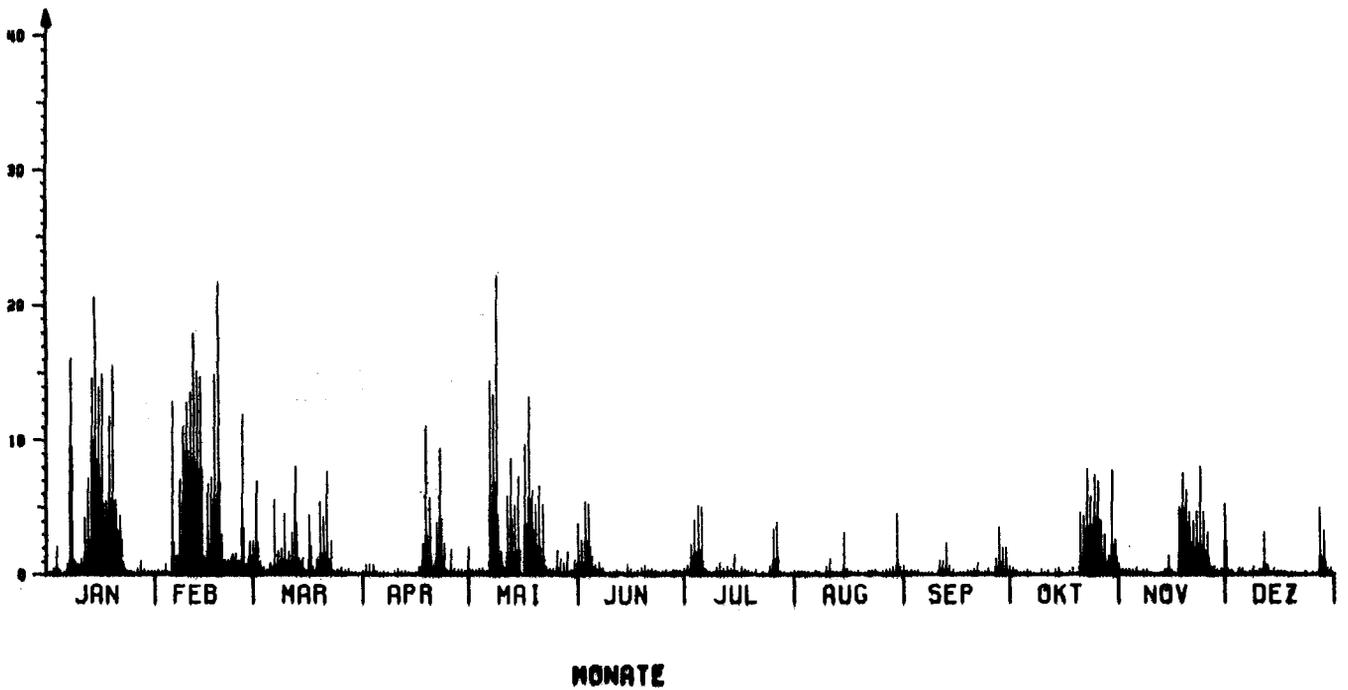


Abb. 6: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Fluoride in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
Station: WEID - 1985 -

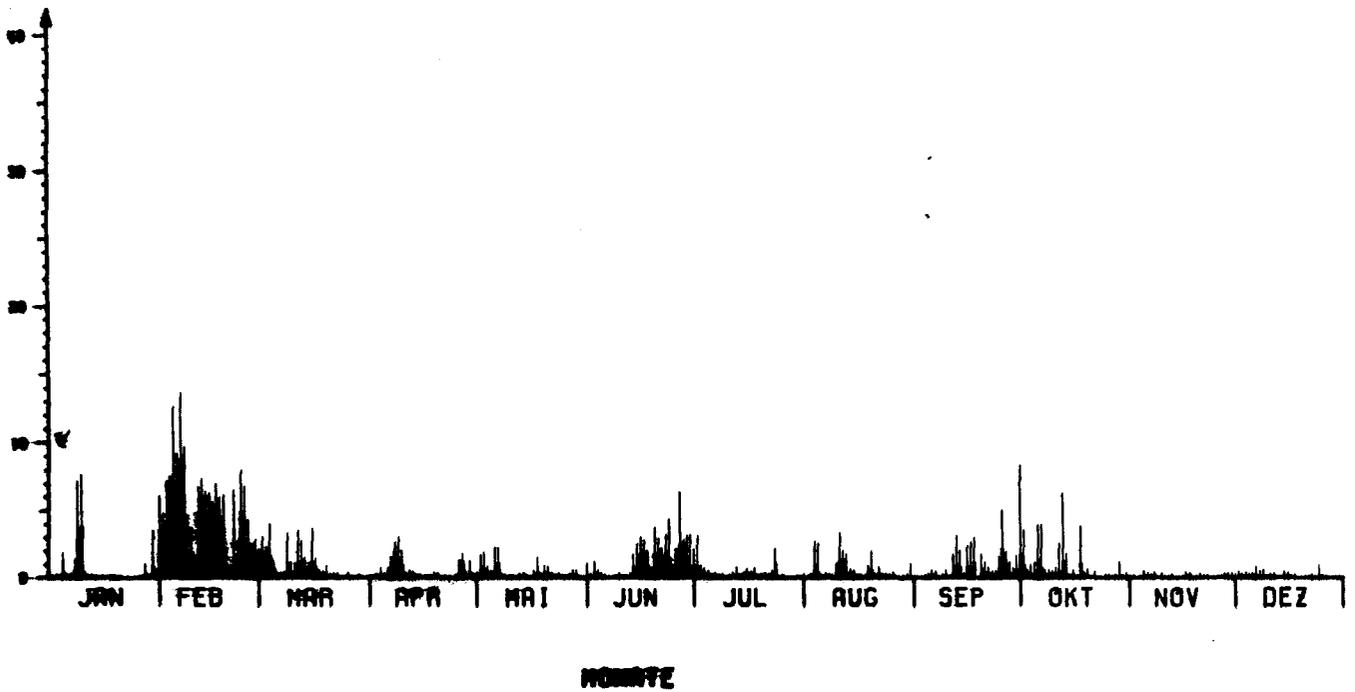


Abb. 7: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Fluoride in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$   
Station: WEID - 1986 -

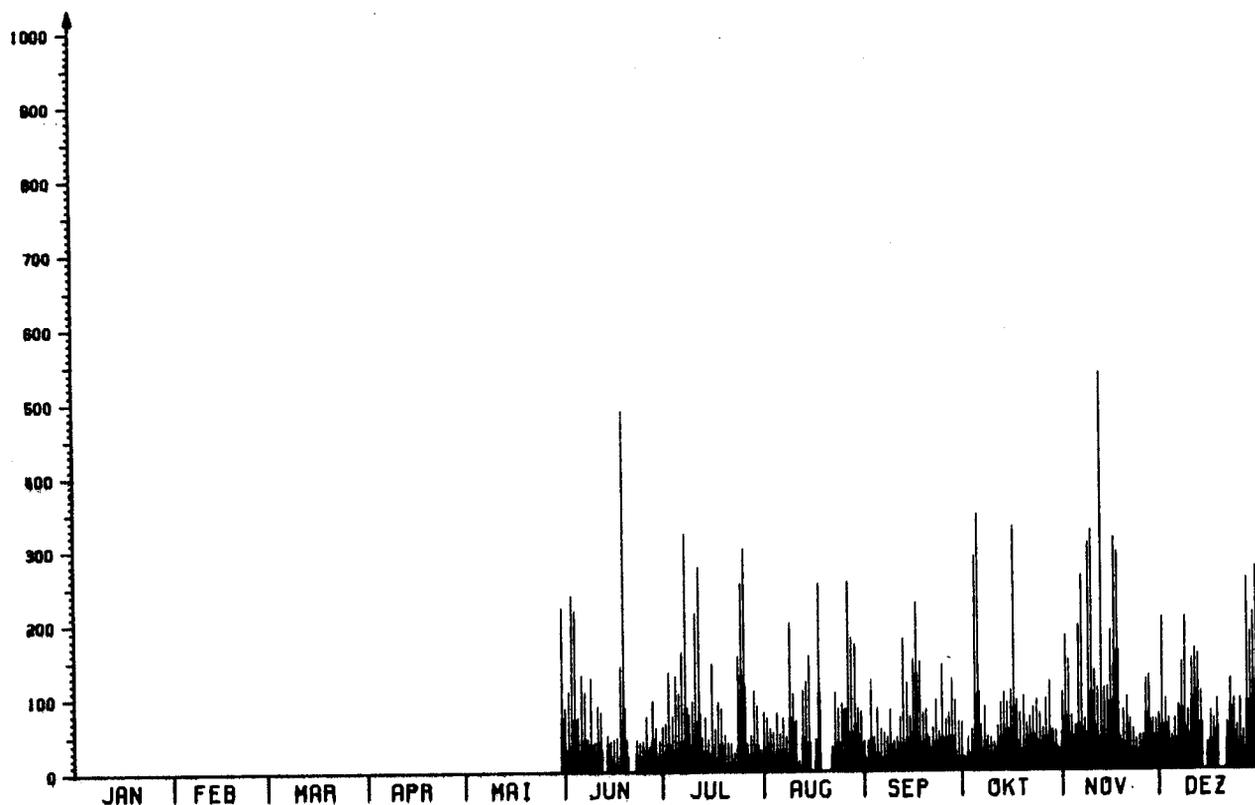


Abb. 8: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Schwefeldioxid in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID - 1984 -

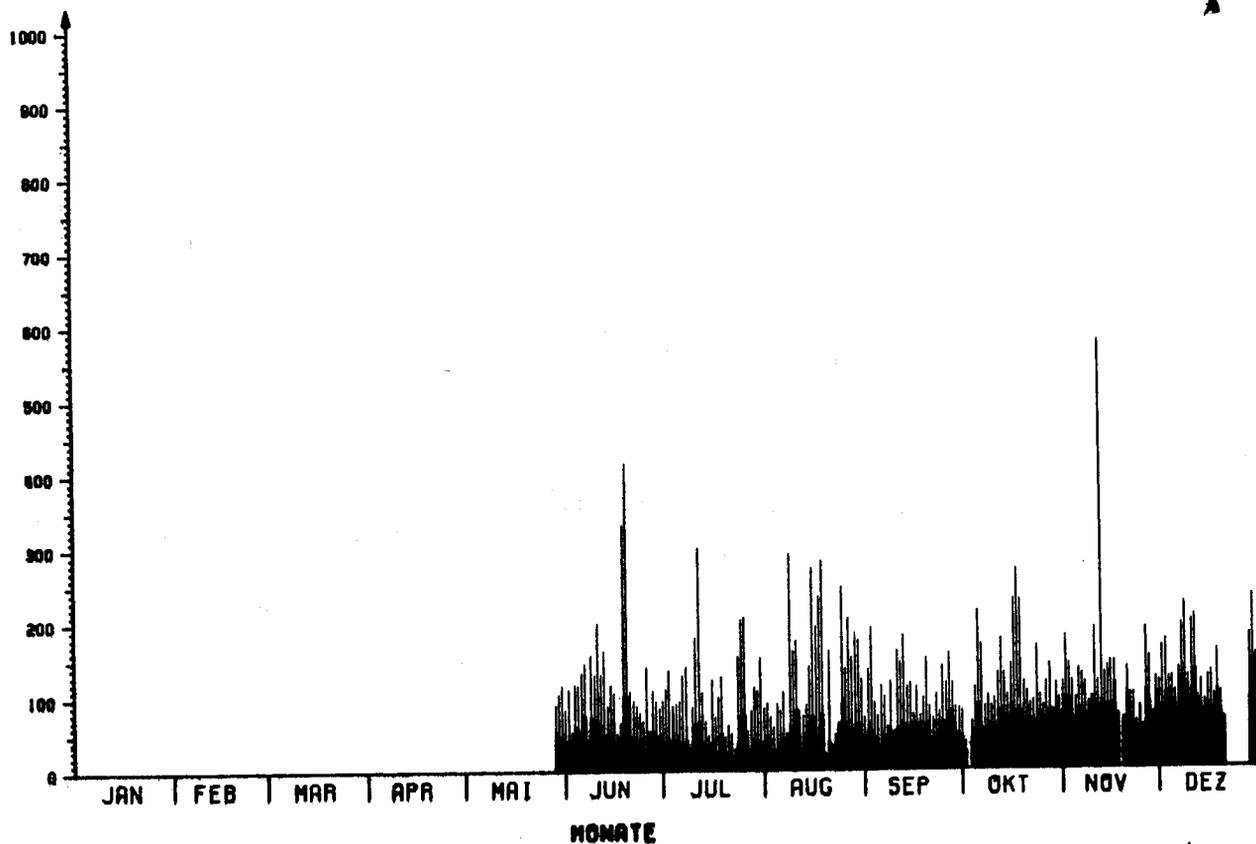


Abb. 9: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Schwefeldioxid in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD - 1984 -

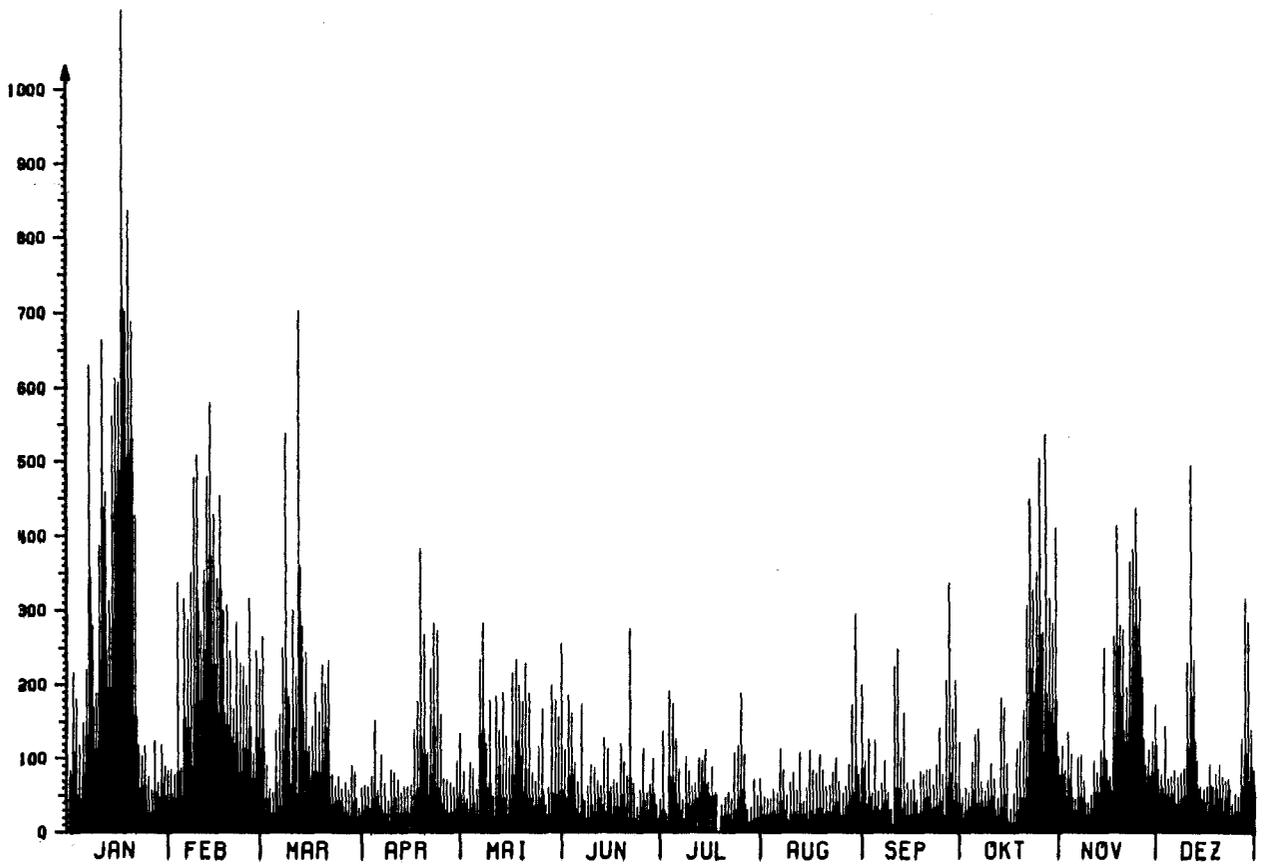
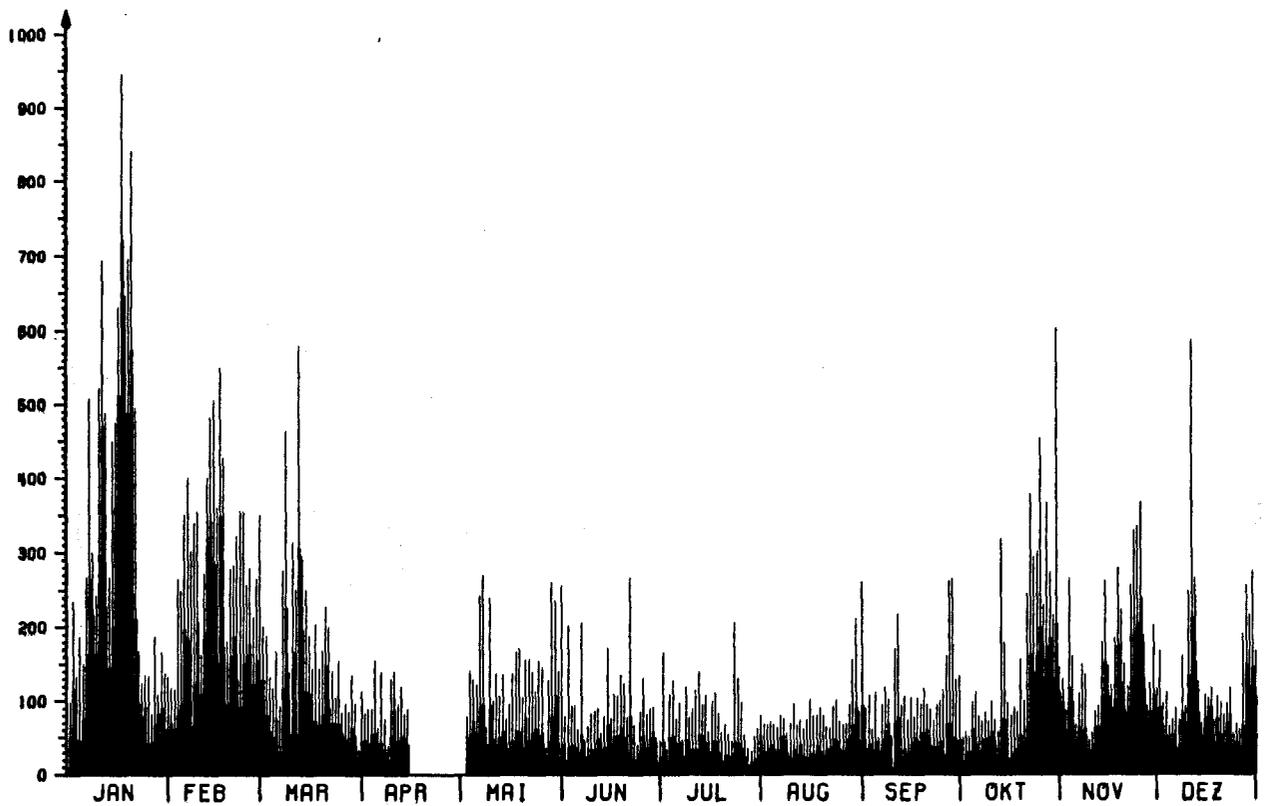


Abb. 10: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Schwefeldioxid in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID - 1985 -



MONATE

Abb. 11: Tagesmittel- und Tageshöchstwerte für Schwefeldioxid in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD - 1985 -

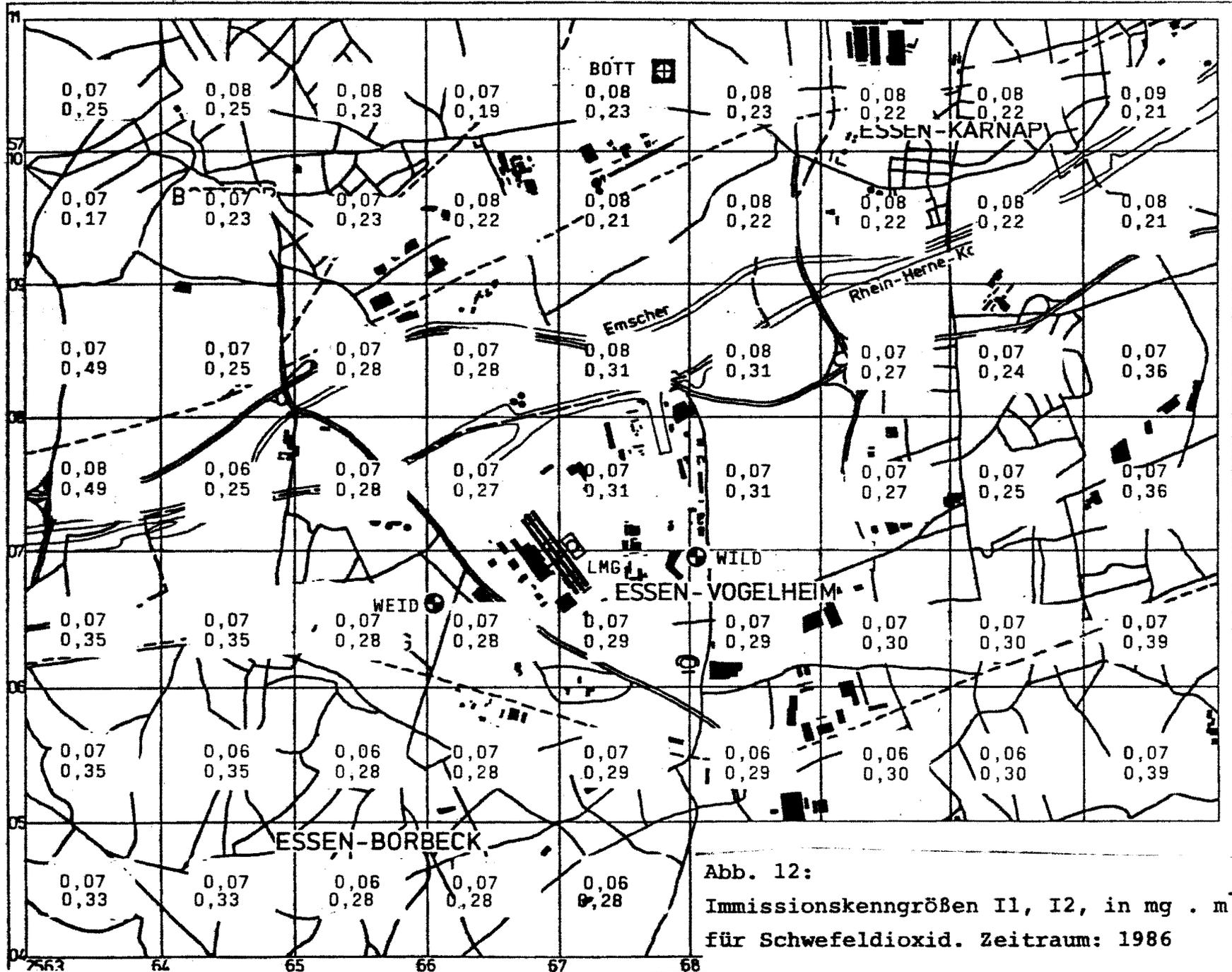


Abb. 12:  
 Immissionskenngrößen I1, I2, in  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$   
 für Schwefeldioxid. Zeitraum: 1986

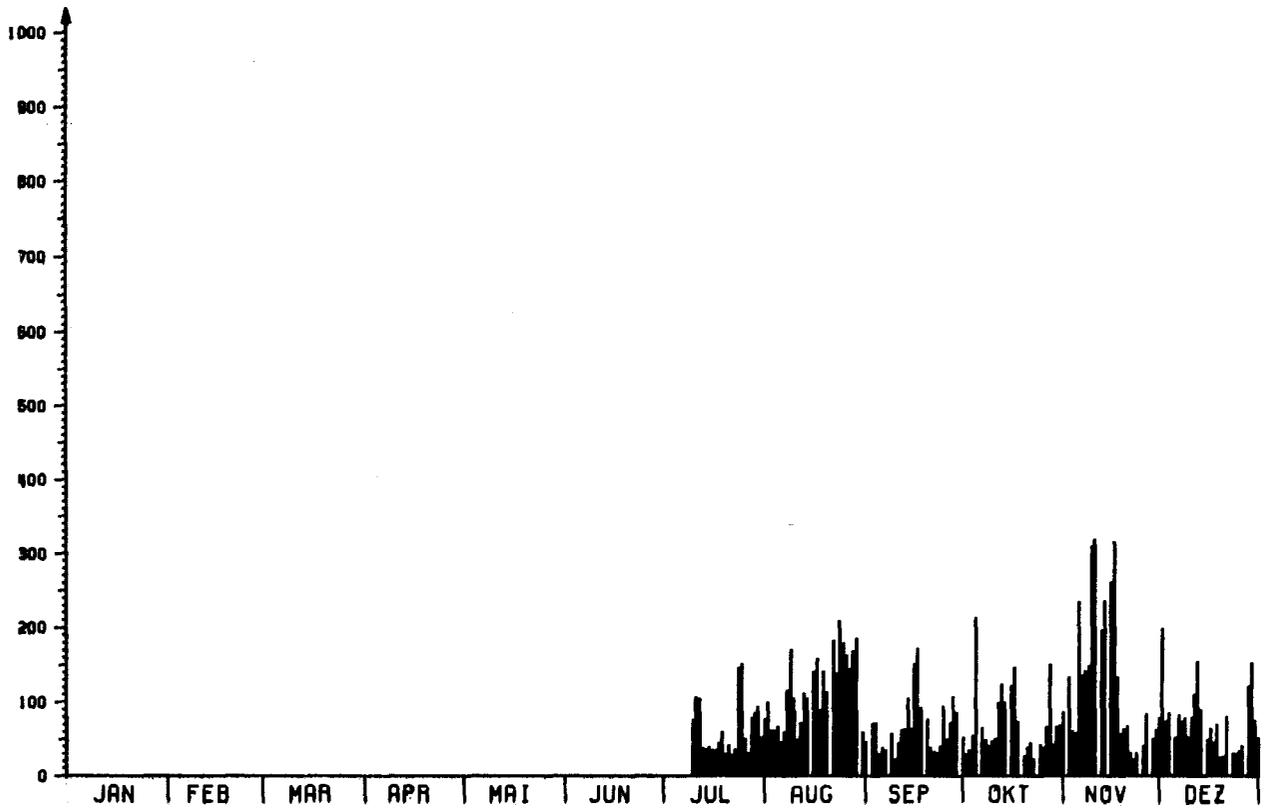


Abb. 13: Tagesmittelwerte für Schwebstoffe in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID  
- 1984 -

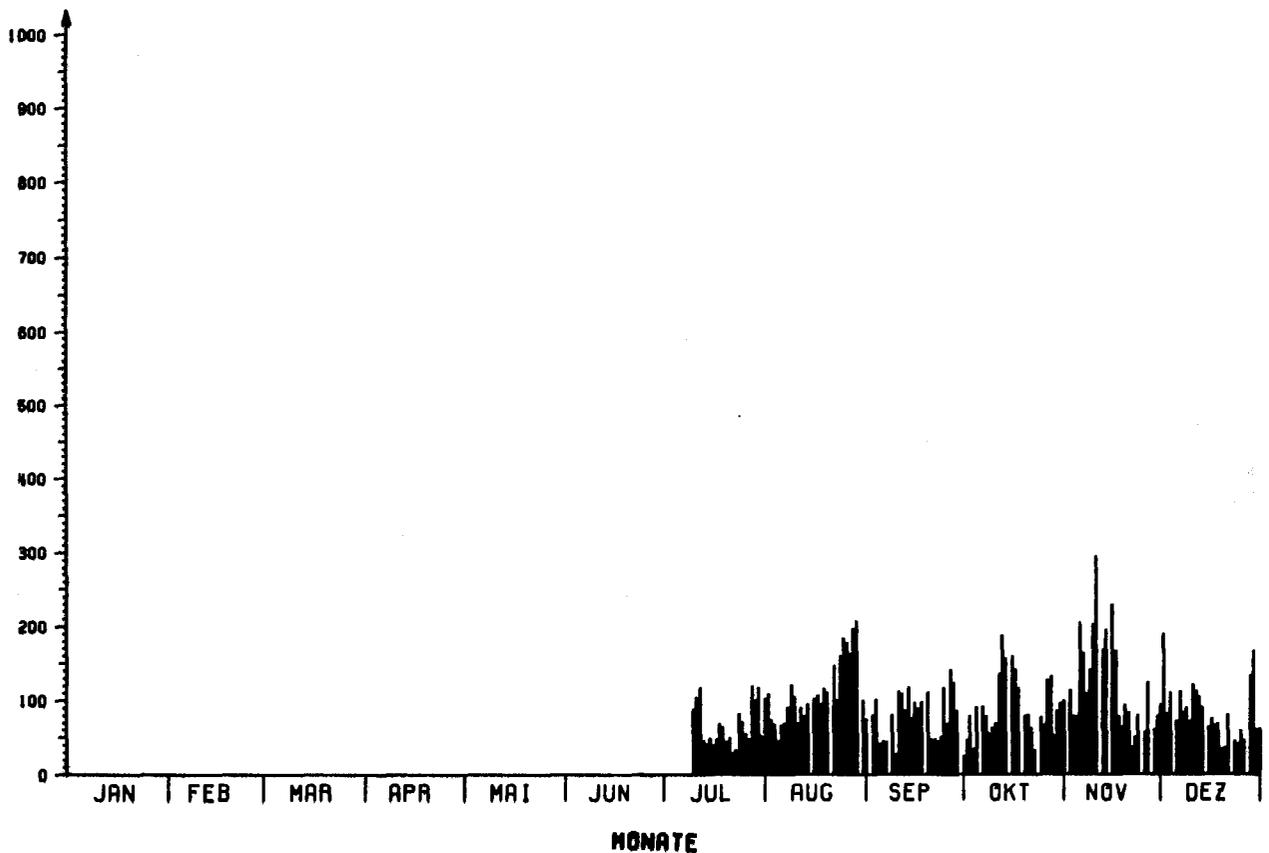


Abb. 14: Tagesmittelwerte für Schwebstoffe in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD  
- 1984 -

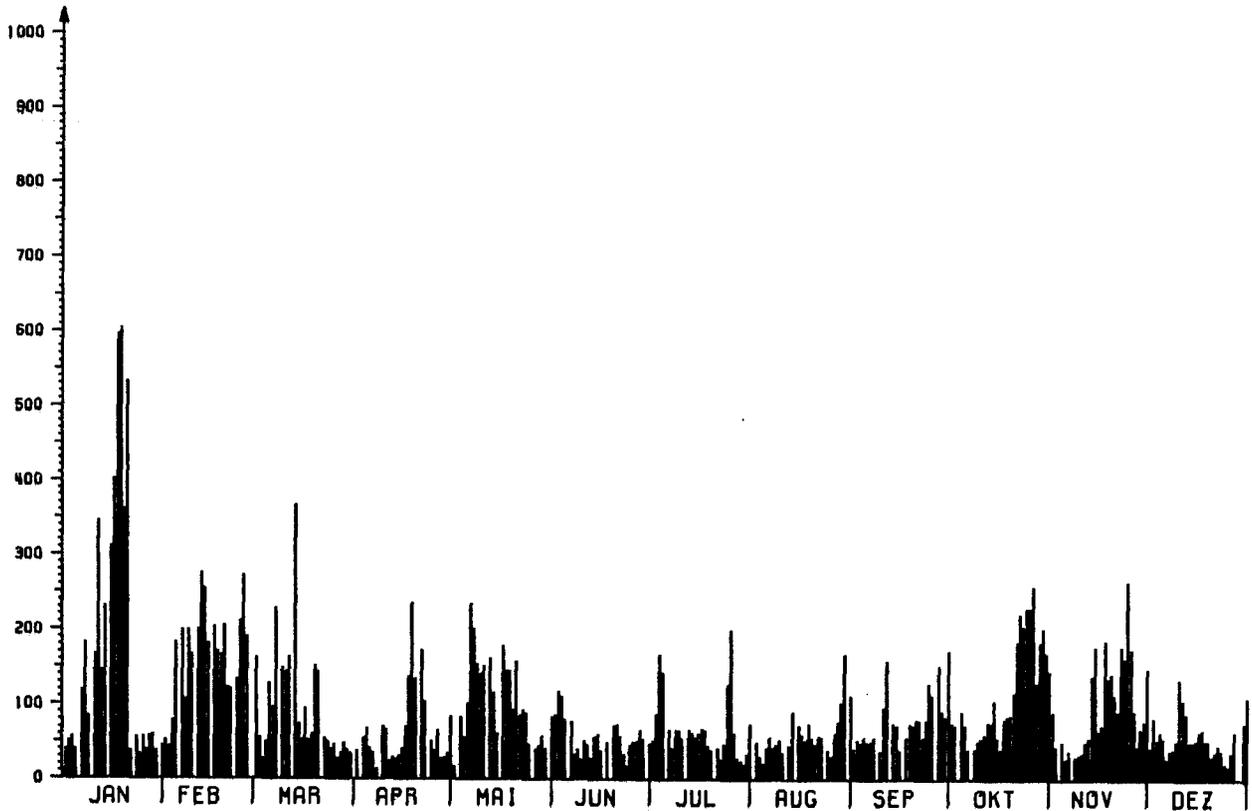


Abb. 15: Tagesmittelwerte für Schwebstoffe in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WEID  
- 1985 -

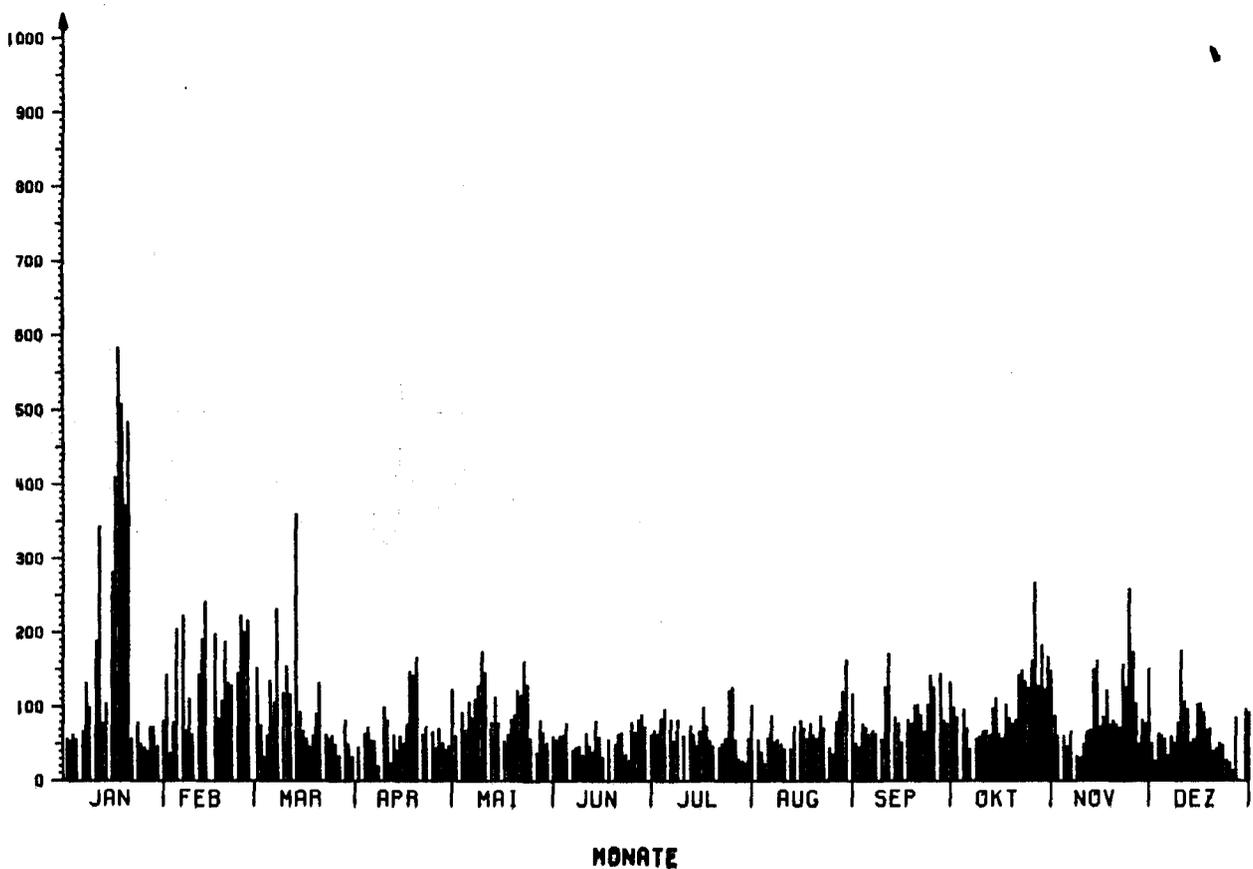


Abb. 16: Tagesmittelwerte für Schwebstoffe in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  Station: WILD  
- 1985 -

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, B. und P. NEUTZ;  
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.;  
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.;  
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE;  
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.;  
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG;  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK;  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falchfarbentografie 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 PH62I 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 F. MEURISCH;  
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurers als Eisenträger. - 1, Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:  
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
(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.:  
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 16.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:  
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: PRONZ, W.:  
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen  
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:  
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
(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.:  
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: 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: 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 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:  
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, B., 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. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖT'EL und H.-K. LICHTENTHALER:  
Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationspektrometers 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: SPLITTGERBER, H.:  
Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener  
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzop-Dioxine und Dibenzofurane in  
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:  
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells  
(K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)

- 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.:  
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.:  
Hinweise zur Prognose von Geräuschemissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren  
nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.  
(1986)
- Berichte-Nr. 68: MANN, H. und H. GIES:  
Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automatisierte  
Immissionsmessung.  
(1986)
- Berichte-Nr. 69: BEINE, H.:  
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und  
luftanalytische 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)