

Nr.2

Randbedingungen bei der
Beurteilung der Luftqualität

Herausgeber

Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, Essen

1978

Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen
bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität

1968
Dr. M. Buck

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

100741

DIE BEDEUTUNG UNTERSCHIEDLICHER RANDBEDINGUNGEN BEI DER MESSUNG UND BEURTEILUNG DER LUFTQUALITÄT

Dr. Manfred Buck

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

Anhand der Ergebnisse der seit 1964 durchgeführten Luftqualitätsüberwachung der LIS in Nordrhein-Westfalen (Meßprogramme 3 und 4; Pegelmessungen) wird für die Immissionskomponenten Schwefeldioxid, Fluorverbindungen, organische Verbindungen (Gesamt-C) und Schwefelwasserstoff gezeigt, daß sich sehr unterschiedliche Aussagen über die Luftqualität ergeben, wenn entsprechend den Vorschriften der TA-Luft 1974 die zu ermittelnden Immissionskenngrößen I_1 und I_2 als Charakteristika für die Immissionsbelastung auf unterschiedliche Beurteilungsflächen bezogen, jedoch mit ein- und denselben Immissionswerten IW_1 und IW_2 verglichen werden.

Des weiteren wird anhand von Untersuchungsergebnissen über die Immissionskomponente Schwefeldioxid dargelegt, daß die in der TA-Luft 1974 scheinbar gleichwertigen Verfahrensweisen für Immissionsmessungen, nämlich

1. die, zweckmäßigerweise mit automatischen Geräten durchgeführte, zeitlich lückenlose Messung an einer Meßstelle in einem Gebiet von 16 km^2 Größe ("laufende Messungen")
2. die, zweckmäßigerweise mit diskontinuierlichen Verfahren, vorzunehmende, zeitlich lückenhafte Messung an 16 Meßstellen in einem Gebiet von 16 km^2 Größe ("Stichprobenmessungen")

nicht als gleichwertig anzusehen sind, weil die beiden Verfahrensweisen strukturelle Unterschiede aufweisen, die zu signifikant unterschiedlichen Informationen über die Immissionsbelastung führen.

S u m m a r y

From the results of air quality surveillance measurements carried out since 1964 by the LIS in Nordrhein-Westfalen (Measuring Programs 3 and 4) it is shown that widely differing interpretations concerning air quality for the following air pollutants can be made when, according to the directions of TA-Luft 1974, the values I_1 and I_2 are taken as characteristics for the pollution load based on different-sized areas and compared with one and the same IW_1 and IW_2 values:

sulfur dioxide, fluorine compounds, organic compounds (total C), and hydrogen sulfide.

Moreover, experimental results on sulfur dioxide show, that according to TA-Luft 1974 seemingly equivalent methods of measurement for ambient air, namely:

1. uninterrupted measurements at one measuring site in an area of 16 km^2 size (continual measurements) carried out expediently with automatic instruments,
2. incomplete measurements (as regards time) at 16 measuring sites in an area of 16 km^2 size (random sample measurements) carried out usually with discontinuous methods

cannot be considered as being equivalent because these methods show structural differences leading to significantly different informations on air pollution.

V o r b e m e r k u n g e n

Es versteht sich eigentlich von selbst, daß unterschiedliche Randbedingungen bei der Durchführung von Messungen, Untersuchungen und sonstigen Erhebungen grundsätzlich auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Gleiches gilt für die Bewertung der Ergebnisse anhand von Beurteilungskriterien, wie Grenzwerte, Schwellenwerte und dergleichen. Gleichwohl sind in der TA-Luft 1974 in den Abschnitten 2.5.2. und 2.5.3. Vorschriften für die Immissionserhebungen enthalten, die vorsehen, daß

1. die zu ermittelnden Immissionskenngrößen I_1 und I_2 als Charakteristika für die Immissionsbelastung auf unterschiedliche Beurteilungsflächen zu beziehen, jedoch mit ein- und denselben Immissionsgrenzwerten IW_1 und IW_2 zu vergleichen sind,
2. Messungen mit unterschiedlicher Meßstellendichte und Meßhäufigkeit als gleichwertig anzusehen sind im Hinblick auf die zu ermittelnden Immissionskenngrößen, die mit den Grenzwerten verglichen werden.

Auch in den z.Z. vorliegenden Entwürfen einer novellierten Fassung der TA-Luft (Stand: Oktober 1978) ist das gleichwertige Nebeneinander von Messungen mit unterschiedlicher Meßstellendichte und Meßhäufigkeit nicht beseitigt. Auch bleibt zumindest unklar, ob die Immissionskenngrößen bei Messungen im Zusammenhang mit nachträglichen Anordnungen für unterschiedlich große Flächen zu ermitteln sind und welche Flächengröße als Beurteilungsfläche dienen soll, wenn im Zusammenhang mit Grundbelastungsmessungen "außergewöhnlich ungleichmäßige räumliche Verteilungen der Immissionen" auftreten.

Darüber hinaus gibt es offenbar bei den zuständigen Behörden kontroverse Auffassungen über die optimale Größe der Beurteilungsfläche für die Immissionsbeurteilung bei den Grundbelastungsmessungen.

Bei dieser Sachlage erscheint es nützlich, auf einige experimentelle Befunde hinzuweisen, die sich aus dem langjährig ermittelten und sehr umfangreichen Datenmaterial der LIS bei Anwendung der Auswertungsvorschriften der TA-Luft ergaben.

Die Untersuchungen beziehen sich auf die Immissionskomponenten

Schwefeldioxid, Fluorverbindungen und Organische Verbindungen (Gesamt-C), wofür die notwendigen Daten aus den Ergebnissen der seit 1964 durchgeführten Luftqualitätsüberwachung der LIS in NW (III. Meßprogramm und IV. Meßprogramm (Pegelmessungen)) zur Verfügung standen [2 bis 11].

Hierbei handelt es sich um die Ergebnisse von Messungen, die im 1-km-Meßnetz durchgeführt wurden, d.h., die Meßstellen befinden sich im Abstand von 1 km in einem quadratischen Meßstellenraaster (s. Abb. 1 und 2). Aus den Einzelmeßwerten, die an diesen Meßstellen im Verlauf der Beurteilungszeit von 1 Jahr ermittelt werden, ergeben sich je nach der gewählten Flächengröße der jeweils quadratischen Beurteilungsflächen unterschiedlich große Meßwertkollektive, aus denen dann die Immissionskenngrößen I_1 und I_2 berechnet werden. So beträgt bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen an einer einzelnen Meßstelle im 1-km-Meßnetz der Umfang des Meßwertkollektivs $25 \times 13 = 325$ Einzelmeßwerte, wenn der Flächenbezug 16 km^2 ist. Bei einem Flächenbezug von 1 km^2 liegen $4 \times 13 = 52$ Einzelmeßwerte vor; bei einem Flächenbezug von 4 km^2 beträgt der Umfang des Meßwertkollektivs $9 \times 13 = 117$ Meßwerte.

Der I_1 -Wert ist der arithmetische Mittelwert aus den jeweiligen Meßwertkollektiven, der I_2 -Wert der 95 %-Summenhäufigkeitwert, berechnet gemäß den Interpolationsvorschriften der 4. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift [13].

Auf jede 16-km^2 -Fläche entfallen bei gleitender Verschiebung um jeweils 1 km 9 4-km^2 -Flächen und 16 1-km^2 -Flächen.

Bezüglich der Immissionskomponente Schwefeldioxid wurden neben den Meßdaten, die auf einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr basieren, zum Vergleich auch solche ausgewertet, bei denen gemäß der alten TA-Luft 1964 [14] die Meßhäufigkeit $N = 26$ Messungen pro Meßstelle betrug.

1. Bedeutung der Beurteilungsflächen- chengröße für die Beurteilung der Luftqualität

Bei der Luftqualitätsbeurteilung im Zusammenhang mit dem Genehmigungsverfahren, Immissionsprognose genannt, kommt es bezüglich der Grundbelastung, also der bereits vor Errichtung der jeweiligen Anlage in deren Umgebung vorhandenen Immissionsbelastung, nicht nur auf die Beantwortung der Frage an, ob die Grenzwerte für die verschiedenen Schadstoffe eingehalten sind oder nicht, sondern vielmehr interessiert die Angabe, welcher Abstand zwischen Immissionsgrenzwert IW_1 bzw. IW_2 und der jeweils ermittelten Immissionsgrundbelastung, ausgedrückt durch die I_1 - bzw. I_2 -Werte, noch besteht. Dieser Abstand gibt nämlich an, welche Zusatzbelastung durch die zu genehmigende Emissionsquelle noch möglich ist.

Bei ein und derselben Immissionssituation ist dieser Abstand, je nach Größe des Beurteilungsgebietes unterschiedlich. Die Ursache hierfür liegt darin begründet, daß die Immissionsbelastung aufgrund der Ausbreitungsvorgänge der emittierten Stoffe nicht räumlich homogen ist, d.h., daß nicht an jedem Raumpunkt in der bodennahen Luftschicht innerhalb einer bestimmten Beurteilungszeit (z.B. 1 Jahr) innerhalb der Meßgenauigkeit die gleichen Meßergebnisse gefunden werden.⁺⁾

In den Abbildungen 1 und 2 sind beispielhaft einige zufällig herausgegriffene Immissionssituationen für verschiedene Immissionskomponenten dargestellt. Als Beurteilungsgebiet wurde die gemäß TA-Luft regelmäßig zu wählende quadratische Fläche von 16 km^2 Größe herangezogen. Für die innerhalb dieser Fläche liegenden

⁺⁾ Die Begriffe: homogen und inhomogen im Zusammenhang mit der räumlichen Verteilung von Schadstoffkonzentrationen in der Luft sind nicht eindeutig definiert. Ansätze zu einer Definition siehe [15]. Im vorliegenden Zusammenhang werden diese Begriffe nur im qualitativen Sinne zur phänomenologischen Beschreibung des Sachverhaltes verstanden.

Abb. 1

Beispielhafte Darstellung der auf verschiedene Flächengrößen bezogenen Immissionsbelastungen

Beispiel 1:

Schwefeldioxid $\overline{[\mu\text{g}/\text{m}^3]}$
(Raum: Essen-Bottrop)

$\frac{136}{417}$	$\frac{135}{417}$	$\frac{140}{485}$	$\frac{147}{485}$
$\frac{136}{417}$	$\frac{126}{417}$	$\frac{129}{485}$	$\frac{106}{350}$
$\frac{118}{237}$	$\frac{122}{316}$	$\frac{123}{350}$	$\frac{92}{236}$
$\frac{131}{262}$	$\frac{149}{393}$	$\frac{122}{319}$	$\frac{74}{195}$

$I_1 (16 \text{ km}^2) = 124 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $I_2 (16 \text{ km}^2) = 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 (Meßjahr: 1972/73)

Beispiel 2:

Fluorverbindungen $\overline{[\mu\text{g}/\text{m}^3]}$
(Raum: Essen-Bottrop)

$\frac{0,75}{2,01}$	$\frac{0,62}{1,39}$	$\frac{0,89}{2,83}$	$\frac{0,97}{3,58}$
$\frac{1,03}{2,29}$	$\frac{0,73}{1,72}$	$\frac{0,93}{3,26}$	$\frac{1,10}{3,58}$
$\frac{0,80}{2,39}$	$\frac{0,85}{2,14}$	$\frac{1,16}{4,12}$	$\frac{1,20}{4,12}$
$\frac{0,57}{1,70}$	$\frac{0,71}{2,08}$	$\frac{1,07}{3,16}$	$\frac{1,04}{3,16}$

$I_1 (16 \text{ km}^2) = 0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $I_2 (16 \text{ km}^2) = 2,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 (Meßjahr: 1971/72)

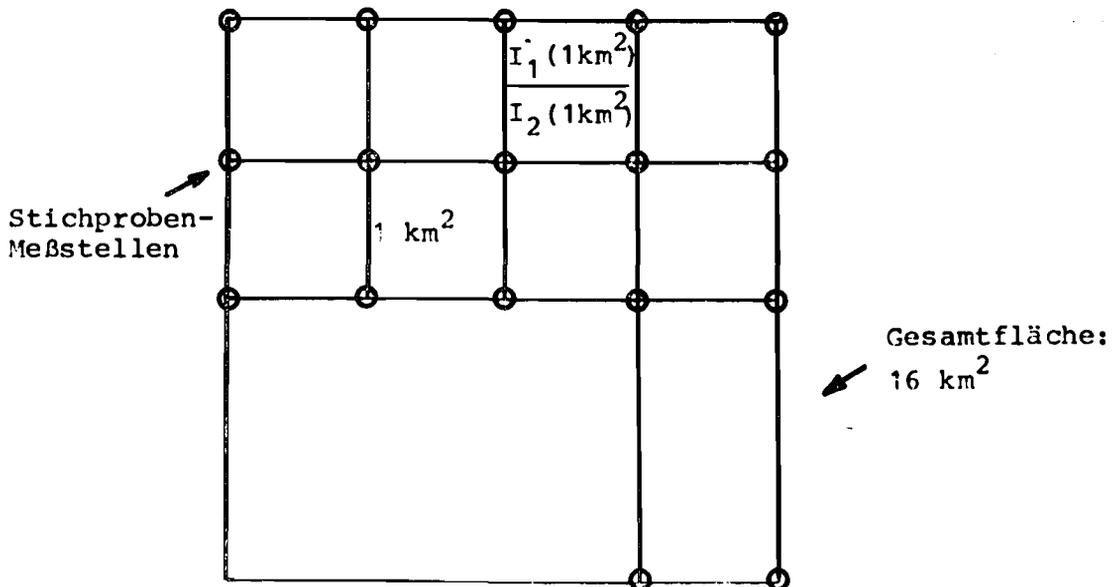


Abb. 2

Beispielhafte Darstellung der auf verschiedene Flächengrößen bezogenen Immissionsbelastungen

Beispiel 3

Schwefelwasserstoff [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
(Raum: Essen)

$\frac{1,64}{3,50}$	$\frac{1,63}{4,50}$	$\frac{2,21}{8,30}$	$\frac{2,33}{8,10}$
$\frac{1,27}{3,30}$	$\frac{2,55}{15,40}$	$\frac{3,20}{15,40}$	$\frac{2,24}{8,10}$
$\frac{1,21}{2,90}$	$\frac{3,85}{28,40}$	$\frac{4,12}{28,40}$	$\frac{1,79}{7,00}$
$\frac{1,21}{2,90}$	$\frac{3,02}{10,10}$	$\frac{3,43}{10,10}$	$\frac{1,89}{7,00}$

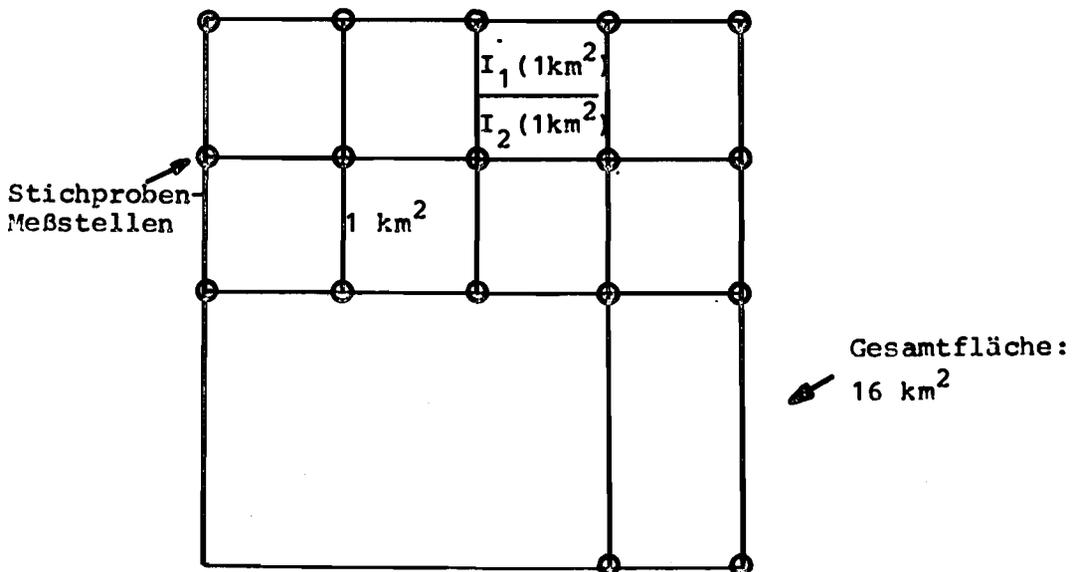
$I_1 (16 \text{ km}^2) = 2,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 $I_2 (16 \text{ km}^2) = 7,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 (Meßjahr: 1976/77)

Beispiel 4

Organische Stoffe [mg/m^3]
(Gesamt-C)
(Raum: Köln)

$\frac{0,66}{1,55}$	$\frac{0,62}{1,55}$	$\frac{0,39}{0,81}$	$\frac{0,45}{0,90}$
$\frac{0,64}{1,88}$	$\frac{0,61}{1,35}$	$\frac{0,40}{0,80}$	$\frac{0,42}{0,89}$
$\frac{0,56}{1,11}$	$\frac{0,53}{1,00}$	$\frac{0,52}{1,08}$	$\frac{0,50}{1,26}$
$\frac{0,41}{0,85}$	$\frac{0,45}{0,86}$	$\frac{0,53}{1,08}$	$\frac{0,50}{1,19}$

$I_1 (16 \text{ km}^2) = 0,50 \text{ mg}/\text{m}^3$
 $I_2 (16 \text{ km}^2) = 1,08 \text{ mg}/\text{m}^3$
 (Meßjahr: 1972/73)



1-km²-Flächen wurde neben der Angabe der I₁- und I₂-Werte für die 16-km²-Fläche auch die auf die 1-km²-Flächen bezogenen I₁- und I₂-Werte berechnet und dargestellt.

Man erkennt, daß bei der Immissionskomponente Schwefeldioxid die I₁- bzw. I₂-Werte der innerhalb der Fläche von 16 km² gelegenen 1-km²-Flächen beträchtlich ober- und unterhalb des I₁- bzw. I₂-Wertes für die 16-km²-Fläche liegen können. Ähnliche Unterschiede treten bei der Immissionskomponente Organische Stoffe (Gesamt-C) auf.

Bei den Schadstoffen Schwefelwasserstoff und Fluorverbindungen sind in den Beispielen der Abbildungen 1 und 2 größere Unterschiede zwischen den auf Flächen von 1 km² und 16 km² bezogenen Kenngrößen zu verzeichnen. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß die räumliche Inhomogenität der Immissionsbelastung dieser Stoffe in der Regel stärker ausgeprägt ist als bei anderen, räumlich gleichmäßiger verteilten Stoffen, wie z.B. Schwefeldioxid. Stärkere Inhomogenitäten sind vor allem dann zu erwarten, wenn z.B. im Zusammenhang mit der Erweiterung einer bereits bestehenden Anlage die Meßgebiete in der unmittelbaren Umgebung von Emissionsquellen liegen und zudem die emittierten Stoffe in niedrigerer Höhe die Auslässe verlassen. Auch bei besonderen orographischen Situationen, wie z.B. extremen Tallagen, können erhebliche räumliche Inhomogenitäten der Immissionsbelastung auftreten.

Würde man nun, wie es derzeitige Vorschläge zur Novellierung der TA-Luft vorsehen, im Zusammenhang mit einem Genehmigungsverfahren anstelle der bisherigen 16-km²-Beurteilungsfläche die Immissionsbelastung der in der Umgebung der zu genehmigenden Anlage liegenden Flächen von 1 km² heranziehen, so würde sich die Situation am Beispiel der Immissionskomponente Schwefeldioxid, wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, wie folgt darstellen: es wird angenommen, daß die zu errichtende Anlage im Mittelpunkt der 16-km²-Fläche läge. Der Abstand zwischen dem Immissionsgrenzwert $IW_1 = 140 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ zu der auf die Fläche von 16 km² bezogenen Immissionskenngröße $I_1 = 124 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ beträgt $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zieht man jedoch die Immissionskenngrößen I₁ aller in der Umgebung der Anlage in einem Feld von 16 km² gelegenen 1-km²-Flächen zur Beurteilung der Immissions-

belastung heran, so stellt man fest, daß auf die höchstbelastete 1-km²-Fläche ein I₁-Wert von 149/ug/m³ entfällt, also zwischen Grenzwert und Kenngröße der höchstbelasteten 1-km²-Fläche gar kein ausschöpfbarer Abstand mehr besteht.

Im Hinblick darauf, daß die durch die Immissionsgrenzwerte markierte Begrenzung der Immissionsbelastung keine untere Belastungsgrenze darstellt, sondern eine obere Grenze, interessieren für den Fall, daß man an Stelle der bislang praktizierten 16-km²-Fläche kleinere Flächen von z.B. 1 km² oder 4 km² Größe als Beurteilungsflächen für die Immissionsbeurteilung heranziehen will, nur die Höchstwerte für die auf diese letztgenannten Flächen bezogenen Kenngrößen I₁ und I₂.

Um diese Relation zwischen der Immissionsbelastung der 16-km²-Fläche und dem H ö c h s t w e r t der Belastung der innerhalb dieser Fläche liegenden 1-km²- und 4-km²-Fläche für die Belastungsgebiete in NW in allgemeiner Form darzustellen, wurden die Quotienten Q_A, Q_B, Q_C und Q_D aus den diesbezüglichen I₁- und I₂-Werten der in die Auswertung einbezogenen Meßdaten gebildet. Hierbei bedeuten:

$$Q_A = \frac{I_1 (1 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)},$$

$$Q_B = \frac{I_1 (4 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)},$$

$$Q_C = \frac{I_2 (1 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)},$$

$$Q_D = \frac{I_2 (4 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)} .$$

Die Quotienten Q nehmen den Wert 1 an, wenn kein Unterschied zwischen den auf verschiedene Flächengrößen bezogenen I₁- bzw. I₂-Werten vorhanden ist. Dieser unwahrscheinliche Fall ist bei der hier vorgelegten Untersuchung nicht aufgetreten. Je mehr sich die

Tabelle 1

Summenhäufigkeit der Q-Werte (Schwefeldioxid)

Summen- häufigkeit [%] Q-Werte	99	90	75	50
$Q_A = \frac{I_1 (1 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,55	1,33	1,25	1,20
$Q_B = \frac{I_1 (4 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,28	1,17	1,12	1,06
$Q_C = \frac{I_2 (1 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,85	1,54	1,39	1,32
$Q_D = \frac{I_2 (4 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,41	1,31	1,23	1,14

Meßhäufigkeit N = 13

Tabelle 2

Summenhäufigkeit der Q-Werte (Schwefeldioxid)

Summen- häufigkeit [%] Q-Werte	99	90	75	50
$Q_A = \frac{I_1 (1 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,39	1,27	1,19	1,12
$Q_B = \frac{I_1 (4 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,21	1,14	1,08	1,05
$Q_C = \frac{I_2 (1 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,55	1,40	1,28	1,16
$Q_D = \frac{I_2 (4 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,29	1,21	1,13	1,08

Meßhäufigkeit N = 26

Tabelle 3

Summenhäufigkeit der Q-Werte (Fluorverbindungen)

Summen- häufigkeit $\left[\frac{\%}{\%} \right]$ Q-Werte	99	90	75	50
$Q_A = \frac{I_1 (1 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,95	1,42	1,30	1,23
$Q_B = \frac{I_1 (4 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,39	1,27	1,15	1,09
$Q_C = \frac{I_2 (1 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	2,13	1,72	1,61	1,48
$Q_D = \frac{I_2 (4 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,62	1,42	1,27	1,18

Meßhäufigkeit N = 13

Tabelle 4

Summenhäufigkeit der Q-Werte (organische Verbindungen)

Summen- häufigkeit [%] Q-Werte	99	90	75	50
$Q_A = \frac{I_1 (1 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,93	1,54	1,31	1,16
$Q_B = \frac{I_1 (4 \text{ km}^2)}{I_1 (16 \text{ km}^2)}$	1,30	1,18	1,11	1,06
$Q_C = \frac{I_2 (1 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,75	1,65	1,49	1,31
$Q_D = \frac{I_2 (4 \text{ km}^2)}{I_2 (16 \text{ km}^2)}$	1,45	1,36	1,22	1,11

Meßhäufigkeit N = 13

Werte für Q von 1 unterscheiden, desto größer ist die Unterschiedlichkeit der Aussage über den noch auszuschöpfenden Abstand zwischen Immissionsgrenzwert und Grundbelastung im Zusammenhang mit einem Genehmigungsverfahren bzw. über den durch entsprechende Emissions- und/oder Immissionsverminderungsmaßnahmen abzubauenen Abstand zwischen überhöhter Immissionsbelastung und Immissionsgrenzwert im Zusammenhang mit nachträglichen Maßnahmen.

Aus den für alle untersuchten 16-km²-Flächen ermittelten Q-Werten wurden, getrennt für die Immissionskenngrößen I₁ und I₂ und getrennt für Flächen von 1 km² und 4 km² die Summenhäufigkeitsverteilungen der Q-Werte für die verschiedenen Immissionskomponenten aufgestellt. Aus diesen Summenhäufigkeitskurven ist zu entnehmen, mit welcher Häufigkeit bestimmte Q-Werte auftreten. In den Tab. 1-4 sind für bestimmte Prozent-Werte die aus diesen Verteilungen entnommenen zugehörigen Summenhäufigkeitswerte dargestellt.

Die Q-Werte indizieren übrigens zugleich auch die räumliche Inhomogenität der Immissionsbelastung; denn je weniger räumlich inhomogen die SO₂-Immissionsbelastung ist, desto mehr nähern sich die einzelnen Q-Werte dem Wert 1 an.

Wie sich die durch die Q-Werte in relativer Form dargelegten Verhältnisse bei den verschiedenen Immissionskomponenten in absoluten Immissionsbelastungsangaben darstellen, ist für die einzelnen Schadstoffe im folgenden anhand von Zahlenbeispielen erläutert.

1.1. Auswertung der Meßdaten der Immissionskomponente "Schwefeldioxid"

Die Quotienten Q aus den I₁- bzw. I₂-Werten der 1-km²-Flächen zu den zugehörigen I₁- bzw. I₂-Werten der zugehörigen 16-km²-Flächen wurden für insgesamt 75 16-km²-Flächen gebildet. Das gleiche erfolgte für die 4-km²-Flächen. Diese Flächen wurden zufällig aus den 3 Belastungsgebieten [17] im Ruhrgebiet herausgegriffen. Zusätzlich wurden noch einige Flächen aus den Belastungsgebieten Rheinschiene-Mitte und Rheinschiene-Süd einbezogen. Wie aus den Abbildungen 3 und 4 zu ersehen ist, sind die Flächen ziemlich

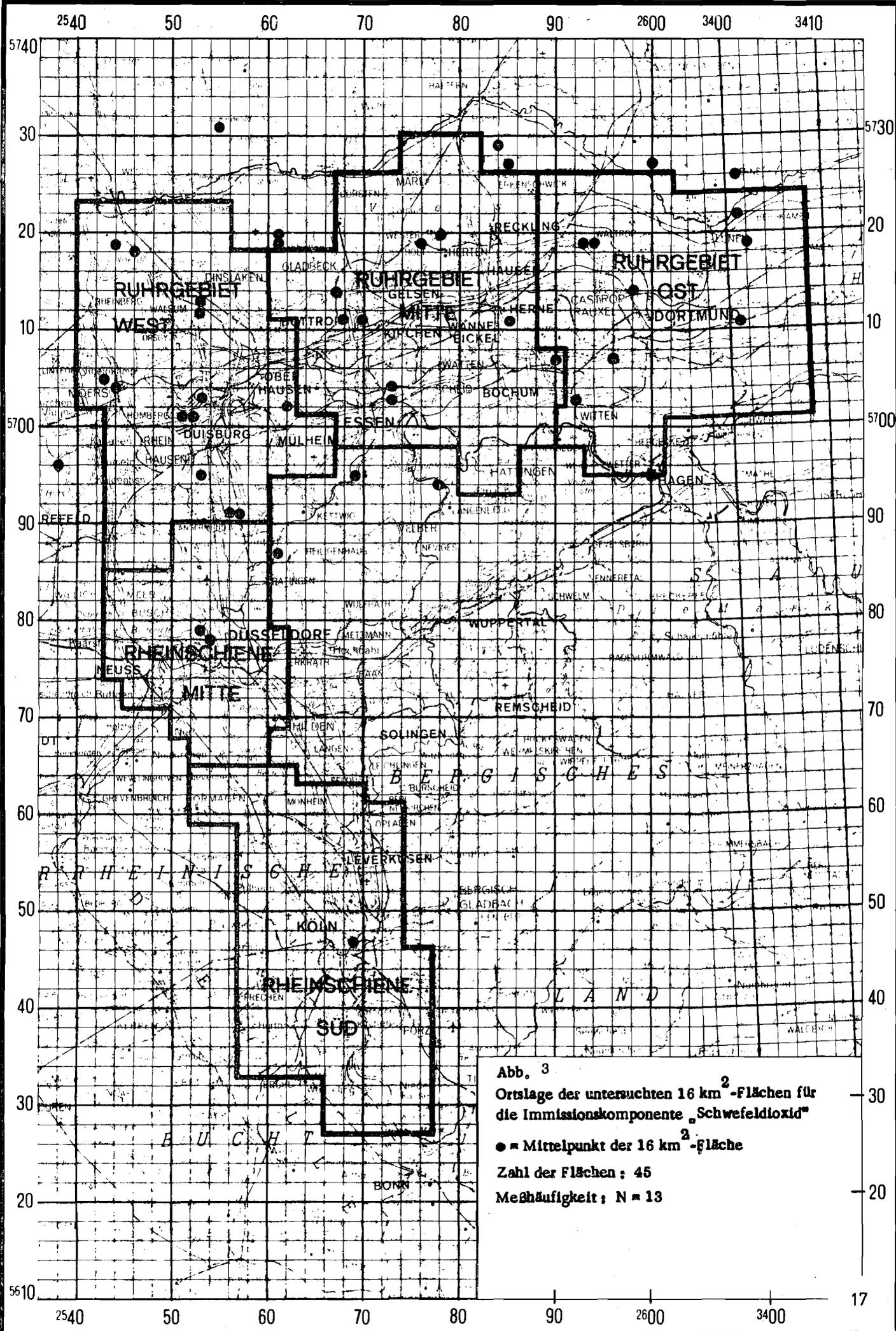


Abb. 3
 Ortslage der untersuchten 16 km²-Flächen für
 die Immissionskomponente „Schwefeldioxid“

● = Mittelpunkt der 16 km²-Fläche

Zahl der Flächen : 45

Meßhäufigkeit ; N = 13

— 30
 — 20

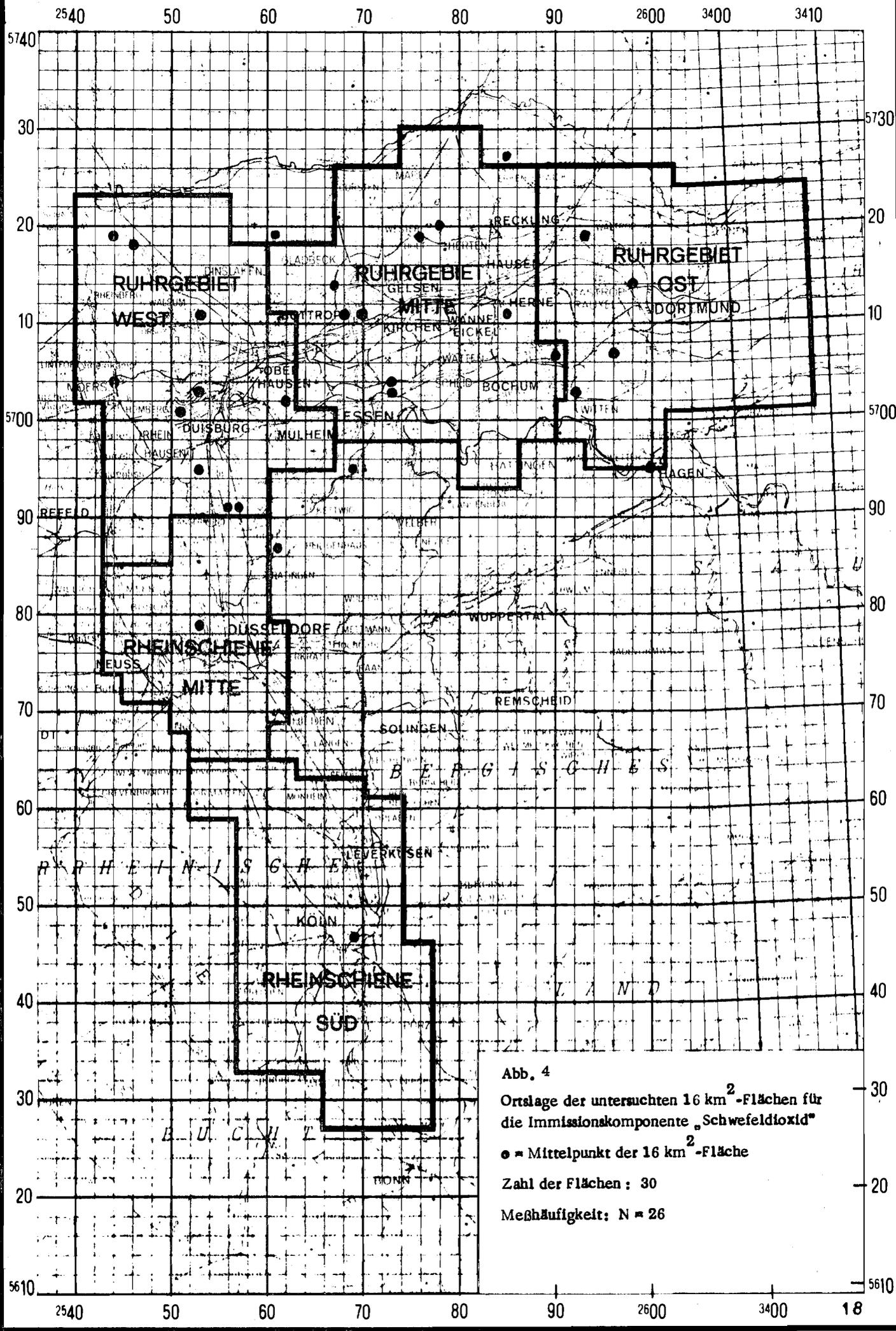


Abb. 4

Ortslage der untersuchten 16 km²-Flächen für die Immissionskomponente „Schwefeldioxid“

● = Mittelpunkt der 16 km²-Fläche

Zahl der Flächen : 30

Meßhäufigkeit: N = 26

30
20
18

gleichmäßig über das Ruhrgebiet verteilt. Die Messungen, die den I_1 - und I_2 -Werten zu Grunde liegen, wurden bei den Daten aus den Meßjahren 1972/73 (45 16-km^2 -Flächen) mit einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Einzelmessungen pro Meßstelle und Meßjahr im bereits in Abschnitt 1 erwähnten 1-km -Meßnetz durchgeführt [7]. Aus Vergleichsgründen wurden daneben jeweils 30 16-km^2 -Flächen aus den Meßjahren 1967/68 und 1968/69 ausgewählt [5, 6], deren I_1 - und I_2 -Werte auf Messungen mit einer Meßhäufigkeit von $N = 26$ Einzelmessungen pro Meßstelle und Meßjahr gemäß der alten TA-Luft 1964 basieren. Diese 30 Flächen sind mit 30 von 45 Flächen aus dem Meßjahr 1972/73 identisch. Aus datentechnischen Gründen konnten aus den Meßjahren 1967/68 und 1968/69 nicht die Meßdaten aller 45 Flächen berücksichtigt werden. Der Bereich, innerhalb dessen die I_1 -Werte für die Belastung der insgesamt 75 16-km^2 -Flächen sich bewegten, lag zwischen 60 und $198 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, der entsprechende Bereich für I_2 -Werte betrug 190 bis $526 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Die 45 untersuchten 16-km^2 -Flächen umfassen unter Berücksichtigung einer partiellen Überlagerung der Flächen ca. 600 km^2 und repräsentieren damit ca. 25 % des Luftqualitätsüberwachungsgebietes an der Ruhr (Belastungsgebiete im Ruhrgebiet).

Man erkennt aus den Tab. 1 und 2, daß die aus den I_1 -Werten der 1-km^2 -Flächen und den I_1 -Werten der jeweils zugehörigen 16-km^2 -Flächen gebildeten Q_A -Werte in 99 % der untersuchten Fälle bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle das 1,55fache und bei einer Meßhäufigkeit von $N = 26$ Messungen pro Meßstelle das ca. 1,4fache des zugehörigen I_1 -Wertes der 16-km^2 -Flächen betragen. Die auf die 4-km^2 -Flächen (Tab. 1 und 2) bezogenen Q_B -Werte betragen in 99 % der Fälle bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle das ca. 1,3fache, bei einer Meßhäufigkeit von $N = 26$ das ca. 1,2fache des jeweiligen I_1 -Wertes der zugehörigen 16-km^2 -Flächen.

Die entsprechenden Werte der Q_C -Werte bezüglich des Vergleiches der I_2 -Werte (95 %-Summenhäufigkeitswerte) betragen, wie aus den Tabellen 1 und 2 hervorgeht, für den Vergleich 1-km^2 -/ 16-km^2 -Flächen bei $N = 13$ Messungen pro Meßstelle ca. 1,9 und bei $N = 26$ Messungen pro Meßstelle ca. 1,6. Bei dem Vergleich: 4-km^2 -/ 16-km^2 -Flächen beträgt der Q_D -Wert bei $N = 13$ Messungen pro Meßstelle

ca. 1,4 und bei $N = 26$ Messungen pro Meßstelle ca. 1,3.

Es ist ersichtlich, daß die Q-Werte bezüglich der I_1 - und I_2 -Kenngrößen beim Vergleich $1 \text{ km}^2/16 \text{ km}^2$ größer sind als beim Vergleich $4 \text{ km}^2/16 \text{ km}^2$. Dies ist völlig plausibel, da mit ansteigender Flächengröße von 1 auf 4 km^2 die räumliche Inhomogenität der Immissionsbelastung sich relativ zur 16-km^2 -Fläche weniger stark auswirkt. Daraus folgt, daß die Übertragbarkeit einer Immissionsbelastungsangabe von einer Meßfläche auf die umgebende größere Fläche mit zunehmender Größe der Meßfläche besser wird. Des Weiteren ist eine gewisse Tendenz erkennbar, dahingehend, daß bei der in der alten TA-Luft von 1964 vorgesehenen Meßhäufigkeit von $N = 26$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr, die aufgrund von Untersuchungen von STRATMANN und Mitarbeitern [18] in die damalige TA-Luft eingeführt worden ist, geringere gegenseitige Abweichungen der auf Flächengrößen von 1 und 16 km^2 bzw. 4 und 16 km^2 bezogenen I_1 - und I_2 -Werte auftreten, als es bei der in der derzeitigen gültigen TA-Luft von 1974 mit $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr der Fall ist.

Aus den dargelegten Ergebnissen ist darüber hinaus abzuleiten, daß bei vorgegebener Größe der Beurteilungsfläche von 16 km^2 eine Verkleinerung der Flächen unterhalb von 1 km^2 zu einer weiteren Vergrößerung der Q-Werte beim Vergleich der diesbezüglichen Immissionsbelastungen mit denjenigen der 16-km^2 -Fläche führen wird und umgekehrt eine Vergrößerung der Flächen über 4 km^2 hinaus zu einer Verringerung der Q-Werte. Dies ist auch zu erwarten und völlig plausibel.

In den Tabellen 5 und 6 sind nun Zahlenbeispiele aufgeführt, aus denen hervorgeht, mit welchen Höchstwerten für die Immissionskenngrößen I_1 und I_2 für Flächen von 1 km^2 bzw. 4 km^2 man unter Zugrundelegung bestimmter relativer Häufigkeiten für das Auftreten dieser Höchstwerte rechnen muß, wenn realistische, also in der Praxis gemessene I_1 - und I_2 -Werte in einer 16-km^2 -Fläche, die die 1-km^2 - und 4-km^2 -Flächen umschließt, vorliegen.

Findet man (s. Tabelle 5) bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr z.B. einen I_1 -Wert von $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 5: Vergleich der Höchstwerte der innerhalb einer 16-km²-Fläche auftretenden I₁-Werte für Flächen von 1 und 4 km² Größe mit den I₁-Werten der 16-km²-Fläche

Immissionskomponente: Schwefeldioxid

Werte der Kenngröße I ₁ (16 km ²) [µg/m ³]	Höchstwerte der Kenngröße I ₁ [µg/m ³]			
I ₁ (N = 13)	I ₁ (1 km ²) (N = 13)		I ₁ (4 km ²) (N = 13)	
100	155	133	125	120
120	186	160	150	144
140	217	186	175	168
160	248	212	200	192
I ₁ (N = 26)	I ₁ (1 km ²) (N = 26)		I ₁ (4 km ²) (N = 26)	
100	139	127	119	112
120	167	152	143	134
140	195	177	166	157
160	222	203	190	179
I ₁ (N = 13)	I ₁ (1 km ²) (N = 13)		I ₁ (4 km ²) (N = 13)	
100	128	117	112	106
120	154	140	135	132
140	179	164	152	148
160	204	187	179	170
I ₁ (N = 26)	I ₁ (1 km ²) (N = 26)		I ₁ (4 km ²) (N = 26)	
100	121	114	108	105
120	145	137	130	126
140	169	159	151	147
160	193	182	173	168
relative Häufigkeit [%]	1	10	25	50

N = Zahl der Einzelmeßwerte pro Meßstelle und Meßjahr
(Meßhäufigkeit)

Tabelle 6: Vergleich der Höchstwerte der innerhalb einer 16-km²-Fläche auftretenden I₂-Werte für Flächen von 1 km² und 4 km² mit den I₂-Werten der 16-km²-Fläche

Immissionskomponente: Schwefeldioxid

Werte der Kenngröße I ₂ (16 km ²) [µg/m ³]	Höchstwerte der Kenngröße I ₂ [µg/m ³]			
I ₂ (N = 13)	I ₂ (1 km ²) (N = 13)			
200	370	308	276	264
300	555	460	415	395
400	740	615	555	526
500	925	770	695	660
I ₂ (N = 26)	I ₂ (1 km ²) (N = 26)			
200	310	280	256	232
300	465	420	384	348
400	620	560	512	464
500	775	700	640	580
I ₂ (N = 13)	I ₂ (4 km ²) (N = 13)			
200	282	262	246	228
300	422	392	369	352
400	562	522	492	456
500	705	652	615	570
I ₂ (N = 26)	I ₂ (4 km ²) (N = 26)			
200	258	242	226	216
300	387	363	339	324
400	516	484	452	342
500	645	605	565	540
relative Häufigkeit [%]	1	10	25	50

N = Anzahl der Einzelmeßwerte pro Meßstelle und Meßjahr
(Meßhäufigkeit)

für die Fläche von 16 km^2 , so ist in 1 % der Fälle zu erwarten, daß in einer beliebigen 1-km^2 -Teilfläche die diesbezügliche I_1 -Kenngröße noch den Wert von $140 \cdot 1,55 = 217 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ annimmt.

Für den Vergleich der I_1 -Werte von 4-km^2 - und 16-km^2 -Flächen beträgt bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr in 1 % der Fälle bei einem angenommenen Wert für den I_1 -Wert der 16-km^2 -Fläche von $140 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ der Höchstwert der I_1 -Werte für 1-km^2 -Flächen $195 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Man entnimmt der Tabelle 5, daß bei einer Meßhäufigkeit von $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Jahr in 50 % der Fälle bei einem I_1 -Wert für eine Fläche von 16 km^2 von $120 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ der Höchstwert der Kenngröße I_1 für die innerhalb der 16-km^2 -Flächen gelegenen 1-km^2 -Flächen bei $144 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ liegen wird. Das heißt, basierend auf den I_1 -Werten der Immissionsbelastung von 16-km^2 -Flächen einerseits und den eingeschlossenen 1-km^2 -Flächen andererseits wird der Abstand zum Grenzwert $I_{W1} = 140 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ für die 16-km^2 -Fläche mit $20 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, für die 1-km^2 -Flächen dagegen mit $0 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ angegeben.

Während also auf der Basis der Grundbelastungsbeurteilung anhand der Immissionsbelastung der 1-km^2 -Flächen keine ausschöpfbare Differenz zwischen Grenzwert und Kenngröße mehr vorliegt, beträgt diese bei der Beurteilung anhand der 16-km^2 -Fläche immerhin $20 \text{ } \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Dieser Immissionsbelastungsanteil kann, je nach der Konstellation der Austrittsbedingungen des Schwefeldioxids, einer mehr oder weniger großen Schwefeldioxid-Emission entsprechen.

Je nachdem aus welchem Blickwinkel man die Sache betrachtet und je nach der Ausgangsposition, die man bezüglich der Zuordnung eines Immissionsgrenzwertes zu einer bestimmten Beurteilungsflächengröße einnimmt, kann man konstatieren, daß die unterschiedlichen Größen der Beurteilungsflächen bei der Bewertung der diesbezüglichen Immissionsbelastungen mit ein und demselben Grenzwert zu einer Erleichterung der Ansiedlung von Neuanlagen führt o d e r zu einer Steigerung des Schutzes der Umwelt vor schädlichen Immissionen.

Beträgt, um ein anderes Beispiel anzuführen, auf der Basis einer

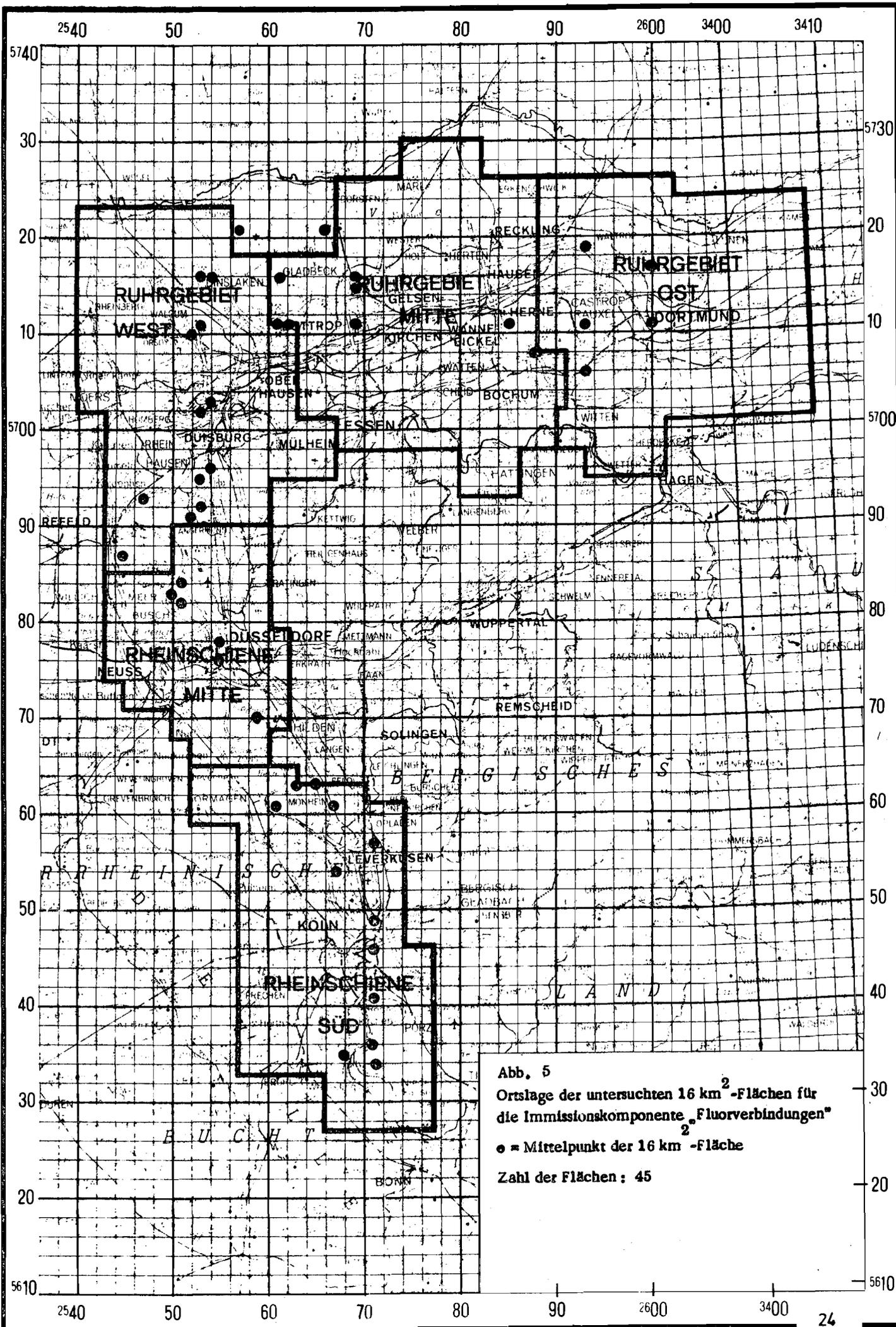


Abb. 5
 Ortslage der untersuchten 16 km^2 -Flächen für
 die Immissionskomponente „Fluorverbindungen“
 ● = Mittelpunkt der 16 km^2 -Fläche
 Zahl der Flächen : 45

Meßhäufigkeit von $N = 13$ der I_1 -Wert für die Fläche von 16 km^2 z.B. $160 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, so würde, wie aus Tabelle 5 hervorgeht, in ca. 25 % der Fälle der Höchstwert der Immissionskenngröße I_1 der 1-km^2 -Flächen $200 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ betragen. Der Abstand zum Grenzwert, also die überhöhte Immissionsbelastung beträgt für die Beurteilungsfläche von $16 \text{ km}^2 = 20 \mu\text{g SO}_2$, während für die 1-km^2 -Fläche eine überhöhte Belastung von $60 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ auftreten kann. Würde man eine nachträgliche Maßnahme auf diesem Ergebnis aufbauen, so wären die korrespondierenden Emissionsverminderungsmaßnahmen an der Quelle, in deren Umgebung dieses Ergebnis gezeitigt worden wäre, natürlich ziemlich unterschiedlich, nämlich, ausgedrückt in der abzubauenen Immissionsbelastung um den Faktor 3, je nachdem, ob man die Immissionsbelastung von 1-km^2 -Flächen oder von 16-km^2 -Flächen zugrunde legt.

Die bezüglich des I_1 -wertes ausführlich geschilderten Verhältnisse sind prinzipiell die gleichen, wenn der I_2 -Wert zur Beurteilung der Immissionssituation herangezogen wird, wobei die durch die unterschiedliche Flächengröße von 1 bzw. 16 km^2 hervorgerufenen Diskrepanzen bei der Immissionsbeurteilung anhand des I_2 -wertes noch größer sind als bei Anwendung der Immissionskenngröße I_1 (s. Tabelle 6).

1.2. Auswertung der Meßdaten der Immissionskomponente "Fluorverbindungen"

Die Quotienten Q wurden in der gleichen Weise gebildet, wie bei der Immissionskomponente Schwefeldioxid beschrieben, und zwar aus insgesamt 5 16-km^2 -Flächen. (Die Lage der zufällig aus der Gesamtzahl der 16-km^2 -Flächen herausgegriffenen 45 Flächen ergibt sich aus der Abbildung 5). Dies entspricht ca. 15 % der Fläche der Belastungsgebiete im Rhein-Ruhrgebiet. Der Bereich, innerhalb dessen die I_1 -Werte für die Belastung der 16-km^2 -Flächen sich bewegten, lag zwischen $0,3$ und $0,9 \mu\text{g F}^-/\text{m}^3$, der entsprechende Bereich für die I_2 -Werte betrug $0,7$ bis $2,6 \mu\text{g F}^-/\text{m}^3$.

Die Meßhäufigkeit betrug durchgängig $N = 13$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr. Die untersuchten Meßdaten entstammen Messungen aus den Meßjahren 1971, 1972 und 1973 [9, 10, 11].

Tabelle 7: Vergleich der Höchstwerte der innerhalb einer 16-km²-Fläche auftretenden I₁- und I₂-Werte für Flächen von 1 km² und 4 km² mit den I₁- und I₂-Werten der 16-km²-Fläche

Immissionskomponente: Fluorverbindungen

Werte der Kenngrößen I ₁ und I ₂ (16 km ²) [µg/m ³]	Höchstwerte der Kenngrößen I ₁ und I ₂ [µg/m ³]			
I ₁	I ₁ (1 km ²)			
0,20	0,39	0,28	0,26	0,25
0,50	0,98	0,71	0,65	0,62
1,00	1,95	1,42	1,30	1,23
1,50	2,92	2,13	1,95	1,85
I ₁	I ₁ (4 km ²)			
0,20	0,28	0,25	0,23	0,22
0,50	0,70	0,64	0,58	0,55
1,00	1,39	1,27	1,15	1,09
1,50	2,08	1,91	1,73	1,64
I ₂	I ₂ (1 km ²)			
2,00	4,25	3,64	3,20	2,96
2,50	5,32	4,30	4,00	3,70
3,00	6,40	5,15	4,80	4,44
4,00	8,50	6,87	6,40	5,91
I ₂	I ₂ (4 km ²)			
2,00	3,24	2,84	2,54	2,36
2,50	4,05	3,55	3,18	2,95
3,00	4,86	4,26	3,81	3,54
4,00	6,97	5,67	5,09	4,72
relative Häufigkeit [%]	1	10	25	50

Meßhäufigkeit N = 13

(Anzahl der Einzelmeßwerte pro Meßstelle und Meßjahr)

Die Summenhäufigkeitsverteilung der Q-Werte ist auszugsweise in der Tabelle 3 dargestellt.

Die Zahlenbeispiele über die Unterschiede in den Immissionsbelastungen in Abhängigkeit von der Beurteilungsflächengröße sind in der Tabelle 7 enthalten.

Im Vergleich zur Immissionskomponente Schwefeldioxid sind diese Unterschiede größer, vor allen Dingen hinsichtlich der mit geringer Häufigkeit auftretenden, stark von $Q = 1$ abweichenden Q-Werten, d.h. bei den mit geringer Wahrscheinlichkeit auftretenden Höchstwerten der Kenngrößen I_1 und I_2 , wie ein Vergleich der Tabellen 1, 2 und 3 bzw. 5, 6 und 7 zeigt. In Einzelfällen von auf Flächen von 16 km^2 bezogenen F^- -Immissionsbelastungen in der Umgebung bestimmter Emittenten für Fluorverbindungen, die in der vorliegenden Untersuchung nicht erfaßt sind, können Q-Werte, bezogen auf Flächen von 1 km^2 und auf die Kenngröße I_1 , Werte bis zu $Q = 3$ annehmen, und, bezogen auf Flächen von 1 km^2 und auf die Kenngröße I_2 , sogar Werte bis $Q = 4$ erreichen. Dies bedeutet, daß erhebliche Unterschiede in der Beurteilung von Immissionsbelastungen durch Fluorverbindungen, z.B. Grundbelastungen, aufgrund unterschiedlicher Größe der Beurteilungsflächen auftreten können, selbst wenn diese Belastungen nicht in der Nähe der Grenzwerte für Fluorverbindungen liegen.

1.3. Auswertung der Meßdaten der Immissionskomponente "Organische Verbindungen" (Gesamt-C)

Bezüglich der Immissionskomponente Organische Verbindungen wurden aus 15 16-km^2 -Flächen, die ebenso wie bei Schwefeldioxid und Fluorverbindungen zufällig aus dem Gebiet der Belastungsgebiete im Rhein-Ruhrgebiet herausgegriffen wurden, die Q-Werte in gleicher Weise wie bei Schwefeldioxid ermittelt und in Form von Summenhäufigkeitsverteilungen dargestellt (s. Tabelle 4). Die Lage der Flächen ergibt sich aus der Abbildung 6. Die 15 Flächen repräsentieren ca. 7 % der Fläche der Belastungsgebiete an Rhein und Ruhr. Die Meßdaten wurden in den Jahren 1971, 1972 und 1973 ermittelt [9, 10, 11]. Die Meßhäufigkeit betrug $N = 13$ Messungen pro

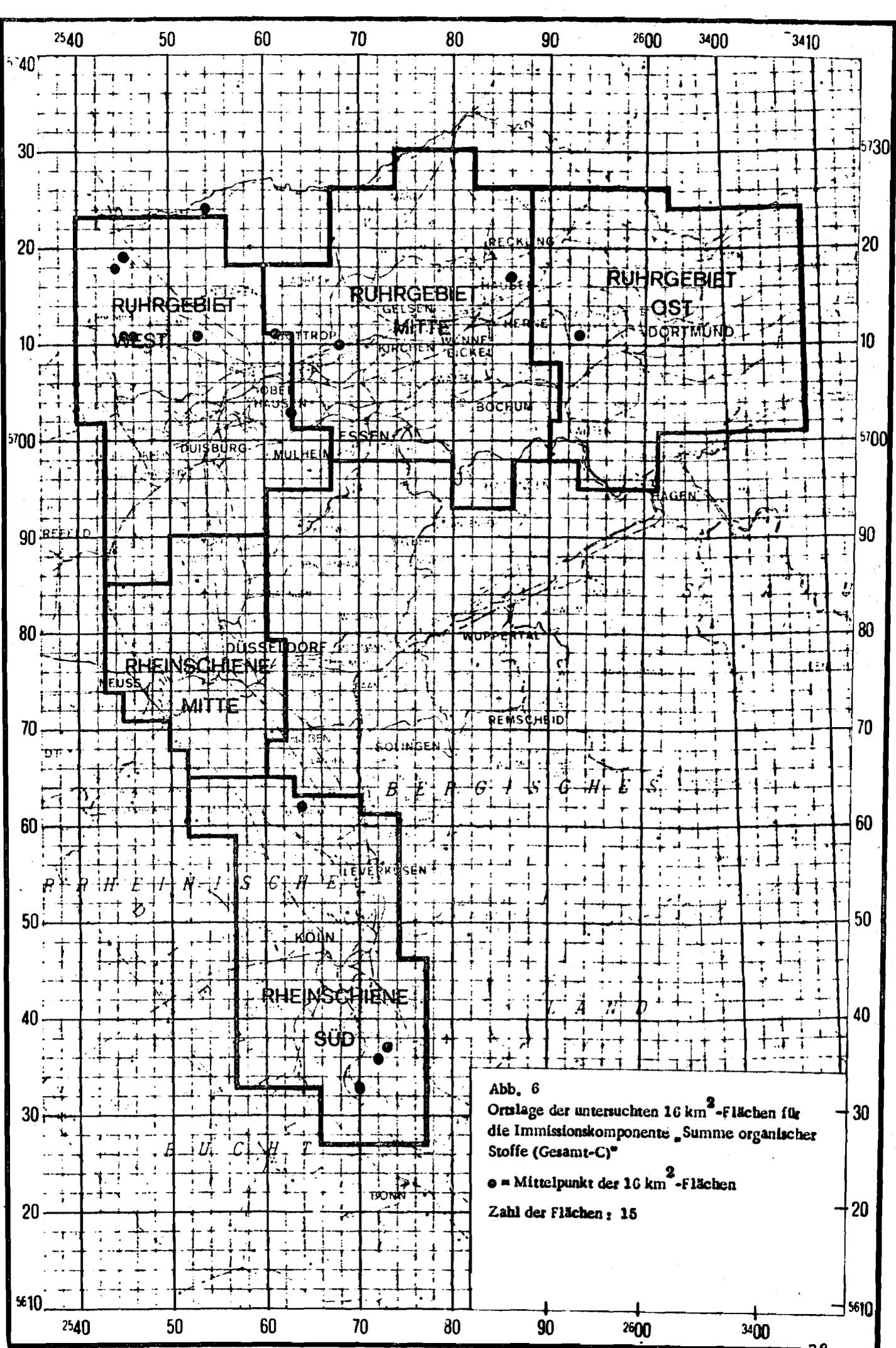


Tabelle 8: Vergleich der Höchstwerte der innerhalb einer 16-km²-Fläche auftretenden I₁- und I₂-Werte für Flächen von 1 und 4 km² mit den I₁- und I₂-Werten der 16-km²-Fläche

Immissionskomponente: Organische Verbindungen (Gesamt-C)

Werte der Kenngrößen I ₁ und I ₂ (16 km ²) [mg/m ³]	Höchstwerte der Kenngrößen I ₁ und I ₂ [mg/m ³]			
I ₁	I ₁ (1 km ²)			
0,20	0,39	0,31	0,26	0,23
0,50	0,97	0,77	0,66	0,58
1,00	1,93	1,54	1,31	1,16
1,50	2,90	2,31	1,97	1,74
I ₁	I ₁ (4 km ²)			
0,20	0,26	0,24	0,22	0,21
0,50	0,65	0,59	0,55	0,53
1,00	1,30	1,18	1,11	1,06
1,50	1,95	1,77	1,66	1,59
I ₂	I ₂ (1 km ²)			
1,00	1,75	1,65	1,49	1,31
1,50	2,62	2,48	2,24	1,96
2,00	3,50	3,30	2,98	2,62
2,50	4,75	4,12	3,72	3,28
I ₂	I ₂ (4 km ²)			
1,00	1,54	1,36	1,22	1,11
1,50	2,18	2,04	1,83	1,65
2,00	2,90	2,62	2,44	2,20
2,50	3,62	3,40	3,65	2,75
relative Häufigkeit [%]	1	10	25	50

Meßhäufigkeit N = 13

(Anzahl der Einzelmeßwerte pro Meßstelle und Meßjahr)

Meßstelle und Meßjahr. Der Bereich, innerhalb dessen die auf Flächen von 16 km^2 bezogenen I_1 -Werte sich bewegten, lag zwischen $0,4$ und $1,0 \text{ mg C/m}^3$, der entsprechende Bereich für die I_2 -Werte zwischen $0,9$ und $1,8 \text{ mg C/m}^3$.

Die Zahlenbeispiele sind in der Tabelle 8 enthalten. Aus dem Vergleich der Tabellen 4 und 8 mit den Tabellen 1, 2, 5 und 6 ist zu erkennen, daß die Unterschiede der Immissionsbelastungen unterschiedlich großer Bezugsflächen in der gleichen Größenordnung liegen wie bei der Immissionskomponente Schwefeldioxid.

1.4. Auswertung von Meßdaten der Immissionskomponente "Schwefelwasserstoff"

Für den Schadstoff Schwefelwasserstoff standen mangels entsprechender Messungen nur Daten für 4 16-km^2 -Flächen zur Verfügung. Die Meßhäufigkeit betrug $N = 18$ Messungen pro Meßstelle und Meßjahr. Die Lage der 4 Flächen ist aus der Abbildung 7 zu entnehmen. Die den Schwefelwasserstoff-Meßdaten zugrunde liegenden Messungen wurden im Meßjahr 1976/77 durchgeführt [12].

Der Bereich, in dem die I_1 -Werte der 4 16-km^2 -Flächen variierten, lag zwischen $0,6$ und $3,2 \text{ ug/m}^3$, der Bereich der entsprechenden I_2 -Werte zwischen $1,5$ und $10,5 \text{ ug/m}^3$. Die Unterschiede in den Immissionsbelastungen unterschiedlich großer Bezugsflächen von 16 km^2 , 4 km^2 und 1 km^2 sind noch größer als im Falle der Immissionskomponente Fluorverbindungen. Demzufolge werden die bei Schwefeldioxid eingehend geschilderten Diskrepanzen der Grundbelastungsbeurteilung im Genehmigungsverfahren bezüglich der Immissionskomponente Schwefelwasserstoff noch stärker ins Gewicht fallen als bei Schwefeldioxid.

Zusammenfassend kann aufgrund der vorgelegten Ergebnisse festgestellt werden, daß unterschiedliche Beurteilungsflächen bei ein und derselben Immissionsbelastung zu ganz erheblichen Unterschieden der Immissionsbeurteilung führen, wenn ein und derselbe Immissionsgrenzwert auf die auf verschiedene Flächengrößen bezogenen Immissionskenngrößen angewandt wird. Das anhand der Immissionskom-

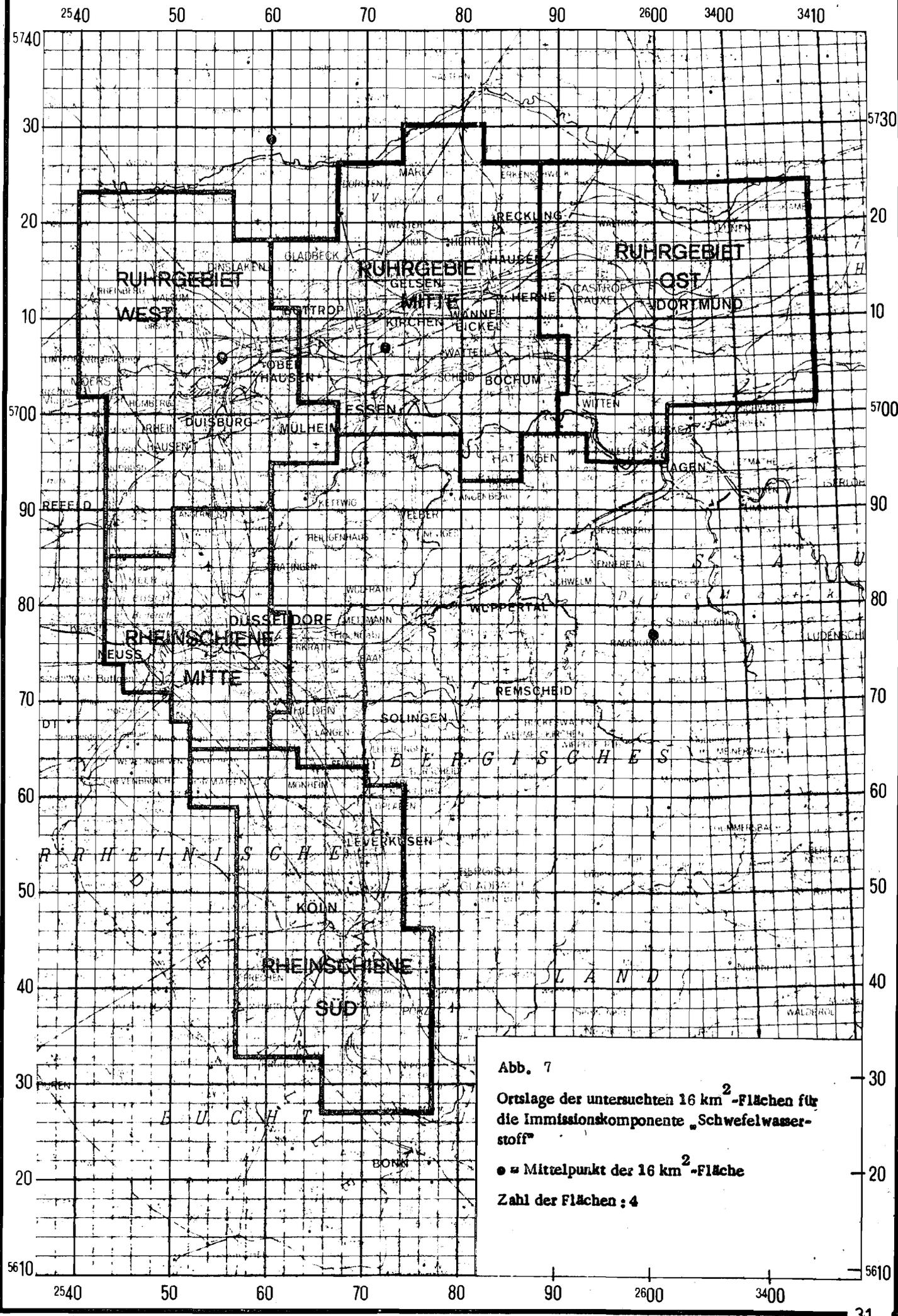


Abb. 7
 Ortslage der untersuchten 16 km²-Flächen für
 die Immissionskomponente „Schwefelwasser-
 stoff“
 ● = Mittelpunkt der 16 km²-Fläche
 Zahl der Flächen : 4

ponenten Schwefeldioxid, Fluorverbindungen, Organische Verbindungen und Schwefelwasserstoff gefundene Resultat kann mit größter Wahrscheinlichkeit auf alle anderen gasförmigen und wahrscheinlich auch auf diejenigen partikelförmigen Immissionskomponenten übertragen werden, die sich ebenso wie die gasförmigen Stoffe ausbreiten.

Die Diskrepanzen in der Bewertung der Immissionsbelastung treten nicht nur im Zusammenhang mit der Grundbelastungsmessung im Genehmigungsverfahren auf, sondern wirken sich vielleicht in noch stärkerem Maße im Zusammenhang mit nachträglichen Maßnahmen allein und in Bezug auf den inneren sachlichen Kontext aus, in dem die Immissionsschutzmaßnahmen in der Präventivphase (Genehmigungsverfahren) zu den Maßnahmen in der Korrekturphase (nachträgliche Maßnahmen) stehen.

In der derzeitigen TA-Luft 1974 ist die Bezugsfläche für die Grundbelastungsmessung im Genehmigungsverfahren mit 16 km^2 festgelegt worden. Die Raffinerie-Richtlinie des Landes NW gibt dagegen bei bestimmten Anlagen Beurteilungsflächen von ca. 1 km^2 Größe vor [16]. Die Beurteilungsfläche bei Messungen im Zusammenhang mit nachträglichen Maßnahmen ist gemäß TA-Luft variabel, minimal aber beträgt sie $0,0625 \text{ km}^2$. Vor dem Hintergrund der hier vorgelegten Untersuchungen ist klar, daß beim Vergleich der Immissionsbelastungen dieser äußerst unterschiedlichen Flächengrößen die aufgrund der Fluktuation des Immissionsfeldes stets vorhandene räumlich-zeitliche Inhomogenität der Immissionsbelastung sich extrem stark bei den sehr kleinen Beurteilungsflächen auswirkt. Bewertet man die auf unterschiedlich große Flächen bezogenen Immissionsbelastungen mit ein und demselben Grenzwert zur Beurteilung der Luftqualität, so ergibt sich z.B. die paradoxe Situation, daß bereits im Stadium der Genehmigung einer Anlage bei nicht zu beanstandender Luftqualität (IW_1 - und IW_2 -Werte auf die Fläche von 16 km^2 bezogen sind eingehalten!) gleichwohl eine nicht ausreichende Luftqualität konstatiert werden kann (IW_1 - oder IW_2 -Werte sind auf 1-km^2 -Teilflächen oder kleineren Teilflächen der 16-km^2 -Fläche teilweise überschritten!) mit der Folge, daß nachträgliche Maßnahmen bereits zum Zeitpunkt der Anlagengenehmigung erforderlich sind!

Man erkennt also, daß die Praktizierung ein und desselben Grenzwertes für Immissionskenngrößen, die die Belastungen unterschiedlich großer Flächen kennzeichnen, letztlich nichts anderes bedeutet, als daß mit unterschiedlichen Grenzwerten gearbeitet wird; unterschiedlich insofern, als die Schutzwirkung des Immissionsgrenzwertes bei größeren Flächen weniger streng ist als bei kleineren Flächen und bei punktueller Betrachtungsweise am strengsten sich auswirkt.

Auf die Anwendung mathematisch-statistischer Signifikanztests (Hypothesenprüfungen) beim Vergleich der auf verschiedene Flächengrößen bezogenen I_1 und I_2 -Werte wurde bewußt verzichtet, weil die Vorschriften der TA-Luft 1974 keine Berücksichtigung der Unsicherheit der ermittelten I_1 - und I_2 -Werte zulassen.

2. Bedeutung einer unterschiedlichen Meßstellendichte und Meßhäufigkeit

In den Ziffern 2.5.2.3. und 2.5.2.4. TA-Luft 1974 sowie auch in dem Entwurf einer Neufassung der TA-Luft (Stand: September 1978) stehen sich hinsichtlich der Informationsgewinnung über die Immissionsbelastung im Zusammenhang mit dem Genehmigungsverfahren scheinbar gleichwertig gegenüber:

- a) die zweckmäßigerweise mit automatischen Geräten durchgeführte zeitlich lückenlose Messung an einer Meßstelle in einem Gebiet von 16 km^2 Größe ("laufende Messungen") und
- b) die zweckmäßigerweise mit diskontinuierlichen Verfahren vorzunehmende zeitlich lückenhafte Messung an 16 Meßstellen in einem Gebiet von 16 km^2 Größe ("Stichprobenmessungen").

Was der zeitlich lückenhaften Messung an zeitlicher Lückenlosigkeit fehlt, wird ersetzt durch eine größere räumliche Auflösung, also durch eine höhere Meßstellendichte. Was umgekehrt der zeit-

lich lückenlosen Messung an Meßstellendichte fehlt, wird ersetzt durch eine extrem große Meßhäufigkeit, nämlich die zeitliche Lückenlosigkeit.

Dieser völlig falschen Vorstellung liegt die Fiktion zugrunde, daß wir es bei Immissionsmessungen mit zeitlich und räumlich invarianten Immissionsfeldern zu tun haben - was grundsätzlich nicht der Fall ist - wie leicht aufgrund des physikalischen Ablaufes beim Transport emittierter Stoffe durch die Atmosphäre einzusehen ist. Nur bei Vorliegen einer extrem geringen räumlichen und zeitlichen Inhomogenität der Immissionskonzentration würden sich wenig unterschiedliche Meßstellendichten und Meßhäufigkeiten nicht mehr gravierend auf das Meßergebnis auswirken.

Daneben liegt der unter b) genannten Vorschrift die Annahme zugrunde, daß jeder Meßstelle ein quadratisches Umfeld von 16 km^2 Größe als Repräsentationsfläche zuzuordnen ist. Dies trifft, wie die folgenden Ergebnisse von Untersuchungen der LIS zeigen, aber nicht zu!^{†)} Die Ergebnisse der Auswertungen von SO_2 -Meßdaten, die einerseits an 12 Meßstationen zeitlich lückenlos und andererseits in den quadratischen Umfeldern dieser Stationen zeitlich lückenhaft im 1-km-Meßnetz erfaßt worden sind, zeigen nämlich deutlich, daß die I_1 -Werte an den Meßstationen und in den Umfeldern von 1, 2, 4, 8 und 16 km^2 Größe sich unterscheiden (s. Tabelle 9). Da die Vorschriften der TA-Luft 1974 den Immissionskenngrößen keinen Un-

^{†)} Daher wurden in den im Abschnitt 1 behandelten Vergleichsuntersuchungen an Flächen von 16 km^2 , 4 km^2 und 1 km^2 Größe nicht 16 Meßstellen pro 16 km^2 , sondern 25 Meßstellen pro 16 km^2 zugrunde gelegt. Dies bedeutet, daß nicht einer Meßstelle ein repräsentatives Umfeld zugeordnet wird, sondern daß sich die Aussage über die Immissionsbelastung auf die von 25 Meßstellen eingeschlossene Fläche von 16 km^2 Größe bezieht. Bei einer Bezugsfläche von 4 km^2 sind auf dieser Fläche 9 Meßstellen enthalten, bei einer Bezugsfläche von 1 km^2 sind die Meßstellen die 4 Eckpunkte der Fläche.

Tabelle 9: Vergleich der an Meßstationen und in den umgebenden Beurteilungsflächen dieser Stationen ermittelten I_{11} -Werte der Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

SO ₂ -Meßstationen		umgebende Beurteilungsfläche				
		1 km ²	2 km ²	4 km ²	8 km ²	16 km ²
Düsseldorf	110	88	81	87	89	90
Duisburg	160	179	166	171	181	174
Oberhausen	130	154	152	168	150	155
Bottrop	140	154	140	137	136	137
Essen	120	98	114	113	105	103
Gelsenkirchen	150	127	123	117	115	128
Wanne-Eickel	150	130	144	131	127	125
Recklinghausen	130	108	106	115	118	114
Bochum	130	108	119	115	100	98
Castrop-Rauxel	150	123	105	114	114	114
Dortmund	130	142	146	142	138	129
Hagen	120	85	88	73	72	73

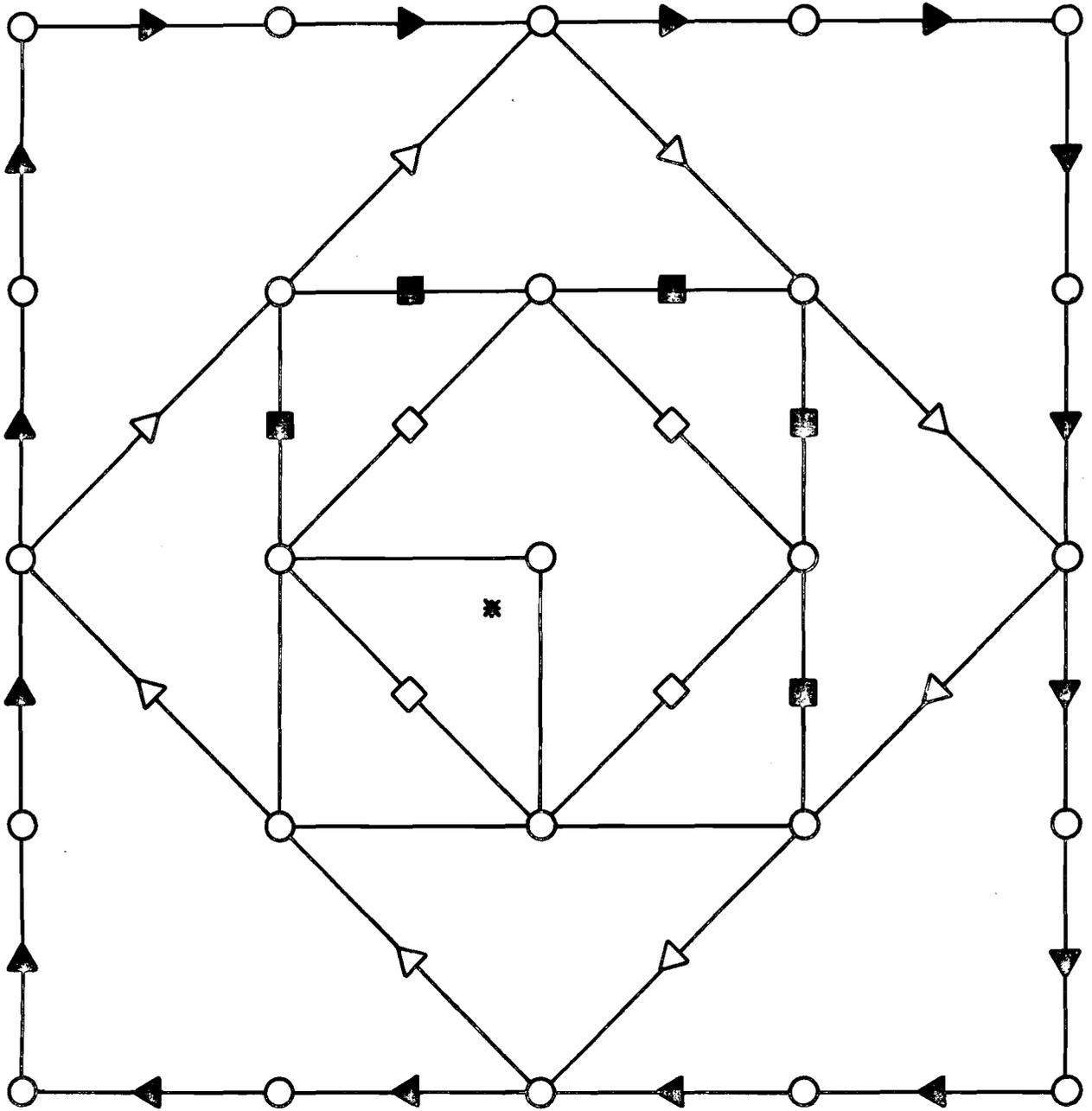
sicherheitsbereich zuordnen, wurde bei einem Vergleich der oben genannten I_1 -Werte auch bewußt auf die Anwendung statistischer Signifikanzprüfungsmethoden verzichtet. Man erkennt aber auch ohnedies das Ausmaß der Unterschiede.

So wird am Beispiel der Station Gelsenkirchen deutlich, daß aufgrund des I_1 -Wertes eine Überschreitung des I_{W_1} -Wertes von $140 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ konstatiert wird, wohingegen auf der umgebenden Fläche von 16 km^2 Größe eine Unterschreitung festgestellt wird und noch ein Abstand von $12 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ zum Grenzwert besteht. Umgekehrt ist an der Station Oberhausen eine Unterschreitung des Grenzwertes zu verzeichnen, während in der Umgebungsfläche von 16 km^2 eine beträchtliche Überschreitung des Grenzwertes mit einem Betrag von $15 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ festgestellt wird. Dies Ergebnis, wonach die an den Meßstationen gewonnenen Aussagen über die mittlere SO_2 -Belastung (I_1 -Wert) nicht auf die Umgebungsfläche von 16 km^2 Größe zu übertragen sind, konnte bereits aufgrund der im Abschnitt 1.1. durchgeführten Vergleiche zwischen den I_1 -Werten für Flächen von 1 und 16 km^2 Größe erwartet werden. Überraschend ist aber, daß auch bereits Unterschiede in der gleichen Größenordnung auftreten beim Vergleich der an den Stationen gemessenen I_1 -Werte mit denjenigen I_1 -Werten, die in kleineren Umfeldern von 1 bis 8 km^2 Größe ermittelt wurden. Bereits bei der sehr kleinen Umgebungsfläche von 1 km^2 Größe betragen die Abweichungen der I_1 -Werte der 1-km^2 -Flächen von den I_1 -Werten der zugehörigen Stationen bis zu 30 %, bezogen jeweils auf die I_1 -Werte der Stationen.

Zur eindeutigen Bestätigung dieses Befundes aus dem Meßjahr 1972/73 [8] wurden für die Meßjahre 1967/68, 1968/69, 1971/72 und 1972/73 auch die an den 11 bzw. 12 SO_2 -Meßstationen ermittelten Verteilungsfunktionen mit den Verteilungsfunktionen der in den Umfeldern dieser Meßstationen von 1 km^2 , 2 km^2 , 4 km^2 , 8 km^2 und 16 km^2 Größe ermittelten SO_2 -Konzentrationen verglichen. (Zur Konfiguration der Meßstationen und der diese umgebenden, verschieden großen quadratischen Flächen, s. Abbildung 8).

Die Signifikanzprüfungen erfolgten mit einer informationstheoretischen Methode, wobei die Diskriminationsinformation - Informationsunterschied zwischen den Meßwertkollektiven an den Stationen

Abbildung 8: Konfiguration einer Meßstation und der diese umgebenden Flächen verschiedener Größe (Beispiel)



- | | |
|------------------------|-----------------------|
| —▶— 16 km Flächengröße | —□— 2 km Flächengröße |
| —▷— 8 km Flächengröße | — 1 km Flächengröße |
| —■— 4 km Flächengröße | * Meßstation |

und in den umgebenden Flächen - als Prüfgröße herangezogen wurde [15].⁺⁾

Die Vergleichsuntersuchungen ergaben, daß signifikante Unterschiede zwischen den Verteilungen der Meßwertkollektive an den Meßstationen und den 16-km²-Umfeldern in den Meßjahren 1967/68 und 1968/69 an allen 11 Meßstationen und in den Meßjahren 1971/72 und 1972/73 an 9 bzw. 10 Meßstationen festgestellt werden konnten (s. Tabelle 10).

Die Meßhäufigkeit bei den Stichprobenmessungen in den Umfeldern der Meßstationen betrug dabei in den Meßjahren 1967/68 und 1968/69 N = 26 Messungen pro Meßstelle und Meßjahr, in den Meßjahren 1971/72 und 1972/73 N = 13 Messungen pro Meßstelle und Meßjahr.

Da aus auswertungstechnischen Gründen die Meßwertkollektive der SO₂-Meßstationen aus 60-Minuten-Werten zusammengestellt werden mußten, die Meßwertkollektive der räumlich-zeitlichen Stichprobenmessungen aber aus 10-Minuten-Werten bestehen, könnte eingewandt werden, daß die festgestellten signifikanten Unterschiede zwischen den auf die Meßstation, also quasi punktuell bezogenen Verteilungen der SO₂-Meßwerte und den auf das 16-km²-Umfeld, also flächenhaft bezogenen Verteilungen eventuell auf diesen Unterschied in der Probenahmezeit der Meßwerte zurückzuführen seien; denn die Dispersion einer Verteilung von SO₂-Meßwerten hängt u.a. von der Probenahmezeit ab, und zwar wird die Dispersion um so größer, je kürzer die Probenahmezeit ist [20]. So kann a priori von der Verteilung der 10-Minuten-Meßwerte eine größere Dispersion erwartet werden, als von einer Verteilung der 60-Minuten-Werte. Um diesen möglichen Einfluß der unterschiedlichen Probenahmezeit, der sich allerdings nicht auf den I₁-Wert auswirkt, zu eliminieren, wurden die Signifikanzprüfungen auch für Beurteilungsflächen < 16 km² durchgeführt (s. Tabelle 10). Das Ergebnis ist, daß bei Verkleinerung der Beurteilungsfläche von 16 km² bis zu 1 km² die

⁺⁾ Über diese Untersuchungen wird demnächst eingehend in einer gesonderten Publikation berichtet werden [19].

Tabelle 10

Anzahl der signifikanten Unterschiede zwischen den an den Meßstationen und in den umgebenden Beurteilungsflächen ermittelten Kollektiven von Schwefeldioxid-Meßwerten

(Stabilität der Aussage: 90 %⁺)

1967/68	2	4	7	10	11	11
1968/69	5	9	10	11	11	11
1971/72	4	6	4	6	9	12
1972/73	5	7	9	10	10	12
Meßjahr	1	2	4	8	16	Anzahl der untersuchten Meßstationen = Meßwertkollektive
	Beurteilungsfläche (km ²) der Stichprobenmessungen					

⁺) Die Stabilität der Aussage ist das informationstheoretische Äquivalent zu dem mathematisch-statistischen Begriff der Aussagesicherheit (statistische Sicherheit)

Anzahl der Meßstationen mit signifikantem Unterschied systematisch abnimmt, so daß man in etwa von einer Proportionalität zwischen der Größe der Beurteilungsfläche und der Anzahl der Meßstationen mit signifikantem Unterschied sprechen kann. Hieraus kann geschlossen werden, daß dieser Trend eine Folge unterschiedlicher räumlicher Inhomogenität ist; d.h., die signifikanten Unterschiede werden durch einen unterschiedlichen Flächenbezug der Meßwertkollektive verursacht und sind **n i c h t** die Folge einer unterschiedlichen Probenahmezeit. Hieraus ergibt sich, daß die mit a) und b) bezeichneten unterschiedlichen Meßverfahrensweisen der TA-Luft (a = laufende Messungen, b = Stichprobenmessungen) strukturelle Unterschiede aufweisen, die zu ungleichwertigen Informationen über die Immissionsbelastung führen.

Literaturverzeichnis

- [1] Erste Verwaltungsvorschrift zum BImSchG
(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA-Luft) vom 28.8.1974
Gem. Ministerialblatt, 25. Jg. (1974), Nr. 24, S.426/452.
- [2] BUCK, M.:
Luftqualitätsüberwachung in der Bundesrepublik Deutschland
- Konzept einer integrierten Immissionsüberwachung -
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 33, S. 114/125.
Verlag W. Girardet, Essen 1975.
- [3] BUCK, M.:
Luftqualitätsüberwachung in Nordrhein-Westfalen.
Aus Forschung und Wissenschaft, Heft 2 (1975), S. 52/61.
Herausgeber: Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW, Düsseldorf.
- [4] KÜLSKE, S. und H.W. LOHSE:
Das Smogalarmsystem des Landes Nordrhein-Westfalen.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 33, S. 69/72.
Verlag W. Girardet, Essen 1974.
- [5] STRATMANN, H. und H. IXFELD:
Schwefeldioxid-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen vom 1.11.1967 bis 31.10.1968.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 16, S. 7/51.
Verlag W. Girardet, Essen 1969.

[6]

STRATMANN, H. und H. IXFELD :

Schwefeldioxid-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen vom 1.11.1968 bis 31.10.1969

Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 20, S. 7/53.

Verlag W. Girardet, Essen 1970.

[7]

IXFELD, H. und BUCK, M. :

Immissionsüberwachung im Lande Nordrhein-Westfalen.

III. Meßprogramm nach § 7 des Immissionsschutzgesetzes des Landes NW. 9. Mitteilung über die Ergebnisse der Schwefeldioxid-Immissionsmessungen für die Zeit von November 1972 bis Oktober 1973.

Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 31, S. 59/95.

Verlag W. Girardet, Essen 1974.

[8]

BUCK, M., H. IXFELD und S. KÜLSKE :

Immissionsüberwachung im Lande Nordrhein-Westfalen
- Smogwarndienst -

10. Mitteilung über die Ergebnisse der kontinuierlichen Schwefeldioxid-Immissionsmessungen für die Zeit von November 1972 bis Oktober 1973.

Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 31, S. 39/58.

Verlag W. Girardet, Essen 1974.

[9]

BUCK, M., H. IXFELD und E. HERPERTZ :

Mehrkomponentenmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen.

2. Mitteilung der Ergebnisse des IV. Meßprogramms des Landes NW für die Zeit vom 1.1.1971 bis 31.12.1971.

Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 27, S. 7/43.

Verlag W. Girardet, Essen 1972.

- [10] BUCK, M. und H. IXFELD:
Immissionsüberwachung im Lande Nordrhein-Westfalen
- Mehrkomponentenmessungen -
3. Mitteilung der Ergebnisse des IV. Meßprogramms
des Landes NW für die Zeit von Januar 1972 bis Dezember
1972.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und
Bodennutzungsschutz des Landes NW,
Heft 30, S.7/38. Verlag W. Girardet, Essen 1973.
- [11] BUCK, M. und H. IXFELD:
Immissionsüberwachung im Lande Nordrhein-Westfalen
- Mehrkomponentenmessungen -
4. Mitteilung der Ergebnisse des IV. Meßprogramms
des Landes NW für die Zeit von Januar 1973 bis
Dezember 1973.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und
Bodennutzungsschutz des Landes NW,
Heft 32, S. 7/36. Verlag W. Girardet, Essen 1974.
- [12] BUCK, M., H. IXFELD und H. GIES:
Die Messung von Schwefelwasserstoff-Immissionsbela-
stungen in verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz,
Heft 44, S. 15/23. Verlag W. Girardet, Essen 1978.
- [13] Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG
(Ermittlung von Immissionen in Belastungsgebieten -
4. BImSchVwV) vom 8.4.1975.
Gemeinsames Ministerialblatt, 26. Jg. (1975), Nr. 14,
S. 358/374.
- [14] Allgemeine Verwaltungsvorschriften über genehmigungs-
bedürftige Anlagen nach § 16 der Gewerbeordnung
(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft)
vom 8.9.1964.
Gemeinsames Ministerialblatt, 15. Jg. (1964), Nr. 26,
S. 433/448.

- [-15_] HERPERTZ, E. und H. GLÄSER:
Eine informationstheoretische Methode zur Prüfung auf räumliche Homogenität von Immissionsbelastungen.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 34, S. 45/48.
Verlag W. Girardet, Essen 1975.
- [-16_] Verwaltungsvorschriften zum Genehmigungsverfahren nach §§ 6, 15 BImSchG für Mineralölraffinerien und petrochemische Anlagen zur Kohlenwasserstoffherstellung.
RdErl. des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW vom 14.4.1975.
Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 28. Jg. (1975), Nr. 65, S. 966/982.
- [-17_] Verordnung zur Festsetzung von Belastungsgebieten (Belastungsgebiets-Verordnung) vom 18.11.1975.
Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 29. Jg. (1975), Nr. 79, S. 645/647.
- [-18_] STRATMANN, H., M. BUCK, U. HÖLZEL und D. ROSIN:
Untersuchungen über die SO₂-Immissionen im Stadtgebiet von Duisburg.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 1, S. 25/43.
Verlag W. Girardet, Essen 1965.
- [-19_] GLÄSER, H.:
Vergleich konkurrierender Methoden zur Immissionsbeurteilung (in Vorbereitung zur Publikation in der Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz).
- [-20_] PRINZ, B.:
Untersuchung zeitlicher Immissionsverläufe mit Hilfe spektralanalytischer Methoden.
Staub-Reinhaltung der Luft, Bd. 32 (1972), Nr. 1, S. 28/29.