

# LIS-Berichte

**Nr. 74**

Möglichkeit und Grenzen der  
Nutzung von Luftqualitäts-  
daten aus diskontinuierlichen  
Messungen gemäß TA Luft

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1988

ISSN 0720-8499

Möglichkeit und Grenzen  
der Nutzung von Luftqualitätsdaten  
aus diskontinuierlichen Messungen  
gemäß TA Luft

Dr. Reinhold Beier und Dr. Manfred Buck

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

=====

<b>Seite</b>	
Zusammenfassung / Summary	7
1. Einleitung	9
2. Fragestellungen	9
3. Statistische Bedeutung von Immissionskenngrößen von 1-km**2-Flächen	11
4. Statistische Unsicherheiten von Immissionskenn- größen	12
4.1. Mittelwert	12
4.2. 98%-Wert	15
4.3. Erfassung räumlicher Strukturen	20
4.4. Simulationsstudie	27
5. Vorsorge-Kenngrößen	29
6. Diskussion der Ergebnisse	32
Schrifttum	35
Textanhang A	37
Textanhang B	39
Bildanhang	43

MÖGLICHKEIT UND GRENZEN DER NUTZUNG VON LUFTQUALITÄTS-  
=====   
DATEN AUS DISKONTINUIERLICHEN MESSUNGEN GEMÄß TA-LUFT.  
=====

Dr. Reinhold Beier und Dr. Manfred Buck

ZUSAMMENFASSUNG:

Die Nutzung von Immissionskenngrößen aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft außerhalb des Genehmigungsverfahrens ist begrenzt durch ihre statistischen Unsicherheiten. Zur Charakterisierung dieser Unsicherheiten werden die zugehörigen Standardabweichungen herangezogen. Entsprechende Rechenvorschriften werden angegeben, sowohl für den Jahresmittelwert als auch erstmals für den 98%-Wert. Die Abhängigkeiten dieser Standardabweichungen vom Stichprobenumfang werden durch Simulation von Stichproben des Umfangs  $N=104$  und  $N=208$  untersucht. Mit dem gewonnenen Wissen können aus vorhandenen  $1\text{-km}^2$ -Kenngrößen geeignete Vorsorge-Kenngrößen für Planungsgebiete abgeleitet werden, die in der Regel kleiner sind als  $1\text{ km}^2$ . Diese unterscheiden sich von den Kenngrößen gemäß TA-Luft durch einen Zuschlag, welcher sich aus der Standardabweichung und einem Sicherheitsfaktor ergibt. Außerdem werden die Möglichkeiten und Grenzen der Darstellung kleinräumiger Belastungsstrukturen durch Isolinien verdeutlicht. Es zeigt sich, daß die Standardabweichung einer Isolinie bei diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft ( $N=52$ ) etwa dem halben Meßstellenabstand ( $0,5\text{ km}$ ) entspricht.

SUMMARY:

The use of air-quality-data based on random sampling according to TA-Luft outside licensing procedures is limited by the statistical uncertainties of these data. These uncertainties can be assessed by standard deviations. Rules are given to calculate them, for yearly mean values as well as for 98-percentiles. The relations between these standard deviations and the sample abundance is analysed by bootstrap methods. Based on this knowledge, special air-quality-parameters for planning purposes can be given in order to show compliance with a given limit value at a predetermined confidence level. In addition, the uncertainties of plotting small scale isopleths are discussed. It is shown that the standard deviation of an isopleth derived from random sampling in a regular grid of  $1 \times 1\text{ km}$  according to TA-Luft ( $N=52$ ) is of the order of half the gridwidth ( $0,5\text{ km}$ ).

## 1. EINLEITUNG

Im Rhein-Ruhr-Gebiet werden seit mehr als 20 Jahren Immissionsdaten erhoben /1,2/. Verwendung finden heute im wesentlichen zwei einander ergänzende Meßstrategien: Zum einen erfolgt eine möglichst lückenlose Erfassung der zeitlichen Entwicklung einiger Schadstoffe an vergleichsweise wenigen Orten /3/, welche insgesamt jedoch in guter Näherung eine statistisch repräsentative Auswahl aus dem Überwachungsgebiet darstellen /7/. Dieses Meßnetz dient der fortlaufenden Erfassung von Art und Umfang bestimmter Luftbelastungen, wie es in § 44 BImSchG /9/ gefordert wird. Daneben wird es auch als Alarmsystem benutzt, um in Fällen akuter hoher Belastungen, beispielsweise durch SMOG, rasch Warnungen und Minderungsmaßnahmen veranlassen zu können /8/.

Zum zweiten erfolgt eine stichprobenartige, d.h. zeitlich lückenhafte Erfassung der Schwefeldioxid-Belastungen an möglichst vielen Orten (ca.3500), um die räumlichen Strukturen zu untersuchen /4/. Diese Meßorte bilden aus Gründen der repräsentativen Erfassung ein gitterförmiges Raster von 1 km\*\*2 Maschenweite. Die so gewonnenen Immissionsdaten (Kenngrößen) entsprechen den Anforderungen der 1. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz, der TA-Luft /7/. Dementsprechend können sie Verwendung finden, um Immissionsbelastungen in der Umgebung einer geplanten oder bestehenden genehmigungsbedürftigen Anlage, d.h. einer wesentlichen Emissionsquelle zu bewerten. Dies war bislang der wichtigste Anwendungsbereich dieser Immissionsdaten. Daneben sind sie auch eine entscheidende Grundlage für die Luftreinhaltepläne /8/. Dabei handelte es sich bislang um regionale Maßnahmenkataloge zur Reduzierung von Luftbelastungen, die im wesentlichen auf industrielle Quellen ausgerichtet sind.

## 2. FRAGESTELLUNGEN

In jüngerer Zeit wird jedoch in zunehmendem Maße versucht, die in den Luftreinhalteplänen enthaltenen Immissionsdaten aus diskontinuierlichen Messungen im 1x1-km-Raster auch für Fragen der kommunalen Planung zu nutzen. Dabei geht es nicht so sehr darum, ob eine neue Produktionsanlage, ein neues Kraftwerk oder eine Müllverbrennungsanlage in einer bestimmten, zumeist bereits industriell vorgeprägten Umgebung errichtet werden kann, sondern darum, Vorsorge- und gegebenenfalls Sanierungsmaßnahmen zu treffen, um bestimmte städtische Areale für nicht-industrielle, zum Teil immissionsempfindliche Nutzungen, insbesondere als Wohngebiete, Erholungs- und Freiflächen zu erhalten oder neu zu erschließen. Will man in diesen Fällen den Vorsorgegedanken stärker betonen als im Genehmigungsverfahren nach TA-Luft, so sind verschiedene Ansätze denkbar. Man könnte beispielsweise fordern, in derartigen Vorsorgefällen prinzipiell nur

einen bestimmten Prozentsatz der Immissionswerte der TA-Luft auszuschöpfen. Dies wäre ein pragmatischer Ansatz der letztlich der Verwendung spezieller Vorsorge-Grenzwerte entsprechen würde. Offen bliebe jedoch die Begründung der geforderten Prozentsätze, bzw. der dadurch gewonnenen zusätzlichen Sicherheit.

Um den gesamten, hiermit zusammenhängenden Fragenkomplex näher zu untersuchen, wird zunächst in Abschnitt 3 der statistische Charakter der diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft verdeutlicht. Die daraus resultierenden Unsicherheiten der Immissionskenngrößen werden in Abschnitt 4 durch Angabe von Standardabweichungen quantifiziert. Dies entspricht der allgemeinen meßtechnischen Praxis. Außerdem wird untersucht, mit welcher Zuverlässigkeit die Kenngrößen der TA-Luft die Einhaltung der Immissionskenngrößen gewährleisten. Dabei zeigt sich, daß diese Kenngrößen zum Nachweis von Grenzwert-Überschreitungen besonders gut geeignet sind. Dies ist wichtig im Genehmigungsverfahren.

Im Vorsorge-Fall kann es jedoch wünschenswert sein, den Nachweis von Grenzwert-Einhaltungen in den Vordergrund zu stellen. Durch geeignete Zuschläge zu den Kenngrößen der TA-Luft kann dies erreicht werden. Dieser Ansatz wird in Abschnitt 5 diskutiert.

Damit wird es in den angesprochenen Planungsfällen möglich, anstelle der Einführung spezieller Vorsorge-Grenzwerte die Einhaltung vorhandener Grenzwerte mit einer bestimmten höheren Zuverlässigkeit (z.B. 65 Prozent) zu fordern als im Genehmigungsverfahren nach TA-Luft.

Sofern die TA-Luft für einen Schadstoff keine Immissionswerte vorsieht, ist dieser Weg jedoch nicht gangbar. Ersatzweise können in diesem Fall jedoch beobachtete nutzungsabhängige Durchschnittswerte als praxisorientierte Richtwerte Verwendung finden. Voraussetzung dafür ist eine repräsentative Charakterisierung der Luftqualität in städtischen Arealen unterschiedlicher Nutzung, beispielsweise in Innenstädten (Fußgängerzonen), Straßen mit großem Verkehrsaufkommen, in Wohngebieten, Freizeit- und Erholungsflächen.

So könnten beispielsweise durchschnittliche Immissionskenngrößen aus einer repräsentativen Teilmenge von Wohngebieten des Rhein-Ruhr-Gebietes als Richtwerte für Wohngebiete in NRW zugrundegelegt werden, sofern die TA-Luft keine Immissionswerte vorsieht.

Als Belastungsschwerpunkte in städtischen Verdichtungsgebieten verdienen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen und gleichzeitiger Nutzung durch Fußgänger die besondere Aufmerksamkeit der Planer, da Passanten in ungünstigen Fällen auf den Fußwegen vergleichsweise hohen Belastungen ausgesetzt sein können. Für diese Bereiche gilt insbesondere der Grenzwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den 98%-Wert der stündlichen Stickstoffdioxid-Konzentration der TA-Luft. Dies ergibt sich aus der EG-Richtlinie 85/203/EWG/10/.

### 3. STATISTISCHE BEDEUTUNG VON IMMISSIONSKENNGRÖSSEN AUF 1-KM\*\*2-FLÄCHEN

Gemäß TA-Luft wird die Luftqualität für eine Beurteilungsfläche von in der Regel 1 km\*\*2 durch bis zu zwei Immissionskenngrößen pro Schadstoff beschrieben /7/:

- (1.) der Jahresmittelwert (I1V) zur Kennzeichnung langfristiger Belastungen
- (2.) der 98%-Jahreswert (I2V), wenn durch kurzzeitige Belastungsspitzen schädliche Wirkungen zu befürchten sind.

Letzteres trifft insbesondere zu für die gasförmigen Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid und Ozon. Zur Charakterisierung von Belastungen durch metallische und organische Staubinhaltsstoffe werden Jahresmittelwerte für hinreichend gehalten /7/. In den Abbn. 1 und 2 sind beispielhaft die 1-km\*\*2-Kenngrößen des Jahres 1986 von Schwefeldioxid wiedergegeben.

Um die statistische Bedeutung derartiger Kenngrößen abschätzen zu können, ist es notwendig, Näheres über die Meßstrategie zu wissen, mit deren Hilfe sie abgeleitet werden. Im folgenden wird zunächst der Fall diskontinuierlicher Messungen im 1x1-km-Raster betrachtet. Diese Meßstrategie führt zu einem erheblich größeren Maß an Information über räumliche Strukturen der Immissionsbelastung als kontinuierliche Messungen in einem 4x4-km- oder 8x8-km-Raster.

Bei der diskontinuierlichen Meßstrategie gemäß TA-Luft werden an jedem Gitterpunkt (1x1-km-Raster) pro Meßjahr mindestens 13 Meßwerte einer interessierenden Schadstoff-Konzentration registriert. Jeder Meßwert steht dabei für die Dauer einer halben Stunde (0,5-h-Werte). Bei Schwefeldioxid reicht dazu eine Meßdauer von 10 Minuten /2/. Die Auswahl der Meßzeiten erfolgt nach einem Zufallsprinzip, so daß die Meßwerte einer Meßstelle unabhängig voneinander, aber auch unabhängig von denen der benachbarten Meßstellen sind. Faßt man die so gewonnenen Meßwerte von vier benachbarten Meßstellen, den Eckpunkten einer Fläche von 1 km\*\*2, zusammen, so erhält man eine (stochastische) Stichprobe, welche die zeitliche und räumliche Verteilung eines bestimmten Luftschadstoffes in der betrachteten Beurteilungsfläche im betreffenden Meßjahr wiedergibt.

Es ist wichtig, sich zu verdeutlichen, daß die vier Meßstellen, welche einer Beurteilungsfläche zugeordnet werden, eine Zufallsauswahl von möglichen Meßstellen aus dieser Fläche darstellen. Dies mag auf den ersten Blick überraschend erscheinen. Eine regelmäßige Anordnung von Meßstellen ermöglicht immer dann eine Zufallsauswahl, wenn das Untersuchungsobjekt die betreffenden regelmäßigen Strukturen nicht enthält. Dies trifft im vorliegenden Fall zweifellos zu, denn die Gebietsnutzungs-

strukturen und damit auch die Emissionsstrukturen sind im allgemeinen weit davon entfernt, regelmäßig zu sein. Das bedeutet: Die vier Meßpunkte spielen für die eingeschlossene 1-km<sup>2</sup>-Fläche dieselbe Rolle wie 2000 befragte Personen für 60 Millionen Bundesbürger bei einem Mikrozensus, sie bilden eine repräsentative Stichprobe. Andere, ebenfalls nach Zufallskriterien ausgewählte Meßstellen wären ebenfalls denkbar, jedoch stellt die realisierte Gitterstruktur die einfachste Zufallsauswahl dar.

Auf der Basis einer repräsentativen Stichprobe können die erfragten bzw. untersuchten Eigenschaften, in unserem Fall die Luftbelastung in einer 1-km<sup>2</sup>-Fläche, abgeschätzt werden. Wegen des Stichprobencharakters der Untersuchung sind die abgeleiteten Kenngrößen jedoch mit (statistischen) Unsicherheiten behaftet. Das bedeutet, innerhalb der betrachteten Beurteilungsfläche sind in Teilflächen gewisse Abweichungen von den 1 km<sup>2</sup>-Kenngrößen möglich. Diese können jedoch durch Angabe von Vertrauensgrenzen quantifiziert werden. Damit wird es möglich abzuschätzen, innerhalb welcher Grenzen die Kenngrößen für Teilflächen liegen können. Was man natürlich nicht erwarten kann, ist eine detaillierte Wiedergabe der Belastungsstrukturen innerhalb der betrachteten 1-km<sup>2</sup>-Fläche.

#### 4. STATISTISCHE UNSICHERHEITEN VON IMMISSIONSKENNGRÖSSEN

Wie alle Aussagen, die auf der Auswertung von Stichprobenerhebungen basieren, sind auch die Immissionskenngrößen aus diskontinuierlichen Erhebungen mit statistischen Unsicherheiten behaftet. Diese setzen sich zusammen aus meßtechnischen Fehlern und solchen, die durch den begrenzten Meßumfang bedingt sind. In den nachfolgenden Abschnitten 4.2 und 4.3 werden Vorschriften angegeben, um diese in jedem Einzelfall durch Angabe von Standardabweichungen quantifizieren zu können. Die vorgestellten Methoden werden jeweils exemplarisch demonstriert. Zugrundegelegt werden dabei die Schwefeldioxid-Messungen des Jahres 1986, die im Rhein-Ruhr-Gebiet gemäß TA-Luft, d.h. im 1x1-km-Raster mit 13 Meßwerten pro Punkt durchgeführt worden sind (vgl. Abbn.1,2).

##### 4.1. MITTELWERT

Wie bereits in Abschnitt 3 ausgeführt wurde, ist die Langzeitkenngröße IIV definiert als arithmetischer Mittelwert aller Meßwerte eines Meßzeitraumes (in der Regel 1 Jahr), welche der betrachteten Beurteilungsfläche von 1 km<sup>2</sup> zugeordnet werden /7/. Dies sind

gemäß TA-Luft mindestens 52 voneinander unabhängige Einzelwerte. Formalisiert kann man daher schreiben:

$$\begin{aligned} I1V = \langle X \rangle &= \frac{1}{N} ( X(1) + X(2) + \dots + X(N) ) \\ &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X(i) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Hierbei sind die  $X(i)$  die Meßwerte und  $N$  ist die Anzahl der vorhandenen Meßwerte. Es gilt folglich  $N > 51$ .

Die Standardabweichung  $s1$  des arithmetischen Mittelwertes  $\langle X \rangle$  ist leicht zu berechnen. Man erhält /15/

$$s1 = \text{SQRT} \frac{\sum_{i=1}^N (X(i) - \langle X \rangle)^2}{N \times (N-1)} \quad (4.2)$$

Die Standardabweichung der Kenngröße  $I1V$  kann damit für jede Beurteilungsfläche ohne Schwierigkeiten angegeben werden, sofern die gemessenen Einzelwerte bekannt sind.

Kennt man die Standardabweichung  $s1$ , so kann eine obere Vertrauensgrenze  $I1S$  zu vorgegebener Zuverlässigkeit  $S$  leicht angegeben werden durch:

$$I1S = I1V + s1 * t(S,N), \quad (4.3)$$

wobei  $t(S,N)$  der Studentfaktor zur (einseitigen) Sicherheit  $S$  und zum Stichprobenumfang  $N$  ist /15/.

Die hier angesprochene Zuverlässigkeit  $S$  bezieht sich auf die Aussage "der Immissionswert  $IW1$  wird eingehalten". Je größer der Zuschlag  $s1*t(S,N)$  wird, desto größer wird diese Zuverlässigkeit. In Tab 4.1 sind die Zusammenhänge beispielhaft dargestellt.

Tabelle 4.1: Vorsorgeorientierte Langzeitkenngröße  $I1S$   
Stichprobenumfang  $N=52$ .

S (%)	t(S,N)	I1S
50	0,0	I1V
80	1,0	I1V+s1
98	2,0	I1V+2*s1

Man erkennt, daß die Kenngröße  $I_{IV}$  nach TA-Luft (ohne Zuschlag) eine Zuverlässigkeit von 50 Prozent aufweist beim Nachweis der Grenzwerteinhaltung. Dies bezieht sich auf den Fall, daß der Immissionswert knapp unterschritten wird. Bei größerem Abstand nach unten vom Immissionswert aus gesehen steigt diese Zuverlässigkeit natürlich an und zwar nach Maßgabe von Gl.(4.3.). Beträgt der Abstand vom Immissionswert  $I_{W1}$  gerade  $s_1$ , so ist die Einhaltung dieses Wertes dadurch mit einer Zuverlässigkeit von ca. 80 Prozent gewährleistet. Vergrößert er sich auf  $2*s_1$ , so erhöht sich diese Zuverlässigkeit auf 98 Prozent. Mit anderen Worten: Mit dem Zuschlag  $2*s_1$  zur Kenngröße  $I_{IV}$  erfaßt man praktisch die gesamte Variationsbreite des Jahresmittelwertes in der betrachteten Beurteilungsfläche nach oben. Diese Information kann für einen Planer interessant sein, um zu erkennen, wo in einem speziellen kleinräumigen Planungsvorhaben zusätzliche Immissionsmessungen erforderlich sind. Dies ist dort der Fall, wo die Größe  $I_{IV}+2*s_1$  den vorgegebenen (Planungs)-Richtwert überschreitet. Andernfalls kann innerhalb der betrachteten 1-km\*\*2-Fläche von der Einhaltung des betrachteten Richtwertes ausgegangen werden.

In den Abb.3-7 sind die Größen  $I_{IV}$  und  $s_1$  der Schwefeldioxid-Belastung des Jahres 1986 für jede bemessene 1-km\*\*2-Fläche der 5 Belastungsgebiete in Nordrhein-Westfalen in Anlehnung an die Darstellungsweise aus den Luftreinhalteplänen wiedergegeben. Dabei sind jedem Belastungsgebiet, bis auf Rheinschiene-Mitte, zwei Darstellungen gewidmet, (a) für die nördliche Hälfte und (b) für die südliche.

Zunächst ist festzuhalten, daß 1986 in keiner ausgemessenen Beurteilungsfläche (1 km\*\*2) der Immissionswert  $I_{W1}$  von der Kenngröße  $I_{I}$  gemäß TA-Luft überschritten wurde. Die folgende Klassierung erweist sich als informativ:

Klasse 1:  $I_{I}+s_1 > 80 \text{ ug/m**3}$

Klasse 2:  $I_{I} > 80 \text{ ug/m**3}$

Die Schwelle  $80 \text{ ug/m**3}$  wird hier als Beispiel zu Demonstrationszwecken benutzt, da so gerade noch einige wenige Überschreitungen angetroffen werden. Sie entspricht in etwa dem Wert  $0,6*I_{W1}$ . Man erkennt, daß dies 1986 nur in wenigen Teilflächen erfüllt war, welche zudem in vorwiegend industriell genutzten Gebieten liegen. Die Besetzung der Klasse 1 zeigt, wie sich ein Zuschlag von  $1*s_1$ , entsprechend einer Zuverlässigkeit von 65 Prozent, auf die Einhaltung der Schwelle  $80 \text{ ug/m**3}$  auswirken würde.

Auffällig ist, daß die Standardabweichung  $s_1$  teilweise deutlichere räumliche Strukturen aufweist als die Kenngröße  $I_{IV}$  selbst. Die Werte liegen zwischen 4 und 20  $\text{ug/m**3}$ . Die höchsten Werte treten im Raum Duisburg in vorwiegend industriell genutzten Gebieten auf. Hierin spiegeln sich die räumlichen und zeitlichen Inhomoge-

nitäten der Belastungen in den betreffenden Flächen wider. Die mittlere Standardabweichung  $s_1$  aller untersuchten Stichproben ( $N=52$ ) des Jahres 1986 liegt bei 14 Prozent.

#### 4.2. 98%-WERT

Wie bereits in Abschnitt 3 erwähnt, ist die Kenngröße I2V gemäß TA-Luft festgelegt als 98%-Wert der (Summenhäufigkeits-) Verteilung der Meßwerte, welche der betrachteten Beurteilungsfläche im interessierenden Meßzeitraum zugeordnet werden /7,11/. Zur Ermittlung dieses 98%-wertes ist es zweckmäßig, die  $N (> 51)$  Meßwerte der betrachteten Stichprobe der Größe nach in aufsteigender Reihenfolge zu sortieren und entsprechend ihrem (Rang-) Platz in dieser Anordnung zu numerieren. Das sieht dann folgendermaßen aus:

$$X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(k)} \leq \dots \leq X_{(N)} \quad (4.4)$$

Tritt ein Wert mehrfach auf, so belegt er mehrere aufeinander folgende Plätze, entsprechend seiner Häufigkeit. Wie an anderer Stelle bereits ausführlicher dargestellt wurde /5/, kann der  $q \times 100\%$ -Wert  $X_q$  aus einer Stichprobe vom Umfang  $N$  folgendermaßen geschätzt werden:

$$X_q = X_{(k)} \quad \text{mit} \quad k = 1 + \text{INT}(q \cdot N) \quad (4.5)$$

$\text{INT}(q \cdot N)$  bezeichnet hier den ganzzahligen Anteil des Produktes  $q \cdot N$ , also die nächst-kleinere ganze Zahl, falls  $q \cdot N$  nicht ganzzahlig ist.

Die Kenngröße I2V erhält man also aus einer Stichprobe vom Umfang  $N$  folgendermaßen:

$$I2V = X_{(k)} \quad \text{mit} \quad k = 1 + \text{INT}(0,98 \cdot N) \quad (4.6)$$

Für den Mindestumfang  $N=52$  gilt  $I2V = X_{(51)}$ .

Im Fall  $N=52$  ist die Kenngröße I2V also gegeben durch den zweitgrößten Meßwert aus der betreffenden Stichprobe. Für  $N=104$  ist es der drittgrößte Meßwert. Dies ist eine erkennbar einfache Regel zur Bestimmung der Kenngröße I2V.

Für die Summenhäufigkeitswerte  $F(I2V)$  dieser Schätzwerte gilt  $F(I2V) = k/N = 0,9808$  ( $N=52; 104$ ). Durch lineare Interpolation zwischen dem Wert I2V und dem nächstniedrigen Meßwert kann man formal einen Schätzwert  $I2V_s$

finden, dessen Summenhäufigkeit den Wert 0,9800 annimmt. Man erhält:

$$\text{für } N=52: I2V_1 = I2V - 0,04 * (X_{(51)} - X_{(50)}) \quad (4.7a)$$

$$\text{für } N=104: I2V_1 = I2V - 0,08 * (X_{(102)} - X_{(101)}) \quad (4.7b)$$

Der Unterschied zwischen den Kenngrößen I2V und I2V<sub>1</sub> beträgt folglich nur einige Prozent der Differenz zum nächstkleineren Meßwert. Er wird daher in der Regel bei der durchzuführenden Rundung auf zwei signifikante Stellen unter den Tisch fallen. Eine lineare Interpolation ist deshalb bereits aus praktischen Gründen überflüssig, sie ist aber, wie im weiteren noch ausgeführt wird, auch aus Gründen der formalen Statistik entbehrlich.

Um die statistische Unsicherheit der Kenngröße I2V abschätzen zu können, ist eine andere Vorgehensweise erforderlich als beim Jahresmittelwert. Grundlage dafür ist die Binomialverteilung /12/. Mit ihrer Hilfe kann die Wahrscheinlichkeit W(k,k+1) angegeben werden, daß der "wahre" 98%-Wert zwischen den Meßwerten X<sub>(k)</sub> und X<sub>(k+1)</sub> aus der betrachteten Stichprobe vom Umfang N liegt. Es gilt

$$W(k, k+1) = \frac{N!}{k! * (N-k)!} * q^k * (1-q)^{N-k}, \quad (4.8)$$

wobei definitionsgemäß gilt

$$N! = 1 * 2 * 3 * \dots * (N-1) * N \quad (\text{sprich: } N\text{-Fakultät}).$$

Besonders einfach gestaltet sich die Bestimmung von W(k,k+1) für die größten Meßwerte einer Stichprobe. Man erhält:

$$W(N, N+1) = q^N \quad (\text{Vereinbarung}) \quad (4.9a)$$

$$W(N-1, N) = N * q^{N-1} * (1-q) \quad (4.9b)$$

$$W(N-2, N-1) = N * (N-1) * q^{N-2} * (1-q)^2 / 2 \quad (4.9c)$$

Einige Resultate für den 98%-Wert ( $q=0,98$ ) sind in Tabelle 4.2 zusammengestellt.

Tabelle 4.2: Binomialverteilung  $W(k,k+1)$  für  $q=0,98$ .

Umfang N	k					
	I	N-4	N-3	N-2	N-1	N
52	0,016	0,07	0,19	0,37	0,35	
65	0,03	0,10	0,24	0,35	0,27	
78	0,05	0,14	0,25	0,33	0,21	
91	0,07	0,17	0,27	0,29	0,16	
104	0,10	0,19	0,27	0,26	0,12	
116	0,12	0,21	0,27	0,22	0,096	
148	0,16	0,23	0,23	0,15	0,05	
208	0,20	0,19	0,14	0,06	0,015	

Die Zeilen von Tabelle 4.2 geben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit der "wahre" 98%-Wert in den betrachteten Intervallen zu erwarten ist. Bei  $N=52$ , beispielsweise, erreicht diese Wahrscheinlichkeit ihr Maximum zwischen dem zweitgrößten und dem größten Meßwert der Stichprobe, bei  $N=104$  zwischen dem zweitgrößten und dem drittgrößten Meßwert. Den 98%-Wert schätzt man daher am günstigsten durch einen Wert aus diesem Intervall. Die Kenngröße  $I_{2V}$  gemäß Gl.(4.6) erfüllt diese Bedingung. Mit ihrer Hilfe wird der 98%-Wert durch den kleinsten Meßwert aus dem Intervall höchster Wahrscheinlichkeit  $W(k,k+1)$  geschätzt. Der Schätzwert  $I_{2V}$  gemäß Gl. (4.7a,b) liegt jedoch nicht in diesem Intervall und ist daher weniger geeignet.

Die gesuchte Standardabweichung  $s_2$  der Kenngröße  $I_{2V}$  kann mit Hilfe der Verteilung  $W(k,k+1)$  des 98%-wertes über die Meßwerte abgeschätzt werden (Näheres: siehe Anhang.). Für  $N=52$  ergibt sich die besonders einfache Näherung

$$s_2 = 0,68 * ( X_{(52)} - I_{2V} ). \quad (4.10)$$

Auf diese Weise erhält man eine einfache Formel für die Standardabweichung  $s_2$  der Kenngröße  $I_{2V}$ , wenn die Stichproben aus 52 Meßwerten bestehen. In diesem Fall wird die Standardabweichung der Kenngröße  $I_{2V}$  entscheidend durch den Abstand zum nächstgrößeren Meßwert bestimmt.

Tabelle 4.2 liefert aber nicht nur interessante Informationen zur Abschätzung der Standardabweichung der Kenngröße  $I_{2V}$  (98%-Wert), sondern sie ermöglicht auch direkte Aussagen über die Zuverlässigkeit  $S$ , mit der die Einhaltung eines Immissionswertes  $I_{W2}$  (Grenzwert) durch den "wahren" 98%-Wert in der betrachteten Beurteilungs-

fläche anhand einer Stichprobe nachgewiesen werden kann. (Die berechnete Standardabweichung  $s_2$  kann hier nicht weiterhelfen, da eine Studentverteilung nicht unterstellt werden kann). Einige Resultate sind in Tabelle 4.3 zusammengestellt.

Tabelle 4.3a: Zuverlässigkeit S der Einhaltung eines Immissionswertes IW2 durch den 98%-Wert - Formeln.

Anzahl der Meßwerte größer als IW2	Zuverlässigkeit
0	$S(0) = 1 - W(N, N+1)$
1	$S(1) = S(0) - W(N-1, N)$
2	$S(2) = S(1) - W(N-2, N-1)$
uswf.	

Tabelle 4.3b: Zuverlässigkeit S der Einhaltung eines Immissionswertes IW2 durch den 98%-Wert in Prozent.

Anzahl der Meßwerte größer als IW2	N=52	N=104	N=148	N=208
0	65	88	95	98,5
1	28	62	80	92
2	9	35	57	79
3	2	16	34	60
4	0,4	6	18	40

Unterstrichen sind die resultierenden Mindestzuverlässigkeiten bei Anwendung der TA-Luft. Bei N=52 ist, wie bereits erwähnt, die Kenngröße I2V gegeben durch den zweitgrößten und bei N=104 durch den drittgrößten Meßwert. Diese in erster Linie für Genehmigungsverfahren gedachte Kenngrößen haben die wichtige Eigenschaft, einen sehr sicheren Nachweis von Grenzwertüberschreitungen zu ermöglichen. Auch dies kann anhand von Tabelle 4.3 verdeutlicht werden. 1-S gibt nämlich direkt die Zuverlässigkeit an, daß der "wahre" 98%-Wert den zugehörigen Grenzwert (IW2) überschreitet, wenn eine bestimmte Anzahl von Meßwerten aus der vorliegenden Stichprobe diesen Grenzwert übertreffen.

Gemäß TA-Luft liegt eine Überschreitung eines IW2-Wertes (Grenzwert) vor, wenn mindestens 2 von 52 Meßwerten den IW2-Wert übertreffen. Entsprechend Tabelle 4.3 beträgt die Zuverlässigkeit dieser Entscheidung 91 Prozent. Diese hohe Zuverlässigkeit ist in Streitfällen wichtig.

Übertrifft in einer Stichprobe vom Umfang N=52 jedoch kein Meßwert den IW2-Wert (Grenzwert), so beträgt die Zuverlässigkeit der Grenzwerteinhaltung durch den 98%-Wert, wie Tabelle 4.3 zeigt, mindestens 65 Prozent. Mit noch größerer Zuverlässigkeit läßt sich die Einhaltung eines Immissionswertes IW2 durch Stichproben vom Umfang N=104 zeigen. Übertrifft in einer Stichprobe vom Umfang N=104 kein Meßwert den Immissionswert IW2, so ist damit die Einhaltung dieses IW2-Wertes (Grenzwert) mit einer Zuverlässigkeit von 88 Prozent demonstriert. Übertrifft einer von 104 Meßwerten den IW2-Wert, so beträgt die Zuverlässigkeit der Grenzwerteinhaltung immer noch 62 Prozent.

Im Fall der Kurzzeitkenngröße I2V mußte eine andere Methodik gewählt werden, um die Zuverlässigkeit der Grenzwerteinhaltung abzuschätzen als im Fall der Kenngröße I1V. Die Ursache hierfür liegt in den abweichenden statistischen Eigenschaften beider Kenngrößen.

Auf der Basis dieser Betrachtungen kann nun versucht werden, in Anlehnung an Gl.(4.3) eine Vorschrift anzugeben, wie man aus der Kenngröße I2V und ihrer Standardabweichung s2 eine vorsorgeorientierte Kurzzeitkenngröße der Zuverlässigkeit S > 50 Prozent abschätzen kann. Für den Stichprobenumfang N=52 wird dies erfüllt durch die empirische Relation

$$I2S = I2V + s2 * (0,59 + t(S,N))/0,68. \quad (4.11)$$

t(S,N) ist hier wiederum der Student-Faktor zur Sicherheit S beim Stichprobenumfang N (=50). Diese Relation ist angepaßt an die aus den vorangehenden Betrachtungen bekannten Lösungen für S=28 Prozent (I2S=I2V) und S=65 Prozent (I2S=XMAX). Für S > 65 Prozent kann man von dieser Abschätzung daher nur orientierende Werte erwarten. Zur Beantwortung der Frage, ob in einem speziellen Planungsfall zusätzliche Immissionsmessungen erforderlich sind oder nicht, dürfte diese Abschätzung jedoch geeignet sein. Einige Beispiele der Anwendung sind in Tabelle 4.4 zusammengestellt.

Tabelle 4.4: Vorsorgeorientierte Kurzzeitkenngröße als Funktion der Zuverlässigkeit S.  
Stichprobenumfang N=52.

S(%)	t(S,N)	-----I2S-----	
		Gl. (4.11)	Soll
28	-0,59	I2V=	I2V
50	0,0	I2V+0,9*s2	---
65	0,41	I2V+1,5*s2=	XMAX
78	0,77	I2V+2*s2	----

Anhand von Tabelle 4.4 kann man recht deutlich die Bedeutung der Standardabweichung  $s_2$  für die Kurzzeitkenngröße  $I_2V$  erkennen. Unterschreitet die Kurzzeitkenngröße  $I_2V$  einen Richtwert um die Standardabweichung  $s_2$ , so ist die Einhaltung dieses Richtwertes durch den wahren 98%-Wert mit einer Zuverlässigkeit von wenig mehr als 50 Prozent gewährleistet. Bei einer Unterschreitung um  $2 \cdot s_2$  erhöht sich diese Zuverlässigkeit auf ca. 80 Prozent.

In den Abbn.8-12 sind die Größen  $I_2V$  und  $s_2$  der Schwefeldioxid-Belastung des Jahres 1986 für jede bemessene  $1\text{-km}^2$ -Fläche der 5 Belastungsgebiete in Nordrhein-Westfalen in Anlehnung an die Darstellungsweise des Luftreinhalteplans wiedergegeben. Der Immissionswert  $IW_2=400 \text{ ug/m}^3$  wird in keiner Beurteilungsfläche von der Kenngröße  $I_2$  überschritten. Gekennzeichnet sind die beiden folgenden Klassen:

Klasse 1:  $I_2 > 300 \text{ ug/m}^3$ ,

Klasse 2:  $I_2+s_2 > 400 \text{ ug/m}^3$ .

Für Klasse 1 gilt  $I_2+s_2 < 400 \text{ ug/m}^3$ . D.h. in dieser Klasse ist die Einhaltung des  $IW_2$ -wertes mit einer Zuverlässigkeit von mindestens 50 Prozent gewährleistet. Eine Vorsorge-Kenngröße zur Zuverlässigkeit  $S=50$  Prozent würde folglich Einhaltung des  $IW_2$ -wertes anzeigen. In den nicht gekennzeichneten Flächen gilt dies natürlich ebenfalls. Nur in den wenigen Flächen, welche zur Klasse 2 gehören, würde eine derartige Vorsorge-Kenngröße eine Überschreitung des  $IW_2$ -wertes anzeigen. In diesen Flächen wäre gegebenenfalls von einer Wohnbebauung abzuraten, da die Einhaltung des Grenzwertes  $IW_2$  nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit ( $> 50$  Prozent) gewährleistet ist. Man erkennt ferner, daß die Zugehörigkeit zur Klasse 2 zwar vielfach mit einem  $IW_2$ -Wert  $> 300 \text{ ug/m}^3$  einhergeht, es gehören jedoch auch Flächen mit  $I_2 < 300 \text{ ug/m}^3$  zu dieser Klasse.

#### 4.3. ERFASSUNG RÄUMLICHER STRUKTUREN

Die Erfassung räumlicher Belastungsstrukturen durch Immissionsmessungen ist, sofern keine zusätzlichen Informationen vorliegen, begrenzt durch den Meßstellenabstand der Datenerhebung. Das bedeutet: Eine zuverlässige Rekonstruktion von Belastungsstrukturen innerhalb einer quadratischen Fläche von  $1 \text{ km}$  Kantenlänge ist auf der Basis von Messungen an den Eckpunkten dieser Fläche allein nicht möglich. Zwar können die Meßwerte den einzelnen Meßpunkten zugeordnet werden. Dadurch wird jedoch nichts gewonnen, da gleichzeitig die statistischen Unsicherheiten wegen des geringeren Stichprobenumfangs von  $N=13$  sich etwa verdoppeln gegenüber  $N=52$ . Ein 98%-Wert kann aus  $N=13$  Meßwerten ohnehin nicht berechnet werden.

Dazu sind mindestens  $N=49$  Meßwerte in einer Stichprobe erforderlich. Folglich ist die Aggregation der diskontinuierlichen Meßdaten zu Jahres-Stichproben vom Umfang  $N=52$  die sinnvollste kleinräumige Nutzung.

Bezüglich der Aussagekraft von Isolinien gelten entsprechende Überlegungen. D.h., die Lage einer jeden Isolinie, so eindrucksvoll sie auch sein mag, ist als Ergebnis einer statistischen Erhebung mit Unsicherheiten behaftet. Wie zu erwarten, hängen diese vom Stichprobenumfang und vom Meßstellenabstand ab. Wie, das wird im Folgenden noch gezeigt werden. Vorab kann jedoch bereits folgendes festgestellt werden: Um Mißverständnissen vorzubeugen, sollten Isolinien entsprechend ihrer statistischen Unsicherheit gekennzeichnet werden, beispielsweise durch ihre räumliche Standardabweichung.

Eine Vorstellung von der Größenordnung der räumlichen Streuung einer Isolinie vermitteln die nachfolgenden Betrachtungen (vgl. Abb.13).

Gegeben seien zwei benachbarte quadratische Beurteilungsflächen von je  $1 \text{ km}^2$  Größe. Die Flächenmittelpunkte  $x_1$  und  $x_2$  der beiden Flächen haben dementsprechend einen Abstand von  $1 \text{ km}$ . In diesen Flächen wisse eine bestimmte Kenngröße der Vorbelastung (Jahresmittelwert, 98% Wert) für einen bestimmten Schadstoff die Werte  $c_1$  und  $c_2$  auf. Die Standardabweichungen dieser Kenngrößen gemäß Abschnitt 4.1 bzw. 4.2 seien  $sc_1$  und  $sc_2$ .

Zur Bestimmung von Isolinien werden die Kenngrößen  $c_1$  und  $c_2$  den Flächenmittelpunkten als Stützstellen zugeordnet. Dies ist eine unverzichtbare methodische Voraussetzung. Um jedoch der Tatsache Rechnung zu tragen, daß die Kenngrößen nicht einen Punkt, sondern eine Fläche von  $1 \text{ km}^2$  beschreiben, wird den Stützstellen ein räumliches Streuungsmaß  $s_x$  (Standardabweichung) zugeordnet. Unter der Annahme gleicher Zuordnungswahrscheinlichkeit der Kenngrößen innerhalb einer kreisförmigen Fläche mit Radius  $0,7 \text{ km}$  erhält man  $s_x = 0,50 \text{ km}$  (siehe Anhang.). Dies ist eine realistische Beschreibung für Beurteilungsflächen gemäß TA-Luft ( $1 \text{ km}^2$ ).

Gesucht sei der Ort der Isolinie zum Wert  $c_L$  auf der Verbindungslinie zwischen den Flächenmittelpunkten  $x_1$  und  $x_2$ . In Abb.13 ist die Situation schematisch dargestellt. Eingezeichnet ist ebenfalls die Interpolationsgerade durch die beiden Stützstellen. Man erkennt, daß ihre Lage nicht nur durch die Standardabweichungen  $sc_1$  und  $sc_2$  der Kenngrößen bestimmt ist, sondern auch durch die räumliche Streuung  $s_x$  der Stützstellen.

Unter der Annahme, daß der Verlauf der Belastung zwischen den Stützstellen linear sei, kann man folgenden Ansatz wählen:

$$\frac{c_L - \langle c \rangle}{x_L - \langle x \rangle} = \frac{c_2 - c_1}{x_2 - x_1} \quad (4.12)$$

mit den Mittelwerten  $\langle x \rangle = (x_1 + x_2) / 2$  und  $\langle c \rangle = (c_1 + c_2) / 2$ .

Die Auflösung nach  $x_L$  ergibt

$$x_L = \langle x \rangle + (c_L - \langle c \rangle) * \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \quad (4.13)$$

Soweit ist die Lösung recht einfach. Man kann sie auch leicht überprüfen: Für  $c_L = c_1$  erhält man erwartungsgemäß  $x_L = x_1$  und für  $c_L = c_2$  sinnvollerweise  $x_L = x_2$ . Ohne eine Abschätzung der Standardabweichung von  $x_L$  kann man die Zuverlässigkeit und damit auch die Aussagekraft dieser Lösung jedoch nicht bewerten.

Mit Hilfe des Gauss'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes kann man jedoch die gesuchte Standardabweichung  $s_{xL}$  der Isolinie der Konzentration  $c_L$  näherungsweise abschätzen. Der Lösungsansatz lautet:

$$\begin{aligned} s_{xL}^2 = & \left( \left( \frac{df}{dx_1} \right)^2 + \left( \frac{df}{dx_2} \right)^2 \right) * s_x^2 + \\ & + \left( \frac{df}{dc_1} \right)^2 * s_{c1}^2 + \\ & + \left( \frac{df}{dc_2} \right)^2 * s_{c2}^2 + \\ & + 2 * \frac{df}{dc_1} * \frac{df}{dc_2} * cov(c_1, c_2), \end{aligned} \quad (4.14)$$

wobei die Lösung  $x_L$  als Funktion der fehlerbehafteten Variablen  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $c_1$  und  $c_2$  dargestellt ist.

$$x_L = f(x_1, x_2, c_1, c_2) \quad (4.15)$$

Der letzte Term in Gleichung (4.14) beschreibt den Einfluß der Kovarianz zwischen lokalen Kenngrößen in den benachbarten Flächen, zwischen denen interpoliert wird. Die Kovarianz  $cov(c_1, c_2)$  beschreibt die Abhängigkeit der Kenngrößen  $c_1$  und  $c_2$  voneinander. Sie kann nur auf der

Basis langjähriger Meßreihen bestimmt werden. Da sich die Kenngrößen  $c_1$  und  $c_2$  jedoch, bedingt durch rückläufige Emissionen oder außergewöhnliche meteorologische Einflüsse, in der Regel gleichsinnig verändern werden, ist zu erwarten, daß gilt

$$\text{cov}(c_1, c_2) > 0$$

Andere Kovarianzen spielen im vorliegenden Fall keine Rolle.

Nach den Regeln der Analysis erhält man nun folgende Zwischenlösungen:

$$\frac{df}{dx_1} = \frac{1}{2} - \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \quad (4.16a)$$

$$\frac{df}{dx_2} = \frac{1}{2} + \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \quad (4.16b)$$

$$\frac{df}{dc_1} = - \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} * \left( \frac{1}{2} - \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right) \quad (4.16c)$$

$$\frac{df}{dc_2} = - \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} * \left( \frac{1}{2} + \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right) \quad (4.16d)$$

Damit findet man auch

$$\frac{df}{dc_1} \frac{df}{dc_2} = \left( \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \right)^2 * \left( \frac{1}{4} - \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) \quad (4.17)$$

Damit stellt sich die Gl. (4.14) folgendermaßen dar:

$$\begin{aligned} s_{xL}^2 &= s_x^2 * \left( \frac{1}{2} + 2 * \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) + \\ &+ s_{c1}^2 * \left( \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \right)^2 * \left( \frac{1}{4} - \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} + \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) + \\ &+ s_{c2}^2 * \left( \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \right)^2 * \left( \frac{1}{4} + \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} + \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) + \\ &+ 2 * \text{cov}(c_1, c_2) * \left( \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \right)^2 * \left( \frac{1}{4} - \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) \end{aligned} \quad (4.18)$$

So unübersichtlich Gl.(4.18) auf den ersten Blick erscheinen mag, sie ermöglicht doch, die verschiedenen Fehleranteile zu unterscheiden und ihre Größenordnungen abzuschätzen.

Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, wie die räumliche Standardabweichung der Isolinie durch den Kovarianzterm (letzte Zeile in Gl.(4.18)) beeinflusst wird. Von Interesse ist dabei vor allen Dingen, ob  $s_{xL}$  durch diesen Beitrag verringert (negatives Vorzeichen) oder vergrößert (positives Vorzeichen) wird. Da die Kovarianz, wie zuvor bereits ausgeführt wurde, in der Regel positiv sein wird, kann ein negatives Vorzeichen nur auftreten, wenn gilt

$$\frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} > 1/2,$$

was gleichbedeutend ist mit der Bedingung

$$c_L - \langle c \rangle > c_2 - c_1.$$

Dieser Fall kann jedoch niemals eintreten. Deshalb liefert der Kovarianzterm insgesamt einen positiven Beitrag zur Standardabweichung  $s_{xL}$  einer Isolinie. Dies ist vorteilhaft für Anwendungszwecke. Wenn man für die Kovarianz  $cov(c_1, c_2)$  keinen Zahlenwert angeben kann, was die Regel sein wird, so wird dann immerhin die Angabe einer unteren Grenze, eines Mindestwertes, für  $s_{xL}$  möglich.

Der durch den Meßstellenabstand bedingte Beitrag ist durch den ersten Summanden gegeben. Seine Größe ist

$$s_x * \left( \frac{1}{2} + 2 * \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2 \right) \quad (4.19)$$

Wenn die Kenngrößen  $c_1$  und  $c_2$  mit großer Zuverlässigkeit bekannt sind, d.h. wenn  $s_{c1}/c_1 \ll 1$  und  $s_{c2}/c_2 \ll 1$ , dann wird die Standardabweichung einer Isolinie allein durch diesen Anteil bestimmt. Folglich gilt immer

$$s_{xL} \geq s_x * \sqrt{0,5 + 2 * \left( \frac{c_L - \langle c \rangle}{c_2 - c_1} \right)^2} \quad (4.20)$$

Den geringsten Wert erreicht dieser Fehlerbeitrag für  $c_L = \langle c \rangle$ , d.h. wenn die Konzentration der Isolinie dem Mittelwert der Kenngrößen entspricht, zwischen denen interpoliert wird. Dann erhält man als absolute untere Grenze

$$s_{xL} \geq s_x / 1,414. \quad (4.21)$$

Mit  $s_x = 0,5 \cdot \text{Meßstellenabstand}$  (1km) bei diskontinuierlichen Messungen gilt also

$s_x L \geq 350$  Meter.

Dies ist bei einem Meßstellenabstand von 1 km die absolute untere Grenze, welche nicht unterschritten werden kann. Wollte man einer Isolinie beispielsweise in einer grafischen Darstellung eine Breite zuordnen, so müßte diese mindestens 700 m betragen.

Gl.(4.20) liefert insbesondere auch im Fall automatischer Meßnetze mit fortlaufender Erfassung brauchbare Abschätzungen. Dies gilt jedoch nur dann, wenn die Meßstationen nachweisbar in den lokalen Belastungsschwerpunkten errichtet wurden. Denn nur in diesem Fall hat die der Interpolation zugrundeliegende Annahme eines linearen Konzentrationsverlaufes zwischen benachbarten Meßstationen eine Berechtigung. Entscheidend für die Standardabweichung einer Isolinie ist auch in diesem Fall die verbleibende und unvermeidbare Unsicherheit  $s_x$  hinsichtlich der Erfassung des jeweiligen lokalen Belastungsschwerpunktes. Unter der sinnvollen Annahme  $s_x = 0,5$  km findet man auch in diesem Fall  $s_x L \geq 350$  Meter.

Um auch die übrigen Fehleranteile abzuschätzen, ist auf Gl.(4.18) zurückzugreifen.

Als einfache Testbeispiele betrachten wir folgende Grenzfälle:

$$c_L = c_1: \quad s_x L = s_x^2 / 2 + s_{c1}^2 \cdot \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \quad (4.22a)$$

$$c_L = c_2: \quad s_x L = s_x^2 / 2 + s_{c2}^2 \cdot \frac{x_2 - x_1}{c_2 - c_1} \quad (4.22b)$$

Der symmetrische Aufbau dieser Ergebnisse entspricht der Erwartung. Der Kovarianzterm liefert in diesen Fällen keinen Beitrag. Man erkennt so, daß die Standardabweichung  $s_x L$  einer Isolinie auch dann, wenn ihr Wert  $c_L$  mit dem einer Kenngröße  $c_1$  oder  $c_2$  zusammenfällt, von den Werten der Kenngrößen in den benachbarten Beurteilungsflächen abhängt. Je größer die Differenz  $c_2 - c_1$  benachbarter Kenngrößen ausfällt, desto zuverlässiger ist die Lage der Isolinie bestimmt. Auch dies entspricht der Erwartung.

Dies sind allgemeingültige Resultate von weitreichender Bedeutung. Sie werden immer dann wichtig, wenn es darum geht, die Aussagekraft vor-handener Immissionsdaten abzuschätzen oder Immissionsmessungen für einen bestimmten Zweck, d.h. mit einer bestimmten Aussagekraft zu planen.

Im Folgenden wird die Anwendung der Methodik an einigen Beispielen demonstriert. Betrachtet werde der in Abb. 14 wiedergegebene Ausschnitt der Belastungskarte. Dargestellt sind 98%-Werte von Schwefeldioxid aus dem Jahr 1986 jeweils in der oberen Zeile sowie die zugehörige Standardabweichung in der unteren Zeile. Gesucht werde die Isolinie zur Konzentration 400 ug/m<sup>3</sup> (sx=0,50 km). Zur rechentechnischen Vereinfachung schreiben wird abkürzend

$$s_{xL}^2 = A^2 \cdot s_x^2 + B^2 \cdot s_{c1}^2 + C^2 \cdot s_{c2}^2 \quad (4.23)$$

Der Kovarianzterm (siehe Gl.4.18) bleibt hier unberücksichtigt. Deshalb liefert Gl.(4.23) einen Mindestwert. Der Rechengang kann nun anhand der Tabellen 4.5 und 4.6 verfolgt werden.

Tabelle 4.5: Ortslagen der Isolinie c<sub>L</sub>=400 ug/m<sup>3</sup> für 98%-Werte von Schwefeldioxid (1986).  
Werte: siehe Abb.6 (x<sub>2</sub>=0 km; x<sub>1</sub>=1km)

no	c <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	s <sub>c2</sub>	c <sub>1</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	s <sub>c1</sub>	x <sub>L</sub> (km)
1	494	96	175	175	0,29
2	494	96	254	163	0,39
3	494	96	354	94	0,67
4	490	99	240	55	0,36
5	490	99	367	84	0,73
6	490	99	172	171	0,28

Tabelle 4.6 Standardabweichung der Isolinie c<sub>L</sub>=400 ug/m<sup>3</sup> für 98%-Werte von Schwefeldioxid (1986).  
Werte: siehe Tabelle 4.5 (sx=0,50 km)

no	c <sub>L</sub> -<c> ----- c <sub>2</sub> -c <sub>1</sub>	x <sub>2</sub> -x <sub>1</sub> <sup>2</sup> (-----) c <sub>2</sub> -c <sub>1</sub>	A <sup>2</sup> (km)	B <sup>2</sup> (km*m <sup>3</sup> /mg)	C <sup>2</sup>	s <sub>xL</sub>
1	0,205	9,83	0,58	0,85	4,9	0,46
2	0,108	17,36	0,52	2,7	6,4	0,51
3	-0,171	51,02	0,56	23,0	5,5	0,63
4	0,140	16,00	0,54	2,1	6,6	0,45
5	-0,232	66,10	0,61	35,4	4,8	0,67
6	0,217	9,89	0,59	0,79	5,1	0,47

Man erkennt, daß in dem vorgestellten Beispiel der 98%-Werte von Schwefeldioxid aus dem Jahr 1986 die Standard-

abweichung  $s_xL$  der Isolinie  $c_L=400 \text{ ug/m}^3$  Werte zwischen 0,45 und 0,67 km annimmt. Abb.14 vermittelt einen visuellen Eindruck von diesen Resultaten. Eine genauere Lokalisierung der betrachteten Isolinie  $c_L=400 \text{ ug/m}^3$  ist auf der Basis von diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft mit 13 Meßwerten pro Meßpunkt nicht möglich. Man erkennt, daß diese Werte deutlich höher ausfallen als die durch Gl.(4.20) abgeschätzte untere Grenze von 0,35 km. Die Unterschiede sind dem begrenzten Stichprobenumfang ( $N=52$ ) zuzuschreiben. Welcher Gewinn durch Erhöhung des Meßumfangs auf 26 Meßwerte pro Meßpunkt zu erwarten ist, wird in Abschnitt 4.4 erörtert.

#### 4.4. SIMULATIONSSTUDIE

In den vorangehenden Abschnitten 4.1-4.3 wurden Methoden vorgestellt, um die Zuverlässigkeit von Immissionskenngrößen aus vorliegenden Stichproben zu bewerten. Exemplarische Anwendungen wurden für Stichproben vom Umfang  $N=52$  der Komponente Schwefeldioxid präsentiert. Der Einfluß der räumlichen Auflösung der Messungen auf die Zuverlässigkeit der abgeleiteten Kenngrößen wurde in Abschnitt 4.3 diskutiert. Im Folgenden wird untersucht, welcher Gewinn an Zuverlässigkeit durch Erhöhung des Stichprobenumfangs möglich ist. In Ermangelung von Stichproben größeren Umfangs als  $N=52$  werden im folgenden Stichproben des gewünschten Umfangs durch Auslosung aus kontinuierlichen Meßreihen auf einer elektronischen Rechenanlage künstlich erzeugt. Zugrundegelegt werden dabei die TEMES-Zeitreihen der Schadstoffe Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid aus den Jahren 1983 bis 1986. Aus jeder dieser Jahreszeitreihen wurden jeweils 100 stochastische Stichproben des gewünschten Umfangs gezogen. Dabei wurden die Randbedingungen der diskontinuierlichen Messungen vollständig berücksichtigt. D.h., das betrachtete Jahr wurde zunächst in 52 Wochenschichten zerlegt. Aus jeder Wochenschicht wurden dann 1-4 Meßwerte zufällig entnommen und zwar aus der Schicht 8-16 Uhr an Werktagen.

Für jede so gewonnene Stichprobe wurden die Kenngrößen Jahresmittelwert und 98%-Wert bestimmt (siehe Abschnitte 4.1, 4.2). Für die Kenngrößen einer TEMES-Station erhält man so je 100 Realisationen. Aus deren Häufigkeitsverteilungen lassen sich die gesuchten Standardabweichungen bestimmen. So wird es möglich, die statistischen Eigenschaften von Kenngrößen aus Stichproben mit Umfang  $N > 52$  zu untersuchen. Gleichzeitig wird es so möglich, die Zuverlässigkeit der Gl.(4.13) zur Abschätzung der Standardabweichung des 98%-Wertes aus einer realen Stichprobe zu überprüfen.

Einige Resultate sind in den Tabellen 4.7 und 4.8 zusammengefaßt.

Tabelle 4.7: Durchschnittliche Standardabweichung des Jahresmittelwertes aus simulierten Stichproben.

Jahr	s1 (Prozent)		
	N=52	N=104	N=208
Schwefeldioxid			
1983	9,6	6,7	4,7
1984	9,7	6,5	
1985	10,5	7,3	5,1
1986	10,4	7,3	4,8
Stickstoffdioxid			
1983	5,1	3,9	2,5
1984	5,1	3,4	2,2
1985	5,6	3,8	2,4
1986	5,4	3,7	2,5

Tabelle 4.8: Durchschnittliche Standardabweichung des 98%-wertes aus simulierten Stichproben.

Jahr	s2 (Prozent)			Gl. (4.13) N=52
	N=52	N=104	N=208	
Schwefeldioxid				
1983	23,3	15,8	10,5	21,7
1984	19,6	14,4		21,6
1985	24,7	19,2	14,4	28
1986	21,0	16,0	11,1	21,0
Stickstoffdioxid				
1983	16,9	13,1	8,9	19,4
1984	16,5	11,8	8,5	17,2
1985	17,2	12,8	9,3	19,4
1986	13,2	9,7	7,2	12,4

In den ersten drei Spalten sind die durch Simulation von Stichproben gewonnenen Standardabweichungen angegeben. Die vierte Spalte ergibt sich durch Anwendung von Gl. (4.13) auf die simulierten Stichproben vom Umfang N=52. Die Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus Spalte 1 ist sehr gut. Dies ist eine praktische Bestätigung der durch formale Überlegungen abgeleiteten Gl. (4.13). Im einzelnen stellen sich die Ergebnisse folgendermaßen dar:

#### Schwefeldioxid:

-----

Bei dem weitverbreiteten Stichprobenumfang  $N=52$  beträgt die durch die vorliegende Simulation abgeschätzte Standardabweichung des Mittelwertes etwa 10 Prozent, die des 98%-wertes mit 20 Prozent etwa doppelt so viel. Die Abweichungen zu den Resultaten aus den Abschnitten 4.1 und 4.2, dort wurden auf direktem Weg 14 Prozent für den Mittelwert und 26 Prozent für den 98%-Wert gefunden, gehen auf das Konto räumlicher Inhomogenitäten, die durch die benutzte Simulationsmethode nicht erfaßt werden können. Der Nutzen der durchgeführten Simulationsstudie liegt vor allen Dingen in den Aussagen über die Abhängigkeit der betrachteten Standardabweichungen vom Stichprobenumfang. Man erkennt, sowohl für den Mittelwert als auch für den 98%-Wert, daß sich die Standardabweichung bei Vervierfachung des Stichprobenumfang halbiert. Dies entspricht der Erwartung für Mittelwerte von unabhängigen Meßwerten.

#### Stickstoffdioxid:

-----

Die Kenngrößen von Stickstoffdioxid zeigen deutlich geringere Standardabweichungen als diejenigen von Schwefeldioxid. So findet man bei  $N=52$  für den Mittelwert eine Standardabweichung von etwa 5 Prozent, für den 98%-Wert etwa 17 Prozent. Dies zeigt, daß die zeitlichen Schwankungen der Konzentrationen von Stickstoffdioxid deutlich geringer sind als diejenigen von Schwefeldioxid und es entspricht dem sekundären Charakter des Schadstoffes Stickstoffdioxid. Auch hier halbiert sich die Standardabweichung bei Vervierfachung des Stichprobenumfangs.

### 5. VORSORGE-KENNGRÖSSEN

Vor dem in Abschnitt 4 aufgezeichneten Hintergrund über die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Immissionskenngrößen gemäß TA-Luft werden im folgenden praktikable Wege aufgezeigt, aus vorhandenen  $1\text{-km}^2$ -Kenngrößen bzw. den zugrundeliegenden Meßdaten vorsorgeorientierte Kenngrößen für die Planung abzuleiten. Betrachtet werde ein beliebiges Planungsgebiet von in der Regel weniger als  $1\text{ km}^2$  Größe. Das Ziel sei es, nachzuprüfen, ob vorgegebene Grenz- oder Richtwerte in der Planungsfläche mit vorgegebener Sicherheit  $S$  eingehalten werden. Zur Beurteilung dieser Fragen werden für das Planungsgebiet geeignete Immissionskenngrößen benötigt. Betrachtet werden hier Jahresmittelwerte und 98%-Jahreswerte jeweils mit Zuschlägen für das gewählte Sicherheitsniveau  $S$ . Die resultierenden Kenngrößen werden im

folgenden Vorsorge-Kenngrößen I1S und I2S genannt. Die Zuschläge werden mit Hilfe der Standardabweichungen s1 und s2 aus Abschnitt 4 ermittelt. In Tabelle 5.1 sind einige so berechnete Vorsorge-Kenngrößen zusammengestellt, die sich auf der Basis der diskontinuierlichen Immissionsmessungen gemäß TA-Luft realisieren lassen.

Tabelle 5.1: Vorsorge-Kenngrößen I1S und I2S auf der Basis diskontinuierlicher Immissionsmessungen gemäß TA-Luft.  
S: Zuverlässigkeit

S (%)	N	I1S	I2S
> 28	52	I1V (*)	I2V
> 35	104	I1V (*)	I2V
> 50	52	I1V	I2V+0,9*s2
Meßwert	104	I1V	zweitgrößter
> 65	52	I1V + s1	größter
Meßwert	104	I1V + s1	zweitgrößter
> 62	104	I1V + s1	zweitgrößter
Meßwert			
> 88	52	I1V+s1*1,68	---
Meßwert	104	I1V+s1*1,66	größter
> 95	52	I1V+s1*2	---
Meßwert	104	I1V+s1*2	---
	148	I1V+s1*2	größter

(\*): Kenngröße enthält Sicherheitsreserven

Tabelle 5.1 zeigt, daß die höchste durchgängig realisierbare Zuverlässigkeit bei einem Stichprobenumfang von N=52 bei 65 Prozent liegt. Das bedeutet gegenüber den Kenngrößen der TA-Luft bereits eine deutliche Steigerung der Zuverlässigkeit.

Bei 104 Meßwerten pro Stichprobe läßt sich eine Zuverlässigkeit der Grenzwerteinhaltung von nahe 90 Prozent für die betrachteten Kenngrößen erreichen. Um eine Zuverlässigkeit von 95 Prozent auch für die Einhaltung des IW2-Wertes zu erreichen, wäre ein Stichprobenumfang von N>147 erforderlich.

Diese Betrachtungen gelten zunächst für die 1-km\*\*2-Flächen, denen die zugrundeliegenden Meßwerte zugeordnet sind. Übertragungen auf kleinere Teilflächen sind jedoch nach den Ausführungen aus Abschnitt 3 ohne Schwierigkeiten möglich.

Auch gegen die Anwendung der Immissionswerte der TA-Luft auf kleinere Flächen als 1 km\*\*2 bestehen in dem hier diskutierten Rahmen keine Einwände. Zwar beschreibt die TA-Luft, wie in Abschnitt 3 ausgeführt wurde, eine Meßstrategie, welche die Einhaltung der Immissionswerte in Flächen von 1 km\*\*2 Größe mit einer bestimmten Mindestzuverlässigkeit zu überprüfen gestattet. In diesem Rahmen stellen Immissionswerte und Meßstrategie ein aufeinander abgestimmtes System dar. Kennt man jedoch die Konstruktionsregeln dieses Systems (siehe Abschnitte 3, 4), so kann man die Immissionswerte ohne Schwierigkeiten auch auf andere Fragestellungen anwenden.

Wird auf bereits vorhandene Immissionskenngrößen für 1-km\*\*2-Flächen zurückgegriffen, so können folgende Fälle unterschieden werden:

Fall 1: Das Planungsgebiet a ist kleiner als 1 km\*\*2 und vollständig in einer Rasterfläche A enthalten (siehe Abb.15).

In diesem Fall können die Kenngrößen der Rasterfläche A direkt auf die Planungsfläche übertragen werden. Bei einer Mindestzuverlässigkeit (Sicherheitsniveau) von 65 Prozent erhält man dann

$$I1S(a) = I1V(A) + s1(A) \quad (5.1)$$

$$I2S(a) = X_{(52)} = I2V + 1,5 * s2 \quad (5.2)$$

Diese Übertragung ist nach den obigen Ausführungen insbesondere auch dann möglich, wenn in der Planungsfläche kein Meßpunkt enthalten ist.

Fall 2: Das Planungsgebiet a enthält Teile aus N >= 2 benachbarten Rasterflächen (siehe Abb.15).

In diesem Fall empfiehlt es sich, jeweils den größten Wert, den die betrachtete Kenngröße in den angeschnittenen Rasterflächen annimmt, heranzuziehen

$$I1V_{max} = \text{Max} ( I1V(A1), I1V(A2), \dots, I1V(AN) ) \quad (5.3)$$

$$I2V_{max} = \text{Max} ( I2V(A1), I2V(A2), \dots, I2V(AN) ) \quad (5.4)$$

Bei einer Mindestzuverlässigkeit von 65 Prozent erhält man dann

$$I1B(a) = I1V_{max} + s1(a) \quad (5.5)$$

$$I2B(a) = I2V_{max} + 1,5 * s2(a) \quad (\text{bei } N=52) \quad (5.6)$$

mit

$$s_1(a) = s(I1V_{max}) \quad (5.7)$$

$$s_2(a) = s(I2V_{max}) \quad (5.8)$$

Hierbei bedeuten  $s(I1V_{max})$  bzw.  $s(I2V_{max})$  die Standardabweichungen der Kenngrößen  $I1V_{max}$  bzw.  $I2V_{max}$ .

Der Fall 2 deckt eine Vielzahl unterschiedlicher Fälle ab. Dies reicht von kleinen Planungsflächen, die nur Teile von zwei benachbarten Rasterflächen enthalten, bis zu größeren Gebieten, die mehrere Rasterflächen vollständig und andere teilweise enthalten.

Auf die beschriebene Art und Weise erhält man eine direkte Möglichkeit, auf der Basis vorhandener Messungen im 1x1-km-Raster Vorsorge-Kenngrößen für Teilflächen von 1-km\*\*2-Flächen zu gewinnen. Diese Möglichkeit ist jedoch auf die Komponenten Schwefeldioxid und Staubbiederschlag beschränkt, da andere Schadstoffe nicht im 1x1-km-Raster erhoben werden.

Bei dem hier gewählten Sicherheitsniveau  $S=65$  Prozent wird die Angelegenheit folglich recht einfach. Bei  $N=52$  Einzelmessungen fände dann im Bauleitplanungsverfahren der größte Meßwert als Kurzzeitkenngröße Verwendung anstelle des zweitgrößten im Genehmigungsverfahren nach TA-Luft. Für den Jahresmittelwert ergäbe sich ein Zuschlag von der Größe der zugehörigen Standardabweichung  $s_1$ .

## 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, daß die Standardabweichungen der Immissionskenngrößen gemäß TA-Luft wertvolle zusätzliche Informationen enthalten, welche insbesondere auch für Anwendungen außerhalb des Genehmigungsverfahrens von Interesse sein können. Bei den üblichen Stichprobenumfängen von  $N=52$  liegen diese Standardabweichungen für Schwefeldioxid im Mittel bei 10 Prozent für die Kenngröße I1 (Jahresmittelwert) und bei 20 Prozent für die Kenngröße I2 (98%-Wert). Mit der Standardabweichung kommt das in allen Bereichen der Meßtechnik eingebürgerte Maß für die Unsicherheit einer Größe auch im Bereich des Immissionsschutzes zur Anwendung.

Außerdem bietet sich die Möglichkeit, mit Hilfe der Standardabweichung auf einfache Weise zu Vorsorge-Kenngrößen zu gelangen, welche es ermöglichen, Grenzwerteinhalten mit größerer Zuverlässigkeit zu überprüfen und zu gewährleisten als im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach TA-Luft. Dies ist von Interesse,

wenn man den Vorsorgegedanken im Bereich des Immissionsschutzes stärker betonen möchte. Mit Zuschlägen von  $1 \cdot \text{Standardabweichung (s1)}$  zum Jahresmittelwert  $I_1$  und  $1,5 \cdot \text{Standardabweichung (s2)}$  zum 98%-Wert  $I_2$  beispielsweise wird eine Überprüfung von Grenzwerteinhaltungen mit einer Zuverlässigkeit von mindestens 65 Prozent möglich.

Wie die vorgestellten Betrachtungen weiter zeigen, wird es auch möglich, aus Immissionsmessungen gemäß TA-Luft geeignete Vorsorge-Kenngrößen für Planungsvorhaben auf kommunaler Ebene abzuleiten. Diese Möglichkeiten sind jedoch beschränkt auf die Schadstoffe Schwefeldioxid und Staubbiederschlag, welche von der LIS im  $1 \times 1$ -km-Raster erfaßt werden.

Außerdem wurde untersucht, welchen Einfluß eine Verdoppelung bzw. Vervierfachung des Stichprobenumfangs auf die Standardabweichungen der resultierenden Kenngrößen hat. Es zeigte sich, daß sowohl beim Jahresmittelwert als auch beim 98%-Wert zu einer Halbierung der Standardabweichung eine Vervierfachung des Stichprobenumfangs erforderlich ist.

Wie die Kenngrößen selbst, so sind auch abgeleitete Isolinien mit Unsicherheiten behaftet. Eine Formel zur Abschätzung wurde auf der Basis des Fehlerfortpflanzungsgesetzes abgeleitet. Die Auswirkungen von Kovarianzen wurden diskutiert. Die Resultate zeigen, daß bei einer rasterförmigen Anordnung der Meßpunkte die räumliche Standardabweichung der Isolinien den Wert  $0,35 \cdot \text{Maschenweite}$  nicht unterschreiten kann. Dies gilt unabhängig von der betrachteten Kenngröße und unabhängig vom Stichprobenumfang. Bei einer Maschenweite von 1 km (gemäß TA-Luft) wäre Isolinien deshalb eine Breite ( $2 \cdot \text{Standardabweichung}$ ) von mindestens 700 m zuzuordnen. Dies verdeutlicht die begrenzte Aussagekraft von Isolinien.

Neben den Schadstoffen Schwefeldioxid und Schwebstaub spielen jedoch in städtischen Verdichtungsgebieten häufig andere eine ebenso wichtige oder gar wichtigere Rolle. Genannt seien hier Stickstoffdioxid, metallische und organische Staubinhaltsstoffe, wie Blei, Cadmium und Benzo(a)pyren, dann auch Benzol und chlororganische Verbindungen wie Tri- oder Perchloräthylen und andere. Als Quellen dieser Schadstoffe sind zu nennen Hausheizungen, Kleingewerbe, Industrie und Verkehr, wobei die angegebene Reihenfolge nichts über die Gewichtigkeit aussagt.

So sind, beispielsweise, städtische Belastungsschwerpunkte in stark befahrenen Straßen mit dichter und hoher Bebauung zu suchen. Messungen und Modellrechnungen zeigen, daß in derartigen Straßenbereichen hohe Konzentrationen von Stickstoffdioxid angetroffen werden können. Die Mitgliedsländer der Europäischen Gemeinschaften haben sich deshalb auf einen verbindlichen Grenzwert für Stickstoffdioxid geeinigt /10/, der überall dort einzuhalten ist, wo Fußgänger exponiert werden können, folglich auch auf Gehsteigen neben stark befahrenen Straßen.

Dieser Grenzwert wurde zwar 1986 in die TA-Luft übernommen /7/, hat damit aber noch keine Verbindlichkeit für kommunale Planungen. Außerhalb verkehrsbeeinflusster Zonen liegt die Belastung durch Stickstoffdioxid dagegen in der Regel auf einem deutlich niedrigeren, flächenmäßig recht gleichmäßigen Niveau.

Die Autoren sehen gegenwärtig zwei Möglichkeiten, um für die genannte breite Palette von Schadstoffen Immissionsdaten für Fragen der Bauleitplanung bereitzustellen. Man kann für jedes einzelne Planungsvorhaben ein kostenintensives Meßprogramm durchführen oder man kann exemplarische Meßprogramme für typische Planungsfälle durchführen und unter verallgemeinerungsfähigen Gesichtspunkten auswerten. Wir planen, den zweiten Weg zu beschreiten. Auf diese Weise soll ein Pool relevanter Meßdaten für typische Wohngebiete in NRW gesammelt werden. Der erste Schritt hierzu wird mit einem Meßprogramm über chlorierte Kohlenwasserstoffe in städtischen Wohngebieten unternommen. Auf der Basis dieser Daten können dann Fragen nach der durchschnittlichen Belastung typischer Wohngebiete in NRW beantwortet werden. Diese Durchschnittswerte können dann auch als Richtwerte in Planungsfällen Verwendung finden, sofern keine anderen Richt- oder Grenzwerte vorgezogen werden.

SCHRIFTTUM

- /1/ STRATMANN, H. und M. BUCK:  
Schwefeldioxid-Immissionsmessungen im Lande  
Nordrhein-Westfalen, Erste Mitteilung der  
Ergebnisse des III. Meßprogrammes nach § 7 des  
Immissionsschutzgesetzes NW für die Zeit vom  
2.11.1964 - 28.10.1965,  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions-  
und Bodennutzungsschutz des Landes Nordrhein-  
Westfalen, Heft 3, S.7-53, Verlag W.Girardet,  
Essen (1966)
- /2/ PFEFFER, H.-U.:  
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-  
Erfassungs-System TEMES zur Immissionsüberwachung in  
Nordrhein-Westfalen, LIS-Bericht Nr.19, Hrsg:  
Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Essen (1982)
- /3/ BEIER, R. und A. DOPPELFELD:  
Räumliche Repräsentativität kontinuierlicher  
Immissionsmessungen in Nordrhein-Westfalen,  
Staub - Reinhaltung der Luft, Heft 1/2, (1987)
- /4/ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen  
durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütter-  
ungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissions-  
schutzgesetz -BImSchG), BGBI.I, S.721 (1974)
- /5/ PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE, J. GIEBEL und R. BEIER:  
Analyse der Smoglage vom 16.-21. Januar 1985 im  
Rhein-Ruhr-Gebiet, Teil 1: Text und Bildband,  
LIS-Berichte Nr.55, Hrsg:  
Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Essen (1986)
- /6/ IXFELD, H., K.ELLERMANN und M.BUCK:  
Bericht über die Ergebnisse der diskontinuierlichen  
Schwefeldioxid- und Mehrkomponentenmessungen im  
Rhein-Ruhr-Gebiet für die Zeit vom 01. Januar 1985 -  
31. Dezember 1985,  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions-  
schutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 64,  
S. 69-118, Verlag W.Girardet, Essen (1986)
- /7/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-  
Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur  
Reinhaltung der Luft - TA Luft), GMBI.,A37, S.95-143  
(1986)
- /8/ Luftreinhaltepläne für die Belastungsgebiete an  
Rhein und Ruhr, Hrsg:  
Minister für Umwelt, Raumordnung und  
Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen,  
Düsseldorf
- /9/ Baugesetzbuch (BauGB) vom 8.12.1986, BGBI.I, S.2253  
(1986)

- /10/ Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid, Amtsblatts der Europäischen Gemeinschaften L87,1 (1985)
- /11/ BEIER, R.:  
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983,  
LIS-Berichte Nr.53, Hrsg:  
Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen (1985)
- /12/ BEIER, R. und A.DOPPELFELD:  
Zur Kennzeichnung von Immissionsbelastungen durch Quantile von Schadstoffverteilungen,  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 55,  
S.7-13, Verlag W.Girardet, Essen (1982)
- /13/ STRATMANN, H., M.BUCK, U.HÖLZEL und D.ROSIN:  
Untersuchungen der SO<sub>2</sub>-Immissionen im Stadtgebiet von Duisburg,  
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 1, S.25-44, Verlag W.Girardet, Essen (1965)
- /14/ SACHS, L.:  
Statistische Auswertungsmethoden, S.92,  
Springer Verlag, Berlin (1968)
- /15/ BÜNING, H. und G. TRENKLER:  
Nichtparametrische Statistische Methoden, Kap 3,  
de Gruyter, Berlin (1978)

Anhang A:

=====

Abschätzung der räumlichen Standardabweichung  $s_x$  der  $1\text{-km}^2$ -Kenngrößen.

Die kleinste Kreisfläche, welche ein Quadrat von 1 km Kantenlänge einschließt, hat den Radius  $R=0,71$  km.

Ordnet man der betrachteten Kenngröße eine konstante Aufenthaltswahrscheinlichkeit in allen Teilen dieser Kreisfläche zu, so erhält man die gesuchte Standardabweichung folgendermaßen:

$$(s_x)^2 = \int_0^R r^2 \cdot r \, d\theta \cdot dr / n \cdot R^2 = R^2 / 2.$$

$$s_x = R / 1,414 = 0,5 \text{ km.}$$

=====

Anhang B:  
=====

Abschätzung der Standardabweichung  $s_2$  des 98%-Wertes  
 $I_2V = X_{(k)}$ ,  $k = \text{INT}(0,98 * N) + 1$ .

Ansatz:

$$(s_2)^2 = \int f(x) * (X - I_2V)^2 * dx \quad \text{mit} \quad \int f(x) * dx = 1.$$

Dieser Ansatz enthält die Näherung  $E(X_{98}) = I_2V$ , d.h.  $I_2V$  wird als Näherung für den Erwartungswert des 98%-Wertes genommen.

Für die Wahrscheinlichkeitsdichte  $f(x)$  des 98%-Wertes gilt

$$f(x) = c(1, l+1) = \text{const.} \quad \text{für} \quad X_{(l)} < X < X_{(l+1)}$$

und  $(l=1, 2, \dots, N-1)$ .

$$\text{Es gilt} \quad c(1, l+1) = \frac{w(1, l+1)}{X_{(l+1)} - X_{(l)}}$$

Benötigt werden die Integrale

$$I(1, l+1) = \int (X - I_2V)^2 * dx$$
$$= \frac{1}{3} \left( (X_{(l+1)} - I_2V)^3 - (X_{(l)} - I_2V)^3 \right)$$

Damit erhält man

$$(s_2)^2 = \text{SUM} I(1, l+1) * c(1, l+1) + \int f(x) * (X - I_2V)^2 * dx.$$

$$\text{Es gilt nun} \quad \int f(x) * dx = w(N, N+1).$$

Eine rechentechnische Vereinfachung ergibt sich durch die Relation

$$\int f(x) * (X - I2V)^2 * dx < w(N, N+1) * (X_{(N)} - I2V)^2$$

Damit erhält man die folgende Näherungslösung:

=====

$$s2^2 = \text{SUM } I(1,1+1) * c(1,1+1) + w(N, N+1) * (X_{(N)} - I2V)^2$$

=====

Beispiel 1:            N=52 (Stichprobenumfang)

-----

$$I2V = X_{(51)}$$

$$w(50, 51) = 0,19$$

$$w(51, 52) = 0,37$$

$$w(52, 53) = 0,35$$

Berücksichtigt man nur die drei angegebenen Gewichte, so erhält man

$$s2^2 = (I2V - X_{(50)})^2 * 0,19/3 + (X_{(52)} - I2V)^2 * (0,37/3 + 0,35)$$

Den ersten Term kann man im Vergleich zum zweiten in guter Näherung vernachlässigen. Folglich erhält man als einfachste Näherung für N=52 die Formel

=====

$$s2 = 0,68 * (X_{(52)} - I2V)$$

=====

Beispiel 2: N=104 (Stichprobenumfang)

=====

$$I2V = X_{(102)}$$

$$w(100,101) = 0,10,$$

$$w(101,102) = 0,19,$$

$$w(102,103) = 0,27,$$

$$w(103,104) = 0,29,$$

$$w(104,105) = 0,12.$$

Als einfachste Näherung erhält man in diesem Fall

=====

$$\begin{aligned} (s_2)^2 &= (I2V - X_{(101)})^2 * 0,19/3 + \\ &+ (X_{(103)} - I2V)^2 * 0,27/3 + \\ &+ (X_{(104)} - I2V)^2 * (0,12 + 0,29/3). \end{aligned}$$

=====

B i l d a n h a n g

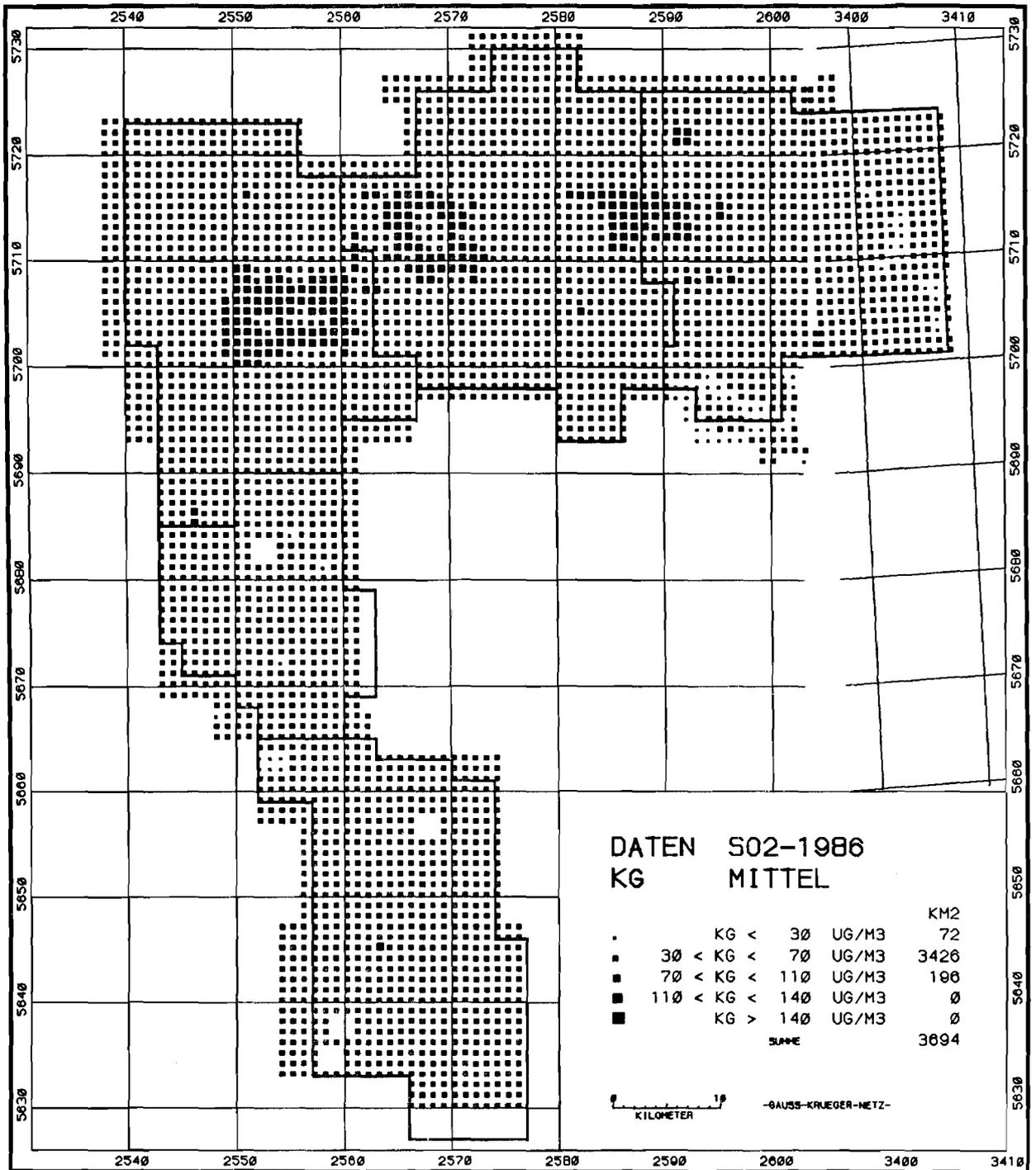


Abb.1: Belastungskarte 1986 für Schwefeldioxid  
 Kenngröße: Jahresmittelwert  
 Einheiten: Mikrogramm pro Kubikmeter

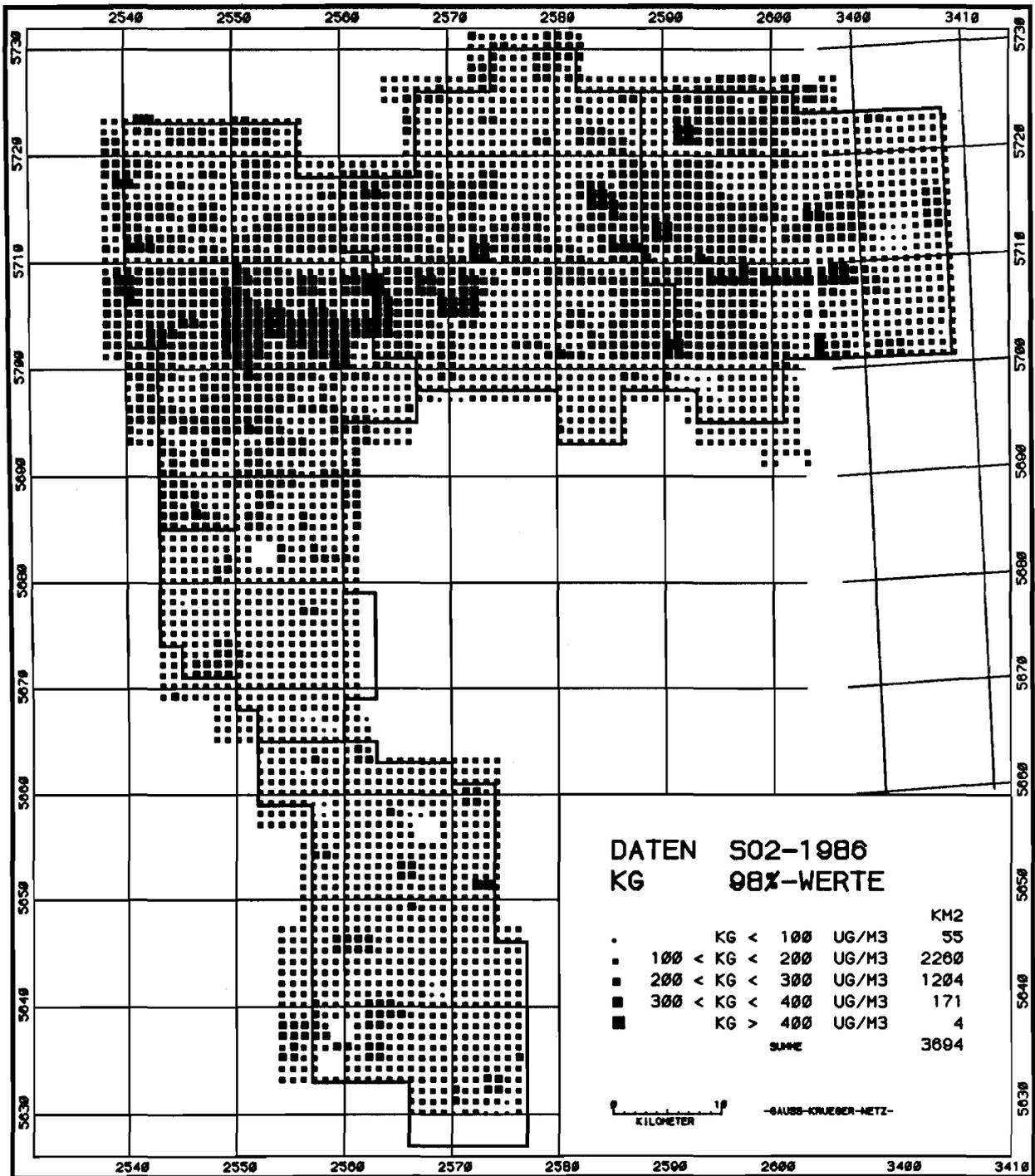


Abb.2: Belastungskarte 1986 für Schwefeldioxid  
 Kenngröße: 98%-Wert  
 Einheiten: Mikrogramm pro Kubikmeter







	2561.	2570												2580												2590							
5712.	78 7	78 18	80 18	87 9	72 8	80 9	78 18	76 18	74 9	71 8	79 8	82 8	80 9	73 11	73 18	68 8	71 9	71 9	65 8	59 8	62 7	66 8	67 8	61 6	69 11	84 12	75 11	71 11					
				73 18	77 18	78 18	74 18	75 18	80 18	77 8	83 8	86 18	87 11	75 11	78 18	67 8	78 9	68 8	64 7	61 7	64 7	67 8	65 7	57 5	58 6	74 8	71 18	69 18					
5710				67 9	72 9	75 18	77 18	77 18	70 18	80 8	80 8	80 18	80 18	78 7	66 6	69 6	71 8	65 8	64 6	66 7	66 7	63 7	55 7	53 6	64 6	65 6	65 6						
				75 15	68 18	71 11	75 18	76 11	77 11	72 8	72 8	74 11	76 11	72 8	64 8	68 7	67 7	59 6	68 6	61 7	61 7	58 7	57 7	55 7	55 7	66 11	78 12	69 11					
				79 16	64 11	67 18	68 18	71 18	73 11	65 9	66 9	72 11	71 11	64 8	58 7	59 6	68 6	55 5	55 5	51 4	51 5	51 5	51 5	53 5	54 5	67 11	73 12	69 11	67 11	69 11	68 11		
				73 12	66 12	66 11	72 11	73 11	78 11	67 18	68 18	73 12	78 12	57 5	57 5	52 5	51 5	52 5	54 5	53 4	49 5	58 5	54 4	55 4	65 18	72 11	68 11	64 11	68 13	71 13			
				78 12	64 12	64 11	78 12	60 11	64 11	64 18	64 18	68 12	68 12	63 7	65 7	58 6	59 7	68 7	61 7	56 7	62 5	55 4	49 4	74 18	75 18	52 4	58 4	61 18	71 11	78 11	66 11	72 13	74 13
				78 18	67 18	65 9	66 9	64 9	68 9	68 7	64 7	63 7	63 7	61 7	56 7	58 7	59 7	62 5	55 4	49 4	72 18	78 18	58 5	52 5	63 18	73 11	73 12	69 11	69 11	78 11			
				78 18	78 9	65 9	66 9	67 9	64 8	64 8	68 8	66 7	63 7	58 4	57 5	56 6	56 6	56 6	57 6	54 5	51 5	49 5	48 5	53 6	54 6	61 18	64 11	62 11	64 11	65 11	64 11		
				61 8	62 8	62 9	62 8	64 7	61 7	61 8	65 8	66 8	65 7	59 6	59 6	59 6	58 6	55 6	52 6	52 6	56 7	54 7	51 6	54 6	53 6	55 18	58 11	57 11	59 12	62 13	62 14		
				64 8	63 9	62 9	62 8	62 7	61 7	61 7	65 8	66 8	65 7	58 6	56 6	53 5	51 5	52 5	51 6	54 8	58 9	58 7	54 6	53 6	52 5	57 18	64 11	63 11	68 11	68 13			
							68 6	57 6	56 6	58 6	54 6	54 6	54 5	48 4	46 4	40 5	46 4	40 5	40 5	43 6	48 6	53 6	58 8	54 6	55 6	51 5	56 7	55 7	53 6	52 7			
5700							59 6	58 6	57 9	55 9	58 6	51 6	49 5	49 5	49 5	45 5	43 6	49 6	48 6	48 7	53 6	46 7	47 7	47 6	48 5	42 6	45 6	49 7	46 7	41 6			
							58 5	48 5	49 8	46 8	47 5	49 6	48 5	47 5	47 6	47 6	45 6	48 5	43 5	43 5	47 6	41 6	41 6	41 5	42 6	45 6	49 7	46 7	46 7	41 6			
																						41 6	43 6	42 6	48 5	48 6							
																							48 6	42 6	45 6	48 5	43 6						
																							44 6	45 6	44 6	41 8	48 5	41 6					
HW																							63 17	61 17	46 6	42 6	42 6	43 6					
5694.																								57 17	59 17	47 6	42 5	39 5					
	2561.	2570												2580												2590							
	RW																																

Abb. 4b:  
 MITTELWERT MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 STREUUNG MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 SCHWEFELDIOXID 1986 RUHRGEBIET-MITTE





	2544.						2550						2560						2562.	
5699.							48	42	42	41	46	47	48	52	51	48				
							8	8	8	8	9	8	8	8	8	8				
							44	44	48	45	43	41	43	45	44	41				
							6	7	8	8	7	7	7	7	7	6				
							45	49	50	48	44	43	44	45	41	39				
							5	7	8	8	8	7	8	7	7	6				
							47	48	47	45	45	43	44	46	42	39				
							6	7	7	7	7	6	7	7	6	6				
							46	45	45	43	43	40	41	46	45	42				
							6	7	7	6	7	6	6	6	6	6				
	50	50	49	52	51	51	48	40	38	39	38	34	37	43	40	40				
	8	8	7	7	6	6	5	4	4	5	5	4	5	6	5	5				
	46	45	47	47	52	52	48	48	43		48	37	40	46	45	43				
	6	6	6	6	7	7	8	5	5		7	5	6	7	7	7				
	42	43	45	42	47	53	48	45			51	43	45	46	45	42				
	5	5	6	5	6	7	5	6			8	7	7	7	7	7				
	45	46	45	45	48	53	46	41	42	45	41	41	48	45	35	36				
	6	6	6	6	7	8	6	6	6	7	7	6	7	6	5	5				
	43	40	39	43	47	51	46	44	42	43	45	50	51	47	39	38				
	7	6	6	6	7	9	5	6	6	5	5	6	7	6	5	5				
5680	39	37	36	40	47	56	58	51	44	41	47	51	55	48	49	51	46			
	5	5	5	6	7	8	8	6	6	5	6	6	7	6	6	6	6			
	48	39	37	39	42	50	54	46	37	39	43	45	46	44	46	45	43	42		
	5	5	5	5	6	7	7	6	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6		
	42	41	38	40	42	48	49	46	43	40	40	55	55	56	48	44	48	49		
	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	8	8	7	8	7	6	6	8		
	45	48	50	50	49	54	51	48	50	48	57	58	59	61	62	55	48	49		
	6	6	5	5	6	6	7	6	7	6	8	8	7	7	8	8	5	7		
	46	46	49	47	45	47	48	45	49	52	51	50	52	49	51	51	46	42		
	5	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4		
	38	38	40	44	44	48	53	45	44	48	50	53	52	43	45	50	46	38		
	5	5	6	6	6	7	8	5	5	6	6	6	6	5	5	6	5	4		
			38	44	48	55	58	44	40	45	45	44	43	43	46	45	40	45		
			6	6	7	8	8	7	5	6	6	5	5	4	6	6	5	4		
			41	44	53	57	52	42	42	48	41	34	37	40	44	46	45	47		
			6	6	7	8	8	6	5	6	6	5	5	5	6	6	5	5		
			42	42	44	47	46	42	44	46	42	42	44	41	45	44	47	49		
			6	6	7	7	8	6	5	6	6	6	5	5	6	6	6	6		
							50	47	42	45	45	43	37	36	39	45	45	48		
							8	8	6	5	5	5	4	4	5	6	6	5		
							47	44	42	46	44	43	39	39	41	45	45	48		
							8	7	5	5	4	5	5	4	5	6	6	5		
							47	48	42	39	47	45	43	42	38	40				
							6	6	5	4	5	6	5	5	5	5				
									41	36	39	36	37	40	38	38				
									5	4	5	5	5	4	4	5				
									37	40	40	41	46	44	44	42				
									5	5	6	5	6	6	5	5				
									37	43	47	50	51	43	43	42				
									5	6	6	6	6	6	5	5				
5665.																				
	2544.	RW						2550						2560						2562.

Abb. 6:

MITTELWERT                      MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER

STREUUNG                         MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER

SCHWefeldioxid                      RHEINSCHIENE-MITTE

1986

	2554.				2560								2570								2577.						
5665.	40 5	43 6	44 6	45 6	45 5	43 5	38 5	38 6	45 6	42 5																	
	34 4	34 5	30 5	45 6	60 12	56 12	38 6	43 6	51 8	47 7																	
5660	34 5	33 4	30 5	38 4	51 12	49 12	42 6	48 7	47 7	50 7	45 5	52 6	54 6	48 6	47 6	45 6	43 4										
	30 5	30 5	41 5	38 4	41 5	42 5	45 6	50 7	52 8	54 8	44 6	45 5	48 5	46 5	44 6	43 6	41 5										
	30 5	30 5	42 6	44 6	44 6	45 5	47 6	48 7	55 8	53 8	41 5	44 4	47 5	46 5	43 5	40 5	40 5	45 6	46 7	47 7	47 6						
	43 5	40 5	47 6	47 6	40 5	39 4	40 6	48 7	48 6	46 6	41 4	52 6	53 6	46 5	43 4	38 4	40 5	47 6	48 7	40 7	47 6						
					38 5	37 5	43 6	44 6	46 7	44 7	43 6	55 7	52 6	42 4	40 4	40 4	41 4	44 5	45 5	43 5	45 5						
					30 5	40 5	46 6	46 7	47 7	43 6	42 6	46 6	46 4	45 4			44 4	47 5	47 5	44 5	48 6						
					43 5	45 5	48 6	46 6	42 6	42 6	46 5	55 6	58 6	54 6			53 6	53 6	53 5	52 6	53 6						
					41 6	41 6	41 6	40 6	38 6	44 7	53 6	64 6	66 6	63 5	61 5	62 5	67 6	65 6	62 5	62 6	57 5						
					40 7	43 7	41 6	38 6	38 6	43 7	48 5	61 5	60 6	68 6	67 5	66 5	66 5	62 5	60 5	54 5	53 5	55 5	48 5				
					44 7	45 6	43 6	43 6	41 6	46 7	56 5	66 5	70 7	67 6	66 5	62 5	60 5	54 5	53 5	55 5	48 5						
				44 6	39 5	41 6	45 6	45 6	51 6	58 5	66 6	69 6	67 6	63 5	61 5	59 5	60 7	58 7	61 9	56 8							
				46 5	40 5	38 5	47 6	49 6	49 5	55 5	63 5	67 5	68 6	63 6	64 6	61 5	57 6	57 7	67 11	62 11							
				45 6	45 6	36 5	44 6	43 6	43 6	53 5	60 5	64 5	65 6	64 5	64 6	59 4	55 5	55 5	62 9	60 9							
				41 6	45 7	43 6	44 5	40 6	41 6	52 5	61 5	65 6	62 6	61 5	64 6	59 6	60 5	60 5	60 6	59 6							
5650				55 6	53 6	53 6	51 5	50 6	49 6	56 5	61 5	60 6	60 6	56 4	57 5	55 5	57 5	56 5	59 5	59 5							
	2554.	RW				2560								2570								2577.					

Abb. 7a :  
 MITTELWERT                    MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 STREUUNG                        MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 SCHWefeldioxid                1986 RHEINSCHIENE-SUED





	2590										2600										2604.										3400										
5710	349	200	196	223	223	307	205	205	208	208	173	140	171	171	159	159	175		175	173	173	152	148	110	107	117	166	166	166												
	20	102	94	76	58	91	100	17	15	28	52	70	55	25	33	37	26		115	117	41	56	3	20	43	37	71	71	115												
	263	231	231	255	255	212	212	210	210	310	249	251	251	207	207	212	212		328	328	233	233	150	115	167	167	186	186	182												
	59	81	71	54	36	65	97	98	90	22	42	50	50	81	81	74	74		11	11	34	34	17	41	20	20	57	57	118												
	284	284	250	259	279	279	354	354	342	310	295	324	324	325	325	320	320		328	328	283	283	280	174	167	160	186	186	182												
	120	111	126	172	158	179	128	86	94	22	11	32	32	47	47	16	16		11	11	30	30	52	124	20	18	92	92	77												
				259	279	279	258	258	258	258	221	100	108	108	160	177	221		221	201	201	200	200	114	114	161	160	132	132												
				172	158	179	193	151	151	26	51	123	117	133	150	113	83		83	97	94	41	52	164	32	6	104	120	111												
				263	208	201	256	256	214	220	220	191	191	163	163	177	191		191	203	203	173	173	122	122	149	149	116	116												
				135	173	211	174	84	113	1	1	20	37	56	3	21	11		45	37	63	63	76	111	150	132	197	210	90												
			263	208	201	256	256	214	217	220	191	191	163	163	207	207		191	203	203	173	173	122	122	149	149	116	135													
			135	173	211	174	84	113	3	1	20	37	56	3	2			45	37	63	63	76	111	150	132	197	210	86													
			228	273	273	245	245	233	221	173	133	161	165	158	193	193		157	172	158	158	202	135	135	153	179	179	135													
			175	144	151	170	146	154	9	26	26	17	18	36	11	11		25	15	10	30	75	120	87	75	30	30	53													
			228	273	273	245	245	233	221	173	136	161	185	158	158	157	157	172	158	158	202	135	135	135	153	179	179	98													
			175	144	151	170	146	154	9	26	26	17	18	36	24	25	25	15	10	30	75	120	87	87	75	30	30	78													
			332	290	290	273	273	283	283	244	244	226	226	142	142	342	288	288	200	178	178	221	285	302	172	172	188	170													
			131	154	102	120	213	200	65	92	47	60	144	201	174	38	37	18	71	22	30	44	12	32	121	66	56	13													
			332	290	290	273	273	283	283	244	244	226	226	204	146	342	288	288	200	178	178	221	285	302	172	172	188	170													
			190	131	154	102	120	213	200	65	92	47	60	144	159	38	37	18	71	22	30	44	12	32	121	66	56	13													
			173	154	154	150	150	146	146	146	143	143	210																												
			34	47	88	91	89	92	64	64	9	9	1																												
			211	144	97	97	86	126	126	126	148	148	112																												
			9	54	127	127	133	105	77	77	5	5	68																												
			178	95	97	97	86	124	128	131	148	148	112																												
			23	57	3	3	26	2	45	43	56	56	68																												
						113	124	99	128	131	131	129	129																												
						16	9	18	45	43	68	60	56																												
						116	136	115	112	113	114	129	126																												
						14	37	52	9	8	11	1	3																												
5000.						116	141	149	143	124	114	130	114																												
						17	34	28	5	13	11	26	37																												
	2590										2600										2604.										3400										
	RW																																								

Abb. 8b:  
 98%-WERT MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 STREUUNG MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 SCHWefeldioxid 1986 RUHRGEBIET-OST



	2570										2580										2590										
5710	232 8	243 114	269 96	269 30	253 41	235 107	224 115	227 103	227 103	179 90	188 83	188 94	306 13	306 128	217 188	227 52	303 45	282 59	279 3	265 10	217 33	217 62	190 81	190 30	234 190	331 124	331 5	337 28			
				253 122	253 122	231 162	191 100	227 158	227 158	219 37	219 37	200 152	306 86	306 128	182 212	227 52	303 9	282 24	204 54	204 42	193 49	200 70	200 70	151 57	167 46	263 47	302 20	302 52			
				175 175	231 137	231 162	217 172	214 166	214 166	219 37	219 37	200 152	191 164	182 20	182 20	166 77	279 26	216 68	204 9	229 7	229 7	200 30	200 30	198 64	167 85	167 13	186 70	263 27			
				494 97	254 164	278 110	278 110	316 79	316 79	275 57	247 76	306 24	306 24	248 3	211 26	182 66	182 66	154 43	154 43	229 7	229 7	218 22	227 15	227 15	219 44	219 40	246 194	263 134			
				494 97	254 164	278 110	278 110	316 79	316 79	275 57	247 76	306 24	306 24	248 3	188 41	177 4	155 19	126 15	126 20	107 32	107 76	114 71	114 71	124 71	124 71	210 65	246 194	246 146	284 120	284 111	259 128
				354 94	354 94	282 120	282 120	297 113	297 113	307 77	307 77	308 45	308 45	137 14	157 9	155 10	155 15	177 13	170 18	124 32	124 44	140 33	140 18	133 23	133 13	168 243	212 213	212 200	264 165	264 239	263 239
				354 94	354 94	282 120	282 120	297 113	297 113	307 77	307 77	308 45	308 45	157 107	160 99	160 81	177 75	196 53	196 53	124 32	124 44	209 477	209 477	133 23	133 13	152 253	242 192	242 180	264 165	264 239	263 239
				339 7	339 7	282 36	282 36	280 32	280 32	282 69	283 68	215 18	215 18	148 113	203 76	203 58	167 82	167 73	188 58	127 42	185 54	209 477	209 477	118 62	118 41	218 186	249 165	249 162	234 172	234 181	228 185
				339 7	339 7	282 36	282 36	280 32	280 32	216 60	216 60	204 26	204 26	135 9	149 37	203 11	166 36	166 43	188 28	188 1	183 4	183 5	189 14	209 2	177 24	218 186	249 165	249 162	234 172	234 181	228 185
				211 60	281 13	281 21	229 56	203 18	203 18	216 51	216 51	204 63	204 63	185 3	185 12	202 11	214 3	214 10	214 10	188 18	188 88	189 87	189 45	211 30	211 5	218 181	255 156	255 187	274 175	274 238	332 190
				209 62	281 13	281 21	226 58	213 11	213 11	226 45	226 45	192 71	192 71	185 3	185 12	124 54	124 62	161 37	161 37	214 101	316 32	212 71	212 30	186 47	186 22	218 181	255 156	255 187	274 175	274 238	
							194 13	194 13	226 11	226 11	192 1	192 1	155 9	155 9	111 9	111 11	161 15	161 15	181 2	181 124	198 112	198 10	185 10	186 2	186 2	162 18	188 12	184 15	184 13	182 15	
5700							168 18	168 18	241 120	241 120	192 33	192 33	155 26	155 26	121 73	126 70	183 21	183 21	155 18	156 29	198 6	185 15	186 2	186 2	188 33	205 22	205 52	203 54	203 6		
							147 3	147 3	121 202	103 214	127 77	129 76	161 22	161 22	145 57	193 24	193 14	174 27	155 13	127 47	195 8	193 9	186 5	140 32	140 66	155 56	155 86	166 79	166 31		
																				195 14	191 3	191 2	173 14	140 23	140 57						
																				183 22	183 6	191 14	173 26	173 4	178 31						
																				183 19	183 9	196 11	168 30	168 7	178 20						
																				210 462	190 471	185 8	168 12	167 1	167 27						
5604. HW																				154 500	195 472	185 7	155 21	136 22	136 22						
	2581. RW	2570										2580										2590									

Abb. 9b :  
 98%-WERT MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 STREUUNG MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 SCHWefeldioxid 1986 RUHRGEBIET-MITTE



	2541.										2550										2560										2567.			
5705.	285 1	273 4	273 27	281 22	281 43	310 23	310 1	248 43	248 42	333 14	333 14	308 51	323 41	323 30	316 35	342 40	342 40	323 28	323 28	355 13	355 13	316 47	316 47											
	286 21	278 22	300 9	312 9	325 13	269 51	269 28	273 26	273 25	333 1	333 1	300 50	323 41	353 10	381 10	381 13	323 47	323 47	306 5	306 5	316 47	316 47												
	230 50	222 60	305 3	305 14	203 22	203 1	260 28	273 24	273 22	334 8	334 8	300 16	300 16	285 47	261 63	370 2	370 2	341 35	341 35	345 15	345 15	229 33	195 24											
				262 30	293 1	293 1	287 28	240 46	228 53	315 21	315 21	300 16	300 16	258 19	258 3	261 81	298 56	336 4	336 4	345 7	345 7	198 54	195 3											
				246 5	246 5	187 55	187 55	149 54	228 39	285 21	315 3	300 7	240 47	238 2	238 15	228 22	228 15	250 59	232 71	335 13	335 13	198 85	198 85	200 45	200 45	176 34	130 60							
5700				246 5	246 5	198 5	198 5	216 28	256 20	285 3	288 22	319 3	240 56	240 45	259 32	247 9	247 3	250 13	160 75	212 84	212 84	200 78	208 78	162 77	176 77	176 17	130 48							
				194 11	194 11	198 5	204 8	216 28	256 19	283 4	234 37	234 60	260 43	260 32	273 23	247 18	192 38	192 53	235 24	212 16	168 30	166 29	166 29	157 3	157 11	172 20	162 26							
				191 15	191 15	173 10	187 20	203 9	203 9	283 1	262 15	234 5	241 13	240 14	240 23	259 10	192 46	192 25	228 5	168 46	162 5	166 7	166 7	160 59	157 61	162 1	163 100							
				212 28	212 28	200 4	200 4	203 9	205 8	295 16	295 16	241 37	241 34	240 34	215 18	194 45	232 19	228 3	220 6	220 31	162 71	176 105	176 105	95 103	131 79	163 57	246 53							
				231 15	231 15	205 29	205 29	215 47	283 9	205 16	205 16	205 26	200 30	265 17	194 49	173 15	173 41	160 49	160 41	245 14	245 14	253 52	253 52	186 7	171 11	202 30	202 30							
				189 29	189 29	214 23	214 23	215 47	220 43	220 41	279 18	305 20	287 32	265 15	265 14	173 77	173 13	170 15	160 39	245 7														
				218 35	189 20	174 28	193 15	193 3	220 14	220 14	199 73	198 73	198 61	257 21	257 20	275 7	249 18	170 15	143 51	217 26														
				218 35	206 9	195 8	195 34	208 26	208 22	203 26	199 14	259 7	259 7	257 24	257 24	275 14	275 14	158 78	201 47	201 3														
				200 22	200 17	199 5	211 24	211 24	203 4	196 5	171 33	259 7	259 7	168 84	168 84	166 88	156 95	158 78	201 47	181 14														
				206 17	206 17	184 11	199 9	197 10	158 22	189 22	221 12	238 43	223 54	223 67	200 22	284 5	186 67	186 65	213 66	213 64														
				206 18	206 19	233 20	197 44	158 27	158 22	221 11																								
				219 9	219 10	233 20	217 30	177 28	172 15	194 20																								
				219 30	219 30	199 85	217 73	203 10	172 15	144 34																								
				263 3	263 3	260 43	323 330	215 404	215 320	187 339																								
5690				263 3	263 3	197 43	260 373	215 404	215 320	187 339																								
5690																																		
5686.																																		
	2541. RW										2550										2560										2567.			

Abb. 10b:  
 98x-WERT MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 STREUUNG MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
 SCHWefeldioxid 1986 RUHRGEBIET-WEST





	2554.	2560															2570															2577.
5048.		180 6	176 0	127 1	127 1	133 13	140 0	167 18	167 18	123 54	137 44	147 64	103 33	103 19	168 36	142 67	156 58	156 32														
		188 11	188 11	237 30	237 30	210 51	210 51	186 124	180 122	131 40	117 5	128 77	103 33	103 19	131 61	129 76	144 66	144 41														
		186 12	186 12	237 30	237 30	210 51	210 51	186 124	180 122	180 1	184 5	181 3	168 9	147 32	130 36	129 45	129 45	122 33	121 27	121 27	177 12	177 12										
		120 3	132 8	132 8	130 41	130 41	136 41	133 43	137 37	100 1	184 5	181 3	168 9	175 13	175 13	122 50	122 50	120 34	121 34	121 30	121 30	119 40										
		130 5	143 2	103 41	103 41	130 1	127 47	106 28	103 30	140 28	145 3	130 5	147 50	175 40	124 35	114 13	133 1	134 1	121 9	121 7	119 9											
		140 4	140 4	103 41	103 41	142 24	138 3	103 30	103 30	136 7	130 11	121 7	101 90	108 85	108 17	133 1	134 5	134 5	121 9	131 15	131 15											
		133 5	133 5	114 72	177 20	177 55	177 55	121 108	136 08	126 7	125 1	112 7	101 27	08 4	133 37	133 32	140 11	124 7	111 22	120 22	152 114											
		214 3	203 11	203 11	102 10	192 45	215 20	215 44	221 40	148 50	123 17	123 37	116 41	125 9	125 49	116 43	124 43	128 3	128 3	156 5	163 5	163 107										
		214 3	203 11	177 18	178 10	178 10	271 2	271 2	221 9	221 9	148 38	176 19	172 3	125 32	125 52	116 58	118 15	132 5	132 22	163 1	163 3											
5640		220 22	162 71			184 27	271 2	271 2	171 43	171 43	203 12	203 12	123 34	132 28	132 47	146 37	130 5	148 8	150 3	153 7	153 10											
		220 22	200 41			184 27	175 36	171 39	137 24	171 11	186 24	170 28	170 3	183 1	184 11	164 24	164 24	172 19	150 9	147 5	147 5											
		171 24	186 14	213 1	213 1	175 3	200 11	200 11	153 30	186 30	165 15	165 10	170 3	183 1	184 11	164 24	164 24	172 19	128 30	147 75	147 75											
		153 13			108 11	170 13	200 11	200 11	153 30	153 30	155 7	155 7	167 3	174 3	174 47	147 66	121 10	123 17	123 31	168 60	205 35											
		182 8			172 18	103 4	170 10	170 8	150 28	147 3	155 1	156 29	167 22	167 5	174 47	200 36	148 36	148 55	168 41	168 24	202 3											
		182 8	178 11	161 12	161 8	172 15	170 10	170 8	165 18	150 11	156 22	187 8	175 16	156 13	156 9	168 22	174 18	208 14	208 14	121 56	115 60											
											161 18	187 3	175 11	175 49	223 16	168 38	130 24	208 67	208 67	121 8	122 31											
											161 20	161 21	168 16	168 54	223 16	130 58	130 1	130 114	130 114	103 20	122 31											
5031.											142 33	132 7	133 9	133 9	102 28	130 3	130 37	91 70	104 39	104 39	113 66											
	2554.	2560															2570															2577.
	RW																															

5640

5640

5031. HW

Abb. 12b;  
98X-WERT  
STREUUNG  
SCHWefeldioxid

MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
MIKROGRAMM PRO KUBIKMETER  
1986 RHEINSCHIENE-SUED

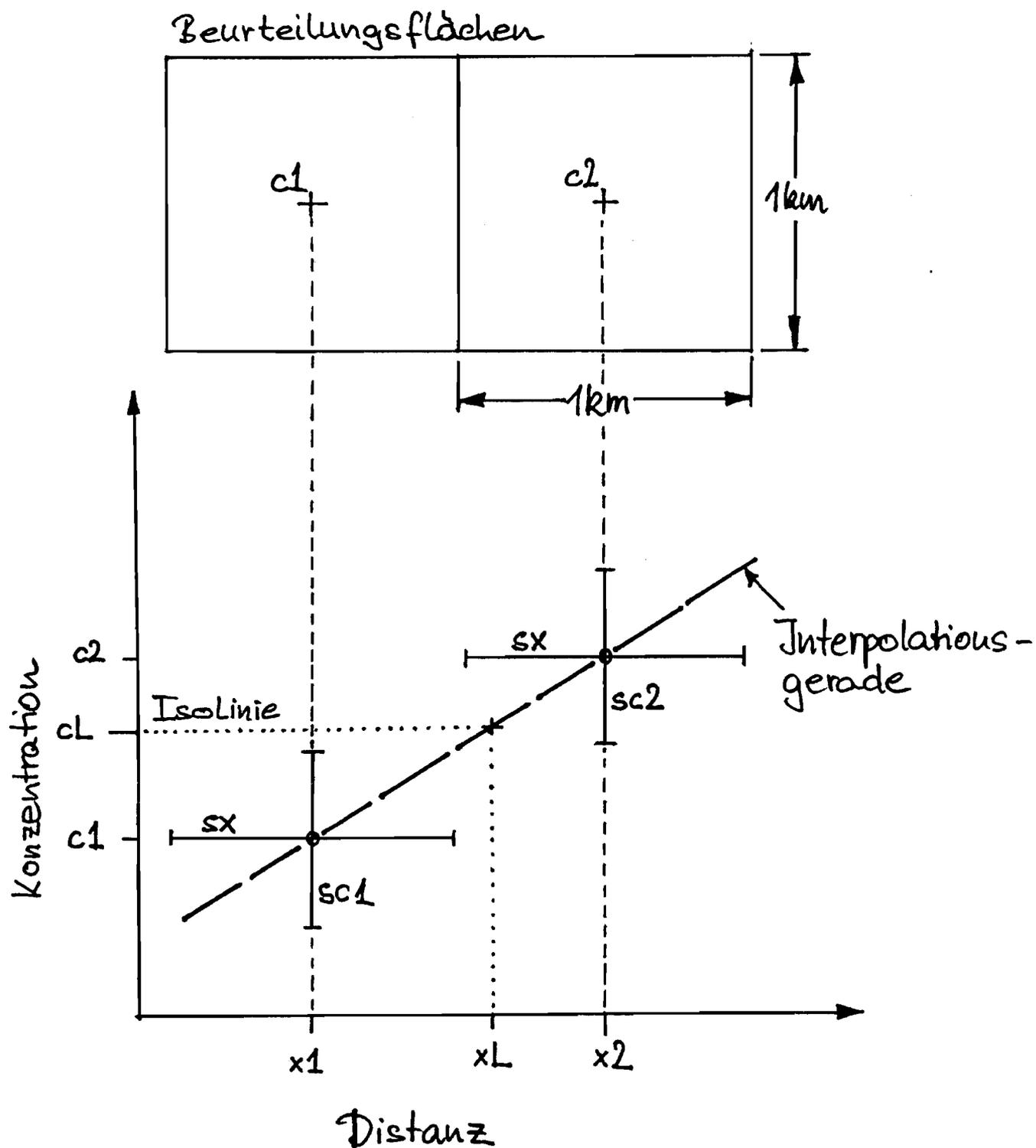
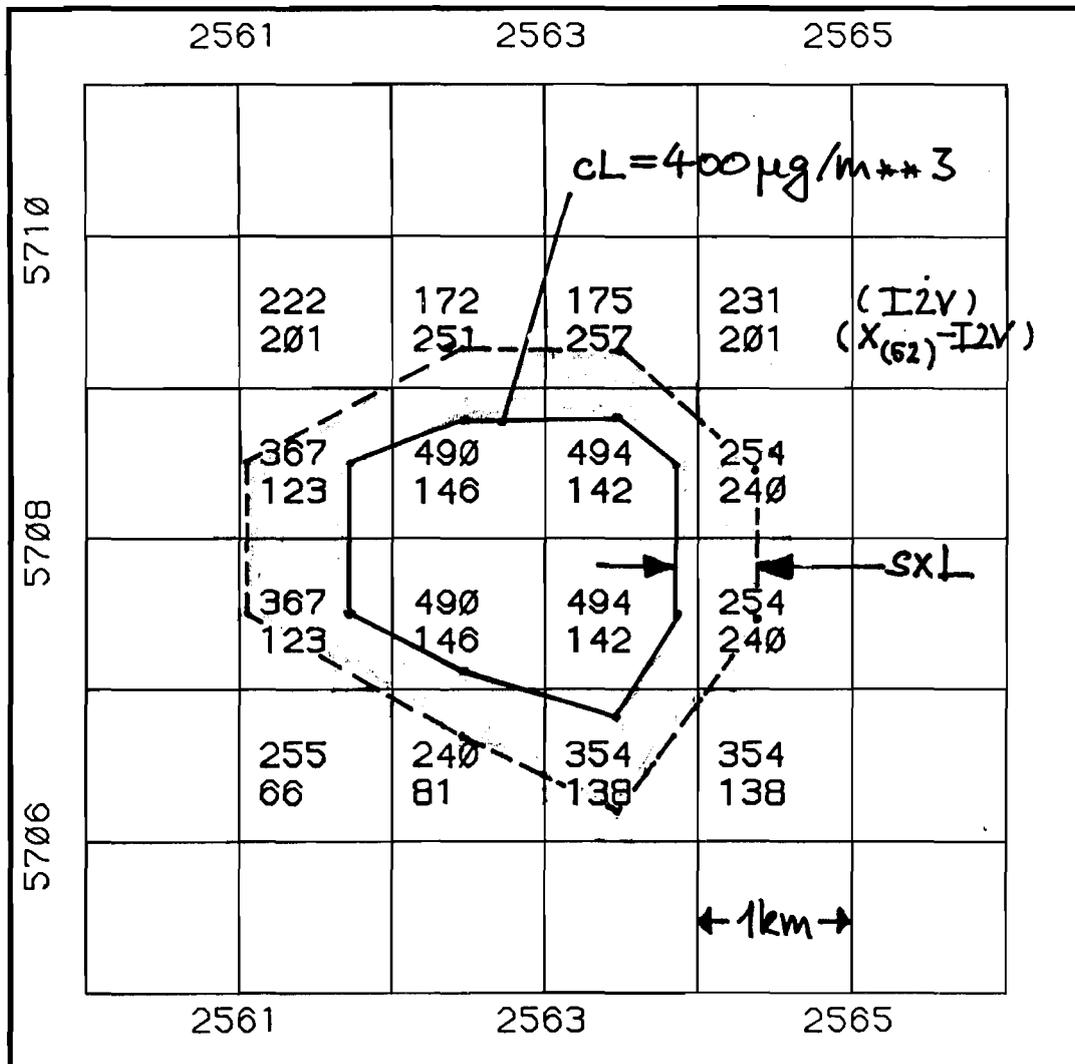


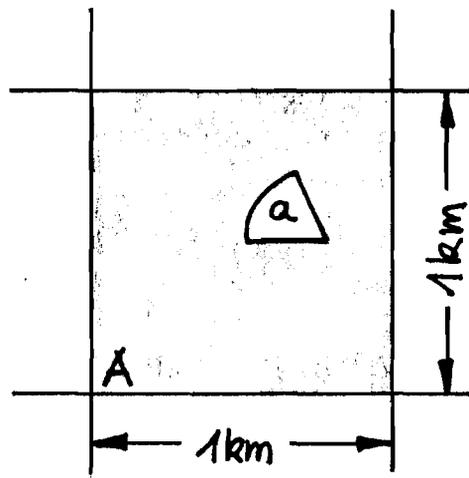
Abb. 13: Schematische Darstellung zur Bestimmung einer Isolinie und ihrer Standardabweichung.



MASS-STAB 1 / 50000

Abb. 14: Isolinie  $c_L = 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den 98%-Wert von Schwefeldioxid (1986) und zugehörige Standardabweichung  $s_{xL}$ .

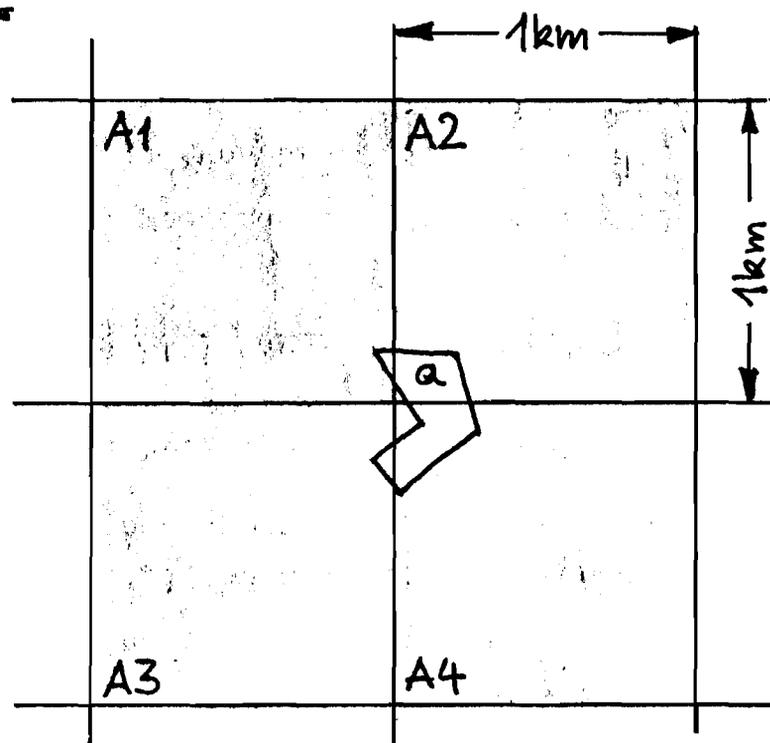
Fall 1:



$$I1S(a) = I1V(A) + s1(A)$$

$$I2S(a) = I2V(A) + s2(A)$$

Fall 2:



$$I1S(a) =$$

$$I1S_{\text{Max}}(A1, \dots, A4)$$

$$I2S(a) =$$

$$I2S_{\text{Max}}(A1, \dots, A4)$$

Abb. 15: Zur Ermittlung von Vorsorgekenngrößen für Planungsflächen kleiner als 1 km\*\*2.

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die

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

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

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurez 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 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-  
Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:  
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft  
(1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:  
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:  
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen  
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an  
Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:  
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und  
der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von  
Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
(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: GOLDBERG, K.H.:  
(vergriffen) 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: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) 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.:  
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:  
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).  
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von  
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADETSKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur  
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von  
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH  
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener  
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in  
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor  
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).  
(1987).

- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:  
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)
- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:  
Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:  
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 Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz.  
(1986)
- Berichte-Nr. 68: MANNS, H. und H. GIES:  
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 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)
- Berichte Nr. 72: BEIER, R., J. KOHLERT und M. BUCK:  
Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984-1986.  
(1987)
- Berichte Nr. 73: SCHADE, H.:  
Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost.  
(1987)