

Nr. 10

Flächenbezogene
Geräusch-Immissionen

Herausgeber

Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, Essen

1980

Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-
kennzeichnung

- Ziele, Methodik, Ergebnisse -

Lid. 10.11.80
R. Hillen
✓

UNTERSUCHUNG ZUR FLÄCHENBEZOGENEN GERÄUSCHBELASTUNGS-KENNZEICHNUNG
- ZIELE, METHODIK, ERGEBNISSE -

R. Hillen

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

Die Aufstellung von Lärminderungsplänen erfordert eine bisher nicht übliche Kennzeichnung der Geräuschbelastung von Flächen, aus der eine Rangfolge der Geräuschbelastung von Teilflächen eines größeren Gebietes aufgestellt werden kann. Aus einer solchen Kennzeichnung soll zum einen ein Maß der Wirkung durch die Geräuschbelastung auf das Bevölkerungskollektiv der zu kennzeichnenden Fläche abgeleitet werden können, zum anderen ein Vergleich von Flächen bezüglich ihrer Geräuschbelastung selbst ermöglicht werden. Ein Verfahren zur meßtechnischen Erhebung und Kennzeichnung sowie erste experimentelle Ergebnisse von Flächenbelastungsmessungen werden vorgestellt. Einige Beziehungen zwischen der Art der Kennzeichnung, ihrer Qualität sowie dem Aufwand bei der Erhebung werden diskutiert.

S u m m a r y

The establishment of noise abatement plans requires characterization of the area-specific noise pollution, something which has not been common practice before, so that subdivisions of a larger area can be ranked according to the extent of noise pollution. Such characterization shall help to derive a measure of the effect noise pollution exerts onto the population of an area and shall make comparisons between areas with regard to noise pollution feasible. A procedure for measuring the noise level and for characterization as well as first experimental results of area noise level measurements are presented. Some relationships between the type of characterization, its quality and the expenditures for implementation are discussed.

E i n f ü h r u n g

Bei Maßnahmen zum Schutz vor Geräuschen wird im allgemeinen davon ausgegangen, daß die Immissionsbelastung durch Geräusche einzelner Quellen an einzelnen Punkten meßtechnisch oder rechnerisch ermittelt wird. Auslöser der Ermittlung können hierbei z.B. Beschwerden Betroffener, routinemäßige Kontrolle von Überwachungsbehörden und Anlagenbetreibern oder Planungsabsichten im Rahmen von Bauleitplanung und Genehmigungsverfahren sein. Allen Fällen gemeinsam ist hierbei, daß quellenbezogene Immissionen an einzelnen Punkten ermittelt werden.

Nun gibt es bekanntlich in Städten und industriellen Zentren, aber auch in ländlichen Bereichen zahlreiche Flächen, in denen die dort lebenden Menschen durch eine Vielzahl von Geräuschen unterschiedlichster Art und Herkunft stark belastet sind. Um diese Geräuschbelastung langfristig mindern zu können, hat die Landesanstalt eine Methodik zur Aufstellung von L ä r m m i n d e r u n g s - p l ä n e n entwickelt [1].

Ein wesentlicher Bestandteil dieser Pläne ist die Feststellung und Kennzeichnung der in den Flächen existierenden Gesamtgeräuscheinwirkungen als Grundlage für die Vergabe von Prioritäten zur Einleitung von Minderungsmaßnahmen.

Solche flächenbezogenen Bestandsaufnahmen erfordern ein neuartiges Instrumentarium, das entwickelt und erprobt werden muß.

In dieser Arbeit werden die Ziele einer solchen Bestandsaufnahme, das zur Erreichung dieser Ziele notwendige Instrumentarium sowie erste damit gewonnene Ergebnisse vorgestellt.

1. Ziel und Aufgabe flächenhafter Geräuschbelastungs - Kennzeich- nungen

Im Gegensatz zu der bisher üblichen Kennzeichnung der Geräuschbe-
lastung durch einzelne Quellen an einzelnen Aufpunkten soll durch
die flächenbezogene Kennzeichnung die Geräuschbelastung angegeben
werden, die in der Vielfalt der vorhandenen Geräuschquellen auf
alle in der Fläche sich aufhaltenden Menschen einwirkt. An eine
solche Kennzeichnung werden folgende Anforderungen gestellt:

1.1. Wirkungsbezogene Kennzeichnung

Mit dem im Immissionsschutz üblicherweise eingesetzten Meßinstru-
mentarium können nur physikalische Eigenschaften der Geräuschim-
missionen wie Dauer, mittlere Energie des Schalldrucks, seine Fre-
quenzzusammensetzung u.a.m. erfaßt werden. Gefordert wird jedoch
eine Kennzeichnung der nach dem BImSchG [2] zu vermeidenden erheb-
lichen Belästigung. Deshalb muß die Beschreibung durch physikali-
sche Eigenschaften der Geräusche so geartet sein, daß sie eine
möglichst gute Grundlage für die Quantifizierung dieser Belästi-
gung bildet.

1.2. Statistisch repräsentative und reproduzierbare Kennzeichnung

Um eine Rangfolge belasteter Flächen aufstellen zu können, muß
die Kennzeichnung weiterhin so gewählt werden, daß die Flächen be-
züglich ihrer Belastung sowohl mit einem Festwert (z.B. flächenbe-
zogener Richtwert) als auch mit der Belastung anderer Flächen ver-
glichen werden können. Durch den Festwertvergleich kann einerseits

darüber entschieden werden, ob eine Fläche im Sinne des Festwerts als belastet gilt. Andererseits kann durch den Vergleich verschiedener belasteter Flächen untereinander eine Rangfolge bezüglich ihrer Belastung ermittelt und so eine Grundlage für eine gezielte Vergabe von Mitteln für Ursachenanalysen und Minderungsmaßnahmen erreicht werden.

Um diese Vergleichbarkeit sicherzustellen, ist es notwendig, daß die Kennzeichnung für alle Flächen mit einer für die geforderte Unterscheidbarkeit von Flächen ausreichenden Reproduzierbarkeit erfolgt. Hieraus ergibt sich unter anderem die Notwendigkeit einer für alle Flächen gleichen Definition der Geräuschbelastung.

Neben einer ausreichenden Reproduzierbarkeit muß bei der Erhebung auch der Gesichtspunkt der Repräsentanz, d.h. der richtigen Abbildung des zu beschreibenden Kollektivs aller Geräuschbelastungen in der Fläche durch die Stichprobe sichergestellt werden. Hieraus entwickeln sich eine Reihe von Anforderungen an die Stichprobenanordnung (siehe Abschnitt 3.1 und 3.2).

Bei der Nennung der Aufgaben darf der Gesichtspunkt der Praktikabilität nicht übersehen werden. Deshalb muß das Instrumentarium so ausgewählt werden, daß die notwendigen Erhebungen kurzfristig mit angemessenem, möglichst geringem Aufwand realisierbar sind. So wird die Frage nach der Mindestzahl notwendiger Messungen zum Erreichen der oben angeführten Reproduzierbarkeit ein wichtigen Untersuchungsgegenstand sein.

2. Zielsetzung der Untersuchung

Die obengenannten Aufgaben werfen für die Meßplanung eine Reihe von Fragen auf, die bisher nur unzureichend beantwortbar sind. Aus diesem Grunde wurde im Jahre 1978 von der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW eine Voruntersuchung als erster experimenteller Einstieg in die Problematik der flächenbezogenen Kennzeichnung durchgeführt, in der ein Teil der offenen Fragen untersucht wurde. Hierbei erwies es sich als notwendig, Modellannahmen zu den obengenannten Aufgaben zu formulieren, um darauf aufbauend Fragestellungen und Vorgehensweisen ableiten zu können.

2.1. Modellannahmen

2.1.1. Wirkungsbezogene Kennzeichnung der Geräuschbelastung

Bei der Formulierung von Annahmen zur wirkungsbezogenen Kennzeichnung stellen sich hauptsächlich folgende zwei Fragen:

- a) Welche physikalischen Größen sind zur Kennzeichnung heranzuziehen?
- b) Soll die Kennzeichnung quellenbezogen erfolgen?

Die Festlegung eines Modells in diesem Bereich der Wirkungsabbildung gestaltete sich mangels Vorgabe von seiten der Wirkungsfor-schung sehr schwierig. Es war deshalb vielfach notwendig, Vorstellungen, die sich aus der Literatur, aus der Praxis von Beschwerdefällen, aus dem eigenen subjektiven Erleben entwickelt haben, mit zur Modellvorstellung heranzuziehen. Hierbei wurden solche Wir-

kungsbeziehungen vorausgesetzt, von denen zu erwarten ist, daß sie mit Aussicht auf Erfolg untersucht werden können. Diese Erwartung liegt z. B. darin begründet, daß ebenso, wie die hier beabsichtigte Kennzeichnung der Belastung eine Kollektivaussage ist, auch von seiten der Wirkungsfachleute vorwiegend Kollektivaussagen zur Verfügung gestellt werden können und so zumindest eine Systemgleichheit der Belastungs- und Belästigungsbeschreibung erreicht werden kann.

2.1.1.1. Physikalische Größen zur wirkungsbezogenen Kennzeichnung

Bei der Auswahl der physikalischen Größen aus der Vielzahl der möglichen wurde die folgende Modellannahme zugrundegelegt:

- a) "Neben der mittleren Dosis können auch die kurzfristig auftretenden Spitzenpegel und die untere Grenze der auftretenden Pegel die Wirkung beeinflussen."

Aufgrund dieser Annahme wurden der energieäquivalente Dauerschallpegel [3] sowie niedrige und hohe Prozentpegel [4] als Meßwerte gebildet.

- b) "Es gibt eine aktuell erlebte Belästigung, die sich an der Geräuschsituation, wie sie zur Zeit oder kurz vorher vorgelegen hat, orientiert."

Zu ihrer Beschreibung wurde die Meßzeit, in der der Mittelungspegel und die Prozentpegel gebildet wurden, auf die "Kurzzeit" von einer Stunde für einen Meßwert festgelegt.

c)"Die Belästigung ist außerdem von der Langzeit-
lastung, der der Mensch ausgesetzt ist, abhängig."

Zur Kennzeichnung dieser Langzeitbelastung wurden über einen längeren Zeitabschnitt Kurzzeitmeßwerte, wie oben beschrieben, gebildet. Die so erhaltenen Kollektive wurden durch Kenngrößen gekennzeichnet, wobei wegen des nivellierenden Effekts auf einen Langzeitmittelwert verzichtet wurde. Statt dessen wurden Quantile der Verteilungen von Kurzzeitmeßwerten gebildet, die angeben, wie häufig in der gekennzeichneten Langzeit ein vorgegebener Pegel nicht überschritten wurde oder bei umgekehrter Fragestellung einen Pegelwert angeben können, der in einem vorgegebenen Zeitanteil der Langzeit nicht überschritten wurde.

2.1.1.2. Quellenbezogene Kennzeichnung

Unter diesem Punkt soll diskutiert werden, ob es im Rahmen der Aufgabe, eine Belastungsrangfolge zu erstellen, sinnvoll und notwendig ist, auch den Quellenbezug bei der Kennzeichnung der Geräuschbelastung von Flächen mit heranzuziehen. Zur Entscheidung hierüber wurden zwei Modelle miteinander verglichen; sie sind in Abbildung 1 und 2 dargestellt.

1. Wirkungsmodell

Die einzelnen Emissionen E_i werden über die Transmissionen T_i zu emissionsbezogenen Immissionen I_i . Diese Immissionen, alle weiteren einwirkenden Immissionen, das Wissen der Betroffenen über die Emissionen, deren Quellen und deren Verursacher, weitere, zum

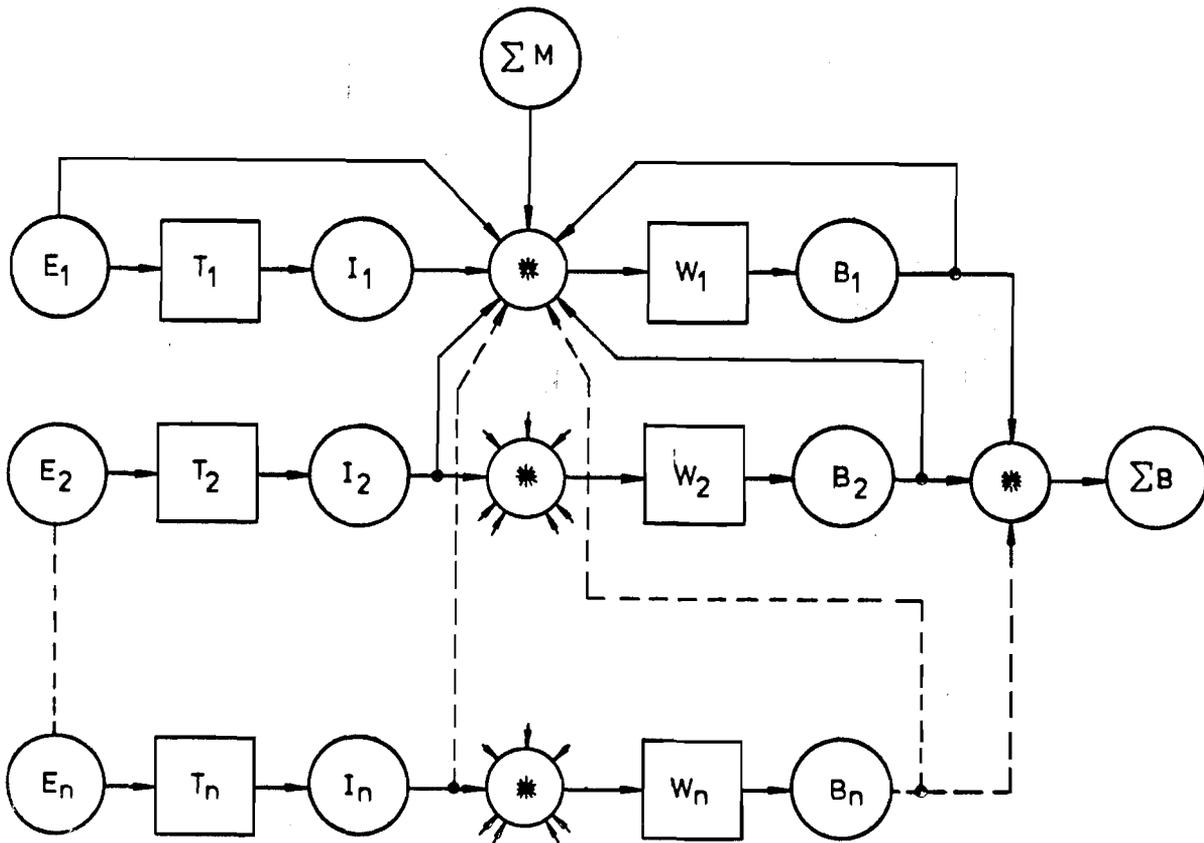


Abb. 1: 1. Wirkungsmodell

- E_i : Emission der i-ten Quelle
- T_i : Transmission, die auf E_i wirkt
- I_i : Immission aufgrund von E_i , T_i
- ΣM : Menge aller Moderatoren
- W_i : Wirkungsabbildung für die i-te Quelle
- B_i : Belästigung durch die i-te Quelle
- $*$: Verknüpfung der Eingangsgrößen
- ΣB : Gesamt-Belästigung

Teil von den Betroffenen abhängige Moderatoren M_i sowie die schon erfolgten Wirkungen der anderen Immissionen können die der jeweiligen Immission I_i zuzuschreibende Belästigungswirkung B_i beeinflussen. Die Gesamtbelästigungswirkung ΣB ergibt sich dann aus der Menge aller einwirkenden B_i .

Bei diesem Modell ist davon auszugehen, daß jedes Element des Modells nur im Wahrscheinlichkeitsbereich beschreibbar ist. Das hat zur Folge, daß auch die Gesamtwirkung eine wahrscheinlichkeitsverteilte Abhängigkeit von den einzelnen Immissionen hat und ihre Varianz nur zu einem Teil durch die Immission selbst erklärt werden kann [5].

Wenn auch zur Zeit versucht wird, einzelne dieser Abhängigkeiten wie z.B. Wirkung von Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr, Gewerbe-, Freizeitlärm zu beschreiben, so ist festzustellen, daß der Informationsmangel im Rahmen der hier anstehenden Aufgabe, nämlich der Kennzeichnung der Gesamtwirkung auf ein Kollektiv bezüglich der Summe aller auftretenden Immissionen, unter Zugrundelegung dieses ersten Wirkungsmodells nur dann ausreichend gedeckt ist, wenn alle erforderlichen Wirkungsbeziehungen einzeln angebar sind. Da jedoch zur Zeit diese Beziehungen noch nicht ausreichend bekannt sind, und auch nicht zu erwarten ist, daß sie in absehbarer Zeit mit Erfolg untersucht werden, ist eine Vorgehensweise aufgrund dieses Modells nicht geeignet.

Zudem stellt sich bei einer beabsichtigten Realisierung dieses Modells das Problem, daß es aus meßtechnischen Gründen außerordentlich schwierig und aufwendig, teilweise sogar unmöglich ist, die Anteile einzelner emissionsbezogener Immissionen an einzelnen Aufpunkten mit ausreichender Genauigkeit getrennt zu erfassen. Dies wäre jedoch hier unbedingt notwendig.

Aus den vorgenannten Gründen hat die LIS statt des in Abbildung 1 dargestellten Modells folgendes Modell dem weiteren Vorgehen zugrunde gelegt:

2. Wirkungsmodell

Betrachtet wird nur die Summe aller Geräuschimmissionen (Gesamtgeräusch-Immission), ohne eine Schichtung nach Quellenzugehörigkeit oder anderen Geräuschmerkmalen. Diese Gesamtgeräusch-Immission, im nachfolgenden Geräuschbelastung genannt, läßt sich über einen von der Menge aller Emissionen, Einzelimmissionen und Moderatoren beeinflussten Wirkungskanal in eine Gesamtwirkung transformieren, wobei diese Transformation ebenfalls im Wahrscheinlichkeitsraum durchgeführt werden muß.

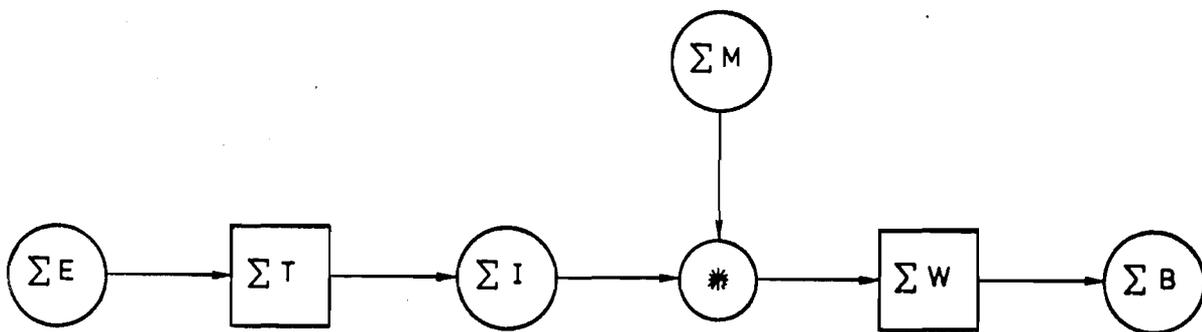


Abb. 2: 2. Wirkungsmodell

- ΣE : Summe aller Emissionen im Einzugsbereich der Fläche
 ΣT : Transmission, die auf ΣE wirkt
 ΣI : Gesamt-Immission
 ΣM : Menge aller Moderatoren
 $*$: Verknüpfung der Eingangsgrößen
 ΣW : Wirkungsabbildung
 ΣB : Gesamt-Belästigung

Dieses zweite Modell hat gegenüber dem erstgenannten einmal den Vorteil, nur eine einzige Abbildung zwischen der Geräuschbelastung und der Gesamtwirkung aufzuweisen. Diese Abbildung muß noch untersucht werden, wobei eine solche Untersuchung jedoch ver-

mutlich schneller zu realisieren ist als die Untersuchung der einzelnen Wirkungsabbildungen W_i im ersten Modell.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß die Erfassung der Gesamt-Geräuschbelastung wesentlich einfacher und daher schneller und kostengünstiger durchzuführen ist.

Während die Problematik des 1. Modells in der Tatsache begründet ist, daß viele stochastische Komponenten zusammenwirken und daß diese Komponenten selbst und ihr Zusammenwirken noch nicht ausreichend bekannt ist, liegt die Problematik des zweiten Modells darin, daß die wenigen dort vorausgesetzten stochastischen Beziehungen vermutlich größeren Schwankungen unterworfen sind; denn sie sind ja aus den Einzelsystemen des 1. Modells entstanden. Zwar ist das 1. Modell dasjenige, welches die Wirkung genauer beschrieb, wenn die einzelnen Komponenten bekannt wären. Das zweite, gröbere Modell erscheint jedoch für die anstehende Aufgabe als das einzige zur Zeit realisierbare.

2.1.2. Modell zur statistischen Kennzeichnung

Die in 1.2. genannte Aufgabenstellung verlangt eine reproduzierbare Kennzeichnung, um entscheidungsfähige Vergleiche zu ermöglichen. Eine solche Kennzeichnung erfordert die Festlegung eines abgeschlossenen Bereichs, dessen Geräuschbelastung mit der Belastung eines zweiten, ebenfalls abgeschlossenen Bereichs verglichen werden kann. Dieser Bereich wird im folgenden **B e u r t e i - l u n g s f e l d** genannt. Hierbei wird von folgendem Modell ausgegangen (siehe Abb. 3):

In der zu kennzeichnenden Fläche (Beurteilungsfläche) existiert

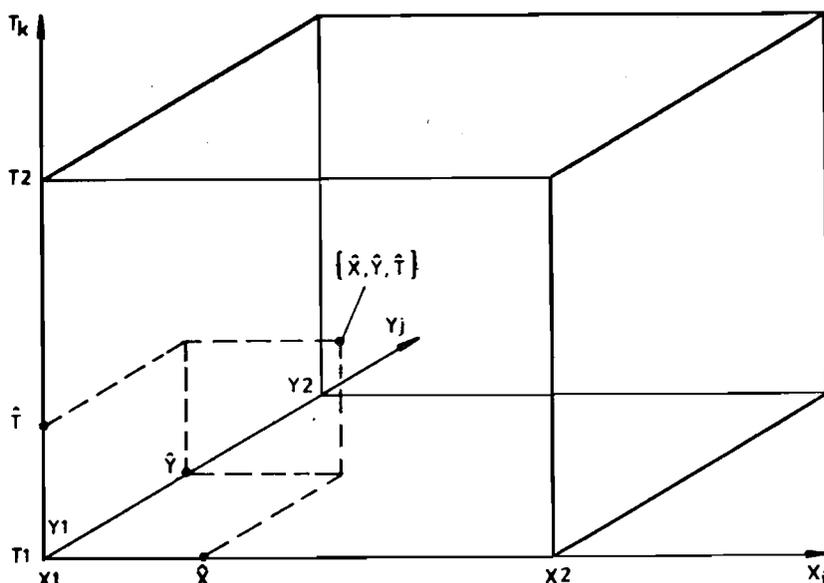


Abb. 3: Zu kennzeichnende Geräuschbelastung
(Beurteilungsfeld)

Durch den Ebenenabschnitt X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2 wird der Beurteilungsraum aufgespannt (z.B. 1 km^2 , Fläche 1)
Durch den Gradenabschnitt T_1 , T_2 wird die Beurteilungszeit (z.B. die Monate August, September, Oktober 1978, Tageszeit) abgegrenzt.

Im Punkt $[\hat{X}, \hat{Y}, \hat{T}]$ befindet sich eine von unendlich vielen Realisationen der Geräuschbelastung.

Das Kollektiv der Geräuschbelastung an allen Punkten X_i , Y_j , T_k innerhalb der o.g. Grenze soll beschrieben werden.

über einen abgegrenzten längeren Zeitraum (Beurteilungszeit) eine unendlich große Zahl von Geräuschbelastungs-Realisationen, die bei festgehaltenem räumlichen Aufpunkt zeitlich schwanken und bei festgehaltenem Zeitpunkt räumlichen Schwankungen unterworfen sind. Wenn auch für einzelne Anteile der Geräuschbelastung gute Kenntnisse über deren Raum- und Zeitverhalten vorliegen (z.B. im Nahbereich von Fernstraßen), so trifft dies für einen großen Anteil

nur sehr bedingt zu. Aus diesem Grund wird, die Gesamtheit aller Geräuschbelastungs-Realisationen in dem aus Beurteilungsfläche und Beurteilungszeit gebildeten Raum-Zeitbereich (Beurteilungsfeld) als räumlich und zeitlich stochastisch schwankend angesehen, wobei alle Werte im Beurteilungsfeld als gleichwertig ohne Bezug auf ihre zeitliche und räumliche Lage angesehen werden. Zur Kennzeichnung dieses Kollektivs von Geräuschbelastungen an allen Orten und zu allen Zeiten im Beurteilungsfeld werden Kenngrößen angegeben, die aufgrund von Stichprobenmessungen aus dem Kollektiv geschätzt werden. Zur Schätzung werden nicht-parametrische Verfahren herangezogen, da ausreichendes Wissen über die Verteilungsform von Geräuschbelastungen zu Beginn eines Untersuchungsvorhabens noch fehlt [7].

2.2. Fragestellungen

Eine Vorgehensweise aufgrund der oben beschriebenen Modellannahmen wirft eine Anzahl von Fragen auf, die im folgenden genannt werden und die vorwiegend Gegenstand der hier beschriebenen experimentellen Untersuchung waren

- 2.2.1. Welche Beträge und welche Verteilungsform vorgegebener Meßwertarten (z.B. Mittelungspegel, Prozentpegel) treten in einer Beurteilungsfläche von 1 km^2 Größe während einer Beurteilungszeit von 16 Wochen auf?
- 2.2.2. Wie unterscheiden sich Beträge und Verteilungsformen bei Schichtung der Gesamtbeurteilungszeit in die Einzelbeurteilungszeiten Tag und Nacht?

Diese beiden Fragen zielen darauf ab, über die Menge der auftretenden Meßwerte bezüglich ihrer Höhe und Schwankungen eine erste Vorstellung zu erhalten.

2.2.3. Wie verhalten sich Meßwerte unterschiedlicher Art zueinander?

Ausgehend von der Modellvorstellung über das Kurzzeit-Erinnerungsvermögen sollten solche Kurzzeitmeßwerte gewählt werden, zwischen denen ein möglichst geringer Zusammenhang besteht; denn dann ist zu vermuten, daß sie verschiedene, voneinander nicht bestimmte Eigenschaften der Geräuschbelastung beschreiben. Dies wiederum bedeutet, daß durch eine solche Auswahl eine höhere Information über die Geräuschbelastung gewonnen werden kann als bei Verwendung von Werten, die miteinander in fester Beziehung stehen.

2.2.4. Welchen Einfluß hat die Meßzeit auf die Meßwerte?

Diese Frage soll der Optimierung des weiteren Vorgehens bei der Meßzeitwahl dienen. Solange sich, ausgehend von 1 Stunde, bei einer Verringerung der Meßzeit je Stichprobennahme keine Änderung der Kenngröße für die Beurteilungsfläche ergibt, ist aus Aufwandsgründen die kleinere Meßzeit für diese Kenngröße zu wählen.

2.2.5. Wie groß ist die Präzision der Schätzung von Kenngrößen aus Stichprobenmessungen, abhängig von Umfang und Verteilung der Meßwerte, Meßwertart, Kenngrößenart, Vertrauensniveau?

Bekannterweise verringert sich bei abnehmendem Stichprobenumfang die Präzision der Schätzung, wenn man das Vertrauensniveau konstant hält [6]. Damit wird die durch die Reproduzierbarkeit festgelegte Präzision eine mitbestimmende Größe für den notwendigen Aufwand.

2.2.6. Welche räumlichen und zeitlichen Strukturen der Gesamtbelastung treten auf?

Bei räumlich oder zeitlich geschichteter Betrachtungsweise offenkundig werdende Strukturen können bei der weiteren Meßplanung die Stichprobenanordnung so mitbestimmen, daß bei gleichgehaltenem Aufwand eine höhere Präzision erreicht wird [8]. Außerdem können räumliche Belastungs-Strukturen in der Fläche, z.B. unterscheidbare Bereiche mit hohen und niedrigen Pegelwerten, Grundlage für eine Ursachenanalyse sein.

2.2.7. Wie bewährt sich das bei der Untersuchung eingesetzte Instrumentarium?

Hier wird vor allem die Frage nach der Beständigkeit und Zuverlässigkeit des Instrumentariums angesprochen. Denn die Kenntnis über Meßgeräteausfall, Rüstzeiten usw. ist mitbestimmend für die Planung weiterer Untersuchungen.

3. M e t h o d i k d e r U n t e r s u c h u n g

Die oben angeführten Fragen erfordern zum Teil die Kenntnis der Grundgesamtheit der Geräuschbelastung im Beurteilungsfeld. Es ist zu vermuten, daß diese Grundgesamtheit im beträchtlichen Maß von Eigenschaften des Beurteilungsfeldes (z.B. Art der Bebauung, Nähe von immissionsrelevanten Quellen, Jahreszeit) abhängig ist.

Da sich eine Erhebung von vielen Grundgesamtheiten mit dem Ziel einer repräsentativen Beschreibung aller möglichen Grundgesamtheiten aus Kostengründen bei einer Voruntersuchung verbot, und da



Abb. 4: Fläche 1, 25₇₀ Rechts 57₀₁ Hoch

Verkleinerung aus der DGK 5 L, Blatt
Essen-Rüttenscheid, mit Genehmigung des
Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen
vom 4.7.1979, Kontrollnummer D 6196
Freigegeben: Regierungspräsident Münster
Nr. 3258/76 am 30.9.1976

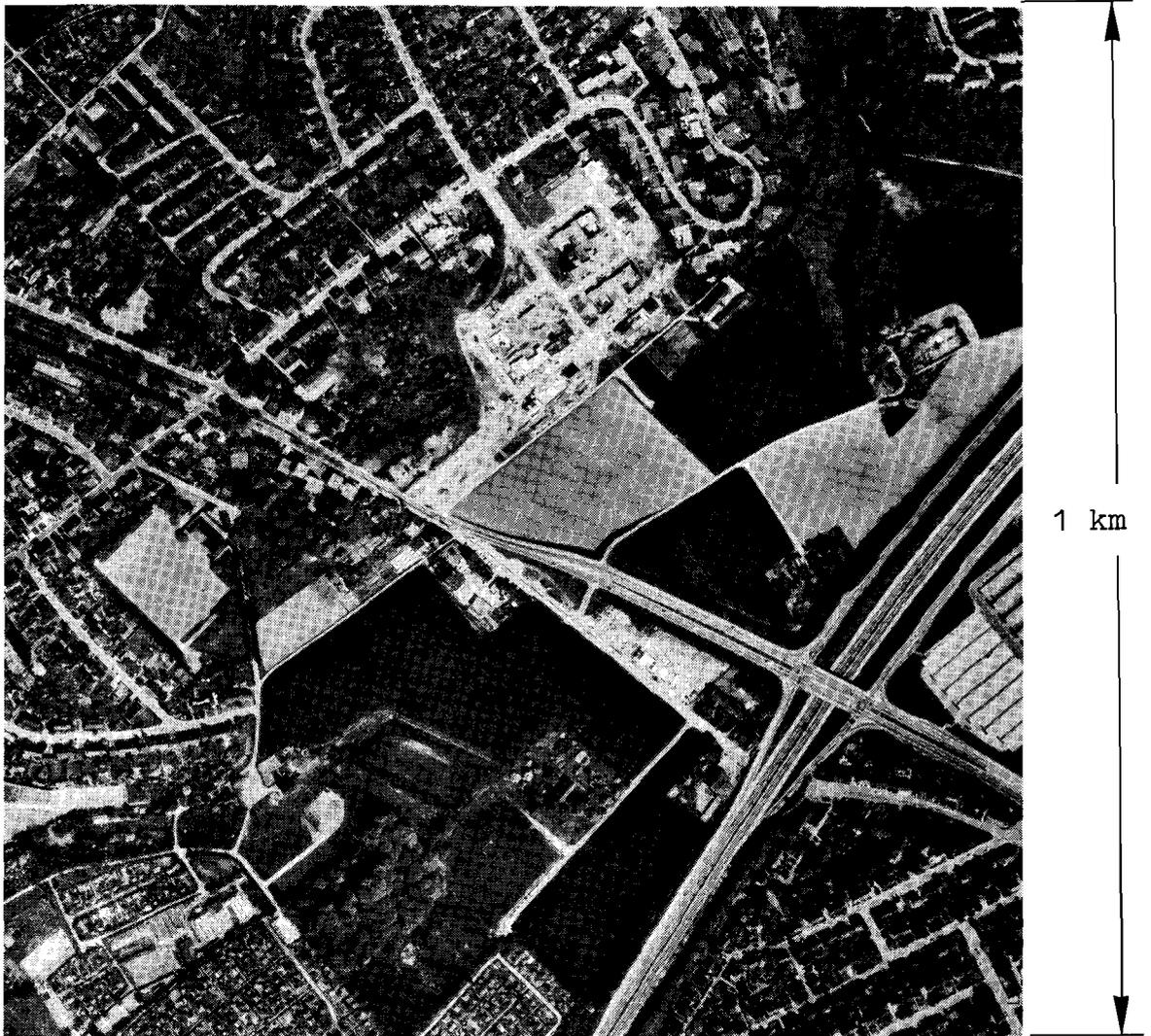


Abb. 5: Fläche 2, 25₆₇ Rechts 56₉₈ Hoch
Verkleinerung aus der DGK 5 L, Blatt
Essen-Haarzopf, mit Genehmigung des Landes-
vermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom
4.7.1979, Kontrollnummer D 6196
Freigegeben: Regierungspräsident Münster
Nr. 3258/76 am 30.9.1976

die Fragestellungen darauf ausgerichtet waren, erstes Wissen darüber zu erlangen, wie solche Grundgesamtheiten überhaupt strukturiert sind, ohne jedoch die Verallgemeinbarkeit der gewonnenen Kenntnisse zu fordern, wurde die Geräuschbelastung in zwei unterschiedlichen Gebieten untersucht. Aufgrund ihrer Bebauungssituation wurde erwartet, daß sie sehr unterschiedliche Geräuschbelastungen aufwiesen.

Die Gebiete sind als Luftbildaufnahme in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt:

Die erste untersuchte Fläche entspricht einem Kerngebiet einer Großstadt mit Durchgangsstraßen, Straßenbahnverkehr, zum Teil dichter, hoher Bebauung, Kaufhäusern, Wohnhäusern, Kleingewerbebetrieben, Nebenstraßen, Parkanlagen.

Die zweite Fläche liegt im Außenbereich mit Siedlungsbebauung, Fernstraßen, landwirtschaftlich genutzter Fläche.

Die Wahl von 1 km^2 Flächengröße erfolgte aus Gründen der Vergleichbarkeit, da üblicherweise auch andere Gebietsdaten, z.B. Einwohnerzahl, Verkehrsdichte, Belastung durch luftverunreinigende Stoffe mit dieser Flächengröße in Übereinstimmung gebracht werden können. Die Flächengröße ist als Ausgangswert für weitere Untersuchungen zu betrachten und muß nicht endgültig sein.

Da es aus Aufwandsgründen nicht zu realisieren ist, die tatsächliche Grundgesamtheit aller Realisationen der Geräuschbelastung im Beurteilungsfeld zu erfassen (dies würde ja bedeuten, immer und überall gleichzeitig zu messen), kann man nur versuchen, eine so große Zahl von raum- und zeitrepräsentativ gewonnenen Stichproben im Beurteilungsfeld zu ziehen, daß der restliche Schätzfehler unterhalb einer zugelassenen Schranke bleibt. Die so gewonnene Stichprobe kann dann als ausreichend bestimmte Quasi-Grundgesamt-

heit für das weitere Vorgehen verwendet werden.

Durch die Forderung nach einer repräsentativen Stichprobe ist es notwendig, allen von Ort und Zeit abhängigen Realisationen der Geräuschbelastung die gleiche Chance zu geben, als Element der Stichprobe zu erscheinen.

Um dies sicherzustellen, wird, wie in Abbildung 3 dargestellt, über die Fläche ein dreidimensionales Feld ausgebreitet, welches in X- und Y-Richtung die Grundfläche und in T-Richtung die Zeit darstellt. Die Repräsentanz wird durch Zufallsauswahl aus allen möglichen Raum-Zeit-Punkten im Beurteilungsfeld sichergestellt.

3.1. Beurteilungsfläche, Meßorte

Als Beurteilungsfläche je Gebiet wurde eine Fläche in 4 m Höhe über Boden festgelegt, die sich über das gesamte Gebiet von 1 km² erstreckt. Ausgenommen als Beurteilungsfläche hierauf wurden diejenigen Orte, welche aufgrund von Bodenbebauung und sonstiger Geländeunzugänglichkeit nicht erreichbar waren. Die möglichen Folgen dieser Auswahl für die Repräsentanz der Beschreibung werden in Abschnitt 6 diskutiert.

Die Wahl der Höhe erfolgte aufgrund zweier Gesichtspunkte:

Einerseits war beabsichtigt, den Mikrofonort aus dem durch Abschirmung und Reflexionen stark beeinflussten bodennahen Schallfeld zu entfernen; andererseits wurde die Höhe nach oben durch die Forderung nach Praktikabilität eingengt.

Über die Beurteilungsfläche wurde ein Netz mit einer Maschenweite von 62.5 m so ausgebreitet, daß sich 256 quadratische Meßflächen pro Fläche ergaben. In jeder Meßfläche wurde als Soll-Meßort der Schwerpunkt der Fläche festgelegt. Bei der Festlegung der Ist-Meß-

orte wurde beachtet, daß sie möglichst nahe an den Soll-Meßorten liegen sollten. Dabei wurden folgende Bedingungen eingehalten:

- a) Der Ist-Meßort muß auf unbebauter, zugänglicher Fläche liegen.
- b) Der Meßort muß einen Mindestabstand von 2 m von schallreflektierenden Flächen einhalten.
- c) Zwischen dem Soll- und dem Ist-Meßort darf ein Abstand von 30 m (0,5 x Maschenweite) nicht überschritten werden.
- d) Können diese Bedingungen nicht eingehalten werden, so wird der Meßort aus der Menge der Soll-Meßorte eliminiert.

3.2. Beurteilungszeit, Meßzeitpunkte

Ausgehend von der Modellvorstellung über das Langzeit-Erinnerungsvermögen des Menschen bezüglich der erlebten akustischen Belastung wurde es als notwendig angesehen, die Geräuschbelastung über einen größeren Zeitraum hinweg zu betrachten. Während sich als Zeitraum hierfür in der späteren Realisierung von Gebietskennzeichnungen das Jahr als Beurteilungszeit anbietet, da zur Zeit die Existenz eines Jahresgangs nicht ausgeschlossen werden kann und außerdem andere Immissions-Kennzeichnungen, z.B. durch luftverunreinigende Stoffe, auch auf ein Jahr bezogen werden, wurde dieser Zeitraum für eine Voruntersuchung als zu lange angesehen. Unter Verzicht auf evt. mögliche Aussagen über den Einfluß des Jahresgangs auf die Geräuschbelastung wurde deshalb ein Zeitraum von 16 Wochen als Beurteilungszeit festgelegt.

Weiterhin wurde in dieser Untersuchung aus Gründen der Personalkapazität die Beurteilungszeit auf die Tages- bzw. Nachtzeit an den Tagen Montag bis Freitag eingeschränkt; die Zeit von Montag 06.00 h bis Samstag 06.00 h wurde geschichtet in die Tageszeit

(06.00 h - 22.00 h) und Nachtzeit (22.00 h - 06.00 h) untersucht.

Entsprechend dem Netz von Meßpunkten, welches über die Beurteilungsfläche (X-Y-Ebene) gelegt wurde, wurde für die Festlegung der Meßzeitpunkte eine Teilung von 1 h über die Beurteilungszeit (T-Achse) gelegt, wobei sich als Meßzeitpunkte (Zeitpunkt, an dem die Messung beginnt) die vollen Stunden in der Beurteilungszeit anbieten.

3.3. Meßwerte

Unter Berücksichtigung der o.g. Annahmen über die wirkungsbezogene Kennzeichnung wurden solche Meßwerte herangezogen, die schon allgemein üblich und schnell erfaßbar sind. Aus dem in Abbildung 6 dargestellten Meßprotokoll ist zu ersehen, daß zum einen Pegelmeßwerte an dem Meßobjekt "Belastung durch Hörschall" aus der Meßgröße "Schalldruckpegel-Verlauf $L_{AF}(t)$ " gewonnen wurden. Zum anderen wurde eine Anzahl von Zusatzmeßdaten zu verschiedenen Fragestellungen erhoben.

3.3.1. Pegelmeßwerte

Über die Meßzeit T mit $T = 0.25$ h, 0.5 h, 1 h, wobei durch T verschiedene Kurzzeiten dargestellt werden sollten, wurden folgende Pegelmeßwerte bei jeder Messung erhoben:

- 3.3.1.1. $L_{AFm, T}$ als energieäquivalenter Dauerschallpegel zur Kennzeichnung der mittleren Intensität der Meßgröße in der Meßzeit.

Meßprogramm: Geräusch-Immissionserhebung.					
Voruntersuchung zum APP 1.4.78					
2 Essen - Haarzopf					
102	Datum :	105	Anzeige bei Kalibrierung		Meßtruppleiter
103	Meßzeitpunkt :	106	Meßgeräte-Nr.		abgelocht 1)
104	Meßort :	107	Probe genommen		abgelocht 2)
					Datenvalidierung
201	LAF _m , 15min	301	LAF _m , 30min	401	LAF _m , 60min
202	LAF, 1%, 15min	302	LAF, 1%, 30min	402	LAF, 1%, 60min
203	LAF, 5%, 15min	303	LAF, 5%, 30min	403	LAF, 5%, 60min
204	LAF, 10%, 15min	304	LAF, 10%, 30min	404	LAF, 10%, 60min
205	LAF, 50%, 15min	305	LAF, 50%, 30min	405	LAF, 50%, 60min
206	LAF, 90%, 15min	306	LAF, 90%, 30min	406	LAF, 90%, 60min
207	LAF, 95%, 15min	307	LAF, 95%, 30min	407	LAF, 95%, 60min
208	LAF, 99%, 15min	308	LAF, 99%, 30min	408	LAF, 99%, 60min
209	LAF _{min} , 15min	309	LAF _{min} , 30min	409	LAF _{min} , 60min
210	LAF _{max} , 15min	310	LAF _{max} , 30min	410	LAF _{max} , 60min
211	Acc. samples	311	Acc. samples	411	Acc. samples
108	Windgeräusche am Mikrophon bei Windgeschw. < 4 m/s	ja = 1 nein = 0			⊗ Cum. 0dB
109	Regen während der Messung	ja = 1 nein = 0			⊗ Distr. 58dB
110	Regengeräusche am Windschirm	ja = 1 nein = 0			⊗ Distr. 60dB
504	pegelbestimmende Quellen bitte Rangfolge angeben!	502	Zeitverhalten der Geräusch-Immissionen	503	Richtung der vorherrsch. pegelbestimmenden Quelle
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> bitte linksbündig eintragen! Verkehr 1 Großindustrie 2 Gewerbe 3 Sonstige 4		<input type="checkbox"/> die Immissionen schwanken langsam, gering 1 langsam, stark 2 Schnell, gering 3 Schnell, stark 4		<input type="checkbox"/> nicht bestimmbar 9	
Bemerkungen					

Abb. 6: Meßprotokoll

3.3.1.2 $L_{AF, x, T}$ als x -Prozentpegel der Verteilung der Meßgröße in der Meßzeit, wobei x den Zeitanteil angibt, in dem die Meßgröße den x -Prozentpegel erreicht oder überschritten hat. Für x wurden die Werte 1, 5, 10, 50, 90, 95, 99 gewählt. Dieser Meßwertsatz soll eine Beschreibung der über kurze Zeitabschnitte T vorhandenen Belastung hinsichtlich der relativen Dauer ihres Auftretens ermöglichen.

3.3.1.3. $L_{AF, \max, T}$ als höchster und $L_{AF, \min, T}$ als niedrigster Pegelmeßwert in der Meßzeit. Diese beiden Meßwerte sollen eine Beschreibung des Bereichs, in dem die Meßgröße über kurze Zeitabschnitte T schwankt, ermöglichen.

Die so definierten Meßwerte werden im folgenden abgekürzt unter Weglassung der Bewertungen "A" und "F" geschrieben.

Die Zeit T wird nur indiziert, wenn sie von $T = 1$ h abweicht.

Die obengenannten Werte L_m und L_x wurden durch Abtastung der Meßgröße mit einer Abtastfrequenz von 10 Hz und einer nachfolgenden Klassierung in 0.25 dB breite Klassen entsprechend den üblichen Verfahren gewonnen. Sie wurden vor der Weiterverarbeitung auf volle dB gerundet.

Die Werte L_{\max} und L_{\min} konnten aus gerätetechnischen Gründen nur als Klassenmitten von 2 dB breiten Klassen ermittelt werden.

3.3.2. Zusatzmeßwerte

Als Zusatzmeßwerte wurden gewonnen:

3.3.2.1. Beigrößen:

Meßort, Meßzeitpunkt, Kalibrierfaktor, Gerätekennzeichnung, Probennehmerkennzeichnung.

3.3.2.2. Prüfwerte:

a) Häufigkeit der Belegungen der obersten drei jeweils 2 dB breiten Klassen des Meßbereichs zur Erkennung von Meßbereichsüberschreitungen.

- b) Absoluter Summenhäufigkeitswert der untersten 2 dB breiten, abgeschlossenen Klasse des Meßbereichs bei Summenbildung von rechts.
- c) Zahl der Abtastwerte in der Meßzeit zur Prüfung auf Unterschreitung des Meßbereichs in Zusammenhang mit b).

3.3.2.3. Meßwerte zur Situationsbeschreibung

- a) Rangfolge der einwirkenden Geräuschquellen
- b) Richtung der Hauptquelle
- c) Zeitverhalten der Immissionen.

Bei der Gewinnung der Pegelmeßwerte waren folgende Bedingungen einzuhalten:

- a) Störungen des Meßsignals aufgrund des Einbringens des Mikrofons in das Beurteilungsfeld (z.B. durch das Erkennen eines Mikrofons verursachtes Kindergeschrei) wurden ausgeblendet.
- b) Da bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 4 m/s bei dem verwendeten Mikrofontyp Störpegel über 38 dB(A) nach Herstellerangaben zu erwarten sind, wurden für Windgeschwindigkeiten über 4 m/s die Messungen automatisch unterbrochen.

3.4. Meßeinrichtung

Die Gewinnung der Meßwerte geschah mit Hilfe der in Abbildung 7 dargestellten Meßeinrichtung.

Der Schallwechseldruck wurde mit einer wetterfesten Mikrofoneinheit, versehen mit einem Eichgitter zur Fernkalibrierung, erfaßt

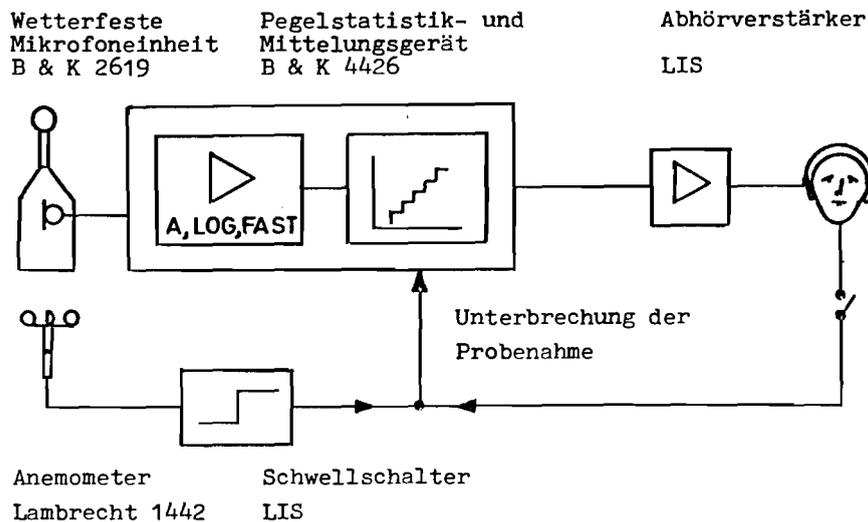


Abb. 7: Meßeinrichtung

und einem Pegelstatistik- und Mittelungsgerät als schalldruckproportionale Spannung zugeführt.

In der Nähe des Mikrofons war ein Anemometer angebracht, dessen Ausgangsspannung einem Schwellenschalter zugeführt wurde. Sobald die Ausgangsspannung des Anemometers eine voreingestellte Schwelle überschritt, wurde die Probenahme durch das Pegelstatistik-Gerät unterbrochen und die während der letzten 800 ms aufgelaufenen Werte gelöscht. Diese Rückwärtslöschung sollte die gegenüber dem Mikrofon lange Einschwingzeit des Anemometers bei plötzlich einsetzendem Wind wenigstens teilweise kompensieren [9].

Das Meßsignal wurde dauernd abgehört und bei Störungen die Probenahme ebenfalls unterbrochen. Als Stativ für die Mikrofoneinheit wurde ein Pumpmast benutzt, der an einem schweren fahrbaren Dreibein befestigt war. Durch die beschriebene Meßeinrichtung wurde sichergestellt, daß sie routinemäßig von einem angelernten Probennehmer bedient werden konnte, ihr Aufbau schnell und sicher erfolgte und die Messungen auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen wie Regen und Wind durchführbar waren.

3.5. Stichprobenanordnung

Die Erhebung einer repräsentativen Stichprobe im Beurteilungsfeld läßt sich ohne Vorwissen über die Feldstruktur nur durch eine Zufalls-Stichprobe lösen [10].

Da angenommen werden konnte, daß im Beurteilungsfeld keine periodischen Strukturen vorlagen, die mit dem Meßpunkt-Meßzeitpunkt-Raster, wie es in 3.1. und 3.2. dargestellt wurde, übereinstimmten, konnte die Lage der durch das Raster festgelegten Meßpunkte und Meßzeitpunkte als zufällig angesehen werden. Aus der Menge aller durch dieses Raster vorgegebenen möglichen Meßpunkt-Meßzeitpunkt-Kombinationen (Punkte) wurden für die Tagesschicht 256 Punkte und für die Nachtschicht 128 Punkte ausgewählt. Bei dieser Auswahl wurden folgende Bedingungen beachtet:

- a) Jeder Punkt soll höchstens einmal besetzt werden.
- b) Jeder Meßort soll einmal für die Tagschicht und jeder zweite Meßort einmal für die Nachtschicht besetzt werden.
- c) Jeder Meßzeitpunkt, jeder Wochentag, jede Woche in der Beurteilungszeit soll möglichst gleichhäufig belegt sein.

Unter Einhaltung dieser Bedingungen waren im weiteren solche Bedingungen zu berücksichtigen, die aus der Forderung nach möglichst großer Unabhängigkeit zeitlich nacheinander erhobener Stichprobenwerte resultierten:

- d) Zeitlich aufeinanderfolgende Messungen müssen örtlich möglichst weit auseinander liegen.

Aus der Frage nach räumlichen Immissions-Strukturen in der zu be-

urteilenden Fläche folgte die Bedingung:

- e) Die Bedingungen a) ... d) müssen auch für Teilflächen von 0.25 km^2 erfüllt sein.

Die übliche 8-stündige tägliche Arbeitszeit der Probenehmer zwang bei der Anordnung der Stichproben zu Einschränkungen bezüglich der zufälligen Vergabe der Meßzeitpunkte.

Es waren folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- f) Die Arbeitszeit beträgt 8 Stunden.
- g) Während einer Arbeitszeit kann nur in einer Fläche gemessen werden.
- i) Von Tag zu Tag kann die Lage der Arbeitszeit innerhalb des 24-stündigen Tages aus arbeitshygienischen Gründen nicht verschoben werden.
- k) Eine Änderung der Lage der Arbeitszeit ist nur am Wochenende möglich.

Da die eingesetzte Meßeinrichtung regelmäßig überprüft werden mußte, um so auftretende Fehler und Schäden möglichst früh erkennen zu können, ergaben sich noch folgende Bedingungen:

- 1) Je Woche kann nur an 4 Wochentagen erhoben werden. Der 5. Wochentag dient der Wartung der Geräte. Der freie Wochentag wird von Woche zu Woche zyklisch um einen Tag verschoben.

Die Prüfung aller genannten Bedingungen ergab, daß sie untereinander widerspruchsfrei erfüllt werden konnten. So konnte, unterstützt von einem Kleinrechner, vor Beginn der Erhebungen ein Stichprobenplan so aufgestellt werden, daß bei Berücksichtigung

aller Bedingungen die zufällige Auswahl der Meßpunkte und Meßzeitpunkte aus dem vorgegebenen Raster der möglichen Punkte gewährleistet wurde.

4. Ergebnisse der Pegelmessungen

4.1 Pegelverteilung

Entsprechend der in Abschnitt 2.2 formulierten Frage nach Betrag und Form der Pegelverteilung wurden die Kollektive der über das Beurteilungsfeld erhobenen Meßwerte als Summenhäufigkeitsverläufe dargestellt. Bei diesen Darstellungen ist zu beachten, daß die Meßwerte L_m und L_x auf 1 dB klassiert und die Werte L_{min} , L_{max} auf 2 dB klassiert vorliegen und daß statt der sich so eigentlich ergebenden Treppenzüge ein Verlauf eingezeichnet ist, der durch lineare Interpolation zwischen den an einzelnen Pegelstufen ermittelten Summenhäufigkeiten entstanden ist. Für die beiden Flächen sind die Summenhäufigkeitsverläufe der erhobenen Meßwertarten mit Schichtungen nach Tag und Nacht in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt.

Wie aus dem Meßprotokoll hervorgeht, wurden während der jeweils einstündigen Meßzeit durch Zwischenauslesung nach 15 Minuten und 30 Minuten auch über diese Meßzeit Wertekollektive gewonnen. Ihre Verläufe entsprechen weitgehend den Verläufen der 1 h-Meßwert-Kollektive. Näheres hierzu ist in 4.4. ausgeführt.

Die gefundenen akustischen Meßwerte liegen im Bereich von 24 dB(A) bis 100 dB(A). Abhängig von der Meßwertart beträgt der Meßwertebereich je Meßwertart zwischen 30 dB(A) und 60 dB(A). Die

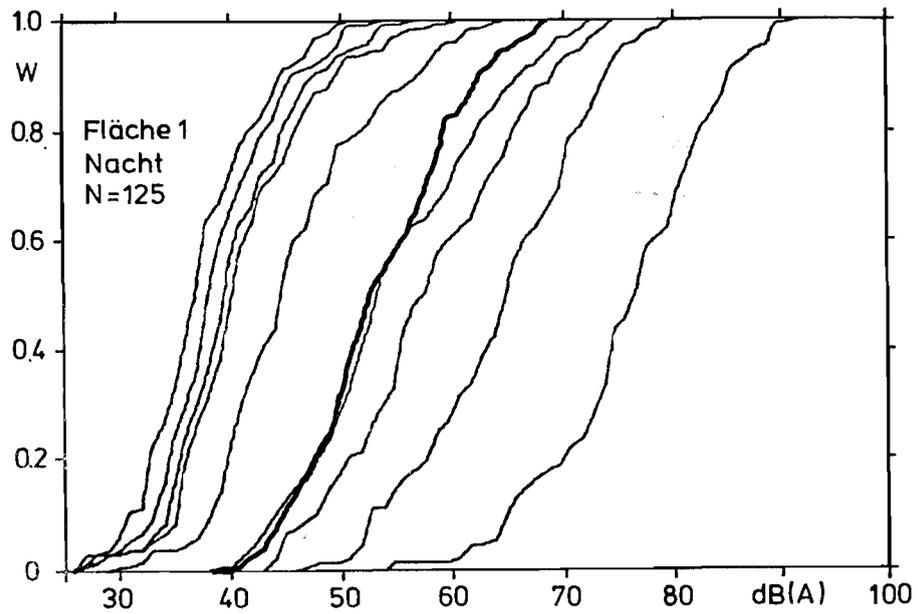
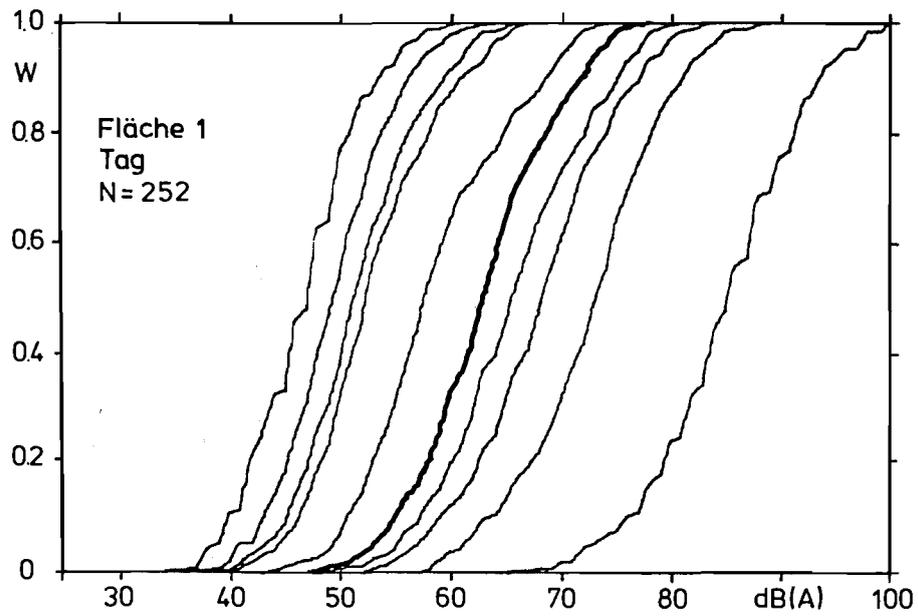


Abb. 8: Summenhäufigkeitsverlauf der Pegelmeßwerte
Meßwertart: (von links nach rechts)

L_{\min} , L_{99} , L_{95} , L_{90} , L_{50} , L_m , L_{10} , L_5 , L_1 , L_{\max}

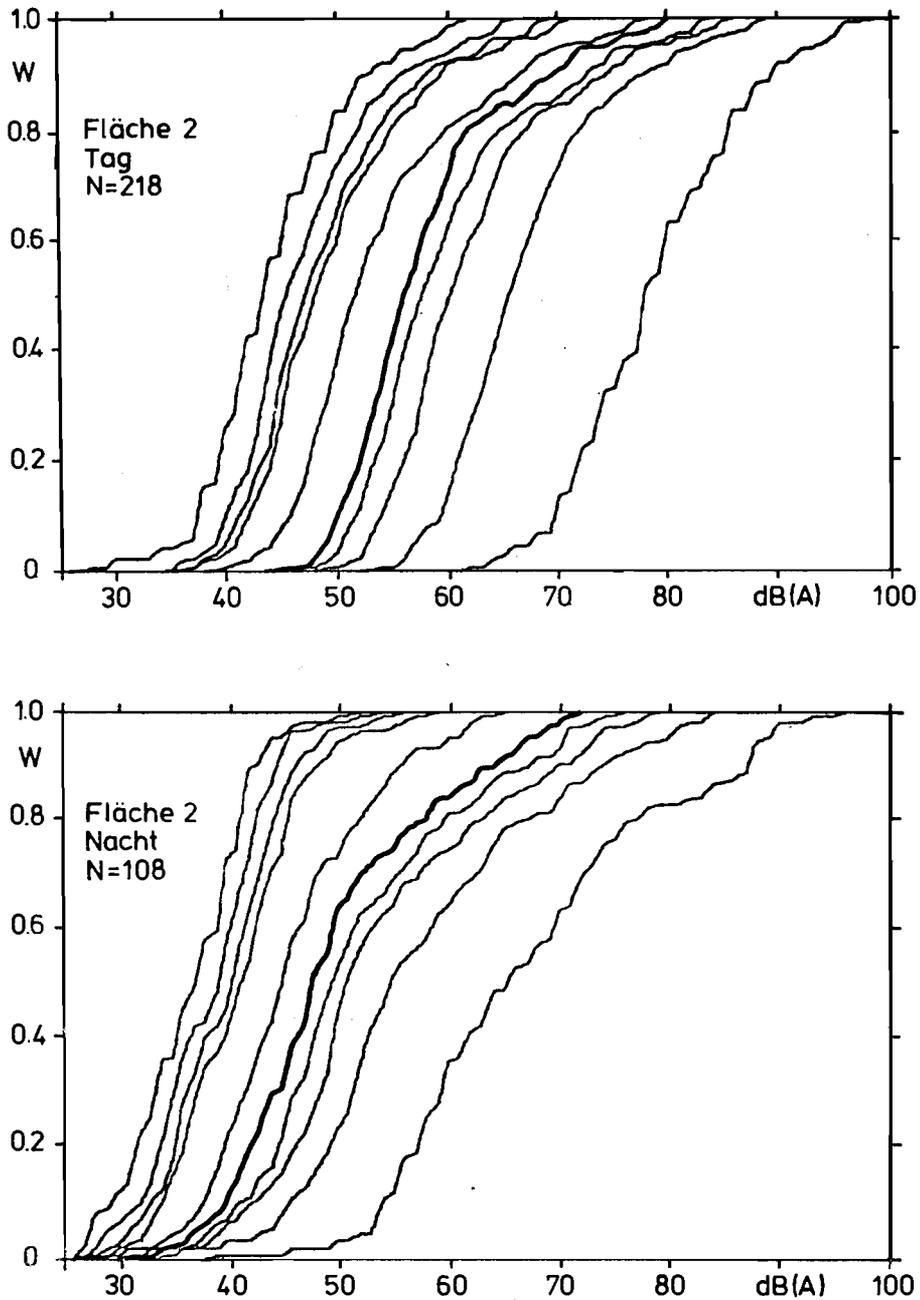


Abb. 9: Summenhäufigkeitsverlauf der Pegelmeßwerte
 Meßwertart: (von links nach rechts)

L_{\min} , L_{99} , L_{95} , L_{90} , L_{50} , L_m , L_{10} , L_5 , L_1 , L_{\max}

Verteilungsformen der einzelnen Summenhäufigkeitsfunktionen sind zum Teil schief.

Der Abstand der Verteilungen voneinander ist bei hohem Prozentpegel, z.B. zwischen L_1 und L_5 , deutlich größer als bei niedrigen Prozentpegeln, z.B. zwischen L_{90} , L_{95} . Dies ist ein Hinweis auf eine schiefe Verteilungsform der über die Meßzeit gewonnenen Einzelwerte, aus denen die Prozentpegel gebildet wurden.

Die Verteilung des L_m liegt durchweg zwischen den Verteilungen des L_{10} und des L_{50} .

In den Darstellungen angegeben ist auch die Zahl der im Beurteilungsfeld erhobenen Einzelmeßwerte. Man sieht, daß vor allem in der Fläche 2 die Sollvorgabe von 256 bzw. 128 Messungen nicht eingehalten werden konnte. Hierüber wird noch in Abschnitt 6 berichtet.

4.2.2. Zusammenhang zwischen den Pegel-Meßwerten

Da die oben dargestellten Meßwerte alle aus der gleichen Meßgröße, dem A-bewerteten Pegelverlauf $L_{AF}(t)$ entstanden sind, ist zu vermuten, daß sie miteinander stark korreliert sind. Deshalb wurden zeitlich gewonnene Meßwerte miteinander korreliert und durch ihren Korrelationskoeffizienten beschrieben. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 für ausgesuchte Meßwertarten dargestellt.

Betrachtet man zuerst die Zusammenhänge der Prozentpegel zueinander, so ist festzustellen, daß die Korrelationskoeffizienten mit wachsendem Abstand der Prozentpegel voneinander abnehmen. Die niedrigsten Koeffizienten liegen für das Paar $L_1 - L_{95}$ je nach Fläche und Tageszeitschicht mit Werten zwischen $R = 0,48$ und $R = 0,68$ vor. Das bedeutet, daß diese Meßwerte verschiedene miteinander nur schwach korrelierte Eigenschaften der Geräuschbelastung

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten zwischen zeitgleich gewonnenen Meßwerten unterschiedlicher Art

Fläche 1 \ Fläche 2	L_m	L_1	L_5	L_{50}	L_{95}
L_m	X	0.95	0.99	0.91	0.76
L_1	0.96	X	0.96	0.79	0.60
L_5	0.99	0.97	X	0.88	0.71
L_{50}	0.93	0.81	0.90	X	0.92
L_{95}	0.83	0.68	0.79	0.95	X

Tag $N \approx 200$

Fläche 1 \ Fläche 2	L_m	L_1	L_5	L_{50}	L_{95}
L_m	X	0.96	0.97	0.80	0.63
L_1	0.98	X	0.94	0.66	0.48
L_5	0.98	0.97	X	0.82	0.64
L_{50}	0.89	0.81	0.89	X	0.93
L_{95}	0.61	0.51	0.58	0.83	X

Nacht $N \approx 100$

abbilden. Deshalb wurden neben dem allgemein üblichen Mittelungspegel L_m auch noch diese beiden Prozentpegel untersucht.

Der Mittelungspegel selbst ist mit dem Spitzenpegel L_1 sehr hoch korreliert ($0,95 \leq R \leq 0,98$), während er mit dem Grundgeräuschpegel L_{95} geringere Zusammenhänge aufweist ($0,61 \leq R \leq 0,83$). Dies zeigt, daß durch den Meßwert L_m vor allem die sehr hohen Werte der Meßgröße in der Meßzeit beschrieben werden, während die niedrigen Pegel in der Meßzeit durch diesen Meßwert nur schlecht vertreten werden.

4.3. Vertrauensbereich der ermittelten Summenhäufigkeitsfunktionen

Wenn auch die in den Abbildungen 8 und 9 dargestellten Summenhäufigkeitsverläufe aufgrund eines mehr als 200 Einzelwerte (Tag) bzw. über 100 Einzelwerte (Nacht) umfassenden Kollektivs entstan-

den sind, so sind diese immer noch als Stichprobe aus einer viel größeren Grundgesamtheit anzusehen. Daher ist ihr Summenhäufigkeitsverlauf mit einer Schätzunsicherheit gegenüber dem Verlauf der Grundgesamtheit behaftet. Zur Klärung der Frage, wie gut durch die erfolgte Stichprobe die Grundgesamtheit erfaßt wurde, wurde durch schrittweise Quantilschätzung im Bereich zwischen $q = 0,05$ und $q = 0,95$ in Schritten von $0,05$ der Vertrauensbereich des jeweiligen Quantils auf einem 90 %-Niveau (2-seitig) geschätzt.

Als Schätzverfahren hierzu wurde das in der VDI Richtlinie 2450/Blatt 5 [11] benutzte parameterfreie Verfahren zur Schätzung der Vertrauensgrenzen von Quantilen angewandt. Aus der linearen Verbindung der Vertrauensbereichsobergrenzen bzw. -untergrenzen aller Quantile entstanden die in der Abbildung 10 darge-

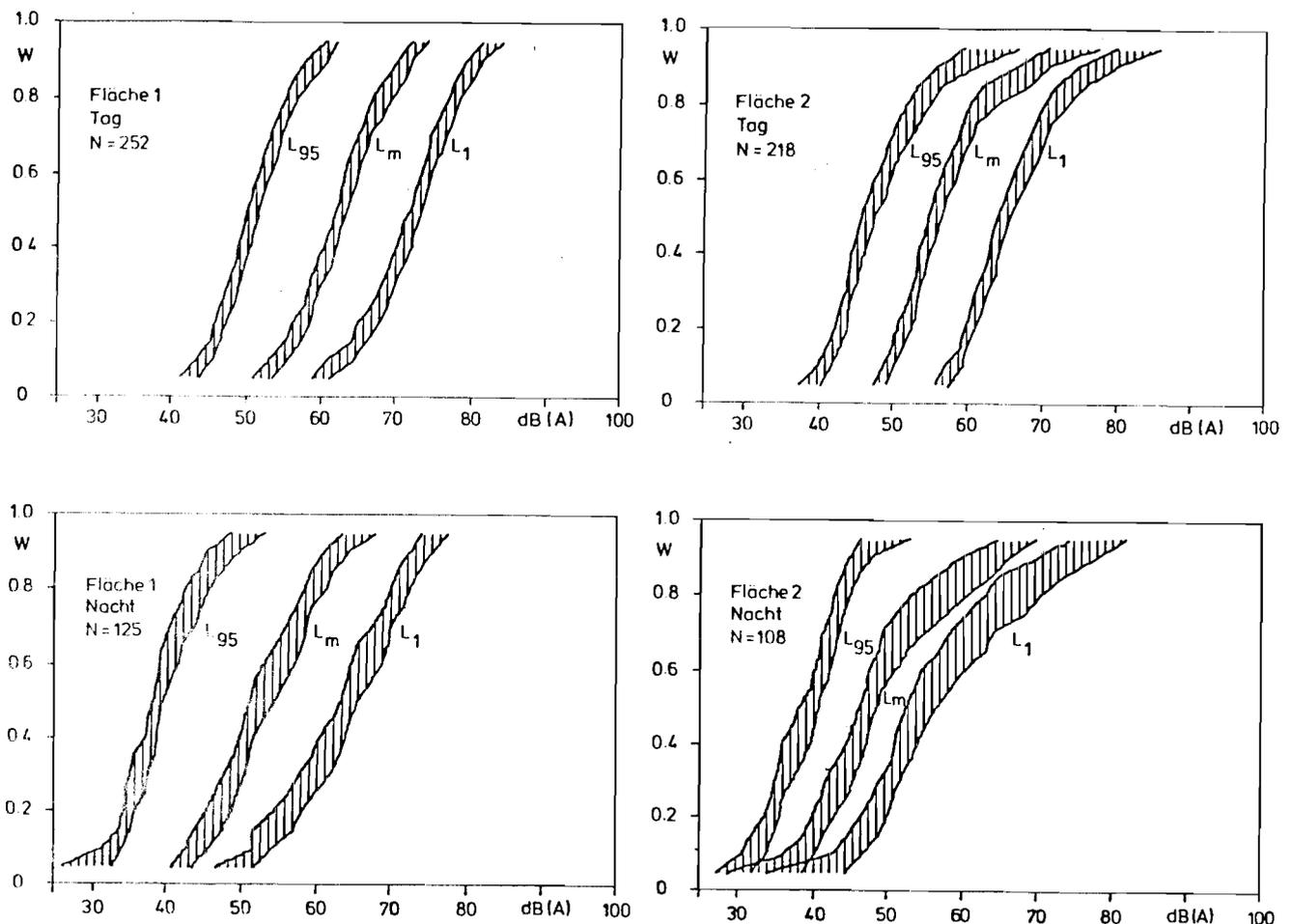


Abb. 10: Vertrauensbereich des Summenhäufigkeitsverlaufs für $S \geq 90\%$ zweiseitig

stellten Vertrauensbereiche für die Summenhäufigkeitsverläufe. Diese Ergebnisse sind so zu lesen, daß je Quantil der wahre, d.h. auf die Grundgesamtheit bezogene Quantilwert mit höchstens jeweils 5 %-Wahrscheinlichkeit links bzw. rechts der eingezeichneten Grenzen, mit mindestens 90 % Wahrscheinlichkeit innerhalb des schraffierten Bereichs liegt.

Man erkennt, daß die Vertrauensbereichsbreite in den meisten Fällen zur Tageszeit bei über 200 Werten unterhalb von 3 dB und zur Nachtzeit bei etwa der Hälfte dieser Werte unterhalb 5 dB bleibt. Erwartungsgemäß steigt sie in Richtung der Enden der Verteilung an und erreicht z.B. in der Fläche 2, in der ja oberhalb von etwa $q = 0.8$ die Steigung stark abnimmt, eine Breite von bis zu 7 dB ($q_{0.95}(L_1)$).

Für das in Abschnitt 4.8 beschriebene Vertrauensbereichsexperiment ist es notwendig, eine als "wahr" angenommene Verteilung vorzugeben. Außerdem ist der weiter unten beabsichtigte Vergleich verschiedener Verläufe einfacher, wenn statt eines Bereichs, in dem die Kurve liegen kann, nur ein Verlauf angegeben wird, von dem man erwartet, daß er dem tatsächlichen Verlauf der Grundgesamtheit möglichst nahe kommt. Deshalb wurden die in den Abbildungen 8 und Abbildungen 9 dargestellten empirischen Verteilungen der L_1 , L_m , L_{95} visuell geglättet, da in der Realität mit einer kontinuierlich verlaufenden Verteilung zu rechnen ist.

4.4. Vergleichende Darstellungen der Flächen

Die geglätteten Verteilungen wurden zum Vergleich der Meßwertkollektive in den beiden Flächen herangezogen und in der Abbildung 11 vergleichend gegenübergestellt.

Aus den linken Abbildungen ist zu erkennen, daß bis zu hohen Quantilen die Verteilungen der Werte aus der Fläche 2 links von den Verteilungen der Fläche 1 liegen. Die dabei auftretenden Unterschiede liegen im Bereich bis zu 11 dB ($q_{0.5} (L_1)$). Die seltenen hohen Werte liegen jedoch in der Fläche 2 zumindest in der gleichen Höhe wie in der Fläche 1. Ob sie, wie in der Abbildung dargestellt, diese in der Realität noch übertreffen, kann aufgrund der Stichprobenunsicherheit nicht ausreichend sicher angenommen werden.

Vergleicht man getrennt für Tag und Nacht die Geräuschbelastung in den beiden Flächen, so stellt man für den Tag fest, daß die Belastung der innerstädtischen Fläche 1 um bis zu 7 dB bei den Spitzenpegeln ($q_{0.5} (L_1)$), um bis zu 6 dB bei den Mittelungspegeln ($q_{0.5} (L_m)$) und um bis zu 4 dB bei den Geräuschpegeln ($q_{0.5} (L_{95})$) über den entsprechenden Werten der Außenfläche liegen. Jedoch ändert sich dieses Bild, wenn man sich den seltenen hohen Realisationen der Meßwerte (hohe Quantile) nähert. Denn für das $q_{0.95}$ der Meßwerte stellt man fest, daß hier die Fläche 2 bezüglich der Spitzenpegel nur noch einen geringen Unterschied in der Belastung aufweist, bezüglich der L_m und der L_{95} liegen die Werte der Fläche 2 sogar um wenige Dezibel über den entsprechenden Werten der Fläche 1. Hier zeigt sich deutlich der Verlauf der in der Fläche 2 verlaufenden Schnellstraßen.

Stellt man die gleichen Betrachtungen für die Nachtzeit an, dann fällt auf, daß hier wieder die höheren Werte in den meisten Fällen in der innerstädtischen Fläche festzustellen sind. Zieht man zum Vergleich wieder die 0.5-Quantile heran, so ergibt sich für den L_1 ein Unterschied von 11 dB (noch 4 dB mehr als zur Tageszeit); für den Mittelungspegel ist noch ein Unterschied von 5 dB festzustellen. Die Grundgeräuschpegelverläufe unterscheiden sich jedoch

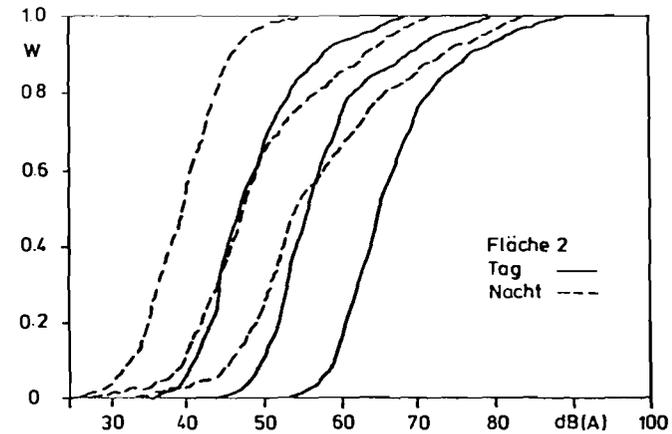
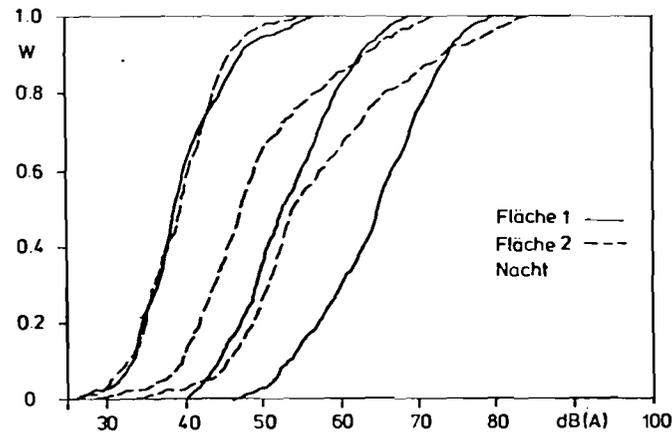
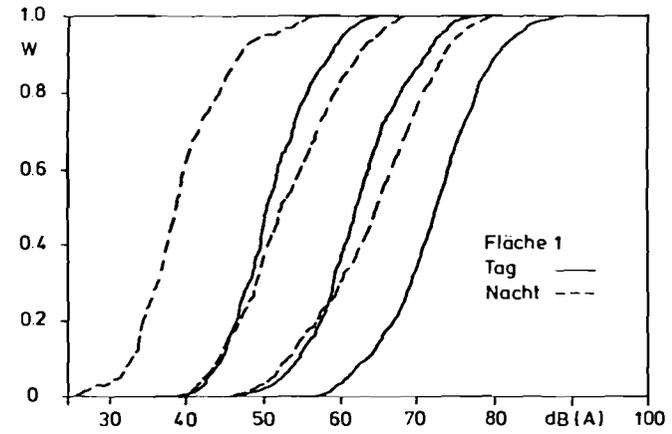
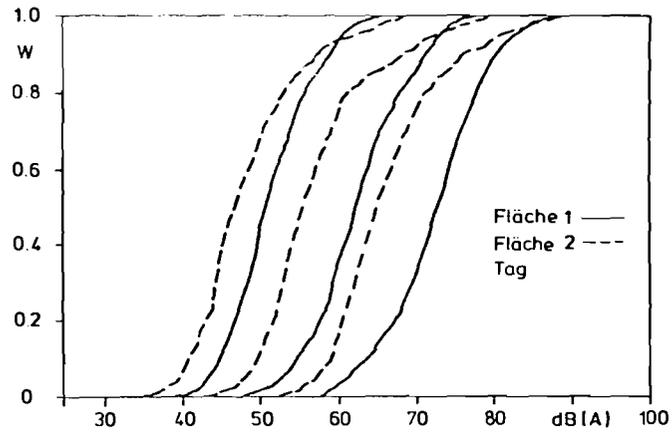


Abb. 11: Vergleich der nach Fläche oder Tageszeitabschnitt geschichteten Wertekollektive

Meßwertart: (von links nach rechts):

L_{95} , L_m , L_1

nur noch unbedeutend. Zur Nachtzeit sind also beide Flächen, was das Grundgeräusch betrifft, etwa gleich belastet.

Auch beim Nacht-Vergleich beider Flächen zeigt sich deutlich, daß in seltenen Fällen hoher Pegelwerte die Fläche 2 höhere Pegelwerte aufweist. Dies zeigt sich schon oberhalb des $q_{0.75}$ für die Grundgeräuschpegel und oberhalb des $q_{0.9}$ für die Spitzenpegel. Eine mögliche Erklärung kann sein, daß zur ruhigen Nachtzeit die Einwirkung der Schnellstraßen im Gebiet 2 in einem größeren Bereich als zur Tageszeit festzustellen ist.

4.5. Vergleich der Tag- und Nachtbelastungen

Vergleicht man getrennt für beide Flächen die Belastung zur Tages- und Nachtzeit (Abbildung 11, rechts), so stellt man fest, daß die Kollektive aller drei Meßwertarten zur Nachtzeit unterhalb der Tag-Kollektive liegen. Dabei sinkt in der Fläche 1 am stärksten der L_{95} (bis zu 12 dB), der L_m sinkt bis zu 10 dB, der L_1 um bis zu 9 dB. Im Gebiet 2 ist für die unteren Quantile ein ähnliches Verhalten festgestellt worden. Der L_{95} und der L_m sinken zur Nachtzeit um bis zu 9 dB, am stärksten nimmt der Spitzenpegel (11 dB) ab.

Die große Abnahme des Spitzenpegels ist jedoch nur für die niedrigen Spitzenpegel (unter $q_{0.5}$ (L_1)) festzustellen. Oberhalb von $q_{0.5}$ und besonders ab dem 0.8-Quantil unterscheiden sich die beiden und die mit ihm stark korrelierten L_m um ca. 5 dB. Dies ist vermutlich auf den sich nur wenig verringernden Einfluß der Verkehrsgeräusche im Gebiet 2 zur Nachtzeit zurückzuführen.

Um einen zusammenfassenden Überblick über diese Unterschiede zu geben, sind die Werte zweier ausgesuchter Quantile zur Tages- und

Nachtzeit in beiden Fällen in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Dabei wird das 0.5-Quantil zur Kennzeichnung der "mittleren" Geräuschbelastung und das 0.9-Quantil zur Kennzeichnung der "seltenen hohen" Geräuschbelastungen im Beurteilungsfeld herangezogen. Zusätzlich sind dort die beim Vergleich entstehenden Differenzen eingetragen. Zwei Aspekte werden deutlich:

- a) Je nach Wahl von Kenngröße und Meßwertart unterscheiden sich beide Gebiete mehr oder weniger stark. Durch eine geeignete Wahl von Meßwert und Kenngröße können anscheinend verschiedene Eigenschaften der Belastung beschrieben werden.
- b) Die gewählte Kennzeichnung zur Tageszeit ist nicht einfach auf die Kennzeichnung zur Nachtzeit übertragbar. Der Unterschied ist abhängig von der Wahl der Kennzeichnungsart und den Eigenschaften der Belastung selbst.

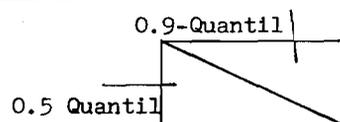
Wenn die hier vorgestellten Vergleiche auch sicherlich nicht ohne weiteres auf andere Situationen übertragbar sind, so zeigen sie jedoch Tendenzen auf, die bei der Beschreibung von Flächenbelastungen zu erwarten sind.

Tabelle 2: Quantile der Meßwertkollektive und ihre Unterschiede bei Schichtung nach Fläche und Beurteilungszeit

L_1 /dB	Tag	Nacht	Δ_{TN} /dB
Fläche 1	81 73	74 66	7 7
Fläche 2	77 66	74 55	11 3
Δ_{FF} /dB	4 7	0 11	

L_m /dB	Tag	Nacht	Δ_{TN} /dB
Fläche 1	72 63	63 53	9 10
Fläche 2	69 56	64 48	5 8
Δ_{FF} /dB	3 7	-1 5	

L_{95} /dB	Tag	Nacht	Δ_{TN} /dB
Fläche 1	60 52	48 40	12 12
Fläche 2	58 48	47 40	11 8
Δ_{FF} /dB	2 4	1 0	



Δ_{TN} : Differenz zwischen Quantilen von Tag- und Nachtkollektiven

Δ_{FF} : Differenz zwischen Quantilen der Kollektive beider Flächen

4.6. Einfluß der Meßzeit auf die Meßwerte

Wegen der oben dargestellten Annahmen müssen Meßwerte über Kurzzeiten gewonnen werden. Aus Gründen der Praktikabilität bei der Meßdurchführung sind natürlich möglichst kurze Meßzeiten erwünscht. Zur Untersuchung des Einflusses der Meßzeit auf die Meßwerte wurden deshalb zum gleichen Meßzeitpunkt parallel 0.25 h-, 0.5 h- und 1 h-Meßwerte gleicher Meßwertart gewonnen. Die Untersuchung wurde für die bisher ausgewählten Meßwerte L_{95} , L_1 , L_m sowie erweiternd hierzu für die Meßwerte L_{\max} und L_{\min} durchgeführt.

Zuerst wurden die zum gleichen Zeitpunkt gewonnenen Meßwerte gleicher Art, aber unterschiedlicher Meßzeit auf ihren Zusammenhang untersucht. Dargestellt ist dieser Zusammenhang in der Abbildung 12 mit Angabe des jeweiligen Korrelationsfaktors R für die Fläche 1 zur Tageszeit. Die Ergebnisse für die Fläche 2 sind ähnlich strukturiert.

Besonders auffällig verhalten sich die Kollektive der Extremwert-Meßwerte L_{\max} und L_{\min} . Die zugehörigen Korrelationsfaktoren sind im Vergleich zu den Korrelationsfaktoren der Prozentpegel kleiner. Die über einen Stundenanteil ermittelten Meßwerte weichen systematisch von den zugehörigen Stundenmeßwerten ab, wobei die Abweichung mit kleiner werdender Meßzeit zunimmt. Dies ist plausibel, da in einer längeren Meßzeit eine höhere Chance besteht, einen sehr hohen Einzelpegel L_{\max} bzw. einen sehr tiefen Einzelpegel L_{\min} zu messen als in einer kurzen Meßzeit.

Betrachtet man die Differenz zwischen zeitgleich gemessenen Meßwerten verschiedener Meßzeit, so ergeben sich die in Tabelle 3 zu-

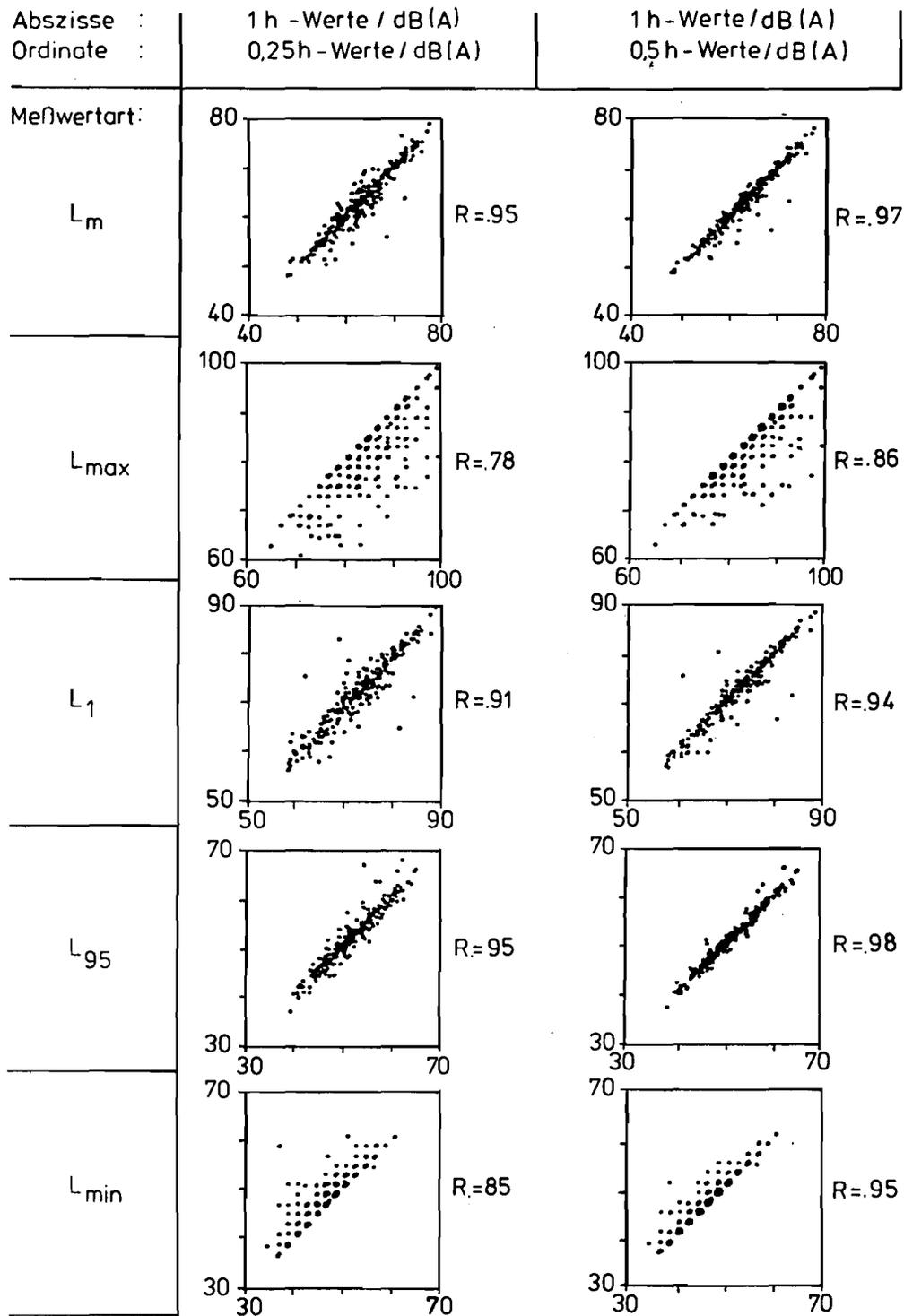


Abb. 12: Korrelogramme von Meßwerten gleicher Art und gleichen Meßzeitpunkts bei unterschiedlicher Meßzeit in der Fläche 1 zur Tageszeit

R: Korrelationskoeffizient

Tabelle 3: Differenz zwischen Meßwerten gleicher Art, die zum gleichen Meßzeitpunkt, jedoch mit unterschiedlicher Meßzeit gewonnen wurden

Meßwertart	$L_{1h} - L_{0.25h}/\text{dB}$		$L_{1h} - L_{0.5h}/\text{dB}$	
	Fläche 1)	Fläche 2)	Fläche 1)	Fläche 2)
L_m	0 5 -6/13	1 7 -3/12	0 4 -3/12	1 4 -3/10
L_{\max}	4 10 0/23	4 12 0/28	2 6 0/22	2 8 0/26
L_1	1 6 -15/16	1 8 -7/17	1 4 -14/15	1 6 -6/13
L_{95}	0 4 -13/4	0 3 -8/3	0 3 -5/3	-1 4 -8/2
L_{\min}	0 6 -22/4	0 8 -16/4	-2 4 -12/4	-2 4 -12/2

$q_{0.5}$
$I_{0.8}$
U / 0

Median der Differenzen
0.8 - Interdezil der Differenzen
kleinste, größte Differenz

sammengestellten Werte. Für die Meßwerte L_m , L_1 , L_{95} und L_{\min} liegt der Median der aufgetretenen Differenzen um 0 dB; für die Maximalwerte L_{\max} liegt er je nach Meßzeit und Gebiet zwischen 2 und 4 dB. Insgesamt ist festzustellen, daß bei einer einzelnen Messung durchaus erhebliche Unterschiede der Meßwerte mit gleichem Meßzeitpunkt, aber unterschiedlicher Meßzeit festzustellen sind, wie aus der kleinsten und größten Differenz zu ersehen ist.

Ausgehend von der Zielsetzung, bei der weiteren Vorgehensweise nur Unterschiede der Kollektive der bei verschiedenen Meßzeiten gewonnenen Meßwerte gleicher Art zu berücksichtigen, - die Kennzeichnung der Fläche soll ja als Kenngröße des Kollektivs aller Werte gewonnen werden - wurden die zur Tageszeit gewonnenen Kollektive miteinander verglichen. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 13 zusammengestellt.

Man sieht deutlich, daß die Kollektive der L_{95} , L_1 , L_m bei unterschiedlichen Meßzeiten voneinander nicht mehr erheblich abweichen. Es deutet sich lediglich eine geringe Erhöhung der Varianz mit kleiner werdender Meßzeit an. Dagegen wandern die Kollektive der L_{max} bzw. L_{min} mit zunehmender Meßzeit systematisch weiter nach außen, wobei dies in besonders starkem Maß für den L_{max} zutrifft, was vermutlich durch die Schiefe der je Meßzeit gewonnenen Verteilung der Einzelwerte bedingt ist.

4.7. Untersuchung zur tageszeitlichen Struktur der Flächenbelastung

Wie schon im Abschnitt 3.5 beschrieben, war die Probenahme so angelegt, daß je Tagesstunde etwa gleich viele Messungen an gleichmäßig über das Gebiet verteilten, zufällig ausgewählten Meßpunkten durchgeführt wurden. So ergab sich, daß je Tagesstunde eine für die Fläche repräsentative Stichprobe mit 10 bis 16 Elementen vorlag. Kennzeichnet man diese Stundenkollektive durch ihren Mittel-

Abb. 13: Summenhäufigkeitsverlauf von Meßwerten gleicher Art und gleichen Meßzeitpunkts bei unterschiedlicher Meßzeit

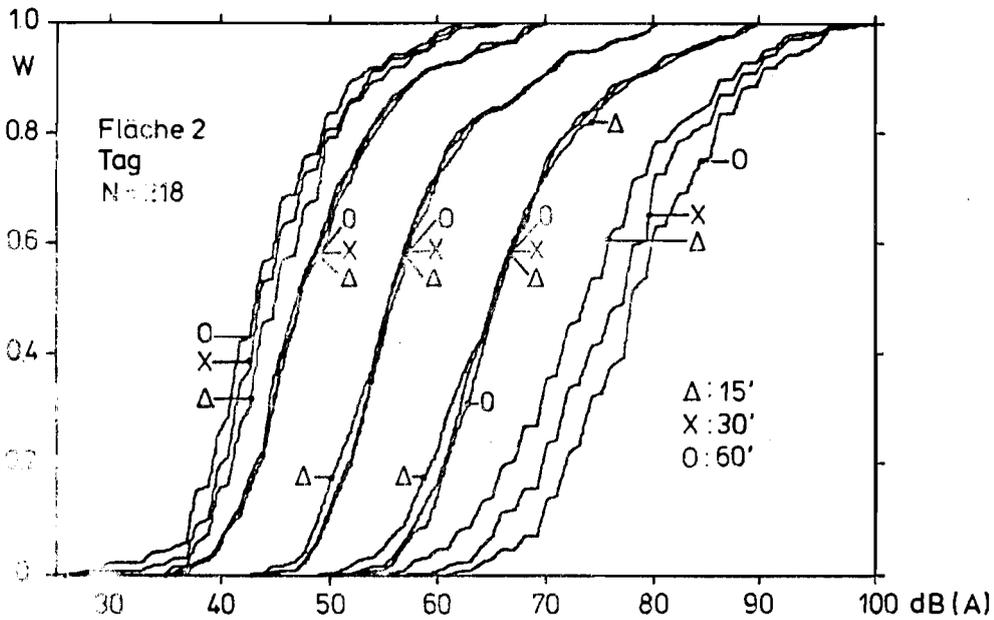
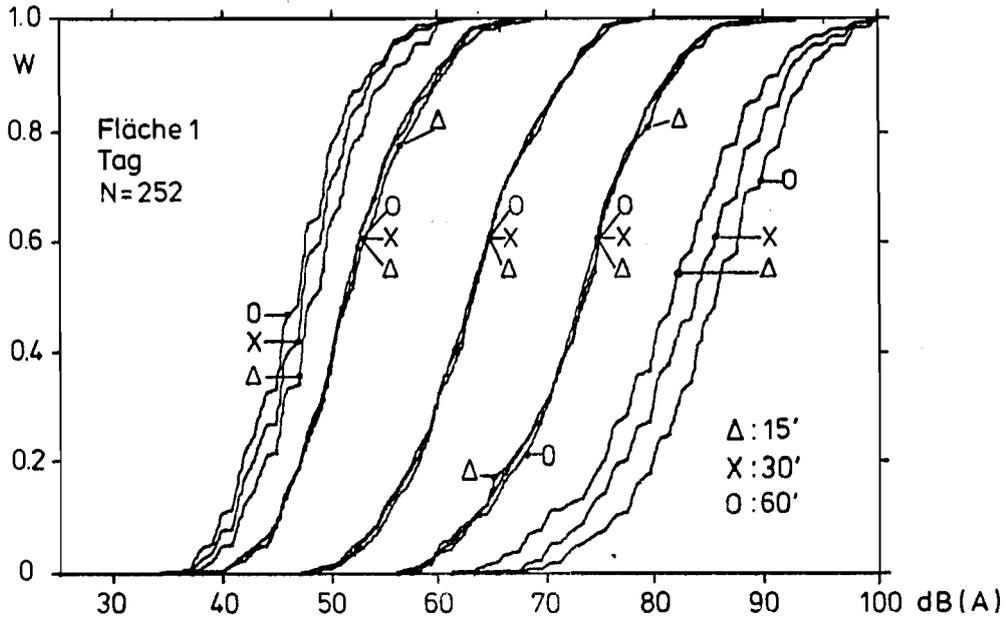
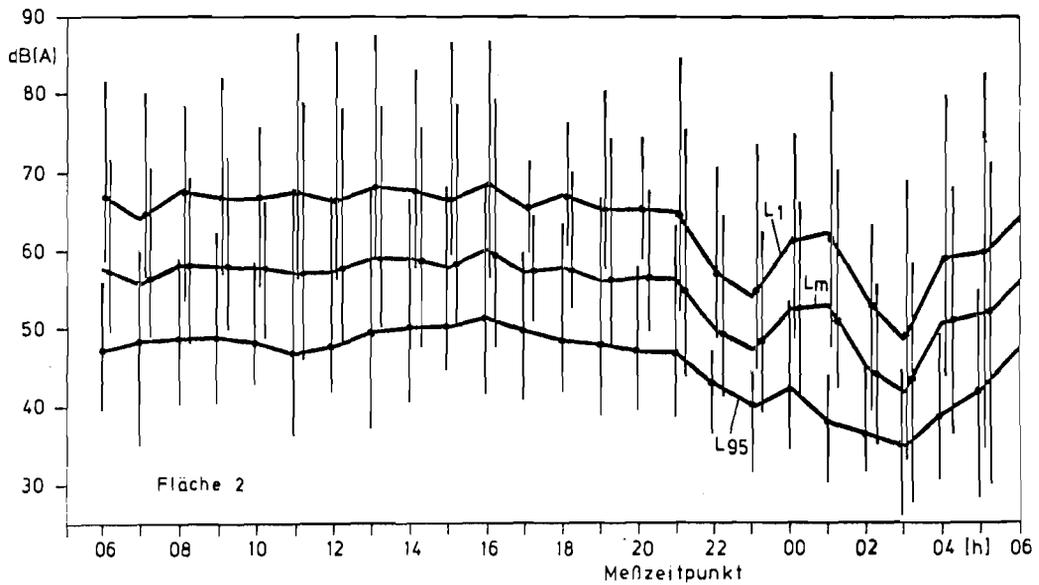
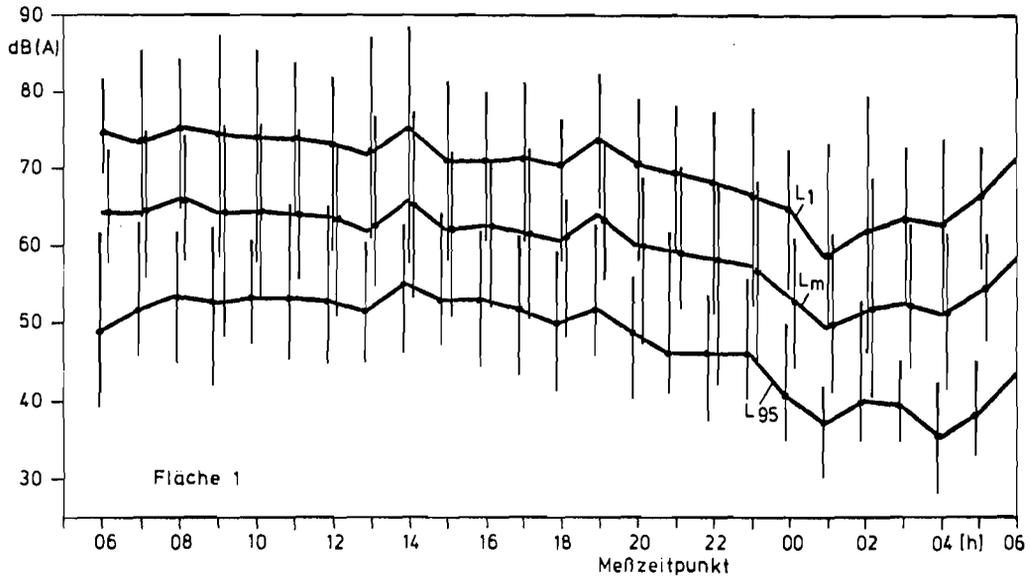


Abb. 14: Zeitreihe der Meßwertmittelwerte und Meßwertspannweiten
Der Umfang je Meßzeitpunkt beträgt
 $N = 10 \dots 16$.



wert und ihren Wertebereich und bildet hieraus eine Zeitreihe, so ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Verläufe für die Meßwertarten L_1 , L_m , L_{95} in den Flächen 1 und 2.

In beiden Gebieten ist deutlich ein Tagesgang festzustellen. Dabei zeigen sich für die 2 Flächen unterschiedlich große Nachtabsenkungen, was man auch den in Abschnitt 4.4. beschriebenen Kollektiven entnehmen kann. Durch die eingezeichneten Wertebereiche wird deutlich, daß eine einfache Zuordnung von Einzelmeßwerten zu den Schichten Tag und Nacht aufgrund der Meßwerthöhe nicht möglich ist, da die Schwankung der Einzelwerte nicht deutlich unter der Schwankung des zugehörigen Tagesverlaufs der Mittelwerte bleibt. Die Beiträge der einzelnen Meßwerte werden ersichtlich stark durch andere Parameter als die Tageszeit, vermutlich hauptsächlich durch die Ortslage der Meßpunkte bestimmt.

4.8. Untersuchung zur flächenhaften Struktur der Belastung

Die gewählte Stichprobenanordnung erlaubte die Schichtung der Gesamtfläche von 1 km^2 in Unterflächen zu 0.25 km^2 , da die Stichproben auch für solche Unterflächen gleich verteilt in die Fläche und in der Zeit angeordnet waren.

Betrachtet wurden 9 Teilflächen, gleichmäßig verteilt im Gebiet angeordnet. Die Belastung je Teilfläche wurde durch die Kenngrößen

- $q_{0.9} (L_m)$ als "höchste Mittelungspegel"
- $q_{0.5} (L_m)$ als "mittlere Mittelungspegel"
- $q_{0.9} (L_1)$ als "höchste Spitzenpegel"
- $q_{0.5} (L_{95})$ als "mittlere Grundgeräuschpegel"

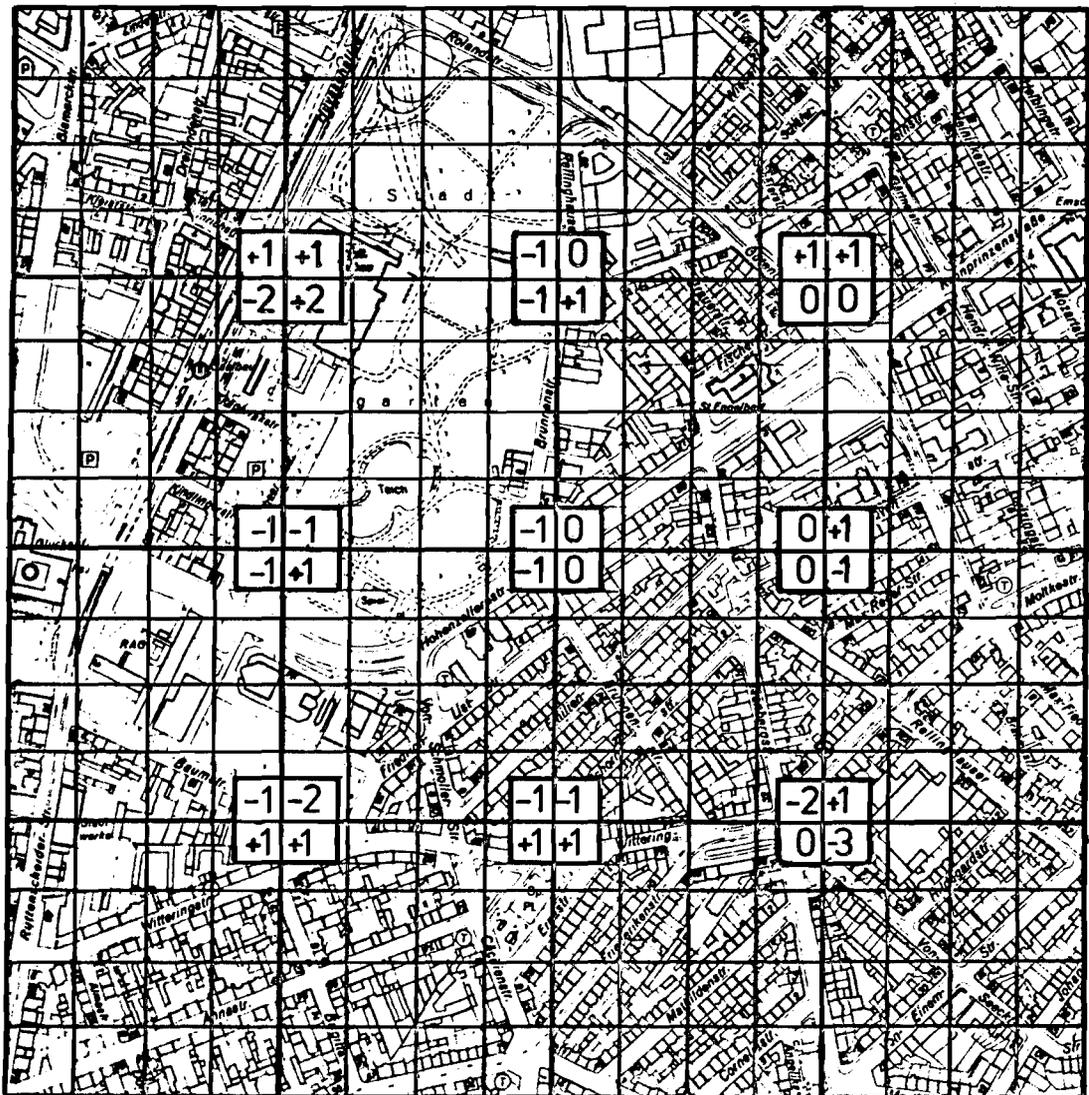


Abb. 15: Differenzen zwischen Kenngrößen der $0,25 \text{ km}^2$ großen Teilflächen und der 1 km^2 Gesamtfläche, Fläche 1
 Im Schwerpunkt der quadratischen Teilflächen sind die Differenzen für folgende Kenngrößen (dB(A)) eingetragen

links oben : $q_{0.9} (L_m)$ rechts oben : $q_{0.9} (L_1)$
 links unten: $q_{0.5} (L_m)$ rechts unten: $q_{0.5} (L_{95})$

Mit Genehmigung des Vermessungs- und Katasteramtes der Stadt Essen vom 13.5.1980
 Kontrollnummer 8/80 vervielfältigt durch die Landesanstalt für Immissionsschutz NW,
 Verkleinerung aus der Deutschen Grundkarte 1 : 5000 herausgegeben vom Vermessungs- und
 Katasteramt Essen

Blatt: 2570/5700 - Essen-Rüttenscheid

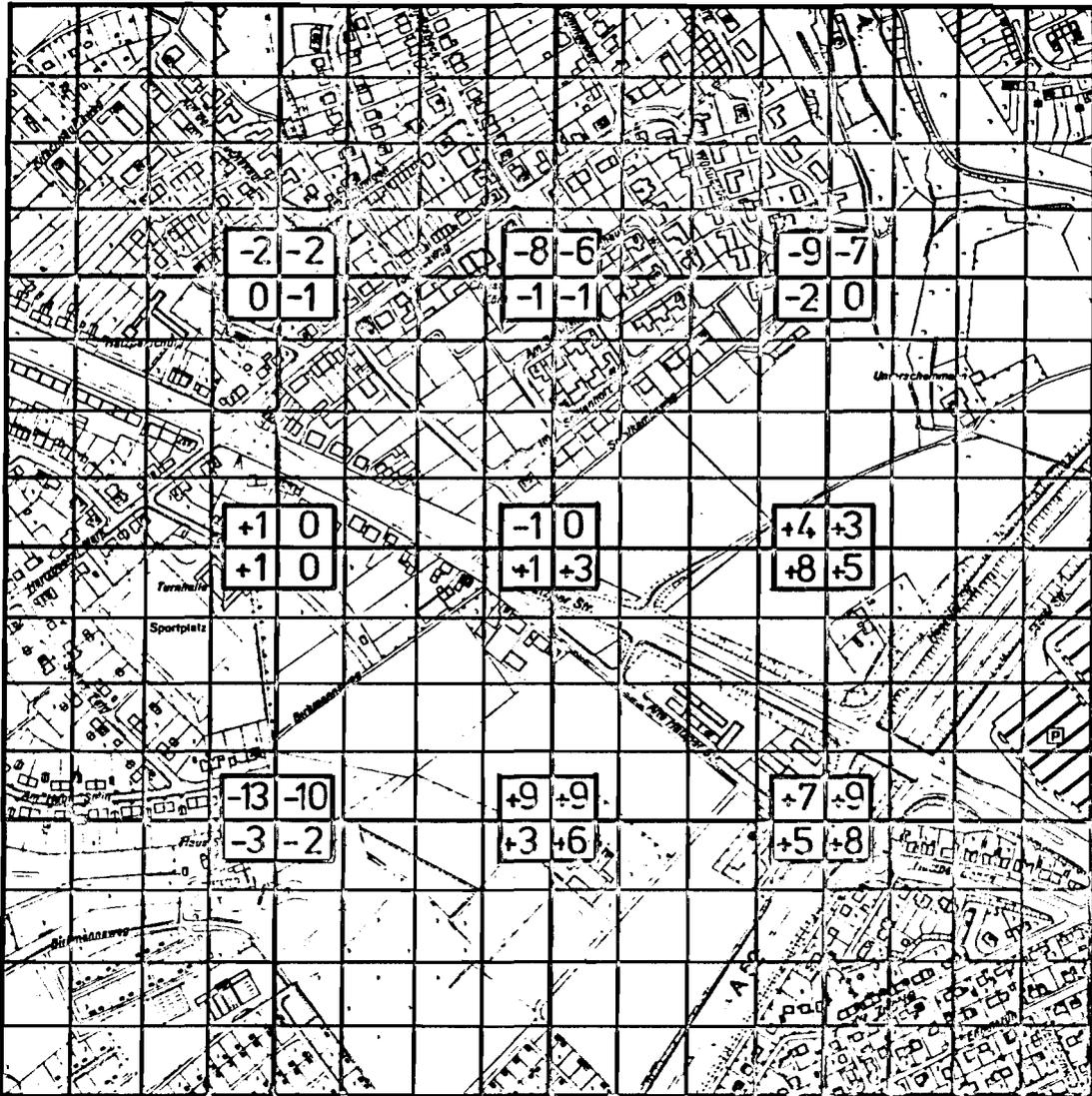


Abb. 16: Differenzen zwischen Kenngrößen der $0,25 \text{ km}^2$ großen Teilflächen und der 1 km^2 Gesamtfläche, Fläche 2
 Im Schwerpunkt der quadratischen Teilflächen sind die Differenzen für folgende Kenngrößen (dB(A)) eingetragen

links oben : $q_{0.9}(L_m)$ rechts oben : $q_{0.9}(L_1)$
 links unten : $q_{0.5}(L_m)$ rechts unten : $q_{0.5}(L_{95})$

Mit Genehmigung des Vermessungs- und Katasteramtes der Stadt Essen vom 13.5.1980
 Kontrollnummer 8/80 vervielfältigt durch die Landesanstalt für Immissionsschutz NW,
 Verkleinerung aus der Deutschen Grundkarte 1 : 5000 herausgegeben vom Vermessungs-
 und Katasteramt Essen

Blatt 2566/5698 - Essen-Haarzopf

der empirischen Summenhäufigkeit gekennzeichnet. Die Kenngrößen in den Teilflächen wurden in Bezug zur Kenngröße der Gesamtfläche gebracht, indem die Differenz zwischen den entsprechenden Kenngrößen der Teilflächen und der Gesamtfläche gebildet wurde.

Die Teilflächenanordnung sowie die so gebildeten Differenzen sind für die beiden Flächen in den Abbildungen 15 und 16 dargestellt.

Aus der Darstellung ist zu sehen, daß in der Fläche 1 eine weitgehend homogene flächenhafte Struktur vorhanden ist. Die maximalen Kenngrößendifferenzen liegen zwischen + 2 dB und -3 dB.

In der Fläche 2 jedoch ergeben sich in den Teilflächen erhebliche Abweichungen von der Gesamtflächen-Kennzeichnung. Differenzen zwischen -13 dB und +9 dB deuten auf eine sehr inhomogene Struktur der Fläche hin. Die Frage nach der örtlichen Zuordnung der seltenen hohen Spitzenpegel der Fläche 2 wird hier beantwortet. Die hohen Spitzenpegel $q_{0.9}(L_1)$ treten entlang der Schnellstraßen auf, was bei der Diskussion der Pegelverteilungen schon angenommen wurde.

4.9. Schätzung des zu erwartenden Vertrauensbereichs bei Reduktion des Stichprobenumfangs

Eines der Ziele dieser Untersuchung war es, der Meßplanung Hilfe bei der Beantwortung der Frage nach dem notwendigen Aufwand der Erhebungen zu geben. Diese Frage läßt sich wie folgt formulieren:

Mit welcher Präzision im Pegelbereich kann bei einem Aufwand von N-Stichprobenmessungen das q-Quantil der Meßwertarten L_1 , L_m , L_{95} für eine geforderte zweiseitige Sicherheit S angegeben werden?

Die Beantwortung dieser Frage kann in Fällen, in denen die vorliegende Verteilung bezüglich ihrer Form und ihrer Parameter bekannt ist, durch verschiedene in der Literatur angegebene Verfahren erfolgen. In dem hier vorliegenden Fall der Kennzeichnung von Flächenbelastungen sind jedoch Lage und Form der Verteilung im allgemeinen a priori ohne ausreichende Erhebungen nicht bekannt. Für die Flächen 1 und 2 können sie jedoch nach erfolgten Messungen aufgrund der im Abschnitt 4.3 diskutierten Unsicherheit der erhobenen Verteilungen als a posteriori hinreichend genau bekannt vorausgesetzt werden.

Für die in beiden Gebieten ermittelten und anschließend geglätteten Verteilungen, wie sie in der Abbildung 11 dargestellt sind, wurde die oben gestellte Frage auf experimentelle Art wie folgt untersucht:

Eine 200 Elemente umfassende simulierte "Grundgesamtheit" von Pegelmeßwerten mit einer Klassierung von 1 dB wurde für die Meßwertarten L_1 , L_m , L_{95} so gebildet, daß ihre Verteilung mit dem entsprechenden Verteilungen in der Abbildung 11 möglichst gut übereinstimmte. Aus dieser Grundgesamtheit wurden N Stichprobenwerte ungeschichtet und zufällig gezogen. Die Stichprobenumfänge wurden zu $N = 16, 32, 64$ gewählt.

Die Stichprobennahme erfolgte nach dem Urnmodell "mit Zurücklegen" so daß nach jeder Stichprobenziehung wieder eine durch die Stichprobennahme selbst unveränderte "Grundgesamtheit" für die nächste Stichprobenziehung zur Verfügung stand. Hierdurch konnte die "Grundgesamtheit" für die Simulation als unendlich groß dargestellt werden. Sie unterschied sich von einer realen Grundgesamtheit nur durch die vorgegebene Klassierung ihrer Merkmalswerte in 1 dB-breite Pegelklassen, während ja in der Realität

wesentlich kleinere Abstufungen möglich sind. Dieser Tatsache wurde bei der Simulation durch Aufrunden der Ergebnisse Rechnung getragen. Dadurch ergeben sich einseitige Schätzfehler von bis zu + 1 dB.

Aus den N Werten wurde der Schätzer des q-Quantils für $q = 0.5$ und $q = 0.9$ ermittelt. Als Schätzverfahren wurde die Quantilschätzung aus der geordneten Stichprobe über den Rangplatz benutzt. Der dem Quantilschätzer zuzuordnende Rang r wurde nach

$$r = q \cdot N$$

berechnet [6, 12].

Die Ziehung der N Stichproben und die folgende Berechnung der Quantile wurde 200-fach für jedes N, jede Meßwertart und jede Fläche zur Tages- und Nachtzeit durchgeführt.

Am Schluß des Experiments waren so jeweils 200 Werte für den Schätzer des 0.5- und 0.9-Quantils, ermittelt aus 16, 32, 64 Stichproben, für die Meßwertarten L_1 , L_m , L_{95} vorhanden.

Für die Parameterkombination: (Meßwertart: L_m , Fläche 2, Tageszeit, $N = 32$) sind die Ergebnisse des Experiments als Summenhäufigkeitsverlauf der Schätzer in der Abbildung 17 dargestellt.

Eingetragen ist die Verteilung der "Grundgesamtheit" mit der Lage des "wahren", d.h. auf die Grundgesamtheit bezogenen Quantils $\hat{q}_{0.5}$ und $\hat{q}_{0.9}$ sowie die für beide Quantile ermittelte Verteilung der Schätzer. Für die Schätzverteilung sind symmetrische zur Häufigkeit von 50 % die Grenzen eingetragen, zwischen denen in 75 % der durchgeführten Stichproben der Schätzer lag. Diese Grenzen wurden auf volle Dezibel nach oben bzw. unten gerundet und so

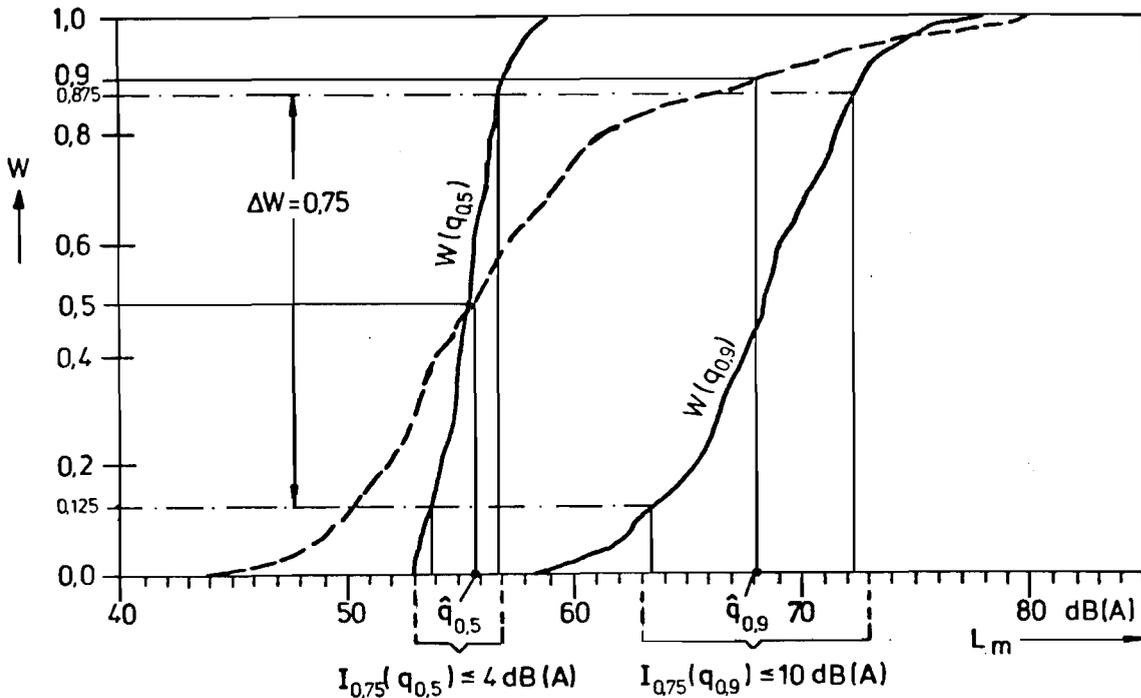


Abb. 17: Ergebnisse eines Vertrauensbereichsexperiments

— — — : Summenhäufigkeitsverlauf der "Grundgesamtheit" aller L_m in der Fläche 2 zur Tageszeit

— — — : Summenhäufigkeitsverläufe W der aus 200 Stichproben vom Umfang $N = 32$ ermittelten Schätzer für das 0.5- und 0.9-Quantil der "Grundgesamtheit"

$q_{0.5}$ ' $q_{0.9}$: Wahre Werte der Quantile der "Grundgesamtheit".

$I_{0.75}$: Interdezilbereich, in dem mindestens 75 % der Schätzer gefunden werden

der erhaltene Bereich als Interdezil für 75 %-Sicherheit $I_{0.75}(q)$ bezeichnet. Innerhalb dieses Interdezils ist mit 75 %-Sicherheit ein Schätzer des gesuchten Quantils zu erwarten. Dies wiederum bedeutet, daß 75 % der aufgetretenen Abweichungen zwischen Schätzer und wahren Wert innerhalb der durch das Interdezils $I_{0.75}$ angegebenen Spanne liegen.

Man erkennt, daß die gesuchten wahren Werte innerhalb dieser Bereiche anzutreffen sind und daß die Bereiche abhängig von der Steigung des Summenhäufigkeitsverlaufs der Grundgesamtheit in der Umgebung des gesuchten Quantils schwanken. Ein steiler Verlauf führt wie beim 0.5-Quantil zu einem kleinen Interdezilbereich, während bei geringen Steigungen wie im Bereich des 0.9-Quantils das zugehörige Interdezil wesentlich größer ist.

Zur Beschreibung der 200 Experimentalergebnisse je Parameterkombination wurden das 0.5-, 0.75-, 0.9-Interdezil, also der Bereich, in dem 50 %, 75 % und 90 % der Abweichungen zwischen Schätzer und wahren Wert zu erwarten sind, in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Aus der Tabelle läßt sich beispielsweise ablesen, daß bei 200 Stichprobenexperimenten, bei denen jeweils 32 Stichproben gezogen wurden, 90 % aller Differenzen zwischen Schätzer und wahren Wert des 0.5-Quantils der Meßwertart L_m in der Fläche 1 zur Tageszeit in einem Bereich von bis zu 5 dB um den wahren Wert herum angetroffen wurden und bei unveränderten Randbedingungen wie gleiche Emissions- und Transmissionsverhältnisse, gleiche Meßsysteme u.a.m. auch in Zukunft angetroffen werden.

Einige Tendenzen, die sich in den Ergebnissen zeigen, seien im folgenden aufgezählt:

- a) Die Meßwertart zeigt nur einen geringen Einfluß auf die Präzision. Im Mittel über alle Experimente gleicher Meßwertart beträgt des Interdezil für den L_{95} $I(L_{95}) = 5.2$ dB und entsprechend $I(L_m) = 5.9$ dB sowie $I(L_1) = 6.3$ dB.

		Fläche 1 Tag		Fläche 2 Tag		Fläche 1 Nacht		Fläche 2 Nacht																																																																																																																																																																	
q		0.5	0.9	0.5	0.9	0.5	0.9	0.5	0.9																																																																																																																																																																
L																																																																																																																																																																									
L ₉₅		<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>3</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>4</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>7</td><td>4</td><td>3</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		3	2	2	0.75		4	4	2	0.9		7	4	3	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>5</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>9</td><td>7</td><td>5</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		5	3	2	0.75		7	5	4	0.9		9	7	5	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	2	2	0.75		6	4	4	0.9		7	5	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>9</td><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>13</td><td>8</td><td>7</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>15</td><td>13</td><td>9</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		9	5	3	0.75		13	8	7	0.9		15	13	9	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>7</td><td>3</td><td>3</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		2	2	2	0.75		3	3	2	0.9		7	3	3	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>7</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>11</td><td>6</td><td>6</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>13</td><td>10</td><td>7</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		7	4	3	0.75		11	6	6	0.9		13	10	7	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>3</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	2	0.75		5	4	3	0.9		7	5	3	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>5</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>10</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		5	3	2	0.75		7	5	4	0.9		10	6	5
	S	N	16	32	64																																																																																																																																																																				
	0.5		3	2	2																																																																																																																																																																				
0.75		4	4	2																																																																																																																																																																					
0.9		7	4	3																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		5	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		9	7	5																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	2	2																																																																																																																																																																					
0.75		6	4	4																																																																																																																																																																					
0.9		7	5	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		9	5	3																																																																																																																																																																					
0.75		13	8	7																																																																																																																																																																					
0.9		15	13	9																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		2	2	2																																																																																																																																																																					
0.75		3	3	2																																																																																																																																																																					
0.9		7	3	3																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		7	4	3																																																																																																																																																																					
0.75		11	6	6																																																																																																																																																																					
0.9		13	10	7																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		5	4	3																																																																																																																																																																					
0.9		7	5	3																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		5	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		10	6	5																																																																																																																																																																					
L _m		<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>8</td><td>5</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		3	3	2	0.75		6	4	3	0.9		8	5	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>9</td><td>6</td><td>3</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	3	0.75		7	5	3	0.9		9	6	3	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		3	3	2	0.75		5	4	4	0.9		7	5	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>9</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>14</td><td>10</td><td>7</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>19</td><td>13</td><td>10</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		9	5	4	0.75		14	10	7	0.9		19	13	10	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>9</td><td>6</td><td>6</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	2	0.75		6	5	4	0.9		9	6	6	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>10</td><td>7</td><td>6</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		5	4	2	0.75		7	5	4	0.9		10	7	6	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>8</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		3	3	2	0.75		6	4	3	0.9		8	6	5	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>13</td><td>9</td><td>6</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>18</td><td>12</td><td>8</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		7	5	3	0.75		13	9	6	0.9		18	12	8
	S	N	16	32	64																																																																																																																																																																				
	0.5		3	3	2																																																																																																																																																																				
0.75		6	4	3																																																																																																																																																																					
0.9		8	5	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	3																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	3																																																																																																																																																																					
0.9		9	6	3																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		3	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		5	4	4																																																																																																																																																																					
0.9		7	5	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		9	5	4																																																																																																																																																																					
0.75		14	10	7																																																																																																																																																																					
0.9		19	13	10																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		6	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		9	6	6																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		5	4	2																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		10	7	6																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		3	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		6	4	3																																																																																																																																																																					
0.9		8	6	5																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		7	5	3																																																																																																																																																																					
0.75		13	9	6																																																																																																																																																																					
0.9		18	12	8																																																																																																																																																																					
L ₁		<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>8</td><td>5</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	2	2	0.75		6	4	3	0.9		8	5	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>10</td><td>7</td><td>5</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	3	0.75		7	5	4	0.9		10	7	5	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>8</td><td>6</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		3	3	2	0.75		5	4	3	0.9		8	6	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>8</td><td>6</td><td>5</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>12</td><td>9</td><td>8</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>17</td><td>12</td><td>10</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		8	6	5	0.75		12	9	8	0.9		17	12	10	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>11</td><td>7</td><td>4</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	2	0.75		7	5	4	0.9		11	7	4	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>6</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>9</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	2	2	0.75		6	4	4	0.9		9	6	5	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>4</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>7</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>12</td><td>8</td><td>6</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		4	3	3	0.75		7	6	4	0.9		12	8	6	<table border="1"><tr><td>S</td><td>N</td><td>16</td><td>32</td><td>64</td></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td>9</td><td>7</td><td>6</td></tr><tr><td>0.75</td><td></td><td>15</td><td>10</td><td>9</td></tr><tr><td>0.9</td><td></td><td>21</td><td>15</td><td>11</td></tr></table>	S	N	16	32	64	0.5		9	7	6	0.75		15	10	9	0.9		21	15	11
	S	N	16	32	64																																																																																																																																																																				
	0.5		4	2	2																																																																																																																																																																				
0.75		6	4	3																																																																																																																																																																					
0.9		8	5	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	3																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		10	7	5																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		3	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		5	4	3																																																																																																																																																																					
0.9		8	6	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		8	6	5																																																																																																																																																																					
0.75		12	9	8																																																																																																																																																																					
0.9		17	12	10																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	2																																																																																																																																																																					
0.75		7	5	4																																																																																																																																																																					
0.9		11	7	4																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	2	2																																																																																																																																																																					
0.75		6	4	4																																																																																																																																																																					
0.9		9	6	5																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		4	3	3																																																																																																																																																																					
0.75		7	6	4																																																																																																																																																																					
0.9		12	8	6																																																																																																																																																																					
S	N	16	32	64																																																																																																																																																																					
0.5		9	7	6																																																																																																																																																																					
0.75		15	10	9																																																																																																																																																																					
0.9		21	15	11																																																																																																																																																																					

Tabelle 4: Ergebnisse des Vertrauensbereichsexperiments
 Pegelbereiche (dB), in denen für die gewählten Parameter Meßwertart L,
 Quantil q, Stichprobenumfang N, Interdezilbereich I die Abweichung zwischen
 wahren Wert und Schätzer mit der Sicherheit S zu erwarten ist.

- b) Die Präzision ist beim 0.9-Quantil, also bei der Bestimmung selten auftretender hoher Meßwerte, deutlich schlechter als beim 0.5-Quantil, das nur eine "mittlere" Aussage liefert.
- Im Mittel über alle Experimente gleichen Quantils betragen die Interdezile $I(q_{0.5}) = 4.3$ dB und $I(q_{0.9}) = 7.3$ dB.
- c) Mit steigendem Stichprobenumfang gewinnt man beim 0.9-Quantil mehr Präzision als beim 0.5-Quantil. Dieser Gewinn beträgt im Mittel über alle Experimente gleichen Quantils, wenn man die Stichprobenumfänge $N = 64$ und $N = 16$ miteinander vergleicht, für das 0.5-Quantil 2.6 dB und für das 0.9-Quantil 4.7 dB.
- d) Mit abnehmender Sicherheit nehmen auch die Werte des zugehörigen Interdezils ab. Dieser Zusammenhang ist unter anderem vom Quantil abhängig. Für das 0.5-Quantil beträgt die Abnahme im Mittel über alle Experimente gleichen Quantils, wenn man die Werte für $I = 0.9$ und $I = 0.5$ miteinander vergleicht, 3.2 dB; für das 0.9-Quantil 5.0 dB.
- e) Für die Beurteilungszeiten Tag und Nacht ergeben sich im Mittel über alle Experimente für die gewählten Quellen gleich große mittlere Interdezilbereiche I (Tag) = 5.7 dB sowie I (Nacht) = 5.9 dB.
- f) Unterschiede zeigen sich in der Breite der Interdezilbereiche bei der Gegenüberstellung der mittleren Interdezile für beide Gebiete. Hier ergab sich I (Fläche 1) = 4.9 dB sowie I (Fläche 2) = 6.8 dB.

Die getroffenen Aussagen können auf andere Flächen natürlich nur dann übertragen werden, wenn diese bezüglich der Pegelverteilungen gleich strukturiert sind. Dies kann a priori nicht angenommen werden. Jedoch können aus diesem Experiment Hinweise auf die Größenordnung und das Verhalten der zu erwartenden Präzision bei ähnlichen Gebieten abgeleitet werden.

5. E r f a h r u n g e n m i t d e m e i n g e s e t z t e n M e ß s y s t e m

5.1. Beschreibung der pegelbestimmenden Quellen

In einem weiteren Teil der Untersuchung wurde versucht, durch einfache Abfragen über Art, Zeitverhalten und Richtung der pegelbestimmenden Quellen während der Messung ein Bild über die Quellenstruktur der Flächen zu erhalten, um so Grundinformationen für eine Ursachenanalyse bereitstellen zu können.

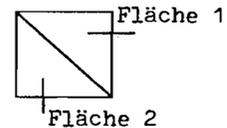
Die Art der Quellen wurde in den vier Klassen Verkehr, großindustrielle Anlagen, Gewerbetriebe, Sonstige erfaßt. Den vier Quellenarten konnten, soweit sie während der Messung als einwirkend festgestellt wurden, Rangplätze zugeteilt werden, wobei der 1. Rang der pegelbestimmenden Quelle zuzuordnen war. Die Platzzuweisung geschah aufgrund des subjektiven Eindrucks des Probennehmers.

In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse für die Tageszeit zusammengestellt.

In der Fläche 1 wurden in 96 % aller Messungen der Verkehr an 1. Stelle genannt. Die 2. Stelle wurde in über 80 % den sonstigen

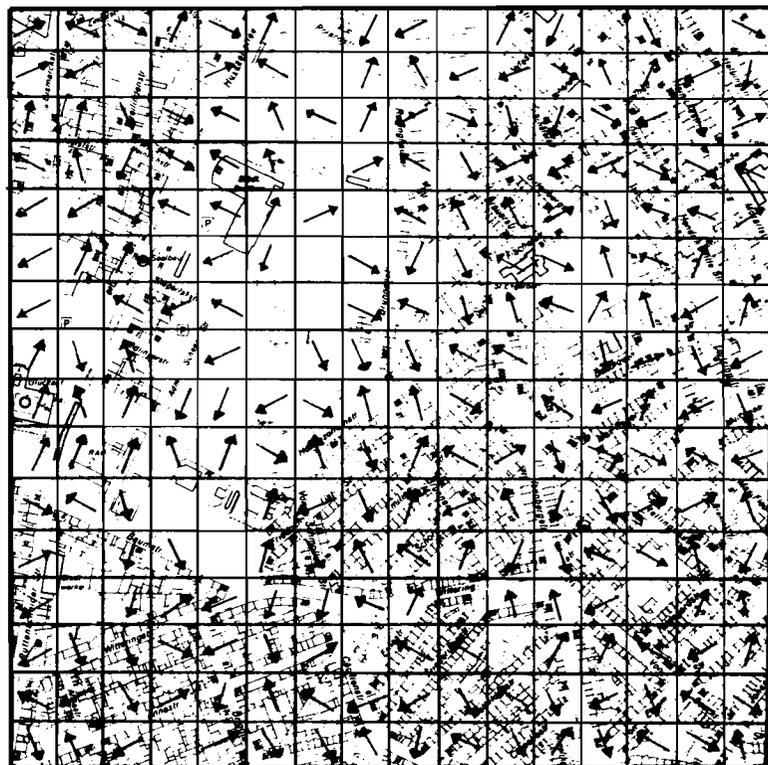
Tabelle 5: Relative Häufigkeit [%] des Rangplatzes je
Quellenart, bezogen auf alle Messungen zur Tageszeit

Quellenart \ Rang	1	2	3	4
Verkehr	96 82	3 15	0 2	0 0
Großindustrie	0 0	0 0	0 0	0 0
Gewerbe	2 4	3 16	1 14	0 0
Sonstiges	2 14	84 55	2 15	0 0

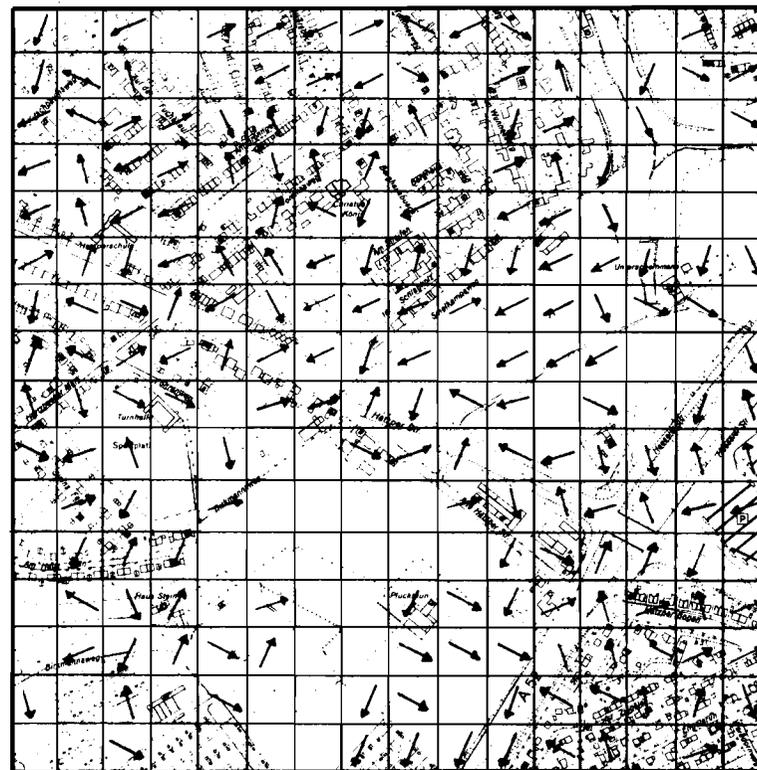


Quellen zugeordnet. Gewerbe wurde nur selten als Quelle angegeben. Auch in der Fläche 2 liegt der Verkehr an 1. Stelle. Gewerbe wird in über 30 % aller Messungen als Quelle erwähnt, jedoch meist auf dem 2. oder 3. Platz. Stellt man fest, wie oft welche Quellen ohne Rücksicht auf ihren Rangplatz, der je aufgrund subjektiver Eindrücke entstanden war, auftreten, so sind beim Verkehr in beiden Flächen mit jeweils 99 % aller Messungen die höchsten Nennungszahlen festzustellen. Verkehrslärm wirkt also fast an allen Meßpunkten ein. Anders verhält es sich mit den gewerblichen Quellen. Während in der Fläche 1 an nur 6 % aller Meßpunkte die Pegel durch gewerbliche Geräusche mitbestimmt wurden, liegt der Prozentsatz in der Fläche 2 bei 34 %.

Als zweites Quellenmerkmal wurde die Richtung erfragt, aus der die pegelbestimmende Quelle festzustellen war. Die angegebenen Quellenrichtungen sind in der Abbildung 18 eingezeichnet. Die Pfeile je Meßfläche stellen dar, aus welcher Richtung der Probennehmer die Hauptquelle bei der Messung in dieser Fläche feststellte.



Fläche 1



Fläche 2

Abb. 18: Richtungsfeld der während der Messungen einwirkenden Hauptquellen

Mit Genehmigung des Vermessungs- und Katasteramtes der Stadt Essen vom 13.5.1980 Kontrollnummer 8/80 vervielfältigt durch die Landesanstalt für Immissionsschutz

Verkleinerung aus der Deutschen Grundkarte 1 : 5000 herausgegeben vom Vermessungs- und Katasteramt Essen
Blätter: 2566/5698 - Essen-Haarzopf und
2570/5700 - Essen-Rüttenscheid

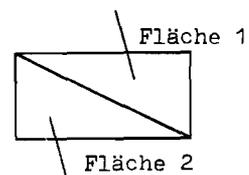
Während in der Fläche 1 keinerlei großflächige Richtungsstruktur zu erkennen ist, läßt sich in der Fläche 2 zumindest in der Nähe der Verkehrswege bei freier Ausbreitungsmöglichkeit ein geordnetes Richtungsfeld feststellen und ein "Einwirkungsbe- reich" abschätzen. Es ist jedoch anzunehmen, daß bei einer star- ken Reduzierung der Anzahl von Messungen/Fläche, wie sie aus Praktikabilitätsgründen anzustreben ist, die Zufälligkeit der dann noch festgestellten Richtungen so groß wird, daß hieraus keine verwendbaren Quellenstrukturhinweise gewonnen werden kön- nen.

Die dritte Fragestellung bezüglich der Quellenart bezog sich auf das Zeitverhalten der Geräuschbelastung am Immissionsort. Auf- grund der subjektiven Einschätzung wurde der zeitliche Geräusch- verlauf während der Messung klassiert nach den Merkmalen "lang- sam" bzw. "schnell-schwankend" und "gering" bzw. "stark-schwan- kend".

Die Ergebnisse für die Taguntersuchungen sind in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Relative Häufigkeit [%] des Auftretens von Zeitverhaltensklassen, bezogen auf alle Messungen zur Tageszeit

Dynamik	Geschwindigkeit	
	langsam	schnell
gering	16	6
	30	16
stark	55	23
	26	28



Man erkennt, daß in der Fläche 2 alle Typen etwa gleich häufig vertreten sind, während im innerstädtischen Gebiet 1 hauptsächlich stark schwankendes Geräuschverhalten, wohl bedingt durch die vielen stark befahrenen Straßen und die in ihrer Nähe gelegenen Meßpunkte festzustellen ist

Zusammenfassend betrachtet ist zu sagen, daß aus den drei Fragestellungen nach den Quellen bei weiteren Untersuchungen allein die Frage nach der Art der Quelle gestellt werden sollte, da zu erwarten ist, daß aus der Antwort auf die beiden anderen Fragen keine ausreichende Information über die Art der Quelle gewonnen werden kann.

5.2. Eignung des Meßsystems

5.2.1. Störungen des Mikrofonsignals

Während der Messungen wurde das Mikrofonsignal über Kopfhörer abgehört. Dabei wurden Geräusche, die am Mikrofon durch Regen oder Wind entstanden, als Meßsignal nicht zugelassen und ihr Auftreten im Protokoll vermerkt. Wie im Abschnitt 3.3. beschrieben, wurde außerdem bei Windgeschwindigkeiten über 4 m/s die Messung automatisch unterbrochen. In 2 % aller Messungen wurden vermutlich durch Wind an Mikrofon und Windschirm verursachte Geräusche festgestellt, obwohl die Windgeschwindigkeit unter 4 m/s lag. Es ist anzunehmen, daß hier Böen einwirkten, deren tatsächliche Windgeschwindigkeit durch das eingesetzte Windmeßgerät aufgrund seiner Trägheit nicht erfaßt werden konnte.

Als 2. Störkomponente wurde das Geräusch des Regens betrachtet, welches beim Aufprall von Regentropfen auf den Windschirm entstand. Hierzu wurde festgestellt, in welchem Anteil von Messun-

gen, bei denen es regnete, Geräusche am Mikrofon beobachtet wurden, die vermutlich durch Regentropfen beim Aufprall auf Windschirm oder Mikrofon entstanden. Bei 54 Messungen, bei denen es regnete, wurden in 10 % aller Messungen solche Geräusche festgestellt. Ob diese vermutlich regenverursachten Geräusche die Meßwerte erhöht haben, wurde bisher nicht untersucht.

Zum dritten wurde festgestellt, ob bei dem häufigen Ortswechsel des Meßkopfes zwischen temperiertem Wageninnerem und teilweise kalter Außenluft Überschläge am Kondensatormikrofon entstanden. Es stellte sich heraus, daß bei der verwendeten Mikrofoneinheit, ausgerüstet mit einem Silikagel-Element sowie einem Regenkonus bei insgesamt mehr als 700 Messungen keine Überschläge festgestellt wurden.

5.2.2. Anteil der Störzeit an der Meßzeit

Durch die gegebenen Randbedingungen, nur unterhalb einer Windgeschwindigkeitsschwelle und nur ungestörte Signale zu erheben, ergab sich bei einigen Messungen eine Verkürzung der geplanten Meßzeit. Dennoch wurden die dabei erhaltenen Meßwerte als für die gesamte Meßzeit geltend angesehen. Wieweit dadurch die Repräsentanz der Meßwerte für die Meßzeit beeinträchtigt wird, muß zumindest dann untersucht werden, wenn größere Meßzeitverkürzungen durch Auftreten von Störzeiten häufig auftreten. Deshalb wurde festgestellt, wieweit durch die Einhaltung der Randbedingungen die geplante Meßzeit verkürzt wurde.

Die Untersuchung dieser Frage durch die Betrachtung der Meßwerte "Accumulated Samples" ergab, daß in höchstens 3 % aller Messungen die Meßzeit um mehr als 30 % und in höchstens 1 % aller Messungen

die Meßzeit um mehr als 50 % verkürzt wurde. Dabei zeigte sich, daß die Reduzierung der Meßzeit im außerstädtischen Gebiet, vermutlich durch die dort höheren Windgeschwindigkeiten verursacht, etwas höher lag als im innerstädtischen Bereich. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist für weitere Erhebungen bis zu einer genauen Klärung des Einflusses der Meßzeitverkürzung zu empfehlen, Messungen, deren Störzeit über 25 % der geplanten Meßzeit liegen, nicht zu akzeptieren. Es ist zu erwarten, daß dies vermutlich nur zu einer geringen Erhöhung des Meßaufwandes führt.

5.2.3. Ausfall von Personal und Gerät

Für ein routinemäßig eingesetztes Meßsystem sind die Ausfallraten von entscheidender Bedeutung, da Ausfälle die zu planende Reservekapazität maßgeblich beeinflussen.

Übertragbare Werte des zu erwartenden Personalausfalls konnten bei diesem Projekt nicht ausreichend gewonnen werden, da die Zahl der eingesetzten Probenehmer und ihre jeweilige Einsatzhäufigkeit einen solchen Schluß wegen mangelnder Repräsentanz nicht zulassen. Es soll lediglich mitgeteilt werden, daß bei insgesamt ca. 550 Messungen an 140 Meßtagen durch Ausfall der Probenehmer in der Fläche 1 50 % aller Messungen (der vorgesehene Probenehmer erkrankte für längere Zeit), in der Fläche 2 10 % aller Messungen von Ersatzleuten wahrgenommen wurden.

Bei den Meßgeräten trat kein Fehler auf, der nicht innerhalb einer Arbeitsschicht behoben werden konnte. Es ist anzumerken, daß je Woche die beteiligten Geräte einer Routinewartung und -prüfung (Zeitaufwand 2 Stunden) unterzogen wurden.

Die Meßgerätefehler traten vorwiegend an folgenden Einrichtungen auf:

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| a) Mikrofonkabel, Stecker | 6 Ausfälle |
| b) Windmeßeinrichtung | 3 Ausfälle |
| c) Schallpegelmesser und Rechner | 3 Ausfälle |
| d) Mithörverstärker und Kopfhörer | 2 Ausfälle, |

bezogen auf 550 Messungen.

5.2.4. Rüstzeiten

Bei jeder Messung wurde die Zeitspanne festgestellt, die zwischen dem Ende einer Messung (Zeitpunkt, an dem die Ergebnisse zur Verfügung standen) und der Meßbereitschaft bei der folgenden Messung verging. Untersucht wurden diese Zeiten für die zweite Hälfte des Meßprojekts, nachdem als eine Einarbeitung erfolgt war. In dieser Rüstzeit waren folgende Arbeiten zu erledigen:

- a) Auslesen der Meßwerte und Übertragen in das Meßprotokoll
- b) Abbau und Aufladen der Meßgeräte
- c) Anfahren des nächsten Meßpunktes
- d) Aufbau der Geräte
- e) Überprüfung der Geräte und Herstellen der Meßbereitschaft.

Die Zeit hierfür betrug im Mittel über 240 Messungen 18 Minuten; bei schwer zugänglichen Meßpunkten (auf Privatgelände, in unwegsamen Gelände) wurden jedoch auch 30 Minuten und mehr benötigt. Dies war allerdings nur in 5 % aller Messungen der Fall.

6. K r i t i s c h e A n m e r k u n g e n z u r s t a t i - s t i s c h e n R e p r ä s e n t a n z

Wie in der Einleitung dargestellt, sollen die Flächen so gekennzeichnet werden, daß die Kennzeichnung für alle im Beurteilungsfeld auftretenden Geräuschbelastungen repräsentativ ist. Die daraus resultierende Forderung, allen möglichen Geräuschbelastungswerten die gleiche Chance zu geben, als Stichprobenelement zu erscheinen, konnte vermutlich bei den vorgestellten Erhebungen nicht eingehalten werden. Hierfür sind folgende Gründe verantwortlich:

- a) Es existierte eine Anzahl von Meßflächen, die aus Gründen der Unzulänglichkeit aus der Stichprobe ausgeschlossen wurden.
- b) Durch die Vorgabe einer Windgeschwindigkeitsschwelle wurden in Situationen, in denen hohe Windgeschwindigkeiten vorlagen, keine Meßwerte erhoben.

Die mögliche Folge des zuerst angesprochenen Ausschließens von unzugänglichen Meßpunkten soll im folgenden beispielhaft dargestellt werden.

Wie aus den in Abbildungen 8 und 9 genannten Stichprobenumfängen zu sehen ist, wurden in der Fläche 2 zur Tages- und zur Nachtzeit nur jeweils 85 % der einzelnen Meßflächen mit einem Meßwert belegt. Aus der Lage der nicht erfaßten Meßflächen (Abbildung 18, rechts) ist zu erkennen, daß es sich hierbei hauptsächlich um solche Flächen handelt, die auf Äckern oder in Waldstücken liegen. Es ist zu vermuten, daß in diesen Flächen vorwiegend niedrige Pegel, gemessen an dem restlichen Kollektiv auftreten. Nimmt man

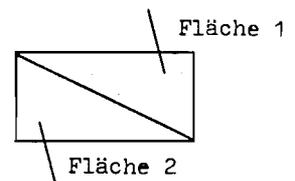
als Extremschätzung einmal an, daß an den Orten, an denen nicht gemessen wurde, der Pegel $L_m = 25 \text{ dB(A)}$ vorhanden war, ändern sich die für die Fläche 2 anzugebenden Kenngrößen wie in Tabelle 7 dargestellt.

Zusätzlich sind in dieser Tabelle auch die entsprechenden Werte für die Fläche 1 eingetragen. Man sieht, daß durch die modellhafte Vervollständigung von fehlenden Stichprobenwerten die Kenngrößen um bis zu 2 dB(A) vermindert werden. Dabei werden zwei Tendenzen deutlich:

- a) Niedrige Quantile werden stärker beeinflusst als hohe Quantile.
- b) Die Beeinflussung steigt mit zunehmender Ausfallquote.

Tabelle 7: Einfluß des Einfügens von niedrigen Werten bei nicht erfolgten Messungen

Meßwertart: L_m/dB	ohne Ergänzung	mit Ergänzung	$\Delta_{o,m}/\text{dB}$
$q_{0.5}$	63 56	62 54	1 2
$q_{0.9}$	72 69	72 68	0 1
N	252 218	256 256	



$\Delta_{O,m}$ Unterschiede der ohne bzw. mit Ergänzung festgestellten Kenngrößen

N Umfang des Stichprobenkollektivs

Diese Untersuchung zeigt den Zwang auf, möglichst alle repräsentativ einmal festgelegten Punkte auch mit Messungen zu füllen, solange nicht sicher ist, daß hierdurch keine systematischen Fehler entstehen. Wie die durchgeführte Untersuchung bei der Meß-

punktfestlegung zeigte, ist diese Gefahr besonders dann vorhanden, wenn die durch die Rasterpunkte festgelegten Meßpunkte auf Gebäuden, Privatgelände und anderen unzugänglichen Flächen liegen und dann auf zugängliche Flächen verschoben werden. Eine Verlegung dieser Meßpunkte auf besser zugängliche Punkte (z.B. in Straßennähe) hat vermutlich meist eine systematische Verschiebung zu höheren Pegeln zur Folge und liefert dann eine nicht mehr für alle Punkte des Gebietes repräsentative Stichprobe. Die Auswirkungen dieser Verschiebungen werden zur Zeit in einem weiteren Projekt untersucht.

Eine Auswahl von gemessenen Geräuschbelastungen wurde auch durch die vorgegebene Windgeschwindigkeitsschwelle durchgeführt. Nimmt man eine Situation an, in der an einem Immissionspunkt der Pegel bei ungehinderter Schallausbreitung nur durch eine einzelne, weit entfernte Quelle, z.B. eine Autobahn, bestimmt wird, dann ist es vorstellbar, daß die Immissionspegel bei niedrigen Windgeschwindigkeiten systematisch über denen bei höheren Windgeschwindigkeiten liegen werden. Durch die Vorgabe einer Schwelle werden dann die Meßwerte gegenüber der Realität zu höheren Werten verschoben.

7. O f f e n e F r a g e s t e l l u n g e n

Zum Schluß dieses Berichtes sollen als Fragenkatalog diejenigen Problemstellungen dargestellt werden, deren Lösung zur weiteren Entwicklung der dargestellten Vorgehensweise notwendig erscheint.

7.1. Meßsystem

Wie im Abschnitt 6 dargestellt, ist es möglich, daß durch das Meßsystem die geforderte Repräsentanz gefährdet ist. Deshalb ist im weiteren zu prüfen, ob

- a) durch den Wegfall von schlecht zugänglichen Meßpunkten
- b) durch Festlegung einer Windgeschwindigkeitsschwelle

eine an der geforderten Genauigkeit zu messende bedeutsame systematische Verschiebung der Kenngrößen erfolgt.

Bei den Messungen wurden von den Probennehmern Windgeräusche am Windschirm ohne Erreichung der Windgeschwindigkeitsschwelle sowie Regengeräusche an Schirm und Mikrofön gemeldet. Deshalb sollte untersucht werden,

- a) ob diese Geräusche für die gewählten Meßwerte pegelbeeinflussend waren,
- b) wie diese Einflüsse ggf. gemindert werden können.

7.2. Meßzeit

Die Verkürzung der Meßzeit von 1 Stunde auf 1/4 Stunde zeigte keine bedeutsame Veränderung des Meßwertkollektivs. Aus Gründen der Meßzeiterparnis ist deshalb zu untersuchen, ob bei einer weiteren Verkürzung, z.B. auf 8 Minuten oder sogar 4 Minuten das Meßwertkollektiv verändert wird.

7.3. Jahresgang der Geräuschbelastung

Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Beurteilungszeiten wurde einleitend das Jahr als Beurteilungszeitraum genannt. Falls die Geräuschbelastung einem Jahresgang unterliegt, muß die Stichprobennahme über das Jahr verteilt durchgeführt werden. Es ist jedoch wünschenswert, eine Jahresbeurteilung aufgrund eines kürzeren Meßzeitraumes, z.B. 1/4 Jahr durchzuführen, um schnell-

ler zu einer Flächenkennzeichnung zu gelangen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn ein Jahresgang nicht existiert oder a priori bekannt ist. Aus diesen Gründen ist die Frage zu untersuchen, ob ein solcher Jahresgang der Geräuschbelastung nachweisbar ist und ob bei einem vorliegenden Jahresgang ein repräsentativer Jahresausschnitt gefunden werden kann.

7.4. Gleitende Auswertung

Für beide Flächen wurden Unterflächen mit ihren Kenngrößen beschrieben. Dabei zeigte es sich, daß hierbei Strukturen der Geräuschbelastung als Hinweise zur Ursachenanalyse deutlich wurden. Bei der Anwendung auf ein größeres zusammenhängendes Gebiet sollte die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens der gleitenden Auswertung von Reihen zur Unterdrückung von Zufallsschwankungen weiterhin untersucht werden.

7.5. Schichtung nach Tag und Nacht

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, daß zwischen Tag- und Nachtkenngrößen kein einfacher Zusammenhang, z.B. in Form einer konstanten Differenz, auftrat. Es ist jedoch denkbar, daß je Kenngröße eine solche mittlere Differenz bei ausreichend kleiner Schwankungsbreite nachzuweisen wäre. Dies hätte zur Folge, daß mit einer angebbaren Genauigkeit aus den Tag-Kenngrößen auf die entsprechenden Nacht-Kenngrößen geschlossen werden könnte. Dies wiederum bedeutet eine erhebliche Ersparnis der nur unter großer Belastung der Probennehmer durchzuführenden Nachtmessungen. Deshalb sollen für eine größere Zahl von Flächen Paare von Tag- und Nacht-Kenngrößen erhoben und auf ihren Zusammenhang geprüft werden.

7.6. Verbesserung des Instrumentariums

Durch die hohe Zahl der zur Zeit noch notwendigen Nachtmessungen tritt eine nicht unerhebliche Belastung der Probenehmer auf. Es soll deshalb untersucht werden, ob durch automatisierte Meßstationen, die während der Tageszeit an die zur Nachtzeit abzufragenden Meßstellen verbracht werden und zur vorgegebenen Zeit dort selbständig eine Messung durchführen, die für die Nachtmessungen notwendige Personalkapazität auf die Tageszeit verlegt werden kann. Dabei sind vor allem die Gesichtspunkte der leichten Transportierbarkeit und der ausreichenden Sicherung gegen Diebstahl und Vandalismus an allen durch die Stichprobenanordnung möglichen Meßpunkten zu berücksichtigen.

8. S c h l u ß b e m e r k u n g

In dem vorliegenden Bericht wurde dargestellt, welches die Ziele und Aufgaben von flächenhaften Geräuschbelastungskennzeichnungen sind. Die mit einem hierzu entwickelten Meßverfahren erzielten Ergebnisse wurden vorgestellt. Offene Fragen, deren Klärung notwendig ist, um das Meßinstrumentarium weiter zu entwickeln, wurden genannt. Unter Berücksichtigung dieser Fragen wird von der LIS zur Zeit das vorgestellte Meßverfahren in modifizierter Form auf eine zusammenhängende Fläche von 36 km² angewandt. Die Ergebnisse werden nach Abschluß des Experiments vorgestellt werden.

Um das Ziel, die Belastung zu beschreiben, zu erreichen, wurden Festlegungen bei Meßwerten und Kenngrößen verlangt, für die jedoch noch keine zwingenden Gründe angegeben werden können. Hier bedarf es der Mitarbeit von Wirkungsforschern, um letztlich dar-

über entscheiden zu können, welche Kennzeichnungsart aufgrund von Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Belastungskennzeichnung und Belästigung des im Beurteilungsfeld befindlichen Kollektivs der Bevölkerung als die am besten geeignete erscheint. Die vorgelegten Ergebnisse können hierzu als ein erster Beitrag aus meßtechnischer Sicht gelten.

Schrifttum

- [1] STRAUCH, H.:
Methodik zur Aufstellung von Lärminderungsplänen
LIS-Berichte
Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW,
Essen 1980 .

- [2] Gesetz zum Schutz von schädlichen Umwelteinwirkungen
durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen
und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz-
BImSchG) vom 15.3.1974.
Bundesgesetzblatt, Teil 1, (1974), Nr. 27, S. 721-743.

- [3] DIN 45641: Mitteilungspegel und Beurteilungspegel zeit-
lich schwankender Schallvorgänge (Februar 1975).

- [4] DIN 45667: Klassierverfahren für das Erfassen regelloser
Vorgänge (Oktober 1979).

- [5] DFG Forschungsbericht Fluglärmwirkungen.
Boldt-Verlag, Boppard 1974 .

- [6] PFANZAGL, J.:
Allgemeine Methodenlehre der Statistik I .
Verlag W.d. Gruyter, Berlin und New-York 1972 .

- [7] FRONZ, W.:
Statistische Kriterien für Kenngrößen langfristig
schwankender Lärmimmissionen.
Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissions- und
Bodennutzungsschutz des Landes NW, Heft 39, S. 17-27,
Verlag W. Girardet, Essen 1976.

- [8] PRINZ, B.:
Anwendung statistischer Methoden der Stichprobenerhebung
bei der Aufstellung von Immissionsmeßplänen.
Staub-Reinhaltung der Luft, 30 (1970), Nr. 5, S.204-210.
- [9] KLEIN, M.:
Untersuchung über den Einfluß der durch Wind am Mikrofon
erzeugten Geräusche auf den Störabstand.
(In Vorbereitung)
- [10] SCHWARZ, H.:
Stichprobenverfahren
Oldenbourg-Verlag, München und Wien 1975 .
- [11] VDI-Richtlinie 2450, Blatt 5
(Entwurf): (Februar 1979).
Messen von Emission, Transmission und Immission luft-
verunreinigender Stoffe, Methoden zur Behandlung einzel-
ner Variablen.
- [12] HERPERTZ, E. et al.:
Untersuchung über die Anwendbarkeit von Methoden
zur Schätzung von Quantilen.
LIS-interner Bericht.

BERICHTE DER

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

- Bericht-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems -
Kurztitel: Fernüberwachung mit LIDAR
1978. 47 Seiten mit 11 Abbildungen, 6 Tabellen und 4 Literaturhinweisen
- Bericht-Nr. 2: BUCK, M.:
Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität.
Kurztitel: Randbedingungen bei der Beurteilung der Luftqualität.
1978. 44 Seiten mit 8 Abbildungen, 10 Tabellen und 20 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 3: SCHEICH, G.:
Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA.
Kurztitel: Luftüberwachung und Ausbreitungsmodelle - Ein USA - Reisebericht -
1979. 47 Seiten mit 17 Abbildungen und 74 Literaturhinweisen
- Bericht-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau.
Kurztitel: Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten.
1979. 133 Seiten mit 53 Abbildungen, 13 Tabellen und 6 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
Kurztitel: Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
1979. 52 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 6: STRAUCH, H.:
Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege.
Kurztitel: Dämmwirkung von Dachentlüftern.
1979. 33 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ und K. ADAMEK:
Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotographie für die Auf-
deckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.
Kurztitel: Falschfarbenfotographie - Ein Mittel zur Erkennung von Pflan-
zenschäden.
1980. 43 Seiten mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und 11 Karten.
- Bericht-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-
Schmiedehämmern
Kurztitel: Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von
Schmiedehämmern
1980. 59 Seiten mit 15 Abbildungen, 5 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 9: STRAUCH, H.:
Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen.
Kurztitel: Konzept für Lärminderungspläne.
1980. 49 Seiten mit 11 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.