

Nr.45

Geräuschemissionen
— in Großstädten
Flächenbezogene Kennzeichnung
dieser Geräuschemissionen

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
D-4300 Essen 1

1984

ISSN 0720-8499

Geräuschemissionen in Großstädten;
Flächenbezogene Kennzeichnung dieser
Geräuschemissionen

Leibert
H. Strauch und R. Hillen *Dieter*

Die Untersuchung zur flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschemissionen in einer Großstadt forderte hinsichtlich der Meßplanung, des einzusetzenden Meßinstrumentariums, der Meßdurchführung und der Auswertung ein über die allgemein angewandte Geräuschmeßtechnik hinausgehendes Vorgehen. So mußten, wegen der nicht zu allen Zeiten und an allen Punkten zu erfassenden Geräusche, statistische Verfahren für die Festlegung der Meßorte und Meßzeitpunkte angewandt werden. Außerdem mußte ein Meßinstrumentarium geschaffen werden, das im Feldeinsatz einfach zu handhaben ist und unter den verschiedensten meteorologischen Bedingungen eine hohe Verfügbarkeit besitzt. Weiterhin mußte wegen der Eigenart dieser Geräuschermittlung eine die übliche Geräuschmessung übertreffende Organisation der Meßdurchführung für einen rationellen Einsatz der Messenden und der Meßgeräte sowie der Verarbeitung der Meßdaten mit automatischen Datenverarbeitungsanlagen vorgenommen werden.

Die vorbereitenden und koordinierenden Tätigkeiten im Rahmen der Meßplanung wurden von Dipl.-Ing. P. NEUTZ ausgeführt, die Bereitstellung des erforderlichen Meßinstrumentariums besorgte Dipl.-Ing. M. KLEIN und die Meßdurchführung wurde von Dipl.-Ing. W. FRONZ organisiert.

Bestand-Nr.: QSGCA

Standort-Nr.: 07.04 Strau

Inhalt

Zusammenfassung

Summary

Verwendete Begriffe

0 Einleitung

1. Anwendungsmöglichkeit flächenbezogener Geräuschkennzeichnungen

2. Aufgabenstellung der Untersuchung

3. Untersuchungskonzept

3.1. Problemdarstellung

3.2. Untersuchungsgebiet

3.3. Kennzeichnungszeit; Bezugsfläche; Beurteilungsfeld

3.4. Meßgröße, Meßwertart, Meßdauer

4. Forderungen an die Messungen

4.1. Forderungen an Stichproben

4.2. Forderungen an Meßpunkte und Meßzeitpunkte

4.3. Durchführung der Messungen

4.3.1. Festlegen der Meßpunkte

4.3.1.1. Meßpunkte für das 1. Meßprogramm

4.3.1.2. Meßpunkte für das 2. Meßprogramm

4.3.2. Festlegen der Meßzeitpunkte

4.3.2.1. Meßzeitpunkte für das 1. Meßprogramm

4.3.2.2. Meßzeitpunkte für das 2. Meßprogramm

4.4. Meßinstrumentarium

5. Ergebnisse

- 5.1. Kenngrößen und ihre Darstellung
- 5.2. Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm}
 - 5.2.1. Differenz der Kenngrößen zwischen der Tages- und Nachtzeit
- 5.3. Abhängigkeit verschiedener Meßwertarten und Kenngrößen untereinander
 - 5.3.1. Abhängigkeit der Meßwertarten
 - 5.3.2. Abhängigkeit der Kenngrößen
- 5.4. Hinweis auf unterschiedliche Schätzverfahren
- 5.5. Verknüpfen der Geräuschmissionen mit der Bevölkerungsdichte

6. Schrifttum

7. Bildanhang

V e r w e n d e t e B e g r i f f e

Beurteilungsfeld:

Zeitlich räumlicher Bereich, der aus der Bezugsfläche und der Kennzeichnungszeit besteht und die zu beschreibende Grundgesamtheit abgrenzt.

Bezugsfläche:

Quadratische Fläche von 1 km² oder Teile eines Quadratkilometers, für die eine Aussage (Kenngröße) gilt.

Flächenbezogene Kennzeichnung der Geräuschemissionen:

Die durch eine Kenngröße gekennzeichnete Höhe der Geräuschemissionen gilt für eine Fläche bestimmter Größe und bestimmter Form.

Flächig gleitende Auswertung:

Die Meßwerte eines Untersuchungsgebietes werden quadratischen Bezugsflächen zugeordnet, die nicht nur aneinander grenzen, sondern sich teilweise überlappen.

Geräuschbelastung:

Geräusch in einem Untersuchungsgebiet, das mit physikalischen Einheiten zu kennzeichnen ist.

Kenngröße:

Aus Meßwerten berechnete Größe zur Beschreibung des durch das Beurteilungsfeld abgegrenzten Kollektivs:

Arithmetischer Mittelwert der Meßwertarten L_{AFm} ; L_{AF95} ; L_{AF1} mit Meßdauern von 15 Minuten;

0,5-Quantil der Meßwertarten;

0,9-Quantil der Meßwertarten.

Kennzeichnungszeit:

Zeitabschnitt, für den die Aussage über die Geräuschbelastung gilt, z.B. ein Jahr; 6 Monate.

Meßdauer:

Dauer einer an einem Meßpunkt durchgeführten Geräuschemessung (15 Minuten).

Meßpunkt:

Punkt im Untersuchungsgebiet, an dem eine Geräuschemessung durchgeführt wurde.

Meßwertart:

Bezeichnung für das Ergebnis unterschiedlicher Meßvorgänge von Geräuschimmissionen

L_{AFm} : energieäquivalenter Dauerschallpegel

L_{AF95} : Schalldruckpegel, der zu 95 % der Meßdauer erreicht oder überschritten wurde

L_{AF1} : Schalldruckpegel, der zu 1 % der Meßdauer erreicht oder überschritten wurde.

Quantil:

Kenngröße, ermittelt aus den Meßwerten eines Beurteilungsfeldes;

das 0,5-Quantil ($q_{0,5}$) entspricht dem Wert der Meßwertverteilung des Beurteilungsfeldes, der die Verteilung so aufteilt, daß 50 % der Meßwerte unterhalb und 50 % der Meßwerte oberhalb dieses Wertes liegen.

Der Wert des 0,9-Quantils ($q_{0,9}$) teilt die Meßwertverteilung so auf, daß 90 % der Meßwerte unterhalb und 10 % der Meßwerte oberhalb dieses Wertes liegen.

Untersuchungsgebiet:

Abgegrenztes Stadtgebiet, in dem die Geräuschemessungen durchgeführt wurden.

GERÄUSCHIMMISSIONEN IN GROSSSTÄDTEN; FLÄCHENBEZOGENE KENNZEICHNUNG DIESER GERÄUSCHIMMISSIONEN

H. STRAUCH und R. HILLEN

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

Geräuschimmissionen werden im vorbeugenden wie auch im korrigierenden Immissionsschutz bisher nur punktuell gekennzeichnet.

Für eine großflächige Änderung der Geräuschsituation in Großstädten, aber auch für eine Gesamtbeurteilung der Umweltsituation in Städten, bei der Geräusche neben anderen schon auf Flächen bezogene Einflußgrößen berücksichtigt werden müssen, ist es zweckmäßig, die Geräuschimmissionen flächenbezogen zu kennzeichnen.

Zur Erprobung einer flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschimmissionen wurden in einem 36 km² großen, unterschiedlich genutzten Gebiet einer westdeutschen Großstadt die Geräusche in dieser Fläche während eines Zeitraums von einem Jahr nach einer zufällig ausgewählten Stichprobe gemessen. Je km² Stadtfläche wurden an 64 Punkten die Meßwerte L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} mit einer Meßdauer von 15 Minuten bestimmt.

Als Kenngrößen der auf eine quadratische Fläche von 1 km² bzw. von 1/4 km² bezogenen Geräuschimmission wurden der arithmetische Mittelwert sowie das 0,5- und das 0,9-Quantil der Meßwerte L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} dieser Fläche gewählt.

Betrachtet man z.B. den arithmetischen Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} in einem Quadratkilometer, so wurden im untersuchten Stadtgebiet Werte zwischen 53 und 67 dB während der Tageszeit und Werte zwischen 45 und 64 dB während der Nachtzeit ermittelt.

Der Vertrauensbereich dieser Kenngröße liegt bei einer gewählten statistischen Sicherheit von 80 % unter 3 dB während der Tageszeit und unter 4 dB während der Nachtzeit.

Zwischen der für die Tageszeit ermittelten Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ und der für die Nachtzeit wurden Differenzen von 1,4 bis 10 dB im Untersuchungsgebiet festgestellt. Wurden bei diesem Vergleich allerdings Bezugsflächen außer acht gelassen, in denen emittierende Anlagen sich befinden, die keinen ausgeprägten

Tag-Nacht-Unterschied aufweisen (3schichtig arbeitende Industrieanlagen, Bundesbahnfernstrecken), so ergaben sich Differenzen von 6 bis 10 dB zwischen Tages- und Nachtzeit.

Die Verknüpfung der flächenbezogenen Geräuschmissionen mit der Bevölkerungsdichte zeigte für das Untersuchungsgebiet, daß eine nur an den Geräuschmissionen ausgerichtete Rangfolge eventuell zu sanierender Bezugsflächen verändert wird, wenn die Zahl der Bewohner in der Bezugsfläche mit berücksichtigt wird.

S u m m a r y

Prophylactic as well as corrective noise abatement measures have been based to date on the noise level occurring at a certain point.

Knowledge of the area noise level is of advantage for changing the noise situation within a larger urban area or for a total evaluation of the environmental conditions in cities for which the noise level is to be taken into consideration in addition to other influences affecting the study area.

For determining the area noise level a method has been investigated in one section of a major West German city with varied land use spanning 36 km². The noises in this section were determined over a period of one year by random selection of the measuring sites. The entire area was divided into squares of the size of 1 km² within which the values of L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} were obtained from measurements at 64 points lasting 15 minutes each.

The arithmetic average value and the 0,5- as well as 0,9-quantiles were determined from the values of L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} measured in squares of 1 km², respectively 1/4 km², and used to characterize the noise of these squares.

Taking the arithmetic mean of the measuring species L_{AFm} of the square of 1 km² the investigated urban area noise levels were measured between 53 and 67 dB during daytime and between 45 and 64 dB during nighttime.

The confidence interval of this noise index at the 80 % significance level may assume up to 3 dB during daytime and up to 4 dB during nighttime.

The differences between the average $\overline{L_{AFm}}$ -values during the day and those during the night amounted to between 1,4 and 10 dB in the investigated area. Omitting those squares with noise emission sources of no marked distinction between day and night noise levels (such as industries working with three shifts, long-distance railroad lines) the differences amounted to 6 to 10 dB between day and night.

Combining the area noise level with the population density on behalf of the investigated area changed the ranking of the reference squares with regard to the urgency of abatement measures in case of taking in account the population density within the reference squares.

0. Einleitung

In Ballungskernen von Großstädten mit Gemengen von Industrieanlagen, Gewerbeanlagen, Verkehrsanlagen und Wohngebäuden können Geräuschimmissionen auftreten, die geeignet sind, die Gesundheit der Bewohner dieser Stadtgebiete zu beeinträchtigen.

Mit verantwortlich für diese hohe Geräuschbelastung ist die parallel zum Wachsen dieser Stadtgebiete aufgetretene Industrialisierung, die einerseits Arbeitskräfte benötigte und andererseits wegen fehlender öffentlicher wie privater Verkehrsmittel - und somit geringer Mobilität der Arbeitnehmer - im Nahbereich von Produktionsstätten Wohnraum bereitstellen mußte, wodurch zwangsläufig Umweltkonflikte zwischen Produktionsstätten und Wohnungen der Bewohner entstanden.

Wegen des in den letzten Jahren zugenommenen Umweltbewußtseins der Bevölkerung und der damit parallel verlaufenden Verschärfung der Umweltschutzgesetzgebung wird von der betroffenen Bevölkerung eine Verbesserung der bestehenden Umweltsituation erwartet. Diese Erwartung wird gestützt durch gesetzliche Vorgaben, wie z.B. durch das Bundesbaugesetz, das die Stadtplanung - zu der auch die Sanierung unzumutbarer Situationen gehört - auffordert, eine menschenwürdige Umwelt in den Städten sicherzustellen [1].

Damit unzumutbare Geräuschsituationen in hochbelasteten Stadtgebieten verbessert werden können, müssen von den zuständigen Stellen

- diese hochbelasteten Gebiete einer Stadt erkannt und abgegrenzt werden,
- diese Gebiete wegen der Finanzierungsmöglichkeit von Verbesserungsmaßnahmen in eine Rangfolge der Sanierungsbedürftigkeit gebracht werden sowie
- mögliche Minderungsmaßnahmen für diese Gebiete vorgesehen und durchgeführt werden.

Charakteristisch für die hier anstehende Aufgabe ist es, daß Aussagen über Stadtteile, Stadtgebiete, also über Teilflächen von Städten zu machen sind, die nur mit einer flächigen Betrachtung der Geräuschsituation, allgemein gesehen sogar nur mit einer flächigen Betrachtung der gesamten Umweltsituation zweckmäßig erscheint.

1. Anwendungsmöglichkeit flächenbezogener Geräuschkennzeichnungen

Im Gegensatz zu der angedeuteten flächigen Betrachtung der Umweltsituation wurden bisher in der vorbeugenden wie auch in der korrigierenden Phase des Geräuschimmissionsschutzes Beurteilungsverfahren benutzt, die die Geräuschimmissionen an einzelnen, "repräsentativen" Punkten im Einwirkungsbereich dieser

Anlagen betrachteten und nicht die Geräuschbelastung bestimmter Flächen in der Umgebung dieser Anlagen. Diese Verfahren, die in Verwaltungsvorschriften, Normen und Richtlinien festgeschrieben sind, ermitteln einen Beurteilungspegel für einen Meßpunkt oder für mehrere Meßpunkte, wobei Randbedingungen, die sich auf die Meßdauer und die Umfeldbedingungen wie Fremdgeräusche, Wetterbedingungen, Tageszeit beziehen, zu beachten sind.

Um die Geräuschbelastung von Stadtteilen - und nicht nur von einzelnen Punkten einer Stadt - zu erfassen, zu kennzeichnen, sie in eine Rangfolge hinsichtlich der Sanierungsbedürftigkeit dieses Stadtteiles zu bringen und die Geräusche zu mindern, sind die bekannten Verfahren mit ihrer nur punktuellen Betrachtung der Geräusche nicht ausreichend geeignet. Hierzu sind zusätzliche Verfahrensschritte zur Immissionsermittlung und -kennzeichnung notwendig, die eine flächige Betrachtung der Immissionen erlauben.

Von verschiedenen Instituten sind ebenfalls in jüngster Zeit Methoden und Verfahren zur Ermittlung und Kennzeichnung der Geräuschsituation in Ballungskernen von Großstädten im Zusammenhang mit der Aufstellung von Lärminderungsplänen vorgeschlagen worden, die alle auch eine flächige Betrachtung der Geräusche in Städten für notwendig ansehen [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Neben dieser hier für Geräuschuntersuchungen in Sanierungsfällen notwendig angesehenen flächigen Betrachtung wird ebenfalls von Raum-, Landes- und Stadtplanern gefordert, alle wesentlichen, die Umwelt wie auch die Volkswirtschaft betreffenden Größen bei raum- bzw. städteplanerischen Maßnahmen flächig zu betrachten und zwar so, daß Vergleiche verschiedener Landes- und Stadtflächen möglich sind [9, 10, 11].

Um Mißverständnisse bei flächiger Betrachtung von Umweltsituationen zu vermeiden, sollte zwischen "flächendeckenden" und "flächenbezogenen" Kennzeichnungen unterschieden werden. Als "flächendeckend" sollten Untersuchungen dann bezeichnet werden, wenn bestimmte Merkmale in einem vorgegebenen, allerdings beliebig großen Gebiet betrachtet werden, z.B. die Straßenarten in einem Regierungsbezirk, ohne das Ziel zu verfolgen, dieses Untersuchungsergebnis mit einem in einem anderen, z.B. wesentlich größeren Gebiet gewonnenen Ergebnis zu vergleichen. Flächendeckende Untersuchungen sind somit alle Untersuchungen, die ein abgegrenztes Gebiet bezüglich eines Untersuchungsmerkmals vollständig abdecken.

Als "flächenbezogene" Untersuchung sollten nur die Untersuchungen bezeichnet werden, bei denen die untersuchten Merkmale für eine bestimmte Flächengröße gelten und die Merkmale zu dieser Bezugsfläche ins Verhältnis gesetzt werden. Derartige Verhältnisgrößen werden üblicherweise als "Dichte" bezeichnet; so wird bekanntlich die Verhältnisgröße Einwohner pro Stadtgebietsfläche (in km²) als Einwohnerdichte bezeichnet. Diese Dichtewerte leisten für eine grobe Kennzeichnung von Stadtstrukturen oder auch als Anhaltswert für Planungen wertvolle Dienste. Sie sind auch für überschlägige Vergleiche geeignet. Von Nachteil ist bei diesen so ermittelten Verhältnisgrößen

jedoch, daß der Wert von der absoluten Größe der Bezugsfläche abhängt, die ja nicht einheitlich ist, sondern in Städten z.B. von historischen Grenzbeziehungen abhängt, die die Größe der Stadtfläche bestimmen. Dieser, die Bezugsflächengröße betreffende Nachteil für einen Vergleich wird wesentlich kleiner, wenn eine einheitliche, nach Form und Größe festgelegte Bezugsfläche gewählt wird, auf die alle zu untersuchenden Merkmale bezogen werden. Für die Wahl einer zweckmäßigen Form und Größe der Bezugsfläche für Geräuschmissionen sollte mit beachtet werden: Welche Bezugsflächen werden schon für andere städtebaulich interessierende Kenngrößen benutzt, mit denen Geräusche evtl. kombiniert werden müssen. Als solche städtebaulichen Kenngrößen kommen insbesondere die in Betracht, die von ebenfalls die Umwelt beeinträchtigenden Komponenten wie z.B. luft- und bodenverunreinigenden Stoffen herrühren, aber auch volkswirtschaftliche und demographische Kenngrößen (Anzahl der Bewohner, Erwerbstätigkeit, bauliche Nutzung u.ä.), die eine Entscheidung über die Sanierung mit beeinflussen.

Da die erwähnten Umweltkomponenten, wie auch volkswirtschaftliche und demographische Größen teilweise schon auf Flächen der Größe 1 km² bezogen werden, wird auch zur Kennzeichnung der Geräuschmissionen als Bezugsfläche vorerst eine quadratische Fläche mit der Kantenlänge 1000 m vorgeschlagen. Die Koordinaten dieser Flächen sind zweckmäßigerweise an das in der Geodäsie benutzte GAUSS-KRÜGER-Netz anzubinden. Mit dieser Wahl der Bezugsfläche ist die Verknüpfbarkeit der Geräusche mit den anderen Einflußgrößen der Stadtplanung gewährleistet.

Für die Landes- und Regionalplanung wird von KIEMSTEDT und Mitarbeitern ebenfalls die Ansicht vertreten, verschiedene Belastungen und Nutzungsansprüche eines Gebietes und die dabei auftretenden Konflikte auf einer quadratischen Fläche von 500 m oder 1000 m Kantenlänge auszutragen. Insbesondere könnten nach Ansicht von KIEMSTEDT bei Anlehnung dieses Rasters an das GAUSS-KRÜGER-Netz die für verschiedene Fachplanungen schon ermittelten und abgespeicherten, auf dieses Raster sich beziehenden Daten nutzbar gemacht werden, was immer dann nötig sein wird, wenn neben den Geräuschmissionen auch andere Komponenten die Entscheidung für eine Änderung der Umweltsituation mit bestimmen [9].

In einem von KÖPPEL und ARNOLD durchgeführten Forschungsvorhaben über ein Landschaftsinformationssystem wird ebenfalls eine quadratische Fläche als Bezug für eine Datenbasis gefordert [10]. Nach den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens sind die bisher schon von vielen Disziplinen erarbeiteten und gespeicherten Daten nur schwer für eine ökologische Betrachtung eines Gebietes nutzbar zu machen, da die Daten im allgemeinen auf naturräumlich gegliederte Gebiete (Gebiete in bestehenden Grenzen) bezogen sind und Kenngrößen hieraus nicht für einen Vergleich zu nutzen sind. Eine quadratische Bezugsfläche für flächige Untersuchungen bietet nach Ansicht von KÖPPEL die meisten Vorteile, da ein Quadrat leicht in kleinere Flächen zu teilen ist oder zu größeren Flächen zusammengesetzt werden kann und in Verbindung mit einem vorhandenen

Koordinatennetz die schnellste und kostengünstigste Methode zur Verarbeitung flächenbezogener Daten ermöglicht.

In der Schweiz wird z.Z. ebenfalls ein Landschafts-Informationssystem aufgebaut, für das auch als Bezugsfläche ein Quadrat gewählt wurde, auf die alle für die Beurteilung von Umweltfragen notwendigen Daten bezogen werden können [11].

Zu betonen ist jedoch, daß die zur Kennzeichnung der Geräusche gewählte Flächengröße natürlich im Zusammenhang mit der zu lösenden Aufgabe gesehen werden muß. Ist z.B. in einem Genehmigungsverfahren für eine industrielle Anlage die Struktur einer Geräuschsituation zur Feststellung der Vorbelastung im Wirkungsbereich dieser Anlage zu untersuchen, so kann es zweckmäßig sein, eine kleinere Bezugsfläche als 1 km² zu wählen, wie sie hier zur großflächigen Sanierung von Stadtgebieten oder Ballungskernen von Städten vorgeschlagen wird. Die Gebietsstruktur in allen Einzelheiten zu kennen, ist für die Auswahl zu sanierender Stadtgebiete im allgemeinen nicht erforderlich; es ist bei der Sanierung nur sicherzustellen, daß mit einer geeigneten Auswahl von Kenngrößen der Geräuschimmissionen in der Fläche, Trennkriterien für eine Unterscheidung der einzelnen Flächen abgeleitet werden können. Die Geräuschpegelverteilung für die Fläche und für einen bestimmten Zeitraum erlaubt, im Gegensatz zu einer punktuellen Ermittlung der Geräusche, eine Aussage über die Fläche. Die Untersuchung von Großstadtballungskernen erfordert daher, die Flächengröße auch danach auszurichten, daß sich eine übersichtliche Zahl von Teilflächen zur Beurteilung der Immissionssituation des gesamten Stadtgebietes ergibt.

2. A u f g a b e n s t e l l u n g d e r U n t e r s u c h u n g

Die zur Sanierung von unzulässig hoch belasteten Stadtteilen als zweckmäßig angesehene flächige Betrachtung der Geräuschbelastung und die damit zusammenhängende flächenbezogene Kennzeichnung der Geräuschimmissionen ist bisher - im Gegensatz zu anderen umweltbelastenden Komponenten wie luftverunreinigende Stoffe und bodenbelastende Stoffe - noch nicht näher untersucht worden.

In einer Voruntersuchung an zwei 1 km² großen Stadtteilflächen unterschiedlicher Struktur, über die HILLEN berichtete, wurden zwar erste Hinweise über mögliche Größen zur Kennzeichnung flächenbezogener Geräuschimmissionen gewonnen, die Untersuchungsflächen waren jedoch nicht repräsentativ für alle die Stadtstrukturen, bei denen evtl. Sanierungen notwendig werden könnten [12].

Es soll daher mit dieser Untersuchung die Anwendbarkeit und Aussagefähigkeit eines Verfahrens zur flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschimmissionen in einem Großstadtgebiet mit unterschiedlicher baulicher Nutzung geprüft werden.

Insbesondere sind folgende Einzelfragen mit dieser Untersuchung zu beantworten:

Welche Größen eignen sich zur Kennzeichnung flächenbezogener Geräuschemissionen?

Wie ist der Wertebereich verschiedener Kenngrößen flächenbezogener Geräuschemissionen in unterschiedlich genutzten Stadtgebieten?

Welche Unterschiede bestehen zwischen den Werten verschiedener Kenngrößen; besteht Abhängigkeit zwischen diesen Kenngrößen?

Wie unterscheiden sich die Kenngrößen für die Tageszeit von denen der Nachtzeit?

Wie ist die angebbare Genauigkeit der Kenngrößen im Verhältnis zum meßtechnischen Aufwand?

Welche Verfahren eignen sich zur zweckmäßigen Darstellung der Ergebnisse?

3. U n t e r s u c h u n g s k o n z e p t

3.1. Problemdarstellung

Die als Grund für eine flächenbezogene Betrachtung der Geräusche erkannte flächige Änderung der Geräuschsituation in stark belasteten Stadtgebieten fordert zuerst die Kenntnis und Abgrenzung dieser Gebiete sowie Maßstäbe, um die Gebiete untereinander vergleichen zu können, die aufgrund von Kenngrößen der Geräuschemissionen evtl. in Verbindung mit bevölkerungsstatistischen und volkswirtschaftlichen Kenngrößen vergeben werden können. So wird z.B. in den bisher bekannt gewordenen Konzepten zur Aufstellung von Lärminderungsplänen diskutiert, als Kriterium zur Vergabe von Prioritäten zur Geräuschminderung die absolute Zahl der "wesentlich gestörten" Bewohner in einer Bezugsfläche zu benutzen, die mit Hilfe der für die Bezugsfläche ermittelten Geräuschkenngröße und einer auf Wirkungsuntersuchungen aufbauenden Funktion des Zusammenhangs zwischen dem Prozentsatz "wesentlich gestörter" Personen und der Geräuschkenngröße ermittelt werden kann.

Die einzelnen Stadtgebiete bzw. Teile dieser Stadtgebiete sollen wegen der Prioritätensetzung, aber auch wegen der Kontrolle durchgeführter Minderungsmaßnahmen untereinander vergleichbar sein. Hierzu ist es notwendig, die Geräusche nach einheitlichen Gesichtspunkten für alle Bezugsflächen zu ermitteln. Außerdem muß die Geräuschermittlung so geplant und durchgeführt werden, daß sie wiederholbar und das Ergebnis aussagefähig für die Geräusche der Bezugsflächen ist. Wie bekannt, sind die Geräuschemissionen in Großstädten nicht an allen Punkten der Stadt, aber auch nicht zu den verschiedenen Zeiten gleich groß. Praktisch nicht durchführbar ist es jedoch, die Geräusche in einer Stadt an allen Punkten und zu allen Zeiten meßtechnisch zu erfassen. Es müssen daher

Methoden angewandt werden, die mit vertretbarem Aufwand dennoch eine Aussage über die Geräusche in Städten erlauben. Als anwendbar bieten sich hier Methoden an, die statistische Verfahren (Stichprobenverfahren) benutzen, mit denen die meßtechnisch nicht erfaßbare Gesamtheit der Geräuschemissionen geschätzt werden kann. Voraussetzung für die Anwendung dieser mit statistischen Verfahren arbeitenden Methoden sind Absprachen über den Zeitabschnitt, für den die Ereignisse gelten sollen - sogenannte Kennzeichnungszeit, wie sie auch in der VDI 3723 bezeichnet wird -, aber auch über den Raum, der sich ergibt aus der gewählten Bezugsfläche von (vorerst) 1 km² und der Höhe über Grund [13]. Ebenso sind vor Beginn der Untersuchung die Meßwerte, gewünschte Kenngrößen sowie statistische Sicherheiten für die zu ermittelnden Kenngrößen festzulegen.

3.2. Untersuchungsgebiet

Die gestellten Aufgaben sollten durch eine Untersuchung in einem Gebiet beantwortet werden, welches eine vielfältige Geräuschbelastung besitzt. Ausgewählt als Untersuchungsgebiet wurde ein 36 km² großes Teilgebiet einer westdeutschen Großstadt, das eine vielfältige, die Geräuschbelastung beeinflussende bauliche Nutzung der Grundstücke aufweist. Die Größe des Untersuchungsgebietes wurde so groß gewählt, daß einerseits die gewünschte Vielfältigkeit von zu untersuchenden Belastungssituationen vorhanden ist, aber auch eine Mindestzahl von einander unabhängiger Bezugsflächen der Größe 1 km² vorlag.

In Abbildung 1 (s. Anhang) ist das ausgewählte Untersuchungsgebiet wiedergegeben.

3.3. Kennzeichnungszeit; Bezugsfläche; Beurteilungsfeld

Die Kennzeichnungszeit (Zeitraum, für den die Ergebnisse gelten), die Bezugsfläche (Fläche, für die die Ergebnisse gelten) sowie das Beurteilungsfeld (Zeitraum + Fläche, für die die Ergebnisse gelten) bilden den Rahmen des Kollektivs, über das mit Kenngrößen Aussagen zur Geräuschbelastung gemacht werden sollen. Eine Definition dieser Größen ist somit unumgänglich für eine vergleichbare, aber auch nachvollziehbare Kennzeichnung der Geräuschemission.

Als Kennzeichnungszeit für die Geräuschemissionen wird der Zeitraum eines Jahres, und zwar innerhalb dieses Jahres die Werktage zwischen Montag 6.00 Uhr und Samstag 6.00 Uhr gewählt. In dieser Kennzeichnungszeit wird die Tageszeit (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) und die Nachtzeit (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr) getrennt betrachtet. Die Wochenendzeiten (Samstag 6.00 Uhr bis Montag 6.00 Uhr) werden wegen abweichender Geräuschemissionen gegenüber den übrigen Wochentagen in diese Untersuchung nicht mit einbezogen.

Als Bezugsfläche wird vorerst die quadratische Fläche (1 km²) in 4 m Höhe über Grund gewählt. Vorgesehen wird jedoch die Möglichkeit, unter Verringerung der Aussagegenauigkeit, Kenngrößen für Bezugsflächen von 0,25 km² Flächeninhalt - also quadratische Flächen mit einer Kantenlänge von 500 m - anzugeben.

Die gewählte Kennzeichnungszeit und Bezugsfläche ergeben zusammen das Beurtei-

lungsfeld, welches zeitlich (1 Jahr) und flächig (1 km², in 4 m Höhe) das Kollektiv bildet, für das die Kenngröße gilt. So würde z.B. die Kenngröße "arithmetischer Mittelwert" der Schallpegel des Beurteilungsfeldes denjenigen Wert nennen, mit dem ein Mensch, der über den Zeitraum eines Jahres dauernd in der Bezugsfläche gleichmäßig sich bewegt, im Mittel beaufschlagt würde.

3.4. Meßgröße, Meßwertart, Meßdauer

Nachdem das Beurteilungsfeld als räumliche und zeitliche Abgrenzung für das zu untersuchende Geräuschkollektiv definiert wurde, ist nun in weiteren Schritten das Element des Kollektivs - im Sinne der Statistik die Zufallsvariable - festzulegen. Dieses Element wird durch die Meßgröße, Meßwertart und Meßwertdauer, in der es ermittelt wird, bestimmt.

a) Als Meßgröße wird der Schalldruckpegel $L_{AF}(t)$ des am Meßpunkt vorhandenen Gesamtgeräusches gewählt (A = Frequenzbewertung nach Kurve "A"; F = Zeitbewertung "Fast").

b) Folgende Meßwertarten werden gewählt und bei jeder Messung erhoben:

L_{AFm} der Meßdauer 15 min als energieäquivalenter Dauerschallpegel, der einer mittleren Schallintensität in der Meßdauer entspricht.

L_{AFx} als Prozentpegel für $x = 1\%$ und 95% zur punktuellen Kennzeichnung der Verteilung des Schallpegelverlaufs in der Meßdauer.

c) Als Meßdauer werden aufgrund von Voruntersuchungen 15 Minuten gewählt [12].

Die Wahl der Meßdauer ist eine Randbedingung, unter der die angegebene Kenngröße gültig ist. Der Meßwert in Verbindung mit der Meßdauer bestimmt die Art des Elementes, dessen Auftreten in dem durch das Beurteilungsfeld abgegrenzten Kollektiv beschrieben werden soll.

d) Zusätzlich zu den Meßwertarten werden bei jeder Messung erhoben:

Ordnungsgrößen wie Meßpunkt, Datum, Uhrzeit, die eine Zuordnung zum Meßplan erlauben, sowie Angaben über die Geräuschquellen der während der Meßdauer einwirkenden Geräusche, Angaben über Störungen des Meßinstrumentariums, aber auch über störende Wettereinflüsse wie Wind und Regen.

4. F o r d e r u n g e n a n d i e M e s s u n g e n

4.1. Forderungen an Stichproben

Da es nicht durchführbar ist, alle im Beurteilungsfeld (1 Jahr, 1 km²) auftretenden Meßwerte zu erfassen, wird eine Stichprobe erhoben und aus dieser Stichprobe unter Beachtung des dabei entstehenden Schätzfehlers auf die "Gesamtheit" aller Meßwerte, die man bei einer zumindest theoretisch vorstellbaren Dauer- und Überall-Messung ermitteln könnte, geschlossen.

An die Stichprobe sind aus zweierlei Sicht folgende Anforderungen zu stellen:

- a) Die Stichprobe soll repräsentativ für das Kollektiv sein; d.h. für alle Meßwerte eines Beurteilungsfeldes muß entsprechend der Häufigkeit mit der sie in Wirklichkeit auftreten, die Möglichkeit bestehen, in der Stichprobe vorhanden zu sein. Würde man z.B. nur die Meßorte an Straßen wählen, so ist einsichtig, daß diese Stichprobe evtl. ruhige Innenhofpunkte nicht ausreichend berücksichtigt. Derartige Fehler in der Stichprobenanordnung durch nicht sorgfältiges Berücksichtigen der Repräsentanzforderung führen zu systematisch abweichenden Ergebnissen.
- b) Das Ergebnis einer Stichprobe soll reproduzierbar sein. Diese Forderung ist sowohl abhängig von den eingesetzten Meßgeräten als auch von den möglichst genau festzulegenden Randbedingungen für die Messung. Darüber hinaus ist die Reproduzierbarkeit im wesentlichen abhängig von der Anzahl der einzelnen unabhängigen Messungen im Beurteilungsfeld, also von der Stichprobenmächtigkeit in Verbindung mit der vorliegenden Varianz der Grundgesamtheit. Während nicht ausreichend festgelegte Randbedingungen oder das Nichtbeachten von Randbedingungen zu systematischen Fehlern führen, und die Fehler der Meßgeräte bei sorgfältiger Kalibrierung und Handhabung erfahrungsgemäß zu vernachlässigen sind, ist somit bei sorgfältiger Beachtung der Randbedingungen und richtiger Handhabung des Meßinstrumentariums letztlich die Mächtigkeit der Stichprobe die Größe, mit deren Hilfe man den Fehler eines durch Stichprobenmessung erzielten Ergebnisses bestimmen kann.

4.2. Forderung an Meßpunkte und Meßzeitpunkte

Wenn keine Einzelheiten über die Struktur, d.h. über die zeitliche und räumliche Verteilung der Geräuschmissionen des durch die Stichprobe zu beschreibenden Kollektivs bekannt sind, man jedoch vermuten kann, daß solche z.B. in Form von Tagesgängen oder örtlichen Trends vorliegen, dann erreicht man im allgemeinen durch eine gleichmäßig über das Kollektiv verteilte Stichprobenanordnung eine repräsentative Stichprobe.

Aufbauend auf den bei der von HILLEN durchgeführten Voruntersuchung gewonnenen Ergebnissen und zur Beantwortung der gestellten Fragen wird als voraussichtlich notwendige Stichprobenmächtigkeit eine Anzahl von 64 Einzelmessungen je Beurteilungsfeld sowohl für die Tageszeit als auch für die Nachtzeit festgelegt. Um die geforderte gleichmäßige Verteilung der 64 Messungen der Stichprobe über die Kennzeichnungszeit 1 Jahr zu erreichen, werden sie auf die 16 diskreten Meßzeitpunkte (jede volle Stunde) zwischen 6.00 und 22.00 Uhr für die Schicht "Tag" bzw. auf die 8 Meßzeitpunkte zwischen 22.00 und 6.00 Uhr für die Schicht "Nacht" verteilt. Weiterhin wurden die 64 Stichprobenmessungen über das Jahr gleichmäßig bezüglich der Wochentage (Montag bis Samstag), Jahreswochen und Monate verteilt. Die gleichmäßige Verteilung der 64 Stichprobenmessungen in der Bezugsfläche wird durch eine Rasterung der Bezugsfläche mit einem Raster von 125 m Maschenweite, das 64 Schnittpunkte der Rasterlinien ergibt, sichergestellt. Die gleichmäßige Verteilung in der Bezugsfläche ist am Beispiel

in der Abbildung 2 (s. Anhang) zu erkennen. Dort ist über einer Bezugsfläche das entsprechende Rasternetz eingetragen; an den Schnittpunkten der Rasterlinien sind die theoretisch vorgegebenen Meßpunkte.

4.3. Durchführen der Messungen

4.3.1. Festlegen der Meßpunkte

Im vorhergehenden Abschnitt ist dargelegt, daß die einzelnen Meßpunkte die Schnittpunkte der Rasterlinien sind. Es ist einsichtig und auch aus der Abb. 2 zu erkennen, daß die durch ein Raster festgelegten Meßpunkte oftmals nicht zu erreichen sind, da sie z.B. auf Gebäuden, auf Straßen, auf Wasserflächen, auf Werksflächen und an anderen schwer zugänglichen Stellen liegen. Es ist also notwendig, oftmals Abweichungen der tatsächlichen Meßpunkte von den durch das Raster vorgegebenen Punkten in Kauf zu nehmen, ohne jedoch hierdurch die Repräsentanz der Meßpunkte für die zugehörige Bezugsfläche zu gefährden.

Aufgrund der festgestellten örtlichen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet wurde für die Abwicklung der Messungen folgendes Vorgehen gewählt:

Unter der Voraussetzung, daß bei der gewählten Kennzeichnungszeit von 1 Jahr sich die Geräuschbelastungssituation im Untersuchungsgebiet von Jahr zu Jahr nicht erheblich ändert, sind in einem ersten Jahreszeitraum Messungen an allen Punkten durchzuführen, an denen dies ohne großen organisatorischen Aufwand, also routinemäßig, möglich ist. Während der Abwicklung dieses ersten Meßprogramms wurden dann die organisatorischen und apparativen Vorbedingungen zur Messung an den Meßpunkten geschaffen, die auf nicht einfache Weise zu erreichen sind. Dieses zweite Meßprogramm wurde in einem zweiten, sich an den ersten anschließenden Jahreszeitraum vorgenommen.

Als Bedingung für die beiden Meßprogramme - das erste aufgrund der routinemäßigen Abwicklung intern als Routineprogramm und das zweite intern als Sonderprogramm bezeichnet - wurde gefordert, daß die Einzelmessungen im ersten wie im zweiten Meßprogramm so angeordnet wurden, daß sich durch Überlagerung der Meßwerte aus beiden Programmen ein Ergebnis erzielen läßt, welches - abgesehen von der zeitlichen Verschiebung um ein Jahr - allen Bedingungen entspricht, die aufgrund der Aufgabenstellung gefordert wurden.

4.3.1.1. Meßpunkte für das 1. Meßprogramm

Für die Festlegung der Meßpunkte erwies es sich als unumgänglich, alle durch das Raster vorgegebenen Punkte - 2304 im gewählten Untersuchungsgebiet - zu besichtigen und an jedem, unter möglichst geringer Beeinflussung der Repräsentanz, den tatsächlichen Meßpunkt festzulegen. Bei dieser Besichtigung wurde auch entschieden, ob der festgelegte Meßpunkt uneingeschränkt die Anforderungen an die Repräsentanz bezüglich des durch das Rasternetz vorgegebenen Rasterpunktes erfüllte oder gegebenenfalls dem zweiten Meßprogramm zugeordnet werden mußte.

Betrachtet man die für das erste Meßprogramm ausgewählten Meßpunkte näher, so sind verschiedene Qualitäten bezüglich der Anforderungen an den Meßpunkt festzustellen:

- a) Meßpunkte, die die Forderung nach Repräsentanz bezüglich der Aufgabenstellung erfüllen:

Der Meßpunkt muß auf unbebauter, zugänglicher Fläche liegen.

Der Meßpunkt muß einen Mindestabstand von 2 m von schallreflektierenden Flächen einhalten.

- b) Meßpunkte, die aufgrund einer gewählten Konvention, "Möglichkeit einer radialen Verschiebung bis 60 m", zustande gekommen sind. Die vorgenommenen Verschiebungen sind vorwiegend Verschiebungen vom Rasterpunkt zu Punkten mit höheren Geräuschmissionen hin. Als typisches Beispiel sei hierfür der Rasterpunkt in einem Innenhof zu erwähnen, für den keine Meßgenehmigung zu erhalten war. Der entsprechende Meßpunkt mußte somit zur betretbaren Straße verlegt werden. Es ist daher davon auszugehen, daß durch Messungen an diesen Meßpunkten eine Beeinflussung der Repräsentanz in Richtung zu höheren Kenngrößen erwartet werden muß.

- c) Meßpunkte, bei denen eine Verschiebung von 60 m um den Rasterpunkt nicht möglich war. Dies trifft vorwiegend für größere zusammenhängende Flächen wie Wasserstraßen, Schienenbereiche, Industrieflächen, Friedhöfe, private Freiflächen (Golfplätze) und Parkanlagen zu.

In Abbildung 2 sind Meßpunkte und Hinweise für das Erreichen dieser Punkte in einer Bezugsfläche dargestellt.

4.3.1.2. Meßpunkte für das 2. Meßprogramm

Das zweite Meßprogramm war notwendig geworden, da ein Teil der Rasterpunkte mit einem begrenzten Aufwand nicht oder nur mit eingeschränkter Repräsentanz für die Messungen erreicht werden konnte. Im zweiten Meßprogramm wurde unter Inkaufnahme eines erheblich höheren Aufwandes als im ersten Meßprogramm ebenfalls darauf geachtet, die Repräsentanzforderungen der Stichprobe möglichst weit zu erfüllen. Die aus dem ersten Meßprogramm verbliebenen Meßpunkte wurden in verschiedene Klassen eingeteilt, um hierdurch das Bemühen um Meßgenehmigungen standardisieren zu können. Folgende Aufteilung der Rasterpunkte wurde vorgenommen:

- a) Meßpunkte, die auf Flächen öffentlicher Einrichtungen (Eigentümer: Stadt, Land, Kirche) liegen. Ausgenommen hiervon wurden wegen der großen zusammenhängenden Flächen die Betriebsflächen der Deutschen Bundesbahn und die Friedhöfe,
- b) Meßpunkte, die auf Flächen großer Industriebereiche liegen,

- c) Meßpunkte, die auf Flächen gewerblicher Einrichtungen, wie z.B. Tankstellen, Werkstätten, Supermärkten, liegen sowie
- d) Meßpunkte, die auf Flächen von Wohnungsbaugesellschaften und privaten Hausbesitzern liegen oder sich auf Freiflächen wie Ufergelände, Wälder, Wiesen, Äcker, Sonderflächen (Kiesgrube, Gewässer, Golfplatz) befinden.

Anhand dieser Klassierung der Meßpunkte wurden die Grundstückseigentümer ermittelt und die Genehmigung zum Betreten des betreffenden Grundstückes eingeholt. Nach der Genehmigung wurde unter Beteiligung der Nutzungsberechtigten (Mieter, Pächter) oder von Betriebsleitern der Firmen die endgültige Lage der Meßpunkte unter Beachtung der Forderung nach möglichst guter Übereinstimmung mit den Rasterpunkten festgelegt.

Die endgültige Lage der Meßpunkte mußte aber auch unter dem Gesichtspunkt der Erreichbarkeit festgelegt werden. Hierzu waren vor allem für die Meßdurchführung genaue Angaben über den Zugang zum Meßpunkt und der jeweiligen Kontaktperson notwendig. Außerdem wurden diejenigen Meßpunkte, an denen mit der üblichen, in einem Meßwagen installierten Meßeinrichtung nicht gemessen werden konnte, besonders gekennzeichnet.

Wie sich im gesamten Untersuchungsgebiet die einzelnen Meßpunktarten verteilen und wie der prozentuale Anteil der einzelnen Meßpunktarten an der Gesamtzahl der Meßpunkte im Untersuchungsgebiet ist, zeigen die Abbildungen 3 und 4 (s. Anhang).

4.3.2. Festlegen der Meßzeitpunkte

4.3.2.1. Meßzeitpunkte für das 1. Meßprogramm

Zur Festlegung der Meßzeitpunkte mußte aufgrund der Forderung an die Stichprobe eine Reihenfolge erarbeitet werden, in der die Meßpunkte zeitlich nacheinander aufzusuchen sind. An die Vergabe der Meßzeitpunkte werden daher folgende Bedingungen gestellt:

- a) Die Entfernung zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Meßpunkten soll mindestens 2 km betragen. Diese Forderung soll gewährleisten, daß die Meßwerte örtlich benachbarter Messungen voneinander unabhängig sind.
- b) In der Bezugsfläche von 1 km² soll innerhalb eines Zeitraums von 24 Stunden höchstens eine Messung stattfinden. Auch diese Forderung zielt auf die Gewährleistung der Unabhängigkeit der Meßwerte in einer Bezugsfläche ab.
- c) Die für jede der 36 Bezugsflächen von 1 km² zur Verfügung stehenden Meßpunkte sollen über den Kennzeichnungszeitraum "1 Jahr" zeitlich, d.h. für jede Stunde, jeden Wochentag, etwa gleich verteilt angeordnet werden.

d) In der Aufgabenstellung wird zusätzlich zur Bezugsflächengröße 1 km² gefordert, auch für Flächen von 0,25 km² Flächeninhalt repräsentative Aussagen zu machen. Daraus folgt, daß auch für jede einzelne der vier möglichen Unterflächen eines Quadratkilometers die Gleichverteilung der Meßzeitpunkte erfüllt sein muß.

Wie der Abbildung 4 (s. Anhang) zu entnehmen ist, standen für das 1. Meßprogramm 1615 Meßpunkte zur Verfügung, an denen einmal während der Tageszeit und einmal während der Nachtzeit gemessen werden sollte. Für die praktische Durchführung der Untersuchung wurden folgende Meßschichten gebildet:

Meßschicht	Meßzeitpunkte in der Zeit zwischen
1	06.00 h - 13.00 h
2	14.00 h - 21.00 h
3	22.00 h - 05.00 h.

Die Einteilung nach Meßschichten stellte einerseits eine hinreichend gute zeitliche Gleichverteilung der Stichproben dar und andererseits eine hinsichtlich der Dienstzeiteinteilung praktikable Abwicklung für die Meßtechniker. Es konnten mit dieser Einteilung innerhalb einer Meßschichtart 40 Messungen je Arbeitswoche durchgeführt werden. Dies bedeutet für die Anzahl abzuarbeitender Meßpunkte, daß die Meßschichten 1 und 2 jeweils über 20 Arbeitswochen und die Meßschichtart 3 über 40 Arbeitswochen eingeplant werden mußten.

4.3.2.2. Meßzeitpunkte für das 2. Meßprogramm

Nach der Meßpunktfestlegung für das 1. Meßprogramm blieben für das 2. Meßprogramm 1108 Meßpunkte übrig. Wie bereits erwähnt, sollte das 2. Meßprogramm auch im Verlauf eines Jahres abgearbeitet werden, um die Meßwerte dieses Meßprogramms mit denen des 1. Meßprogramms zum Gesamtmeßwertkollektiv kombinieren zu können. Damit standen für die Zuordnung der Meßzeitpunkte zu den Meßpunkten die gleichen Randbedingungen wie im 1. Meßprogramm an. Zu diesen durch die Stichprobenmethodik begründeten Randbedingungen kamen jedoch weitere, von außen gesetzte Bedingungen hinzu, die von den Grundstückseigentümern, Nutzungsberechtigten, Firmen usw. als Voraussetzung für die Meßgenehmigungen gestellt wurden.

Die festgestellten häufigsten Randbedingungen waren:

- a) Die Meßgenehmigung wurde zeitlich eingeschränkt gegeben, d.h., zu bestimmten Zeiten (Jahreszeiten, Wochentagen und Tageszeiten) konnten keine Messungen durchgeführt werden.
- b) Eine Anzahl von Meßpunkten befindet sich auf großen, im Untersuchungsgebiet liegenden zusammenhängenden Flächen eines Eigentümers (Firmen, Bundesbahn). Da in diesen Fällen meist auch von den Eigentümern ein gewisser Organi-

sationsaufwand erforderlich war, z.B. Benachrichtung des Werkschutzes, Bereitstellung von Begleitpersonal auf dem Firmengelände, mußten jeweils mehrere Meßpunkte in einer Meßschicht aufeinander folgend im üblichen Stundenraster abgearbeitet werden.

Wegen dieser Randbedingungen kann die geforderte zeitliche und örtliche Repräsentanz der Meßwerte gefährdet sein, da bei einem Teil der Meßpunkte dieses Programms eine zufällige Zuordnung zwischen Meßpunkten und Meßzeitpunkten nicht immer möglich war. Allerdings ist anzunehmen, daß die Geräuschemissionen im Innenbereich von großen Industrieanlagen und großen Bundesbahngeländen von Tag zu Tag innerhalb der Wochentage Montag bis Freitag nicht stark schwanken, so daß für diese Bereiche die Repräsentanz nur gering beeinflußt wird. Es war lediglich zu beachten, daß zu allen Tagesstunden Messungen durchgeführt wurden, da die Immissionen während des einzelnen Tages einen ausgeprägten Tagesgang haben können.

4.4. Meßinstrumentarium

Die Meßwerte L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} wurden mit einer Meßeinrichtung, bestehend aus einem Schallpegelmesser, Typ 4426 der Fa. Bruel und Kjaer, einer gewichtsmäßig reduzierten, wetterfesten Mikrofoneinheit, Typ 4921 der Fa. Bruel und Kjaer und einem batteriebetriebenen Drucker Typ 2312 der Fa. Bruel und Kjaer ermittelt. Um den Störeinfluß hoher Windgeschwindigkeiten auf das Meßergebnis zu reduzieren, wurde durch einen Schwellenschalter, gesteuert von einem in 0,5 m Abstand vom Mikrofon installierten Anemometer - Typ 1442 der Fa. Lambrecht -, die Meßwertnahme bei Windgeschwindigkeiten größer 4 m/s unterbrochen.

Außerdem war Bestandteil der Meßeinrichtung eine manuelle Unterbrechungsmöglichkeit der Messung zur Ausblendung eines Störgeräusches, das vom Probennehmer beim Mithören des Mikrofonsignals als nicht zur Meßgröße gehörend erkannt wurde.

Bei den Erhebungen der Meßwerte im 1. Meßprogramm waren alle Meßgeräte, abgesehen von der wetterfesten Mikrofoneinheit, in einem Meßfahrzeug installiert. Die Mikrofoneinheit war auf einem fahrbaren, in der Höhe verstellbaren Stativ montiert und konnte über eine Kabelverbindung bis zu 60 m entfernt vom Meßfahrzeug an den planmäßigen Meßpunkten eingesetzt werden.

Im 2. Meßprogramm, bei dem die Meßpunkte nicht einfach durch Anfahren mit dem Meßfahrzeug erreicht werden konnten, waren die Meßgeräte in einem wettergeschützten, tragbaren Koffer untergebracht und die Mikrofoneinheit ebenfalls auf einem tragbaren Stativ montiert. Diese Meßeinrichtung war so konzipiert, daß sie von einer Person kurzfristig für die Messung vorbereitet und bedient werden konnte.

5. Ergebnisse

5.1. Kenngrößen und ihre Darstellung

Für jedes Beurteilungsfeld, das aus der Bezugsfläche 1 km² und der Kennzeichnungszeit 1 Jahr besteht, liegen maximal 64 Meßwerte vor. Zur übersichtlichen Kennzeichnung der Geräuschimmissionen jedes Beurteilungsfeldes ist es daher zweckmäßig, eine oder mehrere Kenngrößen (Einwertangaben) aus den 64 Meßwerten zu berechnen. Als Kenngrößen zur flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschimmissionen bieten sich an: arithmetischer Mittelwert, Median, aber auch Quantile der Meßwertverteilung.

Zur Beantwortung der gestellten Fragen werden zur Kennzeichnung der Geräuschimmissionen folgende Kenngrößen als geeignet angesehen und im folgenden benutzt:

- Der arithmetische Mittelwert einer Meßwertart im Beurteilungsfeld, z.B. Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} der Meßdauer 15 Minuten, er gibt die Lage des mittleren Wertes aller Meßwerte in dem Beurteilungsfeld an.
- Das 0,5-Quantil der Summenhäufigkeitskurve einer Meßwertart, z.B. $q_{0,5}$ der Meßwertart L_{AFm} .
Das 0,5-Quantil ist der Wert, für den gilt, daß 50 % der Meßwerte im Beurteilungsfeld größer sind als dieser Wert und 50 % kleiner.
- Das 0,9-Quantil der Summenhäufigkeitskurve einer Meßwertart, z.B. $q_{0,9}$ der Meßwertart L_{AFm} .
Für den Wert des 0,9-Quantils gilt, daß 90 % der Meßwerte im Beurteilungsfeld kleiner als dieser Wert sind und 10 % größer sind.
- Über die festgestellte Schwankungsbreite einer Meßwertart im Beurteilungsfeld geben die Spannweite R sowie auch die Standardabweichung s der Meßwerte Auskunft; beide Kenngrößen werden somit ebenfalls zur Kennzeichnung der Geräuschsituation eines Beurteilungsfeldes herangezogen.

Zur Information über den Vertrauensbereich (VB) der berechneten Kenngrößen wird dieser Bereich für eine statistische Sicherheit von $S = 80 \%$ geschätzt ($VB_{80 \%$).

Zur Darstellung der Kenngrößen - Momente, Spannweite, Standardabweichung, Vertrauensbereich - oder auch von Kenngrößendifferenzen pro Beurteilungsfeld, wird eine einheitliche Form, und zwar eine Graphik, wie sie in Abbildung 5 (s. Anhang) wiedergegeben ist, gewählt.

Das Untersuchungsgebiet von 9 x 4 km² Größe ist in dieser Graphik ein Rechteck mit einer Länge von 9 Einheiten und einer Breite von 4 Einheiten. Der Wertebereich der darzustellenden Größe ist in 6 Klassen aufgeteilt, wobei die unterste und die oberste Klasse offene Randklassen sind. Jede Werteklasse wird in der Graphik durch ein Symbol (quadratische Fläche) gekennzeichnet. Der

unteren offenen Randklasse ist das kleinste, der oberen offenen Randklasse das größte Quadrat zugeordnet. Fehlende Meßwerte in einer Bezugsfläche werden durch einen waagerechten Strich gekennzeichnet.

In der Abb. 5 ist z.B. der Wertebereich des arithmetischen Mittelwertes einer Meßwertart in Klassen der Breite 2,5 dB eingeteilt mit den unterhalb der Graphik aufgelisteten Klassengrenzen: \cong 55 dB; 55-57,5 dB; 57,5-60 dB usw. Die obere Randklasse enthält alle Werte $>65,0$ dB(A).

Das untersuchte Stadtgebiet hat eine Größe von 36 km². In der Ergebnisdarstellung könnten daher nur 36 auf die 1 km² große Bezugsfläche bezogene Werte wiedergegeben werden, wenn nicht, wie hier angewandt, eine sogenannte "flächig gleitende Auswertung" der Meßwerte vorgenommen wird, die eine Darstellung von mehr als 36 Werten in der Untersuchungsfläche der Größe 36 km² erlaubt.

Ohne auf Einzelheiten, die Grenzen dieser Auswertung sowie Fragen zur statistischen Unabhängigkeit der Kenngrößen benachbarter Flächen bei der Anwendung einer "gleitenden Auswertung" betreffen, einzugehen, sei hier nur das Notwendige zur Interpretation der nachfolgenden Ergebnisse erläutert:

In jeder Bezugsfläche (1 km² Flächeninhalt) des untersuchten Stadtgebietes sind 64 Meßpunkte angeordnet worden. Nach der Meßdurchführung liegt theoretisch für jeden Meßpunkt ein Meßwert vor. Es ist nun willkürlich, welche 64 Meßpunkte - sie müssen nur in einer quadratischen Fläche der Größe 1 km² liegen - für eine Kenngrößenbildung ausgewählt werden.

Die Mindestzahl auswählbarer Quadrate der Größe 1 km² in einer Fläche von 36 km² ist 36 (es werden nur aneinandergrenzende und nicht überlappende Flächenquadrate betrachtet); die maximale Anzahl möglicher Quadrate von 1 km² Größe hängt von der sogenannten "Schrittweite" ab, also von dem Abstand, um den die Quadrate versetzt werden. So könnten z.B. bei einer Schrittweite von 125 m 1625 vollständige Quadratflächen von 1 km² Größe mit 64 Meßpunkten gebildet werden; bei einer Schrittweite von 500 m können 119 Quadrate im Untersuchungsgebiet gebildet werden.

In einer Voruntersuchung wurde die Abhängigkeit der Kenngrößen sich überlappender Bezugsflächen - Kenngrößen mit gemeinsamen Meßwertanteil - für verschiedene Schrittweiten ermittelt. Dabei wurde festgestellt, daß bei einer Schrittweite von 500 m der Einfluß des gemeinsamen Stichprobenanteils an der Abhängigkeit der Kenngrößen gegenüber der schon durch die städtebauliche Struktur bestehenden Abhängigkeit der Kenngrößen benachbarter Bezugsflächen zu vernachlässigen ist.

Es wurde daher für die gleitende Auswertung eine Schrittweite von 500 m gewählt.

In Abbildung 6 (siehe Anhang) ist beispielhaft eine gleitende Auswertung gegenüber einer normalen, nicht gleitenden Auswertung skizziert. Das Symbol für den Kenngrößenwert wird in der Graphik im Mittelpunkt der zu kennzeichnenden Bezugsfläche angeordnet.

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, sind die Flächen 1 und 2 nicht gleitend ausgewertet; die Kenngrößen der Fläche 1 und der Fläche 2 sind stichprobenmäßig voneinander unabhängig. Bei der gleitenden Auswertung der Meßwerte eines Gebietes entsteht die Kenngröße der Bezugsfläche aus Meßwerten, die auch schon für die Kenngrößenbildung der benachbarten Bezugsfläche verwendet wurden. So wird z.B. die Kenngröße der Bezugsfläche Nr. 5 aus Meßwerten der Bezugsfläche Nr. 3 aber auch aus Meßwerten der Bezugsfläche Nr. 4 gebildet. Je nach Größe der Schrittweite bei der gleitenden Auswertung, d.h. der Strecke, um die jeweils die Bezugsfläche für die Überlappung verschoben wird, ergeben sich verschieden große Anteile von Meßwerten der beiden Bezugsflächen, mit denen die Kenngröße berechnet wurde. Die Kenngrößen der Bezugsflächen bei gleitender Auswertung sind daher mit den Kenngrößen der benachbarten Bezugsflächen über einen gemeinsamen Anteil korreliert.

Durch die gleitende Auswertung ist im allgemeinen ein Gewinn an Informationen bezüglich der untersuchten Größe zu erreichen. So sind z.B. Gebietsteile innerhalb einer Bezugsfläche mit einer hohen Geräuschbelastung durch Mittelungseffekte bei fest an Koordinaten angebundenen Bezugsflächen evtl. nicht zu erkennen; mit einer gleitenden Auswertung der Meßwerte können diese Belastungen deutlich werden. Ebenso wie für das Erkennen hoher Geräuschbelastungen in Teilen einer Bezugsfläche, können durch die gleitende Auswertung auch Flächenanteile der Bezugsfläche mit geringerer Belastung gegenüber einer nicht gleitenden Auswertung aufgedeckt werden.

5.2. Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm}

Für das untersuchte Stadtgebiet wird zur flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschimmissionen der arithmetische Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} (Kurzzeichen $\overline{L_{AFm}}$) gewählt und nachfolgend diskutiert. Folgende Fragen sollen mit den Ergebnissen beantwortet werden:

Wie groß sind die Werte dieser Kenngröße?

Wie verteilen sich die Werte im Untersuchungsgebiet?

Wie groß ist der Vertrauensbereich der Kenngröße auf dem 80-%-Niveau?

Hierzu ist es erforderlich zu prüfen:

Wie groß ist die Standardabweichung s der Meßwertart L_{AFm} je Bezugsfläche?

Wegen der im Geräuschimmissionsschutz üblichen Schichtung in Tageszeit 6.00-22.00 Uhr und Nachtzeit 22.00-6.00 Uhr werden die Kenngrößen getrennt für den Tag und für die Nacht ermittelt.

In Abbildung 7 (s. Anhang) sind für das Untersuchungsgebiet und für die Schicht "Tag" in übersichtlicher Darstellung die klassierten Werte der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ wiedergegeben. Die unklassierten Werte dieser Kenngröße für die einzelnen Bezugsflächen zeigt die Abbildung 8 (s. Anhang). Insbesondere sind aus dieser Auflistung auch die Werte abzulesen, die in der oberen und unteren offenen

Randklasse liegen. Ebenfalls wie bei der Ergebnisdarstellung der klassierten Größen (Darstellung der Werte mit quadratischen Symbolen), wird für die unklassierte Wertedarstellung die gleiche Abbildungsgröße gewählt.

In Abbildung 9 (s. Anhang) ist die Standardabweichung s der Meßwerte L_{AFm} je Bezugsfläche und der Vertrauensbereich $VB_{80\%}$ des "arithmetischen Mittelwertes" dieser Meßwertart für eine statistische Sicherheit von 80 % aufgeführt.

Die Abbildung 10 (s. Anhang) zeigt für die Nachtzeit den klassierten Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$, Abbildung 11 (s. Anhang) die unklassierten Werte dieser Kenngröße sowie Abbildung 12 (s. Anhang) die Standardabweichung s der Meßwerte und den Vertrauensbereich $VB_{80\%}$ des Mittelwertes.

Betrachtet man die Werte der Kenngröße "arithmetischer Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$ " jeder Bezugsfläche, so sind während der Tageszeit im Untersuchungsgebiet Werte zwischen 52,9 und 66,8 dB festzustellen (vgl. Abb. 8). Die hohen Werte wurden im oberen Teil des Untersuchungsgebietes ermittelt, in dem Industrie, Gewerbe und Verkehr häufiger als in den übrigen untersuchten Stadtgebietsteilen auftreten.

Während der Nachtzeit ist dieses Werte-Gefälle der Kenngrößen im Untersuchungsgebiet ebenfalls festzustellen (deutlich aus den Abb. 10 und 11 zu erkennen), jedoch ist während der Nachtzeit eine noch größere Spannweite der Kenngrößen im Untersuchungsgebiet gegenüber der Tageszeit zu erkennen. Der kleinste Wert der ermittelten Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ beträgt während der Nachtzeit 45,0 dB und der größte 64,1 dB, was einer Spannweite von 19,1 dB während der Nachtzeit entspricht, wogegen während der Tageszeit nur eine Spannweite von 13,9 dB im Untersuchungsgebiet festgestellt wurde. Zu berücksichtigen ist hier, daß diese Kenngrößen mit Meßwerten des 1. und 2. Meßprogramms berechnet wurden, d.h. mit Meßwerten, die z.B. innerhalb der Werksgelände gewonnen wurden. Das hier von der üblichen Betrachtungsweise der Geräuschemissionen - außerhalb von Werksanlagen zu messen - abweichende Vorgehen wurde gewählt, um die Durchführung eines Meßprogramms zur Feststellung flächenbezogener Geräuschemissionen mit möglichst stark streuenden Stadtstrukturen (Wohngebiete, Mischgebiete, Industriegebiete) erproben zu können.

Beachtenswert bei diesen Ergebnissen ist, daß auch im Kernbereich der Stadt (Innenstadt mit Geschäfts-, Büro- und Verwaltungsgebäuden) nachts, wegen des fehlenden Verkehrs, relativ ruhige Bereiche vorhanden sind mit Werten der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ von 50 bis 52 dB.

Der Vertrauensbereich des arithmetischen Mittelwertes für eine statistische Sicherheit von 80 % streut sowohl während der Tageszeit als auch während der Nachtzeit im Untersuchungsgebiet nur wenig (s. Abb. 9 und Abb. 12). Abhängig ist der Vertrauensbereich dieser Kenngröße sowohl von der Stichprobenmächtigkeit wie auch von der Streuung (Standardabweichung s) der Meßwerte in einer Bezugsfläche. Im vorliegenden Fall wird der Vertrauensbereich hauptsächlich von

der Streuung der Meßwerte L_{AFm} geprägt und nur in geringem Maße von der Stichprobenmächtigkeit, die überwiegend in den einzelnen Bezugsflächen > 60 war und nur in einigen schlecht zugänglichen Flächen (Gewässer, Baggersee), zwischen 40 und 45 lag. Die Vertrauensbereiche VB_{80} % des arithmetischen Mittelwertes sind für die Tageszeit bis zu 3 dB groß; für die Nachtzeit wurden in einigen Bezugsflächen Werte bis zu 4 dB ermittelt. Auch die Vertrauensbereiche schwanken, wie die arithmetischen Mittelwerte selbst, in der Nachtzeit stärker als während der Tageszeit, was auf die größere Streuung der Meßwerte L_{AFm} - zu erkennen an der Standardabweichung s der Meßwerte - in den einzelnen Bezugsflächen zurückzuführen ist.

Die Standardabweichung s der Meßwerte L_{AFm} ist ein Maß für die örtliche und zeitliche Schwankungsbreite der Geräusche in einem Beurteilungsfeld (Bezugsfläche 1 km² und Kennzeichnungszeit 1 Jahr). Während der Tageszeit wurden Werte bis zu 8,5 dB und während der Nachtzeit sogar Werte bis zu 11 dB ermittelt (die klassierten Werte sind den Abb. 9 und 12 zu entnehmen).

Geringe Standardabweichungen ergeben sich naturgemäß dort, wo in der Bezugsfläche die Meßwerte L_{AFm} etwa gleich groß sind, z.B. wo die örtlichen Meßwertunterschiede gering sind, und auch die Geräusche zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Jahres nicht wesentlich voneinander abweichen. Große Standardabweichungen wurden vor allem während der Nachtzeit festgestellt, wenn z.B. in Bezugsflächen nur einige wenige stark emittierende Schallquellen vorhanden sind (Schienenverkehrsanlagen, Autobahn), die in ihrem Nahbereich hohe Geräuschimmissionen erzeugen, im übrigen Teil der Bezugsfläche das Geräuschniveau jedoch niedrig und somit ein großer örtlicher Unterschied der Geräuschimmission vorhanden ist.

Einen Überblick über die Größe der gemessenen Meßwerte L_{AFm} - nicht der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ - und ihre Lage im Untersuchungsgebiet erlaubt die Abbildung 13 (s. Anhang) für den Tag und Abbildung 14 (s. Anhang) für die Nacht.

Für verschieden angenommene "Schwellenwerte" sind in diesen Abbildungen die Meßorte im Untersuchungsgebiet dargestellt, deren Meßwert über diesem Schwellenwert liegt. So ist z.B. deutlich die größere Anzahl von L_{AFm} -Werten, die während der Tageszeit z.B. 70 dB überschreiten, gegenüber der Anzahl, die in der Nachtzeit diese Schwelle überschreiten, zu erkennen. Die kleinsten Meßwerte sind allerdings nur in Verbindung mit den tatsächlich vermessenen Punkten im Untersuchungsgebiet zu sehen. So könnte z.B. der Abb. 14 mit der Schwelle $L_{AFm} \cong 45$ dB entnommen werden, daß an den nicht ausgefüllten Stellen Werte kleiner 45 dB(A) vorliegen; diese Annahme ist hier jedoch nicht ohne weiteres zulässig, da in einigen Bezugsflächen wegen der Unzugänglichkeit des Geländes, z.B. Wasserfläche, keine Meßwerte vorliegen und somit, wenn sie hätten gemessen werden können, eventuell höhere Werte als 45 dB(A) ergeben hätten.

5.2.1. Differenz der Kenngrößen zwischen der Tages- und Nachtzeit

Ein wesentliches Untersuchungsziel ist zu prüfen, ob mit den Meßergebnissen, die während der Tageszeit gewonnen werden, auf die Geräusche während der Nachtzeit geschlossen werden kann, und ob hierdurch der gesamte Meßaufwand zu reduzieren ist.

Zur Beantwortung dieser Frage wird die Kenngrößendifferenz, und zwar die Differenz der $\overline{L_{AFm}}$ -Werte einer Bezugsfläche zwischen Tageszeit und Nachtzeit gebildet, um mit dieser Differenz - sollte sie sich für das gesamte Untersuchungsgebiet als gleich groß herausstellen - von den Tageswerten auf die Nachtwerte schließen zu können.

In der Abbildung 15 (s. Anhang) sind graphisch die klassierten Differenzen aufgetragen; in der Abbildung 16 (s. Anhang) sind zusätzlich auch noch die unklassierten Differenzen aufgelistet.

Die Differenz ΔL zwischen der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ der Tageszeit und der Kenngröße für die Nachtzeit schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen 1,4 dB und 10 dB. Aus den Abbildungen 15 und 16 ist z.B. zu erkennen, daß im industriell geprägten Bereich des Untersuchungsgebietes die Differenz zwischen Tag und Nacht geringer ist als in Gebieten, in denen vorwiegend die Geräuschsituation vom Straßenverkehr und durch die Wohnnachbarschaft selbst bestimmt wird. Ebenfalls wie in den Flächen mit wahrscheinlich mehrschichtig arbeitenden Industrieanlagen ist allerdings auch im Einwirkungsbereich von stark befahrenen Schienenverkehrsanlagen, also z.B. von Bundesbahn-Fernverkehrsstrecken, eine geringere Differenz der $\overline{L_{AFm}}$ -Werte zwischen Tag und Nacht gegenüber den übrigen Bezugsflächen des Untersuchungsgebietes festzustellen.

Aufgrund der beobachteten großen Spannen zwischen den ermittelten Differenzen ist anzunehmen, daß für Großstädte mit ähnlich stark unterschiedlicher baulicher Nutzung der Grundstücke innerhalb dieser Stadtgebiete, allgemeingültig kein Schätzen der Geräuschimmissionen während der Nachtzeit aus den Meßwerten der Geräusche während der Tageszeit mit einer vertretbaren Genauigkeit durchführbar ist. Allerdings wird die Spanne der Differenz zwischen Tageszeit und Nachtzeit erheblich geringer, wenn die Bezugsflächen mit besonderen städtebaulichen Eigenarten wie z.B. Industrieanlagen, Bundesbahn-Fernverkehrsstrecken, Autobahnen, Friedhofsanlagen, nicht in die Betrachtung einbezogen werden. Läßt man diese Bezugsflächen außer Betracht, so ergeben sich Differenzen zwischen Tag und Nacht für die Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ von 6 bis 10 dB. Von den untersuchten Bezugsflächen haben 30 %, also die Flächen, die die o.g. städtebaulichen Besonderheiten aufweisen, eine Tag-/Nachtdifferenz der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ von 1-6 dB und 70 % der Bezugsflächen (keine auffallenden Besonderheiten) eine Differenz von 6-10 dB. Größere Differenzen als 10 dB wurden für diese Kenngröße nicht festgestellt.

Inwieweit durch Berücksichtigen weiterer städtebaulicher Einflußgrößen, wie z.B. der baulichen Nutzung der Grundstücke, der Anzahl und Art der Verkehrsanlagen, der Einwohnerzahl, der Größe der Werksflächen, der Zahl der Arbeits-

plätze innerhalb der Bezugsflächen, das Schätzen von Tag- auf Nachtwerte verbessert werden kann, müßte durch Zusatzuntersuchungen geklärt werden.

5.3. Abhängigkeit verschiedener Meßwertarten und Kenngrößen untereinander

5.3.1. Abhängigkeit der Meßwertarten

Als geeignete Meßwertart zur flächenbezogenen Kennzeichnung der Geräuschmissionen wurden der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{AFm} sowie die Prozentpegel L_{AF1} und L_{AF95} für eine Meßdauer von 15 Minuten gewählt, die Aussagen über Spitzenpegel und Hintergrundgeräusch liefern.

Um mögliche Abhängigkeiten zwischen diesen Meßwertarten aufzudecken und somit einen minimalen Aufwand zur Meßwerterhebung der Geräuschmissionen zu sichern, sind nachstehend die im Untersuchungsgebiet während der Tageszeit und während der Nachtzeit ermittelten Meßwerte sowie Differenzen dieser Meßwertarten dargestellt. Neben der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$, also dem arithmetischen Mittelwert des energieäquivalenten Dauerschallpegels, wird aus Vergleichsgründen auch der arithmetische Mittelwert der Meßwertarten L_{AF1} und L_{AF95} je Beurteilungsfeld berechnet und dargestellt ($\overline{L_{AF1}}$; $\overline{L_{AF95}}$). Die Bezugsfläche ist auch für diese Kenngrößen das Quadrat von 1 km Seitenlänge; die flächig gleitende Auswertung der Meßwerte wurde ebenfalls mit einer Schrittweite von 0,5 km vorgenommen.

In den Abbildungen 17 und 18 (s. Anhang) sind die arithmetischen Mittelwerte der Meßwertart $\overline{L_{AFm}}$; $\overline{L_{AF95}}$ und $\overline{L_{AF1}}$ wiedergegeben, und zwar in der gleichen Art (Graphik mit quadratischen Symbolen), wie sie auch in Abschnitt 5.2 für die Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ benutzt wurde. Zusätzlich ist in der Abbildung 19 (s. Anhang) der Zusammenhang zwischen Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ und der Kenngröße $\overline{L_{AF1}}$ für die Beurteilungsfelder der Tageszeit wie auch der Nachtzeit in einem Diagramm wiedergegeben.

Der aus bisherigen Geräuschmissionsmessungen bekannte enge Zusammenhang zwischen der Meßwertart L_{AFm} und L_{AF1} ist auch hier festzustellen. Aus den Abbildungen 17 und 18 ist dies deutlich durch die Ähnlichkeit der Graphiken sowohl für die Tages- aber auch für die Nachtzeit zu erkennen. Weniger eng ist dagegen - wie auch schon bisher beobachtet - der Zusammenhang zwischen der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ und der Kenngröße $\overline{L_{AF95}}$.

Während die Kenngrößen $\overline{L_{AFm}}$ und $\overline{L_{AF1}}$ im unteren Teil des Untersuchungsgebietes - in der Nähe einer Fernverkehrsstrecke der Bundesbahn - größer sind als in der entfernter liegenden Umgebung dieser Verkehrslage, verhält sich die Kenngröße $\overline{L_{AF95}}$ hiervon abweichend. Die Kenngröße $\overline{L_{AF95}}$, die auch das sogenannte Hintergrundgeräusch kennzeichnet, ist auch im Bereich der Bundesbahn-Fernverkehrsstrecke ähnlich dem in der entfernteren Umgebung dieser Strecke. Der $\overline{L_{AF95}}$ -Wert wird von den Einzelereignissen der Zugvorbeifahrten weniger beeinflusst als der $\overline{L_{AFm}}$ - und der $\overline{L_{AF1}}$ -Wert.

Die festgestellten L_{AF95} -Werte waren im oberen Bereich sowie am linken Rand des Untersuchungsgebietes größer als 50 dB (Maximalwert von 61,6 dB); dagegen wurden im unteren, dem "ruhigeren" Teil des Untersuchungsgebietes auch Werte klei-

ner 40 dB (minimaler Wert von 38,2 dB) festgestellt. Das Hintergrundgeräusch, gekennzeichnet durch die $\overline{L_{AF95}}$ -Werte, streut, über das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet, stärker als die $\overline{L_{AFm}}$ - und $\overline{L_{AF1}}$ -Werte, da auch in "ruhigen" Gebieten durch Auftreten einzelner Schallereignisse - Fahren einzelner Fahrzeuge - die $\overline{L_{AFm}}$ - und $\overline{L_{AF1}}$ -Werte hiervon stärker beeinflusst werden als der $\overline{L_{AF95}}$ -Wert.

Der enge Zusammenhang zwischen dem $\overline{L_{AF1}}$ - und dem $\overline{L_{AFm}}$ -Wert ist graphisch in der Abb. 19 wiedergegeben, der sich aus den nachstehend aufgeführten Korrelationskoeffizienten, die nach PEARSON ermittelt wurden, ablesen läßt. Weniger straff ist, wie schon erwähnt, der Zusammenhang zwischen $\overline{L_{AF95}}$ und $\overline{L_{AFm}}$, wobei generell tagsüber höhere Korrelationskoeffizienten vorliegen als zur Nachtzeit.

Korrelationskoeffizienten nach PEARSON

	Tag	Nacht
$\overline{L_{AF95}}/\overline{L_{AFm}}$	0,91	0,82
$\overline{L_{AF1}}/\overline{L_{AFm}}$	0,95	0,94

Die Struktur der Geräuschbelastung innerhalb eines Beurteilungsfeldes - z.B. kontinuierlich verteilte Geräuschbelastung oder kurzzeitig (15 Minuten) stark schwankende Geräuschbelastung im Beurteilungsfeld -, kann evtl. ein zusätzliches Entscheidungskriterium für eine Sanierung sein.

Hinweise über die Struktur der Geräuschbelastung sind mit Hilfe der Differenzen zwischen den Kenngrößen $\overline{L_{AFm}}$, $\overline{L_{AF95}}$ und $\overline{L_{AF1}}$ zu erhalten.

Der Wert des energieäquivalenten Dauerschallpegels L_{AFm} ist bei einem zeitlich nur wenig schwankendem Geräusch etwa gleich groß wie der Wert L_{AF95} und auch wie der Wert L_{AF1} ; die Differenz $L_{AFm} - L_{AF95}$ ist daher gering. Bei einem stark schwankendem Geräusch weicht der L_{AFm} -Wert vom L_{AF95} -Wert ab und liegt näher beim L_{AF1} -Wert als beim L_{AF95} -Wert; die Differenz $L_{AFm} - L_{AF95}$ wird daher größer.

Als weiterer Hinweis für die Struktur der Geräusche ist auch die Differenz zwischen dem L_{AF1} und dem L_{AF95} -Wert zu nutzen, die ebenfalls Aussagen zur Schwankungsbreite der Geräuschmissionen innerhalb des Beurteilungsfeldes zuläßt.

In der Abbildung 20 (s. Anhang) sind beispielhaft für die Tageszeit die ermittelten Differenzen zwischen den Kenngrößen aufgezeigt. So ist z.B. aufgrund der großen Differenz zwischen den Werten L_{AF1} und L_{AF95} zu erkennen, daß in den Beurteilungsfeldern am unteren rechten Rand des Untersuchungsgebietes die Struktur der Geräusche stark schwankend ist. Dagegen ist aufgrund der geringen Differenz am oberen linken Rand die Geräuschmission weniger schwankend. Betrachtet man zusätzlich die Differenz zwischen den Werten L_{AF1} und L_{AFm} , so

sind ebenfalls am unteren rechten Rand des Untersuchungsgebietes größere Differenzen als am oberen linken Rand festzustellen. Hieraus ist abzuleiten, wie vorab schon erwähnt, daß die Geräuschsituation im rechten unteren Bereich des Untersuchungsgebietes im wesentlichen vom Hintergrundgeräusch geprägt wird (geringe Differenz zwischen L_{AFm} und L_{AF95}) und die Geräuschsituation am linken oberen Rand des Untersuchungsgebietes weniger vom Hintergrundgeräusch, sondern von den häufig auftretenden hohen Schallpegeln (Differenz $L_{AF1} - L_{AFm}$ klein und Differenz $L_{AFm} - L_{AF95}$ groß) bestimmt wird.

Zusätzlich zur Beurteilung der Geräuschsituation eines Beurteilungsfeldes kann es daher zweckmäßig sein, die Struktur der Geräuschsituation, gekennzeichnet durch die Differenzen der Kenngrößen, zu ermitteln und zu werten.

5.3.2. Abhängigkeit der Kenngrößen

Als Kenngrößen zur Kennzeichnung flächenbezogener Geräuschmissionen wurden der arithmetische Mittelwert, das 0,5-Quantil und das 0,9-Quantil der Meßwertarten L_{AFm} , L_{AF95} und L_{AF1} gewählt.

Um die Frage zu beantworten, welche Werte diese Kenngrößen haben und ob ein Zusammenhang zwischen diesen Kenngrößen besteht, wurden diese Kenngrößen der Meßwertart L_{AFm} , näher betrachtet.

In den Abbildungen 21-24 (s. Anhang) ist die Verteilung der Kenngrößen im Untersuchungsgebiet sowie die Differenz dieser Kenngrößen zur Aufdeckung evtl. Zusammenhänge aufgetragen (die Darstellungsart ist wie in den übrigen Abbildungen).

Der arithmetische Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$ und das 0,5-Quantil ($q_{0,5}(L_{AFm})$) verteilen sich ähnlich über das Untersuchungsgebiet sowohl während der Tageszeit als auch während der Nachtzeit (siehe auch Abb. 21 und 22). Noch klarer ist die Ähnlichkeit dieser beiden Kenngrößen aus der ermittelten Differenz dieser beiden Kenngrößen, die in Abb. 23 aufgetragen ist, abzulesen. Betrachtet man zusätzlich für diese beiden Kenngrößen im Untersuchungsgebiet die Maxima, Minima, Mittel, Standardabweichungen (als Tabelle unter den Grafiken aufgelistet), so weichen z.B. das Mittel wie auch der minimale Wert und der maximale Wert dieser beiden Kenngrößen während der Tages- und während der Nachtzeit im Untersuchungsgebiet um weniger als 2 dB voneinander ab.

Der arithmetische Mittelwert und das 0,5-Quantil kennzeichnen aufgrund dieser Gegenüberstellung die Geräuschsituation etwa gleich; im Mittel liegt bei der durchgeführten Untersuchung der Wert des 0,5-Quantils etwa 0,5-1 dB unter dem arithmetischen Mittelwert der Meßwertart. Der Mittelwert hat allerdings bei gleicher Stichprobenmächtigkeit einen kleineren Vertrauensbereich als das 0,5-Quantil (mittlerer Vertrauensbereich des $\overline{L_{AFm}}$ -Wertes $VB_{80\%} = 2,2$ dB und des 0,5-Quantils $VB_{80\%} = 3$ dB). Der Mittelwert ist daher geringfügig genauer anzugeben als das 0,5-Quantil.

Zur Frage, ob evtl. statt des Mittelwertes oder des 0,5-Quantils auch das 0,9-Quantil als gleichwertige Kennzeichnung von Geräuschmissionen zu nutzen ist, werden die möglichen Zusammenhänge zwischen dem Mittelwert und dem 0,9-Quantil betrachtet, indem die Verteilung der Kenngrößen im Untersuchungsgebiet gegenübergestellt und die Differenz zwischen den beiden Kenngrößen gebildet wird.

Der arithmetische Mittelwert und das 0,9-Quantil der Meßwertart L_{AFm} unterscheiden sich, wie zu erwarten, in ihren Werten stärker voneinander als Mittelwert und 0,5-Quantil. Dieser Unterschied ist nicht nur der Höhe nach größer, sondern auch noch von der abweichenden Verteilung des $q_{0,9}$ -Wertes gegenüber der Mittelwertverteilung im Untersuchungsgebiet abhängig.

Der Wert der Kenngröße $q_{0,9}$ (L_{AFm}) wird in starkem Maße bestimmt von der Verteilungsform der Meßwerte im Beurteilungsfeld. Haben z.B. zwei Beurteilungsfelder gleiche Mittelwerte oder gleiche 0,5-Quantile, so können sich trotzdem unterschiedliche Werte des 0,9-Quantils ergeben, je nachdem, welche Streuung die Meßwerte im Beurteilungsfeld aufweisen. Aus den in Abb. 23 dargestellten Differenzen der Kenngrößen wird dies nochmals deutlich. Die Unterschiede der Kenngröße $q_{0,5}$ (L_{AFm}) und $\overline{L_{AFm}}$ reichen von -2,7 dB bis 1,1 dB während der Tageszeit sowie von minus 3,9 dB bis 0,85 dB während der Nachtzeit; die entsprechenden Unterschiede zwischen der Kenngröße $q_{0,9}$ (L_{AFm}) und $\overline{L_{AFm}}$ betragen während der Tageszeit 6,3 bis 13,1 dB und während der Nachtzeit 5,3 bis 15,7 dB.

Wegen dieser nicht konstanten, sondern mit großen Schwankungsbreiten behafteten Differenz zwischen $q_{0,9}$ (L_{AFm}) und $\overline{L_{AFm}}$, ist mit Kenntnis des Mittelwertes oder mit Kenntnis des 0,5-Quantils nicht zuverlässig das 0,9-Quantil, das zur Kennzeichnung des Auftretens großer Meßwerte benutzt werden kann, abzuschätzen. Unterstrichen wird der unterschiedliche Zusammenhang der Kenngrößen untereinander durch die nachfolgend aufgelisteten Korrelationskoeffizienten.

Korrelationskoeffizienten nach PEARSON

	Tag	Nacht
$q_{0,5}$ (L_{AFm}) / $\overline{L_{AFm}}$	0,97	0,98
$q_{0,9}$ (L_{AFm}) / $\overline{L_{AFm}}$	0,87	0,91

Die bisher für die Meßwertart L_{AFm} näher untersuchten Zusammenhänge zwischen den Kenngrößen Mittelwert und 0,5-Quantil sowie Mittelwert und 0,9-Quantil sind als zusammengefaßtes Ergebnis ebenfalls für die Meßwertarten L_{AF1} und L_{AF95} in den Abbildungen 24 und 25 (s. Anhang) aufgezeigt, und zwar für die Tageszeit wie auch für die Nachtzeit.

Die in den Diagrammen aufgetragenen Balken kennzeichnen das Mittel der Kenngröße über das gesamte Untersuchungsgebiet sowie den Bereich zwischen Mittel + Standardabweichung und Mittel minus Standardabweichung und den festgestellten

Maximal- und Minimalwerten der Kenngröße im Untersuchungsgebiet. In der Abb. 24 sind die Kenngrößen und in der Abb. 25 die Vertrauensbereiche dieser Kenngrößen aufgetragen. Der Abb. 24 ist beispielsweise zu entnehmen, daß der minimale Wert der Kenngröße "Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AF95} ($\overline{L_{AF95}}$) in der Nachtzeit zu 38 dB(A) ermittelt wurde. Das bedeutet, in einem Beurteilungsfeld des Untersuchungsgebiets betrug der mittlere Hintergrundgeräuschpegel 38 dB(A) (an einzelnen Punkten dieses Beurteilungsfeldes traten noch niedrigere, an anderen Punkten des Beurteilungsfeldes aber auch höhere L_{AF95} -Werte auf). In einem anderen Beurteilungsfeld wurde dagegen aber auch ein mittlerer Hintergrundgeräuschpegel von 62 dB(A) festgestellt (Maximum dieser Kenngröße).

Der höchste festgestellte Wert einer Kenngröße in einem Beurteilungsfeld ist der Wert des 0,9-Quantils der Meßwertart L_{AF1} , der zu 85 dB(A) ermittelt wurde.

Instruktiv für die Qualitätsaussage zu den Kenngrößen ist das in Abb. 25 wiedergegebene Diagramm über die Vertrauensbereiche $VB_{80\%}$ der Kenngrößen. Mit Abstand die beste Qualität hat unter den durchgeführten Versuchsbedingungen die Kenngröße "Arithmetischer Mittelwert", egal ob die Meßwertart L_{AF1} , L_{AFm} oder L_{AF95} betrachtet wird.

Die geringste Qualität ist bei Benutzen der Kenngröße "0,9-Quantil" vorhanden. Die Kenngröße "0,5-Quantil" ist bezüglich der Aussagequalität schlechter als der Mittelwert, aber doch wesentlich besser als das 0,9-Quantil.

5.4. Hinweis auf unterschiedliche Schätzverfahren

Die Vorteile einer flächenbezogenen Kennzeichnung von Geräuschemissionen für besondere städtebauliche Aufgaben wurden im Abschnitt 1 erläutert und anhand der Ziele - u.a. Verknüpfbarkeit der Geräuschkenngrößen mit Kenngrößen anderer Umweltkomponenten sowie mit soziodemographischen Kenngrößen, Aufstellen einer Rangfolge - als Bezugsfläche vorläufig ein Quadrat von 1 km Seitenlänge vorgeschlagen.

Zur Klärung der Frage, wie ändern sich die Geräuschkenngrößen und Vertrauensbereiche dieser Kenngrößen, wenn die Bezugsfläche nicht ein Quadrat von 1 km² Flächengröße ist, sondern von 0,25 km², wurde die Untersuchung so angelegt, daß als Bezugsfläche auch ein Flächenquadrat von 500 m Seitenlänge gewählt werden konnte, um die Auswirkungen dieser Bezugsflächengröße auf die Geräuschkennzeichnung feststellen zu können.

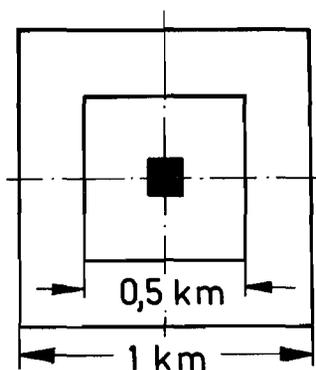
Insbesondere interessieren bei der Reduzierung der Bezugsflächengröße folgende Fragen:

- Wie ändern sich die Kenngrößen, z.B. der arithmetische Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} , die Standardabweichung s und der Vertrauensbereich dieser Kenngröße?

- Kann durch die Verkleinerung der Bezugsfläche eine bessere Kennzeichnung der Geräusche bezüglich einer notwendigen Ursachenanalyse erreicht werden?

Voraussetzung für den Vergleich der beiden unterschiedlichen Bezugsflächen-größen ist eine in der kleineren Fläche ebenfalls zufällig, gleichverteilt gezogene Stichprobe. Diese Voraussetzung, neben der zufälligen Verteilung der 64 Messungen pro 1 km² auch ein Viertel der Messungen, also 16 Messungen pro 1/4 km² zufällig zu verteilen, konnte, abgesehen von einigen unzugänglichen Gebietsteilen wie Flußläufe, Baggerseen u.ä., im überwiegenden Teil des Untersuchungsgebiets während der Tageszeit und während der Nachtzeit erfüllt werden.

Zur Beantwortung der Frage, wie sich die Kenngröße "arithmetischer Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$ ", die auf die Fläche 1 km² bezogen ist, gegenüber der Kenngröße "arithmetischer Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$ ", bezogen auf die Fläche 0,25 km² verhält, werden die Kenngrößen selbst gegenübergestellt und die Differenz zwischen diesen beiden Kenngrößen gebildet, und zwar für Bezugsflächen, die einen gemeinsamen Flächenmittelpunkt besitzen (s. nachstehende Skizze).



Der Vergleich der beiden Kenngrößen, insbesondere hinsichtlich der Vertrauensbereiche, ist natürlich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Stichprobenmächtigkeit vorzunehmen. In der Bezugsfläche der Größe 1 km² liegt eine Meßwertanzahl von maximal 64 vor; in der kleineren Bezugsfläche jedoch nur von maximal 16 Meßwerten.

In den Abbildungen 26 und 27 (s. Anhang) sind die beiden Kenngrößen gegenübergestellt, Abbildung 28 (s. Anhang) zeigt die Kenngrößendifferenz. Zur Interpretation der dargestellten Kenngrößen und Differenzen sind folgende Anmerkungen zu machen:

Die Kenngröße mit der Bezugsfläche 1 km² wurde mit Hilfe der flächig gleitenden Auswertung der Meßwerte ermittelt (s. Hinweise im Abschnitt 5.1). Zur Bestimmung der Kenngröße mit einer Bezugsfläche von 0,25 km² ist die flächig gleitende Auswertung mit einer Schrittweite von 500 m nicht mehr möglich; durch die kleinere Flächengröße treten somit keine Überschneidungen der Bezugsflächen mehr auf - die Bezugsflächen grenzen nur noch aneinander.

Eine flächig gleitende Auswertung der Meßwerte für Bezugsflächen mit 1 km² Größe und einer Schrittweite von 0,5 km erlaubt die Auswertung und somit Darstellung von 119 Flächen im Untersuchungsgebiet. Für den Vergleich mit Kenngrößen der Bezugsfläche 0,25 km² wurde die Lage dieser Flächen so gewählt, daß sich der gleiche Mittelpunkt wie der der Fläche der Größe 1 km² ergibt; daß ebenfalls 119 Flächen der Größe 0,25 km² vorliegen.

Der Vergleich der beiden Kenngrößen während der Tageszeit, aber auch während der Nachtzeit (Abbildungen 26 und 27), zeigt vor allem in den Teilen des Untersuchungsgebietes, in denen örtlich begrenzt stark emittierende Schallquellen vorhanden sind (Bundesbahnstrecken, Autobahnen, industrielle Anlagen) erhebliche Unterschiede zwischen der auf 1 km² bezogenen Kenngröße und der auf 0,25 km² bezogenen Kenngröße. Dieser Unterschied ist einsichtig, da mit zunehmender Größe einer Bezugsfläche der Einfluß des Mittelungseffektes zunimmt und somit das Erkennen von Einzelheiten in der Fläche abnimmt. Dieses bessere Erkennen von Einzelheiten durch die Kenngröße der kleineren Bezugsfläche zeigt sich z.B. dadurch, daß während der Tageszeit nur drei Kenngrößen mit der 1 km² großen Bezugsfläche der kleinsten Belastungsklasse angehören, dagegen aber acht Kenngrößen der Bezugsfläche 0,25 km². Ebenso tritt eine starke Differenzierung der Flächen bezüglich der höchsten Belastung auf - insbesondere in Abb. 27 für den Bereich der Bundesbahnfernverkehrsstrecke im rechten unteren Teil des Untersuchungsgebietes zu erkennen.

Die gewählte Größe der Bezugsfläche für eine Kenngröße spielt immer dann eine untergeordnete Rolle, wenn in Gebieten keine wesentlichen Schwankungen der Geräuschimmissionen vorliegen; liegen allerdings örtlich unterschiedlich starke Geräusche in dem Gebiet vor, so ist durch kleinere Bezugsflächen - im Extremfall durch punktuell Betrachteten der Immissionen - immer ein besseres Erkennen von Einzelheiten möglich.

Die Wahl der Bezugsflächengröße kann somit immer nur an der Aufgabenstellung ausgerichtet werden. Als Kompromiß bezüglich der hier anstehenden Aufgabe - Erkennen von Geräuschschwerpunkten zur Minderung dieser Emittenten, somit Wahl kleiner Bezugsflächen, aber auch Verknüpfbarkeit und Kombinierbarkeit mit anderen umwelt- und städtebaulichen Daten, die auf 1 km² Flächen bezogen sind -, wäre es sinnvoll, die Bezugsflächengröße 0,25 km² zu wählen, die Meßplanung- und Durchführung aber so anzulegen, daß eine Aggregation von 4 kleinen Bezugsflächen zu einer 1 km² großen Bezugsfläche möglich wird.

Das erwähnte starke Geräuschimmissionsgefälle in einigen Teilen des Untersuchungsgebietes - bedingt durch Bundesbahn, Bundesautobahn, Industrie - wird ebenfalls durch die in Abbildung 28 aufgetragene Differenz zwischen der Kenngröße mit der Bezugsfläche 1 km² und der Kenngröße mit der Bezugsfläche 0,25 km² deutlich.

Der Vergleich der Bezugsflächengröße zeigt, daß Einzelheiten der Geräuschimmission im Untersuchungsgebiet besser erkannt werden können mit Kenngrößen der

Bezugsflächengröße 0,25 km² als mit Kenngrößen der Bezugsflächengröße 1 km². Bei dieser Verkleinerung der Bezugsfläche und bei gleichem Aufwand - somit auch Verkleinerung der Stichprobenmächtigkeit - muß allerdings gefragt werden, wie ändert sich der Vertrauensbereich der Kenngröße der verkleinerten Bezugsfläche, die ja nur aufgrund einer Stichprobenmächtigkeit von N = 16 ermittelt wurde.

Da der Vertrauensbereich der Kenngröße von der Mächtigkeit der Stichprobe und von der Streuung der Meßwerte abhängt, ist vorab eine Vergrößerung des Vertrauensbereichs durch die geringere Mächtigkeit zu erwarten, wenn nicht durch eine kleinere Streuung der Meßwerte in der kleineren Bezugsfläche diese Vertrauensbereichsvergrößerung wieder rückgängig gemacht wird.

Wie sich der Wert des Vertrauensbereichs $VB_{80\%}$ der Kenngröße beim Übergang von der Bezugsfläche 1 km² auf 0,25 km² ändert, kann durch die Differenz der Vertrauensbereichswerte der verschiedenen Kenngrößen gezeigt werden. Für die Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ sind in der Grafik der Abbildung 29 (s. Anhang) die klassierten Differenzen der Vertrauensbereiche $VB_{80\%}$ der Flächen im Untersuchungsgebiet, und zwar für den Tag und für die Nacht dargestellt.

Würden im Untersuchungsgebiet nur geringe örtliche Schwankungen und damit geringe Streuungen der Meßwerte der Geräuschemissionen vorliegen, so müßte durch eine Verringerung der Stichprobenmächtigkeit um den Faktor 4 (64 gegenüber 16) ein um den Faktor 2 - der Wert des Vertrauensbereichs ist proportional $\sqrt{\frac{1}{N}}$ - vergrößerter Vertrauensbereich der Kenngröße etwa im gesamten Untersuchungsgebiet auftreten.

Der Abb. 29 ist jedoch zu entnehmen, daß nicht nur Differenzen von 2 dB, sondern auch Differenzen größer 5 dB auftreten, die eben auf unterschiedlich große Streuungen der Meßwerte und somit auf räumlich inhomogene Geräuschemissionen im Untersuchungsgebiet schließen lassen.

Betrachtet man allerdings für das gesamte Untersuchungsgebiet die mittlere Differenz der Vertrauensbereiche zwischen den Kenngrößen der Bezugsfläche 1 km² und der Bezugsfläche 0,25 km², so ergibt sich etwa eine Differenz, die mit der erwarteten Verringerung der Stichprobenmächtigkeit um den Faktor 2 übereinstimmt. Die erhoffte Kompensierung der infolge der Stichprobenmächtigkeitsverkleinerung aufgetretenen Vertrauensbereichsvergrößerung durch eine geringe Streuung der Meßwerte in den kleineren Bezugsflächen gegenüber den großen Bezugsflächen konnte nicht festgestellt werden.

Die Standardabweichung der Meßwerte als Maß für die Streuung ändert sich in den Bezugsflächen von 0,25 km² nur gering gegenüber den Bezugsflächen von 1 km². Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurde während der Tageszeit eine mittlere Standardabweichung der Meßwerte L_{AFm} bei einer Bezugsflächengröße von 1 km² von 6,5 dB und bei einer Bezugsflächengröße von 0,25 km² von 6 dB festgestellt.

Der im gesamten Untersuchungsgebiet festgestellte mittlere Vertrauensbereich für die Kenngröße "arithmetischer Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$ " ermittelt aus 64 Meßpunkten pro 1 km² von VB 80 ‰ = 2 dB erhöht sich somit um etwa 2 dB auf etwa VB_{80 ‰} = 4 dB für die Kenngröße, wenn sie nur mit 16 Meßwerten in der Bezugsfläche von 0,25 km² ermittelt werden.

Aus diesem Ergebnis ist auch abzuleiten, daß eine Verringerung der Stichprobenmächtigkeit von 64 auf z.B. 16 in der Bezugsfläche von 1 km² den Vertrauensbereich VB_{80 ‰} der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ um mindestens 2 dB vergrößern wird.

5.5. Verknüpfen der Geräuschemissionen mit der Bevölkerungsdichte

Ein wesentlicher Grund, die Geräuschemissionen flächenbezogen zu ermitteln, ist die Forderung, die Geräuschemissionen mit anderen städtebaulichen wie auch sozio-demographischen Daten, z.B. mit der Bevölkerungsdichte, verknüpfen zu können. Für die Aufgabe, eine Rangfolge über die Sanierungsbedürftigkeit von Stadtgebieten aufzustellen, wäre es unbefriedigend, wenn nur die Geräuschemissionen und nicht auch die Anzahl der Bewohner, die durch die Geräuschemissionen in den einzelnen Stadtteilen belastet sind, berücksichtigt werden. Wird z.B. die Anzahl der Bewohner eines Stadtteils als Kriterium zur Sanierung nicht berücksichtigt, so müßte die Fläche mit der höchsten Geräuschbelastung mit Rang 1 versehen werden, auch dann, wenn in dieser Fläche keine oder nur geringe Wohnbebauung vorhanden ist und Maßnahmen in dieser Fläche unwesentlich die Geräuschsituation der übrigen Stadtteile verbessern würden.

Es wird daher zweckmäßig sein, die Bevölkerungsdichte ebenfalls als Kriterium für die Sanierungsbedürftigkeit von Stadtteilen heranzuziehen.

Eine Möglichkeit, die Bevölkerungsdichte als Kriterium heranzuziehen, besteht z.B. darin, veröffentlichte soziopsychologische Untersuchungsergebnisse über den Zusammenhang zwischen Belästigung oder erlebter Störung und Geräuschmeßwerten zu benutzen. So kann mit Hilfe der festgestellten Prozentsätze "wesentlich oder stark gestörter Personen" in Abhängigkeit von Geräuschwerten und der Bevölkerungsdichte die absolute Zahl der "wesentlich gestörten Personen" innerhalb einer Bezugsfläche ermittelt werden.

Eine im Auftrag des Umweltbundesamtes über die Belästigung der Bewohner in Städten durchgeführte Untersuchung hat z.B. einen Zusammenhang zwischen Prozentsatz "wesentlich gestörter" Personen und Geräuschwerten ermittelt, der zur Berücksichtigung der Bevölkerungsdichte genutzt werden könnte [14].

In Abbildung 30 (s. Anhang) sind aus dieser Untersuchung die bekannten Zusammenhänge zwischen Störung und Geräuschwerten für die Tageszeit und für die Nachtzeit dargestellt.

Das Verknüpfen von Geräuschemissionen und Bevölkerungsdichte könnte wie folgt vorgenommen werden:

Als kennzeichnende Größe der Geräuschemissionen eines Beurteilungsfeldes (Bezugsfläche 1 km², Kennzeichnungszeit 1 Jahr) wird z.B. der arithmetische Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} benutzt. Mit dieser Kenngröße und der hier genannten "Belästigungsfunktion" kann der Prozentsatz "wesentlich gestörter Personen" abgelesen und mit der Bevölkerungsdichte in der Bezugsfläche multipliziert werden. Als Ergebnis liegt die absolute Zahl "wesentlich gestörter" Personen in der Bezugsfläche vor, die dann Kriterium für die Rangfolge der Sanierungsbedürftigkeit der Fläche sein kann.

Dieses Kriterium würde dem Immissionsschutzgedanken in starkem Maße entsprechen, da die Fläche mit einer hohen Geräuschbelastung und einer großen Anzahl von Bewohnern eine höhere Priorität zur Sanierung hätte als eine Fläche mit einer gleich hohen Geräuschbelastung, aber einer geringeren Anzahl von Bewohnern.

Beispielhaft ist in Abbildung 31 (s. Anhang) für die Tageszeit einmal nur die Geräuschemission - gekennzeichnet durch die Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ - und daneben die Zahl "wesentlich gestörter" Personen, gebildet aus der Verknüpfung der Geräuschemissionen mit einer mittleren, linearen Belästigungsfunktion, und der Bevölkerungsdichte dargestellt.

Für die Nachtzeit ist in Abbildung 32 (s. Anhang) ebenfalls dieser Zusammenhang wiedergegeben.

Aus den beiden Abbildungen ist eine deutliche Verschiebung der Prioritäten, insbesondere im oberen Teil des Untersuchungsgebietes, zu erkennen, wenn die Bevölkerungsdichte mit berücksichtigt wird. Offensichtlich sind die geräuschemäßig hochbelasteten Flächen im oberen Teil des Gebietes - gekennzeichnet durch hohe $\overline{L_{AFm}}$ -Werte - nur schwach oder gar nicht besiedelt, so daß sie gegenüber gleich- oder sogar weniger belasteten Flächen, die aber stärker besiedelt sind, rangmäßig abfallen.

Um eine Übersicht über die Zahl der Flächen im Untersuchungsgebiet zu bekommen, die je nach Festsetzung eines unterschiedlichen Schwellenwertes der "Anzahl wesentlich gestörter Personen" sanierungsbedürftig wären, sind in der Abbildung 33 (s. Anhang) für den Tag und in der Abbildung 34 (s. Anhang) für die Nacht die Flächen gezeigt, in denen z.B. 1000; 2000 oder 4000 "wesentlich gestörte Personen" wohnen. Hieran ist deutlich die Zunahme der Zahl sanierungsbedürftiger Flächen mit Verkleinerung des Schwellenwertes "Anzahl wesentlich gestörter Personen" zu erkennen.

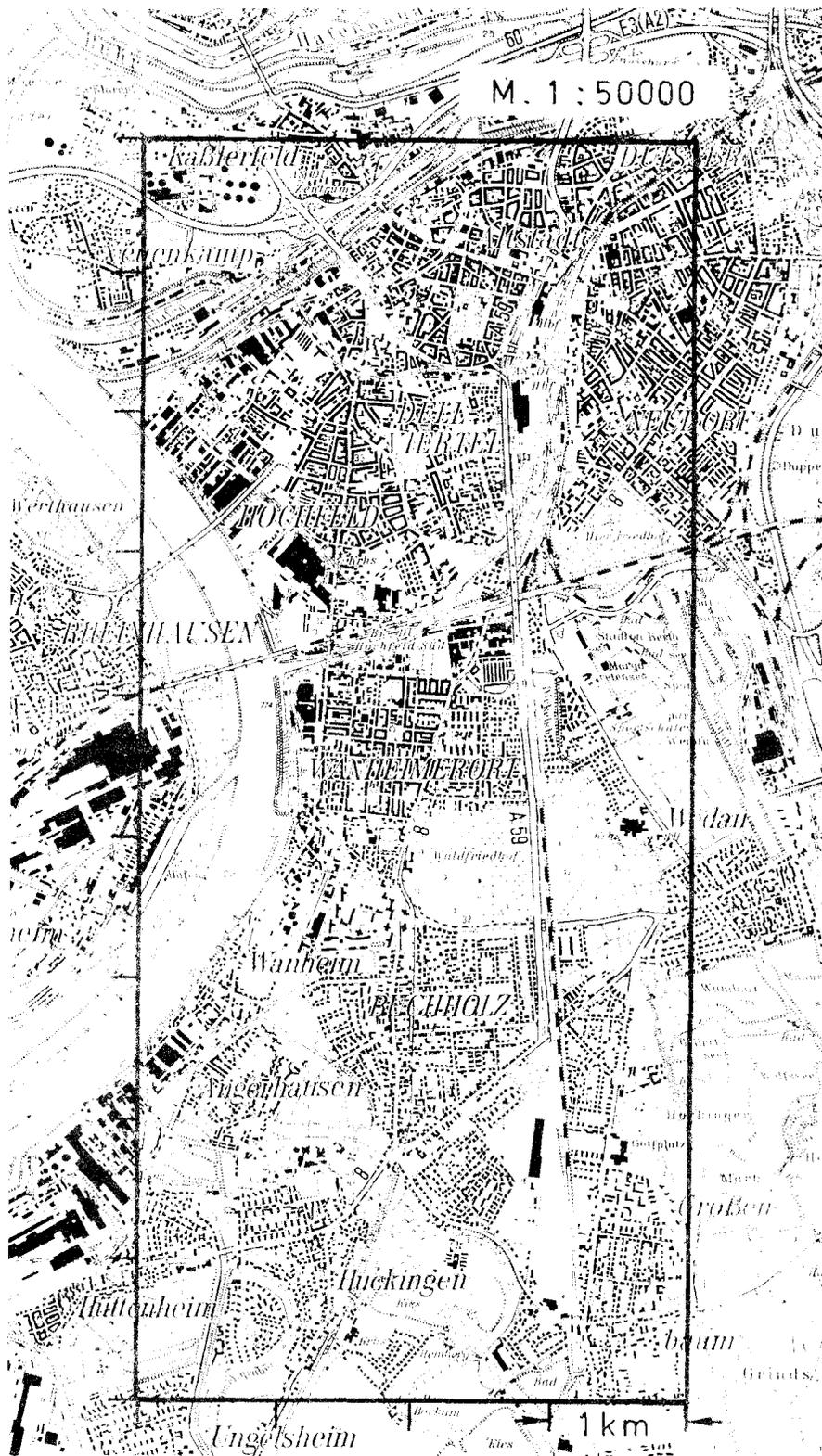
Mit der hier beispielhaft vorgestellten Methode ist in einfacher Weise ein immissionsschutzgerechtes Vorgehen zur Festsetzung sanierungsbedürftiger Flächen möglich. Denkbar ist aber auch noch weitere städtebauliche und soziodemographische Größen, wie sie z.B. von der AGEPLAN vorgeschlagen wurden, zur Prioritätenbestimmung der Sanierungsbedürftigkeit heranzuziehen [5].

S c h r i f t t u m

- [1] Bundesbaugesetz (BBauG) vom 18.8.1976.
Bundesgesetzblatt, Bl. I (1976), S. 2257.
- [2] "Lärminderungspläne";
Kolloquium des Ministers für Arbeit, Gesundheit und
Soziales des Landes NW am 8.3.1979 in der Universität
Düsseldorf.
Herausgeber: Minister für Arbeit, Gesundheit und
Soziales des Landes NW, Düsseldorf 1979.
- [3] Präsentation der Ergebnisse von Forschungs- und Ent-
wicklungsvorhaben zum Thema Lärminderungspläne am
6.4.1981 in Berlin.
Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin 1981.
- [4] Auswahl und Bestimmung von mit Lärm besonders belasteten
schutzbedürftigen Gebieten der Planungsregion des RP Düssel-
dorf;
Anwendung der Methode auf das Stadtgebiet Oberhausen;
Anwendung der Methode auf die Gebiete der Städte:
Duisburg, Mülheim, Essen und den Kreis Wesel,
in Bezug auf Gewerbelärm.
Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministers für Arbeit,
Gesundheit und Soziales des Landes NW.
Auftragnehmer: RW TÜV Essen
(Bericht in Vorbereitung)
- [5] Lärminderungsplan für die Stadt Oberhausen,
Forschungsvorhaben des Ministers für Arbeit, Gesundheit
und Soziales des Landes NW
Auftragnehmer: Aktiengesellschaft für Entwicklungsplanung (AGEPLAN)
(Bericht in Vorbereitung)
- [6] STRAUCH, H.:
Konzept für Lärminderungspläne.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes NW, H. 9 (1980), 49 Seiten.
- [7] DREYHAUPT, F. J.:
Luftreinhalteplan in der Bewährung.
Umwelt, 3 (1977), S. 235-243.

- [8] PIELOW, E.:
Lärminderungspläne und Lärmvorsorgepläne.
Kampf dem Lärm, 25 (1978), S. 135-137.
- [9] BIERHALS, E., H. KIEMSTEDT und H. SCHARPF:
Aufgaben und Instrumentarium ökologischer
Landschaftsplanung.
Raumforschung und Raumordnung, 32. Jg. (1980),
S. 76-78.
- [10] KOEPEL, H. W.:
Landschaftsinformationssystem.
In: Natur- und Umweltschutz in der BRD.
Hrsg.: G. Olschowy, Verlag P. Parey, Hamburg,
Berlin 1978, S. 68 ff.
- [11] KOEPEL, H. W.:
Landschaftsinformationssystem.
Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz,
Heft 21, Bonn-Bad Godesberg 1981.
- [12] HILLEN, R.:
Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-
kennzeichnung.
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes NRW, H. 10 (1980), 75 Seiten.
- [13] VDI-RICHTLINIE 3723, Bl. 1 (Entwurf):
Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung
schwankender Geräuschimmissionen (April 1982).
- [14] FINKE, H. D., R. GUSKI und B. ROHRMANN
Betroffenheit einer Stadt durch Lärm.
Hrsg. Umweltbundesamt, Berlin 1980.

B i l d a n h a n g



Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:25000.
 Vervielfältigt mit Genehmigung des Landesver-
 messungsamtes Nordrhein-Westfalen
 vom 01.02.1984, Nr. 66/84.

Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in einer Großstadt

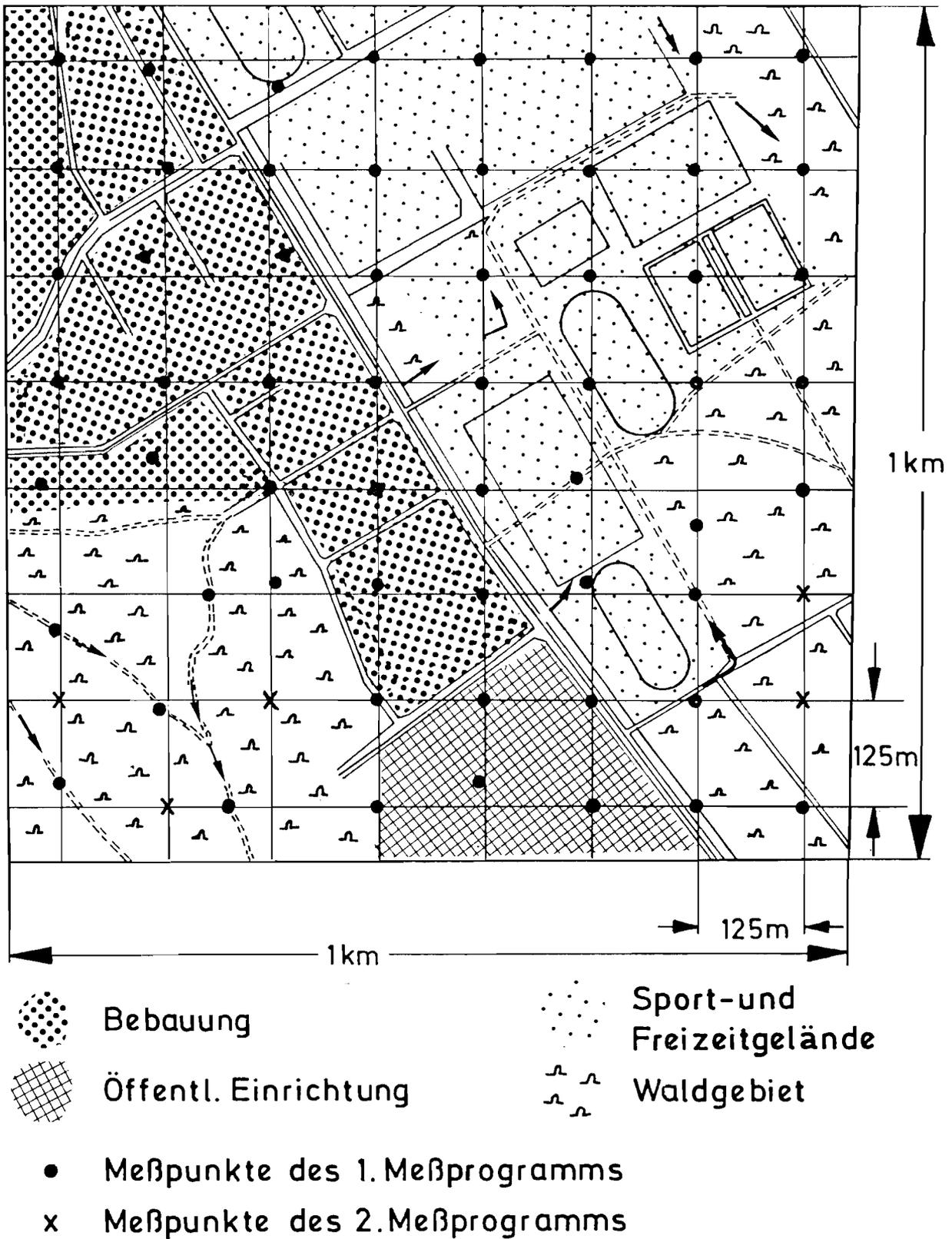
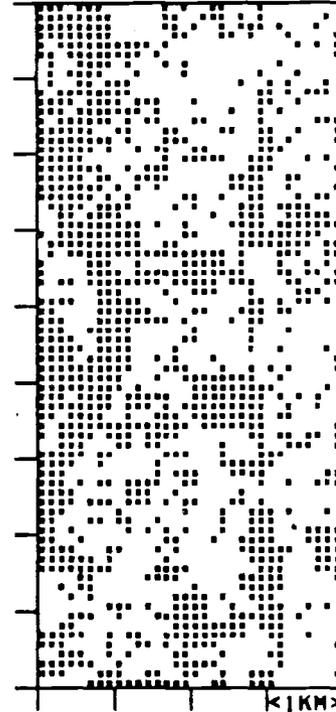


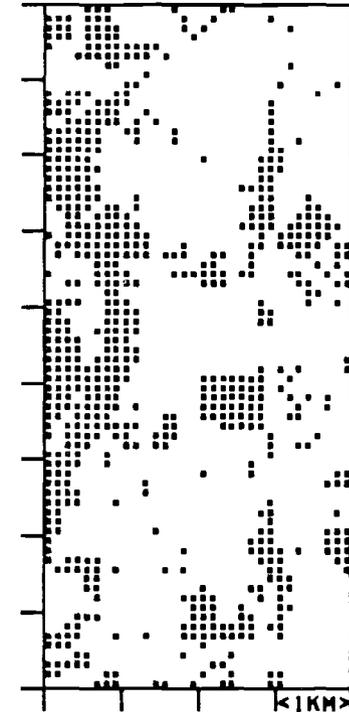
Abb. 2: Lage der Meßpunkte in einer Bezugsfläche von 1 km² Flächeninhalt



Meßpunkte, die ohne Schwierigkeiten zugänglich waren



Meßpunkte, die um bis zu 60 m verschoben werden mußten und Meßpunkte, die nicht zugänglich waren



Meßpunkte, die nicht zugänglich waren; diese Punkte wurde im 2. Meßprogramm abgearbeitet

Abb. 3: Verteilung der verschiedenen Meßpunktarten in den Bezugsflächen

Meßpunktart	Anzahl	Prozent der Gesamtzahl
0. Meßpunkte, die den planmäßig vorgegebenen Meßorten entsprachen	570	25 %
1. Meßpunkte, die auf Gebäuden lagen und auf öffentlich zugängliche Stellen verschoben werden konnten	95	4 %
2. Meßpunkte auf Privat- oder Werksgelände, die evtl. nach Anmeldung zugänglich waren	272	12 %
3. Meßpunkte in Wiesen, Wäldern, auf Äckern	51	2 %
4. Meßpunkte, die nicht den planmäßigen Meßorten entsprachen, aber durch einen akustisch gleichwertigen Meßpunkt ersetzt werden konnten:		
auf öffentlich zugänglicher Fläche	170	7 %
auf Privatgelände	38	2 %
5. Meßpunkte, die bis zu 60 m radial vom planmäßigen Meßort verlegt werden mußten und zugänglich waren	419	18 %
6. Meßpunkte, die nicht den unter Nr. 1-5 angeführten Bedingungen entsprachen und in einem gesonderten (2.) Meßprogramm untersucht wurden	689	30 %

Abb. 4: Anzahl und Prozentsatz der unterschiedlichen Meßpunktarten im Untersuchungsgebiet

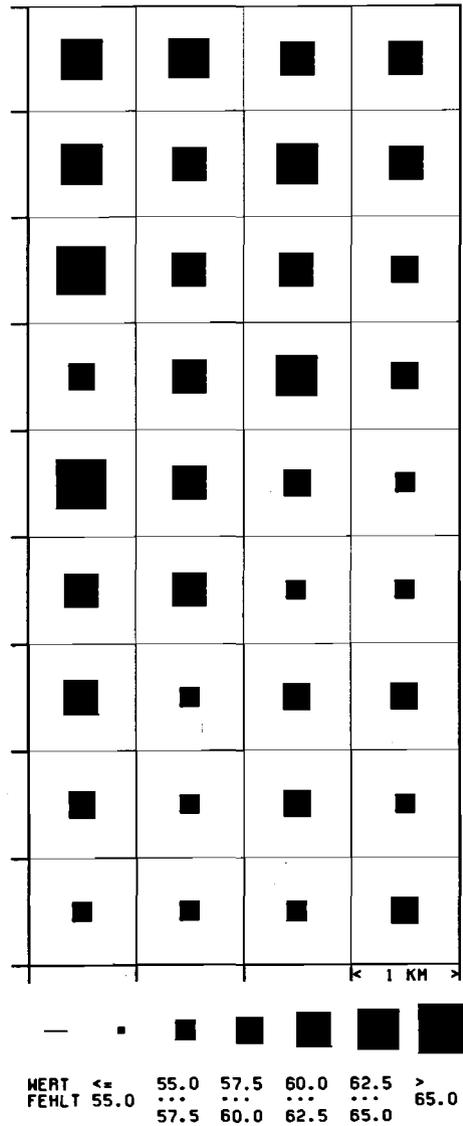


Abb. 5: Darstellungsform der Ergebnisse; jedes schwarze Quadrat kennzeichnet die Belastungshöhe in der Bezugsfläche

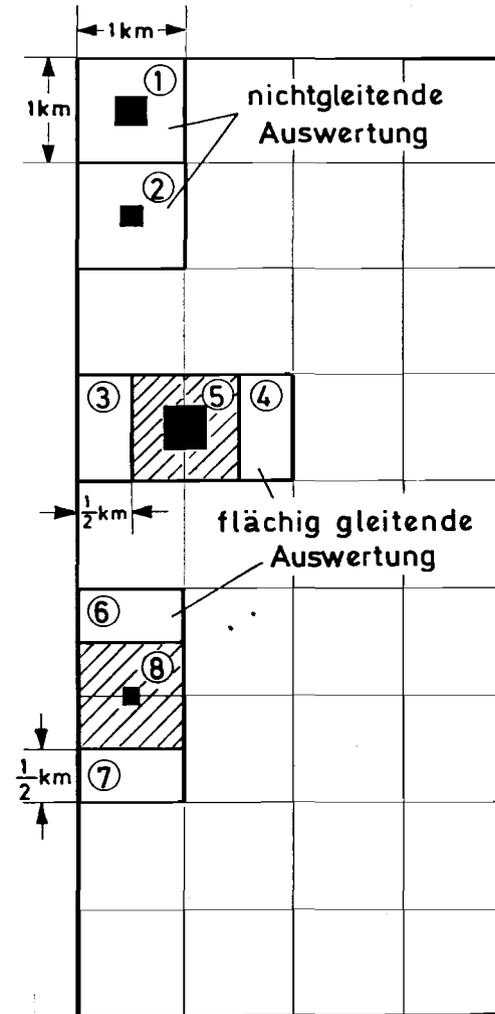


Abb. 6: Beispiel für eine flächig gleitende Auswertung der Meßwerte; Schrittweite: 0,5 km

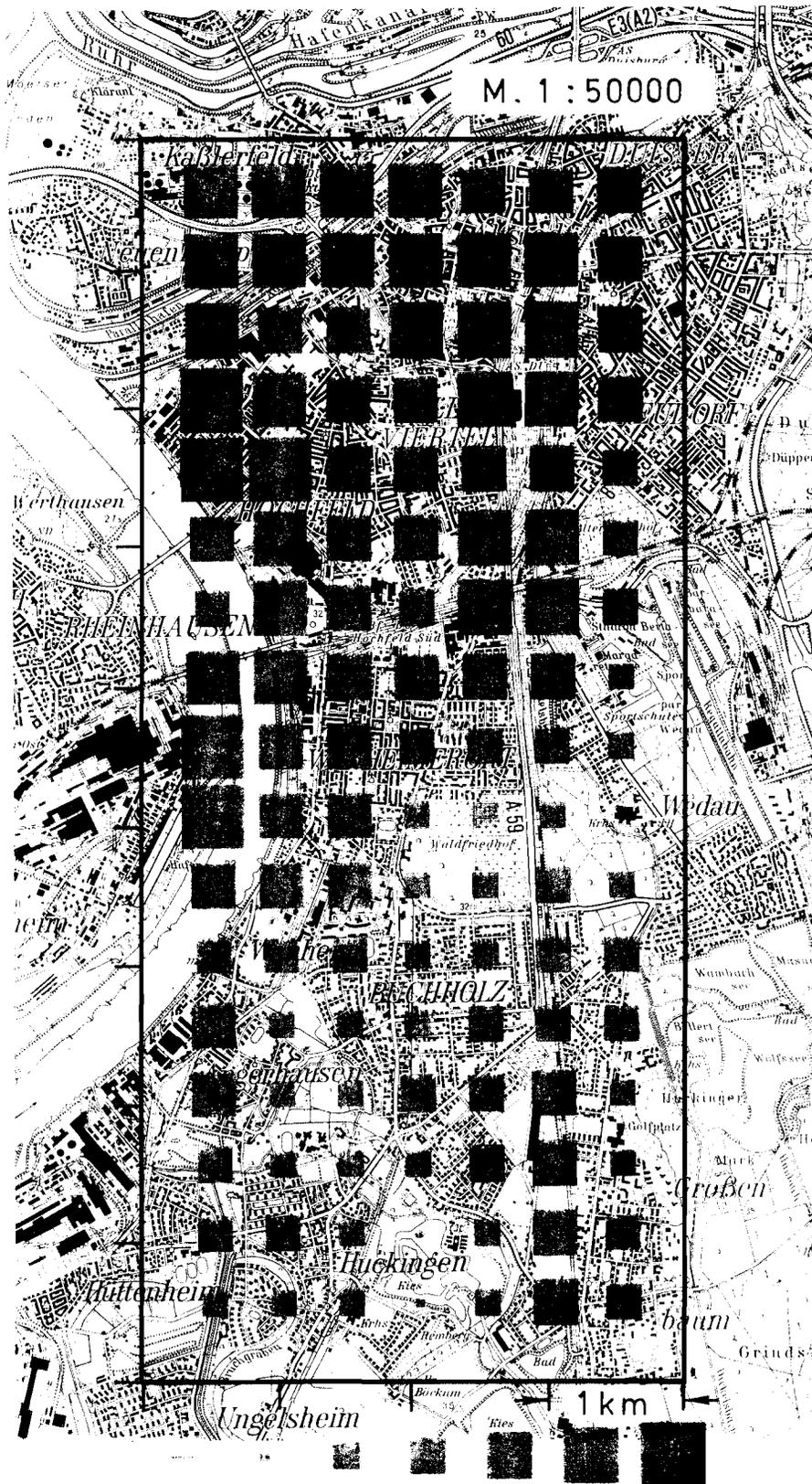
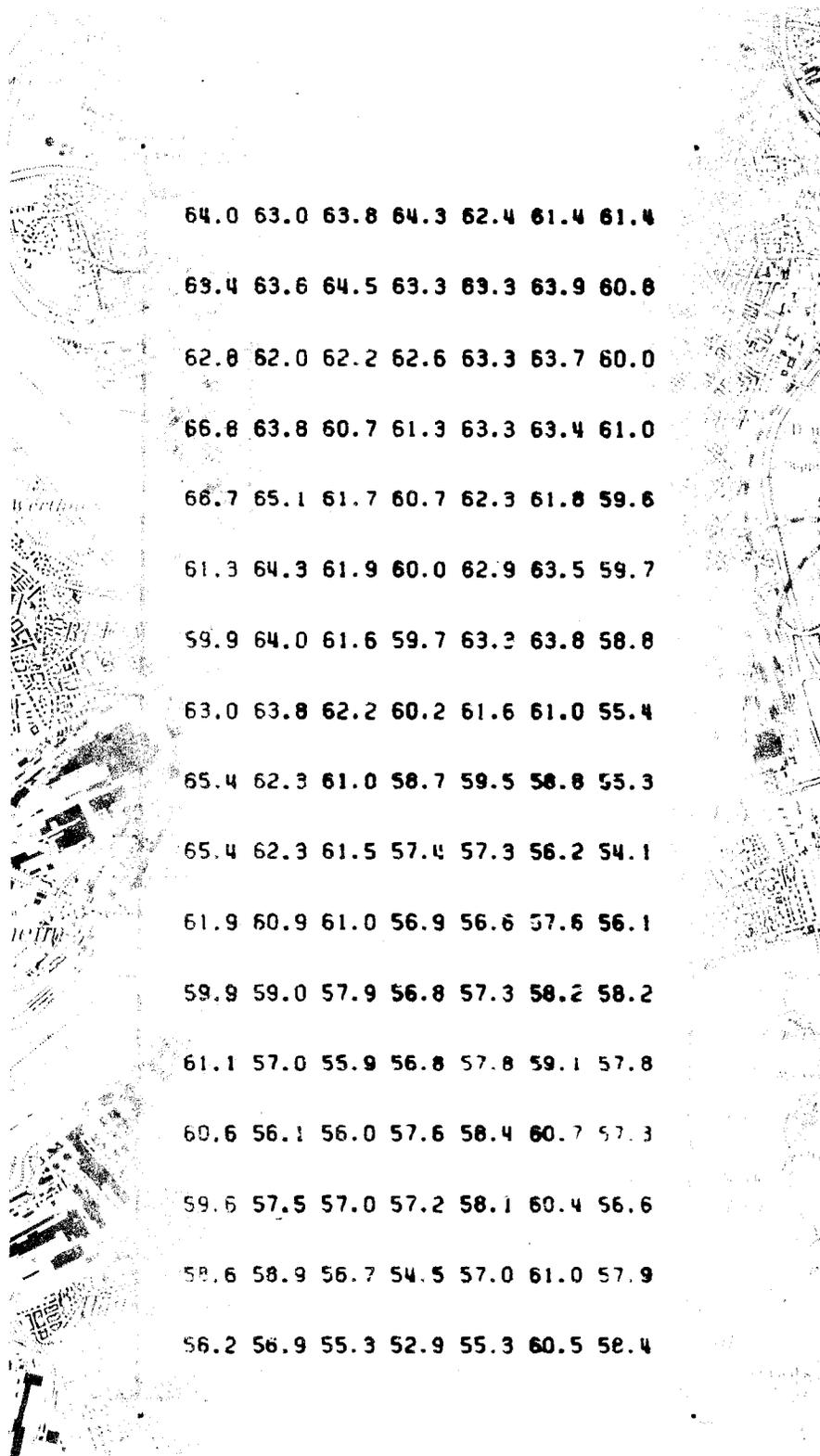
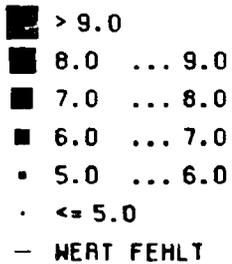
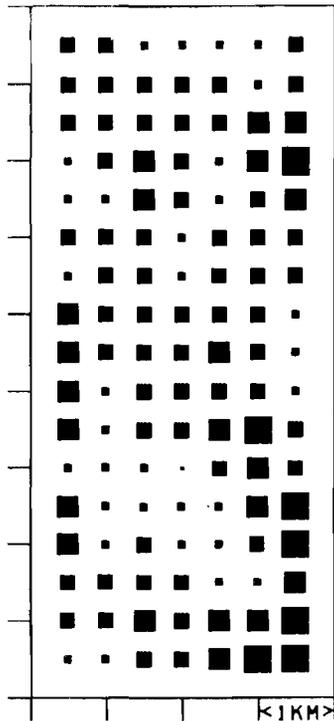


Abb. 7: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} ; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²



alle Werte in dB

Abb. 8: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm}
(unklassiert);
Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

Standardabweichung s 

Vertrauensbereich

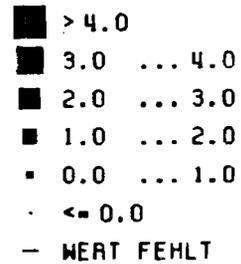
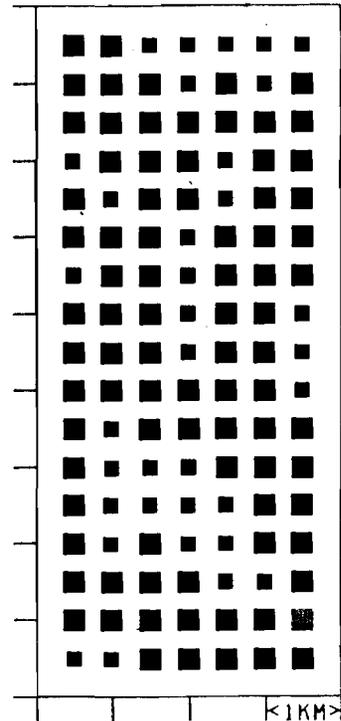
 $VB_{80} \%$ 

Abb. 9:

Standardabweichung s
 der Meßwerte L_{AFm} ;
 Tageszeit 6.00-22.00 Uhr;
 Bezugsfläche 1 km²;

Vertrauensbereich
 $VB_{80} \%$ der Kenngröße
 L_{AFm} ; Tageszeit:
 6.00-22.00 Uhr;
 Bezugsfläche 1 km².

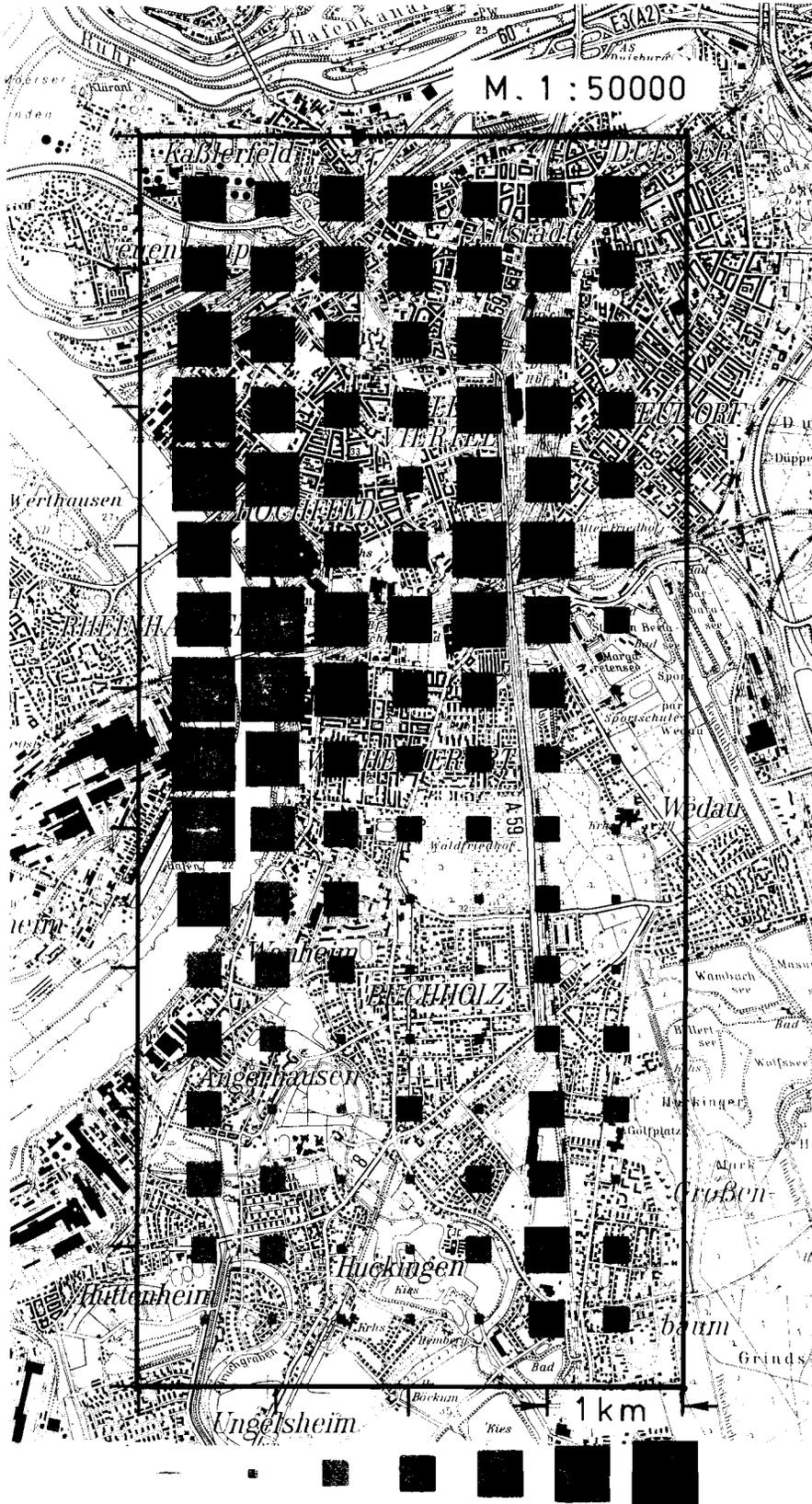
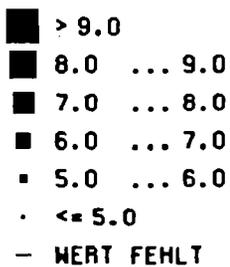
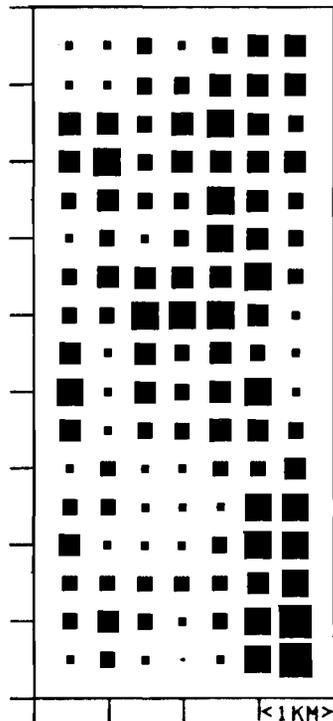


Abb. 10: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm} ; Nachtzeit 22.00–6.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km^2



Abb. 11: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertart L_{AFm}
 (unklassiert);
 Nachtzeit 22.00-6.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

Standardabweichung s 

Vertrauensbereich

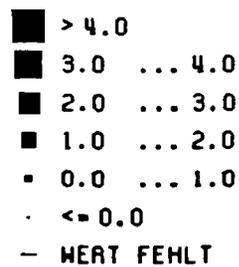
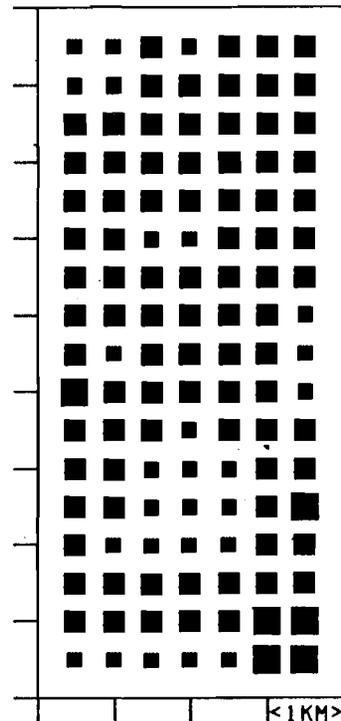
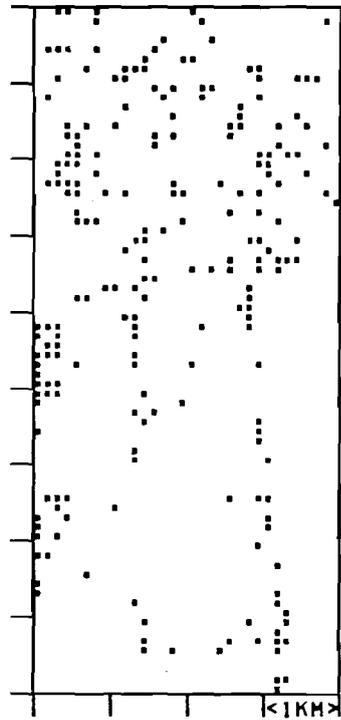
 $VB_{80} \%$ 

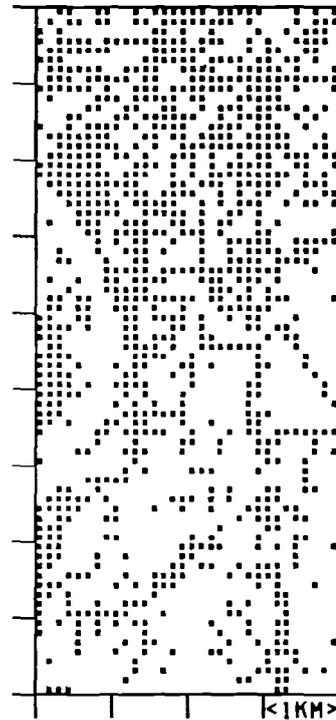
Abb. 12:

Standardabweichung s
 der Meßwerte L_{AFm} ;
 Nachtzeit 22.00-6.00 Uhr;
 Bezugsfläche 1 km²;

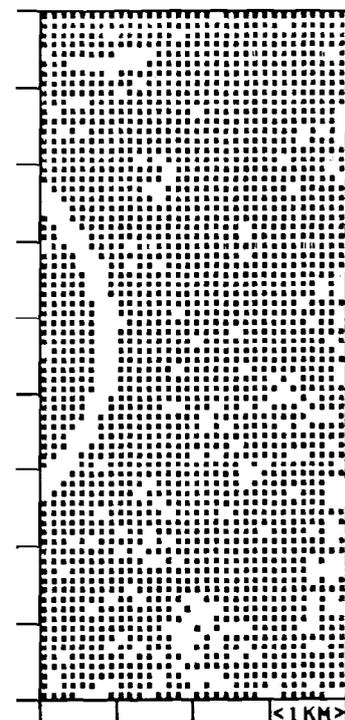
Vertrauensbereich
 $VB_{80} \%$ der Kenngröße
 L_{AFm} ; Nachtzeit
 22.00-6.00 Uhr;
 Bezugsfläche 1 km²



$L_{AFm} \cong 70 \text{ dB}$



$L_{AFm} \cong 60 \text{ dB}$



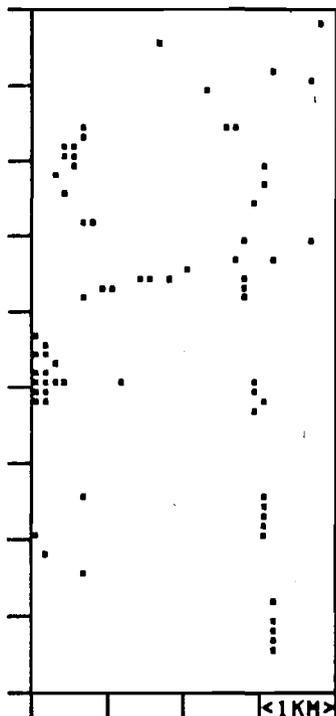
$L_{AFm} \cong 50 \text{ dB}$

Abb. 13: Meßwerte L_{AFm} im Untersuchungsgebiet:
Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr

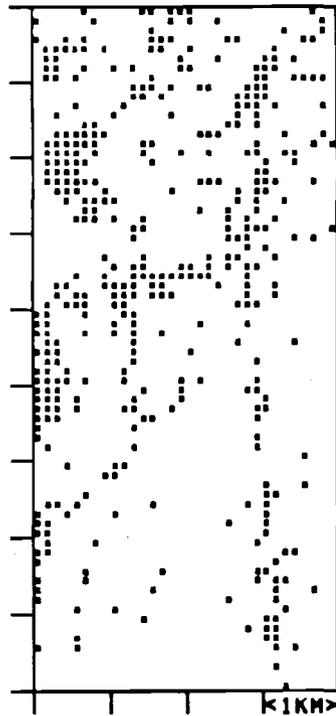
Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 70 \text{ dB}$

Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 60 \text{ dB}$

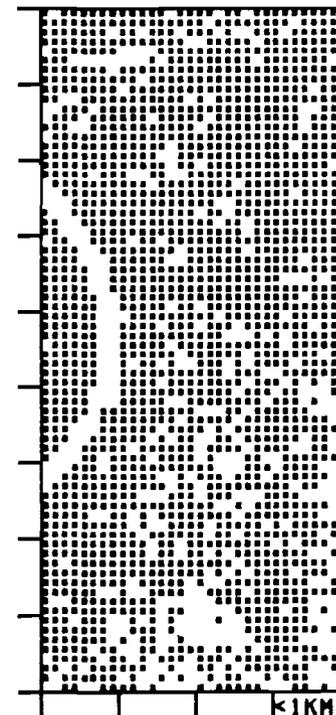
Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 50 \text{ dB}$



$L_{AFm} \cong 70$ dB



$L_{AFm} \cong 60$ dB



$L_{AFm} \cong 45$ dB

Abb. 14: Meßwerte L_{AFm} im Untersuchungsgebiet: Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr

Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 70$ dB

Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 60$ dB

Schwellenwert: $L_{AFm} \cong 45$ dB

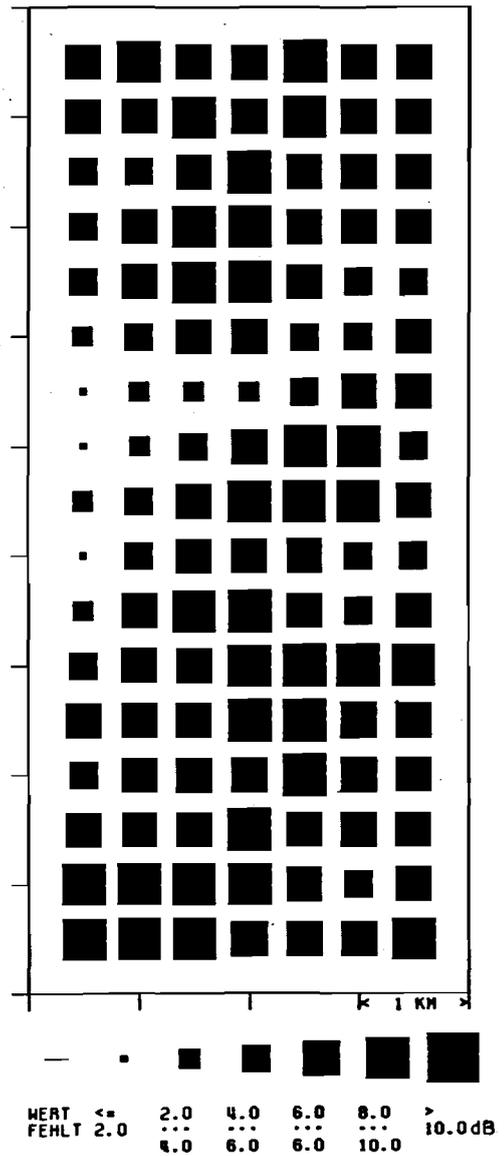


Abb. 15: Differenz zwischen den Kenngrößen $\overline{L_{AFm}}$ der Tageszeit und der Nachtzeit; Bezugsfläche 1 km²

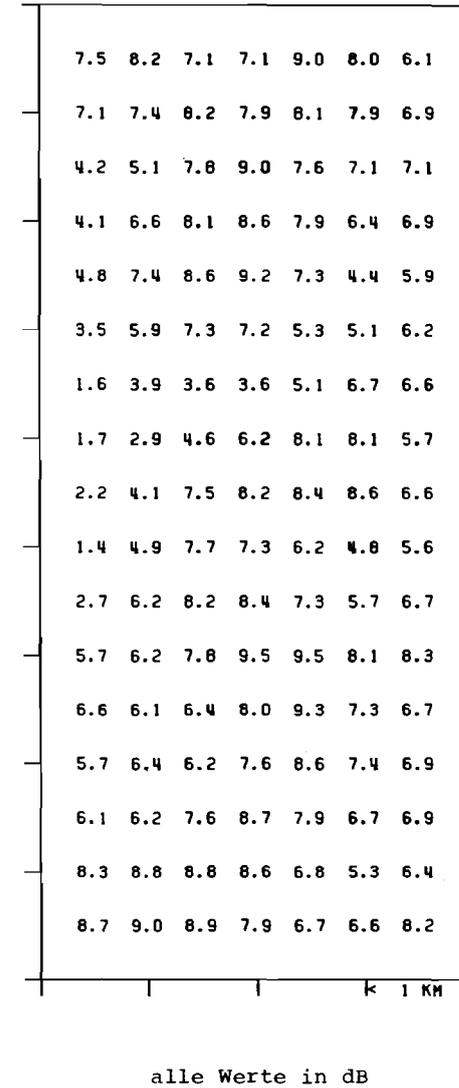


Abb. 16: Differenz zwischen den Kenngrößen $\overline{L_{AFm}}$ der Tageszeit und der Nachtzeit (unklassiert); Bezugsfläche 1 km²

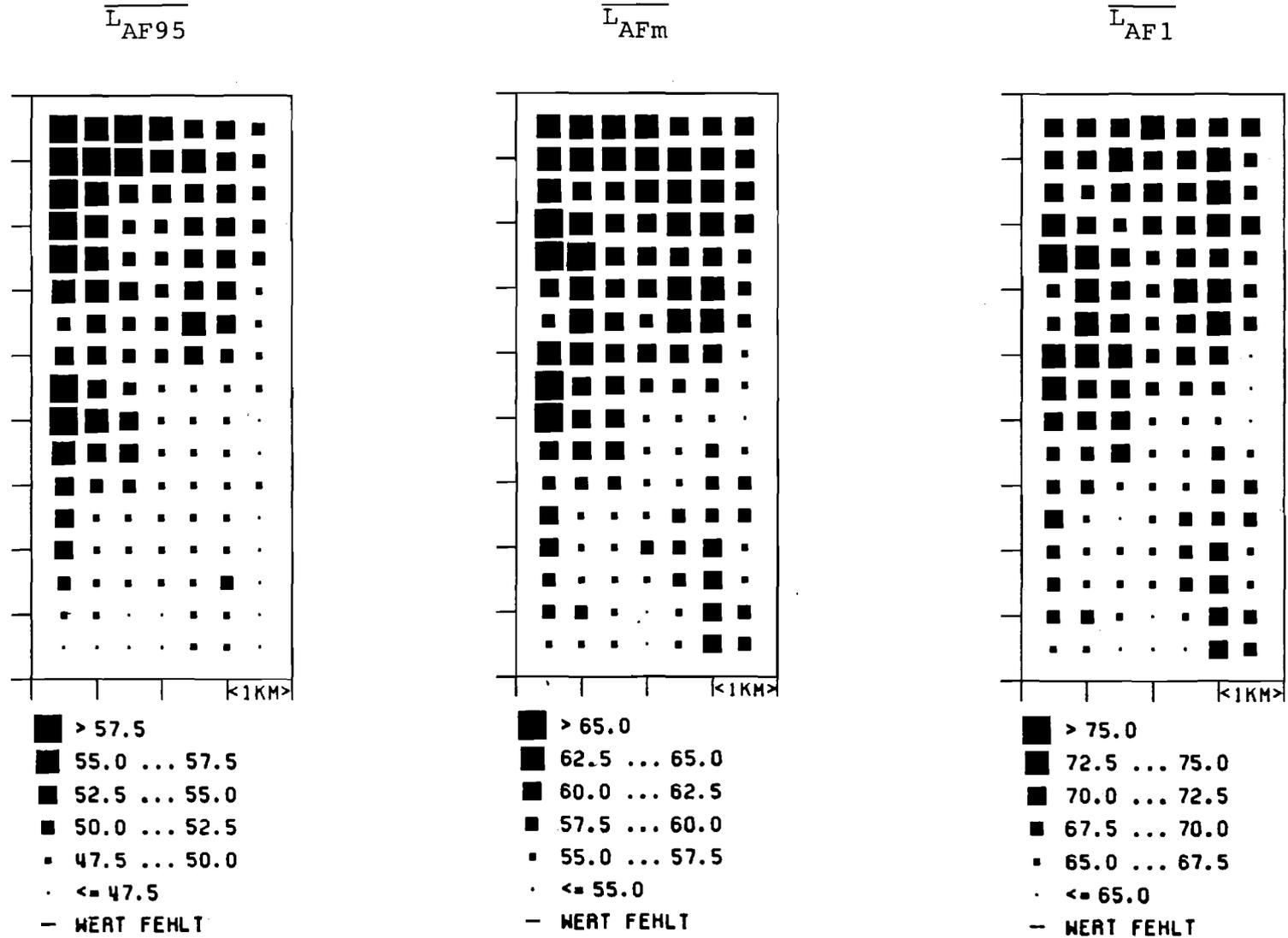


Abb. 17: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertarten \overline{L}_{AF95} , \overline{L}_{AFm} , \overline{L}_{AF1} der Meßdauer 15 min; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

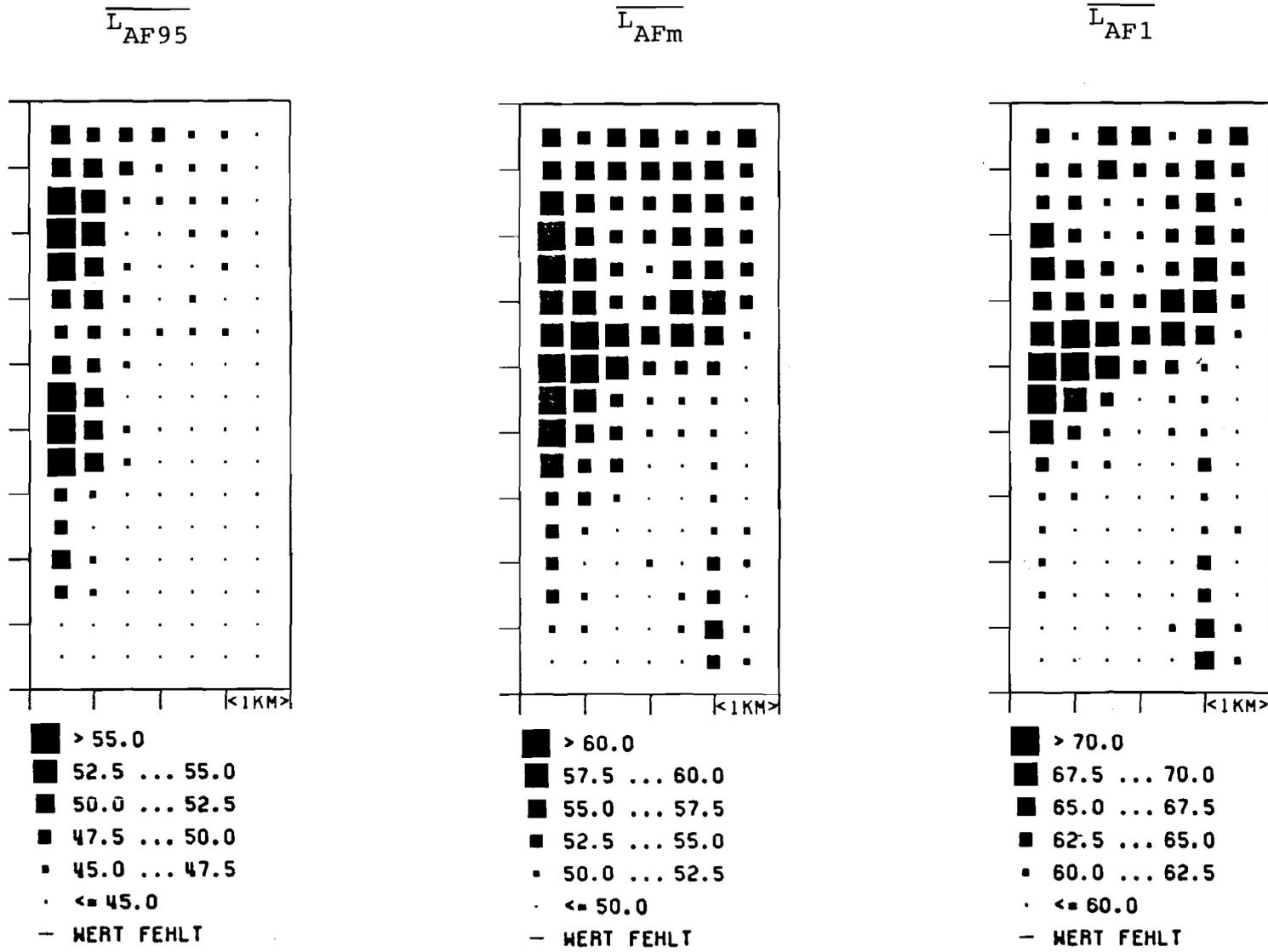


Abb. 18: Arithmetischer Mittelwert der Meßwertarten L_{AF95} , L_{AFm} , L_{AF1} , der Meßdauer 15 min; Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

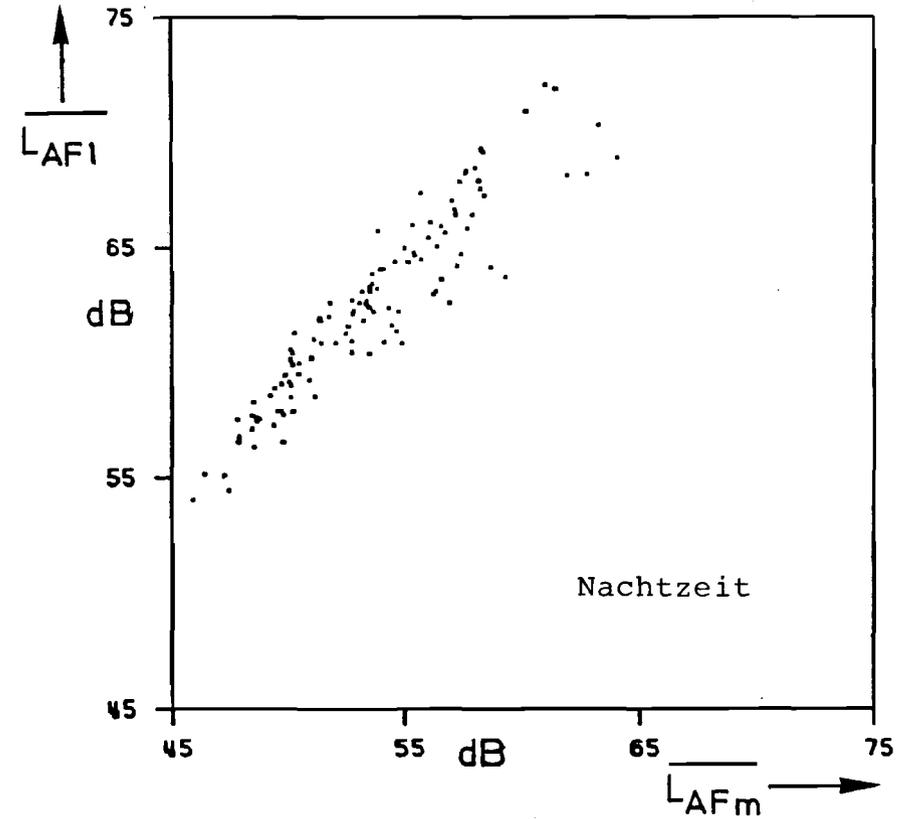
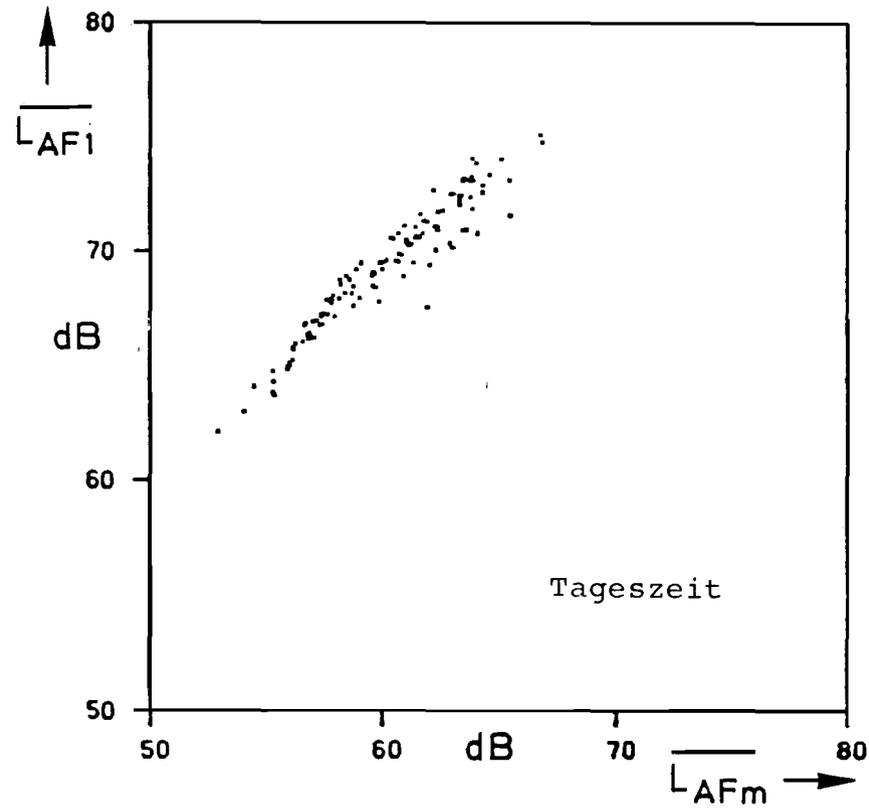


Abb. 19: Zusammenhang zwischen den Meßwertarten L_{AF1} und L_{AFm} ;
 Tageszeit 06.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km^2
 Nachtzeit 22.00 bis 06.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km^2

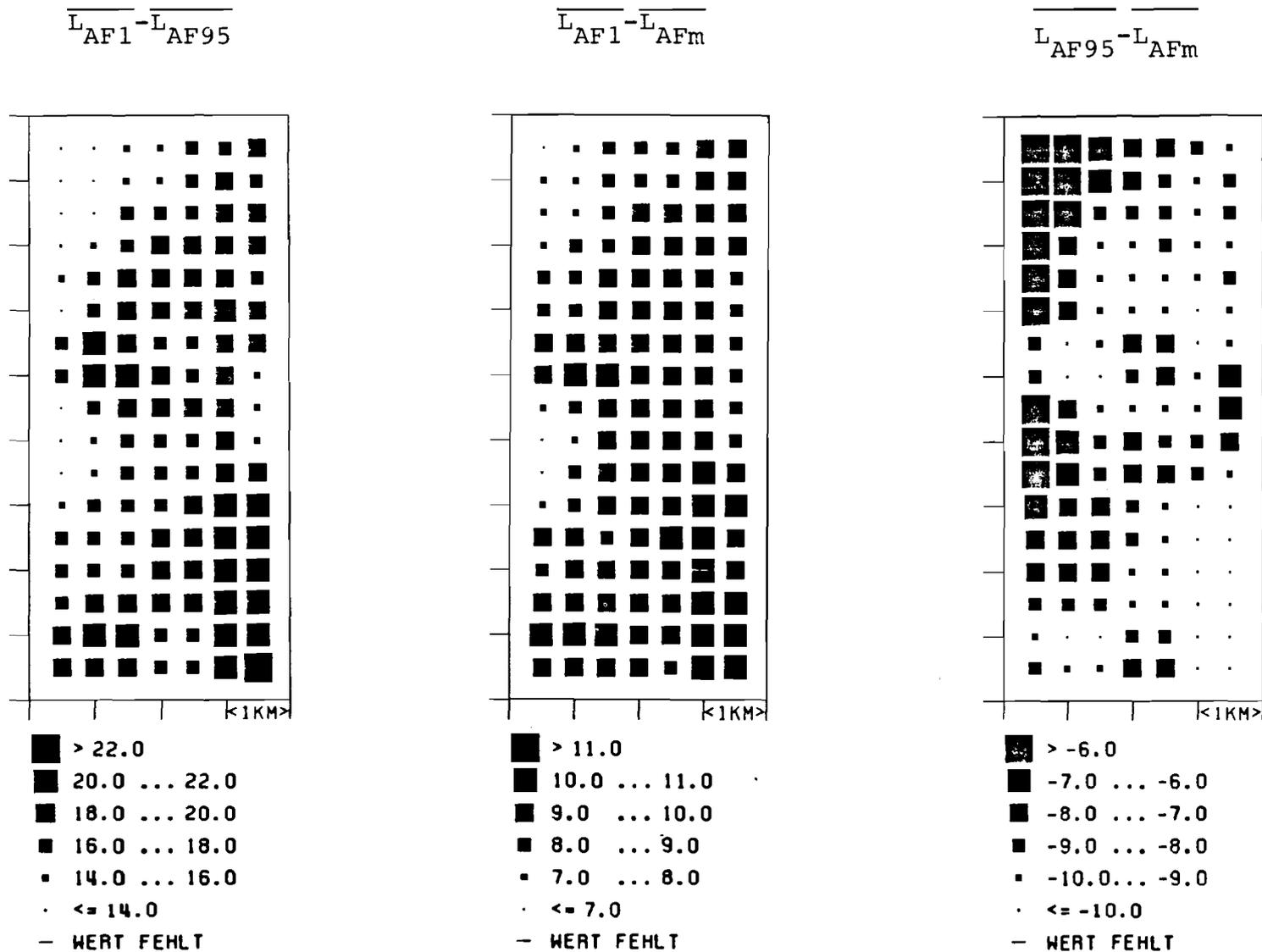
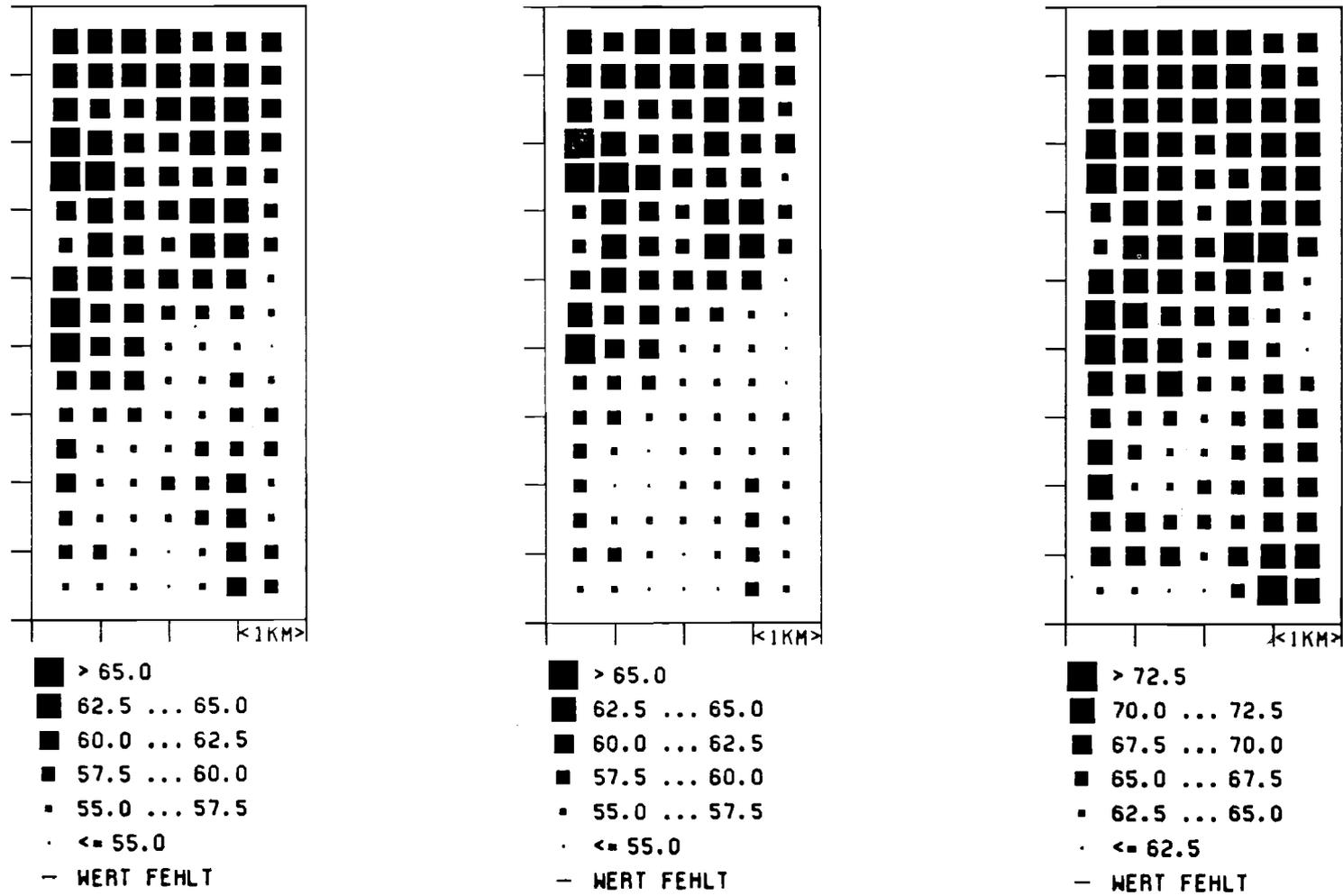


Abb. 20: Differenz zwischen den Kenngrößen $\overline{L_{AF1}} - \overline{L_{AF95}}$; $\overline{L_{AF1}} - \overline{L_{AFm}}$; $\overline{L_{AF95}} - \overline{L_{AFm}}$; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

LIS-Berichte Nr. 45 (1984)



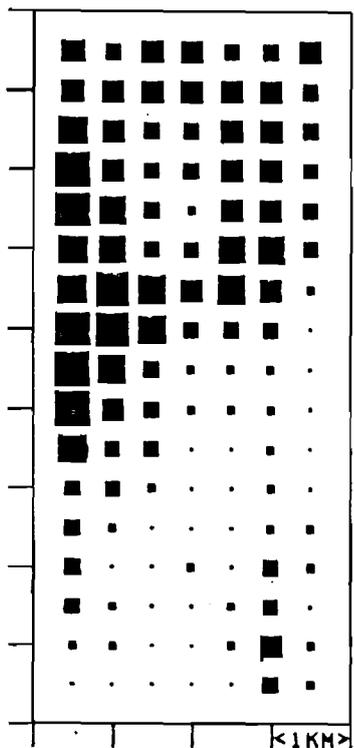
Mittel	St.Abw.	60,2	3,0	59,5	3,5	69,1	2,9
Min.	Max.	53,9	67,8	52,2	67,3	60,9	75,0

Abb. 21: Gegenüberstellung unterschiedlicher Kenngrößen der Meßwertart L_{AFm} , 15 min: Arithmetischer Mittelwert: $\overline{L_{AFm}}$; 0,5-Quantil: $q_{0,5}$ (L_{AFm}), 0,9-Quantil: $q_{0,9}$ (L_{AFm}), Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²; alle Werte in dB

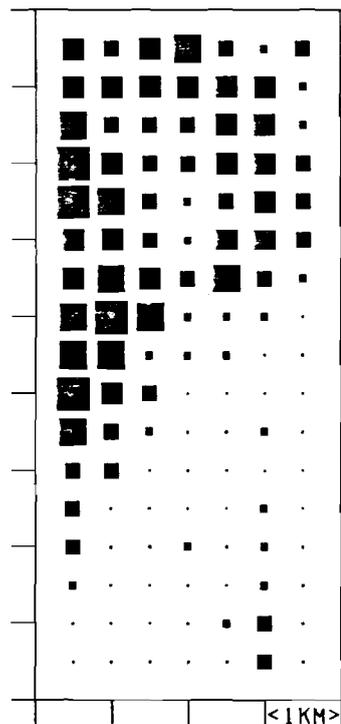
Arithmetischer Mittelwert $\overline{L_{AFm}}$

0,5-Quantil $q_{0,5}$ (L_{AFm})

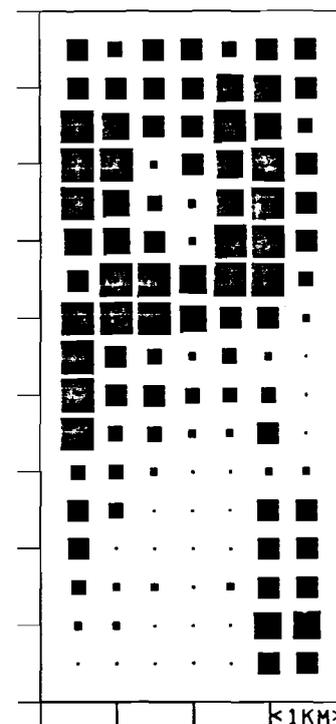
0,9-Quantil $q_{0,9}$ (L_{AFm})



- > 60.0 dB
- 57.5 ... 60.0
- 55.0 ... 57.5
- 52.5 ... 55.0
- 50.0 ... 52.5
- ≤ 50.0



- > 60.0
- 57.5 ... 60.0
- 55.0 ... 57.5
- 52.5 ... 55.0
- 50.0 ... 52.5
- ≤ 50.0
- WERT FEHLT



- > 67.5
- 65.0 ... 67.5
- 62.5 ... 65.0
- 60.0 ... 62.5
- 57.5 ... 60.0
- ≤ 57.5
- WERT FEHLT

Mittel	St.Abw.	53,5	3,9	52,6	4,0	62,6	4,8
Min.	Max.	45,0	64,1	45,0	62,7	50,5	76,7

Abb. 22: Gegenüberstellung unterschiedlicher Kenngrößen der Meßwertart L_{AFm} , 15 min :
 Arithmetischer Mittelwert: $\overline{L_{AFm}}$, 0,5-Quantil: $q_{0,5}$ (L_{AFm}), 0,9-Quantil: $q_{0,9}$ (L_{AFm})
 Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²; alle Werte in dB

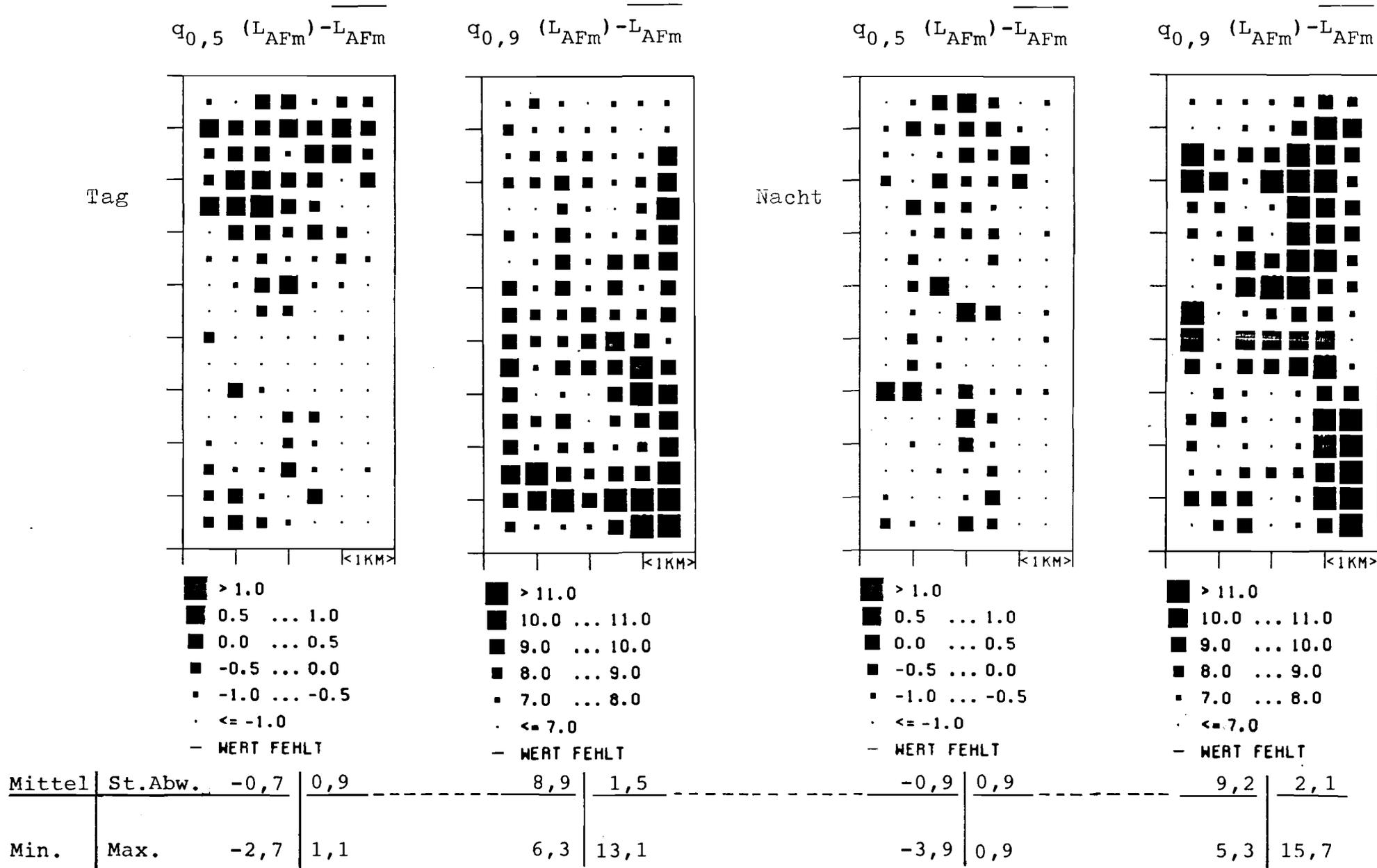


Abb. 23: Differenz zwischen unterschiedlichen Kenngrößen: $q_{0,5} (L_{AFm}) - L_{AFm}$; $q_{0,9} (L_{AFm}) - L_{AFm}$ für die Tageszeit und für die Nachtzeit; Bezugsfläche 1 km²; alle Werte in dB

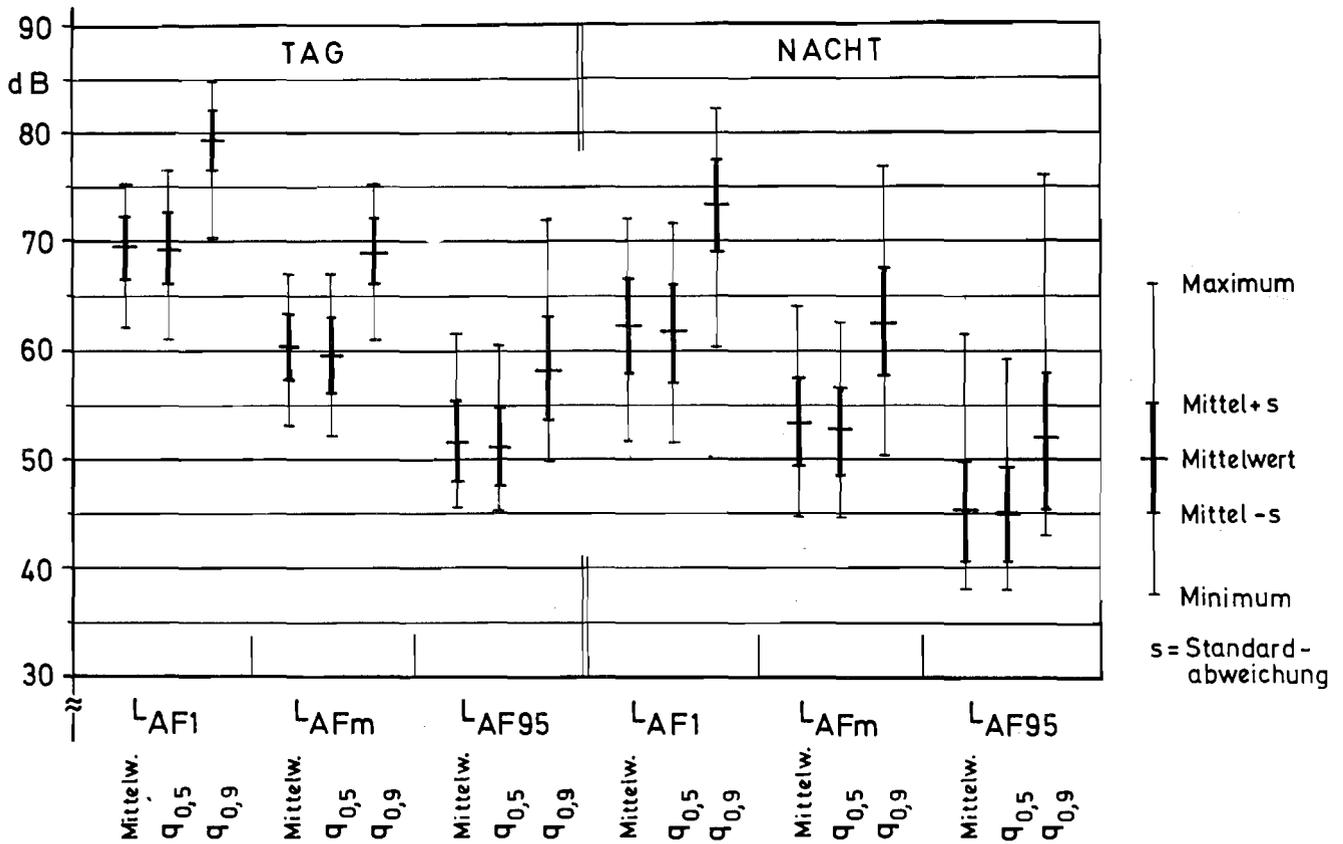


Abb. 24: Werte der unterschiedlichen Kenngrößen im Untersuchungsgebiet

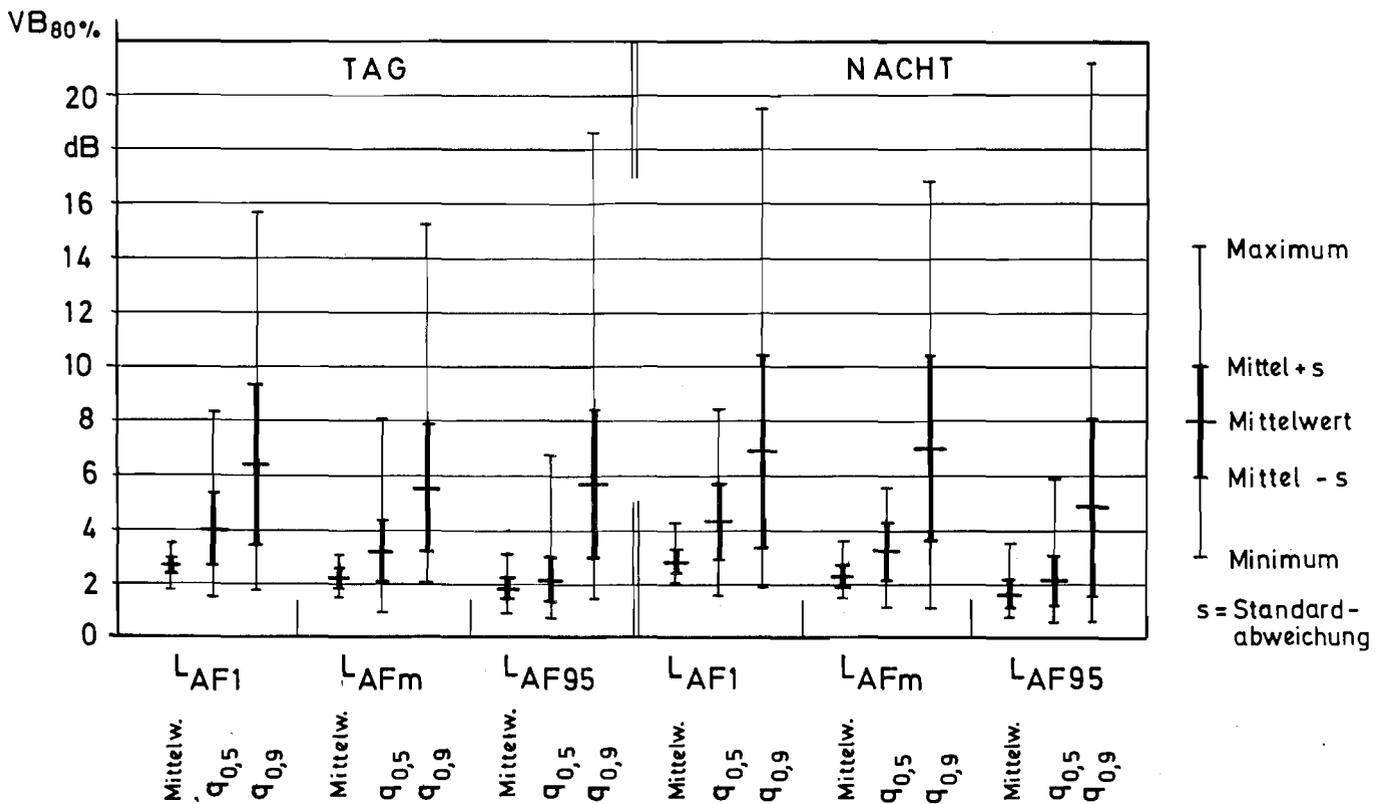


Abb. 25: Vertrauensbereich der unterschiedlichen Kenngrößen im Untersuchungsgebiet

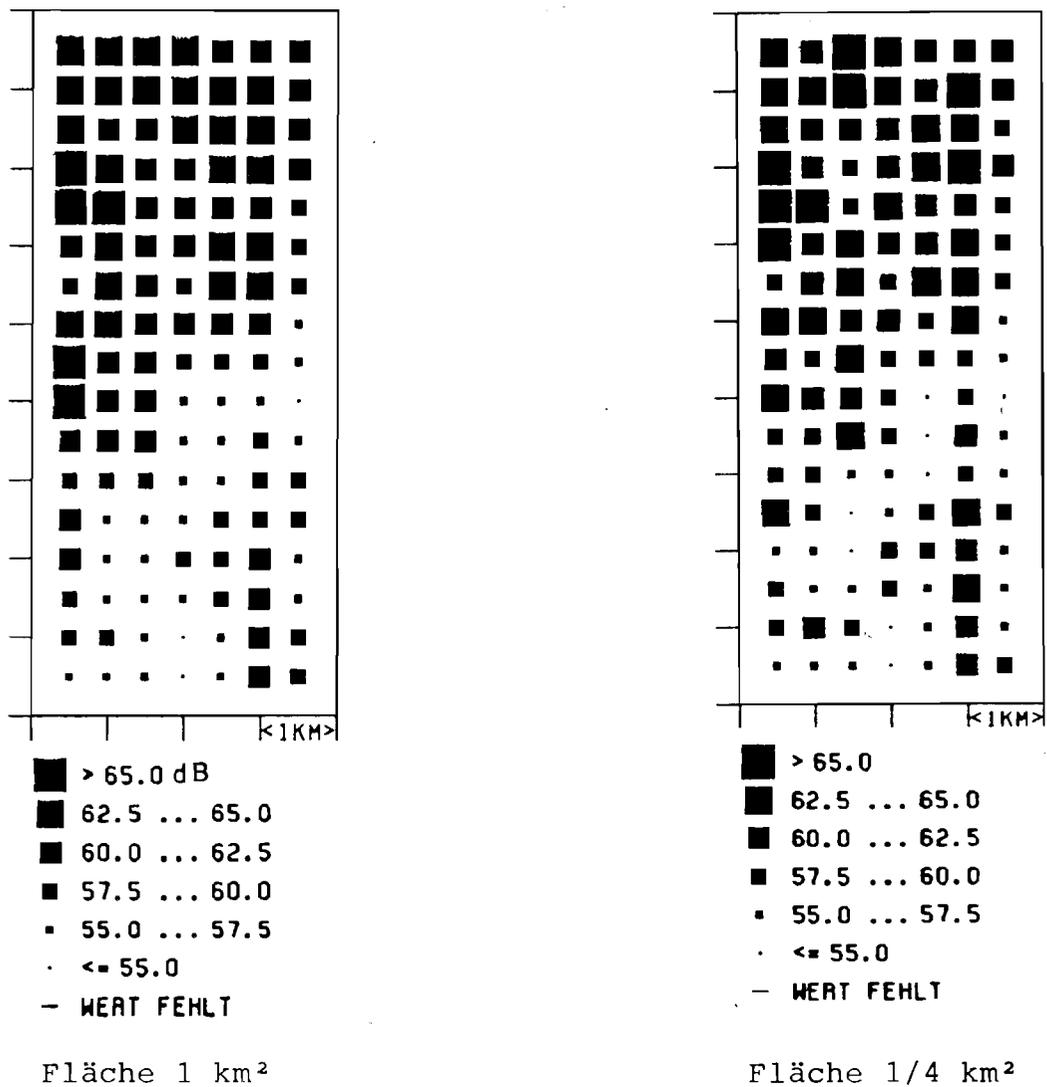


Abb. 26: Gegenüberstellung der Kenngröße \overline{L}_{AFm} , bezogen auf die Fläche 1 km² und auf die Fläche 1/4 km²; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr

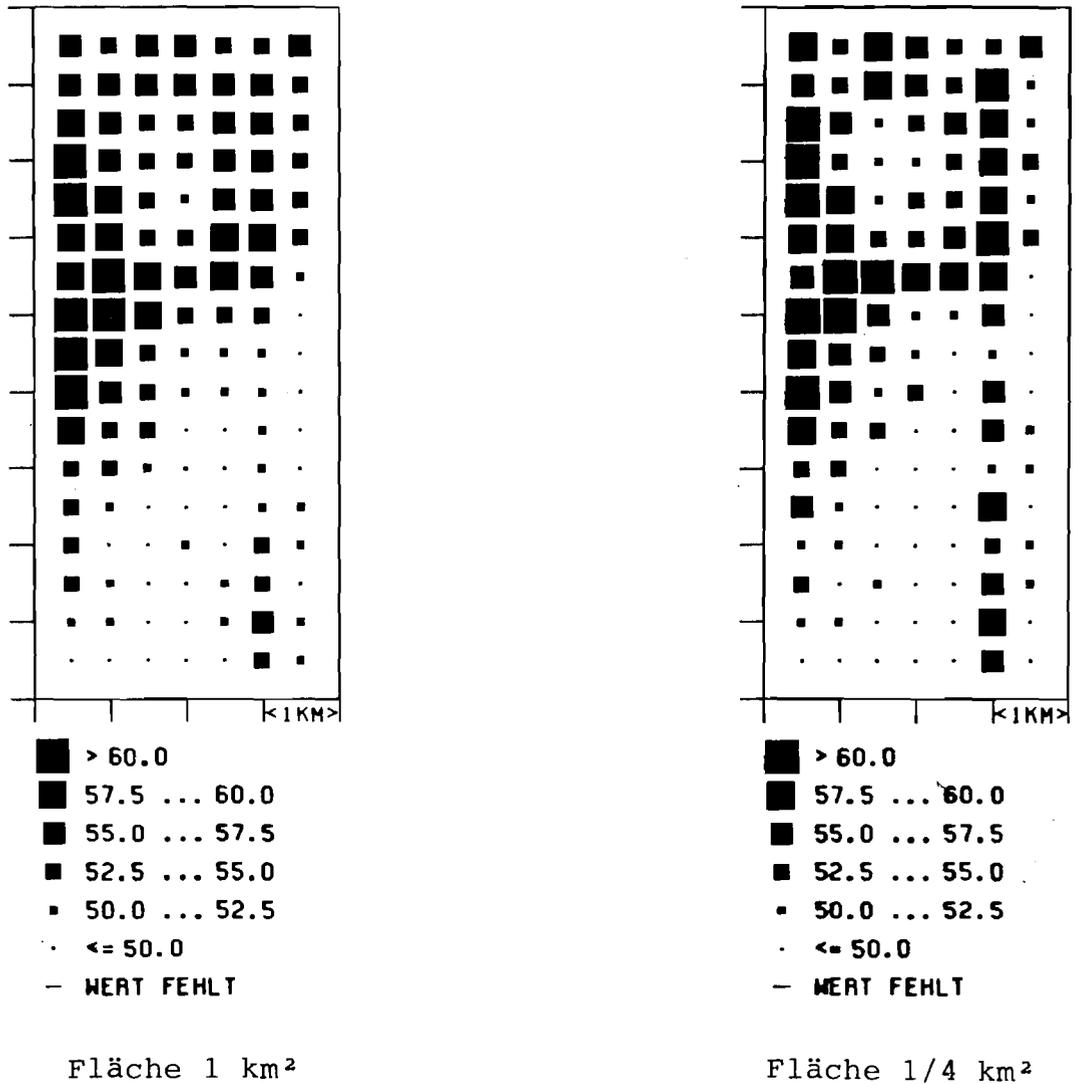


Abb. 27: Gegenüberstellung der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$, bezogen auf die Fläche 1 km² und auf die Fläche 1/4 km²; Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr.

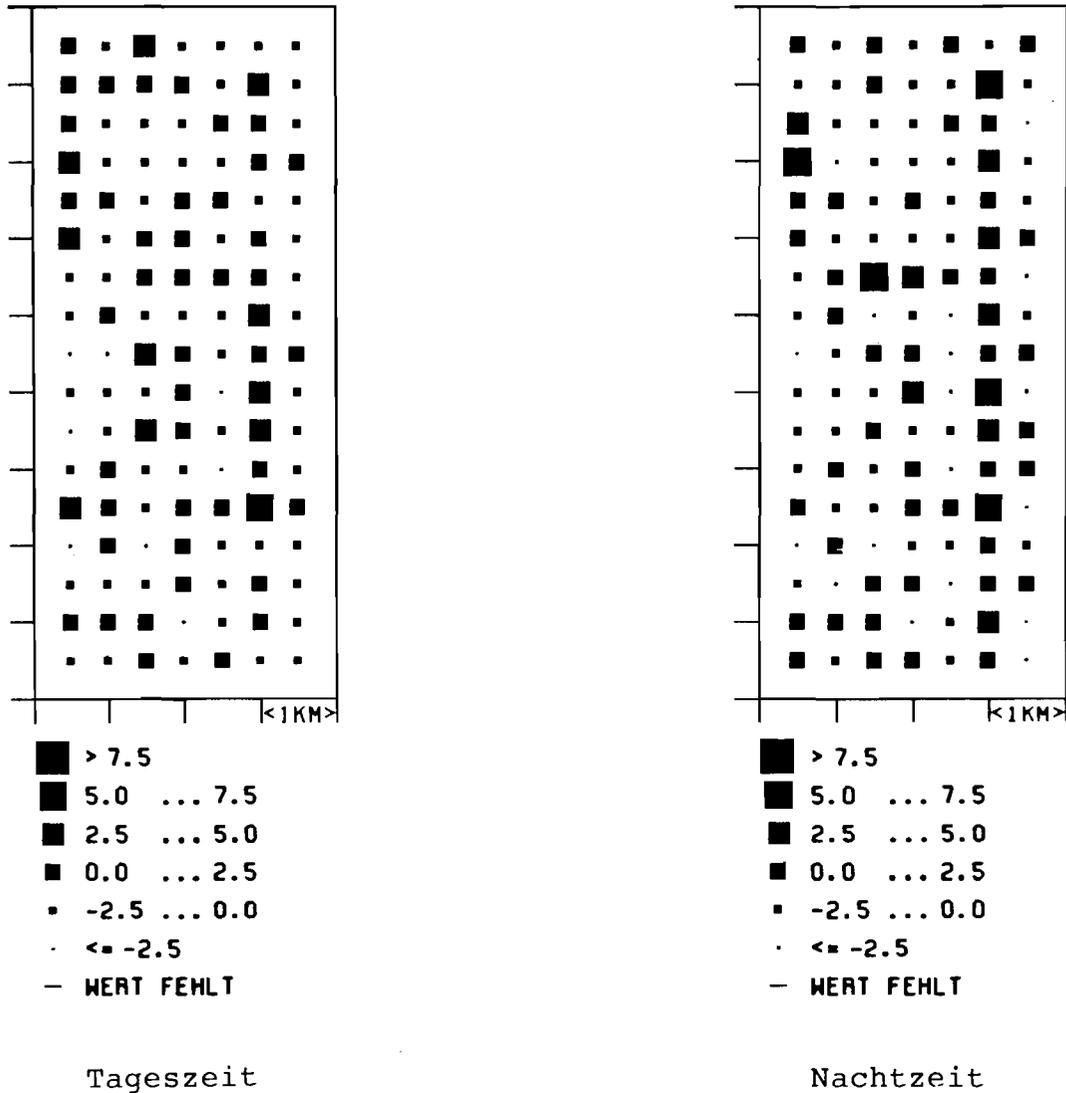


Abb. 28: Differenz zwischen der auf 1 km^2 und der auf $1/4 \text{ km}^2$ bezogenen Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$;
 Tageszeit 06.00 bis 22.00 Uhr
 Nachtzeit 22.00 bis 06.00 Uhr

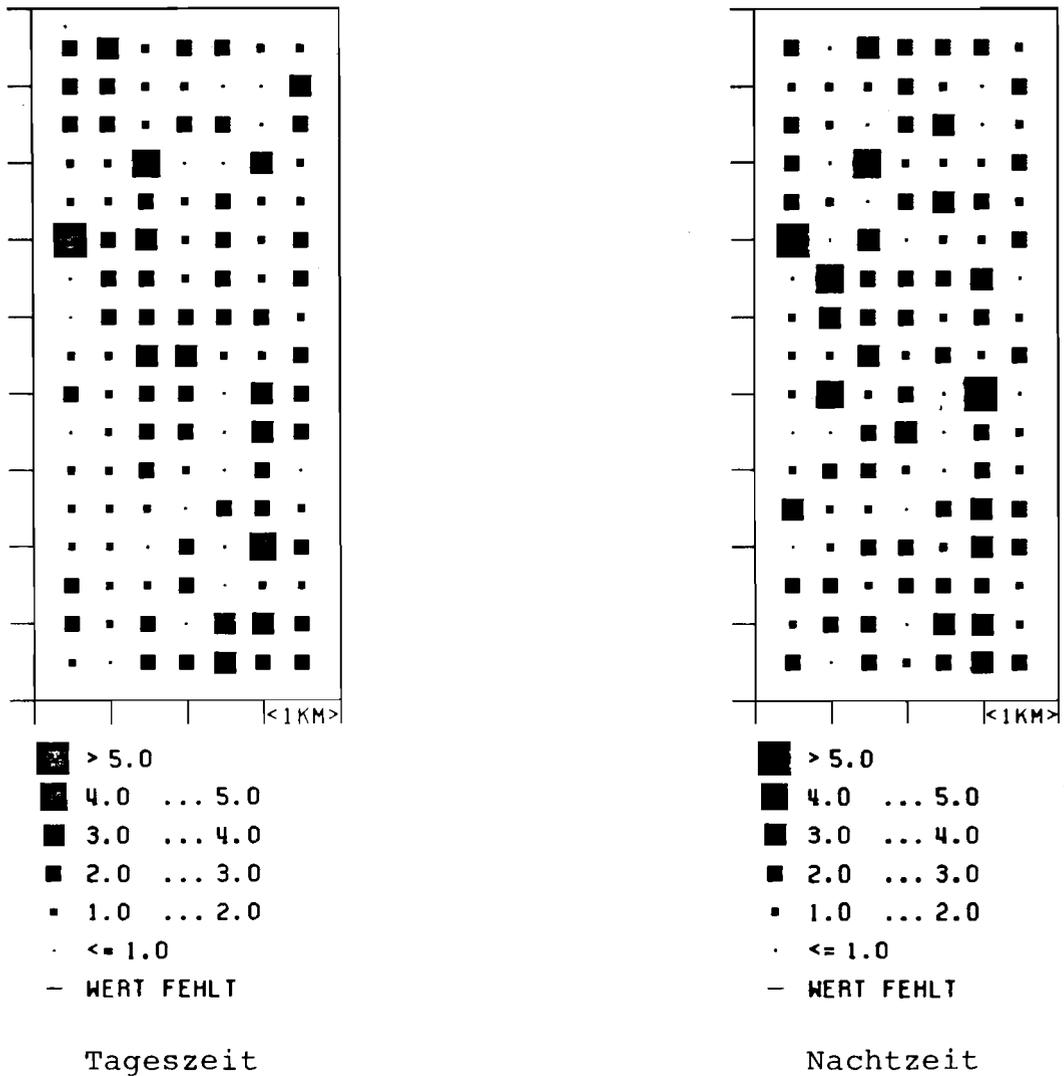


Abb. 29: Differenz der Vertrauensbereiche zwischen der auf 1 km^2 und der auf $1/4 \text{ km}^2$ bezogenen Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$;
 Tageszeit 06.00 bis 22.00 Uhr
 Nachtzeit 22.00 bis 06.00 Uhr

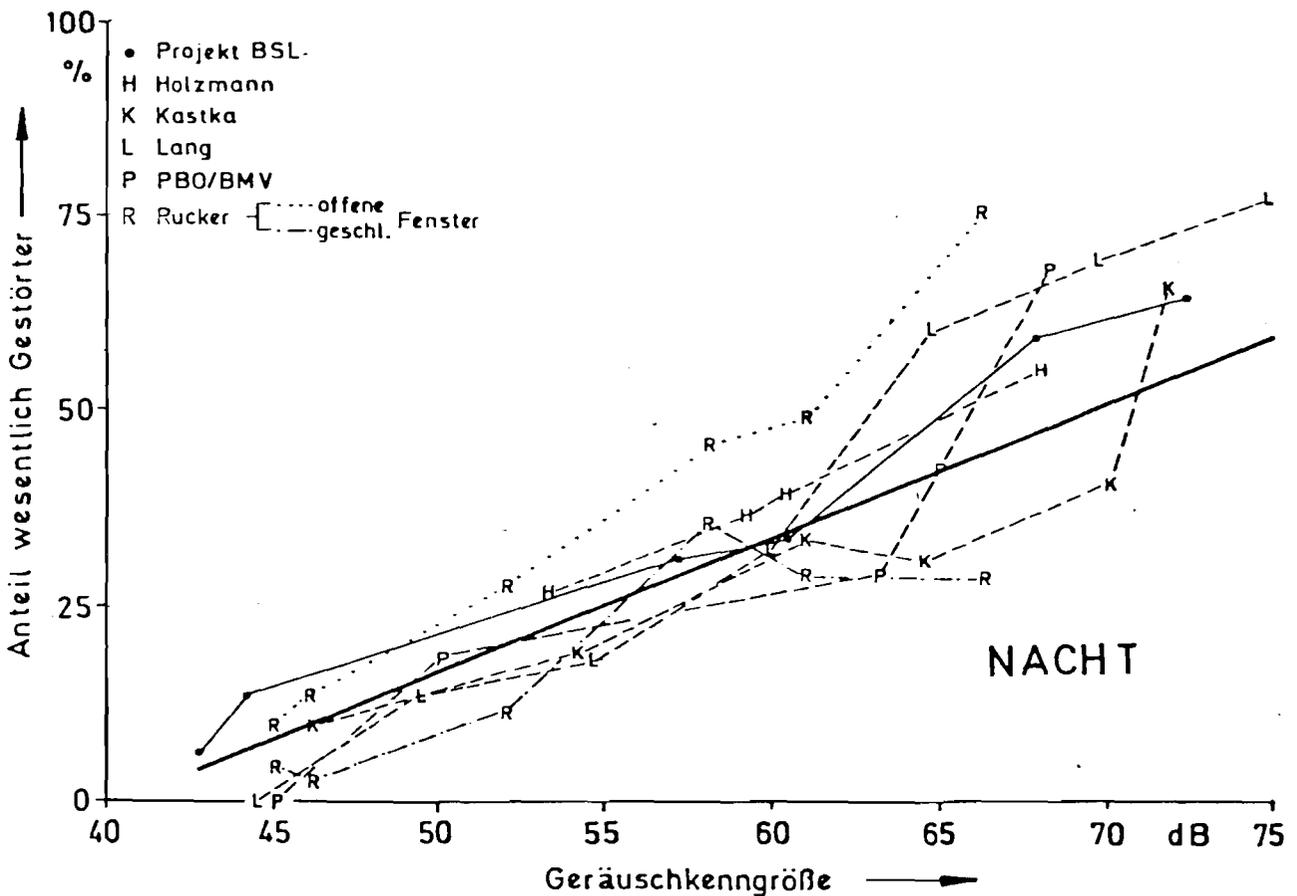
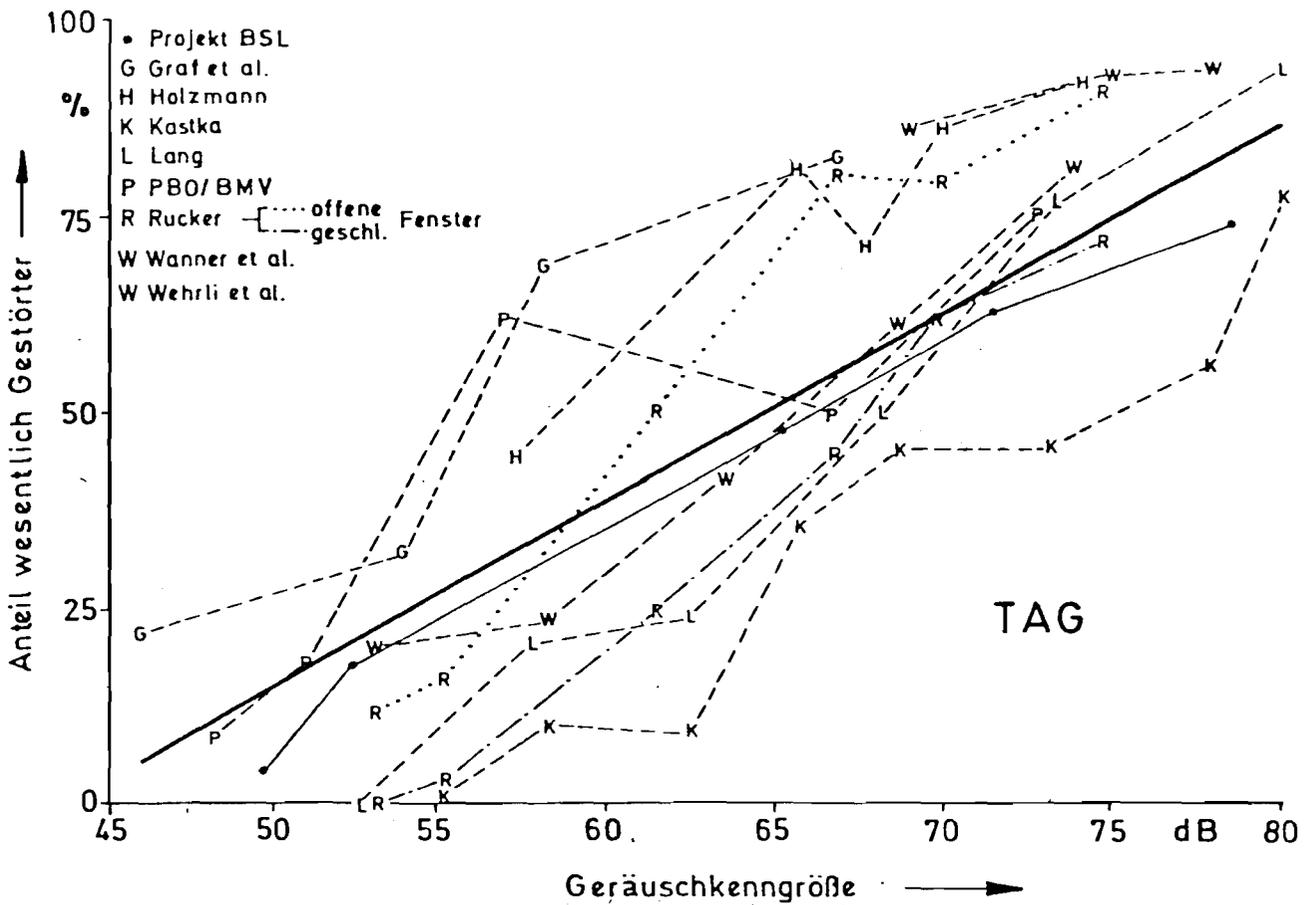


Abb. 30: Zusammenhang zwischen Prozentsatz "wesentlich gestörter" Personen und Geräuschkenngroßen;
 Tageszeit 06.00 bis 22.00 Uhr
 Nachtzeit 22.00 bis 06.00 Uhr

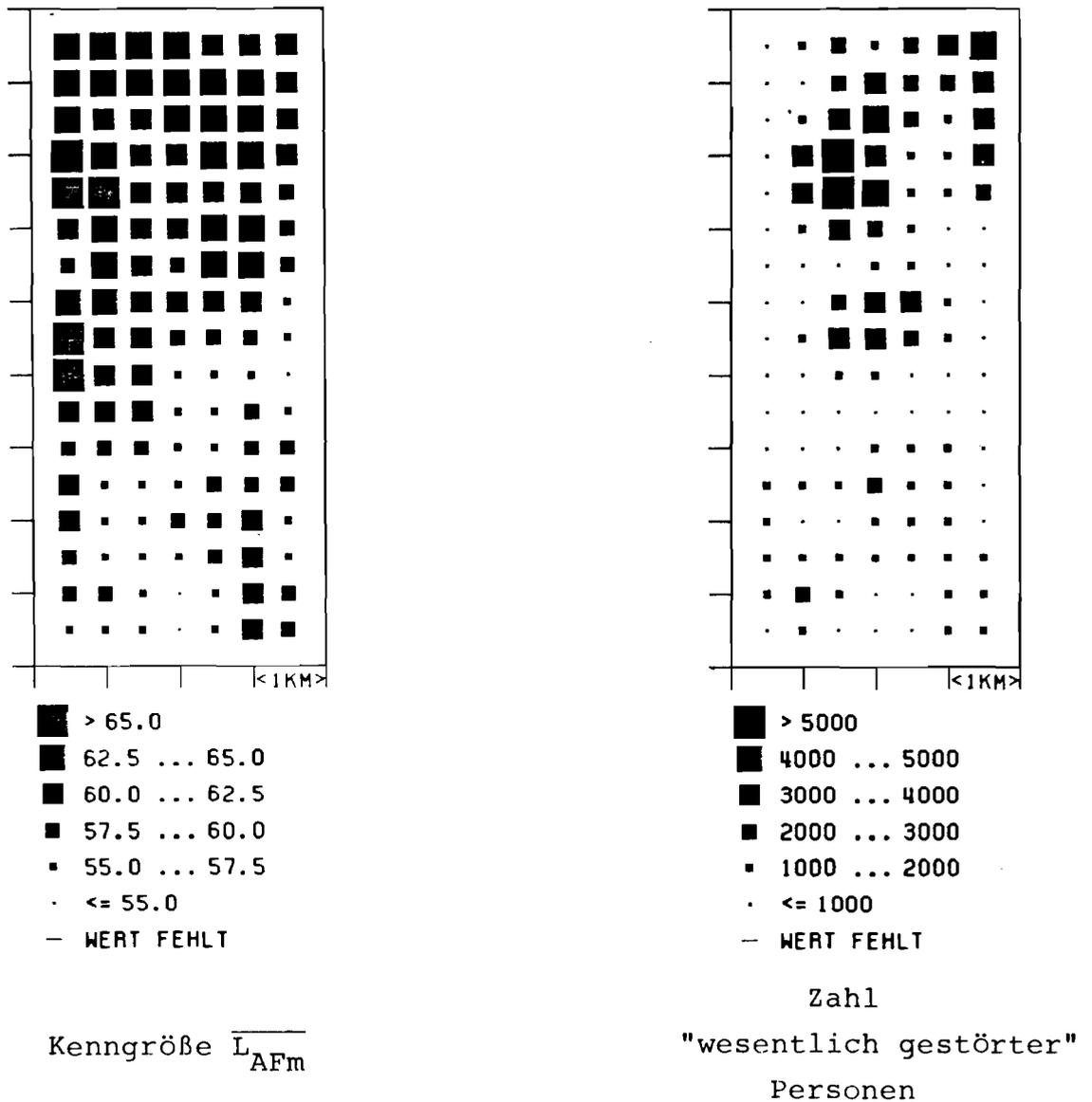


Abb. 31: Gegenüberstellung der Kenngröße \overline{L}_{AFm} und der Zahl "wesentlich gestörter" Personen im Untersuchungsgebiet; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

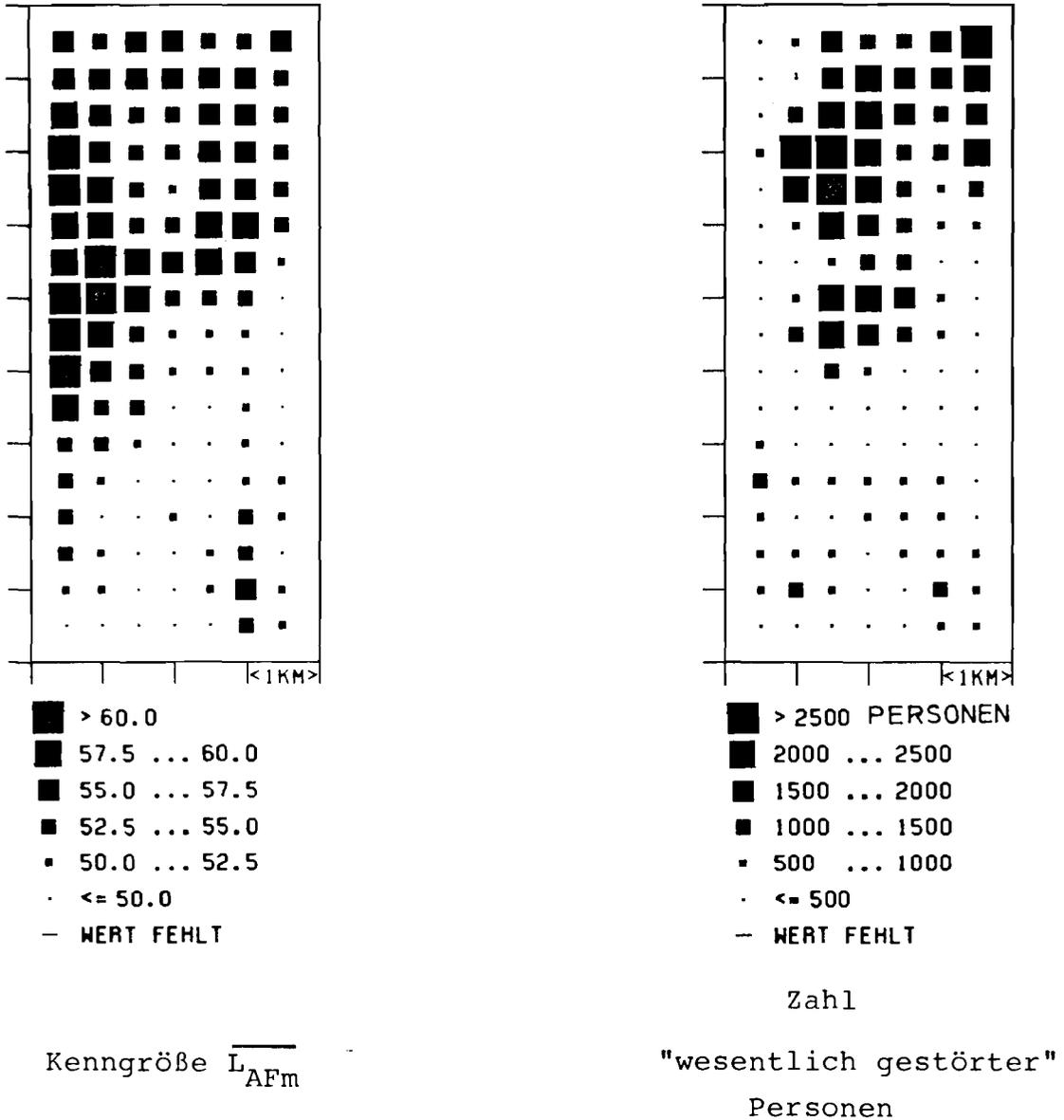


Abb. 32: Gegenüberstellung der Kenngröße $\overline{L_{AFm}}$ und der Zahl "wesentlich gestörter" Personen im Untersuchungsgebiet; Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr; Bezugsfläche 1 km²

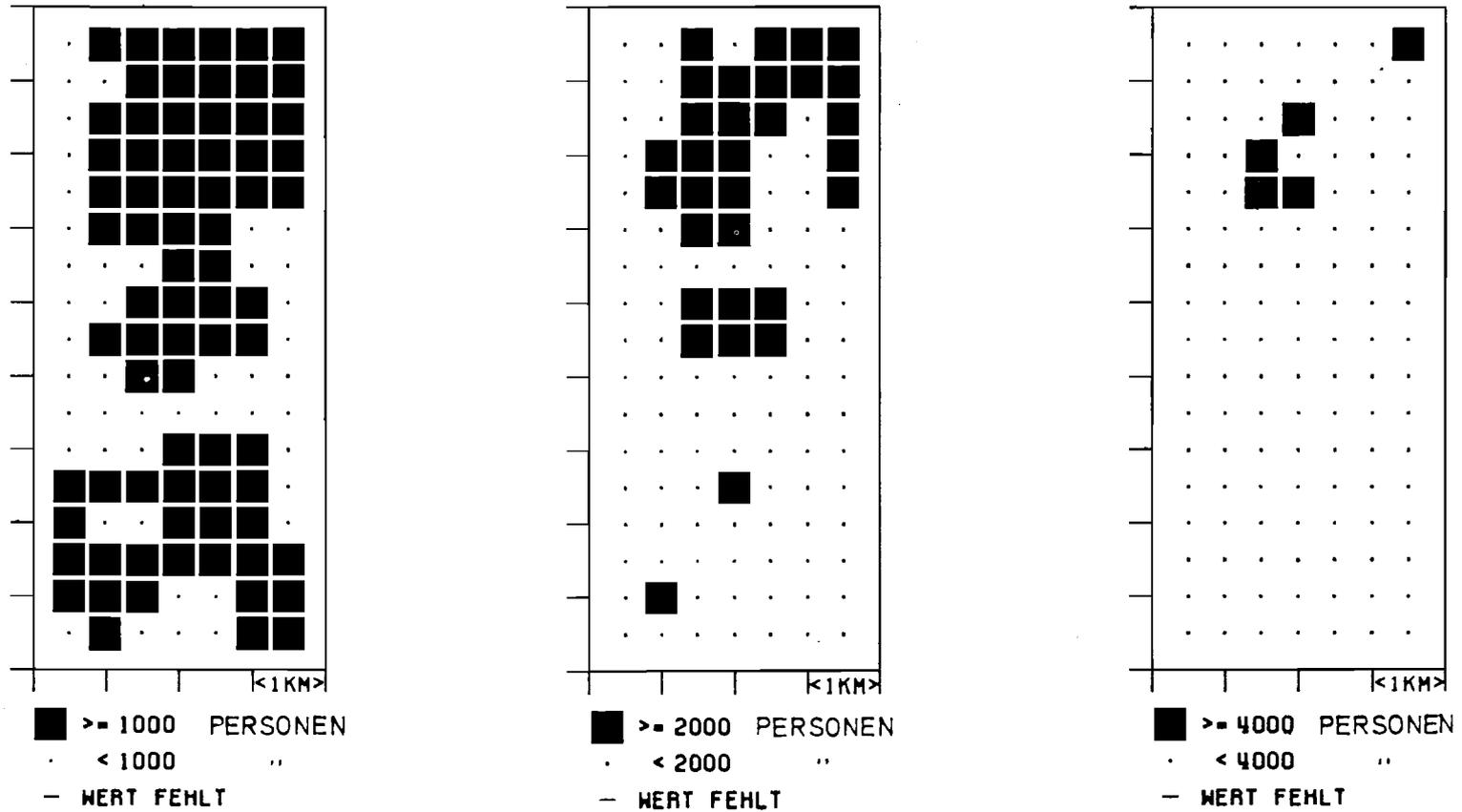


Abb. 33: Anzahl der Bezugsflächen im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von einer konstanten Zahl "wesentlich gestörter" Personen; Tageszeit 6.00 bis 22.00 Uhr, Bezugsfläche 1 km²

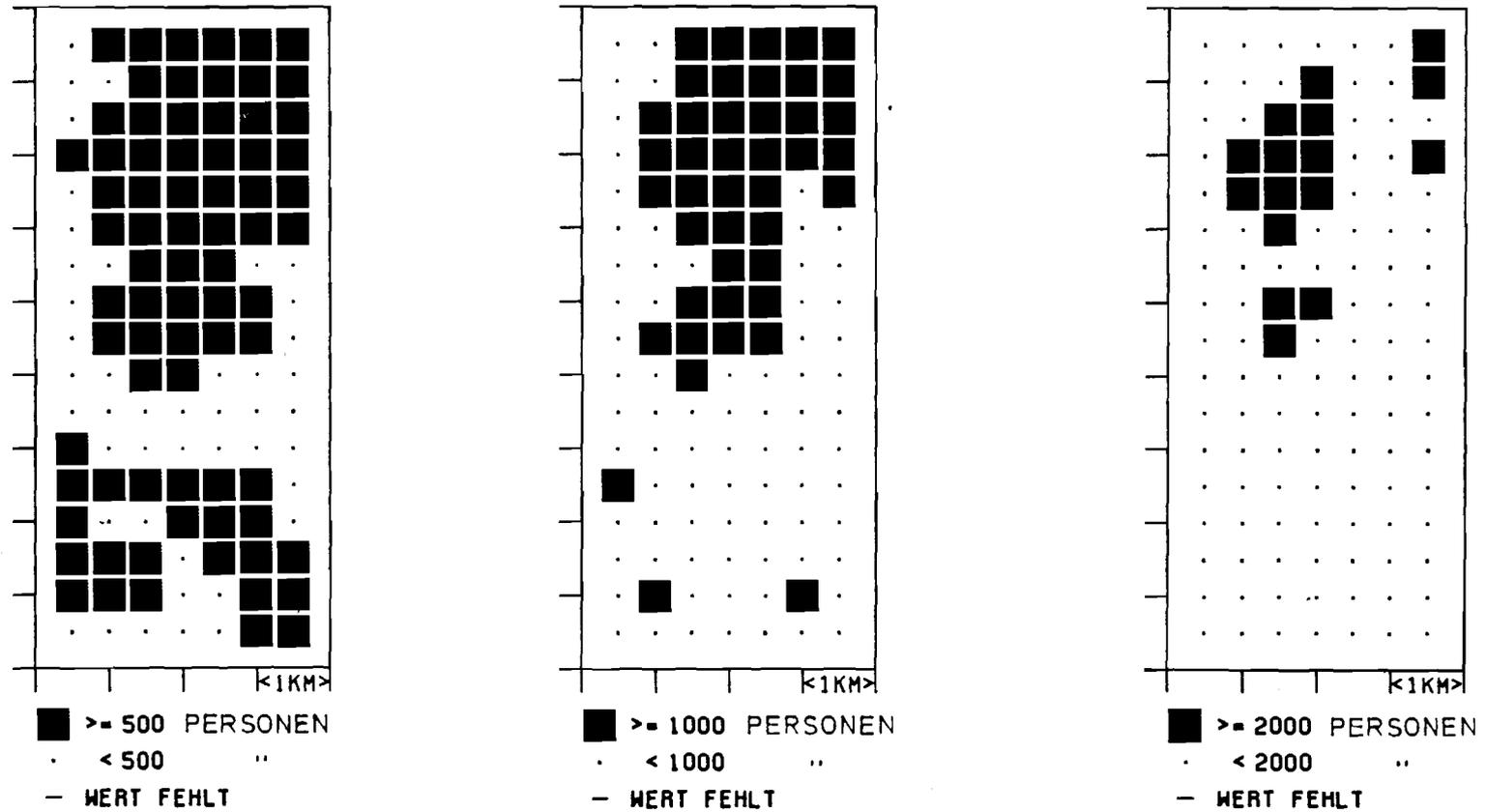


Abb. 34: Anzahl der Bezugsflächen im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von einer konstanten Zahl "wesentlich gestörter" Personen; Nachtzeit 22.00 bis 6.00 Uhr, Bezugsfläche 1 km².

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

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

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

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B.:
(In Vorbereitung) Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).
- Berichte-Nr. 30: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).

- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen (1984).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.