

Nr.9

Konzept
für
Lärminderungspläne

Herausgeber

Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW, Essen

1980

Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen

H. Strauch

Landesanstalt für Immissionschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

METHODE ZUR AUFSTELLUNG VON LÄRMMINDERUNGSPLÄNEN

H. Strauch

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

Zur Änderung der Geräuschbelastung in Ballungsgebieten mit Industrie-, Verkehrsanlagen und Wohnbebauung wird eine Methode beschrieben, mit der die Geräuschbelastung flächenbezogen ermittelt wird, so daß Teilflächen der Ballungsgebiete oder Ballungsgebiete selbst bezüglich der Geräuschbelastung zu vergleichen sind und für eine gesamtökologische Bewertung der Gebiete die Geräusche mit anderen Umweltkomponenten zu verknüpfen sowie mit volkswirtschaftlichen und bevölkerungsstatistischen Daten zu kombinieren sind.

Die Methode gibt einen Lösungsweg vor, mit dem, ausgehend von einer die Geräuschimmissionen und die Zahl der Bewohner berücksichtigenden Sollwertformulierung, eine Rangfolge der Flächen bezüglich der Belastung aufzustellen ist sowie Maßnahmen auszuwählen sind, bei deren Anwendung die Erreichung des Sollzustandes gewährleistet ist.

S u m m a r y

A method is described for the abatement of noise pollution in metropolitan areas with industries, traffic and residential buildings based upon determination of the area-specific noise pollution to facilitate comparison of the noise exposure in subdivisions of the metropolitan area as well as between metropolitan areas. For the evaluation of the ecological quality of the area under consideration the occurring noise pollution is related to other environmental aspects and combined with data pertaining to economics and population statistics.

The further methodical steps include the definition of a target value proceeding from the existing noise pollution and the population density, ranking the various sections with regard to the amount of noise pollution and selection of abatement measures which upon application will safeguard reduction of the noise pollution to the level of the target value.

E i n l e i t u n g

In dicht besiedelten Ballungsgebieten mit Industrie, Verkehrsanlagen, Freizeiteinrichtungen und Wohngebäuden ist in der Vergangenheit nicht immer genügend beachtet worden, wie die Belastung der Bewohner durch Geräuschimmissionen auf ein allgemein akzeptables Maß gehalten werden kann. Aufgrund des damaligen Standes der Technik ist es allerdings in der Vergangenheit nicht immer möglich gewesen, die Geräuschemissionen auf ein notwendiges Maß zu reduzieren, so daß heute in zahlreichen Gebieten der Bundesrepublik hohe und nach Aussagen von Medizinern gesundheitsbeeinträchtigende Geräuschbelastungen auftreten.

Die Bundesregierung und die Regierungen der Bundesländer sehen sich veranlaßt, Gebiete hoher Geräuschbelastungen zu finden, um in diesen Gebieten, ähnlich wie bei den nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) aufzustellenden Luftreinhalteplänen [1], Minderungsmaßnahmen für Geräusche durchzuführen.

Nach Angaben im Umweltbericht 1976 der Bundesregierung soll geprüft werden, ob nach dem Vorbild der Luftreinhaltepläne für bestimmte Gebiete "Entlärnungspläne (Lärminderungspläne)" aufgestellt werden können [2].

PIELOW begründet die Forderung nach Lärminderungsplänen mit Mängeln beim Vollzug des Immissionsschutzes, zum Beispiel bei der Durchführung von Minderungsmaßnahmen an Verkehrs-, Industrie- und Gewerbeanlagen; er weist darauf hin, daß die Maßnahmen häufig nicht nach einheitlichen Zielen, sondern zufällig, zum Teil aufgrund permanenter Beschwerden einzelner ausgeführt werden. Um Lärmschutzmaßnahmen wirtschaftlich sinnvoll, gerechter und zum Wohle von möglichst vielen Menschen durchführen zu können, sollte in Zukunft planmäßiger als bisher vorgegangen werden.[3].

Da bisher ausreichende Erfahrungen für die Durchführung großflächiger Minderungs- und Sanierungsmaßnahmen bezüglich der Geräuschbelastung in Ballungsgebieten fehlen, hat die Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LIS) als ersten Schritt zur Aufstellung von Lärminderungsplänen ein Konzept erarbeitet, aus dem zu entnehmen ist, wie bei der Auswahl und Aus-

weisung minderungsbedürftiger Gebiete vorgegangen und wie die Geräuschbelastung der Gebiete ermittelt, analysiert und gemindert werden kann.

Das Vorstellen des erarbeiteten Konzepts soll dazu dienen, das hier beschriebene Vorgehen mit anderen möglichen Vorgehen zu vergleichen, Vor- und Nachteile verschiedener Konzepte abzuwägen und ggf. ein Optimum der Durchführung zu erreichen.

1. V o r a u s s e t z u n g e n f ü r d i e A u f s t e l - l u n g e i n e s P l a n s

Voraussetzung zur Entwicklung einer wirksamen Methode zur Aufstellung eines Lärminderungsplans ist die präzise Formulierung des Ziels, das durch den Lärminderungsplan erreicht werden soll. Das Ziel kann in Haupt- und Nebenziele gegliedert sein. Erst nach Festlegen des Ziels kann das strategische Konzept für den Plan entwickelt werden, das aus mehreren denkbaren Lösungswegen zur Erreichung des Ziels einen realisierbaren Lösungsweg auswählt und festlegt.

Im strategischen Konzept wird aufgrund der Problemanalyse die Struktur des Lärminderungsplans vorgegeben, mit der sichergestellt wird, daß die bei der Durchführung des Plans beteiligten Größen - Emission, Schallausbreitung, Immission, Geräuschwirkung, Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen - so ermittelt, analysiert, kontrolliert und miteinander verknüpft werden, daß das Planziel zu erreichen ist.

Im Konzept sind ebenfalls Kriterien zur Auswahl zu untersuchender Gebiete zu nennen, mit denen ein Gebiet auch dann schon ausgewählt werden kann, wenn die Geräuschbelastung des Gebietes noch nicht bekannt ist. Zum strategischen Konzept gehören auch Angaben über den Inhalt des Plans mit dem der Aufwand bei der Ausführung des Plans - Kosten/Nutzen - abzuschätzen ist sowie die Definition spezieller Systemgrößen, die die Zielvorgabe und der gewählte Lösungsweg fordern.

Das Durchführungskonzept enthält die Einzelheiten zur Realisierung des im strategischen Konzepts erarbeiteten Lösungsweges. Zum Durchführungskonzept gehört insbesondere die Formulierung des gewünschten Sollzustandes der in einem Gebiet vorliegen sollte;

weiterhin gehört zum Durchführungskonzept die Ermittlung des Istzustandes und bei Abweichung des Istzustandes vom Sollzustand die Vorgabe von Maßnahmen zur Erreichung des Sollzustandes. Ebenfalls gehört zum Konzept die Kontrolle der ausgeführten Maßnahmen; ob der geforderte Sollzustand tatsächlich erreicht wurde.

Bei der Auswahl von Minderungsmaßnahmen ist eine Prognose über die zeitliche Entwicklung der Geräuschbelastung - Trendprognose - zu beachten.

Im Bild 1 ist das methodische Vorgehen zum Aufstellen eines Lärm-minderungsplans als Ablaufschema dargestellt, aus dem die Dreiteilung des Plans mit den einzelnen Verfahrensvorgängen zu erkennen ist.

2. Ziele des Lärm-minderungsplans

Für die Verbesserung der Geräuschsituation in Ballungsgebieten durch Lärm-minderungspläne werden folgende Haupt- und Nebenziele als notwendig angesehen:

2.1 Hauptziele :

Für Ballungsgebiete von Industrie, Verkehrsanlagen, Freizeiteinrichtungen und Wohngebäuden sind Maßnahmen zu nennen, mit denen erreicht wird, daß die Wirkung der Geräusche bei den Bewohnern dieser Gebiete unterhalb einer vorgegebenen Grenze gehalten wird.

Das Hauptziel des Plans ist grundsätzlich an der Geräuschwirkung zu orientieren, da in der Praxis nur eine Minderung der auf den Menschen bezogenen Geräuschwirkung als Verbesserung der Geräuschsituation von den Bewohnern empfunden wird.

2.2 Nebenziele :

2.2.1 Die Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen zur Erreichung des Sollzustandes ist an der Geräuschwirkung selbst oder hilfsweise an einem Indikator für die Geräuschwirkung zu kontrollieren.

Durch die Formulierung dieses Nebenziels wird die Kontrolle der ausgeführten Minderungsmaßnahmen bezüglich ihrer prognostizierten Wirksamkeit sichergestellt; weiterhin wird durch dieses Unterziel kontrolliert, ob der Sollzustand tatsächlich erreicht wurde oder ob zusätzliche Maßnahmen zum Erreichen des Sollzustandes notwendig sind.

2.2.2 Die Gebiete oder Teile der Gebiete müssen bezüglich der Geräuschbelastungs-Kennzeichnung untereinander vergleichbar sein.

Beim Durchführen von Lärminderungsplänen werden wirtschaftliche Faktoren wie Finanzmittel der öffentlichen Hand, Termine für die Verfügbarkeit der Finanzmittel u.ä. zu berücksichtigen sein. Nicht in allen Gebieten werden aus finanziellen Gründen gleichzeitig Minderungsmaßnahmen in dem Umfang möglich sein, daß ein akzeptables Maß der Geräuschwirkung erreicht wird. Um Prioritäten für die Durchführung von Maßnahmen in den verschiedenen Gebieten vorgeben zu können, ist eine Rangfolge der Gebiete hinsichtlich ihrer Geräuschbelastung aufzustellen; die Aufstellung einer Rangfolge ist nur möglich, wenn die Gebiete hinsichtlich ihrer Geräuschbelastung vergleichbar sind.

2.2.3 Die Kennzeichnung der Geräuschbelastung soll mit bevölkerungsstatistischen und volkswirtschaftlichen Kenngrößen verknüpfbar sein.

2.2.4 Die Geräuschbelastung soll mit anderen Umweltkomponenten kombinierbar sein.

Durch die Formulierung der beiden letztgenannten Nebenziele wird erreicht, daß bei der Gesamtbetrachtung aller ökologisch wichtigen, wie auch der volkswirtschaftlich und bevölkerungspolitisch wichtigen Einflußgrößen eines bestimmten Gebietes, die Einflußgrößen

miteinander in Verbindung gebracht werden können, um eine Entscheidung über die Gesamtsituation bei Berücksichtigung der einzelnen Teilkomponenten treffen zu können. Die Formulierung dieses Nebenziels erlaubt die Einbindung des Lärminderungsplans in einen ökologischen Gesamtplan zur Verbesserung der Umweltsituation eines Gebietes.

2.2.5 Die Langzeitentwicklung der Geräuschbelastung muß erkennbar sein - zeitlicher Trend -.

Mit diesem Nebenziel soll verhindert werden, daß evtl. Maßnahmen aufgrund von Istzustandsermittlungen ausgeführt werden, die nur kurzfristig oder garnicht wirksam sein können, da maßgebende Schallquellen außer Betrieb gesetzt werden und somit als Geräuschemittenten ausfallen.

3. S t r a t e g i s c h e s K o n z e p t

3.1 S t r u k t u r d e s P l a n s

Im strategischen Konzept ist die Struktur des Plans - der innere Aufbau mit dem Bezugs- und Regelsystem für die einzelnen Plan-elemente Emission, Schallausbreitung, Immission, Wirkung - so festzulegen, daß die vorgegebenen Ziele erreicht werden können.

Zur Festlegung der Struktur des Plans ist das mit dem Lärminderungsplan zu lösende Problem bezüglich des hier vorliegenden Problemtyps zu analysieren.

Aufgrund der Zielformulierung - in einem Gebiet sind Minderungsmaßnahmen einzuleiten, wenn der Istzustand den geforderten Sollzustand überschreitet - was nur durch Vergleich des Ist- mit dem Sollzustand zu prüfen ist, ist das hier zu lösende Problem vom Typ "Vergleich zweier Situationen bzw. Zustände". Abhängig vom Vergleich sind Maßnahmen durchzuführen, die an den einzelnen Planelementen möglich sind. Planstrukturen die diese Aufgabe lösen sind von der Art eines Steuerkreises mit Rückkopplung, sog. Regelkreise. Das Kennzeichnende von Regelkreisen ist der Vergleich eines Sollwertes mit einem Istwert. Abhängig vom Vergleichsergebnis kann die zu steuernde Größe durch Maßnahmen geändert werden; ein erneuerter Soll-/Istvergleich erlaubt die Kontrolle der vorgenommenen Maßnahmen.

Die "direkte" Lösung des Problems, d.h. die Lösung, bei der der Vergleich des Istzustandes mit dem Sollzustand entsprechend der Zielvorgabe bei der Geräuschwirkung und nicht bei den Geräuschimmissionen oder Geräuschemissionen vorzunehmen ist, fordert eine Planstruktur, in der die Erhebungen des Istzustandes wie auch die Vorgabe des Sollzustandes an Kenngrößen der Geräuschwirkung auf den Menschen ausgerichtet ist. Im Bild 2 ist die Planstruktur der direkten Lösung dargestellt.

Die durch Geräusche hervorgerufene Wirkung beim Menschen ist von physiologischer und psychologischer Art und somit einer einfachen meßtechnischen Erfassung nicht immer zugänglich. Hinweise über Wirkungen psychologischer Art, die bei der Anwendung von Lärm-minderungsplänen zu berücksichtigen sein werden, sind nur durch Feldstudien - durch Befragungen der Bewohner - zu bekommen.

Die Verfahren derartiger Feldstudien sind zur Zeit noch nicht standardisiert, so daß die Forderung des Nebenziels - Vergleich der Gebiete oder Vergleich von Teilen der Gebiete bezüglich der Belastung untereinander - nicht zu realisieren ist.

Zur Verwirklichung des Lärm-minderungsplans ist wegen der bestehenden Schwierigkeiten bei der Erfassung der Geräuschwirkungen zweckmäßig eine Planstruktur zu wählen, die nicht direkt an der Geräuschwirkung ausgerichtet ist, sondern an der der Wirkung auslösenden Größe, an den Geräuschimmissionen - Indikator der Wirkungen -. Im Bild 2 ist die Planstruktur dieser "indirekten" Lösung aufgezeigt.

Voraussetzung für diesen in der vorhandenen Kausalkette Emission-Immission-Wirkung rückwärts ausgeführten Schritt ist der Nachweis der Zulässigkeit, der durch allgemeine Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wirkung von den Immissionen erbracht werden kann. Beim Übergang von der Wirkung zur Immission tritt bezüglich der Zielvorgabe ein Informationsverlust auf, der aber wegen der einfachen Ermittlung der Immissionen gegenüber den noch nicht ausgereiften Verfahren zur Wirkungsermittlung in Kauf zu nehmen ist.

Neben der Planstruktur in Form eines Regelkreises ist eine weitere Planstruktur denkbar in Form der reinen Steuerung, einer Steuerung der Kette Emission-Immission-Wirkung bzw. der Kette Emission-Immission. Das Kennzeichnende der Steuerung ist der offene Ablauf von

der Ursache - hier den Emissionen - zur Wirkung. Steuerungen enthalten keinen Soll-/Istvergleich, von dem aus Maßnahmen eingeleitet und kontrolliert werden. Mit Planstrukturen in Form einer Steuerung sind nur dann befriedigende Ergebnisse zu erzielen, wenn die Zielvorgabe des Lärminderungsplans nicht an einen Vergleich mit einem Sollzustand geknüpft wäre, sondern wenn das Ziel formuliert wäre: In einem Gebiet sind Maßnahmen durchzuführen um die Geräuschbelastung so gering wie möglich zu machen. Bei einer derartigen Zielformulierung sind alle Maßnahmen auszuführen, die unter den vorhandenen Sachzwängen möglich sind, die aber nicht an der Geräuschwirkung orientiert sein müssen. Durch den fehlenden Vergleich zwischen Istzustand und gefordertem Sollzustand stellt sich nach Ausführen der Maßnahmen ein Zustand der Geräuschmissionen bzw. der Wirkung ein, der nicht kontrolliert wird und somit als zumutbar und nicht verbesserbar angesehen wird. Im Bild 3 sind die Planstrukturen "Regelkreis" und "Steuerung" gegenübergestellt.

3.2 Auswahl belasteter Gebiete

Das für die Aufstellung des Plans vorgegebene Ziel "in einem bestimmten Gebiet unzulässige Wirkungen der Geräusche durch Maßnahmen zu ändern", stellt primär die Frage nach dem Gebiet selbst, in dem diese Maßnahmen durchzuführen sind.

Ein unzulässig belastetes Gebiet ist erst nach einer Untersuchung der Geräusche in dem Gebiet exakt abzugrenzen. Um dennoch den Lärminderungsplan in Gang setzen zu können, ist Vorwissen über die Geräuschbelastung in bestimmten Gebieten sowie über die Anzahl der Bewohner dieser Gebiete zu benutzen; hierbei sind z.B. Fragen zu beantworten nach verwertbaren Informationen aus anderen Untersuchungen, die eine Abgrenzung des Gebietes erlauben oder nach anderen Ersatzkriterien, die für die Auswahl eines Gebietes brauchbar sind, um so mit guter Näherung die erst durch gezielte Untersuchungen exakt vorzugebenden Gebietsgrenzen schätzen zu können.

Als Ersatzkriterien zur Festlegung eines belasteten Gebietes sind beispielhaft zu nennen:

Anzahl der Schallquellen mit ihren Schalleistungen
innerhalb eines Gebietes und in den Randflächen

außerhalb des Gebietes.

Flächennutzung eines Gebietes.

Energieumsetzung innerhalb eines Gebietes.

Bevölkerungsdichte eines Gebietes.

Inhalte von Beschwerdestatistiken über ein Gebiet.

Die hier genannten Beispiele der Ersatzkriterien sind nicht vollständig und könnten durch weitere Größen ergänzt werden.

Um über die Anzahl und die Schalleistung der Schallquellen eines Gebietes ausreichende Kenntnisse zu bekommen, sind umfangreiche Erhebungen über die Emission anzustellen, die nur zur Auswahl zu untersuchender Gebiete nicht gerechtfertigt sind.

Zur Ermittlung der Energieumsetzung in einem Gebiet ist ebenfalls wie bei der Ermittlung der Schallquellenanzahl ein Erhebungsaufwand erforderlich, der nur zur Auswahl von Gebieten als zu groß angesehen werden muß.

Beschwerdestatistiken geben in den meisten Fällen kein objektives Bild der tatsächlichen Geräuschbelastung eines Gebietes wieder, da geräuschspezifische Einflußgrößen, wie sozialer Status der Bewohner, Gesetz- und Vorschriftenkenntnisse der Beschwerdeführer bei Beschwerden mitbestimmend sind und somit als Auswahlkriterium für eine vergleichbare Behandlung unterschiedlicher Gebiete ungeeignet sind.

Die Flächennutzung innerhalb eines Gebietes kann als Ersatzkriterium herangezogen werden, wenn alle zur Untersuchung in Frage kommenden Gebiete durch Flächennutzungs- oder Bebauungspläne in ihrer Nutzung fixiert wären. Die Auswahl der Gebiete könnte dann z.B. abgestellt werden auf die bauliche Nutzung der Grundstücke mit überwiegender Wohnbebauung, also WR-, WA-, MI-Gebiete. Zu Schwierigkeiten bei der Auswahl von Gebieten wird es immer dann kommen, wenn keine Bauleitplanung in dem Gebiet vorhanden ist. Hier könnte nur dann die Flächennutzung als geeignetes Auswahlverfahren gelten, wenn im Plan Kriterien für die Beurteilung der tatsächlichen Nutzung einer Fläche vorgegeben würden.

Die Bevölkerungsdichte ist neben der Flächennutzung als geeignetes

Auswahlkriterium für Gebiete anzusehen. Aus Untersuchungen, die von GALLOWAY [4] in den USA durchgeführt wurden, ist einerseits bekannt, daß mit zunehmender Bevölkerungsdichte die Geräuschemissionen in einem Gebiet ansteigen zum anderen scheint es gerechtfertigt, die Geräuschbelastung in Gebieten mit einer hohen Bevölkerungsdichte und damit einer großen Anzahl von Bewohnern gegenüber Gebieten mit wenig Bewohnern vordringlich zu mindern.

Um den Lärminderungsplan in Gang setzen zu können, sind Vereinbarungen über zu untersuchende Gebiete zu treffen, die ohne großen Erhebungsaufwand ausgewählt werden können. Wegen der bekannten Abhängigkeit der Geräuschemissionen von der Bevölkerungsdichte und der Kenntnis über die Umweltbelastung in Ballungsgebieten der Bundesländer, die durch die Ausweisung als Belastungsgebiete im Rahmen von Luftreinhalteplänen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz dokumentiert ist, wird folgender Vorschlag für zu untersuchende Gebiete gemacht:

Zu untersuchende Gebiete (Untersuchungsgebiete), in denen unzulässige Wirkungen auftreten können, sind

die Gebiete, für die Luftreinhaltepläne aufgestellt werden,

die Stadtgebiete der kreisfreien Städte mit einer Stadtfläche $> 150 \text{ km}^2$ und einer Einwohnerzahl $> 200 \text{ 000}$.

Im Bild 4 sind die nach dem Vorschlag in Frage kommenden Untersuchungsgebiete von Nordrhein-Westfalen skizziert.

Die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz für die Umweltkomponente "Luftverunreinigende Stoffe" aufgestellten Belastungsgebiete lassen wohl einen Bezug zu vorhandenen Geräuschbelastungen vermuten, sind aber insbesondere wegen der unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen der luftverunreinigenden Stoffe gegenüber Geräuschen nicht als optimal für die Zielsetzung des Lärminderungsplans anzusehen. In den Untersuchungsgebieten der Luftreinhaltepläne sind Flächen enthalten, die frei von Wohnbebauungen sind und somit für eine Geräuschanalyse uninteressant sind. Diese Feststellung gilt ebenfalls für die Wahl von noch größeren zu-

sammenhängenden Flächen als Untersuchungsgebiet wie z.B. der Fläche eines Regierungsbezirks.

In den kreisfreien Städten sind vermutlich ebenfalls Flächen, die unbebaut sind und somit nach dem Ziel des Lärminderungsplans zur Zeit nicht weiter zu betrachten sind. Zur Abgrenzung der Flächen in den genannten Untersuchungsgebieten, die unbebaut oder nur mit Streusiedlungen bebaut sind, von den Flächen, bei denen wegen der Bebauungsdichte anzunehmen ist, daß die Geräuschsituation vor- dringlich zu ändern ist, wird folgender Vorschlag gemacht:

Flächen innerhalb von Untersuchungsgebieten, in denen die Geräusch- situation zu ändern ist, werden Belastungsgebiete genannt.

Belastungsgebiete sind Teilgebiete eines Untersuchungsge- bietes.

Belastungsgebiete haben eine bestimmte Mindestgröße (z.B. 64 km^2) und eine bestimmte mittlere Bevölkerungsdichte (z.B. $\approx 3.000 \text{ Einwohner/km}^2$).

Durch die Vorgabe der Mindestgröße für ein Belastungsgebiet wird eine Konzentrierung durchzuführender Maßnahmen im Rahmen des Lärminderungsplans erreicht. Im Bild 5 ist am Beispiel der Stadt Essen das definierte Belastungsgebiet im Verhältnis zum gesamten Stadtgebiet aufgezeigt. Nur etwa 40 % des Stadtgebietes - diese Relation wird in etwa auch für andere Stadtgebiete gelten - sind Belastungsgebiete nach dem aufgestellten Kriterium.

Mit dieser Vorgabe soll sichergestellt werden, daß Lärminderungs- pläne die Geräuschsituation großflächig verändern; Lärminderungs- pläne sind nicht für die Lösung von Einzelmaßnahmen konzipiert.

3.3 B e z u g s g r ö ß e "E i n h e i t s f l ä c h e"

Um die für den Plan genannten Nebenziele - Vergleichbarkeit der Belastungsgebiete oder Teile der Belastungsgebiete bezüglich der Geräuschbelastung; Vergleichbarkeit der Geräuschimmissionen mit anderen Umweltkomponenten und mit volkswirtschaftlichen und be- völkerungsstatistischen Kennwerten - erreichen zu können, muß eine geeignete Bezugsgröße gewählt werden, die einen Vergleich zuläßt. Als Bezugsgrößen sind gebräuchlich der Einheitsraum, die Einheitsfläche, die Einheitslänge, Anzahl der Häuser, Anzahl

der Straßen, Anzahl der Kfz.-Fahrzeugfahrten pro Tag in einem Belastungsgebiet.

Von den genannten Größen bietet sich zur Erreichung der Unterziele des Plans die Größe "Einheitsfläche" an, da mit der Einheitsfläche ein Vergleich der Belastungs- und Belastungsteilgebiete möglich wird, außerdem der Vergleich der Geräusche mit anderen Umweltkomponenten sowie mit bevölkerungsstatistischen und volkswirtschaftlichen Kennwerten, weil diese ebenfalls flächenbezogen sind, wie z.B. die Bevölkerungsdichte (Einwohner pro km^2), Fahrstreckendichte für Fahrzeuge (Kilometerfahrstrecke pro km^2), Konzentration luftverunreinigender Stoffe pro km^2 , Staubbiederschlag pro km^2 , Geruchswerte pro km^2 .

Wegen der bestehenden Forderung nach Vergleichbarkeit wird daher als Bezugsgröße ebenfalls die Einheitsfläche vorgeschlagen. Die Form und die Flächengröße sind je nach Aufgabenstellung frei wählbar; wegen des geforderten Vergleichs und der Verknüpfung mit anderen Umweltkomponenten und volkswirtschaftlichen Daten wird daher als Bezugsgröße die Fläche eines Quadrats von 1 km Seitenlänge oder einer Teilfläche des Quadratkilometers (z.B. $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{16}$; $\frac{1}{64}$ km^2) als Bezugsgröße vorgeschlagen. Im Bild 6 ist eine schematische Übersicht der zu wählenden Bezugsgrößen angeführt.

3.4 Notwendiger Inhalt des Plans

Im Lärminderungsplan müssen alle Schritte und Maßnahmen zur Lösung des vorgegebenen Ziels aufgeführt sein. Hierzu ist folgender Inhalt des Plans erforderlich:

Maßnahmenplan für das Untersuchungsgebiet mit einer Relevanzreihe der Maßnahmen bezüglich der Kosten/Wirksamkeitsrelation.

Informationen über die Emissionen mit den Quelldaten und ihrem räumlichen und zeitlichen Bezug.

Informationen der Immissionen, mit den zeit- und raumrepräsentativen Geräuschkenngößen.

Prognose der Immissionsentwicklung im Untersuchungsgebiet, simuliert aus dem Trend der Emissionen und den Ausbreitungsbedingungen im Gebiet.

Werden die zur Zielerreichung notwendigen Informationsmengen näher betrachtet, so zeigt sich (siehe auch Bild 2), daß Informationen aus dem Emissions- und aus dem Immissionsbereich des Untersuchungsgebietes vorliegen müssen. Für die Aufstellung des Maßnahmenplans ist neben den zwei genannten Informationsbasen Emission und Immission ein Katalog von Minderungsmaßnahmen mit ihren Kosten für die Durchführung der Maßnahmen notwendig sowie ein Schallausbreitungsmodell, mit dem die Wirksamkeit auszuführender Maßnahmen geschätzt und optimiert werden kann.

In der Informationsmenge "Emission" sind die Schallquellen mit ihren räumlichen und zeitlichen Bezug aufzuführen, und zwar für den Istzustand und nach Möglichkeit für einen Prognosezeitraum von etwa 10 Jahren. Mit den prognostizierten Werten soll erkannt werden, ob durch Verändern der Emissionen oder der Immissionen die Wirksamkeit vorgegebener Maßnahmen vermindert wird oder ob die Maßnahme selbst überflüssig wird.

4. Durchführungskonzept

4.1 Formulierung des Sollzustandes

Nach der im strategischen Konzept vorgesehenen Logik des Vorgehens ist der anzustrebende Sollzustand der Geräuschbelastung in einem Gebiet an der Wirkung des Geräusches auf die Bewohner des Gebietes zu orientieren und zu kontrollieren. Der Weg zur Erreichung des Sollzustandes - Durchführungskonzept des Plans -, ist allerdings nur an den Geräuschursachen auszurichten, da nur durch technische Maßnahmen bei den Emissionen, bei der Schallausbreitung und bei den Immissionen Änderungen zu erreichen sind. Maßnahmen beim Menschen, die die Einstellung des Menschen zu einer Geräuschsituation beeinflussen, werden hier nicht berücksichtigt.

Als ersten Schritt des Durchführungskonzeptes ist der anzustrebende Sollzustand der Geräuschwirkungen in einem Untersuchungsgebiet zu formulieren. Dieser erste Schritt ist notwendig, da die Art

der Durchführung von der Sollzustandsformulierung abhängt.

Für die Angabe des Sollzustandes, der an der Wirkung orientiert ist, ist die Frage nach den verschiedenen Wirkungsarten und nach der Relevanzreihe dieser Wirkungsarten zu beantworten.

Aus medizinischer und psychologisch-soziologischer Sicht werden heute folgende Wirkungen von Geräuschen beim Menschen als relevant angesehen [5]:

Belästigung,

Aktivierung des zentralen und vegetativen Nervensystems einschließlich Schlafstörungen,

Behinderung der Kommunikation und der akustischen Umweltorientierung,

Störung bestimmter Leistungen,

Schädigung und Zerstörung der Hörsinneszellen des Innenohres.

Die Wirkungsart "Schädigung der Hörsinneszellen" wird hier nicht weiter betrachtet, da wegen der Höhe der Geräuschimmissionen in Belastungsgebieten es unwahrscheinlich ist, daß Schäden, also Zerstörungen der Hörsinneszellen des Innenohres, bei den zu erwartenden Geräuschimmissionen in den Belastungsgebieten auftreten.

Bei der Aufstellung einer Relevanzreihe für die Wirkungsarten ist davon auszugehen, daß nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz Menschen vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen sind, wobei im Gesetz schädliche Umwelteinwirkungen mit "erheblichen Belästigungen" gleichgesetzt werden.

Die Sollzustandsformulierung wird daher zweckmäßig an vorhandene Gesetze - an das Bundesimmissionsschutzgesetz - ausgerichtet, so daß als relevante Wirkungsart die "Belästigung" durch Geräusche anzusehen ist.

Für die Realisierung des Lärminderungsplans ist es vorteilhaft, wenn schon ausreichende Machtmittel - geltende juristische Gesetze - zur Durchsetzung notwendiger Maßnahmen vorhanden sind.

Nach LINDVALL und RADFORD wird Belästigung folgendermaßen definiert:

"Belästigung ist ein Gefühl des Unbehagens, welches durch Stoffe oder Umstände hervorgerufen wird, denen negative Auswirkungen auf Individuen oder Gruppen nach Ansicht der Betroffenen oder des Wirkungsempfänders zugeschrieben werden" [6].

Das Konzept des Plans ist selbstverständlich auch dann gültig, wenn statt der Wirkungsart "Belästigung" beispielsweise die Wirkungsart "Störung des vegetativen Nervensystems einschließlich Schlafstörungen" betrachtet wird.

Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wirkungsart "Belästigung" von der Geräuschmission bei einem Kollektiv von Menschen zeigen einen S-förmigen (sigmoidalen) Verlauf der Abhängigkeit zwischen der Höhe der Geräuschmissionen und dem Grad der Belästigung, wobei allgemein eine große Streuung des Belästigungsgrades bei ein und demselben Geräuschangebot zu beobachten ist. Angaben zur Belästigung von Bewohnern in Gebieten mit bestimmten Geräuschmissionen können nur als Wahrscheinlichkeitsaussagen - also nur mit einer bestimmten Fehlerbreite - gemacht werden.

Aus der Wirkungsfunktion kann die sogenannte Risikofunktion abgeleitet werden, mit der das Risiko oder die Zumutbarkeit in Prozenten des Kollektivs für einen bestimmten Grad der Belästigung angebar ist. Als Beispiel hierfür werden die von BORSKY, SHAW, VALLET, WEHRLIE, RUCKER, ROHRMANN und vom EPA (Environment Protection Agency der USA) durchgeführten Belästigungsuntersuchungen angeführt, in denen der Prozentsatz "stark gestörter" bzw. "erheblich belästigter" Bewohner in Abhängigkeit von einem Kennwert der Geräuschmissionen angegeben ist [7 bis 13].

Wegen der großen Streuung der Ergebnisse - in Abb. 7 sind die Ergebnisse zusammengestellt - und wegen der zur Zeit noch nicht standardisierten Verfahren zur Ermittlung der Wirkungsart "Belästigung" wird deshalb, wie schon im Abschnitt 3.1 über die Planstrukturen des Lärminderungsplans erläutert, die Sollzustandsformulierung an den Geräuschmissionen ausgerichtet.

Unbefriedigend ist bei einer Sollzustandsformulierung, die nur auf die Geräuschmissionen abgestellt ist, daß die Anzahl der Bewohner in der Einheitsfläche nicht berücksichtigt wird und eine

Rangfolge belasteter Gebiete nur aufgrund der Geräuschemissionen aufzustellen ist. Die Einheitsfläche mit der höchsten Geräuschemissionsbelastung hat hiernach Rangnummer 1.

Wenn beispielsweise in zwei Gebieten gleiche Geräuschemissionen, aber unterschiedliche Bevölkerungsmengen vorhanden sind, so sollte das Gebiet mit der größeren Bevölkerungsmenge die höhere Priorität zur Einleitung von Minderungsmaßnahmen bekommen. Ebenfalls muß die Frage beantwortet werden, wie Gebiete mit Schallpegelunterschieden und Bevölkerungsmengenunterschieden in eine Rangfolge zu bringen sind, wie z.B. in einem Gebiet mit einem kennzeichnenden Schallpegel von 65 dB(A) und 2.000 Menschen und ein Gebiet mit einem Schallpegel von 62 dB(A) und 5.000 Menschen bezüglich der Rangfolge zu bewerten sind.

Eine Sollzustandsformulierung die die angeführten Fragen berücksichtigt kann nicht nur an der Geräuschemission ausgerichtet sein, sondern sie muß zusätzlich die Anzahl der Bewohner in der Einheitsfläche berücksichtigen, was auch in einem Konzept des Umweltbundesamtes zur Auswahl und Aufstellung einer Rangfolge zu untersuchender Gebiete gefordert wird [14].

Es wird deshalb zur Einbeziehung der Einwohnerzahl eines Gebietes in die Sollzustandsformulierung folgender Vorschlag gemacht:

Aus bekannten, z.B. den im Abschnitt 3.2 genannten sozio-psychologischen Untersuchungen zur Wirkungsart "Belästigung" wird aus den Ergebnissen eine "durchschnittliche Belästigung" ermittelt.

Die Sollzustandsformulierung ist nun mit Hilfe dieser durch Konvention festgelegten "durchschnittlichen Belästigung" und der Bevölkerungsmenge einer Einheitsfläche, die durch die Bevölkerungsdichte bekannt ist, an der absoluten Zahl der "belästigten" Bewohner einer Einheitsfläche auszurichten und kommt somit der Zielvorstellung des Plans wieder näher, alle Maßnahmen an der Geräuschwirkung auszurichten.

Unter Berücksichtigung der "durchschnittlichen Belästigung" ist folgende Sollzustandsformulierung möglich:

In einer Einheitsfläche sind Minderungsmaßnahmen einzuleiten, wenn eine bestimmte Anzahl der Bewohner belästigt werden, z.B. Anzahl der Bewohner ≥ 1.000 .

Der Vorteil dieses Vorgehens ist das Aufstellen einer Rangfolge für das Ausführen von Minderungsmaßnahmen:

Die Einheitsfläche mit der höchsten Zahl "belästigter" Bewohner hat Rang Nr. 1 für die Durchführung von Maßnahmen.

Im Bild 7 ist die aus mehreren veröffentlichten Wirkungsuntersuchungen ermittelte Ausgleichsgerade, die "durchschnittliche Belästigung" dargestellt. Hinzuweisen ist auf die nicht genau übereinstimmenden Belästigungsgrade, die als "stark gestört", "very annoyed", "highly annoyed", bezeichnet sind und auf die unterschiedlichen Geräuschkenngrößen z.B. L_{eq} , L_{dn} , $L_{50\%}$, L_{eq} 8.00 - 20.00 Uhr.

Es ist einleuchtend, daß diese "durchschnittliche Belästigung" nicht exakt der tatsächlichen Belästigung im zu untersuchenden Gebiet entspricht; die Ungenauigkeit ist jedoch in erster Näherung zu Gunsten einer Verbesserung der Sollzustandsformulierung hinzunehmen.

Das Schema zur Ermittlung der Anzahl der durch Immissionen Belästigten pro Einheitsfläche ist im Bild 8 dargestellt.

4.2 F e s t s t e l l e n d e s I s t z u s t a n d e s

Für die Prüfung des so vereinbarten Sollzustandes in einem Belastungsgebiet - Zahl der belästigten Bewohner eines Gebietes z.B. = 1.000 - ist es erforderlich, die Geräuschimmissionen und die Zahl der Bewohner (Bevölkerungsdichte) im Belastungsgebiet festzustellen.

Ausgehend vom Hauptziel, von den Unterzielen und der daraus abgeleiteten Bezugsgröße der Geräuschimmissionen ist es notwendig, für die Belastungsgebiete das Immissionskataster, in dem zeit- und flächenrepräsentativ ermittelte Geräuschimmissionen mit einer quantitativen Aussagesicherheit dargestellt sind, sowie die Bevölkerungsdichte zu ermitteln.

Eine zeit- und flächenrepräsentative Aussage zu den Geräuschimmissionen im Belastungsgebiet fordert wegen der zeitlich und örtlich schwankenden Immissionen die Anwendung statistischer Methoden bei der Ermittlung und Darstellung der Geräuschimmissionen. Mit Anwendung dieser Methode ist ebenfalls eine Minimierung des Aufwandes - Kosten, Zeit - möglich, da es nicht erforderlich ist, zu

allen Zeiten und an allen Punkten des Belastungsgebietes die Geräuschemissionen feststellen zu müssen.

Mit den statistischen Methoden sind aufgrund von Stichprobenuntersuchungen Kenngrößen der Geräuschemissionsverteilungen im Belastungsgebiet bzw. in der Einheitsfläche mit ihren Unsicherheiten angebbbar.

Folgende Kenngrößen sind anwendbar, die auch mit statistischen Kenngrößen anderer Umweltkomponenten und mit volkswirtschaftlichen Kenngrößen vergleichbar sind:

Mittelwerte und Perzentile einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der Immissionsgrößen.

4.2.1 A u f s t e l l e n d e s I m m i s s i o n s k a t a - s t e r s

Für die Belastungsgebiete sind nach dem vorgeschlagenen Konzept - Feststellen der Immission sowie der Zahl der Bewohner - Immissionskataster aufzustellen. Aus dem Haupt- und den Unterzielen des Plans sind die Anforderung an das Kataster abzuleiten:

Die Geräuschemissionen sind flächen- und zeitrepräsentativ zu kennzeichnen.

Der Flächenbezug der Geräuschemissionen wird durch die Wahl der Bezugsfläche von 1 km² sichergestellt. Die Bezugsflächen werden zu Vergleichszwecken zweckmäßigerweise mit ihren Koordinaten dem Gauß-Krüger-Netz zugeordnet.

Für den Zeitbezug der Geräuschemissionen ist die Vorgabe eines Bezugszeitraums erforderlich, z.B. wird hier als Bezugszeitraum ein Jahr vorgeschlagen, da die Periodendauer schallausbreitungsbeeinflussender Größen wie Bewuchs, Meteorologie, wie auch die langfristige Schwankung der Emissionen des Land- und Luftverkehrs, etwa ein Jahr beträgt. Der Beurteilungszeitraum muß nicht gleich dem Erhebungszeitraum für die Immissionen sein. Der Erhebungszeitraum kann z.B. beim Straßenverkehr wie auch im Nahbereich konstant emittierender Industrieanlagen kürzer als ein Jahr sein; er muß jedoch repräsentativ für den Beurteilungszeitraum 1 Jahr sein. Im allgemeinen ist davon auszugehen, daß auch als Erhebungszeitraum 1 Jahr zu wählen ist.

Neben der Bezugsfläche und dem Bezugszeitraum ist die Art des Meßwertes sowie die mit statistischen Methoden zu schätzende Kenngröße der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Meßwerte der Einheitsfläche im Bezugszeitraum festzulegen.

Als Meßgröße für die vom Immissionskataster zu beantwortenden Fragen - Prüfung des Sollwertes - wird der A-bewertete Schalldruckpegel des Gesamtgeräusches als Funktion der Zeit ($L_{AF}(t)$) gewählt. Aufgrund von Voruntersuchungen der LIS wird als Meßwert der äquivalente Dauerschallpegel einer Meßdauer von 15 Minuten ($L_{AFm, 15 \text{ min}}$) vorgeschlagen [15]; als Kenngröße der zeit- und flächenrepräsentativ ermittelten Meßwerte wird der Schätzwert für das 0,5-Quantil der Meßwertverteilung in der Einheitsfläche während eines Jahres benutzt. Das 0,5-Quantil wird deshalb als Kenngröße gewählt, weil diese Kenngröße bei minimalem Aufwand die geforderte statistische Sicherheit erreicht.

Für die Qualität der Aussage zum 0,5-Quantil wird in Anlehnung an die im Immissionsschutz üblichen Sicherheiten gefordert, daß die statistische Sicherheit für die Grenzen des Vertrauensbereiches $\approx 75\%$ ist. Zur Verdeutlichung der Aussage eines 0,5-Quantils sei angeführt:

Das 0,5-Quantil einer Wahrscheinlichkeitsverteilung gibt an, daß 50 % der möglichen Meßwerte in der Einheitsfläche während des Bezugszeitraumes von einem Jahr oberhalb des Pegelwertes, der dem 0,5-Quantil entspricht, liegen und 50 % der Meßwerte unterhalb des 0,5-Quantil-Pegelwertes liegen.

Zur Wahl des äquivalenten Dauerschallpegels mit einer Meßdauer von 15 Minuten als Meßwert gegenüber sonst im Immissionsschutz üblichen Meßwerten (Mittelungspegeln) von 16 bzw. 8 Stunden Meßdauer ist anzumerken, daß für eine flächenbezogene Kennzeichnung der Geräuschemissionen, wegen der im allgemeinen stärkeren örtlichen Schwankung der Immissionen gegenüber der zeitlichen Schwankung an einem Meßort, kürzere Meßdauern als die zur Beurteilung von Geräuschemissionen an einem festen Ort gewählt werden können.

Die Geräuschemissionen in den Einheitsflächen des Belastungsgebietes sind anhand eines Meßplans zu ermitteln. Der Meßplan gibt vor, an welchen Meßorten zu welchen Meßterminen die Geräuschemissionen zu messen sind; der Meßplan hat u.a. die zufällig auftre-

tenden zeitlichen Änderungen der Emissionen und Ausbreitungsbedingungen und damit auch die zufälligen Änderungen der Immission zu berücksichtigen. Die Anzahl und die Lage der Meßorte sowie die Meßtermine sind so festzulegen, daß die Forderung nach zeit- und flächenrepräsentativer Kennzeichnung der Geräuschimmissionen erfüllt wird. Erreicht wird die repräsentative Kennzeichnung durch Vorgabe eines Rasters im Belastungsgebiet. An den Schnittpunkten der Rasterlinien oder im Schwerpunkt der durch die Rasterlinien gebildeten Flächen wird an zufällig ausgewählten Meßterminen die Geräuschimmission gemessen. Die Meßplanung ist so aufgebaut, daß an jedem Rasterlinienschnittpunkt mindestens 1 x im Beurteilungszeitraum die Immission gemessen wird.

Den Ergebnissen der Voruntersuchung - die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Gebiete muß durch weitere Versuche geprüft werden - ist zu entnehmen, daß z.B. bei der Wahl von 16 Meßorten in der Einheitsfläche von 1 km^2 , an denen der $L_{AFm, 15 \text{ min.}}$ -Wert der Gesamtgeräusche einmal an einem zufällig gewählten Meßtermin innerhalb des Bezugszeitraumes ermittelt wird, das 0,5-Quantil der Meßwertverteilung mit einem Vertrauensbereich von höchstens 4 dB(A) angebbbar ist.

Nach Vorlage der Meßergebnisse für das Belastungsgebiet ist eine Rangfolge der Einheitsflächen bezüglich der Immissionen und bei der Verknüpfung der Immissionen mit der "durchschnittlichen Belästigung" und der Bevölkerungsdichte eine Rangfolge der Flächen bezüglich der Anzahl "belästigter" Bewohner aufzustellen.

4.3 U n t e r s c h i e d z w i s c h e n M e s s e n u n d B e r e c h n e n d e r I m m i s s i o n e n

Der Istzustand der Geräuschimmissionen in einem Belastungsgebiet kann auf zwei methodisch unterschiedlichen Wegen festgestellt werden.

1. Durch Messen der Geräuschimmissionen.
2. Durch Berechnen der Geräuschimmissionen aus Emissionsdaten.

Die unterschiedlichen Wege werden nachfolgend - speziell für die Anwendung bei Lärminderungsplänen - diskutiert, wobei die Diskussion die im Haupt- und den Nebenzielen gestellten Forderungen

bezüglich des Gebietsvergleiches sowie der Vergleichbarkeit und Verknüpfbarkeit mit anderen Umweltkomponenten und bevölkerungsstatistischen und volkswirtschaftlichen Kenngrößen zu beachten hat.

4.3.1 M e s s e n d e r I m m i s s i o n s b e l a s t u n g

Durch Messen der Geräuschimmissionen ist die tatsächliche Geräuschsituation in einem Gebiet festzustellen. Bei dieser Art der Istzustandsermittlung sind noch keine aufwendigen Untersuchungen für das Aufstellen eines Emissionskatasters und auch keine Untersuchungen über die Ausbreitungsbedingungen im Belastungsgebiet notwendig, es ist somit kurzfristig die Feststellung der Immissionsituation des Belastungsgebietes für den Sollwertvergleich und zur Aufstellung einer Rangfolge der Einheitsflächen zur Einleitung von Minderungsmaßnahmen - unabhängig vom Bekanntsein der Emittenten und Ausbreitungsbedingungen - möglich.

Zeigt der Sollwertvergleich, daß nur eine bestimmte Anzahl von Einheitsflächen den Sollwert überschreitet, so ist nur für diese Einheitsflächen eine Ursachenanalyse vorzunehmen, um die Sollwertüberschreitung zu ergründen; für die Einheitsflächen ohne Sollwertüberschreitung entfällt die Ursachenanalyse und damit das Beschaffen von Informationen über die maßgebenden Emittenten und Ausbreitungsbedingungen.

Bei der meßtechnischen Ermittlung der Geräuschimmissionen sind allerdings bei Vorlage der Meßwerte noch keine ausreichenden Informationen über die immissionsverursachenden Emittenten vorhanden; die Ursachenanalyse wird erst nach der Entscheidung über zu untersuchende Einheitsflächen aufgrund des Sollwertvergleiches eingeleitet.

4.3.2 Berechnen der Immissionsbelastung

Die Immissionen in einer Belastungsfläche oder in einer Einheitsfläche können aus Emissionsdaten berechnet werden. Bei diesem Vorgehen ist die Immission eine transformierte Emissionsgröße. Die Richtigkeit, d.h. die Übereinstimmung der berechneten Immissionsgröße mit der tatsächlichen Immissionsgröße, hängt ab von der Güte des benutzten Rechenmodells und den der Rechnung zugrunde liegenden Eingangsdaten der Emission und den wesentlichen Daten der Schallausbreitung im Belastungsgebiet.

Für die flächenbezogene Kennzeichnung der Geräuschimmissionen muß - wie in Abschnitt 4.2.1 Messen der Immissionen angeführt - die Immissionsbelastung für jeden zufällig ausgewählten Punkt der Fläche berechnet werden. Hierfür muß die von den pegelbestimmenden Schallquellen die Emission und die zwischen Schallquelle und Immissionspunkt der Fläche vorhandenen Schallausbreitungsbedingungen mit ihren zeitlichen Variationen bekannt sein. Im allgemeinen genügt es zur Berechnung aussagekräftiger Immissionskenngrößen nicht einzelne, vermeintlich dominierende Emittenten im Belastungsgebiet zur Berechnung der Immissionen heranzuziehen; dieses Vorgehen kann zu fehlerhaften Ergebnissen führen.

Vorteilhaft ist bei der Berechnung der Immission, daß bei Überschreiten des Sollwertes im Belastungsgebiet die Emittenten und Ausbreitungsbedingungen die zu Sollwertüberschreitung geführt haben bekannt sind und für die Ursachenanalyse und Auswahl von Minderungsmaßnahmen zu nutzen sind.

Zwischen Messen und Rechnen besteht ein grundsätzlicher Unterschied bezüglich der Erfassung der tatsächlich vorliegenden Immissionen in einem Belastungsgebiet. Dieser Unterschied kann systematischer und zufälliger Art sein und ist von der Güte des Rechenmodells abhängig.

Definiert man zur Verdeutlichung des Unterschiedes die Differenz zwischen der tatsächlichen Immission und den durch Rechnen oder Messen festgestellten Immissionsdaten, so treten folgende Fehler bei der Berechnung der Immissionen auf:

Bei Aufstellung des Emissionskatasters durch unvollständiges Erfassen der wesentlichen Schallquellen,

bei der Feststellung der Schalleistung der Emittenten,

bei der Ermittlung der maßgebenden Ausbreitungsbedingungen zwischen den einzelnen Schallquellen und den Immissionsorten,

durch die Auswahl des verwendeten Rechenmodells.

Durch Überlagerung der einzelnen nicht genau angebbaren Fehler liegt bei der Berechnung der Immissionen ein Gesamtfehler vor, der in seiner Größe nicht angebbar ist und wegen der fehlenden Kontrolle durch eine meßtechnische Überprüfung der berechneten Werte nicht korrigierbar ist. Berechnete Geräuschimmissionen sind bestensfalls so genau wie die durch Messen feststellbaren Geräuschimmissionswerte.

Beim "Messen der Geräusche" treten nur Fehler durch das Meßverfahren, mit den Einzelfehlern der Meßgeräte sowie des Meß- und Auswertepersonals auf; die Fehler die bei der Ermittlung der Emission und der Ausbreitungsbedingungen auftreten, sind hier ohne Belang.

4.4 Ermittlung der notwendigen Minderung der Belastungssituation

Nachdem die Einheitsflächen aufgrund der Immissionssituation und der Bevölkerungsmenge nach den im Abschnitt 4.1 "Formulieren des Sollzustandes" genannten Kriterien zur Einleitung von Minderungsmaßnahmen ausgewählt wurden, ist für diese Flächen die notwendige Minderung - ausgedrückt in Schallpegelgrößen - zu ermitteln.

Der Zusammenhang der Schallpegelgrößen, hier das 0,5-Quantil der L_{AFm} -Werte mit der Zahl der Bewohner die als Kriterium für die Auswahl der Fläche bewählt wurde, ist über die "durchschnittliche Belästigungsfunktion" gegeben (siehe Bild 7 und Bild 8).

Wie die erforderliche Minderung der Belastungssituation einer Einheitsfläche zu ermitteln ist, ist beispielhaft im Bild 9 dargestellt.

Ist beispielsweise das 0,5-Quantil der L_{AFm} -Werte in einer Einheitsfläche mit 5000 Bewohnern zu 67 dB(A) festgestellt worden, so er-

gibt sich bei Anwenden der "durchschnittlichen Belästigungsfunktion" für 67 dB(A), daß 40 % der Bewohner der Einheitsfläche "belästigt" sind. Die absolute Zahl der "Belästigten" ist somit $N = 0,4 \cdot 5000 = 2000$ Bewohner.

Nach der Sollzustandsformulierung - Maßnahmen sind einzuleiten wenn die Zahl der Belästigten größer 1000 ist - muß in dieser Einheitsfläche das 0,5-Quantil der L_{AFm} -Werte soweit gesenkt werden, daß nur noch 1000 Bewohner, entsprechend 20 % der 5000 Bewohner - belästigt sind.

Die Wahrscheinlichkeit von 20 % "belästigter" Bewohner ist nach der durchschnittlichen Belästigungsfunktion bei einem 0,5-Quantil von 57 dB(A) gegeben. Hiernach sind zur Einhaltung des Sollwertes Minderungsmaßnahmen notwendig, die eine Änderung des flächenbezogenen 0,5-Quantils der L_{AFm} -Werte um 10 dB(A) bewirken.

Diesem Beispiel ist aber auch zu entnehmen, daß bei der gewählten Vorgehensweise der Sollzustand nicht nur durch Ändern der Geräuschimmissionen zu erreichen ist, sondern auch durch Ändern der Bevölkerungszahl in der Einheitsfläche. Der Sollzustand wäre hiernach auch dann erreicht, wenn die Zahl der Bewohner bei gleicher Immission von $A = 5000$ auf $A = 2500$ durch Aussiedlung verringert würde. Natürlich sollte zu einem späteren Zeitpunkt auch für diese 2500 Bewohner die Geräuschbelastung geändert werden. Die Änderung kann aber erst dann in Frage kommen, wenn der Lärminderungsplan mit der bestehenden Sollzustandsformulierung erfüllt ist und ein neuer, geringerer Sollwert vorgegeben wird.

4.5 Ursachenanalyse

Nach dem gewählten Vorgehen - Messen der Geräuschimmissionen und Aufstellen der Rangfolge der Einheitsflächen unter Berücksichtigung der Bevölkerungszahl ist zur Änderung der Belastungssituation durch Minderungsmaßnahmen eine Ursachenanalyse der Belastung notwendig. Wegen der beiden zur Beurteilung einer Belastungssituation und zur Aufstellung der Rangfolge benutzten Einflußgrößen - Immission und Bevölkerungszahl - kann eine Änderung der Belästigungssituation durch Ändern der Bevölkerungszahl und durch Ändern der Immissionen erreicht werden. In dem hier gewählten Konzept werden nur Maßnahmen betrachtet, die eine Änderung der

Immission bewirken.

Das Ziel der Ursachenanalyse kann somit nur sein, aufzudecken welche Geräuschquellen - also welche Verursacher - mit welchem Anteil an den ermittelten Geräuschimmissionen beteiligt sind. Nach einer erfolgreichen Ursachenanalyse sind die Geräuschquellen mit ihren Anteilen bekannt, die die zeit- und flächenbezogene Kenngröße der Geräuschimmissionen in der Einheitsfläche bestimmen. Ursachenanalysen können mit

meßtechnischen Methoden oder mit

rechnerischen Methoden (Simulationen) durchgeführt werden.

4.5.1 M e ß t e c h n i s c h e M e t h o d e

Bei der meßtechnischen Methode wird versucht, am Meßort die den Schallpegel bestimmenden Anteile der einzelnen einwirkenden Schallquellen meßtechnisch zu erfassen. Dieses Vorgehen führt zum Erfolg, wenn eine Schallquelle die Immissionen am zu betrachtenden Meßpunkt bestimmt. Strahlen mehrere Schallquellen auf den Meßpunkt ein, so ist durch Einsatz von Richtmikrofonen, Frequenzanalysatoren oder durch Rückschlüsse aus dem im Umfeld des Meßpunktes liegenden Schallfeldes mit seinen örtlichen und zeitlichen Schwankungen (Korrelationsanalyse) der Anteil der einzelnen Quellen festzustellen.

Nicht immer wird diese Methode zum gewünschten Ziel führen, da z.B. ähnliche Frequenzzusammensetzungen bei den einzelnen einwirkenden Geräuschen vorliegen können und eine Frequenzanalyse hierbei keine Unterscheidung erlaubt; wenn z.B. mehrere Schallquellen aus einer Richtung einstrahlen und die Untersuchung dieser Quellen durch Richtmikrofone nicht möglich ist und somit der Schallpegelgradient nicht zu bestimmen ist. Die Kenntnis des Gradienten ist aber notwendig, um an der Quelle oder auf dem Ausbreitungsweg die "richtige", d.h. die in ihrer Wirksamkeit ausreichende Minderungsmaßnahme vorzuschlagen.

4.5.2 Rechnerische Methode - Simulation der Immissionen -

Die rechnerische Methode benutzt zur Klärung der Abhängigkeiten zwischen Immissionen und Emissionen ein Rechenmodell, mit dem aus den Emissionsdaten die Immissionen berechnet werden.

Die Güte der Simulation, also die Übereinstimmung der berechneten mit der gemessenen Geräuschimmission einer Einheitsfläche hängt vom Bekanntsein folgender Einflußgrößen ab:

Schallquellen mit ihren Schalleistungen, in deren Einwirkungsbereich die zu betrachtende Einheitsfläche liegt, also auch Schallquellen, die außerhalb eines Belastungsgebietes liegen.

Richtwirkung der Schallquellen sowie Zeit- und Frequenzabhängigkeit der Emissionsgrößen (Emissionskataster).

Hindernisse mit ihren Abmessungen und ihrer räumlichen Anordnung zwischen Schallquelle und Immissionspunkt. Zu den Hindernissen gehören die Gebäudeumfassungsteile bei eingehausten Schallquellen, zum Beispiel Wände, Türen, Fenster, Lüftungsöffnungen, Schalldämpfer sowie die von Schallquellen entfernt liegenden Hindernisse wie Häuserzeilen, Wälle, natürliche Bodenerhebungen und Bepflanzungen (Kataster der Ausbreitungsbedingungen).

Die genannten Eingangsdaten für eine Simulation, die man wegen des örtlichen Bezugs zu den Einheitsflächen zweckmäßigerweise mit Kataster bezeichnet, werden hinsichtlich der anzuwendenden Mindestmaßnahmen wie auch hinsichtlich der rechtlichen Möglichkeiten zur Durchsetzung der Maßnahmen zweckmäßigerweise eingeteilt in die Bereiche

Industrie und Gewerbe,

Verkehr und

Freizeit.

Für den Verkehr sind Emissionsteilkataster je nach Aufgabenstellung aufzustellen, und zwar Kataster des Land- und Wasserverkehrs, wobei der Landverkehr noch in Straßen- und Schienenverkehr unterteilt werden kann.

Beim Aufstellen der Emissionsteilkataster Industrie und Gewerbe sind Informationen von den Betreibern und von den Genehmigungsbehörden heranzuziehen. Die Informationen der Betreiber und der Genehmigungsbehörden werden im allgemeinen nicht ausreichen, da bei den Betreibern geräuschverursachender Anlagen die geräusch-kennzeichnenden Daten aller Anlagen sicher nicht bekannt sind. Ebenfalls sind von den Genehmigungsbehörden keine lückenlosen Informationen über die relevanten Schallquellen zu erhalten, da eine Vielzahl von Quellen, die die Immissionssituation mitbestimmen, nicht zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen gehören.

Für das Aufstellen des vollständigen Emissionskatasters Industrie und Gewerbe werden daher zusätzliche meßtechnische Ermittlungen der Schallemissionen notwendig sein.

Für das Emissionskataster Verkehr sind Daten der Städte und Gemeinden über die Geräuschemission der zu betrachtenden Anlagen heranzuziehen. Sind diese Daten nicht zu bekommen, müssen auch hier durch meßtechnische Erhebungen an den Verkehrsanlagen die Geräuschkenngößen der Emissionen ermittelt werden.

Für das Emissionskataster "Freizeit" sind zur Zeit keine ausreichenden Informationen über die Schalleistungen, über das Zeit- und Frequenzverhalten, wie über evtl. Richtwirkungen von Freizeitanlagen bekannt. Hier müssen durch meßtechnische Erhebungen, die den Erhebungen bei industriellen bzw. gewerblichen Anlagen ähnlich sind, die Emissionsdaten der Anlagen ermittelt werden.

Bei der Sammlung der Daten für das Emissionskataster, sollten nach Möglichkeit zeitliche Änderungen, die die Zahl der Schallquellen eines Gebietes wie auch die Intensität der Schallquellen betreffen, berücksichtigt werden. Es ist daher zweckmäßig zu den Emissionskatastern der Industrie-, Verkehrs- und Freizeitanlagen eine Trendprognose über die zeitliche Entwicklung der Schallquellen, z.B. in den nächsten 10 Jahren zu erstellen, um mit Kenntnissen aus der Trendprognose Investitionen für Minderungsmaßnahmen zu vermeiden, die wegen evtl. Wegfalls von Schallquellen nur kurzzeitig wirksam sein könnten.

Mit den Emissionskatastern und den maßgebenden Schallausbreitungsbedingungen ist unter Einsatz eines geeigneten Rechenmodells, wie zum Beispiel das in der VDI 2714 "Schallausbreitung im Freien" beschriebene oder das vom TÜV Rheinland im Auftrag des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen entwickelte Rechenprogramm, die Immissionen an den Aufpunkten in der Einheitsfläche, die den Meßpunkten der Immissionsmessung entsprechen, zu berechnen [16, 17].

Aus den Rechenergebnissen für die einzelnen Aufpunkte der Einheitsfläche ist wie bei der meßtechnischen Methode zur Feststellung der Ursachen aus den berechneten Immissionseinzeldaten die flächen- und zeitbezogene Kenngröße der Geräuschemissionen - hier der gerechneten Geräuschemissionen - zu bestimmen. Diese durch Rechnung gewonnene Immissionskenngröße wird mit der durch Messen ermittelten Kenngröße verglichen und ist bei Abweichungen zu korrigieren.

Für das Korrigieren sind keine allgemein gültigen Regeln anzugeben, da bei der Simulation nicht bekannt ist, welche Einflußgrößen mit den wesentlichen Fehlern behaftet sind; es müssen deshalb die Eingangsdaten und Parameter so variiert werden, daß die Differenz zwischen meßtechnisch festgestellter Kenngröße und rechenmäßig ermittelter Kenngröße ein Minimum wird.

Nach der Überprüfung der Simulation ist die Wirksamkeit anwendbarer Minderungsmaßnahmen zu bestimmen.

4.6 A u f s t e l l e n d e s M a ß n a h m e n k a t a l o - g e s

Das Emissionskataster, das Kataster der Ausbreitungsbedingungen sowie die Ursachenanalyse der Immissionen dienen nur dem Zweck, die Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen, die zur Einhaltung des Sollwertes der Geräuschbelastung in der Einheitsfläche notwendig sind, abzuschätzen. Um dieses Ziel erreichen zu können, ist zusätzlich zu den vorgenannten Katastern der Emission, der Ausbreitungsbedingungen und der Immission ein "Maßnahmenkatalog" notwendig.

Der Maßnahmenkatalog nennt für die Schallquellen, die eine Sollwertüberschreitung in einem Gebiet mitverursachen, mögliche

Minderungsmaßnahmen und deren Kosten. Der Maßnahmenkatalog wird zweckmäßigerweise eingeteilt in einen Katalog von Maßnahmen primärer Art und sekundärer Art.

Maßnahmen primärer Art sind zum Beispiel:

Änderungen der Technologie eines Fertigungsprozesses, Kapselung der Maschine oder Anlage, Einhausung der Anlage, Errichten von Hindernissen, Auslagerung der Anlage.

Sekundäre Maßnahmen sind der Einbau von Schallschutzfenstern und Verbesserungen der Schalldämmung der Wohnungswände und -decken. Zusätzlich zu den Maßnahmen primärer und sekundärer Art können noch organisatorische Maßnahmen angewandt werden, wie z.B. zeitliche Beschränkung der Emissionen, Geschwindigkeitsbeschränkungen bei Verkehrsanlagen und ähnliche.

Mit dem an der Istsituation korrigierten Rechenmodell ist die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zu berechnen und mit den dabei anfallenden Kosten ist eine Rangfolge der Kosten/Wirksamkeit von Maßnahmen aufzustellen.

In der Literatur werden Hinweise zur Ermittlung der Zusammenhänge von Kosten und Wirksamkeit bei Minderungsmaßnahmen gemacht.

Von HEISS wird ein auf der Wertanalyse aufbauendes Verfahren beschrieben, mit dem beim Einsatz verschiedener Maßnahmenarten bezüglich der Wirksamkeit und der Kosten ein Optimum zu erreichen ist [18].

4.7 K o n t r o l l e d e s d u r c h M a ß n a h m e n v e r ä n d e r t e n I s t z u s t a n d e s

Wegen der Fehlerhaftigkeit der Daten der Minderungsmaßnahmen, der Emissionen und Ausbreitungsbedingungen und wegen der Ungenauigkeit des benutzten Rechenmodells ist nach Ausführen der Minderungsmaßnahmen durch eine erneute meßtechnische Überprüfung der Immissionssituation festzustellen, ob der Sollzustand wirklich erreicht ist.

Aus Vergleichsgründen werden die gleichen Methoden zur Überprüfung benutzt wie bei der meßtechnischen Ermittlung des Istzustandes vor Ausführen der Minderungsmaßnahmen. Ergibt die Über-

prüfung, daß der Sollzustand nicht erreicht ist, so sind weitere Maßnahmen vorzunehmen.

Verzichtet man auf eine Überprüfung der geänderten Immissions-situation, so liegt keine Regelung entsprechend der hier gewähl-ten Planstruktur vor, sondern nur eine Steuerung der Immissions-situation.

Im Bild 10 ist das Ablaufschema zur Durchführung von Minderungs-maßnahmen dargestellt.

4.8 V e r g l e i c h d e r K o n z e p t e " M e s s e n d e r I m m i s s i o n e n " u n d " B e r e c h n e n d e r I m m i s s i o n e n "

Der Lärminderungsplan kann nach der beschriebenen Vorgehens-weise entweder mit meßtechnischen Methoden zur Ermittlung der Ge-räuschimmissionen oder mit rechnerischen Methoden - bei der die Immissionen aus Emissionsdaten berechnet werden - realisiert wer-den.

Das Konzept "Messen der Immissionen" mit den genannten Lösungs-stufen

Feststellen der Immissionen durch Messungen,

Vergleich der Istsituation mit einem die An-zahl der Bewohner berücksichtigenden Sollwert,

Aufstellen einer Belastungsrangfolge der Ein-heitsflächen, die den Sollwert überschreiten,

Ursachenanalyse der Istsituation,

Vorgabe von Minderungsmaßnahmen und

Kontrolle der durch Maßnahmen geänderten Situa-tion durch erneutes Messen der Immissionen

erlaubt die wirklichkeitsnahe Feststellung der Geräuschimmis-sionen und damit die "richtige" Auswahl von Einheitsflächen im Belastungsgebiet zur Einleitung von Minderungsmaßnahmen.

Minderungsmaßnahmen sind nur in den Einheitsflächen durchzu-

führen, die den Sollwert überschreiten; nur für diese Flächen ist beim Konzept "Messen" eine Ursachenanalyse nötig, für die eventuell, wenn die Analyse nicht meßtechnisch durchzuführen ist, Emissions- und Schallausbreitungsdaten zu beschaffen sind.

Beim Lösungsweg "Berechnen der Immissionen" ist zur Feststellung des Istzustandes und zur Auswahl der Einheitsflächen für das gesamte Belastungsgebiet die Kenntnis der Emissions- und Schallausbreitungsdaten notwendig.

Zur Auswahl der "richtigen" d.h. der aufgrund der tatsächlich vorliegenden Immissionen den Sollwert überschreitenden Einheitsflächen müßten die berechneten Immissionen mit den tatsächlichen Immissionen übereinstimmen; die Übereinstimmung hängt im starken Maße ab von der Vollständigkeit und Fehlerfreiheit der Emissions- und Ausbreitungsdaten und von der Güte des Rechenmodells.

Die beiden Lösungswege "Messen" und "Berechnen" der Immissionen unterscheiden sich nicht bei der Auswahl und Abschätzung möglicher Minderungsmaßnahmen, da hier bei beiden Lösungswegen die Wirksamkeit noch nicht realisierter Maßnahmen nur durch Anwenden von Rechenmodellen zu simulieren ist. Bei dieser Lösungsstufe - Abschätzen möglicher Minderungsmaßnahmen - können wegen des notwendigen Benutzens von Rechenmodellen die schon im Abschnitt 4.3.2 erwähnten Fehler auftreten. Dieser Fehler ist aber zu korrigieren, wenn nach Ausführen der Minderungsmaßnahmen erneut durch Messen in der Einheitsfläche die Immissionen überprüft werden. Treten durch fehlerbehaftete Berechnungen der Maßnahmenwirksamkeit Abweichungen zwischen dem Sollwert und den tatsächlichen Immissionen auf, so ist durch eine Korrektur der Maßnahmen der Sollwert dennoch zu erreichen. Diese Korrektur des Fehlers ist beim Lösungsweg "Berechnen der Immissionen" auch nur dann möglich, wenn nach Ausführen der Minderungsmaßnahmen durch Messen der Immissionen die tatsächlich vorhandene Immission überprüft werden. Ohne eine meßtechnische Überprüfung ist der Fehler nicht zu erkennen.

5. Zeitlicher Ablauf der Planstufen

Der zeitliche Ablauf der einzelnen Planstufen sowie die Abhängigkeit der Stufen untereinander ist schematisch im Bild 11 dargestellt.

Die zur Auswahl des Untersuchungsgebietes notwendigen Informationen - Lagepläne und Bevölkerungsdichten - des Untersuchungsgebietes sind zuerst zu beschaffen. Nach der Auswahl der Belastungsgebiete beginnt die Meßplanung zur meßtechnischen Feststellung des Istzustandes. Der Istzustand ist repräsentativ für einen Bezugszeitraum von einem Jahr zu ermitteln; zu klären ist noch durch Voruntersuchung, ob die Erhebungszeit eventuell kürzer als ein Jahr sein kann, da nach Möglichkeit vermieden werden soll, daß zwischen Feststellen des Istzustandes und Kontrolle der Wirksamkeit ausgeführter Minderungsmaßnahmen ein zu großer Zeitabschnitt liegt.

Nach Vorlage der Geräuschkenngößen und der Rangfolge der Einheitsflächen bezüglich der Belastung können parallel Informationen für das Emissionskataster und das Kataster der Ausbreitungsbedingungen sowie für den Maßnahmenkatalog gesammelt werden. Sind die Informationen für das Emissionskataster (Istzustand und Trend) sowie für das Kataster der Ausbreitungsbedingungen und für den Maßnahmenkatalog vollständig, so sind die Planstufen Berechnen der Immission, Korrigieren des Rechenmodells aufgrund der ermittelten Istsituation und Aufstellen einer Rangfolge der Minderungsmaßnahmen hinsichtlich der Kosten/Wirksamkeit zu bearbeiten. Die Maßnahmendurchführung kann nur durch Zusammenarbeit verschiedener Behörden in Verbindung mit den Anlagenbetreibern geschehen, da hierbei Fragen des Städtebaus, des Bestandsschutzes von Anlagen wie auch von unerwünschten Nebenwirkungen der Maßnahmen bei den Bewohnern zu berücksichtigen sind.

Bei der Ausführung von Minderungsmaßnahmen ist auf kurze Zeiträume zwischen Vorgabe der Maßnahmen und Fertigstellen der Maßnahmen zu drängen, damit, wie schon erwähnt, zwischen Feststellen des Istzustandes und Feststellen des geänderten Zustandes Fehler durch zeitliche Änderungen der Immissionen fälschlicherweise den Maßnahmen zugeschrieben werden; daß zum Beispiel die tatsächliche Wirksamkeit einer Minderungsmaßnahme durch den An-

stieg der Emissionen nach Feststellen des Istzustandes nicht erkannt wird.

Sind alle Maßnahmen ausgeführt, ist unverzüglich danach meßtechnisch zu prüfen, ob die vorgegebenen Sollwerte in der Einheitsfläche eingehalten sind. Nach der Prüfung sind eventuell Korrekturen der Maßnahmen vorzunehmen.

Die in der Trendprognose geschätzte zeitliche Entwicklung der Emissionen und damit der Immissionen in der Einheitsfläche sowie das zeitliche Verhalten der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen ist durch ein erneutes Feststellen des Istzustandes nach einer Dauer von z.B. 5 oder 10 Jahren zu überprüfen.

S c h r i f t t u m

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge - BImSchG - vom 21.3.74 Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 721

- [2] Umweltbericht der Bundesregierung 1976, Randnummer 099

- [3] PIELOW, E.: Lärminderungspläne und Lärmvorsorgepläne, Kampf dem Lärm, 25 (1978), S. 135-137

- [4] GALLOWAY, W.J., et.al:
Population Distribution of the Unites States as a Function of outdoor Noise Level
1974 EPA 550/9 -74- 009
Washington DC

- [5] KLOSTERKÖTTER, W.: Lärmbekämpfung! Warum? Wie? Aus der Sicht des Mediziners
Kampf dem Lärm, 24 (1977), Heft 3, S. 61-70

- [6] LINDVALL, T., E.P. RADFORD:
Measurement of Annoyance due to Exposure to Enviromental Factors.
Environm.Res. 6 (1973) S. 1-36

- [7] BORSKY, N.: A New Field-Laboratory Methodology for Assessing Human Response to Noise (1973), NASA CR-2221-

- [8] SHAW, E.A.G.: Noise pollution - what can be done? Physics Today, 1. S. 46-58

- [9] VALLET, M; M. MANRIN; M.A. PAGE; B.FAVRE; G. PACHIAUDI:
Annoyance from and habituation to road traffic noise from urban expressways,
J. Sound Vib. Bd. 60, 1978, Nr. 3, S. 423-440

- [10] WEHRLI, B; J. NEMECEK; V. TURRIAN; R. HOFMANN;
H. U. WANNER:
Auswirkungen des Straßenverkehrslärms in der Nacht,
Kampf dem Lärm, 25, (1978, S. 138-149

- [11] RÜCKER, A.: Straßenverkehrslärm in Wohngebieten, Kampf dem Lärm, 22, (1975), S. 72-81
- [12] ROHRMANN, B.: Erhebungen zur Lärmbelastung und Lärmbelästigung der Bevölkerung (Bericht AK 2); S 2/1 - 2/51 in: Umweltbundesamt (Ed): Projektgruppe Lärmbekämpfung beim Bundesminister des Innern; Berlin, Juni 1978
- [13] U.S. Environmental Protection Agency, 1973, Juli 27: Public Health and Welfare Criteria for Noise
- [14] KÜRER, R.; SIEBRASSE, K.F.: Prinzipielle Methodik für die Aufstellung von Lärminderungsplänen. Zur gebietsbezogenen Beurteilung von Schallimmissionen; Umweltbundesamt, Kolloquium des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW, März 1979, Bericht erscheint demnächst
- [15] HILLEN, R.: Verfahren zur meßtechnischen Erhebung und Kennzeichnung von flächenhaften Geräuschbelastungen; Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz (LIS-Bericht), erscheint demnächst
- [16] VDI-Richtlinie 2714 (Entwurf): Schallausbreitung im Freien, Dezember 1975
- [17] Schallausbreitung in bebauten Gebieten; Herausgeber: Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW (1975); Bericht über das Ergebnis einer modellmäßigen Untersuchung zur Schallausbreitung in Städte
- [18] HEISS, A.: Kostenoptimierung bei Maßnahmen zur Geräuschminderung, Kampf dem Lärm, 25, S. 172-183

T a b e l l e n - u n d B i l d a n h a n g

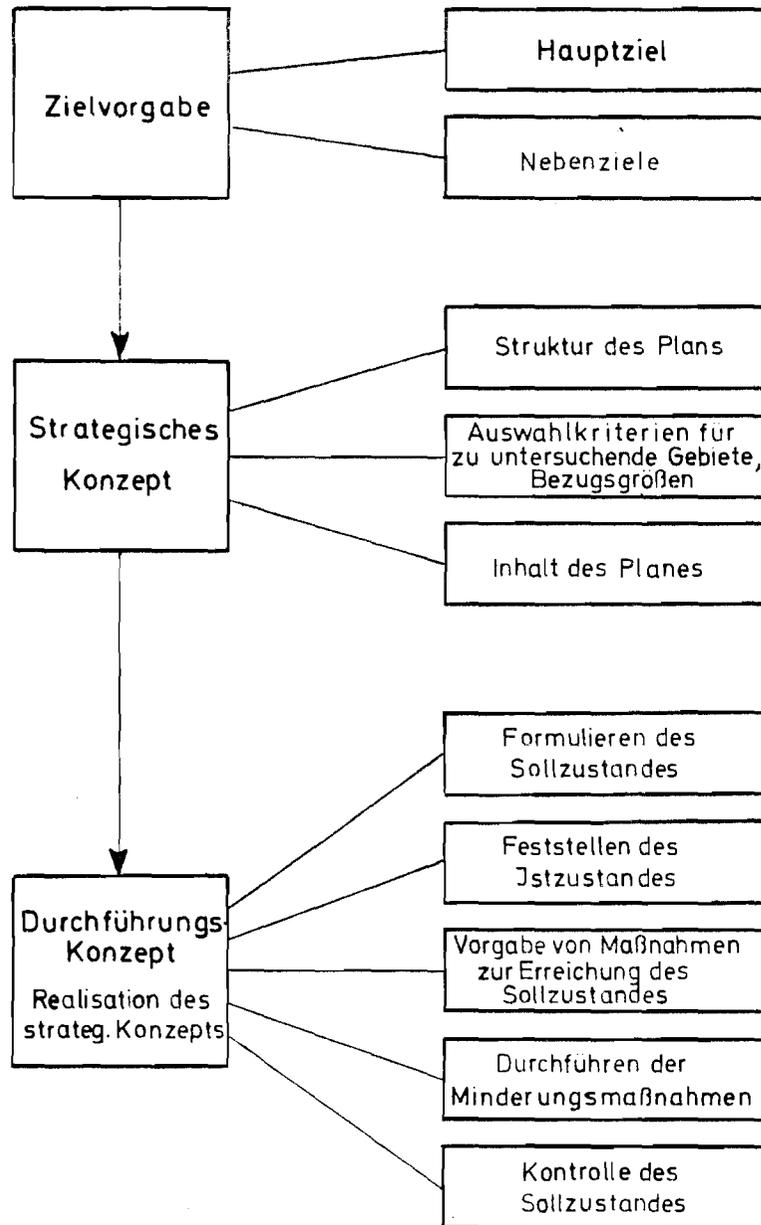


Bild 1
Methodik zur Aufstellung eines
Lärminderungsplans

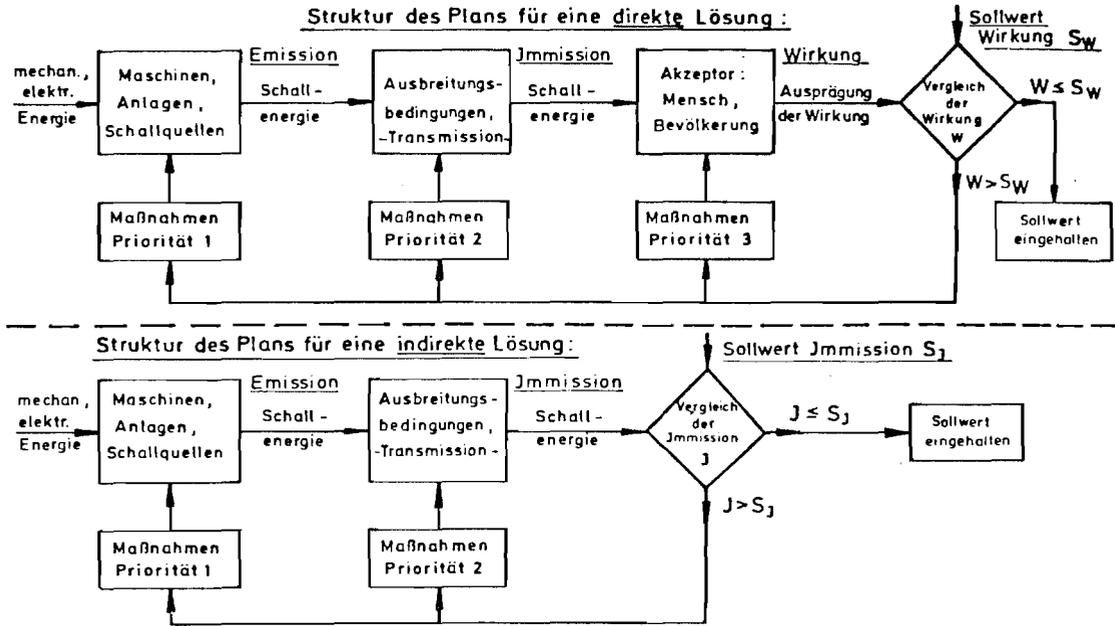


Bild 2

Planstruktur für eine "direkte" und eine "indirekte" Problemlösung

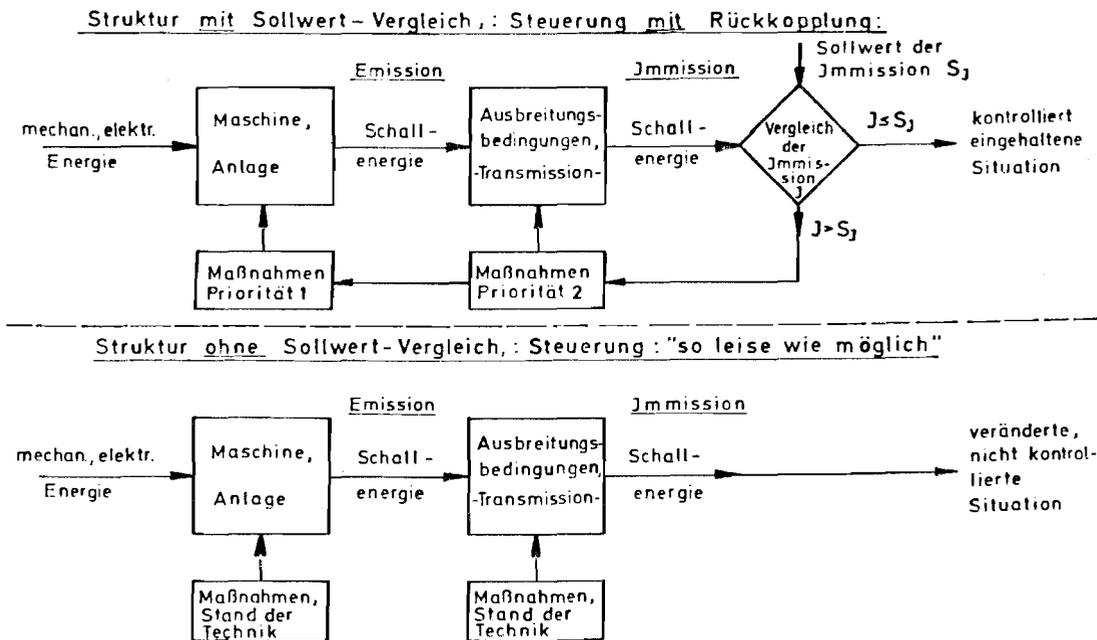


Bild 3

Planstruktur mit Sollwert-Vergleich (Regelkreis) und Planstruktur ohne Sollwert-Vergleich (Steuerung)

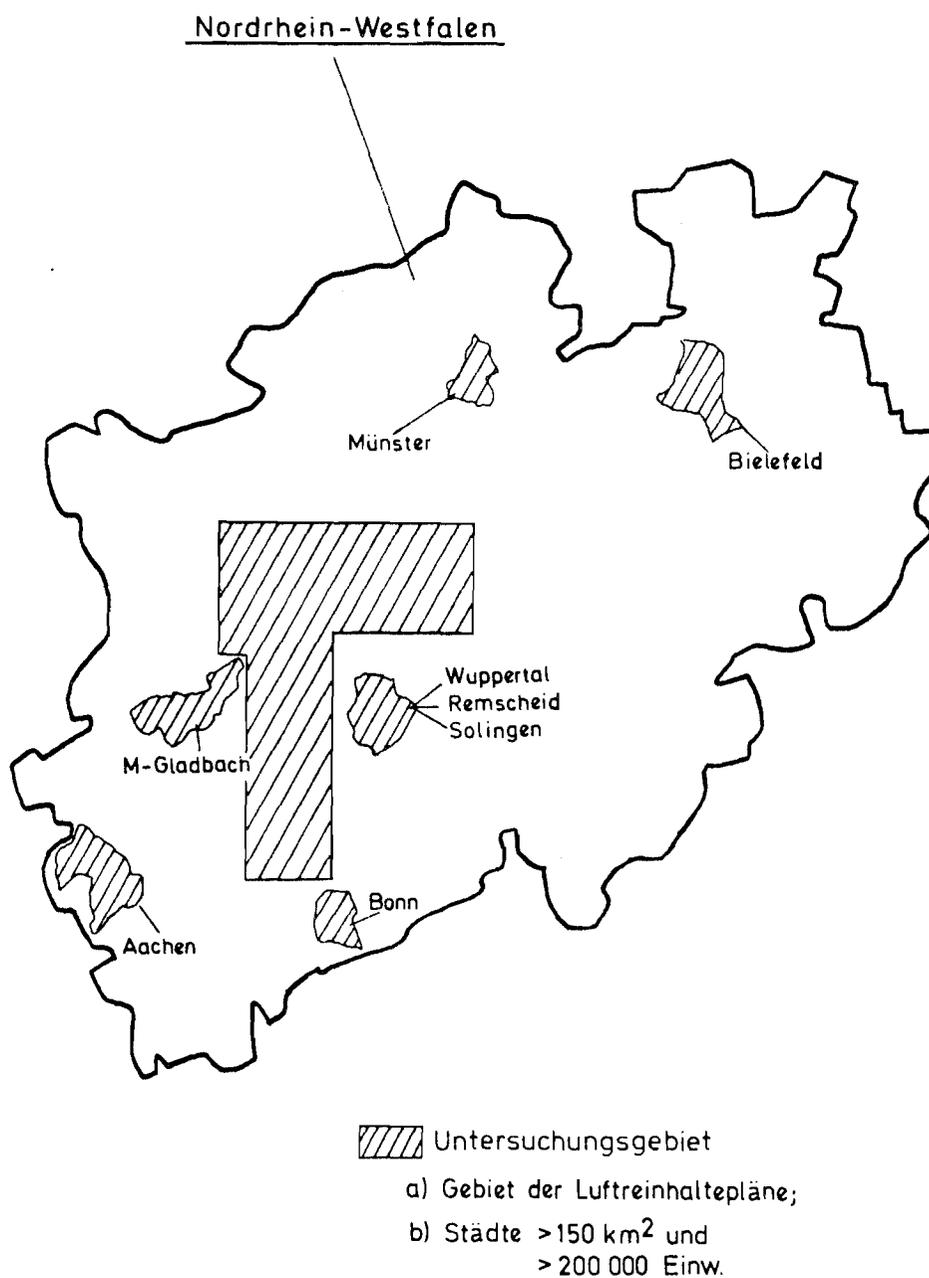


Bild 4

Beispiel zur Abgrenzung eines Untersuchungsgebietes

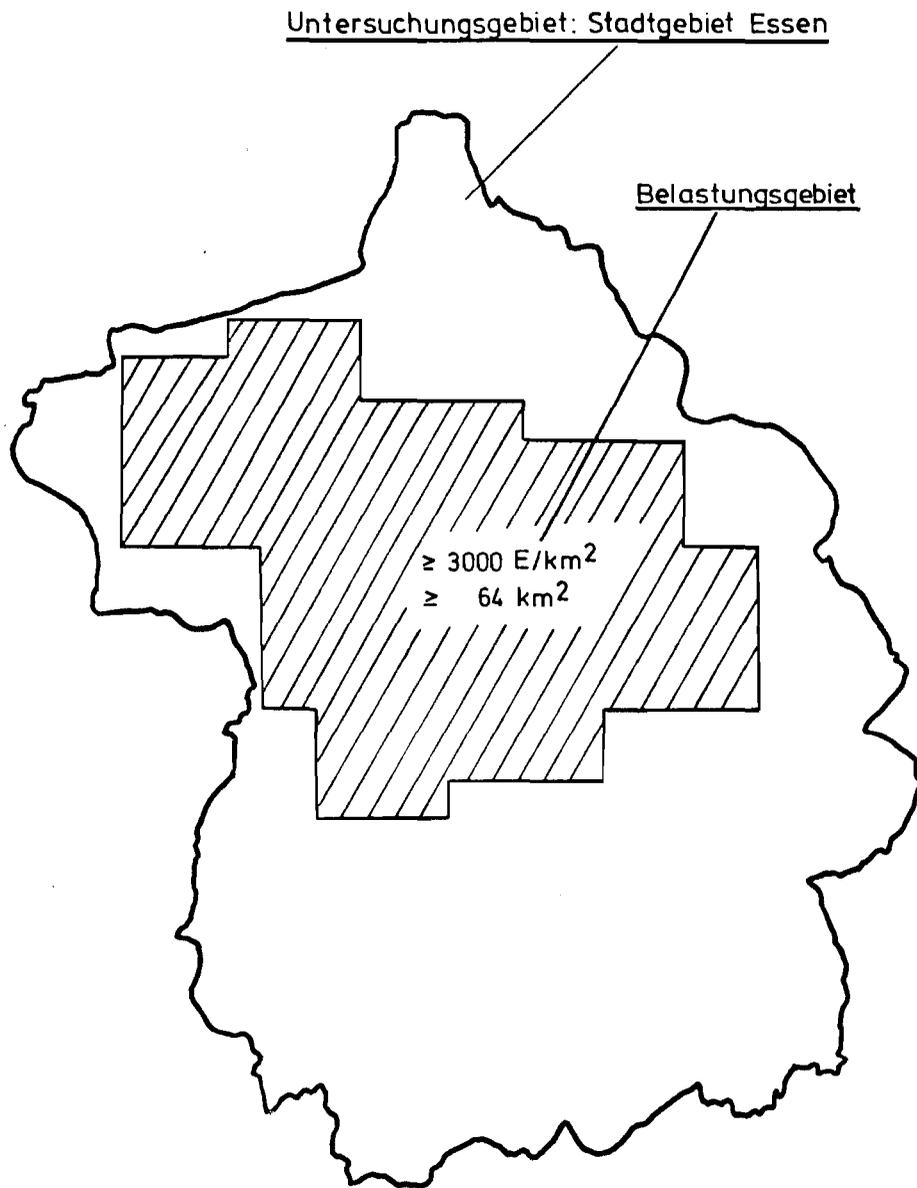


Bild 5

Beispiel eines Untersuchungs- und Belastungsgebietes

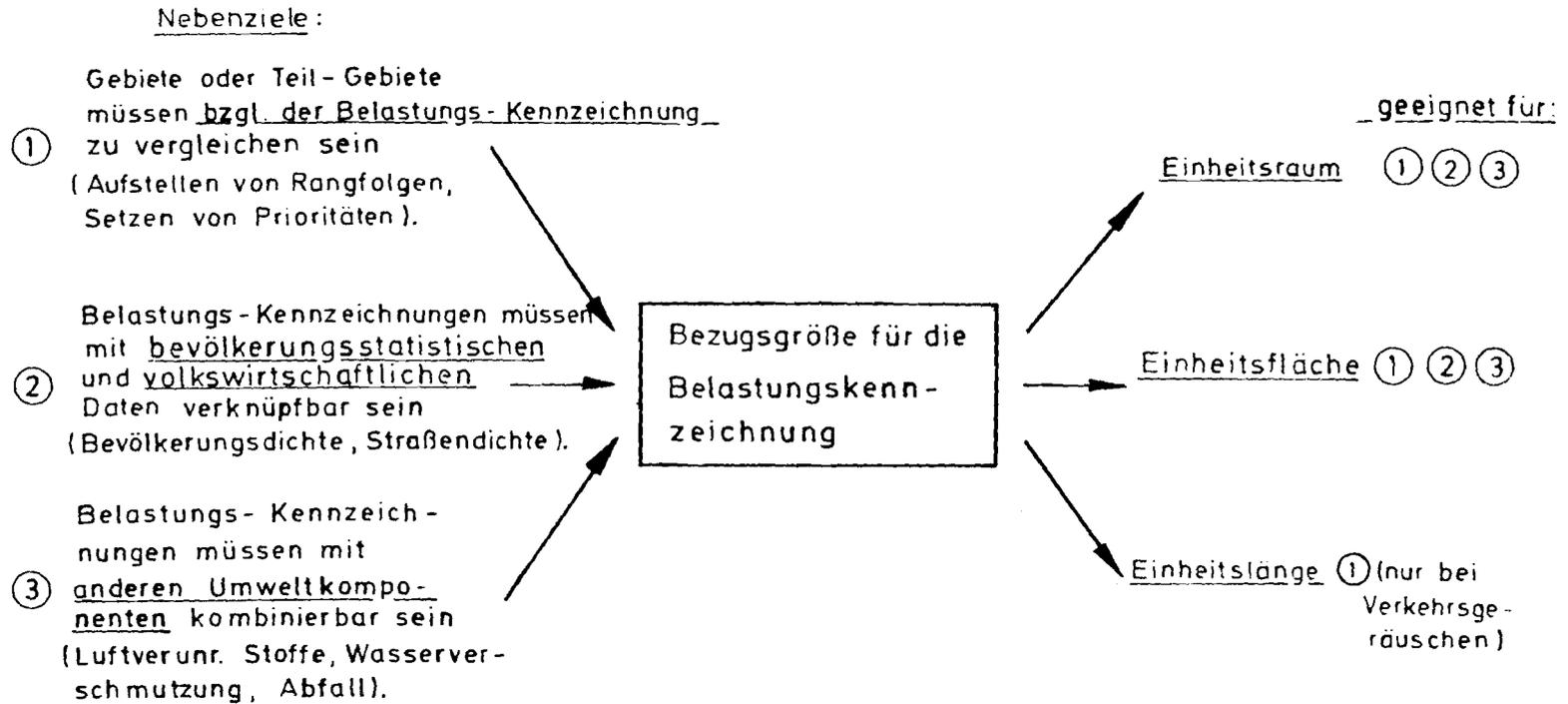


Bild 6

Bezugsgrößen für die Geräuschimmissionen

Bild 6

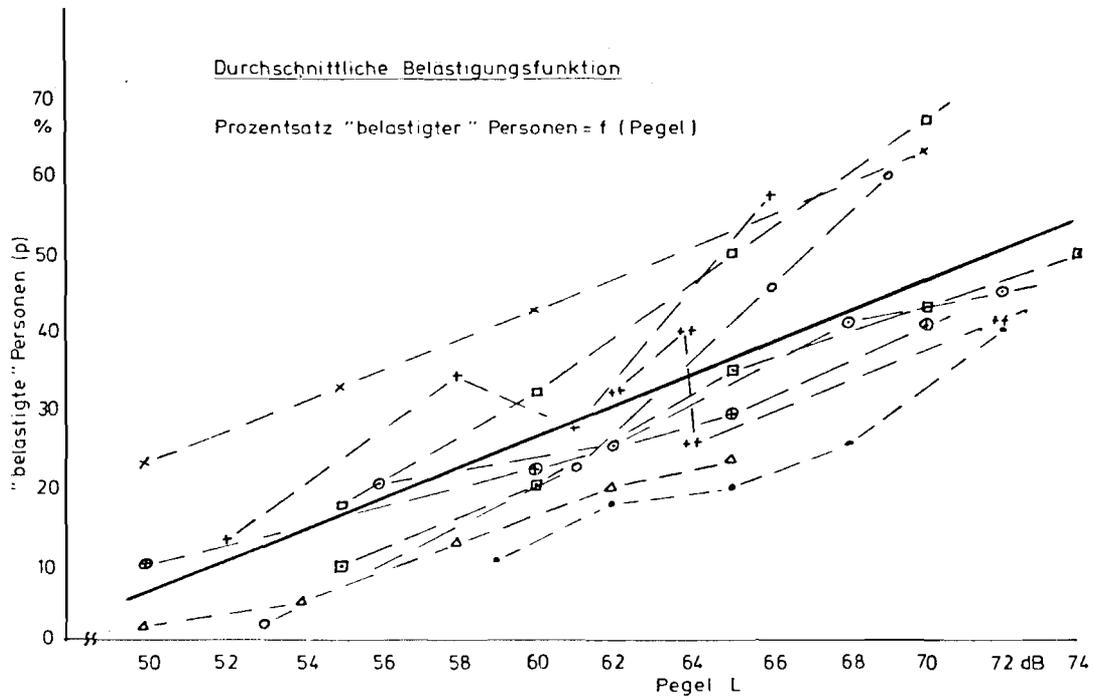


Bild 7

Durchschnittliche Belästigungsfunktion

● - - ●	L_{eq} 8.00-20.00	"very annoyed";	Vallett
△ - - △	L_{50} (Fluglärm)	"stark gestört";	Grandjaen
○ - - ○	L_{eq} Tag	"stark gestört";	Rucker
+ - - +	L_{eq} Nacht	"stark gestört";	Rucker
x - - x	L_{eq} Nacht	"stark gestört";	Rohrmann
□ - - □	L_{eq} Tag	"stark gestört";	Rohrmann
++ - - ++	L_{dn}	"highly annoyed";	EPA
⊙ - - ⊙	L_{dn}	"highly annoyed";	Borsky
⊕ - - ⊕	L_{dn}	"highly annoyed";	Shaw
▣ - - ▣	L_{eq} Tag/Nacht	"stark gestört";	Wehrli

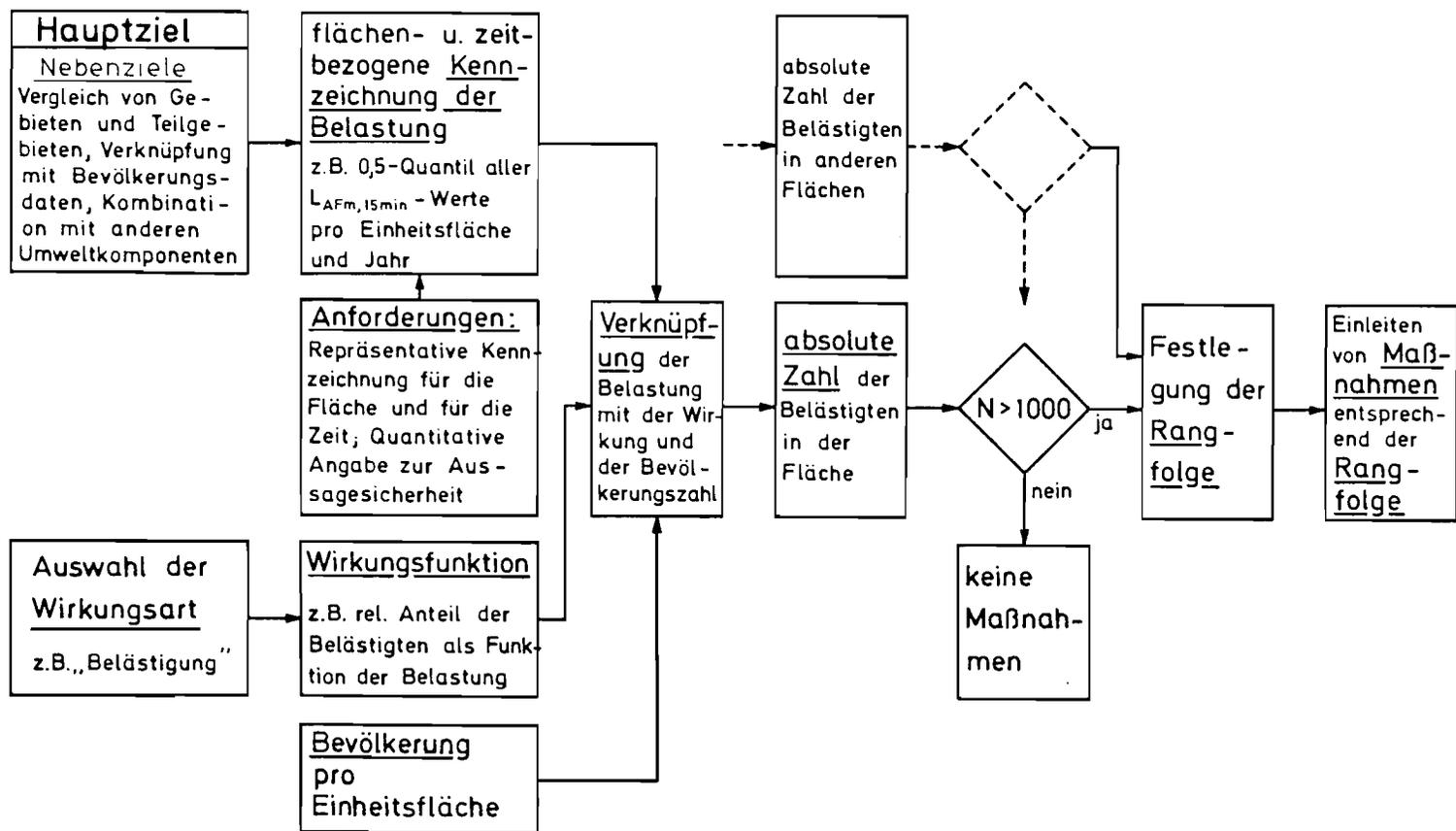


Bild 8

Schema zur Ermittlung der Anzahl der durch Immissionen Belästigten pro Einheitsfläche

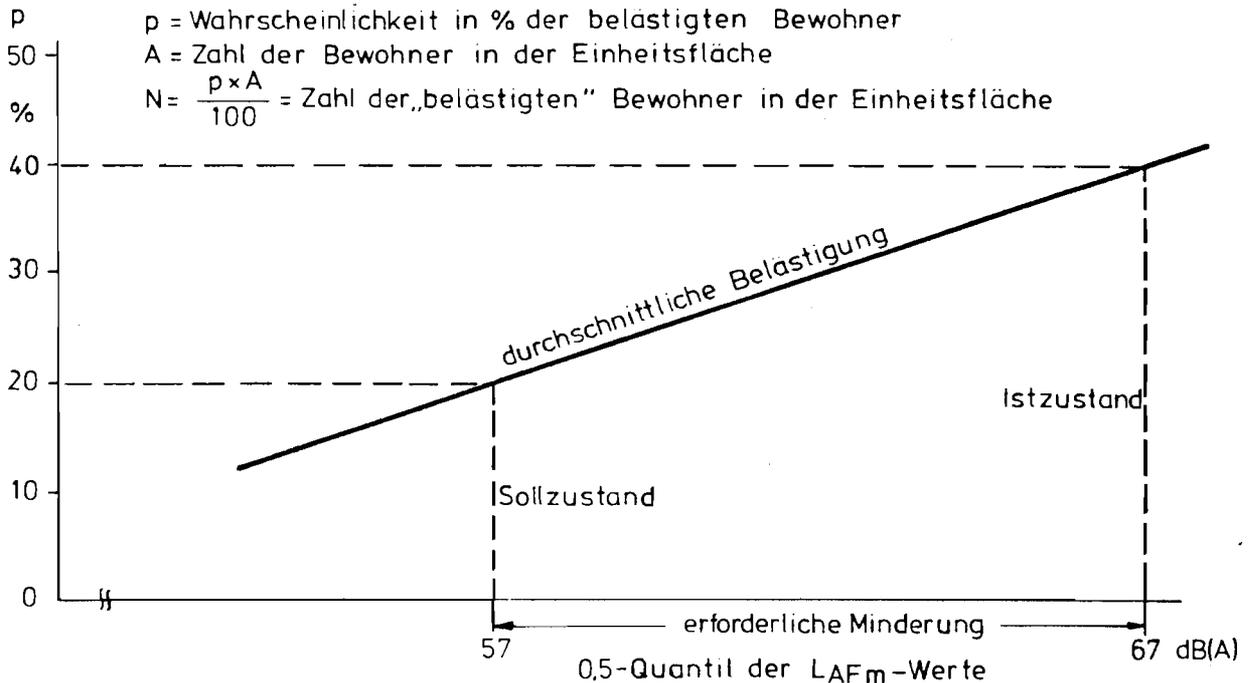


Bild 9

Beispiel zur Ermittlung der erforderlichen Pegelminderung

Istzustand

Immission:

0,5-Quantil = 67 dB(A)

Zahl der Bewohner: $A = 5000$

$p_{67 \text{ dB(A)}} = 40 \%$

Zahl der "Belästigten": $N=2000$

Sollzustand:

Zahl der "Belästigten": $N=1000$

Zahl der Bewohner: $A = 5000$

$p_{\text{Soll}} = 20 \%$

0,5-Quantil_{Soll} = 57 dB(A)

erforderliche Pegelminderung:

10 dB(A)

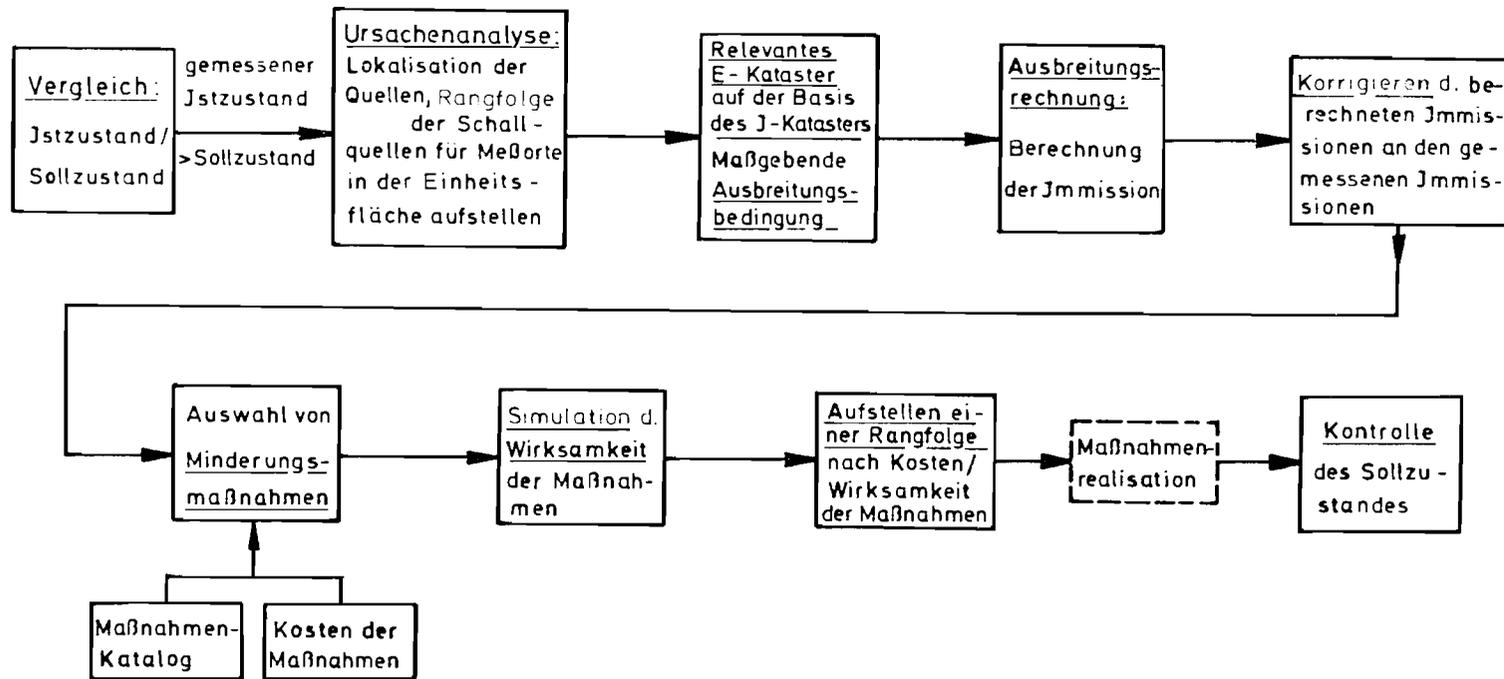


Bild 1o

Schema zur Durchführung von Minderungsmaßnahmen bei vorgegebenem Sollzustand

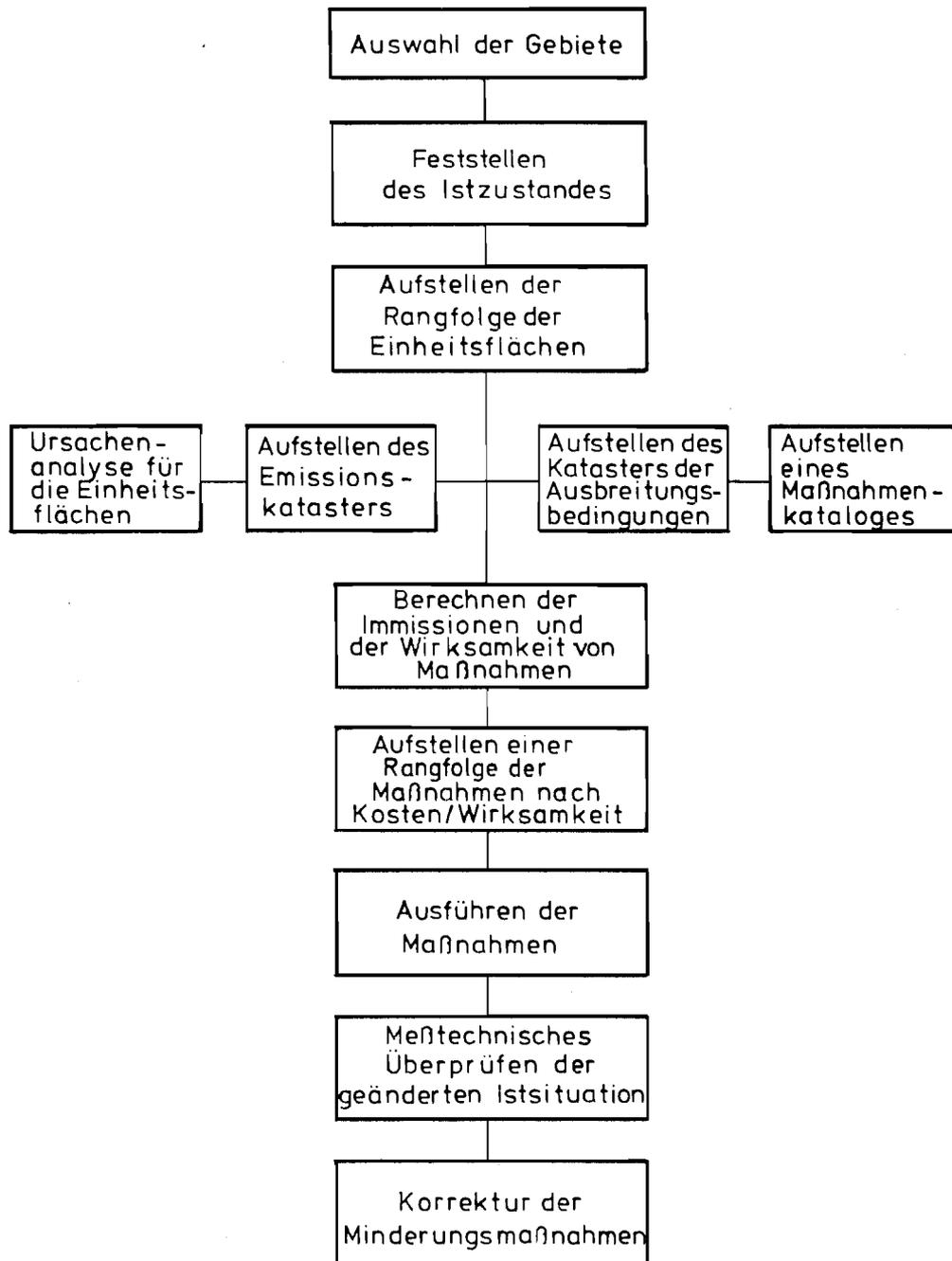


Bild 11

Bild 11

Schema des zeitlichen Verlaufs der einzelnen Planstufen