

Nr. 21

Hinweise zur Anwendung
flächenbezogener Schall-
leistungspegel

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

1982

ISSN 0720-8499

Hinweise zur Anwendung flächenbezogener
Schalleistungspegel

[Leibniz]
H. Strauch
↙

HINWEISE ZUR ANWENDUNG FLÄCHENBEZOGENER SCHALLEISTUNGSPEGEL

H. Strauch

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

In der Bauleitplanung wird zur Abschätzung der Geräuschimmissionen im Umfeld eines Baugebietes, von dem keine detaillierten Emissionswerte bekannt sind, der flächenbezogene Schalleistungspegel $L_W'' = L_W - 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0}$ benutzt.

Im vorliegenden Bericht wurde die Pegeldifferenz ΔL an Immissionspunkten ermittelt, die auftreten kann zwischen einer Abschätzung der Geräuschimmissionen mit Hilfe des flächenbezogenen Schalleistungspegels, bei dem die gesamte Schalleistung eines Baugebietes im Mittelpunkt des Gebietes konzentriert angenommen wird und der Abschätzung der Immissionen, bei der die tatsächlich in einem Baugebiet örtlich verteilten Schallquellen berücksichtigt werden.

Die Pegeldifferenz ΔL wurde berechnet für Immissionspunkte im Umfeld des Baugebietes mit unterschiedlichen Abständen vom Baugebietsmittelpunkt und unterschiedlicher Lage zum Baugebiet, und zwar für angenommene theoretische Schalleistungsverteilungen wie auch für Verteilungen, die denen ausgeführter Großanlagen annähert entsprechen.

Weiter wurde der Einfluß der Flächenform des Baugebietes und der Anzahl der Teilflächen, in die ein Baugebiet unterteilt werden kann, auf die Pegeldifferenz ΔL untersucht.

Als wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist zu nennen, daß die Pegeldifferenz immer dann große Werte annimmt, wenn die tatsächlich im Baugebiet installierte Schalleistung punktförmig konzentriert ist und diese Schalleistungskonzentration nicht im Mittelpunkt des Baugebietes liegt, der als Bezugspunkt für das Abschätzen der Immissionen mit Hilfe des flächenbezogenen Schalleistungspegel vorgeschrieben ist.

Mit den Ergebnissen der Untersuchung wird ein Verfahren zur Ermittlung flächenbezogener Schalleistungen vorgeschlagen, das in Abhängigkeit vom Abstand und von der Lage eines Immissionspunktes zum Baugebiet sowie vom einzuhaltenden Planungsrichtpegel erlaubt, die Anzahl notwendiger Teilflächen für ein Baugebiet und den flächenbezogenen Schalleistungspegel für die einzelne Teilfläche zu ermitteln.

Außerdem werden Hinweise gegeben über den Flächenbedarf anzusiedelnder Gewerbe- und Industriebetriebe sowie über zu erwartende Geräuschemissionen dieser Betriebe.

S u m m a r y

For construction management planning the noise in the environment of a construction site is predicted by using the areal sound power level $L_W'' = L_W - 10 \lg \frac{S}{S_0}$ if the noise emission levels are unknown.

In the present report the level difference ΔL at field points has been determined which may arise between the free field noise level based on the assumption that all noise sources are concentrated in the center of the construction site and the noise level estimated by taking into account the actual distribution of the sound sources.

The level difference ΔL was calculated for field points in the area surrounding the construction site at varying distances from its center and in different directions. The calculations were carried out for assumed theoretical sound power distributions as well as for distributions approximating those of existing large sites.

Moreover, the dependence of the level difference ΔL on the shape of the construction site and the number of subunits into which a construction site can be partitioned was investigated.

The most important result which deserves mentioning shows that the level difference assumes large values when the actually installed sound power on a construction site concentrates in one spot which is not the center of the site as required for the reference point for the prediction of the free field sound level with the aid of the areal sound power level.

The results of the study are used to propose a method for determining the number of necessary subdivisions of a construction site and of the areal sound power level in the various subdivisions in dependence of the distance and the direction of a field point with regard to the construction site as well as in dependence of noise limits which are to be met.

In addition the size of the area for the establishment of new commercial and industrial enterprises is discussed as well as the noise emissions to be expected from them.

1. Einleitung

Das Bundesbaugesetz verpflichtet die Städte und Gemeinden, Bauleitpläne für die Nutzung ihrer Flächen aufzustellen [1]. Die Bauleitpläne haben nach dem Bundesbaugesetz die Aufgabe, eine geordnete städtebauliche Entwicklung und eine dem Wohl der Allgemeinheit entsprechende sozialgerechte Bodennutzung zu gewährleisten und u. a. eine menschenwürdige Umwelt zu sichern.

Zur Aufstellung der Bauleitpläne sind nach dem Bundesbaugesetz die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse, die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung wie auch die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen; die Bauleitplanung hat daher mögliche Beeinträchtigungen der Bewohner durch Luftverunreinigungen, Geräusche und Erschütterungen, die von gewerblichen und nichtgewerblichen Anlagen verursacht werden können, in ausreichendem Maße zu beachten.

Zur Erreichung der gewünschten Planungsziele wird in § 9 des Bundesbaugesetzes erwähnt, daß "die von der Bebauung freizuhaltenden Schutzflächen und ihre Nutzung, die Flächen für besondere Anlagen und Vorkehrungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes sowie die zum Schutz vor solchen Einwirkungen oder zur Vermeidung oder Minderung solcher Einwirkungen zu treffenden Vorkehrungen" festgesetzt werden können. Außerdem ist in § 1, Absatz 4, der Baunutzungsverordnung (Bau NV) angeführt, "für die in den §§ 4 bis 9 und 11 der Baunutzungsverordnung bezeichneten Baugebiete (allgemeine Wohngebiete, Mischgebiete, Gewerbegebiete, Industrie- und Sondergebiete) können im Bebauungsplan für das jeweilige Baugebiet Festsetzungen getroffen werden, die das Baugebiet:

1. nach Art der zulässigen Nutzung,
2. nach der Art der Betriebe und Anlagen und deren besonderen Bedürfnisse und Eigenschaften gliedern" [2].

Ergänzende Erläuterungen für die Aufstellung von Bebauungsplänen sind im RdErl. des Innenministers von Nordrhein-Westfalen gemacht. Hiernach sind beispielhaft Lärmschutzeinrichtungen an

Straßen als "Anlagen" im Sinne von Nr. 24 des § 9 des BBauG und immissionshemmende Maßnahmen wie Schallschutzfenster, bestimmte Bindungen für die Grundrißgestaltung, Bepflanzungen, immissions- und emissionshemmende Ausführungen der Außenwände, vorgelagerte Nebenanlagen als "Vorkehrungen" im Sinne von Nr. 24 des § 9 des BBauG zu verstehen [3].

Für den Planer ergeben sich trotz des vorgegebenen Instrumentariums durch die Gesetze, Verordnungen und Richtlinien Schwierigkeiten zur Berücksichtigung des Immissionsschutzes bei der Planung. Diese Schwierigkeit liegt in den Zielen der Bauleitplanung begründet - einerseits Schaffung des Baurechts, womit noch nicht konkret die Ansiedlung einzelner Anlagen geregelt ist, andererseits ausreichende Berücksichtigung des Immissionsschutzes -. Zur Berücksichtigung eines ausreichenden Immissionsschutzes müßten dem Planer die Anlagen mit ihren Emissionen sowie die Schallausbreitungsbedingungen zwischen Anlagen und zu schützender Wohnbebauung, die von der Realisierung des Planes abhängen können, eigentlich bekannt sein. Nur in seltenen Fällen werden ausreichende Einzelheiten über die Anlagen sowie über die Schallausbreitungsbedingungen im Planungsstadium vorliegen, die eine ausreichend genaue Prognose der Geräuschemissionen erlauben, um evtl. notwendige Minderungsmaßnahmen im Bebauungsplan festsetzen zu können.

Unstrittig ist, daß der Schutz der Baugebietsbewohner vor verschiedenen Umwelteinflüssen am wirkungsvollsten in der Phase der Planaufstellung sicherzustellen ist; Fehlplanungen sind nach der Realisierung eines Bebauungsplanes nur mit hohem technischen und finanziellen Aufwand - häufig auch gar nicht - zu korrigieren.

In der Planungspraxis wird allgemein der Immissionsschutz durch Maximalabschätzungen der zu erwartenden Immissionen berücksichtigt, und zwar mit Hilfe angenommener Emissionen infolge kommender Anlagen und günstiger Schallausbreitungsbedingungen. In Ballungsgebieten z. B. mit ihren Gemengen aus bestehenden oder geplanten Industrie-, Gewerbe-, Verkehrsanlagen und bestehender bzw. geplanter Wohnbebauung können allerdings diese Maximalabschätzungen zu Konflikten wegen der dann häufig not-

wendigen, aber nicht zu realisierenden Abstände zwischen den Baugebieten unterschiedlicher Nutzung führen (z. B. notwendige Abstände zwischen Industriegebieten und reinen Wohngebieten).

Wegen dieser Konfliktsituation - Immissionsschutz einerseits, fehlende Abstände zwischen den Gebieten unterschiedlicher Nutzung andererseits - besteht nach den Inhalten des Bundesbaugesetzes die Möglichkeit, im Bebauungsplan die Emission anzusiedelnder Anlagen oder die Emission von Teilflächen des Baugebietes oder sogar die Emission des gesamten Baugebietes zu begrenzen.

Als Instrument zur Emissionsbegrenzung wird erstmals im Entwurf der DIN 18005 "Schallschutz im Städtebau" vom Dezember 1976 der "flächenbezogene Schalleistungspegel" erwähnt, mit dem die Schalleistung auf einer Fläche installierter Anlagen gekennzeichnet und somit auch begrenzt werden kann [4].

Nach diesem Normentwurf wird der flächenbezogene Schalleistungspegel L_{W^*} (im folgenden FBS genannt) berechnet aus der Differenz des Anlagenschalleistungspegels L_W und dem logarithmierten Verhältnis der Anlagenfläche S zur gewählten Einheitsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$.

$$L_{W^*} = L_W - 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \quad (\text{dB})$$

Der FBS, der auch als ein spezifischer Schalleistungspegel mit Bezug auf die Fläche anzusehen ist, hängt in seinem Wert direkt von der Größe der Anlagenfläche ab; Anlagen mit gleichem Schalleistungspegel L_W auf unterschiedlich großen Flächen angesiedelt, haben unterschiedlich große FBS-Werte.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen bei der Anwendung des FBS sollte daher die Fläche, für die der FBS ermittelt wurde, unbedingt genannt werden. Wenn der Wert für die gesamte Werksfläche gilt oder wenn die Schalleistung einer Anlage nur auf die zum Betrieb der Anlage erforderliche Fläche bezogen ist, sollte dies durch Indizes an der Bezugsfläche "S" gekennzeichnet werden; zum Beispiel, beim Bezug auf die Gesamtwerksfläche:

" S_{ges} " oder beim Bezug auf die Anlagenfläche: " S_A ".

Im Forschungsbericht der Deutschen Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e. V. (DGMK) werden für bestehende Ölraffinerien und petrochemische Industrieanlagen FBS-Werte genannt, die je nach Alter der Anlage und somit wohl auch Stand der Geräuschkürzungstechnik zwischen 62 und 72 dB(A) liegen. In dem Bericht wird darauf hingewiesen, daß die genannten Werte dann gelten, wenn die Fläche der Gesamtanlage, also Anlagenfläche plus Nebenflächen, zur Ermittlung herangezogen werden. Die Nebenflächen sind wohl zum Funktionieren der Gesamtanlagen erforderlich, sind selbst aber nicht mit schallemitterenden Anlagen bebaut. Wie der Einfluß der Flächengröße auf den FBS-Wert ist, zeigt sich zum Beispiel dadurch, daß nach den Angaben im Bericht für einzelne Anlagen, bei denen als Bezugsfläche nur die Anlagenfläche benutzt wird, sich bis zu 10 dB(A) höhere FBS-Werte ergeben als für das gesamte Werk [5].

2. A u f g a b e n s t e l l u n g

Der flächenbezogene Schalleistungspegel (FBS) ist seiner Definition nach ein spezifischer Schalleistungspegel für eine bestimmte Flächengröße. Mit der Angabe eines FBS-Wertes wird vorausgesetzt, daß die gesamte Bezugsfläche gleichmäßig mit einer bestimmten Schalleistung belegt ist.

Zur Abschätzung notwendiger Abstände in der Bauleitplanung zwischen Baugebiete unterschiedlicher Nutzung (z. B. Industrie- oder Gewerbeflächen und Wohnflächen), soll nach den Angaben in der DIN 18005 (Entwurf 76) ein FBS-Wert von 65 dB(A) zur Abschätzung zugrunde gelegt werden, wenn keine konkreten Angaben über anzusiedelnde Anlagen vorliegen oder Analogieschlüsse aus ähnlich bebauten Gebieten wie das zu beplanende Gebiet nicht möglich sind.

Die Abstände zwischen den einzelnen Baugebieten werden beim Benutzen der FBS-Werte ermittelt, indem die auf einer Baugebietsfläche installierte Schalleistung im Mittelpunkt dieser Fläche konzentriert angenommen wird (Punkt-Schallquelle) und die Geräuschemissionen im Umfeld dieser Fläche mit der Punktschallquelle berechnet werden. Zur Vermeidung grober Fehler, die entstehen können durch die Annahme der Schalleistungskonzentration im Flächen-

mittelpunkt gegenüber einer über die Fläche unregelmäßig verteilten Schalleistung und der damit zusammenhängenden unterschiedlichen Abstände zwischen Flächenmittelpunkt und Immissionspunkt einerseits und dem Abstand vom Immissionspunkt zu irgendeinem Flächenpunkt, an dem eine geräuschintensive Anlage errichtet werden kann, soll nach der DIN 18005 die zu beplanende Bauungsfläche für die Berechnung der notwendigen Abstände in Teilflächen so unterteilt werden, daß der Abstand zwischen Immissionspunkt und Mittelpunkt der Teilfläche stets größer ist als das 0,7fache der größten Ausdehnung der Teilfläche.

Mit der vorgesehenen Untersuchung soll die Problematik, die bei einer notwendigen Aufteilung von Baugebietsflächen besteht und die dabei möglichen Pegeldifferenzen der Abschätzung der Geräuschimmissionen im Umfeld des Baugebietes näher untersucht werden.

Insbesondere sind folgende Fragen zu beantworten:

2.1. Wie groß ist die Pegeldifferenz ΔL einer Immissionsabschätzung im Umfeld eines mit schallemittierenden Anlagen bebauten Gebietes bei einer punktförmigen Anordnung der gesamten Schalleistung im Flächenmittelpunkt gegenüber einer von der punktförmigen Anordnung abweichenden Schalleistungsverteilung im Baugebiet?

2.2. Welchen Einfluß hat die geometrische Form des Baugebietes bei der Abschätzung der Geräuschimmission im Umfeld des Baugebietes auf die Pegeldifferenz ΔL zwischen punktförmig angeordneter Schalleistung im Flächenmittelpunkt und einer von der punktförmigen Anordnung abweichenden Schalleistungsverteilung?

2.3. Ist in Abhängigkeit von der Flächengröße des mit emittierenden Anlagen zu bebauenden Baugebietes und des Abstandes zwischen Immissionspunkt und Mittelpunkt des Baugebietes eine Mindestteilflächenzahl für das Baugebiet wählbar, bei dessen Wahl die Abschätzung der Immissionen eine vorgegebene Pegeldifferenz zwischen punktförmiger Anordnung der Schalleistung im Baugebietsmittelpunkt und Anordnung der Teilschalleistungen in den Teilflächen nicht überschreitet?

2.4. Mit den Ergebnissen der in Abschnitt 2.1 bis 2.3 gestellten Aufgaben ist ein rechnerisches oder grafisches Verfahren zu erarbeiten, mit dem eine zulässige Schalleistungsbelegung für ein Baugebiet in Abhängigkeit vorgegebener Immissionswerte (Planungsrichtpegel) für das Umfeld des Baugebietes ermittelt werden kann.

Die vorstehenden Aufgaben behandeln die Feststellung von Unterschieden (Pegeldifferenzen ΔL) der berechneten Schalldruckpegel im Umfeld von Baugebieten in Abhängigkeit von der Schallquellenanordnung, der Flächenform und der Aufteilung des Baugebietes in Teilflächen.

Mit der Untersuchung werden keine absoluten Werte des FBS für verschiedene Anlagearten, wie zum Beispiel für Raffinerien, Hüttenwerke, petrochemische Anlagen, Kraftwerke, Kohleveredlungsanlagen u. ä., bestimmt; hierzu müßten, ähnlich wie das von der DGMK für Raffinerien und petrochemische Anlagen durchgeführte Forschungsvorhaben, gezielte Schalleistungs- und Flächenbestimmungen der Anlagearten durchgeführt werden.

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

Das Untersuchungsziel, konkretisiert in den in Abschnitt 2 angeführten Fragen, ist die Ermittlung der Pegeldifferenz ΔL im Umfeld des Baugebietes, die sich ergibt zwischen dem Rechenergebnis bei Anwendung der punktförmigen, im Baugebietsmittelpunkt angeordneten Schallquelle und dem Rechenergebnis, das man mit anderen möglichen, der Realität näher kommenden Schallquellenanordnungen im Baugebiet erhält.

Die Pegeldifferenz ΔL , die als Fehler bei der Anwendung der FBS in der Bauleitplanung angesehen werden kann, wird mit dem in der VDI 2714 angeführten Rechenmodell zur Abschätzung der Geräuschimmissionen in Abhängigkeit von der Schallemission und den Ausbreitungsbedingungen ermittelt [6].

Nach dieser Richtlinie wird der Schalldruckpegel L_g an einem Immissionsort, der einen Abstand s_m vom Schallquellenmittelpunkt hat, wie folgt berechnet:

$$L_s = L_w + K_\Omega - \Delta L_s - \Delta L_L - \Delta L_B - \Delta L_D - \Delta L_G - \Delta L_Z - \Delta L_M \quad (\text{dB})$$

L_s	=	Schalldruckpegel am Immissionsort
L_w	=	Schalleistungspegel der Schallquelle
K_Ω	=	Richtwirkungsmaß der Schallquelle
ΔL_s	=	Abstandsmaß
ΔL_L	=	Luftabsorptionsmaß
ΔL_B	=	Bodendämpfungsmaß
ΔL_D	=	Bewuchsdämpfungsmaß
ΔL_G	=	Bebauungsdämpfungsmaß
ΔL_Z	=	Abschirmmaß bei Hindernissen
ΔL_M	=	Witterungsdämpfungsmaß

Wegen der speziellen Fragestellung dieser Untersuchung, die nicht auf die Bestimmung der absoluten Schalldruckpegel am Immissionsort ausgerichtet ist, sondern nur auf Pegeldifferenzen, wird zur Berechnung der auf dem Schallausbreitungsweg auftretenden Pegeländerungen nur das Abstandsmaß:

$$\Delta L_s = 10 \lg \frac{4\pi \cdot s_m^2}{s_0^2}$$

herangezogen ($s_0 = 1 \text{ m}$).

Die übrigen bei der Schallausbreitungsrechnung zu berücksichtigenden Dämpfungsmaße infolge Luft- und Bodenabsorption, Bewuchs, Bebauung, Hindernisse und Wettereinflüsse, werden hier vernachlässigt, da die Pegeländerungen auf dem Schallausbreitungsweg durch die genannten Einflüsse bei der hier interessierenden Pegeldifferenzbildung ΔL gegenüber der Pegeländerung durch Abstandsvergrößerungen oder -verkleinerungen von geringer Bedeutung sind.

Der Einfluß der einzelnen Dämpfungsmaße an der zu bestimmenden Pegeldifferenz ΔL wird an folgendem Beispiel deutlich:

Für einen Abstand von 700 m vom Baugebietsmittelpunkt zum Immissionspunkt und einen Abstand von 500 m vom Rand des Baugebietes zum Immissionspunkt, an dem Schalleistungskonzentrationen möglich sind, ergeben sich nach Angaben in der VDI 2714 folgende Unterschiede in den Dämpfungsmaßen:

Abstandsmaß ΔL_S :

Für das genannte Beispiel ergibt sich eine Differenz von 3 dB(A) zwischen dem Abstandsmaß bei Anordnung der Schallquelle in 700 m Entfernung und dem Abstandsmaß bei Anordnung der Schallquelle in 500 m Entfernung zwischen Quelle und Immissionspunkt.

Luftabsorptionsmaß ΔL_L :

Die Differenz der Luftabsorptionsmaße für das obige Beispiel bei einer hier angenommenen Oktavmittenfrequenz von 500 Hz für das im Baugebiet vorherrschende Geräusch beträgt für den gewählten Abstandsunterschied von 700 m zu 500 m: 0,34 dB, also nur etwa ein Zehntel der Differenz des Abstandsmaßes ΔL_S . Die Luftabsorption kann daher für diese Untersuchung vernachlässigt werden.

Bodenabsorptionsmaß ΔL_B :

Als Bodendämpfungsmaß wird bei Immissionssituationen allgemein ein konstanter Wert von 2 dB(A) berücksichtigt; wegen der hier gewählten Untersuchungsmethodik - nur Differenzen von Pegeln werden betrachtet - ist die Bodendämpfung mit ihrem konstanten Betrag für das Ergebnis ohne Einfluß.

Bewuchsdämpfungsmaß $\Delta L_{B'}$:

Wesentliche Pegelminderungen durch Bewuchs werden erst bei entsprechender Bewuchstiefe erreicht. Üblicherweise wird daher Bewuchs als Minderungsmaßnahme nur in den Freiräumen zwischen zwei Baugebieten unterschiedlicher Nutzung vorgesehen. Da das Untersuchungsziel ist, Pegeländerungen ΔL durch unterschiedliche Lage der Schallquellen im Baugebiet bezüglich eines Immissionspunktes in einem anderen Baugebiet zu ermitteln, ist das Bewuchsdämpfungsmaß wegen der konstanten Bewuchstiefe zwischen den Baugebieten bei der Pegeldifferenzbildung ohne Einfluß.

Bebauungsdämpfungsmaß ΔL_G ; Abschirmmaß ΔL_Z ; Witterungsdämpfungsmaß ΔL_M :

Dämpfungen, die durch Bebauung, Hindernisse und Witterungseinflüsse auftreten können, bleiben wegen der nicht für alle denkbaren Bebauungssituationen vorgebbaren Bedingungen hier unbe-

rücksichtigt.

Das Vernachlässigen der genannten Dämpfungsmaße schränkt natürlich die Aussage der so gewonnenen Ergebnisse für ein spezielles Baugebiet mit den nur dort vorhandenen Randbedingungen bezüglich der Bebauungshindernisse und Wettersituationen ein. Allerdings ist zur Einschränkung anzumerken, daß die mit der vorliegenden Untersuchung gewonnenen Ergebnisse Maximalwerte der möglichen Pegeldifferenz ΔL sind und die wirklichen Differenzen kleiner sein werden. Zur Abweichung der ermittelten Rechenergebnisse dieser modellhaften Untersuchung gegenüber Ergebnissen bei tatsächlichen Bebauungssituationen sind quantitativ jedoch keine Angaben zu machen.

4. Durchführungskonzept

Die Pegeldifferenz ΔL für einen Immissionspunkt im Umfeld des Baugebietes, die sich ergibt zwischen der Berechnung des Immissionspegels mit der punktförmig im Baugebietsmittelpunkt angeordneten Gesamtschalleistung und der Berechnung mit den auf der Baugebietsfläche verteilten Teilschalleistungen, wird unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

4.1. Flächenform

Es wird vorausgesetzt, daß die in der Praxis vorkommenden Baugebietsformen für die hier anstehende Fragestellung näherungsweise durch ein Rechteck ersetzt werden können. Die Berechnung der Pegeldifferenz ΔL wird daher nur für rechteckige Baugebietsflächen durchgeführt.

4.2. Seitenverhältnis

Zur Abschätzung des Einflusses der Seitenlänge A und B eines Rechteckes auf die Pegeldifferenz ΔL werden die Seitenverhältnisse $A/B = k$ für die Werte $k = 0,25; 0,5; 1,0; 2,0$ und $4,0$ bei der Berechnung berücksichtigt.

4.3. Teilflächenzahl

Zur Untersuchung des Einflusses der Teilflächenzahl auf die Pegeldifferenz ΔL für Immissionspunkte im Umfeld des Baugebietes wird die durch ein Rechteck angenäherte Baugebietsfläche in 64 gleichmäßig große Teilflächen eingeteilt. Für die einzelnen Teilfläche wird vorausgesetzt, daß die auf dieser Teilfläche installierte Schalleistung im Teilflächenmittelpunkt konzentriert ist. Durch Reduzierung der Teilflächenzahl von 64 auf 16 und dann auf 4 Teilflächen soll der Einfluß der Flächenanzahl auf die Pegeldifferenz ΔL deutlich werden.

Bei der Reduzierung der Teilflächenzahl von 64 auf 16 Flächen wird die Schalleistung von 4 aneinandergrenzenden Teilflächen energetisch addiert und im Mittelpunkt der aus den 4 Teilflächen neu gebildeten Fläche als Punktschallquelle angeordnet. Die Reduzierung von 16 Teilflächen auf 4 Teilflächen geschieht in gleicher Weise. In Abbildung 1 ist die Aufteilung der Gesamtfläche in Teilflächen dargestellt.

4.4. Abstand vom Flächenmittelpunkt

Die Pegeldifferenz ΔL wird für Punkte im Umfeld des Baugebietes berechnet, die unterschiedliche Abstände r vom Gesamtflächenmittelpunkt haben und auf Strahlen liegen, die vom Flächenmittelpunkt ausgehen und sich um $22,5^\circ$ unterscheiden (siehe Abbildung 2).

In der Abbildung 2 ist beispielhaft die Ermittlung der Pegeldifferenz ΔL für den Immissionspunkt x auf dem Strahl des Winkels $\varphi = 337,5^\circ$ skizziert:

Von der im Flächenmittelpunkt angeordneten Gesamtschalleistung L_{Wges} (energetische Summe der Teilschalleistungen L_{W_i}) wird das Abstandsmaß ΔL_s , ermittelt aus dem Abstand zwischen Flächenmittelpunkt und Punkt x , subtrahiert; von dieser Teildifferenz wird die energetische Summe der von den einzelnen Teilflächenquellen auf den Punkt x einwirkenden Immissionsanteile subtrahiert.

Formelmäßig ergibt sich für die Pegeldifferenz ΔL folgender Zusammenhang:

$$\Delta L_x = [L_{Wges} - 20 \lg \frac{r_x}{r_0}] - [10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Wi} - 20 \lg \frac{r_i}{r_0})}]$$

- ΔL_x = Pegeldifferenz im Punkt x
 L_{Wges} = Energetische Summe der Teilschalleistungen L_{Wi}
 L_{Wi} = Teilschalleistung
 r_x = Abstand Flächenmittelpunkt/Punkt x
 r_i = Abstand Teilflächenmittelpunkt/Punkt x
 r_0 = Bezugsabstand 1 m

Die energetische Summation wird wie üblich nach folgendem Schema vorgenommen:

$$L_{Wges} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1 L_{Wi}}$$

4.5. Schalleistungsverteilung im Baugebiet

Da die Schalleistungsverteilung im Baugebiet Einfluß auf die Pegeldifferenz ΔL_x hat, werden folgende Verteilungen der Schalleistungen im Baugebiet vorausgesetzt und untersucht:

4.5.1. Anordnung der gesamten Schalleistung am Rand des Baugebietes

Mit der Wahl dieser Verteilung, die zugegeben in der Praxis nur selten anzutreffen sein wird, soll die maximal mögliche Pegeldifferenz ΔL zwischen Konzentration der Schalleistung im Flächenmittelpunkt und Konzentration am Flächenrand ermittelt werden (siehe Abbildung 3).

Die absolute Höhe der Schalleistung L_{Wi} in den Teilflächen spielt, wie schon erwähnt, für diese Untersuchung keine Rolle, da nur die Pegeldifferenz ΔL aufgrund unterschiedlicher Schalleistungsverteilung in der Fläche betrachtet wird.

4.5.2. Homogene Verteilung der Schalleistung

Kennzeichner für diese Verteilung der Schalleistung ist die in allen Teilflächen vorhandene gleiche Schalleistung. Pegeldiffe-

renzen können nur durch den Einfluß unterschiedlicher Abstände zwischen Immissionspunkt und den Teilflächenmittelpunkten auftreten (siehe Abbildung 4).

4.5.3. Verteilung der Schalleistung so, daß ein Schalleistungsunterschied von 80 dB zwischen der maximal belasteten und der minimal belasteten Teilfläche besteht.

Die maximale Differenz zwischen den Teilschalleistungen von 80 dB wurde auf die 64 Teilflächen angenähert einer Poisson-Verteilung aufgeteilt (siehe Abbildung 5). Die Poisson-Verteilung für die Schalleistungsaufteilung im Baugebiet wurde einer Normalverteilung vorgezogen, da häufig in Baugebieten wenig starke Emittenten und eine Vielzahl von Emittenten mit mittleren oder geringen Schalleistungen vorhanden sind.

Die Teilflächenschalleistungen wurden von einem Rand zum andern Rand des Baugebietes hin ansteigend angeordnet. Mit der rotationssymmetrischen Anordnung der betrachteten Immissionspunkte um das Baugebiet sowie der Flächenformen $k = 0,25$ bis $k = 4$ sind die in der Praxis auftretenden Fälle für Immissionspunkte, die nahe der Schalleistungskonzentration liegen, sowie für Immissionspunkte, die der Schalleistungskonzentration abgewandt sind, wie aber auch für Immissionspunkte, die seitlich von Schalleistungskonzentrationen liegen, mit dieser Verteilungsart zu simulieren.

4.5.5. Anordnung der Teilschalleistungen vom Mittelpunkt des Baugebietes abfallend zu den Rändern des Baugebietes.

Zwischen der größten und der kleinsten Teilschalleistung wurde ein Unterschied von 80 dB gewählt (siehe Abbildung 6). Diese Verteilung wurde gewählt, um die für den Immissionsschutz des gesamten Umfeldes eines Baugebietes wohl günstigste Anordnung der Schallquellen im Verhältnis zu den übrigen Schallquellenverteilungen zu demonstrieren.

4.5.6. Zufällige Verteilung der Teilschalleistungen.

Die 64 Teilschalleistungen wurden mit Hilfe von Zufallszahlen

den einzelnen Teilflächen des Gebietes wie in Abbildung 7 dargestellt zugeordnet. Als maximaler Unterschied zwischen den Teilschalleistungen wurden 80 dB gewählt.

4.5.7. Verteilung der Teilschalleistungen angenähert der Verteilung in Ölraffinerien.

Im Gegensatz zu den theoretisch vorgegebenen Verteilungen, mit denen Abschätzungen von maximalen Pegeldifferenzen möglich sind, wird hier eine Verteilung der Schalleistung auf dem Werksgelände gewählt, die den in der Praxis ausgeführten Raffinerieanlagen angenähert ist. Im schon erwähnten Bericht der Deutschen Gesellschaft für Mineralöl-Wissenschaft und Kohlechemie e. V. sowie in den von HÄBERLE wie auch von SCHREIBER veröffentlichten Untersuchungsergebnissen wird für Raffinerien für das Verhältnis der Anlagenflächengröße zur Werksflächengröße ein mittlerer Wert von 0,05 genannt. Anlagenflächen sind hier nach bebaute Flächen einer Produktionsanlage oder einer Nebenanlage einschließlich der Erschließungsflächen in der Anlage; als Werksfläche wird die gesamte Grundfläche des Werkes bezeichnet [7; 8].

Die Angaben im Bericht der DGMK beziehen sich auf Untersuchungen an 11 bestehenden Raffinerien. In einer vom Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen herausgegebenen Studie "Lärmschutz beim Raffineriebau" wird für eine Modellraffinerie mit einem angenommenen jährlichen Rohöleinsatz von $5 \cdot 10^6$ t ein Verhältnis der Anlagenfläche zur Werksfläche von 0,023 als ausreichend angesehen; zu berücksichtigen ist jedoch bei dieser Studie, daß das Untersuchungsziel auf eine minimale Emission der Anlage ausgerichtet war und nicht auf Aussagen zum Verhältnis der Werksflächengröße zur Anlagenflächengröße [9].

Nach dieser Studie werden von der Gesamtflächengröße einer Raffinerie von $1,6 \cdot 10^6$ m² folgende Flächen für die Verfahrensanlagen benötigt:

Rohöldestillation	8 450 m ²
Reformer mit Benzinentschwefelung	4 369 m ²
Vakuumdestillation mit Heizölaufbereitung	1 914 m ²

Mitteldestillat-Entschwefelung mit Aminwäsche und Schwefelgewinnung	6 000 m ²
Katalytische Krackanlage	4 400 m ²
Gasnachverarbeitung mit Aminwäsche und Laugenwäsche	3 420 m ²

Für die Nebenanlagen wie Heizölstation, Heizgasstation, Druckluftstation, Abwasseranlagen, Dampffeldpumpen, Tankfeldrührwerke sind in der Studie keine Angaben zur benötigten Flächengröße gemacht. Mit den oben erwähnten Anlagengrößen und dem genannten Wert von 0,023 für das Verhältnis Anlagenfläche zur Werksfläche läßt sich für die Flächengröße der Nebenanlagen ein Wert von 10 000 m² berechnen.

Abgesehen von einigen Nebenanlagen wie Tankfeldrührwerke und Dampffeldpumpen sind üblicherweise die Verfahrensanlagen mit den übrigen Nebenanlagen räumlich konzentriert auf der Werksanlage angesiedelt. Werden die Verfahrensanlagen in der Mitte des Werksgeländes angeordnet, so ist hierdurch die günstigste Lage der Anlagen bezüglich des Immissionsschutzes für das gesamte Umfeld des Werksgeländes gegeben; ist dagegen eine Wohnbebauung nur an einer Seite des Raffineriegeländes vorhanden, so ist natürlich die Konzentrierung der Verfahrensanlagen auf dem der Wohnbebauung entferntesten Gebietsteil günstiger.

Um den Einfluß einer günstigen, d. h. einer Konzentration der Schalleistung auf von der Wohnbebauung weit entfernten Teilfläche des Werksgeländes, aber auch um die Einflüsse ungünstiger Lagen der Verfahrensanlagen zur Wohnbebauung (Konzentration am nächstliegenden Werksflächenrand) untersuchen zu können, wurde die in Abbildung 8 dargestellte Verteilung der Schalleistung gewählt. Hierbei wird die Schalleistung auf zwei nebeneinander liegende Teilflächen am Rand des Werksgeländes angeordnet, was einem Flächenverhältnis von bebauter zu unbebauter Fläche von 0,032 entspricht und somit in etwa das Mittel von den in der vorgenannten Literatur angeführten Werten 0,05 und 0,023 darstellt.

4.5.8. Verteilung der Teilschalleistungen angenähert der Verteilung in Hüttenwerken

Zur Abschätzung möglicher Fehler bei der Anwendung flächenbezo-

gener Schalleistungen in Planungsfällen von Großanlagen, bei denen im Gegensatz zu der im vorigen Abschnitt behandelten Raffinerie keine Konzentration der Schalleistung auf einem geringen Anteil der Gesamtfläche auftritt, wird ein kombiniertes Hüttenwerk stellvertretend ausgewählt. Kennzeichnend für derartige Großanlagen ist die Ausnutzung etwa der gesamten Werksfläche mit schallemittierenden Anlagen.

Dem Einwand, Anlagen dieser Größenordnung werden heute selten neu gebaut und sind somit nicht typisch für die "tägliche Bauleitplanung", ist sicherlich zuzustimmen. Jedoch ist hierzu anzumerken, daß die vorgesehene Untersuchung zur Fehlermöglichkeit bei der Benutzung des FBS auch Randbereiche der Bauleitplanung mitbehandeln sollte, um die Bandbreite möglicher Pegeldifferenzen feststellen zu können.

In der Abbildung 9 sind die der Berechnung zugrunde gelegten Schalleistungen eines kombinierten Hüttenwerkes skizziert. Die Zuordnung der einzelnen Betriebseinheiten Kohle- und Zuschlagstoffanlieferung, Lagerplatz, Sinteranlagen, Kokerei, Hochofen, Gießerei, Walzwerk, Stahlwerk, Adjustage mit ihren Schalleistungen sowie die produktionsbedingten Nebenanlagen wie Kraftwerk, innerbetrieblicher Werksschienenverkehr, Schlackenhalde, Schrottplätze, Reparaturwerkstätten, Verladeanlagen und Verwaltungsgebäude, wurde in Anlehnung an bestehende und in der Literatur erwähnte, geplante Hüttenanlagen vorgenommen, wie sie von LAUFF und in Berichten zu Untersuchungsvorhaben des Landes Nordrhein-Westfalen beschrieben sind [10; 11].

Die gewählte Anordnung der einzelnen Anlagen zueinander ist in Abbildung 10 skizziert.

Als Grundfläche für das zu betrachtende Hüttenwerk wurde eine rechteckige Fläche von $3 \times 2 \text{ km}^2$ gewählt, die in 64 Teilflächen unterteilt wurde. Für die in den einzelnen Teilflächen angesiedelten Betriebseinheiten wurde ein Schalleistungspegel L_{WA} ($L_{WA} \hat{=} A$ -bewerteter Schalleistungspegel) angenommen und die Summe der Schalleistungen der Anlagen in der Teilfläche punktförmig im Teilflächenmittelpunkt konzentriert angeordnet.

Wegen dieser Anordnung im Mittelpunkt der Teilflächen besteht - auch wenn die Gesamtfläche in 64 Teilflächen unterteilt wird - noch eine Fehlermöglichkeit dadurch, daß in Wirklichkeit die

Anlage am Rand der Teilfläche angeordnet werden kann und nicht im Teilflächenmittelpunkt liegen muß. Der Fehler ist auch hier abhängig von der Entfernung zwischen Immissionspunkt und Teilfläche und von der Teilflächengröße. Bei einer kleinen Teilfläche ist im allgemeinen der Unterschied zwischen dem Abstand Immissionspunkt und Rand der Teilfläche sowie Abstand Immissionspunkt und Teilflächenmittelpunkt nur gering und kann daher vernachlässigt werden.

Außerdem besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, daß bei wirklichen Situationen die Schalleistungen nur im zum Immissionspunkt hin nächstgelegenen Abschnitt der Teilfläche konzentriert sind. Der Fehler durch den Einfluß der Teilflächengröße kann somit im allgemeinen unberücksichtigt bleiben.

Die zur Berechnung der Pegeldifferenz ΔL hier zugrunde gelegten Schalleistungen für die einzelnen Betriebseinheiten und Hüttenanlagen sind praxisnah gewählt, können aber nicht ungeprüft für die Neuanlage von Hüttenwerken übernommen werden.

Das Ziel dieser Untersuchung ist - wie schon erwähnt - nicht die Abschätzung der Immissionswerte in einem konkreten Bebauungsplanverfahren, sondern das Aufzeigen von Pegeldifferenzen, die bei der Benutzung flächenbezogener Schalleistungen auftreten können. Abgestützt ist diese Untersuchung an konkreten Beispielen, für die die absolute Höhe der Schalleistungen nicht ausschlaggebend ist, sondern nur die Relation der Schalleistungen einzelner Anlagen zueinander und die Anordnung der Anlagen auf der Werksfläche.

Im hier betrachteten Hüttenwerksbeispiel wurde daher die Anordnung der einzelnen Hüttenanlagen zueinander auf ihr Zusammenwirken für einen reibungslosen Produktionsablauf abgestellt.

4.5.9. Verteilung der Teilschalleistungen angenähert der Verteilung in Kohleveredlungsanlagen

Um die Anwendbarkeit flächenbezogener Schalleistungen auch bei der Planung zur Ansiedlung neuer Technologien zu überprüfen, wurde beispielhaft für neue Technologien eine Kohleveredlungsanlage gewählt.

Unter Kohleveredlungsanlage ist hier eine Anlage gemeint, in

der aus Kohle entweder Gas, Öl oder Kohlenwasserstoffe hergestellt werden können. Für die Herstellung von Gas aus Kohle sind grundlegende Verfahren bekannt, die schon vor dem 2. Weltkrieg zur Produktion von Gas benutzt wurden, nach dem 2. Weltkrieg jedoch wegen der billigen Erdölprodukte nicht mehr eingesetzt wurden.

Von PETERS werden in einer Synopse die Eigenarten der einzelnen Verfahren (Lurgi; Winkler; Koppers-Totzek; Texaco und Dr. C. Otto) und die zur Zeit im Versuch sich befindenden Neuanlagen beschrieben, die gegenüber den Altanlagen modifiziert wurden und mit Leistungen von 0,2 t/h bis 11 t/h Kohleeinsatz zur Zeit betrieben werden [12].

Während Gas aus Kohle für den Einsatz in Kraftwerken, in der Hüttenindustrie, in der chemischen Industrie, wie auch für Heizzwecke benutzt wird, wird für den Betrieb von herkömmlichen Verbrennungsmotoren, die in den Kraftfahrzeugen installiert sind, fast nur flüssiger Brennstoff benutzt: Benzin und Dieselöl. Die Umwandlung der Kohle in flüssige Brennstoffe ist großtechnisch schon vor dem 2. und im 2. Weltkrieg vorgenommen worden; zur Zeit wird jedoch nur in Südafrika flüssiger Brennstoff in großen Mengen aus Kohle gewonnen.

In der Bundesrepublik Deutschland sind nach Angaben von PETERS vier Versuchsanlagen in der Planung bzw. im Bau, wovon zwei Anlagen der Technikumsstufe mit 0,3 bis 0,5 t Kohleeinsatz pro Tag und zwei Anlagen mit 6 t pro Tag bzw. 200 t pro Tag Kohleeinsatz als Großversuchsanlagen betrieben werden sollen.

Die Anlagen arbeiten nach dem Prinzip der katalytischen Hydrierung. SCHUPP und WIEN beschreiben die möglichen Verfahren zur Herstellung von flüssigen Brennstoffen aus Kohle, die im wesentlichen folgende Verfahrensbereiche umfassen [13]:

Kohleanlieferung, Lagerung und Aufbereitung der Kohle; Anmischung mit Vorrats- und Maischebehältern für Kohle, Schweröl und Katalysatoren sowie Hochdruckpumpen für die Kohlesuspension; Hydrierteil mit Vorerhitzer, Druckreaktoren und Abscheidegefäßen;

Reinigungsteil mit Filter- und Destillationsanlagen zur Aufbereitung der Reaktionsprodukte;

Gasversorgung mit Verdichtern für Wasserstoff und wasserstoffreiches Kreislaufgas;

Anlagen zur Erzeugung von Sauerstoff, elektrische Energie und zur Wasseraufbereitung.

Hinsichtlich der Geräuschimmissionen sind insbesondere wegen der zur Durchführung des Prozesses notwendigen hohen Drücke die Verdichter für Gase und Flüssigkeiten sowie die zum Medientransport notwendigen Pumpen hoher Leistung zu beachten.

Während Verdichter und Pumpen allerdings in Gebäuden und somit bezüglich des Immissionsschutzes günstig anzuordnen sind, sind, ähnlich wie bei Ölraffinerien, die zur Wärmeerzeugung für das Produkt notwendigen Prozeßöfen sowie Reaktoren des Hydrierteils, Destillationskolonnen und Kühlanlagen nur im Freien zu betreiben.

Läßt man den Kohleaufbereitungsteil, der mit seinen Transportanlagen, Mühlen, Gebläsen zur Sichtung des Kohlenstaubs äußerst geräuschintensiv ist, außer Betracht, so sind die Prozeßanlagen mit den Prozeßanlagen einer Ölraffinerie vergleichbar. Bestimmte Anlagenteile, wie zum Beispiel Anlagen zur Destillation und zur Stabilisierung des Benzins, sind identisch mit Anlagen der Ölraffinerie.

Für die Anwendung des FBS auf eine Anlage der Kohleverflüssigung wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

Für die Untersuchung wird eine Anlage mit einer Leistung von 2000 t Kohleeinsatz/Tag gewählt, weil aufgrund der Angaben von PETERS die zehnfache Größe der zur Zeit erbauten Großversuchsanlage von 200 t/Tag, also 2000 t/Tag, in einem Produktionsstrang verwirklicht werden sollte.

Wird in einem Realfall eine Anlage mit noch größerer Tagesleistung erstellt, so sind dann mehrere Produktionsstränge parallel anzuordnen, die bezüglich des absoluten Wertes der Immissionen höhere Werte ergeben als nur ein Strang, die aber für die hier interessierende Fragestellung (Anwendung des FBS bei heterogenen Emissionsanteilen in einer Produktionsfläche) keine zusätzlichen Informationen liefern.

Angaben zur Werksflächengröße für eine derartige Anlage sind z. Zt. nicht veröffentlicht. Um den Platzbedarf abschätzen zu können, wird von den in der Schriftenreihe Nr. 7 des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes NW

veröffentlichten Daten für eine 200 t/Tag-Anlage ausgegangen [14].

Hiernach wird für diese Anlage eine rechteckige Fläche von etwa $150 \times 300 \text{ m}^2$ benötigt. In der Annahme, daß eine Vergrößerung der Leistung um den Faktor 10 wahrscheinlich keine Steigerung des Flächenbedarfs um den Faktor 10 erfordert, sondern schätzungsweise eine Vergrößerung um den Faktor $\sqrt{10}$, wird für die Anlage von 2000 t Kohleeinsatz/Tag etwa eine Rechteckfläche von $0,15 \text{ km}^2$ benötigt.

Wird für die Fläche ebenfalls das Seitenverhältnis von 2:1 gewählt, so hat die Fläche eine Länge von 550 und eine Breite von 275 m.

Mit Hilfe der in den Richtlinien:

VDI-Richtlinie 3730 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen, Prozeßöfen";

VDI-Richtlinie 3731 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen, Verdichter";

VDI-Richtlinie 3732 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen, Fackeln";

VDI-Richtlinie 3734 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen, Luftkühler";

angegebenen Emissionen und den in der Literatur für Mahl- und Transportanlagen genannten Emissionen wird die in Abbildung 11 skizzierte Verteilung der Schalleistungen auf der Werksfläche einer Kohleveredlungsanlage angenommen. Die angenommene Lage der einzelnen Anlagenteile im Baugebiet ist in der Abbildung 11 a skizziert.

5. Berechnete Pegeldifferenzen ΔL

Mit Hilfe einer Datenverarbeitungsanlage wurde die Pegeldifferenz ΔL aus der Differenz des Schalldruckpegels am Immissionspunkt bei einer Konzentration der Schalleistung im Flächenmittelpunkt und des Pegels am Immissionspunkt bei einer auf der Fläche verteilten Schalleistung berechnet. Die Ergebnisse sind nachfolgend auf zwei verschiedene Arten dargestellt.

Für eine Darstellung der Pegeldifferenz ΔL wurde die Form eines

Polardiagrammes gewählt, in dem Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 2\text{dB}$ und $\Delta L = \pm 3\text{ dB}$ aufgetragen sind. Mit dieser Darstellungsart werden die Pegeldifferenzen ΔL für die einzelnen Immissionspunkte in Abhängigkeit vom Abstand und von der Lage zum Flächenmittelpunkt gut erkennbar.

Nachteilig ist bei dieser Darstellungsart, daß der Verlauf der Pegeldifferenzen ΔL in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Immissionspunkt und Baugebiet nicht erkennbar ist, sondern nur die Kurven, die der konstanten Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 2\text{ dB}$ und $\pm 3\text{ dB}$ entsprechen.

Wegen dieses Nachteils der Polardiagrammdarstellung wurde zusätzlich eine Dreidimensionaldarstellung der Pegeldifferenz in einem x, y, z -Koordinatensystem gewählt, wobei auf der x -Achse - ebenfalls wie im Polardiagramm - die Entfernung $R = \frac{r}{\sqrt{F_{\text{ges}}}}$ aufgetragen ist, auf der y -Achse der Winkel φ und auf der z -Achse die Pegeldifferenz ΔL .

Die normierte Entfernung R ist im logarithmischen Maßstab von $R = 0,5$ bis $R = 7,9$ auf der x -Achse abgetragen; die y -Achse ist für Winkel φ in Schritten von 45° eingeteilt und die z -Achse stellt die Pegeldifferenz ΔL im Bereich von -5 bis $+5\text{ dB}$ dar.

Das Vorzeichen für die Pegeldifferenz ΔL leitet sich aus der im Abschnitt 4.4 angeführten Berechnungsformel ab. Nach dieser Formel erhält man ein positives Vorzeichen für die Pegeldifferenz ΔL , wenn die Berechnung mit der Konzentration der Schalleistung im Baugebietsmittelpunkt gegenüber der tatsächlichen Schalleistungsverteilung im Baugebiet für den Immissionspunkt einen höheren Schalldruckpegel ergibt.

Die Pegeldifferenzen in dieser dreidimensionalen Darstellungsform werden begrenzt durch den gewählten Pegelbereich von $\pm 5\text{ dB}$ auf der z -Achse und durch die Lage des Immissionspunkte zum Baugebiet; Pegeldifferenzen werden nur für Immissionspunkte berechnet und dargestellt, die außerhalb der Bebauungsfläche liegen.

5.1. Konzentration der Schalleistung am Rand des Baugebietes entsprechend den Vorgaben des Abschnittes 4.5.1

In den Abbildungen 12, 13 und 14 sind die Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 3\text{ dB}$ und $\Delta L = \pm 2\text{ dB}$ aufgetragen, die bei einer angenommenen

Konzentration der Schalleistung auf $1/64$ der Baugebietsfläche zu erwarten sind. Die Ergebnisse gelten für eine quadratische Fläche mit einem Seitenverhältnis $k = 1$ und für Flächen mit dem Seitenverhältnis $k = 0,25$ und $k = 4$. Weiterhin wurde hier noch vorausgesetzt, daß diese Konzentration am Rande der Baugebietsfläche liegt. Für diese, wohl den ungünstigsten Fall einer Verteilung darstellenden Anordnung, sind bis zu einem Abstand, der etwa das 3fache der Wurzel aus der Flächengröße entspricht, noch Pegeldifferenzen $\Delta L > 3$ dB für Immissionspunkte, die auf der Verlängerungslinie der beaufschlagten Teilfläche zum Baugebietsmittelpunkt liegen, zu erwarten.

Die Pegeldifferenzen werden minimal für Immissionspunkte im Umfeld des Baugebietes, für die der Abstand zur tatsächlichen Lage der Schalleistungskonzentration und zum Baugebietsmittelpunkt etwa gleich groß ist. Erhebliche Pegeldifferenzen können bei ungünstiger Lage der Immissionspunkte (Punkte auf der Verlängerungslinie Baugebietsmittelpunkt und Teilflächenmittelpunkt) an langgestreckten Flächen auftreten. Nach der Abbildung 13 wäre zum Beispiel bei einer Baugebietsfläche von $F_{ges} = 400\ 000\ m^2$ für Immissionspunkte, die im Winkelbereich von 270° bis 315° zum Bebauungsgebiet und in Abständen bis zu $R = 3$, d. h. nach der Formel :

$$R = \frac{r}{\sqrt{F_{ges}}}$$

für Abstände r bis zu 600 m liegen, eine Pegeldifferenz $\Delta L = -3$ dB bei der angenommenen Schalleistungskonzentration zu erwarten.

Eine Pegeldifferenz $\Delta L = -2$ dB tritt bei dieser Flächenform und Schalleistungsverteilung noch bis zu Abständen auf, die etwa das 4,5fache der Quadratwurzel der Flächengröße entsprechen.

Zur Demonstration der Abhängigkeit zwischen Pegeldifferenz ΔL und Entfernung des Immissionspunktes vom Baugebiet sind in der Abbildung 15 die Pegeldifferenzen ΔL , der normierte Abstand R und der Winkel φ sowie das Seitenverhältnis $k = A:B$ als Parameter aufgetragen.

Allgemein ist festzustellen, daß mit zunehmendem Abstand des Immissionspunktes vom Baugebietsmittelpunkt die Pegeldifferenzen ΔL kleiner werden. Für die hier vorliegende Schalleistungs-

verteilung ist die Pegeldifferenz ΔL nur abhängig von der Differenz zwischen dem Abstandsmaß für die Entfernung zwischen Immissionspunkt und Baugebietsmittelpunkt und dem Abstandsmaß für die Entfernung zwischen Immissionspunkt und Lage der Schalleistungskonzentration im Baugebiet.

Interessant ist bei dieser Schallquellenverteilung festzustellen, daß die Immissionspunkte, die im Winkel von 135° und 315° zu den Baugebietsachsen liegen, gleiche Pegeldifferenzen für die Seitenverhältnisse $k = 0,25$ und $k = 4$ ergeben; für diese Winkel liegen Symmetriebedingungen der genannten Flächen vor.

Das Vorzeichen der Pegeldifferenzen ΔL in Abhängigkeit von der Baugebietsentfernung ist für quadratische Baugebietsflächen bei den verschiedenen Winkeln φ identisch; bei rechteckigen Flächenformen mit den Seitenverhältnissen $k = 0,25$ und $k = 4$ für Immissionspunktlagen mit dem Winkel $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 225^\circ$ tritt ein Vorzeichenwechsel auf (siehe Abb. 15).

Der Einfluß der Teilflächenzahl auf die Pegeldifferenz ΔL für die vorgenannte Schallpegelverteilung ist in den Abbildungen 16, 17 und 18 dargestellt, und zwar für die Seitenverhältnisse $k = 1$; 2 und 4 (die Fläche mit dem Seitenverhältnis $k = 0,25$ wurde hier nicht mehr betrachtet, da wegen ihrer Ähnlichkeit mit der Fläche des Seitenverhältnisses $k = 4$ (um 90° gedrehtes Koordinatenkreuz) keine Zusatzinformationen zu erhalten sind; es wurden dafür zusätzlich die Pegeldifferenzen für Flächen mit dem Seitenverhältnis $k = 2$ dargestellt).

Auffallend beim Ergebnis ist das nahe Beieinanderliegen der Pegeldifferenzkurven für die Teilflächenzahl $n = 64$ und $n = 16$ gegenüber dem größeren Abstand zwischen den Kurven für die Teilflächenzahl $n = 16$ und $n = 4$. Obwohl der Multiplikator zwischen 4 und 16 und zwischen 16 und 64 in beiden Fällen $= 4$ ist und somit ähnliche Kurvenabstände erwarten läßt, ist bei dieser Verteilungsform die Pegeldifferenz ΔL bestimmt durch den Abstandsunterschied zwischen Teilflächenmittelpunkt und Baugebietsmittelpunkt.

Die Abstandsunterschiede bei Aufteilung der Fläche in Teilflächen von $1/4$ der Gesamtfläche und $1/16$ der Gesamtfläche sind größer als die Unterschiede bei Aufteilung der Fläche in Teil-

flächen von $1/16$ und $1/64$ der Gesamtfläche.

Pegeldifferenzen von $\Delta L = -5$ dB sind für Immissionspunkte, die auf einem Strahl des Winkels von 350° liegen - etwa Verlängerungslinie Teilflächenmittelpunkt und Baugebietsmittelpunkt - bis zu Entfernungen von r etwa $2 \cdot \sqrt{F_{\text{ges}}}$ zu erwarten.

Die berechneten Pegeldifferenzen ΔL sind, wie Abbildung 16 bis 18 zu entnehmen ist, bei der Teilflächenzahl $n = 4$ kleiner als bei $n = 16$ und bei dieser wieder kleiner als bei $n = 64$.

Dieses Ergebnis, das andeutet, möglichst wenig Teilflächen zu wählen, ist bezüglich der Anwendung des FBS zu diskutieren:

Die Pegeldifferenz ΔL ist der Unterschied zwischen dem Schalldruckpegel am Immissionspunkt bei Anordnung der Gesamtschalleistung im Baugebietsmittelpunkt und dem Schalldruckpegel bei Anordnung der Schalleistung auf 64; 16 oder 4 Teilflächen des Baugebietes.

Ist, wie im vorliegenden Fall, die gesamte Schalleistung des Baugebietes auf $1/64$ der Fläche konzentriert, so ergibt eine Berechnung mit der Teilflächenzahl $n = 64$ gegenüber einer Berechnung vom Baugebietsmittelpunkt aus die tatsächlich auftretende Pegeldifferenz ΔL .

Wird nun die Schalleistung auf $1/16$ der Gesamtfläche aufgeteilt, so tritt aufgrund des sich ändernden Abstandsverhältnisses eine Verringerung der Pegeldifferenz ΔL auf.

Das Vorgesagte sei noch einmal am Beispiel der Abbildung 18 demonstriert:

Für Immissionspunkte, die unter $\varphi = 315^\circ$ zu den Bebauungsflächenkoordinaten und im normierten Abstand $R = 1,5$ liegen, ergibt die Berechnung für die vorgegebene Schallquellenverteilung eine Pegeldifferenz ΔL von etwa 4,8 dB für $n = 64$; $\Delta L = 4,2$ dB für $n = 16$ und $\Delta L = 2,8$ dB für $n = 4$ Teilflächen.

Wegen der kleineren Pegeldifferenz ΔL bei $n = 4$ als bei $n = 64$ heißt das nun nicht, daß mit $n = 4$ die beste Abschätzung vorliegt, sondern mit $n = 4$ wird eine um 2 dB (4,8 - 2,8 dB) schlechtere Abschätzung erreicht als mit der genau mit der Schallquellenkonzentration auf $1/64$ der Gesamtfläche übereinstimmenden Teilflächenzahl $n = 64$.

Differieren die aufgetragenen Pegeldifferenzen ΔL an den einzelnen Abständen R , so ist die Abschätzung mit der kleineren Teilflächenzahl immer schlechter als die Abschätzung mit der höheren Teilflächenzahl; ergibt sich kein Unterschied in den berechneten Pegeldifferenzen ΔL zwischen den Teilflächenzahlen n , so ist die Anzahl der Teilflächen für das Ergebnis ohne Bedeutung; für die Abschätzung der Immissionen wird man daher die geringste Zahl von Teilflächen wählen.

Im Entwurf der DIN 18005 Teil 1 "Schallschutz im Städtebau" wird für die Anwendung des FBS eine Unterteilung der Bebauungsflächen in Teilflächen gefordert, wenn die größte Diagonale D des Bebauungsgebietes größer ist als das 0,7fache des Abstandes zwischen dem Immissionspunkt und dem Punkt, der etwa die Diagonale halbiert.

Da die hier untersuchten Baugebietsformen Rechtecke oder Quadrate sind, ist der Halbierungspunkt der Diagonale D stets der Flächenmittelpunkt. Zur Veranschaulichung der in der DIN 18005 aufgestellten Forderung $D \geq 0,7 \cdot s_m$ (s_m = Abstand Immissionspunkt/Diagonale) ist in den Abbildungen 12 bis 14 der Kreis um den Flächenmittelpunkt eingetragen, der der o. g. Forderung $D = 0,7 \cdot s_m$ entspricht.

Bei der hier gewählten Verteilung der Schalleistung können Pegeldifferenzen größer 2 dB auftreten, obwohl die Forderung $D = 0,7 \cdot s_m$ eingehalten ist. Die Differenzen treten allerdings nicht im gesamten Umfeld der Baugebietsfläche auf, sondern nur im Bereich der Verlängerungslinie zwischen Schalleistungskonzentration und Mittelpunkt des Baugebietes.

Das genannte Ergebnis gilt sowohl für quadratische Baugebiete wie auch für rechteckige Flächen unterschiedlicher Seitenverhältnisse.

5.2. Gleichmäßige Verteilung der Schalleistung im Bebauungsgebiet entsprechend Abschnitt 4.5.2

Im Gegensatz zu der im vorhergehenden Abschnitt benutzten Schalleistungskonzentration auf $1/64$ der Baugebietsfläche wird hier eine gleichmäßig über das gesamte Gebiet verteilte Schalleistung angenommen, d. h. in 64 Teilflächen werden Schalleistungen gleicher Größe angeordnet.

Es ist anzunehmen, daß die hier zu betrachtende gleichmäßige Schalleistungsverteilung wesentlich kleinere Pegeldifferenzen ΔL ergeben wird als eine extrem ungleichmäßig verteilte Schalleistung. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Abbildung 19, 20 und 21 dargestellt, sie zeigen die Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 3$ dB und $\Delta L = \pm 2$ dB für Baugebietsflächen mit einem Seitenverhältnis $k = 1; 2$ und 4 . Wegen der bestehenden Symmetrie sind durch Drehen des Koordinatensystems in den Abbildungen 20 und 21 um 90° die Pegeldifferenzen ΔL für Flächen mit den Seitenverhältnissen $k = 0,5$ und $k = 0,25$ zu erhalten.

Quadratische Bebauungsgebiete mit gleichmäßiger Schalleistungsverteilung weisen nur im geringen Abstand vom Rand des Gebietes Pegeldifferenzen auf zwischen der Berechnung der Immissionen vom Gesamtflächenmittelpunkt und der Berechnung mit den einzelnen Teilschalleistungen.

Geht die Flächenform von einem Quadrat in ein Rechteck über, so sind insbesondere für Immissionspunkte im Bereich der Schmalseite des Rechteckes größere Pegeldifferenzen zu erwarten; so sind zum Beispiel bei Flächen mit einem Seitenverhältnis von $k = 4$ bzw. für $k = 0,25$ bis zur normierten Entfernung $R = 1,6$ Pegeldifferenzen ΔL größer 2 dB zu erwarten (siehe Abbildung 21).

Aus der Abbildung 22 ist ebenfalls zu entnehmen, daß der Einfluß des Seitenverhältnisses k nur im Nahbereich der Bebauungsfläche wirksam ist, was an dem sehr schnellen Abfall der Pegeldifferenz ΔL auf Werte um 0 dB zu erkennen ist (starke Krümmung der Kurven). Die gleichmäßige Schalleistungsverteilung ist auch gegenüber der Wahl der Teilflächenzahl n unempfindlich. Wie die Abbildung 23 zeigt, liegen die Kurven für die unterschiedlich gewählten Teilflächenzahlen eng beieinander; nur im Nahbereich der Bebauungsfläche ist die Zahl der Flächen von Einfluß. Für eine gleichmäßig über die Bebauungsfläche verteilte Schalleistung ist das im Entwurf der DIN 18005 geforderte Kriterium zur Aufteilung in Teilflächen "Diagonale $D \geq 0,7 \cdot$ Abstand zum Immissionspunkt" ausreichend, um Fehler > 1 dB zu vermeiden (siehe Abbildung 23).

5.3. Schalleistung von einem Rand des Baugebietes zum gegenüberliegenden Rand hin abnehmend entsprechend den Angaben des Abschnittes 4.5.3.

Neben den bisher behandelten, in der Praxis in der gewählten

Form wohl nur selten auftretenden Verteilungen, wird mit der hier von einem Rand des Baugebietes zum anderen Rand hin abfallenden bzw. ansteigenden Schalleistung eine praxisnähere Verteilung untersucht.

In den Abbildungen 24 bis 26 sind die ermittelten Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 3$ dB und $\Delta L = \pm 2$ dB für Seitenverhältnisse $k = 1$; 4 und 0,25 für die Teilflächenzahl $n = 64$ aufgetragen. Für Immissionspunkte, die nahe der Schalleistungsanhäufung (Bereich zwischen 0 und 30° und 330° und 360°) liegen, treten die größten Pegeldifferenzen ΔL auf. Die Berechnung der Geräuschimmissionen für diese genannten Punkte ergibt zu geringe Pegel, wenn die Schalleistung im Baugebietsmittelpunkt angenommen wird; für Immissionspunkte, die auf der gegenüberliegenden Seite der Schalleistungsanhäufung liegen (Bereiche zwischen 150° und 210°), werden zu hohe Pegel bei Annahme der Schalleistung im Baugebietsmittelpunkt gegenüber den tatsächlichen Schallpegeln berechnet. Der Einfluß der Flächenform auf die Pegeldifferenz bei der hier gewählten Verteilung der Schalleistung ist gut aus der Abbildung 25 und 26 zu erkennen. In Abbildung 25 (Seitenverhältnis $k = 4$) ist bei großen Entfernungen vom Baugebiet noch mit Pegeldifferenzen $\Delta L > 2$ dB zu rechnen, weil die Schalleistungsanhäufung an der schmalen Seite der Fläche auftritt und zusätzlich der Unterschied der Abstände zwischen Immissionspunkt und Baugebietsmittelpunkt und zwischen Immissionspunkt und Teilflächenmittelpunkt groß ist. Im Gegensatz hierzu sind für das Seitenverhältnis $k = 0,25$ (Abbildung 26) die Abstandsunterschiede für die Immissionspunkte in den vorgenannten Winkelbereichen gering und für die Immissionspunkte, bei denen der Abstandsunterschied wesentlich ist und große Pegeldifferenzen erwartet werden (Winkelbereich um 90° und 270°), werden durch die Schalleistungsverteilung die Pegeldifferenzen ΔL gering gehalten.

Wird das in der DIN 18005 empfohlene Kriterium für die Aufteilung in Teilflächen angewandt, so treten beim Seitenverhältnis $k = 4$ und der benutzten Flächenzahl von $n = 64$ noch Pegeldifferenzen $\Delta L > 2$ dB auf. Für Flächen mit dem Seitenverhältnis $k = 1$ und $k = 0,25$ reichen bei der hier gewählten Verteilung die Vorgaben in der DIN 18005 aus.

In Abbildung 27 ist ergänzend zu den Polardiagrammen der Verlauf der Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis $k = 0,25$; 1 und 4 für eine Teilflächenzahl von $n = 64$ aufgetragen.

Um den Einfluß der Teilflächenzahl für die hier gewählte Schalleistungsverteilung zu erkennen, ist für die, für eine Abschätzung ungünstige, Flächenform des Seitenverhältnisses $k = 4$ die Pegeldifferenz ΔL in Abbildung 28 dargestellt. Der Abbildung ist zu entnehmen, daß, abgesehen von den Winkeln $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$, auch für größere normierte Entfernungen R die Kurven der Teilflächenzahl $n = 64$, 16 und 4 noch differieren; eine bestehende Differenz ΔL läßt den Schluß zu, daß eine Abschätzung mit einer geringen Zahl von Teilflächen ungenauer ist als mit der Teilflächenzahl $n = 64$.

In das Diagramm ist ebenfalls die Forderung der DIN 18005 eingetragen. In Abhängigkeit von den verschiedenen Winkeln φ sind die Pegeldifferenzen ΔL abzulesen, die bei Einhaltung der Forderung für die hier gewählte Schalleistungsverteilung und der Flächenform auftreten werden.

5.4. Optimale Schalleistungsverteilung entsprechend den Angaben im Abschnitt 4.5.4

Als optimale Schalleistungsverteilung wird die Verteilung angesehen, bei der, ausgehend vom Baugebietsmittelpunkt, die Teilschalleistungen in ihrer Größe abnehmend spiralförmig auf die Teilflächen verteilt wurden. Diese Verteilung ist für die Pegeldifferenz ΔL die Verteilung, die gegenüber den bisher betrachteten Verteilungen die geringste Pegeldifferenz erwarten läßt. Die Rechnungen bestätigen diese Erwartung, so daß die Pegeldifferenzen in der bisher gewählten Form ($\Delta L = \pm 2$ dB und $\Delta L = \pm 3$ dB) in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ nicht mehr darstellbar sind. Um dennoch prinzipiell die Abhängigkeit der Pegeldifferenz ΔL von den Einflußgrößen Abstand, Flächenform und Teilflächenzahl aufzuzeigen, wurde in Abbildung 29, abweichend von den vorhergehenden Polardarstellungen, die Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 0,5$ dB für das Seitenverhältnis $k = 4$ und für die Teilflächenzahl $n = 64$ und $n = 4$ aufgetragen.

Auch bei dieser "günstigen" Schalleistungsverteilung ist der Einfluß des Unterschiedes der Abstände zwischen Immissionspunkt/Baugebietsmittelpunkt und Immissionspunkt/Teilflächenmittelpunkt auf die Pegeldifferenz ΔL zu erkennen.

Die vorhergehenden Schalleistungsverteilungen zeigten beim Über-

gang von der Teilflächenzahl $n = 64$ auf $n = 16$ bzw. $n = 4$ eine Verkleinerung der Pegeldifferenz ΔL . Die hier untersuchte "optimale" Verteilung zeigt ein gegenteiliges Verhalten, weil eine Vergrößerung des Abstandes, der eine Verkleinerung der Pegeldifferenzen ΔL bewirkt, kompensiert wird durch die Zunahme der Schalleistung zur Baugebietsmitte hin bei Vergrößerung der Teilfläche.

Diese "optimale" Anordnung der Schalleistung macht deutlich - was auch schon Eingang in die Bauleitplanung gefunden hat -, daß eine zum Mittelpunkt einer Baugebietsfläche ansteigende Schalleistungsanordnung für alle Immissionspunkte im Umkreis des Baugebietes die günstigste Verteilung der Schalleistung in der Baugebietsfläche darstellt.

5.5. Zufällige Verteilung der Schalleistung entsprechend den Angaben im Abschnitt 4.5.5

Für die hier gewählte Verteilung wurden die Schalleistungen mit Hilfe von Zufallszahlen auf die 64 Teilflächen eines Baugebietes verteilt.

In Abbildung 30 ist bezüglich der auftretenden Pegeldifferenzen ΔL die ungünstigste Flächenform mit dem Seitenverhältnis $k = 4$ für die Schalleistungsverteilung aufgetragen; die Pegeldifferenzkurve gilt für $\Delta L = \pm 2$ dB und für eine Flächenzahl von $n = 64$.

Erkennbar ist trotz der zufällig verteilten Schalleistungen der Einfluß der Abstände zwischen Baugebietsmittelpunkt und Immissionspunkt sowie Teilflächenmittelpunkt und Immissionspunkt im Bereich der Schmalseite des Rechteckes.

Der Kurvenverlauf für ΔL ist abweichend von den bisher untersuchten Verteilungen, was auf die zufällige Anordnung von hohen Schalleistungen am Rand des Baugebietes zurückzuführen ist.

Wird das in der DIN 18005 vorgeschlagene Kriterium zur Wahl der Teilflächengröße bei dieser Verteilung und dieser Flächenform angewandt, so zeigt die Abbildung 30 eine Pegeldifferenz ΔL , die kleiner als 2 dB ist.

5.6. Schalleistungsverteilung wie sie angenähert in Ölraffinerien vorhanden ist und im Abschnitt 4.5.7 beschrieben ist.

Kennzeichner für Raffinerien ist die Konzentration der wesent-

lichen schallemittierenden Verfahrensanlagen auf einer kleinen Teilfläche des Werksgeländes. In den Abbildungen 31 und 32 sind die für eine quadratische und für eine rechteckige Werksfläche sich ergebenden Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 3$ dB und $\Delta L = \pm 2$ dB aufgetragen, die bei der Abschätzung der Geräuschimmission auftreten würden, wenn die Schalleistung am Rand des Gebietes konzentriert ist. Mit dieser Darstellung wird der Einfluß der Flächenform auf die Pegeldifferenz ΔL gut erkennbar. Pegeldifferenzen bei der Abschätzung der Immissionen treten immer dann auf, wenn große Abstände zwischen dem Baugebietsmittelpunkt und dem Punkt der Schalleistungskonzentration vorliegen. Die Ölraffinerien mit ihren auf kleinen Teilen der Werksfläche konzentriert angeordneten schallemittierenden Anlagen sind dann nicht für die Anwendung der FBS bei der Planung geeignet, wenn die wesentlichen schallemittierenden Anlagen am Rand der Werksfläche liegen; ist die Anordnung der Schalleistung dagegen im Bereich des Werksflächenmittelpunktes, so ist die für die Anwendung der FBS gemachte Voraussetzung - gesamte Schalleistung im Flächenmittelpunkt konzentriert - erfüllt, und es sind dann nur zu vernachlässigende Pegeldifferenzen bei der Immissionsabschätzung zu erwarten. Wesentlich für auftretende Pegeldifferenzen ist somit die Lage der Schalleistungskonzentration auf der Werks- oder Baugebietsfläche.

5.7. Schalleistungsverteilung wie sie angenähert in Hüttenwerken auftritt und im Abschnitt 4.5.7 angegeben ist.

In Hüttenwerken sind im Gegensatz zu der vorhergehend beschriebenen Ölraffinerie die Schalleistungen emittierender Anlagen etwa über die gesamte Werksfläche verteilt. Die Verteilung wird daher der im Abschnitt 4.5.6 beschriebenen zufälligen Verteilung der Schalleistungen auf der Werksfläche ähneln, was auch qualitativ in den Ergebnissen, die in Abbildung 30 für die zufällige Verteilung und in Abbildung 33 für das Hüttenwerk dargestellt sind, sichtbar wird.

In Abbildung 33 ist für das gewählte Hüttenwerk mit dem Seitenverhältnis $k = 2$ die Pegeldifferenz ΔL für Bereiche gleich oder größer 2 dB aufgetragen, und zwar für die Teilflächenzahl $n = 64$ und $n = 4$. Für den Vergleich mit den vorhergehenden Abbildungen wird darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zu den bisher be-

trachteten Abbildungen der Polardiagramme die ermittelte Pegeldifferenz ΔL in der Abbildung 33 in einem anderen Maßstab dargestellt wurde. In dieser Abbildung wird deutlich erkennbar die unterschiedliche Bereichsgröße im Umfeld der Werksfläche, für die in Abhängigkeit von der betrachteten Teilflächenzahl $n = 64$ und $n = 4$ eine Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 2$ dB gilt.

Während bei Baugebietsflächen mit einer Schalleistungskonzentration auf einem kleinen Teil der Fläche eine Verringerung der Teilflächenzahl in der vorgenommenen Untersuchung nicht zu einer Vergrößerung der Pegeldifferenz ΔL führte - zurückzuführen auf die sich günstig für die Berechnung der Pegeldifferenz auswirkende Änderung der zu betrachtenden Abstände - wirkt die Verringerung der Teilflächenzahl im hier untersuchten Hüttenwerksbeispiel erhöhend auf die Pegeldifferenz. Der Einfluß der Teilflächenzahl wird an folgendem Beispiel für eine gewählte Werksflächenengröße von $2 \times 3 \text{ km}^2$ deutlich: Wird die Werksfläche in nur 4 Teilflächen aufgeteilt, so ist im ungünstigsten Fall bis zur Entfernung von etwa $1,6 \cdot R$, d. h. bis zu etwa 3900 m, eine Pegeldifferenz $\Delta L = 2$ dB zu erwarten; bei einer gewählten Teilflächenzahl von $n = 64$, die der wirklichen Verteilung der Schalleistungen in den Werksflächen nahe kommt, tritt nur bis zu einer Entfernung von $1,1 \cdot R$, also bis zu Abständen von etwa 2700 m, eine Pegeldifferenz $\Delta L = 2$ dB auf.

Den Verlauf der Pegeldifferenzen ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R , vom Winkel φ und von den Parametern $n = 4$, 16 und 64 für das untersuchte Hüttenwerk zeigt die Abbildung 34.

Wie schon dem Polardiagramm (Abbildung 33) zu entnehmen ist, ist auch in Abbildung 34 das Maximum der Pegeldifferenz im Umfeld des Werksgebietes für φ etwa 315° sowohl für die Teilflächenzahlen $n = 64$ wie auch für $n = 16$ und $n = 4$ zu erkennen. Abgesehen von diesem Maximum, dessen Lage und Größe selbstverständlich von der gewählten Schalleistungsverteilung in einem Hüttenwerk abhängt, ist der Verlauf der Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der Entfernung in bezug auf die Größe der Pegeldifferenz und auch in bezug auf die Anzahl der Teilflächen relativ gleichmäßig. Für Schallquellenverteilungen, wie sie in Hüttenwerken anzutreffen sind, gekennzeichnet durch eine Vielzahl auf der Werksfläche verteilter Schallquellen, ist der FBS als Planungshilfsmittel

besser geeignet als bei Schallquellenverteilungen, die den Verteilungen in Ölraffinerien ähnlich sind.

5.8. Schalleistungsverteilung wie sie in Kohleverflüssigungsanlagen vorliegen könnte und im Abschnitt 4.5.8 erläutert ist.

Kohleverflüssigungsanlagen ähneln in ihrem Aufbau einer Ölraffinerie - bestimmte Anlagenteile sind identisch mit Anlagenteilen von Ölraffinerien - jedoch werden gegenüber Raffinerien zusätzlich geräuschemittierende Anlagen wie Kohleanlieferung, Kohleaufbereitung, Katalysatorenanlieferung und -aufbereitung u. ä. benötigt, die eine Kohleverflüssigungsanlage hinsichtlich der Schalleistungsverteilung auf der Werksfläche zwischen den untersuchten Verteilungen von Ölraffinerien und von Hüttenwerken einordnet. Die für diese Verteilung ermittelten Ergebnisse sind in Abbildung 35 als Kurven konstanter Pegeldifferenzen $\Delta L = \pm 2$ dB bei einer rechteckigen Werksflächenform mit dem Seitenverhältnis $k = 2$ in Abhängigkeit von der Teilflächenzahl n aufgetragen. In Abbildung 36 ist der Verlauf der Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der Entfernung R , der Teilflächenzahl n und dem Winkel φ wiedergegeben. Die Ergebnisse sind qualitativ betrachtet den Ergebnissen, die mit der Verteilung in Hüttenwerken gewonnen wurden, ähnlich. Einzelheiten des Kurvenverlaufs sind von der gewählten Schalleistungsverteilung auf der Werksfläche abhängig und nicht zu verallgemeinern.

Prinzipiell ist mit diesem Ergebnis jedoch zu belegen, daß für Baugebiete mit über das gesamte Gebiet verteilten Schalleistungen die Fehler, d. h. die Pegeldifferenzen ΔL zwischen Abschätzung der Immissionen mit der Schalleistungskonzentration im Baugebietsmittelpunkt und der Abschätzung mit der tatsächlichen Schallquellenanordnung, geringer sind als bei Baugebieten, deren gesamte Schalleistung an irgendeinem, nicht mit dem Mittelpunkt des Gebietes übereinstimmenden Punkt konzentriert ist.

6. V o r s c h l a g f ü r e i n V e r f a h r e n z u r A n g a b e f l ä c h e n b e z o g e n e r S c h a l l e i s t u n g e n i n B e b a u u n g s - g e b i e t e n

Die Ergebnisse der Untersuchung über die Pegeldifferenz ΔL bei der Anwendung des FBS für verschiedene Flächengrößen, Flächenformen, Abstände und Lagen der Immissionspunkte zum Baugebiet

sind in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben. Die Ergebnisse zeigen unterschiedlich große Pegeldifferenzen in Abhängigkeit von den Einflußgrößen; es wird daher im folgenden ein Verfahren vorgeschlagen, das dem Planer die Möglichkeit gibt, FBS-Werte für geplante Baugebiete zu ermitteln. Insbesondere soll mit diesem Verfahren, abhängig von einzuhaltenden Planungsrichtpegeln im Umfeld des Baugebietes, vom Abstand zu schützender Objekte vom Baugebiet und von der Größe des Baugebietes:

- a) die notwendige Anzahl von Teilflächen ausgewählt werden können, in die das Baugebiet zu unterteilen ist und
- b) der zulässige FBS-Wert für die einzelnen Teilflächen festgelegt werden können.

Für das Verfahren wird von folgender Modellvorstellung ausgegangen:

1. Zur Festlegung der Anzahl notwendiger Teilflächen wird, wenn keine Informationen über anzusiedelnde Anlagen und Geräuschquellen vorliegen, von der ungünstigsten Schallquellenverteilung in einem Baugebiet ausgegangen, und zwar von der Verteilung, bei der die gesamte Schalleistung auf $1/64$ der Gesamtfläche konzentriert ist und diese Teilfläche dem zu betrachtenden Immissionspunkt am nächsten liegt.

Zur Festlegung des Abstandes zwischen Immissionspunkt und Bebauungsgebiet, von dem an eine Aufteilung des Baugebietes in Teilflächen notwendig wird, wurde als Kriterium der normierte Abstand R gewählt, bei dem für die Bedingung "Schalleistungen auf $1/64$ der Bebauungsfläche konzentriert" eine Pegeldifferenz $\Delta L = 3$ dB festgestellt wurde.

Eine Pegeldifferenz von $\Delta L = 3$ dB als Trennkriterium für Immissionspunkte im Umfeld des Baugebietes, bei der eine Aufteilung des Baugebietes in Teilflächen notwendig wird, kann nach meiner Ansicht deshalb gewählt werden, weil nur in den wenigsten praktischen Planungsfällen die hier dem Modell zugrunde liegende Voraussetzung bezüglich der Schalleistungskonzentrierung und der Lage des Immissionspunktes zur Schalleistungskonzentrierung im Baugebiet zu-

treffen wird.

2. Zur Beantwortung der Frage, wie hoch die Zahl der Teilflächen sein muß, wenn nach dem erwähnten Trennkriterium die Aufteilung des Baugebietes notwendig ist, wird der Abstand R aus den Berechnungen der Pegeldifferenzen ΔL herangezogen, bei dem eine Differenz der ΔL -Werte zwischen der Teilflächenzahl 64 und der Teilflächenzahl 16 von 0,3 dB besteht.

Mit anderen Worten, es wird der Abstand R bestimmt, bei dem es für die Immissionsabschätzung gleichgültig ist (Fehler = 0,3 dB), ob die Schalleistung zum Beispiel auf 1/64 oder auf 1/16 der Gesamtfläche konzentriert ist.

In der Abbildung 37 ist das Ergebnis dieses Auswahlverfahrens grafisch aufgetragen. Der normierte Abstand:

$$R = \frac{r}{\sqrt{F_{\text{ges}}}},$$

wobei r der Abstand zwischen Immissionspunkt und Baugebietsmittelpunkt ist und F_{ges} die Baugebietsgröße ist, ist über dem Seitenverhältnis $k = A : B$ mit dem Parameter $n = \text{Anzahl der Teilflächen}$ aufgetragen. Für den Anwender ist interessant, daß die Kurven für die Teilflächenzahl $n = 16, 32$ und 64 relativ nah beieinander liegen, so daß für die Ermittlung eines FBS-Wertes zur Emissionsbegrenzung im Stadium der Bauleitplanung im allgemeinen eine Einteilung der Baugebietsfläche in maximal 16 Teilflächen ausreichend ist.

3. Um nun für die einzelnen Teilflächen den erforderlichen FBS-Wert vorgeben zu können, wird vorausgesetzt, daß für den zu betrachtenden Immissionspunkt von den einzelnen Teilflächen ein gleich großer Immissionsanteil an der Gesamtmission dieses Punktes geliefert wird, d. h., von z. B. Teilfläche Nr. 15 wird der gleiche Schalldruckpegel am Immissionspunkt verursacht wie z. B. von Teilfläche Nr. 1. Der Schalldruckpegel am Immissionspunkt berechnet sich unter dieser Voraussetzung nach folgender Formel:

$$L = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1[(L_{Wi} + 10 \cdot \lg \frac{F_i}{F_0}) - (20 \cdot \lg \frac{r_i}{r_0} - 11)]}$$

- L = Schalldruckpegel am Immissionspunkt
 F_i = Teilflächengröße
 L_{Wi}'' = FBS der Teilfläche
 r_i = Abstand des Teilflächenmittelpunktes vom Immissionspunkt
 F_0 = Bezugsfläche 1 m^2
 r_0 = Bezugsabstand 1 m
 n = Anzahl der Teilflächen

Wird der Pegel L am Immissionspunkt dem zulässigen Planungsrichtpegel gleichgesetzt und außerdem die Teilflächengröße F_i durch $\frac{F_{ges}}{n}$ ersetzt, so ergibt sich für den FBS-Wert L_{Wi}'' der einzelnen Teilfläche folgender Zusammenhang:

$$L_{Wi}'' = \text{Planungsrichtpegel} - 10 \lg n - 10 \lg \frac{F_{ges}}{n \cdot F_0} + 20 \lg \frac{r_i}{r_0} + 11$$

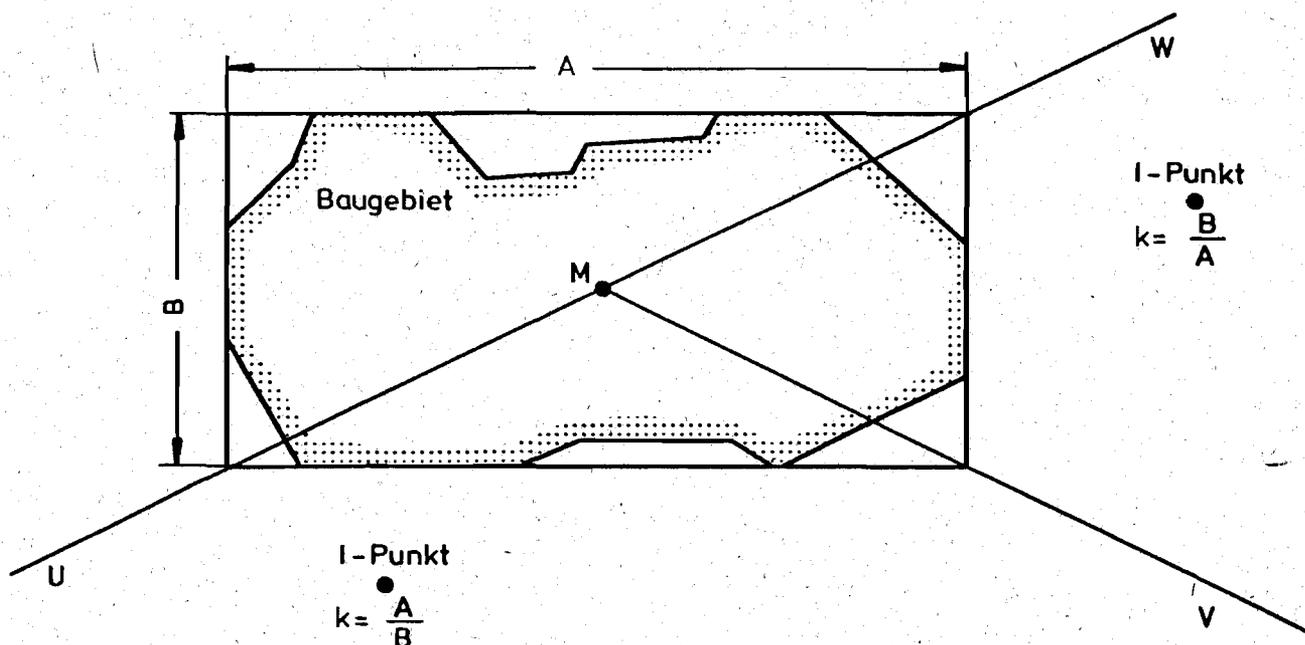
Voraussetzung für diesen Zusammenhang ist die vorher beschriebene Forderung, daß von den einzelnen Teilflächen der gleiche Anteil am Immissionspegel geliefert wird. Unter Berücksichtigung der Rechenregeln für Logarithmen läßt sich die vorgenannte Formel wie folgt vereinfachen:

$$L_{Wi}'' = \text{Planungsrichtpegel} - 10 \cdot \lg \frac{F_{ges}}{F_0} + 20 \cdot \lg \frac{r_i}{r_0} + 11$$

In der Abbildung 38 ist dieser formelmäßige Zusammenhang grafisch dargestellt. In der praktischen Anwendung des Abschätzungsverfahrens für die FBS-Werte der Teilflächen, die in der vom Immissionspunkt aus gesehen zweiten Reihe der Teilflächenreihen liegen, kann ein zusätzliches Dämpfungsmaß für vorgelegerte Hindernisse (Gebäude und Anlagen auf Teilflächen der ersten Reihe) von 2 dB und für Teilflächen, die in einer möglichen dritten Reihe liegen, von 4 dB berücksichtigt werden, indem die verschiedenen Ordinatenmaßstäbe der L_{Wi}'' -Werte benutzt werden. Die Skalen sind durch die Symbole für die Lage der betrachteten Teilflächen gekennzeichnet.

Nachfolgend wird das Vorgehen für die Auswahl von Teilflächen und die Vorgabe von FBS-Werten für die Teilflächen beschrieben:

1. Um die vorhandene, möglicherweise ungleichförmige Bebauungsfläche wird ein die Bebauungsfläche einhüllendes Rechteck gelegt.
2. Aus der Lage des interessierenden Immissionspunktes zur Bebauungsfläche wird der "maßgebende Wert k" abgeleitet. Der maßgebende k-Wert ergibt sich aus dem Quotient der Seitenlänge, die dem Immissionspunkt am nächsten liegt und der Länge der dazu rechtwinklig liegenden Seite, z. B. für Punkte innerhalb des Bereiches der Grenzlinie U-M-V gilt $k = \frac{A}{B}$ und für Punkte innerhalb V-M-W gilt $k = \frac{B}{A}$.



3. Feststellen des Abstandes r zwischen Immissionspunkt und Gesamtflächenmittelpunkt M .
4. Ermitteln der Flächengröße F_{ges} des Hüllrechteckes in m^2 .
5. Berechnen des Wertes $R = \frac{r}{\sqrt{F_{\text{ges}}}}$
6. Mit Hilfe des Diagramms in der Abbildung 37 Anzahl n der notwendigen Teilflächen festlegen.
7. Hüllrechteck in n gleich große rechteckige Teilflächen aufteilen und Teilflächen beziffern.

8. Abstände r_i zwischen dem Immissionspunkt und den einzelnen Teilflächenmittelpunkten feststellen.
9. Aus dem Diagramm der Abbildung 38 ist der FBS-Wert der einzelnen Teilfläche unter Berücksichtigung der Gesamtflächen-
größe F_{ges} (nicht Teilflächengröße F_i) des für den Im-
missionspunkt geltenden Planungsrichtpegels und des Abstandes
 r_i zu entnehmen (die Vorgehensweise ist in der Abbildung 38
beispielhaft skizziert).

Sind mehrere Immissionspunkte zu betrachten, so sollte die Ab-
schätzung für den ungünstigsten Immissionspunkt, d. h., für den
Punkt, für den sich die höchste notwendige Zahl an Teilflächen
ergibt, durchgeführt werden. Das beschriebene Verfahren wird
anhand des Beispiels im Anhang erläutert.

7. Hinweise für die Anordnung bestimmter Betriebsarten.

7.1. Flächenbedarf

Das vorgeschlagene Verfahren gestattet die Vorgabe bestimmter
FBS-Werte für einzelne Teilflächen im Bebauungsgebiet. Für den
Planer wären weitere Informationen darüber wünschenswert, wel-
che Betriebe unterschiedlicher Branchen im Baugebiet angesiedelt
werden könnten. Diese Informationen liegen allerdings zur Zeit
nicht vor, da die FBS-Werte verschiedener Betriebe und Anlagen
(abgesehen von Raffinerien und Kraftwerken) nicht in ausrei-
chendem Maße bekannt sind. Um dennoch dem Planer Hinweise zu
geben, welche Betriebsarten für eine Ansiedlung geeignet sein
könnten, werden im folgenden Untersuchungsergebnisse des Ruhr-
siedlungsverbandes über den Flächenbedarf verschiedener Betrie-
be herangezogen; als Kenngröße des Flächenbedarfs wird die
Grundfläche pro Beschäftigten von den Autoren benutzt [15].

In der Abbildung 39 sind aus den Angaben in [15] für verschie-
dene Flächengrößen (10^3 bis 10^6 m²) die hinsichtlich des Flä-
chenbedarfs möglichen Branchenarten (z. B. kleine chemische Fa-
brik) mit einer bestimmten Beschäftigtenzahl aufgelistet.

Die in der Liste aufgeführte qualitative Branchenkennzeichnung

wurde der genannten Literaturstelle entnommen. Die genannte Beschäftigtenzahl der anzusiedelnden Betriebsart wurde mit dem in [15] angegebenen arithmetischen Mittelwert der Kenngröße "Grundfläche/Beschäftigten" errechnet. So ist z. B. bei einer vorhandenen Teilflächengröße von $5\ 000\ m^2$ die Ansiedlung einer "mittleren Gießerei", für die ein Mittelwert von $40\ m^2$ pro Beschäftigten gilt, mit 125 Beschäftigten vom Platzbedarf her möglich.

7.2. Schallemissionen

Mit der in Abbildung 39 angeführten Auflistung ist die Teilfrage bezüglich der im Bebauungsgebiet vorhandenen Flächengröße und der dazu passenden Betriebsart zu beantworten; unbeantwortet bleibt jedoch noch die Teilfrage, ob die Betriebsart hinsichtlich ihrer Schallemission in dieser Teilfläche zulässig ist - ob der aufgrund einzuhaltender Planungsrichtpegel vorgegebene FBS-Wert bei Ansiedlung dieses Betriebes nicht überschritten wird?

Zur Beantwortung dieser offenen Teilfrage wird für die Abschätzung des von anzusiedelnden Betrieben möglicherweise verursachten FBS-Wertes folgendes Verfahren vorgeschlagen:

Für die in der Studie des Ruhrsiedlungsverbandes aufgeführten Betriebe wird unter Zuhilfenahme von Literaturangaben und mit Hilfe eigener Daten eine Aufteilung in Betriebe vorgenommen, deren Fertigung überwiegend in Hallen und Gebäuden stattfindet und in Betriebe, die ihre Produkte teils in Gebäuden und teils im Freien fertigen. Für die Betriebe, bei denen Schallquellen sich im Freien befinden, wird die Schalleistung dieser Quellen abgeschätzt und der FBS-Wert von diesen Betrieben in der Abbildung 39 angegeben.

Ein Vergleich des aus Immissionsschutzgründen geforderten FBS-Wertes und des vom anzusiedelnden Betrieb erzeugten FBS-Wertes liefert Entscheidungshilfe zur Frage der Ansiedlungsmöglichkeit des Betriebes und gibt Hinweise für die Beachtung wesentlicher Schallquellen bezüglich notwendiger Minderungsmaßnahmen.

Bei den Betrieben mit überwiegender Tätigkeit in Gebäuden ist

ebenfalls in der Abbildung 39 ein für den Betrieb typischer Innenpegel L_i angegeben. Die Beantwortung der Frage, ob ein bestimmter Betrieb, der für die vorhandene Flächengröße geeignet ist, auch bezüglich des notwendigen FBS-Wertes geeignet ist, kann mit Hilfe des Diagramms in Abbildung 40 vorgenommen werden.

Ausgehend vom notwendig einzuhaltenden FBS-Wert, der Flächengröße F und dem Innenpegel der gewünschten Betriebsart ist im Diagramm das mittlere bewertete Bauschalldämmmaß R_w' zu entnehmen, das vom Betriebsgebäude einzuhalten ist, um den geforderten FBS-Wert nicht zu überschreiten.

Für die Abschätzung des erforderlichen Bauschalldämmmaßes wurde von einer prozentualen Flächenausnutzung durch Gebäude von etwa 60 % ausgegangen. Die für eine Vorgabe des FBS-Wertes noch notwendige Gebäudehöhe wurde einheitlich zu 10 m angenommen. Der Einfluß unterschiedlicher Gebäudehöhen und unterschiedlicher Bebauungsprozentsätze ist auf das Ergebnis von geringer Bedeutung, da nur das logarithmierte Flächenverhältnis in das Ergebnis eingeht.

Mit dem in der Abbildung 40 angeführten Diagramm ist auch die Beantwortung der Frage möglich, welche Betriebsart mit welchem Innenpegel L_i bei einem vorgegebenen, als Stand der Technik anerkanntem, mittleren Bauschalldämmmaß R_w' in der Baugebietsfläche anzusiedeln ist. Hierzu ist vom Bauschalldämmmaß R_w' auszugehen, der Innenpegel L_i zu bestimmen, der dem einzuhaltenden FBS-Wert entspricht. Mit dem abgelesenen Innenpegel sind aus der Abbildung 39 die unter der vorhandenen Flächengröße aufgeführten Betriebe mit den entsprechenden Innenpegeln zu entnehmen. Für beide Anwendungsarten - einmal Aufsuchen eines Bauschalldämmmaßes für einen anzusiedelnden Betrieb mit bestimmten Innenpegeln und zum anderen Aufsuchen eines zulässigen Innenpegels bei vorgegebenem Bauschalldämmmaß - ist die Vorgehensweise im Diagramm durch richtungsgekennzeichnete Linien angegeben.

Zu den möglichen Fehlern bei der Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens ist zu bemerken, daß nicht für alle Betriebsarten abgesicherte Ergebnisse über den Aufbau des Betriebes, über die vorhandenen Innenpegel sowie über die Schallquellenverteilung auf "außen" und "innen" vorliegen. Somit ist die Abschätzung über anzusiedelnde Betriebe mit einer Unsicherheit behaftet,

die in Maß und Zahl nicht angegeben werden kann. Das vorgeschlagene Verfahren soll als Filter wirken, um Planungsfehler bezüglich unverträglicher Nachbarschaft zwischen Nutzungen mit hohen Emissionen und Nutzungen mit hohem Schutzbedürfnis ohne Hinzuziehung von Informationen über Flächengröße, Lage der Immissionspunkte zum Bebauungsgebiet, bauliche Nutzung des zu betrachtenden Immissionsgebietes usw. zu verringern. Das vorgeschlagene Auswahlverfahren anzusiedelnder Betriebsarten soll dazu beitragen, die Zahl der möglichen Betriebe so einzuschränken, daß der Immissionsschutz gebührend berücksichtigt wird. Eine Nichtbeachtung der Geräuschemissionen bei der Planung führt im allgemeinen zu Konfliktsituationen zwischen unterschiedlich genutzten Bebauungsgebieten. Eine Antwort auf die Frage zu den tatsächlich vorhandenen Geräuschen nach der Bebauung des beplanten Gebietes kann nur durch eine Messung der Geräuschimmissionen an den Immissionspunkten gegeben werden.

Wegen der noch bestehenden Unsicherheit einiger geschätzter Werte der Halleninnenpegel, der Schalleistungspegel von Quellen im Freien, wäre es wünschenswert, wenn von Anwendern des vorgeschlagenen Verfahrens weitere Werte der genannten Größen gesammelt werden, um die im Bericht genannten Werte zu ergänzen oder evtl. zu korrigieren. Hierdurch wäre eine Verkleinerung der jetzt noch bestehenden und nicht genau angebbaren Fehlerbreite möglich.

S c h r i f t t u m

- [1] Bundesbaugesetz (BBauG) vom 6. 7. 1979;
BGBI 1 S. 949
- [2] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke
(Baunutzungsverordnung - Bau NVO -) vom 15. 9. 1977;
BGBI 1, S. 1763
- [3] RdErl. des Innenministers NW vom 8. 12. 1976 - VC 4/VA 1 -
901.03
Bundesbaugesetz,
Bauleitplanung, Sicherung der Bauleitplanung, Erhaltung
baulicher Anlagen, Erschließungsrecht;
Ministerialblatt NW S. 2712
- [4] DIN 18005 "Schallschutz im Städtebau", Blatt 1;
Arbeitskreisentwurf (1976)
- [5] Forschungsbericht 209 der Deutschen Gesellschaft für Mine-
ralölwissenschaft und Kohlechemie e. V. (DGMK)
"Flächenbezogene A-Schalleistungspegel von Raffinerien und
petrochemischen Werken", 1978;
Herausgeber: DGMK
- [6] VDI-Richtlinie 2714 "Schallausbreitung im Freien",
Entwurf, Dezember 1976
- [7] HÄBERLE, MANFRED:
Schallabstrahlung von Chemie-Anlagen;
Umwelt 4/78; Seite 274 - 278
- [8] SCHREIBER, LUDWIG:
Schallabstrahlung von Chemie-Anlagen - schalltechnische
Konsequenzen für Genehmigungsverfahren und Städteplanungs-
gutachten -
Im Auftrag des Verbandes der chemischen Industrie e. V.,
Karlstraße 21; 6000 Frankfurt; Januar 1978

- [9] Lärmschutz bei Öltraffinerien, Planungshinweise;
Herausgeber: Der Minister für Arbeit, Gesundheit und
Soziales des Landes NW, 1977
- [10] LAUF, HELMUT-PETER:
Vorausberechnung der Schalleistung bei Großprojekten;
Stahl und Eisen 98 (1978) Nr. 2
- [11] Lärmschutz an Elektrostahlwerken;
Herausgegeben vom Minister für Arbeit, Gesundheit und
Soziales des Landes NW im April 1980
- [12] PETERS, WERNER; H.D. SCHILLING:
Technische und wirtschaftliche Perspektiven der Kohlever-
edlung und Kohleverwendung;
Chemie-Technik, 9. Jahrgang (1980), Nr. 3, S. 105 - 114
- [13] SCHLUPP, K.F., H. WIEN:
Herstellung von Öl durch Hydrierung von Steinkohle;
Angew. Chemie, 88. Jahrgang (1976), Nr. 11, S. 348 - 353
- [14] Technologie Programm Energie NW - Erste Fortschreibung -
Schriftenreihe des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand
und Verkehr des Landes NW, Band 7; Juli 1979
- [15] HOTTES, K.H., H. KERSTING:
Der industrielle Flächenbedarf - Grundlagen und Meßzah-
len zu seiner Ermittlung;
Konzeption zur Industrieansiedlung;
herausgegeben vom Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk,
Essen 1977

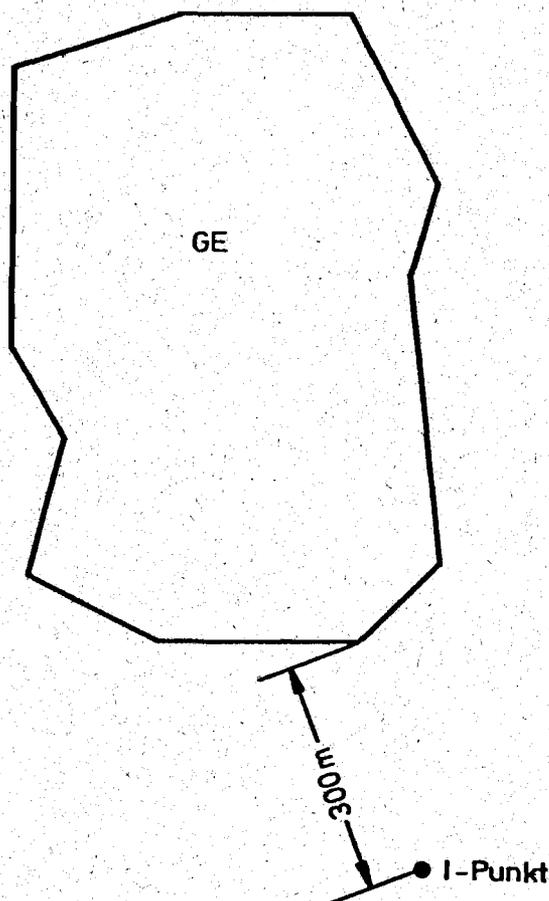
A n h a n g

(Berechnungsbeispiel und Abbildungen)

Beispiel zur Bestimmung der FBS-Werte:

Gegeben:

Baugebiet, das mit Gewerbeanlagen bebaut werden soll und folgende Flächenform hat:

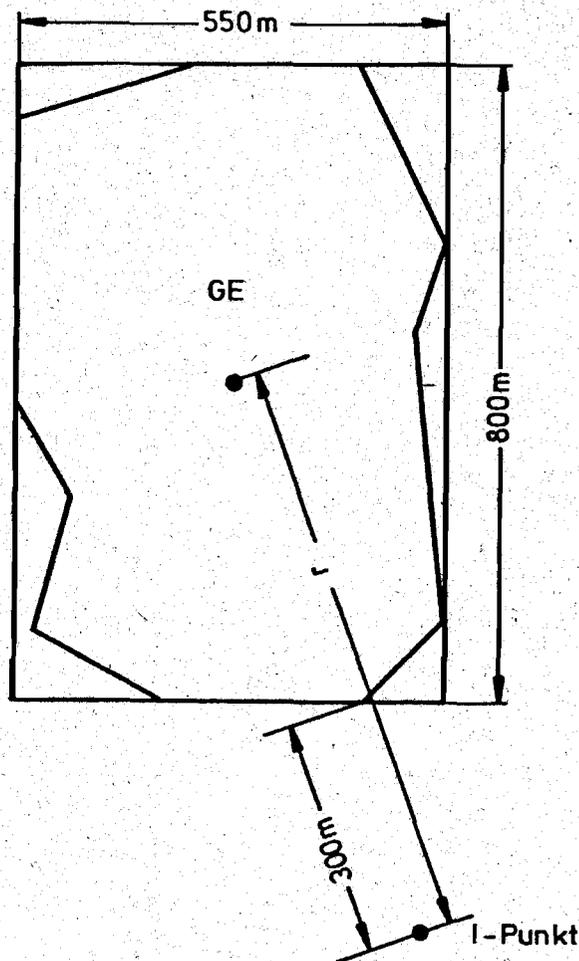


Ein zu beachtender Immissionspunkt liegt in etwa 300 m vom Rand des Baugebietes. Der Planungsrichtpegel für diesen Punkt beträgt 55 dB(A) für die Tageszeit und 40 dB(A) für die Nachtzeit. Werden in dem Gebiet nur Betriebe zugelassen, die 2schichtig arbeiten, dann kann vom Planungsrichtpegel für den Tag = 55 dB(A) ausgegangen werden. Werden dagegen auch Betriebe zugelassen, die während der Nacht arbeiten, so muß vom Planungsrichtpegel Nacht = 40 dB(A) ausgegangen werden.

Vorgehen:

1. Um das Baugebiet wird ein Hüllrechteck gelegt und die Länge der Seiten A und B bestimmt.

Annahme: A = 550 m; B = 800 m



2. Für den Immissionspunkt wird das maßgebende Seitenverhältnis k ermittelt:

$$k = \frac{550 \text{ m}}{800 \text{ m}} = 0,69$$

3. Ermitteln des Abstandes r zwischen Baugebietesmittelpunkt und Immissionspunkt

hier: $r = 750 \text{ m}$

4. Berechnen der Flächengröße des Hüllrechteckes

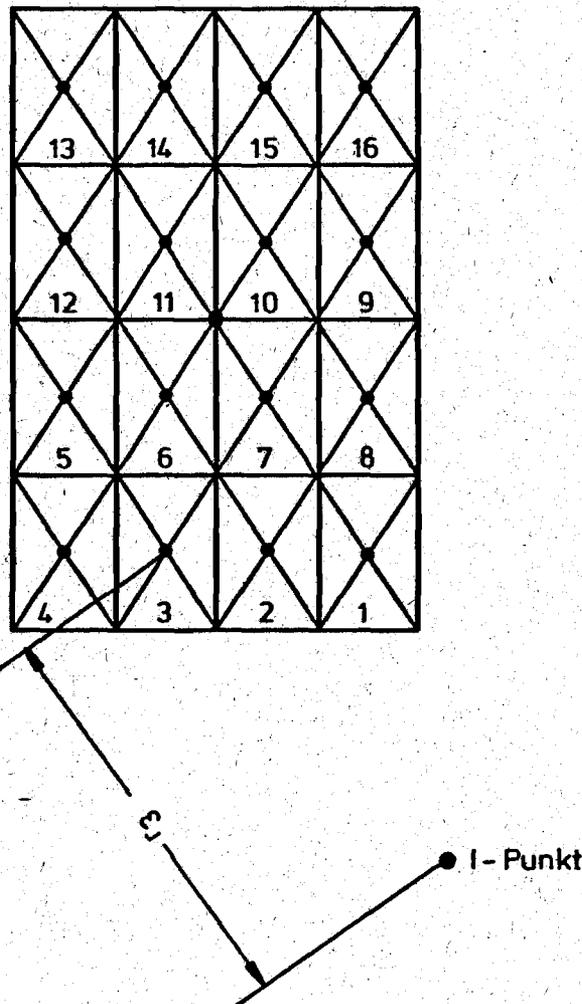
$$F = A \cdot B$$

$$F = 800 \text{ m} \cdot 550 \text{ m} = 440\,000 \text{ m}^2 \hat{=} 4,4 \cdot 10^5 \text{ m}^2$$

5. Mit Hilfe des Abstandes r und der Flächengröße F wird der normierte Abstand $R = \frac{r}{\sqrt{F}}$ bestimmt:

$$R = \frac{750 \text{ m}}{440\,000 \text{ m}^2} = 1,13$$

6. Aus dem Diagramm der Abb. 37 ist für $k = 0,69$ und $R = 1,13$ eine Teilflächenzahl $n = 64$ zu entnehmen. Da zwischen $n = 64$ und $n = 16$ keine großen Unterschiede zwischen den Kurvenverläufen bestehen, wird, wie im Abschnitt 4.5.6 erläutert, die Teilflächenzahl $n = 16$ gewählt.
7. Einteilen des Hüllrechteckes in 16 gleich große Teilflächen.



8. Beziffern der Teilflächen, Feststellen der Abstände r_i zwischen Immissionspunkt und Teilflächenmittelpunkt und Ablesen der FBS-Werte aus dem Diagramm der Abb. 38

Teilfl. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
r_i	430	450	500	590	750	690	650	620	840
L_{Wi}''	49	48	49	50	54	53	53	52	57

Teilfl. Nr.	10	11	12	13	14	15	16
r_i	850	870	930	1100	1090	1040	1050
L_{Wi}''	57	57	58	59	59	59	59

Für die Teilflächen Nr. 5 - 8 wurde die um 2 dB versetzte Skala der FBS-Werte benutzt, da anzunehmen ist, daß durch Gebäude auf den vorgelagerten Flächen 1 - 4 eine gewisse Pegelminderung auftritt. Für die Flächen 9 - 16 wurde die um 4 dB versetzte Skala benutzt, da diese Flächen in der dritten und vierten Reihe der Teilflächen liegen und Abschattungen durch Anlagen auf den vorgelagerten Flächen zu erwarten sind.

9. Mit Hilfe des in Abbildung 39 aufgelisteten Flächenbedarfs einzelner Branchen kann nun für das Baugebiet oder für Teile des Baugebietes ein möglicher Betrieb einer Branche ausgewählt werden.

Nehmen wir für das gewählte Beispiel an, daß auf $1/4$ der Bauungsfläche, also auf $110\ 000\ m^2 = 1,1 \cdot 10^5\ m^2$ ein Betrieb vorgesehen ist, so ist der Abb. 39 zu entnehmen, daß entweder eine große NE-Industrie mit etwa 2600 Beschäftigten oder eine große Gießerei mit etwa 3200 Beschäftigten oder ein großer Stahlbau mit etwa 4000 Beschäftigten angesiedelt werden kann, sofern die FBS-Werte in den einzelnen Teilflächen vom anzusiedelnden Betrieb eingehalten werden.

Wird eine kleinere Teilfläche zur Ansiedlung eines Betriebes in diesem Beispiel betrachtet ($1/16$ der Gesamtfläche $\hat{=} 440\ 000 : 16 = 27\ 500\ m^2 \hat{=} 2,75 \cdot 10^4\ m^2$), so ist in diesem Fall ein großer Stahlbau mit etwa 1200 Beschäftigten oder ein großer Möbelbetrieb mit etwa 1000 Beschäftigten ansie-

delbar.

Soll dieser Möbelbetrieb in dem gewählten Beispiel auf Teilfläche Nr. 12 angesiedelt werden, für die ein ein $L_{W''}$ -Wert von 58 dB(A) gilt, so kann aus dem Diagramm der Abb. 40 entnommen werden, daß bei dem zu erwartenden Innenpegel L_i von 100 dB(A) bei Möbelbetrieben (siehe Abb. 39) und der Teilflächengröße von 27 500 m² ein mittleres Schalldämmmaß $R_{W'}$ von mindestens 37 dB für die Gebäude vorhanden sein müßte.

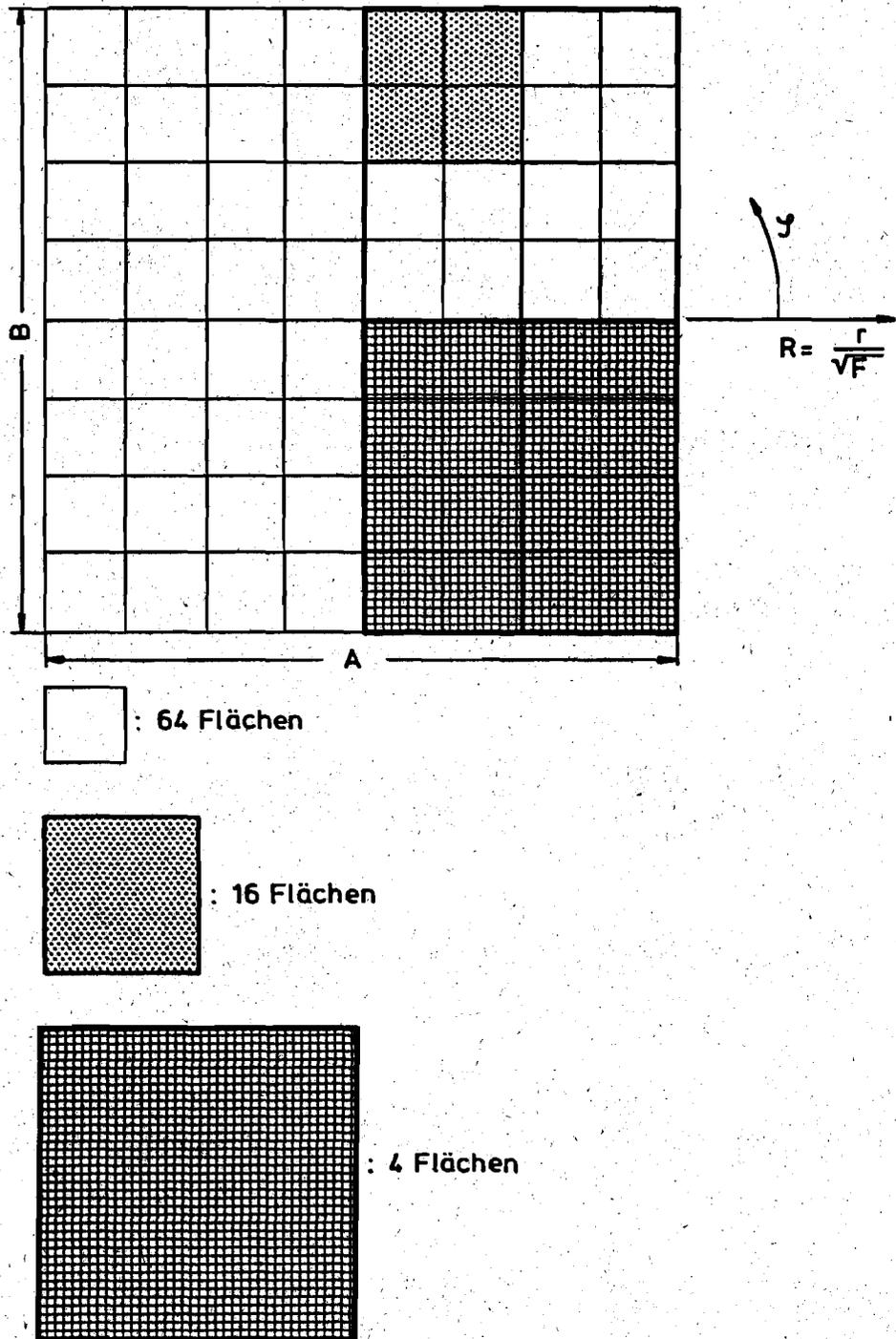


Abb. 1: Aufteilung der Bebauungsfläche in Teilflächen

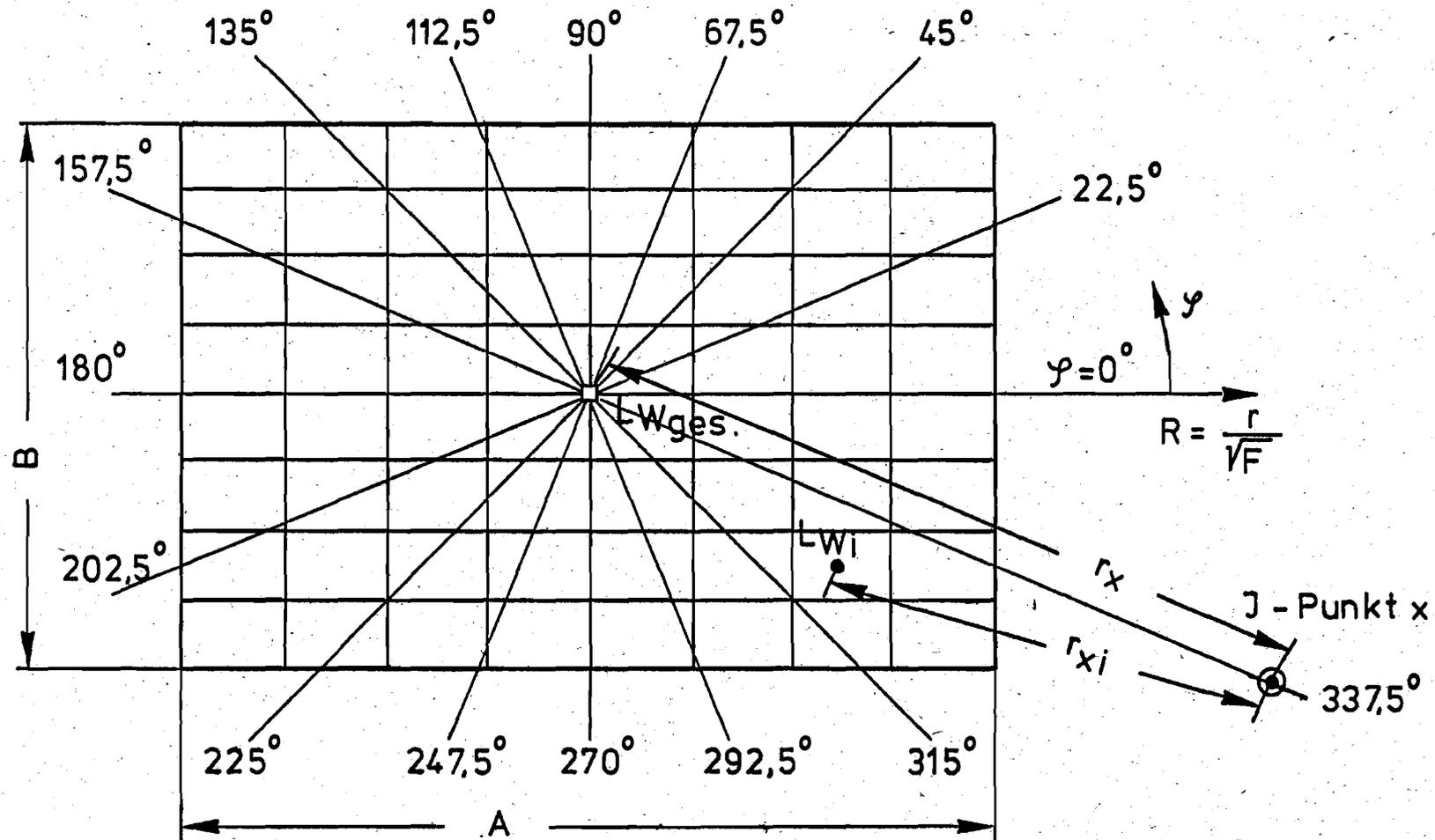


Abb. 2: Beispiel für die Ermittlung der Pegeldifferenz ΔL

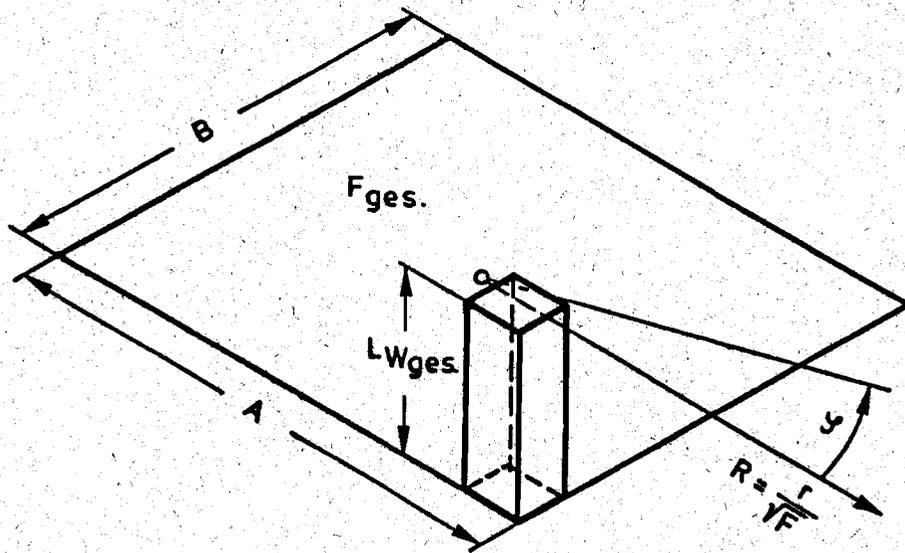


Abb. 3: Konzentration der Schalleistung auf einer Teilfläche des Baugebiets

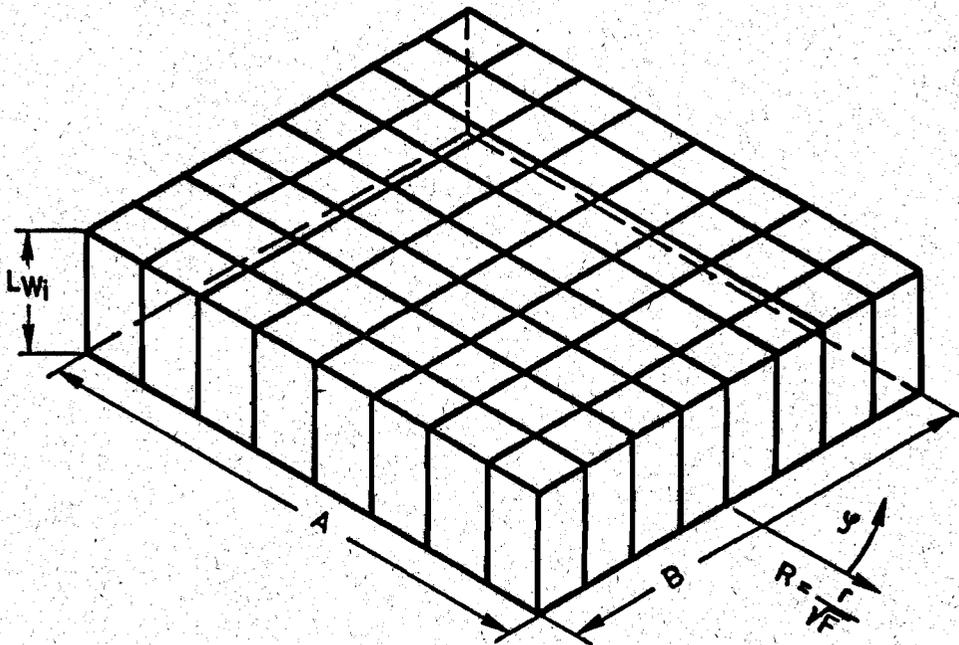


Abb. 4: Homogene Verteilung der Schalleistung auf der Baugebietsfläche

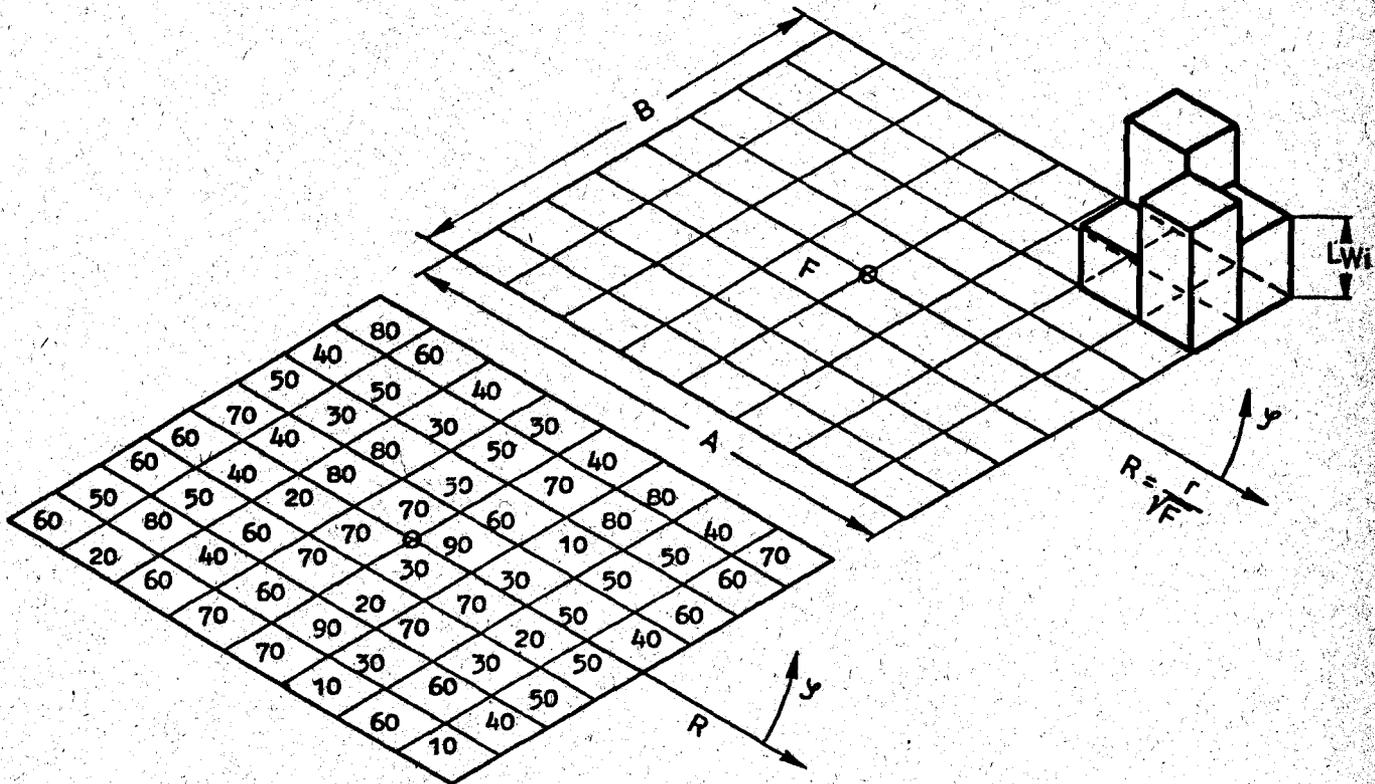


Abb. 7: Zufällige Verteilung der Schalleistung im Baugebiet

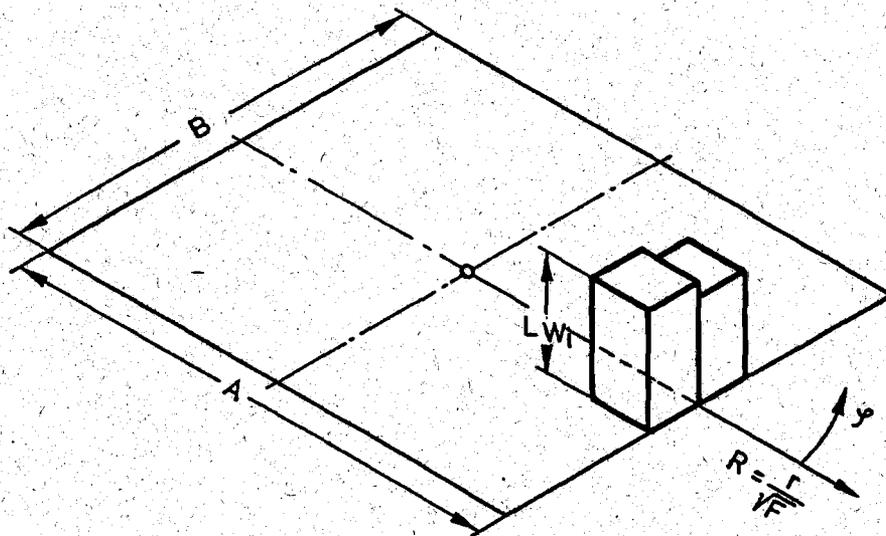


Abb. 8: Verteilung der Schalleistung wie sie in Ölraffinerien vorhanden sein kann

40	80	91	85	85	85	80	40
90	100	114	112	120	113	100	90
99	80	114	117	120	113	100	90
103	40	102	98	100	120	125	100
104	113	111	102	100	120	128	108
96	40	80	104	108	108	105	104
40	104	118	105	134	126	120	80
40	80	96	124	129	114	102	40

Abb. 9: Verteilung der Schalleistung in einem Hüttenwerk (Schalleistungspegel in dB(A))

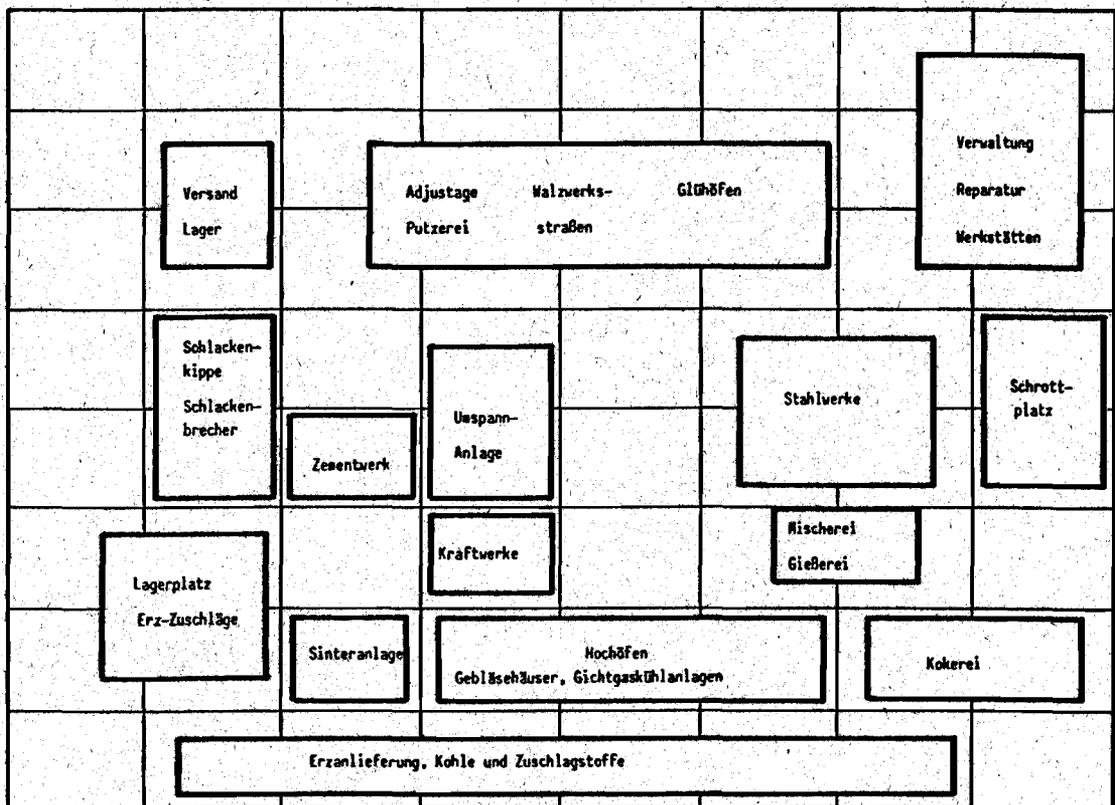


Abb. 10: Lage der Schallquellen in einem Hüttenwerk

50	50	40	50	60	60	75	117
50	50	40	60	70	80	94	84
40	50	50	50	110	110	116	80
40	50	80	115	114	85	77	108
40	50	50	80	80	85	80	70
40	50	50	104	80	111	123	70
50	50	50	80	117	80	70	70
50	50	40	60	60	60	70	70

Abb. 11: Verteilung der Schalleistung in einer Kohleölanlage (Schalleistungspegel in dB(A))

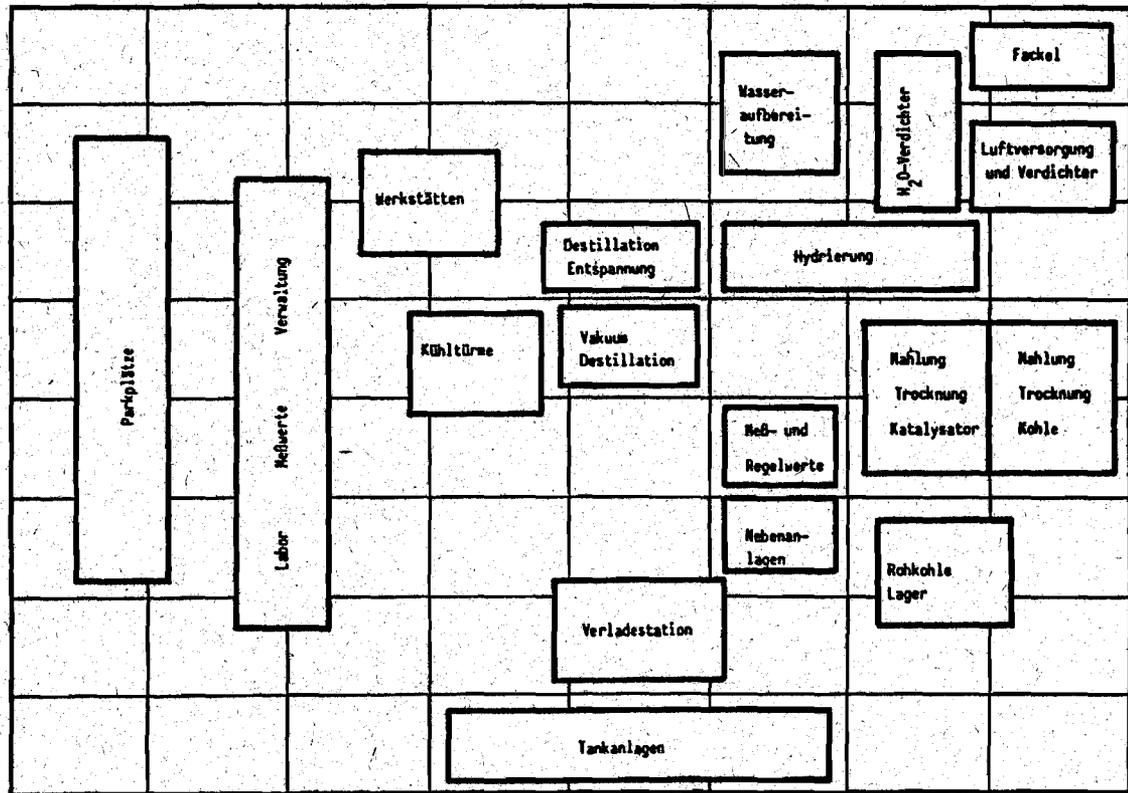


Abb. 11a: Lage der Schallquellen in einer Kohleölanlage

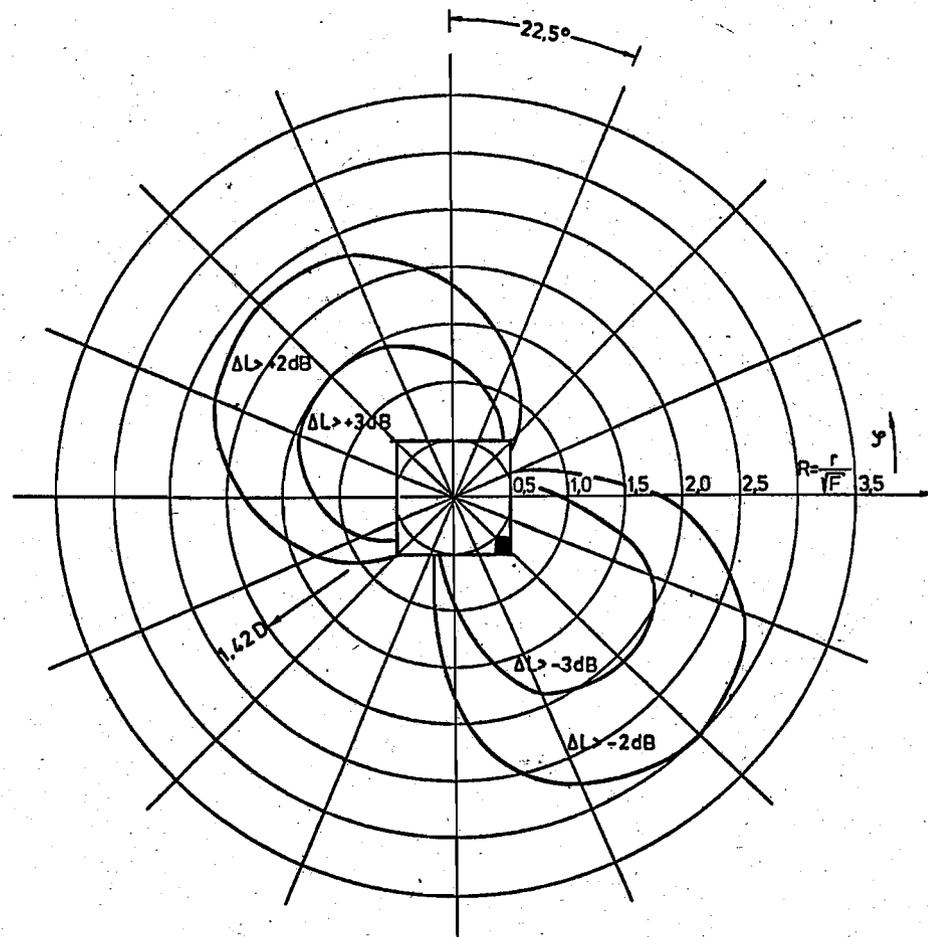


Abb. 12: Pegeldifferenz ΔL bei Konzentration der Schalleistung auf einer Teilfläche; $k=1$

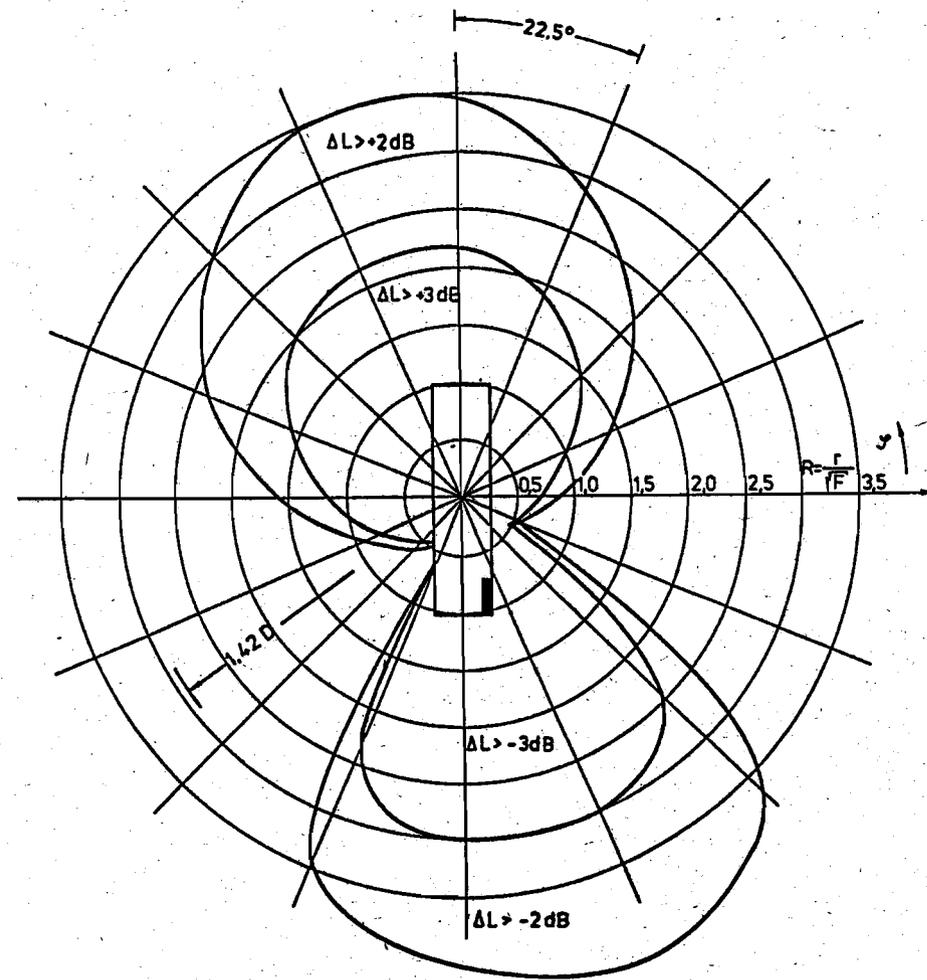


Abb. 13: Pegeldifferenz ΔL bei Konzentration der Schalleistung auf einer Teilfläche; $k=0,25$

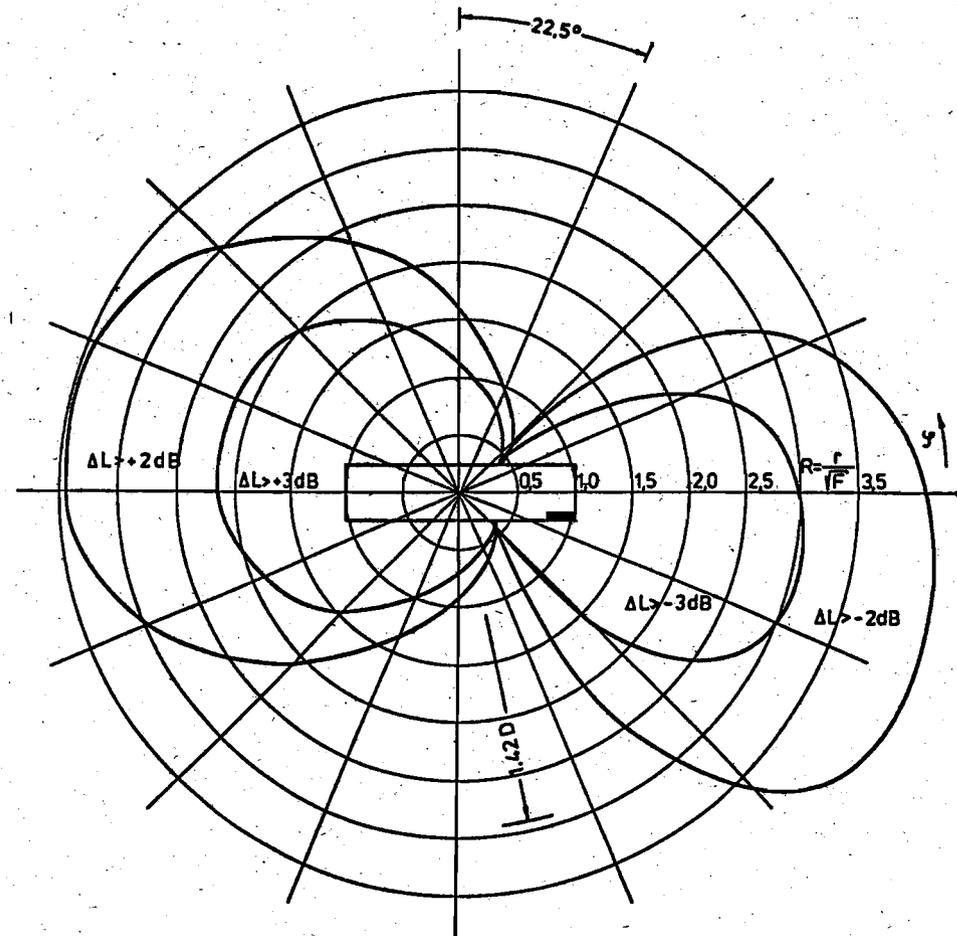


Abb. 14: Pegeldifferenz ΔL bei Konzentration der Schalleistung auf einer Teilfläche; $k=4,0$

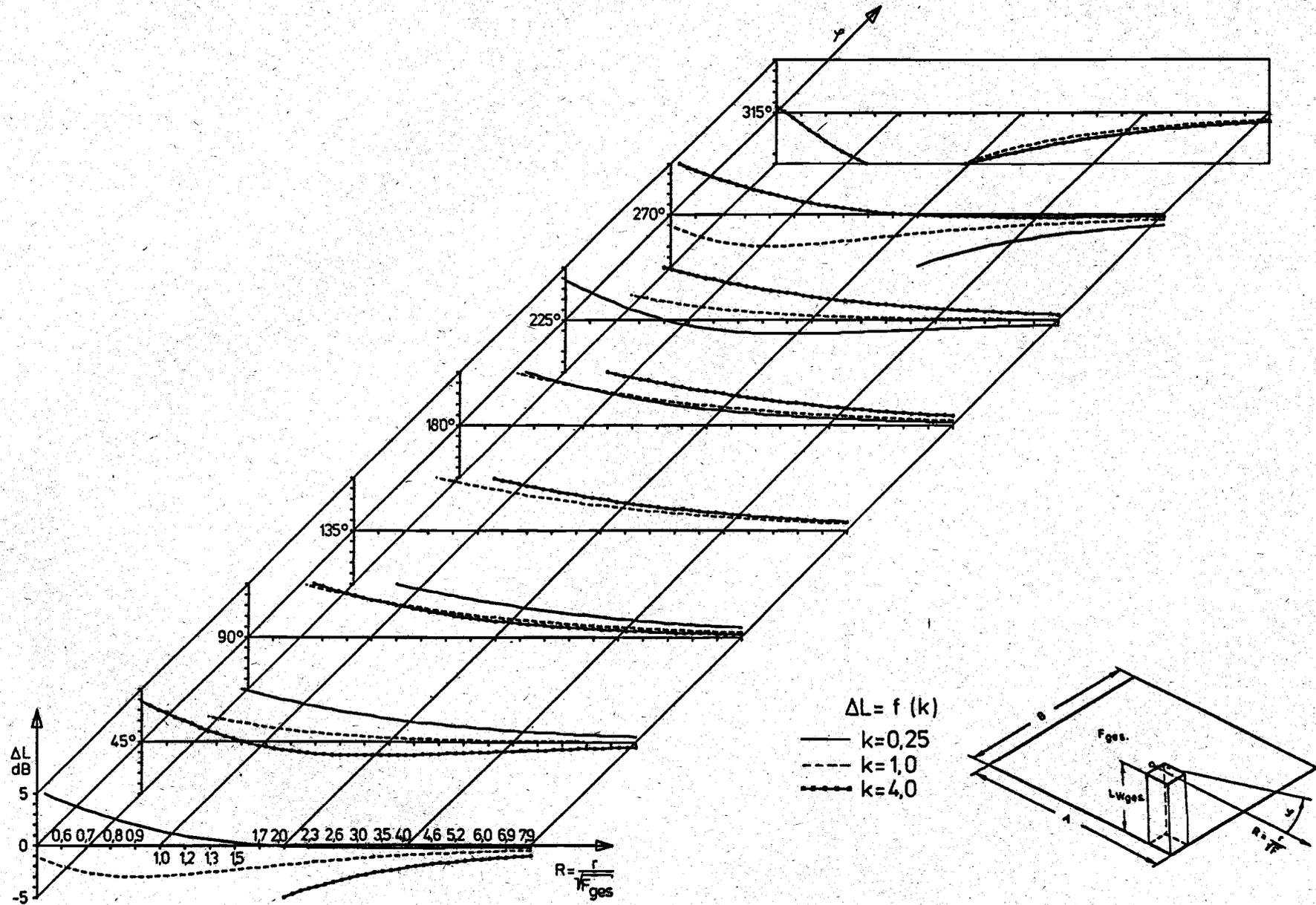


Abb. 15: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ ; Parameter: Seitenverhältnis k

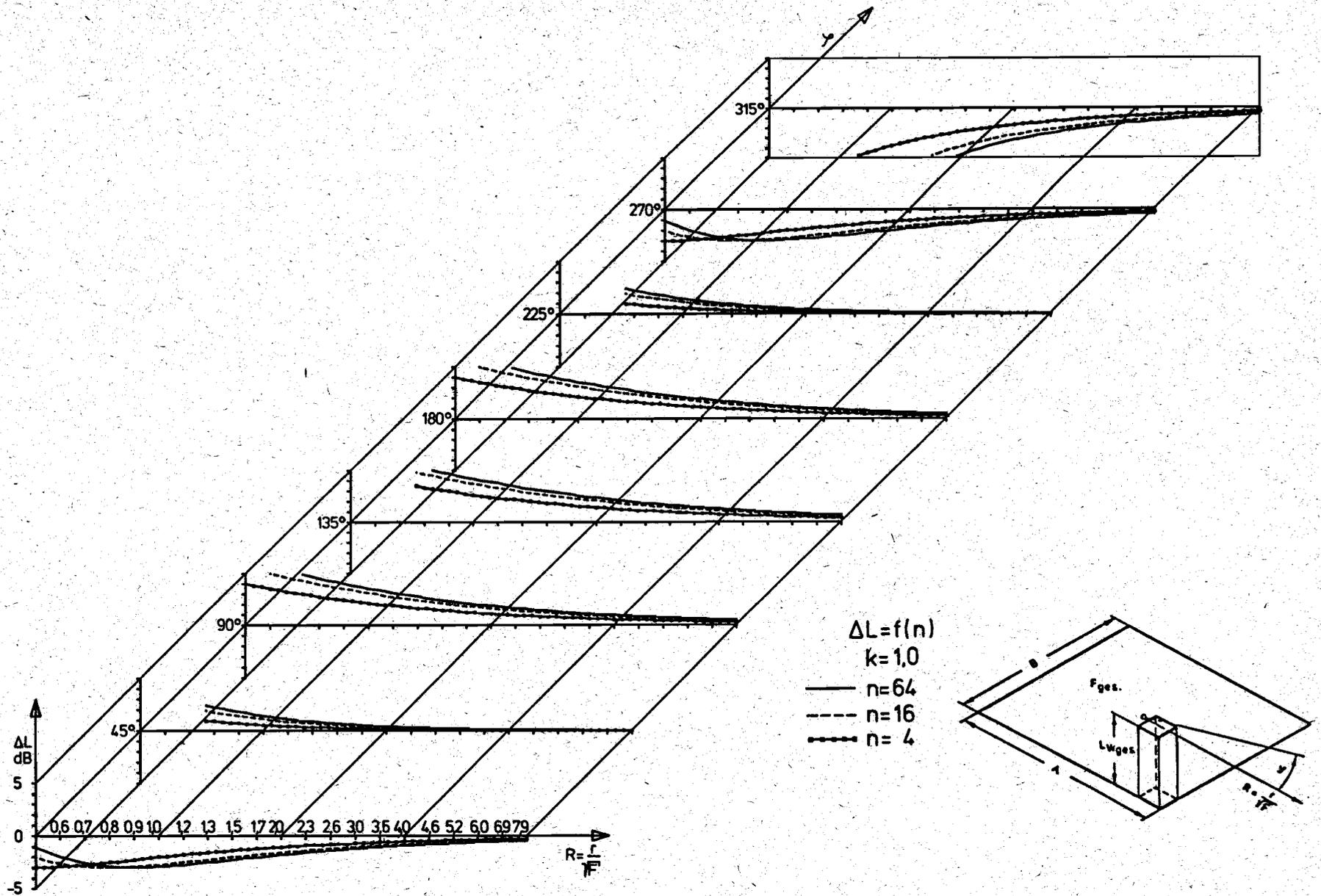


Abb. 16: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ für $k=1$; Parameter: Teilflächenzahl n

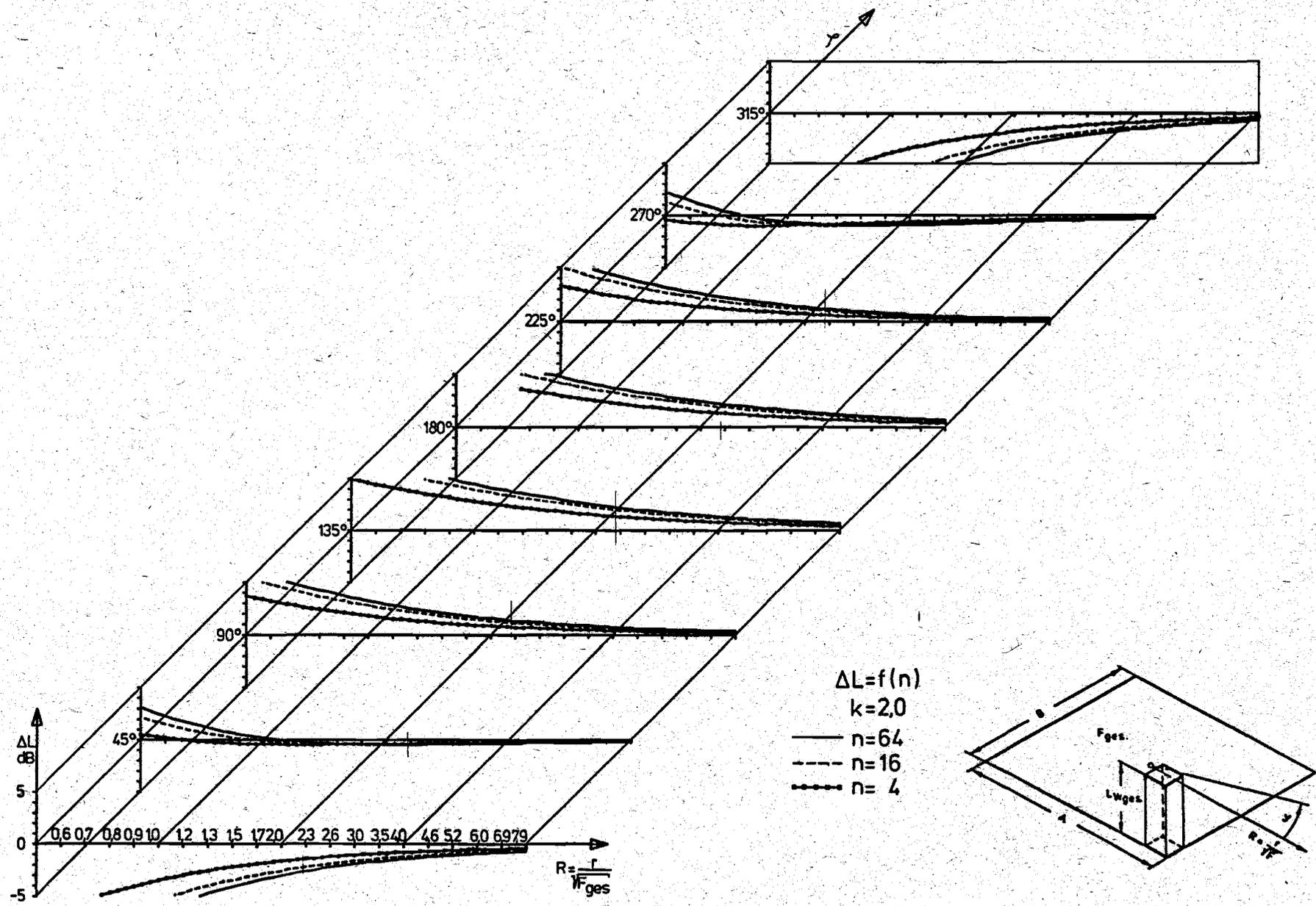


Abb. 17: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ für $k=2$; Parameter: Teilflächenzahl n

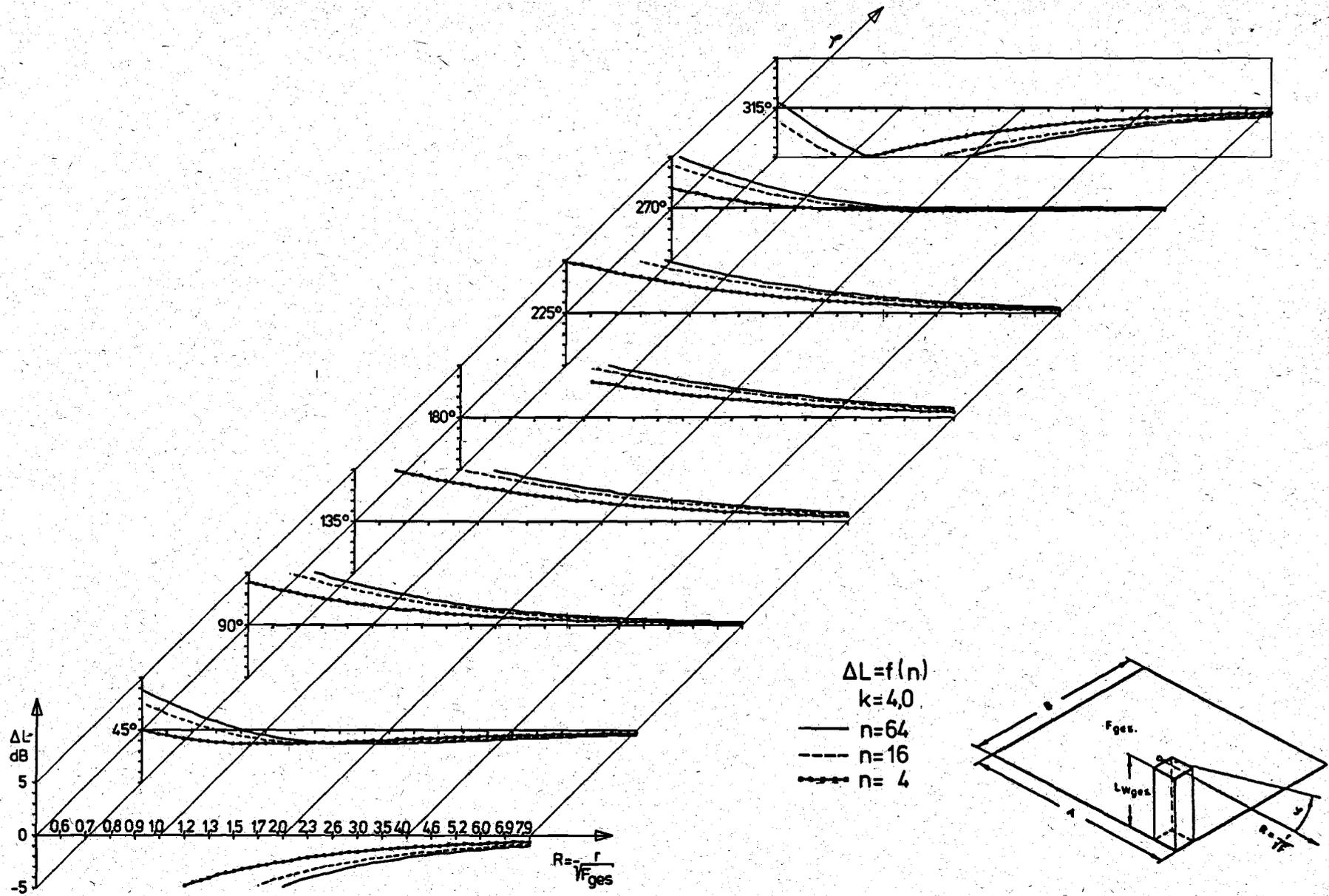


Abb. 18: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ für $k=4$; Parameter: Teilflächenzahl n

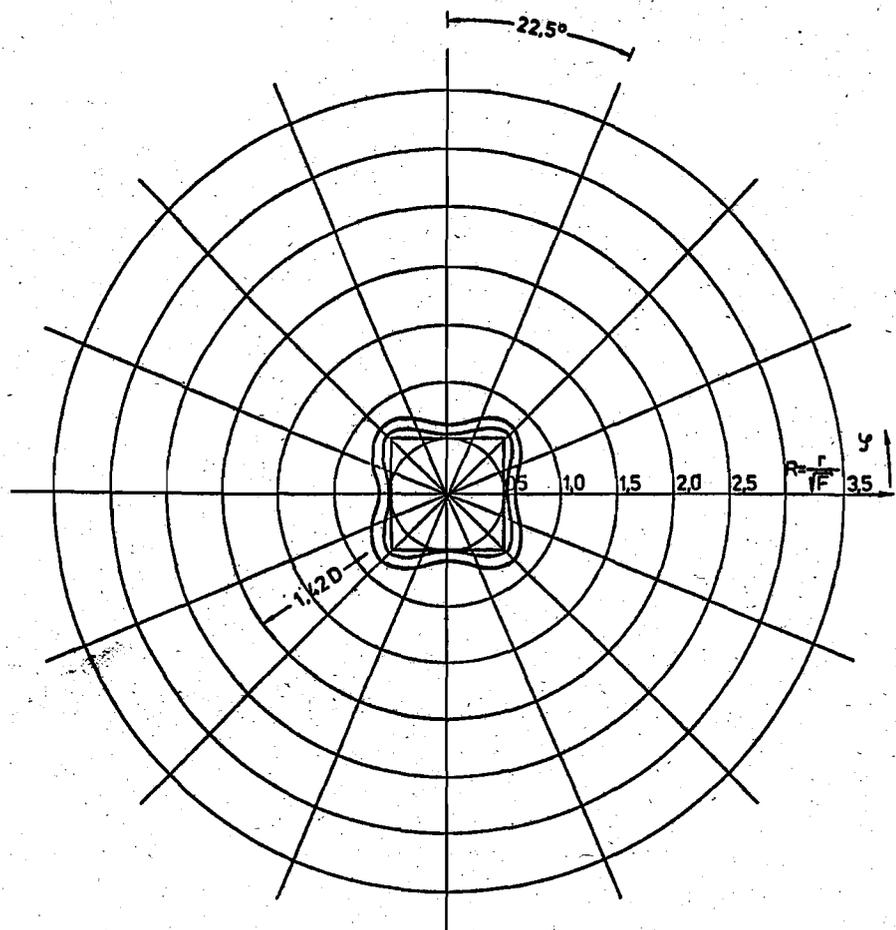


Abb. 19: Pegeldifferenz ΔL bei gleichmäßiger Verteilung der Schalleistung auf dem Baugebiet; $k=1$

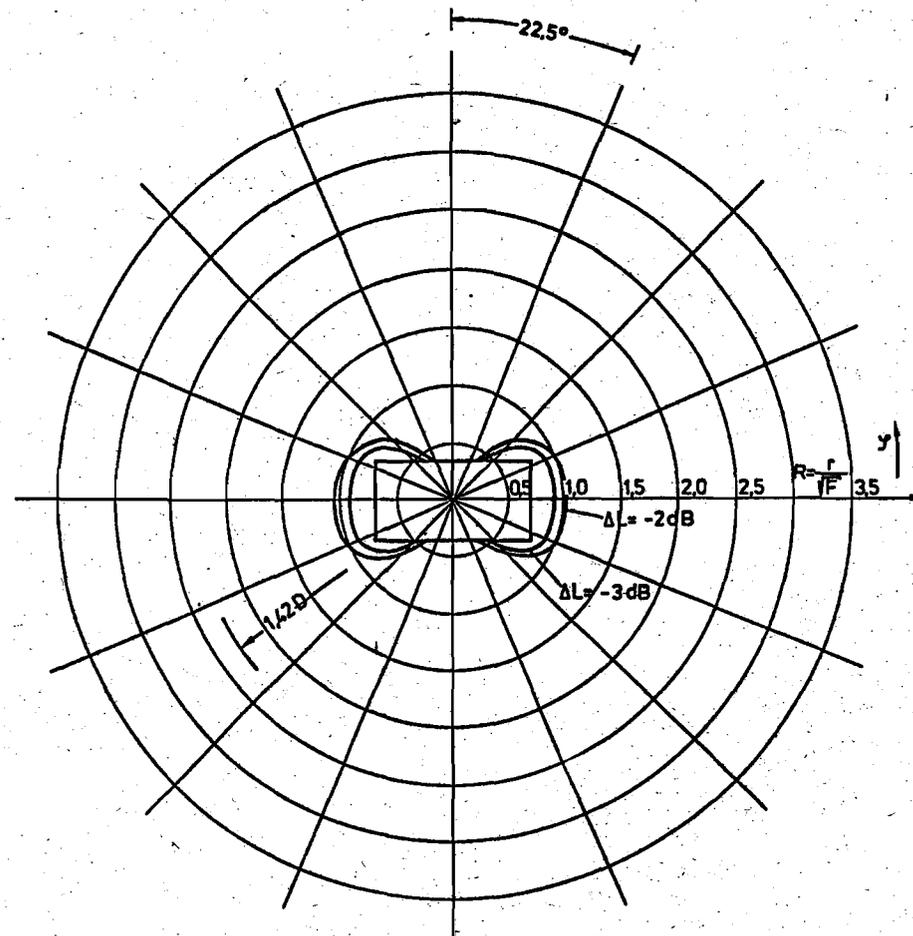


Abb. 20: Pegeldifferenz ΔL bei gleichmäßiger Verteilung der Schalleistung auf dem Baugebiet; $k=2$

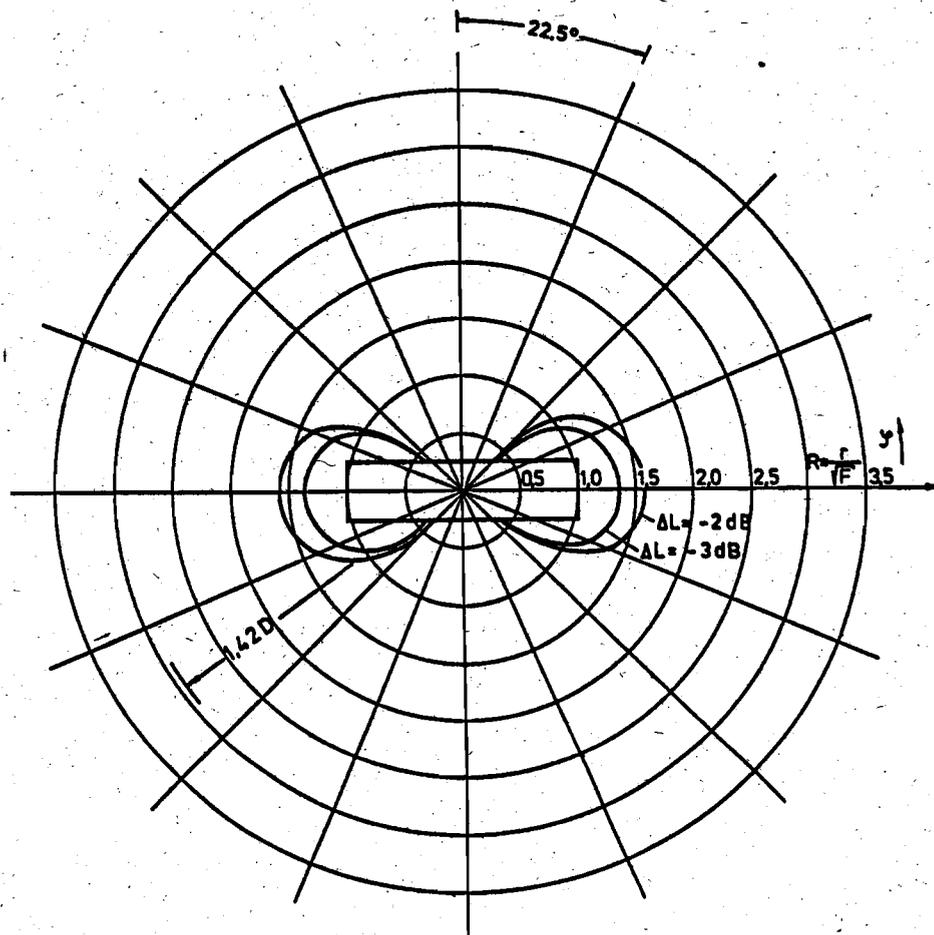


Abb. 21: Pegeldifferenz ΔL bei gleichmäßiger Verteilung der Schalleistung auf dem Baugebiet; $k=4$

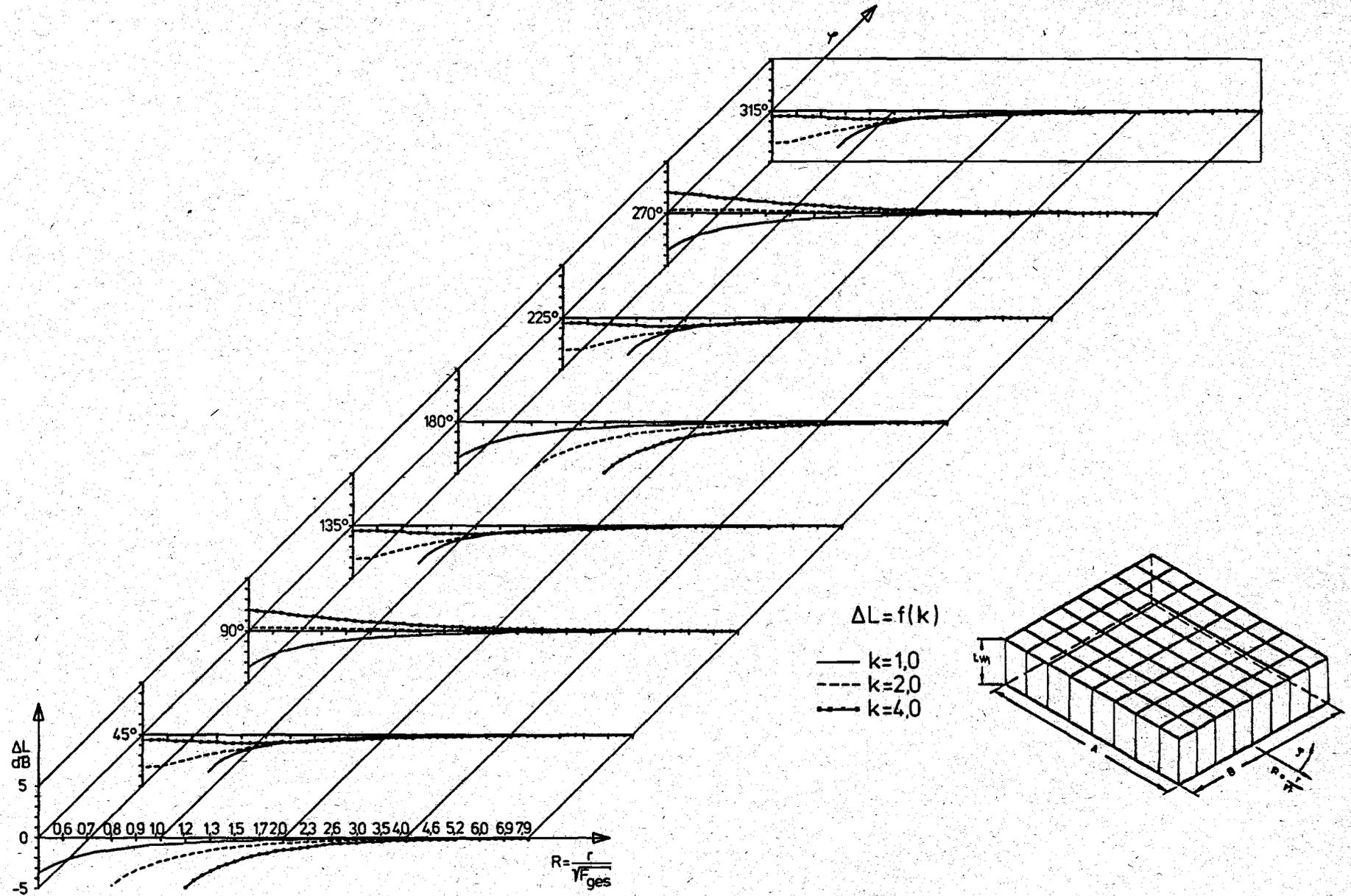


Abb. 22: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel γ für gleichmäßige Verteilung der Schalleistung; Parameter: Seitenverhältnis k

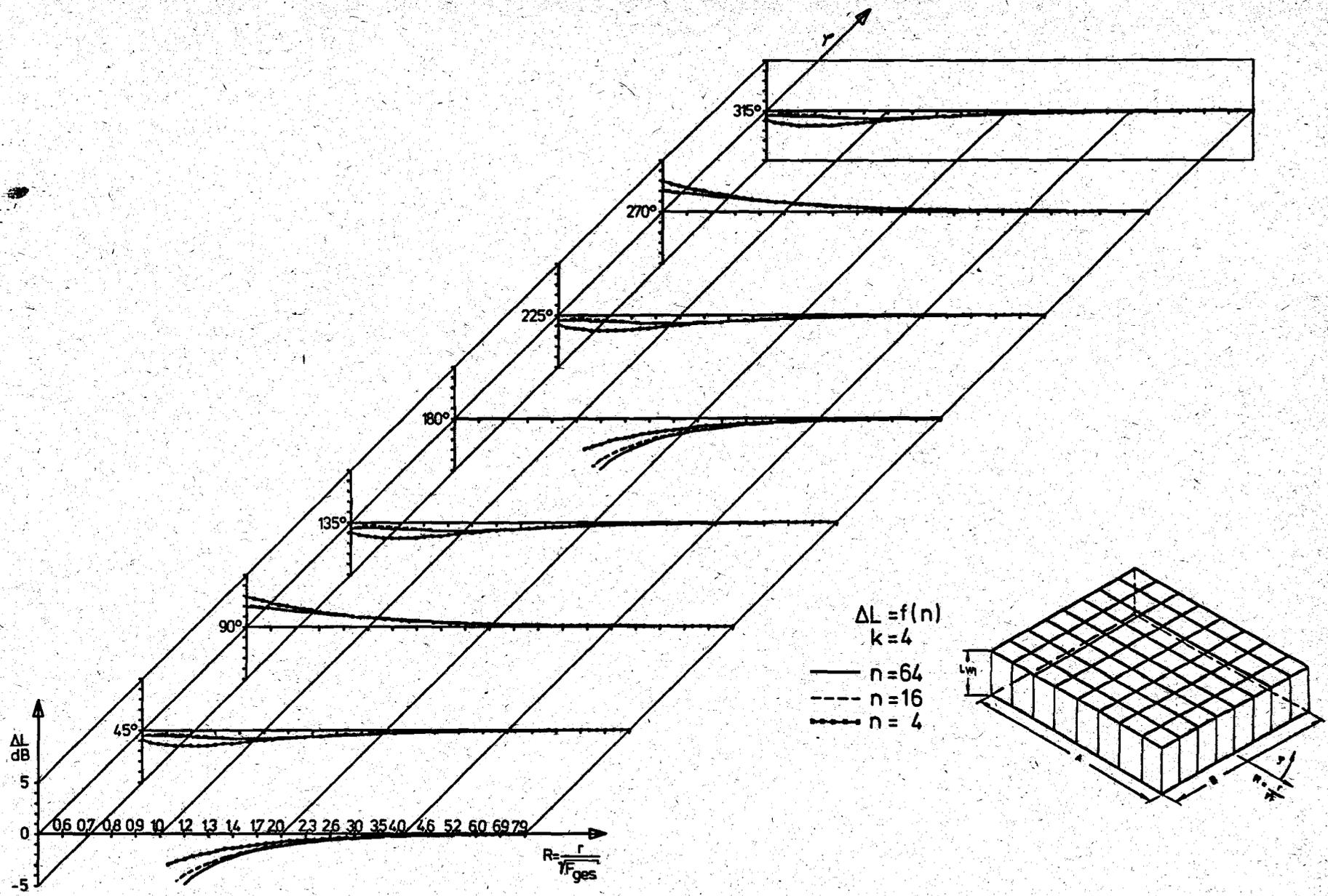


Abb. 23: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit von der normierten Entfernung R und vom Winkel φ für gleichmäßige Verteilung der Schalleistung; Parameter: Teilflächenzahl n

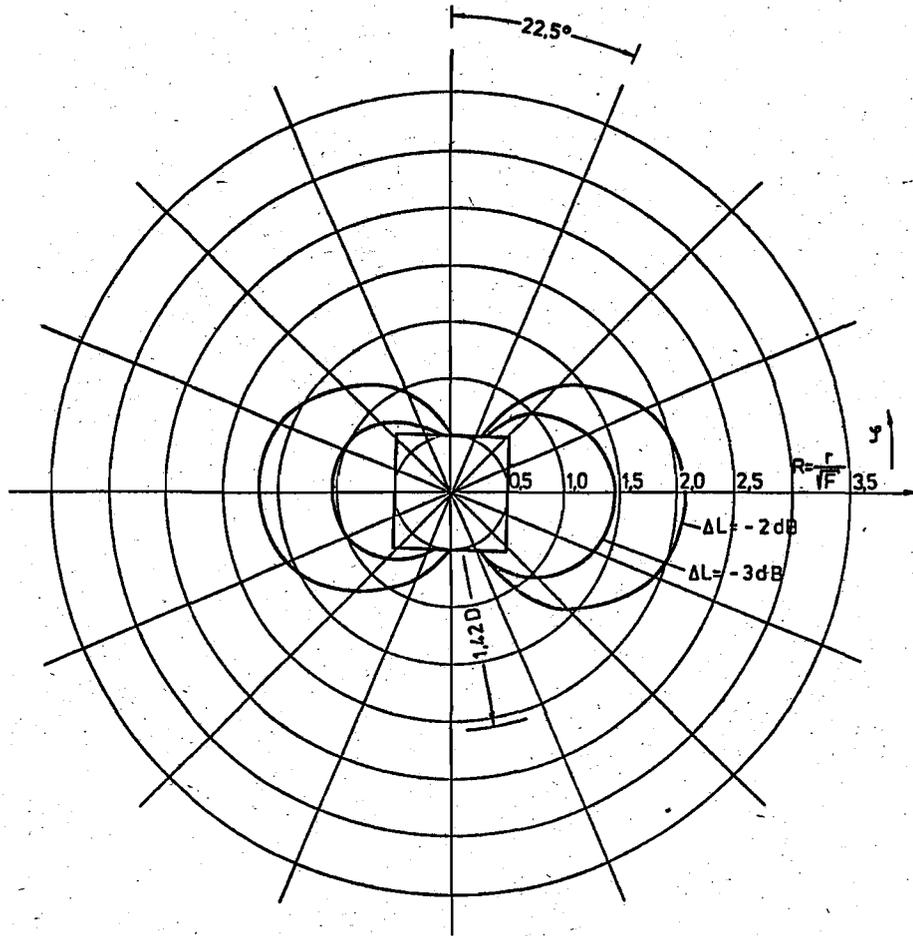


Abb. 24: Pegeldifferenz ΔL bei einer Verteilung der Schalleistung von einem Rand zum anderen Rand des Baugebietes abnehmend; $n=64$; $k=1$

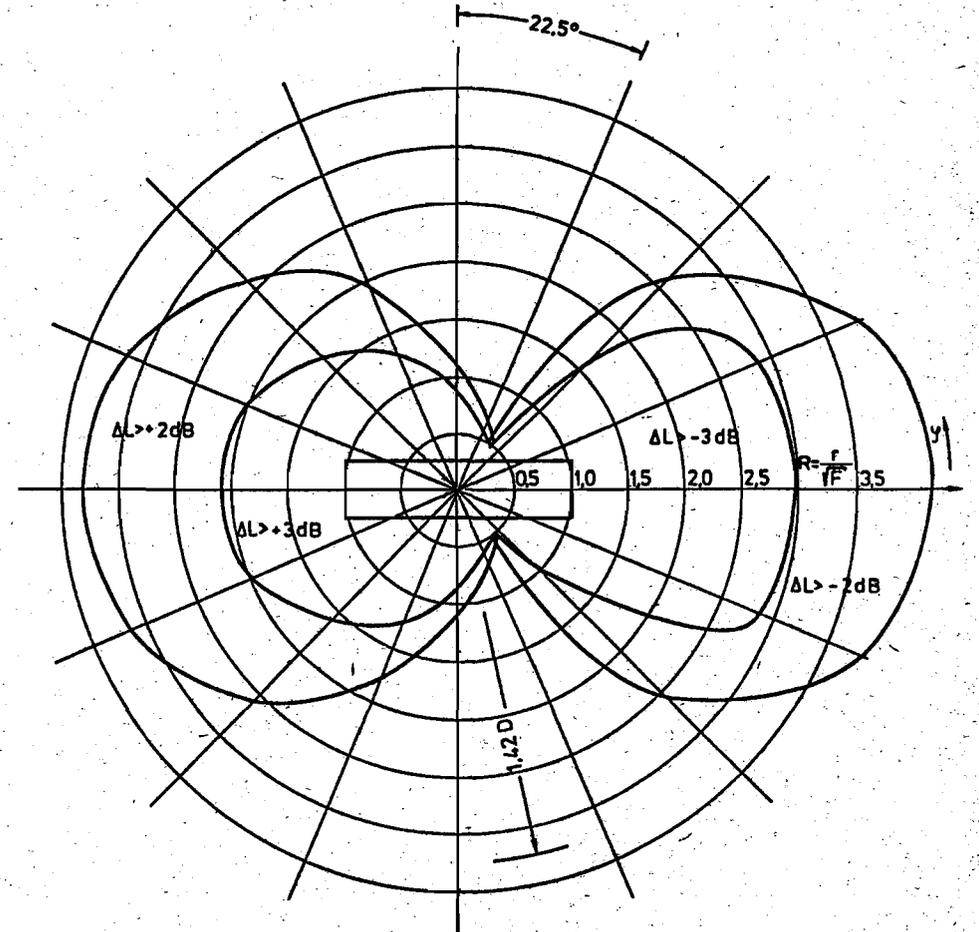


Abb. 25: Pegeldifferenz ΔL bei einer Verteilung der Schalleistung von einem Rand zum anderen Rand des Baugebietes abnehmend; $n=64$; $k=4$

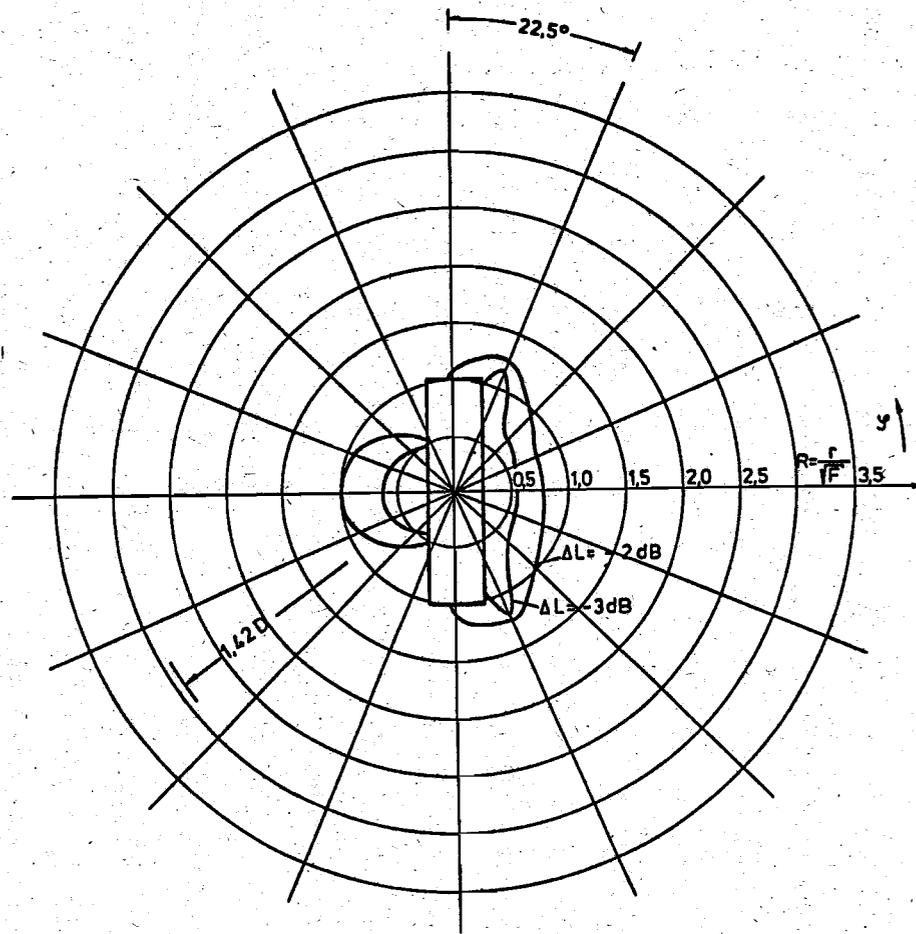


Abb. 26: Pegeldifferenz ΔL bei einer Verteilung der Schalleistung von einem zum anderen Rand des Baugebietes abnehmend; $n=64$; $k=0,25$

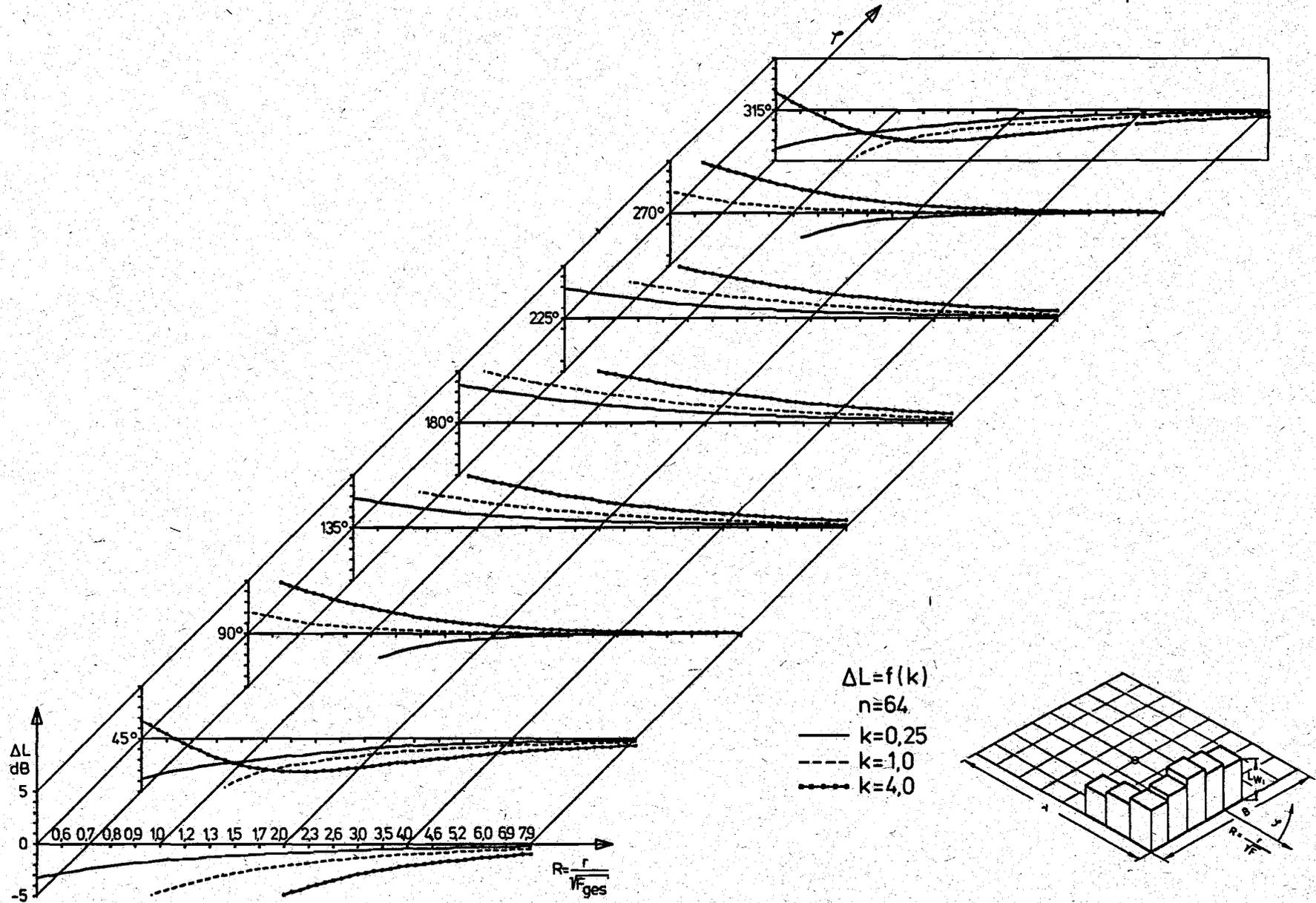


Abb. 27: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit vom normierten Abstand R und vom Winkel φ ; $n=64$ Parameter: Seitenverhältnis k

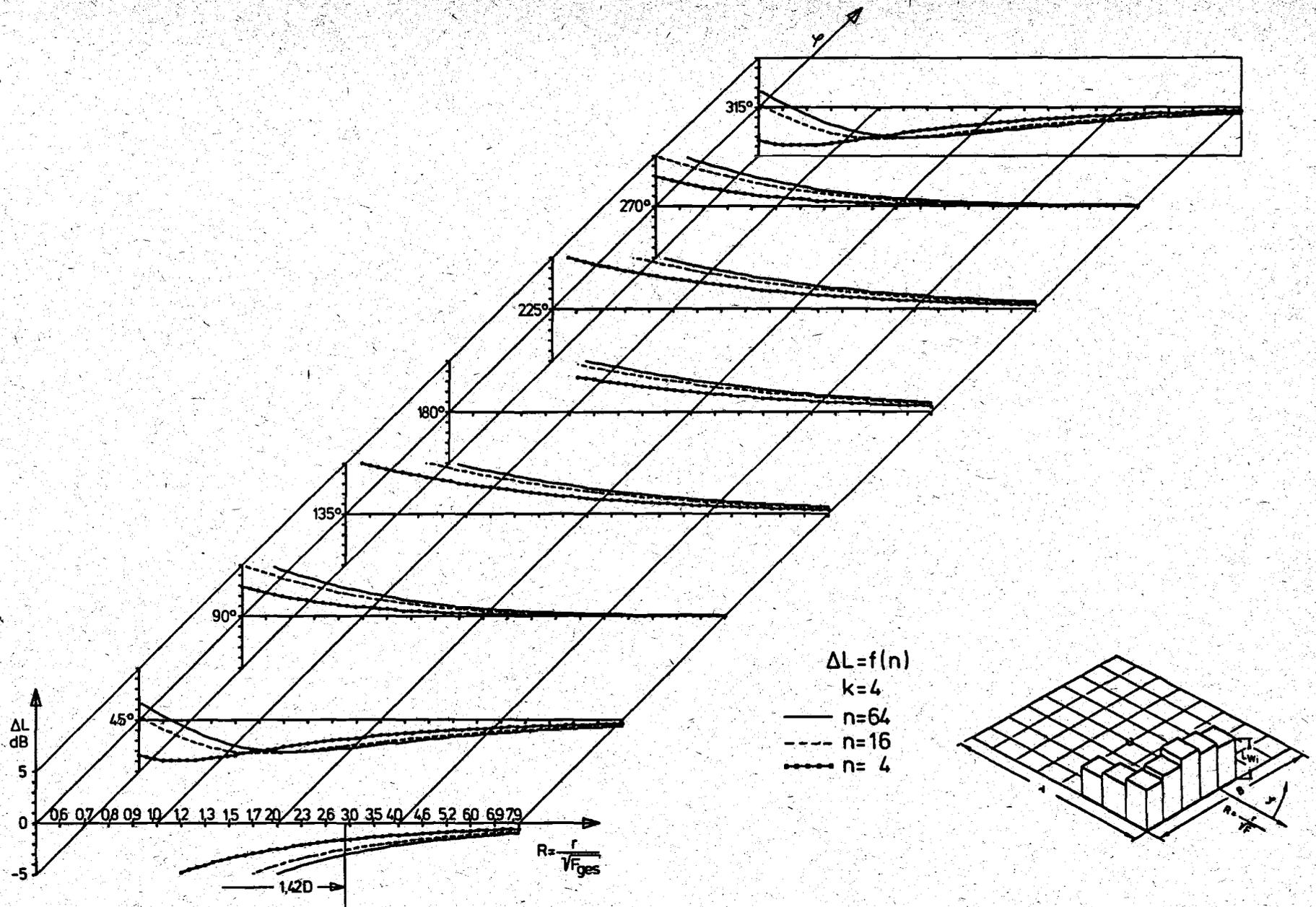


Abb. 28: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit vom normierten Abstand R und vom Winkel ψ ; $k=4$; Parameter: Teilflächenzahl n

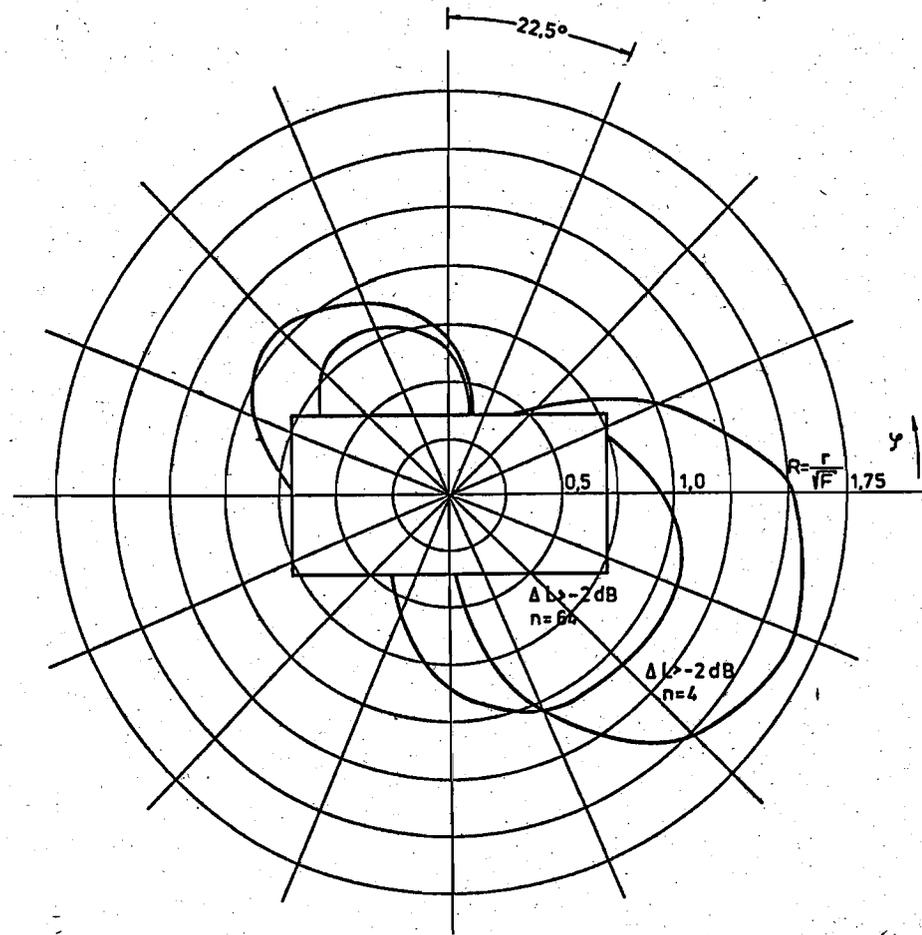


Abb. 33: Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 2$ dB für eine Verteilung wie sie in Hüttenanlagen auftreten kann; $k=2$; $n=64$ und $n=4$

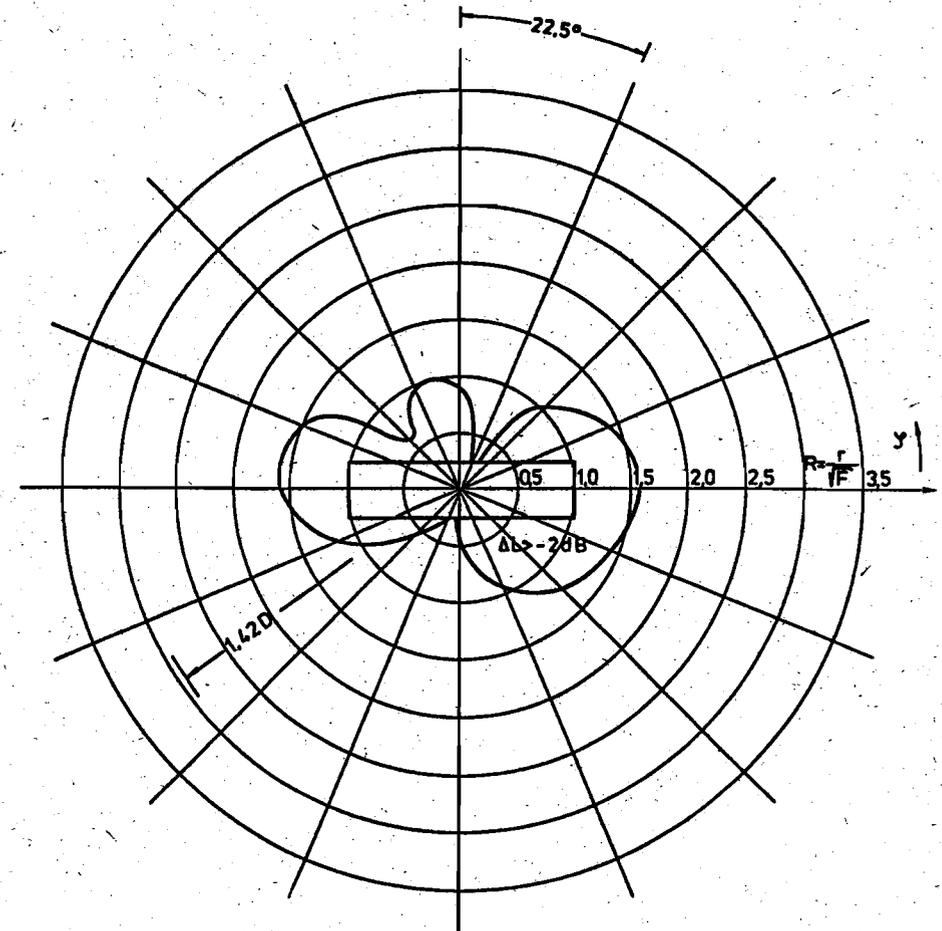
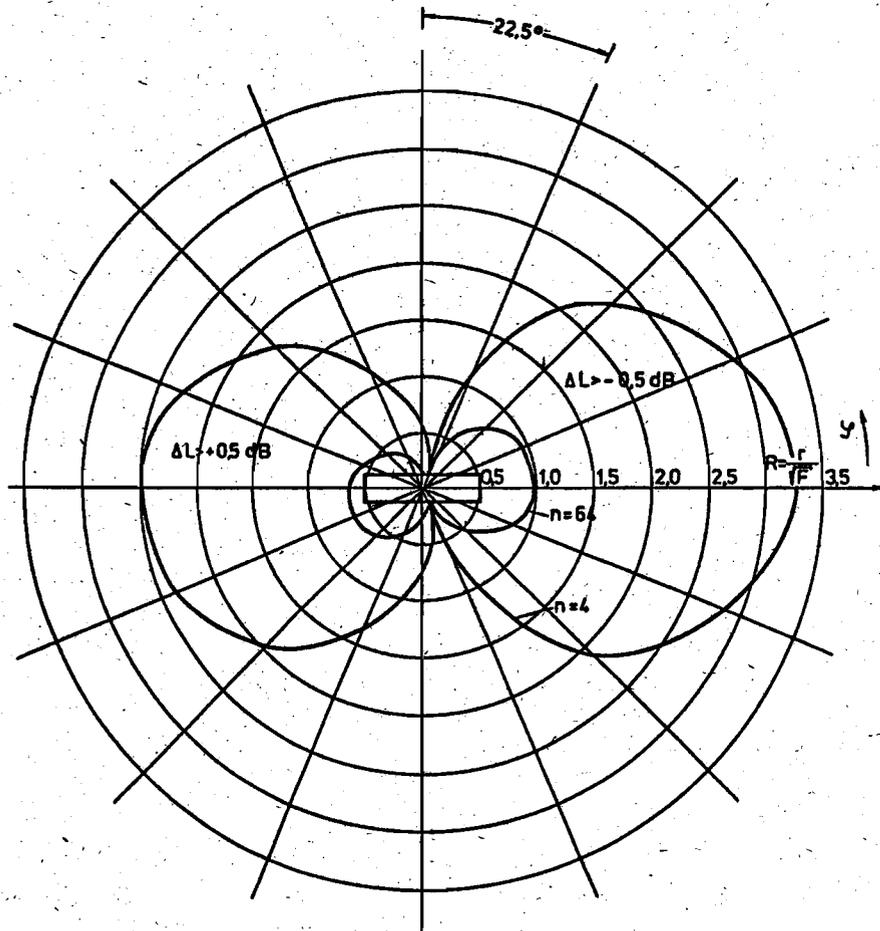


Abb. 29: Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 0,5$ dB für eine "optimale" Verteilung der Schalleistung; $k=4$; $n=64$ bzw. $n=4$

Abb. 30: Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 2$ dB für zufällig angeordnete Schallquellen in einem Baugebiet; $k=4$; $n=64$

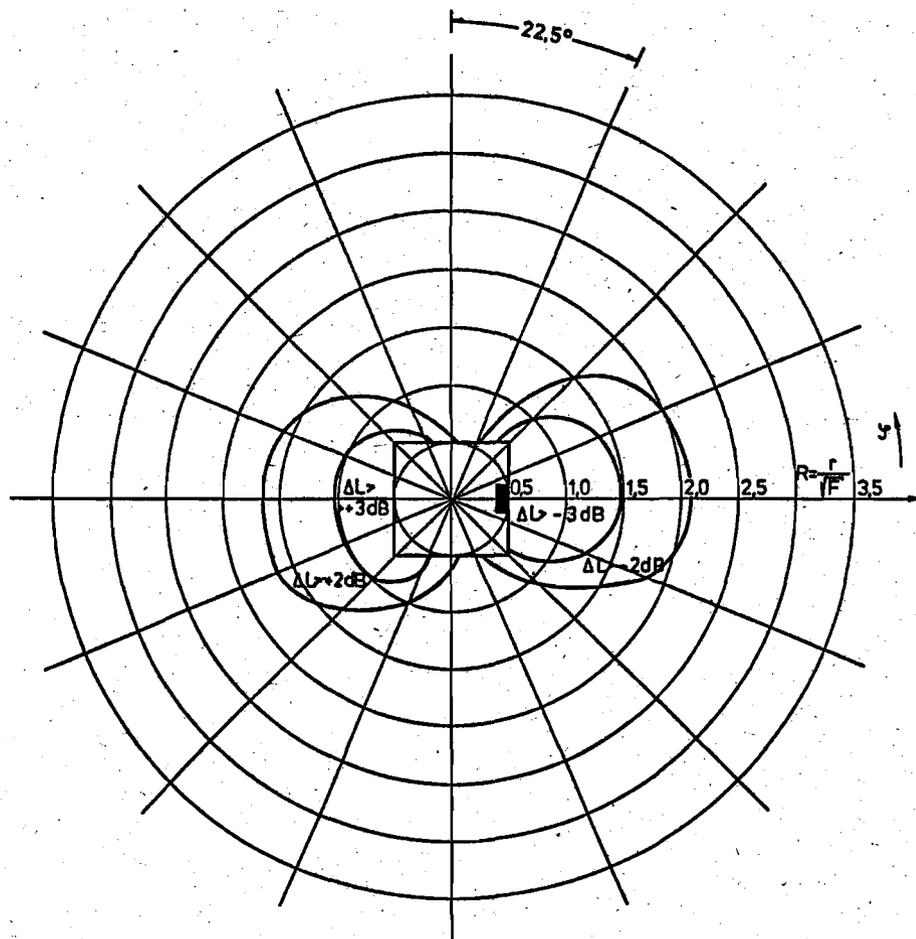


Abb. 31: Pegeldifferenz ΔL bei einer Verteilung der Schalleistung wie sie in Raffinerien vorliegen kann; $k=4$; $n=64$

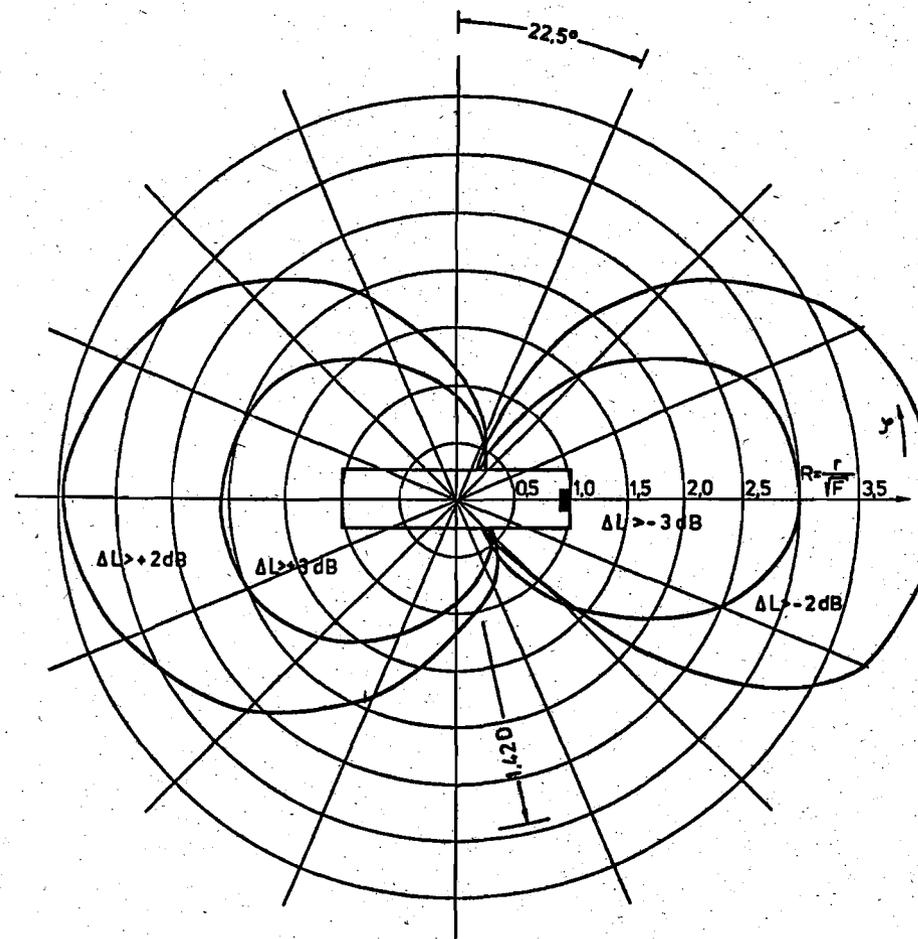


Abb. 32: Pegeldifferenz ΔL bei einer Verteilung der Schalleistung wie sie in Raffinerien vorliegen kann; $k=0,25$; $n=64$

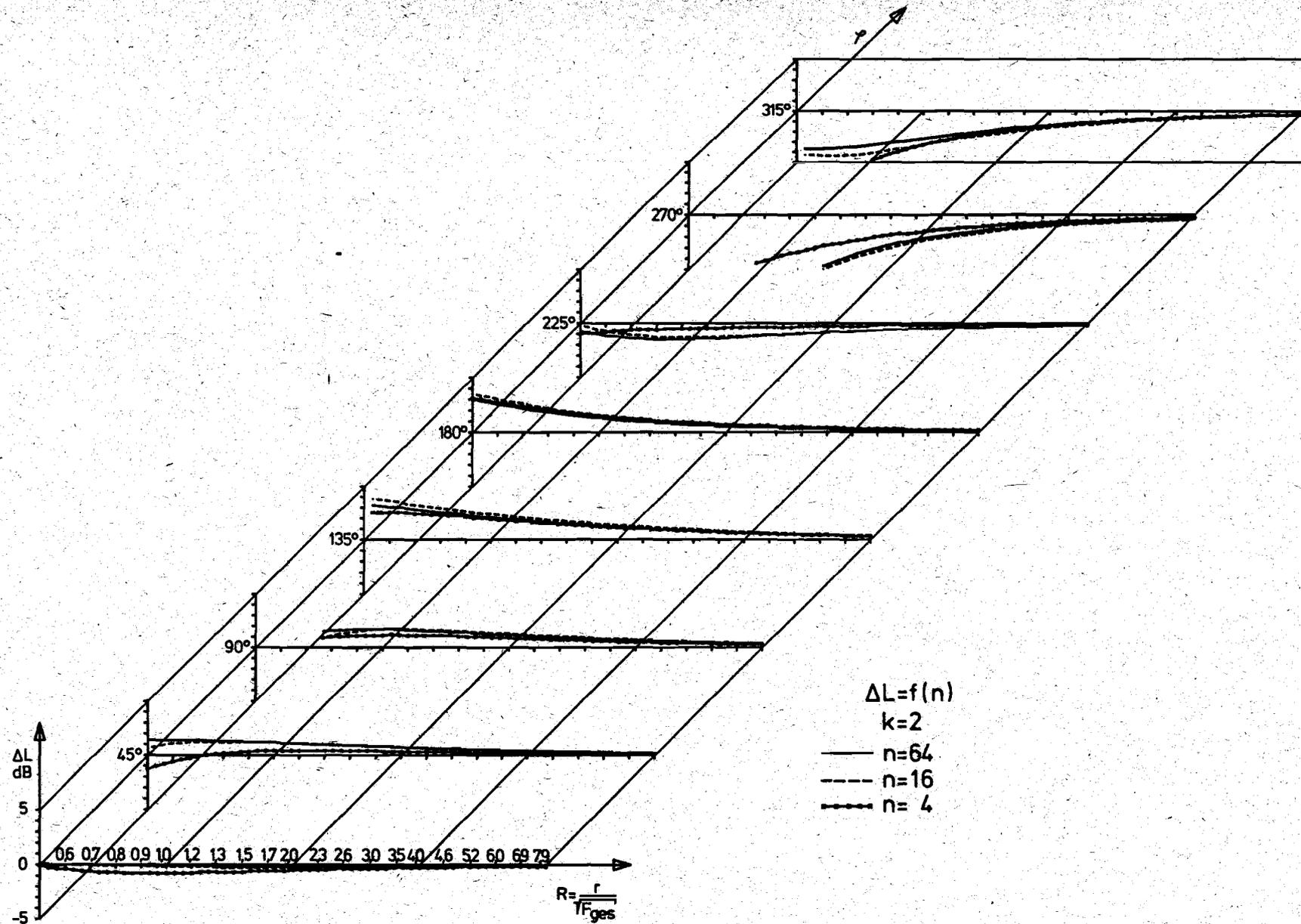


Abb. 34: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit vom normierten Abstand R und vom Winkel γ für eine Verteilung wie sie in Hüttenanlagen vorliegen kann; $k=2$; Parameter: Teilflächenzahl n

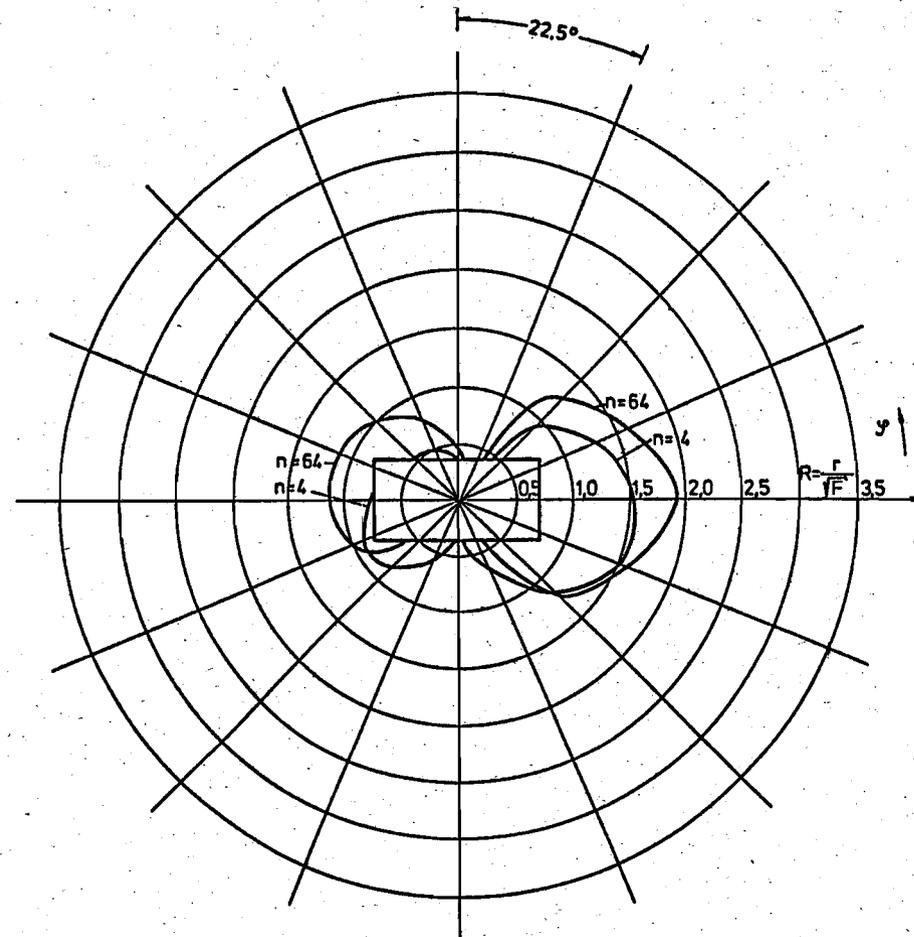


Abb. 35: Pegeldifferenz $\Delta L = \pm 2$ dB für eine Verteilung wie sie in Kohleverflüssigungsanlagen vorliegen kann; $k=2$; Teilflächenzahl $n=4$ und 64 .

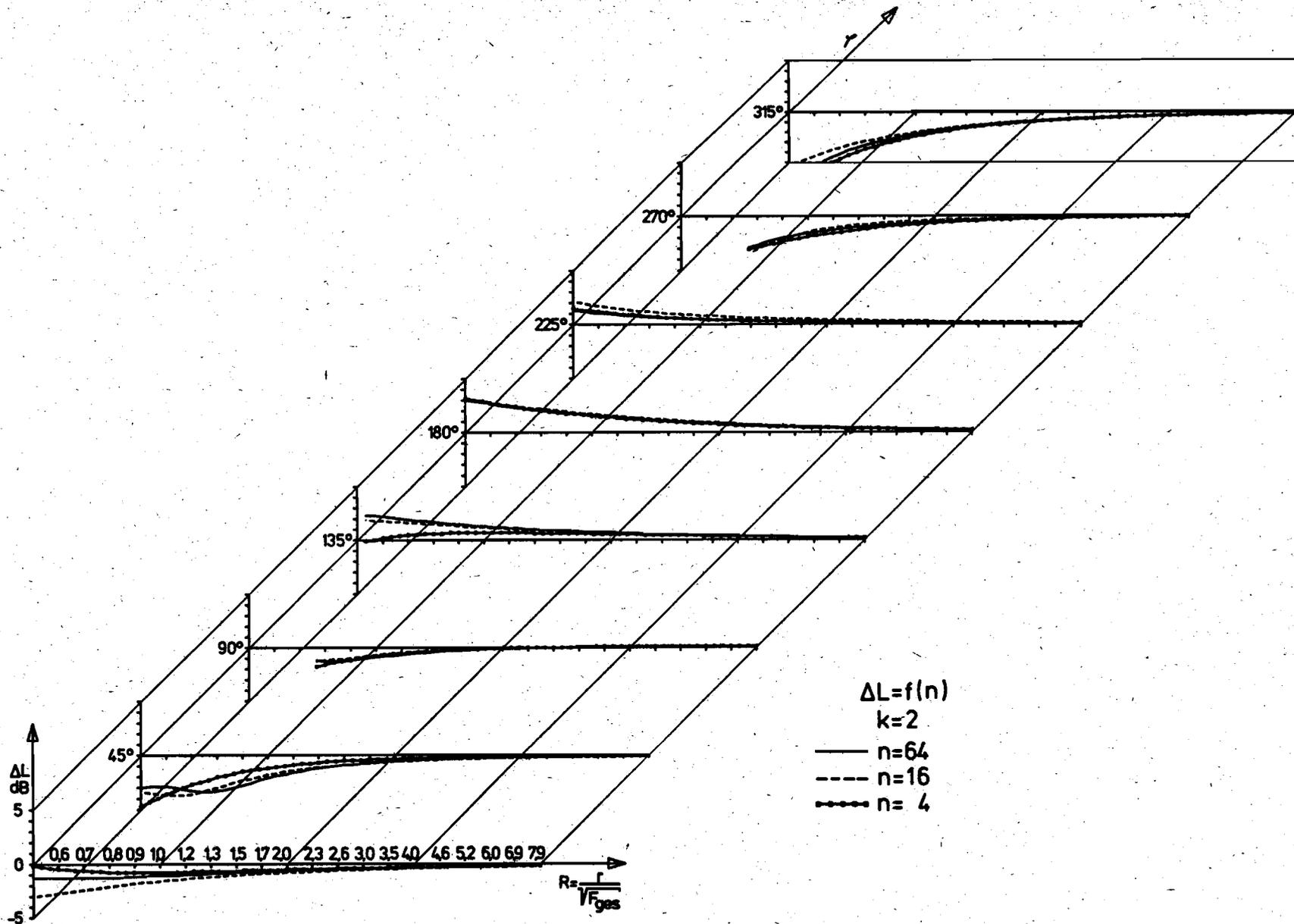


Abb. 36: Pegeldifferenz ΔL in Abhängigkeit vom normierten Abstand R und vom Winkel γ für eine Schalleistungsverteilung wie sie in Kohleverflüssigungsanlagen vorliegen kann; $k=2$; Parameter: Teilflächenzahl n .

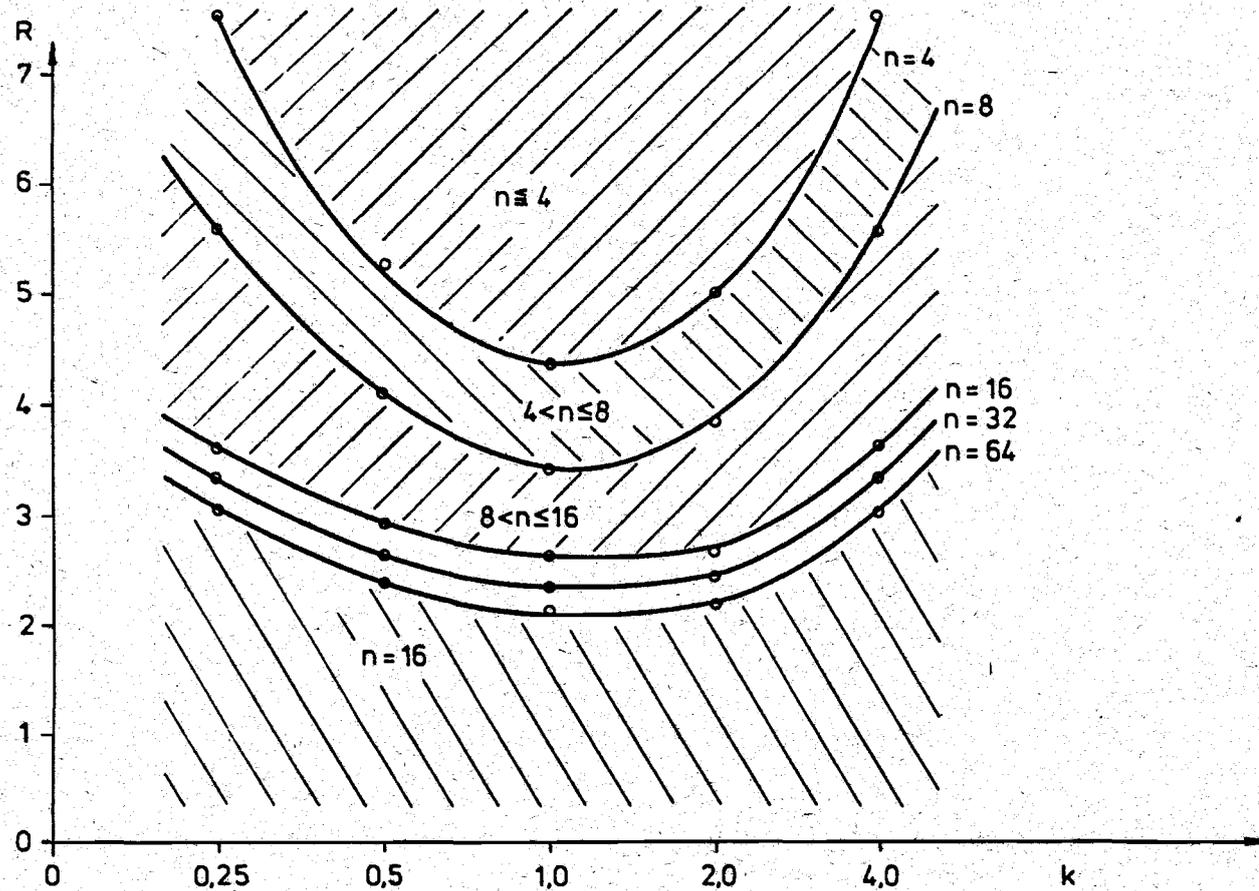


Abb. 37: Diagramm zur Auswahl der Teilflächenzahl n in Abhängigkeit vom normierten Abstand R und vom "maßgebenden" Seitenverhältnis k

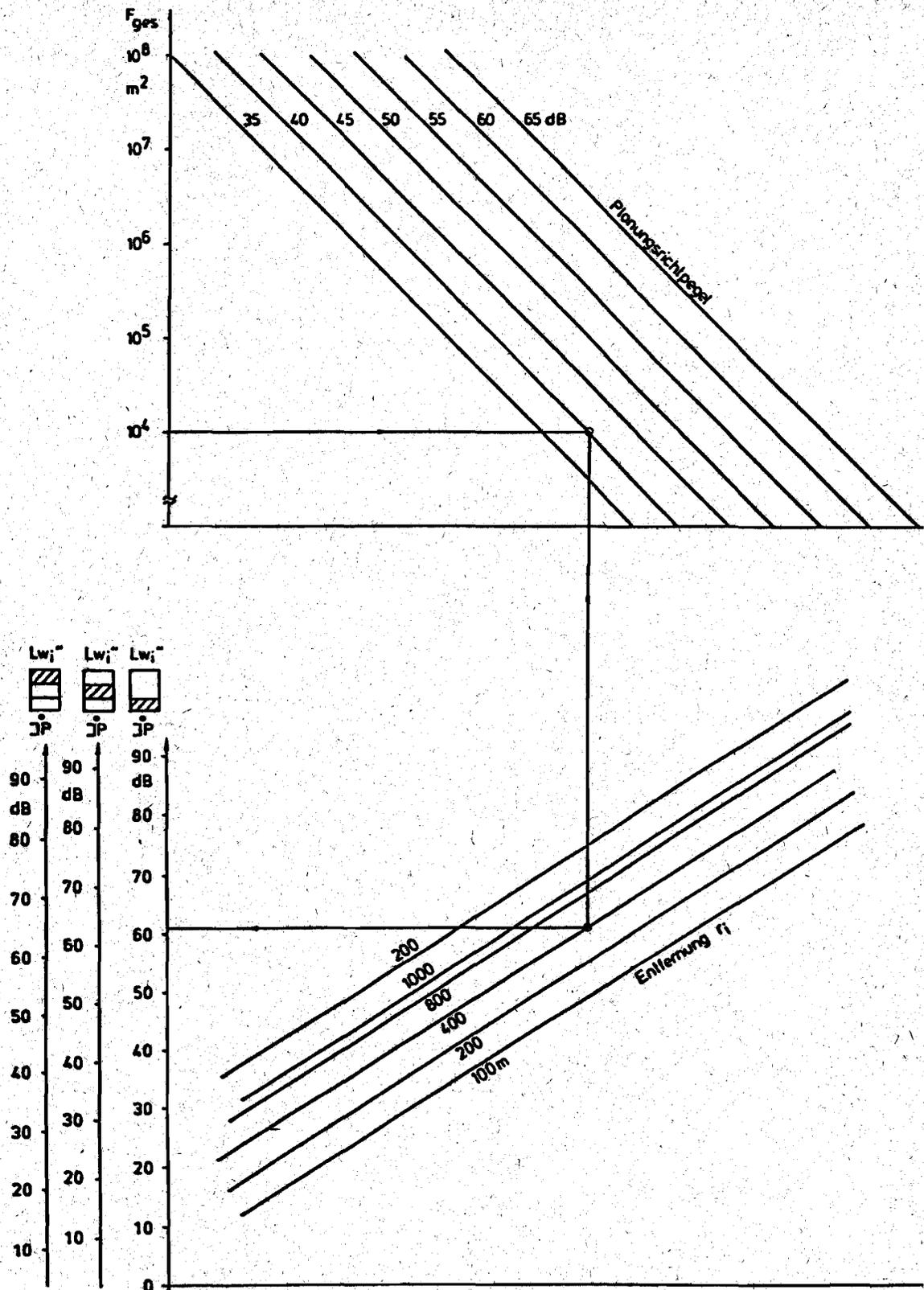


Abb. 38: Nomogramm zur Abschätzung des FBS-Wertes der Teilflächen in Abhängigkeit von der Baugebietsflächengröße, vom Abstand Teilfläche/Immissionspunkt und vom einzuhaltenden Planungsrichtpegel.

Branchen	Zahl der Beschäftigten je Branche	arithm. Mittelwert m ² /Besch.	Zahl der Beschäftigten/Fläche F _{grund} in m ²					Innenpegel L _i [dB]	FBS L _w [dB]
			10 ³	5 · 10 ³	10 ⁴	5 · 10 ⁴	10 ⁵		
Grafisches Gewerbe									
klein	1-30	28	-	-	-	-	-	85	-
mittel	31-70	23	43	-	-	-	-	90	-
groß	71-200	17	-	-	-	-	-	90	-
größte	201-500	13	-	389	-	-	-	95	-
Leder, Schuhe									
klein	1-30	24	-	-	-	-	-	85	-
mittel	31-115	15	67	-	-	-	-	90	-
groß	116-450	15	-	335	-	-	-	95	-
Textilindustrie									
klein	1-50	45	23	-	-	-	-	80	-
mittel	51-125	22	-	-	-	-	-	80	-
mittelgroß	126-200	27	-	186	-	-	-	85	-
groß	201-700	20	-	-	500	-	-	95	-
größte	701-5000	15	-	-	-	3340	-	100	-
Getränke, Spirituosen									
klein	1-25	81	13	-	-	-	-	90	-
mittel	26-70	62	-	80	-	-	-	90	-
groß	71-635	38	-	-	264	-	-	95	-
Bekleidungsindustrie									
klein	1-50	20	50	-	-	-	-	80	-
mittel	51-150	16	63	-	-	-	-	80	-
mittelgroß	151-550	15	-	-	-	-	-	85	-
groß	551-650	11	-	455	-	-	-	90	-
größte	651-8000	8	-	-	1250	6250	-	95	-
Nahrungsmittel									
klein	1-50	41	25	-	-	-	-	85	-
mittel	51-150	38	-	-	-	-	-	90	-
groß	151-400	20	-	250	-	-	-	90	-
größte	401-7000	13	-	-	770	3850	-	-	60

Abb. 39 : Branchen- und betriebsgrößenklassenspezifische Grundfläche pro Beschäftigten; Beschäftigte pro Fläche;
Anhaltswerte für Innenpegel und FBS-Werte

Branchen	Zahl der Beschäftigten je Branche	arithm. Mittelwert $m^2/\text{Besch.}$	Zahl der Beschäftigten/Fläche F_{grund} in m^2					Innenpegel L_1 [dB]	FBS L_W [dB]
			10^3	$5 \cdot 10^3$	10^4	$5 \cdot 10^4$	10^5		
Gießereien, Walzwerke									
kleinst	1-25	68	15	-	-	-	-	90	-
klein	26-80	42	-	-	-	-	-	95	-
mittel	81-200	40	-	125	174	-	-	100	-
groß	201-16000	31	-	-	322	1600	3225	-	70
NE-Industrie									
kleinst	1-25	81	12	-	-	-	-	80	-
klein	26-80	66	-	75	-	-	-	85	-
mittel	81-200	51	-	98	-	-	-	90	-
groß	201-4000	38	-	-	263	1315	2631	-	75
Chemische Industrie									
klein	1-50	64	16	-	-	-	-	90	-
mittel	51-170	54	-	92	-	-	-	-	70
groß	171-400	38	-	-	263	-	-	-	75
größte	401-1860	28	-	-	-	1785	-	-	75
Farben, Lacke									
klein	1-30	71	15	-	-	-	-	80	-
mittel	31-180	54	-	92	-	-	-	90	-
Pharm. Industrie									
klein	1-45	58	18	87	-	-	-	80	-
mittel	46-170	28	-	178	-	-	-	90	-
Kunststoffverarbeitung									
klein	1-25	59	17	-	-	-	-	85	-
mittel	26-75	32	32	-	-	-	-	85	-
mittelgroß	76-130	34	-	147	-	-	-	90	-
groß	130-500	27	-	185	371	-	-	95	-
größte	501-2500	10	-	-	1000	-	-	105	-

Abb. 39 : Fortsetzung

Branchen	Zahl der Beschäftigten je Branche	arith. Mittelwert m ² /Besch.	Zahl der Beschäftigten/Fläche F _{grund} in m ²					Innenpegel L _i [dB]	FBS L _w [*] [dB]
			10 ³	5 · 10 ³	10 ⁴	5 · 10 ⁴	10 ⁵		
Grobe Holzverarbeitung									
klein	1-20	116	9	-	-	-	-	90	-
mittel	21-40	52	-	-	-	-	-	95	-
groß	41-300	41	-	121	244	-	-	100	-
Fenster/Türen									
klein	1-20	79	13	-	-	-	-	85	-
mittel	21-40	54	-	-	-	-	-	85	-
groß	41-1400	25	-	200	400	-	-	90	-
Möbel									
kleinst	1-25	103	10	-	-	-	-	85	-
klein	26-50	56	-	-	-	-	-	85	-
mittel	51-100	48	-	-	-	-	-	90	-
mittelgroß	101-200	42	-	119	-	-	-	95	-
groß	201-2500	27	-	-	371	1850	-	100	-
Stahlbau									
kleinst	1-25	54	19	-	-	-	-	90	-
klein	26-50	49	-	-	-	-	-	95	-
mittel	51-100	28	-	-	-	-	-	95	-
mittelgroß	101-300	30	-	167	-	-	-	95	-
groß	301-4500	25	-	-	400	2000	4000	-	70
Maschinenbau									
kleinst	1-30	61	17	-	-	-	-	85	-
klein	31-100	42	-	-	-	-	-	85	-
mittel	101-200	33	-	152	-	-	-	90	-
mittelgroß	201-400	19	-	-	-	-	-	90	-
groß	401-1000	23	-	-	435	-	-	95	-
größte	1001-2000	10	-	-	1000	-	-	-	70

Abb. 39 : Fortsetzung

Branchen	Zahl der Beschäftigten je Branche	arithm. Mittelwert m ² /Besch.	Zahl der Beschäftigten/Fläche F _{grund} in m ²					Innenpegel L _i [dB]	FBS L _v [*] [dB]
			10 ³	5 · 10 ³	10 ⁴	5 · 10 ⁴	10 ⁵		
Fahrzeugbau									
klein	1-50	82	13	-	-	-	-	85	-
mittel	51-200	26	-	192	-	-	-	90	65
groß	201-3300	20	-	-	500	2500	-	-	-
Elektro, Feinmechanik									
klein	1-50	47	28	-	-	-	-	80	-
mittel	51-150	27	-	-	-	-	-	80	-
mittelgroß	151-300	21	-	185	-	-	-	85	-
groß	301-600	11	-	-	-	-	-	90	-
größte	601-5000	10	-	-	1000	5000	-	90	-
Uhren									
klein	1-50	22	46	-	-	-	-	80	-
mittel	51-110	8	./.	-	-	-	-	80	-
groß	111-400	8	125	-	-	-	-	85	-
größte	401-4500	6	-	833	1667	2380	-	90	-
Metallverarbeitung									
kleinst	1-20	64	16	-	-	-	-	85	-
klein	21-50	31	33	-	-	-	-	85	-
mittel	51-120	29	-	-	-	-	-	90	-
mittelgroß	121-250	32	-	157	-	-	-	95	-
groß	251-2500	21	-	-	477	-	-	105	-
Glasverarbeitung									
klein	1-25	66	16	-	-	-	-	85	-
mittel	26-150	43	-	116	-	-	-	90	-
groß	151-1500	20	-	-	500	-	-	95	-
Papier, Kartonagen									
klein	1-50	39	26	-	-	-	-	80	-
mittel	51-200	34	-	142	-	-	-	85	-
groß	201-1000	26	-	-	385	-	-	90	-

Abb. 39 : Fortsetzung

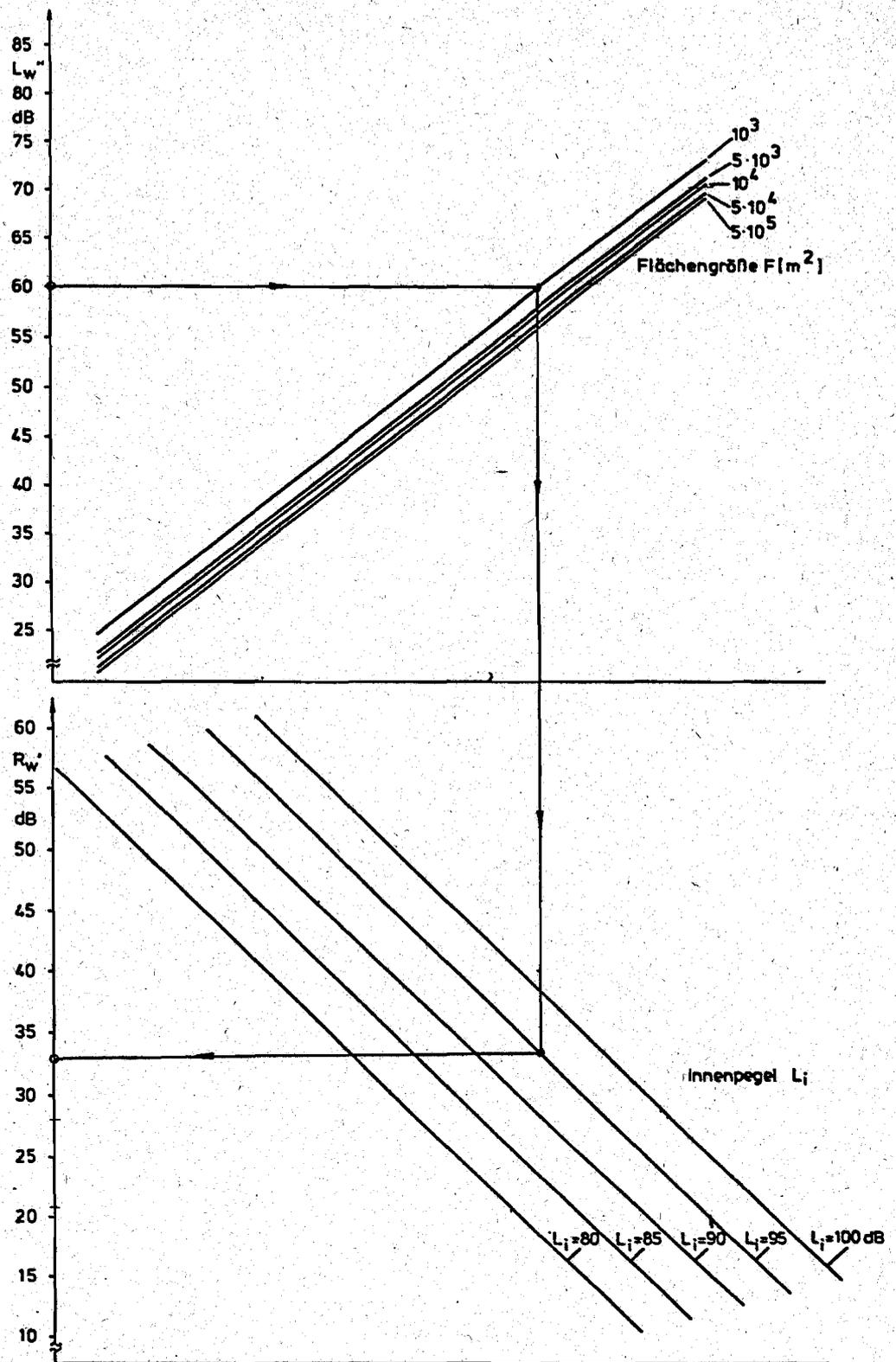


Abb. 40: Nomogramm zur Abschätzung des Halleninnenpegels in Abhängigkeit vom FBS-Wert und vom mittleren Bauschall-dämmmaß R'_w

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

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

- Bericht-Nr. 6:** STRAUCH, H.:
 Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege.
 Kurztitel: Dämmwirkung von Dachentlüftern.
 1979. 33 Seiten mit 13 Abbildungen, 2 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 7:** KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
 Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.
 Kurztitel: Falschfarbenfotografie - Ein Mittel zur Erkennung von Pflanzenschäden.
 1980. 43 Seiten mit 9 Abbildungen, 2 Tabellen und 11 Karten.
- Bericht-Nr. 8:** WIETLAKE, K.H.:
 Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern.
 Kurztitel: Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schmiedehämmern.
 1980. 59 Seiten mit 15 Abbildungen, 5 Tabellen und 7 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 9:** STRAUCH, H.:
 Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen.
 Kurztitel: Konzept für Lärminderungspläne.
 1980. 49 Seiten mit 11 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 10:** HILLEN, R.:
 Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse-
 Kurztitel: Flächenbezogene Geräusch-Immissionen.
 1980. 75 Seiten mit 18 Abbildungen, 7 Tabellen und 12 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 11:** MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
 Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft.
 Kurztitel: Schwebstaubmeßgerät FH62I für die automatische Immissionsmessung.
 1980. 26 Seiten mit 10 Abbildungen und 2 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 12:** GIEBEL, J.:
 Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten.
 Kurztitel: Verhalten atmosphärischer Sperrschichten.
 1981. 39 Seiten mit 12 Abbildungen, 3 Tabellen und 4 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 13:** BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
 Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen.
 1981. 44 Seiten mit 7 Abbildungen, 13 Tabellen und 14 Literaturhinweisen.

- Bericht-Nr. 14:** BRANDT, C.J.:
Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen.
Kurztitel: Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum.
1981. 140 Seiten mit 37 Abbildungen, 22 Tabellen und 149 Literaturhinweisen.
(Abdruck der Dr. agr.-Dissertation vom 13. August 1979, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität, Landwirtschaftliche Fakultät, Bonn)
- Bericht-Nr. 15:** WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht -
Kurztitel: Thallium-Emissionen bei der Herstellung von Portlandzement-Klinker.
1981. 67 Seiten mit 29 Abbildungen und 16 Tabellen.
- Bericht-Nr. 16:** PRINZ, B.:
Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.
(In Vorbereitung).
- Bericht-Nr. 17:** BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen.
Kurztitel: Dioxin-Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen.
1982. 25 Seiten mit 2 Abbildungen, 6 Tabellen und 8 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 18:** BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region.
Kurztitel: Entwicklung der Immissionsbelastung in der Rhein-Ruhr-Region seit 1965.
1982. 56 Seiten mit 7 Abbildungen, 14 Tabellen und 27 Literaturhinweisen.
- Bericht-Nr. 19:** PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen.
Kurztitel: Das Telemetrische Immissionsmeßsystem TEMES.
1982. 45 Seiten mit 12 Abbildungen, 4 Tabellen und 23 Literaturhinweisen.

Bericht-Nr. 20:

BACH, R.W.:

Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit
luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben.

Kurztitel: Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der
Grundgesamtheit.

1982. 43 Seiten mit 17 Abbildungen, 5 Tabellen und 22 Literaturhinweisen.