



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH
GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG
Zentralabteilung Strahlenschutz

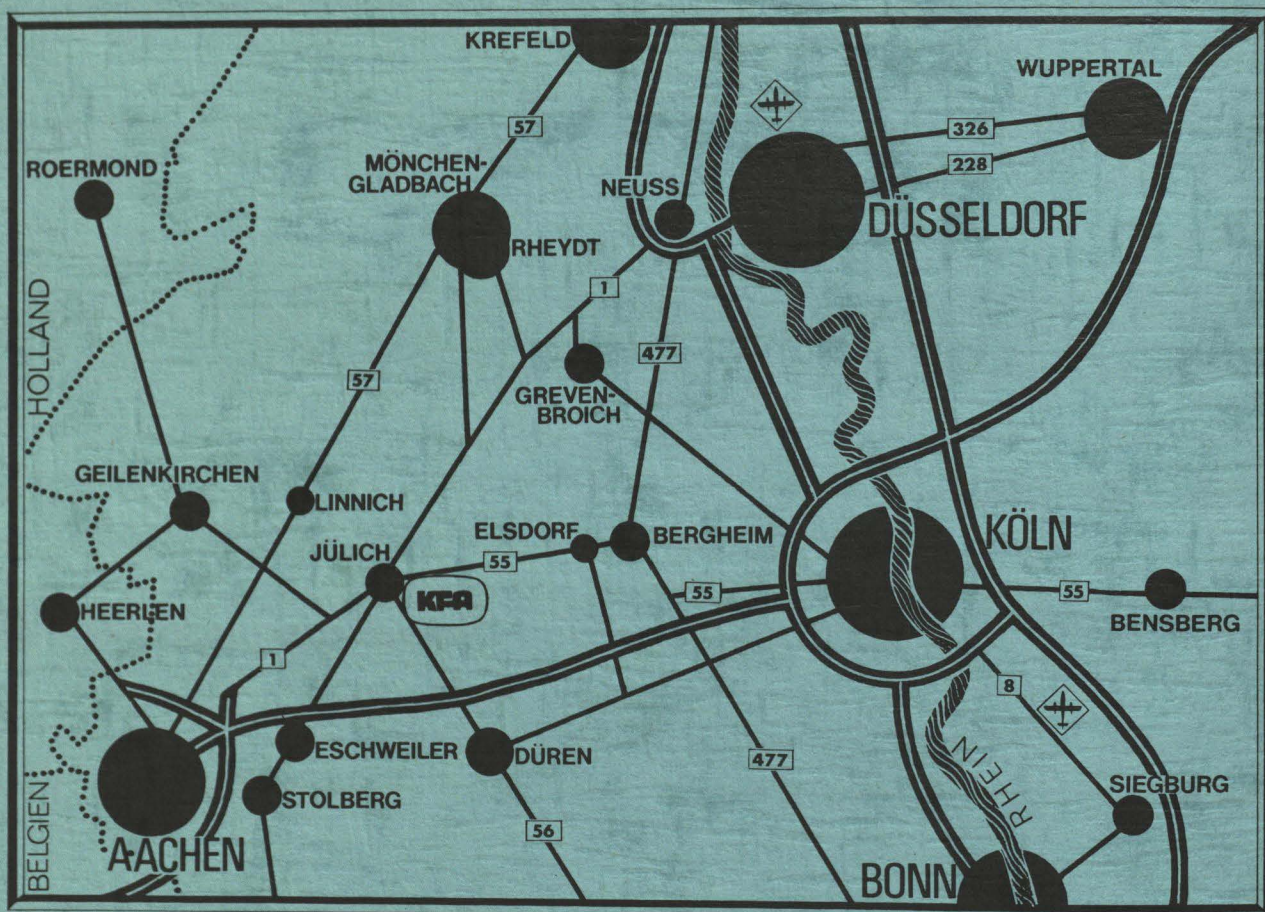
**Meteorologische Standortklassen in der
Bundesrepublik Deutschland
als Grundlage von Umweltprognosen
für kerntechnische Anlagen**

von

H. D. Brenk und K. J. Vogt

**Jül - 1142 - ST
Dezember 1974**

Als Manuskript gedruckt



Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 1142

Zentralabteilung Strahlenschutz Jül - 1142 - ST

Dok.: Nuclear Power Plant - Environmental Prognosis
Nuclear Power Plant - Meteorology

Im Tausch zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH,
Jülich, Bundesrepublik Deutschland

**Meteorologische Standortklassen in der
Bundesrepublik Deutschland
als Grundlage von Umweltprognosen
für kerntechnische Anlagen**

von

H. D. Brenk und K. J. Vogt

Dieser Bericht entstand in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Reaktortechnik an der Technischen Hochschule Aachen. Er wurde im Rahmen einer vom Bundesminister des Inneren geförderten Untersuchung über die zukünftige radiologische Umweltbelastung durch Radionuklide aus kerntechnischen Anlagen (Kennzeichen St. Sch. 600) angefertigt.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden die ausbreitungstheoretischen und meteorologischen Grundlagen für ein langfristiges Prognosemodell der Umweltbelastung durch radioaktive Nuklide unter besonderer Berücksichtigung der Standortfragen kerntechnischer Anlagen erarbeitet und zusammengestellt.

Um die lokale und regionale Strahlenbelastung über den Luftpfad im Rahmen der bisher vorhandenen theoretischen Modelle prognostizieren zu können, ist die Kenntnis der Turbulenzsituation in der näheren Umgebung der Standorte kerntechnischer Anlagen notwendig. Sie läßt sich ausdrücken in langfristigen Häufigkeitsverteilungen der Ausbreitungsbedingungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Diffusionskategorie), die zur Berechnung der sektor- und quelldistanzabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen erforderlich sind.

Die Erstellung dieser dreidimensionalen Häufigkeitsverteilungen ist jedoch prinzipiell nicht möglich, da sich die zukünftigen Standorte nur mit einer gewissen Unsicherheit festlegen lassen und es zur Berechnung meteorologischer Statistiken in der Regel mehrjähriger Messungen bedarf. Daher werden in dieser Arbeit durch Auswertung unterschiedlicher, bisher vorhandener, meteorologischer Statistiken von insgesamt 170 Stationen in der Bundesrepublik Deutschland Gebiete mit ähnlichen Ausbreitungseigenschaften zusammengefaßt zu sogenannten Standortklassen, für die jeweils eine für diese Klasse gültige windrichtungs- und quelldistanzabhängige Langzeitausbreitungsfunktion, die die standortspezifischen Ausbreitungsverhältnisse im Orts- und Langzeitmittel berücksichtigt, angegeben wird. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei Verwendung geeigneter Dosiskonstanten die zu erwartenden Jahresdosen für jeden Standort in der Bundesrepublik Deutschland zu errechnen und damit die zukünftige Strahlenbelastung für die Bevölkerung abzuschätzen.

Die Untersuchungen zeigen, daß sich die Ausbreitungseigenschaften der bodennahen Luftschichten in der Bundesrepublik Deutschland, abhängig von der geographischen Lage, trotz oftmals recht unterschiedlicher Orographie, nur wenig ändern, wenn man die Abhängigkeit der Ausbreitung von der Windrichtung zunächst

unberücksichtigt läßt. Berücksichtigt man dagegen auch die Windrichtung, so ergeben sich zum Teil gravierende Unterschiede, die im wesentlichen von der örtlichen Orographie geprägt sind. Dennoch lassen sich gebietsweise ähnliche windrichtungsabhängige Ausbreitungseigenschaften, bedingt durch ähnliche Windrichtungshäufigkeitsverteilungen, erkennen.

Aufgrund dieser Ergebnisse ist es möglich, die Bundesrepublik Deutschland zunächst in nur zwei sogenannte Basisstandortklassen einzuteilen, die aus der Zusammenfassung von Standorten mit ähnlichen, windrichtungsunabhängigen Ausbreitungsverhältnissen resultieren. Jeder dieser Basisstandortklassen wird eine über alle Windrichtungen integrierte Langzeitausbreitungsfunktion zugeordnet. Damit lassen sich bei Kenntnis der örtlichen Windrichtungshäufigkeitsverteilungen die windrichtungsabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen für jeden Standort innerhalb der beiden Basisstandortklassen berechnen. Trägt man auch den lokalen und regionalen orographischen Verhältnissen Rechnung, so lassen sich die beiden Basisstandortklassen aufgrund der Auswertung weiteren meteorologischen Datenmaterials (Windrichtungshäufigkeitsverteilungen von 146 Stationen und dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen von 25 Stationen) in je vier weitere Klassen unterteilen, so daß man einschließlich Westberlin für die Bundesrepublik Deutschland zu insgesamt neun meteorologischen Standortklassen gelangt. Diese sind so zu verstehen, daß innerhalb ihrer Grenzen einheitliche, mittlere Ausbreitungsverhältnisse angenommen werden. Folglich wird für jede dieser Standortklassen eine spezifische windrichtungs- und quelldistanzabhängige Langzeitausbreitungsfunktion angegeben, die jeweils die mittleren Luftverteilungseigenschaften in der betreffenden Standortklasse repräsentiert.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN	2
2.1 Die Langzeitausbreitungsfunktion	2
2.2 Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsbedingungen	3
2.3 Die Parameter zur quantitativen Bestimmung der Langzeitausbreitungsfunktion	11
3. METEOROLOGISCHE STANDORTKLASSEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND	18
3.1 Kriterien zur Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Standortklassen	18
3.2 Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Standortklassen	20
3.2.1 Basisstandortklassen	20
3.2.2 Weitere Unterteilung der Basisstandortklassen in Bereichsstandortklassen	30
3.2.3 Die sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen für die einzelnen Standortklassen	51
3.3 Fehlerrechnungen im Rahmen des verwendeten Modells	66
4. SCHLUSSBEMERKUNGEN	72
5. ZUSAMMENSTELLUNG DER VERWENDETEN FORMELN	74
6. ANHANG	76

1. EINLEITUNG

Eines der wesentlichen Kriterien zur Beurteilung der für den zukünftigen Energiebedarf zu errichtenden kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland ist die von den meteorologischen, orographischen und anderen Standortbedingungen abhängige Umgebungsbelastung. Ein nicht unerheblicher Teil der zu erwartenden Strahlenbelastung kommt über die radioaktiven Emissionen mit der Abluft zustande. In diesem Zusammenhang ist die hinlänglich aus der Literatur bekannte meteorologische Langzeitausbreitungsfunktion, die ihrerseits wieder maßgeblich von der Statistik der Ausbreitungsbedingungen: Windrichtung, Windgeschwindigkeit und der Diffusionskategorie abhängt von entscheidender Bedeutung. (4,5,6,6a)

Um die radioaktive Belastung über die Emission radioaktiver Abluft im Rahmen der bisher vorhandenen theoretischen Modelle prognostizieren zu können, ist neben der Kenntnis der zukünftigen Anlagenstandorte eine möglichst langfristige meteorologische Statistik der Ausbreitungsbedingungen erforderlich. Dies gilt wegen der unterschiedlichen lokalen klimatologischen und orographischen Bedingungen für jeden einzelnen Standort.

Abgesehen von der Tatsache, daß sich die zukünftigen Standorte von Kernkraftwerken und Wiederaufbereitungsanlagen heute noch nicht genau angeben lassen - die Ungenauigkeit der Standorte muß zwangsläufig zunehmen, je weiter die Prognose in die Zukunft reicht - ist es auch nicht möglich, für jeden Standort eine Häufigkeitsstatistik der Ausbreitungsbedingungen zu erstellen, weil dies mehrjähriger meteorologischer Messungen bedarf. Um dennoch Aussagen über die standortspezifischen Verteilungseigenschaften der Atmosphäre machen zu können, ist es unumgänglich, zusammenhängende Gebiete, sogenannte Standortklassen zu definieren, für die einheitliche meteorologische Ausbreitungsbedingungen angenommen werden dürfen und in deren Bereich demzufolge jeweils mit standortklassenspezifischen, für die verschiedenen Ausbreitungsbedingungen festgelegten Ausbreitungsfunktionen gerechnet werden kann.

2. GRUNDLAGEN

Die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre geschieht durch turbulente Diffusion. Infolge der großen Variabilität aller bei der Ausbreitung zu erfassenden Parameter ist es praktisch unmöglich, den Prozeß Emission-Ausbreitung - Immission und Strahlenbelastung bei dem die Ausbreitung das Bindeglied zwischen Schadstoffquellen und Umweltbelastung darstellt, in seiner Zeitabhängigkeit zu beschreiben. Um dennoch zu quantitativen Aussagen zu gelangen, ist es unumgänglich, sich mit einer Beschreibung der mittleren Ausbreitungsverhältnisse mit Hilfe von Approximationen, die meist erst durch erheblich vereinfachende Annahmen möglich werden, zu begnügen.

2.1 Die Langzeitausbreitungsfunktion

Die, bezüglich der Windrichtungen, der Windgeschwindigkeiten und der Diffusionskategorien diskretisierte Ausbreitungsfunktion sei in Anlehnung an (4), wie folgt definiert.

$$\bar{I}_{ijk}(x, z) = p_{ijk} \frac{N}{\sqrt{2\pi^3} \bar{u}_{jk} \cdot x \cdot \sigma_{zj}(x)} \cdot \left\{ e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_{zj}^2(x)}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_{zj}^2(x)}} \right\}, \quad (2.1.1)$$

In Bodennähe ($z = 0$) erhält man

$$\bar{I}_{ijk}(x) = p_{ijk} \frac{N}{\sqrt{2\pi^3} \bar{u}_{jk} \cdot x \cdot \sigma_{zj}(x)} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_{zj}^2(x)}}; \quad (2.1.2)$$

Diese Funktion sei im folgenden mit Langzeitausbreitungsfunktion bezeichnet.

Für den vertikalen Ausbreitungsparameter σ_{zj} bei verschiedenen Diffusionskategorien j wurde nach Vergleich verschiedener Parametersysteme (1, Kap. 3.4) der Potenzansatz

$$\sigma_{zj}(x) = G_j \left(\frac{x}{x_0}\right)^{g_j}, \quad x_0 = 1 \text{ m} \quad (2.1.3)$$

gewählt.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit $\bar{u}_{jk}$ wird durch Mittelung der Windgeschwindigkeit u_k über die zweifache, effektive Emissionshöhe H festgelegt (1,6,9).

$$\bar{u}_{jk} = \int_0^{2H} u_{jk}(z) dz \quad (2.1.4)$$

Wenn die Windgeschwindigkeit u_{jk} mit zunehmender Höhe über dem Erdboden nach einem Potenzgesetz ansteigt,

$$u_{jk}(z) = u_k(z_0) \cdot \left(\frac{z}{z_0}\right)^{m_j} \quad (2.1.5)$$

erhält man

$$\bar{u}_{jk} = \frac{u_k(z_0)}{m_j + 1} \left(\frac{2H}{z_0}\right)^{m_j} \quad (2.1.6)$$

2 Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsbedingungen

Zur Beurteilung der standortabhängigen Ausbreitungseigenschaften der Atmosphäre mit Hilfe der Langzeitausbreitungsfunktion nach (2.1.2) ist u.a. die Kenntnis 3-dim. Häufigkeitsverteilungen p_{ijk} für verschiedene Standorte erforderlich, die durch Auswertung umfangreichen Wetterbeobachtungsmaterials zu gewinnen sind. Die statistische Analyse zur Ermittlung einer dreidimensionalen Häufigkeitsverteilung umfaßt die Parameter Windrichtung i , Windgeschwindigkeit, unterteilt in k Stufen, und als abgeleitete Größe die Diffu-

sionskategorie j . Die Diffusionskategorien werden, je nach Klassifizierungskriterien, entweder an Hand synoptischer Daten, entsprechend den Einteilungskriterien nach PASSQUILL (5) TURNER (7a) oder KLUG (7), oder unter Berücksichtigung einiger weiterer Messungen, wie der Strahlenbilanz und des Temperaturkoeffizienten, festgelegt. Solche zusätzlichen Messungen werden in dieser oder modifizierter Form z. B. von Mc ELROY (8), SINGER und SMITH (11, 12) oder VOGT (6) und POLSTER (13) gemacht. Sie haben gegenüber den Klassifizierungskriterien, die allein auf synoptischen Beobachtungen beruhen, den Vorzug, besserer Quantifizierbarkeit und lassen die Beschaffenheit der Erdoberfläche nicht ganz unberücksichtigt. Die Einteilungskriterien nach PASQUILL oder KLUG haben dagegen den Vorteil, daß keine zusätzlichen Messungen erforderlich sind und sich die Häufigkeitsverteilungen somit aus dem Datenmaterial jeder Wetterstation gewinnen lassen. Dies kommt der Notwendigkeit, Häufigkeitsteilungen für möglichst viele Stationen zu bestimmen, entgegen. Tatsächlich wurde es dadurch möglich, für 30 Wetterbeobachtungsstationen in der Bundesrepublik Deutschland dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen zu errechnen. Den von MANIER (16) angegebenen 30 Verteilungen liegen bezüglich der Diffusionskategorien, die KLUG'schen Einteilungskriterien zugrunde.

Vergleichsweise wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit für den Standort Jülich eine 3 - dim. Statistik für 12 Windrichtungen, 30 Windgeschwindigkeitsstufen und 6 Diffusionskategorien (Anhang, Tab. AII α - ξ) errechnet, die auf der Klassifizierung der Diffusionskategorien nach VOGT (6) und POLSTER beruht. Hierbei handelt es sich um eine Objektivierung des PASQUILL'schen Systems. VOGT und POLSTER bestimmen außer der Windgeschwindigkeit zugleich den Bedeckungsgrad, die Strahlungsbilanz und den Temperaturgradienten und vergleichen die nach den drei alternativen Bestimmungssystemen erhaltenen Diffusionskategorien, um Klassefizierungsfehler so gering wie möglich zu halten.

In den Abbildungen (2.2. a bis h) sind einige Ergebnisse der Häufigkeitsstatistik für den Standort Jülich dargestellt. Es zeigt sich, daß die Diffusionskategorie D (3, III₁)* mit 55 % am häufigsten auftritt (Abb. 2.2.a). Alle anderen Diffusionskategorien liegen zwischen 8 und 15 %. Bemerkenswert ist, daß die Diffusionskategorie F(1,I) in Jülich offenbar häufiger auftritt als E (2,II). Die beiden stabilen Klassen, F und E, die bei größerer Quelldistanz zu den höchsten Aktivitätskonzentrationen am Boden führen, sind mit 23 % weitaus häufiger als die instabilen Klassen B (5,IV) und A (6,V) mit insgesamt 9 %.

Für die Windgeschwindigkeit ergibt sich eine Verteilung mit einem Maximum bei 4 Knoten (≈ 2 m/sec) und einem Mittelwert von 5,7 Knoten (≈ 3 m/sec) (Abb. 2.2.b). Für die relative Häufigkeit der Windrichtungen (Abb.2.2.c) ergeben sich 2 Maxima. Sie liegen bei Windrichtungen aus Ostsüdost (Sektor 4) und aus westlichen bzw. südwestlichen Richtungen. (Hauptwindrichtung)

Neben diesen praktisch eindimensionalen Betrachtungen, sind die wechselseitigen Abhängigkeiten aufschlußreich.

Abb.(2.2.d) stellt die normierte Summenhäufigkeit der Diffusionskategorien als Funktion der Geschwindigkeit dar. Entsprechend der Definition der Klasse D (3,III₁) treten alle Geschwindigkeiten auf. Der Anteil der Diffusionskategorie D wächst von 25,6 % bei $u = 1$ Knoten über 62 % bei $u = 6$ Knoten bis auf 83 % bei $u = 12$ Knoten. Definitionsgemäß treten Geschwindigkeiten größer als 14 Knoten (≈ 7 m/sec) nur noch bei der Diffusionskategorie D auf. Für kleinere Geschwindigkeiten, etwa bis 4 Knoten dominieren die stabilen Diffusionskategorien F (1,I) und E (2,II). Im Bereich $1 \text{ kts} \leq u \leq 4 \text{ kts}$ variieren deren Anteile zwischen 42 und 57 %, wobei F mit der wesentlich größeren Häufigkeit auftritt.

Da die stabilen Diffusionskategorien mit einer relativ langsamen Schadstoffverdünnung verbunden sind und damit in größeren Entfernungen zur Erzeugung der vergleichsweise höchsten Konzentrationen in Bodennähe führen, ist die

* Die Bezeichnungen von PASQUILL, TURNER und KLUG sind jeweils alternativ angegeben.

Kombination dieser Klassen mit geringen Windgeschwindigkeiten, die ebenfalls die Verdünnung reduzieren, besonders ungünstig.

Die Abhängigkeit der Häufigkeit der Diffusionskategorien von der Windrichtung wird durch die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit von der Windrichtung hervorgerufen. Dieser Zusammenhang ist in Abb. (2.2.g) dargestellt. Die geringen Windgeschwindigkeiten treten ziemlich gleichmäßig verteilt in allen Windrichtungssektoren auf. Dies gilt für den Bereich zwischen 1 und 4 Knoten. Danach nehmen die Unterschiede stärker zu. Es fällt auf, daß die Anteile der Sektoren 4, 8 und 9 mit zunehmenden Windgeschwindigkeiten ansteigen.

Für 8 Knoten ergeben sich in

Sektor 4	15 %
Sektor 8	19 %
Sektor 9	16 %

Für 14 Knoten erhält man in

Sektor 4	23 %
Sektor 8	35 %
Sektor 9	18 %

Ab etwa 15 Knoten ist auch der Anteil von Sektor 7 erheblich (31 bis 50 %), so daß die hohen Windgeschwindigkeiten im wesentlichen mit Winden aus Südwest bis West gekoppelt sind. Für $u > 20$ kts kommt der Wind nur noch aus Westsüdwest (Sektor 8).

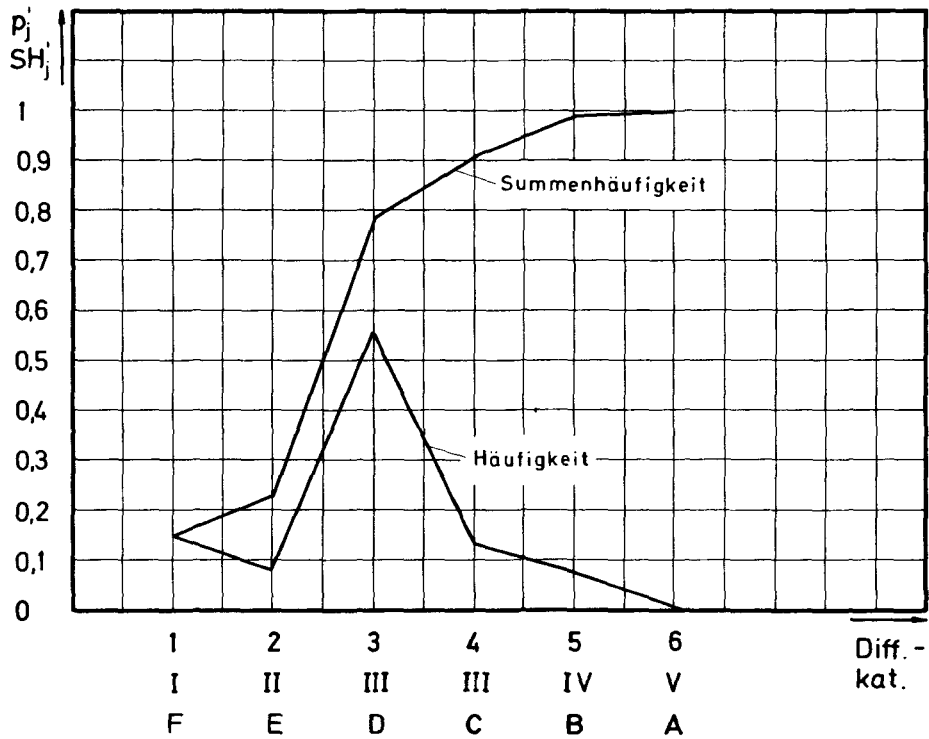


Abb. 2.2 a: Relative Häufigkeit p'_j und Summenhäufigkeit SH'_j der Diffusionskategorien in Jülich.

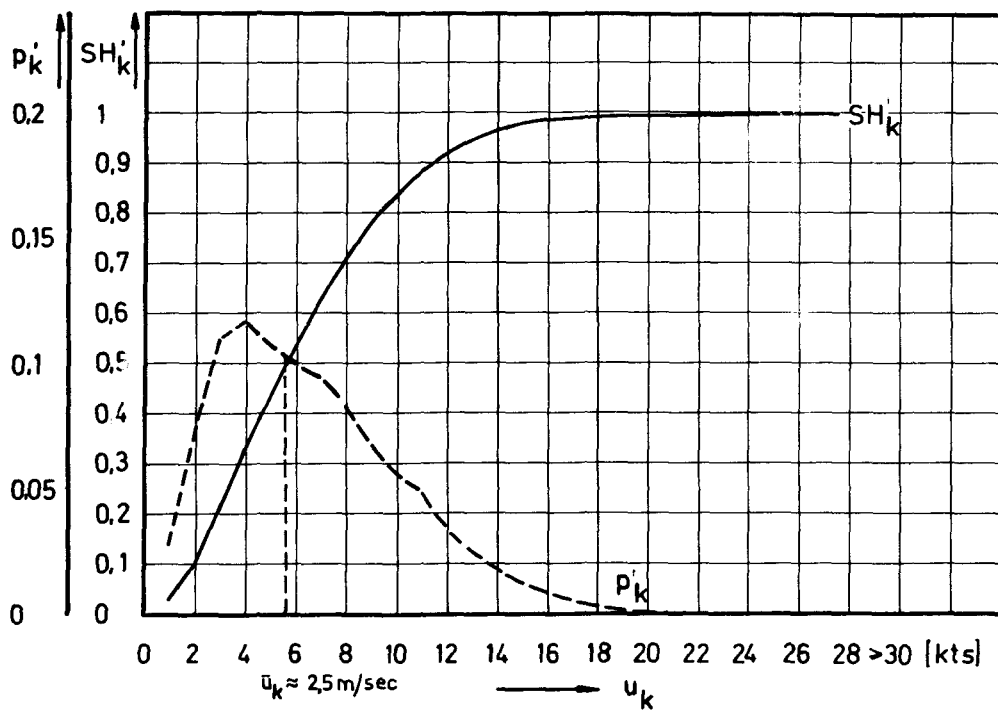


Abb. 2.2.b: Relative Häufigkeit p'_k und Summenhäufigkeit SH'_k der Windgeschwindigkeiten in Jülich.

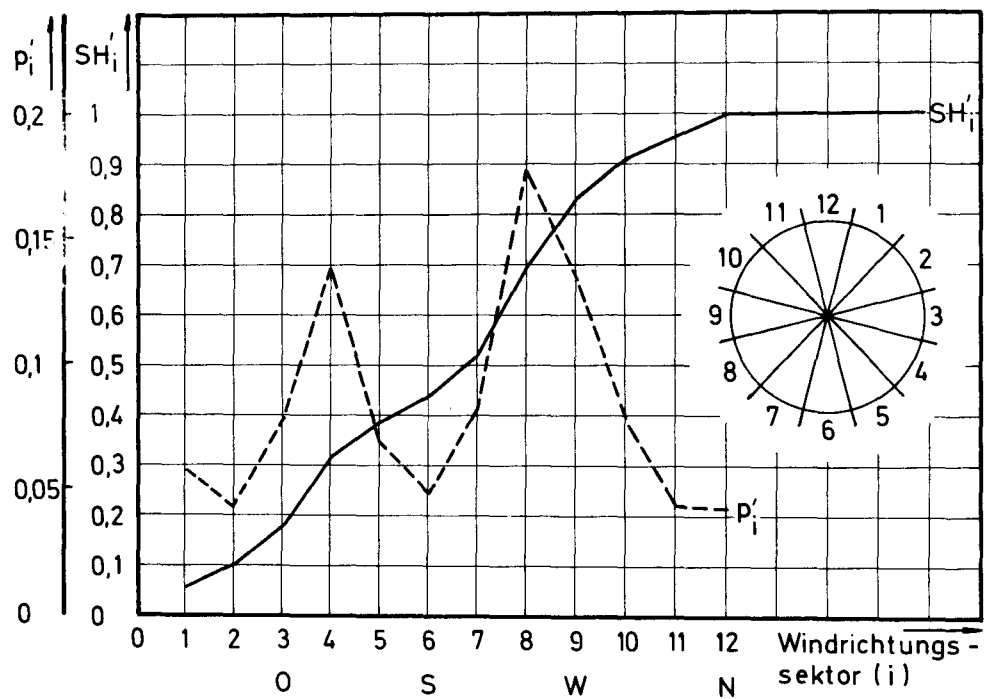


Abb. 2.2.c: Relative Häufigkeit p'_i und Summenhäufigkeit SH'_i der Windrichtung in Jülich.

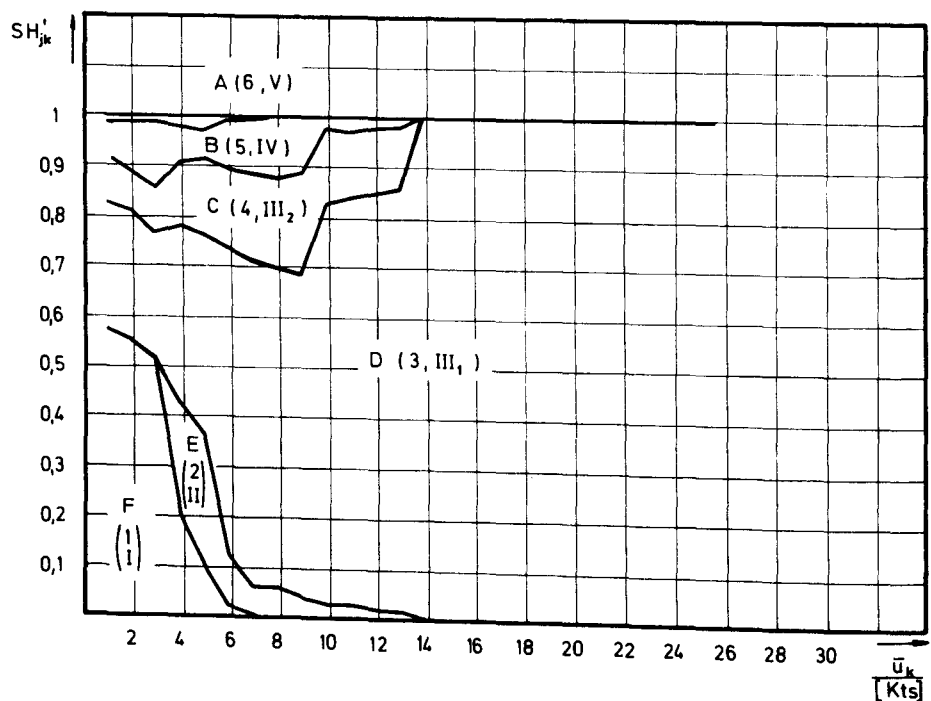


Abb. 2.2.d: Normierte Summenhäufigkeit SH'_{jk} der Diffusionskategorien als Funktion der mittleren Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe über ungestörtem Gelände in Jülich.

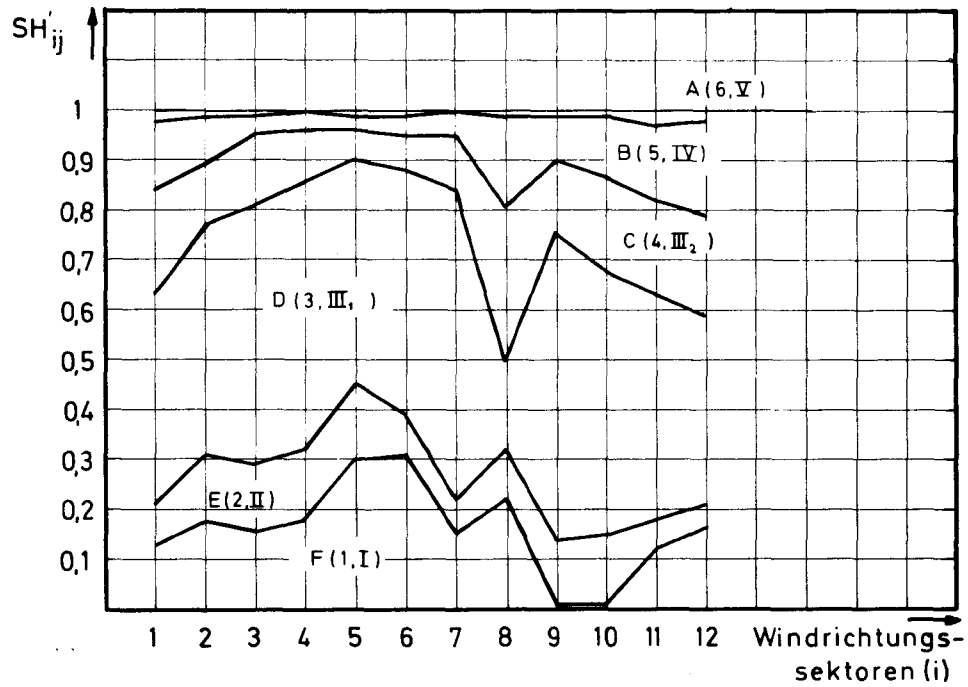


Abb. 2.2.e: Normierte Summenhäufigkeit SH'_{ij} der Diffusionskategorien als Funktion der Windrichtung in Jülich.

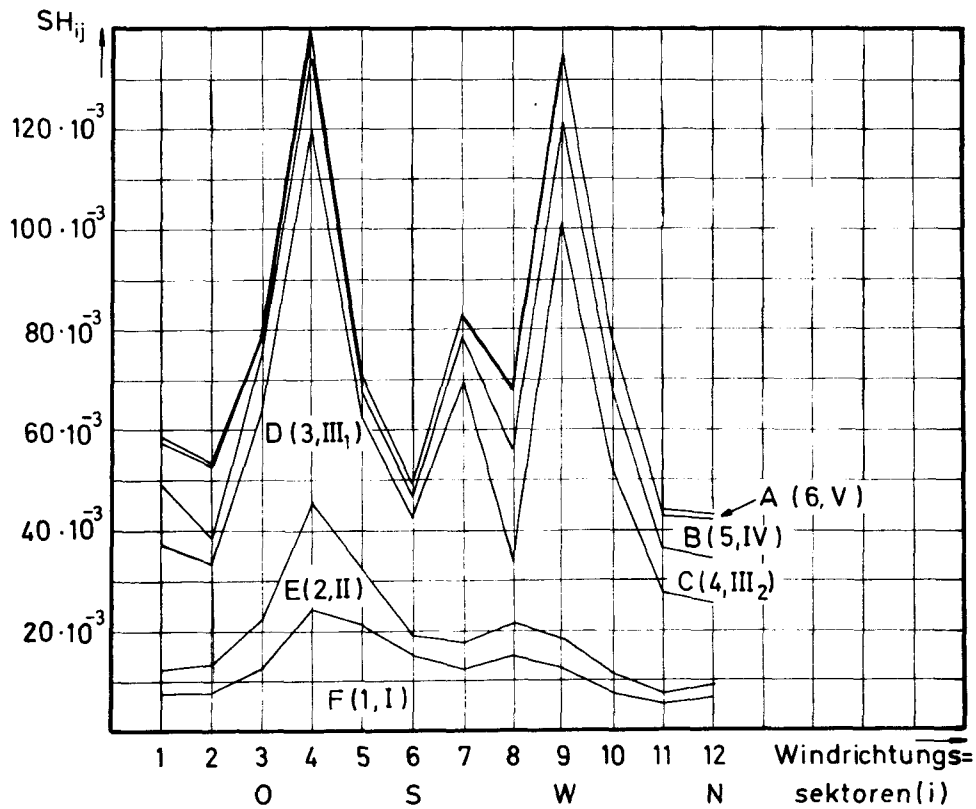


Abb. 2.2.f: Absolute Summenhäufigkeit SH_{ij} der Diffusionskategorien als Funktion der Windrichtung in Jülich.

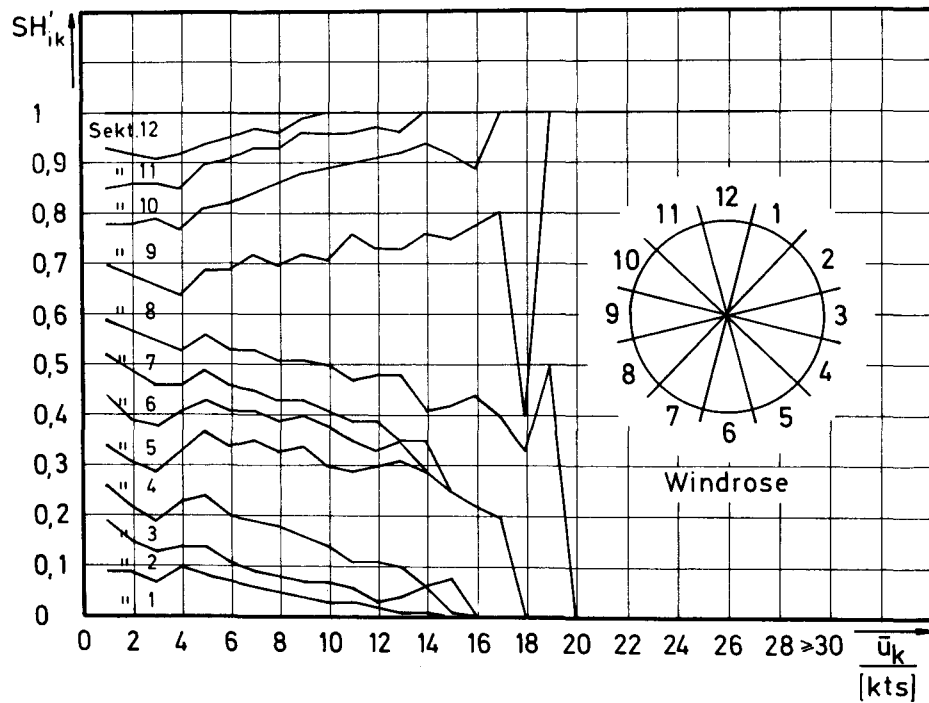


Abb. 2.2.g: Normierte Summenhäufigkeit SH'_{ik} der Windrichtung als Funktion der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über ungestörtem Gelände in Jülich.

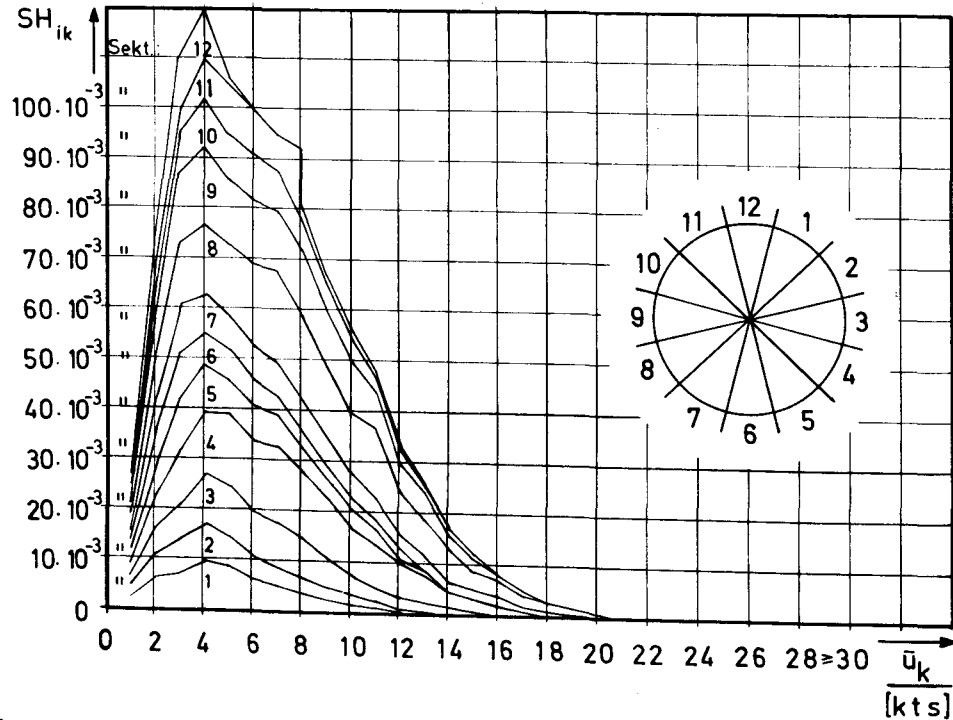


Abb. 2.2.h: Absolute Summenhäufigkeit der Windrichtung SH_{ik} als Funktion der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über ungestörtem Gelände in Jülich.

2.3 Die Parameter zur quantitativen Bestimmung der Langzeitausbreitungsfunktion.

Als effektive Emissionshöhe H wurde für die Abluftkamine kerntechnischer Anlagen 100 m angenommen.

Zur Berechnung der mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit nach Gleichung (2.1.6) wurden die von KLUG angegebenen Windprofilexponenten verwendet, (4). Sie werden außer in der instabilen Diffusionskategorie (A, nach PASQUILL) in allen anderen Diffusionskategorien von Messungen in Brookhaven (SINGER, SMITH) und Jülich (POLSTER) im wesentlichen bestätigt, (1. Kap. 3.5, 14), (vergl. Tab. (2.3.α)). Da die Erdoberfläche in der Umgebung von Standorten kerntechnischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland in der Regel eine größere Bodenrauigkeit aufweist, sollten nur solche Ausbreitungsparametersysteme als Berechnungsgrundlage in Frage kommen, die in Versuchen über Gelände ähnlicher Bodenrauigkeit ermittelt wurden. Ein Parametersystem, was in dieser Hinsicht besonders geeignet wäre, wird zur Zeit

m_j					
DIFF.- KAT.(j)			POLSTER	SINGER, SMITH	KLUG
*	PAS- QUILL	KLUG	$z > 80 \text{ m}$	$46 \text{ m} \leq z \leq 108 \text{ m}$	
1	F	I	0,48	0,46	0,42
2	E	II	0,42		0,37
3	D	III ₁	0,40	0,33	0,28
4	C	III ₂	0,27	0,22	0,22
5	B	IV	0,17	0,13	0,20
6	A	V	0,16	0,15	0,09

Tab. 2.3.α: Vergleich der Windprofilexponenten nach KLUG (7), POLSTER (14) und SINGER, SMITH (11)

* Die Zuordnung der verschiedenen Diffusionskategorien kann wegen der unterschiedlichen Einteilungskriterien nicht exakt sein.

von VOGT, GEISS und POLSTER (13) mit Hilfe von Ausbreitungsexperimenten in der Kernforschungsanlage Jülich erstellt. Die Tracerexperimente dauern zur Zeit noch an, so daß endgültige Aussagen insbesondere für stabile, bzw. instabile Wetterlagen, erst in Zukunft zu erwarten sind. Bis dahin bleibt man für Ausbreitungsverhältnisse wie sie in der Bundesrepublik Deutschland herrschen, auf Parametersysteme, wie sie beispielsweise von SINGER und SMITH (11) oder Mc ELROY (8), (1, Kap. 3.4) angegeben wurden, angewiesen. Die Parameter nach PASQUILL oder KLUG dagegen, sind hier weniger geeignet, da sie auf Messungen über relativ glattem Gelände zurückgehen. Sie liegen deshalb zum Teil um 2 bis 3 Ausbreitungsklassen unter den Werten von Mc ELROY und um 1 bis 2 Klassen unter denen von SINGER und SMITH (1, Kap. 3.4). Zudem handelt es sich bei den früheren Ausbreitungsversuchen vorzugsweise um Kurzzeitemissionen. Die Ausbreitungsparameter von SINGER und SMITH liegen ihrerseits um eine Diffusionskategorie unter den Jülicher Werten. Lediglich die Mc ELROY'schen und die Jülicher Ausbreitungsparameter, soweit sie bisher vorliegen, stimmen im wesentlichen miteinander überein. Sie wurden zwar über unterschiedlichem Gelände (Stadt-Land) und für z. T. unterschiedliche Randbedingungen (Bodenemission-effektive Schornsteinhöhe $H = 100$ m, verschiedene Tracer) ermittelt, (1), zeigen jedoch trotz dieser abweichenden Versuchsbedingungen vergleichbare Größenordnungen und ähnliche Funktionsverläufe. Der wesentliche Nachteil der Mc ELROY'schen Parameter liegt darin, daß sie für nur 4 Stabilitätsklassen definiert sind. Dies kann bei der Berechnung der Langzeitausbreitungsfunktionen zu einer Verzerrung der Verteilungen führen. Da sich die Maxima der Kurzzeitausbreitungsfunktionen für die unterschiedlichen Diffusionskategorien in verschiedener Quelldistanz ergeben, erhält man bei Berechnung der Langzeitausbreitungsfunktionen durch Summation über alle Beiträge der einzelnen Diffusionskategorien eine Überlagerung der Einzelverteilungen, deren Funktionsverlauf umso glatter ist, je mehr Diffusions-

kategorien vorhanden sind. Bei zu geringer Anzahl von Diffusionskategorien können sich Nebenmaxima ergeben, die keine physikalische Relevanz besitzen, da sie lediglich auf eine zu grobe Klassifizierung der atmosphärischen Turbulenz zurückzuführen sind.

Eine Erweiterung auf 6 Stabilitätsklassen ist daher, auch im Hinblick auf die für 6 Klassen angelegten Häufigkeitsverteilungen, wünschenswert. Das von FORTAK in seinem "Bremer Modell" verwendete Ausbreitungsparetersystem mit 6 Diffusionskategorien ist ein modifiziertes Parametersystem von Mc ELROY, bei dem die 4 Stabilitätsklassen von Mc ELROY auf 6 Klassen erweitert werden, indem die Reihe der Stabilitätsklassen um je eine Klasse am stabilen bzw. am instabilen Ende fortgesetzt wird. Für die Ausbreitungspareter dieser neuen Klassen wird angenommen, daß sie jeweils gleich denen der Klassen B_2' bzw. D' sind, (15, S. 99 ff). Demnach handelt es sich bei diesem System hinsichtlich der Überlagerung von 4 unterschiedlichen Kurzzeitverteilungsfunktionen im Grunde um ein 4-Diffusionsklassen-Modell. Zum Vergleich sind die Ausbreitungspareter nach McELROY und die modifizierten nach FORTAK in Abb. (2.3. a u. b) in Abhängigkeit vom Quellabstand aufgetragen.

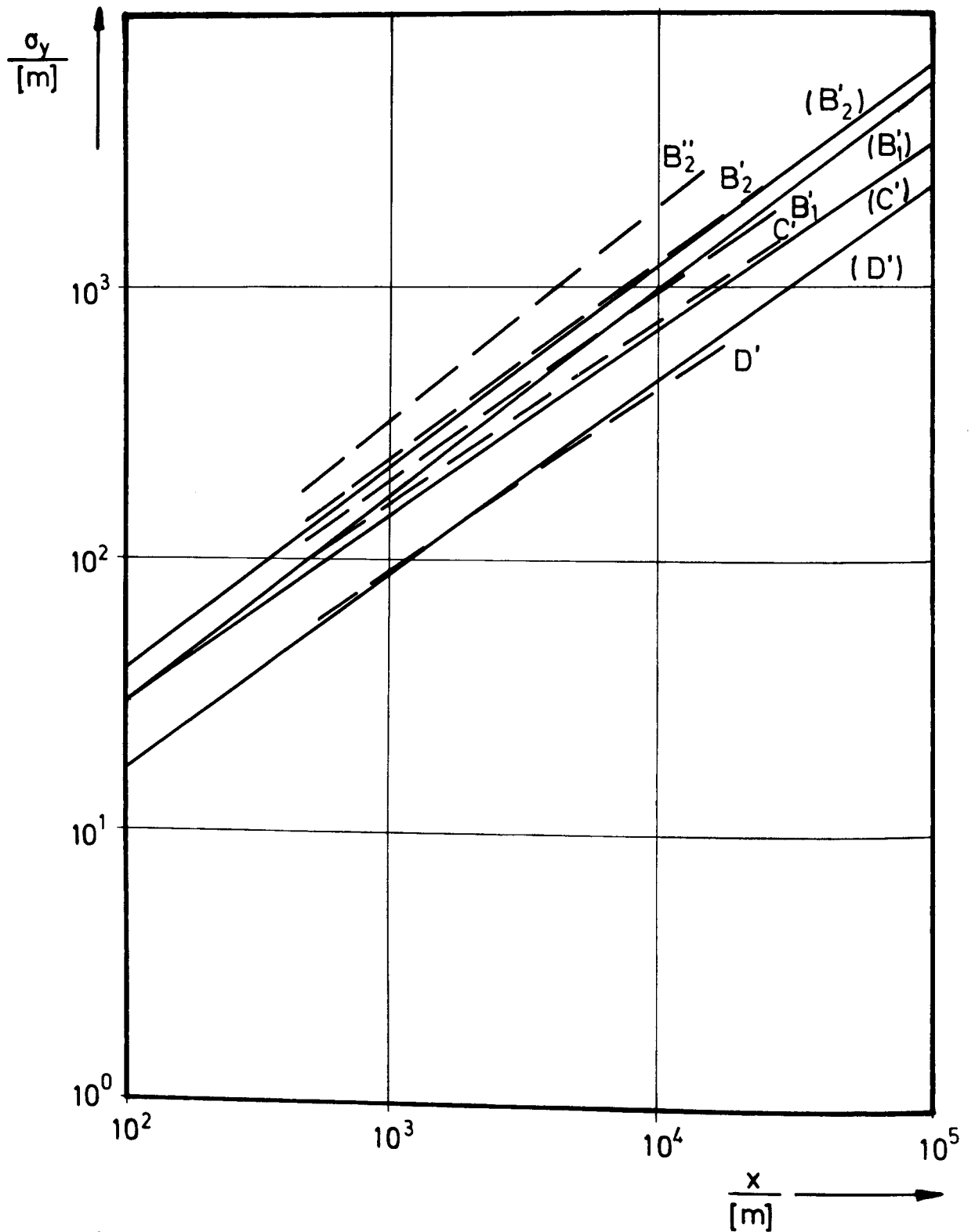


Abb. 2.3.a: Vergleich des horizontalen Ausbreitungsparameters $\sigma_y(x)$ nach Mc ELROY (----) und FORTAK (—)

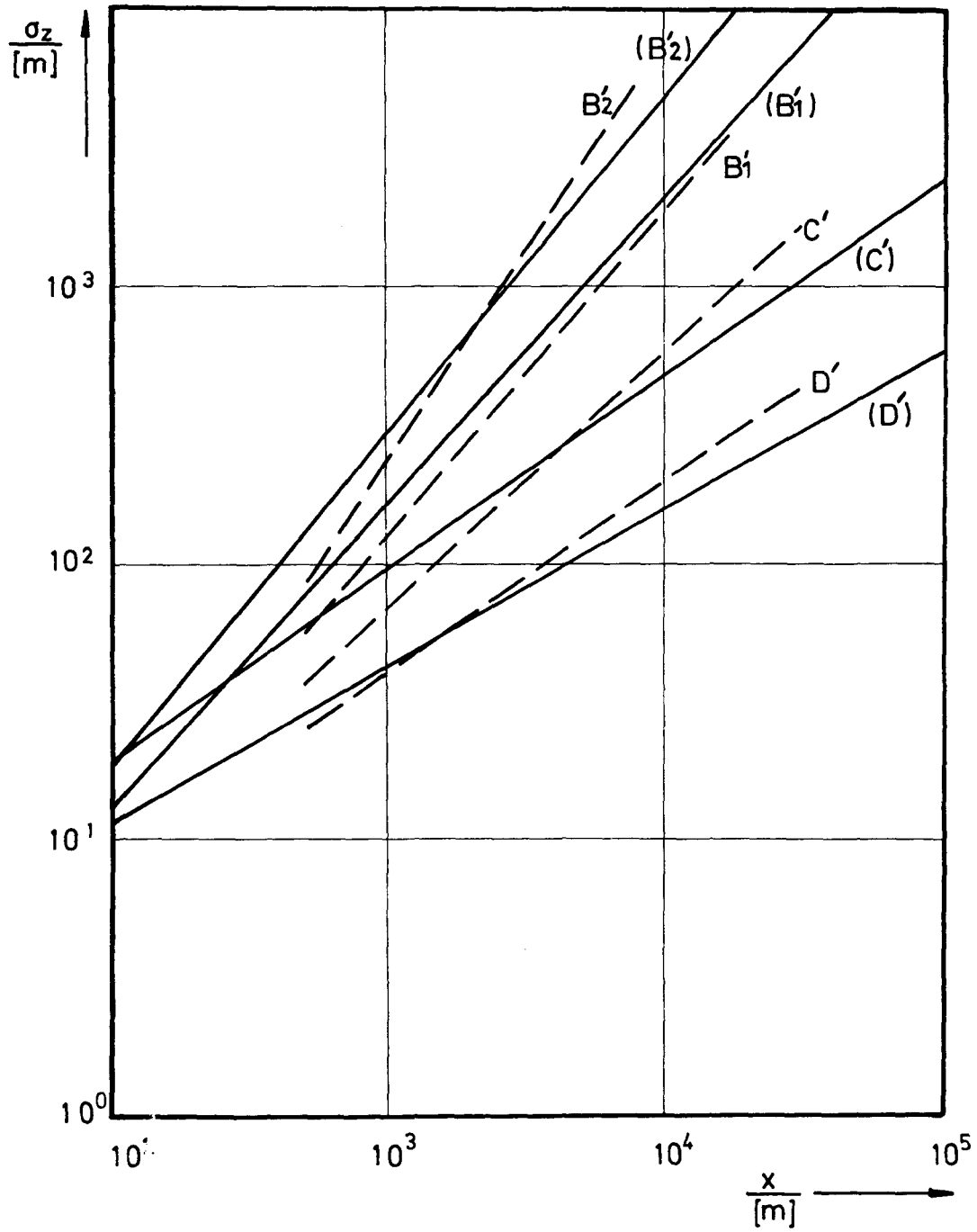


Abb. 2.3.b: Vergleich des vertikalen Ausbreitungsparameters $\sigma_z(x)$ nach Mc ELROY (----) und FORTAK (——) .

In Anbetracht dessen, daß ein Ausbreitungsp Parametersystem, bei dem die Ausbreitungsp Parameter in der gleichen Größenordnung wie die Mc ELROY'schen und die Jülicher Werte liegen, bisher noch nicht angegeben worden ist, wollen wir bis zur Komplettierung der Jülicher Messungen das von FORTAK modifizierte Parametersystem von Mc ELROY für die vorgesehenen Prognoserechnungen benutzen.

Abschließend sei für die Berechnungen der Personen- und Umweltbelastung darauf aufmerksam gemacht, daß Abluftfahrten ab einer bestimmten, von der Wetterlage abhängigen Quelledistanz aufgrund von Inversionen oder Isothermen nicht mehr weiterwachsen, d.h. daß für $\sigma_z(x)$ eine obere Schranke existiert.

SINGER und SMITH führen als qualitativen Beweis bisher Beobachtungen vom Flugzeug aus an, nach der häufig eine ausgeprägte Dunstschichtobergrenze weit unterhalb der Tropopause zu beobachten ist. Die vertikale Durchmischung wird sich demnach also auf eine bestimmte Schichtdicke beschränken. HOLZWORTH hat für die USA die Höhe einer solchen Schicht aus synoptischen Daten abzuschätzen versucht und gelangte zu folgenden Ergebnissen:

- a. Im Sommer hat die Mischungsschicht eine Höhe von etwa 1500 m.
- b. Im Winter sind es dagegen nur 500 m.

Sowohl von PASQUILL als auch von SINGER und SMITH wird empfohlen, die σ_z -Werte nicht weiter ansteigen zu lassen, wenn sie in vergleichbarer Größe der Mischungsschichthöhe liegen. KLUG schließt sich dieser Auffassung an und empfiehlt, σ_z dann konstant zu halten, wenn dessen Größe mit der Höhe der Mischungsschicht übereinstimmt. (7) Von KLUG (7) werden für die einzelnen Diffusionskategorien folgende Vermischungshöhen angegeben

1500 m; für IV u. V
1000 m; für III₂
500 m; für III₁
200 m; für I u. II

Diese Vermischungshöhen sind offenbar auch von FORTAK in seinem "Bremer Modell" angewendet worden.

Im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten und des heutigen Standes der Ausbreitungstheorie sei daher für die orographischen Verhältnisse der Bundesrepublik Deutschland, gemäß obigen Ausführungen, vorerst folgendes Parametersystem zur quantitativen Bestimmung der Langzeitausbreitungsfunktionen empfohlen.

		DIFFUSIONSKATEGORIEN (j)						
		1	2	3	4	5	6	
Korresp. Bezeichnungen		F	E	D	C	B	A	PASQUILL
		I	II	III ₁	III ₂	IV	V	KLUG
		D'	D'	C'	B' ₁	B' ₂	B' ₂	Mc ELROY (FORTAK)
σ_y	F	0,60	0,60	1,29	0,88	1,30	1,30	
	f	0,72	0,72	0,68	0,76	0,74	0,74	
σ_z	G	0,80	0,80	0,73	0,09	0,059	0,059	
	g	0,57	0,57	0,704	1,07	1,23	1,23	
m		0,42	0,37	0,28	0,22	0,20	0,09	

Tab. 2.3.β: Zusammenstellung der verwendeten Ausbreitungsparameter

3. METEOROLOGISCHE STANDORTKLASSEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

3.1 Kriterien zur Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Standortklassen.

Bei der Festlegung von Standortklassen für kerntechnische Anlagen erhebt sich die Frage, ob man sich dem Entwurf der neuen VDI - Richtlinie 2289 "Ausbreitung luftfremder Stoffe in der Atmosphäre, Schornsteinhöhe einer Einzelquelle" (17), die sich noch in der Diskussion befindet, im Vorgehen anschließen kann. Diese Richtlinie verwendet die zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen (Diffusionskategorien, Windgeschwindigkeiten) von MANIER (18) und vergleicht die Standorte auf der Basis der bei ihnen kurzzeitig vorkommenden ungünstigsten Ausbreitungsbedingungen.

Bei konventionellen Schadstoffen - und für diese ist die VDI-Richtlinie 2289 vorgesehen - ist deren momentane Konzentration, z. B. 30-Minuten Mittel, maßgebend für die akuten toxischen Wirkungen auf Mensch und Umwelt. Dagegen ist zur Beurteilung radioaktiver Schadstoffe laut Empfehlungen der ICRP (23) die mittlere Jahresdosis entscheidend, die dem Zeitintegral der Luftkonzentration der einzelnen Nuklide proportional ist. Selten auftretende Ausbreitungsparameterkombinationen, die kurzzeitig zu besonders hohen Nuklidkonzentrationen in bodennahen Luftschichten führen, sind daher über ihren Beitrag zum Jahresmittelwert hinaus nicht von Belang.

Für die Festlegung meteorologischer Standortklassen für kerntechnische Anlagen ist daher von einer Funktion der Form

$$I_{ijk}(x) = p_{ijk} \frac{N}{\sqrt{2\pi^3}} \frac{e^{-\frac{H^2}{2\sigma_{zj}^2(x)}}}{\bar{u}_{jk} \times \sigma_{zj}(x)} \quad (3.1.1)$$

auszugehen.

Den von Standort zu Standort variierenden Ausbreitungsbedingungen wird durch eine standortspezifische, dreidi-

mensionale Statistik der Ausbreitungsbedingungen p_{ijk} Rechnung getragen (vergl. Kap. 2.2). Sie wird den an 30 Standorten vom Deutschen Wetterdienst (16, 18) gemessenen Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und der Diffusionskategorie entnommen, obwohl dieses umfangreiche Material den Nachteil hat, daß die nach KLUG aus synoptischen Beobachtungen bestimmten Diffusionskategorien die Bodenrauhigkeit nicht berücksichtigen. Dieser Fehler läßt sich teilweise dadurch kompensieren, daß den Diffusionskategorien nicht die PASQUILL'schen (KLUG'schen) Ausbreitungsparameter, sondern die von FORTAK modifizierten Mc ELROY'schen Werte, die in St. Louis über sehr rauhem Gelände gemessen wurden, zugeordnet werden (vergl. Kap. 2).

Die Windgeschwindigkeiten und die Diffusionskategorien, wie sie nach KLUG definiert sind, werden in erster Linie von der regionalen Wetterlage beeinflusst. Lokale Effekte spielen hier eine untergeordnete Rolle. Anders ist es bei der Windrichtung. Die Bodenwindrichtungsverteilung wird maßgeblich durch die lokale Orographie geprägt. Dieser Einfluß nimmt mit der Höhe ab. Aus der Abhängigkeit der Langzeitausbreitungsfunktion von der regionalen Wetterlage (Windgeschwindigkeit Diffusionskategorie) einerseits und der Orographie (Windrichtung) andererseits, lassen sich zwei Kriterien zur Beurteilung der atmosphärischen Ausbreitungseigenschaften herleiten:

- a) Erfassung der Gesamtwirkung aller Wetterlagen durch Summation über alle Ausbreitungsbedingungen unter Berücksichtigung der MANIER'schen Häufigkeitsverteilungen für verschiedene meteorologische Stationen in der Bundesrepublik Deutschland mit dem Ziel, größere Regionen zunächst zu übergeordneten Basisstandortklassen zusammenzufassen. Dies geschieht mit Hilfe der Funktion:

$$\bar{I}(x) = \sum_{ijk} p_{ijk} \cdot F_{jk}(x) \quad (3.1.2)$$

mit

$$F_{jk}(x) = \frac{N}{\sqrt{2\pi^3}} \cdot \frac{e^{-\frac{H^2}{2\sigma_{zj}^2(x)}}}{x \cdot \bar{u}_{jk} \cdot \sigma_{zj}(x)}$$

bei der die Windrichtungsabhängigkeit durch die Summation herausfällt, so daß nur eine zweidimensionale Statistik der Windgeschwindigkeiten und der Diffusionskategorien eingeht.

- b) Berücksichtigung des Auswahlparameters Windrichtung als ortsspezifischer Komponente der Häufigkeitsverteilungen bei der Berechnung der windrichtungsabhängigen Langzeitausbreitungsfunktion.

$$\bar{I}_i(x) = \sum_{jk} p_{ijk} \cdot F_{jk}(x) \quad (3.1.3)$$

Ziel dieser Untersuchung wird sein, die nach a) definierten Basisstandortklassen unter Berücksichtigung der örtlichen Belastungsverteilungen weiter zu unterteilen, um zu den gesuchten Bereichsstandortklassen zu gelangen.

3.2 Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Standortklassen

3.2.1 Basisstandortklassen

Bei der Auswertung von Gleichung (3.1.2) ergab sich, daß die Langzeitausbreitungsfunktion für die berücksichtigten 25 meteorologischen Stationen - sie sind im Anhang, Tab. AI mit Angabe ihrer geographischen Lage aufgeführt - alle in einem relativ schmalen Band liegen (Abb.3.2.1a), dessen Extremwerte sich an der breitesten Stelle ($x \approx 200$ m) um den Faktor 2,8 unterscheiden.* Für den

*Die Auswertung wurde mit Hilfe einer 2-dim. Statistik (18) vorgenommen, da eine 3-dim. Statistik zum Zeitpunkt dieser Auswertung noch nicht vorlag. Dies führt wegen

$$\sum_{ijk} p_{ijk} F_{jk}(x) \equiv \sum_{jk} p_{jk} \cdot F_{jk}(x) \text{ und } \sum_{ijk} p_{ijk} = \sum_{jk} p_{jk} = 1$$

zu gleichwertigen Aussagen.

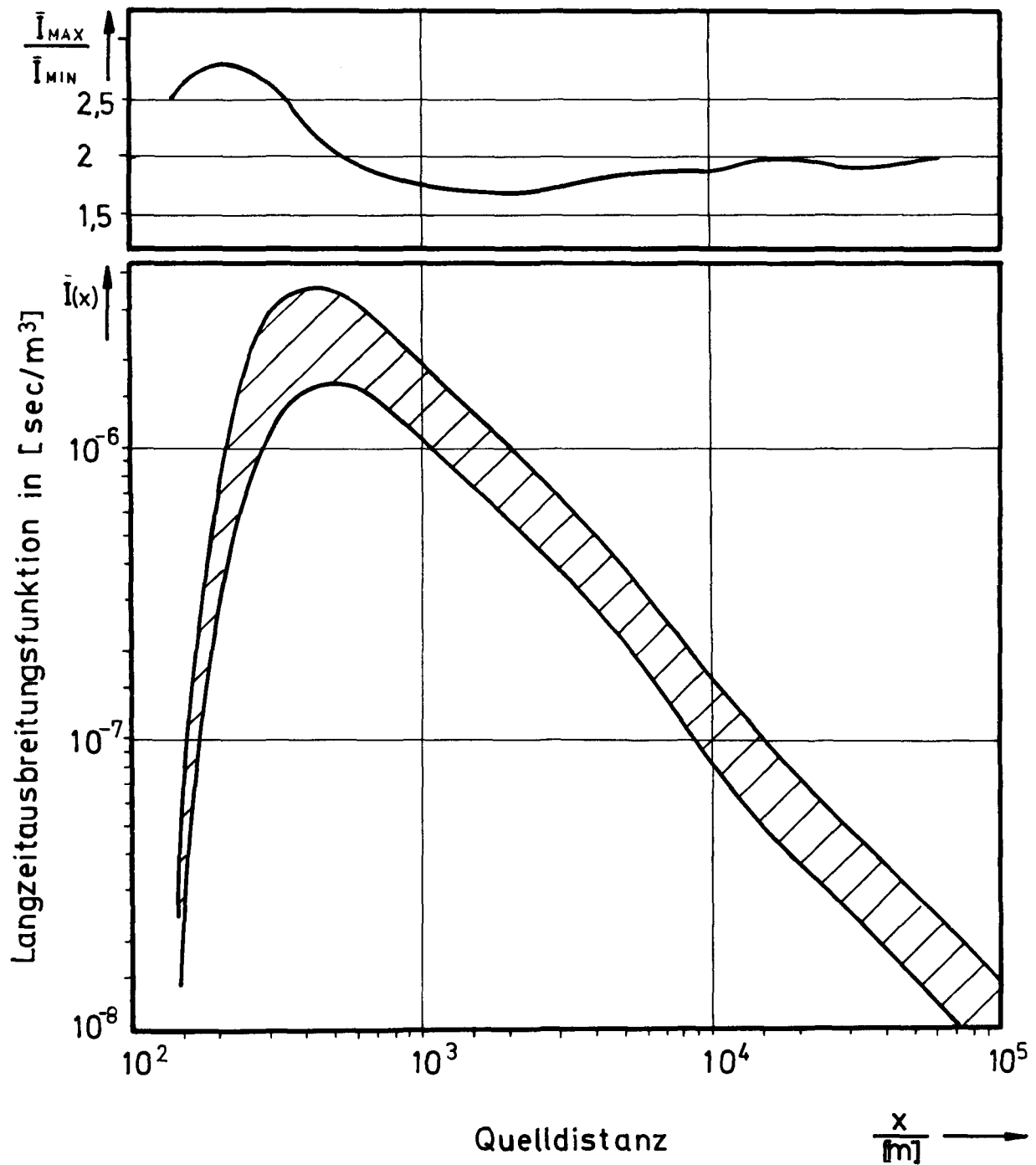


Abb. 3.2.1.a: Bandbreite in der die windrichtungsabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $\bar{I}(x)$ für 30 meteorologische Stationen in der Bundesrepublik Deutschland liegen. Darüber ist die Bandbreite in Form von $\bar{I}_{MAX}(x) / \bar{I}_{MIN}(x)$ aufgetragen.

mittleren Quotienten (gemittelt über die gesamte Quelldistanz) ergibt sich

$$f = \left(\frac{\bar{I}_{MAX}}{\bar{I}_{MIN}} \right) = 2 \quad (3.2.1.1)$$

Für die einzelnen quelldistanzabhängigen Quotienten erhält man eine Standardabweichung, bezogen auf den obigen Mittelwert, von 15 %. Betrachtet man die Funktionsverläufe $\bar{I}(x)$ in Bezug auf die geographische Lage der zugeordneten meteorologischen Stationen, so fällt auf, daß $\bar{I}(x)$ umso größer wird, je weiter südlich die Stationen liegen. Dies liegt zum einen wegen

$$\bar{I}(x) \sim \frac{1}{\bar{u}_{jk}}$$

an den von Norden nach Süden abnehmenden mittleren Windgeschwindigkeiten (Abb.3.2.1.b) und zum anderen an der Abhängigkeit der relativen Häufigkeit der Diffusionskategorien von der geographischen Lage (Abb.3.2.1.c und d). Während die stabilen (I,II bzw. F,E) und die instabilen (IV,V bzw. B,A) Diffusionskategorien nach Süden etwa gleichmäßig häufiger auftreten, was wegen

$$\bar{I}(x) \sim p_{ijk} \cdot F_{jk}$$

unterschiedlich große Verschiebungen in Richtung auf größere $\bar{I}(x)$ zur Folge hat, nimmt die Häufigkeit von (III₂ bzw. C) über die Nord-Süd-Achse der Bundesrepublik Deutschland schon weniger zu. Die Häufigkeit von (III₁ bzw. D) fällt sogar, je weiter südlich die Stationen liegen. Der Verlauf der beiden indifferenten Ausbreitungsklassen bewirkt eine leichte Schmälerung des Bandes in Abb. (3.2.1.a) im Bereich zwischen 10^3 und 10^4 m, weil die Funktionsverläufe der nördlich gelegenen Stationen in diesem Bereich etwas stärker konvex sind als die der südlichen.

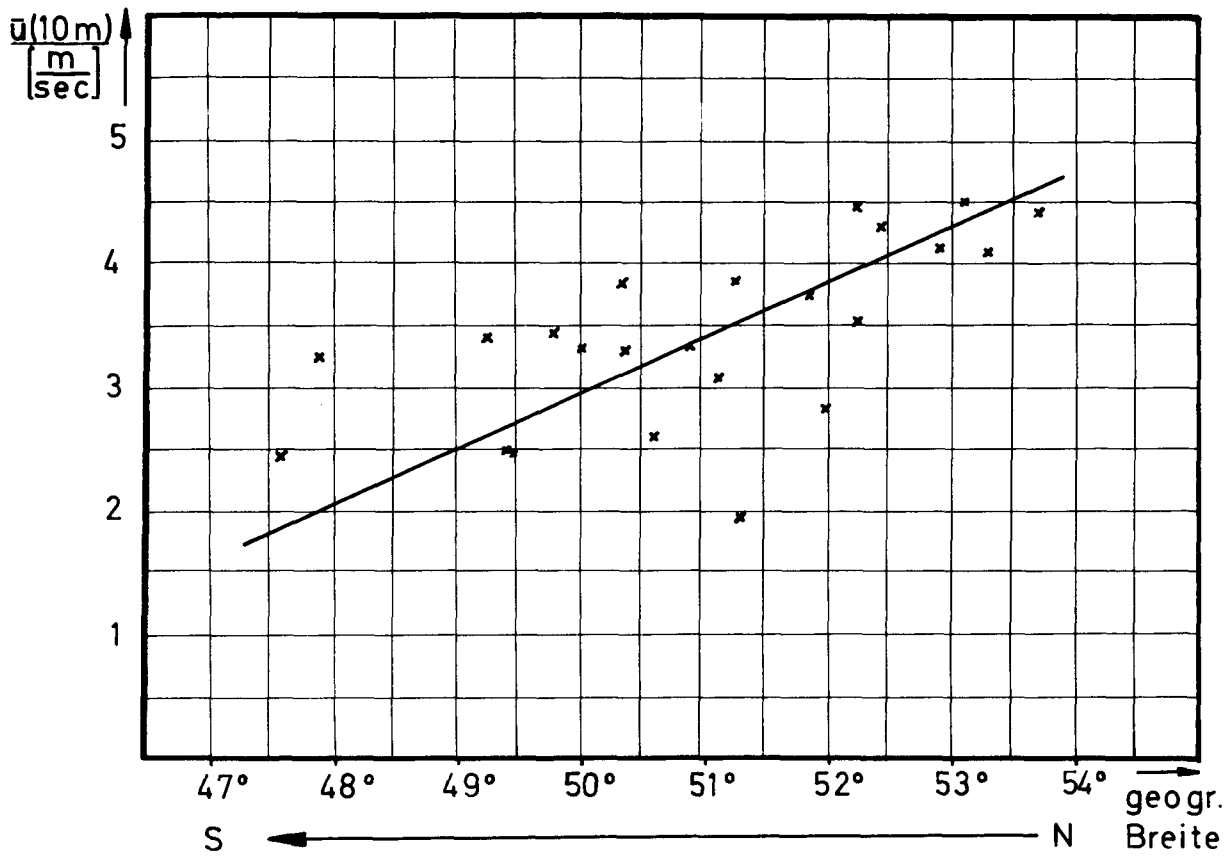


Abb. 3.2.1.b: Abnahme der mittleren Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über ungestörtem Gelände in der Bundesrepublik Deutschland, abhängig von der geographischen Breite (vergl. Tab. AI im Anhang)

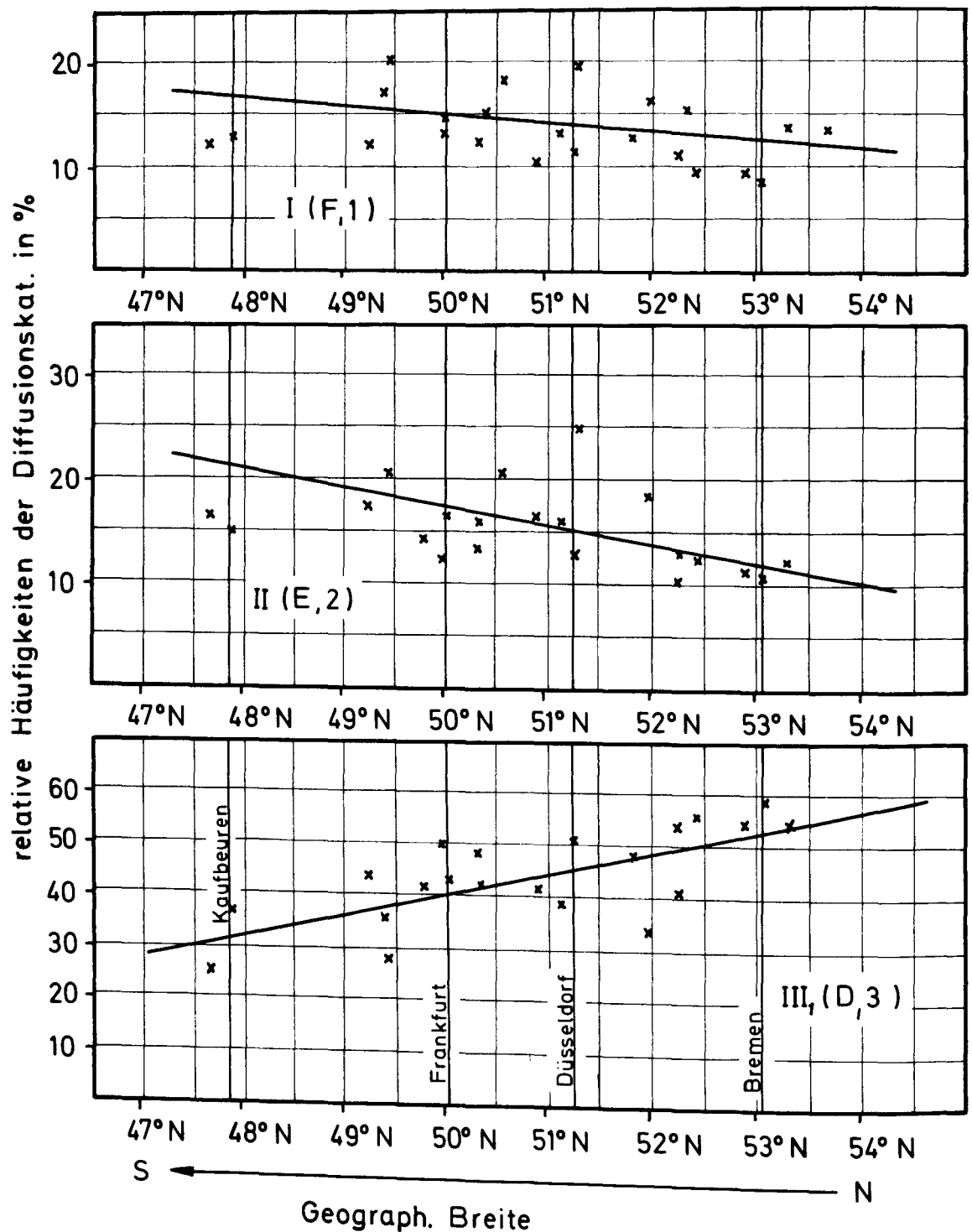


Abb. 3.2.1.c: Veränderung der relativen Häufigkeiten der Diffusionskategorien für 25 meteorologische Stationen in der Bundesrepublik Deutschland, abhängig von ihrer geographischen Lage, errechnet nach Angaben von MANIER, GRIMM (16).

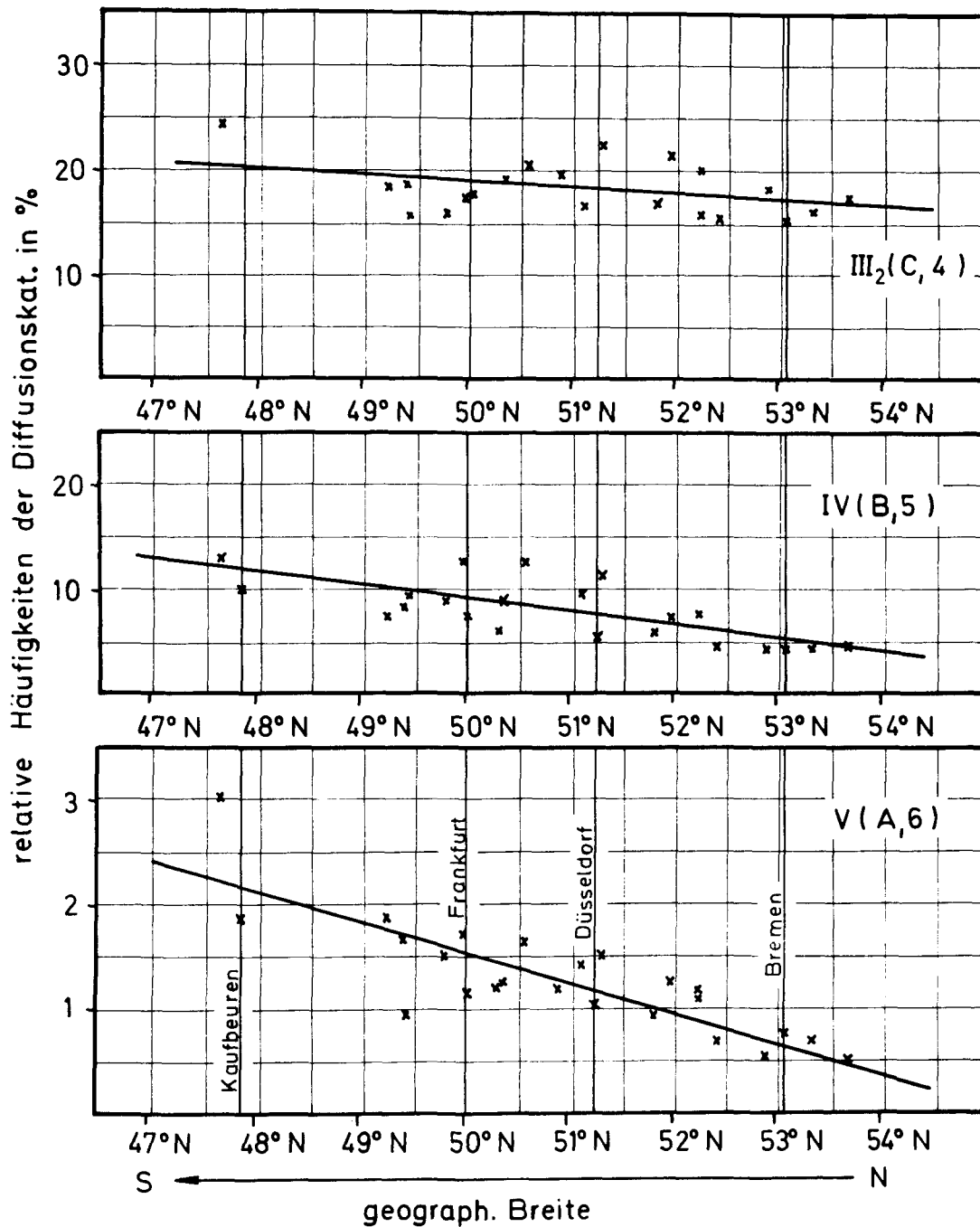


Abb. 3.2.1.d: Veränderung der relativen Häufigkeiten der Diffusionskategorien für 25 meteorologische Stationen in der Bundesrepublik Deutschland, abhängig von ihrer geographischen Lage, errechnet nach Angaben von MANIER, GRIMM (16).

Diese, relativ geringen Unterschiede in den Langzeitausbreitungsfunktionen $\bar{I}(x)$ lassen die Frage berechtigt erscheinen, ob nicht von einer einzigen Basisklasse in der Bundesrepublik Deutschland ausgegangen werden kann. Andererseits sollten die geographieabhängige Häufigkeit der Diffusionskategorien und die von Norden nach Süden abnehmenden mittleren Windgeschwindigkeiten nicht unberücksichtigt bleiben. Dies legt zumindest 2 Basisstandortklassen nahe.

Um diese Alternative zu entscheiden wurde die Bundesrepublik Deutschland zum einen als einheitliche Basisstandortklasse behandelt, zum anderen in 2 Basisstandortklassen, etwa Norddeutschland und Süddeutschland, aufgeteilt. In Abb. (3.2.1.e) ist der Grenzverlauf eingetragen. Er ist fast identisch mit dem geographischen Grenzverlauf zwischen der Norddeutschen Tiefebene und den mittelländischen Gebirgen.

Zur statistischen Auswertung wurde u.a. die, auf den jeweiligen Mittelwert

$$\bar{I}_\mu = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \bar{I}_l(x) \cdot H_{\text{abs}} \{ \bar{I}_l(x) \} \quad (3.2.1.2)$$

bezogenen und über die gesamte Quelldistanz gemittelte, Standardabweichung

$$\bar{s} = \frac{1}{100 \text{ km}} \int_0^{100 \text{ km}} s(x) dx \quad (3.2.1.3)$$

mit

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{L-1} \sum_{l=1}^L \left\{ \frac{\bar{I}_l(x) - \bar{I}_\mu(x)}{\bar{I}_\mu(x)} \right\}^2 \cdot H_{\text{abs}} \{ \bar{I}_l(x) \}} \quad (3.2.1.4)$$

berechnet (vergl. Tab.3.2.1.α)

Man erhält für die Bundesrepublik Deutschland als einheitliche Basisklasse

$$\bar{s}_{\text{BRD}} = 23 \%$$

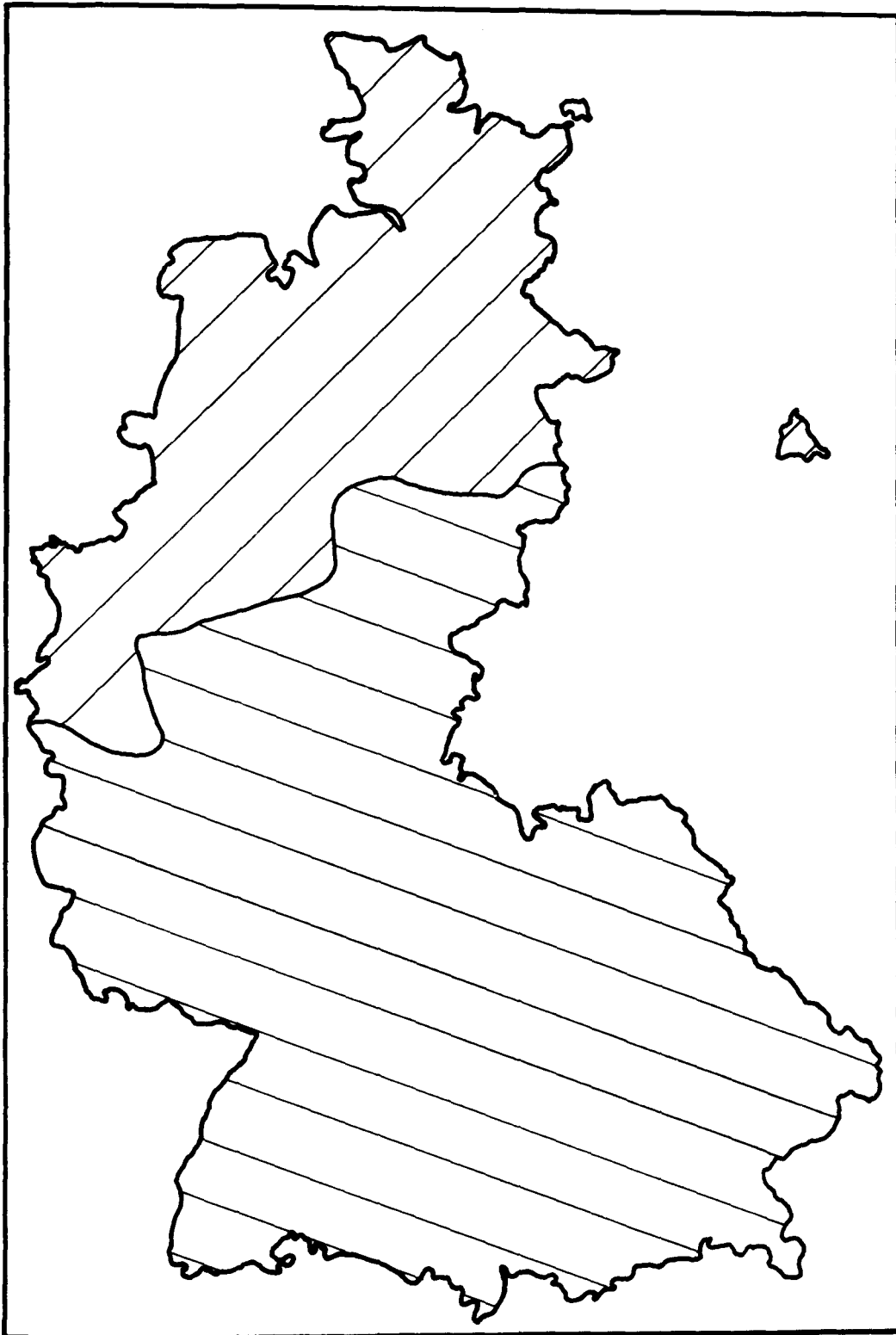


Abb. 3.2.1.e: Grenzverlauf für die Basisstandortklassen
Norddeutschland, Süddeutschland

	NORD		SÜD		BRD	
X [m]	I_{μ} [s/m ³]	s(x) [%]	I_{μ} [s/m ³]	s(x) [%]	I_{μ} [s/m ³]	s(x) [%]
100	0,321 E-10	8,3	0,277 E-10	11,3	0,297 E-10	12,2
150	0,297 E-7	21,5	0,470 E-7	18,5	0,390 E-7	29,7
200	0,370 E-6	23,9	0,608 E-6	19,5	0,498 E-6	32,0
300	0,148 E-5	18,8	0,221 E-5	18,0	0,187 E-5	27,0
400	0,201 E-5	14,6	0,275 E-5	16,6	0,241 E-5	22,3
500	0,206 E-5	12,2	0,266 E-5	15,5	0,238 E-5	19,2
600	0,192 E-5	10,6	0,239 E-5	14,6	0,217 E-5	17,1
800	0,156 E-5	9,0	0,188 E-5	13,0	0,173 E-5	14,9
1000	0,129 E-5	8,5	0,155 E-5	12,1	0,143 E-5	14,3
1500	0,899 E-6	9,3	0,113 E-5	12,3	0,102 E-5	16,1
2000	0,691 E-6	10,7	0,907 E-6	13,8	0,807 E-6	18,6
3000	0,459 E-6	12,6	0,633 E-6	16,0	0,553 E-6	21,9
4000	0,331 E-6	13,7	0,470 E-6	17,1	0,406 E-6	23,7
5000	0,254 E-6	14,5	0,366 E-6	17,8	0,314 E-6	24,8
6000	0,201 E-6	15,0	0,294 E-6	18,2	0,251 E-6	25,5
8000	0,139 E-6	15,7	0,206 E-6	18,7	0,175 E-6	26,3
10000	0,103 E-6	16,1	0,154 E-6	18,9	0,130 E-6	26,8
15000	0,614 E-7	15,6	0,905 E-7	18,5	0,771 E-7	26,1
20000	0,451 E-7	15,4	0,663 E-7	18,4	0,565 E-7	25,9
30000	0,301 E-7	15,5	0,442 E-7	18,4	0,377 E-7	25,9
40000	0,226 E-7	15,5	0,332 E-7	18,4	0,283 E-7	25,9
50000	0,180 E-7	15,5	0,265 E-7	18,4	0,226 E-7	25,9
60000	0,150 E-7	15,5	0,221 E-7	18,4	0,188 E-7	25,9
80000	0,113 E-7	15,5	0,166 E-7	18,4	0,141 E-7	25,9
100000	0,902 E-8	15,5	0,133 E-7	18,4	0,113 E-7	25,9

Tab. 3.2.1.α: Gemittelte Langzeitausbreitungsfunktionen I_{μ} und die entsprechenden quelldistanzabhängigen Standardabweichungen s(x) für die Basisstandortklassen NORD, SÜD und die Bundesrepublik Deutschland als einheitliche Basisstandortklasse .

für den Bereich Norddeutschland

$$s_{\text{NORD}} = 14 \%$$

für den Bereich Süddeutschland

$$s_{\text{SÜD}} = 17 \%$$

Der mittlere Quotient der Langzeitausbreitungsfunktionen für die Bereiche Nord, Süd ergibt sich zu

$$\bar{\mu} = \frac{\int_0^{100 \text{ km}} \frac{I_{\mu \text{ SÜD}}(x)}{I_{\mu \text{ NORD}}(x)} dx}{100 \text{ km}} = 1,4 \quad (3.2.1.5)$$

Bei einer Einteilung in 2 Basisstandortklassen werden die Standardabweichungen also deutlich reduziert. Für 68 % der Stationen ergibt sich noch eine deutliche Trennung. Der Grenzverlauf erscheint ebenfalls richtig gewählt, da die Standardabweichungen für beide Klassen etwa gleich groß sind. Mehr als zwei Basisklassen festzulegen, erscheint jedoch nicht sinnvoll, wie Abb.(3.2.1.f) zeigt.

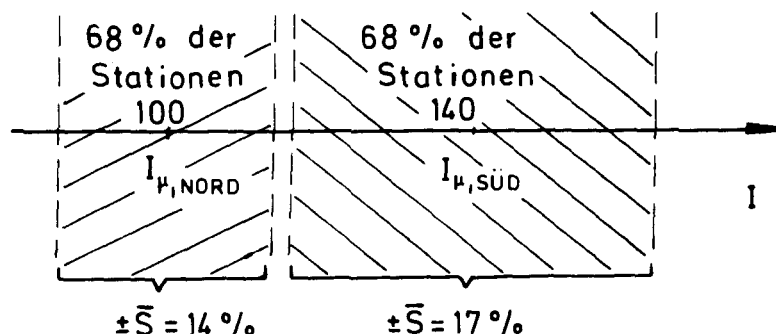


Abb. (3.2.1.f)

Mittelwerte der Langzeitausbreitungsfunktionen für die Bereiche Nord und Süd und die entsprechenden mittleren Standardabweichungen.

3.2.2 Weitere Unterteilung der Basisstandortklassen in Bereichsstandortklassen

Die weitere Unterteilung der gefundenen Basisstandortklassen wurde gemäß Kap. 3.1 unter stärker ortsspezifischen Gesichtspunkten vorgenommen. Dazu wurden zunächst für 25 Stationen in der Bundesrepublik Deutschland die richtungsabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen nach Gl.(3.1.3) berechnet, (vergl. Abb.3.2.2.a). Dabei zeigte sich, daß 25 $\bar{I}_1(x)$ -Verteilungen zur Festlegung der Feinstruktur in den Basisklassen unzureichend sind. So gibt es im norddeutschen Küstengebiet und in Schleswig-Holstein entweder keine oder nur ein oder zwei Stationen. Gleiches gilt für den Niederrhein, die Kölner Bucht, das Ruhrgebiet und den Oberrheingraben, bis auf Schleswig-Holstein alles Regionen, für die es besonders wichtig wäre, die meteorologischen Verhältnisse genauer zu berücksichtigen, da es sich hier um zukünftige Standortschwerpunkte kerntechnischer Anlagen handeln dürfte (19). Hinzu kommt, daß für die verwendeten meteorologischen Stationen keine Stationsbeschreibungen vorliegen, so daß alle Stationen in den Untersuchungen gleichgewichtig verwendet werden mußten. Dies kann zu prinzipiellen Fehlinterpretationen führen. Durch Berücksichtigung weiterer Stationen, u.a. auch in den bereits erwähnten Regionen möglicher zukünftiger Standorte, lassen sich im Hinblick auf die dort zu erwartenden radiologischen Belastungen zum einen die dortigen Ausbreitungsverhältnisse besser erfassen, zum anderen die durch fehlende Stationsbeschreibungen bedingten Fehler möglicherweise reduzieren, da einzelne Stationen nicht so stark ins Gewicht fallen. Dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen für hinreichend viele weitere Stationen, wie sie in diesem Zusammenhang erforderlich wären, liegen jedoch bis heute nicht vor.

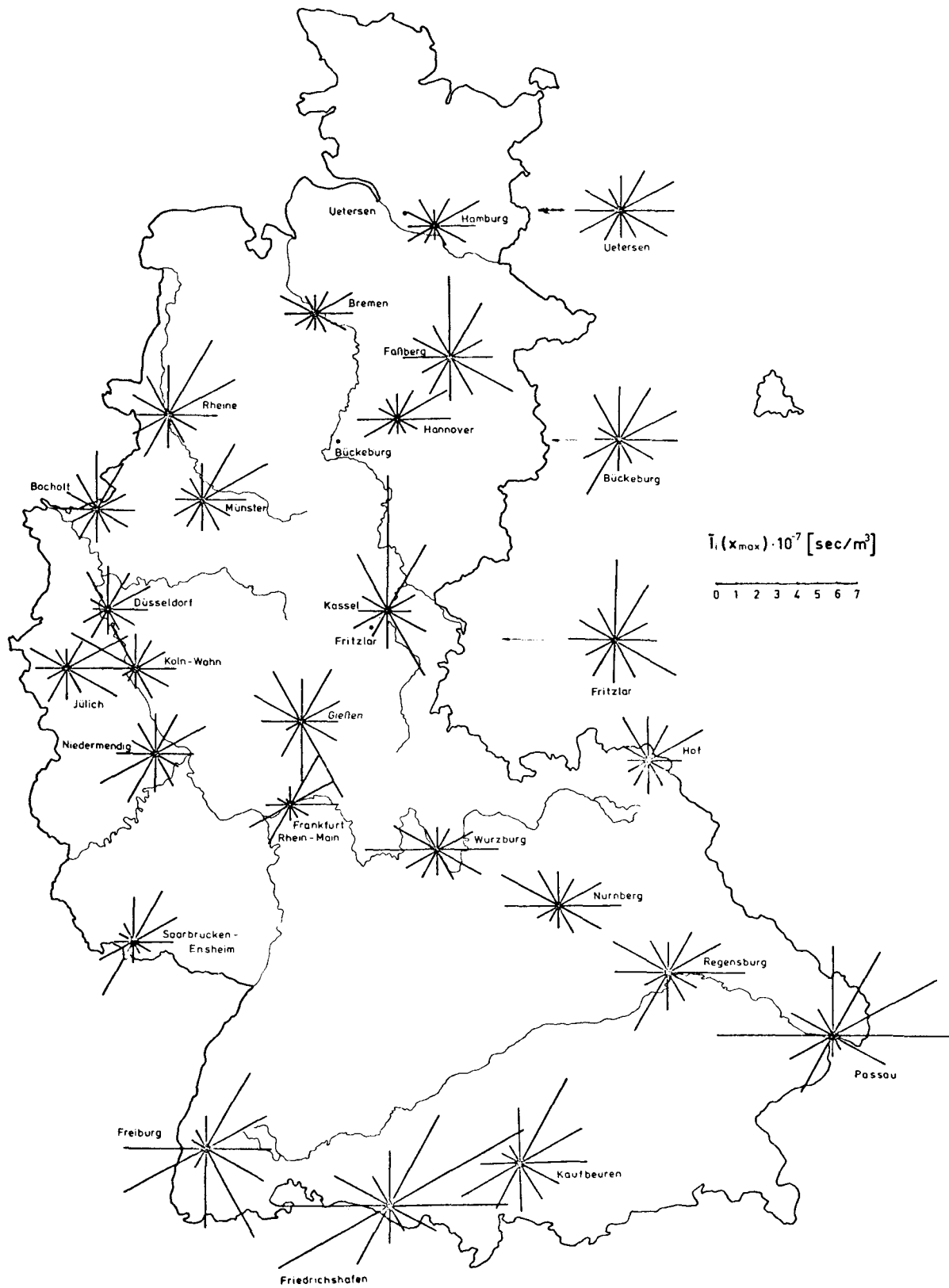


Abb. 3.2.2.a: $\bar{I}_1(x_{\text{MAX}})$ -Verteilungen für 25 meteorologische Stationen in der Bundesrepublik Deutschland

Geht man aufgrund des stark ortsspezifischen Charakters der Windrichtungen und der mehr durch Großwetterlagen bedingten Häufigkeiten von Windgeschwindigkeiten und Diffusionskategorien davon aus, daß die Häufigkeiten der Windrichtung einerseits, und die der Windgeschwindigkeit und der Diffusionskategorie andererseits, bis auf einen vernachlässigbaren Fehler linear unabhängig sind, was im folgenden noch nachzuweisen sein wird, so lassen sich zur Berechnung die $\bar{I}_i(x)$ -Verteilungen ersatzweise Windrichtungshäufigkeitsverteilungen verwenden, die für hinreichend viele Stationen den deutschen Klimaatlant (20,21) zu entnehmen sind.

Im Falle linearer Unabhängigkeit zwischen der Windrichtungshäufigkeit und der Häufigkeit von Diffusionskategorie und Windgeschwindigkeit gilt

$$p_{ijk} = p_i \cdot p_{jk}$$

Dann läßt sich gemäß (3.1.3) für jede Station l eine Funktion $\hat{I}_{il}(x)$ definieren, für die gilt

$$\begin{aligned}\hat{I}_{il}(x) &= \left\{ \sum_{jk} p_i \cdot p_{jk} \cdot F_{jk}(x) \right\}_l \\ &= \left\{ p_i \sum_{jk} p_{jk} \cdot F_{jk}(x) \right\}_l\end{aligned}$$

Wegen

$$\sum_{jk} p_{jk} \cdot F_{jk}(x) = \sum_{ijk} p_{ijk} \cdot F_{jk}(x) = \bar{I}(x)$$

folgt

$$\hat{I}_{il}(x) = \{p_i \cdot \bar{I}(x)\}_l \quad (3.2.2.1)$$

Damit wird unterstellt, daß die sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen der Windrichtungshäufigkeit direkt proportional sind.

Vergleicht man die p_i -Verteilungen für 3 exemplarische Stationen mit entsprechenden sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen

$$\bar{I}_i(x_{MAX}) = \sum_{jk} p_{ijk} \cdot F_{jk}(x_{MAX})$$

die mit 3-dimensionalen Häufigkeitsverteilungen für den Quellabstand x_{MAX} im Maximum der Funktionen berechnet wurden (Abb. 3.2.2.b), so zeigt sich, zunächst rein qualitativ, daß die Annahme

$$p_{ijk} = p_i \cdot p_{jk}$$

und damit die Annahme

$$\hat{I}_{i1}(x) \sim p_{i1}$$

durchaus vernünftig ist.

Für den über die Quelldistanz (x) gemittelten stations- und sektorabhängigen, relativen Fehler, den man bei Annahme linearer Unabhängigkeiten macht, gilt

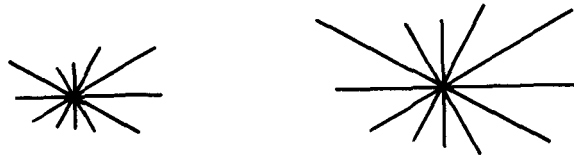
$$f_{i1} = \frac{1}{100 \text{ km}} \int_0^{100 \text{ km}} \frac{\bar{I}_{i1}(x) - \hat{I}_{i1}(x)}{\bar{I}_{i1}(x)} dx, \quad (3.2.2.2)$$

mit

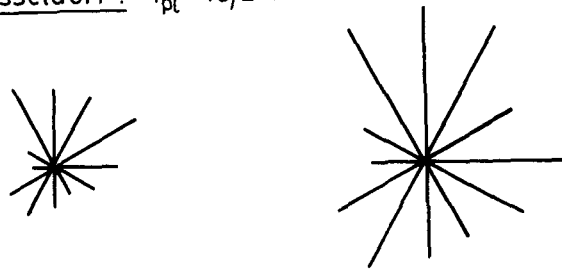
$$\bar{I}_{i1}(x) = \left\{ \sum_{jk} p_{ijk} \cdot F_{jk}(x) \right\}_1$$

Zur Illustration von f_{i1} wurden die Funktionen $\bar{I}_i(x)$ und $\hat{I}_i(x)$ für 4 typische Stationen in Abb. (3.2.2.c bis j) dargestellt.

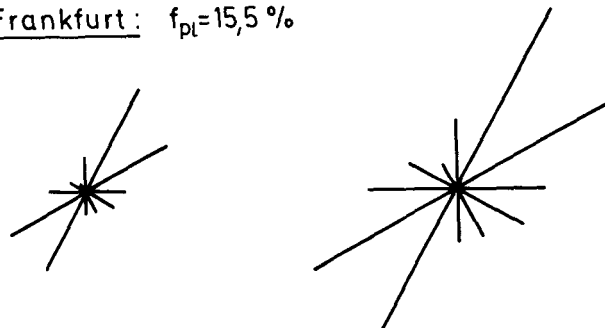
Bremen: $f_{pt} = 9,85\%$



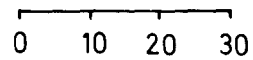
Düsseldorf: $f_{pt} = 18,2\%$



Frankfurt: $f_{pt} = 15,5\%$



p_i -Verteilungen
in [%]



$I_i(x_{Max})$ -Verteilungen
in 10^{-7} [sec/m³]

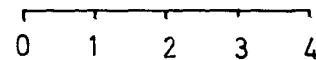


Abb. 3.2.2.b: Vergleich der Windrichtungshäufigkeiten p_i mit den windrichtungsabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen im Funktionsmaximum

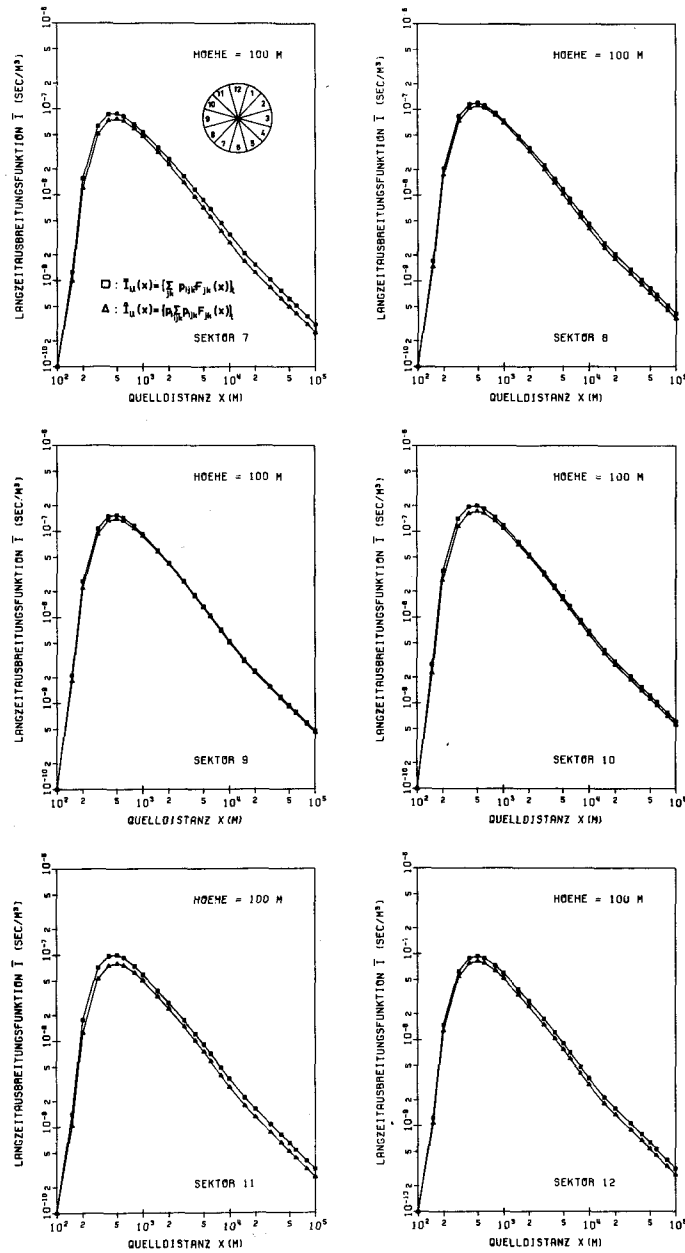


Abb. 3.2.2.c: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Bremen, $f_{p1} = 10 \%$.

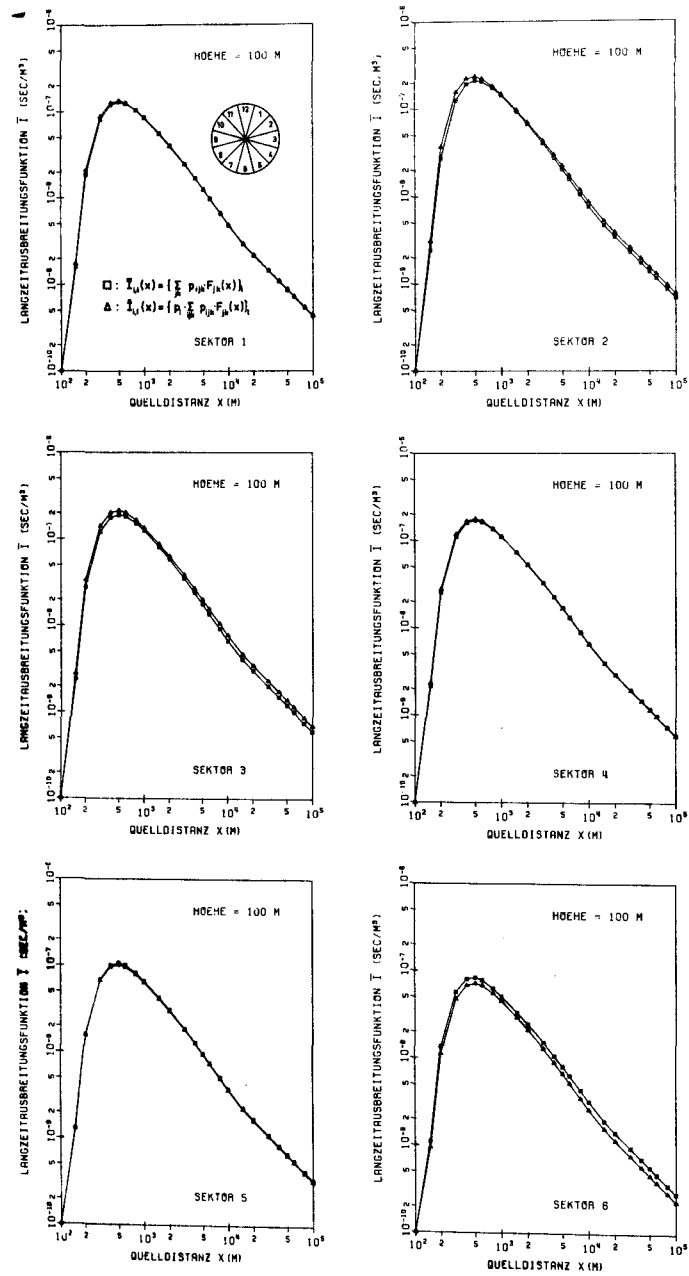


Abb. 3.2.2.d: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Bremen, $f_{pl} = 10 \%$.

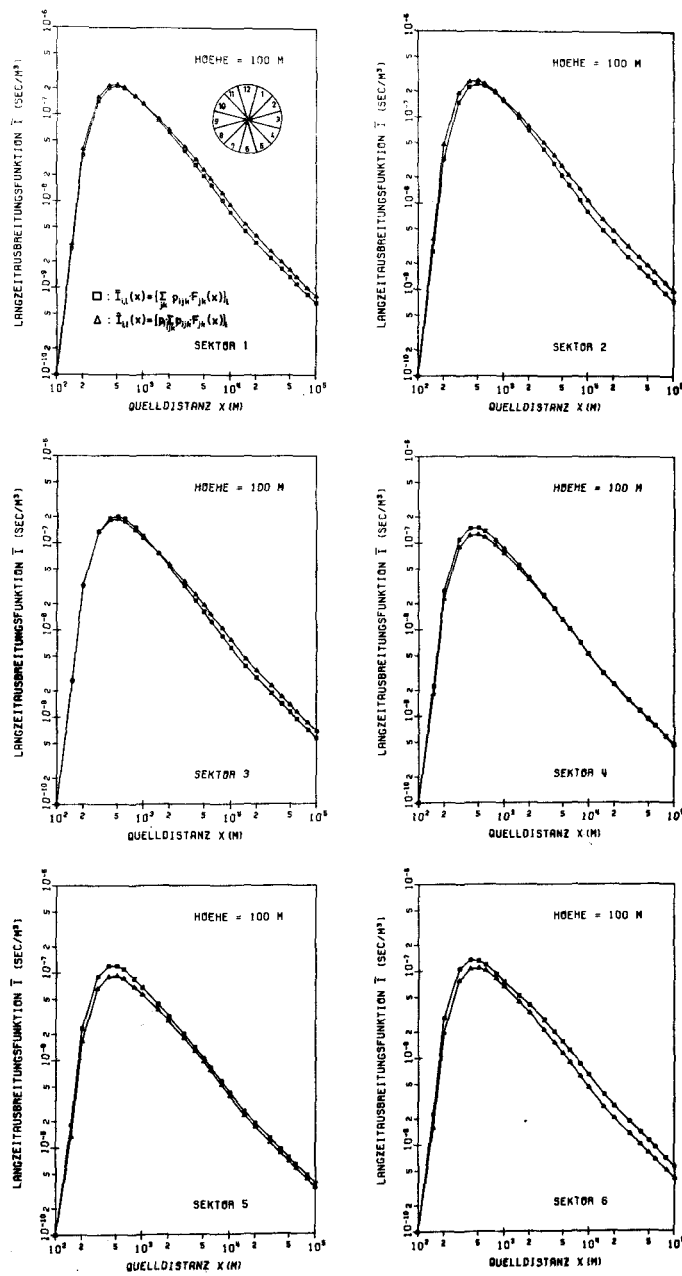


Abb. 3.2.2.e: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Düsseldorf, $f_{p1} = 18 \%$.

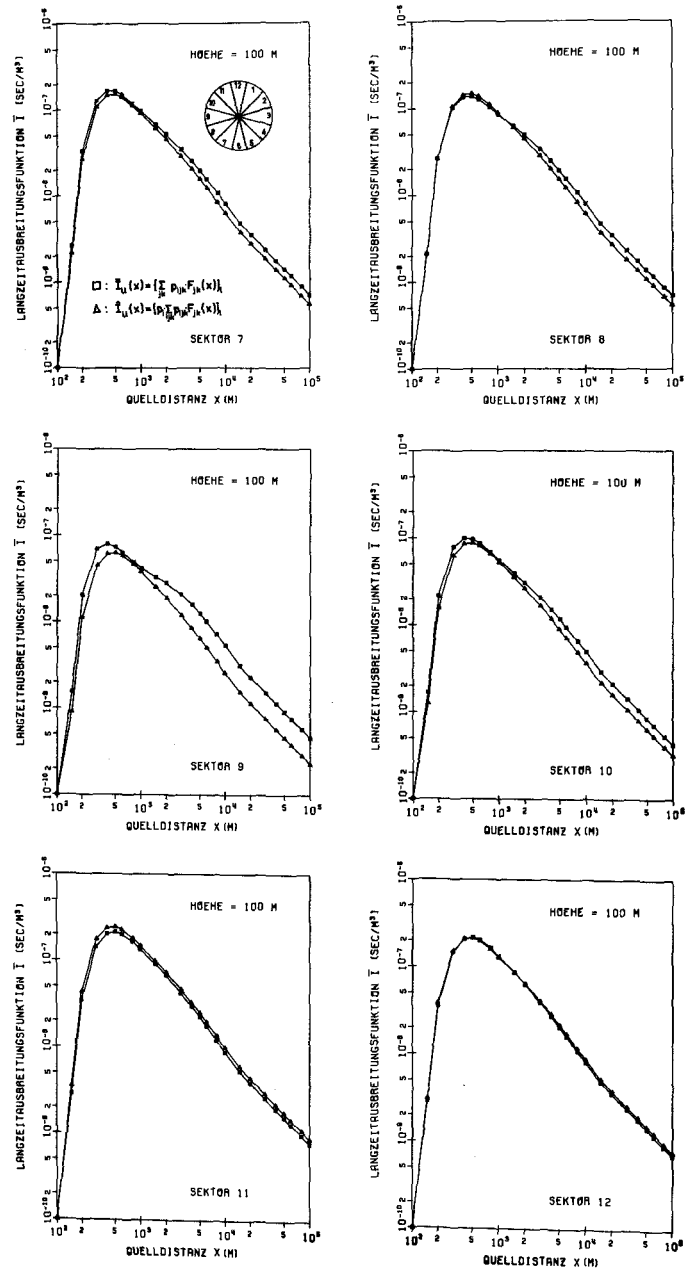


Abb. 3.2.2.f: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelledistanz für den Standort Düsseldorf, $f_{p1} = 18 \%$.

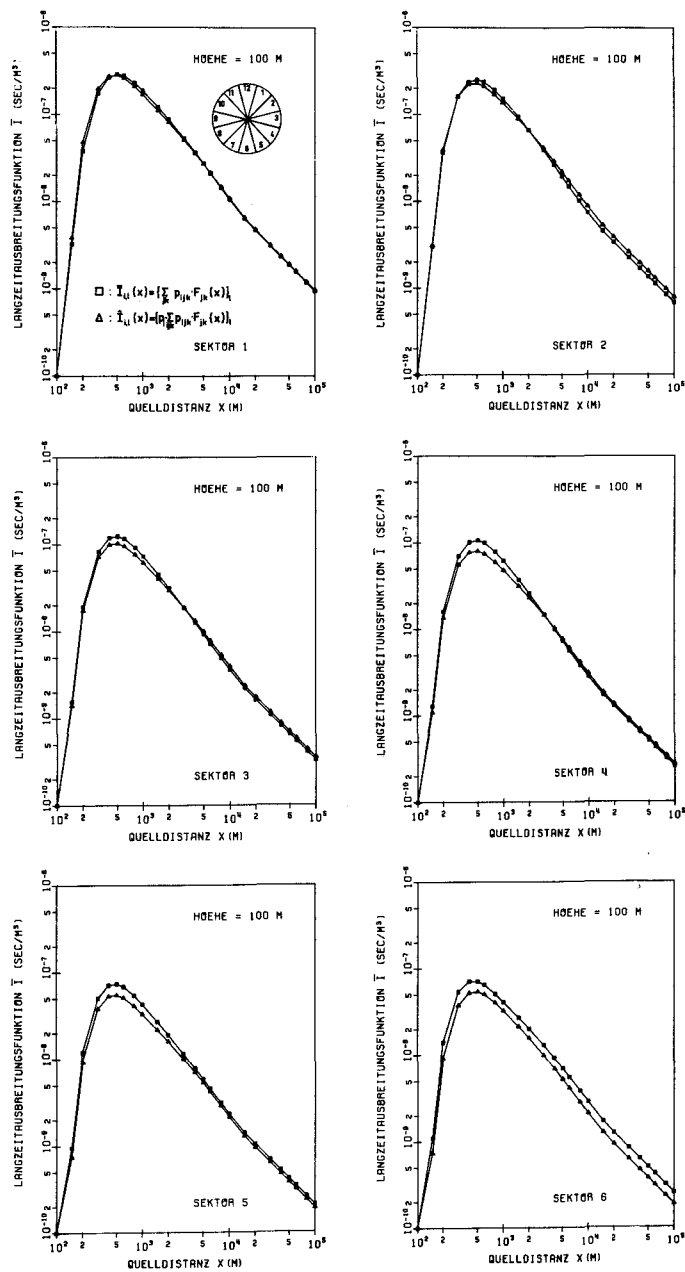


Abb. 3.2.2.g: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelledistanz für den Standort Frankfurt, $f_{p1} = 15,5 \%$.

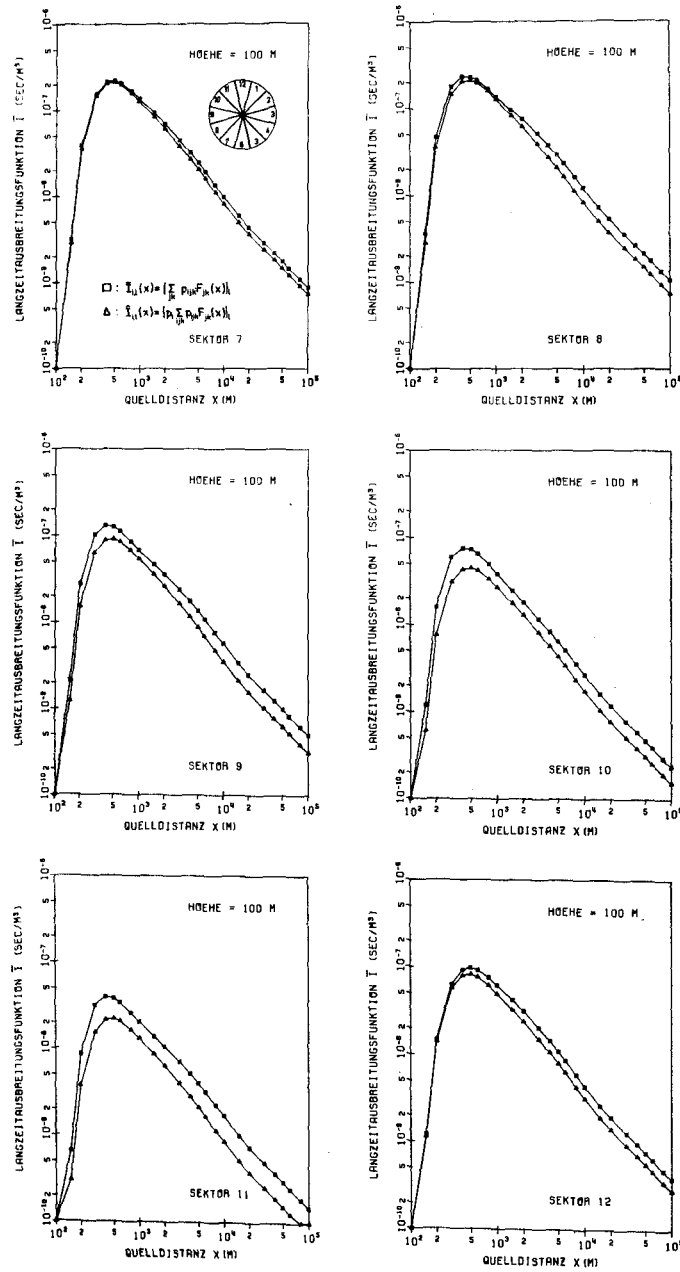


Abb. 3.2.2.h: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Frankfurt, $f_{p1} = 15,5\%$.

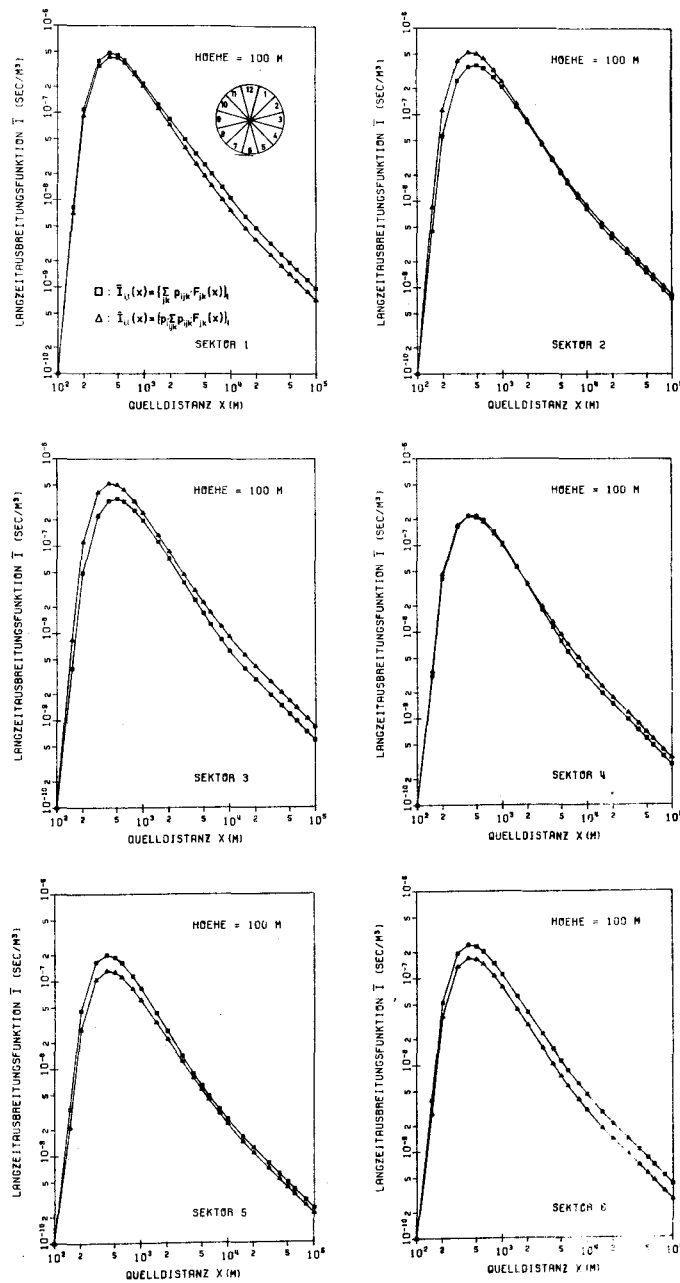


Abb. 3.2.2.i: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Kaufbeuren, $f_{p1} = 20,5 \%$.

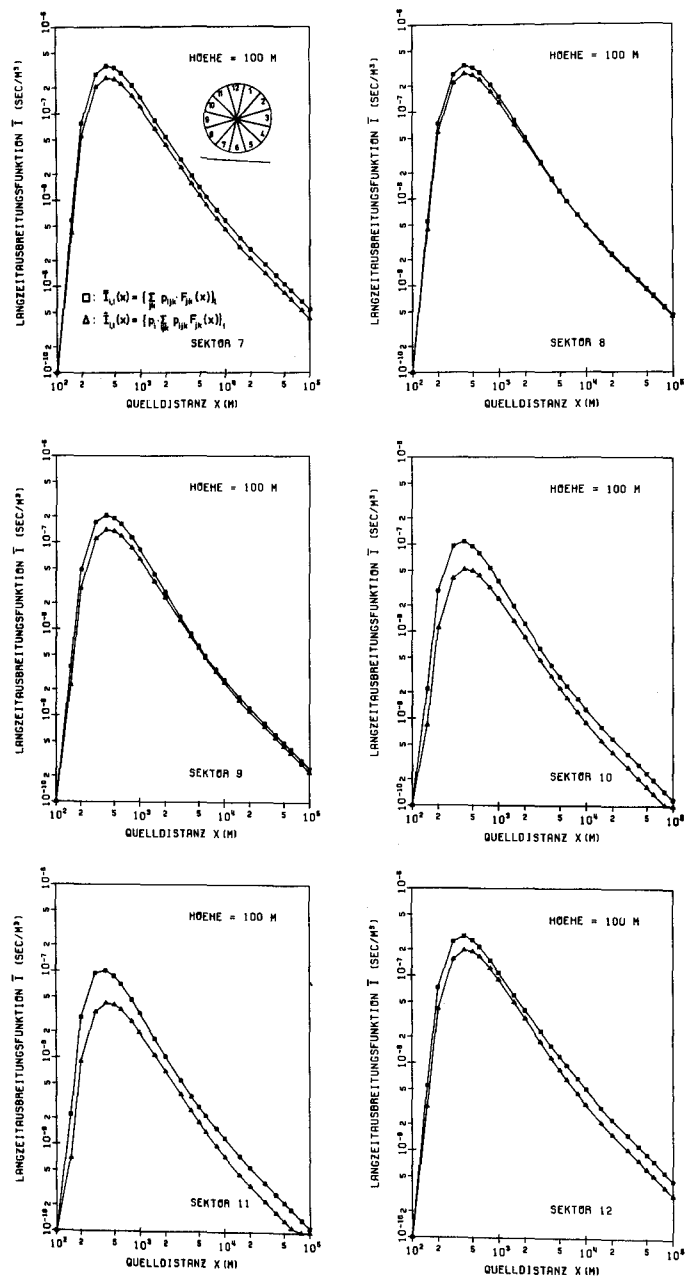


Abb. 3.2.2.j: Darstellung der Langzeitausbreitungsfunktion in Abhängigkeit von der Windrichtung und der Quelldistanz für den Standort Laufbeuren, $f_{p1} = 20,5 \%$.

Aus dem sektorabhängigen Fehler läßt sich ein stations-spezifischer, mittlerer, relativer Fehler

$$f_{pl} = \sum_i p_{il} \cdot f_{il}$$

herleiten, der zur Beurteilung obiger Annahme geeignet ist.

Zur Auswertung wurden die bereits benutzten p_{ijk} -Verteilungen für 25 Stationen herangezogen. Sie ergeben einen mittleren, relativen Fehler von

$$10 \% \leq f_{pl} \leq 29 \%$$

Er ist abhängig von der geographischen Lage der Stationen und nimmt von Norden nach Süden zu (Abb. 3.2.2.k).

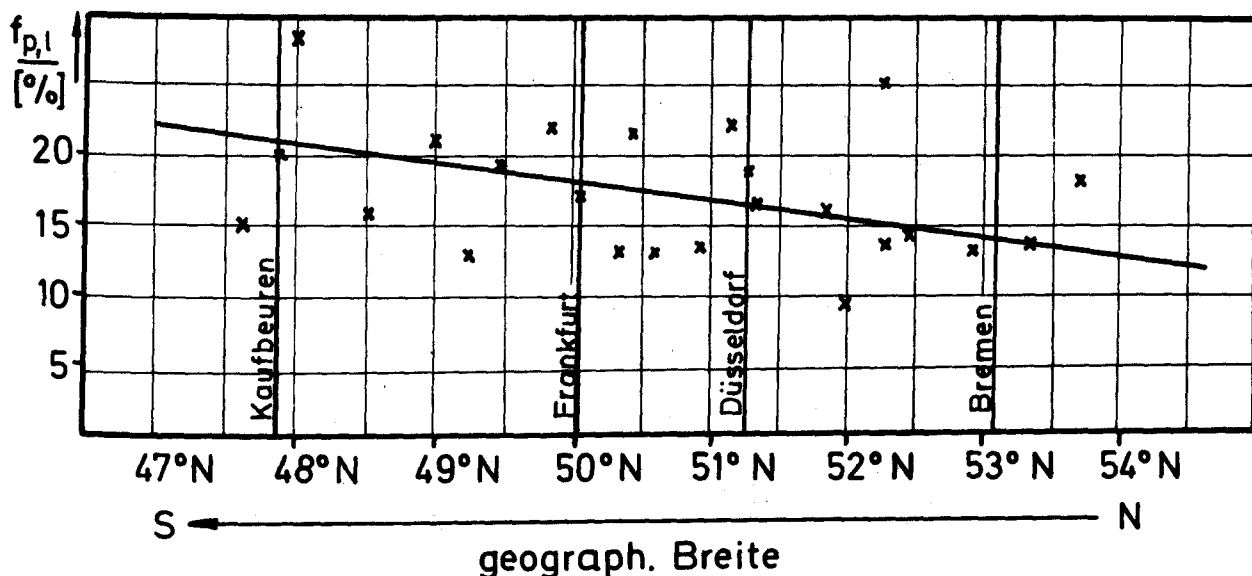


Abb. 3.2.2.k: Fehler der bei der Berechnung der Langzeitausbreitungsfunktion gemacht wird, wenn man annimmt $p_{ijk} = p_i \cdot p_{jk}$, dargestellt in Abhängigkeit von der geographischen Lage der jeweiligen meteorologischen Stationen. (vergl. Tab. A I im Anhang).

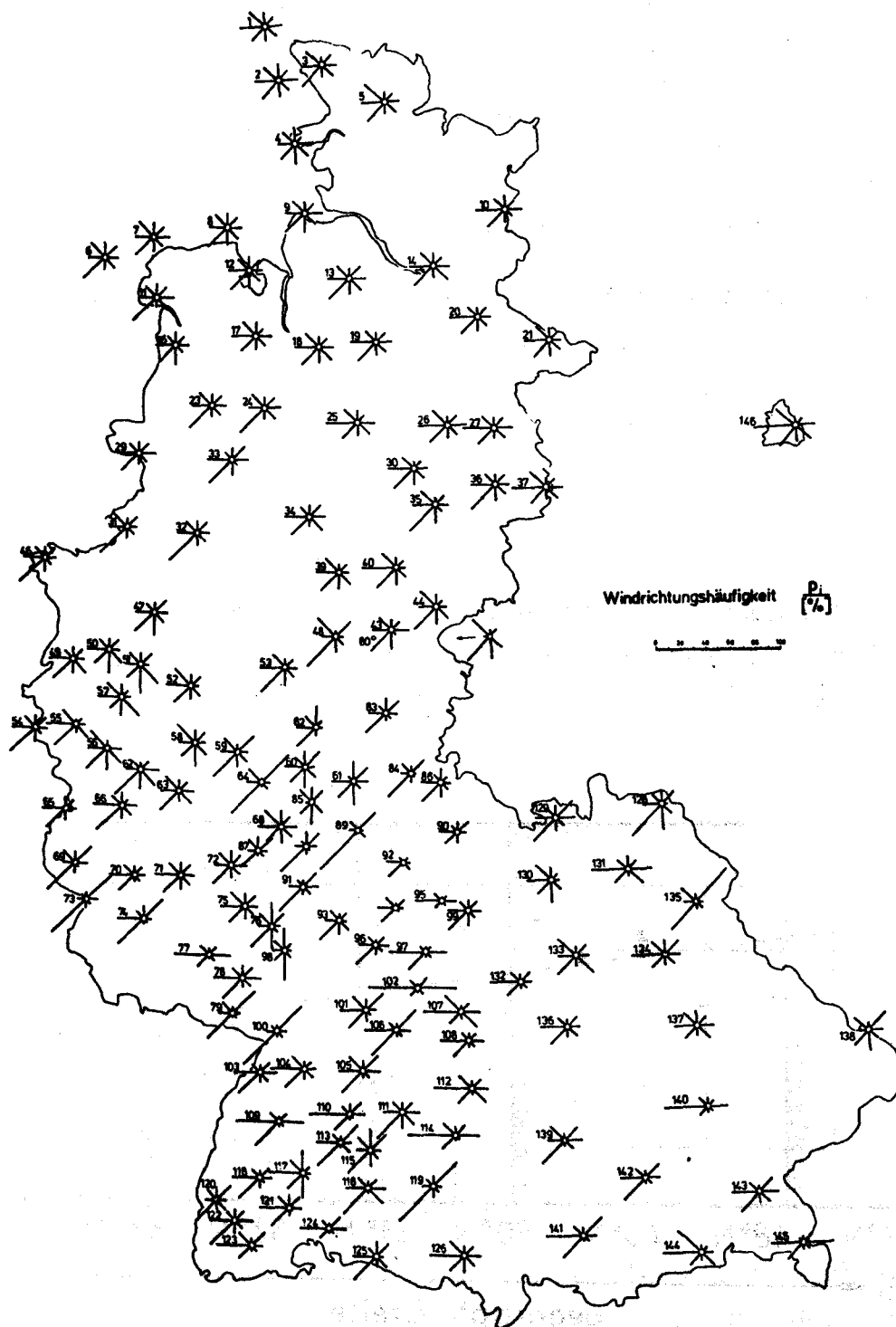


Abb. 3.2.2.1: Jahresmittelwerte der Windrichtungshäufigkeitsverteilungen für 146 Stationen in der Bundesrepublik Deutschland. Die dargestellten Verteilungen sind, wie in der Meteorologie üblich, definiert.

Tab. 3.2.2.α: STATIONSNAMEN ZU ABB. 3.2.2.1

lfd. Nr.	Standorte	lfd. Nr.	Standorte
1	List	36	Braunschweig
2	Wyk	37	Helmstedt
3	Leck	38	Gardelegen
4	St. Peter	39	Bad Driburg
5	Schleswig	40	Torfhaus i. Solling
6	Borkum	41	Brocken
7	Norderney	42	Quedlinburg
8	Wangerooge	43	Rothwesten
9	Cuxhaven	44	Göttingen
10	Lübeck	45	Nordhausen
11	Emden	46	Kleve
12	Wilhelmshaven	47	Bochum
13	Bremervörde	48	Mengeringhausen
14	Hamburg	49	M.-Gladbach
15	Schwerin	50	Düsseldorf-Unterrath
16	Papenburg	51	Solingen
17	Oldenburg	52	Müllenbach
18	Bremen	53	Kahler Asten
19	Rotenburg	54	Aachen
20	Lüneburg	55	Düren
21	Dannenberg	56	Euskirchen
22	Ludwiglust	57	Köln-Longerich
23	Löningen	58	Hilgenroth
24	Vechta	59	Neukirch/Salzburg
25	Nienburg	60	Gießen
26	Celle	61	Schotten
27	Wesendorf	62	Ahrweiler
28	Salzwedel	63	Neuwied
29	Nordhorn	64	Weilburg
30	Hannover	65	Schneifelforsthaus
31	Stadtlohn	66	Nürburg
32	Münster	67	Weilburg
33	Bramsche	68	Kl. Feldberg
34	Bad Salzuflen	69	Bitburg
35	Hildesheim	70	Bernkastel-Kues

lfd. Nr. Standorte

71	Sargenroth
72	Geisenheim
73	Trier
74	Birkenfeld
75	Alzey
76	Worms
77	Kaiserslautern
78	Kalmit
79	Bergzabern
80	Kassel
81	Eigenrieden
82	Marburg
83	Hauptschwenda
84	Fulda
85	Nauheim
86	Wasserkuppe
87	Wiesbaden
88	Frankfurt
89	Gelnhausen
90	Kissingen
91	Darmstadt
92	Luitpoldheim
93	Michelstadt
94	Wertheim
95	Würzburg
96	Buchen
97	Mergentheim
98	Mannheim
99	Kitzingen
100	Karlsruhe
101	Heilbrunn
102	Künzelsau
103	Baden-Baden
104	Schömburg
105	Stuttgart
106	Wilhelmsheim
107	Crailsheim
108	Ellwangen

lfd. Nr. Standorte

109	Freudenstadt
110	Tubingen
111	Schopfloch
112	Heidenheim
113	Hechingen
114	Ulm
115	Trochtelfingen
116	Triberg
117	Rottweil
118	Sigmaringen
119	Biberach
120	Friedburg
121	Donaueschingen
122	Feldberg
123	Höchenschwand
124	Aach
125	Meersburg
126	Isny
127	Steinheid
128	Hof
129	Coburg
130	Bamberg
131	Bayreuth
132	Ansbach
133	Nürnberg
134	Amberg
135	Neustadt
136	Weißenburg
137	Regensburg
138	Finsterau
139	Augsburg
140	Landshut
141	Hohenpeißenberg
142	München
143	Trostberg
144	Wendelstein
145	Reichenhall
146	Berlin

Mittelt man über alle Stationen, so erhält man einen Fehler von

$$f_p = 17 \%$$

Wenn man davon ausgeht, daß dieser Fehler vernachlässigbar ist, so läßt sich die weitere Unterteilung der Basisstandortklassen NORD und SÜD mit Hilfe ausreichend vieler Windrichtungshäufigkeitsverteilungen vornehmen.

In Abb. 3.2.2.1 sind diese Verteilungen für 146 ausgewertete Stationen in der Bundesrepublik Deutschland in Form von Windrosen dargestellt. Sie wurden den Klimaatlantiden der deutschen Länder (20,21) entnommen und stellen langfristige Mittelwerte dar, (über 20-50 Jahre gemittelt). Unter Berücksichtigung der Korrelation der verschiedenen Windrichtungshäufigkeitsverteilungen und der geographischen Lage der einzelnen Stationen lassen sich die beiden Basisstandortklassen in je vier weitere Klassen unterteilen, so daß sich mit der Verteilung für Berlin insgesamt 9 Bereichsstandortklassen in der Bundesrepublik Deutschland ergeben, (Abb. 3.2.2.m).

Mit Hilfe der p_i -Verteilungen der Stationen in den jeweiligen Bereichsstandortklassen lassen sich für jede Standortklasse Häufigkeitsmittelwerte

$$p_{iv} = \frac{1}{K} \sum_{l'=1}^K p_{ivl'} \cdot H_{abs}(p_{ivl'}) \quad (3.2.2.4)$$

bilden.

Die berechneten Werte sind in Tab. 3.2.3.β angegeben. Da keine Stationsbeschreibungen existieren, ist wie bei den 3-dimensionalen Verteilungen mit prinzipiellen stationsbedingten Fehlern zu rechnen.

Zur Beurteilung der Abweichungen der einzelnen Verteilungen von den errechneten mittleren Verteilungen wurden für jede Standortklasse u. a. relative, mit den klassenspezifischen Windrichtungshäufigkeiten p_{iv} gewichtete,

Standardabweichungen

$$s_{pv} = \sum_i p_{iv} \cdot s_{iv} \quad (3.2.2.5)$$

mit

$$s_{iv} = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{1'=1}^K \left(\frac{p_{iv1'} - p_{iv}}{p_{iv}} \right)^2 \cdot H_{abs}(p_{iv1'})}$$

berechnet. Dies ergab die in folgender Tabelle bzw. Abbildung angegebenen Werte.

STANDORT - KLASSEN(v)	$\frac{s_{p,v}}{[\%]}$
1	16,2
2	14,7
3	22,5
4	29,1
5	0
6	39,8
7	33,9
8	38,5
9	42,2

Tab. 3.2.2.β: Relative Standardabweichungen * nach Gleichung (3.2.2.5)

* Für Standortklasse 5 (Westberlin) ergibt sich kein Fehler, weil hier nur eine Windrichtungsverteilung vorlag. (21)

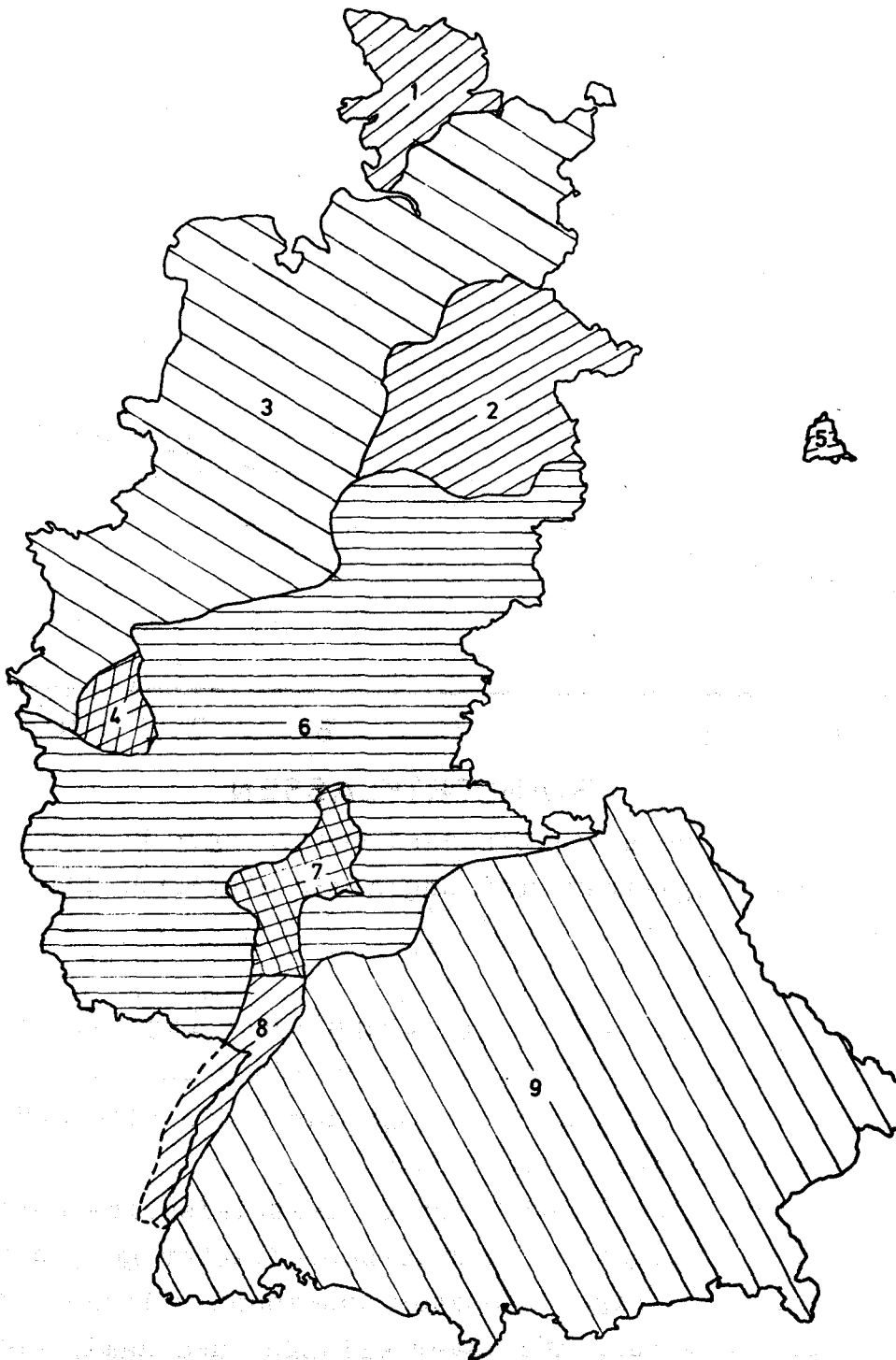


Abb. 3.2.2.m: Meteorologische Bereichsstandortklassen in der Bundesrepublik Deutschland

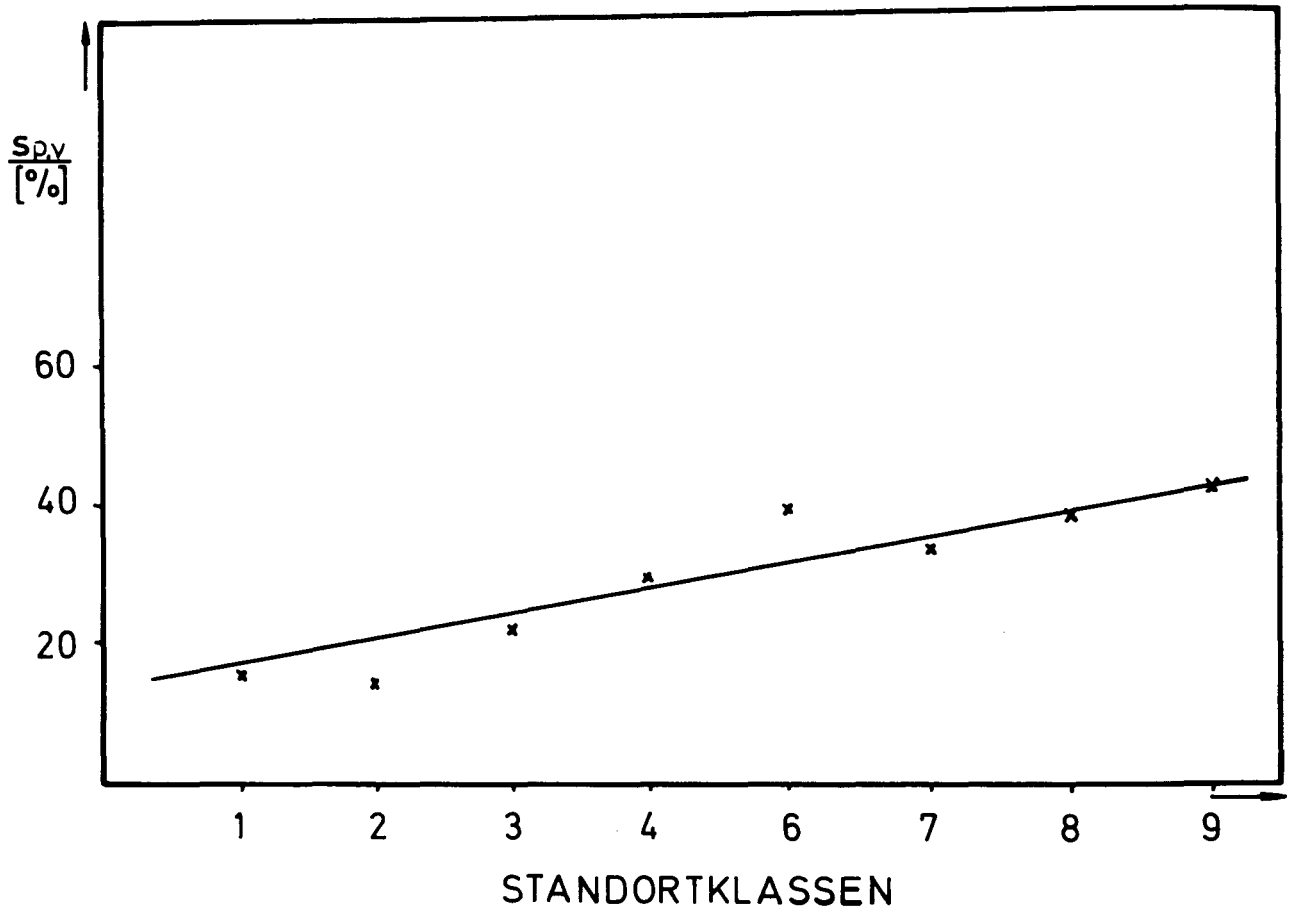


Abb. 3.2.2.n: Relative Standardabweichungen bei den Windrichtungshäufigkeitsverteilungen der einzelnen Standortklassen

Sie sind abhängig von der geographischen Lage der Standortklassen und nehmen von Norden nach Süden zu, (Abb.:3.2.2.n). Dies ist im wesentlichen bedingt durch die nach Süden hin zunehmenden Orographieeinflüsse.

In Standortklasse 6 und 9 ist es beispielsweise durchaus möglich, daß Stationen in unterschiedlicher geographischer Umgebung, die wenige Kilometer auseinander liegen, völlig verschiedene Windrichtungsverteilungen und damit entsprechend unterschiedliche Verteilungen der sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen aufweisen, (vergl. $\bar{I}_i(x_{MAX})$ -Verteilungen in Abb. 3.2.2.a für Kassel und Fritzlar).

Hier zu Mittelwerten zu gelangen, die für alle Stationen bzw. alle möglichen Standorte annähernd repräsentativ sind, ist praktisch aussichtslos.

Daher erscheint es nicht sinnvoll, die Klassen 6 und 9 zur Reduktion der Standardabweichungen weiter zu unterteilen,

ganz abgesehen davon, daß dies unter Umständen wegen der erwähnten Unterschiede gar keine Reduktion der Standardabweichungen bringen könnte. Hinzu kommt, daß die zukünftigen Standortschwerpunkte für kerntechnische Anlagen nicht dort, sondern vermutlich hauptsächlich in den Klassen 3,7 und 8 liegen werden. Eine Verkleinerung der Standortklassen hätte weiter zur Folge, daß die Anzahl der erfaßten Stationen reduziert würde, wodurch sich wiederum die Klassenstatistik verschlechterte.

3.2.3 Die sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen für die einzelnen Standortklassen.

Aufgrund der Ergebnisse in Kap. 3.2.1 und 3.2.2 lassen sich als eine der Grundlagen zur Berechnung zukünftig zu erwartender radiologischer Umweltbelastungen in der Bundesrepublik Deutschland folgende sektorabhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen für 9 Standortklassen angeben

$$I_{iv}(x) = p_{iv} \sum_{\kappa=1}^6 \frac{\xi_{\kappa v}}{x \cdot \sigma_{z\kappa v}(x)} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_{z\kappa v}^2(x)}} \quad (3.2.3.1)$$

mit

$$\sigma_{z\kappa v}(x) = a_{\kappa v} \left\{ \frac{x}{x_0} \right\}^{b_{\kappa v}} \quad (3.2.3.2)$$

$$x_0 = 1 \text{ m}$$

Die zugehörigen Parameter sind in den nachfolgenden Tabellen (3.2.3.α) und (3.2.3.β) angegeben und die damit errechneten Werte für $I_{iv}(x)$ in den Abb. (3.2.3.a-j) für alle Standortklassen graphisch dargestellt (24).

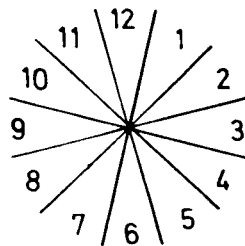
$\begin{matrix} v \\ \kappa \end{matrix}$	Standortklassen 1,2,3,4,5				Stanortklassen 6,7,8, 9			
Summations index	$a_{\chi,v}$	$b_{\chi,v}$	$\xi_{\chi,v}$	mittl. Appr. Fehler	$a_{\chi,v}$	$b_{\chi,v}$	$\xi_{\chi,v}$	mittl. Appr. Fehler
1	0,615	0,426	$\frac{\text{sec}}{\text{m}}$ 0,0798	0,4%	0,451	0,453	$\frac{\text{sec}}{\text{m}}$ 0,109	0,4%
2	3,748	0,350			3,980	0,333		
3	0,194	0,755			0,197	0,744		
4	0,164	0,886			0,334	0,757		
5	0,045	1,192			0,059	1,147		
6	0,088	1,149			0,063	1,218		

Tab. 3.2.3.α: Approximationsparameter für die einzelnen Standortklassen in der Bundesrepublik Deutschland

Für die Behandlung der Ausbreitung an den Grenzen der Standortklassen wird vorgeschlagen, die Ausbreitungsfunktion zu benutzen, die für die Standortklasse gilt in der der Emittent liegt. Fällt ein Standort genau auf die Grenze zweier Klassen, so ist die Ausbreitungsfunktion der Klasse zu benutzen, in der aufgrund der Windrichtungsverteilung die höchste Strahlenbelastung zu erwarten ist. Zur Berechnung von $I_{i,v}(x)$ wurden unter Berücksichtigung der Ergebnisse in Kap. (3.2.1) zunächst die nach Gl.(3.2.1.2) errechneten Mittelwerte I_{μ} (Windrichtungshäufigkeit = 100 %) für die Basisstandortklassen NORD und SÜD durch

$$I_{\mu, \text{NORD}, \text{SÜD}}(x) = \left\{ \sum_{\kappa=1}^6 \frac{\xi}{x \sigma_{z\kappa}(x)} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_{z\kappa}^2(x)}} \right\}_{\text{NORD}, \text{SÜD}}$$

$\begin{matrix} i \\ v \end{matrix}$	Windrichtungshäufigkeiten $\frac{p_{iv}}{[\%]}$ in den Sektoren												
Standort- klassen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Wind- stillen
1	10,41	11,18	10,33	10,08	8,83	5,33	5,38	6,12	8,27	7,56	7,30	7,25	1,96
2	10,20	12,11	13,44	9,22	6,84	3,93	4,63	5,35	6,82	6,68	6,42	5,79	8,57
3	12,42	13,25	9,59	8,15	6,10	4,10	5,65	6,03	6,49	6,21	6,16	6,28	9,57
4	10,67	8,94	4,44	8,44	8,42	4,33	3,83	3,83	4,33	9,83	11,58	11,33	10,03
5	9,10	12,09	17,52	12,17	8,46	2,90	2,89	3,77	6,27	6,64	6,50	5,72	5,97
6	12,47	13,29	9,24	7,75	6,53	4,34	6,04	6,19	4,96	4,80	5,05	5,96	13,38
7	16,16	16,52	6,27	6,17	6,17	6,29	9,27	8,97	5,07	4,52	4,46	4,83	5,30
8	14,46	16,27	9,58	6,15	4,50	3,00	9,31	10,02	5,83	4,21	3,33	2,33	11,01
9	10,30	12,91	14,16	8,51	5,78	3,27	6,27	7,17	6,86	5,14	4,35	3,70	11,58



Tab. 3.2.3.β: Mittl. Windrichtungshäufigkeiten in 9 Standortklassen. (Im Gegensatz zu der in der Meteorologie üblichen Definition der Windrichtungshäufigkeiten, bezeichnet p_{iv} hier nicht die Wahrscheinlichkeit mit der der Wind aus Sektor (i) kommt, sondern die Wahrscheinlichkeit, mit der der Wind in Richtung des Sektors (i) weht (Ausbreitungsrichtung). Die angegebenen p_{iv} gehören also gegenüber denen in der Meteorologie zu dem um 180° versetzten Sektor. Die angegebenen Zahlenwerte sind im Sinne von Gl. (3.2.3.1) definiert und dort in der Zuordnung von Tabelle 3.2.3.β direkt zu verwenden. Als Normierungsbedingung gilt $\sum_i p_{iv} + p_{\text{Windstillen}} = 100 \%$)

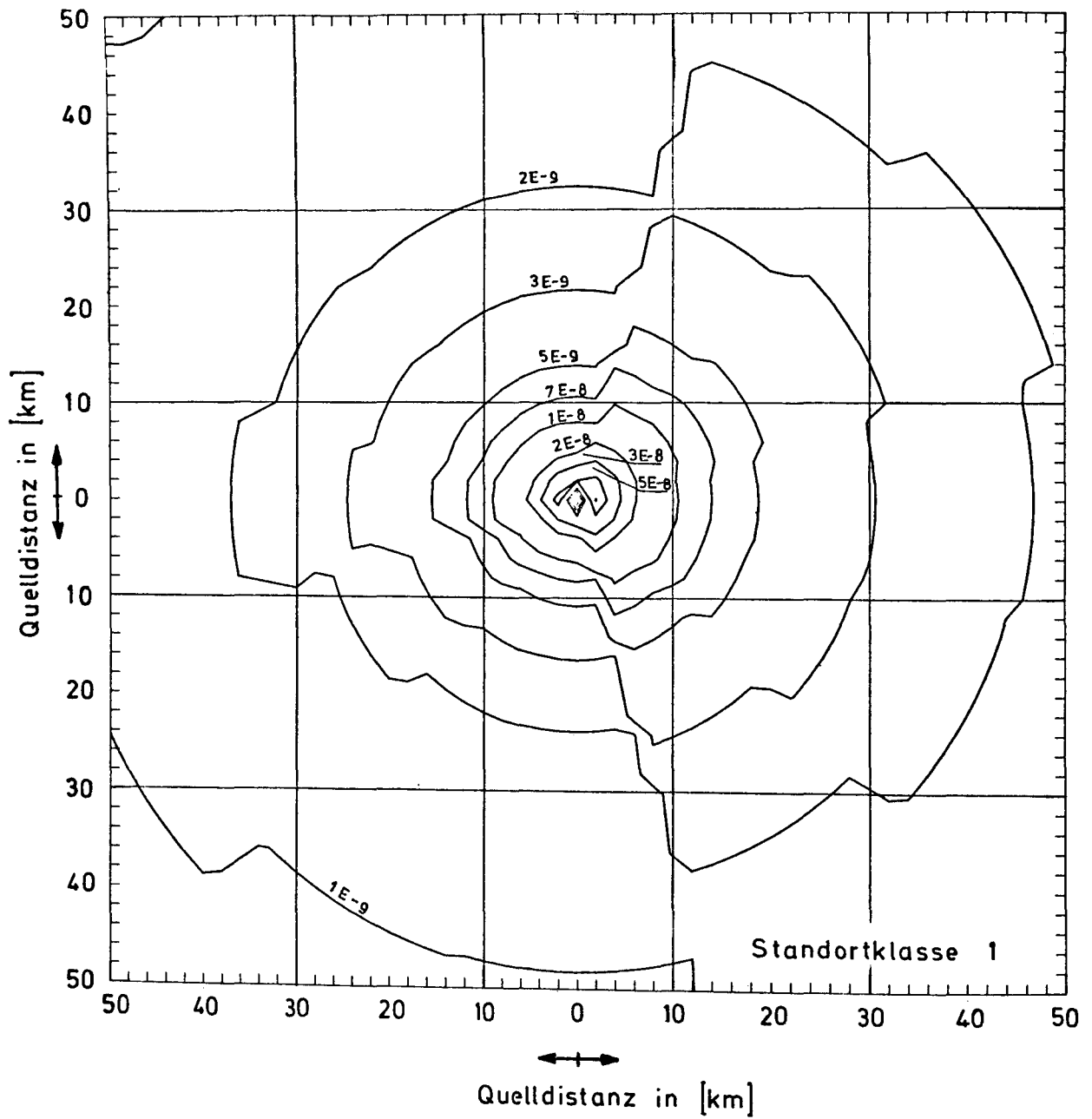


Abb. 3.2.3.a: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 1

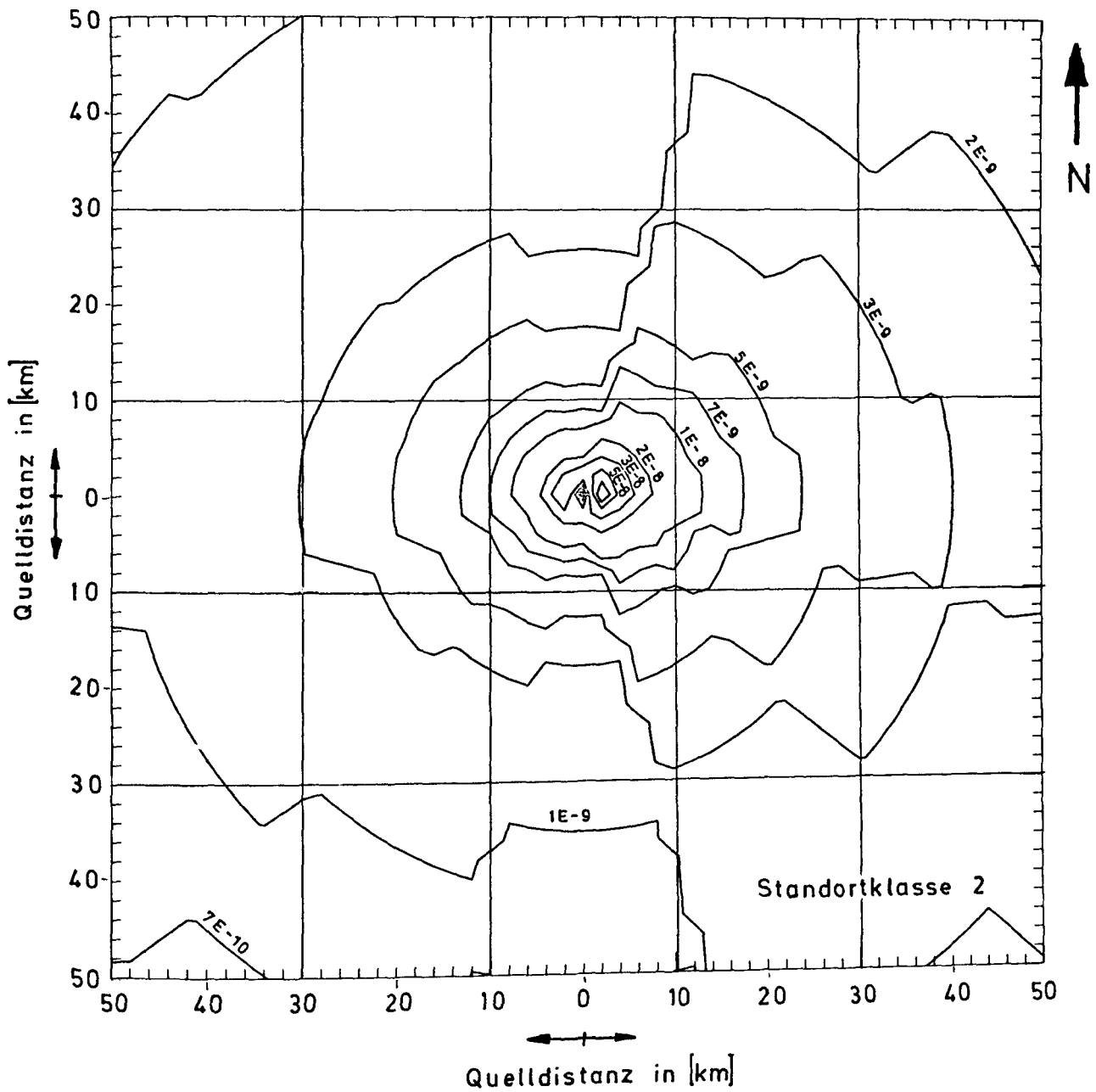


Abb. 3.2.3.b: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 2

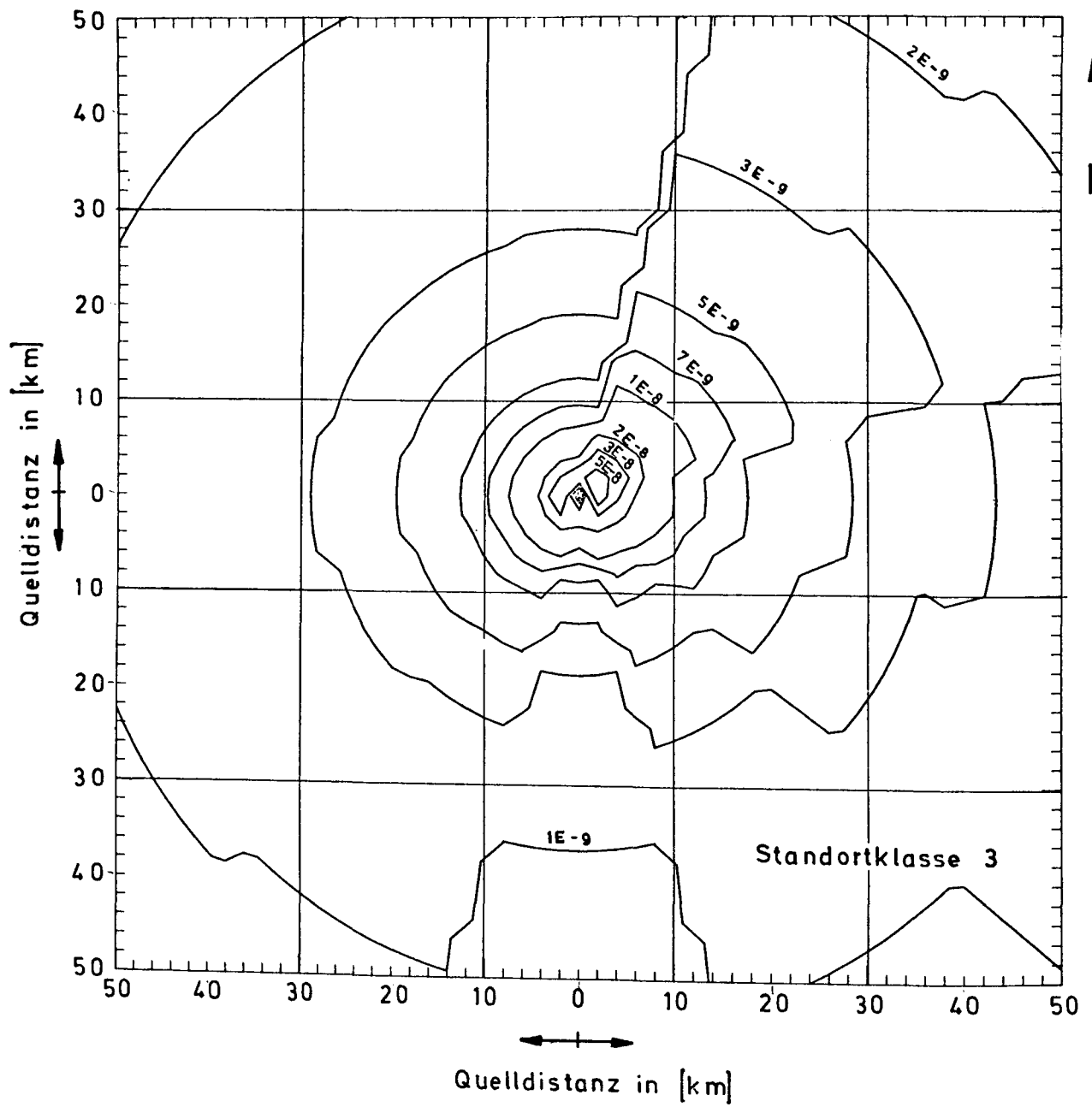


Abb. 3.2.3.c: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 3

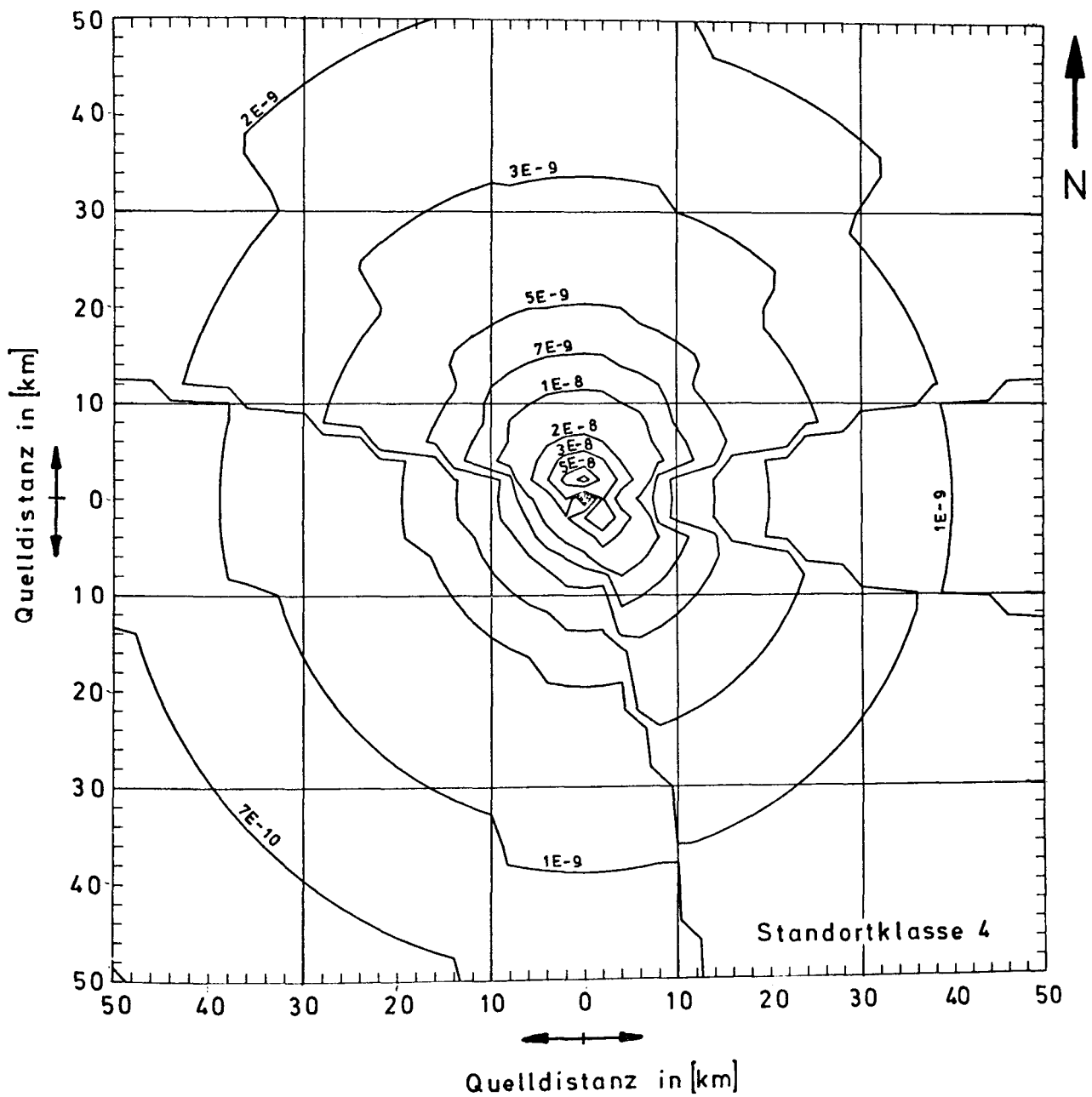


Abb. 3.2.3.d: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 4

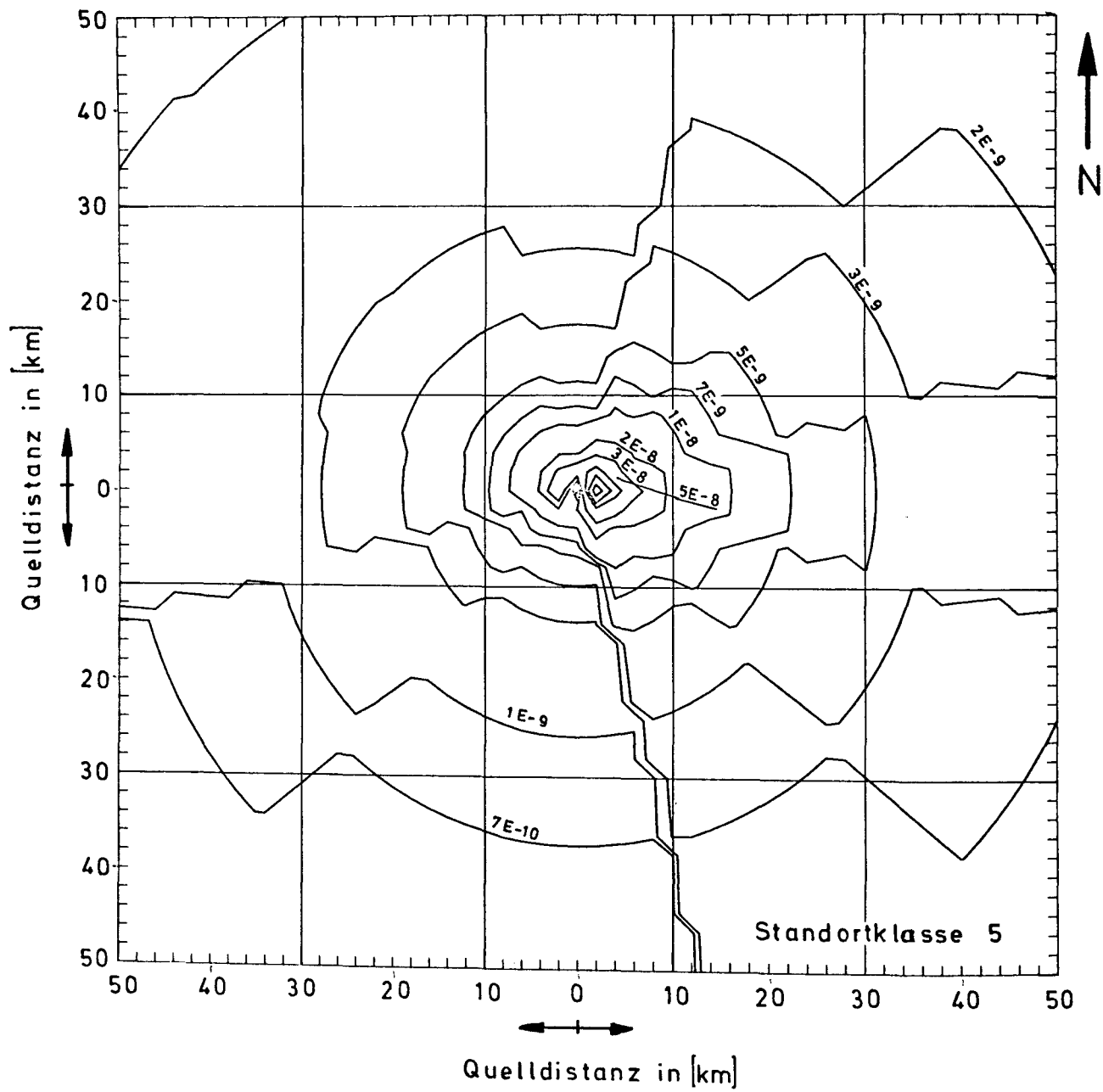


Abb. 3.2.3.e: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 5

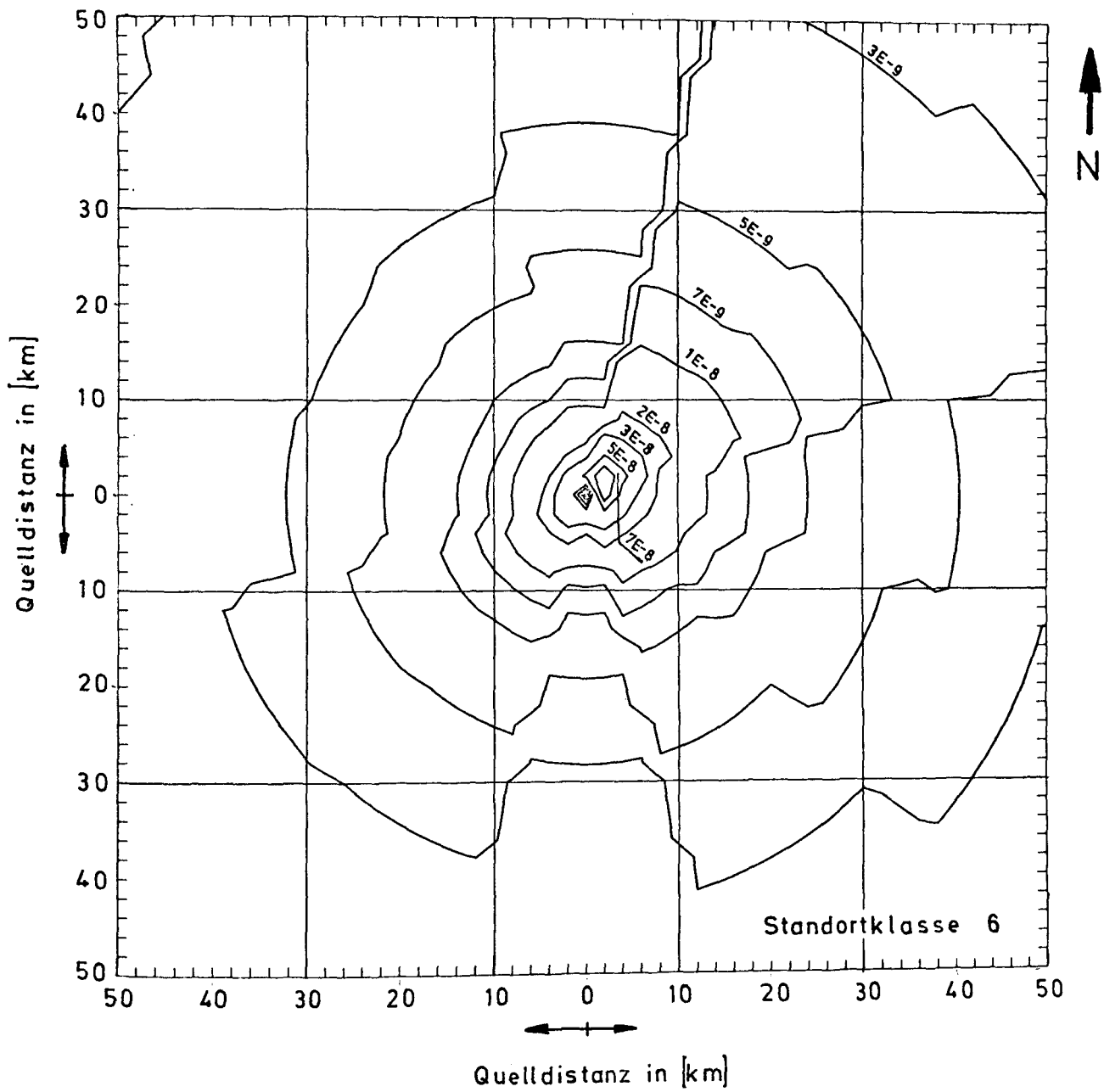


Abb. 3.2.3.f: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 6

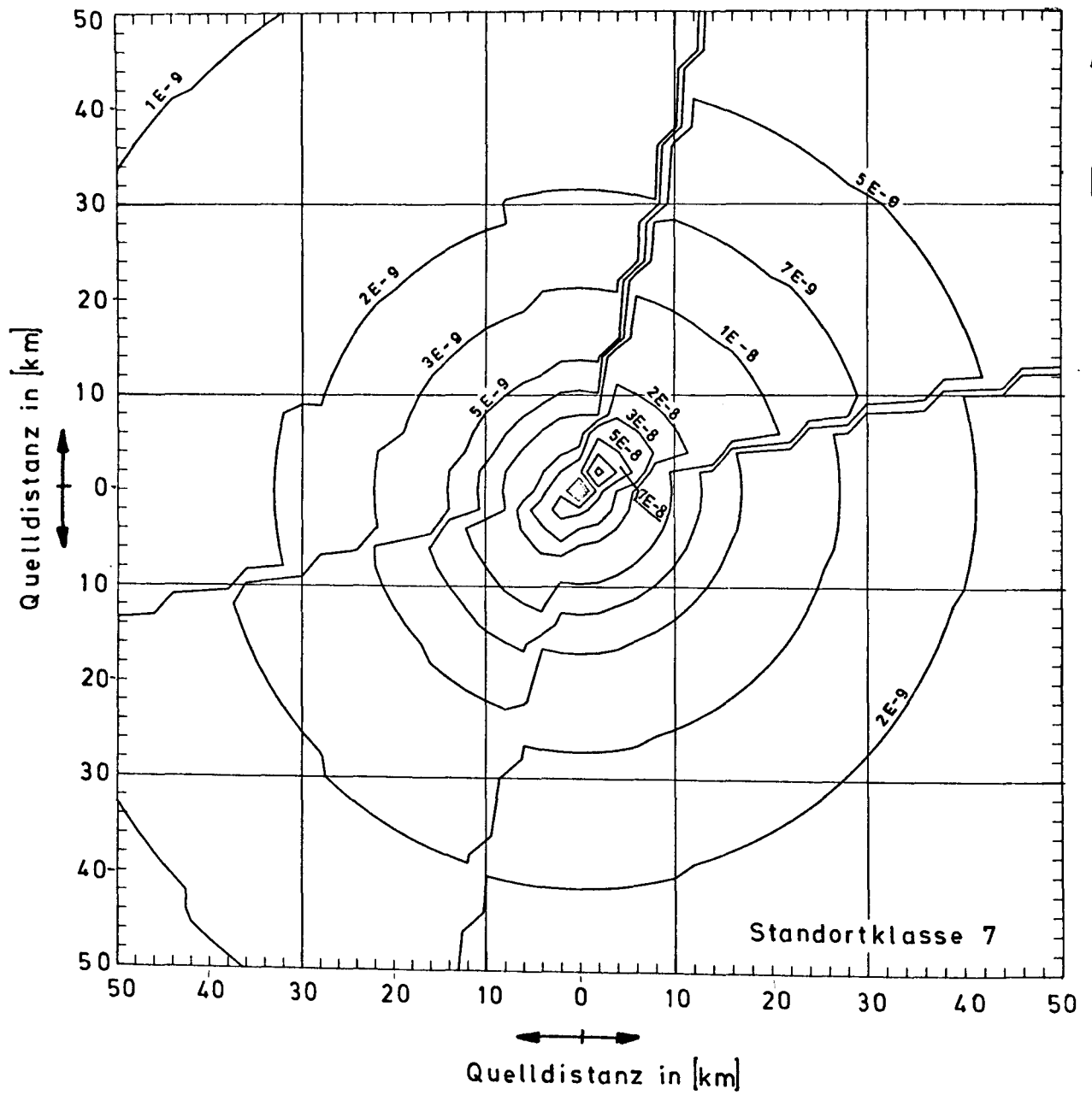


Abb. 3.2.3.g: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 7

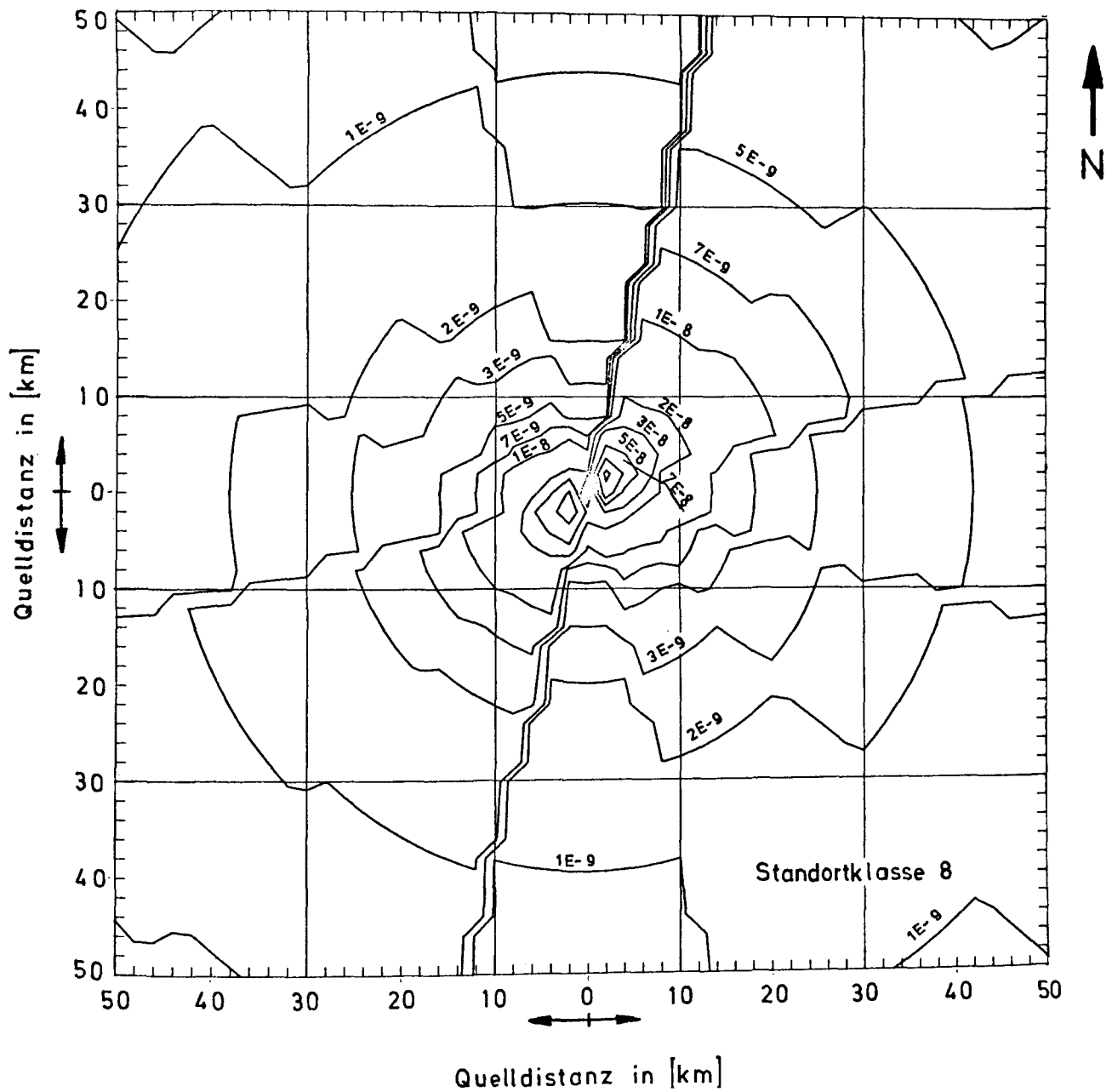


Abb. 3.2.3.h: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 8

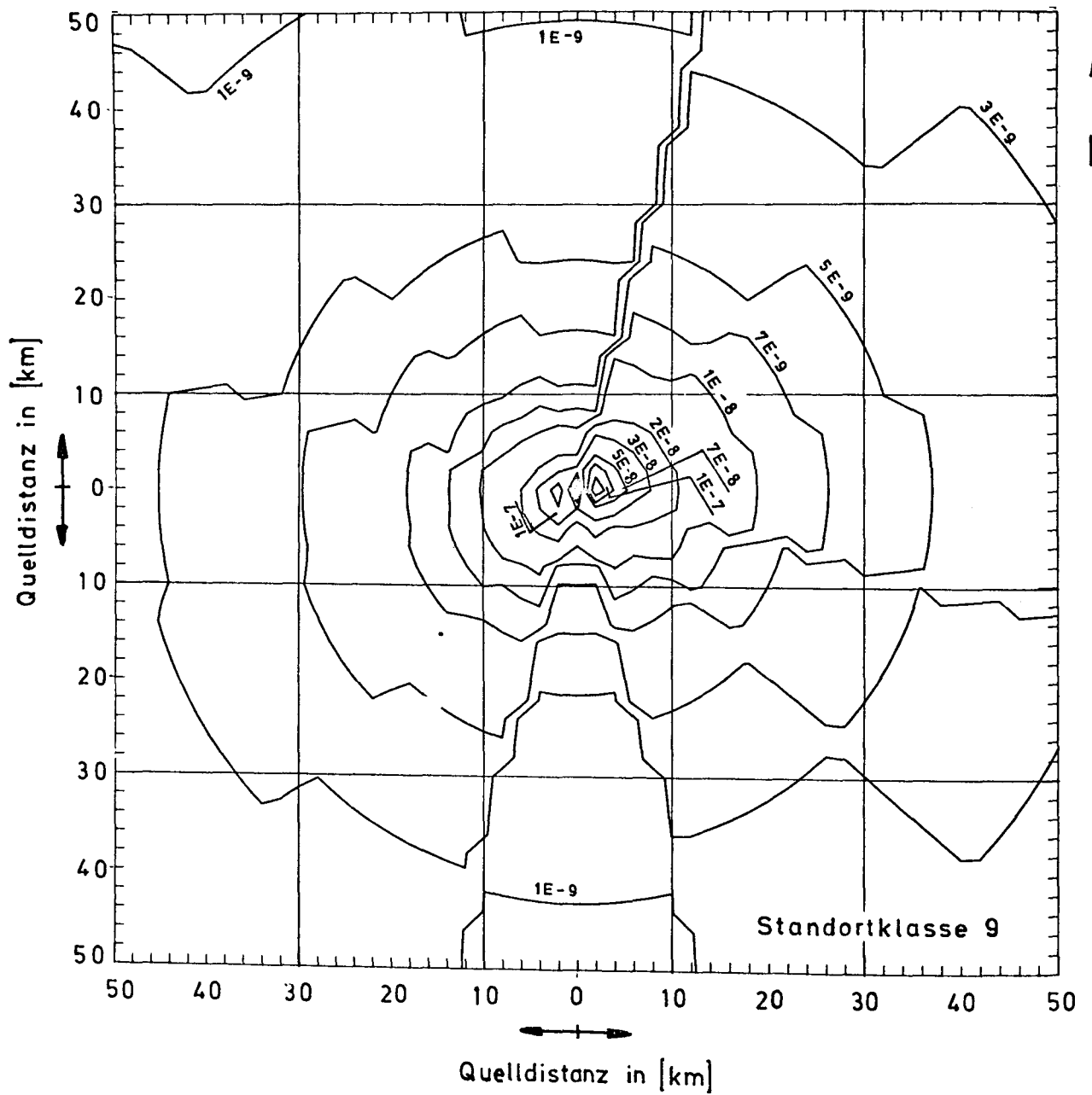


Abb. 3.2.3.j: Darstellung der sektor- und quelldistanz-abhängigen Langzeitausbreitungsfunktionen $I_{iv}(x)$ für die Standortklasse 9

mit dem üblichen Potenzansatz Gl. (3.2.3.2) für die Ausbreitungsparameter σ und dem Amplitudenparameter ξ approximiert. Für $\kappa = 6$ ergaben sich 13 Parameter, mit denen die Approximation bis auf 0,4 % genau durchgeführt werden konnte. Dieser Fehler liegt unterhalb der Zeichengenauigkeit. Wegen

$$\bar{I}_i(x) = p_i \cdot \bar{I}(x)$$

nach Kap. (3.2.2) lassen sich die Approximationsergebnisse $I_{\mu, \text{NORD}, \text{SÜD}}(x)$ zur Anpassung an die verschiedenen, mittleren Windrichtungsverteilungen in den Standortklassen mit den nach Gleichung (3.2.2.4) erhaltenen Häufigkeitsmitteln p_{iv} multiplizieren und man erhält Gl. (3.2.3.1). Die Windrose ist in 12 Sektoren eingeteilt und die p_{iv} sind wegen der mathematischen Geschlossenheit von Gl. (3.2.3.2) im Gegensatz zu der in der Meteorologie üblichen Definition hier um 180° versetzt definiert. In der Meteorologie bezeichnen die Windrichtungshäufigkeiten p_i die Wahrscheinlichkeit, mit der der Wind aus Richtung i kommt. In Gleichung (3.2.3.1) soll sich durch Multiplikation mit p_i auch eine Belastung in Sektor i ergeben. Daher geben sie in dieser Studie die Wahrscheinlichkeit an, mit der der Wind in Richtung des Sektors i, also in Ausbreitungsrichtung weht. Die so definierten p_i -Verteilungen seien im folgenden mit Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsrichtung bezeichnet.

Die durch Approximation von $I_{\mu, \text{NORD}, \text{SÜD}}$ erhaltenen Parameter $\xi_{\kappa v}$, $a_{\kappa v}$ und $b_{\kappa v}$ haben rein mathematische Bedeutung. Da sie wegen der vorgenommenen Mittelwertbildungen etliche Summationseffekte enthalten, lassen sich die erhaltenen $\sigma_{\kappa v}(x)$ nur bedingt als Ausbreitungsparameter für verschiedene "effektive Diffusionskategorien" deuten. Sie sind in Abb. 3.2.3.k und l als Funktion von x für die Parameter $\kappa = 1$ bis 6 und die Basisklassen NORD und SÜD graphisch dargestellt.

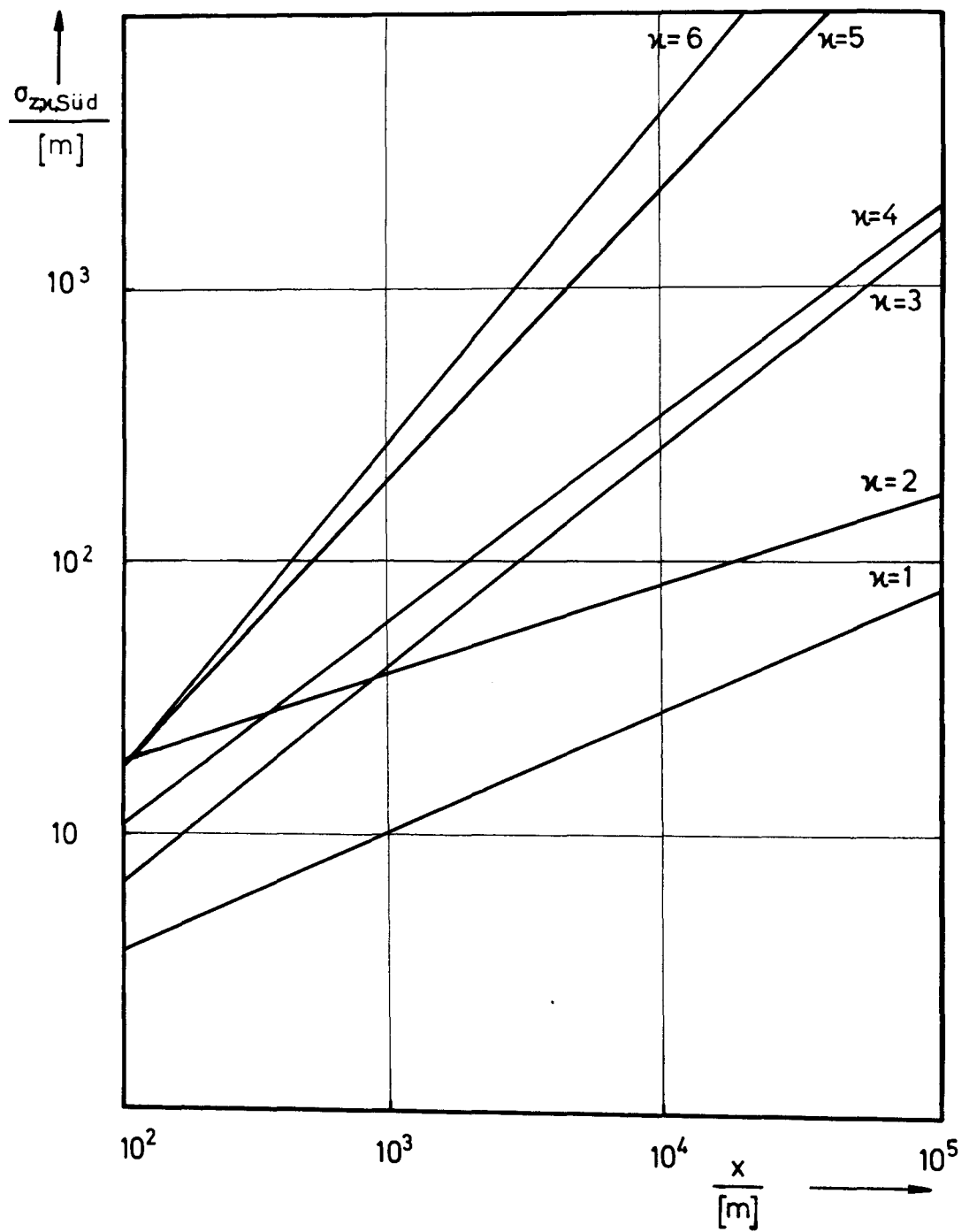


Abb. 3.2.3.k : Vertikalparameter für die Basisstand-
ortklasse NORD

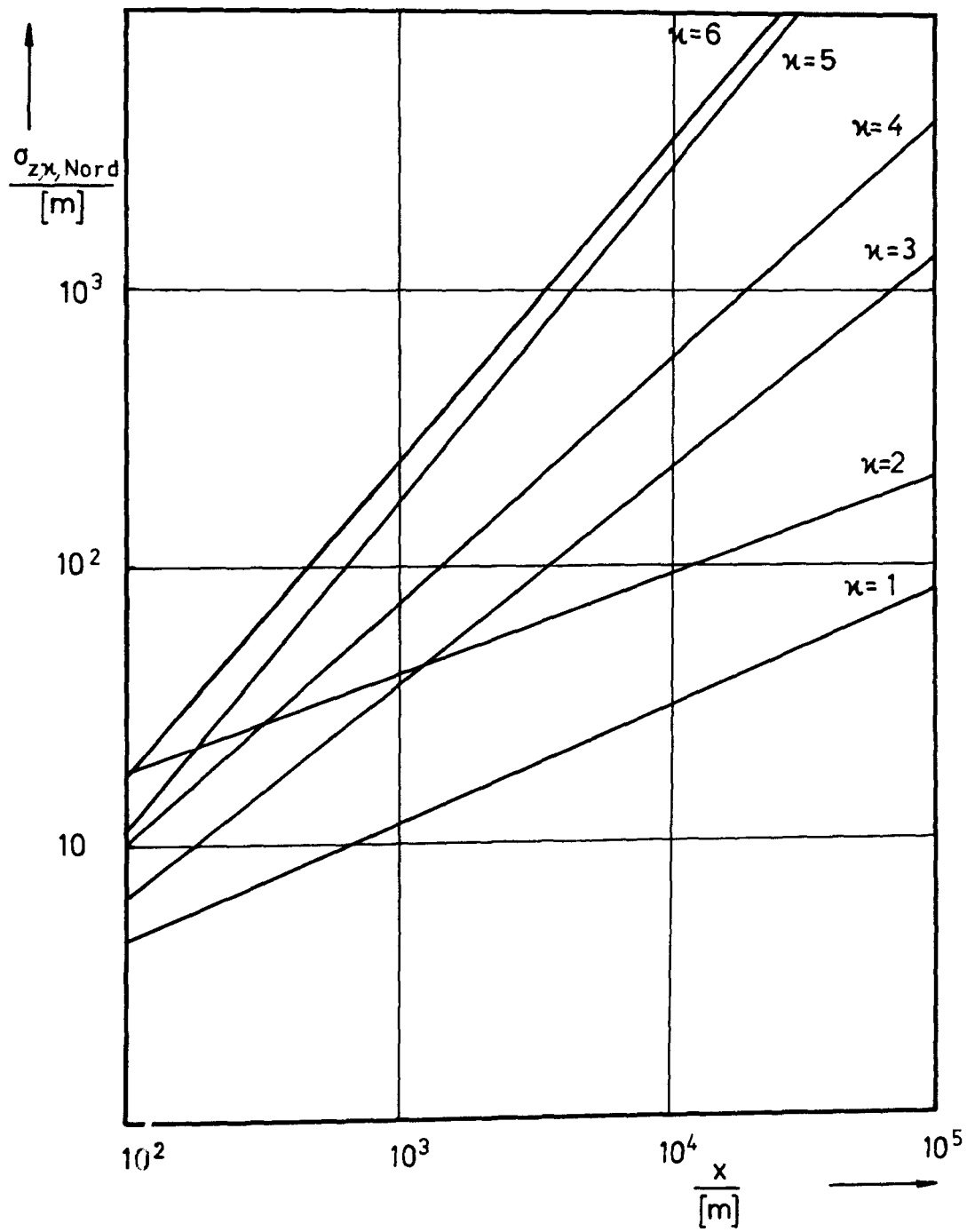


Abb. 3.2.3.1 : Vertikalparameter für die Basisstandort-
klasse SÜD.

3.3 Fehlerrechnungen im Rahmen des verwendeten Ausbrei- tungsmodells.

Gegenstand der Abschätzungen sind nur diejenigen Fehler, die bei der Herleitung der meteorologischen Standortklassen im Rahmen des in Kap. 2 beschriebenen Ausbreitungs- und Parametersystems zugelassen wurden. Für die in diesem Rahmen exakte sektorabhängige Langzeitausbreitungsfunktion, die die Verhältnisse am zu betrachtenden Standort l' in der Standortklasse v richtig wiedergibt, gilt

$$I_{il',v}(x) = I_{iv}(x) + \{\Delta I'_{iv}(x) + \Delta I''_{iv}(x)\} \quad (3.3.1)$$

mit

$$\Delta I'_{iv}(x) = f_p I_{il',v}(x) \quad (3.3.2)$$

$$\Delta I''_{iv}(x) = I_{iv}(x) - I'_{iv}(x) \quad (3.3.3)$$

Der relative Fehler ergibt sich dann aus (3.3.1) zu

$$f_v = \frac{I_{il',v}(x) - I_{iv}(x)}{I_{il',v}(x)} = \frac{|\Delta I'_{iv}(x) - \Delta I''_{iv}(x)|}{I_{il',v}} \quad (3.3.4)$$

Dabei sind:

$I_{iv}(x)$ $\equiv$ der Langzeitausbreitungsfunktion nach Gl. (3.2.3.1), die für die jeweiligen Standortklassen anzuwenden ist.

$\Delta I'_{iv}(x)$ $\equiv$ dem Fehler, der bei der Annahme $p_{ijk} = p_i \cdot p_{jk}$ gemacht wird.

$\Delta I''_{iv}(x) \equiv$ dem Fehler, der aufgrund der Mittelwertbildung in den einzelnen Standortklassen für verschiedene Stationen innerhalb dieser Klassen im Mittel entsteht.

$I'_{iv}(x) \equiv$ der Langzeitausbreitungsfunktion, die sich ergeben würde, wenn die Langzeitausbreitungsfunktionen aller Stationen innerhalb einer Standortklasse sich nicht voneinander unterscheiden würden, die Mittelungsfehler also entfielen.

Weiter gilt

$$I'_{iv}(x) = p_{iv} I_{\mu,N,S}(x)$$

$$I_{iv}(x) = p_{iv}(1 \pm n s_{pv}) \cdot I_{\mu,N,S}(1 \pm n \bar{s}_{N,S})$$

$$= p_{iv} I_{\mu,N,S}$$

$$\cdot \{ 1 \pm n s_{pv} \pm n \cdot \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \cdot \bar{s}_{N,S} \}$$

$$= I'_{iv}(x) + I'_{iv}(x) \cdot$$

$$\cdot \{ \pm n s_{pv} \pm n \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \cdot \bar{s}_{N,S} \}$$

Damit ergibt sich für (3.3.3)

$$\Delta I''_{iv}(x) = I'_{iv}(x) \cdot \{ \pm n s_{pv} \pm n \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \cdot \bar{s}_{N,S} \}$$

(3.3.5)

Mit (3.3.2) und (3.3.5) in (3.3.4)

$$f_v = \frac{|f_p I_{il,v}(x) + I'_{iv}(x) \{ \pm n s_{pv} \pm n \cdot \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \bar{s}_{N,S} \}|}{I_{il,v}(x)} \quad (3.3.6)$$

Außerdem ist

$$\begin{aligned} \pm f_p &= \frac{I_{il,v}(x) - I'_{iv}(x)}{I_{il,v}(x)} \\ &= 1 - \frac{I'_{iv}(x)}{I_{il,v}(x)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow I'_{iv}(x) = (1 \mp f_p) I_{il,v}(x) \quad (3.3.7)$$

Mit (3.3.7) in (3.3.6)

$$f_v = |f_p + (1 \mp f_p) \{ \pm n s_{pv} \pm n \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \bar{s}_{N,S} \}| \quad (3.3.8)$$

$$n = \begin{cases} 1; & \text{für 68 \% der Stationen in der Klasse (v)} \\ 2; & \text{für 95,5 \% der Stationen in der Klasse (v)} \end{cases}$$

f_v ist sektor- und quelldistanzunabhängig, weil es sich bei f_p und s_{pv} um Mittelwerte handelt, die sowohl über die einzelnen Sektoren als auch über eine Quelldistanz von $100 \text{ m} \leq x \leq 100 \text{ km}$ gebildet wurden, Gl. (3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.5).

$$\begin{aligned} \text{MAX } \{f_v\} &= \text{MAX } \{|f_p + (1+f_p) (\pm n s_{pv} \pm s_{N,S} + n^2 s_{pv} \bar{s}_{N,S})|\} \\ &= f_p + (1+f_p) \{ + n s_{pv} + n \bar{s}_{N,S} + n^2 s_{pv} \bar{s}_{N,S} \} \end{aligned}$$

wegen $f_p, s_{pv}, \bar{s}_{N,S} > 0$

Für die angegebenen 9 Standortklassen erhält man dann eine maximale Fehlerbrandbreite von

$$0,43 \leq f_v \leq 1,14 \quad \text{für 68 \% aller Stationen innerhalb einer Standortklasse}$$

und

$$0,82 \leq f_v \leq 2,18 \quad \text{für 95,5 \% aller Stationen innerhalb einer Standortklasse}$$

Außer dieser Fehlerabschätzung wurde auch eine direkte Vergleichsrechnung zwischen den Langzeitausbreitungsfunktionen, die mit einer 3-dimensionalen Statistik errechnet wurden und denen, die nach der Standortklasseneinteilung für den jeweils zu betrachtenden Standort gültig sind, durchgeführt.

Folgende Fehler wurden definiert

- a) Der windrichtungsabhängige Fehler für den Standort l' in der Standortklasse v .

$$f_{il',v} = \frac{1}{100 \text{ km}} \int_0^{100 \text{ km}} \frac{I_{il',v}(x) - I_{iv}(x)}{I_{il',v}(x)} dx$$

- b) Der mit der Windrichtungshäufigkeit in der jeweiligen Standortklasse gewichtete mittlere Fehler für den Standort l' in der Standortklasse v .

$$f_{l',v} = \sum_i p_{iv} f_{il',v}$$

- c) Der mittlere Fehler, der sich ergibt, wenn man, statt die am jeweiligen Standort gemessenen meteorologischen Daten für die Berechnung der Langzeitausbreitungsfunktion zu verwenden, mit den Mittelwerten für die betreffende Standortklasse rechnet.

$$f_v = \frac{\sum_{l'} f_{l',v}}{L}$$

L = Anzahl der Standorte in der jeweiligen Standortklasse

Die Ergebnisse sind in der Tab. 3.3.α zusammengefaßt.

Da auswertbare 3-dimensionale Statistiken für Standorte in den Standortklassen 1,5 und 8 nicht vorliegen, konnten für diese Klassen keine Fehler angegeben werden. Auch in den übrigen Standortklassen existiert eine 3-dimensionale Häufigkeitsverteilung nur für wenige Standorte, teilweise nur für einen. Daher können die ermittelten, standortspezifischen Fehler nicht als repräsentativ angesehen werden. Sie liegen jedoch alle innerhalb, z.T. sogar unterhalb, der abgeschätzten Fehlerbandbreite.

STANDORT- KLASSE v	STANDORTE	$f_{e,v} / [\%]$	$f_v / [\%]$
2	Hannover	37,8	58
	Bückeburg	78,1	
3	Münster	19,2	33
	Düsseldorf	33,7	
	Bremen	45,7	
	Hamburg	32,5	
4	Köln	31,2	38
	Jülich	45,2	
6	Kassel	55,8	56
7	Frankfurt	111	111
9	Freiburg	111	67
	Passau	31,1	
	Regensburg	35	
	Saarbrücken	70,7	
	Würzburg	64,2	
	Nürnberg	58,1	
	Hof	95,6	

Tab. 3.3.α: Fehler, die sich beim Vergleich der Langzeit-
ausbreitungsfunktionen $I_{i,v}(x)$ und $I_{il,v}(x)$ ergeben
(vergleiche die unter b) und c) zuvor definierten Fehler)

4. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Im Zusammenhang mit kerntechnischen Anlagen, deren Standorte sich noch nicht konkret festlegen, sondern nur bestimmten Standortbereichen zuordnen lassen, eröffnet die vorgenommene Einteilung der BRD in meteorologische Standortklassen und die Angabe der zugehörigen Langzeitausbreitungsfunktionen nach Gl. (3.2.3.1) die Möglichkeit Prognosen zur radiologischen Umweltbelastung für die gesamte BRD durchzuführen, da für jeden zukünftigen Standort kerntechnischer Anlagen innerhalb der BRD eine repräsentative Langzeitausbreitungsfunktion angegeben werden kann. Damit lassen sich, unter Verwendung geeignet definierter Dosisfaktoren die örtlich zu erwartenden Jahresdosen errechnen.

Allerdings sind solche Rechnungen nur im Rahmen gewisser Fehlergrenzen möglich. Abgesehen von systematischen Fehlern, bedingt durch die Anwendung des TAYLOR'schen Ausbreitungsmodells auf die tatsächlichen Ausbreitungsverhältnisse am Standort von kerntechnischen Anlagen, sind die Herleitungen auch dadurch fehlerbehaftet, daß kein einheitliches System zur Quantifizierung der örtlichen Ausbreitungsverhältnisse vorliegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter nach McELROY (St.-Louis-Typen) gelten für extrem rauhe Bodenverhältnisse und sind für 4 Diffusionskategorien definiert. Die MANIER'schen Häufigkeitsverteilungen dagegen gelten für 6 Diffusionskategorien und höchstens geringe Bodenrauhigkeit. Für die Kopplung beider Systeme wird angenommen, daß diese beiden Bedingungen sich in Richtung auf realistische Werte kompensieren.

Die Annahme, daß die für jede Standortklasse errechneten Mittelwerte der Langzeitausbreitungsfunktion an jedem Standort im Bereich der jeweiligen Standortklasse repräsentativ sind, führt ebenfalls zu unterschiedlich großen Abweichungen. Sie könnten durch Auswertung weiteren meteorol. Datenmaterials,

insbesondere durch Berücksichtigung 3-dimensionaler Statistiken für weitere meteorologische Stationen, reduziert werden. Zur Zeit liegen derartige Statistiken jedoch erst für 30 Stationen in der Bundesrepublik Deutschland vor. Das auswertbare Datenmaterial konnte zwar durch zusätzliche Auswertung von 146 Windrichtungshäufigkeitsverteilungen verbessert werden; dennoch sind Fehler der in Kap. 3.3 angegebenen Größenordnung vorläufig bei der Anwendung der angegebenen Langzeitausbreitungsfunktionen in Kauf zu nehmen. Sie erscheinen jedoch angesichts der übrigen Unsicherheiten bei Belastungsprognosen, wie der Bestimmung des zukünftigen Energiebedarfs, der Festlegung von Standorten kerntechnischer Anlagen und der Abschätzung der Emissionsraten radioaktiver Stoffe, akzeptabel.

Abschließend bleibt festzustellen, daß konkrete Standortbeurteilungen, etwa für Sicherheitsberichte im Rahmen von Genehmigungsverfahren, sich immer an den meteorologischen und geographischen Bedingungen des dann als bekannt voraussetzenden reellen Standorts zu orientieren haben werden. Das hier beschriebene Verfahren soll nur langfristige Prognosen für die zukünftige Gesamtsituation der Umweltbelastung durch die Kernindustrie ermöglichen, wobei davon auszugehen ist, daß die Standortfestlegung noch nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich ist, so daß die Zuordnung zu bereichsorientierten Standortklassen zu wesentlichen Vorhersageverbesserungen der regionalen Umweltbelastung etwa gegenüber unspezifischen Mittelwertbetrachtungen führt.

5. ZUSAMMENSTELLUNG DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN

H	(m)	Effektive Emissionshöhe
H _{abs}		Absolute Häufigkeit
i		Index des Windrichtungssektors
I	(sec/m ³)	Langzeitausbreitungsfunktion
I _ū	(s/m ³)	Mittelwert der Langzeitausbreitungsfunktion in den Basisklassen
$\hat{I}_{i1}$	(s/m ³)	Langzeitausbreitungsfunktion definiert nach Gl. (3.2.2.1)
j		Index der Diffusionskategorien
k		Index der Windgeschwindigkeitsstufen
K		Gesamtzahl der meteorologischen Stationen in den jeweiligen Standortklassen (v)
κ		Summationsindex
l		Index der einzelnen meteorologischen Stationen in den Basisklassen
l'		Index der einzelnen meteorologischen Stationen in der jeweiligen Standortklasse (v)
L		Gesamtzahl der meteorologischen Stationen in den einzelnen Basis- klassen

v		Index der einzelnen Standortklassen
p		Wahrscheinlichkeit
s		Standardabweichung
σ_z	(m)	Ausbreitungsparameter in vertikaler Richtung
σ_y	(m)	Ausbreitungsparameter quer zur Ausbreitungsrichtung x
$\bar{u}$	(m/sec)	Mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit
x,y,z	(m)	Ortskoordinaten

6. ANHANG

STATION	geogr. Lage in °N	$\bar{u}$ (10 m) [m / sec]	Windstillen in %	f_{p1} [%]
Uetersen	53,68	4,43	4,8	18,3
Hamburg	53,33	4,11	4,2	13,7
Bremen	53,08	4,51	3,5	9,85
Faßberg	52,9	4,14	6,8	13,3
Hannover	52,43	4,32	1,4	14,6
Rheine	52,27	3,53	8	13,7
Bückeburg	52,25	4,46	4,8	25,4
Münster	51,97	2,83	5,6	9,7
Bocholt	51,83	3,75	4,6	16,3
Kassel	51,32	1,97	9,0	17,7
Düsseldorf	51,27	3,87	2,6	18,2
Fritzlar	51,13	3,09	15,3	22,8
Köln	50,9	3,35	2,9	13,5
Gießen	50,58	2,61	5,4	13,2
N-mendig	50,37	3,3	18,3	21,8
Hof	50,33	3,85	2,8	13,1
Frankfurt	50,03	3,32	13,9	15,5
Würzburg	49,82	3,45	9,7	22,1
Nürnberg	49,45	2,48	12,2	18,1
Saarbrücken	49,25	3,41	5,0	13,0
Regensburg	49,0	2,78	14,3	21,1
Passau	48,51	1,81	10,5	16,1
Freiburg i.B.	48,0	2,37	21,8	28,7
Kaufbeuren	47,88	3,24	8,2	20,5
Friedrichsh.	47,67	2,43	8,9	15,4

Tab. AI: Geographische und meteorologischen Daten für 25 meteorologische Stationen in der BRD. Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{u}$ gilt für eine Höhe von 10 m über ungestörtem Gelände. Mittlere Windgeschwindigkeit und Windstillen wurden (16) entnommen. f_{p1} ist der mittlere Fehler, den man macht, wenn man lineare Unabhängigkeit zwischen der Windrichtungshäufigkeit und der Häufigkeit von Windgeschwindigkeit und Diffusionskategorie annimmt.

[illegible][illegible]

Tab. AII α: Dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen p'_{ijk} der Ausbreitungsbedingungen, Windrichtung i, Windgeschwindigkeit der Stufe k und Diffusionskategorie j für den Standort Jülich.

[illegible][illegible]

Tab. AII β : Dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen p'_{ijk} der Ausbreitungsbedingungen, Windrichtung i , Windgeschwindigkeit der Stufe k und Diffusionskategorie j für den Standort Jülich.

Σ : 1.263E-02 5.230E-03 5.185E-02 8.569E-03 3.911E-03 3.298E-04

Σ 1.505E-02 6.578E-03 1.226E-01 2.156E-02 1.192E-02 6.832E-04

P(J,K) FJER DEN SEKTOR 9

[illegible]

$\Sigma \downarrow$ 1.275E-02 5.676E-03 6.344E-02 1.944E-02 1.272E-02 1.013E-03

P(J,K) FUER DEN SEKTOR 10

[illegible]
$$\Sigma \downarrow 7.539\text{E-}03 \quad 4.003\text{E-}02 \quad 4.109\text{E-}02 \quad 1.477\text{E-}02 \quad 9.117\text{E-}03 \quad 1.131\text{E-}03$$

Tab. AII ε: Dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen p'_{ijk} der Ausbreitungsbedingungen, Windrichtung i , Windgeschwindigkeit der Stufe k und Diffusionskategorie j für den Standort Jülich.

Σ 5.253E-03 2.615E-03 1.979E-02 8.387E-03 6.714E-03 1.272E-03

$$\sum \downarrow \quad 6.832\text{E-}03 \quad 2.209\text{E-}03 \quad 1.616\text{E-}02 \quad 9.046\text{E-}03 \quad 7.916\text{E-}03 \quad 9.423\text{E-}04$$

Tab. AII ζ: Dreidimensionale Häufigkeitsverteilungen p'_{ijk} der Ausbreitungsbedingungen, Windrichtung i , Windgeschwindigkeit der Stufe k und Diffusionskategorie j für den Standort Jülich.

P(J,K) UEBER ALLE SEKTOREN SUMMIERT

$\frac{u_k}{[k/s]}$	F	E	D	C	B	A	$\Sigma \rightarrow$
1	1.560E-02	0.000E+00	6.907E-03	2.450E-03	1.885E-03	4.240E-04	2.735E-02
2	4.069E-02	0.000E+00	1.977E-02	5.890E-03	7.135E-03	9.423E-04	7.447E-02
3	5.642E-02	0.000E+00	2.787E-02	9.255E-03	1.475E-02	1.320E-03	1.097E-01
4	2.368E-02	2.610E-02	4.127E-02	1.508E-02	8.363E-03	2.356E-03	1.168E-01
5	1.048E-02	2.761E-02	4.339E-02	1.607E-02	6.102E-03	3.015E-03	1.067E-01
6	1.955E-03	1.013E-02	6.210E-02	1.595E-02	9.682E-03	6.125E-04	1.004E-01
7	2.356E-04	5.654E-03	6.208E-02	1.511E-02	1.072E-02	0.000E+00	9.480E-02
8	2.356E-05	4.853E-03	5.369E-02	1.489E-02	1.025E-02	0.000E+00	8.370E-02
9	2.356E-06	2.968E-03	4.405E-02	1.388E-02	7.492E-03	0.000E+00	6.841E-02
10	0.000E+00	1.602E-03	4.518E-02	8.292E-03	1.249E-02	0.000E+00	5.633E-02
11	0.000E+00	1.366E-03	4.111E-02	6.408E-03	0.000E+00	0.000E+00	4.888E-02
12	0.000E+00	7.539E-04	2.820E-02	4.193E-03	0.000E+00	0.000E+00	3.215E-02
13	0.000E+00	5.418E-04	2.224E-02	3.015E-03	0.000E+00	0.000E+00	2.580E-02
14	0.000E+00	0.000E+00	1.739E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.739E-02
15	0.000E+00	0.000E+00	1.197E-02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.197E-02
16	0.000E+00	0.000E+00	8.622E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.622E-03
17	0.000E+00	0.000E+00	5.277E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.277E-03
18	0.000E+00	0.000E+00	3.652E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.652E-03
19	0.000E+00	0.000E+00	2.474E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.474E-03
20	0.000E+00	0.000E+00	1.461E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.461E-03
21	0.000E+00	0.000E+00	9.188E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.188E-04
22	0.000E+00	0.000E+00	6.596E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.596E-04
23	0.000E+00	0.000E+00	4.005E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.005E-04
24	0.000E+00	0.000E+00	1.649E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.649E-04
25	0.000E+00	0.000E+00	1.649E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.649E-04
26	0.000E+00	0.000E+00	1.413E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.413E-04
27	0.000E+00	0.000E+00	9.422E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.422E-05
28	0.000E+00	0.000E+00	2.356E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.356E-05
29	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
≥ 30	0.000E+00	0.000E+00	7.067E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.067E-05
$\Sigma \downarrow$	1.491E-01	8.158E-02	5.514E-01	1.315E-01	7.767E-02	8.740E-03	

Tab. A II η : Zweidimensionale Häufigkeitsverteilung p'_{jk} für den Standort Jülich.

SUMME P(I,J,K) UEBER J,K

WINDR	P(I)
1	5.880E-02
2	4.354E-02
3	7.840E-02
4	1.393E-01
5	7.004E-02
6	4.895E-02
7	8.262E-02
8	1.784E-01
9	1.350E-01
10	7.765E-02
11	4.403E-02
12	4.321E-02

Tab. A II ζ : Windrichtungshäufigkeitsverteilung p'_i für den Standort Jülich.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) BRENK, H.D.
Grundlagen zur Berechnung der Umweltbelastung in der
Umgebung kerntechnischer Anlagen für Standorte in
der BRD.
Diplomarbeit am Lehrstuhl für Reaktortechnik der
TH Aachen, 1973
- (2) BAYER, A.

Die altersabhängigen Ingestionsfaktoren g_G und g'_G
von Jod 131
KFK 1582, April 1972
- (3) COMPER, W.

Berechnung der Dosisfaktoren radiologisch wichtiger
Nuklide
KFK 1615, Sept. 1972
- (4) BUNDESMINISTER FÜR BILDUNG UND WISSENSCHAFT

Emissionsquellstärke von Kernkraftwerken, Schriften-
reihe Kernforschung 6, 1972
- (5) PASQUILL, F.

Atmospheric Diffusion van Norstrand, London 1962
- (6) VOGT, K.J.

Umweltkontamination und Strahlenbelastung durch radio-
aktive Abluft aus kerntechnischen Anlagen.
Jül - 637 - ST, Jan. 1970

- (6a) VOGT, K.J.

Dispersion of airborne radioactivity released from nuclear installations and population exposure in the local and regional environment.

IAEA - SM - 181/39

- (7) KLUG, W.

Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen aus synoptischen Beobachtungen, Staub-Reinhaltung der Luft 29, 4, 1969

- (7a) TURNER, D.B.

A diffusion model for an urban area,
Journal of Appl. Met. 3 (1964) 83.

- (8) Mc ELROY, J.L.

A comparative study of urban and rural dispersion.
J. of Applied Meteorology 8,1,19,1969

- (9) MANIER, G.

Eine neue Methode zur Bestimmung von Schornstein-mindesthöhen.

VDI- Berichte, Nr. 149, 1970

- (10) MANIER, G.

Bestimmung der erforderlichen Schornsteinhöhe, Unterlagen und Vorschlag zu einer Neufassung der VDI-Richtlinie.

Institut für Meteorologie, TH-Darmstadt,
Oktober 1968

- (11) SINGER, I.A., SMITH, M.E.

Atmospheric dispersion at Brookhaven National
Laboratory
Air and Wat. Pollut. Int. J.
Pergamon Press, Vol. 10, pp 125-135, 1966
- (12) SINGER, I.A., SMITH, M.E.

Relation of gustiness to other meteorological
parameters J. of Met., Vol. 10, April 1953
- (13) VOGT, K.J., POLSTER, G.

Persönliche Mitteilungen
- (14) POLSTER, G.

Mittelwerte der Windgeschwindigkeit und der Wind-
richtungsschwankungen für die Berechnung der Aus-
breitung radioaktiver Abluft und Vergleiche mit
dem Brookhaven System.
Kernforschungsanlage Jülich,
Zentralabteilung Strahlenschutz,
Interner Bericht Nr. 92, Dez. 1966
- (15) BRESSER, H., ESCHBACH, E.

Studie zur Ermittlung der radiologischen Aus-
wirkungen störfallbedingter Freisetzungen radioak-
tiver Spaltprodukte aus kerntechnischen Anlagen,
insbesondere Kernkraftwerken in die Luft.
TÜV-Bericht 1972
- (16) MANIER, G., GRIMM

Persönliche Mitteilungen
- (17) GILBERT,

Persönliche Mitteilungen

- (18) MANIER, G.

Untersuchungen über meteorologische Einflüsse
auf die Ausbreitung von Schadgasen.
Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 124
Offenbach 1971
- (19) Forschungsvorhaben "Radioaktive Umweltbelastung
in der Bundesrepublik Deutschland durch aus Kern-
reaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen freige-
setztes H 3, Kr 85, J 129, J 131, Xe 133 im näch-
sten Jahrhundert", gefördert vom Bundesministerium
des Inneren unter dem Kennzeichen St. Sch. 600.
(Ein zusammenfassender Bericht erscheint in Kürze)
- (20) Klimaatlanten der deutschen Länder:
Schleswig-Holstein, Niedersachsen (Hamburg, Bremen),
Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Hessen,
Baden-Württemberg und Bayern.
Herausgeber: Selbstverlag des Deutschen Wetter-
dienstes in Offenbach a.M.
- (21) Klimaatlas der Deutschen Demokratischen Republik
- (22) Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland,
herausgegeben vom Deutschen Atomforum, bearbeitet
für den Stand März, 1974 von der atw-Redaktion
Atomwirtschaft, April 1974, S. 187
- (23) Recommendations of the International Commission
on Radiological Protection, Publication 2
Report of Committee II on Permissible Dose for
Internal Radiation
Pergamon Press, New York, 1959
- (24) SCHWARZ, G.

Programm zur Berechnung der radioaktiven Umwelt-
belastung in der Bundesrepublik Deutschland,
Lehrstuhl für Reaktortechnik der RWTH Aachen