

Dr. Karsten Hinrichsen  
- Diplom-Meteorologe -  
Eimsbütteler Chaussee 10  
2000 Hamburg 19

Vortrag auf dem  
Radioökologiesymposium am  
15./16. 10. 81 in Stuttgart

Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre:  
Kritik der Ausbreitungsparameter, Kritik des maximalen  
Aufpunktes

Zusammenfassung

Beim jetzigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand Berechnungsmethoden und Parameter für die Berechnung der Ausbreitung radioaktiver Emissionen mit der Abluft in einer Radioökologieverordnung festzuschreiben ist nicht vertretbar.

Die in der Richtlinie zu § 45 StrlSchV vom August 1979 und in ihrer Neufassung vom Oktober 1981 verwendeten Ausbreitungsparameter sind zur Abschätzung der Strahlenbelastung nicht brauchbar, solange keine Vertrauensbereiche angegeben werden.

Das Konzept der Langzeitausbreitung (maximaler Aufpunkt) führt zu einer Unterschätzung der Strahlenbelastung.

Gliederung:

1. Einleitung
2. Kritik am Informationsfluß aus den Kernforschungszentren
3. Kritik an der Methodik und den Parametern zur Berechnung der Ausbreitung radioaktiver Emissionen mit der Abluft
  - 3.1. Hintergrund
  - 3.2. Modellannahmen
  - 3.3. Überprüfung der Auswertung der Tracerexperimente
4. Bewertung
5. Literatur
6. Abbildungen

## 1. Einleitung

In der Einladung zum Radioökologiesymposium am 15./16. Oktober 1981 in Stuttgart heißt es: "Deshalb ist es das Ziel dieses Symposiums, die teilweise unterschiedlichen Standpunkte verschiedener Wissenschaftlergruppen zu Problemen der Radioökologie darzustellen und zu diskutieren. Dabei sollen insbesondere vorhandene kontroverse Auffassungen vorgetragen und nach Möglichkeit zusammengeführt werden".

Vergleicht man diesen Anspruch mit der politischen Wirklichkeit, so muß man feststellen, daß die Neufassung der maßgeblichen Richtlinie zu § 45 StrISchV bereits in der Woche vor dem Symposium ohne die Beteiligung "kritischer" Wissenschaftler erfolgte.

## 2. Kritik am Informationsfluß aus den Kernforschungszentren

Auf der wissenschaftlichen Ebene ist die fachliche Diskussion durch einen mangelhaften Informationsfluß aus den Kernforschungszentren Jülich und Karlsruhe erheblich behindert, im Gegensatz zu dem, was Bundeskanzler Helmut Schmidt auf der Jahrestagung 1977 der Deutschen Forschungsgemeinschaft sagte, /1/: "In einer demokratischen Gesellschaft ist Durchsichtigkeit, ist Transparenz von Wissenschaft und Forschung eine Bringschuld. Nicht Holschuld für 60 Millionen Bürger, sondern Bringschuld der Wissenschaftler und Forscher selbst".

Zwei Beispiele aus meinem Fachgebiet mögen diese Situation verdeutlichen: Vom Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden bisher die Arbeiten /2/ und /3/ nicht veröffentlicht, obwohl sich die Berechnung der Unfallfolgen in der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS), /4/, auf diese Berichte stützt. Obwohl also die Aussagen der DRS bisher - zumindest auf dem Gebiet der Meteorologie - nicht nachprüfbar sind, werden sie bereits von Politikern zur Legitimation weitreichender Entscheidungen verwendet.

Die Herausgabe der Daten der Jülicher Ausbreitungsparameter wurde bisher mit dem Argument verweigert, daß noch Fehler in den Windwerten stecken. Die in der Richtlinie /5/ des BMI angegebenen Werte für die Ausbreitungsparameter gehen aber auf diese Daten zurück. Es widerspricht meinem Verständnis von Demokratie, Richtlinien zu erlassen, deren Parameterwerte auf unveröffentlichten und fehlerhaften Daten basieren.



### 3. Kritik an der Methodik und den Parametern zur Berechnung der Ausbreitung radioaktiver Emissionen mit der Abluft

Der Hauptteil meiner Ausführungen soll zeigen, daß die Ausbreitungsparameter, die in die Neufassung /6/ der Richtlinie /5/ aufgenommen wurden, einer wissenschaftlichen Überprüfung nicht standhalten. Des weiteren wird dargelegt, daß der Teil der Berechnungsgrundlagen, der die luftgetragene Verteilung der freigesetzten Nuklide beschreibt, zu einer Unterschätzung der Strahlenbelastung führt.

#### 3.1. Hintergrund

Die Ausbreitungsparameter der bisherigen Richtlinie, /5/, sind statistisch nicht abgesichert. So wurden z.B. die Parameter für die Ausbreitungs Klasse F lediglich aus einem Experiment bestimmt. Abb. 1 zeigt die Tabelle der ersten 39 Tracerexperimente aus Jülich /7/. Der Vergleich mit dem in /5/ verwendeten Parametersatz, s. Abb. 2, zeigt, daß genau die Parameter des 15. Experiments aus Jülich (das zudem mit einer Quelhöhe von 50 m (statt 100 m) durchgeführt wurde) in die Richtlinie für Klasse F aufgenommen wurde.<sup>1</sup> Da bekanntermaßen der Schwankungsbereich in den einzelnen Klassen sehr groß ist (s. z.B. Abb. 7), muß dieses Vorgehen als wissenschaftlich unseriös angesehen werden. Es läßt sich nur durch Zeitdruck erklären.

Um zu einer besseren statistischen Absicherung zu gelangen, hat der Radioökologieausschuß der Strahlenschutzkommission beschlossen, die Tracerexperimente aus Jülich und Karlsruhe zusammenzuwerfen (poolen). Das Zustandekommen, /8/, der in /6/ verwendeten Ausbreitungsparameter, s. Abb. 3, wird in 3.3. erläutert und kritisiert. Die VDI-Kommission Reinhaltung der Luft hat diesen Datensatz auf ihrer Ausschusssitzung "Grundlagen des Transports und der turbulenten Diffusion" am 13./14. April 1981, /9/, als nicht homogen bewertet, s. Abb. 4.

#### 3.2. Modellannahmen

Die Kontinuitätsgleichung für eine Luftbeimengung der Konzentration  $c$  lautet:

$$(1) \quad \frac{\partial c}{\partial t} = -u \frac{\partial c}{\partial x} - v \frac{\partial c}{\partial y} - w \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} A_x \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} A_y \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} A_z \frac{\partial c}{\partial z} + Q$$

wobei  $x, y, z$  die Ortskoordinaten,  $t$  die Zeit,  $u, v, w$  die Geschwindigkeitskomponenten,  $A_x, A_y, A_z$  die turbulenten Austauschkoefizienten und  $Q$  die Quellstärke ist. Alle abhängigen Variablen  $c, u_i, A_i, Q$  sind Funktionen der Ortskoordinaten und der Zeit.

Diese Differentialgleichung läßt sich in voller Allgemeingültigkeit nur mit numerischen Methoden lösen, z.B. /10/, /11/, /12/, /13/.

Die in den Richtlinien /5/ und /6/ für eine Punktquelle verwendete Formel

$$(2) \quad c(x, y, z, H) = \frac{\bar{Q}}{\pi \sigma_y \sigma_z \bar{u}} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\}$$

ist eine analytische Lösung von (1), wenn die in (1) unterstrichenen Terme vernachlässigt werden, Stationarität und homogene Windgeschwindigkeit  $u = \bar{u}$  angenommen,

$A_i = u \frac{d}{dx} \left( \frac{\sigma_i^2(x)}{2} \right)$  für  $i = y, z$  gesetzt und Reflexion am (ebenen) Boden angenommen wird:  $\left( K \frac{\partial c}{\partial z} \right)_0 = 0$ , d.h. die Ablagerungsgeschwindigkeit  $V_D = 0$ . Daher ist die Gauß-Formel unbrauchbar bei instationären Wetter- und Emissionsbedingungen (Störfälle) sowie bei für Ausbreitungsfragen besonders wichtigen Wetterlagen, z.B. Scherwinde, low-level jet, Schwachwinde, fumigation, trapping, freie Inversion. Darüber hinaus wird das Diffusionsverhalten der Atmosphäre in (meist 5-7) Ausbreitungsklassen gepreßt, so daß im Einzelfall große Abweichungen auftreten können. Die die Klassen charakterisierenden  $\sigma_i = a_i x^{b_i}$  werden experimentell bestimmt.

Diskussion: 1. Es wird immer wieder behauptet, daß die besonderen Ausbreitungsbedingungen, d.h. solche, in denen die Gauß-Formel nicht angewendet werden kann, im Langzeitmittel nur einige Prozent ausmachen, z.B. /14/. Die in /15/ angeführten Argumente widerlegen diese - statistisch schlecht abgesicherten - Aussagen.

Ein Beispiel:

Wegen der Vernachlässigung der horizontalen Diffusion  $\frac{\partial}{\partial x} A_x \frac{\partial c}{\partial x}$  wird die Gauß-Formel nur für Windgeschwindigkeiten  $\geq 1$  m/s angewendet. Abb. 5 zeigt, daß z.B. am Standort Obrigheim an nahezu 40% der Jahresstunden die Windgeschwindigkeit  $\leq 1$  m/s ist, die Gauß-Formel also fast während der Hälfte des Jahres nicht angewendet werden kann, /16/.

2. Die verheerenden Auswirkungen von fumigation können mit den in /5/ und /6/ angegebenen Parametern nicht abgeschätzt werden, s. Abb. 6. Unbestritten ist, daß Nuklide, die bei stabilen Wetterlagen in 100 m Höhe freigesetzt werden, über sehr große Entfernungen hinweg sehr konzentriert beisammen bleiben können. Treffen sie dann, z.B. bedingt durch den Wärmeinseleffekt einer Großstadt, auf eine interne Grenzschicht mit größerem Austauschvermögen, werden die Nuklide zu Boden gerissen und verursachen eine große Bodenkontamination /17/, /18/, /19/.



Zusätzlich tritt fumigation fast täglich für kurze Zeit in den Vormittagsstunden beim Abbau der nächtlichen Bodeninversion auf, /20/, /21/.

3. Eine große Anzahl von Arbeiten, z.B. /22/, /23/, /24/ belegt, daß durch Klasseneinteilungen das Ausbreitungsverhalten der Atmosphäre nicht richtig beschrieben wird. In /25/ wird ein Verfahren vorgestellt, das ohne Klassen auskommt.

4. Die Werte für die Washoutkonstante und Ablagerungsgeschwindigkeit haben einen großen Schwankungsbereich, letztere von null bis 10 cm/s. Ihr Einfluß kann durch Mittelwerte nicht adäquat wiedergegeben werden. Als weitere Schwierigkeit kommt der Befund hinzu, daß die Ablagerungsgeschwindigkeit eine Funktion von Tageszeit, Wachstumsphase der Flora und des Feuchtigkeitsgehalts auf den Blättern ist /26/.

5. Kritik am Konzept des Langzeitausbreitungsfaktors.

a. Es ist immer wieder darauf hingewiesen worden, daß die Gauß-Formel sich nicht zur Berechnung von Kurzzeitemissionen eignet. Trotzdem wird sie zur Bestimmung der Folgen einstündiger Emissionen verwendet, z.B. in der DRS und auch zur Berechnung des Langzeitausbreitungsfaktors, der die Summe über stündliche Ausbreitungssituationen eines Jahres darstellt.

b. Bei den Emissionen von AKWs handelt es sich im wesentlichen um diskontinuierliche Abgaben, die während Brennelementwechseln, Schnellabschaltungen, An- und Abfahrphasen getätigt werden.

c. Der maximale Aufpunkt nach der Richtlinie /5/ ist nicht das Mittel aus den 8760 Stunden eines Jahres, so daß sich die fehlerhaften Einflüsse falscher Ausbreitungsparameter nicht zwangsläufig ausmitteln.

Begründung:

aa) Der maximale Aufpunkt liegt in Hauptwindrichtung, dorthin weht der Wind nur in ca. 12% der Jahresstunden.

bb) Die stabilen Ausbreitungsklassen tragen nicht zur Konzentration am maximalen Aufpunkt bei, da die Nuklide den Erdboden erst in größerer Entfernung erreichen, s. Abb. 3. Stabile Ausbreitungsbedingungen treten, je nach Standort, an 20-40% der Jahresstunden auf, s. z.B. Abb. 5.

cc) Nur die niedrigen Windgeschwindigkeiten tragen zur Konzentration am maximalen Aufpunkt bei, da diese im Nenner der Gauß-Formel steht. Je nach Standort sind es nur 20 bis 60% der Jahresstunden.

• Deshalb tragen nur  $0.12 * 0.8 * 0.6 = 6\%$  der Jahresstunden zur Konzentration am maximalen Aufpunkt bei.

dd) Die Bedeutung von Niederschlagsereignissen für Kurzzeitbelastungen wird durch das Mitteln übers Jahr verschleiert. Bei Niederschlägen kann die Bodenkonzentration durch washout mehr als das Zehnfache durch fallout betragen, Abb. 12.

ee) Da nach der Richtlinie /5/ in einer Stunde bis zum 20-fachen der mittleren jährlichen Stundenemission getätigt werden darf, der Langzeitausbreitungsfaktor ca.  $X^L = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s/m}^3$  beträgt, der Kurzzeitausbreitungsfaktor nach /8/, s. Abb. 3, für die Klassen B, C und D über  $1 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}^3$  beträgt und diese Klassen mit einer Häufigkeit von über 70% im Jahr auftreten können, s. Abb. 5, ergibt sich folgender Tatbestand:

Mit dem Langzeitkonzept beträgt die Jahresdosis

$$D_a = 8760 * Q_h^L * X^L * K_g$$

Mit dem Kurzzeitkonzept beträgt die Dosis als Folge nur einer einstündigen Emission:

$$D_h = 20 * Q_h^L * 50 * X^L * K_g = 1000 Q_h^L * X^L * K_g$$

Also schon ca. 8 einstündige Emissionen können zu einer Dosis führen, die der nach /6/ errechneten Jahresdosis gleichkommt.

Treten erhöhte Ablagerungsgeschwindigkeit und Niederschlag auf, muß die Einhaltung des Grenzwertes nach § 45 StrlSchV für einige Nuklide, z.B. J 131, als fraglich angesehen werden.

Daß bisher nur sehr selten J 131-Kontaminationen im Gas nachgewiesen wurden, läßt sich daraus erklären, daß die Umgebungsüberwachung unter Zugrundelegen des Langzeitkonzepts konzipiert wurde. Die Kurzzeitbetrachtungsweise erfordert eine Probenahme nach (erhöhten) Emissionen an den Orten maximaler Immission, die an ganz anderen Stellen liegen können als der maximale Aufpunkt.

### 3.3 Überprüfung der Auswertung der Tracerexperimente

Dieser Abschnitt zeigt auf, mit welchen Methoden die Ausbreitungsparameter, s. Abb. 3, für die Neufassung /6/ der Richtlinie /5/ ermittelt wurden.

Zugrunde gelegt wurden 50 in Jülich und Karlsruhe durchgeführte Ausbreitungsexperimente, s. Abb. 7. Während jeder der aufgeführten Ausbreitungsklassen wurden mehrere Experimente gemacht.



#### Kritik:

1. Der Gültigkeitsbereich der Ausbreitungsparameter ist nicht angegeben. Der Einfluß von Topographie und Bodenrauhigkeit ist groß. Nach Aufnahme der Parameter in die neue Richtlinie ist zu befürchten, daß die Parameter nicht mehr hinterfragt werden und außerhalb ihres Gültigkeitsbereichs angewendet werden.

2. Es wird kein Hinweis gegeben, nach welchen Kriterien einige der durchgeführten Ausbreitungsexperimente nicht in den gepoolten Datensatz aufgenommen wurden, sondern lediglich 50 Experimente.

3. Die bodennahen Konzentrationen einzelner Experimente der gleichen Klasse sind sehr unterschiedlich. Experiment 43 K und 50 K, s. Abb. 7, wurden beide während der Klasse E durchgeführt. Abb. 8 und 9 zeigen, daß sich die bodennahe Konzentration im maximalen Aufpunkt um den Faktor 25 und in 10 km Entfernung um den Faktor 43 unterscheidet.

Bei so großen Unterschieden hat die Zuordnung in die gleiche Klasse keinen Sinn mehr.

4. Es wurde nicht dargetan, ob die in den einzelnen Klassen durchgeführten Experimente (z.B. in Klasse A nur 5) ein ausreichend großes statistisches Kollektiv darstellen. Da keine Vertrauensbereiche angegeben wurden, sind die Mittelwerte, wie sie in die Neufassung der Richtlinie /5/ eingegangen sind, als statistisch nicht abgesichert anzusehen.

5. Abb. 10, entnommen aus /27/ zeigt, was für viele der Experimente gilt: Im oberen Teil der Abb. ist die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung für 10° Sektoren während des 30 min dauernden Experiments angegeben. Von Richtungskonstanz, wie sie die Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Gauß-Formel ist (s. Abschn. 3.2), kann keine Rede sein.

Eine Überprüfung der im Kernforschungszentrum Karlsruhe durchgeführten Ausbreitungsexperimente ergab, daß die windrichtungskonstanten Fälle die Ausnahme darstellen, /28/, /29/. Die Folgerung lautet nicht, daß die Tracerexperimente schlecht durchgeführt wurden, sondern daß die Annahmen, die der Gauß-Formel zugrunde liegen, in der Wirklichkeit (außer für die Ausbreitungsklassen C und D) nur selten anzutreffen sind. Deshalb sollte die Gauß-Formel auch nicht zur Auswertung der Experimente verwendet werden. Erste Ergebnisse /30/ zeigen, daß das in /10/ beschriebene Modell zu realistischeren Aussagen gelangt.

6. Für die Klasse F wurde überhaupt kein Experiment berücksichtigt. Das Berechnen von Parametern für die Klasse F durch Extrapolation einer willkürlichen Kurve 2. Grades (s. Abb. 11) stellt einen eklatanten methodischen Fehler dar. Man muß sich vor Augen halten, daß diese - durch keine Experimente belegten - Parameter in Zukunft für alle Genehmigungsverfahren und in Fragen der Umgebungsüberwachung Verwendung finden werden.

#### 4. Bewertung

1. Die aus dem gepoolten Datensatz abgeleiteten Parameterwerte sollten nicht in die neue Richtlinie /6/ aufgenommen werden, weil:

- a) Die Ausbreitungsparameter der neuen Richtlinie /6/ sind von Daten abgeleitet, die nicht homogen sind und systematische Fehler aufweisen.
- b) Die Auswertung der Tracerexperimente erfolgte mit der Gauß-Formel, deren Voraussetzungen für viele der Experimente verletzt sind.
- c) Die Auswertung weist methodische Fehler auf.
- d) Der Gültigkeitsbereich der Parameterwerte wurde nicht angegeben.
- e) Der Vertrauensbereich und die Fehlerbreiten der Parameterwerte sind nicht abgeschätzt worden.
- f) Die Parameterwerte für die Ausbreitungs klasse F stützen sich auf keine Experimente.

2. Das Konzept des Langzeitausbreitungsfaktors beschreibt die Realität weniger exakt als die Kurzzeitbetrachtungsweise. Das Abstellen auf den "maximalen Aufpunkt" führt zu einer Unterschätzung der Strahlenbelastung.

- a) Die Emissionen von Atomkraftwerken sind nicht kontinuierlich.
- b) Der Langzeitausbreitungsfaktor ergibt sich als Summe von lediglich ca. 6% der Jahresstunden.
- c) Die maximalen Belastungen treten in einzelnen Jahren an Punkten auf, wo die Immission - bedingt durch die Korrelation von erhöhten Abgaben und ungünstigen Ausbreitungsbedingungen - am größten ist. Diese Orte können ganz woanders liegen und höhere Belastungen aufweisen als der maximale Aufpunkt.
- d) Die Bedeutung des Niederschlags auf die Strahlenbelastung wird durch die Langzeitbetrachtungsweise weggemittelt.



5. Literatur

- /1/ Schmidt, Helmut: Rede anlässlich der Jahrestagung 1977 der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Hamburg.
- /2/ Vogt, S.: Der zeitliche Aufbau der Gamma-Dosis durch Strahlung vom Boden dargestellt am Unfall "spätes Überdruck-Versagen", Jan. 1978.
- /3/ Hübschmann, W. und Vogt, S.: Das Modell der Aktivitätsfahne für das Unfallfolgemodell der DRS, April 1978.
- /4/ Bundesminister für Forschung und Technologie: Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Verlag TÜV Rheinland, 1979.
- /5/ Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer, Richtlinie zu § 45 Strl Sch V, Gem. Ministerialblatt, ISSN 0341-1435, August 1979.
- /6/ Neufassung von /3/, Oktober 1981.
- /7/ Vogt, K.J. und Geiß, H.: Tracer Experiments on the Dispersion of Plumes over Terrain of Major Surface Roughness, Jül-1131-ST, 1974.
- /8/ Geiß, H., Nester, K., Thomas, P. und Vogt, K.J.: In der Bundesrepublik Deutschland experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe, Jül 1707 - KfK 3095, Jan. 1981.
- /9/ VDI, Kommission Reinhaltung der Luft: Niederschrift der Ausschusssitzung "Grundlagen des Transportes und der turbulenten Diffusion" am 13./14. April 1981 in Rothenburg o.d. Tauber.
- /10/ Hinrichsen, K.: The straight forward numerical treatment of the time dependent advection in air pollution problems and its verification, erscheint in Atmospheric environment.
- /11/ Shannon, J.D.: A Gaussian-Moment-Conservation Diffusion Model, J. Appl. Met., 18, 1406-1414, 1979.

- /12/ Lange, R.: ADPIC-A Three-Dimensional Particle-in-Cell Method for the dispersal of Atmospheric Pollutants and its Comparison to Regional Tracer Studies, J. Appl. Met., 17, 320-329, 1978.
- /13/ Sheih, C.M.: A Puff-on-Cell Model for Computing Pollutant Transport and Diffusion, J. Appl. Met., 17, 140-147, 1978.
- /14/ Dilger, H.: Statistik besonderer Ausbreitungssituationen, KfK-2383, 1977.
- /15/ Gifford, F.A.: Turbulent Diffusion-Typing Schemes: A Review, Nuclear Safety, 17, 1, 68-86, 1976.
- /16/ Gesellschaft für Reaktorsicherheit: Unfallfolge<sup>n</sup>rechnungen und Risikoergebnisse, Fachband 8 der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke, GRS-A-468, Nov. 1980.
- /17/ Lyons, W.A. and Cole, H.S.: Fumigation and plume trapping: Aspects of meso-scale dispersion on the shores of Lake Michigan in summer during periods of stable onshore flow, 42-47. Erschienen in: Conference on Air Pollution Meteorology, Raleigh, North Carolina, April 5-9, 1971.
- /18/ Goddard, A.J.H., Ghobadian, A., Gosman, A.D., Harter, C., and Kaiser, G.D.: APT - A Computer Program for the Numerical Solution of Problems in Atmospheric Dispersion. Proceedings of the 14th International Colloquium on Atmospheric Pollution, Paris, May 5-8, 1980.
- /19/ Uthe, E.E. and Wilson, W.E.: Lidar observations of the density and behaviour of the Labadie Power Plant plume, Atm. Env., 13, 1395-1412, 1979.
- /20/ Reidat, R. und Bohnsack, G.: Auf- und Abbau von Bodeninversionen, Mitteilungen der VGB, Heft 87, 401-408, 1963.
- /21/ Reidat, R.: Über den täglichen Gang der Lufttemperatur bis in 200 m Höhe und sein Einfluß auf die Verbreitung von Rauchgasen nach Registrierung der Lufttemperatur an der Unterelbe bei Stade, Z. f. M., 20, 9/10, 310-317, 1968.
- /22/ Miller, C.W.: A critique of the determination of atmospheric stability categories for assessing airborne releases of radionuclides. Health Phys., 34, 5 489-492, 1978.



- /23/ Little, C.A. und Miller, C.W.: The uncertainty associated with selected environmental transport models, ORNL-5528, 1979.
- /24/ Kretschmar, J.G. and Mertens, I.: Influence of the turbulence typing schemes upon the yearly average ground-level concentrations calculated by means of a mean wind direction model, *Atm. Env.*, 14, 947-951, 1980.
- /25/ Wamser, Ch., Schröter, J. und Hinrichsen, K.: Darstellung und Anwendung eines verbesserten, universell gültigen Ausbreitungskriteriums, *Staub-Reinhaltung der Luft* 40, 253-257, 1980.
- /26/ Heinemann, K., Vogt, K.J. and Angletti, L.: Deposition and Biological Half-Life of Elemental Iodine on Grass and Clover, *Atmosphere-Surface Exchange of Particulate and Gaseous Pollutants Symposium*, Richland, Wash., Sept. 4-6, 1974, CONF - 740921.
- /27/ Thomas, P., Dilger, H., Hübschmann, W., Schüttelkopf, H., and Vogt, S.: Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters at the Karlsruhe Nuclear Research Centre for 60 m and 100 m Emission Heights, Part 1: Measured Data, KfK 3090, 1981.
- /28/ Thomas, P., Hübschmann, W., König, L.A., Schüttelkopf, H., Vogt, S. und Winter, M.: Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters over Rough Terrain, Part 1, Measurements at the Karlsruhe Nuclear Research Centre, KfK 2285, 1976.
- /29/ Thomas, R. und Nester, K.: Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters over Rough Terrain, Part 2, Evaluation of Measurements, KfK 2286, 1976.
- /30/ Hinrichsen, K.: Erste Version eines anwendungsfreundlichen deterministischen Ausbreitungsmodells, geeignet für Genehmigungsverfahren und in der Umgebungsüberwachung, erscheint in *Staub-Reinhaltung der Luft*, 6/82.

Table 1

Compilation of diffusion experiments evaluated up to the present

experiment No.	emission height (m)	diffusion category			diffusion coefficients				fluctuations*(degree)	
		temp. grad.	radiation balance	synopt. observ.	$p_y$	$q_y$	$p_z$	$q_z$	$\sigma_A$	$\sigma_E$
1	50	C	D	D	0,104	1,098	0,247	0,817	11,1	9,0
3	50	C	C	C	0,183	0,967	0,113	1,260	14,3	11,2
4	50	B	B	B	0,179	0,988	0,024	1,504	14,4	10,8
5	50	C	B	B	0,787	0,851	0,155	1,025	13,9	10,2
6	50	C	D	D	0,504	0,899	0,816	0,717	14,4	10,3
7	50	D	D	D	0,854	0,744	0,447	0,780	13,5	10,4
8	50	D	D	D 757	0,121	1,036	1,349	0,601	14,7	10,8 57.5
10	50	D	D	D 804	1,381	0,571	0,196	0,944	12,6	9,6 62.2
11	50	D	D	D	0,563	0,797	0,139	1,020	12,0	9,3
12	50	D	D	D	1,555	0,639	0,256	0,902	12,8	9,9
13	50	C	C	C	0,299	0,932	0,114	1,050	16,5	13,0
14	50	C	D	D	0,319	0,914	0,418	0,811	13,2	10,5
15	50	F	F	F	5,382	0,578	0,396	0,618	4,5	4,0
16	50	C	D	C	1,273	0,687	0,264	0,884	13,8	12,0
17	50	C	D	D	0,239	0,868	0,155	0,991	13,8	11,5
18	50	D	D	D	0,566	0,709	0,089	1,105	13,9	11,3
19	50	D	D	D	1,222	0,618	0,234	0,897	14,1	11,1
20	50	D	E	E	1,691	0,621	0,162	0,809	8,4	6,0
21	50	C	D	D	0,975	0,672	0,099	1,115	14,7	10,7
22	100	C	D	D	0,568	0,773	0,574	0,746	16,0	11,6
23	100	D	D	D 724	0,729	0,740	0,205	0,913	16,0	12,5 59.2
24	100	D	D	D 461	0,114	0,966	0,102	0,990	13,5	10,6 47.9
25	100	D	D	D	0,142	0,930	0,275	0,862	12,6	10,2
26	100	D	D	D	0,070	1,006	0,098	0,941	12,0	9,4
27	100	D	D	D	0,098	0,981	0,103	1,002	14,1	10,3
28	100	E	B	C	0,124	0,997	0,076	1,120	15,0	12,2
29	100	C	C	C 61.5	0,283	0,866	0,016	1,285	15,6	11,0 47.0
30	100	C	C	C 95.2	0,404	0,879	0,087	0,968	14,4	11,0 35.6
31	100	G	G	G	1,220	1,062	0,044	0,848	4,5	4,0
32	50	D	B	B	0,942	0,809	0,317	0,919	15,6	12,2
33	50	B	B	B	0,981	0,744	0,223	0,960	14,3	11,5
34	50	C	C	C	0,923	0,752	0,224	1,002	15,0	11,7
35	50	B	C	C	0,662	0,779	0,181	0,956	14,4	11,2
36	50	C	D	D	0,578	0,765	0,334	0,807	15,0	10,4
37	50	D	D	D	0,546	0,748	0,169	0,969	14,2	10,0
38	50	D	D	D	0,647	0,749	0,140	0,986	14,5	10,5
39	50	C	C	D	1,449	0,686	0,548	0,719	15,9	9,0

\* measured at 50 m height

Aus Jül - 1131 - ST , Okt 1974

Abb 1



Tab. 1 Ausbreitungskoeffizienten  $p_y$ ,  $q_y$ ,  $p_z$  und  $q_z$  in Abhängigkeit von Diffusionskategorie und Emissionshöhe nach [Vo 74], [Vo 76], [Vo 77]

Bei Emissionshöhen  $\leq 75$  m sind die Ausbreitungskoeffizienten für 50 m zu verwenden, bei Emissionshöhen  $> 75$  m die von 100 m.

Emissionshöhe	Diffusionskategorie	Ausbreitungskoeffizient			
		$p_y$	$q_y$	$p_z$	$q_z$
50 m	A	0.869	0.810	0.222	0.968
	B	0.869	0.810	0.222	0.968
	C	0.718	0.784	0.215	0.944
	D	0.625	0.767	0.205	0.936
	E	1.691	0.621	0.162	0.809
	F	5.382	0.578	0.396	0.618
100 m	A	0.229	1.003	0.097	1.158
	B	0.227	0.970	0.155	1.024
	C	0.224	0.938	0.247	0.890
	D	0.222	0.905	0.398	0.755
	E	1.691	0.621	0.162	0.809
	F	5.382	0.578	0.396	0.618

*labil*

*stabil*

Aus: Berechnungsgrundlagen ..... , BMI

*Alt 2*

Tabelle 2: Mittlere Ausbreitungskoeffizienten  $p_y$ ,  $q_y$ ,  $p_z$ ,  $q_z$  sowie Quelldistanz und Wert des Maximums der normierten Konzentration für die Diffusionskategorien A-F

Diffusions- kategorien	A	B	C	D	E	F
$p_y$	0.170	0.324	0.466	0.504	0.411	0.253
$q_y$	1.296	1.025	0.866	0.818	0.882	1.057
$p_z$	0.051	0.070	0.137	0.265	0.487	0.717
$q_z$	1.317	1.151	0.985	0.818	0.652	0.486
$x_{\max}$ (m)	244	418	586	925	1827	7876
$\chi_{\max}$ (m <sup>-2</sup> )	$7.89 \cdot 10^{-6}$	$1.08 \cdot 10^{-5}$	$1.47 \cdot 10^{-5}$	$1.23 \cdot 10^{-5}$	$4.86 \cdot 10^{-6}$	$3.49 \cdot 10^{-7}$

Aus Jül 1707 - KfK 3095, 1981

Alt. 3



Abgesehen von diesen, die Beurteilung erschwerenden Umständen läßt sich aber sagen:

- 1) Die neuen Parametersätze sind durch die Zusammenlegung derjenigen von Jülich und Karlsruhe nicht homogen, was am leichtesten an den nicht-monotonen Änderungen etlicher Parameter mit zunehmender Quellhöhe erkennbar wird; ein solches Verhalten kann nicht erwartet werden und muß als unrealistisch angesehen werden.
- 2) Die Parameterangaben sollten direkt ergänzt werden durch eine Angabe desjenigen Distanzbereiches  $x$ , für welchen sie gültig sind, d.h. für welchen sie aus Experimenten ausgewertet werden.
- 3) Die Wahl einer Potenzabhängigkeit scheint ohne Not getroffen zu sein; hierdurch wird die Gültigkeit unnötig auf bestimmte Distanzbereiche eingeschränkt.
- 4) Für sehr hohe Quellen ( $h_{\text{eff}} = 400 \text{ m}$ ) werden mittels der hierfür angegebenen Parameter vermutlich unrealistische Konzentrationsverteilungen erhalten, wie sich dies bereits an anderer Stelle (Strahlenschutzverordnung) gezeigt hat. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich in einer so nicht statthaften Extrapolation der Quellhöhe auf 400 m zu suchen.
- 5) Die vorgeschlagenen Inter- und Extrapolationen sollten mit dimensionslosen Größen erfolgen.
- 6) Mit der Angabe von 3 Dezimalen wird eine Genauigkeit vorgetäuscht, die nicht vorhanden ist. 2 Dezimalen dürften völlig ausreichen.

Der Ausschuß empfiehlt der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, im Rahmen eines Forschungsvorhabens einen Wissenschaftler (möglichst Meteorologen) hauptamtlich mit der Zusammenstellung eines neuen Parametersatzes für verschiedene Quellhöhen zu beauftragen. Dabei sollte neben den oben genannten Gesichtspunkten evtl. auch das von Wamser und Schröter entwickelte Verfahren berücksichtigt werden, welches die Aufteilung der Streuungsparameter auf diskrete Ausbreitungsklassen überflüssig macht.

Abb. 4

• Norddeutsche Tiefebene *Haupt*

Windgeschwindigkeitsbereich (Meßhöhe 10 m) [m/s]	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F	
0,0 - 0,5	0,08	0,22	0,15	0,21	0,84	1,22	2,72
0,6 - 1,0	0,33	0,32	0,17	0,18	1,29	1,24	3,54
1,1 - 1,5	0,30	0,34	0,83	0,63	2,13	1,45	5,68
1,6 - 2,0	0,48	0,43	0,80	0,72	2,72	<u>2,15</u>	7,29
2,1 - 4,0	1,38	2,33	8,23	16,53	<u>6,05</u>	0,0	34,52
4,1 - 8,0	0,26	1,19	5,89	32,63	0,0	0,0	39,97
8,1 - 15,0	0,05	0,15	0,58	5,48	0,0	0,0	6,26
15,1 - 30,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,0	0,0	0,02
Summe	2,88	4,98	16,65	56,40	13,03	6,06	100,00

• Oberrheinische Tiefebene *Vermutl*

Windgeschwindigkeitsbereich (Meßhöhe <u>50 m</u> ) [m/s]	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F	
0,0 - 0,5	0,07	0,04	0,12	0,13	0,05	0,15	0,56
0,6 - 1,0	0,21	0,18	0,37	0,54	0,30	0,65	2,25
1,1 - 1,5	0,41	0,49	0,79	1,22	0,67	0,77	4,35
1,6 - 2,0	0,54	0,64	0,97	1,84	1,19	1,30	6,48
2,1 - 4,0	1,39	3,49	4,82	11,63	8,77	8,77	38,87
4,1 - 8,0	0,09	1,71	6,67	22,10	6,93	5,56	43,06
8,1 - 15,0	0,0	0,0	0,31	4,06	0,04	0,01	4,42
15,1 - 30,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,01
Summe	2,71	6,55	14,05	41,53	17,95	17,21	100,00

• Süddeutsche Hochebene *Münde*

Windgeschwindigkeitsbereich (Meßhöhe 10 m) [m/s]	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F	
0,0 - 0,5	0,18	0,50	1,05	0,14	1,67	2,44	5,98
0,6 - 1,0	0,61	0,74	0,91	0,24	2,21	2,63	7,34
1,1 - 1,5	0,78	0,79	1,68	0,82	3,90	3,23	11,20
1,6 - 2,0	0,90	0,88	1,63	0,81	3,86	<u>3,00</u>	11,08
2,1 - 4,0	2,27	2,23	7,79	15,83	<u>6,04</u>	0,0	34,16
4,1 - 8,0	0,10	0,58	2,03	21,26	0,0	0,0	23,97
8,1 - 15,0	0,02	0,02	0,25	5,82	0,0	0,0	6,11
15,1 - 30,0	0,0	0,0	0,0	0,16	0,0	0,0	0,16
Summe	4,86	5,74	15,34	45,08	17,68	11,30	100,00

• Tallagen *Oberrhein*

Windgeschwindigkeitsbereich (Meßhöhe <u>40 m</u> ) [m/s]	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F	
0,0 - 0,5	0,47	0,13	0,10	3,66	11,85	4,63	20,84
0,6 - 1,0	0,91	0,23	0,39	5,47	6,86	3,22	17,08
1,1 - 1,5	0,63	0,45	0,91	5,58	1,90	0,66	10,13
1,6 - 2,0	0,66	0,37	0,95	3,43	0,99	0,16	6,56
2,1 - 4,0	1,29	2,06	6,23	14,88	1,77	0,19	26,42
4,1 - 8,0	0,0	0,18	2,87	12,42	0,23	0,02	15,72
8,1 - 15,0	0,0	0,0	0,0	3,17	0,0	0,0	3,17
15,1 - 30,0	0,0	0,0	0,0	0,08	0,0	0,0	0,08
Summe	3,96	3,42	11,45	48,69	23,60	8,83	100,00

Tab. F8, 4-5:

Ausbreitungsstatistik, aufsummiert über alle Windrichtungssektoren (Häufigkeit in %)

Aus GRS - A - 468, Nov. 1980

Abb. 5



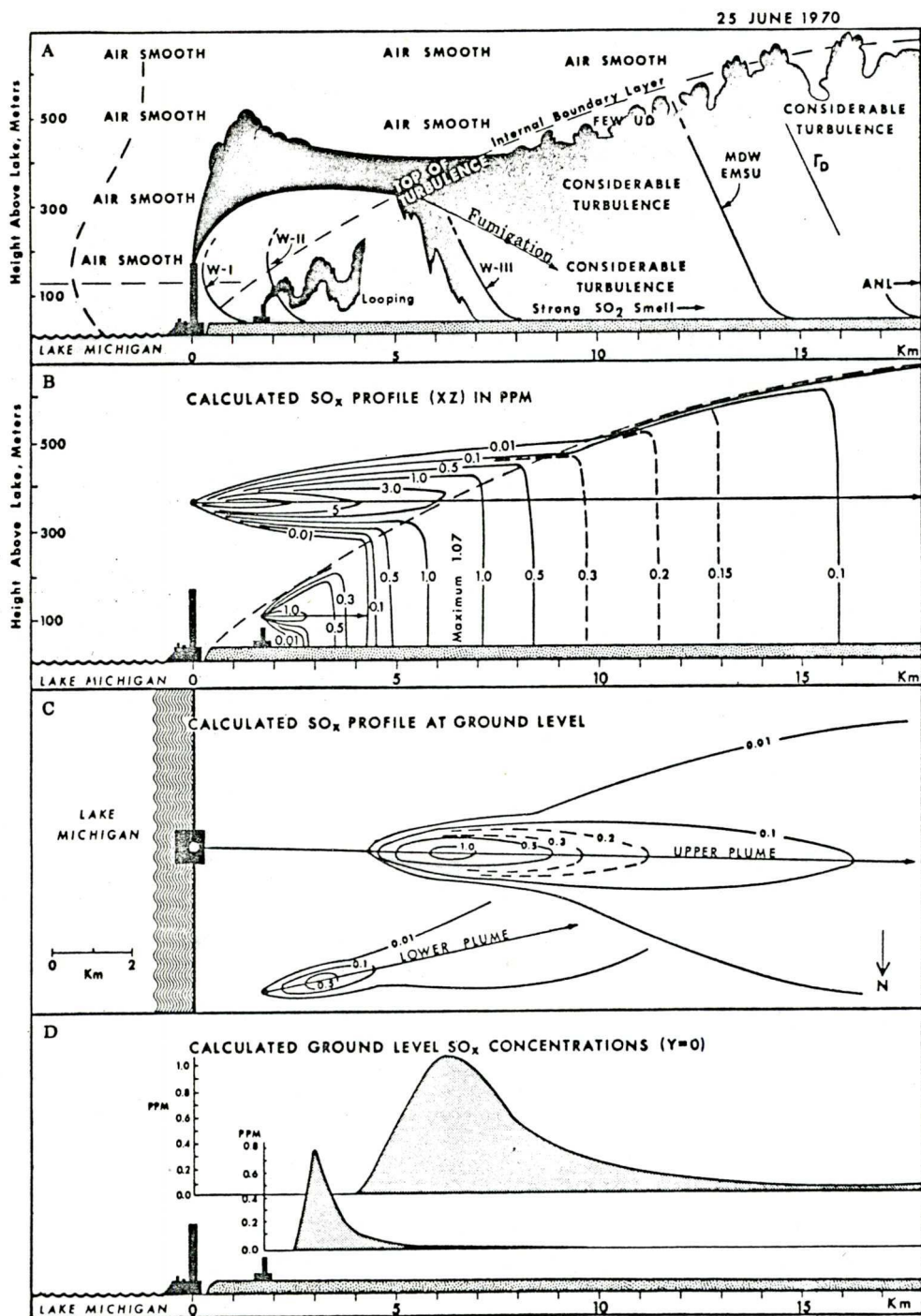


Fig. 7.--(a) Summary of observations made near the Lake Michigan shoreline 20 km south of Milwaukee about noon on 25 June 1970. The plume from the large power plant is shown advecting inland in stable easterly flow until turbulence from the deepening thermal internal boundary layer fumigates it towards the ground. Also plotted are locations of turbulence encountered by the observation aircraft, and various soundings available during the period of observed fumigation. (b) Calculated SO<sub>x</sub> concentrations from two plumes with effective stack heights (H) of 80 and 320 m, in the XZ plane along the plume axes. The wind speed is 6 m/sec, and a three hour half-life for SO<sub>x</sub> is assumed. Stability class F is used in the stable air, class B in the lower turbulent air. (c) Calculated ground level SO<sub>x</sub> concentrations. (d) Plots of the ground level center line values of SO<sub>x</sub> from the two sources.

above the lake. Photographs of a lake steamer belching forth vast quantities of black smoke showed that this plume leveled out at the base of the stable layer and extended with little spreading for over 50 km. As the air flowed onshore, due to the heavy overcast virtually no warming occurred. An automobile traverse normal to the shore revealed less than 1°C rise in 10 km. Thus the power plant plume extended inland as far as the eye could see (Fig. 7(a)), with very little dispersion. However, smoke from the same



Tabelle 1: Zusammenfassung der Einzelergebnisse der Jülicher und Karlsruher Ausbreitungsexperimente mit 100 m Emissionshöhe (Diffk: Diffusionskategorie,  $p_y$ ,  $q_y$ ,  $p_z$ ,  $q_z$ : Ausbreitungskoeffizienten,  $x_{\max}$  (m): Quelledistanz des Maximums,  $x_{\max}$  ( $m^{-2}$ ): Wert des Maximums)

Versuch	Diffk	$p_y$	$q_y$	$p_z$	$q_z$	$x_{\max}$	$x_{\max}$
49J	6	0.1438	1.0770	0.2403	0.9769	328	2.19E-05
50J	6	0.0743	1.1410	0.0698	1.2530	255	4.09E-05
9K	6 A	0.2190	1.0400	0.0165	1.4500	337	1.90E-05
19K	6	1.5900	0.7600	0.0659	1.4700	127	2.92E-05
47K	6	0.2450	1.5600	7.7700	0.4530	54	5.85E-06
74J	5	0.3220	0.9516	0.1258	1.1412	267	2.63E-05
28J	5	2.0010	0.6836	0.0639	1.1720	437	1.42E-05
41J	5	0.4289	0.9267	0.1089	1.1000	374	1.65E-05
60J	5	0.1909	0.9663	0.0051	1.4890	645	1.81E-05
61J	5	3.2580	0.5964	0.0124	1.3470	694	1.15E-05
62J	5	0.1271	1.0880	0.0109	1.3660	642	1.21E-05
66J	5 B	0.2270	0.9700	0.1550	1.0200	410	2.16E-05
68J	5	0.2270	0.9700	0.1550	1.0200	410	2.16E-05
70J	5	1.5400	1.0750	0.2588	0.9095	455	1.42E-06
10K	5	0.0357	1.2600	0.0009	1.8100	530	1.84E-05
18K	5	0.0833	1.3200	1.3400	0.6360	364	5.99E-06
20K	5	1.7700	0.7760	0.0038	1.6500	425	9.55E-06
29J	4	2.1290	0.6408	0.0149	1.3100	717	1.28E-05
30J	4	0.8962	0.7985	0.1265	0.9130	1058	7.32E-06
48J	4	0.0245	1.2280	0.8286	0.6917	489	2.70E-05
51J	4	3.3350	0.5777	1.1010	0.6659	546	1.34E-05
53J	4	1.0370	0.7527	2.2920	0.5024	738	9.65E-06
67J	4 C	0.2192	1.0040	0.0556	1.1080	647	1.16E-05
69J	4	0.3096	0.8860	0.0897	1.0320	664	1.75E-05
11K	4	6.5400	0.4120	0.0233	1.2800	618	2.05E-05
14K	4	1.1200	0.6710	0.1520	0.9500	699	1.95E-05
17K	4	5.6900	0.4440	0.1110	1.0200	660	1.83E-05
→ 34K	4	0.2420	0.8640	0.0073	1.4300	662	2.73E-05
22J	3	0.0984	1.0810	0.9864	0.6427	613	1.34E-05
23J	3	0.3417	0.9255	0.0119	1.3660	618	1.36E-05
24J	3	0.2019	0.8897	0.4080	0.7412	983	1.69E-05
25J	3	0.1341	0.9478	1.8420	0.5285	725	1.91E-05
26J	3	0.1040	0.9672	0.5419	0.6809	1112	1.61E-05
27J	3	0.2458	0.8694	0.1348	0.9422	787	2.09E-05
54J	3 D	14.2100	0.3163	0.0096	1.3230	1004	1.51E-05
73J	3	0.9890	0.7075	1.2720	0.6038	725	1.52E-05
75J	3	0.1979	0.9004	0.2054	0.8733	796	2.03E-05
15K	3	2.9800	0.5410	0.0954	1.0200	742	1.72E-05
24K	3	0.5900	0.7610	0.0461	1.1400	675	2.13E-05
25K	3	0.2270	0.9460	0.1370	0.9200	882	1.18E-05
→ 44K	3	3.7000	0.5570	0.6300	0.6840	1067	9.62E-06
→ 45K	3	0.3190	0.8600	0.0356	1.2300	513	2.60E-05
55J	2	5.4710	0.6034	2.4060	0.4796	1015	4.34E-06
58J	2	1.1160	0.7777	0.6426	0.5739	3130	2.58E-06
59J	2	1.3200	0.6363	1.0000	0.5577	1949	9.76E-06
23K	2 E	2.3200	0.7340	0.7330	0.6080	1693	2.89E-06
→ 43K	2	3.7800	0.4800	1.8200	0.4940	1674	1.25E-05
→ 48K	2	1.7400	0.8580	3.1000	0.4020	1367	1.38E-06
→ 50K	2	0.0009	1.8200	0.7710	0.5240	2579	4.94E-07
→ 51K	2	0.0502	1.3200	2.3700	0.4020	1808	7.74E-07

Abb. 7



40

42

44

46

48

50

52

54

56

58

60

X

64

66

68

70

2

4

9

8

10

12



50	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
52	.4	.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8
54	0.	0.	0.	9.	25.	36.	41.	42.	41.	38.	36.	33.	30.	27.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
56	0.	0.	1.	12.	28.	38.	43.	43.	41.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
58	0.	0.	2.	15.	31.	40.	44.	44.	42.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
60	0.	0.	3.	18.	34.	42.	45.	44.	42.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
62	0.	0.	5.	22.	37.	44.	46.	45.	43.	40.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
64	0.	0.	7.	25.	39.	45.	47.	46.	43.	40.	37.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
66	0.	0.	10.	29.	41.	47.	48.	46.	43.	40.	37.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
68	0.	1.	13.	31.	43.	48.	48.	46.	43.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
70	0.	2.	16.	34.	44.	48.	49.	47.	44.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
X	0.	3.	18.	35.	45.	49.	49.	47.	44.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
2	0.	3.	18.	35.	45.	49.	49.	47.	44.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
4	0.	2.	16.	34.	44.	48.	49.	47.	44.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
6	0.	1.	13.	31.	43.	48.	48.	46.	43.	40.	37.	34.	31.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
8	0.	0.	10.	29.	41.	47.	48.	46.	43.	40.	37.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
10	0.	0.	7.	25.	39.	45.	47.	46.	43.	40.	37.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
12	0.	0.	5.	22.	37.	44.	46.	45.	43.	40.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
14	0.	0.	3.	18.	34.	42.	45.	44.	42.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
16	0.	0.	2.	15.	31.	40.	44.	44.	42.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
18	0.	0.	1.	12.	28.	38.	43.	43.	41.	39.	36.	33.	30.	28.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
20	0.	0.	0.	9.	25.	36.	41.	42.	41.	38.	36.	33.	30.	27.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
22	0.	0.	0.	7.	22.	34.	40.	41.	40.	38.	35.	33.	30.	27.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.
24	0.	0.	0.	5.	19.	32.	38.	40.	40.	38.	35.	32.	30.	27.	25.	23.	21.	19.	18.	16.	15.	14.



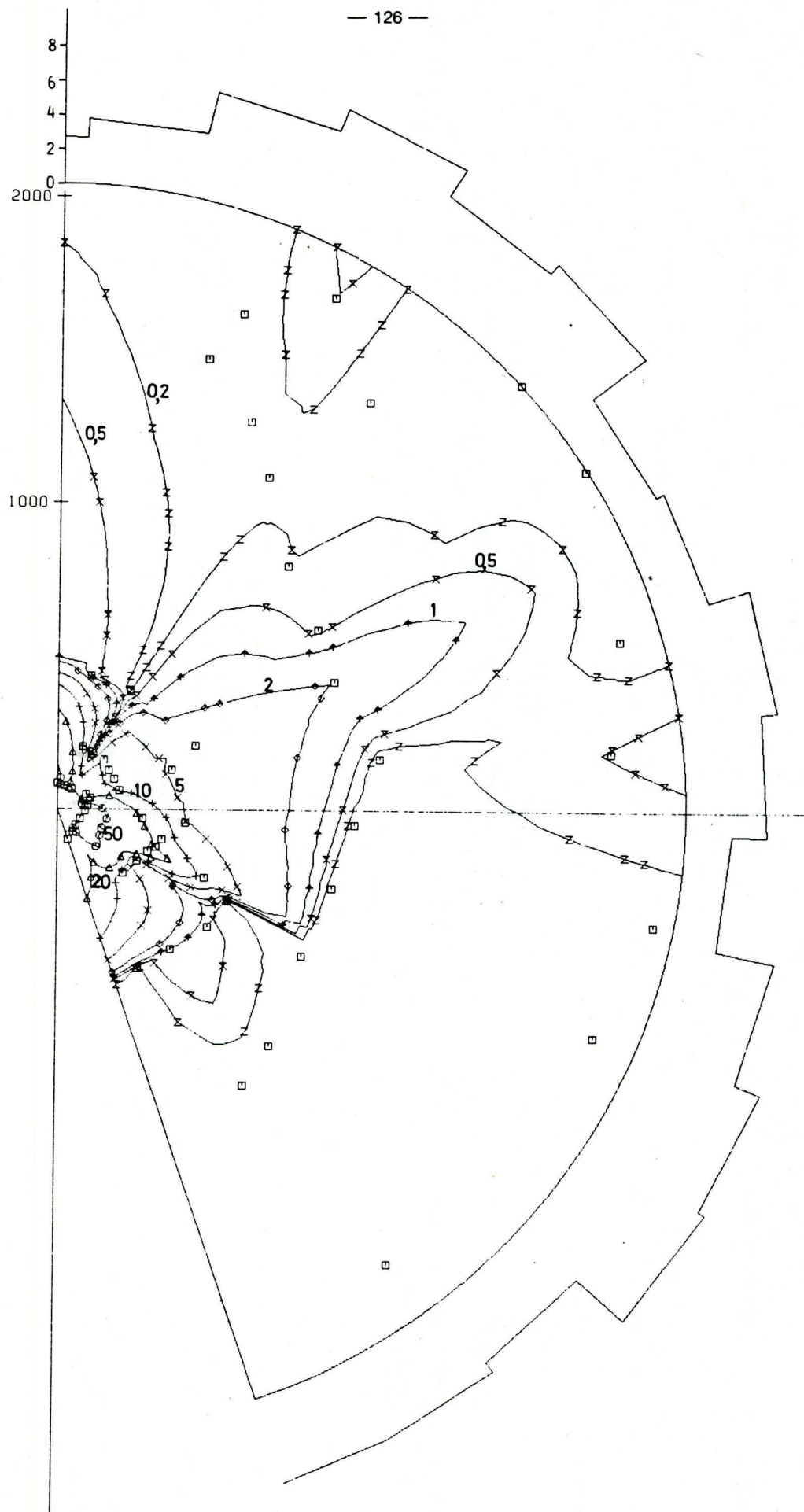


FIG. 18D: CONCENTRATION DISTRIBUTION IN  $1/10 \times 6 \text{ G/M} \times 3$   
EXPERIMENT 47/2 CFCL3 H=100 M  
FOR DETAILED INFORMATION SEE FIGURE 6A

Abb. 10

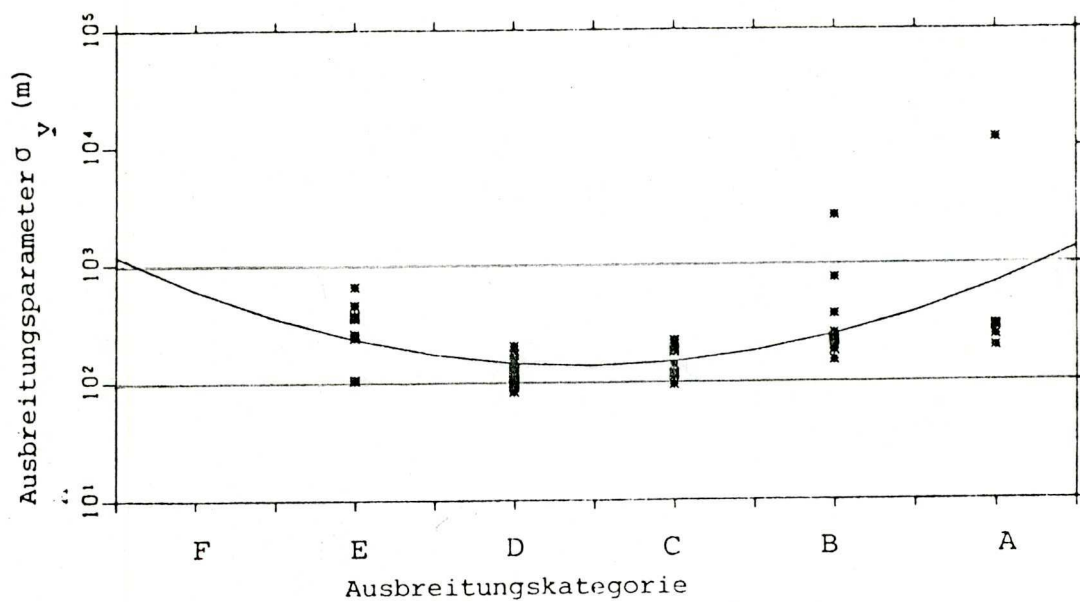


Abb. 1 Abhängigkeit des horizontalen Ausbreitungsparameters  $\sigma_y$  von der Ausbreitungskategorie für eine Quelldistanz von 1000 m

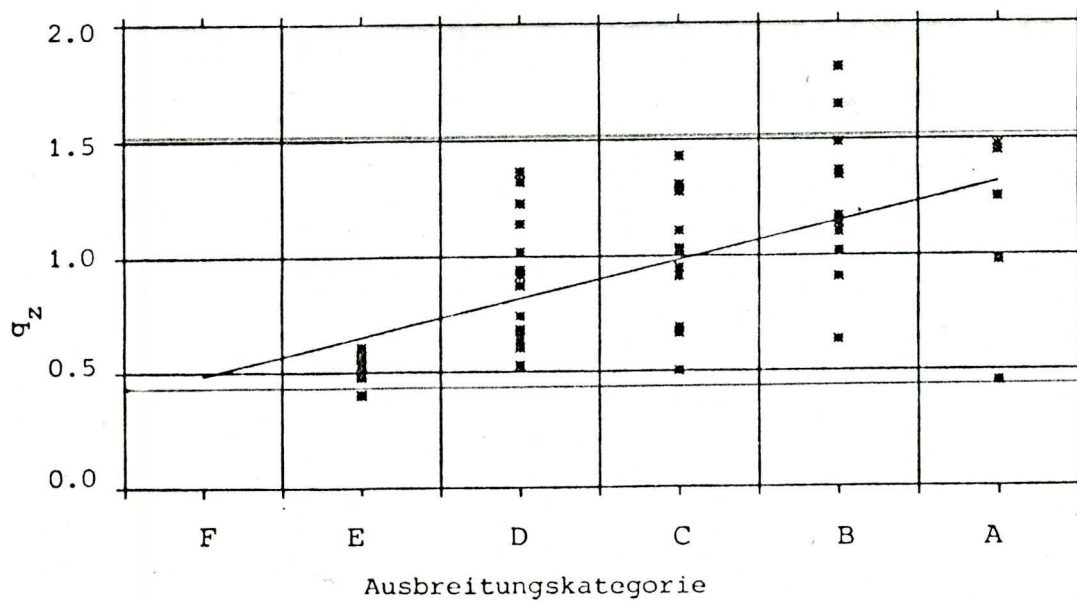


Abb. 2 Abhängigkeit des Koeffizienten  $q_z$  von der Ausbreitungskategorie

Abb. 11

# INFLUENCE OF DIFFERENT INTERVALLS OF CALCULATION ON DEPOSITION

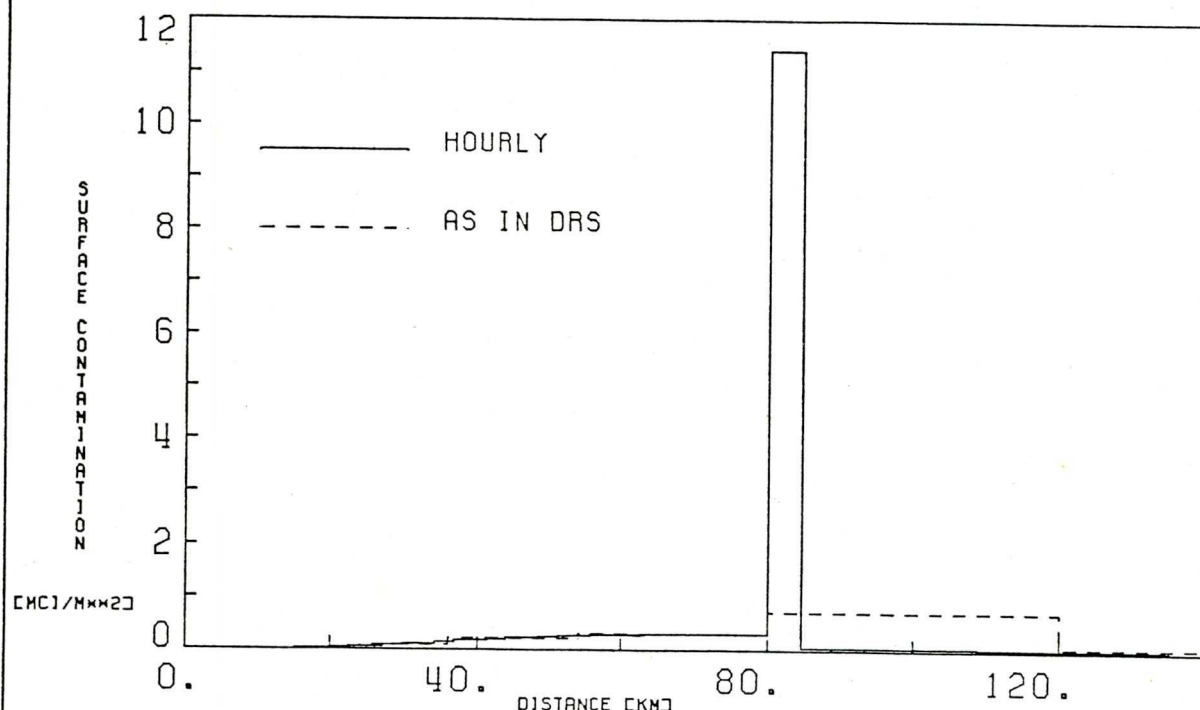


FIG. 3 : SURFACE CONCENTRATION BY FALLOUT AND WASHOUT CALCULATED WITH THE GAUSS-MODEL  
 PARAMETERS ARE :  $Q=10 \times 6$  CI/H,  $T=1$ H, HEIGHT=400 M,  $U=1$ M/S  
 $VD=0.01$ M/S,  $A=5 \times 10^{-4}$  /S, STABILITY CLASS F,  
 $N=1$ MM/H DURING 1H,  $\gamma=0$ .

Aus : Franke, B., and Hinrichsen, K.: Langfristige Folgen von  
 Reaktorunfällen, Tagungsbericht des Gemeinsamen  
 FS/SFRP-Kongresses vom 30.9. - 2.10. 1981 in Lausanne.

Abb. 12