

KfK 3209
April 1982

**Untersuchung des Einflusses
geänderter Parameter im
Teilmodell atmosphärischer
Ausbreitung auf die Ergebnisse
der Deutschen Risikostudie
Kernkraftwerke (DRS)**

S. Vogt, P. Wittek
Hauptabteilung Sicherheit
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit
Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 3209

Untersuchung des Einflusses geänderter Parameter im Teilmodell
atmosphärischer Ausbreitung auf die Ergebnisse der
Deutschen Risiko Studie - Kernkraftwerke (DRS)

S. Vogt
P. Wittek

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Ein wesentliches Kriterium bei der Erstellung der deutschen Risikostudie in Phase A war die Vergleichbarkeit mit der amerikanischen Reaktor-Risiko-Studie. Daher wurden weitgehend Grundannahmen und Methoden dieser Studie übernommen.

Für Phase B der Studie sollen verstärkt methodische Weiterentwicklungen eingesetzt und neueste Forschungsergebnisse berücksichtigt werden. Als ein erster Schritt in diese Richtung wird der Einfluß geänderter Parameter im Teilmodell atmosphärische Ausbreitung untersucht. Die Parameter sind neben trockener und nasser Ablagerung, die Mischungsschichthöhe, die Ausbreitungsparameter und die Windrichtung. Untersucht wird weiterhin, inwieweit die Auswahl der Wetterabläufe die Risikoaussagen beeinflußt. Alle Ergebnisse werden relativ zu den Ergebnissen der Phase A dargestellt.

Investigation of the Influence of Modified Parameters in the Atmospheric Dispersion Model on the Results of the German Risk Study (DRS)

Abstract

A substantial criterion in preparing Phase A of the German Risk Study was its comparability with the U. S. Reactor Safety Study. Therefore, a number of basic assumptions and methodological principles were to be identical with those adopted in the American study.

For Phase B of the German Risk Study improvements of the method will be used to a greater extent and recent results of research work taken into account. A first step in this direction will consist in investigating the influence exerted by modified parameters in the dispersion submodel. The other parameters, besides dry and wet deposition, are the height of the mixing layer, the dispersion parameters and the wind direction. Furthermore, the degree will be studied at which the selection of weather sequences have an influence on the collective risks. All results indicated will be related to the results obtained in Phase A.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Problemstellung	1
2. Ablagerung	1
2.1 Trockene Ablagerungsgeschwindigkeit	1
2.2 Washout-Faktor	2
3. Mischungsschichthöhe	3
4. Höhenabhängige Ausbreitungsparameter	4
5. Windrichtungsverteilung	5
6. Auswahl der Wetterabläufe	7

1. Problemstellung

Ein Ziel der Phase A der DRS war die Vergleichbarkeit mit der amerikanischen-Risiko-Studie /RA75/. Daher wurden weitgehend Grundannahmen und Methoden der amerikanischen Studie übernommen.

Für die Phase B der Studie sollen verstärkt methodische Weiterentwicklungen eingesetzt und neueste Forschungsergebnisse berücksichtigt werden. Im vorliegenden Bericht wird als ein erster Schritt in diese Richtung der Einfluß geänderter Parameter im Teilmodell atmosphärische Ausbreitung untersucht. Diese Parameter sind:

- trockene Ablagerungsgeschwindigkeit für Halogene
- trockene Ablagerungsgeschwindigkeit für Aerosole
- Washout-Faktor
- Mischungsschichthöhe
- höhenabhängige Ausbreitungsparameter
- Windrichtungsverteilung
- Auswahl der Wetterabläufe.

Untersucht werden die Auswirkungen auf Fröhschäden und Spätschäden. Den Vergleichsmaßstab stellen statistische Kennzahlen wie Mittelwert \overline{KS} , Anteil für einen Schaden $KS \rightarrow \overline{KS}$, Kollektivrisiko sowie der maximale Schaden dar.

Die Ergebnisse werden relativ zu den Ergebnissen des Fachbandes 8 /FB81/ dargestellt, d. h. es wird auf die entsprechenden "Referenzergebnisse" normiert.

Um den Einfluß einer Änderung deutlich zu zeigen, werden nur Parameterwerte der jeweils interessierenden Größe geändert. Anschließend wird die Änderung rückgängig gemacht und der Parameter erhält seinen Referenzwert zurück.

2. Ablagerung

2.1 Trockene Ablagerungsgeschwindigkeit

Während in Phase A genau wie in der amerikanischen Studie für Halogene und Aerosole derselbe Wert für die Ablagerungsgeschwindigkeit v_d zu 0,01 m/s gewählt wurde, wer-

den in Phase B verschiedene Konstanten für die Nuklidgruppen verwendet. Für Aerosole ist ein v_d von 0,001 m/s vorgesehen, während v_d für Halogene auf 0,02 m/s erhöht wird (s. auch Tab. 1). Diese Werte orientieren sich an durchgeführten Experimenten /HE81/.

Im Rechenlauf ① wird v_d nur für Aerosole erniedrigt, alle übrigen Parameterwerte behalten ihre Referenzwerte bei.

In Tab. 2 werden die statistischen Kennzahlen aufgeschlüsselt nach Freisetzungskategorien dargestellt. In allen Freisetzungskategorien werden die Kennzahlen der Frühschadensverteilungsfunktion verringert, das Kollektivrisiko aus diesen Freisetzungskategorien nimmt um 4 % ab. Mit Ausnahme der Freisetzungskategorie 2 und 3 nehmen die Spätschäden ebenfalls ab. Das Kollektivrisiko für Spätschäden reduziert sich etwa um den Faktor 0,8.

Der zweite Rechenlauf ② erhöht die Ablagerungsgeschwindigkeit für Halogene auf 0,02 m/s. Diese Verdoppelung von v_d erhöht Mittelwert und Kollektivrisiko für Frühschäden in den Freisetzungskategorien 2 und 3 um den Faktor 3 (Tab. 3). Die maximalen Schäden werden dagegen kaum beeinflusst. Das aus allen Freisetzungskategorien resultierende Kollektivrisiko für Frühschäden steigt gegenüber dem Referenzlauf um 45 % an. Spätschäden werden dagegen weit weniger durch eine erhöhte Jodablagerung beeinflusst. Das Kollektivrisiko erniedrigt sich nur um 3 % im Vergleich zum Referenzlauf.

Der starke Einfluß der Halogene auf Frühschäden erklärt sich aus der Tatsache, daß Halogene mit etwa 70 % zur gesamten Dosis beitragen, die für Frühschäden relevant ist. Spätschäden werden überwiegend durch die langfristige Bodenstrahlung und Ingestion verursacht. Hierbei tragen die Halogene infolge ihrer Halbwertszeiten nur wenig zur Gesamtdosis bei.

2.2 Washout-Faktor

In Phase B wird angestrebt, den Washoutkoeffizienten λ in Abhängigkeit der Niederschlagsintensität I direkt zu bestimmen. Der funktionale Zusammenhang lautet

$$\lambda = aI^b \quad (1)$$

Setzt man a und b als gegeben voraus, so gelingt eine direkte Bestimmung von λ nur, sofern die meteorologischen Eingabedaten stündlich erfaßte Niederschlagsmengen enthalten. Für die Standortregionen Süddeutschland und Norddeutschland ist derzeit eine direkte Bestimmung von λ nicht möglich, da hier die Niederschlagsintensität nur eingeteilt in groben Stufen vorliegt. Es ist eine Aufgabe für Phase B, geeignete Daten zu beschaffen.

Ersatzweise werden wie bisher in Phase A alle angezeigten Niederschläge in eine der drei Intensitätsklassen sortiert. Die Konstanten a und b in Gleichung (1) werden nach einem Vorschlag in /BR81/ für Aerosole und Jod getrennt gewählt. Die in Tab. 1 unter Parameteränderung (3) aufgelisteten Werte für λ ergeben sich nach Festlegung von a und b (für Jod $a = 8 \cdot 10^{-5}$, $b = 0,6$; für Aerosole $a = 1,2 \cdot 10^{-4}$, $b = 0,5$) zusammen mit einer Auswertung der am Kernforschungszentrum vorliegenden Information über die Verteilung der Niederschlagsintensität /V080/.

Durch die Wahl realistischer Washoutkoeffizienten reduziert sich das Kollektivrisiko für Frühschäden um den Faktor 0,25 (Tab. 2 Variation (3)). Besonders drastisch ist der Rückgang der Frühschäden bei Freisetzungskategorie 1. Der Mittelwert und der Maximalwert nehmen um den Faktor 0,1 bzw. 0,2 ab. Frühschäden treten bei dieser Freisetzungskategorie nahezu ausschließlich in Verbindung mit Niederschlägen auf, daher ist der starke Einfluß des Washout-Prozesses verständlich.

Wie erwartet, werden dagegen Spätschäden nur wenig beeinflusst durch die Wahl neuer Washoutkoeffizienten (Tab. 3 Variation (3)).

3. Mischungsschichthöhe

Die vertikale Ausdehnung einer Aktivitätsfahne wird im allgemeinen durch eine Sperrschicht begrenzt, die den Turbulenzaustausch zu größeren Höhen nahezu unterbindet. Diese Sperrschicht wird Mischungsschichthöhe genannt. Im Modell wird sie simuliert, indem der Ausbreitungsfaktor σ_z , der die vertikale Ausdehnung der Aktivitätsfahne beschreibt, bei Erreichen eines von der Ausbreitungskategorie abhängigen Wertes σ_z -max konstant gehalten wird. Die Mischungsschichthöhe H_m und σ_z -max stehen in einem festen Verhältnis zueinander:

$$\sigma_{z-\max} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} H_m \quad (2)$$

Im vierten Rechenlauf (4) wird H_m wie in Tab. 1 angegeben reduziert. Damit lautet der maximale vertikale Ausbreitungsparameter $\sigma_{z-\max}$ für Kategorie A bis F: 1 600 m, 1 200 m, 800 m, 560 m, 320 m, 200 m. Der Einfluß dieser Änderung auf Frühschäden ist gering. Das Kollektivrisiko steigt um 8 % an, nur die Erhöhung des Maximalschadens für FK1 um den Faktor 1,13 fällt etwas deutlicher aus. Nahezu ohne Einfluß ist die Wahl der Mischungsschichthöhe für Spätschäden wie die Verminderung des Kollektivrisikos um nur 1 % zeigt (Tabellen 2 und 3, Variation (4)).

4. Höhenabhängige Ausbreitungsparameter

Am Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Ausbreitungsexperimente mit Emissionshöhen von 60 m, 100 m, 160 m und 195 m durchgeführt /TH76a, TH76b, TH81a, TH81b und NE79/. Den an der Kernforschungsanlage Jülich (KFA) durchgeführten Ausbreitungsexperimenten lagen Emissionshöhen von 50 m und 100 m zugrunde /V078/.

Die Auswertungen aller Experimente zeigten eine Abhängigkeit des horizontalen und des vertikalen Ausbreitungsparameters von der Emissionshöhe. Um diesem Ergebnis gerecht zu werden, wurden höhenabhängige Datensätze aus den Experimenten der KfK und der KFA abgeleitet /NE79, TH80, NE81 und GE81/.

Der 50 m Datensatz beruht auf Experimenten der KFA. Der 100 m Datensatz stellt die Zusammenfassung der Experimente der KfK und der KFA dar. Der Datensatz für 180 m Emissionshöhe basiert auf Messungen der KfK.

Wie die Auswertungen der Ergebnisse der Phase A der Risikostudie ergaben, reicht die freigesetzte thermische Energie aus, um im Falle der Dampfexplosion (FK1) eine mittlere Aufstiegshöhe von über 500 m zu erzeugen. Daher wird in der vorliegenden Untersuchung ein vierter Datensatz, der aus dem 180 m Datensatz /NE81/ extrapoliert wurde, verwendet. Von den in Tab. 4 aufgelisteten Parametersätzen wird angenommen, daß sie innerhalb der aufgeführten Höhenintervalle gelten. Die zuletzt erreichte Aufstiegshöhe legt dabei fest, welcher Parametersatz für die Ausbreitungsrechnung verwendet wird. Dieser so gewählte Satz gilt von der Emis-

sionsquelle bis zur äußersten berechneten Entfernung.

Einfache charakterisierende Aussagen über die Änderung von σ_y und σ_z in Abhängigkeit der Emissionshöhe sind nicht möglich. Abb. 1 ermöglicht Aussagen über die Lage des Konzentrationsmaximums bei verschiedenen effektiven Emissionshöhen. Die Höhe des Konzentrationsmaximums in Abhängigkeit der Emissionshöhe kann der Abb. 2 entnommen werden.

Die Unfallfolgenrechnungen mit den höhenabhängigen Ausbreitungsparametersätzen werden so durchgeführt, daß vor Beginn der eigentlichen Ausbreitungsrechnungen für jede Freisetzungskategorie und jeden Wetterablauf die Aufstiegshöhe der Aktivitätsfahne errechnet wird. Entsprechend dieser Aufstiegshöhe wird der relevante Ausbreitungsparametersatz gemäß Tab. 4 ausgewählt. Je nach Aufstiegshöhe (diese ist u. a. abhängig von der Wetterlage), können innerhalb einer Freisetzungskategorie verschiedene Parametersätze zur Anwendung kommen. In der Freisetzungskategorie FK1 allerdings sind die Aufstiegshöhen nahezu immer größer als 250 m, so daß für FK1 meist der Parametersatz d) aus Tab. 4 verwendet wird.

Die Änderungen der Kennzahlen für frühe Todesfälle (Tab. 2, Variation (5)) gegenüber dem Referenzfall verlaufen in dem einzelne Freisetzungskategorien nicht einheitlich. Das Kollektivrisiko vermindert sich insgesamt um den Faktor 0,8. Aufgeschlüsselt nach Freisetzungskategorien ergeben sich allerdings bedeutendere Änderungen. So vermindert sich im Falle FK2 das Kollektivrisiko etwa um die Hälfte, während es für FK3 um das 1,5fache zunimmt.

Wie erwartet, fallen die Änderungen der Kennzahlen für Spätschäden sehr gering aus. Das Kollektivrisiko nimmt nur um 2 % ab (Tab. 3, Variation (5)).

5. Windrichtungsverteilung

Die Unfallfolgenrechnungen der Phase A beruhen auf der Annahme einer Windrichtungsgleichverteilung an jedem betrachteten Standort. Für die auftretenden Schäden bedeutet dies gleiche Wahrscheinlichkeit in jeder Richtung. Wird nun an Stelle einer Gleichverteilung der Windrichtung die tatsächliche Richtungsverteilung an jedem Standort eingesetzt, so bleibt der Schadensumfang unverändert. Jedoch sollte sich

das Risiko vor allem für frühe Todesfälle ändern und zwar um so mehr, je enger die Hauptausbreitungsrichtungen mit hohen Bevölkerungsdichten gekoppelt sind. Unter Ausbreitungsrichtung ist die um 180° gedrehte Windrichtung zu verstehen.

Die Berücksichtigung einer Windrichtungsverteilung an allen Standorten ist derzeit nicht möglich, da an vielen KKW-Standorten die benötigten Daten bis heute fehlen. Um den Einfluß der Windrichtung dennoch zu quantifizieren, wurden Vergleichsrechnungen mit den vier Standorten in der Oberrheinischen Tiefebene durchgeführt, da für diese Orte die benötigten Daten vorliegen. In Tab. 5 ist die Wahrscheinlichkeit der Ausbreitungsrichtung pro 10° -Sektor für jeden Standort aufgelistet. Zusammen mit den Tabellen der Bevölkerungsverteilung aus /FB81/ ergibt sich eine gute Korrelation zwischen Hauptausbreitungsrichtungen und hoher Bevölkerungsdichte entlang der Rheintalachse.

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnung sind nicht mit den Ergebnissen des Fachbandes normiert, die bekanntlich 19 Standorte beinhalten, sondern sind bezogen auf Ergebnisse, welche sich mit obigen vier Standorten unter der Annahme einer Richtungs-gleichverteilung ergeben.

Die in Spalte 8 der Tab. 2 dargestellten Ergebnisse (Variation $\textcircled{6}$) für frühe Todesfälle sind einigermaßen überraschend: Das Kollektivrisiko liegt nur bei der Freisetzungskategorie FK1 um 20 % höher sofern eine Richtungsverteilung berücksichtigt wird. Im Falle der übrigen Freisetzungskategorien FK2 bis FK4 sinkt das Kollektivrisiko sogar um bis zu einem Faktor von 1,2 ab. Die Begründung für dieses gegenläufige Verhalten liefert das abstandsabhängige Individualrisiko aufgeschlüsselt nach Freisetzungskategorien (s. Bild F8, 8-17 (1) aus Fachband /FB81/). Nur bei FK1 ist das Individualrisiko bis zu einer maximalen Entfernung von 20 km ungleich null. Für FK2, FK3 und FK4 ist das Individualrisiko schon jenseits von 12 km, bzw. 3 km, bzw. 1 km gleich null. In einem Abstand bis etwa 10 km gilt nun obige allgemeine Feststellung einer engen Korrelation zwischen Hauptausbreitungsrichtung und hoher Bevölkerungsdichte entlang der Talachse nicht mehr.

Es ist daher zu vermuten, daß bei Berücksichtigung der Richtungsverteilung an allen Standorten das Kollektivrisiko für Frühschäden noch weniger beeinflußt werden wird. Die Korrelation zwischen Hauptausbreitungsrichtung und hoher Bevölkerungsdichte ist nämlich an den übrigen Standorten oft weit weniger gut als in der Oberrheinischen Tiefebene. Die Mittelwerte ändern sich natürlich nicht, da der mittlere Kollektiv-

Schaden \overline{KS} für jeden Unfall wie folgt berechnet wird:

$$\overline{KS} = \frac{1}{z} \sum_{\mu} n_{\mu} \sum_k \sum_j KS_{jk\mu}$$

wobei z = Zahl der Einzelereignisse

n_{μ} = Anzahl der Reaktorblöcke am Standort

k = 1.....36 Windrichtungen

j = 1.....115 Wetterabläufe

Spätschäden werden im Falle einer Berücksichtigung der Richtungsverteilung wenig beeinflusst. Das Kollektivrisiko nimmt in den einzelnen Freisetzungskategorien und bei Zusammenfassung aller Freisetzungskategorien um höchstens 4 % zu.

6. Auswahl der Wetterabläufe

Der Referenzlauf geht davon aus, daß durch eine systematische Auswahl von je 115 Wetterabläufen aus der Gesamtheit von 8 760 möglichen Wetterabläufen in jeder meteorologischen Region das Wettergeschehen abgebildet wird. Die Auswahl erfolgt derart, daß benachbarte Wetterabläufe immer durch 77 Stunden getrennt sind. Der erste Wetterablauf beginnt also am 1.1. nachts um 1.00 Uhr; der zweite Wetterablauf am 3.1. morgens um 6.00 Uhr usw. Dadurch ist gewährleistet, daß in den einzelnen Jahreszeiten die Startzeiten der Wetterabläufe rund um die Uhr verteilt sind, und etwa gleich viele Wetterabläufe am Tage und in der Nacht sowie in den einzelnen Jahreszeiten beginnen.

Die Vorteile dieses zyklischen Auswahlverfahrens im Vergleich zu einem Auswahlverfahren nach dem reinen Zufallsprinzip bzw. nach einem geschichteten Zufallsprinzip wurden in /RA75/ beschrieben.

Die Anzahl der zyklisch ausgewählten Wetterabläufe wurde einmal in Anlehnung an /RA75/, zum anderen basierend auf eigenen Untersuchungen /FB81/ zu 115 festgelegt.

Da für die eigenen Untersuchungen als Beurteilungskriterium nicht die Zahl der Frühschäden sondern nur die Kurzzeit-Knochenmarkdosis in einer Entfernung ver-

wendet wurde, soll in der vorliegenden Arbeit geprüft werden, wie sensitiv die Endergebnisse in Bezug auf andere Wetterabläufe sind.

Hierzu wurde das zyklische Auswahlverfahren modifiziert. Die Startzeiten der auszuwählenden Wetterabläufe wurden gegenüber dem Referenzfall um Δt Stunden verschoben. Der Abstand benachbarter Wetterabläufe wurde mit 77 Stunden beibehalten. Insgesamt wurden so vier neue Wetterablaufkollektive erzeugt. In Tab. 6 sind die Verschiebungen aufgelistet, z. B. beginnt bei der Variation 6a der erste Wetterablauf am 1.1. um 3.00 Uhr, der zweite Wetterablauf 3.1. um 8.00 Uhr usw.

In Abb. 3 sind die Verteilungsfunktionen für die Schadensart frühe Todesfälle für 25 Anlagen dargestellt. Die dick ausgezogene Kurve stellt den Referenzfall aus Fachband 8 dar.

Größere Abweichungen im Schadensumfang bis zu einem Faktor 3 ergeben sich nur für Schadensumfänge größer 5 000 Todesfälle. Das Kollektivrisiko für Frühschäden liegt für die vier durchgeführten Variationsrechnungen um höchstens den Faktor 0,76 bzw. 1,08 unter bzw. über dem Kollektivrisiko des Referenzfalles wie Tab. 6 zeigt. Ein Vergleich von Abb. 3 und Tab. 6 zeigt, daß ein größeres Kollektivrisiko als beim Referenzfall nicht notwendigerweise auch mit einem höheren Anteil von großen Schäden verknüpft sein muß.

Die Änderungen für Spätschäden fallen wie erwartet deutlich geringer aus und betragen gerade 1 %.

Literatur

- /RA75/ Rasmussen, N. C.:
Reactor Safety Study. An Assessment of Accident Risks in U. S. Commercial Nuclear Power Plants (NUREG-75/014), WASH-1400.
U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, October 1975
- /FB81/ Hrsg. Der Bundesminister für Forschung und Technologie.
Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Fachband 8.
Unfallfolgenrechnungen und Risikoergebnisse.
Verlag TÜV Rheinland, Köln 1981 (ISBN 3-88585-019-2)
- /HE81/ Heinemann, K.; K. J. Vogt:
Measurements of the Deposition of Iodine onto Vegetation and of the Biological Half-Life of Iodine on Vegetation.
Health Physics Vol. 39 (1981) S. 463 bis 474
- /BR81/ Brenk, H. D.; K. J. Vogt:
The Calculation of Wet Deposition from Radioactive Plumes.
Nuclear Safety Vol. 22, Nr. 3 (1981) S. 362 bis 371
- /V080/ Vogt, S.:
Vierparametrische Ausbreitungsstatistik als Berechnungsgrundlage der langzeitigen Schadstoffbelastung in der Umgebung eines Emittenten.
KfK 2990 (1980)
- /GE81/ Geiß, H.; K. J. Vogt; K. Nester, P. Thomas:
In der Bundesrepublik Deutschland experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe.
Gemeinsamer Bericht Jül 1707 - KfK 3095
- /NE79/ Nester, K.; P. Thomas:
Im Kernforschungszentrum experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für Emissionshöhe bis 195 m.
Staub-Reinh. Luft 39, Nr. 8 (1979) S. 291 bis 295

- /NE81/ Nester, K.; P. Thomas:
Ausbreitungsparameter; Im Jahresbericht 1980 der Hauptabteilung Sicherheit.
KfK 3113 (1981) S. 218 bis 222
- /TH76a/ Thomas, P. et al.:
Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameter over
Rough Terrain. Part 1, Measurements at the Karlsruhe Nuclear Research
Center.
KfK 2285 (1976)
- /TH76b/ Thomas, P.; K. Nester:
Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters over
Rough Terrain. Part 2, Evaluation of Measurements.
KfK 2286 (1976)
- /TH80/ Thomas, P.; K. Nester:
Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters for
Different Emission Heights. The 5th Int. Clean Air Congr. Buenos Aires.
(1980)
- /TH81a/ Thomas, P. et al.:
Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters at the
Karlsruhe Nuclear Research Center for 60 m and 100 m Emission Height.
Part 1: Measured Data.
KfK 3090 (1981)
- /TH81b/ Thomas, P.; K. Nester:
Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters at the
Karlsruhe Nuclear Research Center for 60 m and 100 m Emission Height.
Part 2: Evaluation of Measurements.
KfK 3091 (1981)
- /Vo78/ Vogt, K. J.; H. Geiß, G. Polster:
New Sets of Diffusion Parameters in 50 m and 100 m Source Height.
9th Int. Techn. Meeting on Air Pollution Modeling and its Appl.
Toronto (1978)

Rechenlauf	①	②	③		④	⑤	⑥	
Parameter	Ablagerungsgeschwindigkeit v_d (m/s)		Washout-Faktor λ (1/s)		Mischungsschicht- höhe H_m (m)	Ausbreitungs- parameter σ_y, σ_z	Windrichtungs- verteilung	
	Aerosol	Halogen		Aerosol	Halogen			
Referenz- werte (Phase A)	0,01	0,01	Regen- inten- sitäts- klasse (mm/h)			Kategorie		
			< 1	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	A 2500	keine Höhen- abhängigkeit ^{a)}	Gleichver- teilung
			1 - 3	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	B 1900		
			> 3	$10 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-4}$	C 1250		
						D 1250		
						E 1250		
						F 1250		
Vorschlag für Phase B	0,001	0,02	< 1	$0,64 \cdot 10^{-4}$	$0,37 \cdot 10^{-4}$	A 2000	höhenabhängig ^{b)}	reale Ver- teilung ^{c)}
			1 - 3	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-4}$	B 1500		
			> 3	$2,96 \cdot 10^{-4}$	$2,37 \cdot 10^{-4}$	C 1000		
						D 700		
						E 400		
						F 250		

^{a)} Die Werte können /FB81/ entnommen werden; ^{b)} Die Werte sind in Tab. 4 aufgelistet; ^{c)} Die Verteilungen stehen in Tab. 5

Tab. 1: Änderungen von Parameterwerten für Phase B

Frei- setzungs- kategorie	Kennzahl	Rechenlauf - geänderter Parameter					
		① - v_d -Aerosol	② - v_d -Halogen	③ - λ	④ -Mischungs- schichthöhe	⑤ - σ_y, σ_z - höhenabhängig	⑥ -Windrichtung
FK1	Mittelwert \overline{KS}	0,99	1,04	0,10	1,08	0,91	1,00
	Wahrscheinl.) KS > \overline{KS})	1,00	1,15	1,00	1,00	0,96	1,00
	Maximum	1,00	1,00	0,19	1,13	1,24	1,00
	Kollektiv-) risiko)	1,00	1,03	0,09	1,10	0,95	1,20
FK2	Mittelwert \overline{KS}	0,78	2,93	0,87	1,00	0,51	1,00
	Wahrscheinl.) KS > \overline{KS})	0,97	1,26	1,06	1,03	1,14	1,00
	Maximum	0,98	1,08	0,34	1,00	0,99	1,00
	Kollektiv-) risiko)	0,82	3,10	0,85	1,00	0,54	0,89
FK3	Mittelwert \overline{KS}	0,79	3,07	0,86	1,00	1,57	1,00
	Wahrscheinl.) KS > \overline{KS})	0,97	1,13	1,03	1,00	0,87	1,00
	Maximum	0,96	1,20	0,38	1,00	1,19	1,00
	Kollektiv-) risiko)	0,76	2,84	0,84	1,00	1,52	0,84
FK4	Mittelwert \overline{KS}	0,99	1,04	0,98	1,08	0,66	1,00
	Wahrscheinl.) KS > \overline{KS})	1,00	1,03	1,00	1,10	0,87	1,00
	Maximum	0,98	1,98	1,00	1,00	0,57	1,00
	Kollektiv-) risiko)	0,96	2,28	0,98	1,00	0,66	0,82
Summe	Kollektivrisiko	0,96	1,45	0,25	1,08	0,86	1,19

Tab. 2: Relative Änderung der statistischen Kennzahlen für frühe Todesfälle bei geänderten Parametern

Frei- setzungs- kategorie	Kennzahl	Rechenlauf - geänderter Parameter					
		① - v_d -Aerosol	② - v_d -Halogen	③ - λ	④ -Mischungs- schichthöhe	⑤ - σ_y, σ_z - höhenabhängig	⑥ -Windrichtung
FK1	Mittelwert \overline{KS}	0,98	0,96	1,06	0,98	1,00	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	1,07	1,00	0,97	0,96	1,00	1,00
	Maximum	0,94	0,98	1,00	1,00	0,90	1,00
	Kollektivrisiko	0,98	0,95	1,05	0,98	1,00	1,02
FK2	Mittelwert \overline{KS}	1,09	0,95	1,07	0,94	0,99	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	1,17	1,00	0,99	0,96	1,00	1,00
	Maximum	1,22	0,96	1,00	1,01	1,08	1,00
	Kollektivrisiko	1,10	0,93	1,07	0,93	1,00	1,03
FK3	Mittelwert \overline{KS}	1,02	0,97	1,04	0,99	0,90	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	0,95	1,01	0,98	0,98	0,99	1,00
	Maximum	0,97	0,99	0,97	1,01	0,96	1,00
	Kollektivrisiko	1,01	0,97	1,03	0,99	0,89	1,04
FK4	Mittelwert	0,88	0,96	1,05	1,00	0,84	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	0,73	0,98	1,01	1,00	0,99	1,00
	Maximum	1,01	1,00	0,83	1,04	0,95	1,00
	Kollektivrisiko	0,87	0,96	1,05	1,00	0,84	1,04
FK5	Mittelwert \overline{KS}	0,89	0,91	1,04	0,99	0,99	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	0,90	0,96	1,00	0,98	0,97	1,00
	Maximum	0,88	0,93	0,84	0,97	0,92	1,00
	Kollektivrisiko	0,90	0,90	1,03	1,00	1,03	1,03
FK6	Mittelwert	0,90	0,87	1,06	0,99	1,02	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	0,99	0,99	0,98	1,00	0,93	1,00
	Maximum	0,79	0,88	1,06	0,99	1,11	1,00
	Kollektivrisiko	0,89	0,88	1,05	0,99	1,03	1,04
FK7	Mittelwert \overline{KS}	0,75	1,00	1,06	0,99	0,95	1,00
	Wahrscheinl. $KS > \overline{KS}$	0,73	1,00	1,02	0,99	0,85	1,00
	Maximum	0,92	1,00	1,02	1,01	0,98	1,00
	Kollektivrisiko	0,74	1,00	1,06	0,99	0,96	1,04
Summe	Kollektivrisiko	0,83	0,97	1,06	0,99	0,98	1,04

Tab. 3: Relative Änderung der statistischen Kennzahlen für späte Todesfälle bei geänderten Parametern.
(Näheres zu den geänderten Parametern siehe Text und Tab. 1)

a) effektive Quellhöhen zwischen 0 und 70 m

Ausbreitungs- kategorie	F	f	G	g
A	1,503	0,833	0,151	1,219
B	0,876	0,823	0,127	1,108
C	0,659	0,807	0,165	0,996
D	0,640	0,784	0,215	0,885
E	0,801	0,754	0,264	0,774
F	1,294	0,718	0,241	0,662

b) effektive Quellhöhen zwischen 70 und 130 m

Ausbreitungs- kategorie	F	f	G	g
A	0,170	1,296	0,051	1,317
B	0,324	1,025	0,070	1,151
C	0,466	0,866	0,137	0,985
D	0,504	0,818	0,265	0,818
E	0,411	0,882	0,487	0,652
F	0,253	1,057	0,717	0,486

c) effektive Quellhöhe zwischen 130 und 250 m

Ausbreitungs- kategorie	F	f	G	g
A	0,671	0,903	0,0245	1,500
B	0,415	0,903	0,0330	1,320
C	0,232	0,903	0,104	0,997
D	0,208	0,903	0,307	0,734
E	0,345	0,903	0,546	0,557
F	0,671	0,903	0,484	0,500

d) effektive Quellhöhe größer 250 m

Ausbreitungs- kategorie	F	f	G	g
A	0,671	0,903	0,0245	1,500
B	0,415	0,903	0,0330	1,320
C	0,232	0,903	0,0794	0,997
D	0,208	0,903	0,244	0,734
E	0,345	0,903	0,415	0,557
F	0,671	0,903	0,400	0,500

Tab. 4: Ausbreitungsparameter und deren Koeffizienten

(Horizontaler Ausbreitungsparameter $\sigma_y = Fx^f$
 vertikaler Ausbreitungsparameter $\sigma_z = Gx^g$)

Sektor Nr.	Wahrscheinlichkeit der Ausbreitungsrichtung			
	Biblis	Philippsburg	Neupotz	Wyhl
N 1	0,0330	0,0070	0,0117	0,0820
2	0,0390	0,0130	0,0168	0,0760
3	0,0450	0,0500	0,0291	0,0670
4	0,0510	0,0850	0,0631	0,0610
5	0,0520	0,1250	0,1208	0,0250
6	0,0540	0,1100	0,1024	0,0250
7	0,0520	0,0570	0,0577	0,0120
8	0,0460	0,0520	0,0365	0,0110
O 9	0,0410	0,0550	0,0249	0,0110
10	0,0360	0,0450	0,0175	0,0100
11	0,0330	0,0380	0,0117	0,0110
12	0,0310	0,0170	0,0092	0,0120
13	0,0280	0,0100	0,0085	0,0120
14	0,0290	0,0020	0,0078	0,0130
15	0,0300	0,0030	0,0087	0,0130
16	0,0310	0,0100	0,0096	0,0140
17	0,0290	0,0170	0,0117	0,0140
S 18	0,0260	0,0230	0,0205	0,0160
19	0,0230	0,0200	0,0256	0,0180
20	0,0300	0,0300	0,0238	0,0390
21	0,0360	0,0150	0,0237	0,0750
22	0,0430	0,0150	0,0247	0,0720
23	0,0340	0,0150	0,0256	0,0460
24	0,0250	0,0150	0,0438	0,0460
25	0,0150	0,0180	0,0615	0,0210
26	0,0120	0,0190	0,0509	0,0170
W 27	0,0100	0,0300	0,0317	0,0120
28	0,0080	0,0250	0,0225	0,0080
29	0,0070	0,0250	0,0116	0,0080
30	0,0060	0,0150	0,0147	0,0070
31	0,0060	0,0100	0,0127	0,0070
32	0,0060	0,0070	0,0117	0,0080
33	0,0060	0,0070	0,0116	0,0080
34	0,0080	0,0050	0,0104	0,0300
35	0,0150	0,0050	0,0094	0,0320
36	0,0240	0,0050	0,0097	0,0630

Tab. 5: Wahrscheinlichkeit der Ausbreitungsrichtung für Standorte in der Oberrheinischen Tiefebene

Variation	Verschiebung aller Startzeiten um Δt Stunden	Kollektivrisiko	
		frühe Todesfälle	späte Todesfälle
Referenzfall	0	1,00	1,00
6 a	2	0,76	0,99
6 b	5	0,85	1,00
6 c	12	1,06	0,99
6 d	15	1,08	0,99

Tab. 6: Relative Änderung des Kollektivrisikos für verschiedene Wetterablaufkollektive

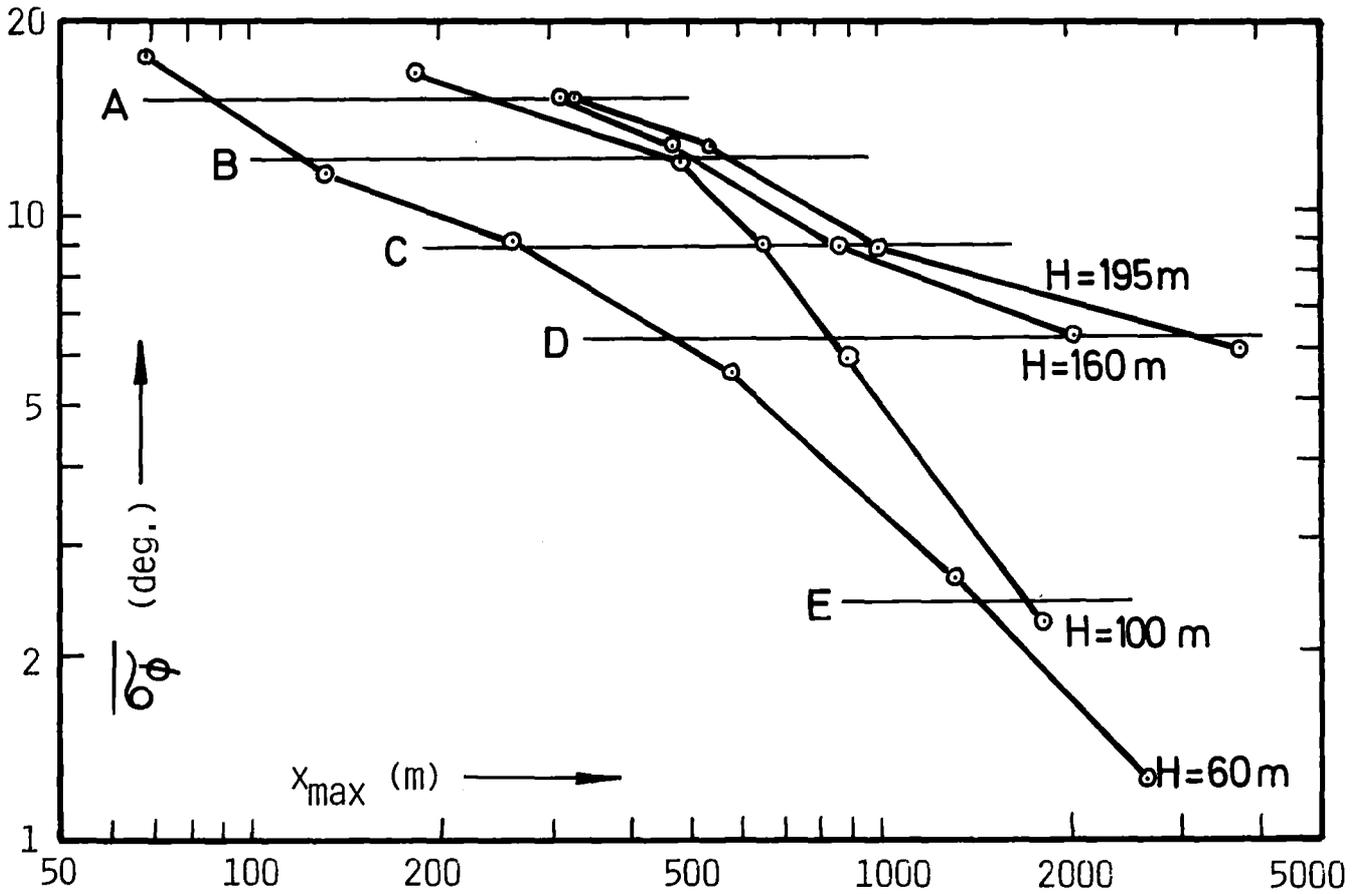


Abb. 1: Standardabweichung σ_ϕ der vertikalen Windrichtung als Funktion des Quellabstandes x_{max} der Maximalkonzentration

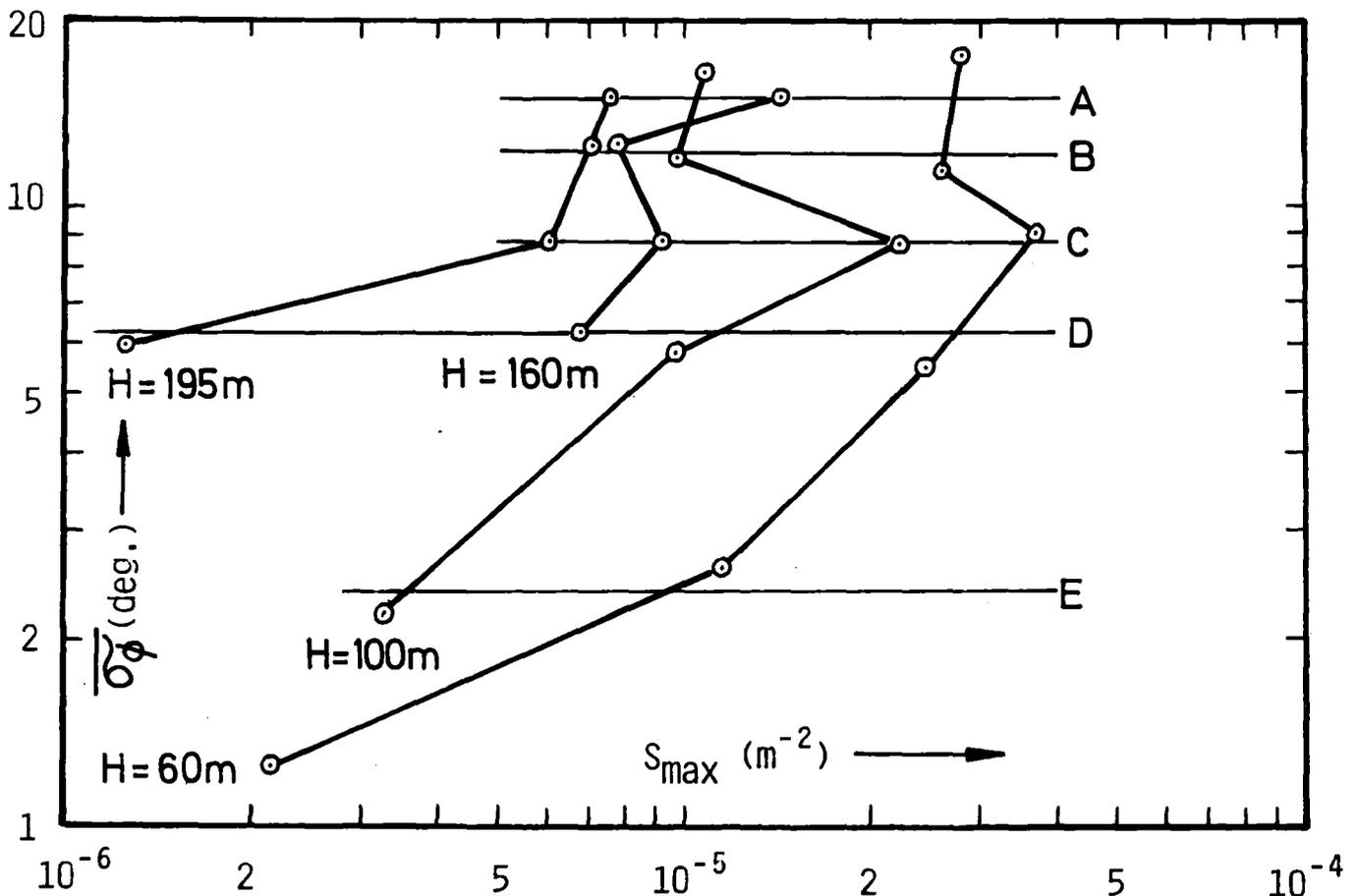


Abb. 2: Standardabweichung σ_ϕ der vertikalen Windrichtung als Funktion des Maximums S_{max} der Konzentration

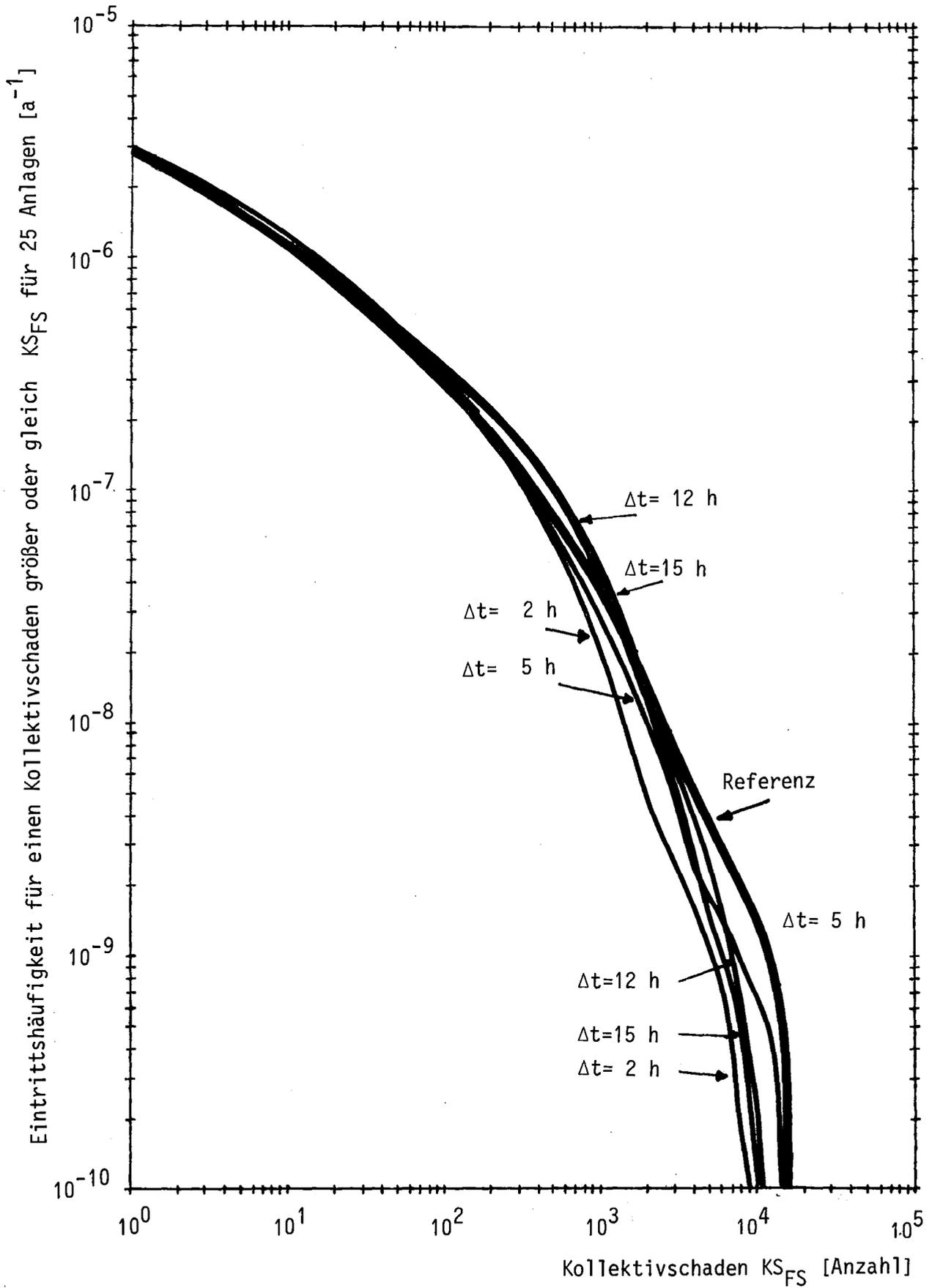


Abb. 3: Komplementäre Häufigkeitsverteilung der Frühschäden für verschiedene Wetterablaufkollektive