



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Zentralabteilung Strahlenschutz

**Untersuchungen zur Ablagerung
von Aerosolen auf Vegetation
und anderen Grenzflächen**

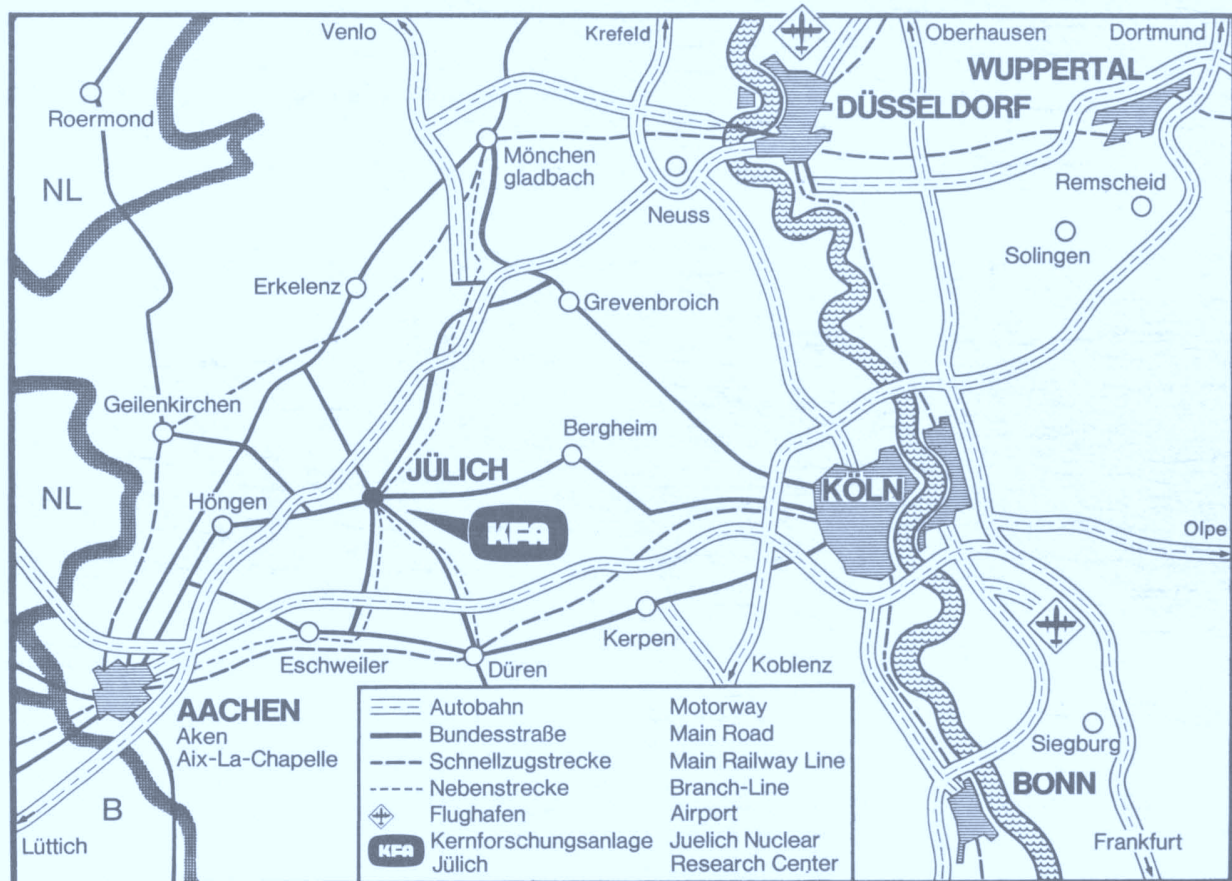
**2. Teil des Abschlußberichtes der im Rahmen des Vertrages
Nr. SC 007/61 PSTD von der Association EURATOM-C.E.A.
geförderten Forschungsvorhaben**

von

M. Horbert, K. J. Vogt, L. Angeletti

**Jül - 1288
April 1976**

Als Manuskript gedruckt



Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 1288

Zentralabteilung Strahlenschutz Jül – 1288

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

Untersuchungen zur Ablagerung von Aerosolen auf Vegetation und anderen Grenzflächen

**2. Teil des Abschlußberichtes der im Rahmen des Vertrages
Nr. SC 007/61 PSTD von der Association EURATOM-C.E.A.
geförderten Forschungsvorhaben**

von

M. Horbert, K. J. Vogt, L. Angeletti*

Projektleiter: K. J. Vogt

*Association-C.E.A.

Zusammenfassung

Im Jahre 1975 wurden in der Zentralabteilung Strahlenschutz der Kernforschungsanlage Jülich 11 Feldexperimente zur Ablagerung von Testaerosolen auf Vegetation und andere Grenzflächen durchgeführt. Die durch eine Zweistoffdüse erzeugten, radioaktiv markierten Kupfersulfataerosole ($\text{Cu } 64$) lagen als polydisperses Spektrum vor und konnten durch die Veränderung der Lösungskonzentration und durch eine Prallplatte in ihrer Größe verändert werden. Als vorläufiges Ergebnis dieser Versuchsreihe kann festgestellt werden, daß bei einem mittleren Aerosoldurchmesser von 4μ und bei einer mittleren Schubspannungsgeschwindigkeit von 27 cm/s , die annähernd dem zu erwartenden Jahresmittel entspricht, für Gras eine Ablagerungsgeschwindigkeit von $0,1 \text{ cm/s}$ als repräsentativ angesehen werden kann. Unter gleichen Versuchsbedingungen konnten an Klee $0,24 \text{ cm/s}$, an vegetationsfreiem Erdboden $0,035 \text{ cm/s}$ und an glatten, künstlichen Oberflächen eine Ablagerungsgeschwindigkeit von $0,03 \text{ cm/s}$ gemessen werden.

Abstract

In 1975, eleven field experiments concerning the deposition of test aerosols on vegetation and other boundary surfaces were carried out in the Central Department for Radiation Protection of the Juelich Nuclear Research Center. The radioactive-labelled copper sulphate aerosols ($\text{Cu } 64$) produced by means of a two-fluid nozzle were present as a polydisperse spectrum and could be modified in size by changing the solution concentration and with the aid of a baffle plate. As a preliminary result it may be stated that, in the case of a mean aerosol diameter of 4μ and a mean friction velocity of 27 cm/s , which approximately corresponds to the annual mean value to be expected, a deposition velocity of 0.1 cm/s can be considered representative for grass. Under equal test conditions, a deposition velocity of 0.24 cm/s could be measured on clover, of 0.035 cm/s on vegetation-free soil, and of 0.03 cm/s on smooth artificial surfaces.

Vorbemerkung

Das Forschungsvorhaben "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre und Umweltbelastung" wird im Forschungs- und Entwicklungsprogramm der KFA unter der FE-Nr. 51.100 geführt und ist Teil des Umweltforschungsprogramms, das zum Forschungsschwerpunkt "Leben und Umwelt" gehört.

Das Forschungsvorhaben befaßt sich auf experimentellem Gebiet hauptsächlich mit Ausbreitungs- und Ablagerungsstudien atmosphärischer Schadstoffe. Seit 1970 bestand ein Forschungsvertrag mit EURATOM, der als Untervertrag des Associations-Vertrages zwischen der Europäischen Atomgemeinschaft EURATOM und dem Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.) aufzufassen war. Nach Ablauf des ersten EURATOM-Vertrages wurde zum 1. Juli 1973 ein neuer Vertrag mit zweijähriger Laufzeit abgeschlossen, der sich primär auf eine Zusammenarbeit bei folgenden Teilvorhaben erstreckte:

1. Ablagerung und Desorption reaktiver Gase (elementares Jod, Methyljodid) auf Vegetation (Gras, Klee).
2. Ablagerung von Aerosolen auf Testflächen und auf Vegetation.

Der folgende Bericht faßt die erzielten Ergebnisse der Aerosolablagerung zusammen und ist als 2. Teil des Abschlußberichtes im Sinne des EURATOM-Vertrages zu verstehen. Der 1. Teil behandelt die Ablagerung von Jod.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Definition der Ablagerungsgeschwindigkeit	1
3. Erzeugung von Aerosolen	4
4. Erzeugung definierter Aerosolspektren	7
5. Probennahme und Auswertung	12
6. Aufbau des Versuchsfeldes	14
7. Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen	17
7.1 Dokumentation der Meßergebnisse	17
7.2 Abhängigkeit der Ablagerung von der Entfernung zur Quelle	19
7.3 Ablagerung von Testaerosolen an verschiedenen Grenzflächen	23
7.3.1 Ablagerung von Aerosolen an Gras	27
7.3.2 Ablagerung von Aerosolen an Klee	29
7.3.3 Ablagerung von Aerosolen am Erdboden und an künstlichen Probeflächen	31
7.3.4 Ablagerung von Aerosolen an Blättern und Fichtennadeln	32
8. Zusammenfassung und Empfehlung einer Falloutkonstanten zur Berechnung der Umgebungsbelastung von Kernkraftwerken	33
9. Anhang	36
10. Literaturverzeichnis	71

1. Einleitung

Die in den letzten Jahren in der Kernforschungsanlage Jülich durchgeführten Experimente zur Ablagerung von elementarem Jod auf Gras und Klee werden seit 1974 auch auf entsprechende Versuche mit definierten Testaerosolen ausgedehnt. Da die Problematik der Ablagerung durch den komplexen Zusammenhang von Aerosolbeschaffenheit (Größe, chemische und physikalische Zusammensetzung), biologische Fragen (Art und biologischer Zustand der Vegetation) und verschiedene klimatologische Faktoren sehr weit gespannt ist, wurden diese Versuche vorerst auf das auch bei den Ausbreitungsversuchen verwendete radioaktiv markierte Kupfersulfat beschränkt. Dadurch konnte die Auswertung der Luftfilterproben und der ausgelegten Testflächen durch den Nachweis der β -Aktivität und die der jeweiligen Vegetationsproben auf γ -spektrometrischem Wege erfolgen. Die Verwendung von Kupfersulfatlösungen erleichterte darüber hinaus erheblich die Herstellung geeigneter Aerosolspektren. Im folgenden soll zusammenfassend über die Versuchsdurchführung und über die Ergebnisse von insgesamt 11 Feldversuchen berichtet werden.

2. Definition der Ablagerungsgeschwindigkeit

Dem Mechanismus der Ablagerung von Partikeln mit Radien im μ -Bereich an der Erdoberfläche wurde zum erstenmal größere Aufmerksamkeit geschenkt, als man erkannte, daß die Ablagerungsrate dieser Teilchen größer sein könnte als entsprechende Werte, die sich über die Sedimentationsgeschwindigkeiten nach dem Stokesschen und Newtonschen Gesetz ableiten lassen.

Gregory (Gr 45) und Chamberlain (Ch 53) führten bei Ausbreitungsuntersuchungen von Pollen und Sporen bzw. anderen Aerosolen den Begriff der Ablagerungsgeschwindigkeit ein, der sich aus dem Verhältnis der abgelagerten Menge am Erdboden und dem Zeitintegral der Konzentration der ent-

sprechenden Substanz in der bodennahen Luftschicht ergab. Allerdings erscheint diese Größe bei verschiedenen anderen Autoren unter den Bezeichnungen Anlagerungskoeffizient (Bo 62, Si 64) und Wechselwirkungsfaktor (Wi 59).

Für alle turbulenten Vorgänge in der bodennahen Atmosphäre (z.B. Ausbreitung) muß der Einfluß der Erdoberfläche als eine Randbedingung berücksichtigt werden. Aerosole oder auch reaktive Gase können unter Erzeugung eines atmosphärischen Defizits am Erdboden festgehalten oder aber reflektiert werden. Es hängt von der Beschaffenheit und dem Bewuchs des Bodens, von den Eigenschaften des Aerosols oder Gases und von den klimatischen Bedingungen ab, wie groß die Anteile sind, die absorbiert oder reflektiert werden.

Neben diesen beiden Grenzfällen

(a) vollständige Absorption

(b) vollständige Reflexion

muß eine dritte Randbedingung, nämlich die

(c) partielle Absorption

untersucht werden. Die Randbedingungen (a) und (b) lassen sich für die Erdoberfläche ($z=0$) relativ leicht angeben.

$$C(x,y,0) = 0 \quad \text{für die totale Absorption} \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial z}(x,y,0) = 0 \quad \text{für die totale Reflexion} \quad (2)$$

C = Konzentration des Tracers

Die Gleichung (1) bedeutet, daß jedes den Erdboden berührende Teilchen festgehalten wird. Eine Multiplikation der Gleichung (2) mit dem für den turbulenten Massentransport charakteristischen Scheindiffusionskoeffizienten K_z bedeutet, daß am Erdboden ($z=0$) der vertikale Tracerfluß Q

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} = - Q = 0 \quad (3)$$

verschwindet. Für den Fall der partiellen Absorption ergibt sich die Erdbodenrandbedingung als Linearkombination von (1) und (2)

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z}(x,y,0) - \alpha \cdot C(x,y,0) = 0 \quad (4)$$

$$\text{oder} \quad -Q - \alpha \cdot C(0) = 0 \quad (5)$$

$$\alpha = - \frac{Q}{C(0)} \quad (6)$$

Der Koeffizient α beschreibt somit die Anteile von Reflexion und Absorption. Für $\alpha \rightarrow 0$ erhält man den Grenzfall der totalen Reflektion und für $\alpha \rightarrow \infty$ den der totalen Absorption. Die Größe α charakterisiert die oben eingeführte Ablagerungsgeschwindigkeit v_g und hat die Dimension cm/s.

Für die durchgeführten Ablagerungsuntersuchungen mit radioaktiv markiertem Kupfersulfat lautet diese Beziehung

$$v_g = \frac{C}{I} \quad (\text{cm/s}) \quad (7)$$

C = Kontamination der Vegetation oder der
Probeflächen mit radioaktiv markierten
Testaerosolen (Ci/cm^2 Bodenfläche)

I = Zeitintegrierte Kupfersulfatkonzentration
der Luft in 1 m Höhe über dem Boden
(Ci s/cm^3 Luft)

Aus Gleichung (4) kann ferner abgeleitet werden, daß die Ablagerungsgeschwindigkeit dem Scheindiffusionskoeffizienten, also dem turbulenten Massentransport proportional ist. Allerdings stößt eine Bestimmung des höhenabhängigen $K(z)$ auf erhebliche Schwierigkeiten (Ho 72). Unter bestimmten Voraussetzungen kann jedoch für den Massenaustausch der sog. Impulsaustausch eingesetzt werden.

$$K_M = \frac{u_*^2}{\frac{du}{dz}} \quad \begin{array}{l} u_* = \text{Schubspannungsgeschwindigkeit} \\ \frac{du}{dz} = \text{Vertikalgradient der} \\ \text{Windgeschwindigkeit} \end{array} \quad (8)$$

Unter der Voraussetzung einer annähernd adiabatischen Temperaturschichtung ergibt sich für die mittlere Windgeschwindigkeit

$$\bar{u}(z) = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (9)$$

k = Karmankonstante

z_0 = Rauigkeitslänge

Leitet man Gleichung (9) nach z ab, so ergibt sich mit Gleichung (8)

$$K_M = k \cdot u_* \cdot z \quad (10)$$

Die daraus resultierende Proportionalität von u_* zur Ablagerungsgeschwindigkeit v_g führte dazu, daß bei allen Ablagerungsexperimenten die Messung des bodennahen vertikalen Windprofils im Vordergrund stand.

3. Erzeugung von Aerosolen

Die Durchführung von Ablagerungsuntersuchungen in Form offener Feldexperimente stößt bei Aerosolen insoweit auf Schwierigkeiten als neben einem möglichst variablen Aerosolspektrum auch eine ausreichende Menge dieser Substanz freigesetzt werden muß. Einige handelsübliche Generatoren liefern zwar geeignete Spektren bzw. monodisperse Aerosole, erzeugen aber besonders im Bereich kleiner Aerosoldurchmesser ($< 2\mu$) eine zu geringe Emissionsrate. Im Vordergrund der Ablagerungsvorbereitungen stand daher die Entwicklung eines für derartige Versuche geeigneten Generators.

Bei der Konzeption und Entwicklung eines Aerosolgenerators konnte auf die bei den Ausbreitungsuntersuchungen mit radioaktiv markiertem Kupfersulfat gewonnenen Erfahrungen zurückgegriffen werden. Bei diesen Experimenten wird eine ausreichend hohe Emissionsrate mit Hilfe eines Ultraschallgenerators oder einer Zweistoffdüse erreicht. Für die geplanten Ablagerungsuntersuchungen mußte allerdings eine zusätzliche Einrichtung zur Separierung der einzelnen Aerosole nach der Partikelgröße geschaffen werden. Während bei einem Ultraschallgenerator die Änderung der erzeugten Spektren über die Frequenz oder die Lösungskonzentration physikalisch sehr unübersichtlich ist, bietet sich die Zweistoffdüse durch die relativ einfache Beeinflussung der Strömungscharakteristik für diese Aufgabe an.

Als Ergebnis zahlreicher Vorversuche wurde die in Abb. 1 dargestellte Ausführung eines Aerosolgenerators angefertigt. Das Ansaugen und Zerstäuben der Tracerlösung erfolgt bei dieser sogenannten Zweistoffdüse durch die Injektorwirkung der an einem Ringspalt austretenden Preßluft. Das im Zentrum des Freistrahles stehende Flüssigkeitsröhrchen ist gegenüber den üblichen Düsen verlängert, um ein Verstopfen durch abgelagerte Salze zu vermeiden. Um die nicht gewünschten Partikel ab einer bestimmten Größe aus dem Spektrum zu entfernen, ist der Düse ein aus Glas gefertigter Rohrkrümmer nachgeschaltet, der durch seine Impaktorwirkung die größeren Tropfen niederschlägt und diese durch eine Trichteröffnung wieder der ursprünglichen Vorratsflasche zuführt. Die Ausscheidung großer Partikel kann durch eine zusätzliche Prallplatte vor der Düsenöffnung erheblich verstärkt werden. Es ist möglich, über ein Schraubengewinde den Abstand der Platte von außen zu verstellen und damit das emittierte Aerosolspektrum ohne Demontage der Anlage zu beeinflussen. Die Emissionsleistung des Gerätes hängt vom Partikeldurchmesser ab. Bei einem Aerosoldurchmesser von ca. $3-4 \mu$ wird eine Emissionsrate von 1,5 ml/min erreicht. Wegen der Verwendung

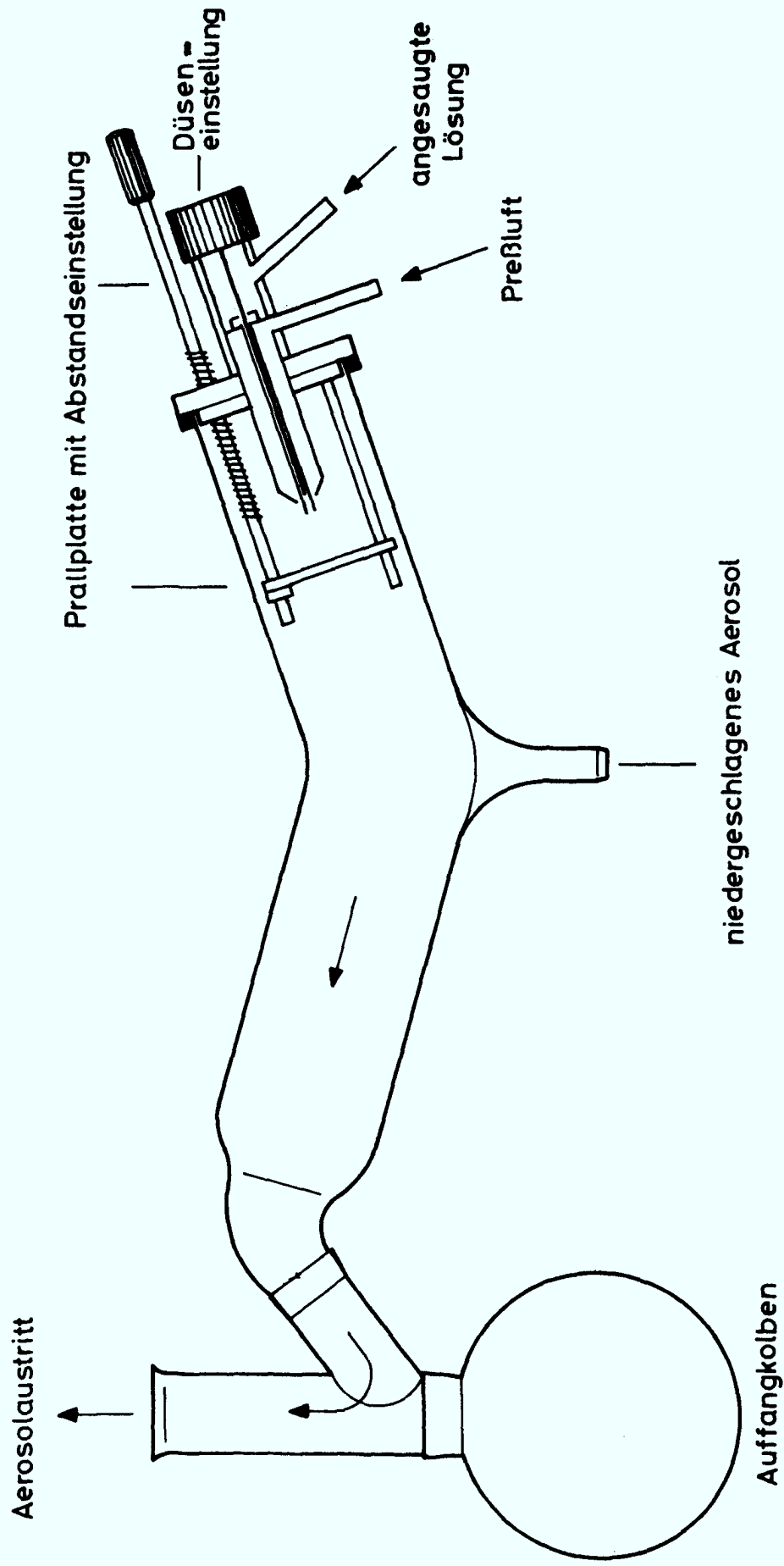


Abb. 1 Generator zur Erzeugung variabler Aerosolspektren

radioaktiver Tracer kann der Generator aus Sicherheitsgründen durch ein Fernbedienungskabel ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Zur Bestimmung und Kontrolle der erzeugten Aerosolspektren wurde ein Royco-Partikelzähler (Modell 225) angeschafft. Dieses Spektrometer arbeitet nach dem Streulichtverfahren und ist in der vorhandenen Ausführung auch bei den hohen, am Ausgang des Generators auftretenden Aerosolkonzentrationen ohne zu hohe Koinzidenzverluste verwendbar. Das System mißt Konzentrationen bis zu $3 \cdot 10^6$ Partikeln/Liter mit Durchmessern, die in einem Bereich von 0,3 bis ca. 30 μ liegen. Damit kann das bei den Versuchen interessierende Aerosolspektrum über die Sedimentationsgrenze hinaus erzeugt und gemessen werden. Die Auswertung der Spektren erfolgt über einen Vielkanalanalysator (Nuclear Data) mit Plotter- und Digitalausgang. Die Eichung des Spektrometers wird mit Latexaerosolen definierter Größe und geringer Standardabweichung durchgeführt.

4. Erzeugung definierter Aerosolspektren

In umfangreichen Laboruntersuchungen konnten für die Erzeugung geeigneter Aerosolspektren folgende Kriterien erarbeitet werden. Bei der beschriebenen Konstruktion des Generators hängen die Spektren von der Konzentration der Lösung, vom Abstand der Prallplatte und in geringerem Maße von der Einstellung der Zweistoffdüse ab.

In Abb. 2 sind drei Spektren bei gleicher Generatoreinstellung, aber verschiedenen Lösungskonzentrationen dargestellt. Da bei den Ablagerungsuntersuchungen in erster Linie das Volumen oder die Masse der emittierten Teilchen interessiert, sind in dieser Darstellung die (im Maximum normierten) Volumenverteilungen über dem Partikeldurchmesser aufgezeichnet. Die Lösungskonzentrationen der Kupfersulfatlösungen belaufen sich auf 4 (a), 8 (b) und 16 (c) g CuSO_4 pro 100 ml Wasser. Es wird deutlich, daß sich das

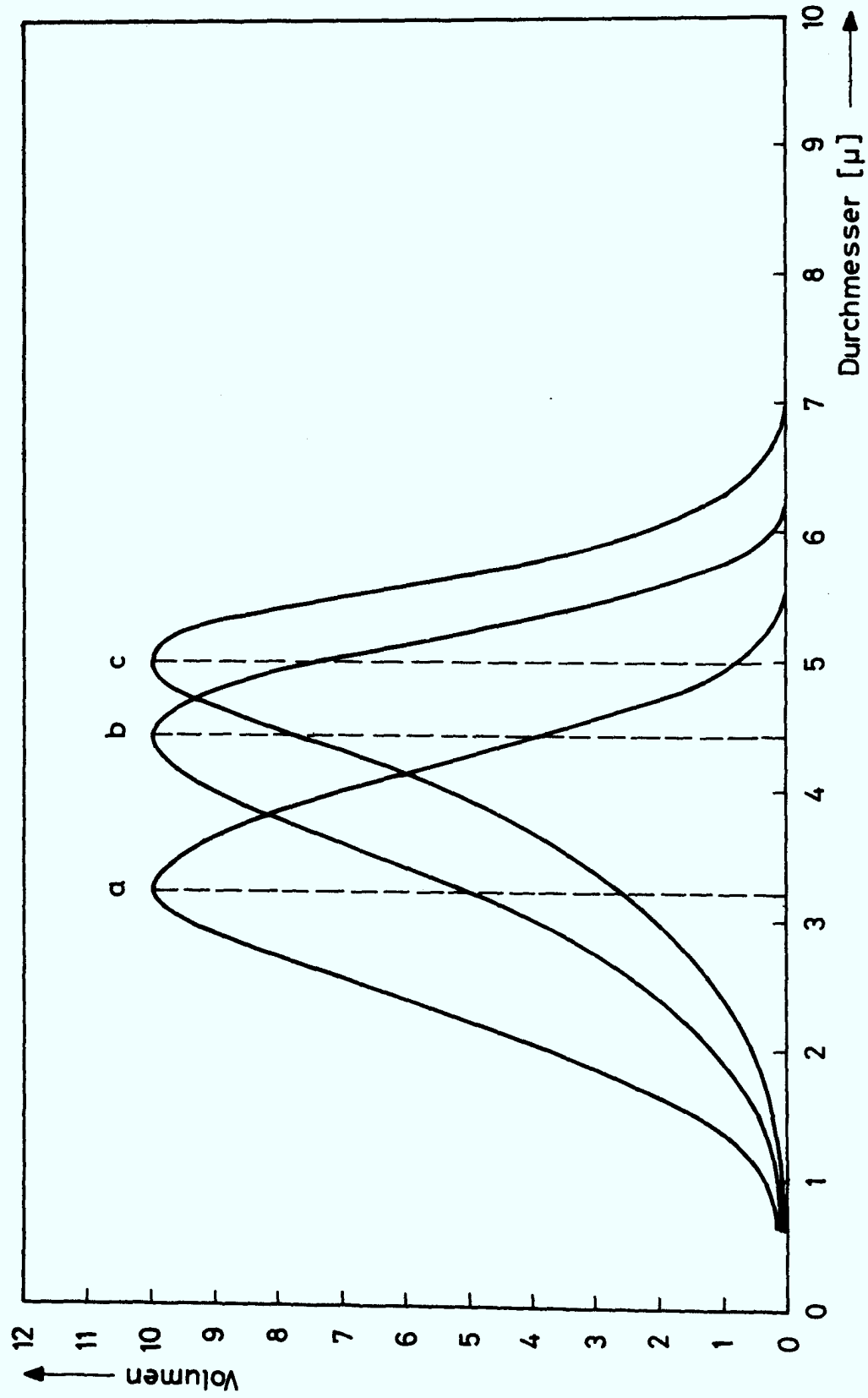


Abb. 2 Normierte Durchmesser-Volumenverteilung der emittierten Aerosole in Abhängigkeit von verschiedenen Lösungskonzentrationen

jeweilige Maximum bei geringer werdender Konzentration in Richtung kleinerer Partikeldurchmesser verschiebt. Dies beweist deutlich, daß unmittelbar nach der Erzeugung der Lösungströpfchen der Wassergehalt weitgehend verdampft, d.h. im wesentlichen trockene Teilchen den Generator verlassen. Soweit dieser Verdampfungsvorgang nicht schon im Generator abgeschlossen ist, erfolgt die Resttrocknung unmittelbar nach der turbulenten Durchmischung mit der Außenluft.

Eine weitere Möglichkeit, die Aerosolspektren zu verändern, ist in Abb. 3 dargestellt. Es zeigt sich, daß hier die erzeugten Aerosolspektren bei gleicher Lösungskonzentration durch die Impaktorwirkung der Prallplatte erwartungsgemäß auf der Seite der größeren Teilchen beeinflußt werden. Bei kleineren Plattenabständen besitzen die emittierten Aerosole im Mittel einen geringeren Durchmesser.

Bei den durchgeführten Versuchen wurde die Veränderung der Aerosolspektren sowohl durch die Konzentration der Lösung, als auch durch die Wirkung der eingebauten Prallplatte gesteuert. Das Maximum der zur Anwendung gekommenen polydispersen Spektren lag zwischen 2 und 6,5 μ . Der erste Ablagerungsversuch wurde mit einer Kupfersulfatkonzentration von 5 g/100 ml durchgeführt. In Abb. 4 ist die für diesen Versuch relevante, normierte Volumenradiusverteilung aufgezeichnet. Aus der Darstellung geht hervor, daß die Masse der erzeugten Teilchen durch einen Durchmesser von ca. 3 μ repräsentiert wird.

Eine Verschiebung des Maximums über ca. 7 μ hinaus führt zu einem zu starken "Auseinanderfließen" der Verteilung. Daher ist geplant, den Bereich größerer Partikel bis zur Sedimentationsgrenze von etwa 10-20 μ durch ein mit Hilfe eines neuen Generators erzeugtes monodisperses Spektrum abzudecken.

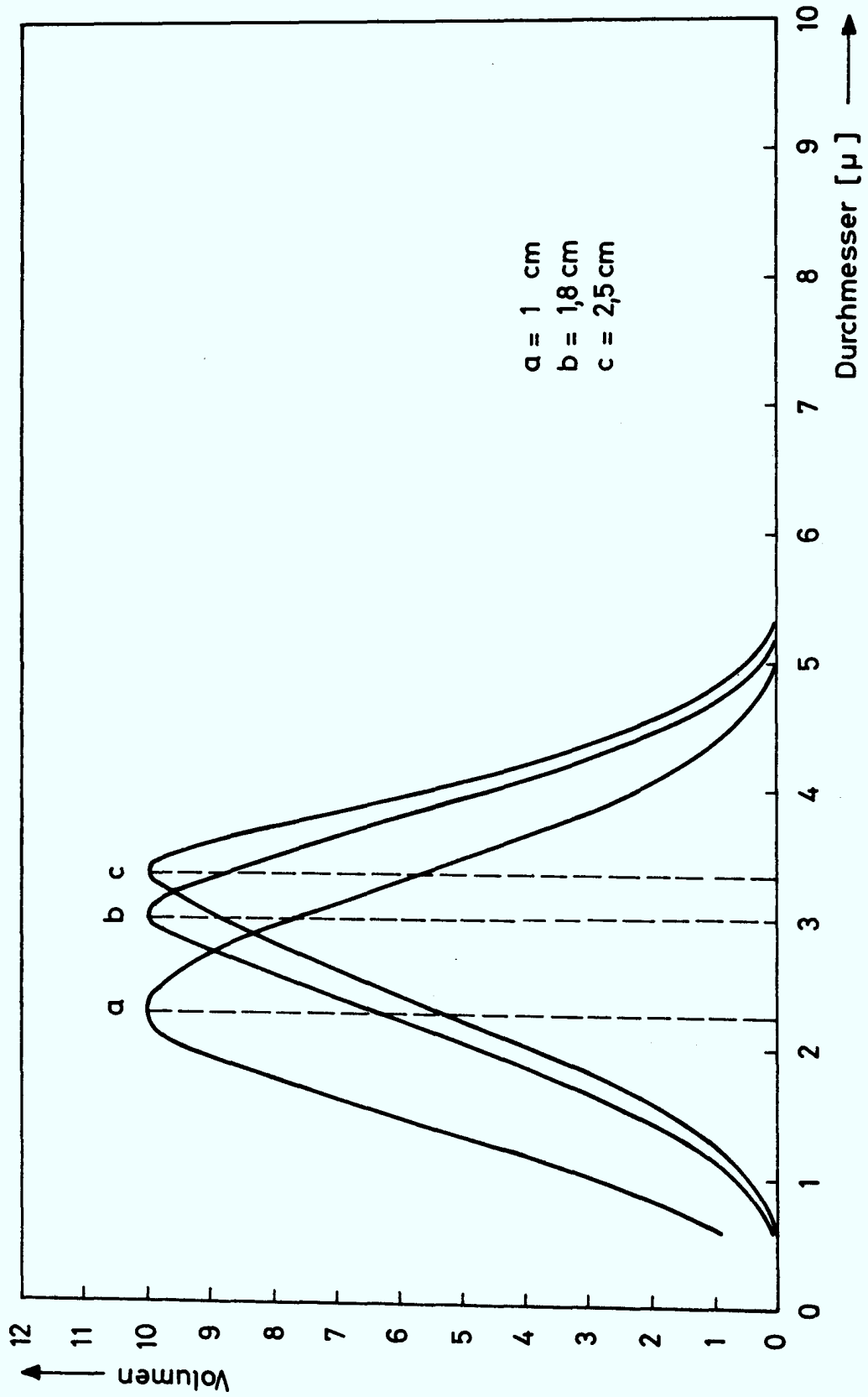


Abb. 3 Normierte Durchmesser-Volumenverteilung der emittierten Aerosole in Abhängigkeit von verschiedenen Prallplattenabständen

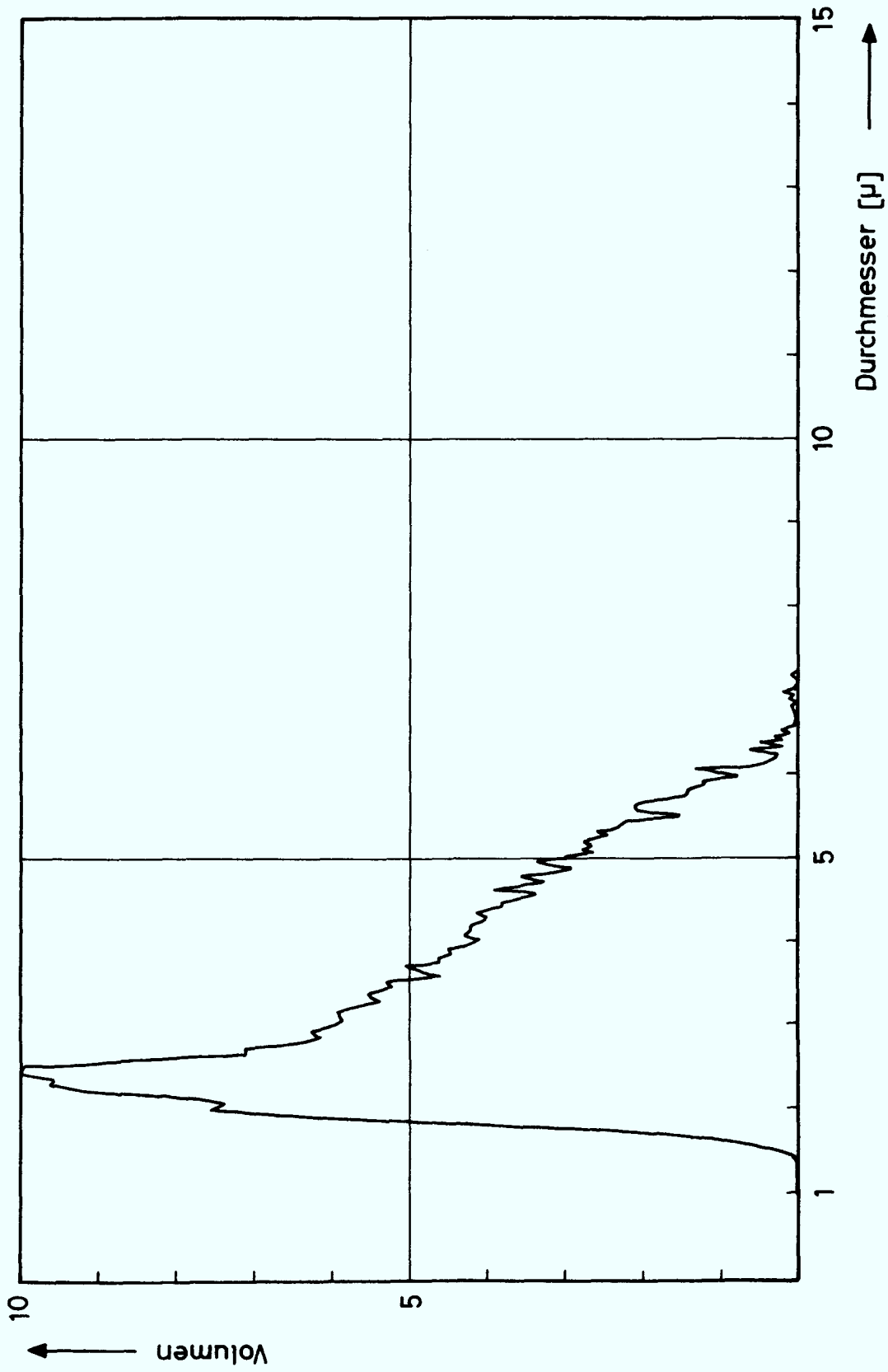


Abb. 4 Aerosolspektrum (Feldversuch 1)

5. Probennahme und Auswertung

Wie bereits bei der Definition der Ablagerungsgeschwindigkeit dargelegt wurde, muß bei den Feldversuchen in der bodennahen Luftschicht die zeitintegrierte Konzentration des Aerosols und auf der Grenzfläche (Boden bzw. Vegetationsproben) die in dieser Zeit abgelagerte Aerosolmenge ausgemessen werden.

Die erforderliche Bestimmung der Konzentration der Kupfersulfataerosole wurde mit den gleichen Probenahmestationen durchgeführt, die auch bei der Vertikalmessung im Rahmen unserer Ausbreitungsexperimente zum Einsatz kommen. In Abb. 5a ist eine derartige Station schematisch dargestellt. Das Gehäuse ist mit einem Durchmesser von 26 cm und einer Länge von 63 cm ausreichend klein bemessen, um auch bei einer größeren Anzahl die bodennahen Wind- und Austauschverhältnisse nicht entscheidend zu verändern. Auf dem oberen Deckel sind der Lufteinlauf mit dem Filterhalter und die einzelnen Bedienungselemente befestigt. An der Unterseite des Deckels befindet sich die elektrische Schaltanlage, das Gebläse (Autostaubsauger) und daran anschließend ein Flügelradanemometer. Die für die Stromversorgung des Gebläses notwendige Batterie steht auf dem Boden des Blechzylinders. Die in ca. 0,8 m Höhe angesaugte Luft kann die Kammer durch seitliche Entlüftungslöcher verlassen. In Abb. 5b ist die Kennlinie des Volumenstrommessers aufgenommen worden. Die gemessenen Zählimpulse sind über dem durch verschiedene Strömungswiderstände variierten Volumenstrom aufgetragen. Die Kennlinie zeigt das für diese Anemometer typische asymptotische Verhalten im unteren und oberen Drehzahlbereich. Der Arbeitspunkt ($25 \text{ m}^3/\text{h}$) liegt bereits im linearen Bereich, so daß kleine Volumenstromänderungen durch Filterdicke, Beaufschlagung oder nicht konstante Motorleistung nicht in das Meßergebnis eingehen.

Im Rahmen der durchgeführten Ablagerungsuntersuchungen wurde neben verschiedenen Vegetationsproben auch vegeta-

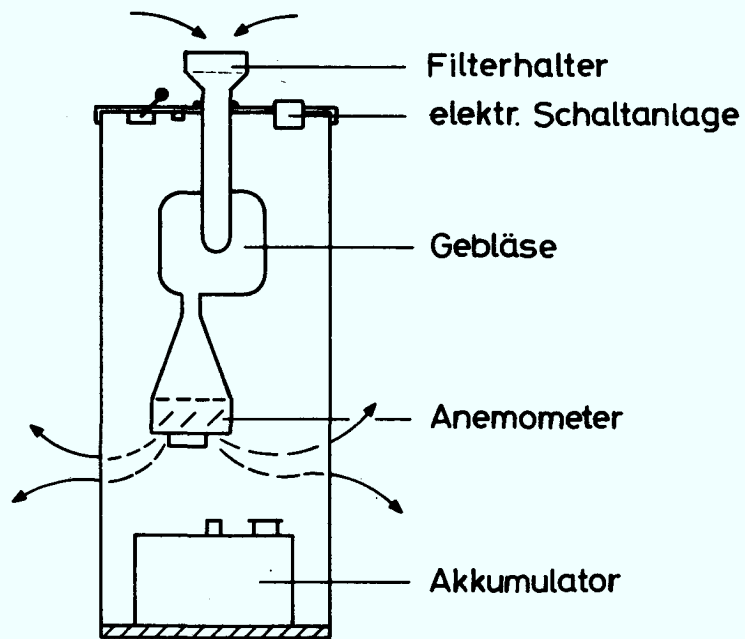


Abb. 5a: Schematischer Aufbau einer Probenahmestation

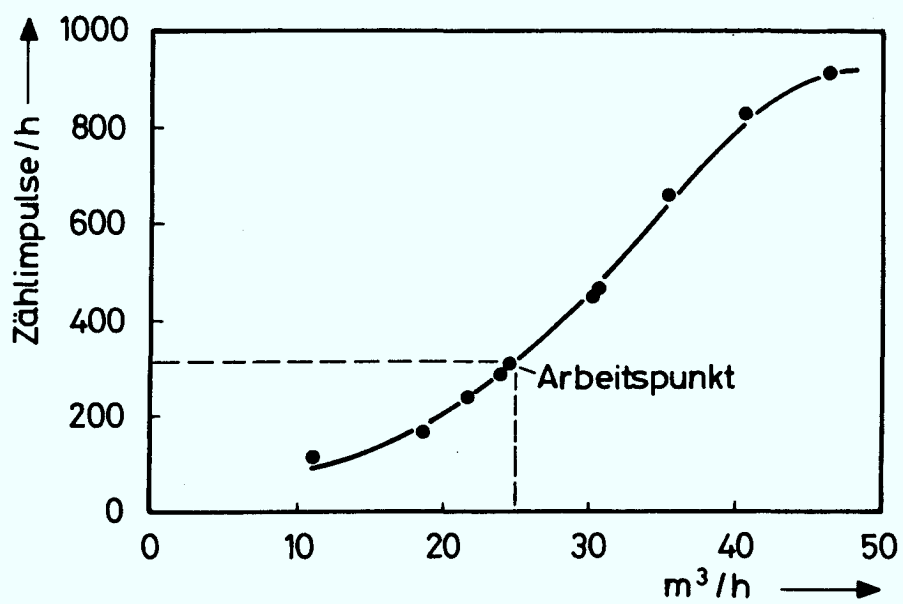


Abb. 5b: Durchsatzkennlinie des Probenahmegerätes

tionsfreier Erdboden untersucht und in der Regel eine Vielzahl von Testflächen ausgelegt und ausgemessen. Diese Testflächen hatten einen Durchmesser von 5 cm und bestanden aus Papier (Filtermaterial) sowie aus Metallscheiben mit glatter und rauher Oberfläche. Mit Hilfe dieser Proben sollte nicht nur die unterschiedliche Ablagerung an der Vegetation oder an glatten bzw. künstlichen Oberflächen, sondern auch die Abhängigkeit der ermittelten Ablagerung von der Entfernung zur Quelle untersucht werden.

Die Auswertung der Luftfilterproben und der Testflächen erfolgte durch den Nachweis der β -Aktivität der Tracersubstanz, während die jeweiligen Vegetations- bzw. Erdproben γ -spektrometrisch untersucht werden mußten.

Die radioaktive Markierung des getrockneten Kupfersulfats erfolgte im Reaktor FRJ-1 der Kernforschungsanlage Jülich. Anschließend wurde das Salz im Aktivlabor der Abteilung Strahlenschutz in Lösung gebracht, für den Versuch aufbereitet und in einer abgeschirmten Flasche für den Transport auf das Versuchsgelände bereitgestellt. Zur Kontrolle der Cu 64-Aktivität wurde vor dem Versuch eine 4π -Messung durchgeführt, die nach Beendigung der Emission mit der Restlösung zur Wiederholung kam. Außerdem konnten mit Hilfe dieser Lösung sowohl für die β - als auch für die γ -Messung jeweils geeignete Eichpräparate hergestellt werden. Bei den durchgeführten Experimenten wurden im Mittel pro Versuch 40 ml Kupfersulfatlösung mit einer mittleren Aktivität von 30 mCi emittiert.

6. Aufbau des Versuchsfeldes

Die Experimente zur Ablagerung sowohl von Jod als auch von Aerosolen erfolgen auf dem gleichen Versuchsfeld, das im wesentlichen aus zwei hufeisenförmigen Flächen besteht, die wiederum in Parzellen mit verschiedenen Gras- und Kleesorten eingeteilt sind. Für die beschriebenen Versuche wurde ein Gemisch der Grassorten Rotschwingel (*festuca rubra*), Fuchsschwanz (*alopecurus pratensis*) und Weidelgras (*lolium perenne*) ausgesät. Die Kleeparzellen wurden mit

Rotklee (*trifolium pratense*) angelegt. Eine Grundvoraussetzung zur experimentellen Bestimmung der Ablagerung besteht darin, daß die in der bodennahen Luftschicht erzeugte Aerosolverteilung in der Entfernung der auszuwertenden Testfläche annähernd eine vertikale Gleichverteilung bis mindestens 1 m Höhe aufweist. Die Emission der Kupfersulfataerosole erfolgte in 1,7 m Höhe. Zur Kontrolle der Abluftfahne und zur Bestimmung der zeitintegrierten Aerosolkonzentration über den Testflächen war je nach Wetterlage eine größere Anzahl von Probennahmestationen vorgesehen.

In Abb. 6 ist als Beispiel für den Versuch 1 die Anordnung von 19 Stationen schematisch dargestellt. Bei diesem Experiment sollten im Nahbereich die Stationen 1 bis 9 das Maximum der bodennahen Aerosolverteilung erfassen, während die Anordnung der Aufpunkte 10 bis 19 der bei den Jodversuchen entwickelten und auch erfolgreich erprobten Konzeption entsprach. Dieser weiter von der Quelle entfernte Bereich wurde bei den durchgeführten Versuchen in der Regel in der gleichen Anordnung bestückt, während der Nahbereich wegen der nicht vorhandenen vertikalen Gleichverteilung nur zur Untersuchung der Entfernungsabhängigkeit der Ablagerung zum Tragen kam. Die in der Abb. 2/6 eingezeichneten kleinen Buchstaben charakterisieren den Standort der ausgelegten Testflächen. Wegen der schlechten Vegetationsverhältnisse (15. Januar) wurde hier nur an den Markierungen A und B eine Vegetationsprobe entnommen.

Die nachfolgenden Versuche wurden so angelegt, daß mit einer Emission in der Regel 4 verschiedene Typen von Grenzflächen (künstliche Testflächen, Erdboden, Gras, Klee) gleichzeitig behandelt werden konnten. In insgesamt 11 Versuchen wurde somit das Ablagerungsverhalten von Aerosolen an 34 verschiedenen Fällen untersucht.

An meteorologischen Größen wurde unmittelbar im Versuchsgelände das vertikale Windprofil in sechs verschiedenen Abstufungen bis maximal 16 m Höhe aufgenommen. Dadurch war es möglich, über die daraus entwickelte Rauigkeit z_0

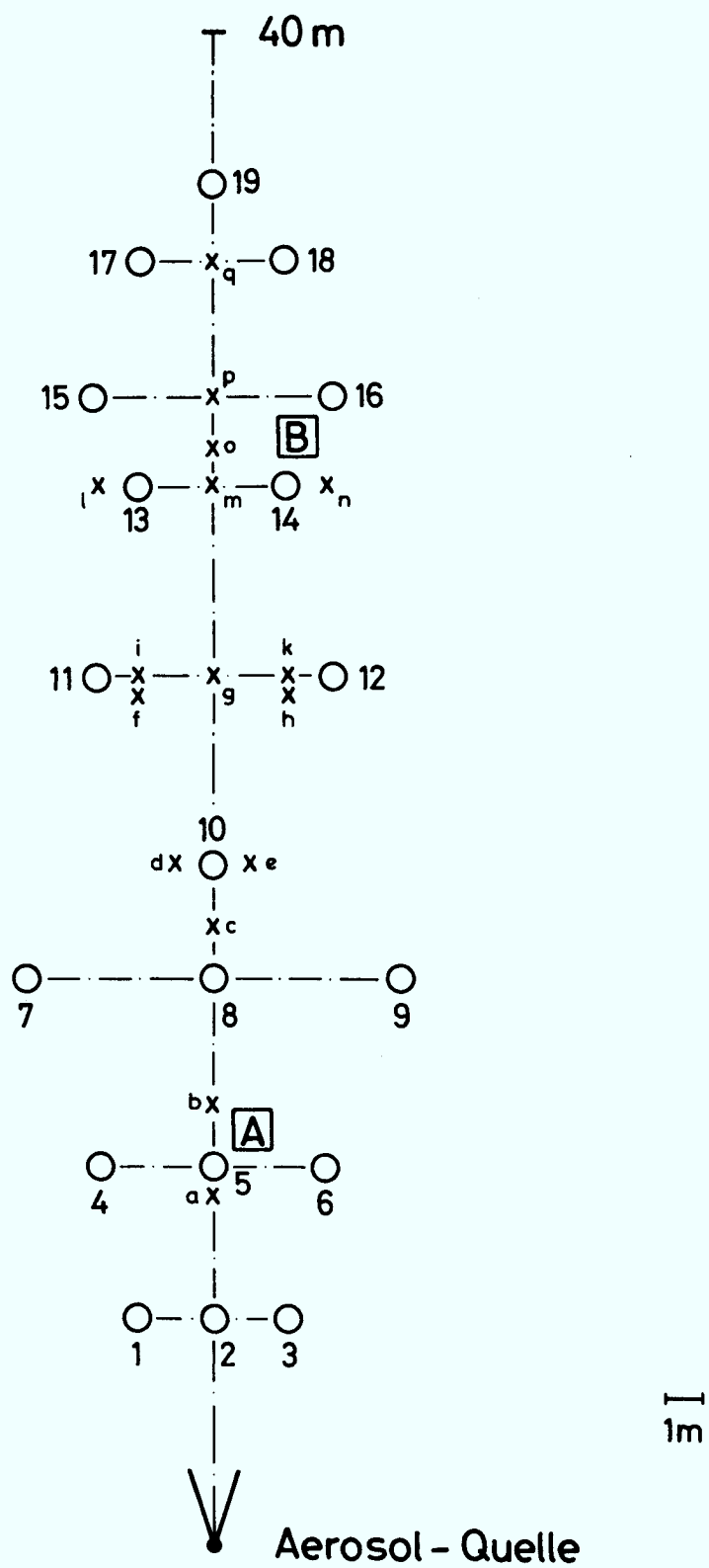


Abb. 6 Versuchsanordnung (Feldversuch 1)

die Schubspannungsgeschwindigkeit u_* oder den Scheindiffusionskoeffizienten K_{Momentum} zu bestimmen. Alle übrigen meteorologischen Daten wie Temperatur, Temperaturgradient, Diffusionskategorie, relative Luftfeuchte, Windrichtung, Sonnenhöhe, Bewölkungsgrad, Strahlungsbilanz und Luftdruck wurden am meteorologischen Turm der Kernforschungsanlage in etwa 600 m Entfernung gemessen.

Vorbereitung und Durchführung der Versuche erfolgte unter den Sicherheitsmaßnahmen, die bei der Beantragung und Genehmigung des Umganges mit diesen radioaktiven Substanzen festgelegt wurden. Die bei den Versuchen erzeugte Kontamination des Versuchsgeländes lag in allen Fällen nicht signifikant über dem Background, so daß nach den Experimenten die vorbereiteten Absperrmaßnahmen nicht erforderlich waren.

7. Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen

Im folgenden sollen die Ergebnisse der Ablagerungsexperimente, die im Rahmen dieses Forschungsprogrammes durchgeführt werden konnten, diskutiert werden. Allerdings waren wegen der kurzen Versuchsperiode nicht alle Möglichkeiten der wissenschaftlichen Auswertung auszuschöpfen. Die Einzelergebnisse der jeweiligen Versuche werden in den Tabellen 1 bis 33 im Anhang dokumentarisch zusammengestellt.

7.1 Dokumentation der Meßergebnisse

Im Rahmen der Ablagerungsuntersuchungen von Aerosolen an verschiedenen Grenzflächen konnten im Zeitraum vom 15.1.75 bis zum 21.10.75 insgesamt 11 Feldexperimente durchgeführt werden. In den Tabellen 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 und 31 sind die meteorologischen Parameter zum Zeitpunkt der einzelnen Versuche zusammengestellt. Die Tabellen enthalten neben den üblichen Bodenbeobachtungen an der meteorologischen Station der KFA den auf dem Versuchsfeld gemessenen vertikalen Gradienten der Windgeschwindigkeit und ermöglichen somit die Ermittlung der sog. Schubspannungs-

geschwindigkeit u_* , die eine charakteristische Größe für den turbulenten Zustand der bodennahen Atmosphäre darstellt (vergl. Kap. 2). Zusätzlich werden die Menge und die Aktivität der emittierten Kupfersulfatlösung und - zur Charakterisierung des jeweiligen Aerosolspektrums - der für die Massenverteilung repräsentative Aerosoldurchmesser angegeben.

In den Tabellen 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29 und 32 sind die zeitintegrierten Aerosolkonzentrationen der Luft, die an den einzelnen Probennahmestationen gemessen wurden, aufgeführt. Diese Werte ergeben sich aus dem jeweils gemessenen Aerosolniederschlag auf den Filtern und aus den angesaugten Luftmengen während des Versuches. Zur Ergänzung ist die jeweilige Quelldistanz mit angegeben. Die Tabellen zeigen recht deutlich, daß die Immissionsbelastung entsprechend dem Ausbreitungsmechanismus mit der Entfernung kontinuierlich abnimmt. Die Asymmetrie der Werte innerhalb eines Entfernungsbereiches deutet bei verschiedenen Versuchen darauf hin, daß die Ausrichtung des Versuchsaufbaues hinsichtlich der mittleren Windgeschwindigkeit nicht immer symmetrisch zur Achse des Meßnetzes war.

In den Tabellen 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 und 33 ist die auf die jeweiligen Grenz- oder Probeflächen abgelagerte Aktivität zusammengestellt. Die Reihenfolge sowohl der Probeflächen als auch der Vegetationsproben richtet sich nach dem Abstand der Expositionsstelle zur Quelle. Die Unterbezeichnung mit Buchstaben (ausgenommen Tabelle 3) bedeutet, daß an diesen Stellen jeweils mehrere Flächen in einer gemeinsamen Halterung zusammengefaßt waren. Für jede Fläche oder Probe wird das Zeitintegral der Aktivitätskonzentration der Luft angegeben, dessen Größe aus den an den benachbarten Probennahmestationen gemessenen Werten abgeleitet wurde. Eine genaue Bestimmung der zeitintegrierten Konzentration über den ausgelegten Flächen soll zu einem späteren Zeitpunkt über die Ausbreitungsgleichung, deren Parameter

aus der gemessenen Konzentrationsverteilung abgeleitet wurden, erfolgen. In der letzten Spalte ist als Ergebnis die Ablagerungsgeschwindigkeit, die sich aus dem Verhältnis des Aerosolniederschlages und der jeweiligen zeitintegrierten Konzentration ergibt, aufgeführt. Auch in diesen Tabellen sind die Probeflächen nach der Entfernung zur Quelle geordnet.

7.2 Abhängigkeit der Ablagerung von der Entfernung zur Quelle

Eine Grundvoraussetzung zur experimentellen Bestimmung der Ablagerung besteht entsprechend der Definition der Ablagerungsgeschwindigkeit darin, daß die in der bodennahen Luftschicht erzeugte Aerosolverteilung in der Entfernung der auszuwertenden Testfläche annähernd eine vertikale Gleichverteilung bis mindestens 1 m Höhe aufweist. Da die Emission der Kupfersulfataerosole in 1,7 m Höhe erfolgte, wurde zur Kontrolle der Abluftfahne und zur Bestimmung der zeitintegrierten Aerosolkonzentration über den in verschiedenen Entfernungen ausgelegten Testflächen im Versuch 1 insgesamt 19 Probenahmestationen aufgestellt. Die 44 kreisförmigen Testflächen hatten einen Durchmesser von 5 cm und bestanden aus Filtermaterial (Papier und Kohle) und glatten bzw. rauen Metallscheiben. Mit diesem Versuch sollte nicht nur die Entfernungsabhängigkeit der Ablagerung, sondern gleichzeitig (s.u.) auch der eventuelle Unterschied durch die unterschiedliche Rauigkeit der Testflächen beobachtet werden. Gleichzeitig wurden auch zwei Vegetationsproben untersucht.

In Tabelle 1 sind die meteorologischen Parameter zum Zeitpunkt des Versuches enthalten. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt mit ca. 3 m/s (in 2 m Höhe) relativ hoch. Der Gradient der Windgeschwindigkeit im unteren Höhenbereich führt zu einer Schubspannungsgeschwindigkeit von 40 cm/s und einer Rauigkeitslänge von 10 cm. Der vertikale Temperaturgradient verhält sich nahezu indifferent, so daß in diesem Falle der turbulente Massenaus-

tausch zur Oberfläche vorwiegend durch diesen Windgradienten gesteuert wird. Auch der dafür relevante Scheindiffusionskoeffizient K_{Momentum} liegt mit $1600 \text{ cm}^2/\text{s}$ folgerichtig relativ hoch.

In Tabelle 2 sind die Immissionsbelastungen, die an den einzelnen Probenahmestationen gemessen wurden, aufgeführt. Die Tabelle zeigt recht deutlich, daß die Immissionsbelastung entsprechend dem Ausbreitungsmechanismus mit der Entfernung kontinuierlich abnimmt. Die Symmetrie der Werte innerhalb eines Entfernungsbereiches deutet auf eine optimale Ausrichtung des Versuchsaufbaues hinsichtlich der mittleren Windrichtung hin.

In Tabelle 3 ist nunmehr die Kontamination der gewählten Grenz- oder Probeflächen zusammengestellt. Der Ort der jeweiligen Expositionen ist sowohl in dieser Tabelle als auch in der Abb. 6 mit Buchstaben angegeben. Die Unterbezeichnung mit Ziffern bedeutet, daß an diesen Stellen jeweils fünf Flächen in einer gemeinsamen Halterung nebeneinander lagen.

Bereits dieser erste Versuch zeigt, daß die Ablagerung auf den künstlichen Probeflächen sehr viel niedriger liegt, als auf den entsprechenden Vegetationsproben. Im Mittel beträgt die Ablagerungsgeschwindigkeit bei den künstlichen Flächen $0,023 \text{ cm/s}$. Eine Differenzierung dieser Ergebnisse durch die unterschiedlichen Oberflächen ist dagegen nicht möglich. Die verschieden gerauhten Metallflächen unterscheiden sich weder signifikant untereinander noch von dem Filter- bzw. Kohlepapier.

Interessant erscheint nun die Frage, inwieweit die Ablagerung an diesen künstlichen Testflächen von der Entfernung zur Quelle abhängt. In Tabelle 34 und in Abb. 7 sind die Ergebnisse dargestellt. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $0,994$ ergibt sich ein deutlicher Anstieg der Ablagerung mit der Entfernung. Dies ist darauf zurückzuführen, daß in Quellnähe das vertikale Konzentrationsprofil der emittierten Abluftfahne zwischen der

Bodenoberfläche und der Probenahmestation in 1 m Höhe noch sehr ausgeprägt ist, und durch die zu hohe Konzentration in dieser Höhe eine kleinere Ablagerung vorge-täuscht wird. In einem größeren Entfernungsbereich dürfte die Zunahme der Ablagerungsgeschwindigkeit einer Sättigung zustreben, die allerdings bei dem vorliegenden Versuch wegen der recht hohen Windgeschwindigkeit nicht eindeutig ausgeprägt ist.

Berücksichtigt man bei den Vegetationsproben, daß die Grasfläche sehr nahe an der Quelle lag und korrigiert man daher die gemessene Ablagerung nach der dargestellten Abhängigkeit von der Entfernung, so erhöht sich dieser Wert auf $v_g(\text{Gras}) = 0,2 \text{ cm/s}$. Unter Berücksichtigung dieses Ergebnisses wurden bei den nachfolgenden Experimenten die Vegetationsproben nur in einer größeren Entfernung zur Quelle entnommen. Über die bei jedem Versuch ausgelegten Testflächen konnte dieser Faktor ausreichend unter Kontrolle gehalten werden.

Tabelle 34

Abhängigkeit der Ablagerung von der Entfernung

Grenzfläche	Quelldistanz (m)	Ablagerungs- geschwindigkeit (cm/s)
a	9,4	0,014
b	11,4	0,012
c	16,4	0,020
d, e	18,0	0,024
f, g, h, i, k	23,0	0,025
l, m, n, o	28,6	0,035
p, q	32,0	0,032

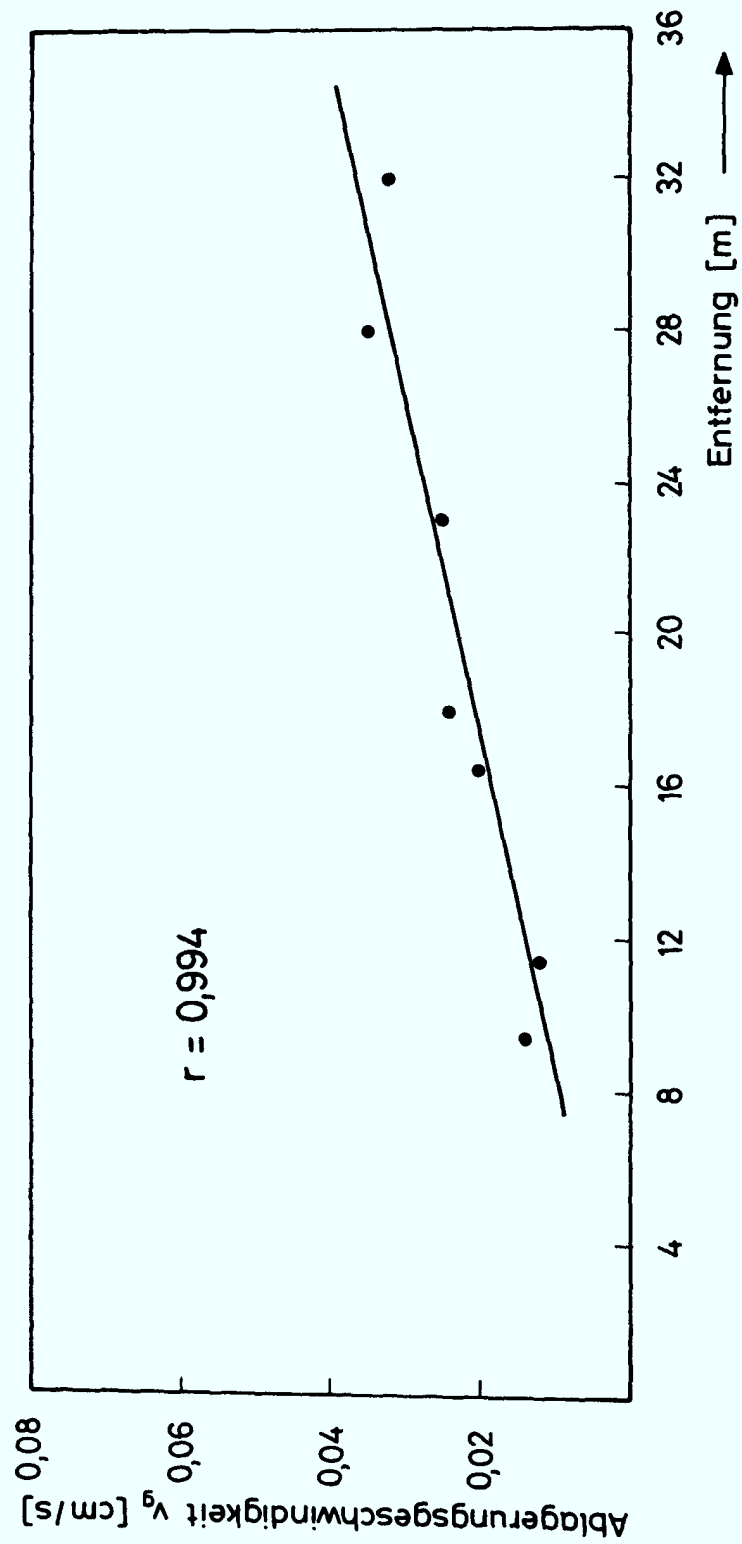


Abb. 7 Abhängigkeit der Ablagerungsgeschwindigkeit von der Entfernung zur Quelle

7.3 Ablagerung von Testaerosolen an verschiedenen Grenzflächen

Im folgenden sollen die Meßergebnisse der im Zeitraum vom 15.1.75 bis zum 21.10.75 durchgeführten Feldexperimente diskutiert werden. Durch die gleichzeitige Einbeziehung von verschiedenen Grenzflächen wurde die Ablagerung von Aerosolen unter insgesamt 37 verschiedenen Bedingungen untersucht. Die Meßergebnisse dieser Ablagerungsuntersuchungen sind für Gras in der Tabelle 35, für Klee in Tabelle 36 und für den vegetationsfreien Erdboden bzw. die künstlichen Grenzflächen in Tabelle 37 zusammengestellt. In allen Tabellen ist ferner für jeden Versuch die entsprechende Diffusionskategorie nach Pasquill, der gewählte Aerosoldurchmesser, die Windgeschwindigkeit in 1 m Höhe, die Schubspannungsgeschwindigkeit u_* und die relative Feuchte angegeben. Anzumerken ist, daß die Schubspannungsgeschwindigkeit nach Formel (9) aus dem vertikalen Windprofil unter der Annahme einer adiabatischen Temperaturschichtung abgeleitet wurde und zum vertikalen Massenaustausch der bodennahen Atmosphäre, der für die Ablagerung verantwortlich ist, näherungsweise proportional verläuft. Der angegebene Aerosoldurchmesser wurde mit Hilfe des jeweils gemessenen polydispersen Spektrums aus dem Maximum der errechneten Volumendurchmesserverteilung abgeleitet. Dies bedeutet, daß durch diesen Radius die Masse der erzeugten Teilchen repräsentiert wird.

Neben der ermittelten Ablagerungsgeschwindigkeit v_g ist in Tabelle 35 bzw. 36 sowohl für Gras als auch für Klee die auf die Trockenmasse D normierte Ablagerungsgeschwindigkeit entsprechend der Gleichung (11)

$$v_D = v_g / D \text{ (cm}^3\text{/g} \cdot \text{s)} \quad (11)$$

Tabelle 35 : Ablagerung von Kupfersulfataerosolen an der Grenzfläche Gras

Ver- suchs- Nr.	Datum	Diffu- sions- kategorie	Aerosol- durch- messer μ	u(1 m) m/s	u* cm/s	Feuchte %	Trocken- masse D g/cm ²	v _g cm/s	v _D cm ³ /gs	v _g /u* ·10 ⁻³	v _g /u*D cm ² /g
1	15. 1.75	D	3,0	3,1	43,0	46	0,015	0,180	12,0	4,2	0,28
2	21. 4.75	B	5,0	1,8	18,0	52	0,010	0,081	8,1	4,5	0,45
3	28. 5.75	B	3,8	1,9	27,2	43	0,026	0,082	3,2	3,0	0,12
4	1. 7.75	C	3,8	2,8	26,0	47	0,015	0,052	3,5	2,0	0,13
5	1. 7.75	B	3,1	2,9	33,8	46	0,011	0,100	9,1	3,0	0,27
6	8. 7.75	C	6,5	2,6	24,4	39	0,013	0,140	10,8	5,7	0,44
7	22. 7.75	B	4,0	1,4	15,0	50	0,014	0,040	2,9	2,7	0,19
8	1.10.75	C	3,0	1,5	11,8	62	0,022	0,041	1,9	3,5	0,16
9	1.10.75	C	4,0	1,8	12,1	62	0,021	0,060	2,9	5,0	0,24
10	21.10.75	C	3,0	0,6	7,5	90	0,017	0,022	1,3	2,9	0,17
11	21.10.75	C	4,0	1,2	12,9	90	0,025	0,073	2,9	5,7	0,23
	Mittel		3,9	2,0	21,1	57	0,017	0,079	5,3	3,8	0,24

Tabelle 36: Ablagerung von Kupfersulfataerosolen an der Grenzfläche Klee

Ver- suchs- Nr.	Datum	Diffu- sions- kategorie	Aerosol- durch- messer μ	u(1 m) m/s	u* cm/s	Feuchte %	Trocken- masse $\bar{D}^2$ g/cm ²	v g cm/s	v _D cm ³ /gs	v g/u* $\cdot 10^{-3}$	v/u* g ² /g cm ²
1	15. 1.75	D	3,0	3,1	43,0	46	0,022	0,460	20,9	11,0	0,49
2	21. 4.75	B	5,0	1,8	18,0	52	0,019	0,140	7,4	7,8	0,41
4	1. 7.75	C	3,8	2,8	26	47	0,012	0,078	6,5	3,0	0,25
7	22. 7.75	B	4,0	1,4	15	50	0,034	0,22	6,5	14,7	0,43
8	1.10.75	C	3,0	1,5	11,8	62	0,041	0,087	2,1	7,4	0,18
	Mittel		3,8	2,1	22,8	51	0,025	0,197	8,7	8,8	0,35

Tabelle 37: Ablagerung von Kupfersulfataerosolen am Erdboden und an künstlichen Grenzflächen

Ver- suchs- Nr.	Datum	Diffu- sions- kategorie	Aerosol- durch- messer μ	u_* cm/s	Feuchte %	künstliche Oberfläche		Erdboden	
						v_g cm/s	v_g/u_* $\cdot 10^{-3}$	v_g cm/s	v_g/u_* $\cdot 10^{-3}$
1	15. 1.75	D	3,0	43,0	46	0,030	0,7	-	-
2	21. 4.75	B	5,0	18,0	52	0,038	2,1	0,034	1,9
3	28. 5.75	B	3,8	27,2	43	0,030	1,1	0,038	1,4
4	1. 7.75	C	3,8	26,0	47	0,015	0,6	0,026	1
5	1. 7.75	B	3,1	33,8	46	0,022	0,7	-	-
6	8. 7.75	C	6,5	24,4	39	0,035	1,4	0,022	0,9
7	22. 7.75	B	4,0	15,0	50	0,010	0,7	0,012	0,8
8	1.10.75	C	3,0	11,8	62	0,014	1,2	0,011	0,9
9	1.10.75	C	4,0	12,1	62	0,019	1,6	0,048	3,9
10	21.10.75	C	3,0	7,5	90	0,016	2,1	0,029	3,8
11	21.10.75	C	4,0	12,9	90	0,029	2,2	-	-
	Mittel		3,9	21,1	57	0,023	1,3	0,028	1,8

angegeben. Ferner werden unter der Voraussetzung einer direkten Proportionalität zwischen der Ablagerungsgeschwindigkeit und der Schubspannungsgeschwindigkeit die jeweiligen normierten Ablagerungsgeschwindigkeiten v_g/u_* und $v_g/u_* \cdot D$ abgeleitet. In den unteren Zeilen sind die Mittelwerte der angegebenen Parameter zusammengestellt.

7.3.1 Ablagerung von Aerosolen an Gras

Die Ablagerung der radioaktiv markierten Kupfersulfataerosole auf Grasflächen (vgl. Kap. 6) konnte in allen 11 Feldexperimenten bestimmt werden. Die in Tabelle 35 jeweils angegebenen Ablagerungsgeschwindigkeiten wurden in der Regel aus 3 bis 6 Einzelproben bestimmt. Bedingt durch die Tageszeit fanden alle Versuche bei adiabatischen bis mäßig labilen Wetterlagen statt.

Die aus der Windgeschwindigkeit abgeleitete Schubspannungsgeschwindigkeit schwankt in einem weiten Bereich zwischen 7,5 und 43 cm/s. Die relative Feuchte lag - entsprechend den meist labilen Wetterlagen - mit einem mittleren Wert von 57 % recht niedrig. Hinsichtlich der Dichte der Grasdecke konnte mit einer Trockenmasse von 0,010 bis 0,026 g/cm² ein verhältnismäßig großer Bereich untersucht werden.

Vergleicht man in Tabelle 35 die Ergebnisse der ermittelten Ablagerungsgeschwindigkeiten, so ergibt sich ebenfalls eine recht ausgeprägte Schwankungsbreite von 0,022 bis 0,18 cm/s. Das Mittel liegt bei 0,079 cm/s. Die Ursachen dieser Schwankungen sind bei der ersten Übersicht nur sehr schwierig zu erkennen. In Abb. 8 sind die in diesen Versuchen ermittelten Ablagerungswerte für Gras über der Schubspannungsgeschwindigkeit aufgetragen. Neben den aus mehreren Grasproben ermittelten Meßpunkten ist der jeweilige Aerosoldurchmesser angegeben. Die eingezeichnete Gerade bildet die Regression dieser Werte, die mit $r = 0,82$ eine recht gute Korrelation aufweisen. Bemerkenswert ist ferner, daß die größeren Aerosoldurchmesser über dieser Geraden liegen. Diese Tatsache läßt ver-

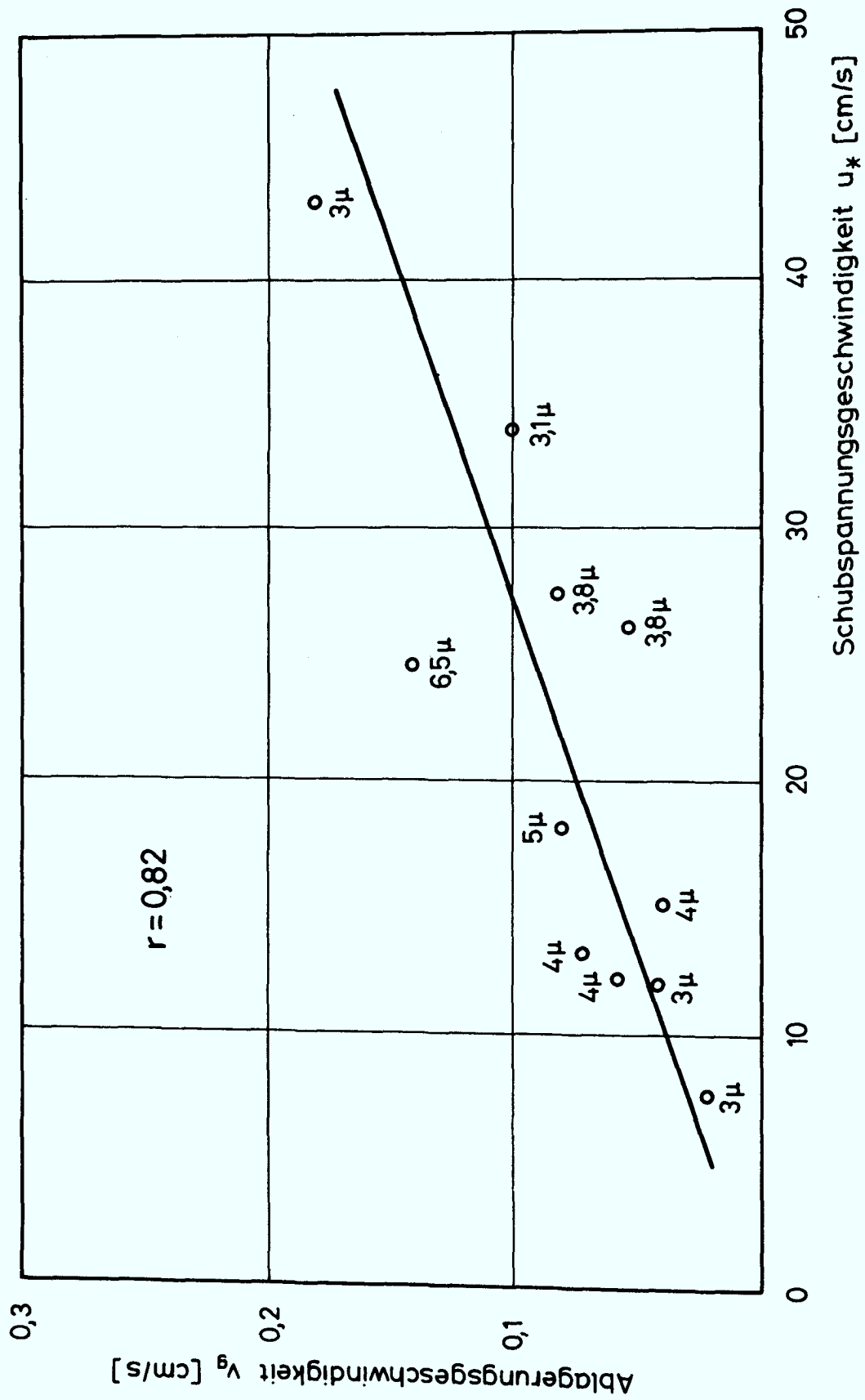


Abb. 8 Abhängigkeit der Ablagerungsgeschwindigkeit von der Schubspannungsgeschwindigkeit für verschiedene Aerosoldurchmesser und für Gras als Grenzfläche

muten, daß die Ablagerung außer von der Schubspannungsgeschwindigkeit auch in sehr starkem Maße vom Aerosoldurchmesser abhängt und die Beziehung zwischen diesen genannten Größen durch eine Kurvenschar mit dem Aerosoldurchmesser als Parameter beschrieben werden kann. Die in Tabelle 35 zusammengestellten normierten Ablagerungskonstanten v_g/u_* und die Steigung der Regressionsgeraden lassen zwischen v_g und u_* einen dimensionslosen Proportionalitätsfaktor von ca. 0,0036 als geeignet erscheinen. Allerdings dürfte im unteren sowie im oberen Bereich von u_* die Linearität durch eine asymptotische Annäherung an Grenzwerte eingeschränkt werden.

Die nach der Formel (11) bestimmte Größe v_D , die die Trockenmasse oder Flächenbelegung berücksichtigt, erbringt keine größere Korrelation zwischen der Ablagerung und der entsprechenden Schubspannungsgeschwindigkeit. Diese Tatsache könnte darauf hinweisen, daß für den Mechanismus der Ablagerung von Aerosolen in erster Linie die an den Gräsern erzeugten Mikroturbulenzen (Impaktoreffekt) verantwortlich gemacht werden müssen. Inwieweit hier die Massenbelegung eine Rolle spielt, konnte anhand der vorliegenden Versuche noch nicht festgestellt werden. Zwischen der Ablagerungsgeschwindigkeit v_g und der relativen Feuchte war ebenfalls kein Zusammenhang festzustellen.

In Tabelle 38 sind zum Vergleich einige Literaturwerte angegeben. Im wesentlichen werden für Gras (Ch 66) die bei den Jülicher Experimenten ermittelten Größenordnungen bestätigt. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß es sich hier z.T. um Windkanalversuche und in ihrer Zusammensetzung nicht einheitliche Aerosole handelt.

7.3.2 Ablagerung von Aerosolen an Klee

In der zurückliegenden Versuchsphase konnten wegen ungünstiger Vegetationsbedingungen lediglich in 5 Feldexperimenten die Ablagerung an Klee (Rotklee) untersucht

Tabelle 38: Ablagerung von Aerosolen an Gras und glatten Flächen
(Literaturwerte)

Autor	Ober- fläche	Aerosol- durch- messer μ	Schubspan- nungsge- schwindig- keit u^* cm/s	Ablagerung v_g cm/s
Sehmel(1973) (Windkanal)	glatt	1	34	0,005
	glatt	2	34	0,03
	glatt	5	34	0,2
	glatt	10	34	1,2
Davies(1966) (Theorie)	glatt	1	70	0,0015
	glatt	2	70	0,0020
	glatt	5	70	0,8000
Chamberlain (1966) (Feldversuche)	Gras	0,1	70	0,033
	Gras	1,0	70	0,034
	Gras	2	70	0,090
	Gras	5	70	0,800
	Gras	19	70	3,200
	Gras	32	70	4,900
	Gras	0,1	35	0,023
	Gras	1	35	0,019
	Gras	5	35	0,160
	Gras	19	35	2,700
	Gras	32	35	3,300

werden. Die ermittelten Ablagerungsgeschwindigkeiten wiesen eine starke Streuung auf, ergaben aber nach Tabelle 36 einen mittleren Wert von ca. 0,2 cm/s. Vergleicht man diese Größe mit der Ablagerungsgeschwindigkeit, die zur selben Zeit, d.h. unter identischen Randbedingungen an Gras gemessen wurde, so kann für Klee ein um einen Faktor 2,5 höherer Wert festgestellt werden. Ein vergleichbarer Unterschied ist auch bei der bisherigen Ablagerungsuntersuchungen von elementarem Jod auf Gras und Klee aufgetreten.

Die Definition eines Proportionalitätsfaktors zwischen der Ablagerung an Klee und der Schubspannungsgeschwindigkeit ist wegen der verhältnismäßig geringen Versuchszahl und der Streuung der Ergebnisse problematisch. Nach der Tabelle 36 kann für die Steigung v_g/u_* ein mittlerer Wert von etwa 0,009 angenommen werden. Auch die Einbeziehung der Trockenmasse erbringt keine wesentliche Verbesserung dieser Beziehung. Lediglich die Versuche 2, 4 und 7 zeigen eine recht gute Übereinstimmung.

7.3.3 Ablagerung von Aerosolen am Erdboden und an künstlichen Probeflächen

In Tabelle 37 sind die Ergebnisse der Ablagerungsuntersuchungen für vegetationsfreien Erdboden und künstliche Oberflächen angegeben. Für den Erdboden ergab sich in 8 Versuchen bei einem mittlerem Aerosoldurchmesser von 3,9 μ ein Wert von 0,028 cm/s, während die Ablagerung an den künstlichen Grenzflächen (Papier, Metall) im Mittel um ca. 12 % niedriger lag. Gegenüber Gras liegen die Werte des Erdbodens um einen Faktor 2,8 und gegenüber Klee sogar um einen Faktor 7 niedriger. Auch hier ist die Streuung der Einzelwerte nicht zuletzt wegen der durch die geringe Ablagerung hervorgerufenen meßtechnischen Schwierigkeiten verhältnismäßig hoch. Allerdings stimmt der gegenüber den Vegetationsproben niedrigere Wert von ca. 0,0013 für das Verhältnis v_g/u_* mit den aus der Theorie ableitbaren Erwartungen recht gut überein.

Die Einzelergebnisse der Ablagerungswerte am Erdboden deuten auf eine geringe Abhängigkeit von der jeweiligen Oberflächenstruktur der Testfläche hin. Bei Ackerboden mit rauher Struktur wurden etwas höhere Ablagerungsgeschwindigkeiten gemessen als bei fester und relativ glatter Erdoberfläche. Bei den künstlichen Oberflächen war diese Tendenz jedoch nicht erkennbar. Sowohl die rauhen bzw. glatten Metalloberflächen als auch die ausgelegten Papierflächen konnten bei den beschriebenen Feldversuchen hinsichtlich ihrer Ablagerungswirksamkeit nicht differenziert werden. Bei Kunststoffolien traten jedoch - wahrscheinlich durch Aufladungseffekte hervorgerufen - erheblich höhere Ablagerungsgeschwindigkeiten auf als bei allen anderen glatten Testflächen.

Die in Tabelle 38 zusammengestellten Literaturwerte (Se 73, Da 66) wurden aus der Theorie und aus Windkanalversuchen abgeleitet, zeigen aber für die bei den Jülicher Feldversuchen repräsentativen Randbedingungen (Aerosoldurchmesser von $4\text{ }\mu$, Schubspannungsgeschwindigkeit von 21 cm/s) eine recht gute Übereinstimmung.

7.3.4 Ablagerung von Aerosolen an Blättern und Fichtennadeln

In den Versuchen 8 und 10 wurden neben den oben beschriebenen Grenzflächen zusätzlich mehrere Ahorn- und Fichtenäste in 1 m Höhe über dem Erdboden befestigt und der emittierten Abluftfahne ausgesetzt. In den Tabellen 21 bzw. 27 sind die entsprechenden Ergebnisse (in Klammern) zusammengestellt. Allerdings können hier wegen der fehlenden horizontalen Bezugsfläche die oben angegebenen Dimensionen nicht übernommen werden.

Als Alternative kann jedoch die an den Ästen abgelagerte Menge der Testaerosole auf die jeweilige Trockenmasse bezogen werden. Ebenfalls lassen sich in diesen Versuchen auch die auf die Grasflächen abgelagerten Aerosolmengen über die Ablagerungsgeschwindigkeit und die entsprechende Flächenbelegung auf die Trockenmasse beziehen. Über diese

Umrechnung ist ein direkter Vergleich der Ablagerungsgeschwindigkeiten an Gras, Ahornblättern und Fichtennadeln möglich. Aus beiden Versuchen geht hervor, daß die Ablagerung an Gras und Blättern -auf die Trockenmasse bezogen- annähernd gleich ist, während zwischen Gras und Fichtennadeln ein Verhältnis von 1 : 2,3 besteht. Da bei Laub- und Nadelwäldern die Massenbelegung pro Fläche wesentlich höher liegt als bei Wiesenflächen, muß die Ablagerung in Wäldern außerordentlich hoch eingeschätzt werden. Windkanalversuche (Be 74 und Kl 74) bestätigen, daß besonders bei höheren Anströmgeschwindigkeiten die Ablagerung an Fichtennadeln und Blättern sehr stark ansteigen kann. Die Untersuchung dieser Abhängigkeit kann jedoch nur in einer größeren Anzahl von Feldversuchen eindeutig geklärt werden.

8. Zusammenfassung und Empfehlung einer Falloutkonstanten zur Berechnung der Umgebungsbelastung von Kernkraftwerken

Als vorläufiges Ergebnis dieser Versuchsreihe kann festgestellt werden, daß bei einem mittleren Aerosoldurchmesser von 4μ und bei einer mittleren Schubspannungsgeschwindigkeit von 27 cm/s, die annähernd dem zu erwartenden Jahresmittel entspricht, folgende Ablagerungsgeschwindigkeiten als repräsentativ angesehen werden können.

$v_g(\text{Gras})$	= 0,100 cm/s
$v_g(\text{Klee})$	= 0,240 cm/s
$v_g(\text{Erdboden})$	= 0,035 cm/s
$v_g(\text{glatte Flächen})$	= 0,030 cm/s

Eine Verringerung des Aerosoldurchmessers auf 2μ dürfte diese Werte nach den bisherigen Ergebnissen nur unwesentlich verkleinern.

Bei der Feststellung empfohlener Falloutkonstanten aufgrund der Meßwerte wird zunächst zu prüfen sein, ob unter Zugrundelegung der bei den Messungen vorgelegenen meteorologischen und sonstigen Bedingungen die Mittelwerte als repräsentativ anzusehen sind oder ob eine Auswahlstatistik vorlag, die zu einer systematischen Abweichung von den repräsentativen Erwartungswerten führt. Diese Frage wird ebenso wie die Frage der Abhängigkeit der Ablagerung von Parametern wie Partikelgröße und -dichte, Schubspannungsgeschwindigkeit, Feuchte, Vegetationsdichte etc. erst abschließend beantwortet werden können, wenn eine größere Anzahl von Messungen vorliegt.

Schon jetzt ist ersichtlich, daß die Falloutkonstante stark vom Untergrund (unbebaute Flächen, landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wald) abhängt. Zur Abschätzung einer mittleren Falloutgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland müßte man die Ablagerung über den verschiedenen Grenzflächen genauer als bisher kennen, um mit Hilfe der Flächennutzungsanteile in der BRD* einen gewichteten Mittelwert errechnen zu können. Dieser Wert wäre heranzuziehen, um die Abnahme der Radioaktivität von Abluftfahnen (bzw. der Atmosphäre) im regionalen Bereich aufgrund der trockenen Ablagerung zu berechnen.

Für die Anwendung im Zusammenhang mit der Berechnung der Strahlenexposition der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung von Kernkraftwerken über den Ingestionsbelastungspfad müssen die Falloutkonstanten für die in die relevanten Nahrungsketten eingehenden Vegetationsarten bekannt sein. In der Annahme, daß auch bei den Aerosolen Radiojod von ausschlaggebender Bedeutung für die Ingestionsbelastung ist und demgemäß die Exposition der Kleinkinder über den Weide-Kuh-Milch-Pfad den kritischen Belastungspfad darstellt, ist von der Ablagerungsgeschwindigkeit von Aerosolen auf Gras als charakteri-

stische Ablagerungsgröße auszugehen. Hierfür wird als vorläufiger Wert die Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,1 cm/s empfohlen, die für Partikelgrößen von einigen μ gemessen wurde und insofern - zumindest für die Emission von Kernkraftwerken während des bestimmungsgemäßen Betriebs - als ausreichend konservativ angesehen werden kann.

* bis zum Jahre 1980 werden etwa 28,8 % der Gesamtfläche forstwirtschaftlich, 59,1 % landwirtschaftlich genutzt werden, 12,1 % entsprechen bebauten Flächen einschließlich der Verkehrswege

9. Anhang:

Tabellen zur Ablagerung von Aerosolen auf Vegetation
und anderen Grenzflächen

(Dokumentation der Feldversuche 1 - 11)

Tabelle 1

Meteorologische Daten des Feldversuches 1

Datum: 15.1.1975

12.52 - 13.10 Uhr

Emission: 30 ml CuSO_4 (Konzentration: 5 g/100 ml; 90 mCi)

Mittlere Aerosolgröße: ca. 3 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (meteorolog. Turm) in m/s

	2 m	10 m	20 m	30 m	50 m	100 m	120 m
12.40-12.50	3,4	4,7	5,8	8,7	11,1	15,4	14,5
12.50-13.00	3,1	4,3	5,3	7,5	9,4	13,8	13,4
13.00-13.10	2,9	4,2	5,5	8,1	10,1	14,3	13,1

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 40 cm/s

Temperaturgradient: - 0,6°C/100 m

Temperatur (2 m): 14,0°C

rel. Feuchte: 46 %

Sonnenhöhe: 18°

Diffusionskategorie: D

Windrichtung: 175°

Bewölkungsgrad: 8

Tabelle 2

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 1)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	147 065	11,9	26,61	6,3
2	230 828	11,5	43,21	6
3	107 057	10,9	21,07	6,3
4	78 579	10,56	16,02	10,4
5	179 135	11,51	33,5	10
6	84 565	11,18	16,28	10,4
7	45 057	11,5	8,43	15,8
8	95 516	11,82	17,4	15
9	-	-	-	15,8
10	61 155	8,89	14,81	18
11	43 895	11,34	8,33	23,2
12	55 923	10,86	11,09	23,2
13	38 167	11,39	7,21	28
14	41 623	10,1	8,87	28
15	33 465	10,92	6,6	30,6
16	39 036	11,72	7,17	30,6
17	27 850	11,25	5,3	34,1
18	33 780	10,47	6,9	34,1
19	29 739	11,0	5,8	36

Tabelle 3

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 1)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzentration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
a 1	Filterpapier	9,4	6,2	33,5	0,018
2	Filterpapier	9,4	4,8	33,5	0,014
3	Filterpapier	9,4	5,6	33,5	0,017
4	Metall glatt	9,4	5,1	33,5	0,015
5	Metall rauh	9,4	1,9	33,5	0,006
b 1	Filterpapier	11,4	3,0	33,5	0,009
2	Filterpapier	11,4	3,9	33,5	0,012
3	Filterpapier	11,4	5,1	33,5	0,015
4	Metall glatt	11,4	3,8	33,5	0,011
5	Metall rauh	11,4	4,8	33,5	0,014
c	Filterpapier	16,4	2,3	14,8	0,02
d 1	Filterpapier	18	2,9	14,8	0,02
2	Filterpapier	18	3	14,8	0,02
3	Filterpapier	18	2,9	14,8	0,02
4	Metall glatt	18	3,2	14,8	0,022
5	Metall rauh	18	3,3	14,8	0,022
e 1	Filterpapier	18	2,7	14,8	0,018
2	Filterpapier	18	6,1	14,8	0,041
3	Filterpapier	18	3,5	14,8	0,024
4	Metall glatt	18	4,2	14,8	0,028
5	Metall rauh	18	3,3	14,8	0,022
f 1	Filterpapier	23	3,0	8,33	0,036
2	Filterpapier	23	2,0	8,33	0,024
3	Filterpapier	23	1,1	8,33	0,013
4	Metall glatt	23	2,2	8,33	0,026
5	Metall rauh	23	2,4	8,33	0,029
g 1	Filterpapier	23	1,1	9,7	0,011
2	Filterpapier	23	2	9,7	0,021
3	Filterpapier	23	3,5	9,7	0,036
4	Metall glatt	23	2,2	9,7	0,023
5	Metall rauh	23	2,4	9,7	0,025
h 1	Filterpapier	23	4,3	11,1	0,039
2	Filterpapier	23	1,6	11,1	0,014
3	Filterpapier	23	2,6	11,1	0,023
4	Metall glatt	23	3,6	11,1	0,032
5	Metall rauh	23	3,3	11,1	0,03
i	Filter (Kohle)	23	1,9	8,3	0,023
k	Filterpapier	23	1,9	11,1	0,017
l	Filterpapier	28,2	2,7	7,2	0,038
m	Filterpapier	28,2	2,1	8,1	0,026
n	Filterpapier	28,2	3,9	8,9	0,044
o	Filter (Kohle)	29	2,5	8,1	0,031
p	Filter (Kohle)	30,4	1,5	6,9	0,022
q	Filter (Kohle)	34	2,6	6,0	0,042
A	Gras	11,4	25,9	25,8	0,1
B	Klee	29,2	31,7	8,2	0,39

Tabelle 4

Meteorologische Daten des Feldversuches 2

Datum: 21.4.1975 13.45 - 14.10 Uhr

Emission: 60 ml CuSO_4 (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 30mCi)

Mittlere Aerosolgröße: ca. 5 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
13.45-13.55	1,75	2,17	2,42	2,65	2,80	2,98
13.55-14.05	2,15	2,50	2,83	3,20	3,42	3,37
14.05-14.15	0,69	0,83	0,94	1,05	0,98	1,24

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 18 cm/s

Temperaturgradient: $- 1,4^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$

Temperatur (2 m): $16,8^{\circ}\text{C}$

rel. Feuchte: 52 %

Sonnenhöhe: 46°

Diffusionskategorie: B

Windrichtung: 340°

Bewölkungsgrad: 5/8 Cu

Luftdruck: $759,6 \text{ mm Hg}$

Strahlungsbilanz: -

Tabelle 5

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 2)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	218 897	24,8	101,8	23
2	53 570	27,9	20,1	23,2
3	202 371	19,6	108,1	23,2
4	67 369	18,8	41,3	25,4
5	158 486	24,7	73,9	28
6	40 397	28,3	15	28
7	142 534	27,1	55,1	28
8	61 261	23,4	30,1	29,2
9	160 545	26,9	68,7	30
10	49 916	10,8	48,4	30,2
11	79 826	18,9	48,6	30,8
12	10 530	26,8	4,1	31,2
13	154 377	27,3	59,2	31,2
14	61 846	26,3	27,1	32,2
15	122 971	31,0	45,7	33,6
16	23 396	27,6	8,9	34
17	75 430	23,9	36,4	34,8
18	28 808	27,4	11	36
19	85 387	22,1	44,5	36,2

Tabelle 6

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 2)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzen- tration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	22	34	101,8	0,033
2 a	Papier	23	41	101,8	0,04
2 b	Papier	23	31	101,8	0,03
2 c	Metall glatt	23	39	101,8	0,038
2 d	Metall rauh	23	41	101,8	0,04
3	Papier	24,7	28	72	0,039
4 a	Papier	25,4	14	41,3	0,034
4 b	Papier	25,4	19	41,3	0,046
4 c	Metall glatt	25,4	20	41,3	0,048
4 d	Metall rauh	25,4	21	41,3	0,05
5 a	Papier	30,8	14	48,6	0,029
5 b	Papier	30,8	20	48,6	0,041
5 c	Metall glatt	30,8	15	48,6	0,031
5 d	Metall rauh	30,8	16	48,6	0,039
6 b	Papier	32,2	8	30,1	0,027
6 c	Metall glatt	32,2	11	30,1	0,037
6 d	Metall rauh	32,2	13	30,1	0,043
7 a	Papier	34,8	10	36,4	0,027
7 b	Papier	34,8	7	36,4	0,019
7 c	Metall glatt	34,8	19	36,4	0,052
7 d	Metall rauh	34,8	20	36,4	0,055
8	Erde	23	25	101,8	0,025
9	Gras	23,2	23,1	20,9	0,111
10	Klee	24	120,5	80	0,15
11	Klee	28	76,7	55,1	0,14
12	Klee	28,6	70,6	55	0,13
13	Gras	29,2	20,6	30,1	0,07
14	Gras	32,2	21,5	27,1	0,079
15	Gras	36,2	27,5	44,5	0,062

Tabelle 7

Meteorologische Daten des Feldversuches 3

Datum: 28.5.1975 12.15 - 12.40 Uhr

Emission: 70 ml CuSO_4 (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 29 mCi)

Mittlere Aerosolgröße: ca. 3,8 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
12.10-12.20	-	1,8	2,5	3,2	3,4	3,6
12.20-12.30	-	2,0	2,7	3,2	3,5	3,9
12.30-12.40	-	1,9	2,5	3,2	3,3	3,7

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 27,2 cm/s

Temperaturgradient: - 1,3°C/100 m

Temperatur (2 m): 22,3°C

rel. Feuchte: 43 %

Sonnenhöhe: 60°

Diffusionskategorie: B

Windrichtung: 050°

Bewölkungsgrad: 5/8 Cu

Luftdruck: 757,9 mm Hg

Strahlungsbilanz: 0,58 cal/cm² min

Tabelle 8

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 3)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	37 553	24,7	12,8	9,8
2	112 389	26,6	35,6	12,3
3	264 006	24	92,7	14,3
4	37 553	28	11,3	15,5
5	122 506	29,2	35,4	16,3
6	64 235	25,3	21,4	18,8
7	108 178	18,3	49,8	20,8
8	99 152	18,9	44,2	21
9	127 859	27,4	39,3	22,5
10	112 052	20,6	45,8	25,3
11	94 740	25,5	31,3	25,5
12	101 994	19,4	44,3	26,5
13	92 937	18,8	41,7	28,8
14	82 615	21,5	32,4	30
15	57 097	22,8	21,1	36,3

Tabelle 9

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 3)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz	Aerosol- nieder- schlag	zeitinte- grierte Konzentration	Ablage- rungsge- schwin- digkeit
		m	in 10^{-9} Ci/m ²	in 10^{-6} Ci·s/m ³	cm/s
1	Papier	19	8,1	49,8	0,016
2	Papier	20,3	10,8	49,8	0,022
3 a	Papier	20,8	18,9	44,2	0,043
3 b	Metall glatt	20,8	12,2	44,2	0,028
3 c	Metall rauh	20,8	8,1	44,2	0,018
4 a	Papier	22,8	4	39,3	0,01
4 b	Metall glatt	22,8	8	39,3	0,02
4 c	Metall rauh	22,8	16,2	39,3	0,041
5	Papier	22,8	12,2	39,3	0,031
6	Papier	23,5	10,1	45,8	0,02
7 a	Papier	25,5	4,1	45,8	0,009
7 b	Metall glatt	25,5	3,8	45,8	0,083
7 c	Metall rauh	25,5	4,7	45,8	0,01
8 a	Papier	25,5	4,1	44,3	0,009
8 b	Metall glatt	25,5	5,1	44,3	0,012
8 c	Metall rauh	25,5	32,4	44,3	0,073
9	Papier	25,8	6,8	31,3	0,022
10	Papier	28,5	8,1	41,4	0,019
11	Papier	29,8	10,8	32,4	0,033
12	Papier	31,3	16,2	32,4	0,05
13	Papier	34	17,6	21,1	0,083
14	Metall glatt	35,8	10,8	21,1	0,051
15 a	Papier	35,8	4,1	21,1	0,019
15 b	Metall glatt	35,8	6,8	21,1	0,032
15 c	Metall rauh	35,8	2,7	21,1	0,013
16	Papier	35,8	4,1	21,1	0,019
17	Papier	36	6,1	21,1	0,029
18	Papier	39	8,1	21,1	0,038
19	Papier	41	4,1	21,1	0,019
20	Papier	44	6,8	21,1	0,032
21	Gras (hoch)	14,3	60	64,1	0,094
22	Gras (hoch)	16,3	22	28,4	0,077
23	Gras (hoch)	18,8	11,8	16,4	0,072
24	Gras	19,4	15,1	37,8	0,04
25	Folie	23	36,4	42,6	0,085
26	Gras	25,3	17,1	42,5	0,04
27	Gras	25,5	17,5	31,3	0,056
28	Gras	36,3	9,4	21,1	0,046
29	Erde	36,3	8,1	21,1	0,038

Tabelle 10

Meteorologische Daten des Feldversuches 4

Datum: 1.7.1975

12.40 - 13.10Uhr

Emission: 40 ml CuSO_4 (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 20mCi)

Mittlere Aerosolgröße: ca. 3,8 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
12.40-12.50	3,2	3,9	4,4	5,0	5,5	5,8
12.50-13.00	2,5	3,0	3,6	4,0	4,4	4,7
13.00-13.10	2,6	3,2	3,8	4,4	5,0	5,3

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 26 cm/s

Temperaturgradient: - 1,9°C/100 m

Temperatur (2 m): 23,5°C

rel. Feuchte: 47 %

Sonnenhöhe: 61°

Diffusionskategorie: C

Windrichtung: 330°

Bewölkungsgrad: 3/8 Cu, Ac

Luftdruck: 763,6 mm Hg

Strahlungsbilanz: 0,7 cal/cm² min

Tabelle 11

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 4)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	126 328	11,1	50,2	11
2	68 092	12,1	24,8	14,8
3	62 313	10,5	26,1	17,2
4	51 690	10,5	21,6	19,4
5	37 015	11,8	13,8	22,8
6	41 880	11,5	16	24,2
7	31 134	12,1	11,3	28
8	33 801	13,7	10,8	28,6
9	25 857	13,7	8,3	30,4
10	28 411	12,1	10,3	30,8
11	20 242	12,5	7,1	31
12	26 471	10,9	10,7	31,6
13	19 856	11,5	7,6	33,6
14	21 384	8,7	10,8	34
15	23 057	13,6	7,4	34,6
16	20 140	9,9	9	36,2

Tabelle 12

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 4)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzen- tration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	12	4,2	50,2	0,008
2 a	Papier	16,6	2,8	25	0,01
2 b	Metall glatt	16,6	2,1	25	0,008
3 a	Papier	19,4	2,1	21,6	0,01
3 c	Metall rauh	19,4	2,1	21,6	0,01
4	Papier	23,8	3,3	15	0,022
5 c	Metall rauh	28,8	1,4	11	0,013
6	Papier	29,2	3,3	10,8	0,03
7	Papier	33,2	2,8	10,7	0,026
8	Erde	26	5,1	17,7	0,029
9	Gras	28	4,6	11,3	0,041
10	Gras	28,6	3,2	10,8	0,03
11	Gras	30,2	2,5	7,1	0,035
12	Gras	30,8	8,1	10,3	0,079
13	Erde	30,8	2,3	10,3	0,022
14	Klee	31	5,5	7,1	0,018

Tabelle 13

Meteorologische Daten des Feldversuches 5

Datum: 1.7.1975 15.00 - 15.11 Uhr

Emission: 35 ml CuSO_4 (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 18 mCi)

Mittlere Aerosolgröße: ca. 3,1 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
15.00-15.10	2,9	3,6	4,1	4,8	5,4	5,9

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 33,8 cm/s

Temperaturgradient: - 1,9°C/100 m

Temperatur (2 m): 25°C

rel. Feuchte: 40 %

Sonnenhöhe: 46°

Diffusionskategorie: B

Windrichtung: 360°

Bewölkungsgrad: 4/8 Cu, Ac

Luftdruck: 762,6 mm Hg

Strahlungsbilanz: 0,55 cal/cm² min

Tabelle 14

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 5)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	131 292	4,7	54,4	11
2	17 431	5,5	6,2	14,8
4	46 520	4,3	21,1	19,4
6	48 730	5,3	17,9	24,2
7	9 650	5,0	3,7	28
8	25 820	5,8	8,7	28,6
9	6 398	5,5	2,3	30,4
10	11 023	4,8	4,5	30,8
11	34 580	5,9	11,4	31
12	27 118	5,2	10,3	31,6
14	6 679	4,5	2,9	34
15	11 674	5,8	4,0	34,6
16	6 809	4,6	2,9	36,2

Tabelle 15

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 5)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzen- tration in 10^{-6} Ci·sec/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/sec
1	Papier	11,2	8,7	54,4	0,016
2 a	Papier	16,2	2,6	54,4	0,005
2 b	Metall glatt	16,2	3,8	54,4	0,007
3	Papier	20	12,5	21,1	0,059
4	Papier	20,2	8,3	21,1	0,039
5	Papier	23,6	2,8	17,9	0,016
6	Papier	23,6	2,8	17,9	0,016
7 a	Papier	24,8	2,8	17,9	0,016
7 c	Metall rauh	24,8	3,5	17,9	0,02
8 a	Papier	28,6	1,7	8,7	0,02
8 c	Metall rauh	28,6	1,7	8,7	0,02
9	Papier	29,4	3,0	8,7	0,035
10	Gras	24,2	12,6	17,9	0,07
11	Gras	28	5,5	3,7	0,15
12	Gras	31,6	8,6	10,3	0,083

Tabelle 16

Meteorologische Daten des Feldversuches 6

Datum: 8.7.1975 11.50 - 12.20 Uhr
Emission: 33 ml CuSO_4 (Konzentration: 10 g/100 ml; 31 mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 6,5 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
11.50-12.00	1,8	2,4	2,8	3,0	3,4	4,1
12.00-12.10	2,0	2,8	3,2	3,5	3,7	4,0
12.10-12.20	2,1	2,8	3,2	3,4	3,6	4,5

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 26 cm/s
Temperaturgradient: $- 1,5^\circ\text{C}/100\text{ m}$
Temperatur (2 m): $29,5^\circ\text{C}$
rel. Feuchte: 39 %
Sonnenhöhe: 62°
Diffusionskategorie: C
Windrichtung: 120°
Bewölkungsgrad: 4/8 Ac, Ci
Luftdruck: 751,9 mm Hg
Strahlungsbilanz: $+ 0,76\text{ cal/cm}^2\text{ min}$

Tabelle 17

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 6)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	155 360	16,3	57,7	20,6
2	131 346	18	43,9	22,4
3	123 575	20,1	37	23,4
4	135 612	23,8	34,3	25,6
5	128 889	19,8	39,1	25,8
6	107 708	18,7	34,6	26,8
7	89 175	13,4	40	28
8	106 721	15,2	42,2	28,6
9	47 646	19,2	14,9	29,4
10	88 485	18,6	28,6	29,8
11	80 321	19,7	24,5	31,4
12	84 738	16,8	30,3	31,8
13	84 429	15	33,8	32,6
14	84 146	18,2	27,8	34,2

Tabelle 18

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 6)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzentration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1 a	Papier	20,4	15,7	57,7	0,027
1 b	Metall glatt	20,4	26,2	57,7	0,045
1 c	Metall rauh	20,4	14,4	57,7	0,025
2	Papier	20,8	14,4	50,5	0,029
3 a	Papier	22,2	12,6	43,9	0,029
3 b	Metall glatt	22,2	33,0	43,9	0,075
3 c	Metall rauh	22,2	19,4	43,9	0,044
4	Papier	22,6	18,4	37	0,05
5 a	Papier	25,8	14,4	39,1	0,037
5 b	Metall glatt	25,8	18,4	39,1	0,047
5 c	Metall rauh	25,8	12,5	39,1	0,032
6	Papier	26,2	11,5	37	0,031
7 a	Papier	27	14,4	34,6	0,042
7 b	Metall glatt	27	15,7	34,6	0,045
7 c	Metall rauh	27	15,7	34,6	0,045
8 a	Papier	28,2	9,8	40	0,025
8 b	Metall glatt	28,2	9,4	40	0,024
8 c	Metall rauh	28,2	11,8	40	0,03
9 a	Papier	28,8	11,8	42,2	0,028
9 b	Metall glatt	28,8	12,9	42,2	0,031
9 c	Metall rauh	28,8	15,7	42,2	0,037
10 a	Papier	29,4	7,3	28,6	0,026
10 b	Metall glatt	29,4	7,9	28,6	0,028
10 c	Metall rauh	29,4	14,4	28,6	0,05
11	Papier	30,2	5,1	42,2	0,012
12 a	Papier	33,4	10,5	27,8	0,038
12 b	Metall glatt	33,4	5,2	27,8	0,019
12 c	Metall rauh	33,4	5,2	27,8	0,019
13 a	Papier	34,8	14,4	27,8	0,052
13 b	Metall glatt	34,8	11,8	27,8	0,042
13 c	Metall rauh	34,8	6,6	27,8	0,024
14 a	Papier	35,4	7,1	27,8	0,028
14 b	Metall glatt	35,4	9,2	27,8	0,033
14 c	Metall rauh	35,4	9,3	27,8	0,033
15	Papier	36,6	9,2	27,8	0,033
16	Gras	20,8	76,2	57,7	0,132
17	Gras	28	49,3	40	0,123
18	Gras	28,8	48,0	42,2	0,114
19	Erde	28,8	9,1	42,2	0,022
20	Gras	33	46,9	30,8	0,152
21	Gras	33,2	86,8	28,5	0,3

Tabelle 19

Meteorologische Daten des Feldversuches 7

Datum: 22.7.1975 12.24 - 13.00 Uhr
Emission: 35 ml CuSO_4 (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 31mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 4 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (meteorol. Turm) in m/s

	2 m	10 m	20 m	30 m	50 m	100 m
12.20-13.10	1,4	2,1	2,8	4,2	5,2	6,7

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 15 cm/s
Temperaturgradient: - 2,0°C/100 m
Temperatur (2 m): 22°C
rel. Feuchte: 50 %
Sonnenhöhe: 58°
Diffusionskategorie: B
Windrichtung: 190°
Bewölkungsgrad: 4/8 Cu, Ci
Luftdruck: 753,3 mm Hg
Strahlungsbilanz: 0,69 cal/cm² min

Tabelle 20

Zeitintegrierte Aerosölkonzentration in der Luft
(Feldversuch 7)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	26 948	19,6	9,3	16,6
2	141 770	20,2	47,3	18,8
3	50 110	23,8	14,2	19,6
4	10 019	21,0	3,2	21,8
5	134 905	20,0	44,6	23
6	62 326	21,8	19,3	23
7	29 515	17,0	11,7	24,2
8	94 282	18,1	35,1	28
9	62 138	20,5	20,5	28
10	71 269	20,0	24,0	30,2
11	37 919	16,5	15,5	30,6
12	76 169	15,3	33,7	30,6
13	64 636	23,4	18,7	34
14	45 461	17,1	17,9	34

Tabelle 21

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 7)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzentration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	17,8	6,4	47,3	0,013
2	Papier	19,2	1,6	14,2	0,011
3	Papier	19,8	1,9	14,2	0,013
4	Papier	22,6	4,5	44,6	0,01
5	Papier	23	1,0	19,3	0,005
6	Papier	23	3,1	19,3	0,016
7	Papier	23	1,5	19,3	0,008
8	Papier	27,8	2,4	35,1	0,007
9	Papier	29,4	2,7	33,7	0,008
10	Papier	29,4	2,2	33,7	0,007
11	Papier	30,6	3,5	24,0	0,015
12	Papier	30,8	2,4	15,5	0,015
13	Papier	34,0	1,6	18,7	0,009
14	Papier	35,0	1,9	17,9	0,011
15	Klee	21	4,9	3,2	0,15
16	Klee (freist.)	21	9,3	3,2	0,29
17	Gras	21	1,6	3,2	0,05
18	Gras	23	6,5	19,3	0,034
19	Gras	24	4,7	11,7	0,04
20	Erde	30,6	1,8	15,5	0,012
21	Gras	30,6	5,4	15,5	0,035
22	Disteln	30,6	17,0	15,5	0,11
23	Gras	30,6	10,3	33,7	0,031
24	Gras	34	7,9	18,7	0,042

Tabelle 22
Meteorologische Daten des Feldversuches 8

Datum: 1.10.1975 12.10 - 12.50 Uhr
Emission: 40 ml CuSO₄ (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 19,5 mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 3 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
12.10-12.50	1,2	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 11,8 cm/s
Temperaturgradient: - 1,0°C/100 m
Temperatur (2 m): + 16,1°C
rel. Feuchte: 62 %
Sonnenhöhe: 36°
Diffusionskategorie: C
Windrichtung: 165°
Bewölkungsgrad: 8/8 Sc, As
Luftdruck: 754,1 mm Hg
Strahlungsbilanz: + 0,29 cal/cm² min

Tabelle 23

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 8)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	131 650	15,2	50,5	22,8
2	99 334	10,9	53,1	24,0
3	90 747	16,1	32,9	28,0
4	94 724	13,8	40,03	28,5
5	73 990	7,2	59,9	30,3
6	76 097	17,9	24,8	30,6
7	73 656	13,8	31,1	31,4
8	63 636	13,0	28,5	33,8
9	67 973	15,8	25,1	34,4
10	63 128	15,4	23,9	36,2

Tabelle 24

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 8)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzentration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	22,8	4,5	50,5	0,009
2	Papier	28,5	5,7	40,0	0,014
3	Papier	33,8	2,9	28,5	0,010
4	Papier	34,4	4,4	25,1	0,017
5	Papier	36,2	4,9	23,9	0,020
6	Gras	24	13,1	53,1	0,025
7	Erde	24	11,5	101,7	0,011
8	Gras	28	17,7	32,9	0,054
9	Blätter	28,5	(6,6)	72,8	
10	Fichten	28,5	(25,0)	72,8	
11	Gras	30,6	12,7	24,8	0,051
12	Klee	34,4	21,8	25,1	0,087
13	Gras	36,2	8,0	23,9	0,033

Tabelle 25
Meteorologische Daten des Feldversuches 9

Datum: 1.10.1975 13.40-14.15 Uhr
Emission: 45 ml CuSO₄ (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 22 mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 4 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
13.40-14.15	1,4	1,8	2,0	2,2	2,3	2,6

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 12,1 cm/s
Temperaturgradient: - 1°C/100 m
Temperatur (2 m): + 16,1°C
rel. Feuchte: 62 %
Sonnenhöhe: 30°
Diffusionskategorie: C
Windrichtung: 155°
Bewölkungsgrad: 4/8 Sc/As
Luftdruck: 754,1 mm Hg
Strahlungsbilanz: + 0,30 cal/cm² min

Tabelle 26

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 9)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	130 298	14,2	55,0	22,8
2	90 054	11,1	48,6	24,0
3	123 684	17,0	43,6	28,0
4	75 477	13,8	32,8	28,5
5	68 001	6,0	67,9	30,3
6	104 862	18,0	34,9	30,6
7	-	-	-	31,4
8	80 817	13,3	36,4	33,8
9	74 395	12,9	34,6	34,4
10	81 924	14,2	34,6	36,2

Tabelle 27

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 9)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzent- ration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	24,0	6,9	48,6	0,014
2	Papier	28,0	12,0	43,6	0,027
3	Papier	30,6	4,5	34,9	0,013
4	Papier	34,4	6,7	34,9	0,019
5	Papier	36,2	6,9	34,6	0,020
6	Gras	22,8	43,3	55,0	0,078
7	Gras	28,5	15,1	32,8	0,046
8	Gras	34,4	17,4	34,6	0,051
9	Gras	34,4	22,3	34,6	0,064
10	Erde	36,2	17,5	36,4	0,048

Tabelle 28
Meteorologische Daten des Feldversuches 10

Datum: 21.10.1975 11.30 - 12.15 Uhr
Emission: 35 ml Cu SO₄ (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 27 mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 3 µ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
11.30-12.15	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 7,5 cm/s
Temperaturgradient: - 0,9°C/100 m
Temperatur (2 m): + 9,7°C
rel. Feuchte: 90 %
Sonnenhöhe: 29°
Diffusionskategorie: c
Windrichtung: 30°
Bewölkungsgrad: 7/8 St
Luftdruck: 760,5 mm Hg
Strahlungsbilanz: + 0,12 cal/cm² min

Tabelle 29

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch10)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	345 527	18,0	149,3	22,4
2	281 554	22,2	98,6	25,0
3	273 838	13,1	162,5	27,6
4	235 487	16,7	109,6	28,8
5	255 710	15,4	129,1	29,6
6	248 681	22,3	86,7	30,6
7	174 337	23,1	58,7	32,0
8	229 584	20,6	86,7	33,6
9	187 862	23,6	61,9	34,5
10	192 392	20,9	71,6	36,0

Tabelle 30

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch10)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzent- ration in 10^{-6} Ci.s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	22,4	23,8	149,3	0,016
2	Papier	25,0	19,2	98,6	0,019
3	Papier	30,6	15,1	86,7	0,017
4	Papier	33,6	15,1	86,7	0,017
5	Papier	36,0	8,3	71,6	0,012
6	Gras	22,4	21,8	149,3	0,015
7	Gras	25,0	18,6	98,6	0,019
8	Gras	29,6	21,0	129,1	0,016
9	Gras	32,0	14,9	58,7	0,025
10	Gras	34,5	13,8	61,9	0,022
11	Gras	36,0	13,2	71,6	0,018
12	Gras	25,0	65,3	159,7	0,041
13	Fichten	25,0	(74,4)	159,7	
14	Blätter	25,0	(26,9)	159,7	
15	Erde	34,5	29,1	98,6	0,029

Tabelle 31
Meteorologische Daten des Feldversuches 11

Datum: 21.10.1975 13.10 - 13.40 Uhr
Emission: 20 ml CuSO₄ (Konzentration: 6,7 g/100 ml; 15,5 mCi)
Mittlere Aerosolgröße: ca. 4 μ

Meteorologische Daten:

vertikales Windprofil (Versuchsfeld) in m/s:

	0,5 m	1 m .	2 m	5,1 m	9,5 m	15,7 m
13.10-13.40	0,9	1,2	1,5	1,9	1,8	2,1

mittlere Schubspannungsgeschwindigkeit (u^*): 12,9 cm/s
Temperaturgradient: - 1,1°C/100 m
Temperatur (2 m): + 9,7°C
rel. Feuchte: 90 %
Sonnenhöhe: 26°
Diffusionskategorie: C
Windrichtung: 30°
Bewölkungsgrad: 7/8 St
Luftdruck: 760,5 mm Hg
Strahlungsbilanz: + 0,12 cal/cm² min

Tabelle 32

Zeitintegrierte Aerosolkonzentration in der Luft
(Feldversuch 11)

Station Nr.	Aerosolnieder- schlag auf Filter No/T No=Imp/min	Luftdurch- satz m^3/T	zeitintegrierte Konzentration $\text{Ci} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ $\cdot 10^{-6}$	Quelldistanz m
1	208 079	17,2	72,5	22,4
2	159 027	15,6	61,1	25,0
3	88 821	6,1	87,3	27,6
4	171 240	16,9	60,7	28,8
5	127 761	12,6	60,8	29,6
6	118 055	12,3	57,5	30,6
7	114 387	12,7	54,0	32,0
8	101 360	13,7	44,3	33,6
9	102 203	16,7	36,7	34,5
10	98 563	17,2	34,3	36,0

Tabelle 33

Ablagerung an verschiedenen Grenzflächen (Feldversuch 11)

Probe	Grenzfläche	Quell- distanz m	Aerosol- nieder- schlag in 10^{-9} Ci/m ²	zeitinte- grierte Konzent- ration in 10^{-6} Ci·s/m ³	Ablage- rungsge- schwin- digkeit cm/s
1	Papier	22,4	22,8	72,5	0,031
2	Papier	25,0	11,4	61,1	0,019
3	Papier	29,6	19,0	60,8	0,031
4	Papier	30,6	27,8	57,5	0,048
5	Papier	36,0	6,3	34,3	0,018
6	Gras	29,6	47,3	60,8	0,078
7	Gras	32,0	35,2	54,0	0,066
8	Gras	36,0	26,1	34,3	0,076

Die Autoren danken

der Association EURATOM - C.E.A. für die Unterstützung
des Forschungsvorhabens im Rahmen eines Forschungsförde-
rungsvertrages,

dem Institut für Botanik und Mikrobiologie (Leiter:
Dr. Feldmann) für die Bereitstellung des Versuchsfeldes
und für die Aussaat und Pflege der Gras- und Kleeparzel-
len

und nicht zuletzt allen Mitarbeitern der Zentralabteilung
Strahlenschutz (Leiter: Dr. Keller), die an der Durch-
führung des Forschungsvorhabens beteiligt waren.

10. Literaturverzeichnis

- Bo B. Bolin
Transfer and Circulation of Radioactivity in
the Atmosphere, in Kernstrahlung in der
Geophysik, Hrsg.
H. Israel, A. Krebs, Springer, Berlin 1962
- Be 74 Y. Belot, Gauthier
Transfert des Particules Microniques entre
l'Atmosphere et la Partie Foliaire des Arbres
- Ch 66 A.C. Chamberlain
Transport of Lycopodium Spores and other
small Particles to rough Surfaces
Proc. Roy. Soc. A Vol. 296, 1966
- Da 66 C.N. Davies
Deposition from moving Aerosols
In Aerosol Science, p. 393, Academic Press,
New York, 1966
- Gr 45 P.H. Gregory
The Dispersion of air-borne Spores,
Trans. Brit. Mycol. Soc., 28 1945
- Ho 72 M. Horbert, C. de la Riva and L. Jantowsky
Mass Transfer in the lower Atmosphere
F.T.R. European Research Office, London W.1
Contract No. DAJA 37-72-C-0440, 1972
- Kl 74 B. Klepper, D.K. Craig
F.T.R. Battelle Institut, Richland USA, 1974

- Se 73 G.A. Sehmel
Particle Eddy Diffusivities and Deposition
Velocities for isothermal Flow and smooth
Surfaces
Aerosol Science, Vol. 4 pp. 125-138
Pergamon Press, 1973
- Si 64 H. Siemann
Untersuchungen zum Tagesgang der β -Aktivität in
der bodennahen Atmosphäre, Diss. an der naturw.-
philosoph. Fak. der T.H. Braunschweig, 1964
- Vg 74 K.J. Vogt, H. Geiß, K. Heinemann, M. Horbert,
W. Matthes, H. Nordsieck, G. Polster
Untersuchungen zur atmosphärischen Ausbreitung
und Ablagerung von Schadstoffen
Technischer Bericht - 2. Halbjahr 1973
Januar 1974
- Vg 75 K.J. Vogt, H. Geiß, K. Heinemann, M. Horbert,
W. Matthes, H. Nordsieck, G. Polster
Untersuchungen zur atmosphärischen Ausbreitung
und Ablagerung von Schadstoffen
Technischer Bericht - 2. Halbjahr 1974
Januar 1975
- Vg 74 K.J. Vogt, L. Angeletti, K. Heinemann, M. Horbert,
W. Matthes, G. Polster, M. Stoeppler
Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre
und Umweltbelastung
Untersuchungen zur Ablagerung von Jod und Aero-
solen auf Vegetation und andere Grenzflächen
Ergebnisbericht Juli 1973-Juni 1974 (Teil 2)
Jül-1144-ST, September 1974

Wi 59

F. Wippermann

Zur Erdboden-Randbedingung bei atmosphärischen
Diffusionsprozessen, Beitr. Phys. der Atmosph.
32, 43-52, 1959