

EUR 3177.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ENTWICKLUNG EINES IONENBLÄSERS (Schlussbericht)

von

P. PLATZEK
(T.N.O.)

1966



Bericht abgefasst vom Centraal Laboratorium von der
„Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek“ T.N.O.
Delft - Niederlande

Euratom-Vertrag Nr. 002-61-12 IRAN

HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und die in deren Namen handelnden Personen :

keine Gewähr dafür übernehmen, daß die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder daß die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;

keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von DM 4,80	FF 6,—	FB 60,—	Lit. 750	Fl. 4,30
------------------------	--------	---------	----------	----------

verkauft.

Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.

Gedruckt von Guyot, s.a.
Brüssel, Dezember 1966

Das vorliegende Dokument wurde an Hand des besten Abdruckes vervielfältigt, der zur Verfügung stand.

EUR 3177.d

ENTWICKLUNG EINES IONENBLÄSERS (Schlussbericht)
von P. PLATZEK (T.N.O.).

Europäische Atomgemeinschaft - EURATOM

Bericht abgefasst vom Centraal Laboratorium von der „Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek“ (T.N.O.), Delft (Niederlande)
Euratom-Vertrag Nr. 002-61-12 IRAN
Brüssel, Dezember 1966 - 30 Seiten - 8 Abbildungen - FB 50

Die Versuche haben zu einem besseren quantitativen Verständnis des Einflusses geführt, den die unabhängig veränderlichen Parameter einer Bläserkonstruktion auf den am Bläserausgang erzielbaren Ionenstrom haben. Auch wurde an einem Praxisfall gezeigt, dass ein einfacher experimenteller Bläser bei zweckmässiger Konstruktion die kontinuierlich angeführte Ladung neutralisieren konnte.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen lauten :

1. Es lassen sich auf Grund bekannter theoretischer Überlegungen Formeln aufstellen, die die Grösse des bipolaren Ionenstroms mit der verwendeten

EUR 3177.d

DEVELOPMENT OF AN ION BLOWER (Final Report)
by P. PLATZEK (TNO)

European Atomic Energy Community - EURATOM

Report prepared by the Centraal Laboratorium of the "Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek" (TNO), Delft (Netherlands)
Euratom Contract No. 002-61-12 IRAN
Brussels, December 1966 - 30 Pages - 8 Figures - FB 50

The experiments led to a better quantitative understanding of the influence which the independently variable parameters of a blower design have on the ion current attainable at the blower outlet. An actual case was also used to illustrate that a simple experimental blower, if suitably designed, could neutralize the continuously induced charge. The main conclusions drawn were :

1. On the basis of known theoretical considerations formulae can be drawn up which correlate the magnitude of the bipolar ion current with the amount of radioactivity used, the air velocity and the equipment dimensions.

EUR 3177.d

DEVELOPMENT OF AN ION BLOWER (Final Report)
by P. PLATZEK (TNO)

European Atomic Energy Community - EURATOM

Report prepared by the Centraal Laboratorium of the "Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek" (TNO), Delft (Netherlands)
Euratom Contract No. 002-61-12 IRAN
Brussels, December 1966 - 30 Pages - 8 Figures - FB 50

The experiments led to a better quantitative understanding of the influence which the independently variable parameters of a blower design have on the ion current attainable at the blower outlet. An actual case was also used to illustrate that a simple experimental blower, if suitably designed, could neutralize the continuously induced charge. The main conclusions drawn were :

1. On the basis of known theoretical considerations formulae can be drawn up which correlate the magnitude of the bipolar ion current with the amount of radioactivity used, the air velocity and the equipment dimensions.

EUR 3177.d

DEVELOPMENT OF AN ION BLOWER (Final Report)
by P. PLATZEK (TNO)

European Atomic Energy Community - EURATOM

Report prepared by the Centraal Laboratorium of the "Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek" (TNO), Delft (Netherlands)
Euratom Contract No. 002-61-12 IRAN
Brussels, December 1966 - 30 Pages - 8 Figures - FB 50

The experiments led to a better quantitative understanding of the influence which the independently variable parameters of a blower design have on the ion current attainable at the blower outlet. An actual case was also used to illustrate that a simple experimental blower, if suitably designed, could neutralize the continuously induced charge. The main conclusions drawn were :

1. On the basis of known theoretical considerations formulae can be drawn up which correlate the magnitude of the bipolar ion current with the amount of radioactivity used, the air velocity and the equipment dimensions.

Radioaktivitätsmenge, der Luftgeschwindigkeit und mit den Gerätdimensionen in Zusammenhang bringen.

2. Die abgeleiteten Beziehungen konnten mit Erfolg gerade bei den grösseren Luftgeschwindigkeiten geprüft werden, bei denen die interessanteren Ionenströme erzielt werden.
3. Es zeigt sich, dass der Durchmesser der Kammer, in der der radioaktive Ionenreger angebracht ist, eine bedeutsame Rolle spielt, da der Ionenstrom bei gegebener Strahlmenge und Luftgeschwindigkeit bei richtiger Wahl dieses Durchmessers ein Maximum erreicht. Die Optimierung des Ionenraumdurchmessers konnte in einer Patentanmeldung verwendet werden.
4. Die grössten erzielten Ionenströme betragen $8-9 \cdot 10^{-8}$ Ampere. Sie wurden mit 80-90 mc Kr-85 bei einer Luftgeschwindigkeit von 50 l/sec erzeugt. Ein solcher Ionenstrom genügt, um eine statisch geladene, *ablaufende* Kunststoffolie praktisch vollständig zu entladen.
5. Mit 100 mc Kr-85 sollte sich in einer Ionenkammer von 10 cm Durchmesser bei einer Luftgeschwindigkeit von 50 l/sec ein Ionenstrom von 10^{-7} Amp. erzielen lassen. Eine weitere Steigerung der Strahlmenge und der Luftgeschwindigkeit erscheint nicht wünschenswert.

-
2. The relations derived were successfully tested, in particular, at the high air velocities at which the more interesting ion currents are obtained.
 3. It was found that the diameter of the chamber in which the radioactive ion exciter is mounted plays an important part, since, if this parameter is properly selected, the ion current reaches a maximum for a given emitter quantity and air velocity. Optimization of the ion-chamber diameter was used in a patent which has been filed.
 4. The maximum ion currents obtained amounted to $8-9 \cdot 10^{-8}$ amps. They were produced with 80-90 mc Kr-85 at an air velocity of 50 l/sec. Such an ion current was sufficient to discharge a statically loaded, rolling plastic foil almost completely.
 5. With 100 mc Kr-85 an ion current of 10^{-7} amps ought to be obtained in an ion chamber 10 cm in diameter for an air flow of 50 l/sec. A further increase in the emitter quantity and the air flow does not appear to be desirable.

-
2. The relations derived were successfully tested, in particular, at the high air velocities at which the more interesting ion currents are obtained.
 3. It was found that the diameter of the chamber in which the radioactive ion exciter is mounted plays an important part, since, if this parameter is properly selected, the ion current reaches a maximum for a given emitter quantity and air velocity. Optimization of the ion-chamber diameter was used in a patent which has been filed.
 4. The maximum ion currents obtained amounted to $8-9 \cdot 10^{-8}$ amps. They were produced with 80-90 mc Kr-85 at an air velocity of 50 l/sec. Such an ion current was sufficient to discharge a statically loaded, rolling plastic foil almost completely.
 5. With 100 mc Kr-85 an ion current of 10^{-7} amps ought to be obtained in an ion chamber 10 cm in diameter for an air flow of 50 l/sec. A further increase in the emitter quantity and the air flow does not appear to be desirable.

-
2. The relations derived were successfully tested, in particular, at the high air velocities at which the more interesting ion currents are obtained.
 3. It was found that the diameter of the chamber in which the radioactive ion exciter is mounted plays an important part, since, if this parameter is properly selected, the ion current reaches a maximum for a given emitter quantity and air velocity. Optimization of the ion-chamber diameter was used in a patent which has been filed.
 4. The maximum ion currents obtained amounted to $8-9 \cdot 10^{-8}$ amps. They were produced with 80-90 mc Kr-85 at an air velocity of 50 l/sec. Such an ion current was sufficient to discharge a statically loaded, rolling plastic foil almost completely.
 5. With 100 mc Kr-85 an ion current of 10^{-7} amps ought to be obtained in an ion chamber 10 cm in diameter for an air flow of 50 l/sec. A further increase in the emitter quantity and the air flow does not appear to be desirable.

EUR 3177.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ENTWICKLUNG EINES IONENBLÄSERS
(Schlussbericht)

von

P. PLATZEK
(T.N.O.)

1966



Bericht abgefasst vom Centraal Laboratorium von der
„Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek“ T.N.O.
Delft - Niederlande

Euratom-Vertrag Nr. 002-61-12 IRAN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 — EINFÜHRUNG	3
2 — ÜBERSICHT ÜBER DEN VERLAUF DER FORSCHUNGSARBEITEN	5
3 — HILFSMITTEL UND MESSANORDNUNG	6
4 — PRÜFUNG DER THEORETISCHEN GRUNDLAGEN; BESTIMMUNG VON APPARATPARAMETERN	7
5 — GÜNSTIGSTE GRÖSSE DES IONISIERUNGSRAUMES	11
6 — AUSFÜHRUNG UND PRÜFUNG EINES LABOR-PROTOTYPS	16
7 — PATENTANSPRÜCHE	18
8 — ÜBERSICHT ÜBER DIE VORHERGEHENDEN ZWISCHEN- BERICHTE	20
9 — ANHANG: ABLEITUNG DER VERWENDETEN FORMELN	21

ZUSAMMENFASSUNG

Die Versuche haben zu einem besseren quantitativen Verständnis des Einflusses geführt, den die unabhängig veränderlichen Parameter einer Bläserkonstruktion auf den am Bläserausgang erzielbaren Ionenstrom haben. Auch wurde an einem Praxisfall gezeigt, dass ein einfacher experimenteller Bläser bei zweckmässiger Konstruktion die kontinuierlich angeführte Ladung neutralisieren konnte.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen lauten:

1. Es lassen sich auf Grund bekannter theoretischer Überlegungen Formeln aufstellen, die die Grösse des bipolaren Ionenstroms mit der verwendeten Radioaktivitätsmenge, der Luftgeschwindigkeit und mit den Gerätdimensionen in Zusammenhang bringen.
2. Die abgeleiteten Beziehungen konnten mit Erfolg gerade bei den grösseren Luftgeschwindigkeiten geprüft werden, bei denen die interessanteren Ionenströme erzielt werden.
3. Es zeigt sich, dass der Durchmesser der Kammer, in der der radioaktive Ionenreger angebracht ist, eine bedeutsame Rolle spielt, da der Ionenstrom bei gegebener Strahlmenge und Luftgeschwindigkeit bei richtiger Wahl dieses Durchmessers ein Maximum erreicht. Die Optimierung des Ionenraumdurchmessers konnte in einer Patentanmeldung verwendet werden.
4. Die grössten erzielten Ionenströme betragen $8-9 \cdot 10^{-8}$ Ampere. Sie wurden mit 80-90 mc Kr-85 bei einer Luftgeschwindigkeit von 50 l/sec erzeugt. Ein solcher Ionenstrom genügt, um eine statisch geladene, ablaufende Kunststoffolie praktisch vollständig zu entladen.
5. Mit 100 mc Kr-85 sollte sich in einer Ionenkammer von 10 cm Durchmesser bei einer Luftgeschwindigkeit von 50 l/sec ein Ionenstrom von 10^{-7} Amp. erzielen lassen. Eine weitere Steigerung der Strahlmenge und der Luftgeschwindigkeit erscheint nicht wünschenswert.

ENTWICKLUNG EINES IONENBLÄSERS

1. EINFÜHRUNG (*)

Zweck der Untersuchung war die Erarbeitung der nötigen Unterlagen, mit denen ein praktisch brauchbarer Ionenbläser entworfen und betrieben werden kann.

Durch Ionisation der Luft wird es möglich, das störende und manchmal gefährliche Auftreten elektrostatischer Ladung in Industriebetrieben teilweise oder sogar vollkommen zu unterdrücken. Diese Luftionisation erfolgt zweckmässig in der Nähe der Stelle, wo sich Ladungen anzuhäufen beginnen, da sonst durch vorzeitige Rekombination von Ionen beider Vorzeichens die erwartete Wirkung ausbleiben kann.

Falls es gelingt, an der gewünschten Stelle direkt einen Ionengenerator irgendwelcher Art (Radioisotop, Sprühentlader, UV-Strahler u.a.) anzubringen, so lässt sich der unter den gegebenen Umständen günstigste Effekt erzielen. In vielen Fällen wird jedoch die direkte Anbringung des Generators nicht möglich sein, da er bei der Durchführung von Arbeiten im Wege stehen oder verschmutzt werden kann.

Es empfiehlt sich dann, den Ionenerreger in einem Abstand von $1/2$ bis 1 m von der zu entladenden Stelle aufzustellen und die zur Rekombination neigenden Ionen so schnell wie möglich mittels eines gelenkten Luftstrahls dorthin zu transportieren.

Einige quantitative Hinweise über die Ionenströme, die sich durch radioaktive Präparate in einem Luftstrom erregen lassen, waren z.B. aus einer Arbeit von K. Ljunggren, Int. J. Appl. Rad. and Isotopes 2 (1957) 105, bekannt. Zu untersuchen war nun einerseits, welche Variablen einer Anordnung den grössten Einfluss auf den erzielbaren Ionenstrom haben. Andererseits war darzustellen, ob die mit praktisch brauchbaren Strahlungsquellen erzielbaren Ionenströme gross genug sein können, um Ladungen, die unter Betriebsumständen auftreten, zu neutralisieren.

(*) Manuskript erhalten am 24. Oktober 1966

Bei Beantwortung der letzten Frage ist zu beachten, dass ein kontinuierlich laufendes, elektrisch geladenes Industrieprodukt anschaulich als ein elektrischer Strom aufgefasst werden kann, da für ein festehendes Bezugssystem an jeder Stelle pro Zeiteinheit eine gewisse mittlere Ladung vorbeikommt. Ein Ionenbläser oder -generator liefert zur Entladung eine bestimmte Anzahl von Ionen entgegengesetzten Vorzeichens pro Zeiteinheit, also einen Ionenstrom. Danach ist es klar, dass sich der Ionenstrom nur dann günstig auswirken kann, wenn er mindestens von der gleichen Grössenordnung ist, wie der zu neutralisierende "Strom".

Bekanntlich haben Alphateilchen ein höheres Ionisationsvermögen als Beta-
teilchen. Da aber Alphastrahler wie Ra-226, Po-210 oder Am-241 unter Betriebs-
umständen einen hohen Risikofaktor bedingen, wurde in der vorliegenden Arbeit
nur mit dem Betastrahler Kr-85 gearbeitet, der als Edelgas auch bei zufälliger
Beschädigung der Quelle die Umgebung kaum, und sicher nicht bleibend, gefährden
kann. Da ausserdem Kr-85 z.B. in Röhrrchen von je 10 mc erhältlich ist, liess sich
die Aktivität des Ionenerregers leicht zwischen 10 - 100 mc variieren.

2. ÜBERSICHT ÜBER DEN VERLAUF DER FORSCHUNGSARBEITEN

Die Untersuchung wurde in folgenden Schritten durchgeführt: Zuerst wurde durch den Technisch-Fysische Dienst TNO en TH, Delft, eine Apparatur mit Messkondensator entwickelt ¹⁾, mit deren Hilfe Ionenströme gemessen werden konnten. In zwei weiteren Teilberichten ^{2),3)} wurde gezeigt, auf welche Weise die erzielbaren bipolaren Ionenströme von der verwendeten Strahlermenge und der Luftgeschwindigkeit abhängen, wenn man ein und dieselbe Bläserkonstruktion verwendet. Mit diesem Gerät liessen sich bei Verwendung von 40-90 mc Kr-85 Ionenströme von $3-6 \cdot 10^{-8}$ Amp. verwirklichen. Schliesslich konnte gezeigt werden ⁶⁾, dass der Durchmesser der Kammer, in der die Ionen von dem radioaktiven Präparat erzeugt werden, die Ionenausbeute ebenfalls beeinflusst, und zwar so, dass sich für jede gewählte Kombination von Luftgeschwindigkeit und Strahleraktivität ein optimaler Kammerdurchmesser angeben lässt. Wenn man auf diese Weise die Parameter eines Bläasers zweckmässig wählt, lässt sich z.B. mit 80 mc Kr-85 bei einer Luftgeschwindigkeit von 50 l sec^{-1} ein Ionenstrom von $8,5 \cdot 10^{-8}$ Amp. erzeugen ^{6)Abb.4.}. In einem anderen Teilbericht ⁵⁾ wurde gezeigt, dass sich eine laufende Kunststoffolie mit einem Ionenstrom von $7 \cdot 10^{-8}$ Amp. (60 mc Kr-85) gut entladen liess.

Ein auf dem Markt befindlicher Ionenbläser wurde auf seine Leistungsfähigkeit hin untersucht. Mit den in diesem Vertrag erarbeiteten Kenntnissen hätte sich eine bedeutende Leistungssteigerung des Geräts durchführen lassen. Während das geprüfte Gerät mit 40 mc Kr-85 nur $5 - 8 \cdot 10^{-9}$ Amp. an bipolaren Ionen erzeugte, hätten sich bei grösserer Dimensionierung des Ionisierungsraumes und bei grösserer Luftgeschwindigkeit mit derselben Strahlermenge $3-5 \cdot 10^{-8}$ Amp. erzielen lassen.

Schliesslich wurde in Zusammenarbeit mit den Patentabteilungen von TNO und Euratom auf eine Bläserkonstruktion, die den optimalen Verhältnissen Rechnung trägt, in den Ländern der Gemeinschaft ein Patent beantragt ⁷⁾.

3. HILFSMITTEL UND MESSANORDNUNG

Während der grundlegenden Versuche^{2, 3)}, zusammengefasst im folgenden Abschnitt 4., wurde die in Abb. 1 schematisch gezeigte Anordnung zur Messung bipolarer Ionenströme verwendet. Der Rotor R bläst Luft an mehreren dünnen Nickelröhrchen (Amersham KAC 2 mit je 10 mc Kr-85) entlang. Ein vorgeschalteter Strömungsmessapparat LM gibt die Luftgeschwindigkeit v in $\text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$ an. Die Kryptonröhrchen befinden sich in dem Ionisierungsraum, den der grösste Teil der Detailskizzen Z darstellt. In dieser Kammer ist ein metallischer Halter so aufgehängt, dass man nach Wunsch 1 - 10 Röhrchen parallel mit dem Luftstrom anbringen kann, ohne die Strömung allzu stark zu stören.

Der Ausgang des Ionisierungsraumes geht in einen Messkondensator über. Tatsächlich wurden im Laufe der Arbeit Messkondensatoren verschiedener Form verwendet, von denen drei in Abb. 1 skizziert sind. Der Grund für die Abänderung der Kondensatorform liegt darin, dass man anfänglich den mittleren Bläserquerschnitt bei konstant gehaltenem Ionisierungsraum variieren wollte^{2, 3)} und später dem Ionisierungsraum grössere Durchmesser gab^{5, 6)}, wobei man eine vierte Kondensator-konstruktion mit grösserem Querschnitt brauchte (vgl. Abschnitt 5.). Dieser zuletzt genannte Messkondensator bestand aus drei parallel übereinander angeordneten Messingplatten von 12 x 20 cm mit Zwischenabständen von 5,5 cm. Der offene Querschnitt des Kondensators betrug 132 cm^2 bei einer Länge von 20 cm.

Als Potential an den drei ersten Messkondensatoren wurde 1000 V gewählt, da sich bei den Vorversuchen¹⁾ ergeben hatte, dass dann auch bei der grössten angewandten Luftgeschwindigkeit (linear im Kondensator 15 m sec^{-1}) schon bei nur 8 cm Kondensatorlänge ein maximaler Strom zur Messung gelangt. Die verwendeten Kondensatorlängen waren 50 cm bzw. 18 cm. Im Falle des vierten Messkondensators arbeitete man mit 800 V zwischen den äusseren Platten und der geerdeten Mittelplatte.

4. PRÜFUNG DER THEORETISCHEN GRUNDLAGEN; BESTIMMUNG VON APPARATPARAMETERN

Die Messungen wurden so ausgeführt, dass in dem Halter des Ionisierungsraumes eine Anzahl Kryptonröhrchen, also eine gewisse Gesamtaktivität $A^{*)}$, angebracht wurden und danach der erzielte Ionenstrom als Funktion der Luftgeschwindigkeit bestimmt wurde. Die Aktivität A konnte man zwischen 10 - 90 mc variieren. Die Ergebnisse einer Messreihe könnte man also in einem $I_v - v$ -Diagramm als Kurvenschar mit Parameter A darstellen, was als Beispiel in Abb. 2 wiedergegeben wurde ($d = 6$ cm, rechteckiger Messkondensator).

Wenn aber die im Anhang näher ausgeführte Theorie die Erscheinungen richtig beschreibt, sollte man nach Gleichung (6) für eine Versuchsreihe in ein und derselben Anordnung durch Auftragen des reziproken Ionenstromes gegen $1/v^2$ eine Schar paralleler Geraden erhalten, deren Richtungskoeffizient dem Produkt sD proportional, und deren Ordinatenabschnitte dem Produkt fA umgekehrt proportional sind. Inwieweit dies der Fall ist, zeigt Abb. 3, wo die Messpunkte der Abb. 2 anders ausgewertet wurden.

Es lassen sich zwei lineare Gebiete erkennen, von denen dasjenige bei den höheren Luftgeschwindigkeiten der Gleichung (6) recht gut entspricht. Dort sind nämlich die Ordinatenabschnitte der ionenerregenden Aktivität umgekehrt proportional. In den Teilberichten^{2,3,5,6)} wurden im ganzen sechs solcher Diagramme wie Abb. 3 ausgewertet und überall zeigte es sich, dass eben bei den höheren Luftgeschwindigkeiten, bei denen man die interessanteren Ionenströme erzielt, Gleichung (6) die Zusammenhänge gut beschreibt. Dies wird für drei Versuchsreihen in den untenstehenden Tabellen 1. und 2. zusammengefasst; die drei anderen Versuchsreihen kommen im 5. Abschnitt zur Sprache.

*) Alle verwendeten Symbole werden im Anhang definiert. Einige davon werden auch schon an dieser Stelle erläutert:

- A ... Aktivität des verwendeten Strahlers in Millicuries
- v ... Luftgeschwindigkeit ($\text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$)
- I_v ... Messstrom (Amp.) bei Geschwindigkeit v
- I_o ... idem in stehender Luft
- f ... Zahl der pro Kernzerfall gebildeten Ionenpaare
- s ... mittlerer Abstand zwischen Ionisierungsraum und Messkondensator (cm)
- d ... Durchmesser des Ionisierungsraumes (cm)
- D ... mittlerer Durchschnitt der Versuchsstrecke quer zum Luftstrom (cm^2).

Tabelle 1

$d = 6 \text{ cm} \rightarrow \text{Querschnitt } D_1 = 25 \text{ cm}^2; v = 7 - 10 \text{ l sec}^{-1}$

A (mc)	Richt.- koeff.	sD (cm ³)	Ord.- abschn. 17/fA	fA	f	Messkondensator
20	$1,7_5 \cdot 10^5$	165	$5,0 \cdot 10^{-3}$	3400	170	rund; Querschnitt $D_2 = 13 \text{ cm}^2$
40	$1,5 \cdot 10^5$	141	$2,5 \cdot 10^{-3}$	6800	170	
60	$1,4 \cdot 10^5$	132	$1,7 \cdot 10^{-3}$	10000	167	
80	$1,4_5 \cdot 10^5$	137	$1,3 \cdot 10^{-3}$	13000	163	
100	$1,4_5 \cdot 10^5$	137	$1,1 \cdot 10^{-3}$	15500	155	
Mittel- wert		14 ₂			16 ₅	
20	$2,00 \cdot 10^5$	188	$5,05 \cdot 10^{-3}$	3450	172	rund; Querschnitt $D_2 = 25 \text{ cm}^2$
40	$1,79 \cdot 10^5$	169	$2,50 \cdot 10^{-3}$	6770	169	
60	$1,81 \cdot 10^5$	171	$1,71 \cdot 10^{-3}$	9900	165	
80	$1,69 \cdot 10^5$	160	$1,26 \cdot 10^{-3}$	13400	167	
90	$1,68 \cdot 10^5$	159	$1,13 \cdot 10^{-3}$	14900	166	
Mittel- wert		17 ₀			16 ₈	
20	$2,45 \cdot 10^5$	231	$4,9 \cdot 10^{-3}$	3450	172	rechteckig; Querschnitt $D_2 = 16 \text{ cm}^2$
40	$2,50 \cdot 10^5$	235	$2,5 \cdot 10^{-3}$	6770	169	
60	$2,50 \cdot 10^5$	235	$1,7 \cdot 10^{-3}$	9950	166	
80	$2,55 \cdot 10^5$	240	$1,25 \cdot 10^{-3}$	13540	169	
90	$2,42 \cdot 10^5$	228	$1,13 \cdot 10^{-3}$	14950	166	
Mittel- wert		23 ₄			16 ₈	

Die Ergebnisse aus Tabelle 1. kann man auf zweierlei Weise prüfen. Erstens soll f unabhängig von der Kryptonaktivität und vom Typ des Messkondensators sein und ungefähr mit der theoretischen Erwartung übereinstimmen; zweitens sollen die Werte der Produkte $s \cdot D$ auf Grund der Gerätgeometrie erklärbar sein .

Es ist befriedigend, dass man die f -Werte in jeder Versuchsreihe gut mitteln kann und dass die Mittelwerte identisch sind. Auch die Grösse des f -Wertes ist gut verständlich. Nach dem Nucl. Eng. Handbook (7-34) liefern Kr-85 Beta's im Mittel 120 Ionenpaare/cm Luft. Diese Zahl muss aber wegen des Nebeneffekts zurückgestreuter Beta's etwas höher liegen. Da weiterhin der mittlere Weg eines Betateilchens im Ionisierungsraum mindestens 2 cm sein sollte, aber andererseits nur ungefähr zwei Drittel aller Teilchen durch die 0,025 mm dicke Nickelwand der Kr-Röhrchen hindringen vermögen, erscheint der gefundene Wert von 165 - 170 Ionenpaaren pro Kernzerfall sehr plausibel.

Die Auswertung des Produktes $s \cdot D$ ist in der zweiten Versuchsreihe einfach nach Tabelle 1 erfolgt, wo man absichtlich einen Messkondensator mit dem Querschnitt des Ionisierungsraumes verwendet hatte. Bei der ersten und dritten Versuchsreihe aus Tabelle 1. ist dieses Verfahren nicht ohne weiteres möglich, da man den mittleren Querschnitt des Ionisierungsraumes wegen der Länge der Anschlussstücke nur schätzen kann. Tabelle 2. vergleicht die abgeleiteten s -Werte mit dem Abstand von der Mitte des Ionisierungsraumes bis zum Beginn des Messkondensators, den man aus Abb. 1 entnehmen kann.

Tabelle 2

Schätzung der s -Werte nach den Angaben aus Tab. 1.

$s \cdot D (\text{cm}^3)$	D_1	D_2	D	$s(\text{cm})$ berechnet	s Abb. 1
14_2	25	13	20 ?	7	7
17_0	25	25	25	7	7
23_4	25	16	18 ?	13	14

Man darf das Ergebnis der Tabelle 2. natürlich nicht als strengen Beweis für die Gültigkeit von (6) werten. Da aber, wie schon festgestellt, ein guter f -Wert abgeleitet werden konnte und sich sonst keine deutlichen Widersprüche ergaben, konnte (6) als Grundlage für die weiteren Versuche zur Entwicklung eines praktischen Gerätes dienen.

Die Anordnung, in der die jetzt besprochenen Versuche ausgeführt wurden, war so beschaffen, dass einerseits wegen des verhältnismässig engen Ionisierungsraumes und andererseits wegen der beschränkten Kapazität des Rotors die Luftgeschwindigkeit auf maximal 20 l sec^{-1} beschränkt bleiben musste. Mit 90 mc Kr-85 liess sich dabei ein grösster Ionenstrom von $6 \cdot 10^{-8}$ Amp. erzielen.

5. GÜNSTIGSTE GRÖSSE DES IONISIERUNGSRÄUMES

Um zu höheren Ionenströmen zu gelangen, als mit der ersten Versuchsanordnung möglich war, musste vor allem die Luftgeschwindigkeit erhöht werden. Dies war schon empirisch bekannt, aber auch Gleichung (6) zeigt beim Einsetzen der jetzt bekannten Parameter, dass man etwa mit 90 mc Kr-85 Ströme von $\sim 8,5 \cdot 10^{-8}$ Amp. erzeugen kann, wenn $v \geq 50 \text{ l sec}^{-1}$ wird. (Bei Verwendung von nur 20 - 40 mc Kr-85 hat es hingegen kaum noch Sinn, die Luftgeschwindigkeit über 20 l sec^{-1} zu erhöhen.)

Daher wurde ein stärkerer Ventilator in Gebrauch genommen, dessen Leistung mit einem regelbaren Transformator eingestellt werden konnte. Ausserdem wurde die ganze Anordnung durch Anwendung verschiedener Verbindungsstücke so ausgestattet, dass man als Ionisierungsraum Rohrstücke verschiedenen Durchmessers anbringen konnte, in die man immer denselben Halter mit Kryptonröhrchen zentral einhängen konnte. Zwecks besserer Anpassungsmöglichkeit wurde in diesem Teil der Untersuchung, wie schon im 3. Abschnitt erwähnt und beschrieben, ein Dreiplattenmesskondensator grösseren Querschnitts verwendet.

Ebenso wie die unter 4. beschriebenen Versuche wurden nun wieder die bipolaren Ionenströme in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit bei Verwendung verschiedener Kryptonaktivitäten gemessen. Auch hier geschah die Auswertung nach (6) analog Abb. 3, und in verkürzter Ausführung nach Tabelle 1. Die Resultate sind in Tabellen 3. und 4. zusammengestellt. Es sei beachtet, dass sich die drei Versuchsreihen in Tabelle 3. durch verschiedene Durchmesser des Ionisierungsraumes unterscheiden (siehe Seite 13).

Bei Betrachtung von Tabelle 3. stösst man auf die Schwierigkeit, dass bei der 6. Versuchsreihe, also beim Ionenraumdurchmesser 16,5 cm, Gleichung (6) erstmalig versagt. Es ist nämlich nicht möglich, über $s.D$ und f sinnvoll zu mitteln.

Tabelle 3

$$D_2 = 132 \text{ cm}^2; v = 10 - 60 \text{ l sec}^{-1}$$

A	sD	fA	f	
20	830	5485	274	$d = 9,2 \text{ cm}$ $D_1 = 66 \text{ cm}^2$
40	802	8950	224	
60	755	13100	218	
80	708	17900	224	
90	708	20000	222	
Mittel- werte	76 ₁		23 ₂	
20	850	5950	298	$d = 11 \text{ cm}$ $D_1 = 95 \text{ cm}^2$
40	1180	11000	275	
60	1180	17000	284	
80	940	22600	283	
90	940	26100	290	
Mittel- werte	101 ₈		28 ₆	
20	5850	6550	330	$d = 16,5 \text{ cm}$ $D_1 = 214 \text{ cm}^2$
40	5660	17000	425	
80	4250	39500	495	
Mittel- werte	5250 ?		415 ?	

Trachtet man danach wie in Tabelle 2., nunmehr in Tabelle 4. die s-Werte zu berechnen, dann entsprechen diese für die 4. und 5. Versuchsreihe ($d = 9,2$ bzw. 11 cm) der Erwartung, während sich für die 6. Reihe ein mindestens zweimal zu hoher Wert für s ergibt.

Tabelle 4.

Schätzung der s-Werte nach den Angaben aus Tabelle 3.

s.D(cm ³)	d (cm)	D ₁	D ₂	D	s(cm) berechnet	s [*]) App.
761	9,2	66	132	66	11,5	9,5
1018	11	95	132	95	10,8	10
5250 ?	16,5	214	132	200 ?	26 ?	10

Vermutlich tritt bei der starken Querschnittsverminderung von $D_1 = 214 \text{ cm}^2$ auf $D_2 = 132 \text{ cm}^2$ und bei den angewandten hohen Luftgeschwindigkeiten solch eine starke Turbulenz auf, dass die einfachen Voraussetzungen für (6), die sich bei den ersten fünf Versuchsreihen gut bewährt hatten, hier nicht mehr gelten.

Für eine nähere Betrachtung sollen nunmehr in Tabelle 5. die erhaltenen f-Werte miteinander verglichen werden.

Tabelle 5.

Zusammenhang zwischen Ionenraumdurchmesser und der Ionenausbeute pro Kernzerfall

d (cm)	f	f/d
6	167	27,8
9,2	232	25,2
11	286	26,0
16,5	415 ?	25,1
Mittelwert		26,0

Es zeigt sich, dass man mit einer konstanten Ionenausbeute pro Kernzerfall pro Zentimeter Ionenraumdurchmesser rechnen kann und dass der mittlere Luftweg eines Betateilchen, trotz der exzentrischen Aufhängung der Kryptonröhrchen, dem Durchmesser der Kammer proportional ist. Der Durchmesser darf hier nur klein sein im Vergleich zu der maximalen Reichweite der ionisierenden Teilchen (in Luft Grössenordnung 1 - 2 m).

Der empirisch gefundene Zusammenhang zwischen f und d ermöglicht es nunmehr, Gleichung (6) etwas zu vereinfachen, wie im Anhang dargestellt wird. Das Ergebnis ist nach (9) überraschenderweise, dass es für jede Kombination von A und v einen optimalen Durchmesser des Ionisierungsraumes gibt, bei dem der Ionenstrom sein durch A und v bedingtes Maximum erreicht (10). Bei kleineren Durchmessern wirkt sich die geringere Ionenausbeute stärker aus, als die vorhandene schwächere Rekombination bei grösseren Durchmessern hingegen überwiegt der Einfluss der geringeren Lineargeschwindigkeit mit einer dadurch bedingten stärkeren Rekombination.

Die Funktion (9) wird in den Abb. 4 und 5 für zwei verschiedene Luftgeschwindigkeiten grafisch dargestellt. Man kann daraus ablesen wie hoch bei $v = 25$ bzw. 50 l sec^{-1} der Ionenstrom bei Verwendung einer bestimmten Kryptonaktivität werden kann und wie die Ionisierungskammer dazu dimensioniert werden muss. Die eingetragenen Messpunkte sind dem Versuchsmaterial entnommen, das Tabelle 3. zugrundeliegt. Man sieht in Abb. 5, dass mit 80 mc Kr-85 ein Ionenstrom von $8,5 \cdot 10^{-8} \text{ Amp.}$ erzielt werden konnte.

Der nicht sehr übersichtliche Zusammenhang zwischen v , A , d_{opt} und I lässt sich in einem einzigen Diagramm darstellen, wenn man die Näherungsformeln verwendet, die im Anhang abgeleitet werden. Auf diese Weise ergibt sich Abb. 6, die zeigt, wie der angenähert maximale Ionenstrom I^* durch die unabhängigen Veränderlichen v , A und d_{opt}^* bestimmt wird. Zumeist ist durch die Umstände eine höchstzulässige oder maximal erreichbare Luftgeschwindigkeit gegeben. Man kann sich dann auf Grund von Abb. 6 z.B. überlegen, ob es Sinn hat bei $v = 50 \text{ l sec}^{-1}$ die Kryptonaktivität von 100 mc auf 150 mc zu erhöhen, um den Ionenstrom von $1 \cdot 10^{-7}$ auf $1,3 \cdot 10^{-7} \text{ Amp.}$ zu bringen.

Ein praktisch brauchbarer Ionenbläser kann mit $\sim 100 \text{ mc Kr-85}$ betrieben werden. Aus (11a) und (10) folgt dann:

$$\begin{array}{l} I_{\text{max}} \cong 7 \cdot 10^{-9} v^{2/3} \text{ Amp.} \\ d_{\text{opt}} \cong 0,7 \cdot v^{2/3} \text{ cm} \end{array} \quad \left| \quad \underline{\underline{v \dots \text{l. sec}^{-1}}}$$

Die Folgen einer Wahl für v zeigt Tabelle 6:

Tabelle 6.

Optimaler Durchmesser und maximaler Ionenstrom in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit bei $A = 100 \text{ mc}$.

$v \text{ (l sec}^{-1}\text{)}$	$d_{\text{opt}} \text{ (cm)}$	$I_{\text{max}} \text{ (Amp)}$
25	6	$6 \cdot 10^{-8}$
50	10	$1 \cdot 10^{-7}$
75	12,5	$1,3 \cdot 10^{-7}$
100	15	$1,5 \cdot 10^{-7}$

6. AUSFÜHRUNG UND PRÜFUNG EINES LABOR-PROTOTYPS

Um zu untersuchen, ob die im Labor gemessenen bipolaren Ionenströme von beinahe 10^{-7} Amp. genügen können, um z.B. eine laufende Kunststoffolie zu entladen, wurde nach den gewonnenen Erkenntnissen ein tragbarer Bläser angefertigt und in einem praktischen Versuch im Technikum des Kunststoffinstitutes TNO eingesetzt.

In Abb. 7a findet man die schematische Wiedergabe des einfachen Gerätes, das hauptsächlich aus einem regelbaren Ventilator mit einem Maximalertrag von ca 50 l Luft/sec und einem daran befestigten dünnwandigen Stahlrohr von 11 cm innerem Durchmesser bestand. In dem Rohr war anschliessend an den Ventilator ein wabenförmiges Gitter angebracht, um eine gleichförmige Luftströmung zu erzielen. Am Bläserausgang wurde in das Rohr ein Schlitz gesägt, in welchen man einen Halter mit Kryptonröhrchen mit einer schnellen Bewegung einschieben konnte. Dieser Bläser wiegt 6 kg und kann in der Hand gehalten werden. Bei Verwendung von 60 mc Kr-85 ist die Gammaintensität am Ventilatorende des Bläasers ganz ungefährlich. Die Messung der erzielbaren Ionenströme ist im Abschnitt 5. beschrieben worden.

Abb. 7b zeigt schematisch die ablaufende P.V.C.-folie, die Lage einer Messelektrode und die des Bläasers. Die Folie lief von A nach C mit einer Geschwindigkeit von 4 cm sec^{-1} ; bei einer Breite von 30 cm betrug daher die Oberflächengeschwindigkeit $120 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$.

Die Messelektrode M ist durch ein Koaxialkabel mit dem statischen Voltmeter V verbunden. Bevor die Elektrode an die Folie herangebracht wird, wird der Eingang des Gerätes kurzgeschlossen und geerdet um eine eventuell vorhandene parasitäre Ladung abzuführen. Die durch die Folie auf der Elektrode induzierte Ladung konnte durch Ablesung des statischen Voltmessers beurteilt werden.

Die Ladungsverteilung auf der ablaufenden Folie war nicht gleichmässig. Der Ausschlag des Voltmeters zeigte bei seitlicher Verschiebung der Elektrode Schwankungen zwischen 1000 - 2000 V. Liess man die Elektrode jedoch an Ort und Stelle, dann blieben die Schwankungen oft minutenlang auf 10 - 20 % eines Mittelwertes beschränkt.

Wenn man nunmehr den Luftstrom aus dem Ionenbläser (60 mc Kr-85, $v = 30 - 50$ l/sec) auf die Stelle richtete, wo die Folie abgewickelt wird (Abb. 7b), konnte die Anzeige des Voltmeters in ungefähr 10 sec von 1000 - 2000 V bis auf wenige

Volt zurückgebracht werden. Dies bedeutet also, dass der durch den Bläser erzeugte Ionenstrom den Ladungstransport auf der Folie beinahe erreichte oder sogar übertraf, da der Voltmeter zu ungenau arbeitet, um die kleine Restspannung entscheidend auswerten zu können.

Wie man aus dem Ausschlag des Voltmeters, der Grösse der Messelektrode und den bekannten Kapazitätsverhältnissen die Ladungsdichte auf der Folie einigermaßen schätzen kann, wurde in Teilbericht⁵⁾ näher ausgeführt. Die Anzeige von 1000 V entspricht einer Ladungsdichte von der Grössenordnung 10^{-9} Coul. cm^{-2} . Aus der oben genannten Oberflächengeschwindigkeit von $120 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ und aus dem mittleren Ausschlag des Voltmeters von 1500 V folgt demnach ein Ladungstransport von ungefähr $2 \cdot 10^{-7}$ Amp. Der Ionenstrom des Bläasers beträgt nach Abb. 5 bei 60 mc maximal $0,7 \cdot 10^{-7}$ Amp., also einen Wert von nur ungefähr einem Drittel des berechneten Ladungstransportes auf der Folie.

Da trotzdem eine praktisch vollständige Neutralisation festgestellt wurde, kann man schliessen, dass vermutlich die angenäherte Berechnung des Ladungstransports zu hoch ausfällt und möglicherweise die Rekombination der Ionen im Luftstrom unter dem Einfluss des Folienfeldes anders verläuft als vor und in dem Messkondensator.

Die gewählte Messmethode und die darauf beruhende Berechnungsweise bildet aber trotzdem eine brauchbare Grundlage um das Anwendungsgebiet des Ionenbläasers beurteilen zu können.

7. PATENTANSPRÜCHE

Die Ansprüche der in der Deutschen Bundesrepublik eingereichten Anfrage wurden nach einer Rückfrage des deutschen Prüfers am 7.3.1966 wie folgt formuliert und dem Patentbüro von Euratom übermittelt:

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines Ionen enthaltenden Gasstromes, die aus einem zylinderförmigen von Luft durchströmten Rohr besteht, in welchem Rohr nahe dem Auslassende ein radioaktiver Strahler, zum Beispiel Krypton-85, als Ionen-erregere angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass das radioaktive Präparat auf solche Weise in dem Luftrohr angebracht ist, dass möglichst wenig Durchwirbelung des Luftstromes hervorgerufen wird, und wobei bei einer Menge an radioaktivem Strahler zwischen 40 und 180 Millicurie und einem Wert für den Volumstrom der Luft zwischen 15 und 100 Liter pro Sekunde, der Durchmesser des zylindrischen Luftrohres derart gewählt wird, dass dieser der Formel (1) genügt:

$$d = 3,3 \left(\frac{v^2}{A} \right)^{1/3} \quad (1)$$

worin d der Rohrdurchmesser in Zentimetern, v die Volumengeschwindigkeit der Luft in Litern pro Sekunde und A die Strahlermenge in Millicurie ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der radioaktive Strahler über eine Anzahl länglicher Präparate oder dünnwandiger Behälter verteilt ist, die mit ihrer Längsrichtung parallel zur Achse des zylinderförmigen Luftrohres in einiger Entfernung von dessen Wand angeordnet sind, wobei zum Festhalten der länglichen Teilquellen Mittel einer derartigen Gestalt angewandt werden, dass möglichst wenig Durchwirbelung des Luftstromes hervorgerufen wird, und wobei bei einer Menge an radioaktivem Strahler zwischen 40 und 180 Millicurie und einem Wert für den Volumstrom der Luft zwischen 15 und 100 Liter pro Sekunde, der Durchmesser des zylindrischen Luftrohres derart gewählt wird, dass dieser der Formel (1) genügt:

$$d = 3,3 \left(\frac{v^2}{A} \right)^{1/3} \quad (1)$$

worin d der Rohrdurchmesser in Zentimetern, v die Volumengeschwindigkeit der Luft in Litern pro Sekunde und A die Strahlermenge in Millicurie ist.

3. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 und 2, wobei einer Volumengeschwindigkeit der Luft zwischen 25 und 45 Liter pro Sekunde, die Menge des aktiven Strahlers im Ionenerreger zwischen 40 und 180 Millicurie und der Durchmesser des zylindrischen Rohres zwischen 6 und 10 cm ist.
4. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 und 2, wobei bei einer Volumengeschwindigkeit der Luft zwischen 40 und 70 Liter pro Sekunde, die Menge des aktiven Strahlers im Ionenerreger zwischen 40 und 180 Millicurie und der Durchmesser des zylindrischen Rohres zwischen 8 und 12 cm ist.
5. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 und 2, wobei bei einer Volumengeschwindigkeit der Luft zwischen 60 und 100 Liter pro Sekunde, die Menge des aktiven Strahlers im Ionenerreger zwischen 40 und 180 Millicurie und der Durchmesser des zylindrischen Rohres zwischen 11 und 15 cm ist.

8. ÜBERSICHT ÜBER DIE VORHERGEHENDEN ZWISCHENBERICHTE AN EURATOM

- 1) Technisch-Physische Dienst TNO en TH, Bericht Nr. 62489 d.d. 28.5.1962:
unveröffentlichter interner Teilbericht.
- 2) Centraal Laboratorium TNO, Bericht Nr. CL 62/105 d.d. 6.11.1962, Projekt Nr. 2/2;
P. Platzek; Ionenkonzentration und Ionenstrom; Euratom-Mitteilung 526.
- 3) Centraal Laboratorium TNO, Bericht Nr. CL 63/5 d.d. 16.1.1963, Projekt Nr. 2/3;
A.C. Meyer, P. Platzek; Ionenkonzentration und Ionenstrom II; Euratom-Mitteilung
527.
- 4) Centraal Laboratorium TNO, Bericht Nr. CL 63/15 d.d. 4.2.1963, Projekt Nr. 2/4;
unveröffentlichter interner Teilbericht.
- 5) Centraal Laboratorium TNO, Bericht Nr. CL 63/50 d.d. 6.5.1963, Projekt Nr. 2/5;
A.C. Meyer, P. Platzek; Neutralisierung der Ladung auf einer Kunststoff-Folie;
Euratom-Mitteilung 528.
- 6) Centraal Laboratorium TNO, Bericht Nr. CL 64/3 d.d. 15.1.1964, Projekt Nr. 2/6;
unveröffentlichter interner Teilbericht.
- 7) Patentanfrage: Vorrichtung zur Erzeugung eines Ionen enthaltenden Gasstromes.
Luxemburg nr. 45.898, 17.4.1964
Deutsche Bundesrep.
nr. E 28.771 VIII c/21 g, 26.2.1965
Niederlande nr. 6.503.312, 16.3.1965
Italien nr. 15/398, 5.4.1965
Belgien nr. 11.484, 14.4.1965
Frankreich nr. 13.586 16.4.1965

9. ANHANG

Ableitung der verwendeten Formeln

Wenn zum Zeitpunkt t_0 in einer Luftmenge n_0 Ionenpaare/cm³ vorhanden sind, dann verläuft die Rekombination nach einem bimolekularen Ansatz:

$$-\frac{dn}{dt} = \alpha n^2 \quad (1)$$

Integration führt zu

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0 \alpha t} \quad (2)$$

oder, in einer anderen Form,

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_0} + \alpha t \quad (2a)$$

Zwecks Einführung experimenteller Grössen in (2a) kann man auf einfacher Weise die folgenden Beziehungen ableiten:

$$n_0 = \frac{3,7 \cdot 10^7 A}{v} \cdot f \quad (3)$$

$$n = \frac{6,24 \cdot 10^{18} (I_v - I_0)}{v} \quad (4)$$

$$t = \frac{s}{v_L} = \frac{sD}{v} \quad (5)$$

Substitution von (3), (4) und (5) in (2a) führt zu dem Ausdruck:

$$\frac{1}{(I_v - I_0) 10^{10}} = \frac{16,9}{fA} + 1,06 \cdot 10^3 \frac{sD}{v^2} \quad (6)$$

- t ... Zeit (séc)
- n_0 ... Ionenkonzentration (cm⁻³) zur Zeit t_0
- n ... Ionenkonzentration (cm⁻³) zur Zeit t
- α ... Rekombinationskoeffizient; für trockene Luft gilt $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-1}$
- A ... Aktivität des ionisierenden Strahlers in Millicuries
- v ... Luftgeschwindigkeit (cm³ sec⁻¹)
- f ... Zahl der pro Kernzerfall gebildeten Ionenpaare
- I_v ... Messstrom (Amp.) bei Geschwindigkeit v
- I_0 ... idem in stehender Luft
- s ... mittlerer Abstand zwischen Ionisierungsraum und Messkondensator
- v_L ... lineare Luftgeschwindigkeit (cm sec⁻¹)
- D ... mittlerer Durchschnitt durch die Versuchsstrecke; $D_1 > D > D_2$
- D_1 ... Durchschnitt durch Ionisierungsraum
- D_2 ... Durchschnitt durch den Messkondensator
- d ... Durchmesser des Ionisierungsraumes = $\sqrt{4 D_1 / \pi}$.

Gleichung (6) ist in einer Form geschrieben, die es gestattet, durch Auftragen des reziproken Ionenstromes gegen $1/v^2$ die Gültigkeit von (6) zu kontrollieren. Wenn (6) eine gute Grundlage bildet, sollen Gerade entstehen und andererseits sollen die aus den Diagrammen abgeleiteten Apparatparameter f und sD verständliche Werte ergeben. Dass dies in brauchbarer Näherung der Fall ist, ist im Abschnitt 4. erläutert.

Beim Vergleich der experimentellen Ergebnisse zeigte es sich, dass f dem Durchmesser des Ionisierungsraumes, d , proportional ist. Dies kann man verstehen, da die Zahl der von einem Betateilchen erzeugten Ionen von der Strecke abhängt, die es in Luft zurück legt, solange diese Strecke viel kleiner ist, als seine maximale Reichweite.

Empirisch lässt sich zeigen (Abschnitt 4.), dass

$$f = 26 \cdot d \quad (7)$$

Die mittlere Weglänge der Ionen im Bläser, s , trachtet man so klein wie möglich zu halten. Sie ist aber immer wegen der Länge der Kryptonröhrchen von der Grössenordnung 10 cm. Bei den letzten systematischen Messungen mit einem Kondensator rechteckigen Querschnittes ergab sich

$$s = 11 \text{ cm.} \quad (8)$$

Setzt man nunmehr (7) und (8) in (6) ein, dann ergibt sich für eine praktische Bläserkonstruktion der Zusammenhang zwischen dem Ionenstrom ($I_v - I_o$) einerseits und den unabhängigen Veränderlichen A , v und andererseits wie folgt:

$$(I_v - I_o) \cdot 10^{10} = \frac{dA}{0,65 + 9 \cdot 10^3 \frac{d^3 A}{v^2}} \quad (9)$$

Aus (9) ist ersichtlich, dass ($I_v - I_o$) als Funktion von d ein Maximum hat. Die Bedingung für dieses Maximum:

$$\left[\frac{\partial (I_v - I_o)}{\partial d} \right]_{v, A} = 0$$

führt zu

$$d_{\text{opt}} = 0,033 \left(\frac{v}{A}\right)^{2/3} \quad (10)$$

Gleichung (10) ergibt also den Ionenraumdurchmesser, für den der Ionenstrom bei gewählten Werten von v und A maximal wird. Substitution von (10) in (9) führt zu Beziehungen, aus denen sich die Grösse des maximalen Ionenstromes errechnen lässt.

$$(I_v - I_o)_{\text{max}} \cdot 10^{10} = 0,034 (vA)^{2/3} \quad (11a)$$

$$\approx d_{\text{opt}} \cdot A \quad (11b)$$

Zahlenmässige Beispiele für diese Ausdrücke werden in Abschnitt 5. und den dazugehörigen Abbildungen 4 und 5 gegeben. Eine nähere Betrachtung dieser Diagramme lehrt weiters, dass man bei gegebener Luftgeschwindigkeit den Durchmesser des Ionenraumes so wählen kann, dass für Strahlermengen zwischen 40 - 200 mc die Grösse des Ionenstroms nicht mehr als 10 % vor dem jeweils erreichbaren Maximalwert abweicht.

In Abb. 5 wird dies näher erläutert. Dort sind nämlich mit kurzen Strichlinien die Grenzen für den Durchmesser markiert, wofür $(I_v - I_o) \geq 0,9(I_v - I_o)_{\text{max}}$. In Abb. 5 ist daher der mittlere optimale Durchmesser $d_{\text{opt}}^* = 9,7$ cm. Er entspricht dem wahren Optimum für etwa 100 mc. Das letztere wurde in Teilbericht⁶⁾ auch für andere Luftgeschwindigkeiten kontrolliert, so dass auch in Abb. 4 das entsprechende d_{opt}^* mit einer gestrichelten Linie an der Stelle des Maximums für $A = 100$ angegeben werden konnte.

Setzt man nunmehr in (10) für A den Wert 100 ein, dann vereinfacht sich die Beziehung zwischen d_{opt}^* und einer gewählten Luftgeschwindigkeit zu

$$d_{\text{opt}}^* = 7,1 \cdot 10^{-3} v^{2/3} \quad (12) \quad \left| \quad 40 \text{ mc} < A < 200 \text{ mc} \right.$$

Durch Substitution von (12) in (9) ergibt sich schliesslich für den angehöhten maximalen Ionenstrom:

$$(I_v - I_o)_{\text{max}}^* \cdot 10^{10} = \frac{2,15 v^{2/3}}{200/A + 1} \quad (13)$$

*
 I_{\max} unterscheidet sich um nicht mehr als 10 % von dem wirklichen Maximalwert bei gegebenem v und A . Der Unterschied zwischen dem angenäherten Ausdruck (13) und der genaueren Funktion (11a) liegt darin, dass es bei der Darstellung nach (10) und (11) keinen expliziten Zusammenhang zwischen v und d_{opt} allein gibt. Für den angenäherten I_{\max}^* hingegen gilt (12) und schliesslich (13), wodurch eine Uebersicht über die optimalen Bedingungen nach Abb. 6. erleichtert wird.

Delft, den 23. Juni 1966
GE.

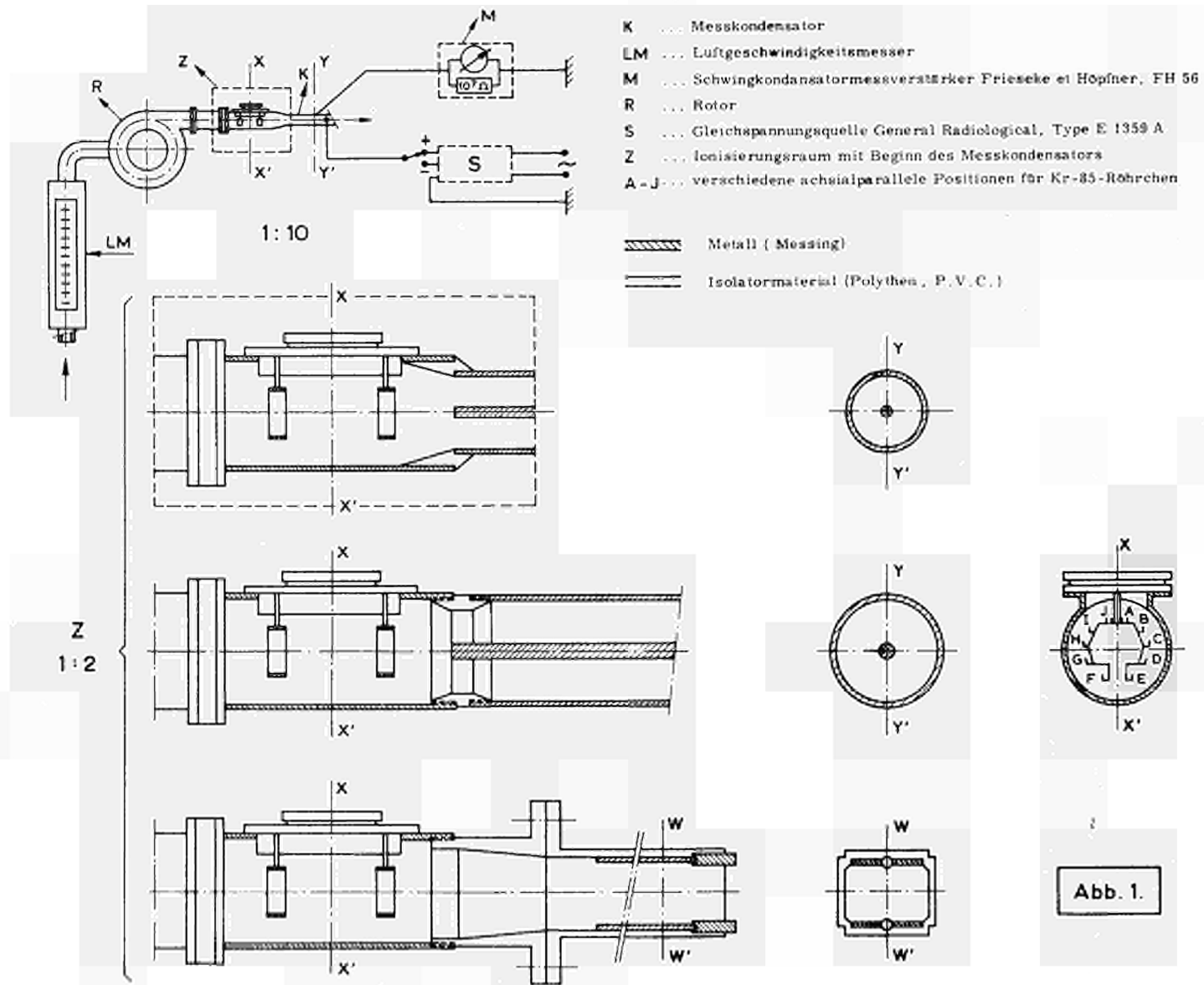
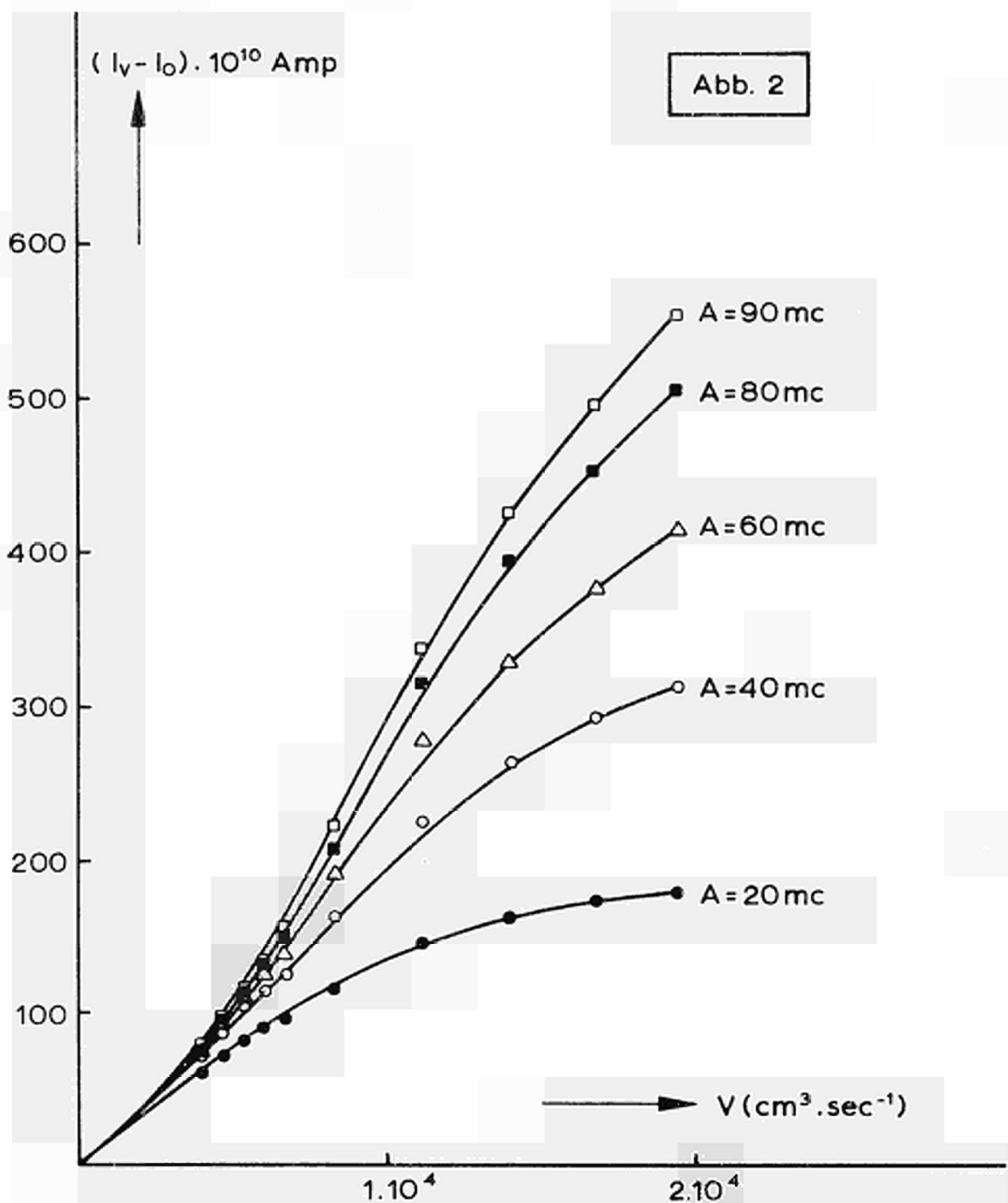


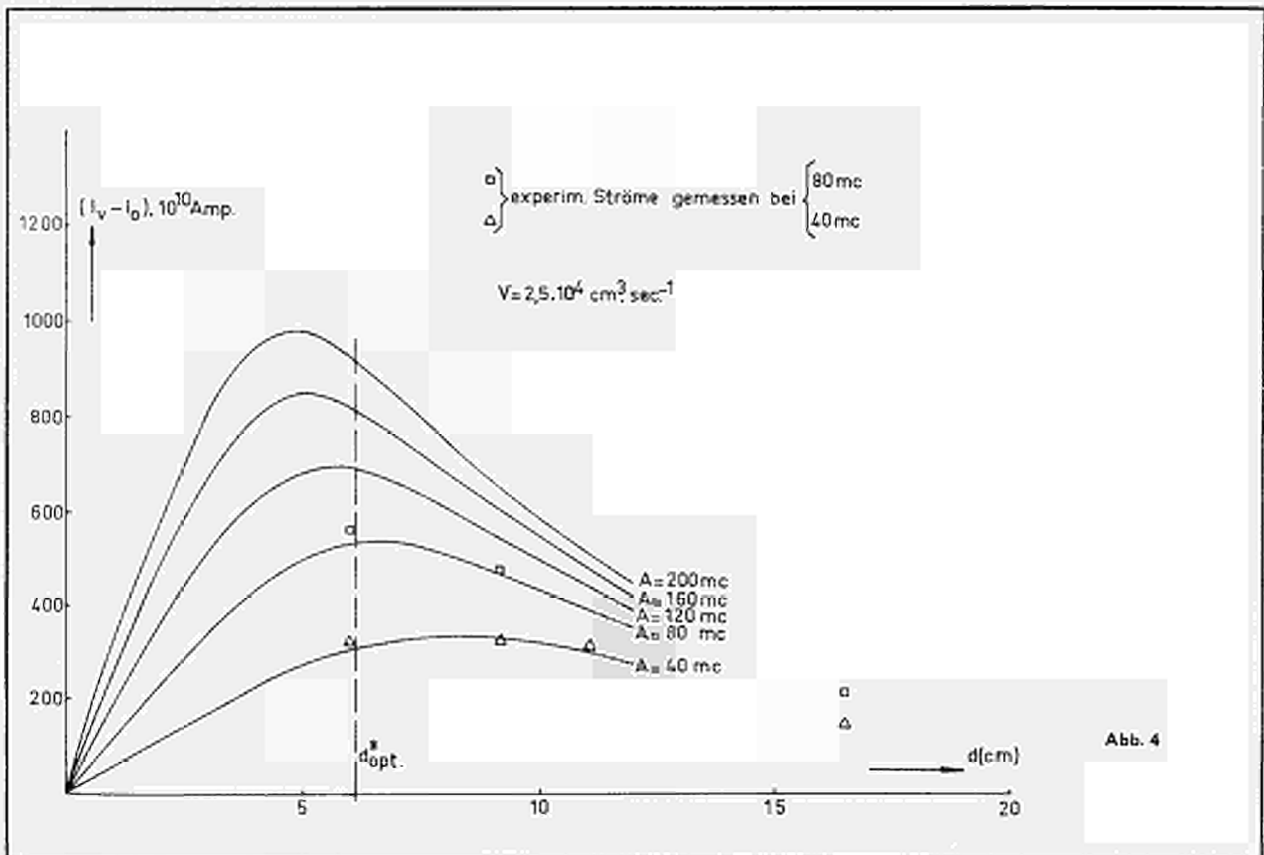
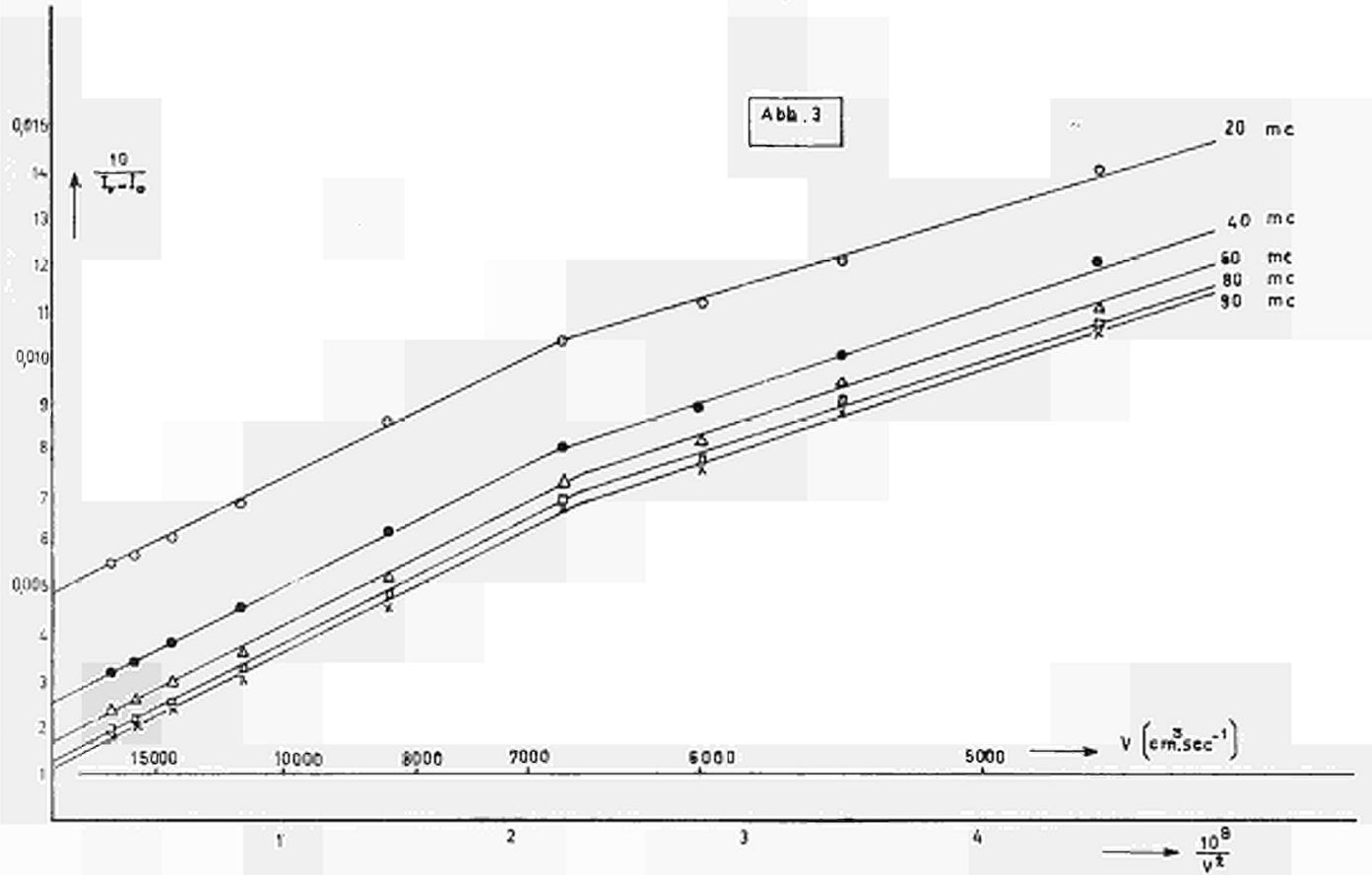
Abb. 1.

experimentelle Ströme gemessen bei
Ionenraumdurchmesser: 6 cm

- 20 mc
- 40 mc
- △ 60 mc
- 80 mc
- 90 mc

Abb. 2





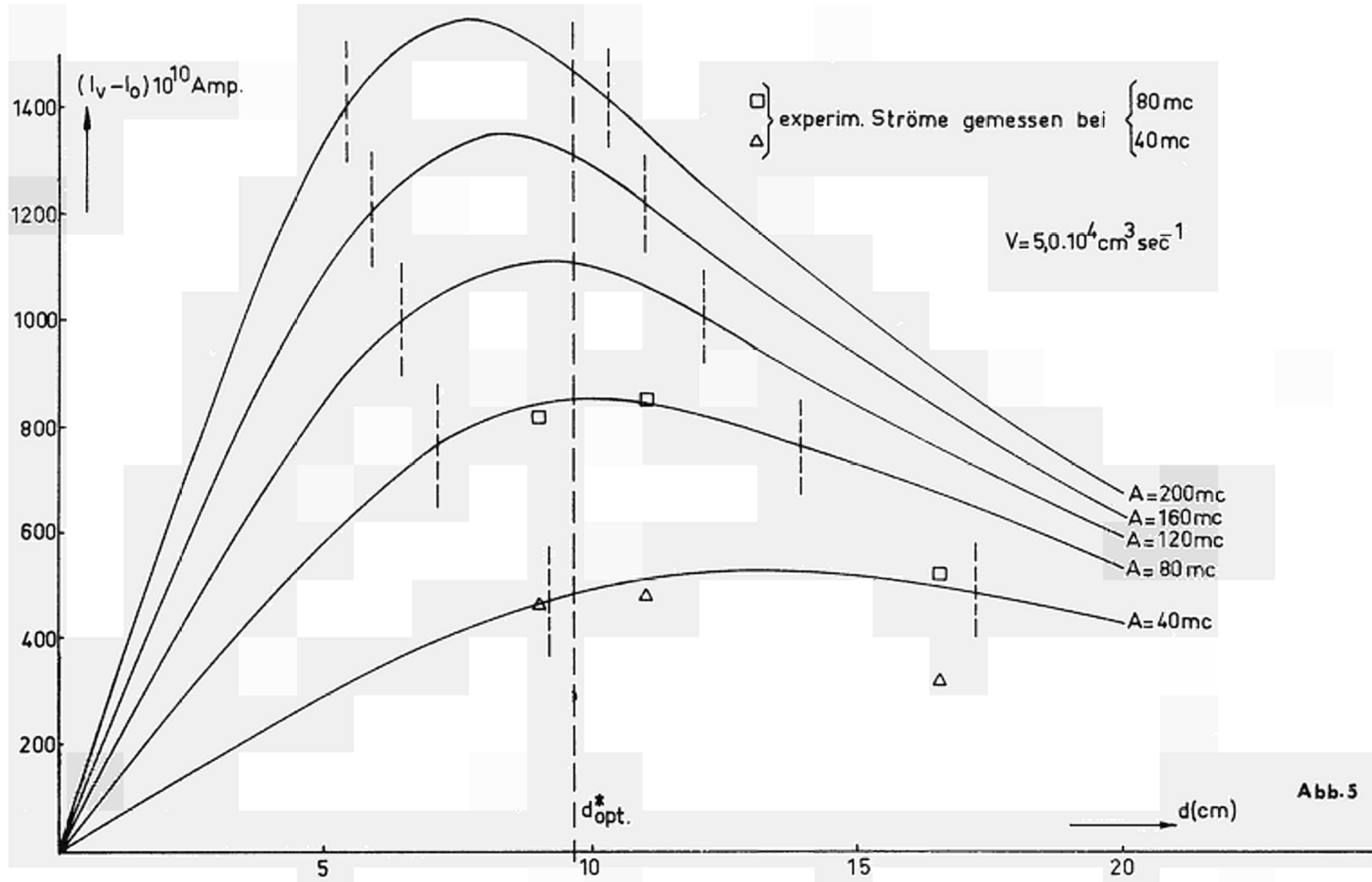


Abb. 5

Abb. 6

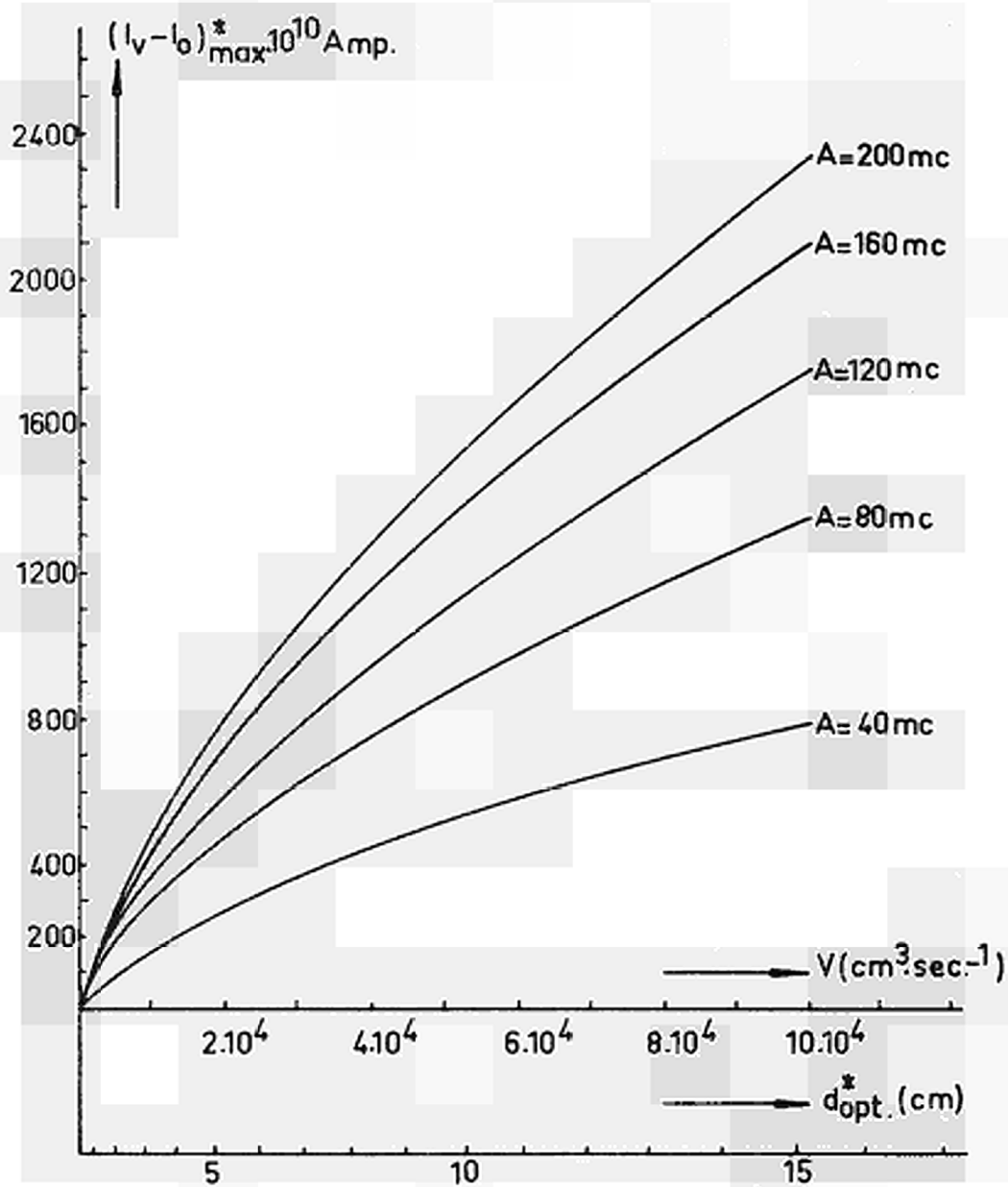


Abb. 7a

SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES EXPERIMENTELLEN
BLÄSERS.

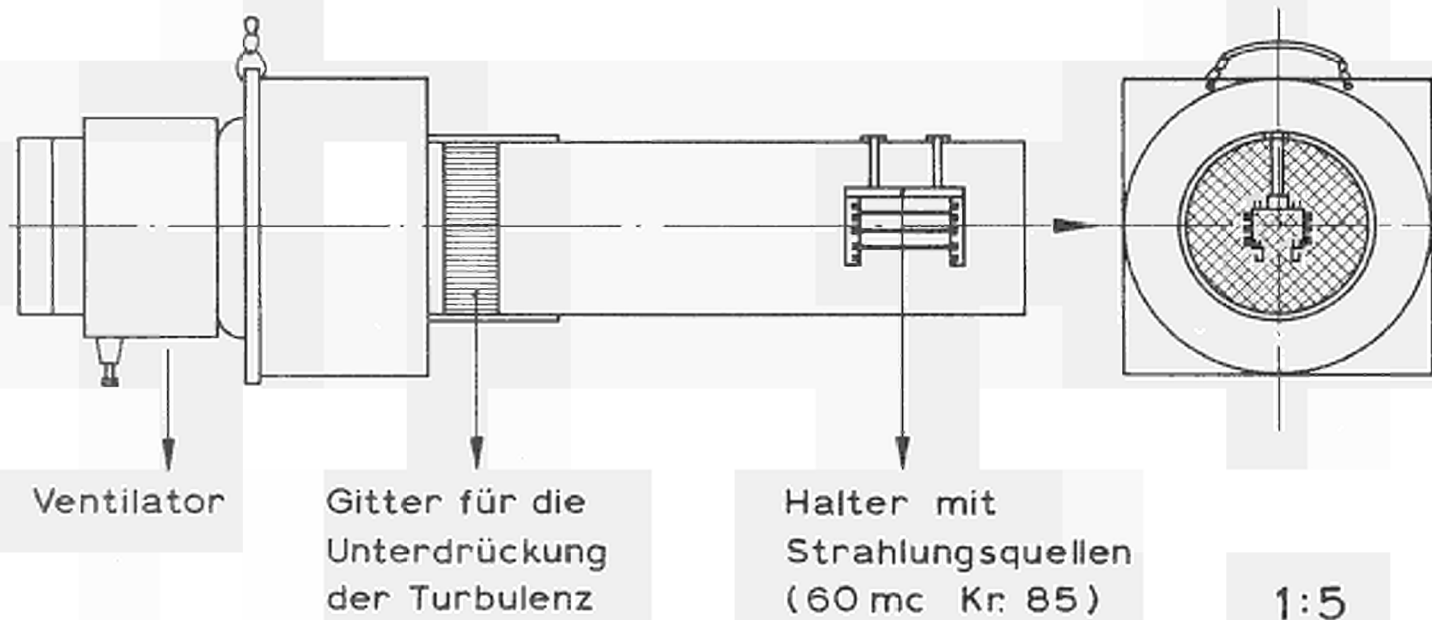
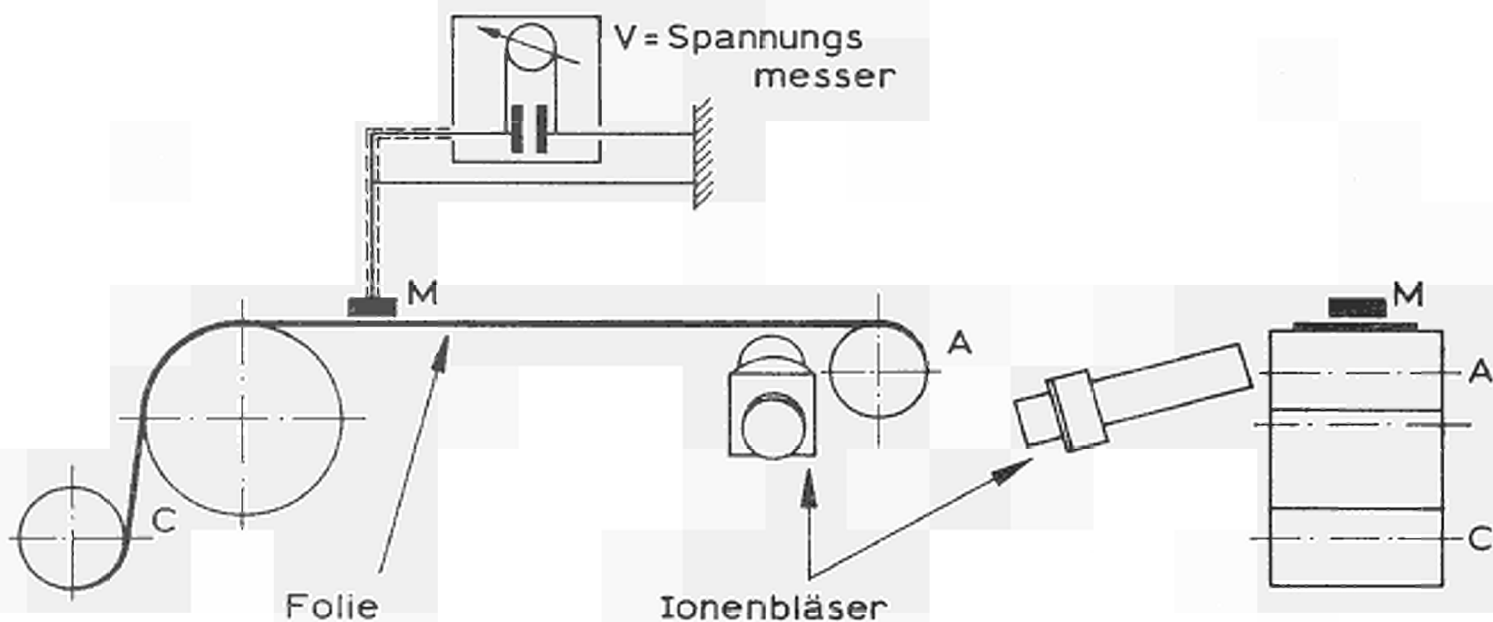


Abb. 7b

KUNSTSTOFFFOLIE, MESSELEKTRODE UND IONENBLÄSER ;
ÜBERSICHT DER ANORDNUNG



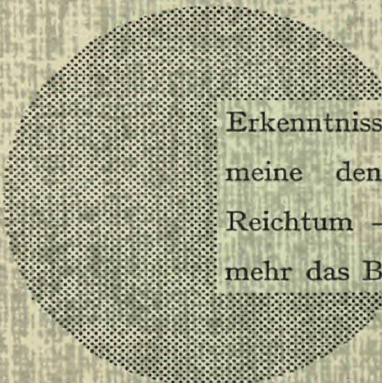
AN UNSERE LESER

Alle Euratom-Berichte werden nach Erscheinen in der von der Zentralstelle für Information und Dokumentation (CID) herausgegebenen Monatszeitschrift **EURATOM INFORMATION** angezeigt. Abonnements (1 Jahr : DM 60) und Probehefte sind erhältlich bei :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Deutschland)

oder

Office de vente des publications
des Communautés européennes
2, Place de Metz
Luxembourg



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

VERTRIEBSSTELLEN

Alle Euratom-Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich (bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagsseite jedes Bericht stehen, deutlich angeben).

OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBLED
Leuvenseweg 40-42, - Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
9, rue Goethe - Luxembourg

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)

CDNA03177DEC