

⑤① Int. Cl. 3 = Int. Cl. 2

Int. Cl. 2:

B 01 D 59/20

①⑨ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DE 28 52 010 A 1

①①

Offenlegungsschrift 28 52 010

②①

Aktenzeichen: P 28 52 010.7

②②

Anmeldetag: 1. 12. 78

④③

Offenlegungstag: 12. 6. 80

③①

Unionspriorität:

③② ③③ ③① —

⑤④

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Isotopentrennung

⑦①

Anmelder: Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8000 München

⑦②

Erfinder: Mück, Günther, Dipl.-Ing. Dr.; 8000 München;
Nathrath, Norbert, Dipl.-Ing. Dr., 8025 Unterhaching;
Simon, Manfred, Dipl.-Ing., 8130 Starnberg

DE 28 52 010 A 1

MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM
GESELLSCHAFT
MIT BESCHRANKTER HAFTUNG
MÜNCHEN

Ottobrunn, den 29.11.1978
8442
BT01 Cz/gö

Verfahren und Vorrichtung zur Isotopentrennung

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Isotopentrennung mit einer Plasmazentrifuge, in der zwischen einer Kathode und einer Anode in einem Magnetfeld durch Lorentz-Kräfte eine Plasmasäule um die Längsachse der Zentrifuge rotiert, dadurch gekennzeichnet, daß bei Zufuhr eines Isotopengemisches aus nicht kondensierendem (gasförmigem) Material, der an- bzw. abgereicherte Anteil des Isotopengemisches an zwei in Längsachsenrichtung unterschiedlichen Stellen der Plasmazentrifuge abgezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Anteil des Isotopengemisches in der Nähe der Anode und der andere Anteil in der Nähe der Kathode der Plasmazentrifuge abgezogen werden.
3. Vorrichtung zum Trennen eines Isotopengemisches mit einer Trennkammer, in der eine Kathode und eine Anode zum Aufrechterhalten einer Gasentladung sowie Zuführ- und Abzugsöffnungen für ein zu trennendes Isotopengemisch bzw. dessen an- und abgereicherten Anteil vorgesehen sind und in der mit Magneten zur Erzeugung eines Magnetfeldes in der Trennkammer eine Rotation des in den Plasmazustand überführten Isotopengemisches um die Längsachse der Trennkammer erzwungen ist (Plasmazentrifuge), dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung eines

Isotopengemisches aus nicht-kondensierendem (gasförmigen) Material die Abzugsöffnungen für den an- und abgereicherten Anteil an in Längsrichtung der Plasmazentrifuge unterschiedlichen Stellen angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Abzugsöffnung in der Nähe der Anode und die andere Abzugsöffnung in der Nähe der Kathode angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Plasmazentrifuge (1) mit einer in der Längsachse (3) der Zentrifuge angeordneten Stiftelektrode (Kathode 6) und einer gegenüberliegenden Ringelektrode (Anode 7) die eine Abzugsöffnung innerhalb der Ringelektrode und die andere Abzugsöffnung in der Nähe der Stiftelektrode angeordnet ist.

MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM
GESELLSCHAFT
MIT BESCHRANKTER HAFTUNG
MÜNCHEN

3

Ottobrunn, den 29.11.1978
8442
BT01 Cz/gö

Verfahren und Vorrichtung zur Isotopentrennung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Isotopentrennung in einer Plasmazentrifuge.

Eine Trennung von Isotopengemischen mit einer Plasmazentrifuge ist z.B. in der DE-OS 24 25 865 beschrieben. Hier wird ein Isotopengemisch in eine Trennkammer geleitet und brennt dort in einem Lichtbogen zwischen einer Kathode und einer Anode, wobei gleichzeitig ein Magnetfeld überlagert ist, das durch Lorentz-Kräfte das in den Plasmazustand überführte Isotopengemisch zur Rotation um die Längsachse der Zentrifuge zwingt. Die Plasmasäule rotiert dabei mit erheblicher Geschwindigkeit, so daß sich im Prinzip wie bei einer mechanischen Zentrifuge eine Verteilung des Isotopengemisches beginnend von leichten Anteilen bis zu schweren Anteilen längs des Radius der Plasmazentrifuge ergibt.

Es ist bekannt, bei derartigen Plasmazentrifugen ein Gegenstromprinzip zu verwenden, um dadurch die Trennrate zu erhöhen (Arkiv för Fysik, Bd. 33, Nr.15, 1966, Seiten 267 ff). Dieser Gegenstrombetrieb kann entweder durch elektromagnetische Kräfte oder aber durch gezieltes Einströmen des Isotopengemisches in die Trennkammer oder durch andere Zwangsmittel der Zentrifugalbewegung des Isotopengemisches überlagert werden. Dadurch kann die Trennrate erhöht werden. Bei diesem Verfahren wird der Gegenstrombetrieb also durch von außen aufgeprägte Kräfte und Einrichtungen aufrechterhalten. Das verursacht einen erhöhten technischen Aufwand; die Wirkung bleibt lokal begrenzt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Isotopentrennung anzugeben, bei der bei einfachen Verfahrensschritten bzw. einfachem Aufbau bereits ein hoher Trennfaktor erzielt wird.

Diese Aufgabe ist für ein Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß bei Zufuhr eines Isotopengemisches aus nicht kondensierendem (gasförmigem) Material der an- bzw. abgereicherte Anteil des Isotopengemisches an zwei in Längsachsenrichtung unterschiedlichen Stellen der Plasmazentrifuge abgezogen wird. Bei einer Vorrichtung wird hierfür vorgesehen, daß bei Verwendung eines Isotopengemisches aus nicht kondensierendem (gasförmigem) Material die Abzugsöffnungen für den an- und abgereicherten Anteil an in Längsrichtung der Plasmazentrifuge unterschiedlichen Stellen angeordnet sind.

Bei Versuchen hat sich gezeigt, daß bei einer Plasmazentrifuge, die mit nicht kondensierendem Isotopengemisch, d.h. etwa gasförmigem Isotopengemisch arbeitet, nicht nur eine radiale Trennung der Isotopenanteile auftritt, wie dies anhand der bisherigen Erkenntnisse zu erwarten war. Vielmehr tritt zusätzlich eine Trennung auf in Richtung der Längsachse der Zentrifuge, die der Rotationsachse der Plasmasäule entspricht. Die Trennrates bei axialem Abzug des ab- bzw. angereicherten Anteil des Isotopengemisches liegt um ca. eine Zehnerpotenz höher als die Trennrates bei radialem Abgriff. Gemäß der Erfindung ist diese hohe Trennrates zu erzielen, ohne daß ein Gegenstrombetrieb von außen aufgeprägt wird.

Die Erfindung ist in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser stellen dar:

- Figur 1 einen schematischen Querschnitt durch eine Plasmazentrifuge zum Trennen eines Isotopengemisches gemäß der Erfindung;
- Figur 2 ein Diagramm der Trennrate für den abgereicherten und für den angereicherten Anteil des Isotopengemisches in Abhängigkeit der Lage der Abzugsöffnung für die ab- und angereicherten Anteile aufgetragen über dem Anteilsfaktor.

Eine Plasmazentrifuge 1 weist einen Trennraum 2 mit einer Längsachse 3 auf, der an seiner einen Seite einen Kathodentotraum 4 und ihm gegenüberliegend an der anderen Seite einen Anodentotraum 5 aufweist, die jeweils zur Längsachse 3 koaxial sind. In dem Kathodentotraum 4 ist in der Längsachse der Plasmazentrifuge eine Stiftkathode 6 angeordnet, während im Anodentotraum 5 eine um diesen Totraum liegende ringförmige Anode 7 angeordnet ist. Zwischen Kathode 6 und Anode 7 liegt eine Hochspannung, die einer hier nicht gezeigten Spannungsquelle entnommen wird. Um den Trennraum 2 sind zur Längsachse 3 koaxial mehrere Magnete 8 angeordnet, die in dem Trennraum ein konstantes Magnetfeld \vec{B} erzeugen. Durch eine Zuführöffnung 9 in der Seitenwand der Trennkammer 2 wird ein gasförmiges Isotopengemisch F, in diesem Fall Krypton zugeführt, dessen Isotopenverhältnis z.B. dem natürlichen Isotopenverhältnis von Krypton 82 und Krypton 86 entspricht. Dieses Isotopengemisch zündet als Gasentladung zwischen der Kathode 6 und der Anode 7. Diese Gasentladung brennt in einer hier angedeuteten sich leicht konisch erweiternden Plasmasäule 10 zwischen Anode und Kathode. Durch die Überlagerung mit dem Magnetfeld \vec{B} ergibt sich aus der Stromkomponente und dem Magnetfeld eine Lorentz-Kraft, die die Plasmasäule 10 in Rotation um die Längsachse 3 der Zentrifuge versetzt, so daß sich in der Trennkammer innerhalb der Plasmasäule 10 ein

radiales Zentrifugalfeld Z ausbildet. Innerhalb dieses Zentrifugalfeldes wird das Isotopengemisch in der Plasmasäule getrennt.

An der Trennkammer sind ferner vier Abzugsöffnungen 11, 12, 13 und 14 vorgesehen. Die Abzugsöffnung 11 liegt in der Längsachse der Plasmazentrifuge direkt hinter der Ringanode 7. Die Abzugsöffnungen 12 bis 14 sind seitlich an der Trennkammer angeordnet und verlaufen senkrecht zu der Längsachse. Die Abzugsöffnung 12 liegt direkt in der Nähe der Kathode und kann, wie hier gezeigt, noch im Kathodentotraum 4 angeordnet sein. Die Abzugsöffnung 13 ist direkt vor der Anode ebenfalls bereits in dem verengten Raum vor der Ringanode 7 angeordnet, während die Abzugsöffnung 14 im Bereich der erweiterten Kammer 2 ebenfalls in der Nähe der Kathode 6, jedoch näher zu der Ringanode 7 als die Abzugsöffnung 12 angeordnet ist. Die beiden Abzugsöffnungen 13 und 14 dienen lediglich Untersuchungszwecken und sind für den Betrieb der Zentrifuge nicht notwendig.

Üblicherweise wird durch die Zufuhröffnung 9 ein zu trennendes Isotopengemisch F in Gasform in die Trennkammer 2 eingelassen; der abgereicherte Anteil P mit einem höheren Anteil an leichteren Isotopen wird durch die Abzugsöffnung 11 aus der Trennkammer geführt, während der angereicherte Anteil W mit einem höheren Anteil schwererer Isotope durch die Abzugsöffnung 12 in den Kathodentotraum aus der Trennkammer 2 geführt wird.

In Figur 2 ist für ein Isotopengemisch aus Krypton 82 und Krypton 86 der Trennfaktor α , d.h. ist das gemessene Isotopenverhältnis von Krypton 82 zu Krypton 86 zu dem natürlichen Isotopenverhältnis, über dem Aufteilungsfaktor θ zwischen ab- und angereicherter Isotopenanteil aufgetragen; das zugeführte Isotopengemisch war für diese Messungen ein Isotopengemisch mit dem natürlichen Iso-

topenverhältnis von Krypton 82 zu Krypton 86. Die Messungen wurden bei einem Druck in der Zentrifuge von 3 Torr, einem Magnetfeld B von 5 Kilogauss entsprechend 0,5 Tesla, einem Strom von 80 Ampere und einer Zuführrate von 0,8 Normkubikzentimeter pro Sekunde durchgeführt. Der Ausdruck Normkubikzentimeter ist die Zuführmenge bezogen auf Atmosphärendruck. Die Plasmazentrifuge hatte eine Trennlänge zwischen Kathode und Anode von 41 cm. Der Trennfaktor α ist über dem Aufteilungsverhältnis θ zwischen dem abgereicherten Produkt Strom P und dem angereicherten Produkt Strom W aufgetragen. Hierbei gilt: $P = \theta \cdot F$ und $W = (1 - \theta)F$.

Wird etwa jeweils die Hälfte des zugeführten Materialstromes an der Abzugsöffnung 11 als abgereicherten Materialstrom P1 und an der Abzugsöffnung 12 als angereicherten Materialstrom W1 abgezogen, d.h. das Aufteilungsverhältnis θ ist 0,5, so ergibt sich für den abgereicherten Materialstrom P1 ein Trennfaktor α von etwa 1,14 entsprechend einer etwa 14%-igen Abreicherung des Isotopengemisches und für den Materialstrom W1 ein Trennfaktor von etwa 0,87 entsprechend einer ebenfalls etwa 14%-igen Anreicherung des Isotopengemisches Krypton 82 und Krypton 86 mit Krypton 86. Bei den gleichen Entnahmebedingungen ergibt sich für einen Abzug des abgereicherten Anteils P2 ebenfalls durch die Abzugsöffnung 11 und des abgereicherten Anteils W2 durch die Abzugsöffnung 14 nahe an der Kathode ein Trennfaktor für das abgereicherte Gemisch P2 von etwa 1,06 und für das angereicherte Gemisch W2 ein Trennfaktor von etwa 0,94, demnach bereits geringere Werte als bei einem Abzug gemäß P1 und W1. Werden der ab- und angereicherte Anteil wie bei bekannten Plasmazentrifugen abgezogen, und zwar der abgereicherte Anteil P3 durch die Abzugsöffnung 11 und der angereicherte Anteil W3 durch die Abzugsöffnung 13 an der Ringanode, so ergibt sich ein Trennfaktor für das abge-

reicherte Gemisch P3 von etwa 1,01 und für das angereicherte Gemisch W3 ein Faktor von etwa 0,99. Ein derartiger Abzug des angereicherten und abgereicherten Anteiles entspricht einem üblichen radialen Abgriff, der auf der Überlegung aufbaut, daß die Trennung durch die Zentrifugalkräfte das Gemisch längs des Zentrifugalfeldes Z in abgereicherte und angereicherte Anteile erfolgt.

Ausgehend von Überlegungen, daß in einer Plasmasäule nicht lediglich stationäre Bedingungen herrschen, sondern daß z.B. zwischen Kathode 6 und Anode 7 ein Temperaturgradient und aufgrund der Aufweitung der Plasmasäule 10 auch ein Druckgradient und ferner aufgrund der Spannungsverhältnisse zwischen Kathode und Anode ein Geschwindigkeitsgradient vorhanden ist und daß diese Parameter sämtlich entlang der Längsachse 3 der Plasmazentrifuge veränderliche Parameter sind, wurde die überraschende Lösung gefunden, daß diese Parameter auch auf den Trenneffekt von nicht kondensierbaren Isotopengemischen einen Einfluß haben, der sich in einem Trennfaktor auswirkt, der stark von der Abzugsstelle in Längsrichtung der Zentrifuge abhängig ist. Nahezu unabhängig ist der Trennfaktor hingegen von der Stelle, an der das Isotopengemisch F zugeführt wird. Für diese Stelle spielen vielmehr Überlegungen eine Rolle, inwieweit das zugeführte Isotopengemisch leicht in die brennende Plasmasäule aufgenommen wird. Eine Zuführung etwa in der Mitte zwischen Anode und Kathode ist für die meisten Gase möglich; nur für Gase, die durch die schnelle Rotation der Plasmasäule 10 praktisch am Eindringen gehindert werden, ist eine Zufuhr direkt in Kathodennähe erforderlich.

Bei Experimenten, bei denen die Parameter der Trennung verändert wurden, wurde ferner festgestellt, daß der Trennfaktor auch abhängig ist von der Trennlänge, d.h. dem Abstand

zwischen Kathode 6 und Anode 7. Hier wurden für sehr kurze Trennlängen und für lange Trennlängen wie die erwähnten 41 cm nahezu gleich gute Resultate erzielt, während für mittlere Trennlängen von etwa 20cm ein Minimum im Trennfaktorverlauf gemessen wurde. Geringen Einfluß auf den Trennfaktor hat auch die zugeführte Menge F des Isotopengemisches; eine quasi proportionale Abhängigkeit des Trennfaktors von der Stromstärke ist ebenfalls vorhanden, da diese direkt die Rotationsgeschwindigkeit der Plasmasäule 10 beeinflusst. Abhängig ist der Trennfaktor ferner von dem Neutralgasdruck, d.h. dem Druck außerhalb der rotierenden Plasmasäule 10. Bei Messungen wurde gefunden, daß ab einem Druck von etwa 3 Torr sich die Meßwerte kaum mehr ändern, wohingegen bei einem höheren Druck die Trennfaktoren rasch abnehmen. Selbstverständlich ist auch der Trennfaktor abhängig von dem Magnetfeld, da dessen Stärke direkt in die Rotationsgeschwindigkeit des Plasmas eingeht.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei einer Plasmazentrifuge gemäß der Figur 1 etwa auch der abgereicherte Anteil nicht durch die Abzugsöffnung 11, sondern durch die Abzugsöffnung 13 und der angereicherte Anteil durch die Abzugsöffnung 12 aus der Trennkammer geleitet werden kann; auch hierbei ergibt sich noch ein höherer Trennfaktor als bei der bisher üblichen, lediglich von einer radialen und nicht von einer axialen Trennung ausgehenden Ableitung des abgereicherten Anteiles und des angereicherten Anteiles aus den Abzugsöffnungen 11 bzw. 13.

Selbstverständlich ist die beschriebene Isotopentrennung nicht auf Trennkammern beschränkt, die gemäß der Figur 1 ausgebildet sind. So ist es auch möglich, eine ringförmige Kathode um eine ebensolche Anode zu verwenden, wobei dann ein divergierendes Magnetfeld in der Trennkammer erzeugt werden müßte, um die für die Rotation der Plasmasäule notwendigen Lorentz-Kräfte zu erzeugen.

- 10 -

Selbstverständlich ist es möglich, mit einer Plasmazentrifuge gemäß der Erfindung außer Isotopengemischen auch Gemische aus Komponenten mit unterschiedlichen Massen zu trennen.

- 11 -
Leerseite

2852010

Nummer:
Int. Cl.2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

28 52 010
B 01 D 59/20
1. Dezember 1978
12. Juni 1980

- 13 -

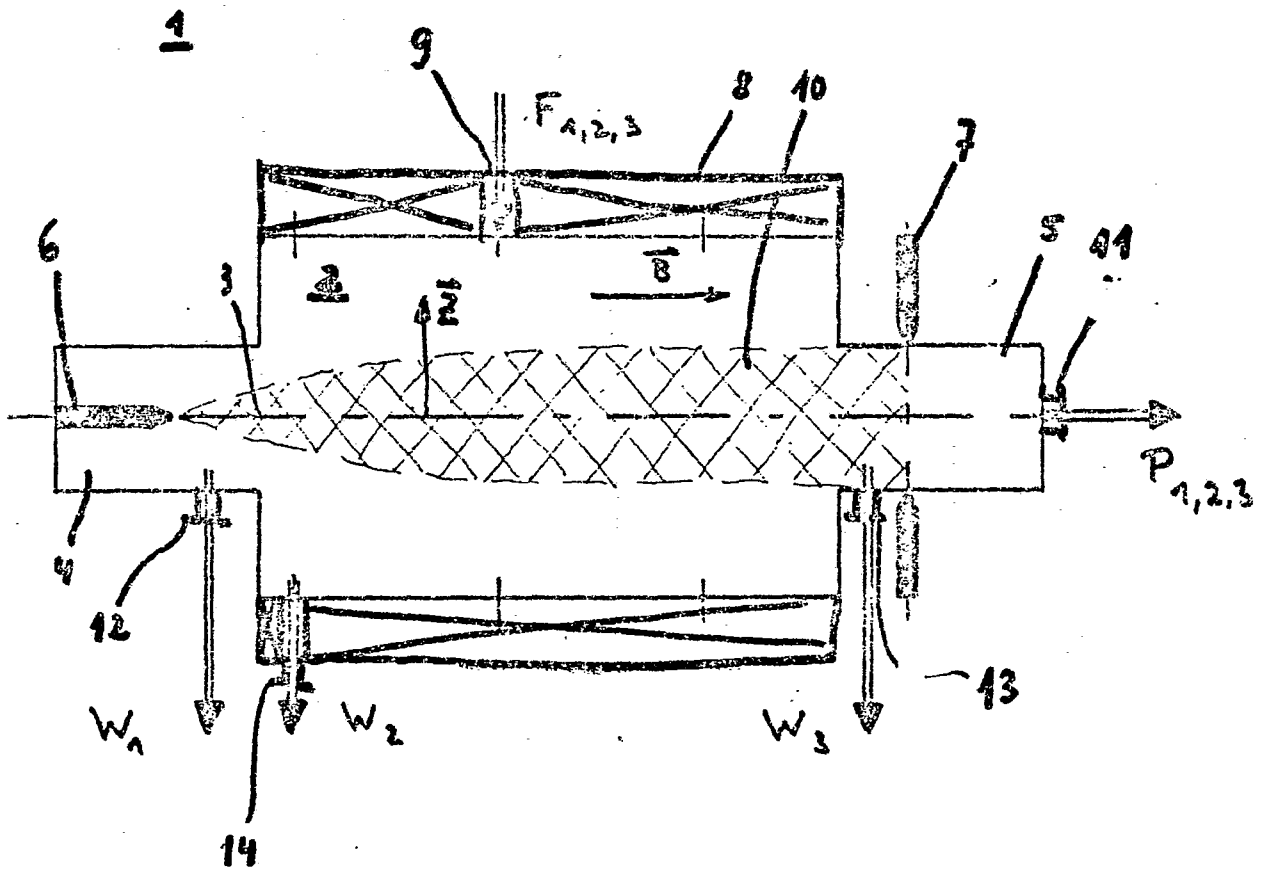


Fig. 1

ORIGINAL INSPECTED

030024/0262

-12-

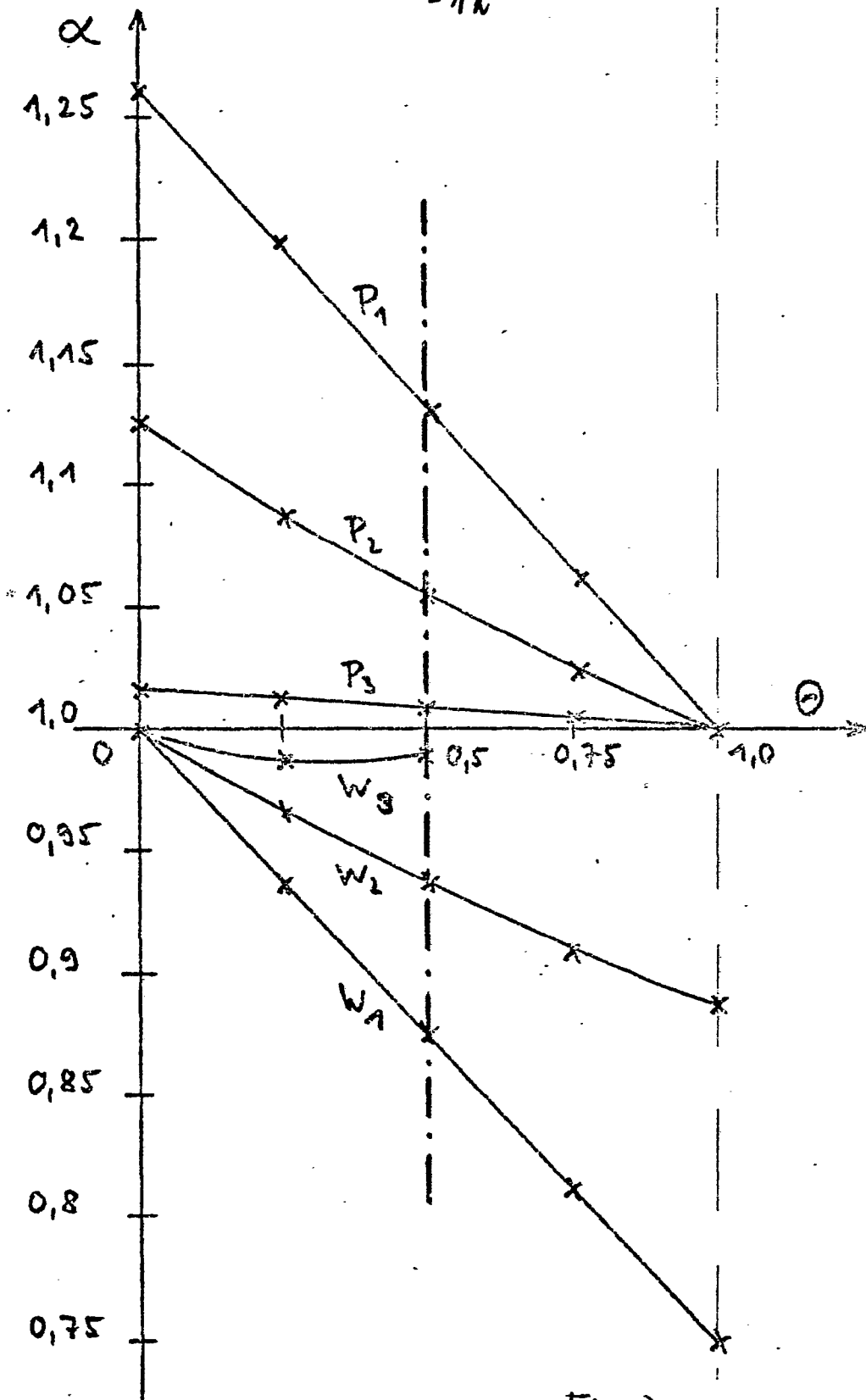


Fig. 2