

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 242 501
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 87100187.1

(51) Int. Cl.4: **F41F 1/04**

(22) Anmeldetag: 09.01.87

(30) Priorität: 19.04.86 DE 3613260

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.10.87 Patentblatt 87/44(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI NL SE(71) Anmelder: **Rheinmetall GmbH**
Ulmensestrasse 125 Postfach 6609
D-4000 Düsseldorf(DE)(72) Erfinder: **Die weiteren Erfinder haben auf ihre**
Nennung verzichtet(74) Vertreter: **Podszus, Burghart Dipl.-Phys.**
Rheinmetall GmbH Ulmensestrasse 125
Postfach 6609
D-4000 Düsseldorf(DE)(54) **Vorrichtung zur Beschleunigung von Projektilen durch ein elektrisch aufgeheiztes Plasma.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Beschleunigung von in einem einseitig verschlossenen Rohr (10) befindlichen Projektil (14) durch ein elektrisch aufgeheiztes Plasma. Zur Erzeugung des Plasmas sind zwei Elektroden (100, 11) vorgesehen, wobei die erste Elektrode (11) in dem verschlußseitigen Teil des Rohres koaxial angeordnet und die zweite Elektrode (100) als Ringelektrode ausgebildet ist. Um das Anfangsvolumen, in dem das Plasma erzeugt und aufgeheizt wird, möglichst gering zu halten, wird vorgeschlagen, daß die zweite Elektrode am verschlußseitigen Ende des Rohres (10) angeordnet ist und daß die Elektroden (11, 100) zusammen mit dem zu beschleunigenden Projektil (14) einen spaltförmigen Entladungsraum (15) bilden.

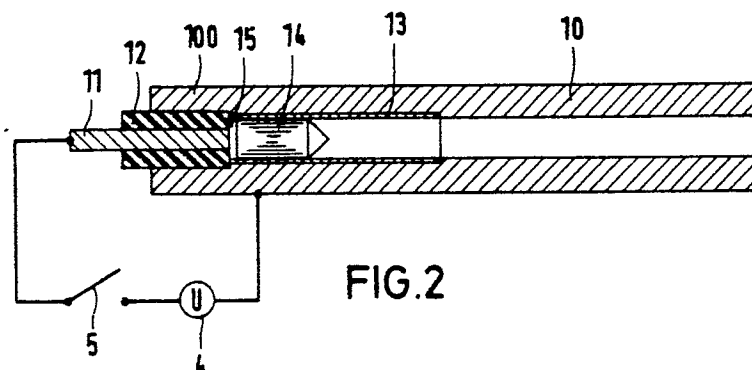


FIG.2

EP 0 242 501 A1

Vorrichtung zur Beschleunigung von Projektilen durch ein elektrisch aufgeheiztes Plasma

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Beschleunigung von in einem einseitig verschlossenem Rohr befindlichen Projektilen durch ein elektrisch aufgeheiztes Plasma mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, daß mit elektrisch aufgeheizten Plasmen Projektil in metallischen Rohren auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt werden können (vgl. Goldstein S.A. et. al. Final Report on Research and Development of a Plasma Jet Mass Accelerator as a Driver for Impact Fusion; GT-Devices, Alexandria, VA, USA, Contract DE-AC05-81-ER10846, May 1984). Bei diesen bekannten Vorrichtungen werden in engen Isolierstoffkapillaren Plasmastrahlen erzeugt, die auf den Projektilboden einwirken. Durch Kontakt der Gasentladung mit den Kapillarwänden kommt es zur Ablation von Isolierstoff und zur Aufheizung des Plasmas. Die Folge sind Plasmastrahlen, die aus den Kapillaröffnungen austreten.

Besonders nachteilig ist bei diesen bekannten Vorrichtungen, daß ein relativ großes Anfangsvolumen erforderlich ist, in dem das Plasma erzeugt und aufgeheizt wird.

Der vorliegenden Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs erwähnten Art so weiterzuentwickeln, daß das Anfangsvolumen, in dem das Plasma erzeugt und aufgeheizt wird, möglichst gering ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst.

Die Unteransprüche geben besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wieder.

Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen, welche mit Hilfe von Figuren erläutert werden, beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine bekannte Vorrichtung zur Beschleunigung von Projektilen mittels eines elektrisch aufgeheizten Plasmas;

Fig. 2 den Schnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung vor Zünden des Plasmas;

Fig. 3 den Schnitt einer erfindungsgemäßen Plasmakanone nach Zünden des Plasmas;

Fig. 4 einen vereinfachten Schaltplan zum Betrieb der erfindungsgemäßen Plasmakanone;

Fig. 5 den zeitlichen Verlauf des Stromes in der Plasmakanone.

In Fig. 1 ist noch einmal eine bekannte Beschleunigungsvorrichtung dargestellt, wie sie etwa aus dem eingangs zitierten Bericht von Goldstein et. al. näher beschrieben wird.

In Fig. 1 ist mit 1 ein einseitig verschlossenes Rohr bezeichnet, an dessen verschlußseitigem Rohrboden eine erste Elektrode 2 angeordnet ist. Eine zweite von der ersten Elektrode elektrische isoliert angeordnete Elektrode 3 (Ringelektrode) ist über eine Spannungsquelle 4 und einen Schalter mit der ersten Elektrode 2 verbunden. Durch die beiden Elektroden 2 und 3 wird in dem Rohr 1 eine mit 6 bezeichnete Plasmakammer definiert, die im Bereich der Ringelektrode 3 zunächst durch ein zu beschleunigendes Projektil 7 abgeschlossen ist.

Nach dem Schließen des Schalters 5 wird zwischen den Elektroden 2 und 3 ein Lichtbogen gezündet und daß Projektil 7 durch den Druck des Lichtbogenplasmas beschleunigt.

Wie bereits eingangs erwähnt, weist diese Vorrichtung den Nachteil auf, daß die Plasmakammer 6 ein relativ großes Volumen aufweist, in der der treibende Druck sich verhältnismäßig langsam aufbaut.

Die Fig. 2 und 3 zeigen das Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die mit einem spaltförmigen Plasmaraum auskommt.

Mit 10 ist das Rohr einer Plasmakanone bezeichnet, welches gleichzeitig an seinem verschlußseitigen Ende die Ringelektrode 100 bildet. Die koaxiale Mittelelektrode ist mit 11 und der Isolierkörper zwischen Mittelelektrode 11 und Ringelektrode 100 ist mit 12 gekennzeichnet.

Ein Teil der inneren Oberfläche des Rohres 10 ist am verschlußseitigen Ende mit einem abbrandfesten Kontaktmaterial 13, z. B. mit einem Sinterwerkstoff aus Wolfram und Kupfer, ausgekleidet. Das Projektil 14, die Innenwand der Ringelektrode 100 und die koaxiale Mittelelektrode bilden einen spaltförmigen Entladungsraum 15. Zur Beschleunigung des Projektils 14 wird dieses unmittelbar vor bzw. so, daß ein spaltförmiger Entladungsraum 15 gebildet wird, angeordnet. Der Beschleunigungsvorgang wird durch Schließen des Schalters 5 (Fig. 3) durch eine Entladung eingeleitet, die sich in dem engen Spalt 15 zwischen Projektil 14 und Isolierstück 12 bzw. koaxialen Mittelelektrode 11 ausbildet. Während des raschen Anstieges des Stromes i wird überwiegend in den Fußpunktsgebieten des heißen Lichtbogens Material verdampft und aufgeheizt. Zusätzlich wird durch den engen Kontakt des Lichtbogens mit den Wänden des Spalts weiteres Material verdampft. Der dabei entstehende Druck treibt das Projektil 14 in Richtung des Rohrendes. Während der Beschleunigung bildet sich in dem größer werdenden Plasmaraum hinter dem Projektil 14 ein Plasma 16 aus.

Fig. 4 zeigt einen vereinfachten Schaltplan zum Betrieb der erfindungsgemäßen Plasmakanone. Mit 9 wurde dabei die schematisch dargestellte Plasmakanone und mit 20 der vereinfachte Schaltplan bezeichnet. Mit 10 ist das Rohr und die Ringelektrode, und mit 11 die erste Elektrode bezeichnet.

In dem Schaltplan 20 wird mit 21 ein Antrieb, z. B. ein mit einem Flüssigtreibstoff gespeister Motor, und mit 22 ein Gleichstromgenerator bezeichnet. Die von dem Gleichstromgenerator erzeugte Spannung wird über den Schalter 23 einer Kapazität 24 zugeführt, die als kapazitiver Energiespeicher wirkt. Die Kapazität 24 ist einerseits über einen Schalter 25 mit der ersten Elektrode 11 und andererseits über eine strombegrenzte Induktivität 27 mit der zweiten Elektrode 10 verbunden.

Außerdem kann die Kapazität 24 über einen Schalter 26 kurzgeschlossen werden.

Zu Beginn des Beschleunigungsvorganges ist der kapazitive Energiespeicher 24 auf die Spannung U_0 aufgeladen. Nach Einlegen des Schalters 25 zum Zeitpunkt $t = t_0$ (vgl. auch Fig. 5), entlädt sich der Energiespeicher über die Induktivität 27 und über das Plasma im Beschleuniger. Wenn zum Zeitpunkt $t = t_1$ der Strom i seinen maximalen Wert $i_{\max}$ erreicht hat, wird der Kurzschlußschalter 26 geschlossen. Der abnehmende Stromfluß über das Beschleunigerplasma wird danach durch die Induktivität der Spule 27 aufrechterhalten.

Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung wurde bei einer Ladespannung von 9 kV ein Aluminiumkörper der Masse von $m = 15\text{ g}$ beschleunigt. Der Strom erreichte nach $t_1 = 88\text{ }\mu\text{s}$ sein Maximum von $i_{\max} = 282\text{ kA}$ und fiel danach nahezu linear ab. Die Fluggeschwindigkeit des Projektils betrug dabei 1020 m/s.

Bei allen durchgeführten Versuchen hat sich ergeben, daß die Funktionsweise der Plasmakanone nicht wesentlich von dem Spalt 15 zwischen Projektil 14 und der coaxialen Elektrode 10 (vgl. Fig. 2 und Fig. 3) abhängt. So war es beispielsweise auch möglich, das Projektil 15 direkt vor der coaxialen Innenelektrode 11 anzuordnen (Abstand zwischen Innenelektrode und Projektil = 0).

Vorzugsweise kann der spaltförmige Zwischenraum 15 aber auch mit einem leicht gasenden Material (z. B. Polyäthylen) gefüllt werden. Als leichtgasendes Material werden dabei solche Stoffe bezeichnet, die unter der Wirkung der Lichtbogenentladung in Moleküle (Gase) mit niedrigem Molekulargewicht (Molekulargewicht < 30) zerfallen. Durch die zusätzliche Materialverdampfung dieses Stoffes wird der Energieumsatz im Plasma gesteuert und es erhöht sich der Plasmadruck, so daß das Projektil mit höherer Geschwindigkeit das Rohr 10 verläßt.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Beschleunigung von in einem einseitig verschlossenen Rohr befindlichen Projektil durch ein elektrisch aufgeheiztes Plasma, bei der zur Erzeugung des Plasmas zwei Elektroden vorgesehen sind, wobei die erste Elektrode in dem verschlußseitigen Teil des Rohres coaxial angeordnet und die zweite Elektrode als Ringelektrode ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweite Elektrode am verschlußseitigen Ende des Rohres (10) angeordnet ist und daß die Elektroden (11, 10) zusammen mit dem zu beschleunigenden Projektil (14) einen spaltförmigen Entladungsraum (15) bilden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich in dem spaltförmigen Entladungsraum (15) leichtgasende Stoffe befinden.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweite Elektrode durch das Rohr (10) selbst gebildet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr (10) am verschlußseitigen Ende mit abbrandfestem Kontaktmaterial (13) ausgekleidet ist.

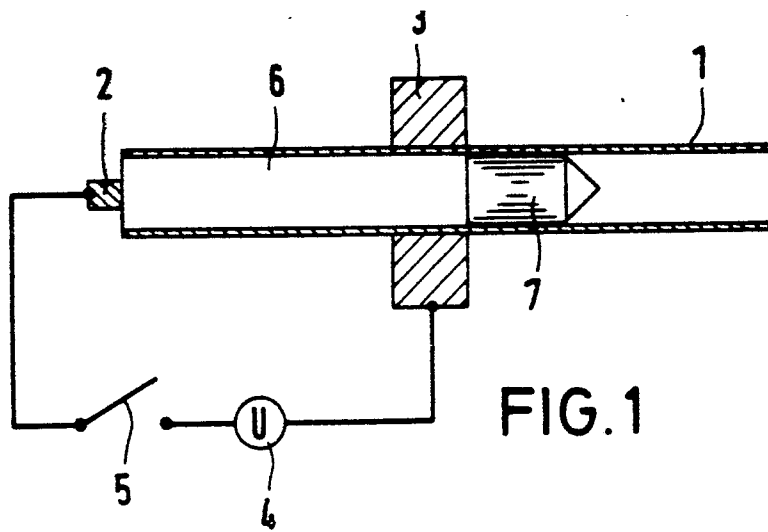


FIG. 1

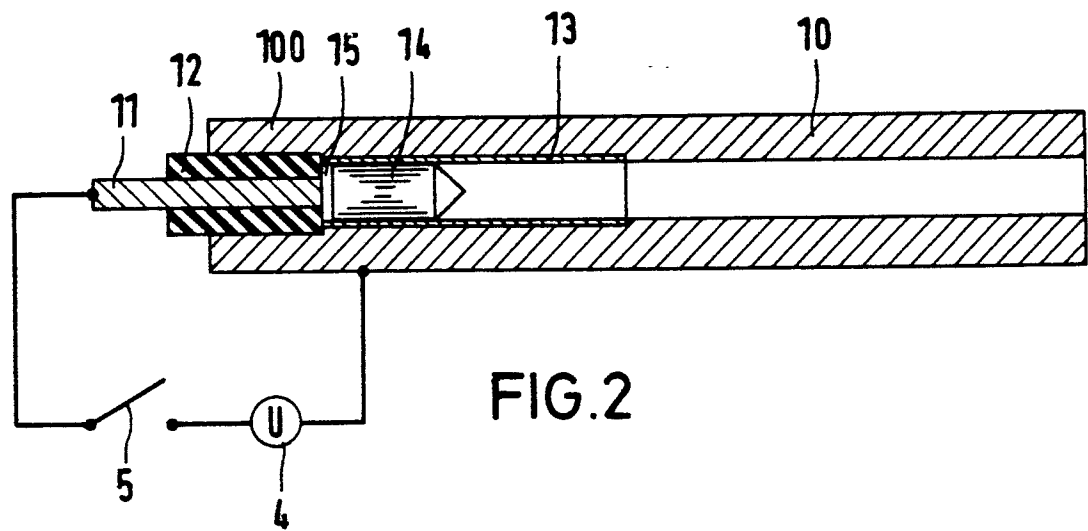


FIG. 2

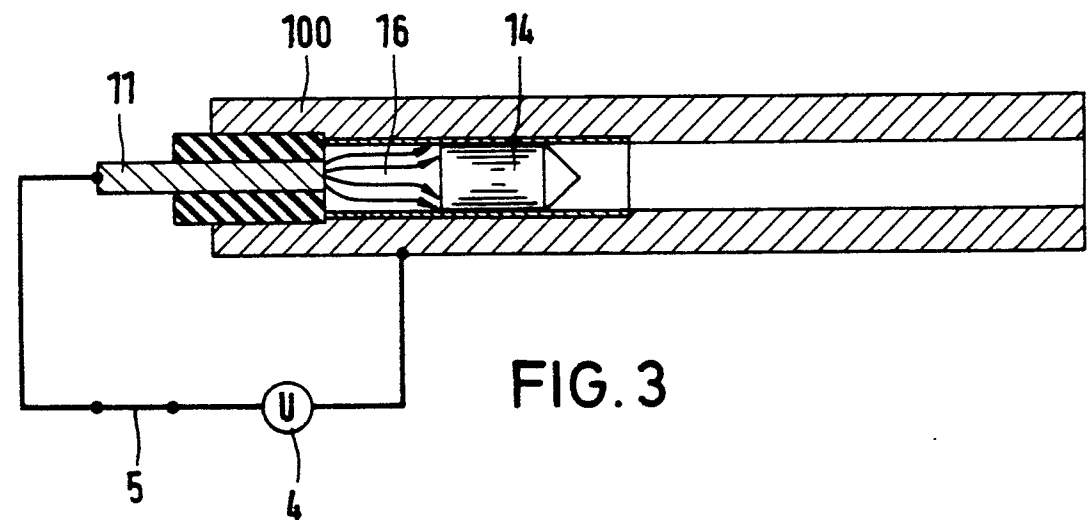
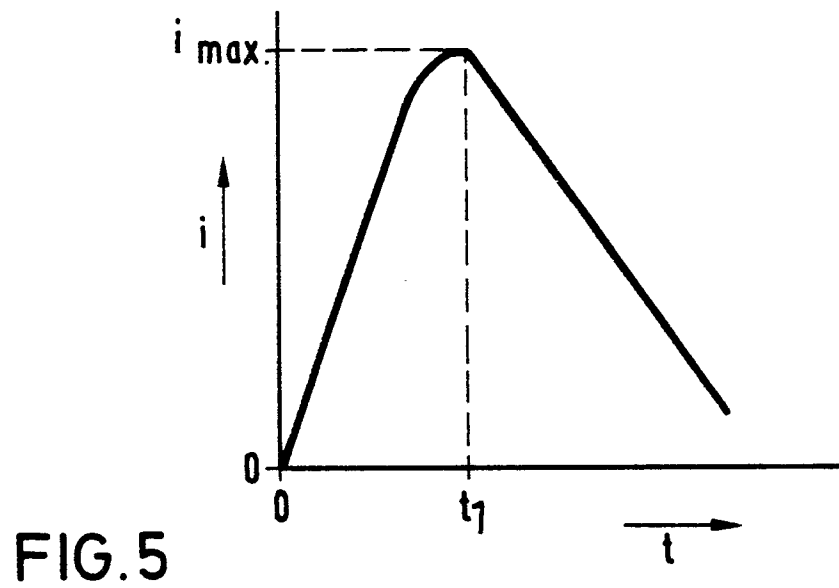
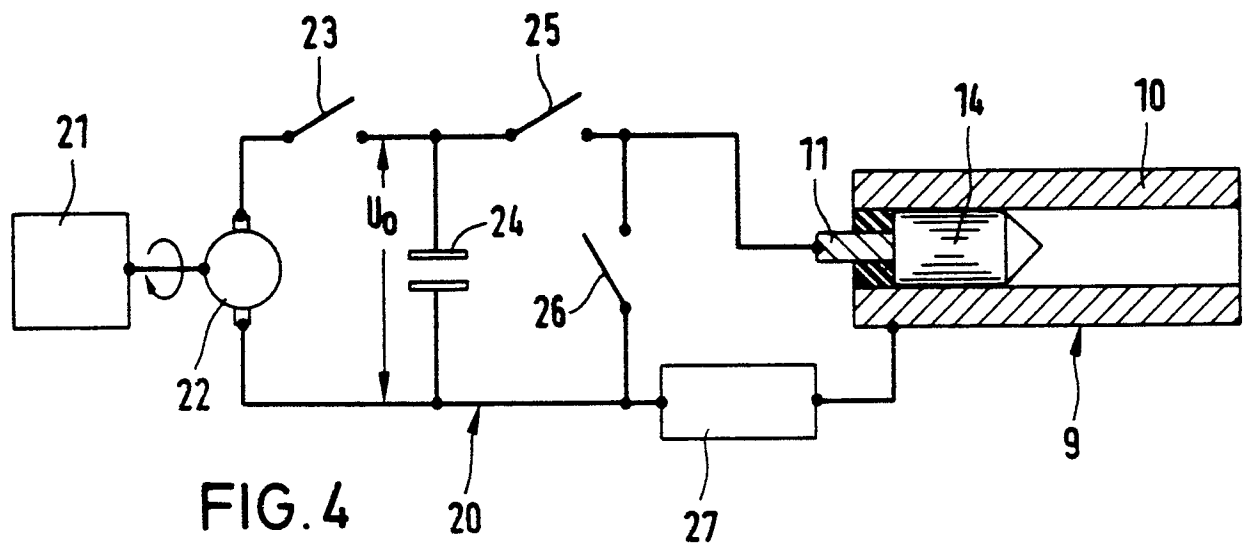


FIG. 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 87100187.1														
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)														
A	US - A - 3 916 761 (J.C.FLETCHER et al.) * Gesamt * -----	1,3	F 41 F 1/04														
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)														
			F 41 F 1/00 F 41 F 13/00														
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 17-03-1987	Prüfer JASICEK														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : mündliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : mündliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : mündliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																	