

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(51) Int. Cl.⁷: **F01C 1/08**, F01C 1/16

(22) Anmeldetag: **23.10.1998**

(74) Vertreter:
BOVARD AG - Patentanwälte
Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

(54) **Zwilling-Förderschraubenrotoren**

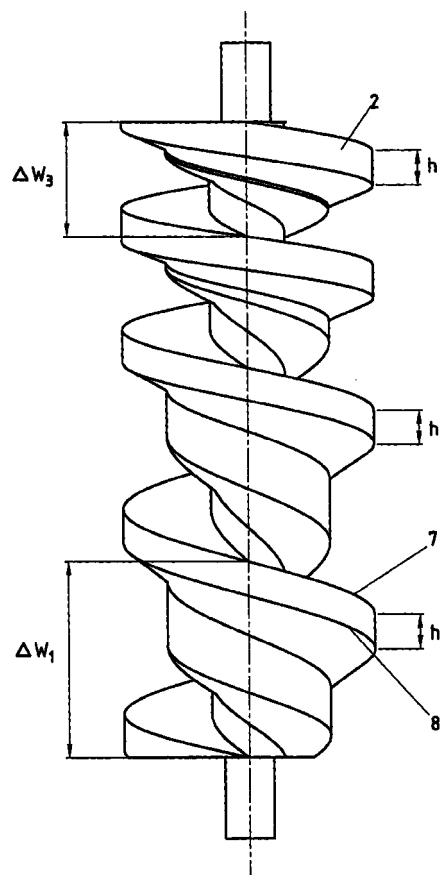


FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Zwillingschraubenro-
toren zum Einbau in Verdrängermaschinen für kom-
pressible Medien, insbesondere Pumpen, welche
Rotoren eingängig mit variierender Steigung ausgeführt
und dazu bestimmt sind, in achsparallelem, gegenläufi-
gem Ausseneingriff mit Umschlingungswinkeln von min-
destens 720° zu stehen und in einem Gehäuse eine
axiale Kammersequenz ohne Blaslochverbindungen zu
bilden, wobei das Stirnprofil aus einem Kernkreisbogen,
einer zyklidenförmigen Hohlflanke, einem Aussenkrei-
sbogen und einer weiteren Flanke besteht.

[0002] Die Patentschrift DE 87685 zeigt eine als
Schraubenräderekapselwerk bezeichnete Maschine, bei
der die Schraubenrotoren mit veränderlicher Steigung
ausgebildet sind. Die Maschine ist sowohl als Motor als
auch als Pumpe verwendbar. Um - beim Betrieb als
Motor - die Zunahme des Volumens der Arbeitskammern
in Richtung des sich entspannenden Mediums zusätz-
lich zu steigern, sind die Rotoren wahlweise
konisch ausgebildet.

[0003] In der Patentschrift DE 609405 ist eine Luft-
kältemaschine mit Verdichter und Entspanner beschrie-
ben, die beide Schraubenpaare mit veränderlicher
Steigung und Gangtiefe aufweisen. Die Hüllflächen der
Rotoren sind konisch ausgebildet.

[0004] Beide der vorher genannten Maschinen
haben den Nachteil, dass sie konische Zylinder erfor-
dern, wodurch die Rotoren nur auf einer Seite ein- und
ausgebaut werden können. Dies erhöht den Aufwand
bei der Montage- und Demontage der Maschinen, was
insbesondere bei Unterhalts- und Reinigungsarbeiten
sehr nachteilig ist.

[0005] Die Patentanmeldung EP 0697523 betrifft
eine Schrauben-Verdrängermaschine, bei der die mit-
einander im Eingriff stehenden Rotoren ungleiche, als
"männlich" und "weiblich" bezeichnete Schraubenpro-
file, sogenannte S.R.M.-Profile mit kontinuierlicher
Änderung der Steigung haben. Das Stirnprofil ist dabei
derart variiert, dass der Zahnkopfwinkel beziehungs-
weise die Länge des Aussenkreisbogens eine monoton
wachsende Funktion in Abhängigkeit vom Umschlin-
gungswinkel ist. Solche Profile haben den Nachteil,
dass eine gute Abschottung der axialen Sequenz von
Arbeitszellen wegen des verbleibenden Blasloches
nicht möglich ist. Die durch das Blasloch verursachten
Vakuumverluste haben Wirkungsgradverluste zur
Folge, so dass mit einer solchen Maschine zumindest
bei kleinen und mittleren Drehzahlen keine gute innere
Verdichtung möglich ist.

[0006] Die Offenlegungsschrift DE 19530662 offen-
bart eine Schraubensaugpumpe mit aussen kämmen-
den Schraubenelementen, bei der die Steigung der
Schraubenelemente kontinuierlich von ihrem Einlas-
sende zu ihrem Auslassende abnimmt, um die Kom-
pression des abzugebenden Gases zu veranlassen.
Die Form der Zähne des Schraubenrotors weist eine

epitrochoidale und/oder archimedische Kurve auf.
Diese Maschine hat den Nachteil, dass die erreichbare
innere Verdichtungsrate bei den gezeigten geo-
metrischen Verhältnissen mässig ist. Zudem fixiert die
fehlende Stirnprofil-Variation das ohnehin nicht gute
Verdichtungsverhältnis und führt wegen der Verringe-
rung der Tiefe des Spaltes zwischen Schraubenaus-
senddurchmesser und Gehäuse zum Schraubenende
hin zu einer erhöhten Leckrate.

[0007] Die Offenlegungsschrift DE 4445958
beschreibt einen Schraubenverdichter mit gegenläufig
rotierenden, aussenkämmenden Schraubenelementen.
Die Gewindewendeln der Schraubenelemente werden
vom einen axialen Ende zum davon entfernten zweiten
axialen Ende hin kontinuierlich kleiner. Als Profil wird
ein Rechteck- oder Trapezprofil vorgeschlagen. Ein
Nachteil solcher Profilgeometrien besteht darin, dass
sie nur genügend verlustfrei arbeiten, wenn die Gang-
tiefe in Relation zum Durchmesser gering ist, wie dies in
der genannten Publikation ausgeführt ist. Eine solche
Maschine weist somit ein grosses Bauvolumen und ein
grosses Gewicht auf. Es ist ein weiterer Nachteil solcher
Profilgeometrien, dass extrem hohe Steigungsänderun-
gen erforderlich sind, wenn eine befriedigende innere
Verdichtungsrate erreicht werden soll. Wie bei der
erwähnten DE 19530662 fixiert auch hier die fehlende
Stirnprofilvariation dieses Manko und dieses führt zu
einer erhöhten Leckrate wegen Verringerung der Tiefe
des Spaltes zwischen Schraubenaussenddurchmesser
und Gehäuse zum Schraubenende hin.

[0008] Weitere Publikationen, wie beispielsweise
SE 85331, DE 2434782 und DE 2434784 betreffen
innenachsige Schraubenmaschinen mit nicht konstan-
ter Steigung der Schrauben oder variierenden Stirnpro-
filen. Diese Maschinen weisen alle den Nachteil auf,
dass der Bauaufwand hoch ist und dass in jedem Fall
auch saugseitig dynamische Dichtungen benötigt wer-
den.

[0009] Ferner gibt es einige Publikationen, bei-
spielsweise DE 2934065, DE2944714, DE 3332707
und AU 261792, welche zweiwellige Verdichter mit
schraubenähnlichen Rotoren beschreiben. Dort sind
die Rotoren und in einigen Fällen auch das Gehäuse
aus axial hintereinander angeordneten Profilscheiben
unterschiedlicher Dicke und/oder Kontur zusammenge-
setzt und bewirken solchermassen innere Verdichtung.
Alle Maschinen mit schraubenähnlichen Rotoren haben
den Nachteil, dass ihr Wirkungsgrad gegenüber demje-
nigen von Maschinen mit schraubenförmigen Rotoren
vermindert ist, weil durch den gestuften Aufbau Scha-
dräume und Wirbelzonen entstehen. Ferner sind bei
schraubenähnlichen Rotoren Probleme bezüglich
Formkonstanz zu erwarten, da sie sich im Betrieb
erwärmen.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik
liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Zwillings-
schraubenrotoren vorzuschlagen, welche die oben
erwähnten Nachteile nicht aufweisen.

[0011] Diese Aufgaben werden gemäss der Erfindung dadurch gelöst, dass die Steigung nicht monoton verläuft und als abhängige Variable vom Umschlingungswinkel definiert ist, dass die Steigung in einem ersten Teilbereich vom saugseitigen Schraubenende her zunimmt und nach ca. einer Umschlingung einen Maximalwert erreicht, dass die Steigung in einem an den ersten Teilbereich anschliessenden zweiten Teilbereich abnimmt und ca. eine Umschlingung vor dem druckseitigen Schraubenende einen Minimalwert erreicht und dass die Steigung in einem an den zweiten Teilbereich anschliessenden dritten Teilbereich im wesentlichen konstant ist.

[0012] Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen umschrieben.

[0013] Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf in den Zeichnungen dargestellte Ausführungsarten näher beschrieben. Es zeigt

Figur 1 ein Paar miteinander in Eingriff stehende Schraubenrotoren,
 Figur 2 den rechtsgängigen Rotor,
 Figur 3 den linksgängigen Rotor,
 Figur 4 einen Stirnschnitt eines Schraubenrotors mit variierendem Profil,
 Figur 5 die Abwicklung der Referenzspirale eines erfindungsgemässen Rotors,
 Figur 6 den Steigungsverlauf der Abwicklung gemäss Figur 4,
 Figur 7 den Verlauf des Arbeitskammerquerschnitts bei einer Maschine ohne und mit Profilvariation,
 Figur 8a bis 8c Gehäuse-, Rotor-, und Arbeitskammerquerschnitt eines mit erfindungsgemässen Rotoren
 Figur 9a bis 9p Stirnschnitte durch ein Rotorenpaar, welche die Entwicklung des Arbeitskammerquerschnitts gemäss Figur 7 veranschaulichen.

[0014] Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Paares miteinander in achsparallelem Ausseneingriff stehender Schraubenrotoren 1 und 2. Die Figuren 2 und 3 zeigen jeden der Rotoren 1 und 2 gemäss Figur 1 separat. Es ist in diesen Figuren deutlich zu erkennen, dass der Aussenmantel und der Kern zylindrisch sind und somit die Gangtiefe über die Schraubenlänge konstant ist. In Figur 3 zeigen die Masse Δw_1 und Δw_3 , dass die Steigung der Schraube entlang der Achse variiert, dass dabei aber die Höhe h der schraubenförmigen äusseren zylindrischen Rotorfläche konstant bleibt, wodurch Leckageverluste zwischen Rotor und Gehäuseinnenwand gegen die Druckseite hin, wie sie bei einigen der eingangs erwähnten Maschinen nach dem Stand der Technik in unerwünschter Weise auftreten, vermieden werden. Mit der Bezugszahl 7 ist in dieser Figur die Referenzspirale bezeichnet, auf die später noch näher

eingegangen wird und 8 ist die zweite Begrenzungsspirale der äusseren, zylindrischen Rotorfläche.

[0015] In Figur 4 ist ein Rotor in einem Schnitt rechtwinklig zur Rotorachse dargestellt. Das so entstehende Stirnprofil weist einen Kernkreisbogen 3 mit einem über die ganze Schraubenlänge konstanten Radius R_b auf, der - im Uhrzeigersinn - nach einem Sektorwinkel γ in eine zyklidenförmige Hohlflanke 4 übergeht. Die Geometrie der Hohlflanke 4 ist über die ganze Schraubenlänge unverändert. An die Hohlflanke 4 schliesst im Punkt B mit einem spitzen Winkel ein Aussenkreisbogen 5 mit einem über die ganze Schraubenlänge konstanten Radius R_a an, welcher nach einem Sektorwinkel γ im Punkt C in eine weitere Flanke 6 übergeht. Diese mündet schliesslich mit tangentialem Übergang in den Kernkreisbogen 3. Die Variation der Stirnprofilkontur entlang der Schraubenachse basiert auf einer Änderung der Sektorwinkel γ sowie auf einer Änderung der Geometrie der weiteren Flanke 6. Die Variation der Sektorwinkel γ entlang der Schraubenachse ist vorzugsweise durch einen räumlich mindestens annähernd äquidistanten Verlauf einer durch die äussersten Punkte der Hohlflanke B_α gebildeten Referenzspirale (7 in Figur 3) und der zweiten Begrenzungsspirale (Punkte C) (8 in Figur 3) der äusseren, zylindrischen Rotorfläche bestimmt.

[0016] Figur 5 zeigt in einem Diagramm die Abwicklung w der im Zusammenhang mit Figur 4 erwähnten Referenzspirale in Abhängigkeit vom Umschlingungswinkel α . Zum Vergleich sind noch eine Gerade g und entsprechende Abschnitte P_0 , $2P_0$ etc. der Abwicklung einer Spirale mit konstanter Steigung eingezeichnet. Der Verlauf der Steigung ist deutlicher erkennbar, wenn man die in Figur 6 dargestellte erste Ableitung

$$w' \left(= \frac{\delta w}{\delta \alpha} \right)$$

der Abwicklung w betrachtet. Dieser Wert w' ist die dynamische Steigung der oben erwähnten Referenzspirale. Man sieht in dieser Figur, dass die Steigung bei $\alpha=0$ mit dem Wert

$$\frac{L_0}{2\pi}$$

beginnt, wobei L_0 eine der mittleren Steigungshöhe entsprechende Konstante ist. In einem ersten Teilbereich T_1 nimmt w' zu und erreicht bei $\alpha=2\pi$ den Maximalwert

$$\frac{(1+A) \cdot L_0}{2\pi},$$

wobei A der Amplitudenmoderator ist. Im zweiten Teilbereich T_2 , der sich von 2π bis 6π erstreckt, nimmt die Steigung ab und erreicht bei $\alpha=6\pi$ den Minimalwert

$$\frac{(1-A) \cdot L_0}{2\pi}, \quad 5$$

den sie im dritten Teilbereich T_3 bis zum Ende der Schraube beibehält.

[0017] Figur 7 zeigt den Kammerquerschnitt F in Funktion des Umschlingungswinkels α , wobei die mit einer durchgezogenen Linie dargestellte Kurve F_0 den Kammerquerschnitt ohne Profilvariation und die gestrichelt gezeichnete Kurve F_m den Kammerquerschnitt mit Profilvariation zeigt.

[0018] In Figur 8a ist der Querschnitt eines zur Aufnahme erfindungsgemässer Zwillingschraubenrotoren bestimmten Gehäuses dargestellt, Figur 8b zeigt einen der Darstellung von Figur 4 entsprechenden Schnitt durch die Rotoren und in Figur 8c ist der Kammerquerschnitt F_0 schraffiert dargestellt.

[0019] In den Figuren 9a bis 9p ist in Stirnschnitten die Entwicklung des Arbeitskammerquerschnitts in Abhängigkeit vom Umschlingungswinkel dargestellt. Letzterer ist in den Figuren in Winkelgraden angegeben.

Patentansprüche

1. Zwillingschraubenrotoren zum Einbau in Verdängermaschinen für kompressible Medien, welche Rotoren eingängig mit variierender Steigung ausgeführt und dazu bestimmt sind, in achsparallelem, gegenläufigem Ausseneingriff mit Umschlingungswinkeln von mindestens 720° zu stehen und in einem Gehäuse eine axiale Kammersequenz ohne Blaslochverbindungen zu bilden, wobei das Stirnprofil aus einem Kernkreisbogen (3), einer zyklidenförmigen Hohlflanke (4), einem Aussenkreisbogen (5) und einer weiteren Flanke (6) besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung nicht monoton verläuft und als abhängige Variable vom Umschlingungswinkel definiert ist, dass die Steigung in einem ersten Teilbereich (T_1) vom saugseitigen Schraubenende her zunimmt und nach ca. einer Umschlingung einen Maximalwert erreicht, dass die Steigung in einem an den ersten Teilbereich anschliessenden zweiten Teilbereich (T_2) abnimmt und ca. eine Umschlingung vor dem druckseitigen Schraubenende einen Minimalwert erreicht und dass die Steigung in einem an den zweiten Teilbereich anschliessenden dritten Teilbereich (T_3) im wesentlichen konstant ist.
2. Zwillingschraubenrotoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnprofilkonturen entlang der Schraubenachse variieren, indem

sich die Sektorwinkel (γ) von Kernkreisbogen (3) und Aussenkreisbogen (5) verändern und indem sich die Geometrie der weiteren Flanke (6) verändert, wobei der Kernkreisradius (R_b), der Aussenkreisradius (R_a) und die Geometrie der Hohlflanke konstant sind und wobei die äussersten Punkte der Hohlflanke die Referenz-Spirale (7) zur Definition des Steigungsverlaufs bilden.

3. Zwillingschraubenrotoren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Sektorwinkel (γ) von Kernkreisbogen (3) und Aussenkreisbogen (5) entlang der Schraubenachse bestimmt ist durch einen räumlich mindestens annähernd äquidistanten Verlauf der Referenzspirale (7) und der zweiten Begrenzungsspirale (8) der äusseren, zylindrischen Rotorfläche.

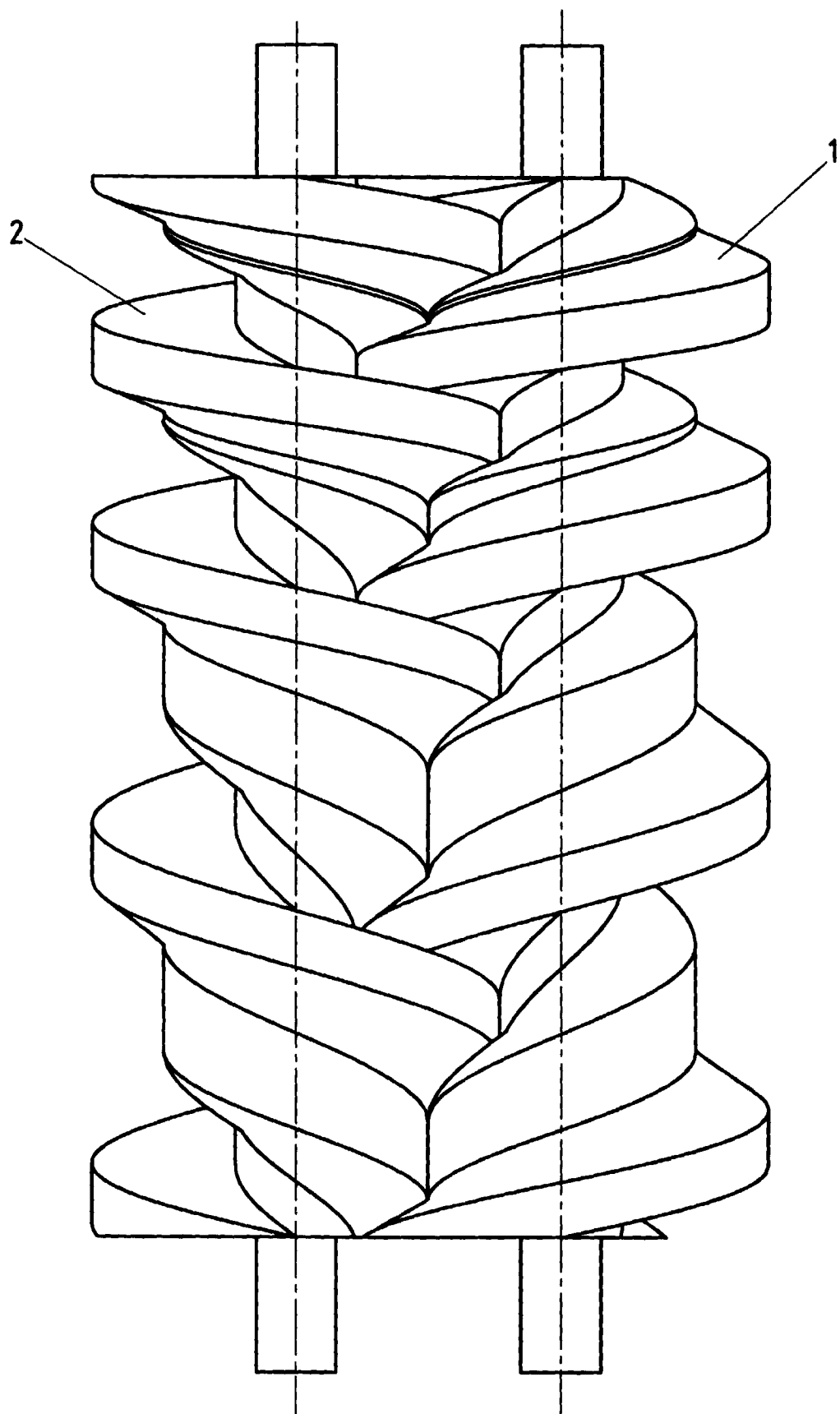


FIG. 1

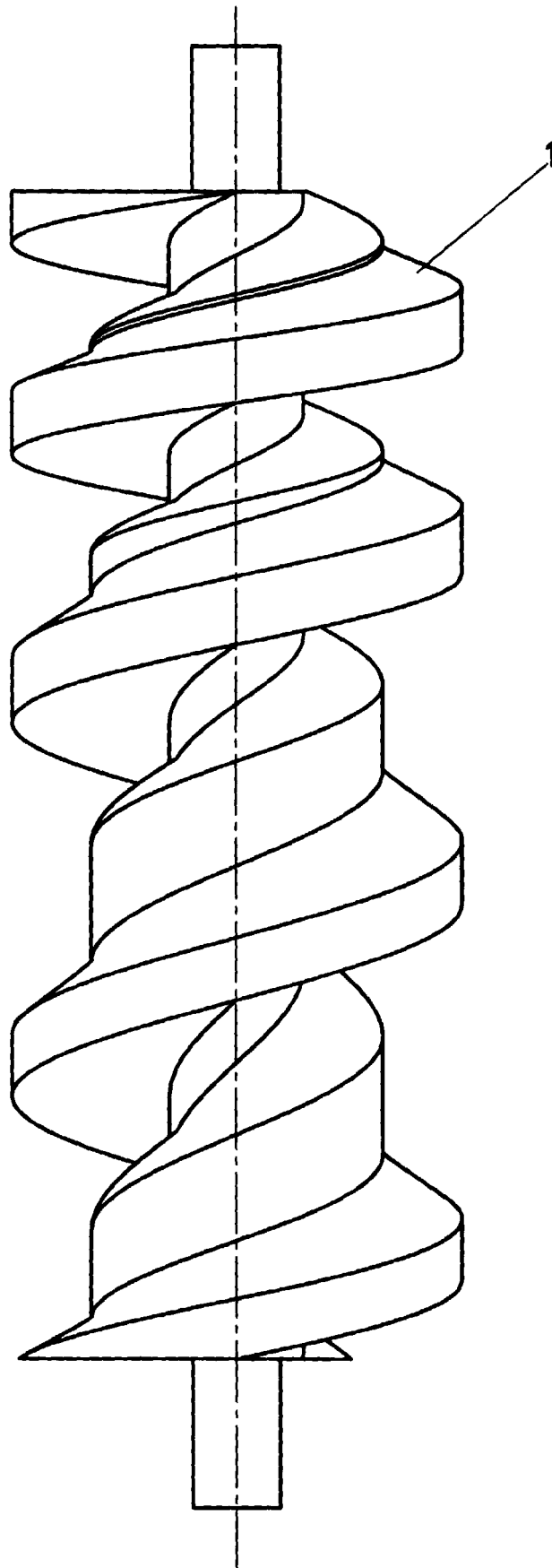


FIG. 2

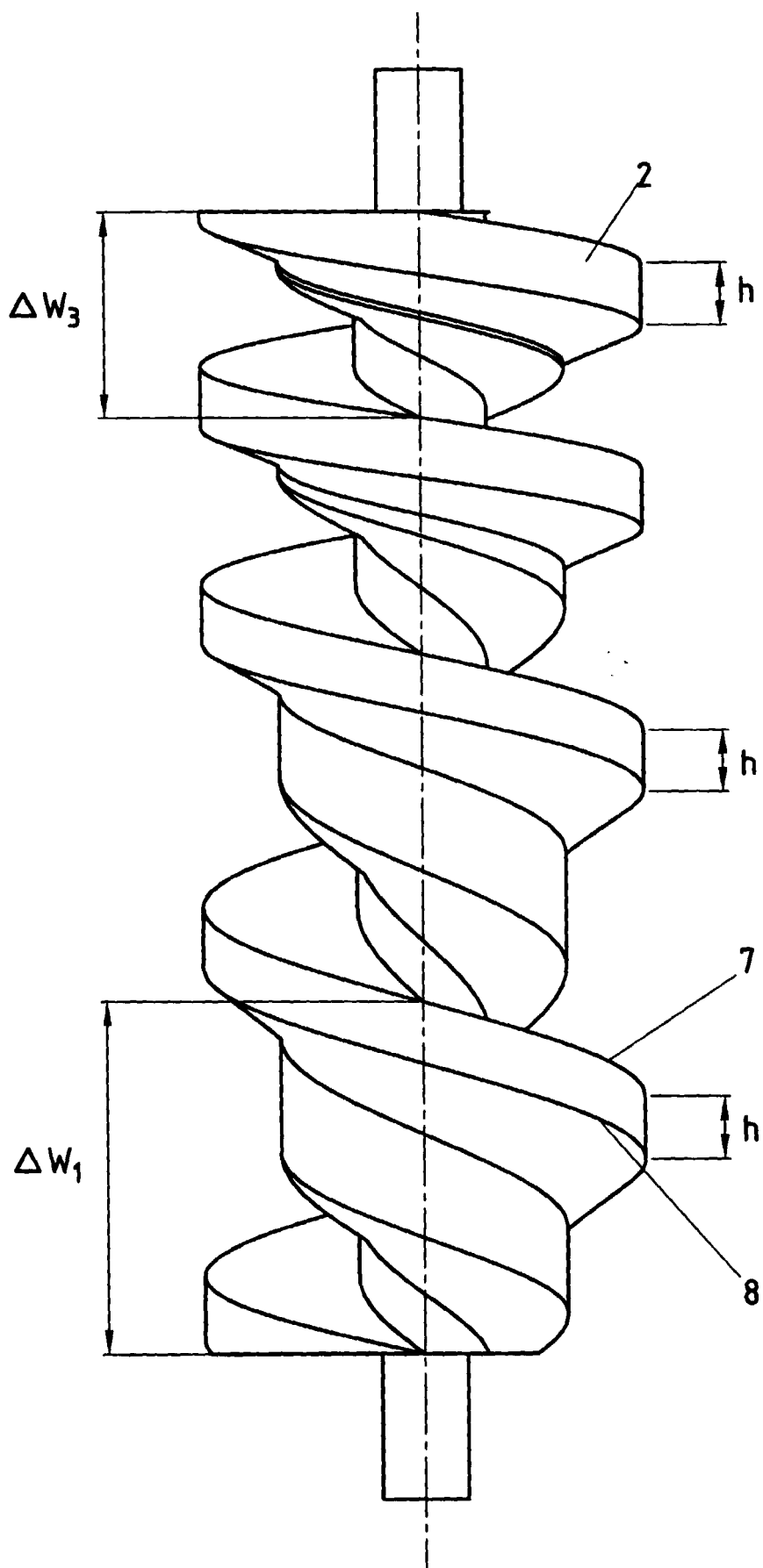


FIG. 3

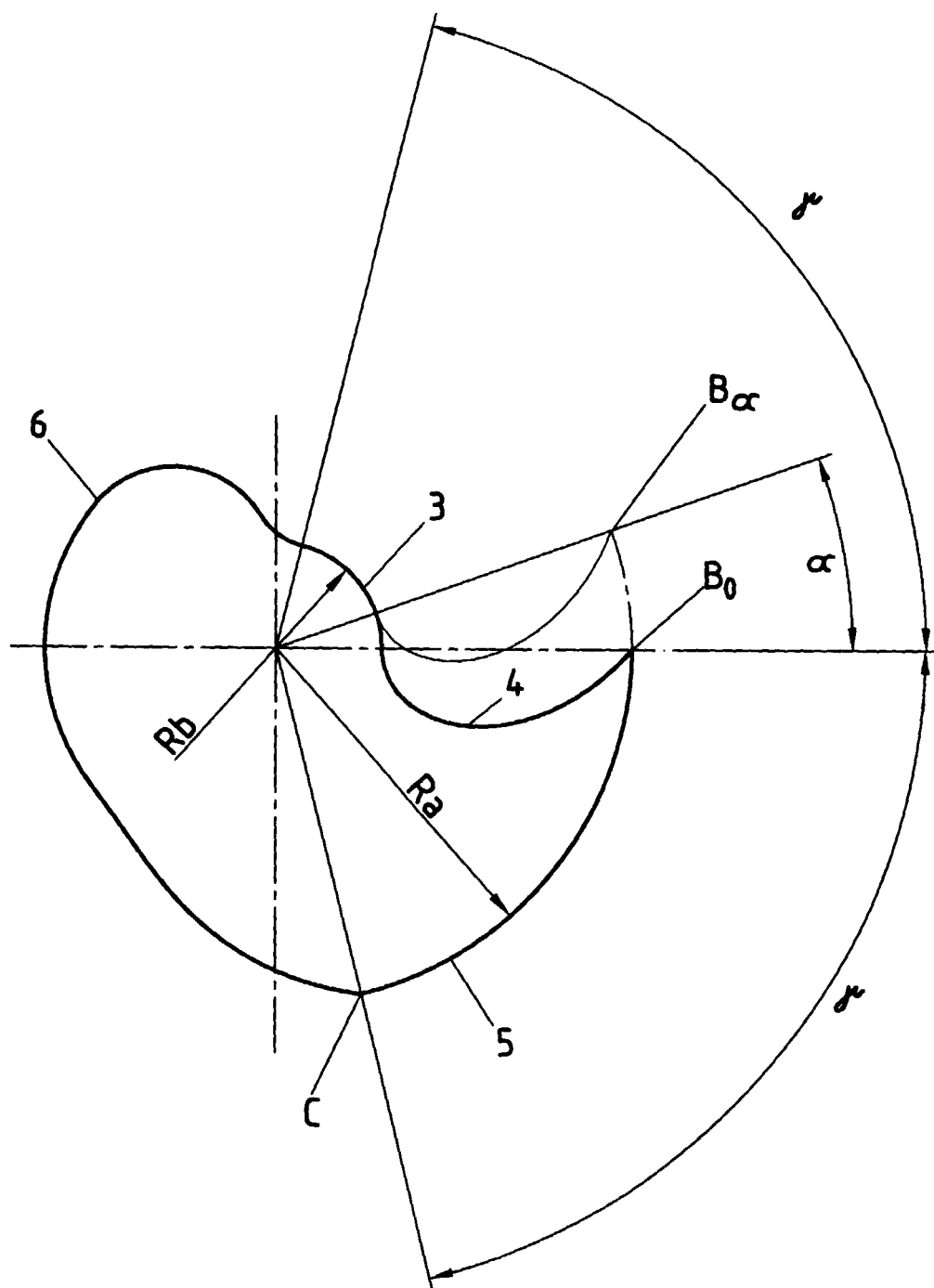
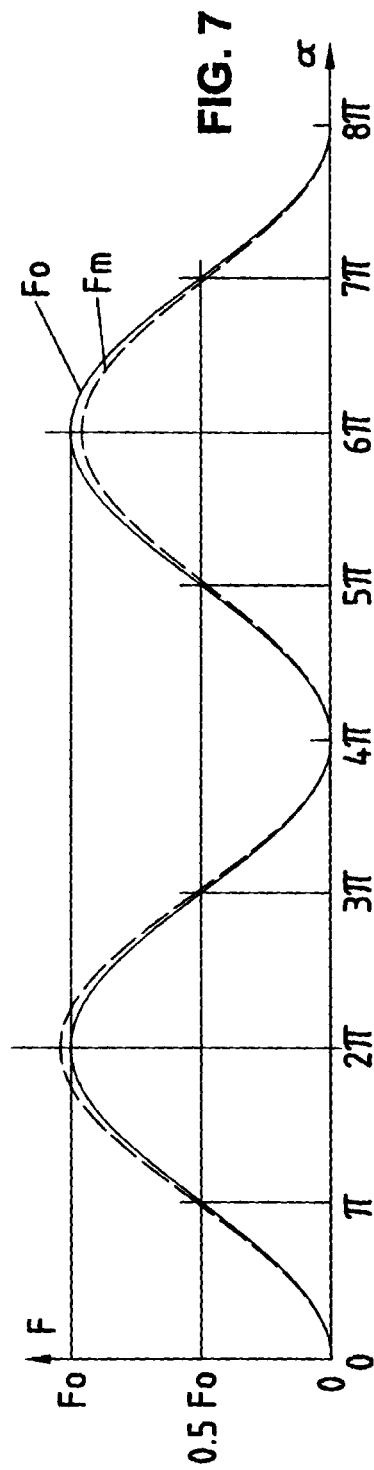
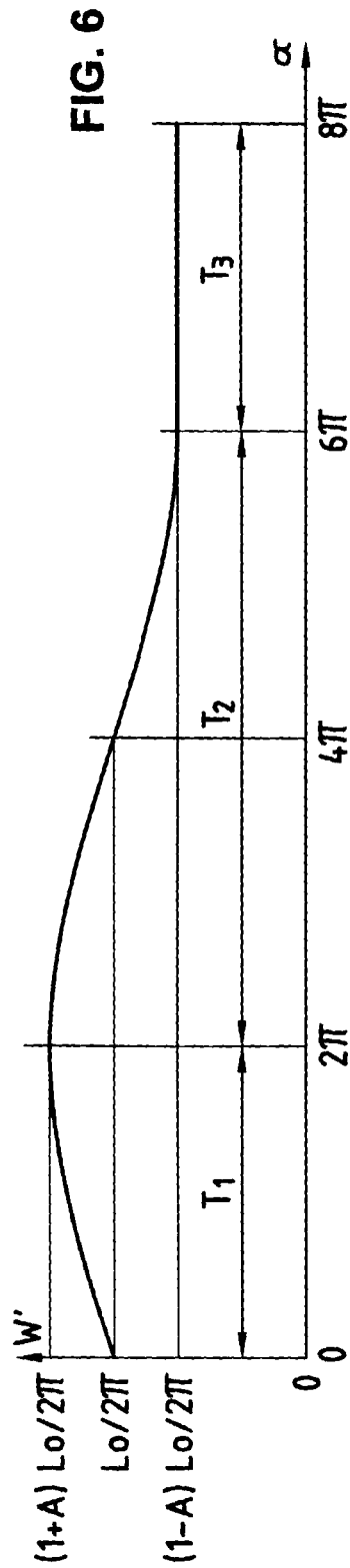
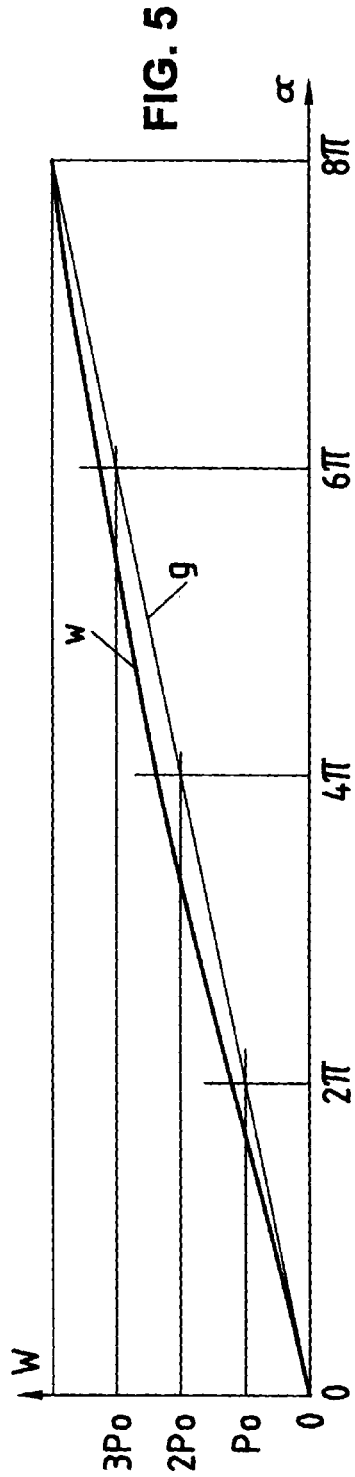
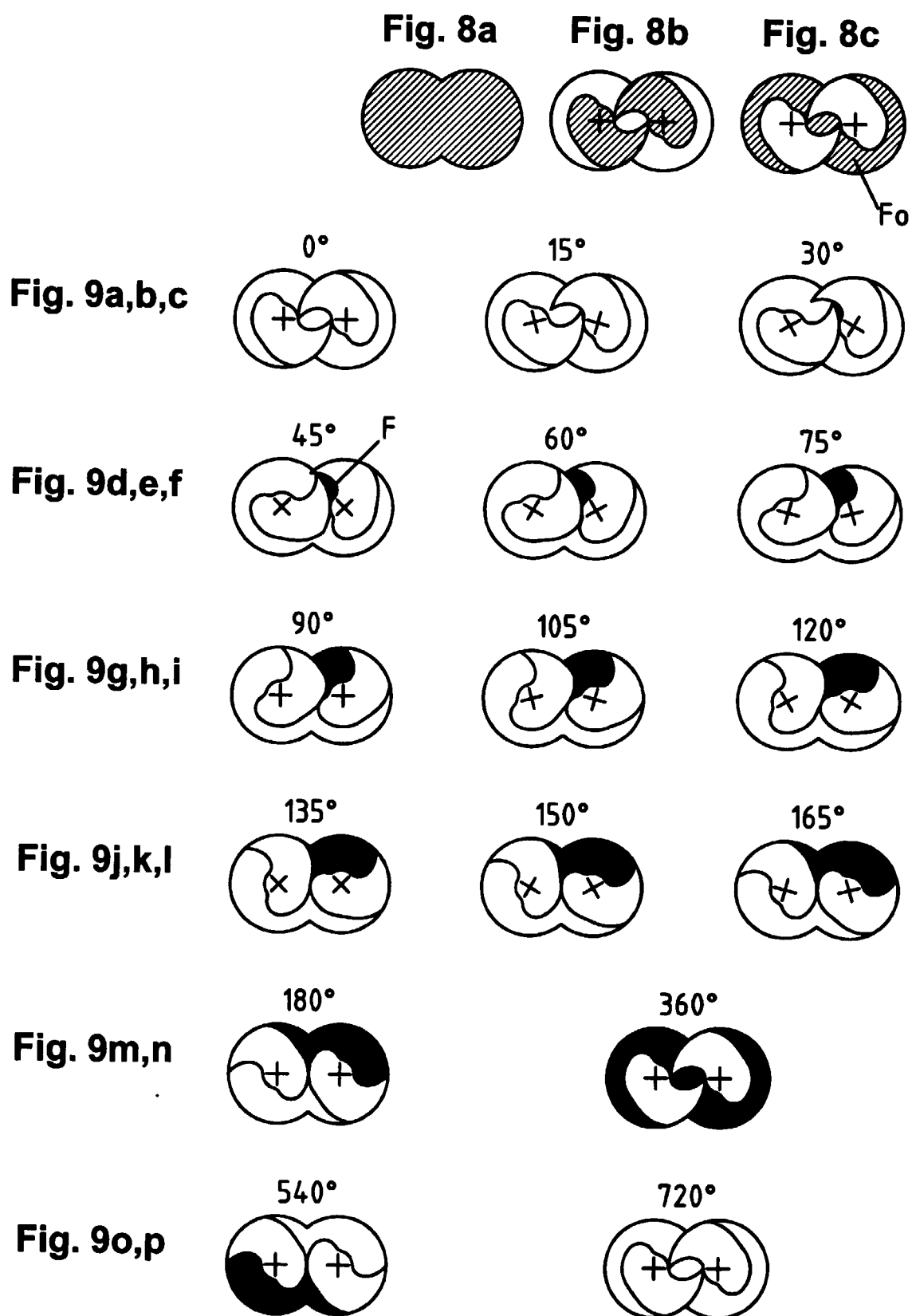


FIG. 4





11

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 1063

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-03-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9721926 A	19-06-1997	AU 6186296 A	03-07-1997
		CA 2240169 A	19-06-1997
		EP 0866918 A	30-09-1998
		NO 982675 A	07-08-1998
US 3807911 A	30-04-1974	DE 2234405 A	22-02-1973
		FR 2149781 A	30-03-1973
		GB 1349218 A	03-04-1974
		JP 48025206 A	02-04-1973
		SE 385232 B	14-06-1976
DE 594691 C		KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82