



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 405 137 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **19.10.94**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **B63H 5/10, B63H 1/28**

Anmeldenummer: **90109743.6**

Anmeldetag: **22.05.90**

**Schraube.**

Priorität: **30.06.89 DD 330203**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.01.91 Patentblatt 91/01**

Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**19.10.94 Patentblatt 94/42**

Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE ES FR GB LI NL SE**

Entgegenhaltungen:  
**DE-C- 227 725**  
**FR-A- 671 016**  
**FR-A- 823 804**  
**GB-A- 1 310 472**  
**US-A- 4 514 146**

Patentinhaber: **Dudszus, Alfred**  
**Liskowstrasse 34**  
**D-18059 Rostock (DE)**

Patentinhaber: **Büchler, Dirk**  
**Salvador-Allende-Strasse 28**  
**D-18147 Rostock (DE)**

Erfinder: **Dudszus, Alfred**  
**Liskowstrasse 34**  
**D-18059 Rostock (DE)**  
Erfinder: **Büchler, Dirk**  
**Salvador-Allende-Strasse 28**  
**D-18147 Rostock (DE)**

Vertreter: **Wendtland, Peter**  
**Südring 42**  
**D-18059 Rostock (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Propeller mit auf der Nabe in Gruppen hintereinander versetzt und zueinander geneigt in zwei oder mehreren Ebenen angeordneten Flügeln. Der Propeller ist für den Einsatz bei allen Wasserfahrzeugen geeignet, jedoch insbesondere bei Ein- und Mehrschraubenschiffen vorgesehen, um durch eine einfache, betriebssichere und kostengünstige Konstruktion und Anordnung von Schiffspropellern den Propulsionsgütegrad zu erhöhen und die propellererregten Druckimpulse zu mindern.

Es sind verschiedene gleich- und gegenläufige Schiffspropellerkonstruktionen und -anordnungen mit unterschiedlichen Naben- und Flügeltypen bekannt, die entweder eine höhere Drehleistung aufnehmen oder die Energieverluste und die Kavitation vermindern bzw. Energie aus dem Drall, Abstrom oder abgehenden Wirbeln zurückgewinnen sollen. So dienten die "Gleichlauf-Tandempropeller" mit zwei axial in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten gleich großen Flügelebenen (DE-C- 135 489; DE-C- 1094 622) oder die Propeller mit zwei zueinander geneigt angeordneten und gleich großen Flügelebenen (US-C- 4,306,839; US-C- 4,514,146) der höheren Leistungsaufnahme.

Eine weitere Gruppe von Propellern mit verbesserter Leistungsaufnahme stellen die Propeller mit drei axial in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Flügelebenen (DE-C- 227 725; DE-C- 237 161; GB-A- 2 204 643) dar.

In der DE-C- 227 725 wird ein Propeller mit in Gruppen versetzt hintereinander angeordneten Flügeln von zunehmender Länge beschrieben, bei dem durch eine Anordnung der Flügel einer Gruppe mit gleichen Fußpunkten auf einer steilgängigen Schraubenlinie, zu der die Flügelflächen normal gerichtet sind, hinter jedem Flügel ein möglichst freier Austritt des Wassers erreicht und somit die Wirkung des Propellers verbessert wird. Dadurch, daß auf diese Weise das Wasser freier als bei den bis dann bekannten Propellern durch die Flügelgruppen hindurchströmen kann, sollte eine bessere Schubwirkung erzielt werden.

Obwohl die Flügel in jeder Gruppe von vorn nach hinten mit zunehmender Länge ausgebildet werden, entsprechen sie aber in ihren äußeren Umrissen einer einzigen gemeinsamen Grundform. Die kürzeren Flügel werden einfach durch Abschneiden der Enden von der Grundform gefertigt. Mit nach solchen einfachen Technologien hergestellte Propeller konnten keine wesentlichen Propulsionsverbesserungen erreicht werden und können nicht Ausgangspunkt und Grundlage moderner Propellerentwürfe sein.

Mit der DE-C- 237 161 ist ebenfalls ein Propeller mit in Gruppen versetzt hintereinander angeord-

neten Flügeln bekannt, der durch eine fortschreitende Abnahme der Steigung der Flügel vom vorderen zum hinteren Flügel gekennzeichnet ist.

Diese Neuerung sollte gegenüber den bis zu diesem Zeitpunkt bekannten, bei denen die Steigung der vorderen Flügel geringer war als die der hinteren, eine bessere Leistung bewirken, jedoch war diese Neuerung auf Propeller abgestellt, bei denen die Flügel der vordersten Flügelebene am größten sind und die Flügel der nachfolgenden Flügelebenen jeweils kürzer sind.

Auch die Merkmale dieses Propellers konnten keinen Hinweis für den Entwurf moderner und propulsionsgünstiger Propeller liefern.

Des weiteren ist mit der FR-A- 671 016 ein Propellerrad bekannt, bei dem die Flügel mit zwei unterschiedlich langen Flügelformen abwechselnd in nahezu gleicher Flügelebene angeordnet sind und die Steigung der Propellerflügel ihren höchsten Wert in Nabennähe und ihren minimalsten Wert in etwa der Mitte der Flügel hat und allmählich bis zu den Flügelspitzen wieder ansteigt.

Die vermittelten Hinweise aus dieser Veröffentlichung über die Formgestaltung des Flügels hinsichtlich seiner Steigung reichen ebenfalls für die Erzielung eines hohen Propulsionsgütegrades moderner Antriebspropeller nicht aus.

Da sich die in Aussicht gestellten Schubgewinne bei den bekannten Lösungen in der Praxis nicht bestätigten und eine wesentliche Verbesserung des Propulsionsgütegrades ausblieb und auch Schwingungen sowie Kavitationserscheinungen mit den Merkmalen der bekannten Lösungen nicht vermindert werden konnten, wurden diese Lösungen für höhere Leistungsumsetzungen moderner Schiffspropeller nicht mehr angewandt.

Die bekannten Lösungen erfordern somit höhere Aufwendungen oder sind auf spezielle Einsatzfälle beschränkt oder mit unerwünschten Nebenwirkungen gekoppelt oder es werden die Wechselwirkungen aus der Schiffsumströmung, der Propelleranströmung und dem Abstrom nicht ausschöpfend genutzt.

Das Ziel der Erfindung besteht darin, einen allgemein für Ein- und Mehrschraubenschiffe einsetzbaren, einfachen, kostengünstigen und zuverlässigen Schiffspropeller zu schaffen, der den Propulsionsgütegrad weiter verbessert und Schwingungen sowie Kavitationserscheinungen vermindert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Propeller mit auf der Nabe in Gruppen hintereinander versetzt und zueinander geneigt in zwei oder in mehreren Ebenen angeordneten Flügeln zu schaffen, bei dem die Wirbelverluste gesenkt und die propellererregten Druckimpulse vermindert werden und mit dem generell ein größeres Nachstromvolumen erfaßt werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst,

daß die Nabe des als "Interferenzpropellers" bezeichneten Propellers mit Flügeln in mindestens zwei Flügelebenen, bezogen auf die Flügelspitzen, versehen ist, die gleichsinnig und mit gleicher Drehzahl drehen und, daß die Flügel der dem Schiffsrumpf zugewandten Flügelebene, die sogenannten Vorflügel, im Spitzendurchmesser kleiner sind als die Flügel der nachfolgenden Flügelebenen, die sogenannten Nachflügel, und daß die Anzahl der Vorflügel jeweils der Anzahl der Nachflügel jeder Nachflügelebene entspricht, so daß zu jedem Vorflügel ein Nachflügel jeder Nachflügelebene gehört und, daß die Steigung der Nachflügel geringer ist als die Steigung der jeweiligen Vorflügel, wobei die Nachflügel in ihren äußeren Radien anteilig mehr verringert sind als in Nabennähe und, daß der axiale Abstand  $x$  der Flügelebenen voneinander im Bereich von 0,1 - 0,4 des Durchmessers der Vorflügelebene liegt und, daß der mittlere periphere Nachfolgewinkel  $\Phi$ , definiert als der Winkel zwischen der Mittellinie der Profilschnitte am Radius 0,7 R eines Vorflügels und der Mittellinie der Profilschnitte am Radius 0,7 R des dazugehörigen Nachflügels, der zueinander gehörenden Flügel des aus Vor- und Nachflügel/n bestehenden Interferenzflügelsystems im Bereich zwischen 60 grad. bis 140 grad. vorgesehen wird und sowohl der axiale Abstand  $x$  als auch der mittlere periphere Nachfolgewinkel  $\Phi$  in Abhängigkeit der Fortschrittsziffer  $J$ , bekannt als Quotient aus der Anströmgeschwindigkeit  $v$  A des Propellers und dem Produkt aus Drehzahl  $n$  und Durchmesser  $D$  des Propellers,

$$J = \frac{VA}{n \cdot D},$$

bestimmt werden.

Auf diese Flügel und -anordnung gestützt wird eine Reduzierung der Schubbelastung der vorderen Flügelebene erreicht und die Energie der von der jeweils vorderen Flügelebene abgehenden Wirbel durch die zweite und ggf. nachfolgende Nachflügelebene zumindest teilweise zurückgewonnen.

Die in den einzelnen Flügelradien jeweils günstigsten peripheren Nachfolgewinkel  $\Phi$  und axialen Abstand  $x$  für verschiedene Profil- und Flügelformen bzw. Belastungen liegen in den Gebieten der geringsten Axial- und Tangentialgeschwindigkeiten hinter dem jeweiligen Vorflügel.

Die äußeren Flügelradien der gegenüber den Vorflügeln größeren Nachflügel wirken dabei in dem durch die Zirkulation von den Vorflügeln erzeugten Vorstromgebiet und sind durch kleinere Steigungen geringer belastet, damit die Spitzenwirbel der Nachflügel und ihre Spitzenwirbelverluste klein bleiben.

Die Profile sowie die axiale und periphere Anord-

nung der Nachflügel an der Nabe und im nabennahen Bereich sind bei Ausführungsvarianten, bei denen die Flügel axial versetzt zur Nabe geführt werden so angeordnet, daß sie aus den von den Vorflügeln abgehenden Nabenvirbeln und der Reibung Energie zurückgewinnen.

Um eine optimale Anpassung der Flügelsteigung und der Propellerdrehzahl an veränderte Schiffskörpereinflüsse zu ermöglichen, können die Flügel einer oder mehreren Flügelebenen verstellbar bzw. einstellbar oder die Flügelebenen gegeneinander verdrehbar ausgeführt werden. Vorteilhaft ist es, die Flügel der Vorflügelebene feststehend und die Flügel der Nachflügelebene/n verstellbar bzw. einstellbar zu gestalten.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird an Hand von Zeichnungen erläutert:

Fig.1 zeigt schematisch die Zirkulation um einen Tragflügel von endlicher Länge mit dem Zirkulationsabfall an den Tragflügelenden sowie dem gebundenen und freien Wirbelsystem.

Fig. 2 zeigt die Überlagerung der Stromlinien aus der Schiffsumströmung und der Propellerströmung mit der Strömung des Wirbelzylinders sowie dem daraus um die Propellerebene entstehenden Vorstromgebiet.

Fig. 3 veranschaulicht die gegenüber der homogenen Anströmgeschwindigkeit  $v_0$  unterschiedlichen örtlich maximalen sowie gemittelten Geschwindigkeiten verschiedener axialer Meßebenen vor und hinter der Propellerebene an den Radien im kontrahierten Strahl und außerhalb des Propellerstrahls an einem Modellpropeller durch Lasermessung.

Fig. 4 zeigt die an einem anderen Modellpropeller durch Lasermessung ermittelten örtlichen maximalen und minimalen gemittelten Geschwindigkeiten im Flügelwurzelbereich und bis 1,25 D. Die Zahlenwerte geben die mittlere Geschwindigkeit an.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines vierflügeligen Schiffspropellers mit jeweils zwei zugeordneten Vor- und Nachflügeln.

An einer Nabe sind in zwei Ebenen, bezogen auf die Flügelspitzen, hintereinander versetzt jeweils zwei Flügel angeordnet, die gleichsinnig und mit gleicher Drehzahl drehen. Die Flügel der zuerst angeströmten Flügelebene, die sogenannten Vorflügel 1, sind kleiner ausgeführt als die Flügel der nachfolgenden Flügelebene, oder anders ausgedrückt, der Spitzenkreisdurchmesser der Flügel der nachfolgenden Flügelebene, der der sogenannten Nachflügel 2, ist bis zum 1,4 fachen größer als der der Vorflügel 1.

Jedem Vorflügel 1 ist somit ein Nachflügel 2 zugeordnet. Die Steigung der Nachflügel 2, insbesondere die der äußeren Radien der Nachflügel 2, ist geringer ausgeführt als die Steigung der Vorflügel 1.

Der axiale Abstand x der beiden Flügelebenen voneinander beträgt 0,1 bis 0,4 des Durchmessers der Ebene der Vorflügel 1.

Der periphere Nachfolgewinkel  $\Phi$  der einander zugeordneten Flügel des aus Vorflügel 1 und Nachflügel 2 bestehenden Interferenzflügelsystems ist in den Flügelradien im Bereich zwischen 60 grad. bis 140 grad. angesiedelt.

#### Patentansprüche

1. Propeller mit auf der Nabe in Gruppen hintereinander versetzt und zueinander geneigt in zwei oder mehreren Ebenen, bezogen auf die Flügelspitzen, angeordneten Flügeln, die gleichsinnig und mit gleicher Drehzahl drehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flügel der zuerst angeströmten Flügelebene, die sogenannten Vorflügel, kleiner sind als die Flügel der nachfolgenden Flügelebene/n bzw., daß der Spitzenkreisdurchmesser der Flügel der nachfolgenden Flügelebene/n, der der sogenannten Nachflügel, größer als der der Vorflügel ist und, daß die Anzahl der Vorflügel jeweils der Anzahl der Nachflügel jeder Nachflügelebene entspricht, so daß jedem Vorflügel ein Nachflügel jeder Nachflügelebene zugeordnet ist, und, daß die Steigung der Nachflügel, hauptsächlich die der äußeren Radien der Nachflügel, geringer ist als die Steigung der Vorflügel und, daß der axiale Abstand x der Flügelebenen voneinander im Bereich von 0,1 - 0,4 des Durchmessers der Vorflügelebene liegt und, daß der mittlere periphere Nachfolgewinkel  $\Phi$ , definiert als der Winkel zwischen der Mittellinie der Profilschnitte am Radius 0,7 R eines Vorflügels und der Mittellinie der Profilschnitte am Radius 0,7 R des dazugehörigen Nachflügels, der einander zugeordneten Flügel des aus Vor- und Nachflügeln bestehenden Interferenzflügelsystems im Bereich zwischen 60 grad. bis 140 grad. angesiedelt ist und, daß sowohl der axiale Abstand x als auch der mittlere periphere Nachfolgewinkel  $\Phi$  in Abhängigkeit der Fortschrittsziffer J, bekannt als Quotient aus der Anströmgeschwindigkeit  $v_A$  des Propellers und dem Produkt aus Drehzahl n und Durchmesser D des Propellers,

$$J = \frac{v_A}{n \cdot D},$$

bestimmbar ist.

2. Propeller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flügel einer oder mehrerer Flügelebenen verstell- bzw. einstellbar sind.
3. Propeller nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flügel der Vorflügelebene feststehend und die Flügel der Nachflügelebene/n verstell- bzw. einstellbar ausgeführt sind.
4. Propeller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Flügelkreisflächen der Vor- und Nachflügel in den inneren Flügelradien überdecken.
5. Propeller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nachflügel gegenüber den Vorflügeln in den nabennahen Flügelradien axial in Richtung des Abstroms versetzt angeordnet sind.

#### Claims

1. A propeller with blades disposed on the hub in groups offset one behind another and inclined towards one another in two or a plurality of planes in relation to the blade tips and which rotate in the same direction and at the same rotary speed, characterised in that the blades of the first blade plane against which the flow strikes, the so-called primary air foil, are smaller than the blades of the subsequent blade plane(s) and in that the tip circle diameter of the blades of the subsequent blade plane(s), that of the so-called secondary air foil, is larger than that of the primary air foil and in that the number of primary air foils always corresponds to the number of secondary air foils of each secondary air foil plane so that a secondary air foil of each secondary is associated with each primary air foil and in that the pitch of the secondary air foils, mainly that of the outer radii of the secondary air foils is less than the pitch of the primary air foils and in that the axial distance x between the blade planes is in the range from 0.1 to 0.4 of the diameter of the primary air foil plane and in that the middle peripheral track angle  $\Phi$ , defined as the angle between the central line through the profile sections at radius 0.7 R have an primary air foil and the central line through the profile sections at radius 0.7 R of the associated secondary air foil of the mutually associated blades of the interference blade system consisting of primary and secondary air foils has settled in the range between 60 degrees to 140 degrees and in that both the axial spacing

x and also the middle peripheral tracking angle  $\Phi$  as a function of the coefficient of advance J, known as the quotient, can be determined from the incident flow velocity  $v_A$  of the propeller and the product of rotary speed n and diameter D of the propeller,

$$J = \frac{v_A}{n \cdot D}$$

2. A propeller according to Claim 1, characterised in that the blades of one or more blade planes are adjustable.

3. A propeller according to Claim 2, characterised in that the blades of the primary air foil plane are fixed while the blades of the secondary air foil plane(s) are adjustable.

4. A propeller according to Claim 1, characterised in that the blade circle areas of the primary air foil and secondary air foil overlap in the inner blade radii.

5. A propeller according to Claim 1, characterised in that the secondary air foils are offset in respect of the primary air foils axially in the direction of the slipstream in the blade radii close to the hub.

#### Revendications

1. Hélice comportant des pales montées sur le moyeu, suivant deux ou plusieurs plans par rapport aux pointes des pales, disposées en groupes, décalées l'une derrière l'autre et inclinées l'une vers l'autre, qui tournent dans un même sens et à la même vitesse de rotation, caractérisée en ce que les pales du plan situées d'abord en amont - dites pales avant - sont plus petites que les pales du (des) plan(s) suivant(s), c'est-à-dire que le diamètre de la trajectoire circulaire des pointes des pales du (des) plan(s) suivant(s) - dites pales arrière - est supérieur à celui des pales avant, et en ce que le nombre de pales avant correspond au nombre de pales arrière de chaque plan de pales arrière, de sorte que pour chaque pale avant correspond une pale arrière de chaque plan de pales arrière, et en ce que le pas des pales arrière, essentiellement celui des rayons extérieurs des pales arrière, est inférieur au pas des pales avant, et en ce que l'intervalle axial x séparant l'un de l'autre les plans de pales est compris dans une fourchette variant entre 0,1 et 0,4 fois le diamètre du plan des

pales avant, et en ce que l'angle de fuite périphérique moyen  $\Phi$  - défini comme étant l'angle entre l'axe des sections transversales au niveau du rayon 0,7 R d'une pale avant et l'axe des sections transversales au niveau du rayon 0,7 R de la pale arrière correspondante - des pales, se correspondant l'une l'autre, du système de pales d'interférences se composant de pales avant et arrière, est compris dans une fourchette allant de 60 degrés à 140 degrés, et en ce que l'intervalle axial x aussi bien que l'angle de fuite périphérique moyen  $\Phi$  est définissable en fonction du coefficient d'avancement J, connu comme quotient de la vitesse amont  $V_A$  de l'hélice et du produit de la vitesse de rotation n et du diamètre D de l'hélice,

$$J = \frac{V_A}{n \cdot D}$$

2. Hélice selon la revendication 1, caractérisée en ce que les pales d'un ou de plusieurs plans de pales sont orientables ou réglables.

3. Hélice selon la revendication 2, caractérisée en ce que les pales du plan de pales avant sont fixes et en ce que les pales du (des) plan(s) arrière sont orientables ou réglables.

4. Hélice selon la revendication 1, caractérisée en ce que les surfaces circulaires des pales avant et arrière se recouvrent dans les zones des rayons de pales intérieurs.

5. Hélice selon la revendication 1, caractérisée en ce que les pales arrière sont décalées axialement, en direction du sillage, par rapport aux pales avant, dans les zones radiales des pales proches du moyeu.

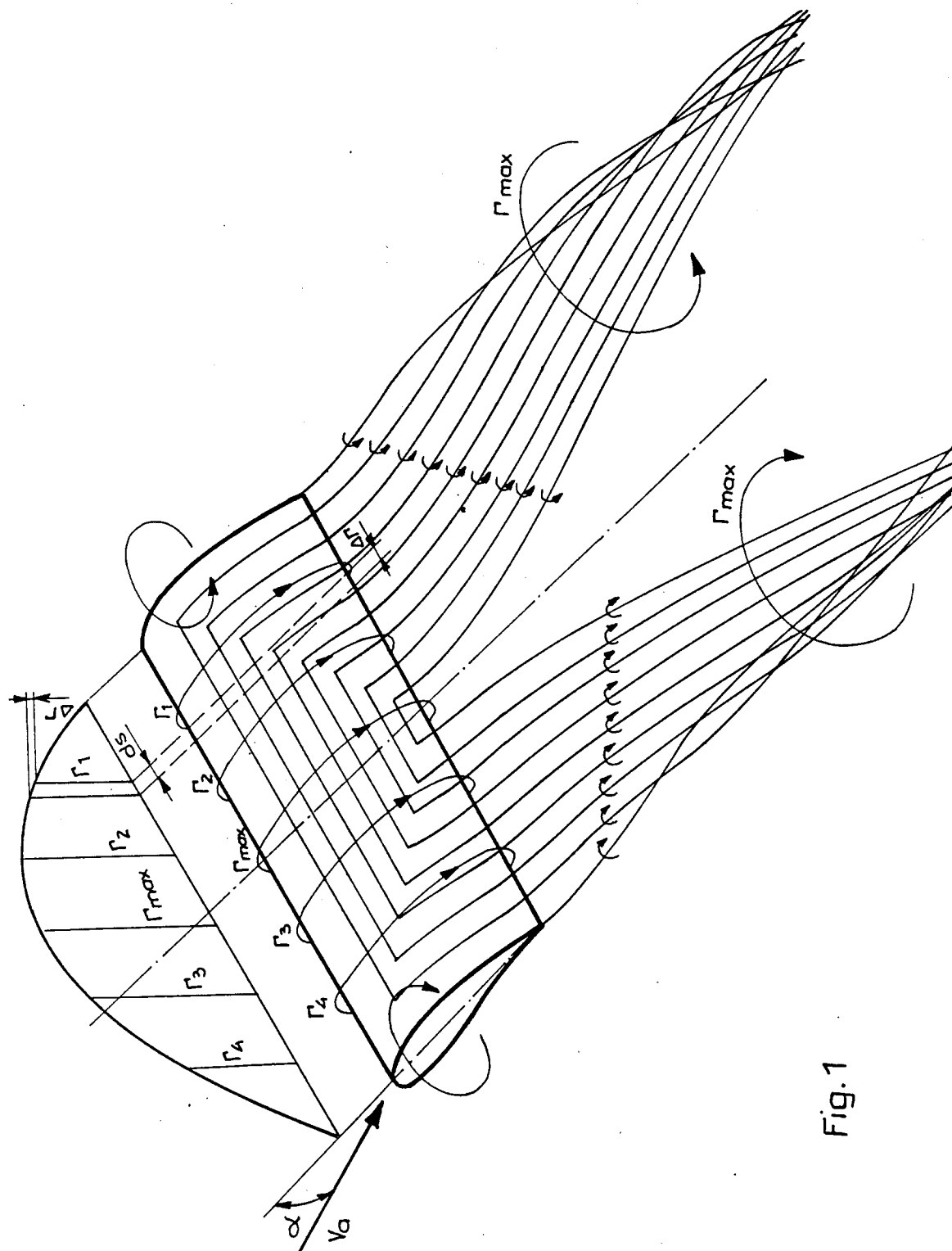


Fig.1

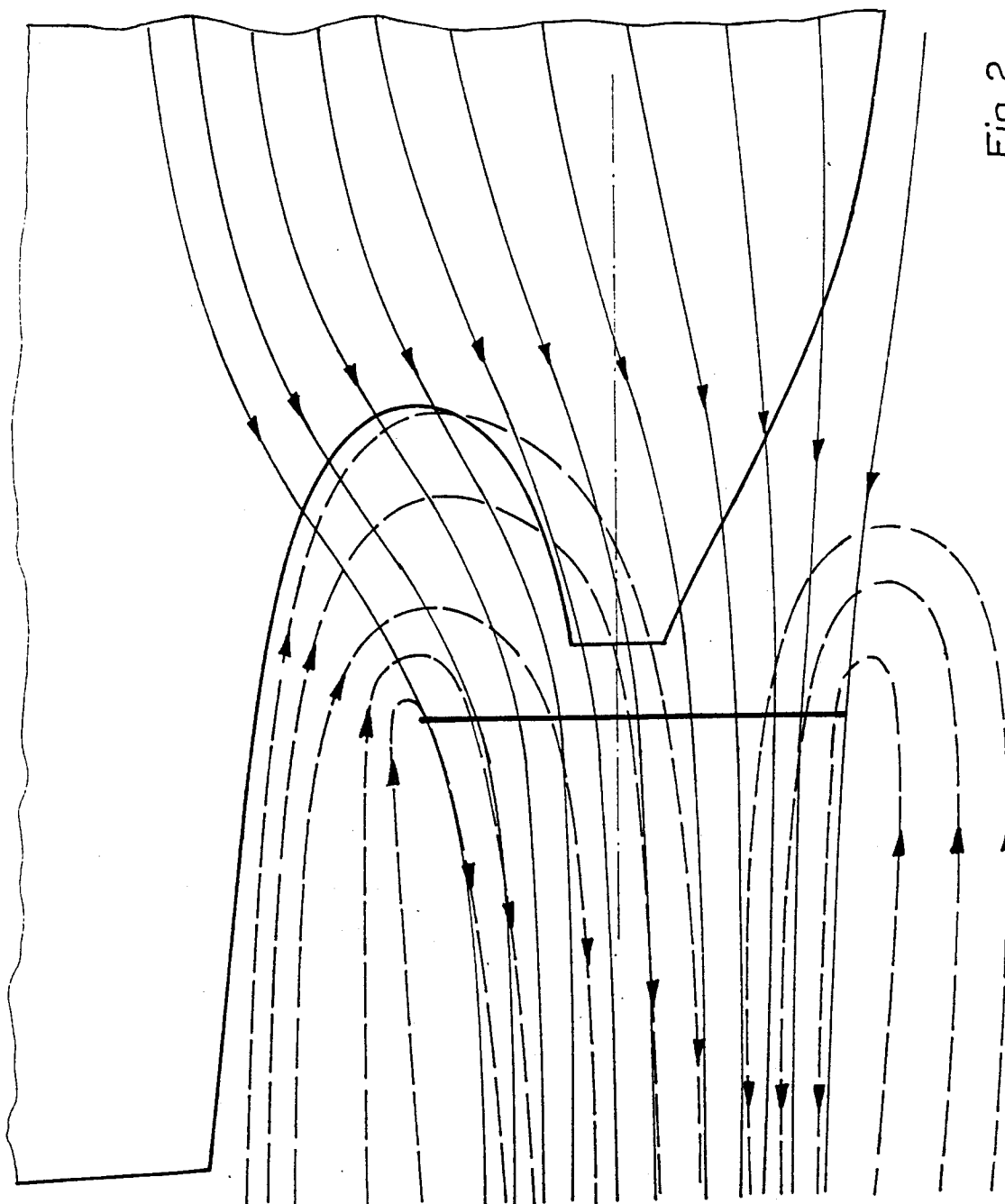


Fig. 2

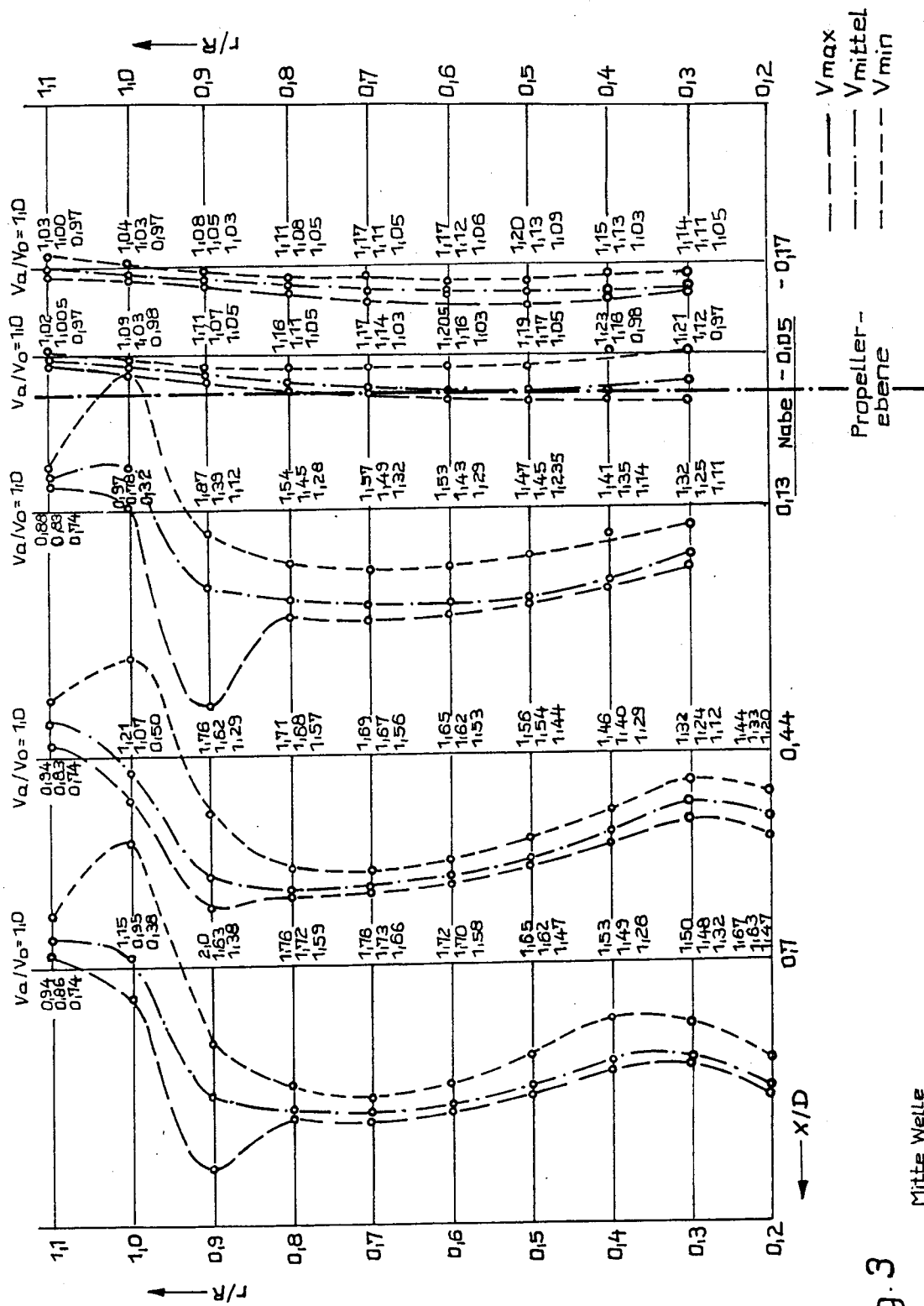


Fig. 3



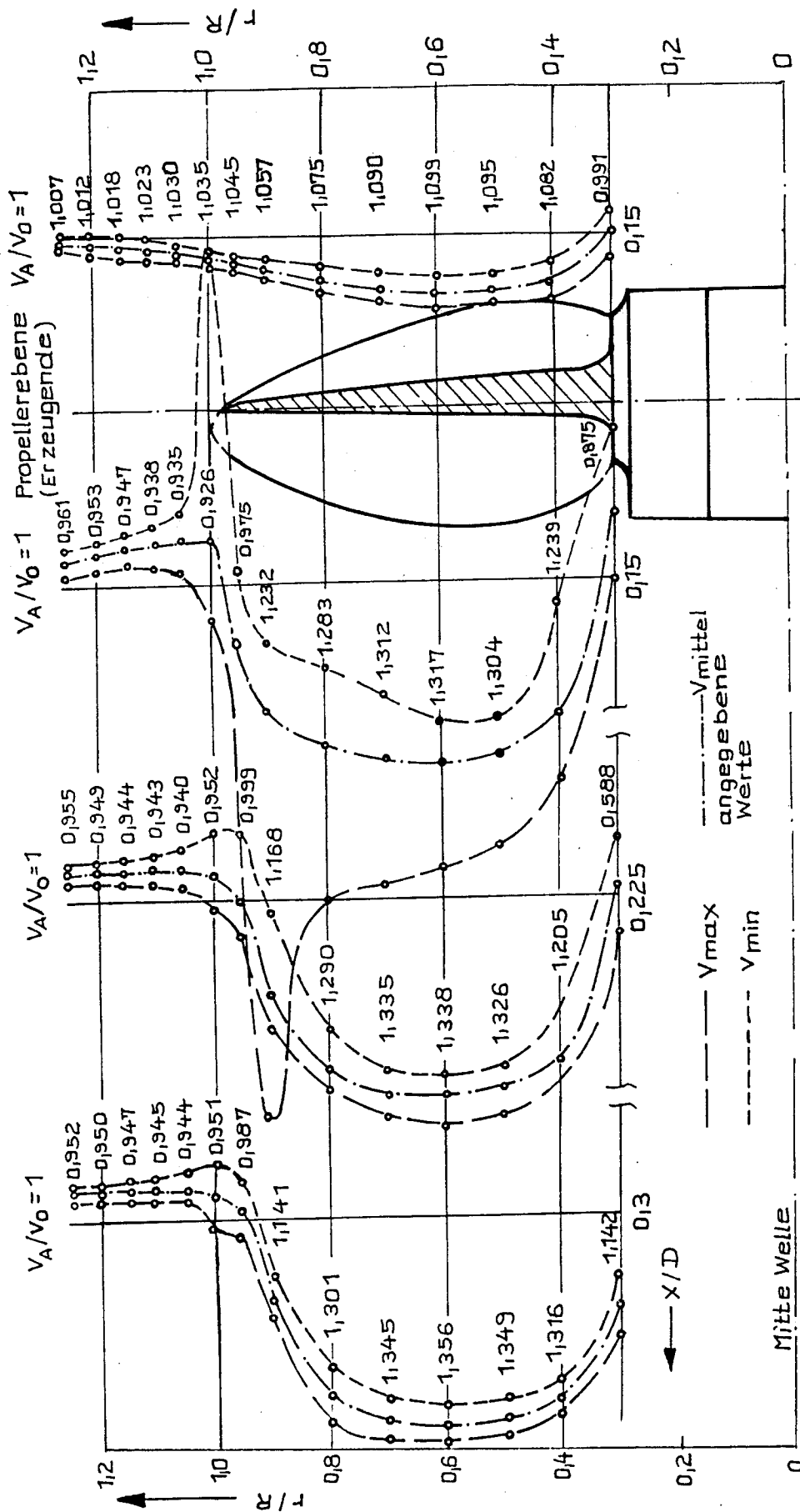


Fig. 4

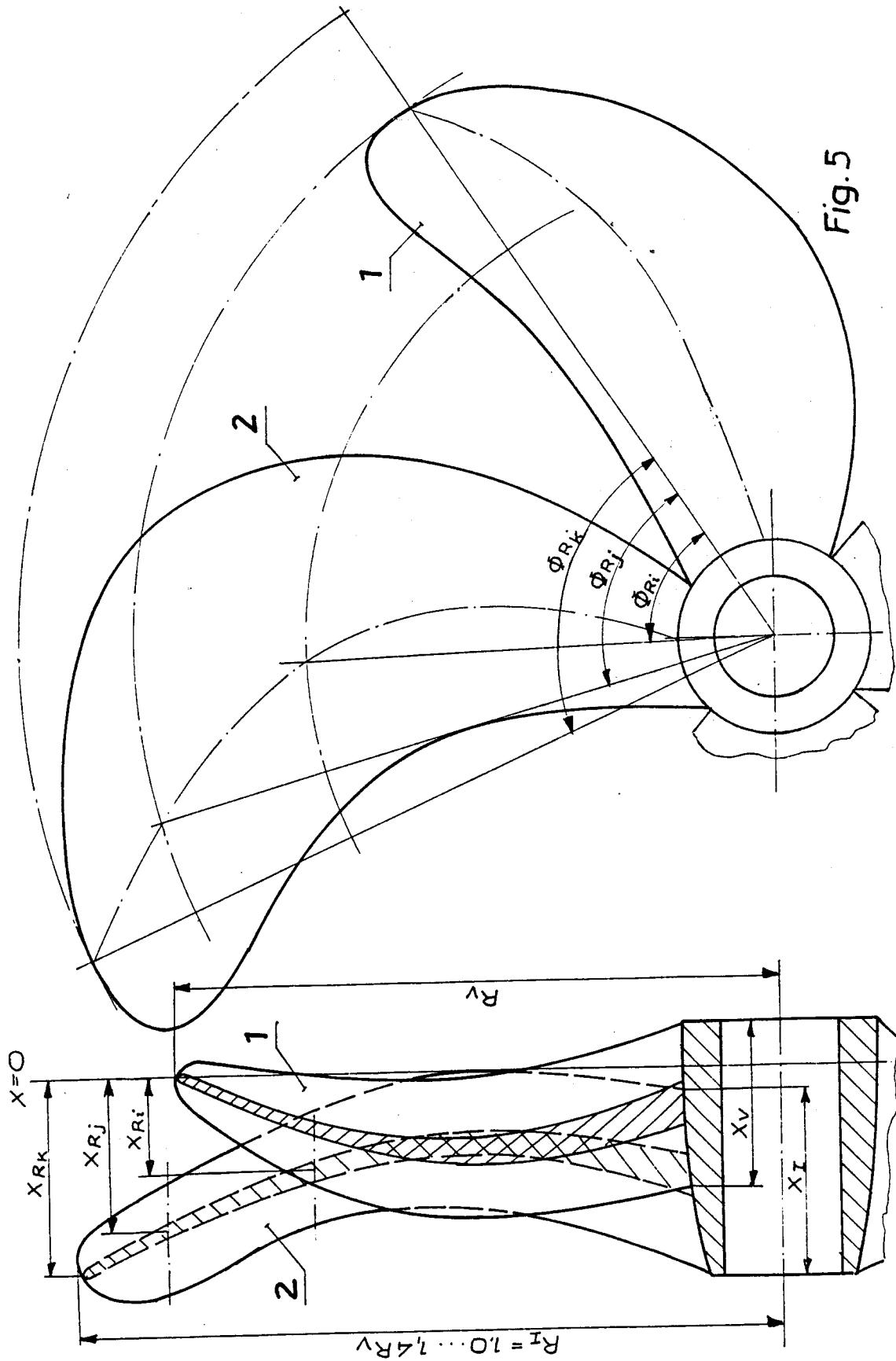


Fig. 5