



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 34 254 T2** 2005.10.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 222 905 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 34 254.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 005 606.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.01.1995**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.10.2005**

(51) Int Cl.7: **A61F 9/007**

A61M 1/00

(30) Unionspriorität:

188188 **28.01.1994** **US**

378533 **24.01.1995** **US**

(73) Patentinhaber:

**Advanced Medical Optics, Inc., Santa Ana, Calif.,
US**

(74) Vertreter:

G. Koch und Kollegen, 80339 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, LI, NL

(72) Erfinder:

**Barwick, Jr., Billie John, Thomasville GA 31792,
US; Little, James H., Oklahoma City, US**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Regeln des Spülens und Absaugens von Flüssigkeiten während der Augenchi-
rurgie**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung ist allgemein auf eine Vorrichtung zur Steuerung der Strömung einer Flüssigkeit von einer Quelle zu einem Patienten und auf die Entfernung von Flüssigkeiten von dem Patienten über Verbindungen mit chirurgischen Verfahren verschiedener Arten gerichtet, und insbesondere in Verbindung mit medizinischen Behandlungen. Die Strömung von Flüssigkeit zu und von einem Patienten über ein Flüssigkeits-Infusions- oder Extraktions-system ist in vielen Fällen für das durchgeführte Verfahren kritisch, wie z. B. in der in der ophthalmischen oder Augen-Mikro-Chirurgie, bei der chirurgische Instrumente, wie z. B. elektromechanisch oder pneumatisch angetriebene Schneideinrichtungen und Phakoemulsifikationsinstrumente üblicherweise verwendet werden. Diese Instrumente erfordern eine Flüssigkeitsquelle zur Infusion an einer Stelle eines chirurgischen Eingriffs und eine Quelle eines negativen Druckes, um die infundierte Flüssigkeit und Abfallmaterial von der Stelle zu entfernen.

[0002] Es wurde eine Anzahl von medizinisch anerkannten Techniken für die Linsenentfernung verwendet, und unter diesen ist eine populäre Technik die Phakoemulsifikation, Spülung und das Absaugen. Dieses Verfahren schließt die Herstellung eines Schnittes in die Hornhaut ein, die typischerweise kauterisiert wird, um eine Blutung zu verringern, sowie das Einsetzen eines von Hand gehaltenen chirurgischen Gerätes, das eine Nadel einschließt, die durch Ultraschall angetrieben wird, um die Augenlinse zu emulgieren. Gleichzeitig mit der Emulsifikation wird eine Flüssigkeit zum Spülen der emulgierten Linse eingeführt, und ein Vakuum wird zum Absaugen der emulgierten Linse und der eingeführten Flüssigkeiten vorgesehen.

[0003] Die vorstehend beschriebenen Phakoemulsifikationstechniken sind auf dem Gebiet der Augenheilkunde seit den späten 1960er Jahren und durch die Arbeit von Dr. Charles Kelman gut bekannt. Eine vollständige Diskussion der Phakoemulsifikation findet sich in Kapitel 11 "The Mechanics of Phacoemulsification"; Kapitel 12 "The Phacoemulsification Procedure"; Kapitel 13 "Cataract Removal by Phacoemulsification"; und Kapitel 14 "Small Pupil Phacoemulsification Techniques of the Surgical Rehabilitation of Vision – an Integrated Approach to Anterior Segment Surgery", herausgegeben von Lee T. Norman, W. Andrew Maxwell und James A. Davison, Gower Medical Publishing, New York, N. Y., 1992, ISBN 0-397-44693-4.

[0004] Derzeit verfügbare Phakoemulsifikationssysteme werden von der Fa. Optical Microsystems, Inc., North Andover, Massachusetts, unter den Marken "DIPLOMATS", DIPLOMATE MMP", "OP-SYS" und "OP-SYS MMB" vertrieben. Diese Systeme haben

Steuereinheiten, die eine eine veränderbare Geschwindigkeit aufweisende peristaltische Pumpe, einen Vakuumsensor, eine einstellbare Ultraschall-Leistungsquelle und einen programmierbaren Mikroprozessor mit vom Benutzer ausgewählten Voreinstellungen zur Steuerung der Absaugrate, des Vakuums und der Ultraschall-Leistungspegel einschließen.

[0005] Viele chirurgische Instrumente und Steuerungen, die heute verwendet werden, steuern in linearer Weise das Vakuum oder steuern in linearer Weise die Strömung der Absaugflüssigkeit. Dieses Merkmal ermöglicht es dem Chirurgen, präzise die Verwendung entweder des Vakuums oder der Strömung, jedoch nicht beide, "einzusetzen" oder die "Geschwindigkeit" hiervon zu steuern. Es gibt jedoch in vielen Fällen Zeiten während des chirurgischen Eingriffs, zu denen die präzise Steuerung einer der Variablen (Vakuum, Absaugrate oder Ultraschall-Leistung) gegenüber der anderen bevorzugt wird. Der erfahrene Benutzer, der die Beziehung zwischen dem Vakuum und der Strömung versteht, kann manuell die voreingestellte Variable in passender Weise an der Steuerkonsole einstellen, um ein angenehmes Betriebsverhalten zu erzielen. Wenn diese Einstellung übersehen wird, so kann die Kombination von sowohl einem hohen Vakuum als auch einer starken Strömung unerwünschte Flüssigkeitsstöße an der Stelle des chirurgischen Eingriffs hervorrufen, wobei möglicherweise Schäden an dem Patienten hervorgerufen werden.

[0006] Es dürfte ersichtlich sein, dass die Steuerung handgehaltener chirurgischer Instrumente zur Verwendung in der Phako-Chirurgie kompliziert ist. Phakoemulsifikationsvorrichtungen umfassen typischerweise ein Gehäuse, das eine Leistungsversorgung, eine peristaltische Pumpe, eine Elektronik und die zugehörige Hardware einschließt, und ein damit verbundenes handgehaltenes chirurgisches Mehrfunktions-Gerät oder Handstück, das ein hohles dünnes Nadelrohr einschließt, wie dies weiter oben beschrieben wurde, um die Phakoemulsifikation der kataraktösen Linse durchzuführen.

[0007] Es ist verständlich, dass ein Chirurg, der das handgehaltene Arbeitsgerät verwendet, um die vorstehend beschriebenen Funktionen auszuführen, eine einfache und zugängliche Steuerung dieser Funktionen sowie die Fähigkeit benötigt, selektiv zwischen zumindest einigen der Funktionen zu wechseln oder umzuschalten (beispielsweise Spülung und Spülung plus Absaugung), wie dies bei einem chirurgischen Phakoemulsifikationseingriff erforderlich sein kann.

[0008] Im Hinblick auf die Schwierigkeit der Einstellung von in Gehäusen befestigten Steuerungen während der Betätigung eines zugehörigen handgehalte-

nen mechanischen Arbeitsgerätes wurden Steuersysteme entwickelt, wie sie beispielsweise in dem US-Patent 4 983 901 beschrieben sind. Dieses Patent offenbart Vorrichtungen, die zur Verwendung mit der vorliegenden Erfindung verwendet oder modifiziert werden können.

[0009] Weitere Prozeduren und Probleme in Verbindung mit Phakoemulsifikations-, Spül- und Absaugverfahren und Vorrichtungen sind in dem US-Patent 5 154 696 beschrieben.

[0010] Andere Beschreibungen von Phakoemulsifikations- und chirurgischen Ultraschall-Vorrichtungen und Steuersystemen hierfür finden sich in der EP-A-0 556 625, der WO-A-86/07249, die die Grundlage des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bildet, und in der WO-A-87/05793.

[0011] Es sollte somit ersichtlich sein, dass es im Hinblick auf die komplizierte Art der Steuersysteme für Flüssigkeiten und Ultraschall-Leistung im Fall von Phakoemulsifikationsverfahren wünschenswert ist, dass der Chirurg ein System hat, das programmierbar ist, um sowohl die Notwendigkeiten des chirurgischen Verfahrens als auch der speziellen Techniken des Chirurgen zu erfüllen, die sich in Abhängigkeit von der Erfahrung und den Fähigkeiten des Chirurgen unterscheiden können.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der Erfindung ergibt sich die Phakoemulsifikationsvorrichtung, wie sie im Anspruch 1 umrissen ist. Weiterhin wird ein Verfahren zur Steuerung des Absaugens von Flüssigkeiten von einem Auge während eines chirurgischen Eingriffs beschrieben, der Folgendes einschließt: Anordnen eines Handstückes in Betriebsbeziehung mit einem Auge zum Absaugen von Flüssigkeiten von diesem; und Absaugen von Flüssigkeit von dem Auge durch ein Handstück mit einer ausgewählten Rate, und während des Absaugens, Messen eines Vakuumpegels, der einem verstopften Zustand des Handstückes entspricht.

[0013] Der verstopfte Zustand beschränkt das Absaugen der Flüssigkeitsströmung durch das Handstück, und entsprechend wird eine ausgewählte Absaugrate durch das Handstück in variabler Weise in Abhängigkeit von dem gemessenen Vakuumpegel gesteuert.

[0014] Weil sich dieses Verfahren auf den Betrieb eines Phakoemulsifikationssystems bezieht, kann die Absaugrate in Abhängigkeit von einem verstopften Zustand des Handstückes vergrößert oder in Abhängigkeit von einem verstopften Zustand des Handstückes verkleinert werden.

[0015] In Abhängigkeit von den besonderen Wünschen eines Arztes kann das Absaugen vergrößert werden, um die Entfernung der Verstopfung aus dem Handstück zu beschleunigen oder zu verbessern. Dies hängt selbstverständlich von der Charakteristik des das Handstück verstopfenden Materials ab. Das heißt, dass ein Arzt mit Erfahrung schneller eine Verstopfung in dem Handstück durch Vergrößern der Absaugrate beseitigen kann. Auf diese Weise kann der Arzt die Anstiegsgeschwindigkeit (Anstieg der Absauggeschwindigkeit) des Vakuums bis zu einem gewünschten Vakuumpegel steuern. Andererseits kann der Arzt wiederum in Abhängigkeit von dem die Verstopfung hervorrufenden Material wünschen, die Absaugrate zu verringern, um beispielsweise eine Stabilität des Auges während der Entfernung des die Verstopfung hervorrufenden Materials aufrecht zu erhalten.

[0016] Zusätzlich kann hinsichtlich eines Verfahrens zum Betrieb des Phakoemulsifikationssystems die dem Handstück zugeführte Ultraschall-Leistung in veränderlicher Weise in Abhängigkeit von einem gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück gesteuert werden, der einem verstopften Zustand entspricht. Diese Steuerung kann die Leistung an das Handstück vergrößern, wenn ein verstopfter Zustand signalisiert wird, oder sie kann alternativ die an das Handstück gelieferte Ultraschall-Leistung verringern, wenn ein verstopfter Zustand gemessen wird.

[0017] Ob die Leistung vergrößert oder verkleinert wird, hängt teilweise von der Technik des Arztes und den Eigenschaften des Materials ab, das heißt, beispielsweise von der Härte des Kataraktes, der entfernt wird.

[0018] Es wird weiterhin ein Verfahren zur Steuerung der Irrigationsflüssigkeit zu einem Auge während eines chirurgischen Verfahrens beschrieben. Bei diesem Verfahren wird das Handstück in eine Betriebsbeziehung mit einem Auge zur Einleitung von Irrigationsflüssigkeit in das Auge und zum Absaugen von Flüssigkeit von dem Auge gebracht, und dem Handstück wird Irrigationsflüssigkeit mit einem ausgewählten Druck zugeführt.

[0019] Während des Absaugens von Flüssigkeit von dem Handstück wird ein einem verstopften Zustand des Handstückes entsprechender Vakuumpegel gemessen, und als Antwort auf diesen gemessenen Vakuumpegel wird die Irrigation dem Handstück mit einem anderen ausgewählten Druck zugeführt.

[0020] Im einzelnen schließt der Schritt der Zuführung von Irrigationsflüssigkeit an das Handstück mit einem ausgewählten Druck die Anordnung einer Mehrzahl von Irrigationsflüssigkeits-Vorräten in unterschiedlichen Höhen oberhalb des Handstückes und die Herstellung einer Strömungsmittelverbin-

zung zwischen einem der Irrigationsflüssigkeits-Vorräte mit dem Handstück ein. Der Schritt der Lieferung der Irrigationsflüssigkeit an das Handstück mit einem anderen ausgewählten Druck schließt die Herstellung einer Strömungsmittelverbindung mit einem anderen der Irrigationsflüssigkeits-Vorräte an das Handstück ein, während die Verbindung des einen Irrigationsflüssigkeits-Vorrats mit dem Handstück gestoppt wird.

[0021] Hinsichtlich der Phakoemulsifikationsprozeduren wird ein Verfahren zum Betrieb eines Phakoemulsifikationssystems beschrieben. Das System weist ein Phakoemulsifikations-Handstück, eine Ultraschall-Leistungsquelle, eine Vakuumquelle, eine Irrigationsflüssigkeits-Quelle und eine Steuereinheit mit einem Vakuumsensor zur Steuerung der dem Handstück zugeführten Ultraschall-Leistung und des Absaugens der Irrigationsflüssigkeit von dem Handstück auf.

[0022] Das Betriebsverfahren schließt die Schritte der Anordnung des Handstückes in einer Betriebsbeziehung zu einem Auge für Phakoemulsifikationsverfahren und das nachfolgende Zuführen von Irrigationsflüssigkeit von der Irrigationsflüssigkeitsquelle zu dem und durch das Handstück und in das Auge ein. Die Ultraschall-Leistung wird von der Ultraschall-Leistungsquelle an das Handstück zur Durchführung des Phakoemulsifikationsverfahrens geliefert, und ein Vakuum wird an das Handstück angelegt, um die Irrigationsflüssigkeit von dem Auge durch das Handstück hindurch mit einer ausgewählte Rate abzusaugen.

[0023] Während des Flüssigkeitsabsaugschrittes wird ein Vakuumpegel in dem Handstück, der einem verstopften Zustand entspricht, gemessen, und danach werden in Abhängigkeit von dem gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück, der dem verstopften Zustand des Handstückes entspricht, die zugeführte Ultraschall-Leistung und/oder die Rate des Absaugens der Irrigationsflüssigkeit in veränderlicher Weise gesteuert.

[0024] Eine Phakoemulsifikationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, wie sie im Anspruch 1 beansprucht wird, schließt allgemein ein Handstück zum Einleiten von Irrigationsflüssigkeit an ein Auge und zum Absaugen von Flüssigkeit von dem Auge ein. Es sind Einrichtungen zur Einleitung der Irrigationsflüssigkeit in das Handstück mit einer Mehrzahl von Drücken vorgesehen, und eine eine veränderbare Geschwindigkeit aufweisende Pumpe, die in Strömungsmittelverbindung mit dem Handstück angeschlossen ist, ist zum Absaugen der Irrigationsflüssigkeit von dem Handstück durch Vakuum vorgesehen.

[0025] Ein Sensor ist in der Strömungsmittelverbin-

dung mit dem Handstück angeschlossen, um Vakuumpegel in dem Handstück zu messen, und eine Steuereinheit, die auf die gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück anspricht, ist zur Auswahl eines der Mehrzahl von Drücken der Irrigationsflüssigkeit vorgesehen, die in das Handstück eingeleitet wird.

[0026] Im einzelnen ist ein Phakoemulsifikations-Handstück eingeschlossen, und eine hiermit verbundene Leistungsquelle ist zur Zuführung von Ultraschall-Leistung an das Handstück vorgesehen. In diesem Fall spricht die Steuereinheit auf den gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück an, um den Ultraschall-Leistungspegel, der an das Handstück geliefert wird, zu ändern.

[0027] Es können Einrichtungen zur Einleitung von Irrigationsflüssigkeit in das Handstück mit einer Mehrzahl von Drücken vorgesehen sein, und in dieser Ausführungsform spricht die Steuereinheit auf die gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück zur Auswahl eines der Mehrzahl von Drücken der Irrigationsflüssigkeit an, die in das Handstück eingeleitet wird.

[0028] Im einzelnen schließt die Einrichtung zur Zuführung einer Irrigationsflüssigkeit eine Mehrzahl von Behältern und ein Ventil ein, dass zwischen jedem der Behälter und dem Handstück eingefügt ist. Weiterhin sind Einrichtungen zur Anordnung der Behälter in unterschiedlichen Höhen über dem Handstück vorgesehen, wenn die Steuereinheit mit dem Ventil verbunden ist, um zu bewirken, dass das Ventil die Strömungsmittelverbindung zwischen jedem der Behälter und dem Handstück steuert.

[0029] In weiteren Einzelheiten kann die Phakoemulsifikationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Steuereinheit einschließen, die auf die gemessenen Vakuumpegel des Handstückes anspricht, wobei eine relative Impuls-Einschaltdauer oder ein Tastverhältnis der Ultraschall-Leistung an das Handstück durch die Leistungsquelle bereitgestellt wird. In diesem Fall kann die Steuereinheit mit dem Handstück verbunden sein, um zunächst die Ultraschall-Leistung und eine erste relative Impuls-Einschaltdauer zu liefern, bis ein erster vorgegebener Leistungspegel des Handstückes überschritten ist, worauf nachfolgend Ultraschall-Leistung mit einer zweiten und größeren relativen Impulseinschaltdauer zugeführt wird, bis ein zweiter und größerer vorgegebener Leistungspegel des Handstückes überschritten ist. Danach kann wahlweise Ultraschall-Leistung mit einer dritten und noch größeren relativen Impulseinschaltdauer geliefert werden, bis ein dritter und noch größerer vorgegebener Leistungspegel des Handstückes überschritten wird, und danach wird die Leistung mit einer relativen Impulseinschaltdauer geliefert, die größer als die dritte relative Impulseinschaltdauer ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030] Die Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden besser aus der folgenden Beschreibung verständlich, wenn diese in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen betrachtet wird, in denen:

[0031] [Fig. 1](#) ein funktionelles Blockschaltbild eines Phakoemulsifikationssystems gemäß der vorliegenden Erfindung ist;

[0032] [Fig. 1A](#) ein funktionelles Blockschaltbild einer alternativen Ausführungsform eines Phakoemulsifikationssystems gemäß der vorliegenden Erfindung ist, die eine Vorrichtung zur Lieferung der Irrigationsflüssigkeit mit mehr als einem Druck an ein Handstück einschließt;

[0033] [Fig. 2](#) ein Ablaufdiagramm ist, das die Betriebsweise der Verstopft-nicht-verstopft-Betriebsart des Phakoemulsifikationssystems mit veränderbaren Absauggeschwindigkeiten ist;

[0034] [Fig. 3](#) ein Ablaufdiagramm ist, das den Betrieb der Verstopft-nicht-verstopft-Betriebsart des Phakoemulsifikationssystems mit veränderbaren Ultraschall-Leistungspegeln erläutert;

[0035] [Fig. 4](#) ein Ablaufdiagramm ist, das die Betriebsweise der eine veränderliche relative Impuls-Einschaltdauer-Funktion des Phakoemulsifikationssystems erläutert; und

[0036] [Fig. 5](#) ein Ablaufdiagramm ist, das die Betriebsweise der Verstopft-nicht-verstopft-Betriebsart des Phakoemulsifikationssystems mit veränderbaren Irrigationsraten erläutert.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0037] Unter nachfolgender Bezugnahme auf die Zeichnungen und insbesondere auf deren [Fig. 1](#) ist ein funktionelles Blockschaltbild eines Phakoemulsifikationssystems gezeigt, das allgemein mit der Bezugsziffer **10** bezeichnet ist. Das System hat eine Steuereinheit **12**, die mit strichpunktierten Linien in [Fig. 1](#) gezeigt ist, und die eine eine veränderliche Geschwindigkeit aufweisende peristaltische Pumpe **14**, die eine Vakuumquelle ergibt, eine Quelle für impulsförmige Ultraschall-Leistung **16** und einen Mikroprozessor-Computer **18** einschließt, der Steuerausgangssignale an ein Pumpengeschwindigkeits-Steuergerät **20** und ein Ultraschall-Leistungspegel-Steuergerät **22** liefert. Ein Vakuumsensor **24** liefert ein Eingangssignal an den Computer **18**, das den Vakuumpegel auf der Ausgangsseite der peristaltischen Pumpe **14** darstellt. Ein geeigneter Auslaß wird durch einer Auslaß **26** erreicht.

[0038] Die Bauteile des Systems **10** sind von verschiedenen Quellen erhältlich. Beispielsweise ist die Leistungsquelle **16** von der Fa. ALCON (Serien 10000) erhältlich, ebenso wie das Leistungspegel-Steuergerät (ebenfalls Serie 10000). Der Rechner **18** kann ein NEC8085 sein, und das Pumpensteuergerät **20** kann ein Pittman GM9434H777 sein. Der Vakuumsensor **24** kann ein Sensym SCX100DN sein, und die Auslaß **26** kann ein LDI-Modell 11-12-3-BV24 sein.

[0039] Die Steuereinheit **12** liefert Ultraschall-Leistung an der Leitung **28** an ein Phakoemulsifikations-Handstück **30** (das ein Alcon-Modell 590-200-501 sein kann). Eine Irrigationsflüssigkeitsquelle (die ein Alcon-Modell 10.000 sein kann) ist strömungsmäßig mit dem Handstück **30** über eine Leitung **34** verbunden. Die Irrigationsflüssigkeit und die Ultraschall-Leistung werden über das Handstück **30** einem Auge eines Patienten zugeführt, wie dies schematisch durch den Block **36** dargestellt ist. Das Absaugen aus dem Auge **36** wird mit Hilfe der peristaltischen Pumpe **14** der Steuereinheit über Leitungen **38** und **40** erreicht.

[0040] Der Computer **18** spricht auf voreingestellte Vakuumpegel in der Ausgangsleitung **42** von der peristaltischen Pumpe **14** mit Hilfe von Signalen von dem weiter oben erwähnten Vakuumsensor **24** an. Der Betrieb der Steuereinheit in Abhängigkeit von dem Verstopft-nicht-verstopft-Zustand des Handstückes **30** ist in dem Ablaufdiagramm nach [Fig. 2](#) gezeigt.

[0041] Wie dies in [Fig. 2](#) gezeigt ist, steigt, wenn die Handstück-Absaugleitung **38** verstopft ist, der von dem Vakuumsensor **24** gemessene Vakuumpegel an. Der Rechner **18** weist von dem Benutzer einstellbare Grenzen für Absaugraten, Vakuumpegel und Ultraschall-Leistungspegel auf. Wie dies in [Fig. 2](#) gezeigt ist, liefert, wenn der Vakuumpegel, der von dem Vakuumsensor **24** gemessen wird, einen vorgegebenen Pegel als Ergebnis einer Verstopfung der Handstück-Absaugleitung **38** erreicht, der Computer **18** einen Befehl an das Pumpen-Geschwindigkeits-Steuergeräts **20**, damit dieses die Geschwindigkeit der peristaltischen Pumpe **14** ändert, wodurch andererseits die Absaugrate geändert wird. Es ist zu erkennen, dass in Abhängigkeit von der Charakteristik des das Handstück **30** verschließenden Materials die Geschwindigkeit der peristaltischen Pumpe **14** entweder vergrößert oder verkleinert werden kann. Wenn das verstopfende Material aufgebrochen wurde, stellt der Vakuumsensor **24** einen Abfall des Vakuumpegels fest, was bewirkt, dass der Computer **18** die Geschwindigkeit der peristaltischen Pumpe **14** auf eine Betriebsgeschwindigkeit für einen nicht-verstopften Zustand ändert.

[0042] Zusätzlich zur Änderung des Phakoemulsifi-

kations-Parameters der Absaugrate durch Ändern der Geschwindigkeit der peristaltischen Pumpe **14** wird der Leistungspegel der Ultraschall-Leistungsquelle **16** als eine Funktion des verstopften oder nicht-verstopften Zustandes des Handstückes **30** geändert. [Fig. 3](#) zeigt ein Ablaufdiagramm der Steuerung des Ultraschall-Leistungsquellen-Leistungspegels mit Hilfe des Computers **18** und des Leistungspegel-Steuergerätes **22**. Es ist zu erkennen, dass das Ablaufdiagramm nach [Fig. 3](#) dem Ablaufdiagramm nach [Fig. 2](#) entspricht, jedoch den Phakoemulsifikations-Parameter des Ultraschall-Leistungspegels ändert.

[0043] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm gezeigt, das die Steuerung der Ultraschall-Leistungsquelle **16** zur Erzeugung von sich ändernden in relativen Impulseinschaltdauern als Funktion der ausgewählten Leistungspegel zeigt. Wie dies in [Fig. 4](#) lediglich zu Erläuterungszwecken gezeigt ist, wird eine relative Impulseinschaltdauer von 33% verwendet, bis der Leistungspegel einen voreingestellten Schwellenwert übersteigt, in diesem Fall 33%. An diesem Punkt wird die relative Impulseinschaltdauer auf 50% vergrößert, bis der Ultraschall-Leistungspegel den Schwellenwert von 50% übersteigt, wobei zu diesem Zeitpunkt die relative Impulseinschaltdauer auf 66% vergrößert wird. Wenn der Ultraschall-Leistungspegel den Schwellenwert von 66% übersteigt, so wird die Leistungsquelle kontinuierlich betrieben, d. h. mit einer relativen Einschaltdauer von 100%. Obwohl die Prozentzahlen von 33, 50 und 66 in [Fig. 4](#) gezeigt sind, ist es verständlich, dass andere Prozentwerte ausgewählt werden können, um unterschiedliche Schaltpunkte der relativen Einschaltdauer festzulegen.

[0044] In [Fig. 1A](#) ist eine alternative Ausführungsform 50 eines Phakoemulsifikationssystems gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt, die alle Elemente des Systems **10** nach [Fig. 1](#) einschließt, wobei identische Bezugsziffern identische Bauteile bezeichnen, wie dies in [Fig. 1](#) gezeigt ist.

[0045] Zusätzlich zu der Irrigationsflüssigkeits-Quelle **32** ist eine zweite Irrigationsflüssigkeits-Quelle **33** vorgesehen, wobei die Quellen **32, 33** mit der Leitung **34**, die in das Handstück **30** eintritt, über Leitungen **32a** bzw. **33a** und mit einem Ventil **35** verbunden sind. Das Ventil **35** dient zur abwechselnden Verbindung der Leitung **32a** und der Quelle **32** sowie der Leitung **33a** und der Quelle **33** mit dem Handstück **30** in Abhängigkeit von einem Signal von dem Leistungspegel-Steuergerät **32** über eine Leitung **35a**.

[0046] Wie dies gezeigt wird, sind Irrigationsflüssigkeits-Quellen **32, 33** in unterschiedlichen Höhen oberhalb des Handstückes angeordnet, so dass sich eine Einrichtung zur Einleitung von Irrigationsflüssig-

keit in das Handstück mit einer Mehrzahl von Drücken ergibt, wobei der Staudruck der Flüssigkeit in dem Behälter **33** größer als der Staudruck der Flüssigkeit in dem Behälter **32** ist. Ein Verbindungssatz **42**, der Leitungen mit unterschiedlichen Längen **44, 46** wie Verbindung mit der Halterung **48** ergibt, ergibt eine Einrichtung zu Anordnung der Behälter **32, 33** in unterschiedlichen Höhen über dem Handstück **30**.

[0047] Die Verwendung von Behältern für Irrigationsflüssigkeiten an den verschiedenen Höhen stellt ein Beispiel für die Einrichtung zur Bereitstellung von Irrigationsflüssigkeiten mit unterschiedlichen Drücken dar, und alternativ können getrennte Pumpen mit beispielsweise getrennten Umlaufschleifen (nicht gezeigt) vorgesehen sein, die ebenfalls die Irrigationsflüssigkeit mit diskreten Drücken an das Handstück **30** in Abhängigkeit von einem Befehl von dem Leistungssteuergerät **22** liefern können.

[0048] Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) ist zu erkennen, dass, wenn die Handstück-Absaugleitung **38** verstopft ist, der von dem Vakuumsensor **24** gemessene Vakuumpegel ansteigt. Der Computer **18** weist von dem Benutzer einstellbare Grenzwerte zur Steuerung dafür auf, welche der Irrigationsflüssigkeits-Vorräte **32, 33** mit dem Handstück **30** verbunden wird. Es sei darauf hingewiesen, dass, obwohl zwei Irrigationsflüssigkeits-Quellen oder Behälter **32, 33** gezeigt sind, irgendeine Anzahl von Behältern verwendet werden kann.

[0049] Wie dies in [Fig. 5](#) gezeigt ist, steuert, wenn der Vakuumpegel von dem Vakuumsensor **24** einen vorgegebenen Pegel als Ergebnis einer Verstopfung der Absaug-Handstückleitung **38** erreicht, der Computer das Ventil **35**, wodurch bewirkt wird, dass das Ventil die Flüssigkeitsverbindung zwischen jedem der Behälter **32, 33** und dem Handstück **30** steuert. Es ist verständlich, dass in Abhängigkeit von der Charakteristik des das Handstück **30** verstopfenden Materials, wie dies weiter oben beschrieben wurde, und den Notwendigkeiten und Techniken des Arztes der Druck der Irrigationsflüssigkeit, die dem Handstück zugeführt wird, vergrößert oder verkleinert werden kann. Wenn der Vakuumsensor **24** einen Abfall des Vakuumpegels feststellt, wird bewirkt, dass das Ventil **35** auf einem Behälter **32, 33** umschaltet, der einen Druck mit einem Pegel für eine fehlende Verstopfung liefert. Wie dies weiter oben erwähnt wurde, ist es verständlich, dass mehr als ein Behälter bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, wobei als zusätzliches Beispiel drei (nicht gezeigte) Behälter vorgesehen sein können, wobei das Ventil diese miteinander verbindet, um die Irrigationsflüssigkeit von irgendeinem der drei Behälter auszuwählen, wie dies weiter oben in Verbindung mit dem Behältersystem nach [Fig. 1A](#) beschrieben wurde.

[0050] Obwohl im Vorstehenden ein System zur

Steuerung des Absaugens von Flüssigkeiten, ein System zur Steuerung der Irrigationsflüssigkeit und ein System zum Betrieb einer Phakoemulsifikation sowie eine Phakoemulsifikationsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zum Zweck der Erläuterung der Art und Weise beschrieben wurde, in der die Erfindung in vorteilhafter Weise verwendet werden kann, sollte es verständlich sein, dass die Erfindung nicht hierauf beschränkt ist. Entsprechend sollten irgendwelche und alle Modifikationen, Abänderungen oder äquivalente Anordnungen, auf die der Fachmann kommt, als innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Erfindung liegend betrachtet werden, wie sie in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Phakoemulsifikationsvorrichtung (10), die folgendes umfaßt:
 ein Phakoemulsifikations-Handstück (30);
 Einrichtungen (32) zur Lieferung einer Irrigations- oder Spülflüssigkeit an das Handstück (30);
 eine Pumpe (14) mit veränderbarer Leistung, die in Strömungsmittel-Verbindung mit dem Handstück (30) angeschlossen ist, um durch Vakuum Irrigationsflüssigkeit von dem Handstück (30) abzusaugen;
 eine Leistungsquelle (16), die zur Lieferung von Ultraschall-Leistung an das Handstück (30) angeschlossen ist;
 einen Sensor (24), der in Strömungsmittel-Verbindung mit dem Handstück (30) angeschlossen ist, um Vakuumpegel in dem Handstück (30) zu messen;
dadurch gekennzeichnet, daß eine auf die gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück ansprechende Steuereinheit (12) zur Änderung der von der Leistungsquelle an das Handstück (30) gelieferten Ultraschall-Leistung vorgesehen ist.

2. Phakoemulsifikationsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, bei der die Steuereinheit (12) auf die gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück (30) anspricht, um das Impuls-Tastverhältnis der von der Leistungsquelle an das Handstück gelieferten Ultraschall-Leistung zu ändern.

3. Phakoemulsifikationsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, bei der die Steuereinheit (12) Folgendes umfaßt:

- (a) Einrichtungen (16) zur Lieferung von Ultraschall-Leistung mit einem ersten Impuls-Tastverhältnis, bis ein erster vorgegebener Leistungspegel in dem Handstück (30) überschritten ist,
- (b) Einrichtungen (16) zur Lieferung von Ultraschall-Leistung mit einem zweiten und größeren Impuls-Tastverhältnis, bis ein zweiter und größerer vorgegebener Leistungspegel in dem Handstück überschritten ist,
- (c) Einrichtungen (16) zur Lieferung von Ultraschall-Leistung mit einem dritten und noch größeren Impuls-Tastverhältnis, bis ein dritter und noch größere

rer vorgegebener Leistungspegel in dem Handstück überschritten ist, und

(d) Einrichtungen zur Lieferung von Ultraschall-Leistung mit einem Impuls-Tastverhältnis, das größer als das dritte Impuls-Tastverhältnis ist.

4. Phakoemulsifikationsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, bei der die Einrichtung (14) zur Lieferung der Irrigationsflüssigkeit an das Handstück (30) eine Mehrzahl von Irrigationsflüssigkeits-Zufuhreinrichtungen (32, 33), die in unterschiedlichen Höhen oberhalb des Phakoemulsifikations-Handstücks angeordnet sind, und Ventileinrichtungen (35) zur selektiven strömungsmäßigen Verbindung einer der Irrigationsflüssigkeits-Zufuhreinrichtungen mit dem Phakoemulsifikations-Handstück umfaßt, wobei die Ventileinrichtungen durch die Steuereinheit (12) gesteuert sind, und die Steuereinheit auf den gemessenen Vakuumpegel in dem Handstück anspricht, um zu bewirken, daß die Ventileinrichtungen selektiv strömungsmäßig eine der Irrigationsflüssigkeits-Zufuhreinrichtungen mit dem Handstück verbinden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

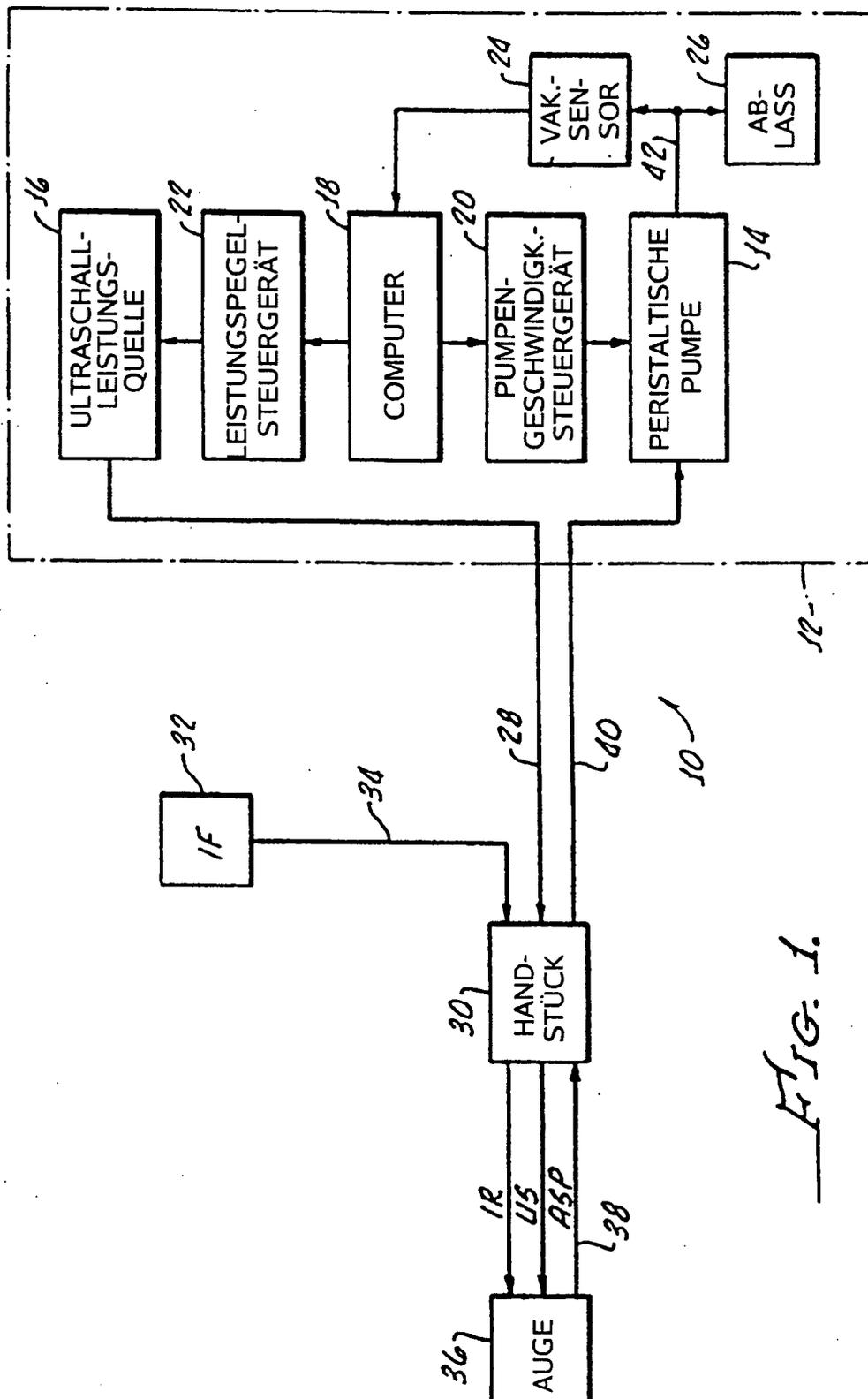
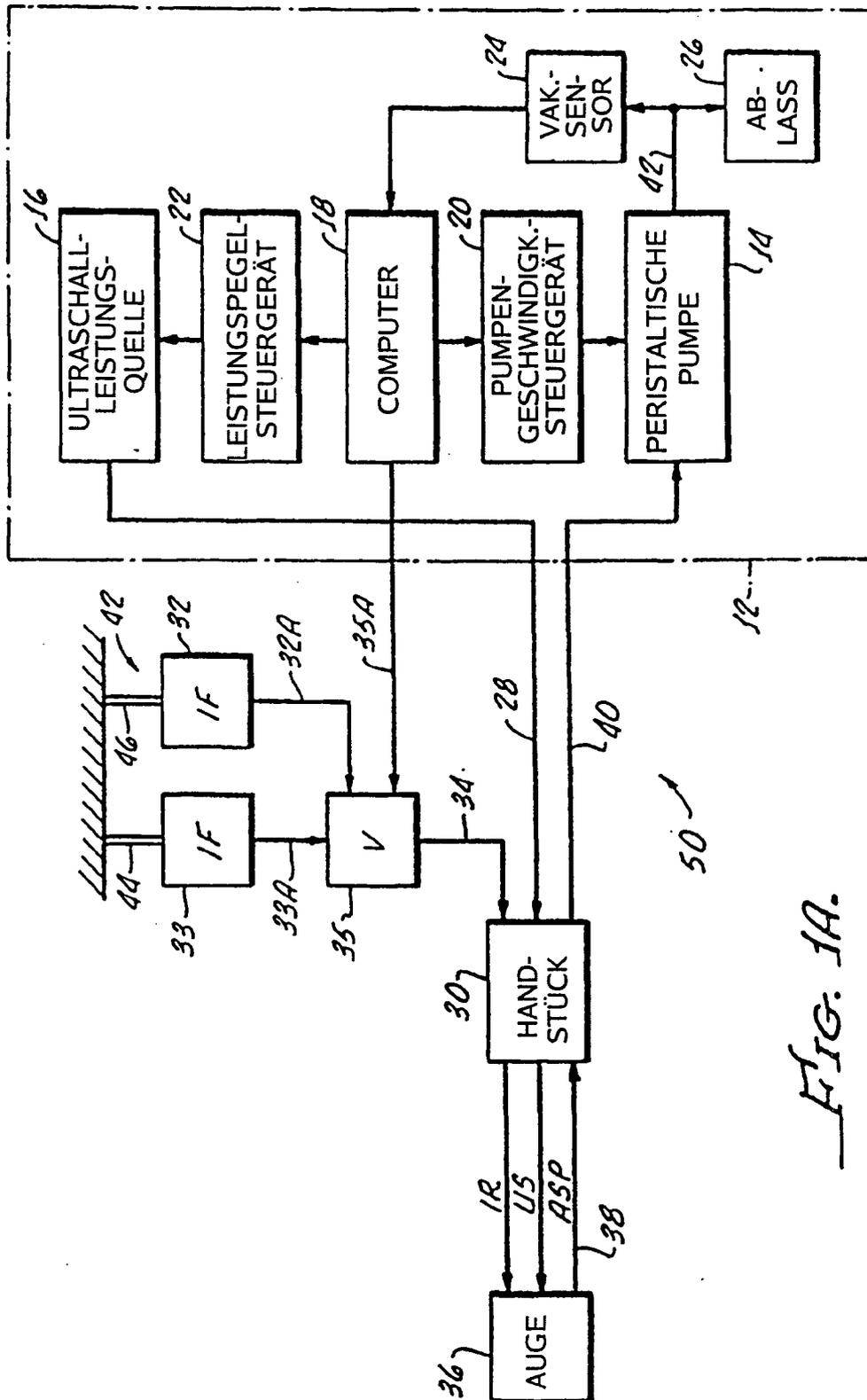


FIG. 1.



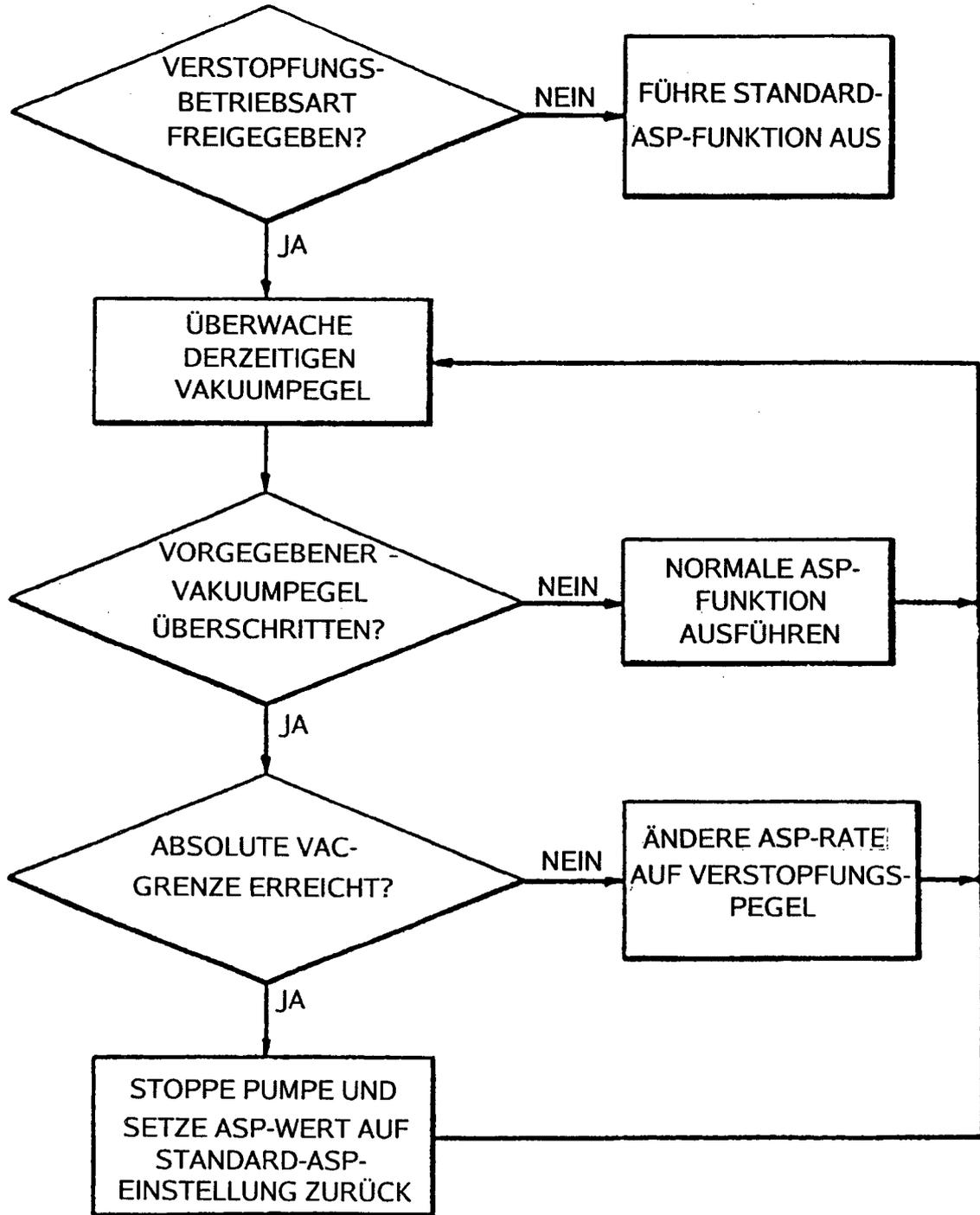


FIG. 2.

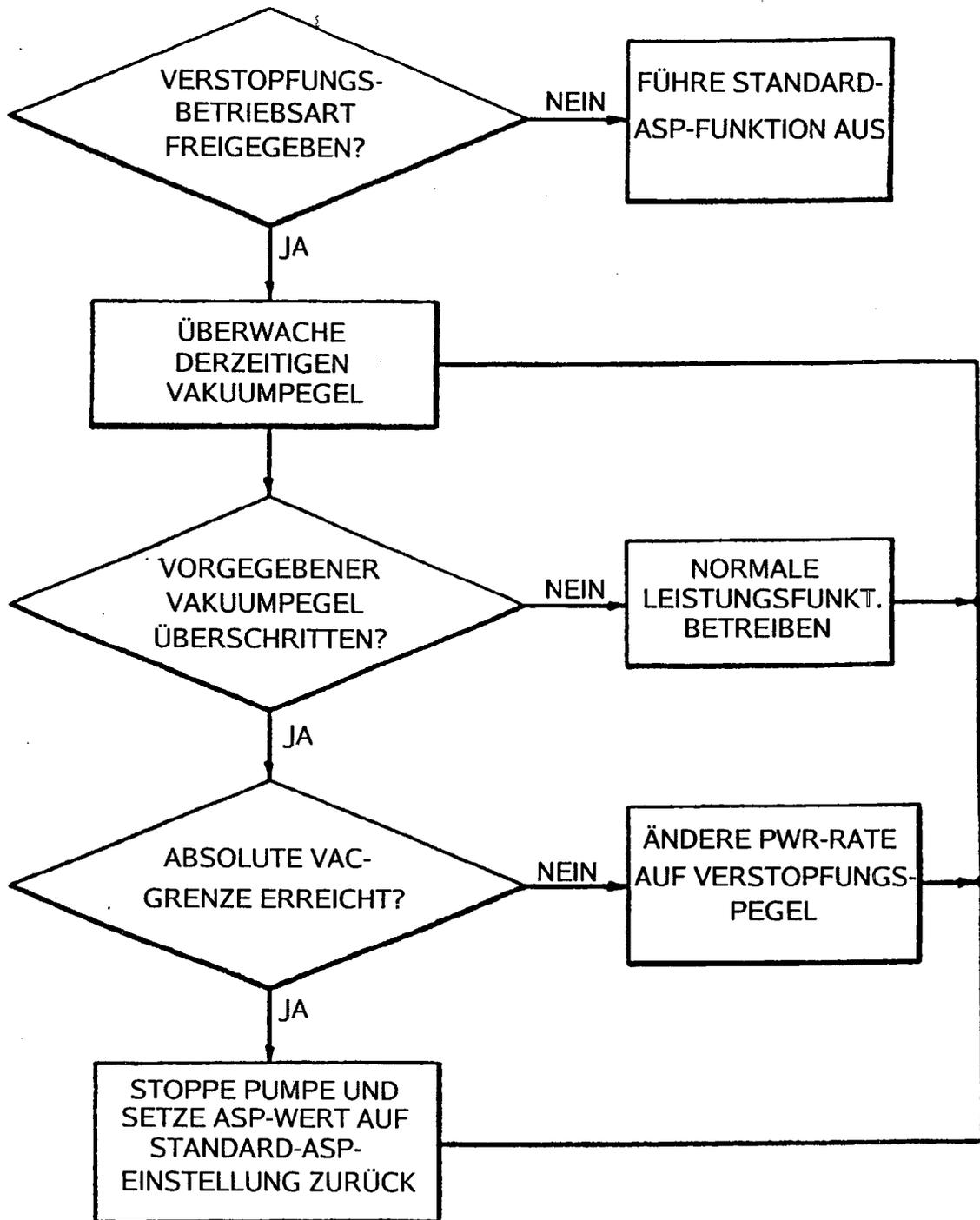


FIG. 3.

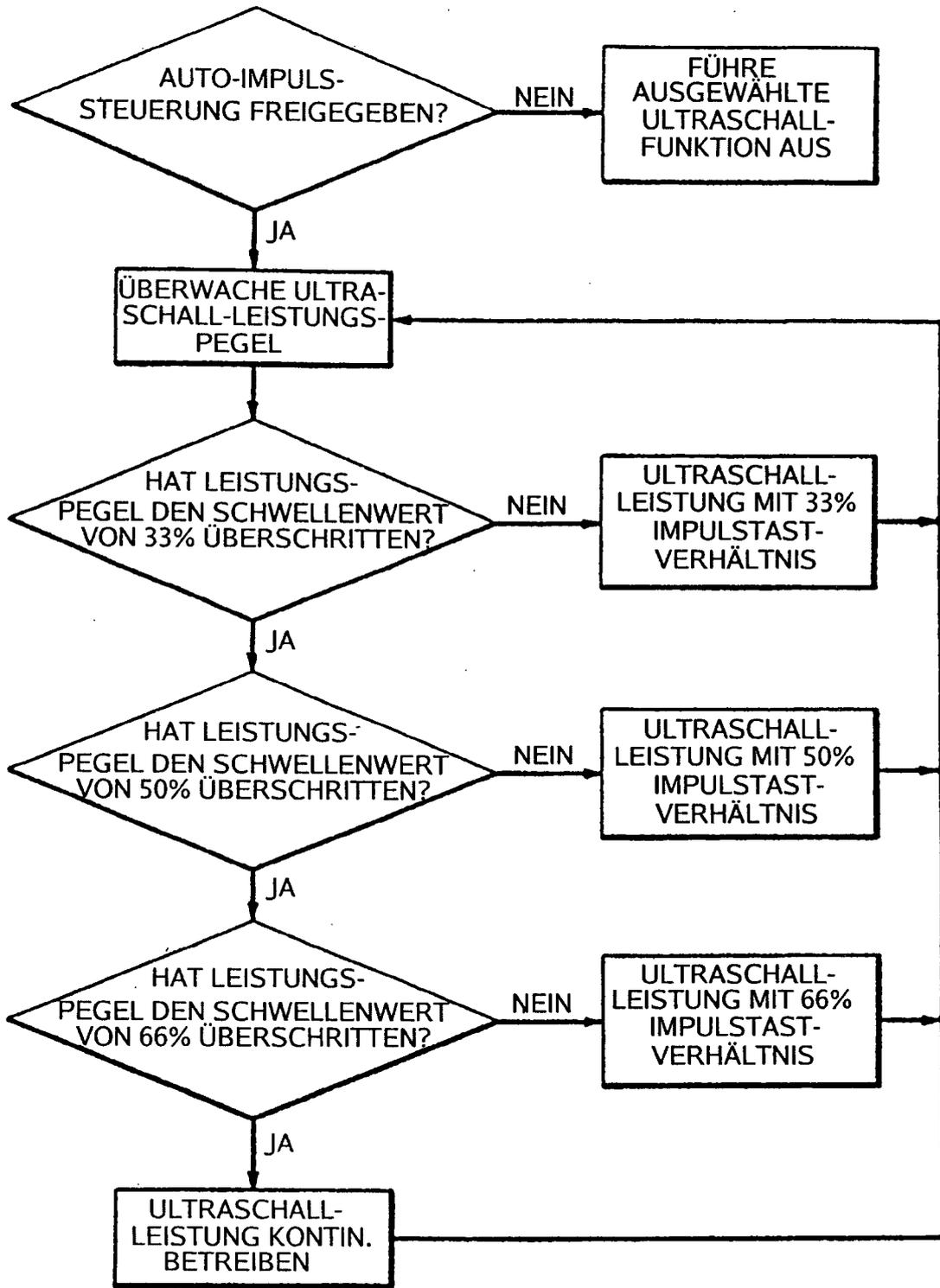


FIG. 4.

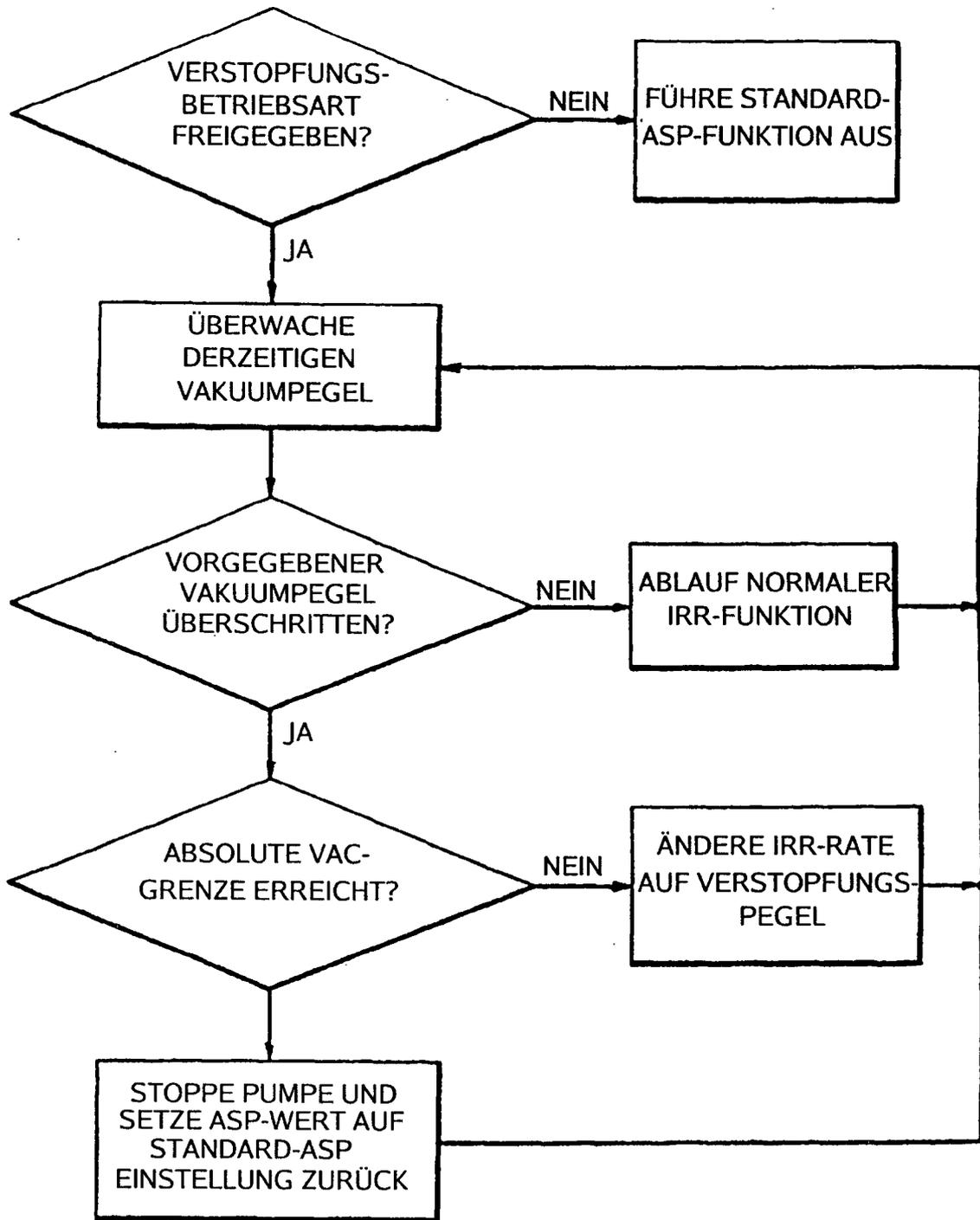


Fig. 5.