

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 84108750.5

51 Int. Cl.⁴: A 61 B 17/22

22 Anmeldetag: 24.07.84

30 Priorität: 03.08.83 DE 3328051

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.03.85 Patentblatt 85/10

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Berlin und München Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

72 Erfinder: **Pauli, Karlheinz, Dr.**
Unterer Grenzweg 3
D-8524 Neunkirchen(DE)

72 Erfinder: **Reichenberger, Helmut, Dr.**
Begonienstrasse 28
D-8501 Eckental(DE)

54 **Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen.**

57 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines Konkrements (23), z.B. eines Nierensteins im Körper (19) eines Patienten. Die Anwendung liegt hauptsächlich auf dem medizinischen Sektor. Mit Hilfe eines Stoßwellenrohres (1) wird über magnetische Kraftwirkung eine im wesentlichen ebene Stoßwelle erzeugt. Diese Stoßwelle wird durch eine akustische Sammellinse (15) fokussiert, wobei im Fokuspunkt (F) das zu zerstörende Konkrement (23) plaziert ist. Zur Ankopplung der Stoßwelle an den Patienten ist der Raum, den die Stoßwelle durchläuft, mit einem Ankoppelmedium (14), z.B. mit Wasser, gefüllt. Das Stoßwellenrohr (1), die Sammellinse (15) und eine Feinregulierung (24) zum Verschieben der Sammellinse (15) gegenüber dem Stoßwellenrohr (1) sind auf einem Montagegestell allseitig schwenkbar angebracht. Diese Zertrümmerungseinrichtung mit Stoßwellenrohr (1) hat eine hohe Betriebssicherheit bezüglich Hochspannung, ist wartungsarm und besitzt wegen der Verwendung der Membran (11) und der Sammellinse (15) nur vernachlässigbare Abbildungsfehler.

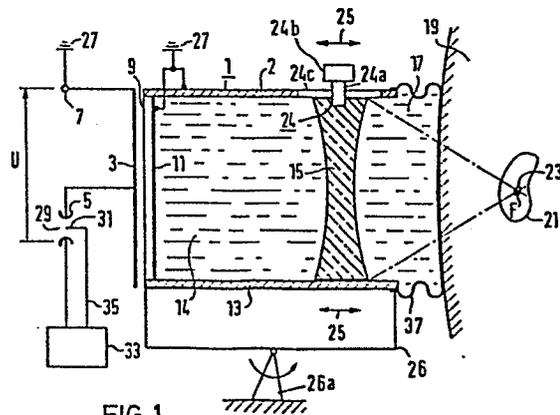


FIG 1

Siemens Aktiengesellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 83 P 3248 E

5 Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum berührungs-
losen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens be-
10 findlichen Konkrements mit einem Stoßwellengenerator,
der auf ein Zielgebiet im Körper ausrichtbar ist.

Einrichtungen dieser Art werden in der Medizin einge-
setzt, z.B. zum Zerstören von Steinen in der Niere des
15 Menschen. Sie sind besonders vorteilhaft, da sie jeg-
lichen Eingriff in den Körper vermeiden. Es ist nicht
notwendig, operativ vorzugehen. Auch das Heranführen von
Sonden und Geräten an das Konkrement entfällt. Eine Ge-
fährdung durch Infektionen oder Verletzungen, z.B. beim
20 Einführen der Sonde oder Operationen, kann beim berüh-
rungslosen Zertrümmern nicht auftreten.

Eine Einrichtung der eingangs erwähnten Art ist in der
DE-AS 23 51 247 beschrieben. Hier wird in einer Fokussie-
25 rungskammer, die als halbförmiger Rotationsellipsoid aus-
gebildet ist, in einem ersten Brennpunkt eine Funkenent-
ladung zwischen zwei Elektroden herbeigeführt. Diese ver-
ursacht eine Stoßwelle, deren Wellenfront sich nach allen
Seiten, d.h. kugelförmig ausbreitet. An der Wand des
30 Rotationsellipsoids werden die Wellen reflektiert. Sie
sammeln sich im zweiten Brennpunkt des Rotationsellipsoids.
In einem zweiten Brennpunkt in dem das Konkrement
plaziert ist, treffen die reflektierten Wellen gleich-
zeitig ein. Unter dem gebündelten Anprall der Stoßwellen
35 wird das Konkrement zerstört. Die Ankopplung zwischen der
einen Ellipsoidenhälfte und dem Körper, in welchem sich

das Konkrement befindet, geschieht über eine dünne Folie, die luftspaltlos am Körper anliegt. Die Fokussierungskammer ist mit Wasser gefüllt.

- 5 Diese Einrichtung bringt den Nachteil mit sich, daß Änderungen der Schockwellenenergie nur in geringen Grenzen und nur mit einem erheblichen apparativen Aufwand durch Änderung des Abstands der Unterwasserelektroden möglich sind. Weiterhin ist nachteilig, daß der gegenseitige Abstand der Elektroden zur Erzeugung von intensitätsstarken Schockwellen in der Regel einige Millimeter betragen muß, wodurch die Schockwellenquelle keine punktförmige Geometrie besitzt und Abbildungsfehler bei der Fokussierung entstehen können. Außerdem nutzen sich die Unterwasser-
10 elektroden bei jeder Entladung stark ab, so daß ihre Lebensdauer begrenzt ist, was eine regelmäßige Wartung der Einrichtungen erforderlich macht.

- Obengenannte Umstände sind bereits in der DE-OS
20 25 38 960 erkannt. Gemäß dieser Druckschrift können die zitierten Nachteile dadurch behoben werden, daß anstelle der Funkenstrecke ein außerhalb der Fokussierungskammer befindlicher Riesenimpulslaser eingesetzt wird. Dessen Strahl wird durch einen Strahlteiler aufgeweitet und dann
25 durch ein in der Wand der Fokussierungskammer befindliches Linsensystem in einem Brennpunkt der rotationselliptischen Fokussierungskammer vereinigt. Hier wird eine Schockwelle ausgelöst, z.B. durch Konzentration des Energiebündels auf einen absorbierenden Stift oder eine
30 stark absorbierende Flüssigkeit. Auch bei dieser Einrichtung wird ein schwierig herzustellender rotationselliptischer Reflexionskörper verwendet. Außerdem ist der Wirkungsgrad einer solchen Einrichtung mit Laser als gering anzusehen. Die Einrichtung nach der DE-AS
35 23 51 247 bringt außerdem den Umstand mit sich, daß

der Körper des Patienten nur durch die Koppelfolie, die am Körper anliegt, und durch das Wasser in der Einrichtung von der Hochspannungsfunkenstrecke getrennt ist. Beschädigungen der Koppelfolie bergen ein gewisses Risiko für den Patienten in sich.

In der DE-OS 29 02 331 ist ein Gerät zur transkutanen, unblutigen Verödung von kleinen retikulären und Besenreiser-Varicen beschrieben. Als Wellengenerator sind gleichzeitig ansteuerbare Ultraschallelemente verwendet, die parabolisch angeordnet sind, damit sich ihre Schallenergien in einem Brennpunkt treffen, in dem die zu zerstörende Varice plaziert ist. Die gesamte Anordnung der Ultraschallelemente ist mittels eines Schneckentriebes und einer Stellschraube längsverschiebbar. Hierdurch können verschiedene Abstände des Brennpunkts vom Applikatorende eingestellt werden. Bei diesem Gerät ist die Leistung der Ultraschallkristalle zum Zertrümmern von Konkrementen im tiefen Innern eines menschlichen Körpers nicht ausreichend. Die genaue Einstellung der einzelnen Ultraschallschwinger sowohl hinsichtlich des Ortes als auch der Energie ist daher unkritisch. Ein Abschalten einzelner Ultraschallkristalle zwecks Einstellung der Ultraschallenergie im Brennpunkt ist nicht vorgesehen.

25

In der DE-OS 31 19 295 ist eine Einrichtung zum Zerstören von Konkrementen in Körperhöhlen unter Zuhilfenahme eines großflächigen Ultraschallwandlers als Schwingungserzeuger beschrieben. Es kommt ein fokussierender Ultraschallwandler mit einer Pulsspitzenleistung von wenigstens 100 kW zur Anwendung. Hier besteht die Möglichkeit, verschiedene Zonen des Körpers, die auf dem Schallweg zum Konkrement liegen und dabei stören, durch Verändern der Abstrahlfläche auszublenden. Es wird auch eine Ausführungsform dargestellt, bei der einzelne ringförmige Ultraschallelemente, die den Wandler bilden, auf

35

einer Kugeloberfläche angeordnet sind. Über eine Veränderung der Leistung entsprechend der Art und Tiefenlage des Konkrements ist nichts ausgesagt. Außerdem dürfte der Aufwand für eine solche Einrichtung, insbesondere im Hinblick auf die Ausbildung der ringförmigen Ultraschallelemente, beträchtlich sein.

Außerdem ist anzumerken, daß bei solchen Ultraschallgeräten nur begrenzte Spitzenleistungen der abgestrahlten Schallenergie möglich sind. Darüber hinaus ist bei einem solchen Gerät eine große Anzahl von Ultraschallwandlern erforderlich, was hohen Montage- und Steuer-
aufwand erfordert. Außerdem ist bei Ultraschallwandlern ein unerwünschtes pulsförmiges Unterschwingen zu beobachten, das nur mit erheblichem Aufwand zu reduzieren ist.

In der Zeitschrift Akustische Beihefte, 1962, Heft 1, Seiten 185 - 202, ist der Aufbau eines sogenannten "Stoßwellenrohres", wie es im Prinzip in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, beschrieben. Vor einer Flachspule, durch eine Isolierfolie getrennt, befindet sich eine Kupfermembran. An diese Kupfermembran schließt ein mit Wasser gefülltes Rohr an. Durch Anlegen einer Spannung im Bereich 2 - 20 kV an die Flachspule wird in der Kupfermembran ein Magnetfeld induziert, welches Abstoßkräfte bewirkt, die die Membran von der Spule schlagartig wegdrücken. Hierdurch entsteht eine ebene Schockwelle, die im wassergefüllten Rohr zu einer steilen Stoßwelle wird und am Rohrende für Experimente zur Verfügung steht. Eingesetzt wird ein solches Stoßwellenrohr z.B. zu Stoffuntersuchungen in der Chemie.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, bei einer Einrichtung der eingangs genannten Art die Betriebssicher-

heit zu erhöhen, eine Abbildung auf ein Zielgebiet mit möglichst kleinem Abbildungsfehler zu erhalten und Wartungsarbeiten zu reduzieren.

- 5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Stoßwellengenerator ein an sich bekanntes, im wesentlichen eine ebene Stoßwelle erzeugendes Stoßwellenrohr vorgesehen ist, und daß dem Stoßwellenrohr eine Linsenordnung zugeordnet ist, welche die Stoßwelle auf einen Fokuspunkt im Zielgebiet fokussiert.

Da diese Einrichtung einen Stoßwellengenerator verwendet, der ebene Wellen erzeugt, müssen die nur aus einer Richtung kommenden Stoßwellen gebündelt und fokussiert werden. Hierbei sind Abbildungsfehler weniger wahrscheinlich, als wenn von einer Funkenstrecke ausgehende, in alle Richtungen laufende Kugelwellen fokussiert werden müssen. Die zeitliche und räumliche Reproduzierbarkeit der Stoßwelle ist bei Erzeugung mit einem Stoßwellenrohr im Vergleich zur Erzeugung mit einer Funkenstrecke wesentlich verbessert. Außerdem entfallen Wartungsarbeiten, die durch Verschleiß und Abbrand der Elektroden einer Funkenstrecke anfallen. Denn ein Stoßwellenrohr erzeugt die Stoßwellen mit Hilfe elektromagnetischer Kräfte und benötigt keine Funkenstrecke.

Ein Stoßwellenrohr ist so aufgebaut, daß es am einen Ende eines mit Flüssigkeit, bevorzugt mit Wasser gefüllten Rohres eine Kupfermembran enthält, die durch eine Isolierfolie getrennt, vor einer Flachspule angeordnet ist. Aufgrund eines Stromimpulses in der Flachspule wird die Kupfermembran von dieser abgestoßen und erzeugt dabei die Stoßwelle in der Flüssigkeit. Die Kupfermembran selber und das an sie anschließende Rohrstück werden in der Regel auf ein gemeinsames Bezugs-

potential gelegt, d.h. sie sind geerdet. Es liegt also keine Hochspannung an dem die Stoßwelle leitenden Koppelmedium an, wodurch die elektrische Sicherheit von Patient und Personal erhöht ist.

5

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen in Verbindung mit den Unteransprüchen. Es zeigen:

10

Fig. 1 einen seitlichen Schnitt durch eine Zertrümmerungseinrichtung nach der Erfindung, mit einer Sammellinse, und

15

Fig. 2 einen seitlichen Schnitt durch eine Zertrümmerungseinrichtung nach der Erfindung mit einem System akustischer Linsen.

In Figur 1 ist ein an sich bekanntes Stoßwellenrohr 1, bestehend aus einem Mantel 2, aus einer Flachspule 3 mit zwei elektrischen Anschlüssen 5 und 7, aus einer Isolierfolie 9, aus einer Kupfermembran 11 und aus einem metallischen Rohrstück 13, vor einer akustischen Sammellinse 15, die einen Brennpunkt F besitzt plazierte. Das Rohrstück 13 ist mit einer Flüssigkeit 14, z. B. Wasser gefüllt.

Über ein Koppelmedium 17 mit wasserähnlichen akustischen Eigenschaften ist das Stoßwellenrohr 1 an einen Körper 19 angekoppelt. Der Körper 19 z.B. ein Patient, hat in seiner Niere 21 ein Konkrement 23 z.B. einen Nierenstein.

Die Sammellinse 15 ist über eine Feinregulierung 24 mit Bolzen 24a und Feststellrad 24b in Richtung eines Doppelpfeils 25 relativ zum Mantel 2 des Stoßwellenrohrs 1 verschiebbar. Der Bolzen 24a wird dabei in einer schlitzförmigen Aussparung 24c im Mantel 2 geführt.

Das Stoßwellenrohr 1, die Sammellinse 15 und die Feinregulierung 24 sind auf einem gemeinsamen Gestell, Stativ oder einer Montageplatte 26 montiert. Diese Montageplatte ist auf einem Lager 26a angebracht, welches allseitig
5 schwenkbar und in allen Raumrichtungen verschiebbar ist. Dadurch kann das Stoßwellenrohr 1 auf das Konkrement 23 so ausgerichtet werden, daß der Brennpunkt F im Konkrement 23 liegt.

10 Die Kupfermembran 11 und das Rohrstück 13 sind elektrisch an ein Schutzpotential wie Erde 27 gelegt, ebenso der Anschluß 7 der Flachspule 3. Der andere Anschluß 5 der Flachspule 3 ist über einen Schalter 29, der einen Hilfskontakt 31 umfaßt, in eine Versorgungs- und Steuer-
15 einheit 33 geführt.

Über eine (nicht gezeigte) Kondensator/Widerstandsschaltung wird in der Versorgungs- und Steuereinheit 33 eine Hochspannung U erzeugt. Diese kann mehrere,
20 Kilovolt, z.B. 20 kV betragen. Die Spannung U kann dabei einstellbar sein. Ein Steuersignal, welches von der Versorgungs- und Steuereinheit 33 über eine Steuerleitung 35 an den Hilfskontakt 31 gegeben wird, bewirkt das Schließen des Schalters 29. Ein Teil der in dem
25 (nicht gezeigten) Kondensator der Versorgungs- und Steuereinheit 33 gespeicherten Energie entlädt sich dabei schlagartig in die Flachspule 3, die sehr schnell ein magnetisches Feld aufbaut. In der Kupfermembran 11 wird ein Strom induziert, der dem Strom in der Flachspule entgegengerichtet ist und ein magnetisches Gegenfeld erzeugt. Durch die Kraftwirkung des Gegenfeldes wird die Kupfermembran 11 von der Flachspule 3 weggeschlagen. Dieses Wegschlagen der Kupfermembran 11 erzeugt eine ebene Stoßwelle, d.h. eine schlagartige Kompression in
30 der der Membran 22 vorgelagerten Flüssigkeit 14. Diese Stoßwelle zeigt einen steilen Druckanstieg, z.B. auf

200 bar. Die Druckwelle gewinnt in ihrem Lauf durch das Rohrstück 13, die Sammellinse 15 und dem Körper 19 des Patienten noch an Steilheit. Nach dem Durchgang durch die Sammellinse 15, ist die Stoßwelle so geformt, daß sie im Brennpunkt F konvergiert. Dort ist das Konkrement 23 plaziert, und die fokussierte Stoßwelle gibt einen Teil ihres Energieinhalts durch Zug- oder Druckkräfte an das im Vergleich zur Umgebung spröde Konkrement 23 ab. Diese Kräfte zerlegen das Konkrement 23 in mehrere Teile und bewirken so seine Zertrümmerung.

Je nach Größe und Konsistenz des Konkrementes 23 muß dieser Einstrahlvorgang mehrmals wiederholt werden.

Diese erläuterte Zertrümmerungseinrichtung bietet den beachtlichen Vorteil, daß die geerdete Kupfermembran 11 und das geerdete Rohrstück 13 keine Gefahrenquelle für den Patienten 19 oder das Bedienungspersonal darstellen. Die elektrische Sicherheit der Einrichtung kann für das Bedienungspersonal durch eine (nicht gezeigte) zusätzliche isolierende Umhüllung, z.B. in Form einer Kunststoffbeschichtung der äußeren Fläche des Mantels 2, noch gesteigert werden. Bei Verwendung eines mit dem Koppelmedium 17 gefüllten Sacks 37 an der Eintrittsstelle der Stoßwelle in den Patienten 19 ergibt sich eine doppelte Sicherheit für den Patienten 19 vor der elektrischen Hochspannung. Diese Sicherheit wird zum einen durch die isolierende Sackwand und zum anderen durch die Isolierfolie 9 vor der Flachspule 3 bestimmt.

Der Schalter 29 kann im Übrigen in der Versorgungs- und Steuereinheit 33 integriert sein. Er kann auch von der Stoßwellenrohranordnung entfernt gelegen sein. Da zum Auslösen nicht notwendigerweise eine Funkenstrecke verwendet werden muß, es kommen nämlich z.B. auch Vakuum-

oder neuerdings auch SF6-Schalter in Frage, entfallen aufwendige Wartungs- und Betriebsarbeiten, die mit der Funkenstrecke verbunden wären.

5 Die Figur 2 zeigt ein an sich bekanntes Stoßwellenrohr 1
dem ein System 40 akustische Linsen zur Abbildung einer
ebenen Stoßwelle auf ein Konkrement 23 im Körper eines
Patienten 19 zugeordnet ist. Das System 40 akustische
Linsen besteht aus einer Zerstreuungslinse 42, einem Kon-
10 densator 44 und einer Sammellinse 46 mit einem Brennpunkt
F. Das bevorzugte Material für das System 40 der
akustischen Linsen ist Acrylglas oder Polystyrol. Die
im Stoßwellenrohr 1 erzeugte ebene Stoßwelle wird durch
die Zerstreuungslinse 42 in ihrem Querschnitt aufge-
15 weitet. Durch den Kondensator 44 wird die Stoßwelle
parallel gerichtet und durch die Sammellinse 46 auf
den Brennpunkt F fokussiert.

Die zu Figur 1 beschriebenen Ausgestaltungen des Stoß-
20 wellenrohrs 1 und der Haltevorrichtung gelten auch für
diese Ausführungsform des Abbildungssystems. So ist hier
das gesamte System 40 akustischer Linsen relativ zum
Stoßwellenrohr 1 in axialer Richtung des Doppelpfeils
25 verschiebbar.

25 Vorteil dieses Ausführungsbeispiels ist, daß die Stoß-
welle über einen größeren Querschnitt der Körperober-
fläche in den Körper 19 des Patienten eintritt. Hier-
durch ist es möglich die Energiedichte im Gewebe des
30 Patienten, insbesondere an der Körperoberfläche 48 klein
zu halten.

9 Patentansprüche

2 Figuren

Patentansprüche

1. Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements mit
5 einem Stoßwellengenerator, der auf ein Zielgebiet im Körper ausrichtbar ist, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß als Stoßwellengenerator ein an sich bekanntes, im wesentlichen eine ebene Stoßwelle erzeugendes Stoßwellenrohr (1) vorgesehen ist, und daß dem
10 Stoßwellenrohr (1) eine Linsenanordnung (15; 40) zugeordnet ist, welche die Stoßwelle auf einen Fokuspunkt (F) im Zielgebiet (23) fokussiert.
2. Zertrümmerungseinrichtung nach Anspruch 1, d a -
15 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zum Ausrichten des Stoßwellenrohrs (1) auf das Zielgebiet (23) eine mechanische Einrichtung vorgesehen ist.
3. Zertrümmerungseinrichtung nach Anspruch 2, d a -
20 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die mechanische Einrichtung einen Feintrieb (24) umfaßt, der zum Verstellen der Tiefe des Fokuspunktes (F) im Körper (19) dient.
- 25 4. Zertrümmerungseinrichtung nach Anspruch 2, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die mechanische Einrichtung einen Feintrieb (26, 26a) umfaßt, der zum Verstellen des Fokuspunktes (F) senkrecht zur Abstrahlrichtung der Stoßwelle dient.
- 30 5. Zertrümmerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Linsenanordnung eine einzelne akustische Sammellinse (15) ist (Figur 1).

6. Zertrümmerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung ein Linsensystem (40) bestehend aus mehreren akustischen Linsen, ist.

5

7. Zertrümmerungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Linsensystem (40) aus einer akustischen Zerstreuungslinse (42), aus einem Kondensator (44) und einer
10 akustischen Sammellinse (46) besteht (Figur 2).

8. Zertrümmerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (15; 40) als Abschluß des Stoßwellenrohrs (1) vorgesehen ist.
15

9. Zertrümmerungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Mantel (2) des Stoßwellenrohrs (1) elektrisch auf ein Schutzpotential (27) gelegt ist.
20

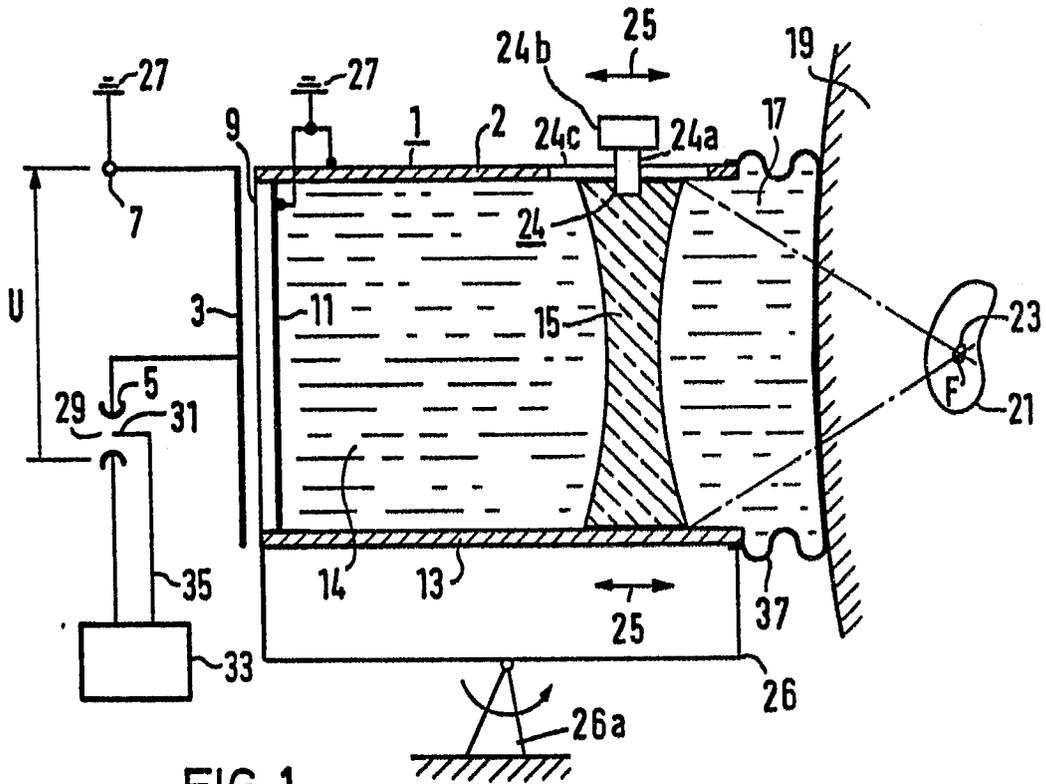


FIG 1

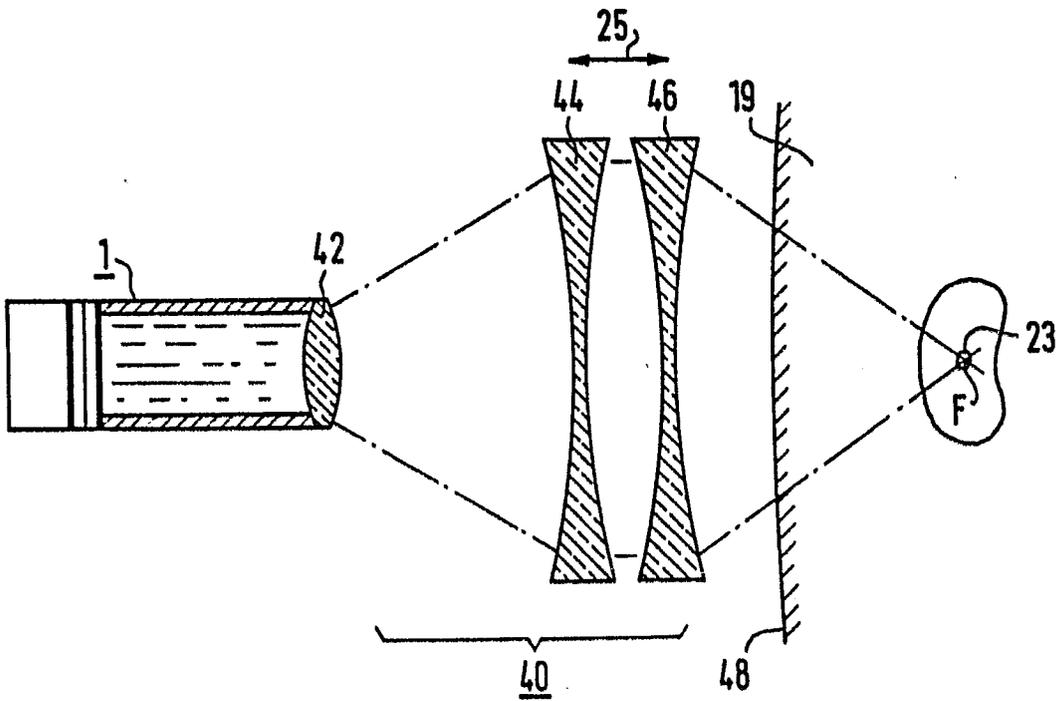


FIG 2