

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. Dezember 2023 (14.12.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/237286 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A61F 9/007 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/062726

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2023 (12.05.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 114 354,6
08. Juni 2022 (08.06.2022) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS MEDITEC AG** [DE/DE]; Goe-
schwitzer Strasse 51 - 52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: **MADLINGER, Philipp**; c/o Carl Zeiss AG -
Patentabteilung, Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen

(DE). **LAICHER, Sonja**; c/o Carl Zeiss AG - Patentabtei-
lung, Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE). **DIE-
KOW, Christian**; c/o Carl Zeiss AG - Patentabteilung,
Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(74) **Anwalt: CARL ZEISS AG - PATENTABTEILUNG**;
Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) **Title:** METHOD FOR DETECTING CONTACT OF A PARTICLE, CONSOLE OF AN OPHTHALMIC SURGICAL SYSTEM, AND OPHTHALMIC SURGICAL SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM DETEKTIEREN EINES KONTAKTS EINES PARTIKELS, KONSOLE EINES OPHTHALMOCHIRURGISCHEN SYSTEMS SOWIE OPHTHALMOCHIRURGISCHES SYSTEM

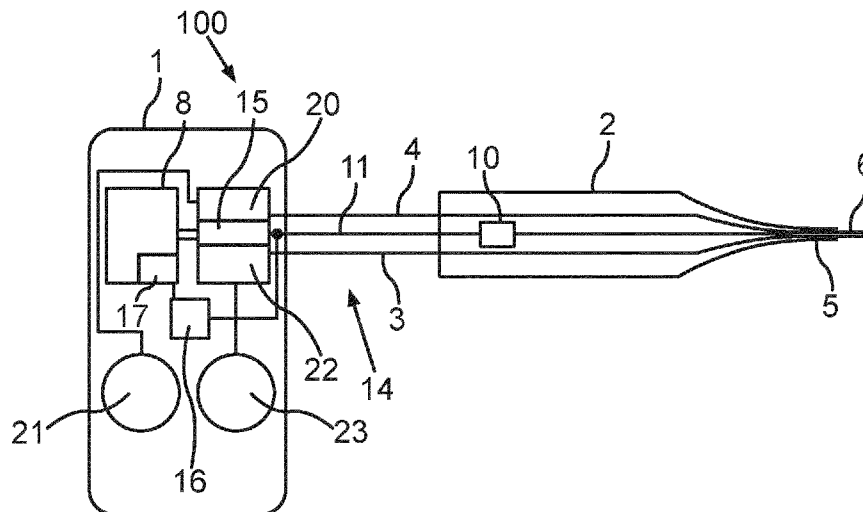


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for detecting contact of a particle (19) that makes contact with a treatment needle (6) of an ophthalmic surgical handpiece (2), wherein the treatment needle (6) can be driven in oscillation by means of an electric drive unit (10), for which purpose an electric drive signal that alternates over time is at least intermittently applied to the electric drive unit (10) by a generator unit (15). According to the invention, in a low-oscillation state of the treatment needle (6), in which the treatment needle (6) oscillates with at most a first oscillation amplitude (A1), an electrical contact signal (35) of the electric drive unit (10) is detected on the basis of a second oscillation amplitude (A2) of the treatment needle (6), wherein the second oscillation amplitude (A2) is greater than the first oscillation amplitude (A1), the detected electrical contact signal is evaluated, and the contact of the particle (19) with the treatment needle (6) is determined on the basis of the evaluation.



WO 2023/237286 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren eines Kontakts eines Partikels (19), welches eine Behandlungsnadel (6) eines ophthalmochirurgischen Handstücks (2) kontaktiert, wobei die Behandlungsnadel (6) mittels einer elektrischen Antriebseinheit (10) schwingend antreibbar ist, zu welchem Zweck die elektrische Antriebseinheit (10) zumindest zeitweise durch eine Generatoreinheit (15) mit einem zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignal beaufschlagt wird. Erfindungsgemäß wird in einem schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel (6), in welchem die Behandlungsnadel (6) mit einer maximal ersten Schwingungsamplitude (A1) schwingt, ein elektrisches Kontaktsignal (35) der elektrischen Antriebseinheit (10) aufgrund einer zweiten Schwingungsamplitude (A2) der Behandlungsnadel (6) erfasst, wobei die zweite Schwingungsamplitude (A2) höher ist als die erste Schwingungsamplitude (A1), das erfasste elektrische Kontaktsignal ausgewertet und abhängig vom Auswerten der Kontakt des Partikels (19) mit der Behandlungsnadel (6) bestimmt.

Verfahren zum Detektieren eines Kontakts eines Partikels, Konsole eines ophthalmochirurgischen Systems sowie ophthalmochirurgisches System

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren eines Kontakts eines Partikels, welches eine Behandlungsnadel eines ophthalmochirurgischen Handstücks kontaktiert. Die Behandlungsnadel ist mittels einer elektrischen Antriebseinheit schwingend antreibbar, zu welchem Zweck die elektrische Antriebseinheit zumindest zeitweise durch eine
10 Generatoreinheit mit einem zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignal beaufschlagt wird. Die Erfindung betrifft ferner eine Konsole eines ophthalmochirurgischen Systems zum Betreiben eines ophthalmochirurgischen Handstücks, das an die Konsole anschließbar ist und eine Behandlungsnadel sowie eine elektrische Antriebseinheit zum schwingenden Antreiben der Behandlungsnadel aufweist. Die Konsole weist wenigstens eine
15 Generatoreinheit zum Bereitstellen eines zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignals für die elektrische Antriebseinheit auf. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein ophthalmochirurgisches System zur Behandlung eines Auges, mit zumindest einem ophthalmochirurgischen Handstück zum Bearbeiten einer Augenlinse. Das ophthalmochirurgische Handstück weist eine Behandlungsnadel und eine elektrische Antriebseinheit zum schwingenden Antreiben der Behandlungsnadel auf. Das
20 ophthalmochirurgische System weist ferner eine Konsole zum Betreiben des ophthalmochirurgischen Handstücks auf, an die das ophthalmochirurgische Handstück zumindest in einem bestimmungsgemäßen Betrieb anschließbar ist. Die Konsole weist eine mit dem Handstück koppelbare Generatoreinheit zum Bereitstellen eines zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignals für die elektrische Antriebseinheit des
25 Handstücks auf.

Ophthalmochirurgische Systeme, Konsolen und Handstücke hierfür sowie auch Verfahren zum Detektieren eines Kontakts eines Partikels dienen unter anderem der Behandlung
30 einer Linsentrübung einer Augenlinse eines Auges bei einem Lebewesen, zum Beispiel einem Menschen oder einem Tier. Linsentrübungen werden in der Medizin unter anderem als Katarakt oder auch als Grauer Star bezeichnet. Eine Behandlungsmöglichkeit der Linsentrübung sieht vor, dass die natürliche Linse des Auges durch eine künstliche Linse ersetzt wird. Eine Technologie zur Behandlung der Linsentrübung ist zum Beispiel die

Phakoemulsifikation. Die Phakoemulsifikation kann mittels des ophthalmochirurgischen Systems durchgeführt werden.

5 Eine wichtige Baugruppe zur Durchführung der Phakoemulsifikation ist das ophthalmochirurgische Handstück, welches im Folgenden lediglich als Handstück bezeichnet wird. Das Handstück umfasst eine Behandlungsnadel, die mit einer Antriebseinheit des Handstücks mechanisch verbunden ist. Im bestimmungsgemäßen Betrieb wird die Behandlungsnadel mittels der Antriebseinheit schwingend angetrieben. Der Antrieb erfolgt in der Regel derart, dass eine Spitze der Antriebsnadel mechanische
10 Schwingungen im Ultraschallbereich ausführt, beispielsweise in einem Bereich von etwa 10 kHz bis etwa 80 kHz. Durch einen Kontakt einer Nadelspitze der Behandlungsnadel mit der auszutauschenden beziehungsweise zu ersetzenden natürlichen Augenlinse wird diese emulsifiziert, das heißt, zertrümmert, wobei Linsenfragmente beziehungsweise Partikel freigesetzt werden. Während der Behandlung im Rahmen der Phakoemulsifikation wird
15 dem Auge in der Regel eine Irrigationsflüssigkeit zugeführt. Zugleich wird aus einem Operationsbereich des Auges ein Aspirationsfluid abgeführt. Zu diesem Zweck ist die Behandlungsnadel in der Regel als Hohl-nadel ausgebildet, wodurch ein Teil einer Aspirationsleitung bereitgestellt werden kann, die in einem Bereich der Nadelspitze mündet. Die bei der Emulsifikation der Augenlinse freigesetzten Partikel werden zusammen mit der
20 Aspirationsflüssigkeit über die Aspirationsleitung aus dem Operationsbereich abgeführt. Nachdem die natürliche Augenlinse auf diese Weise entfernt worden ist, wird an deren Stelle eine künstliche Augenlinse eingesetzt. Dadurch kann die Behandlung am Auge im Wesentlichen abgeschlossen und eine Sehfähigkeit zumindest teilweise wiederhergestellt werden.

25 Es ist bekannt, dass aufgrund der mechanischen Ultraschallbewegung der Behandlungsnadel unter anderem durch Reibung während der Behandlung am Auge Wärme erzeugt werden kann. Dies kann einerseits den Wirkungsgrad in Bezug auf die Emulsifikation der natürlichen Augenlinse reduzieren und andererseits zu einem
30 unerwünscht großen lokalen Wärmeeintrag im Auge führen, der zu irreversiblen Schäden am Auge führen kann. Ferner kann, insbesondere bei longitudinalen Schwingungen der Nadelspitze der Behandlungsnadel, eine Abstoßung von heranzuspülenden oder bereits anhaftenden Linsenfragmenten beziehungsweise Partikeln auftreten. Hierdurch kann sich die erforderliche Zeitdauer der Operation erhöhen, wodurch ebenfalls ein zur Wärmebildung

führender Energieeintrag ins Auge erhöht sein kann. In diesem Zusammenhang offenbart zum Beispiel die DE 10 2010 047 009 A1 eine Steuerungsvorrichtung für ein ophthalmochirurgisches System, welches es ermöglicht, eine Leistung der Antriebseinheit abhängig von Partikeleigenschaften der Partikel zu steuern, die mittels eines optischen Systems bestimmt worden sind.

Gemäß der Lehre der DE 10 2010 047 009 A1 ist ein separates optisches System erforderlich, welches darüber hinaus eine Bildverarbeitung erfordert, sodass die Partikeleigenschaften bestimmt werden können, um abhängig davon die zugeführte Ultraschallenergie zum Handstück zu steuern. Wenn die Bildverarbeitung mit einer hohen Auflösung betrieben wird, kann dies eine relativ umfangreiche Signalverarbeitung erfordern, welche zu einer signifikanten Zeitverzögerung in Bezug auf eine Einstellgeschwindigkeit führen kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, eine Konsole sowie ein ophthalmochirurgisches System dahingehend weiterzubilden, dass unter anderem der Wärmeeintrag während einer durchzuführenden Behandlung am Auge weiter reduziert werden kann, wobei eine relativ schnelle und zuverlässige Behandlung am Auge erreichbar ist.

Als Lösung werden mit der Erfindung ein Verfahren, eine Konsole sowie ein ophthalmochirurgisches System gemäß den unabhängigen Ansprüchen vorgeschlagen.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich durch Merkmale der abhängigen Ansprüche.

In Bezug auf ein gattungsgemäßes Verfahren wird mit der Erfindung insbesondere vorgeschlagen, dass in einem schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel, in welchem die Behandlungsnadel mit einer maximal ersten Schwingungsamplitude schwingt, ein elektrisches Kontaktsignal der elektrischen Antriebseinheit aufgrund einer zweiten Schwingungsamplitude der Behandlungsnadel erfasst wird, wobei die zweite Schwingungsamplitude höher ist als die erste Schwingungsamplitude, das erfasste elektrische Signal ausgewertet wird und abhängig vom Auswerten der Kontakt des Partikels mit der Behandlungsnadel bestimmt wird.

In Bezug auf eine gattungsgemäße Konsole wird mit der Erfindung insbesondere vorgeschlagen, dass die Konsole eine elektrisch mit der Antriebseinheit koppelbare Detektionseinheit aufweist, wobei die Detektionseinheit geeignet ist, in einem schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel, in welchem die Behandlungsnadel mit
5 einer maximal ersten Schwingungsamplitude schwingt, ein elektrisches Kontaktsignal der elektrischen Antriebseinheit aufgrund einer zweiten Schwingungsamplitude, welche höher als die erste Schwingungsamplitude ist, zu erfassen. Ferner weist die Konsole eine Auswerteeinheit zum Auswerten des erfassten elektrischen Kontaktsignals und zum Bestimmen eines Kontakts eines Partikels mit der Behandlungsnadel abhängig vom
10 Auswerten auf.

In Bezug auf ein gattungsgemäßes ophthalmochirurgisches System wird mit der Erfindung insbesondere vorgeschlagen, dass die Konsole gemäß der Erfindung ausgebildet ist.

15 Die Erfindung basiert unter anderem auf dem Gedanken, dass ein schwingender Antrieb der Behandlungsnadel in der Regel nur dann erforderlich zu sein braucht, wenn die Behandlungsnadel im Kontakt mit der Augenlinse beziehungsweise einem Linsenfragment oder Partikel der zu ersetzenden Augenlinse ist. Mit der Erfindung wurde erkannt, dass die Antriebseinheit nicht nur unidirektional zum schwingenden Antreiben der
20 Behandlungsnadel genutzt werden kann, sondern sie kann unter anderem reversibel auch dazu genutzt werden, abhängig von einer Bewegung der Behandlungsnadel bei einem Kontakt mit dem Linsenfragment beziehungsweise Partikel ein elektrisches Kontaktsignal abzugeben. Dadurch kann der Kontakt des Linsenfragments beziehungsweise Partikels mit der Behandlungsnadel durch ein entsprechendes Auswerten eines durch die
25 Antriebseinheit entsprechend bereitgestellten elektrischen Kontaktsignals bestimmt werden. Dabei nutzt die Erfindung weiterhin die Erkenntnis, dass die Antriebseinheit in der Regel bidirektional betrieben werden kann. Das heißt, eine Beaufschlagung mit dem elektrischen Antriebssignal kann zu einer mechanischen Bewegung der Behandlungsnadel führen, wohingegen in umgekehrter Weise eine mechanische Bewegung der
30 Behandlungsnadel zu einem elektrischen Kontaktsignal führen kann. Die Erfindung nutzt demnach die Antriebseinheit nicht nur in Bezug auf eine Antriebsfunktionalität, sondern sie ermöglicht es, die Antriebseinheit zugleich auch in Bezug auf eine Sensorfunktionalität zu nutzen.

Die Erfindung nutzt unter anderem den Effekt, dass der Kontakt der Behandlungsnadel mit dem Partikel zu einer mechanischen Bewegung der Behandlungsnadel führt, die infolge der mechanischen Kopplung mit der Antriebseinheit das elektrische Kontaktsignal der Antriebseinheit zur Folge hat. Je nach Konstruktion der Antriebseinheit kann das elektrische Kontaktsignal zum Beispiel ein elektrischer Strom oder auch eine elektrische Spannung sein. Die Detektionseinheit ist entsprechend dem elektrischen Kontaktsignal angepasst ausgebildet, sodass das von der Antriebseinheit abgegebene elektrische Kontaktsignal zuverlässig erfasst werden kann. Entsprechendes gilt natürlich auch für das Antriebssignal, welches von der Generatoreinheit zur Verfügung gestellt wird. Das Antriebssignal ist ein zeitlich wechselndes elektrisches Antriebssignal, welches zum Beispiel eine zeitliche wechselnde elektrische Spannung, insbesondere eine elektrische Wechselspannung, oder auch ein zeitlich wechselnder elektrischer Strom, insbesondere ein elektrischer Wechselstrom, sein kann. Die Generatoreinheit ist entsprechend ausgebildet, um das Antriebssignal bereitstellen zu können.

Häufig handelt es sich bei dem elektrischen Antriebssignal um eine elektrische Wechselspannung, die mittels der Generatoreinheit bereitgestellt wird. Zu diesem Zweck kann die Generatoreinheit einen elektrischen Energiewandler beziehungsweise einen elektrischen Energieumformer nach Art eines Wechselrichters, eines Umrichters oder dergleichen aufweisen. Die elektrische Antriebseinheit kann als elektrostatische oder auch als elektromagnetische Antriebseinheit ausgebildet sein. Als elektrostatische Antriebseinheit kann die Antriebseinheit Piezo-basiert ausgebildet sein. Die Antriebseinheit kann zu diesem Zweck einen oder auch mehrere piezoelektrische Elemente aufweisen, die in geeigneter Weise mechanisch und elektrisch miteinander verbunden sind. Durch die hierdurch gebildete Piezo-basierte Antriebseinheit kann der Effekt genutzt werden, dass die piezoelektrischen Elemente, an die die elektrische Wechselspannung als elektrisches Antriebssignal angelegt wird, ihre mechanischen Abmessungen verändern, beispielsweise eine Lage oder dergleichen. Die Behandlungsnadel ist mit der Piezo-basierten Antriebseinheit mechanisch verbunden, sodass hierdurch die gewünschte Antriebswirkung im bestimmungsgemäßen Betrieb erreicht werden kann. Bei einer elektromagnetischen Antriebseinheit kann dagegen entsprechend ein elektromagnetisch-mechanischer Wandler vorgesehen sein, der zum Beispiel mittels eines Wechselstroms als elektrischem Antriebssignal beaufschlagt sein kann. Unter Nutzung eines magnetischen Wechselfeldes kann zum Beispiel ein magnetisierbarer Aktuator des Wandlers betätigt werden, um die

gewünschte mechanische Bewegung erzeugen zu können. Im allgemeinen weist die elektrische Antriebseinheit elektrische Anschlüsse auf, an denen sie mit dem elektrischen Antriebssignal beaufschlagt werden kann, damit die gewünschte mechanische Bewegung der Behandlungsnadel erreicht werden kann.

5

Die Generatoreinheit ist vorzugsweise eine elektronische Einheit, die dazu ausgebildet ist, die elektrische Steuergröße für die elektrische Antriebseinheit bereitzustellen. Zu diesem Zweck kann die Generatoreinheit eine elektronische Schaltung, zum Beispiel den Wechselrichter oder dergleichen, aufweisen. Darüber hinaus kann die Generatoreinheit natürlich auch eine Steuereinheit in Form einer Hardwareschaltung, insbesondere eine programmgesteuerte Rechneinheit, aufweisen, die ergänzend zur Hardwareschaltung oder auch alternativ hierzu vorgesehen sein kann. Die Generatoreinheit liefert somit das elektrische Antriebssignal. Die Generatoreinheit ist ausgebildet, das elektrische Antriebssignal zeitlich wechselnd bereitzustellen, vorzugsweise nach Art einer Schwingung.

10

Eine Frequenz der Schwingung ist vorzugsweise größer als etwa 10 kHz, besonders bevorzugt in einem Bereich von etwa 40 kHz. Abhängig von der Art der der Antriebseinheit zuzuführenden elektrischen Leistung kann zum Beispiel eine Amplitude der Schwingung mittels der Generatoreinheit eingestellt werden. Darüber hinaus besteht natürlich die Möglichkeit, das elektrische Antriebssignal auch getaktet bereitzustellen, beispielsweise nach Art einer Impulsfolge, beispielsweise eines Bursts und/oder dergleichen. Um eine bestimmte vorgebbare Art des Schwingens der Behandlungsnadel erreichen zu können, kann die Generatoreinheit das elektrische Antriebssignal auch mit mehreren Frequenzen sowie entsprechenden jeweiligen Amplituden und Phasenlagen zueinander bereitstellen.

20

Die Erfindung nutzt unter anderem den Gedanken, dass in einem schwingungsfreien oder schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel die Antriebseinheit das elektrische Kontaktsignal bereitzustellen vermag, sobald ein Kontakt mit dem Partikel erfolgt. Dadurch, dass die Detektionseinheit mit der elektrischen Antriebseinheit gekoppelt werden kann, kann das elektrische Kontaktsignal der Antriebseinheit mittels der Detektionseinheit erfasst werden. Daher sollte die Behandlungsnadel in Bezug auf das mittels des Antriebssignals bewirkte Schwingen soweit abgeklungen sein, dass das Kontaktsignal mittels der Detektionseinheit zuverlässig erfasst werden kann. Zu diesem Zweck kann zum Beispiel vorgesehen sein, dass das Abklingen des Schwingens der Behandlungsnadel nach Deaktivieren des Antriebssignals durch die Generatoreinheit erfasst wird und, sobald das

25

30

erfasste Signal kleiner als ein vorgegebener beziehungsweise vorgegebbarer Vergleichswert ist, das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals der Antriebseinheit in der Detektionseinheit aktiviert wird. Dadurch ist es möglich, ein Entkoppeln in Bezug auf die Antriebsfunktion und die Sensorfunktion der Antriebseinheit erreichen zu können. Die
5 Erfindung basiert unter anderem also gerade darauf, das Handstück außerhalb der bestimmungsgemäßen Nutzung während einer Behandlung zum Emulsifizieren der Augenlinse nach Art einer Sensoreinheit zu nutzen.

Der schwingende Zustand der Behandlungsnadel, der durch die Antriebseinheit bewirkt ist,
10 umfasst vorzugsweise nicht nur das Schwingen der Behandlungsnadel während der Beaufschlagung der Antriebseinheit mit dem elektrischen Antriebssignal der Generatoreinheit, sondern auch einen Abklingzeitraum, der sich an das Deaktivieren des elektrischen Antriebssignals durch die Generatoreinheit anschließt und in dem zumindest teilweise ein Abklingen des Schwingens der Behandlungsnadel stattfindet. In der Regel
15 wird die Behandlungsnadel nach Deaktivieren des elektrischen Antriebssignals noch für den endlichen Abklingzeitraum nachschwingen, bis aufgrund einer Dämpfung des Schwingens das Schwingen der Behandlungsnadel im Wesentlichen, vorzugsweise vollständig, abgeklungen ist. Insgesamt ermöglicht es die Erfindung, ohne zusätzliche Maßnahmen am ophthalmochirurgischen Handstück vorzunehmen, einen Kontakt des
20 Partikels an der Behandlungsnadel zu detektieren. Das bedeutet, dass das ophthalmochirurgische System, insbesondere die Konsole, mit vergleichbar geringem Aufwand nachgerüstet werden kann, um diese zusätzliche Funktionalität realisieren zu können. Der schwingungsarme Zustand bezeichnet einen Zustand, bei dem die Behandlungsnadel entweder nicht schwingt oder maximal eine erste
25 Schwingungsamplitude aufweist. Ein Kontakt eines Partikels mit der Behandlungsnadel führt zu einer zweiten Schwingungsamplitude der Behandlungsnadel, welche als elektrisches Kontaktsignal der elektrischen Antriebseinheit von der Auswerteeinheit erfasst wird, wobei die zweite Schwingungsamplitude höher als die erste Schwingungsamplitude ist. Während des schwingungsarmen Zustands ist die Antriebseinheit deaktiviert. Die
30 Behandlungsnadel wird demnach nicht schwingend angetrieben.

Das Auswerten des erfassten elektrischen Kontaktsignals kann das Auswerten eines Kurvenverlaufs, das Auswerten einer Periodendauer, das Auswerten einer Amplitude und/oder dergleichen umfassen. Das Auswerten kann mittels einer hierfür geeigneten

elektronischen Auswerteeinheit erfolgen, die zu diesem Zweck eine Hardwareschaltung und/oder eine programmierbare Rechneinheit aufweisen kann. Die Auswerteeinheit kann zumindest teilweise von der Detektionseinheit oder der Steuereinheit der Konsole umfasst sein. Das Auswerten kann es ferner ermöglichen, eine Größe, eine Härte oder eine
5 Geschwindigkeit des Partikels zu bestimmen. Hierzu kann eine entsprechende Analyse des elektrischen Kontaktsignals im Rahmen des Auswertens durchgeführt werden. Das Auswerten kann dabei Parameter berücksichtigen, die zuvor bei der Herstellung oder der Initialisierung des ophthalmochirurgischen Systems empirisch ermittelt worden sind. Das Auswerten des erfassten Signals kann auch eine Spektralanalyse sowie statistische
10 Methoden umfassen, um zum Beispiel eine Richtung des die Nadel kontaktierenden Partikels bestimmen zu können.

Die Erfindung eignet sich jedoch nicht nur zum Detektieren des Kontakts des Partikels mit der Behandlungsnadel, sondern sie eignet sich insbesondere auch dafür, eine Okklusion
15 im Bereich der Behandlungsnadel, besonders in Bezug auf die Aspiration, beseitigen zu können. Dadurch, dass der Betrieb des ophthalmochirurgischen Handstücks beziehungsweise dessen Behandlungsnadel nur dann aktiviert zu sein braucht, wenn Kontakt mit der Augenlinse beziehungsweise Partikeln der Augenlinse besteht, ermöglicht es die Erfindung somit, den Wärmeeintrag ins Auge erheblich zu reduzieren. Erst wenn
20 Kontakt zu einem Partikel beziehungsweise der Augenlinse besteht, braucht die Behandlungsnadel durch die Antriebseinheit schwingend betrieben zu werden. Durch die hierdurch erreichbare Reduktion der Aktivierung des Schwingens der Behandlungsnadel kann somit die Behandlung am Auge, insbesondere an der Augenlinse, besonders in Bezug auf den Wärmeeintrag deutlich verbessert werden. Darüber hinaus kann zugleich auch ein
25 verbessertes Entfernen von Partikeln zusammen mit der Aspirationsflüssigkeit erreicht werden, weil die nachteiligen strömungsdynamischen Effekte des Stands der Technik reduziert werden können.

Besonders vorteilhaft kann die Erfindung mit einer Funktion verbunden sein, die es
30 ermöglicht, zumindest teilweise automatisiert eine Abgabe des Antriebssignals zu deaktivieren, beispielsweise weil keine oder kaum Partikel vorhanden sind, kein Kontakt mehr zur Augenlinse besteht und/oder dergleichen. Hierzu kann vorgesehen sein, dass zum Beispiel erfasst wird, ob im Aspirationsfluid Partikel vorhanden sind, wie dies zum Beispiel durch die DE 10 2020 118 887 A1 oder weiteren Dokumenten offenbart ist. So ist

es möglich, einen Betrieb des Handstücks zu erreichen, bei dem im Wesentlichen nur dann ein Antriebssignal an die Antriebseinheit abgegeben wird, wenn Ultraschallenergie für die Emulsifikation benötigt wird. Besteht kein Kontakt zu irgendeinem Partikel oder der Augenlinse, kann die Energieabgabe automatisiert beendet werden und der
5 Detektionsmodus aktiviert werden. Natürlich kann alternativ oder ergänzend auch vorgesehen sein, dass die Energieabgabe manuell durch einen Operateur beendet wird. Insgesamt erlaubt es dies, den Wärmeeintrag ins Auge erheblich zu reduzieren.

Gemäß einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass das Erfassen des elektrischen
10 Kontaktsignals außerhalb der Beaufschlagung der elektrischen Antriebseinheit mit dem elektrischen Antriebssignal erfolgt. Durch diese Weiterbildung ist es möglich, eine elektrische Leitung, mittels der die Antriebseinheit elektrisch mit der Generatoreinheit beziehungsweise der Konsole koppelbar ist, zugleich auch für das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals durch die Detektionseinheit zu nutzen. Da in der Regel das
15 Antriebssignal eine erheblich größere Amplitude beziehungsweise Auslenkung als das elektrische Signal infolge des Kontakts des Partikels mit der Behandlungsnadel aufweisen dürfte, braucht die Detektionseinheit während des Beaufschlagens der elektrischen Antriebseinheit mit dem Antriebssignal nicht betrieben zu werden. Die Detektionseinheit kann hierzu zum Beispiel über ein separates Schaltmittel beziehungsweise eine
20 Schalteinheit von der elektrischen Leitung getrennt werden, um die Detektionseinheit vor einer Überbeanspruchung zu schützen. Dies kann zum Beispiel mittels einer elektromechanischen und/oder elektronischen Schalteinheit realisiert werden. Vorzugsweise kann somit die Detektionseinheit an die elektrische Leitung angeschlossen sein, sobald das Antriebssignal durch die Generatoreinheit deaktiviert ist. Zugleich
25 ermöglicht es diese Ausgestaltung, das Abklingen des schwingenden Zustands der Behandlungsnadel mittels der Detektionseinheit zu erfassen. Hierdurch kann die Verfahrensführung weiter verbessert werden.

Es wird ferner vorgeschlagen, dass das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals erst nach
30 Ablauf eines vorgegebenen Zeitraums aktiviert wird, der mit einem Zeitpunkt beginnt, an dem das elektrische Antriebssignal endet. Der vorgegebene Zeitraum kann zum Beispiel so gewählt sein, dass das Abklingen des Schwingens der Behandlungsnadel im Anschluss an das Deaktivieren des Antriebssignals zuverlässig auch unter ungünstigen Umständen erfolgt ist. Ein Startzeitpunkt des vorgegebenen Zeitraums kann mit dem Zeitpunkt des

Deaktivierens des Antriebssignals gekoppelt sein, insbesondere auch zusammenfallen. Zu diesem Zweck kann von deressoreinheit oder einer Steuereinheit der Konsole ein entsprechendes Steuersignal bereitgestellt werden, welches das Starten des vorgegebenen Zeitraums auslösen kann. Darüber hinaus kann das Ablaufen des Zeitraums
5 ein Aktivierungssignal für die Detektionseinheit auslösen, welches die Detektionseinheit zum Erfassen des elektrischen Kontaktsignals aktiviert. Somit kann ein automatischer Zeitablauf erreicht werden, der eine zuverlässige Funktion der Detektionseinheit gewährleisten kann.

10 Vorzugsweise wird der Zeitraum abhängig von einer mechanischen Dämpfung der Schwingung der Behandlungsnadel bestimmt. Der Zeitraum kann zum Beispiel anhand von empirischen Messungen oder dergleichen ermittelt worden sein. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Zeitraum ergänzend auch abhängig von einer Amplitude des Antriebssignals zum Zeitpunkt des Deaktivierens bestimmt wird. Der Zeitraum wird
15 vorzugsweise derart bestimmt, dass das Schwingen der Behandlungsnadel zum Ende des Zeitraums im Wesentlichen abgeklungen ist. Je nach Bedarf können neben der mechanischen Dämpfung und/oder der Amplitude des Antriebssignals bei Bedarf auch weitere Werte ergänzend oder alternativ in Betracht gezogen werden, um den Zeitraum zu bestimmen. Der Zeitraum kann in einem Bereich von einigen Mikrosekunden bis zu einigen
20 Millisekunden bestimmt sein. Vorzugsweise ist der Zeitraum jedoch kürzer als 0,5 s.

Es wird ferner vorgeschlagen, dass mit einem Aktivieren deressoreinheit zum Abgeben des elektrischen Antriebssignals das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals durch die Detektionseinheit deaktiviert wird. Diese Weiterbildung berücksichtigt, dass bei
25 einem aktiven Zustand der Antriebseinheit das Antriebssignal, dessen Amplitude größer als die Amplitude des elektrischen Kontaktsignals ist, ein Detektieren beziehungsweise Erfassen durch die Detektionseinheit nur unzureichend oder gar nicht ermöglicht. Der Betrieb der Detektionseinheit ist daher nicht erforderlich und kann, zum Beispiel um Energie zu sparen, die Detektionseinheit vor Überlastung zu schützen, Störungen zu vermeiden
30 und/oder dergleichen, deaktiviert werden. Das Deaktivieren kann zum Beispiel ein elektrisches Trennen der Detektionseinheit von der Antriebseinheit umfassen. Das elektrische Trennen kann mittels der zuvor bereits erläuterten Schalteinheit erreicht werden. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Detektionseinheit eine Begrenzungseinheit aufweisen kann, die bei einem Signalwert, der größer als ein vorgegebener weiterer

Vergleichswert ist, die Detektionseinheit automatisch deaktiviert oder auch lediglich das Auswerten deaktiviert. Dadurch kann die erfindungsgemäße Verfahrensführung weiter verbessert werden.

5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass im Anschluss an das Bestimmen des Kontakts des Partikels mit der Behandlungsnadel die Generatoreinheit zum Abgeben des elektrischen Antriebssignals aktiviert wird. Diese Weiterbildung ermöglicht es, die Behandlungsnadel automatisiert in den aktiven Betriebszustand zu setzen beziehungsweise die Generatoreinheit automatisiert zum Abgeben des elektrischen
10 Antriebssignals zu aktivieren, sodass das elektrische Antriebssignal nur dann bereitgestellt zu werden braucht, wenn auch ein Kontakt mit dem Partikel oder der Augenlinse vorliegt. Hierdurch kann eine verbesserte Steuerung der Behandlungsnadel erreicht werden, sodass ein besonders geringer Wärmeeintrag ins Auge realisiert werden kann.

15 In Bezug auf die Konsole wird ferner vorgeschlagen, dass die Generatoreinheit und die Detektionseinheit antriebseinheitsseitig elektrisch parallelgeschaltet sind. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass zum Anschließen des Handstücks an die Konsole beziehungsweise Herstellen der elektrischen Verbindung zwischen der Konsole und der Antriebseinheit des Handstücks keine zusätzliche elektrische Leitung erforderlich ist. Die
20 elektrische Leitung, mit der die Generatoreinheit mit der elektrischen Antriebseinheit elektrisch verbunden ist, kann zugleich auch von der Detektionseinheit zum Erfassen des elektrischen Kontaktsignals genutzt werden. Es braucht daher handstückseitig keine Veränderung zur Realisierung der Erfindung vorgenommen zu werden. Die Erfindung kann daher auch bereits bei verfügbaren Handstücken ohne Änderung der Handstücke
25 eingesetzt werden. Die Parallelschaltung der Generatoreinheit mit der Detektionseinheit ist daher vorzugsweise konsolenseitig vorgesehen. Darüber hinaus ist es natürlich auch möglich, die Generatoreinheit und die Detektionseinheit zumindest teilweise einstückig auszubilden, sodass diesbezüglich lediglich eine einzige Baugruppe in der Konsole vorhanden zu sein braucht. Dies erweist sich unter anderem auch dann als vorteilhaft, wenn
30 vorhandene Konsolen zur Nutzung der Erfindung nachgerüstet werden sollen. In diesem Fall braucht lediglich die vorhandene Baugruppe mit der Generatoreinheit durch eine entsprechende Baugruppe ausgetauscht zu werden, die die Generatoreinheit in Verbindung mit der Detektionseinheit aufweist. Somit kann der Aufwand auch konsolenseitig sehr geringgehalten werden, sodass die Erfindung insgesamt bei einem

- ophthalmochirurgischen System mit wenig Aufwand zusätzlich realisiert werden kann. Dem Grunde nach ist es alternativ auch möglich, dass die Generatoreinheit und die Detektionseinheit antriebseinheitsseitig elektrisch in Reihe geschaltet sind. In diesem Fall ist die Generatoreinheit vorzugsweise ausgebildet, eine elektrische Verbindung der
- 5 Detektionseinheit mit der Antriebseinheit zu ermöglichen, die einen möglichst kleinen elektrischen Widerstand, besonders bevorzugt etwa einen elektrischen Kurzschluss, bereitstellt, wenn das Bereitstellen des Antriebssignals durch die Generatoreinheit deaktiviert ist.
- 10 Die für das erfindungsgemäße Verfahren angegebenen Vorteile und Wirkungen gelten gleichermaßen auch für die Konsole sowie das ophthalmochirurgische System und umgekehrt. Insbesondere können daher Verfahrensmerkmale auch als Vorrichtungsmerkmale formuliert sein und umgekehrt.
- 15 Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen, sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen
- 20 verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Fig. nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines
- 25 ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen, insbesondere durch die oben dargelegten Ausführungen, als offenbart anzusehen, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen.
- 30 Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden mit Bezug auf die nachfolgenden Zeichnungen erklärt, in welchen zeigen:

- Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein ophthalmochirurgisches Handstück eines ophthalmochirurgischen Systems zum Emulsifizieren einer Augenlinse eines menschlichen Auges in einem bestimmungsgemäßen Betrieb,
- 5 Fig. 2 in einer schematischen Darstellung ein ophthalmochirurgisches System mit dem Handstück gemäß Fig. 1 und einer Konsole, wobei das Handstück über eine Anschlussleitung lösbar an der Konsole angeschlossen ist,
- 10 Fig. 3 eine schematische Blockschaltdarstellung einer Detektionseinheit und einer Auswerteeinheit der Konsole gemäß Fig. 2, die über die Anschlussleitung mit einer Antriebseinheit des Handstücks gemäß Fig. 1 elektrisch verbunden ist,
- 15 Fig. 4 eine schematische Diagrammdarstellung, bei der mit einem Graphen ein elektrisches Kontaktsignal der Antriebseinheit des Handstücks dargestellt ist, bei dem ein Partikel eine Behandlungsnadel des Handstücks kontaktiert,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Endes einer Behandlungsnadel des Handstücks gemäß Fig. 1 sowie ein davon entferntes Partikel,
- 20 Fig. 6 eine schematische Darstellung wie Fig. 5, bei der das Partikel eine Aspirationsmündung der Behandlungsnadel teilweise verschließt,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung wie Fig. 5, bei der das Partikel die Aspirationsmündung der Behandlungsnadel vollständig verschließt,
- 25 Fig. 8 eine schematische Darstellung wie Fig. 5, bei der das Partikel eine Nadelspitze der Behandlungsnadel seitlich kontaktiert,
- Fig. 9 schematische Signal-Zeit-Diagramme zur Gegenüberstellung der Wirkung der erfindungsgemäßen Verfahrensführung gegenüber dem Stand der Technik, und
- 30 Fig. 10 eine schematische Diagrammdarstellung als Ausschnitt aus der Darstellung von Fig. 4, bei der mittels eines Graphen eine elektrische Spannung an der

elektrischen Antriebseinheit des Handstücks dargestellt ist, wenn ein Partikel die Behandlungsnadel gemäß einer der Figuren 6 bis 8 kontaktiert.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein ophthalmochirurgisches Handstück 2 eines ophthalmochirurgischen Systems (Fig. 2). Das Handstück 2 weist eine Behandlungsnadel 6 auf, die einseitig aus einer mit einem Gehäuse des Handstücks 2 verbundenen Hülse 5 herausragt. Die Behandlungsnadel 6 ist als Hohl- und stellt einen Abschnitt einer Aspirationsleitung 3 zur Verfügung. Die Behandlungsnadel 6 weist behandlungsseitig eine Nadelspitze 7 auf, die zugleich auch eine Mündungsöffnung der Aspirationsleitung 3 zur Verfügung stellt. Die Nadelspitze 7 dient dazu, eine natürliche Augenlinse 13 eines Auges 9 zu emulsifizieren.

Das Handstück 2 weist ferner eine elektrische Antriebseinheit 10 auf, die vorliegend als Piezo-basierte Antriebseinheit ausgebildet ist. Die Piezo-basierte Antriebseinheit 10 weist mindestens ein Piezoelement und bevorzugt einen Stapel von einer Mehrzahl nicht dargestellter Piezoelemente auf, die mechanisch miteinander und mit einem der Nadelspitze 7 gegenüberliegenden Ende der Behandlungsnadel 6 verbunden sind. Die Piezoelemente sind ferner elektrisch miteinander verbunden. Damit ist es möglich, abhängig von einem Antriebssignal 36 (Fig. 4) mechanische Schwingungen der elektrischen Antriebseinheit 10 auf die Behandlungsnadel 6 zu übertragen, sodass entsprechende Schwingungsbewegungen der Nadelspitze 7 während des bestimmungsgemäßen Betriebs ausgeführt werden können.

Zur Durchführung einer Behandlung im Rahmen der Ophthalmochirurgie, beispielsweise bei der Behandlung eines Katarakts, wird die Behandlungsnadel 6, insbesondere deren Nadelspitze 7, in einen zu behandelnden Bereich des Auges 9, insbesondere der Augenlinse 13, eingebracht. Mittels der elektrischen Antriebseinheit 10 wird die Behandlungsnadel 6 zu Ultraschall-Schwingungen angeregt, wodurch die Augenlinse 13 zertrümmert beziehungsweise emulsifiziert werden kann. Während der Behandlung wird über eine Irrigationsleitung 4 ein Irrigationsfluid zugeführt. Zugleich wird über die Aspirationsleitung 3 das Aspirationsfluid aus dem Auge 9 abgeführt. Mit dem Aspirationsfluid werden zugleich auch Linsenfragmente beziehungsweise Partikel aus dem Auge 9 entfernt. Während der Behandlung werden das Zuführen des Irrigationsfluids und

das Abführen des Aspirationsfluids vorzugsweise derart geregelt, dass ein Zusammenfallen der Vorderkammer des Auges 9 verhindert wird.

Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung das ophthalmochirurgische System 100, welches eine Konsole 1 aufweist, an die das Handstück 2 gemäß Fig. 1 über eine Anschlussleitung 14 angeschlossen ist. In der vorliegenden Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Anschlussleitung neben einer elektrischen Leitung 11 auch einen Abschnitt der Aspirationsleitung 3 sowie einen Abschnitt der Aspirationsleitung 4 aufweist. Die jeweiligen Leitungsabschnitte der Irrigationsleitung 4 und der Aspirationsleitung 3 sind mit entsprechenden Leitungsabschnitten des Handstücks 2 strömungstechnisch gekoppelt. In alternativen Ausgestaltungen kann vorgesehen sein, dass die Anschlussleitung 14 mehrteilig ausgebildet ist, beispielsweise indem für den jeweiligen Abschnitt der Aspirationsleitung 3 und der Irrigationsleitung 4 ein jeweiliger separater Schlauch vorgesehen ist. Handstückseitig kann die Anschlussleitung 14 fest mit dem Handstück 2 verbunden sein. Am gegenüberliegenden Ende der Anschlussleitung 14 ist vorzugsweise eine geeignet ausgebildete Anschlussverbindung zum lösbaren Verbinden der Anschlussleitung 14 mit der Konsole 1 vorgesehen. Dies ist jedoch in den Figuren nicht dargestellt.

Wie aus Fig. 2 ferner ersichtlich ist, weist die Konsole 1 einen Irrigationsfluidregler 20 auf, an den die Irrigationsleitung 4 angeschlossen ist. Der Irrigationsfluidregler 20 ist ferner strömungstechnisch an ein Irrigationsfluidreservoir 21 angeschlossen. Der Irrigationsfluidregler 20 ist ferner kommunikationstechnisch an eine Steuereinheit 8 der Konsole 1 angeschlossen. Abhängig von einem Steuersignal der Steuereinheit 8 kann mittels des Irrigationsfluidreglers 20 eine Strömung und/oder ein Druck des Irrigationsfluids in der Irrigationsleitung 4 eingestellt werden. Das Irrigationsfluidreservoir 21 kann beispielsweise in die Konsole 1 integriert angeordnet sein. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass das Irrigationsfluidreservoir 21 zumindest teilweise separat von der Konsole 1 ausgebildet ist und über eine separate Leitung an den Irrigationsfluidregler 20 angeschlossen ist. Auch hier kann eine lösbare Verbindung vorgesehen sein.

Eine entsprechende Konstruktion kann auch für das Aspirationsfluid vorgesehen sein. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, weist die Konsole 1 einen Aspirationsfluidregler 22 auf, an den die Aspirationsleitung 3 angeschlossen ist. Der Aspirationsfluidregler 22 ist ferner

strömungstechnisch an einen Aspirationsfluidsammelbehälter 23 angeschlossen, der vorliegend ebenfalls von der Konsole 1 umfasst ist. Auch hier kann vorgesehen sein, dass der Aspirationsfluidsammelbehälter 23 zumindest teilweise separat von der Konsole 1 ausgebildet und mittels einer Leitung angeschlossen ist. Der Aspirationsfluidregler 22 stellt
5 eine Strömungsgeschwindigkeit und/oder einen Unterdruck des Aspirationsfluids in der Aspirationsleitung 3 ein. Auch der Aspirationsfluidregler 22 ist kommunikationstechnisch mit der Steuereinheit 8 verbunden und wird durch diese gesteuert. Die Steuereinheit 8 ist entsprechend ausgebildet, sodass während der Behandlung am Auge 9 ein Druck im Kapselsack im Wesentlichen konstant aufrechterhalten werden kann.

10

Die Konsole 1 weist ferner eine Generatoreinheit 15 auf, die dem Bereitstellen eines zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignals für die elektrische Antriebseinheit 10 des Handstücks 2 dient. Das elektrische Antriebssignal ist vorliegend durch eine Wechselspannung gebildet, deren Frequenz in einem Bereich von etwa 10 kHz bis etwa
15 80 kHz eingestellt werden kann. Vorzugsweise liegt die Frequenz in einem Bereich von etwa 40 kHz. Eine Amplitude der Wechselspannung kann abhängig von der eingestellten Leistung für die Behandlung in einem Bereich von etwa 0 V bis etwa 1000 V, beispielsweise etwa 300 V, betragen. Die Generatoreinheit 15 ist an die elektrische Leitung 11 lösbar angeschlossen, sodass die elektrische Antriebseinheit 10 im bestimmungsgemäßen
20 Betrieb mit der Wechselspannung beaufschlagt werden kann. Abhängig von der Beaufschlagung mit der Wechselspannung wird die Behandlungsnadel 6 mechanisch zum Schwingen angeregt, sodass die gewünschte Behandlung am Auge 9, insbesondere der Augenlinse 13, durchgeführt werden kann. Der Betrieb der Generatoreinheit 15 kann vorliegend ebenfalls durch die Steuereinheit 8 gesteuert werden, zu welchem Zweck die
25 Generatoreinheit 15 kommunikationstechnisch mit der Steuereinheit 8 verbunden ist. Die Steuereinheit 8 kann somit beispielsweise den Betrieb des Handstücks 2, insbesondere der Behandlungsnadel 6, steuern. Beispielsweise können die Frequenz, eine Amplitude und/oder dergleichen eingestellt werden, indem entsprechenden Größen der Wechselspannung mittels der Generatoreinheit 15 erzeugt werden. Auf diese Weise kann
30 für die Behandlung eine mechanische Leistung von zum Beispiel bis zu etwa 50 W an der schwingenden Nadelspitze 7 bereitgestellt werden. Diese mechanische Leistung ist in der Regel ausreichend, um auch einen besonders harten Katarakt emulsifizieren zu können.

Nicht nur aber besonders im Bereich einer Cornea 12 des Auges 9 kann es während der Behandlung zu einer unerwünscht starken Wärmeentwicklung kommen. Die Wärmeentwicklung kann dabei so stark sein, dass die Cornea 12 beschädigt wird, beispielsweise eine Verbrennung die Folge ist. Dadurch können bleibende Schäden
5 entstehen. Es ist daher gewünscht, einen unerwünschten Wärmeeintrag möglichst gering zu halten. Besonders wenn das Schwingen der Behandlungsnadel 2 in longitudinaler Richtung erfolgt, kann ferner eine der aspirativen Sogwirkung im Bereich der Nadelspitze 7 entgegengerichtete Kraft auftreten. Dies kann dazu führen, dass im Rahmen der Aspiration heranzuspülende Partikel beziehungsweise Linsenfragmente abgestoßen werden. In der
10 Folge können sich dadurch eine längere Operationsdauer und eine Erhöhung des Gesamtenergieeintrags in das Auge 9 ergeben.

Mit der Erfindung kann hier eine deutliche Verbesserung erreicht werden, indem nämlich der schwingende Betrieb der Behandlungsnadel 6 davon abhängig gemacht wird, dass
15 Kontakt zu einem Partikel 19 beziehungsweise einem Linsenfragment besteht. Außerhalb des Kontakts braucht die Behandlungsnadel 2 nicht schwingend angetrieben zu werden.

Zu diesem Zweck wird die Antriebseinheit 10 nach Art einer Sensoreinheit eingesetzt. Daher weist die Konsole 1 ergänzend eine Detektionseinheit 16 auf, die ebenfalls an die
20 elektrische Leitung 11 angeschlossen ist. Dadurch ist die Detektionseinheit 16 zur Generatoreinheit 15 parallelgeschaltet an die elektrische Leitung 11 angeschlossen. Die Detektionseinheit 16 ist ferner kommunikationstechnisch mit der Steuereinheit 8 verbunden, und zwar insbesondere mit einer Auswerteeinheit 17 der Steuereinheit 8. Mittels der Detektionseinheit 16 kann ein elektrisches Kontaktsignal 35 der elektrischen
25 Antriebseinheit 10 auf der elektrischen Leitung 11 erfasst werden, wenn das Partikel 19 die Behandlungsnadel 6 kontaktiert. Zu diesem Zweck ist die Generatoreinheit 15 während des Erfassens deaktiviert, sodass sie kein Antriebssignal 36 an die elektrische Antriebseinheit 10 abgibt. Im schwingungsfreien oder schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel 6 kann also das elektrische Kontaktsignal 35 der elektrischen Antriebseinheit 10 erfasst
30 werden, und zwar mittels der Detektionseinheit 16. Das erfasste elektrische Signal 35 kann dann mittels der Auswerteeinheit 17 ausgewertet werden, sodass abhängig vom Auswerten der Kontakt des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 bestimmt werden kann. Somit steht in der Steuereinheit 8 die Information zur Verfügung, wann die Behandlungsnadel 6 irgendein Partikel beziehungsweise Linsenfragment kontaktiert.

Dem Grunde nach lassen sich somit zwei Betriebszustände während der Behandlung unterscheiden. In einem ersten Betriebszustand wird die Ultraschallenergie zur Zerkleinerung beziehungsweise Emulsifikation der Augenlinse 13 genutzt. In diesem Betriebszustand liegt zumindest teilweise ein Kontakt der Behandlungsnadel 6 beziehungsweise der Nadelspitze 7 mit der Augenlinse 13 vor. In diesem Betriebszustand soll daher unmittelbar und vorzugsweise ohne Verzögerung Ultraschallenergie von der Behandlungsnadel 6 an die Augenlinse 13 abgegeben werden. In einem zweiten Betriebszustand kann die Ultraschallenergie nicht zur Zerkleinerung beziehungsweise Emulsifikation der Augenlinse 13 genutzt werden, weil kein Kontakt der Behandlungsnadel 6, insbesondere der Nadelspitze 7, mit der Augenlinse 13 vorliegt. Um in diesem Betriebszustand die Abgabe von Ultraschallenergie möglichst klein zu halten und/oder ein Abstoßen von heranzuspülenden Partikeln 19 beziehungsweise Linsenfragmenten zu vermeiden, soll die Abgabe von Ultraschallenergie gestoppt oder zumindest reduziert werden. Eine möglichst schnelle Detektion von Änderungen zwischen diesen beiden Betriebszuständen ist daher vorteilhaft.

Darüber hinaus sollte bereits bei einem Anzeichen eines Beginns einer Okklusion möglichst schnell eine Ansaugkraft durch ein Vergrößern eines Unterdrucks in der Aspirationsleitung 3 erhöht werden. Synchron dazu sollte dann vorzugsweise auch die Abgabe von Ultraschallenergie zumindest gestartet oder erhöht werden. Dadurch kann erreicht werden, dass das Partikel 19 direkt an der mechanisch oszillierenden Nadelspitze 7 anliegt und eine Zertrümmerung beziehungsweise Emulsifikation sehr schnell erfolgen kann. Durch die hierdurch mögliche kurze Zertrümmerungszeitdauer kann der in das Auge 9 eingetragene Wärmeeintrag deutlich reduziert werden. Durch die Vergrößerung der Ansaugkraft kann ferner erreicht werden, dass vermieden wird, dass das Partikel 19 durch die Ultraschallenergie von der Nadelspitze 7 abgestoßen wird, wodurch sich die Behandlungsdauer ebenfalls reduzieren kann.

Fig. 3 zeigt in einer schematischen Blockschaltdarstellung einen möglichen schematischen Aufbau für die Detektionseinheit 16 sowie die Auswerteeinheit 17, um die erfindungsgemäße Verfahrensführung zu realisieren. Die Erfindung basiert unter anderem darauf, dass im schwingungsfreien oder schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel 6 ein elektrisches Kontaktsignal 35 erfasst wird.

Für den Zustand des Erfassens ist die Generatoreinheit 15 somit deaktiviert und stellt kein Antriebssignal 36 für die elektrische Antriebseinheit 10 des Handstücks 2 zur Verfügung. Im Anschluss hieran, das heißt, vorzugsweise nach Abklingen des durch die elektrische Antriebseinheit 10 bewirkten schwingenden Zustands der Behandlungsnadel 6, kann die Detektionseinheit 15 die elektrische Antriebseinheit 10 nach Art eines Sensors nutzen. Kontaktiert das Partikel 19 die Behandlungsnadel 6, wirkt eine Kraft auf die Piezoelemente der elektrischen Antriebseinheit 10, woraufhin aufgrund des piezoelektrischen Effektes eine elektrische Spannung induziert wird, die an den die Piezoelemente kontaktierenden Elektroden und somit in Summe an der elektrischen Leitung 11 abgegriffen werden kann. Es wird darauf hingewiesen, dass kein separates Piezoelement als Sensor ausgebildet ist, sondern sämtliche Piezoelemente des Handstückes 2 als Sensor genutzt werden. Ein Verlauf dieser Spannung ist als elektrisches Kontaktsignal 35 in Fig. 4 dargestellt. Diese Spannung kann via der elektrischen Leitung 11 und mittels der Detektionseinheit 16 erfasst und mittels der Auswerteeinheit 17 ausgewertet werden. Dies wird im Folgenden erläutert. Es wird ferner vorliegend davon ausgegangen, dass das Deaktivieren der Generatoreinheit 15 dazu führt, dass das durch die elektrische Antriebseinheit 10 in diesem Betriebszustand erzeugte elektrische Kontaktsignal 35 durch die Generatoreinheit 15 nicht oder im Wesentlichen nicht gedämpft wird. Gegebenenfalls kann die Generatoreinheit 15 hierzu entsprechend ausgebildet sein.

Die Detektionseinheit 16 weist einen Verstärker 24 sowie einen ersten Vergleicher 25 und einen zweiten Vergleicher 26 auf. Der Verstärker 24 sowie der erste und der zweite Vergleicher 25, 26 sind ferner an eine digitale Signalverarbeitung 29 der Auswerteeinheit 17 angeschlossen, die, wie im Folgenden noch erläutert wird, entsprechende Betriebsparameter für den Verstärker 24 sowie den ersten und den zweiten Vergleicher 25, 26 bereitstellt. Der Verstärker 24 ist einseitig an die elektrische Leitung 11 angeschlossen. Der Verstärker 24 dient vorliegend als Linearverstärker und verstärkt das elektrische Signal 35. Das verstärkte elektrische Kontaktsignal 35 wird dann einem Analog-Digital-Wandler 28 der Auswerteeinheit 17 zugeführt. Darüber hinaus ist der erste Vergleicher 25 einseitig ebenfalls an die elektrische Leitung 11 angeschlossen. Der erste Vergleicher 25 vergleicht das Signal auf der elektrischen Leitung 11 mit einem ersten Vergleichswert. Der erste Vergleichswert ist so gewählt, dass der Betrieb der Generatoreinheit 15 zuverlässig erkannt werden kann. Der Verstärker 24 ist entsprechend

überlastfähig ausgebildet. Mit einem Ausgangssignal des ersten Vergleichers 25 kann somit festgestellt werden, ob die Generatoreinheit 15 aktiviert ist oder nicht. Das entsprechende Ausgangssignal wird über eine Vergleichsdatenzuführung 27 der Auswerteeinheit 17 zugeführt. Darüber hinaus ist der zweite Vergleichler 26 eingangsseitig an den Ausgang des Verstärkers 24 angeschlossen. Der zweite Vergleichler 26 vergleicht das Ausgangssignal des Verstärkers 24 mit einem zweiten Vergleichswert, der so gewählt ist, dass das elektrische Kontaktsignal 35 zuverlässig gegenüber Störsignalen detektiert werden kann. Das entsprechende Vergleichsergebnis wird ebenfalls über die Vergleichsdatenzuführung 27 der Auswerteeinheit 17 zugeführt. Damit steht der Auswerteeinheit 17 die Information zur Verfügung, ob ein elektrisches Kontaktsignal 35 vorliegt.

Die Auswerteeinheit 17 weist die digitale Signalverarbeitung 29 auf, die sowohl an den Analog-Digital-Wandler 28 als auch die Vergleichsdatenzuführung 27 angeschlossen ist. Die digitale Signalverarbeitung 29 verarbeitet die entsprechenden Signale und stellt fest, wann ein elektrisches Kontaktsignal 35 vorliegt und welche Eigenschaften es hat. Darüber hinaus ist die digitale Signalverarbeitung 29 an eine Systemsteuereinheit 30 der Steuereinheit 8 angeschlossen, von der der digitalen Signalverarbeitung 29 Systeminformationen zur Verfügung gestellt werden. Die Systemsteuereinheit 30 kann zum Beispiel eine Datenbank oder dergleichen umfassen. Die digitale Signalverarbeitung 29 stellt darüber hinaus die Parameter für den Verstärker 24, beispielsweise einen Verstärkungsfaktor oder dergleichen, sowie den ersten und den zweiten Vergleichswert für den ersten beziehungsweise zweiten Vergleichler 25, 26 bereit. Dadurch ist es möglich, bereits während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Detektionseinheit 16 bedarfsgerecht für eine zuverlässige Bestimmung des Kontakts des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 einzustellen. Durch die digitale Signalverarbeitung 29 können entsprechende Steuersignale für eine Ultraschalleistungssteuereinheit 31 sowie eine Ultraschallmustereinheit 32 bereitgestellt werden. Mittels der Ultraschalleistungssteuereinheit 31 kann eine Ultraschalleistung der Generatoreinheit 15 eingestellt werden. Darüber hinaus kann mittels der Ultraschallmustereinheit 32 ein Impulsmuster der Ultraschalleistung, die durch die Generatoreinheit 15 bereitgestellt werden soll, eingestellt werden. Diese beiden Einheiten sind somit ebenfalls an die Generatoreinheit 15 angeschlossen. Darüber hinaus stellt die digitale Signalverarbeitung 29 entsprechende Daten für eine Kontaktbestimmungseinheit 33 bereit. Die Kontaktbestimmungseinheit 33 ermittelt anhand der von der digitalen Signalverarbeitung

29 bereitgestellten Daten, ob ein Kontakt des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 vorliegt. Auch dieses Ausgangssignal kann der Generatoreinheit 15 zur Verfügung gestellt werden, um beispielsweise die Ultraschalleistungsabgabe beziehungsweise die Abgabe des elektrischen Antriebssignals 36 zu aktivieren.

5

Darüber hinaus stellt die digitale Signalverarbeitung 29 Daten für eine Fluidsteuereinheit 34 bereit, die entsprechende Steuersignale für den Irrigationsfluidregler 20 sowie den Aspirationsfluidregler 22 bereitstellt. Hierdurch ist es zum Beispiel möglich, den Druck und/oder die Strömungsverhältnisse in der Irrigationsleitung 4 sowie der Aspirationsleitung 3 entsprechend einzustellen, sodass eine möglichst zuverlässige und erfolgreiche Behandlung realisiert werden kann. Dies kann zum Beispiel umfassen, dass ein Unterdruck in der Aspirationsleitung 3 bei Detektion einer Okklusion vergrößert wird. Die digitale Signalverarbeitung 29 kann das elektrische Kontaktsignal 35 zum Beispiel in Bezug auf eine Amplitude, eine Frequenz, ein Abklingverhalten und/oder dergleichen auswerten, um hieraus weitere Daten zum Beispiel für die Einheiten 31 bis 34 zu berechnen. Die Auswerteeinheit 17 weist vorliegend eine entsprechend ausgebildete programmgesteuerte Rechneinheit auf. In alternativen Ausgestaltungen kann hierzu natürlich auch eine entsprechende Hardwareschaltung oder auch eine Kombination mit einer Rechneinheit vorgesehen sein. Je nach Konstruktion kann in alternativen Ausführungsbeispielen der Verstärker 24 unter Umständen auch entfallen. Die digitale Signalverarbeitung 29 kann ferner ein oder mehrere digitale Filter, eine Mustererkennung, eine Klassifizierung des Kontaktes und/oder dergleichen aufweisen. Die digitale Signalverarbeitung 29 kann ferner eine Systembeobachtung bereitstellen, wobei davon ausgegangen werden kann, dass bei Bestimmen, dass kein Kontakt zwischen dem Partikel 19 und der Behandlungsnadel 6 vorliegt, sich dann in der Regel auch keine Partikel 19 beziehungsweise Linsenfragmente im Bereich der Behandlungsnadel 6 befinden. Die Abgabe von Ultraschallenergie kann daher reduziert oder sogar eingestellt werden. Dies erlaubt es, den Wärmeeintrag in das Auge 9, insbesondere im Bereich einer Inzisionswunde, zu reduzieren. Wird dagegen ein Kontakt erkannt, kann die Ultraschallenergiebereitstellung automatisch aktiviert oder auch erhöht werden, damit die Emulsifikation durchgeführt werden kann. Darüber hinaus ist es möglich, auch weitere Zustände oder Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Größe, eine Härte oder auch eine Geschwindigkeit des Partikels 19, zu detektieren beziehungsweise zu bestimmen, sodass beispielsweise über eine zeitliche Beobachtung bestimmt werden kann, ob eine Aktivierung, eine Deaktivierung, eine Erhöhung oder eine Erniedrigung der

Ultraschallenergieabgabe oder auch ein Anwenden spezifischer Pulsmuster bei der Ultraschallabgabe vorteilhaft eingestellt werden. In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass mit einer großen Ultraschallenergieabgabe begonnen wird, die dann mit der Zeit reduziert wird.

5

Die Funktion der Erfindung wird weiter anhand einer Diagrammdarstellung gemäß Fig. 4 erläutert, die einen Spannungsverlauf auf der elektrischen Leitung 11 zeigt. Eine Abszisse ist der Zeit und eine Ordinate der elektrischen Spannung zugeordnet. Zu erkennen ist, dass vor einem Kontaktzeitpunkt 37 kein Antriebssignal 36 vorliegt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Abgabe von Ultraschallenergie durch die Aktivierung der Generatoreinheit 15 deaktiviert. Entsprechend ist das Antriebssignal 36 im Wesentlichen etwa null. Zum Kontaktzeitpunkt 10 37 findet ein Kontakt des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 statt. Dadurch dass die Generatoreinheit 15 das auf der elektrischen Leitung 11 auftretende elektrische Kontaktsignal 35 im Wesentlichen nicht dämpft, kann die Detektionseinheit 16 die elektrische Spannung des Kontaktsignals 35 erfassen. Dies ist im Anschluss an den Kontaktzeitpunkt 37 mittels des kurzen Impulses dargestellt, welcher zum Zeitpunkt 370 beginnt. Das elektrische Kontaktsignal 35 hat eine kleinere Amplitude A2 als die Amplitude A3 des Antriebssignals 36. Die Amplitude A2 beträgt maximal 90%, bevorzugt maximal 50 % und besonders bevorzugt maximal 30 % der Amplitude A3 des Antriebssignals 36. Die Amplitude A2 ist bevorzugt mindestens doppelt so hoch wie die Amplitude A1 des System-Schwingungsrauschens 50, welches den schwingungsarmen Zustand darstellt. Die Amplitude A2 des elektrischen Kontaktsignals 35 kann damit deutlich von der Amplitude A1 des System-Schwingungsrauschens 50 unterschieden werden. Diesem Zweck dienen der erste und der zweite Vergleicher 25, 26, die die digitale Signalverarbeitung 29 bei der Bestimmung des Kontakts mit deren digitalen Werten unterstützen. Die digitale Signalverarbeitung 29 ermöglicht es, das erfasste elektrische Kontaktsignal 35 auszuwerten, sodass infolgedessen die Generatoreinheit 15 zur Abgabe des elektrischen Antriebssignals aktiviert werden kann. Dies erfolgt unmittelbar nach dem Erfassen des elektrischen Kontaktsignals 35. Bei der in Fig. 4 gezeigten zeitlichen Auflösung würde der Start des Antriebssignals mit dem Start des Kontaktsignals 35 fast auf einer Linie liegen, sodass aus Gründen der Übersichtlichkeit das elektrische Antriebssignal nicht in Fig. 4 gezeigt ist. In Fig. 4 ist jedoch der Beginn des elektrischen Antriebssignals 36 beim Einsatz eines bisher üblichen Verfahrens gezeigt, bei dem eine Okklusion an der Nadelspitze 7 erfasst wird. Dieses Antriebssignal 36 beginnt zum Startzeitpunkt 39, welcher nach dem 30

Start des Antriebssignals gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren um einen Zeitraum 38 verzögert ist, wobei der Zeitraum 38 etwa 80 ms betragen kann. Auf jeden Fall kann durch die Erfindung erreicht werden, dass zeitnah nach einem Kontakt des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 automatisiert das elektrische Antriebssignal aktiviert werden kann, sodass eine Emulsifikation ermöglicht ist. Die Erfindung ermöglicht es daher, den Eintrag von Ultraschallenergie ins Auge 9 automatisiert oder zumindest teilautomatisiert zu steuern, sodass insgesamt der Wärmeeintrag reduziert werden kann.

Die Fig. 5 bis 8 zeigen in schematischen Darstellungen, wie ein Kontakt zwischen dem Partikel 19 und der Behandlungsnadel 6 erfolgen kann. In den Fig. 6 bis 7 ist vorgesehen, dass die Behandlungsnadel 6 longitudinal angeregt wird, was mit einem Pfeil 18 in Längserstreckungsrichtung der Behandlungsnadel 6 gekennzeichnet ist. In Fig. 5 ist die Situation dargestellt, dass das Partikel 19 noch etwas entfernt von der Behandlungsnadel 6 ist. In diesem Zustand ist die Abgabe von Ultraschallenergie vorzugsweise noch deaktiviert. Fig. 6 zeigt eine Teilokklusion, bei der das Partikel 19 die Mündung der Aspirationsleitung 3 teilweise verschließt. Dieser Kontakt kann – wie zuvor erläutert – bestimmt werden, sodass dann automatisiert die Abgabe von Ultraschallenergie aktiviert werden kann und somit eine Emulsifikation des Partikels 19 ermöglicht wird. Das gleiche kann auch in der Situation gemäß Fig. 7 erfolgen, bei der eine vollständige Okklusion durch das Partikel 19 vorliegt. Auch hier kann der Kontakt bestimmt und die Ultraschallenergieabgabe automatisiert aktiviert werden, sodass die Emulsifikation des Partikels möglich ist. Fig. 8 zeigt dagegen eine Situation, bei der die Behandlungsnadel 6 durch den Kontakt mit dem Partikel 19 zum transversalen Schwingen angeregt wird, indem das Partikel 19 die Behandlungsnadel 6 seitlich kontaktiert. Dies kann ebenfalls mit der erfindungsgemäßen Verfahrensführung festgestellt werden, sodass die Ultraschallenergieabgabe auch hier automatisiert aktiviert werden kann.

Bei einer weiteren Ausgestaltung kann ergänzend vorgesehen sein, dass mit einer weiteren Systembeobachtung eine Ultraschallenergieabgabe im Falle, dass eine Okklusion nicht vorliegt, automatisiert deaktiviert werden kann, so wie dies zum Beispiel in der US 9,144,517 offenbart ist. Der Offenbarungsgehalt dieses US-Patents soll als von der vorliegenden Anmeldung umfasst gelten. Dadurch ist es möglich, ein nahezu vollständig automatisches Bereitstellen von Ultraschallenergie so zu steuern, dass diese nur dann bereitgestellt wird, wenn sie für den Behandlungsfortschritt benötigt wird. Zu diesem Zweck

kann zum Beispiel ergänzend auch eine Strömungsänderung in der Aspirationsleitung 3 berücksichtigt werden. Wird beispielsweise – wie in Fig. 5 dargestellt – eine Strömungsänderung in der Aspirationsleitung 3 detektiert, bevor das Partikel 19 mit der Nadelspitze 7 in Kontakt gerät, kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die
5 Ultraschallabgabe bereits aktiviert wird, obwohl noch kein Kontakt vorliegt. Erfolgt der Kontakt, kann die Leistung erhöht werden. Darüber hinaus kann bei einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen sein, dass bei Bestimmen des Kontakts und deaktiviertem Antriebssignal 36 in einem ersten Schritt zunächst der Unterdruck in der Aspirationsleitung 3 erhöht wird. Erst, wenn eine ausreichende Okklusion bestimmt worden ist, wird dann in
10 einem zweiten Schritt die Ultraschallabgabe aktiviert. In diesem Fall führt also die Nutzung der Erfindung dazu, dass im ersten Schritt zunächst nur auf den Aspirationsfluidregler 22 eingewirkt wird. Erst in einem zweiten Schritt wird dann auf die Generatoreinheit 15 eingewirkt.

15 Die Erfindung kann also die folgenden Vorteile erreichen: Es kann ein optimiertes Aktivieren der Ultraschalleistung durch schnellere Detektion beziehungsweise Bestimmung des Kontaktes des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 erreicht werden. Dabei kann die Sensorik im Handstück 2 angeordnet sein und braucht nicht – wie bei der Okklusionserkennung basierend auf einer Druck- und/oder Strömungsänderung – in einer,
20 beispielsweise zwei Meter entfernten, Pumpe der Konsole 1 angebracht zu werden, wobei eine entsprechende Schlauchverbindung Wechselwirkungen und insbesondere eine Totzeit in der Messstrecke zur Folge haben kann, die zum Beispiel 60 bis 70 ms betragen kann. Es kann eine Reduktion der Equivalent Phaco Time (EPT) beziehungsweise der Behandlungsdauer durch eine schnellere Aktivierung der Ultraschallabgabe erreicht
25 werden, und zwar nahezu unmittelbar, wenn sie gebraucht wird. Ferner kann ein angesaugtes Partikel länger an der Nadelspitze 7 der Behandlungsnadel 6 gehalten werden, da eine schnellere Steigerung des Unterdrucks in der Aspirationsleitung 3 im Kontaktfall erreichbar ist, wodurch eine Effizienz sowie eine Reduktion des EPT beziehungsweise des Wärmeeintrags erreicht werden kann. Die Erfindung ermöglicht es,
30 dass Ultraschallenergie wegen eines Kontaktes mit einem Partikel anstelle der bisher üblichen Okklusionserkennung eingesetzt wird. Eine Detektion des Partikelkontaktes an einer Außenseite oder einer Stirnseite der Behandlungsnadel 6 ist möglich. Dadurch wird eine Ultraschallenergiezufuhr bei torsionalen und/oder lateralen Bewegungen der Behandlungsnadel 6 möglich und die Zuverlässigkeit der Kontakterkennung während einer

Sculpting Phase, bei der Gräben durch die Augenlinse 13 gezogen werden, gesteigert. Im Stand der Technik ist dagegen nur eine Okklusionserkennung basierend auf Strömungsänderung vorgesehen, bei denen das Partikel 19 eine Änderung der Strömung des Aspirationsfluids bewirkt beziehungsweise sich im Strömungspfad befindet.

5

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von einer Ultraschallenergiezufuhr aufgrund eines Ereignisses kann in einer Kombination mit aktuellen fluidischen Okklusionserkennungen liegen. Beispielsweise kann eine fluidische Okklusionserkennung genutzt werden, um eine Ultraschallaktivierung auszulösen, wenn sich das Partikel 19 in einer vorteilhaften Weise vor einer Mündungsöffnung der Aspirationsleitung 3, aber noch nicht im mechanischen Kontakt mit der Behandlungsnadel 6 befindet, wie in Fig. 5 gezeigt. Gleichermaßen kann auch eine Kontaktverlusterkennung erkannt werden. Mit der Erfindung lassen sich darüber hinaus zusätzliche Auslöseereignisse bestimmen, die mit dem Kontakt des Partikels 19 mit der Behandlungsnadel 6 in Verbindung stehen, beispielsweise wenn das Partikel 19 eine Stirn- oder eine Außenseite der Behandlungsnadel 6 kontaktiert. Die Erfindung ermöglicht eine schnelle Kontakterkennung. Zugleich kann die Erfindung mit geringem Aufwand, insbesondere geringen Kosten, realisiert werden. Am Handstück brauchen keine Veränderungen vorgenommen zu werden.

10

15

Fig. 9 stellt noch einmal die Vorteile der Erfindung dem Stand der Technik gegenüber. Zu diesem Zweck zeigt Fig. 9 sechs zeitlich synchrone Signaldiagramme 40 bis 45, deren Abszissen jeweils der Zeit und deren Ordinaten jeweils den elektrischen Spannungen als Signalwerten zugeordnet sind. Die Diagramme sind in Bezug auf die Abszisse in einen Bereich A und einen Bereich B geteilt. Der Bereich A bezieht sich auf eine Situation, wie sie anhand der Fig. 5 bis 7 dargestellt ist. Der Bereich B bezieht sich auf eine Situation, wie sie anhand von Fig. 8 dargestellt ist.

20

25

30

Die Diagramme 40 und 41 beziehen sich auf die Anwendung der Erfindung. Das Signaldiagramm 40 zeigt die Detektion eines Kontakts gemäß der Erfindung, und zwar bei einem stirnseitigen Kontakt an der Nadelspitze 7 im Bereich A sowie bei einem Kontakt quer zu einer Längserstreckung der Behandlungsnadel 6 im Bereich B der Signaldiagramme. Zu erkennen ist aus den Signaldiagrammen 40 und 41, dass gemäß der Erfindung nahezu unmittelbar nach dem Bestimmen des Kontakts zum Zeitpunkt 37 ein elektrisches Antriebssignal 36 in Form von Ultraschallpulsen 47 abgegeben werden kann.

Dies gilt sowohl bei stirnseitigem Kontakt als auch bei seitlichem Kontakt. Die Diagramme 42 und 43 zeigen entsprechende Situationen für den Stand der Technik. Wie anhand von Diagramm 42 dargestellt, ist es ersichtlich, dass im Bereich A eine Okklusion eine stark verzögerte Erkennung gemäß einem Graphen 48 zur Folge hat. Entsprechend verspätet erfolgt die Ausgabe eines elektrischen Antriebssignals in Form von Ultraschallpulsen 49, wie gemäß Diagramm 43 dargestellt ist. Bei einem seitlichen Kontakt quer zur Längserstreckung der Behandlungsnadel 6 erfolgt sogar keine Abgabe eines Ultraschallpulses 49. Der Stand der Technik vermag diese Situation also nicht zuverlässig zu erkennen. Anhand der Diagramme 44 und 45 tritt der Vorteil, der sich durch die Nutzung der Erfindung ergibt, noch deutlicher hervor. Im Diagramm 44 sind die mit der Erfindung für die Bereiche A und B erfassten elektrischen Signale 35 dargestellt. Zu erkennen ist gemäß dem Diagramm 45 für den Bereich A, dass die Erfindung eine kürzere Reaktionszeit gegenüber dem Stand der Technik erlaubt, die im Diagramm 45 mit einem Zeitraum 38 gekennzeichnet ist. Bei einem seitlichen Kontakt quer zur Längserstreckung der Behandlungsnadel 6 im Bereich B liefert der Stand der Technik keine Reaktion im Gegensatz zur Erfindung.

Fig. 10 zeigt eine schematische Diagrammdarstellung eines Spannungs-Zeit-Diagramms. Hier ist die Abgabe des Antriebssignals 36 deaktiviert. Es ist hier ebenfalls die elektrische Spannung auf der elektrischen Leitung 11 dargestellt. Zum Zeitpunkt 37 berührt das Partikel 19 die Behandlungsnadel 6. Dadurch wird diese zum Schwingen angeregt, welches mittels der Antriebseinheit 10 eine gedämpfte Wechselspannung als elektrisches Kontaktsignal 35 bewirkt. Dieses Signal kann mittels der Detektionseinheit 16 detektiert werden, sodass es der Auswerteeinheit 17 zugeführt werden kann. Zu erkennen ist, dass die Amplitude der hier dargestellten Schwingung des elektrischen Kontaktsignals 35 etwa 80% der Amplitude des Antriebssignals 36 beträgt, vgl. auch Fig. 4. Die Detektionseinheit 16 ist daher entsprechend ausgebildet, sodass sie durch das Antriebssignal 36 nicht in einen überlasteten Zustand gebracht werden kann.

Die Ausführungsbeispiele dienen ausschließlich der Erläuterung der Erfindung und sollen diese nicht beschränken.

Bezugszeichenliste

	1	Konsole
	2	Handstück
5	3	Aspirationsleitung
	4	Irrigationsleitung
	5	Hülse
	6	Behandlungsnadel
	7	Nadelspitze
10	8	Steuereinheit
	9	Auge
	10	elektrische Antriebseinheit
	11	elektrische Leitung
	12	Cornea
15	13	Augenlinse
	14	Anschlussleitung
	15	Generatoreinheit
	16	Detektionseinheit
	17	Auswerteeinheit
20	18	Pfeil
	19	Partikel
	20	Irrigationsfluidregler
	21	Irrigationsfluidreservoir
	22	Aspirationsfluidregler
25	23	Aspirationsfluidsammelbehälter
	24	Verstärker
	25	erster Vergleicher
	26	zweiter Vergleicher
	27	Vergleichsdatenzuführung
30	28	Analog-Digital-Wandler
	29	digitale Signalverarbeitung
	30	Systemsteuereinheit
	31	Ultraschalleistungssteuereinheit

	32	Ultraschallmustereinheit
	33	Kontaktbestimmungseinheit
	34	Fluidsteuereinheit
	35	elektrisches Kontaktsignal
5	36	elektrisches Antriebssignal
	37	Kontaktzeitpunkt
	38	Zeitraum
	39	Startzeitpunkt
	40	Signaldiagramm
10	41	Signaldiagramm
	42	Signaldiagramm
	43	Signaldiagramm
	44	Signaldiagramm
	45	Signaldiagramm
15	47	Ultraschallpuls
	48	strömungstechnische Okklusionserkennung
	49	Ultraschallpuls
	50	System-Schwingungsrauschen
	100	ophthalmochirurgisches System
20	370	Zeitpunkt
	A1	Amplitude des Systemrauschens
	A2	Amplitude des elektrischen Kontaktsignals
	A3	Amplitude des elektrischen Antriebssignals

Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren eines Kontakts eines Partikels (19), welches eine
Behandlungsnadel (6) eines ophthalmochirurgischen Handstücks (2) kontaktiert,
5 wobei die Behandlungsnadel (6) mittels einer elektrischen Antriebseinheit (10)
schwingend antreibbar ist, zu welchem Zweck die elektrische Antriebseinheit (10)
zumindest zeitweise durch eine Generatoreinheit (15) mit einem zeitlich
wechselnden elektrischen Antriebssignal beaufschlagt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
10 in einem schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel (6), in welchem die
Behandlungsnadel (6) mit einer maximal ersten Schwingungsamplitude (A1)
schwingt, ein elektrisches Kontaktsignal (35) der elektrischen Antriebseinheit (10)
aufgrund einer zweiten Schwingungsamplitude (A2) der Behandlungsnadel (6)
erfasst wird, wobei die zweite Schwingungsamplitude (A2) höher ist als die erste
15 Schwingungsamplitude (A1), das erfasste elektrische Kontaktsignal (35)
ausgewertet wird und abhängig vom Auswerten der Kontakt des Partikels (19) mit
der Behandlungsnadel (6) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals (35) außerhalb der Beaufschlagung
der elektrischen Antriebseinheit mit (10) dem elektrischen Antriebssignal erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals (35) erst nach Ablauf eines
vorgegebenen Zeitraums aktiviert wird, der mit einem Zeitpunkt beginnt, an dem
das elektrische Antriebssignal endet.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Zeitraum abhängig von einer mechanischen Dämpfung der Schwingung der
Behandlungsnadel (6) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig vom Auswerten des elektrischen Kontaktsignals (35) wenigstens eine Größe, eine Härte oder eine Geschwindigkeit des Partikels (19) bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Aktivieren der Generatoreinheit (15) zum Abgeben des elektrischen Antriebssignals das Erfassen des elektrischen Kontaktsignals (35) durch eine Detektionseinheit (16) deaktiviert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an das Bestimmen des Kontakts des Partikels (19) mit der Behandlungsnadel (6) die Generatoreinheit (15) zum Abgeben des elektrischen Antriebssignals aktiviert wird.
8. Konsole (1) eines ophthalmochirurgischen Systems (100) zum Betreiben eines ophthalmochirurgischen Handstücks (2), das an die Konsole (1) anschließbar ist und eine Behandlungsnadel (6) sowie eine elektrische Antriebseinheit (10) zum schwingenden Antreiben der Behandlungsnadel (6) aufweist, wobei die Konsole (1) wenigstens eine Generatoreinheit (15) zum Bereitstellen eines zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignals für die elektrische Antriebseinheit (10) aufweist, gekennzeichnet durch eine elektrisch mit der Antriebseinheit (10) gekoppelte Detektionseinheit (16), wobei die Detektionseinheit (16) geeignet ist, in einem schwingungsarmen Zustand der Behandlungsnadel (6), in welchem die Behandlungsnadel mit einer maximal ersten Schwingungsamplitude (A1) schwingt, ein elektrisches Kontaktsignal (35) der elektrischen Antriebseinheit (10) aufgrund einer zweiten Schwingungsamplitude (A2), welche höher als die erste Schwingungsamplitude (A1) ist, zu erfassen, und eine Auswerteeinheit (17) zum Auswerten des erfassten

elektrischen Kontaktsignals (35) und zum Bestimmen eines Kontakts eines Partikels (19) mit der Behandlungsnadel (6) abhängig vom Auswerten.

9. Konsole nach Anspruch 8,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
die Generatoreinheit (15) und die Detektionseinheit (16) antriebseinheitsseitig elektrisch parallelgeschaltet sind.
10. Ophthalmochirurgisches System (100) zur Behandlung eines Auges (9), mit
10 zumindest:
- einem ophthalmochirurgischen Handstück (2) zum Bearbeiten einer Augenlinse (13), welches eine Behandlungsnadel (6) und eine elektrische Antriebseinheit (10) zum schwingenden Antreiben der Behandlungsnadel (6) aufweist, und
15 - einer Konsole (1) zum Betreiben des ophthalmochirurgischen Handstücks (2), an die das ophthalmochirurgische Handstück (2) zumindest in einem bestimmungsgemäßen Betrieb anschließbar ist und die eine mit dem Handstück (2) koppelbare eine Generatoreinheit (15) zum Bereitstellen eines zeitlich wechselnden elektrischen Antriebssignals für die elektrische Antriebseinheit (10)
20 des Handstücks (2) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Konsole (1) gemäß einem der Ansprüche 8 oder 9 ausgebildet ist.

1/4

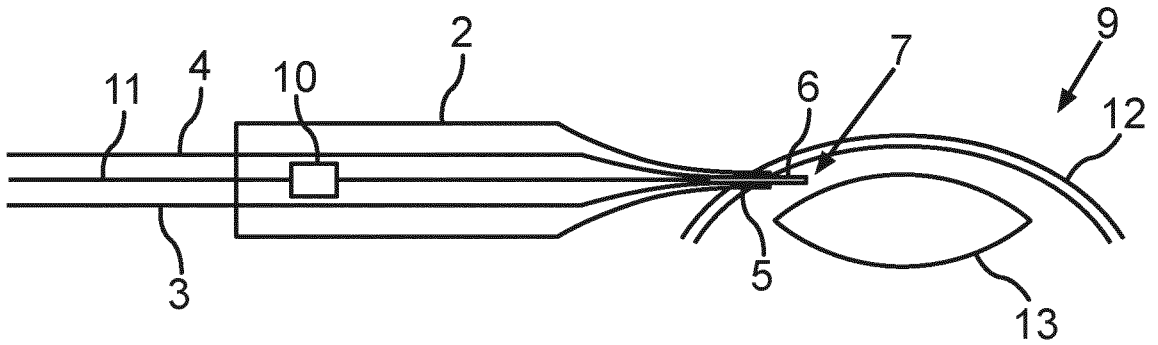


Fig. 1

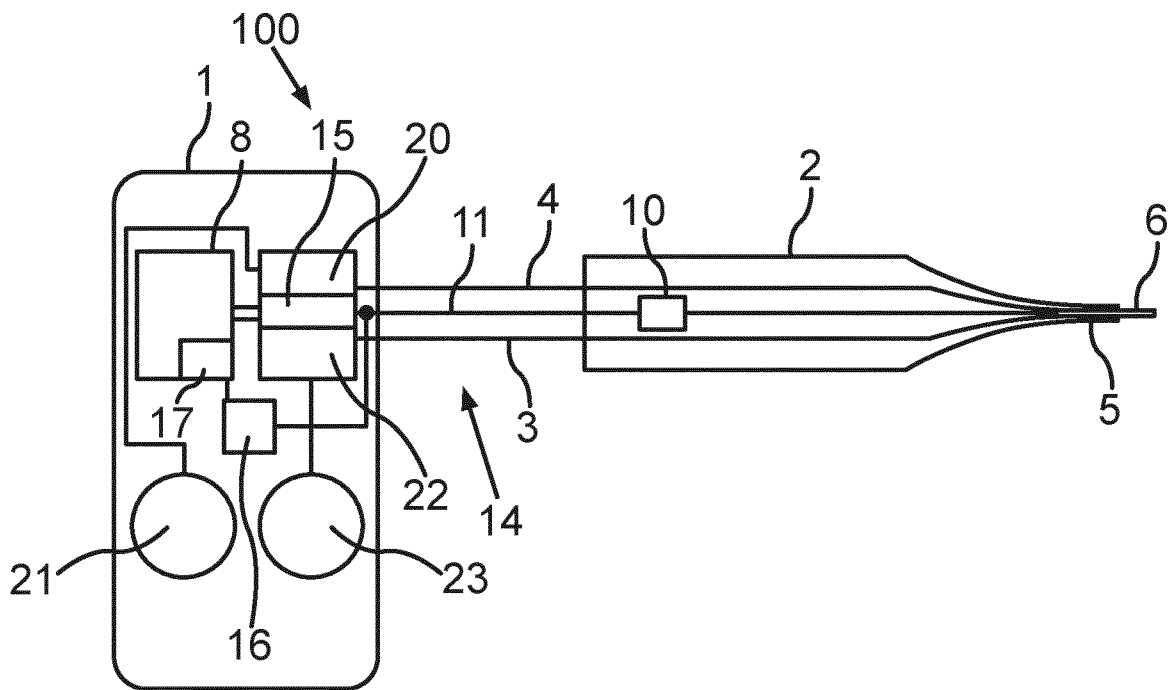


Fig. 2

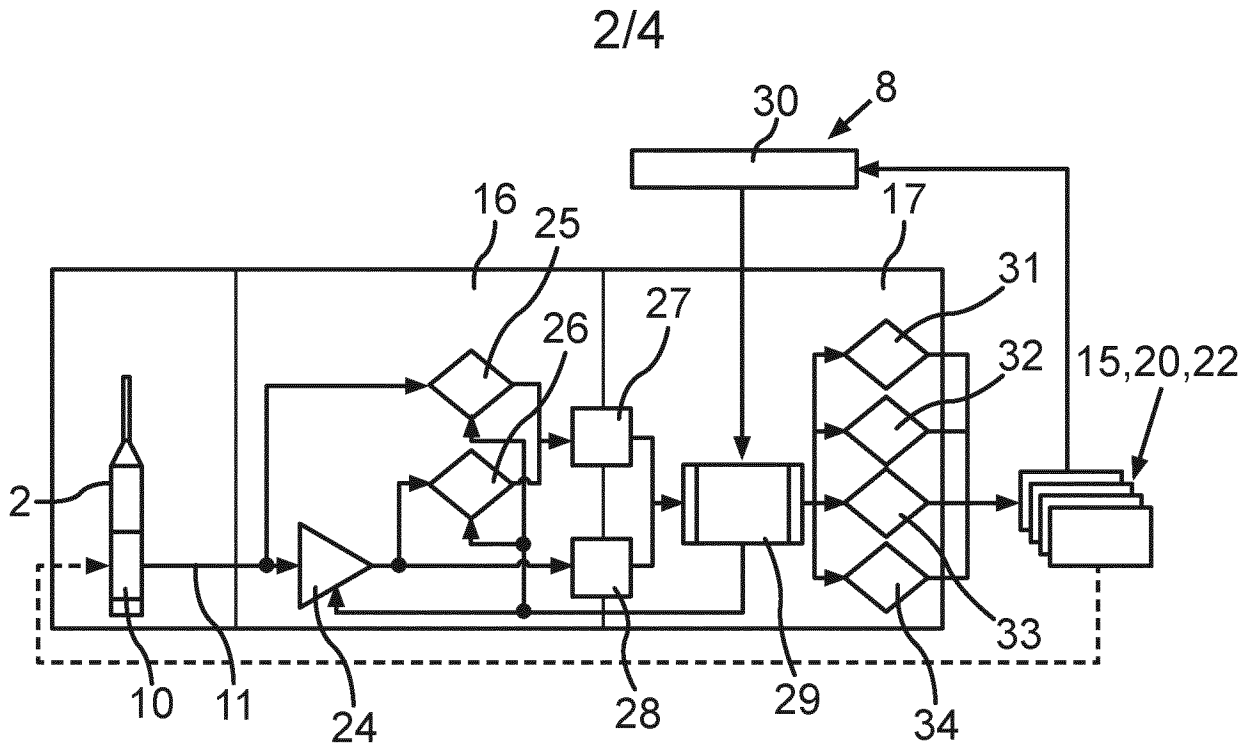


Fig.3

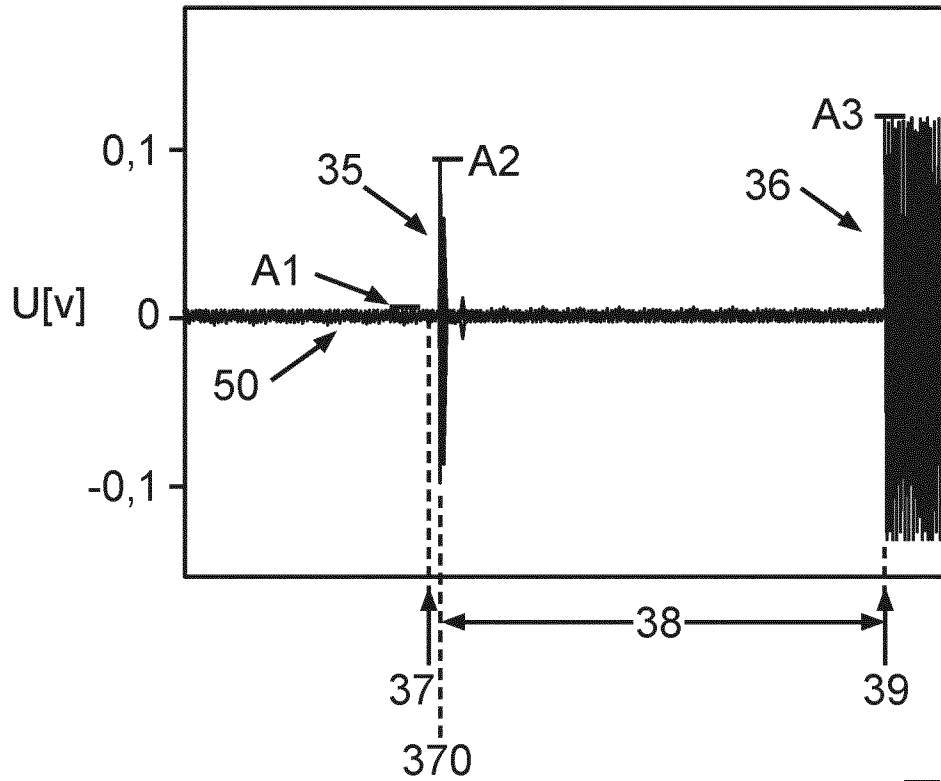
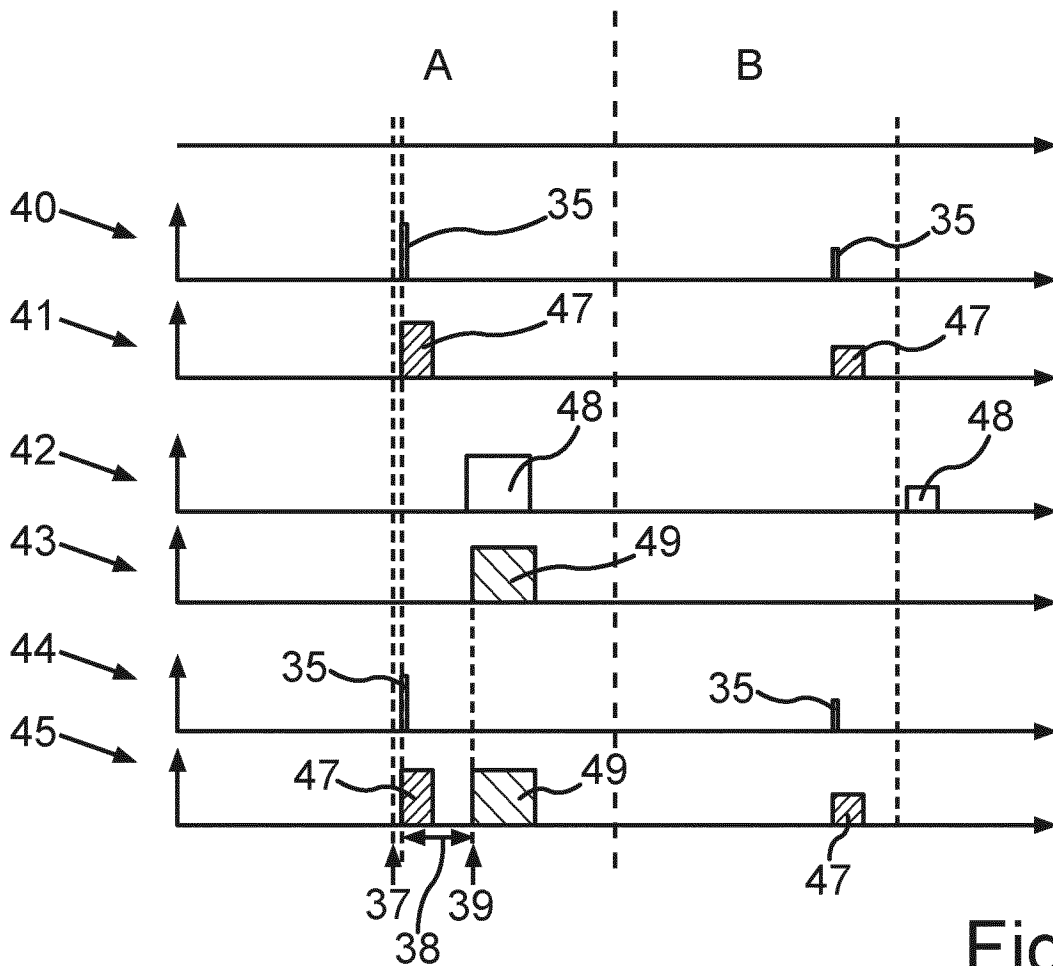
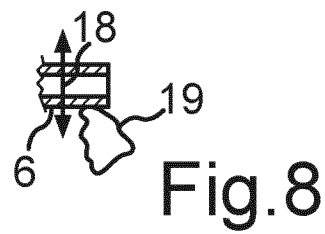
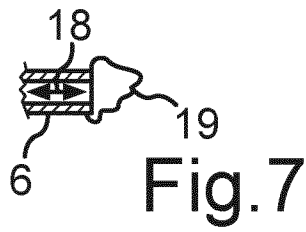
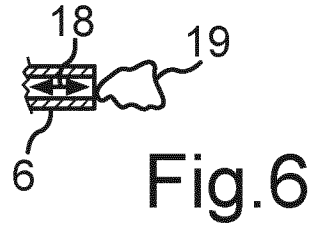
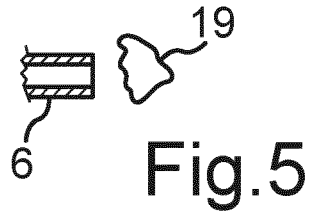


Fig.4



4/4

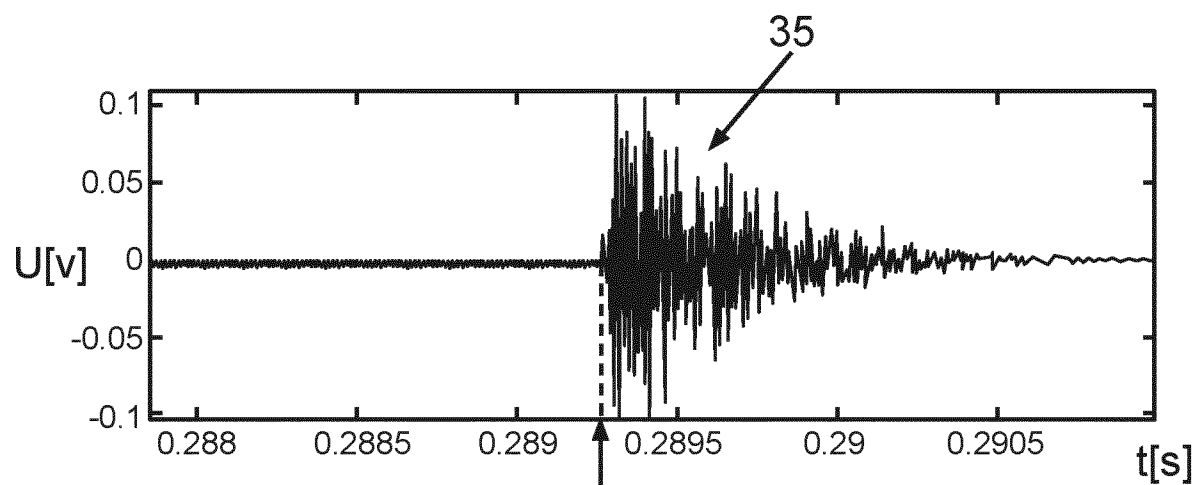


Fig.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/062726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>A61F 9/007</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005261715 A1 (BOUKHNY MIKHAIL [US] ET AL) 24 November 2005 (2005-11-24) paragraphs [0002], [0013], [0088] - [0101]; figures 1-3,11-25	8-10
X	US 2021361481 A1 (GLINER VADIM [IL] ET AL) 25 November 2021 (2021-11-25) paragraphs [0002], [0012], [0017], [0025], [0045]; figures 1-3,6,7	8-10
A	US 2021353462 A1 (FRITZ HANS [DE] ET AL) 18 November 2021 (2021-11-18) paragraph [0046]	8-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 25 July 2023		Date of mailing of the international search report 04 August 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Rodríguez Cosío, J Telephone No.

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: **1-7**
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
PCT Rule 39.1(iv) - Methods for treatment of the human or animal body by surgery.
PCT Rule 39.1(iv) - Methods for treatment of the human or animal body by therapy.
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/062726

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2005261715	A1	24 November 2005	AT	402682	T	15 August 2008
				AU	2005226683	A1	06 October 2005
				BR	PI0509131	A	28 August 2007
				CA	2559749	A1	06 October 2005
				CN	101065072	A	31 October 2007
				CN	101502460	A	12 August 2009
				DK	1765190	T3	03 November 2008
				EP	1765190	A2	28 March 2007
				ES	2311219	T3	01 February 2009
				JP	4625070	B2	02 February 2011
				JP	2007530146	A	01 November 2007
				PL	1765190	T3	30 January 2009
				PT	1765190	E	30 October 2008
				SI	1765190	T1	31 December 2008
				US	2005228425	A1	13 October 2005
				US	2005261715	A1	24 November 2005
				US	2010036406	A1	11 February 2010
				US	2010121364	A1	13 May 2010
				US	2011015563	A1	20 January 2011
				US	2012296264	A1	22 November 2012
US	2013211435	A1	15 August 2013				
			WO	2005092023	A2	06 October 2005	
US	2021361481	A1	25 November 2021	AU	2021276927	A1	02 February 2023
				CA	3183919	A1	25 November 2021
				EP	4153108	A1	29 March 2023
				US	2021361481	A1	25 November 2021
				WO	2021234619	A1	25 November 2021
US	2021353462	A1	18 November 2021	DE	102020112851	A1	18 November 2021
				US	2021353462	A1	18 November 2021

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. A61F9/007		
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) A61F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/261715 A1 (BOUKHNY MIKHAIL [US] ET AL) 24. November 2005 (2005-11-24) Absätze [0002], [0013], [0088] - [0101]; Abbildungen 1-3, 11-25 -----	8-10
X	US 2021/361481 A1 (GLINER VADIM [IL] ET AL) 25. November 2021 (2021-11-25) Absätze [0002], [0012], [0017], [0025], [0045]; Abbildungen 1-3, 6, 7 -----	8-10
A	US 2021/353462 A1 (FRITZ HANS [DE] ET AL) 18. November 2021 (2021-11-18) Absatz [0046] -----	8-10
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absdeditatum des internationalen Recherchenberichts
25. Juli 2023		04/08/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Rodríguez Cosío, J

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr. **1-7**
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
Regel 39.1 iv) PCT - Verfahren zur chirurgischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
Regel 39.1 iv) PCT - Verfahren zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung;; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/062726

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005261715 A1	24-11-2005	AT 402682 T	15-08-2008
		AU 2005226683 A1	06-10-2005
		BR PI0509131 A	28-08-2007
		CA 2559749 A1	06-10-2005
		CN 101065072 A	31-10-2007
		CN 101502460 A	12-08-2009
		DK 1765190 T3	03-11-2008
		EP 1765190 A2	28-03-2007
		ES 2311219 T3	01-02-2009
		JP 4625070 B2	02-02-2011
		JP 2007530146 A	01-11-2007
		PL 1765190 T3	30-01-2009
		PT 1765190 E	30-10-2008
		SI 1765190 T1	31-12-2008
		US 2005228425 A1	13-10-2005
		US 2005261715 A1	24-11-2005
		US 2010036406 A1	11-02-2010
		US 2010121364 A1	13-05-2010
		US 2011015563 A1	20-01-2011
		US 2012296264 A1	22-11-2012
		US 2013211435 A1	15-08-2013
		WO 2005092023 A2	06-10-2005

US 2021361481 A1	25-11-2021	AU 2021276927 A1	02-02-2023
		CA 3183919 A1	25-11-2021
		EP 4153108 A1	29-03-2023
		US 2021361481 A1	25-11-2021
		WO 2021234619 A1	25-11-2021

US 2021353462 A1	18-11-2021	DE 102020112851 A1	18-11-2021
		US 2021353462 A1	18-11-2021
