

(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  
22. Juni 2006 (22.06.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2006/063743 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
A61N 1/36 (2006.01)

Niedernwöhren (DE). UNGER, Norbert [DE/DE];  
Bevenroder Strasse 100, 38108 Braunschweig (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/013258

(74) Anwälte: GRAF VON STOSCH, Andreas usw.; Bosch  
Graf von Stosch Jehle Patentanwaltsgesellschaft MbH,  
Flüngenstrasse 13, 80639 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

9. Dezember 2005 (09.12.2005)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2004 059 973.4

13. Dezember 2004 (13.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): IMI INTELLIGENT MEDICAL IMPLANTS AG  
[CH/CH]; Industriestrasse 24, CH-6302 Zug (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,  
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) Erfinder; und

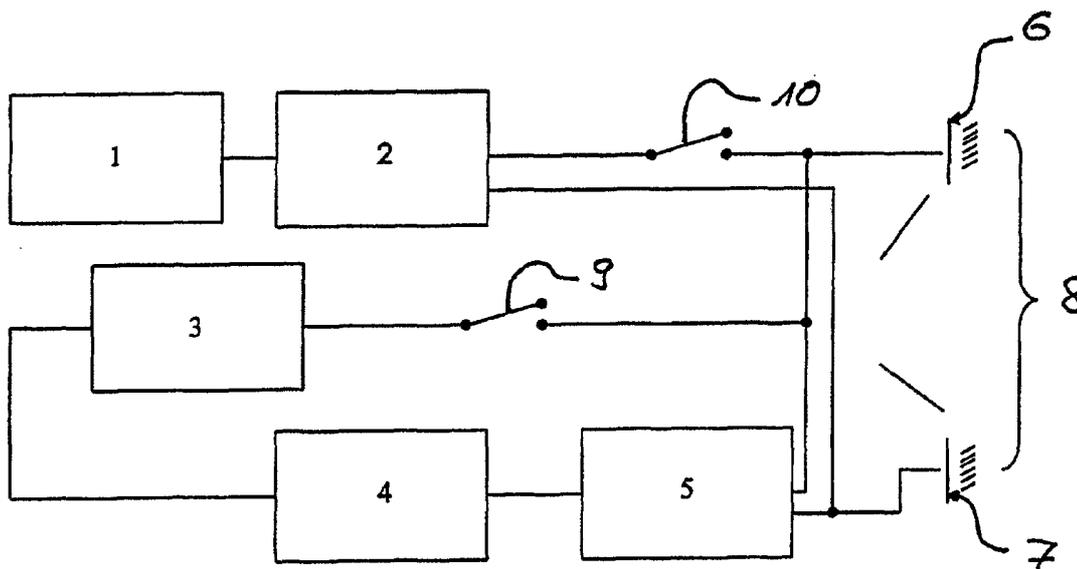
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROCKE, Andre  
[DE/DE]; Im Kleegrund 7A, 30823 Garbsen (DE).  
ORTMANN, Maurits [DE/DE]; Saenkamp 8, 31712

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR CONTROLLING THE ELECTRIC CHARGE ON STIMULATION ELECTRODES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG DER ELEKTRISCHEN LADUNG AN STIMULATIONSELEKTRODEN



(57) Abstract: The invention relates to a device for stimulating living tissue or nerves (12) by means of individual or repeated stimulation impulses which are produced by stimulation electrodes (6, 7). Said device comprises an electric circuit which controls the electric voltage and/or the electric charge on the stimulation electrodes (6, 7) according to the electric voltage between the stimulation electrodes (6, 7) and which reduce or compensate the inhomogenities of the electric voltages on the stimulation electrodes. The inventive device and the inventive method have the following advantages in that they can prevent or eliminate inhomogenous electric voltages on the stimulation electrodes and the negative effects on the tissue and the nerves (12) connected therewith. Also, the inventive device is compact.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/063743 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven (12) durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden (6, 7) umfasst eine elektrische Schaltung, welche die elektrische Spannung bzw. die elektrische Ladung an den Stimulationselektroden (6, 7) in Abhängigkeit von der elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) regelt und Unausgeglichheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden reduziert oder ausgleicht. Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zu deren Anwendung haben folglich den Vorteil, dass Unausgeglichheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden und die damit verbundenen nachteiligen Effekte auf das Gewebe und die Nerven (12) vermieden oder beseitigt werden. Ferner hat die erfindungsgemäße Vorrichtung einen geringen Platzbedarf.

## **Vorrichtung zur Steuerung der elektrischen Ladung an Stimulationselektroden**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung der elektrischen Spannung bzw. der elektrischen Ladung an Stimulationselektroden, die der Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven dienen. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere eine elektronische Schaltung zur Steuerung der elektrischen Ladung an Stimulationselektroden in einem System zur Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden.

Es sind bereits Vorrichtungen in Form von Implantaten zur Stimulation von lebendem Gewebe bekannt. So wurden beispielsweise Implantate für die Netzhaut (Retina) des menschlichen Auges entwickelt, die zur Behandlung von Patienten vorgesehen sind, deren Sehvermögen teilweise oder vollständig durch Defekte in der Retina verloren gegangen ist. Im Prinzip wird dabei eine mikroelektronische Vorrichtung im Bereich der Retina mit einer Vielzahl von lichtempfindlichen Pixelelementen implantiert, über die ein auf die Retina durch die noch intakte Linse des Auges projiziertes Bild aufgenommen wird; alternativ kann die Bilderfassung auch durch eine externe Kamera erfolgen. Das durch die Pixelelemente bzw. die Kamera erfasste Bild wird in elektrische Signale umgesetzt und über Stimulationselektroden mittels elektrischer Stimulationsimpulse an das umgebende Gewebe bzw. die Zellen der Retina

abgegeben, um so das Sehvermögen des erblindeten oder teilweise erblindeten Patienten wiederherzustellen bzw. zu verbessern.

Bei der Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven durch einzelne oder  
5 wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden können  
Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden  
auftreten. Bei bekannten Stimations-Systemen bzw. Stimulatoren werden häufig  
Impulsgeneratoren verwendet, um die elektrischen Stimulationsimpulse an den  
Stimulationselektroden zu erzeugen. Dabei wird die Form bzw. der Verlauf der  
10 elektrischen Stimulationsimpulse auf die Art des zu stimulierenden Gewebes  
angepasst. Über einen Stromgenerator werden die Stimulationselektroden mit  
elektrischem Strom beaufschlagt, der den vom Impulsgenerator erzeugten  
elektrischen Stimulationsimpulsen entspricht.

15 Nach einem einzelnen Stimulationsimpuls kann jedoch beispielsweise aufgrund  
von Fehlern oder Toleranzen eine geringe elektrische Ladung auf der  
Stimulationselektrode zurückbleiben. Eine kontinuierlich verbleibende oder  
zunehmende Unausgeglichenheit der elektrischen Ladungen an den  
Stimulationselektroden kann zu einem unerwünschtem Stromfluss zwischen den  
20 Stimulationselektroden und damit zu Schäden sowohl am Gewebe als auch an  
den Stimulationselektroden bis zur Zerstörung der Stimulationselektroden und  
zum totalen Ausfall des Stimations-Systems führen. Aufgrund von  
Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden kann  
es insbesondere zu einem Gleichstromfluss zwischen den Stimulationselektroden  
25 kommen, was bei dem Patienten mit unangenehmen Empfindungen und  
nachteiligen Wirkungen auf das Gewebe oder die Nerven verbunden sein kann.

Bei einigen bekannten Stimations-Systemen erfolgt die Beseitigung von  
Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden  
30 beispielsweise durch Elektrodenkurzschluss oder mittels Parallelwiderstände zum  
passiven Entladen der Stimulationselektroden oder von üblicherweise  
verwendeten Serienkapazitäten. Solche Vorrichtungen haben jedoch den

Nachteil, dass sie mit einem hohen Platzbedarf verbunden sind, denn es ist grundsätzlich erstrebenswert, Stimulationssysteme auf möglichst kleinem Raum unterzubringen.

5 US 6301505 B1 beschreibt eine Vorrichtung zur Stimulation von Nervengewebe, insbesondere im Innenohr oder von Muskelgewebe. Eine elektrische Schaltung überwacht den Potentialaufbau zwischen den Stimulationselektroden. Sobald ein zu hohes Potential zwischen den Stimulationselektroden erfasst wird, werden weitere Stimulationen verhindert, so dass sich die Potentialdifferenz zwischen den  
10 Stimulationselektroden nicht weiter aufbauen kann. Eine Stimulation der Stimulationselektroden wird dann so lange unterdrückt, bis sich die Potentialdifferenz durch einen Kurzschluss zwischen den Elektroden wieder ausgeglichen hat oder unterhalb des Grenzwerts liegt. Diese Vorrichtung hat den Nachteil, dass bis zum Ausgleich einer Potentialdifferenz zwischen den  
15 Stimulationselektroden keine Stimulation vorgenommen werden kann.

DE 10151650 A1 beschreibt eine Elektrodenanordnung zur elektrischen Stimulation mit einer Stimulationselektrode, über die biologischem Material ein Stimulussignal zugeführt wird, und einer Gegenelektrode. Zusätzlich ist die  
20 Elektrodenanordnung mit einer Sensorelektrode ausgestattet, mit der eine Polarisationsspannung an der Stimulationselektrode bestimmt wird, wodurch sich auch statische Anteile der Elektrodenpolarisation erfassen lassen. Nach diesem bekannten Verfahren wird das Polarisationspotential kontinuierlich gemessen und das Stimulationssignal derart beeinflusst, dass das Polarisationspotential  
25 zwischen den Stimulationselektroden einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Dies wird entweder durch Justieren der Amplitude oder durch Abschalten des Stimulationssignals erreicht. Der Nachteil dieser Elektrodenanordnung besteht darin, dass mit der Sensorelektrode eine zusätzliche Elektrode zur Messung des Polarisationspotentials benötigt wird, was sowohl die Kosten der  
30 Stimulationsvorrichtung als auch den Aufwand bei der Implantation und die Beeinträchtigung des zu stimulierenden Gewebes erhöht. Ferner erfolgt bei dieser bekannten Methode die Messung einer Potentialdifferenz zwischen den

Stimulationselektroden während der Stimulation, wodurch das Messergebnis beeinträchtigt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur  
5 Steuerung der elektrischen Ladung an Stimulationselektroden mit geringem  
Platzbedarf zu schaffen, die einen unerwünschten Stromfluss zwischen den  
Stimulationselektroden eines Stimulations-Systems aufgrund von  
Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden  
reduziert bzw. beseitigt.

10

Diese Aufgabe wird durch die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen  
gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß  
Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils in den  
Unteransprüchen angegeben.

15

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die oben genannte  
Aufgabe durch eine Vorrichtung zur Stimulation von lebendem Gewebe oder  
Nerven durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über  
Stimulationselektroden gelöst, die mit lebenden Nerven oder Gewebe kontaktiert  
20 sind, das durch die Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden stimuliert wird,  
wobei die Vorrichtung eine elektrische Schaltung umfasst, welche die elektrische  
Spannung bzw. die elektrische Ladung an den Stimulationselektroden in  
Abhängigkeit von der elektrischen Spannung zwischen den  
Stimulationselektroden regelt und Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen  
25 an den Stimulationselektroden reduziert oder ausgleicht.

30

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die oben  
genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben der oben genannten  
Vorrichtung umfassend die folgenden Schritte:

- Ermitteln einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden bzw. einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden,
- Vergleichen der ermittelten Spannung zwischen den  
5 Stimulationselektroden mit einem vorgegebenen Spannungsbereich,
- Erzeugen und Anlegen eines positiven oder negativen elektrischen Stroms bestimmter Dauer und Intensität an mindestens eine Stimulationselektrode, wodurch die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden bzw. eine Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den  
10 Stimulationselektroden reduziert oder ausgeglichen wird.

Nach der vorliegenden Erfindung wird folglich eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung bereitgestellt, die in der Lage ist, die elektrische Ladung an Stimulationselektroden eines Systems zur Stimulation von  
15 lebendem Gewebe oder Nerven zu regeln und einen Ladungsausgleich an den Stimulationselektroden herbeizuführen. Die vorliegende Erfindung stellt insbesondere eine elektronische Schaltung bereit, die zur Steuerung und zum Ausgleich der elektrischen Ladung an Stimulationselektroden in einem System zur Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven durch einzelne oder  
20 wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden dient. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist damit in der Lage, einen Ausgleich der elektrischen Ladung an den Stimulationselektroden des Stimulations-Systems herbeizuführen.

25 Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht folglich darin, dass Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden und die damit verbundenen nachteiligen Effekte auf das Gewebe und die Nerven vermieden werden, indem sie durch einen entsprechenden Ladungsausgleich aktiv beseitigt werden. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung  
30 besteht darin, dass sie keine Verwendung von Serienkapazitäten mehr erfordert und damit einen geringeren Platzbedarf hat als bekannte Vorrichtungen. Zwar ist

die Verwendung von mindestens einem Parallelwiderstand nicht zwingend erforderlich, kann aber ggf. zur Erhöhung der Erstfehlersicherheit vorgesehen sein. Noch ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass neben den Stimulationselektroden keine zusätzliche Messelektrode benötigt  
5 wird.

Weitere Einzelheiten, bevorzugte Ausführungsformen und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

10

Figur 1 ein schematisches Blockschaltbild einer elektrischen Schaltung für eine Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einem Stimulations-System;

15

Figur 2 ein Elektrodenmodell in Form einer schematischen Darstellung mit einem elektrischen Ersatzschaltbild für eine Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einem Stimulations-System; und

20

Figur 3 eine elektrische Ersatzschaltung zur Darstellung unterschiedlicher Zustände der Stimulationselektroden eines Stimulations-Systems mit einer Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

25

In Figur 1 ist ein schematisches Blockschaltbild einer elektrischen Schaltung für eine Vorrichtung gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt, das in einem Stimulations-System zur Stimulation von lebendem Gewebe oder Nerven durch einzelne oder wiederholte  
30 Stimulationsimpulse eingesetzt werden kann. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Impulsgenerator 1, der elektrische Impulse erzeugt. Diese

elektrischen Impulse werden vom Impulsgenerator 1 an eine Strom/Spannungsquelle 2 weitergeleitet, wo sie zu Stimulationsimpulsen verstärkt und durch elektrische Leitungen an eine erste Stimulationselektrode 6 und an eine zweite Stimulationselektrode bzw. Gegenelektrode 7 übertragen werden.

5

Die Stimulationselektroden 6, 7 sind beispielsweise mit menschlichen Nerven oder Gewebe 8 kontaktiert, das durch die Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden 6, 7 stimuliert wird. Dabei ist die Form bzw. der Verlauf der vom Impulsgenerator 1 und der Strom/Spannungsquelle 2 erzeugten elektrischen Stimulationsimpulse auf die Art des zu stimulierenden Gewebes bzw. der zu stimulierenden Nerven angepasst. Die Verbindung über die elektrische Leitung zwischen der Strom/Spannungsquelle 2 und der Stimulationselektrode 6 kann durch einen Schaltkontakt 10 unterbrochen bzw. hergestellt werden.

10

Die in Figur 1 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Stimulation von lebenden Gewebe oder Nerven umfasst ferner einen Ladungs- bzw. Spannungsmesser 5, der mit den beiden Stimulationselektroden 6 und 7 verbunden ist. Der Ladungs- bzw. Spannungsmesser 5 ermittelt die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6, 7 und ermittelt damit Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen bzw. Ladungsverschiedenheiten an den Stimulationselektroden 6, 7, die an einen Vergleichler 4 weitergeleitet werden. Der Vergleichler 4 stellt fest, ob die vom Ladungs- bzw. Spannungsmesser 5 ermittelte Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6 und 7 unterhalb, innerhalb oder oberhalb eines vorgegebenen Spannungsbereichs liegt, der durch vorgegebene Grenzwerte definiert ist.

20

25

Der Vergleichler 4 ist mit einem Ladungsinjektor 3 verbunden, der einen elektrischen Strom bestimmter Dauer und Intensität erzeugen kann. Der Ladungsinjektor 3 ist wiederum über eine elektrische Leitung mit der Stimulationselektrode 6 verbunden, wobei die Verbindung zwischen dem Ladungsinjektor 3 und der Stimulationselektrode 6 durch einen Schaltkontakt 9

30

unterbrochen bzw. hergestellt werden kann. Aufgrund des vom Vergleich 4 ermittelten Resultats bezüglich der Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6 und 7 übermittelt der Vergleich 4 dem Ladungsinjektor 3 ein entsprechendes Signal, woraufhin der Ladungsinjektor 3 einen positiven oder negativen elektrischen Strom bestimmter Dauer und Intensität an die Stimulationselektrode 6 anlegen kann.

Falls der Vergleich 4 feststellt, dass die Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6, 7 nicht innerhalb des vorgegebenen Spannungsbereichs liegt, legt der Ladungsinjektor 3 für eine bestimmte Zeitspanne einen entsprechenden elektrischen Strom bestimmter Intensität auf die Stimulationselektrode 6. Dabei wird die Ausgleichstromrichtung bzw. die Polarität des Ausgleichstroms vom Ladungsinjektor 3 so gewählt, dass die absolute Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6 und 7 abnimmt. Nach Applikation des Ausgleichstroms bestimmter Länge und Amplitude kann erneut die Spannung ermittelt werden. Wenn anschließend durch den Vergleich 4 festgestellt wird, dass weiterhin eine elektrische Spannung zwischen den Elektroden 6, 7 außerhalb des vorgegebenen Spannungsbereichs vorliegt, so wird die Applikation eines weiteren Ausgleichstroms wiederholt.

Dieser Vorgang der alternierenden Ermittlung der elektrischen Spannung zwischen den Elektroden 6, 7 und der Applikation von Stromimpulsen zum Ausgleich von Unausgeglichheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden 6, 7 kann so oft wiederholt werden, bis die elektrische Spannung zwischen den Elektroden 6, 7 innerhalb des vorgegebenen Spannungsbereichs liegt bzw. die elektrische Ladung an den Stimulationselektroden 6, 7 ausgeglichen ist. Sobald die Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6, 7 wieder innerhalb des vorgegebenen Spannungsbereichs liegt bzw. die elektrische Ladung an den Stimulationselektroden 6, 7 ausgeglichen ist, legt der Ladungsinjektor 3 keinen Strom mehr auf die Stimulationselektrode 6, indem beispielsweise die Stromerzeugung des Ladungsinjektors 3 abgeschaltet wird oder die Verbindung

zwischen dem Ladungsinjektor 3 und der Stimulationselektrode 6 durch den Schaltkontakt 9 unterbrochen wird.

Wie bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen  
5 Ausführungsform ist es dabei ausreichend, dass der Ladungsinjektor 3 nur mit  
einer Stimulationselektrode 6 verbunden ist, da der Ladungsinjektor 3 in der Lage  
ist, eine positive oder eine negative Spannung mit der erforderlichen Stromstärke  
zu erzeugen, um einen Ladungsausgleich zwischen den Stimulationselektroden 6,  
7 herbeizuführen. Ob eine positive oder eine negative Spannung und welche  
10 Stromstärke für den Ladungsausgleich zwischen den Stimulationselektroden 6, 7  
erforderlich ist, wird zuvor durch den Ladungs- bzw. Spannungsmesser 5 und den  
Vergleicher 4 ermittelt und an den Ladungsinjektor 3 weitergeleitet. Durch diese  
aktiv gesteuerte Regulierung über den Ladungs- bzw. Spannungsmesser 5, den  
Vergleicher 4 und die Regelung des Ausgleichstroms mittels des  
15 Ladungsinjektors 3 wird gewährleistet, dass die Spannung zwischen den  
Stimulationselektroden 6 und 7 bestimmte Grenzwerte nicht überschreitet bzw.  
die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden 6 und 7 abnimmt  
oder auf Null reduziert wird.

20 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ausgleich von Unausgeglichenheiten  
elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden kann allgemein in einem  
System zur Stimulation von Gewebe oder Nerven durch einzelne oder wiederholte  
Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden angewendet werden und ist  
vorzugsweise in einem solchen Stimulations-System integriert. Gemäß einem  
25 besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die erfindungsgemäße  
Vorrichtung zum Ausgleich von Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an  
den Stimulationselektroden vorzugsweise nur dann aktiv, wenn über die  
Stromquelle 2 kein Laststrom bzw. kein Stimulationsstrom auf die  
Stimulationselektroden 6, 7 gelegt wird, d.h. wenn das mit den  
30 Stimulationselektroden (6, 7) kontaktierte Gewebe (8, 12) oder Nerven nicht durch  
Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden (6, 7) stimuliert wird. Auf diese  
Weise können etwaige Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den

Stimulationselektroden durch nahezu stromlose Messung besonders exakt ermittelt und ausgeglichen werden.

Figur 2 zeigt ein Elektrodenmodell in Form einer schematischen Darstellung mit  
5 einem elektrischen Ersatzschaltbild für eine Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einem Stimulations-System. In Figur 2 ist ein Modell zur Beschreibung der prinzipiellen Vorgänge an den Stimulationselektroden eines erfindungsgemäßen Stimulations-Systems dargestellt.

10

Das in Figur 2 dargestellte Elektrodenmodell der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird anhand eines Retina-Stimulations-Systems zur Anwendung an einem menschlichen Auge als Beispiel erläutert, wobei von dem Retina-Stimulations-System lediglich eine Stimulationselektrode 6 dargestellt ist. Auf der rechten Seite  
15 der Figur 2 ist die Kontaktierung der Stimulationselektrode 6 des Retina-Stimulations-Systems mit der Netzhaut 12 eines menschlichen Auges schematisch dargestellt. Dabei steht die Stimulationselektrode 6 über einen Elektrolyt 11 mit der Netzhaut (Retina) 12 des menschlichen Auges in Kontakt, wobei zwischen der Stimulationselektrode 6 und dem Elektrolyt 11 eine  
20 Grenzschicht 13 ausgebildet ist. Der Elektrolyt 11 besteht im Wesentlichen aus einer wässrigen Lösung, in der sich elektrisch geladene Ionen befinden.

Auf der linken Seite der Figur 2 ist ein elektrisches Ersatzschaltbild zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt,  
25 wobei die Bezüge des jeweiligen Bauteils des Stimulations-Systems mit der betreffenden Komponente des Ersatzschaltbildes durch Pfeile angedeutet sind. Der in der Figur 2 von der geschweiften Klammer umfasste Teil des Ersatzschaltbildes dient der Darstellung der prinzipiellen Vorgänge an der Grenzschicht 13 zwischen der Stimulationselektrode 6 und dem Elektrolyt 11.

30

Das Ersatzschaltbild der Grenzschicht 13 zwischen der Stimulationselektrode 6 und dem Elektrolyt 11 umfasst einen ersten elektrischen Knotenpunkt P1, einen

Grenzschichtwiderstand  $R_g$ , eine Kapazität  $C_g$ , eine erste Reihenschaltung bestehend aus einer ersten Diode  $D_1$  und einem ersten Widerstand  $R_1$ , eine zweite Reihenschaltung bestehend aus einer zweiten Diode  $D_2$  und einem zweiten Widerstand  $R_2$  sowie einen zweiten elektrischen Knotenpunkt  $P_2$ . Der  
5 Grenzschichtwiderstand  $R_g$ , die Kapazität  $C_g$ , die erste Reihenschaltung bestehend aus der ersten Diode  $D_1$  und der ersten Widerstand  $R_1$ , die zweite Reihenschaltung bestehend aus der zweiten Diode  $D_2$  und dem zweiten Widerstand  $R_2$  sind jeweils zwischen dem ersten elektrischen Knotenpunkt  $P_1$  und dem zweiten elektrischen Knotenpunkt  $P_2$  parallel geschaltet.

10

Die erste Diode  $D_1$  ist innerhalb der ersten Reihenschaltung so angeschlossen, dass ihre Kathode mit dem elektrischen Knotenpunkt  $P_1$  verbunden ist, während die zweite Diode  $D_2$  innerhalb der zweiten Reihenschaltung so angeschlossen ist, dass ihre Anode mit dem elektrischen Knotenpunkt  $P_1$  verbunden ist. Zwischen  
15 dem zweiten elektrischen Knotenpunkt  $P_2$  und einem dritten elektrischen Knotenpunkt  $P_3$  ist ein Elektrolytwiderstand  $R_{\text{Elektrolyt}}$  angeschlossen, mit dem ein spezifischer Widerstand des Gewebes  $R_{\text{Gewebe}}$  verbunden ist.

Die einzelnen Komponenten des Ersatzschaltbildes haben in Bezug auf die  
20 Komponenten des Stimulations-Systems die folgenden physikalische Entsprechungen. Die Grenzschichtkapazität  $C_g$  entspricht der elektrischen Kapazität an der Grenzschicht 13 zwischen der Stimulationselektrode 6 und dem Elektrolyt 11. Die Grenzschichtkapazität  $C_g$  wird im Wesentlichen durch die Ausrichtung der im Elektrolyten 11 vorhandenen Wasser-Dipolmoleküle sowie  
25 durch die Anlagerung der im Elektrolyten 11 vorhandenen Ionen bestimmt. Während einer Stimulation der Netzhaut durch die Stimulationselektrode 6 werden bei einem ordnungsgemäßen Betrieb des Stimulations-Systems die im Elektrolyten vorhandenen Ionen nicht entladen. Die elektrische Kapazität an der Grenzschicht  $C_g$  wird ferner durch die wirksame Fläche der Elektrode 6 und durch  
30 die physikalischen Eigenschaften des Elektrolyten 11 bestimmt.

Der Grenzschichtwiderstand  $R_g$  beschreibt das Verhalten eines geringfügigen Ladungstransports innerhalb der Grenzschicht 13 zwischen dem Elektrolyt 11 und der Stimulationselektrode 6. Der Grenzschichtwiderstand  $R_g$  liegt im Bereich von 10 Megaohm. Innerhalb der Grenzschicht 13 können Ladungstransporte auftreten, ohne dass es zu nachteiligen Effekten kommen muss, die weiter unten beschrieben werden.

Der Elektrolytwiderstand  $R_{\text{Elektrolyt}}$  entspricht dem elektrischen Widerstand des Elektrolyts 11 und setzt sich im Wesentlichen durch die wirksame Oberfläche der Stimulationselektrode 6 und durch den spezifischen Widerstand des Elektrolyten 11 zusammen.

Der Widerstand der Netzhaut und der darunter liegenden subretinalen Gewebeschichten wird im Wesentlichen durch den spezifischen Widerstand des Gewebes  $R_{\text{Gewebe}}$  bestimmt. Dabei ist der spezifische Gewebewiderstand  $R_{\text{Gewebe}}$  größer, als der spezifische Widerstand  $R_{\text{Elektrolyt}}$  des Elektrolyten 11.

Zwischen den elektrischen Knotenpunkten P1 und P2 kann sich eine Spannung aufbauen, die im Folgenden mit  $U_{12}$  bezeichnet wird. Auch wenn die Spannung zwischen P1 und P2 die Durchbruchspannungen der Dioden D1 und D2 nicht überschreitet, kann innerhalb der Grenzschicht 13 ein Strom fließen, ohne dass dabei nachteilige Effekte auf die Stimulationselektrode 6 oder auf das Gewebe entstehen.

Die Wahl und die Anordnung der oben genannten elektrischen Komponenten des in Figur 2 angegebenen Ersatzschaltbildes ist möglichst einfach gehalten, um die prinzipiellen Vorgänge an der Grenzschicht 13 zwischen der Stimulationselektrode 6 und der Netzhaut 12 in übersichtlicher Weise darzustellen. Für eine exakte Abbildung der in der Realität zwischen der Stimulationselektrode 6 und der Netzhaut 12 auftretenden Effekte müssten weitere Komponenten zum Ersatzschaltbild hinzugefügt werden. Insbesondere die

Wahl der beiden gegenpolig angeordneten Dioden D1 und D2, ist daher lediglich symbolisch zu verstehen.

Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf Figur 2 nachteilige Vorgänge beschrieben, die während des Betriebs eines Stimulations-Systems in der Stimulationselektrode 6, im Elektrolyt 11 zwischen der Stimulationselektrode 6 und der Netzhaut 12 sowie an der Grenzschicht 13 zwischen dem Elektrolyt 11 und der Stimulationselektrode 6 auftreten können. Die Dioden D1 und D2 sind dabei als ideale Elemente zu betrachten, deren Durchbruchspannungen vorzugsweise im Bereich von einigen Zehntel Volt liegen. Beim Betrieb der Stimulations-Systems können je nach anodischer oder katodischer Anregung der Dioden D1 und D2 durch das Überschreiten von diskreten Spannungen zwischen den elektrischen Knotenpunkten P1 und P2 über einen bestimmten Zeitraum verschiedene Effekte auftreten, die im Wesentlichen in vier Fallgruppen unterschieden werden können:

1. Die im Elektrolyt 11 enthaltenen Ionen gehen in Lösung und die Elektrode 6 löst sich auf.
2. Die im Elektrolyt 11 enthaltenen Ionen werden Entladen und die Elektrode 6 wächst.
3. Die Oberfläche der Elektrode 6 wird oxidiert oder reduziert.
4. Es entsteht eine Gasbildung im Elektrolyt 11.

Die oben genannten Effekte, die beim Betrieb des Stimulations-Systems in der Stimulationselektrode 6, im Elektrolyt 11 zwischen der Stimulationselektrode 6 und der Netzhaut 12 sowie an der Grenzschicht 13 zwischen dem Elektrolyt 11 und der Stimulationselektrode 6 auftreten können, sind für das stimulierte Gewebe und für eine einwandfreie Funktion des Stimulations-Systems von Nachteil. Es ist daher ein Ziel bei der Ansteuerung von Stimulationselektroden, die oben genannten Fallgruppen nachteiliger Effekte in jedem Fall zu vermeiden. Dieses Ziel wird zum einen dadurch erreicht, dass die Spannung  $U_{12}$  den

elektrischen Knotenpunkten P1 und P2 immer unter den Durchbruchspannungen der Dioden D1 und D2 gehalten wird. Um dies zu bewerkstelligen, müssen die verschiedenen Zustände der Stimulationselektroden betrachtet werden.

5 Figur 3 zeigt eine schematische Ersatzschaltung zur Darstellung unterschiedlicher Zustände der Stimulationselektroden eines Stimulations-Systems mit einer Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Auch bei dieser Darstellung dient ein Retina-  
10 Stimulations-System als Beispiel für die Verwendung bzw. Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei von dem Stimulations-System in Figur 3 lediglich eine Stimulationselektrode 6 und eine Gegenelektrode 7 dargestellt ist. Gleichwohl umfasst ein Stimulations-System üblicherweise eine große Anzahl von Stimulationselektroden 6, 7, die jeweils mit der Netzhaut 12 eines menschlichen Auges kontaktiert sind.

15

Das in Figur 3 dargestellte Ersatzschaltbild umfasst mehrere parallel angeordnete Reihenschaltungen die jeweils einen Zustand der Stimulationselektroden 6, 7 wiedergeben, wobei für die Erläuterung der Elektrodenzustände auch auf das in  
20 Figur 2 dargestellte Ersatzschaltbild Bezug genommen wird. Jede der in Figur 3 dargestellten Reihenschaltung ist jeweils über ein Ende mit der Stimulationselektrode 6 und über das andere Ende mit der Stimulationselektrode 7 verbunden. Jede der Reihenschaltungen in Figur 3 weist jeweils einen Schalter 14 auf, über den die Verbindung der betreffenden Reihenschaltung zur Stimulationselektrode 6 unterbrochen bzw. hergestellt werden kann.

25

Die erste Reihenschaltung umfasst einen Widerstand  $R_{ST}$ , eine Spannungsquelle  $U_{DC}$  sowie eine Wechselstromquelle  $U_{ST}$ . Die zweite Reihenschaltung umfasst einen Widerstand  $R_{KURZ}$  und eine Spannungsquelle  $U_{KURZ}$ . Die dritte Reihenschaltung umfasst einen Widerstand  $R_{OFFEN}$  und eine Spannungsquelle  
30  $U_{LECK}$ . Die vierte Reihenschaltung umfasst einen Widerstand  $R_S$ .

Bei einer Funktionsweise des Stimulations-Systems ohne Kurzschluss-Beschaltung der Stimulationselektroden 6, 7 kann eine Ansteuerungsfrequenz von etwa 60Hz zugrunde gelegt werden, so dass sich ein Stimulationszyklus für die Stimulationselektrode 6 von etwa 16,7 ms einstellt. Innerhalb dieses  
5 Stimulationszyklus wird die Stimulationselektrode über eine Zeitspanne von etwa 3 ms stimuliert. Das Anlegen einer elektrischen Spannung oder Ladung auf die Stimulationselektroden 6, 7 in einem Stimulationszyklus entspricht dabei dem Elektrodenzustand der ersten Reihenschaltung. Außerhalb des Stimulationszyklus ist die Stimulationselektrode 6 entweder kurzzeitig mit der Gegenelektrode 7  
10 kurzgeschlossen, was dem Elektrodenzustand der zweiten Reihenschaltung entspricht, oder die Stimulationselektrode ist offen, d.h. nicht mit einer elektrischen Spannung oder Ladung beaufschlagt, was dem Elektrodenzustand der dritten Reihenschaltung entspricht.

15 Ausgehend von der Annahme, dass nur etwa 10 % aller Stimulationselektroden des Stimulations-Systems gleichzeitig angesteuert werden und diese Ansteuerung in etwa gleich verteilt ist, so wird eine Stimulationselektrode nur etwa 1,8 % der Betriebszeit des Stimulations-Systems mit einer elektrischen Spannung oder Ladung beaufschlagt. Auch bei einer Nicht-Gleichverteilung der Ansteuerung  
20 der Stimulationselektroden überwiegt in jedem Fall die Zeit mit ca. 90% der Betriebszeit des Stimulations-Systems, in der sich die Elektrode im Leerlauf befindet bzw. offen ist, d.h. nicht mit einer elektrischen Spannung oder Ladung beaufschlagt wird.

25 Während dieser Zeit kann sich die in Figur 2 dargestellte Kapazität  $C_g$  über den Leckstrom  $I_{leck}$  aufladen, der über die Spannungsquelle  $U_{LECK}$  fließt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der in Figur 2 dargestellte Widerstand  $R_g$  etwa 10 MOhm beträgt und die Spannung  $U_{12}$  zwischen den in Figur 2 dargestellten elektrischen Knotenpunkten etwa 200mV nicht überschreiten darf. Um eine der  
30 oben genannten nachteiligen Effekte zu vermeiden, muss  $I_{leck} < 20$  nA sein. Wird der Kondensator  $C_g$  zwischenzeitlich entladen, kann der Leckstrom  $I_{leck}$  entsprechend größer sein. Wäre der Widerstand  $R_g$  dagegen unendlich groß,

müsste  $I_{\text{leck}}$  gleich 0 sein, um einen ordnungsgemäßen Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu gewährleisten.

Bei einer Stimulation wird von einem Stimulationsimpulsstrom von maximal 1 mA  
5 ausgegangen. Ein Abweichung von 0,01% entspricht dann einem Gleichstrom  
von 100 nA. Wenn die Elektrode maximal 10% der Zeit stimuliert wird, so  
resultiert dies in einem Gleichstrom von 10 nA. Das bedeutet, dass ohne einen  
Ladungsausgleich zwischen den Stimulationsimpulsen ein Charge-Balance bzw.  
ein Ladungsausgleich zwischen den Stimulationselektroden etwa in derselben  
10 Größenordnung erfolgen muss.

Eine Möglichkeit zur direkten Messung oder Überwachung der Spannung U12  
zwischen dem ersten elektrischen Knotenpunkt P1 und dem zweiten elektrischen  
Knotenpunkt P2 ist nicht gegeben, da bei einer Messung der Gesamtspannung  
15 U12 auch die Spannungsabfälle über dem Elektrolyten 11 und dem Netzhaut-  
Gewebe 12 gemessen werden. Eine Spannungs- oder Restpotentialmessung  
zwischen dem ersten elektrischen Knotenpunkt P1 und dem zweiten elektrischen  
Knotenpunkt P2 ist daher zunächst nur zu solchen Zeitpunkten möglich, wenn  
gerade keine Stimulation an den Stimulationselektroden 6,7 stattfindet, also quasi  
20 stromlos gemessen wird.

Wie dem in Figur 3 dargestellten Ersatzschaltbild zu entnehmen ist, kann optional  
ein Schutzwiderstand  $R_S$  eingefügt werden, der einerseits mit der Elektrode 6 und  
andererseits mit der Gegenelektrode 7 verbunden ist; die Anschlüsse des  
25 Schutzwiderstands  $R_S$  sind mit gestrichelten Verbindungslinien dargestellt. Dieser  
Schutzwiderstand  $R_S$  kann etwa im Bereich von 100 kOhm liegen und würde bei  
einer Charge-Imbalance bzw. einer Unausgeglichenheit der elektrische Ladung  
zwischen den Stimulationselektroden 6, 7 von etwa 1% ausreichen um den  
Kondensator  $C_g$  zwischen den Stimulationsphasen zu entladen.

30 Zusätzlich oder alternativ besteht auch die Möglichkeit, der Kondensator  $C_g$   
zwischen den Stimulationselektroden 6, 7 durch Kurzschließen der Elektrode 6

mit der Gegenelektrode 7 zu entladen. Dies könnte beispielsweise zwischen zwei Stimulationsimpulsen durch einen Kurzschluss der Elektrode 6 mit der Gegenelektrode 7 für ca. 3 ms erfolgen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass in dieser Zeit der Entladung durch Kurzschließen einer Elektrode ihrer Gegenelektrode keine Nachbarelektroden stimuliert werden, die sich in der Nähe der kurzgeschlossenen Stimulationselektroden befinden.

Die vorliegende Erfindung wurde lediglich durch ein Anwendungsbeispiel anhand des Elektrodenmodells und des Ersatzschaltbildes im Zusammenhang mit einem Retina-Stimulations-System zur Anwendung an einem menschlichen Auge erläutert. Selbstverständlich können die durch die Patentansprüche definierte erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren auch in anderen Stimulations-Systemen angewendet werden.

**Liste der Bezugszeichen**

- |    |    |   |
|----|----|---|
|    | 1  | Impulsgenerator   |
| 5  | 2  | Strom/Spannungsquelle   |
|    | 3  | Ladungsinjektor   |
|    | 4  | Vergleicher   |
|    | 5  | Ladungs- bzw. Spannungsmesser                                   |
|    | 6  | Stimulationselektrode   |
| 10 | 7  | Stimulationselektrode bzw. Gegenelektrode                       |
|    | 8  | lebendes Gewebe oder Nerven                                     |
|    | 9  | Schaltkontakt   |
|    | 10 | Schaltkontakt   |
|    | 11 | Elektrolyt  |
| 15 | 12 | Netzhaut (Retina)   |
|    | 13 | Grenzschicht zwischen Stimulationselektrode 6 und Elektrolyt 11 |
|    | 14 | Schaltkontakt   |

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Vorrichtung zur Stimulation von lebendem Gewebezellen oder Nerven durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über  
5 Stimulationselektroden (6, 7), wobei die Stimulationselektroden (6, 7) mit lebenden Nervenzellen oder Gewebe (8, 12) kontaktiert sind, das durch die Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden (6, 7) stimuliert wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Vorrichtung eine elektrische Schaltung (1, 2, 3, 4, 5) umfasst,  
10 welche die elektrische Spannung bzw. die elektrische Ladung an den Stimulationselektroden (6, 7) in Abhängigkeit von der elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) regelt und Unausgeglichheiten elektrischer Ladungen an den  
Stimulationselektroden (6, 7) reduziert oder ausgleicht.  
15
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung, einen positiven oder negativen elektrischen Strom bestimmter Dauer und Intensität erzeugt und an mindestens eine Stimulationselektrode (6) anlegt, wodurch  
20 Unausgeglichheiten elektrischer Ladungen zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) reduziert oder ausgeglichen werden.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Vorrichtung einen Impulsgenerator (1) umfasst, der elektrische Impulse erzeugt, die von einer Strom/Spannungsquelle (2) zu Stimulationsimpulsen verstärkt  
25 und zumindest an eine erste Stimulationselektrode (6), vorzugsweise an eine Anzahl von Stimulationselektroden (6, 7) weitergeleitet werden.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Form oder der Verlauf der von der Vorrichtung erzeugten elektrischen  
30 Stimulationsimpulse oder die Stromimpulse für den Ladungsausgleich zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) auf die Art des zu

stimulierenden Gewebes (8, 12) oder der zu stimulierenden Nervenzellen angepasst ist.

- 5 5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verbindung der elektrischen (1, 2, 3, 4, 5) Schaltung zu der mindestens einen Stimulationselektrode 6 durch einen Schaltkontakt 10 unterbrochen oder hergestellt werden kann.
- 10 6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung einen Ladungs- und/oder Spannungsmesser (5) umfasst, der mit den Stimulationselektroden (6, 7) verbunden ist und die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder Unausgeglichenheiten an den Stimulationselektroden (6, 7) ermittelt.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Ladungs- und/oder Spannungsmesser (5) die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) zwischen Stimulationszyklen ermittelt, d.h. während das mit den Stimulationselektroden (6, 7) kontaktierte Gewebe (8, 12) oder Nerven nicht durch Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden (6, 7) stimuliert wird oder kein Laststrom oder Stimulationsstrom an den Stimulationselektroden (6, 7) anliegt.
- 20 25 8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung einen Vergleicher (4) umfasst, der feststellt, ob die elektrische Spannung oder die Ladungsverschiedenheiten zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) unterhalb, innerhalb oder oberhalb eines bestimmten Spannungsbereichs liegt, der durch vorgegebene Grenzwerte definiert ist.
- 30 9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung einen Ladungsinjektor (3) umfasst, der einen positiven oder negativen elektrischen Strom bestimmter Dauer und Intensität erzeugt und

an die Stimulationselektrode (6) anlegt, wodurch Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) reduziert oder ausgeglichen werden.

5 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das durch den Ladungs- und/oder Spannungsmesser (5) ermittelte Resultat bezüglich der elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder der Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) an den Vergleicher (4) weitergeleitet wird und  
10 das Ergebnis des vom Vergleicher (4) durchgeführten Vergleichs, ob die elektrische Spannung oder die Ladungsverschiedenheiten zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) unterhalb, innerhalb oder oberhalb eines vorgegebenen Spannungsbereichs liegt, an den Ladungsinjektor (3) weitergeleitet wird und der Ladungsinjektor (3) aufgrund der vom Vergleicher (4) weitergeleiteten Signale eine positive oder eine negative  
15 Spannung und mit bestimmter Stromstärke über eine bestimmte Zeitspanne an die mindestens eine Stimulationselektrode (6) anlegt, so dass die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder Unausgeglichenheiten elektrischer Ladungen an den  
20 Stimulationselektroden (6, 7) reduziert oder ausgeglichen werden.

11. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung zur Elektrostimulation einer Retina eines Auges, insbesondere in Abhängigkeit von einfallendem Licht dient, mit einer elektrischen  
25 Schaltung (1, 2, 3, 4, 5) vorzugsweise in Form eines integrierten Schaltkreis, der dazu ausgebildet ist, im Bereich der Retina implantiert zu werden, wobei die elektrische Schaltung (1, 2, 3, 4, 5) eine Anzahl von Kontaktstellen zum Kontaktieren von Retinazellen und eine Anzahl von lichtempfindlichen Elementen beinhaltet, die in Abhängigkeit von  
30 auftreffendem Licht die Kontaktstellen über die elektrische Schaltung (1, 2, 3, 4, 5) ansteuern.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die elektronischen Komponenten (1, 2, 3, 4, 5) der elektrischen Schaltung sowie metallische Leiterbahnen zu deren Kontaktierung photolithographisch mikrostrukturiert und vorzugsweise auf einem Chip untergebracht sind.
13. System zur Stimulation von lebendem Gewebe (8, 12) oder Nerven durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden (6, 7) mit einer Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung vorzugsweise in dem Stimulations-System integriert ist.
14. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche umfassend die folgenden Schritte:
- Ermitteln einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen zwischen den Stimulationselektroden (6, 7),
  - Vergleichen der ermittelten Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) mit einem vorgegebenen Spannungsbereich,
  - Erzeugen und Anlegen eines positiven oder negativen elektrischen Stroms bestimmter Dauer und Intensität an mindestens eine Stimulationselektrode (6), wodurch die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder eine Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) reduziert oder ausgeglichen wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die elektrische Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) auch während des Ladungsausgleichs an den Stimulationselektroden (6, 7) ermittelt wird und sobald die Spannung

zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) wieder innerhalb des vorgegebenen Spannungsbereichs liegt oder keine Spannung mehr zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) vorliegt, die Stromzufuhr zum Ladungsausgleich zu den Stimulationselektroden (6, 7) unterbrochen wird.

5

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei die Ermittlung einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) und/oder der Ladungsausgleich an den Stimulationselektroden (6, 7) zwischen Stimulationszyklen durchgeführt wird, d.h. während das mit den Stimulationselektroden (6, 7) kontaktierte Gewebe (8, 12) oder Nerven nicht durch Stimulationsimpulse der Stimulationselektroden (6, 7) stimuliert wird oder kein Laststrom oder Stimulationsstrom an den Stimulationselektroden (6, 7) anliegt.

10

15

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei die Ermittlung einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) nur dann durchgeführt wird, wenn kein Stimulationsstrom an die Stimulationselektroden (6, 7) angelegt ist.

20

25

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei die Ermittlung einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) und/oder der Ladungsausgleich an den Stimulationselektroden (6, 7) nur dann durchgeführt wird, wenn an den Stimulationselektroden (6, 7) und an Stimulationselektroden in der Nähe der Stimulationselektroden (6, 7) kein Stimulationsstrom angelegt ist, d.h. weder die Stimulationselektroden (6, 7) noch Stimulationselektroden in der Nähe der Stimulationselektroden (6, 7) durch Stimulationsimpulse stimuliert werden.

30

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, wobei die Ermittlung einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) und/oder der Ladungsausgleich an den Stimulationselektroden (6, 7) zyklisch wiederholt wird.
- 5
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, wobei die Ermittlung einer elektrischen Spannung zwischen den Stimulationselektroden (6, 7) oder einer Unausgeglichenheit elektrischer Ladungen an den Stimulationselektroden (6, 7) und die Zufuhr eines Ausgleichsstroms mit bestimmter Dauer und Amplitude zu den Stimulationselektroden (6, 7) zum Ladungsausgleich an den Stimulationselektroden (6, 7) alternierend durchgeführt wird.
- 10
21. System zur Stimulation von lebendem Gewebe (8, 12) oder Nerven durch einzelne oder wiederholte Stimulationsimpulse über Stimulationselektroden (6, 7), das nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 13 bis 18 arbeitet.
- 15

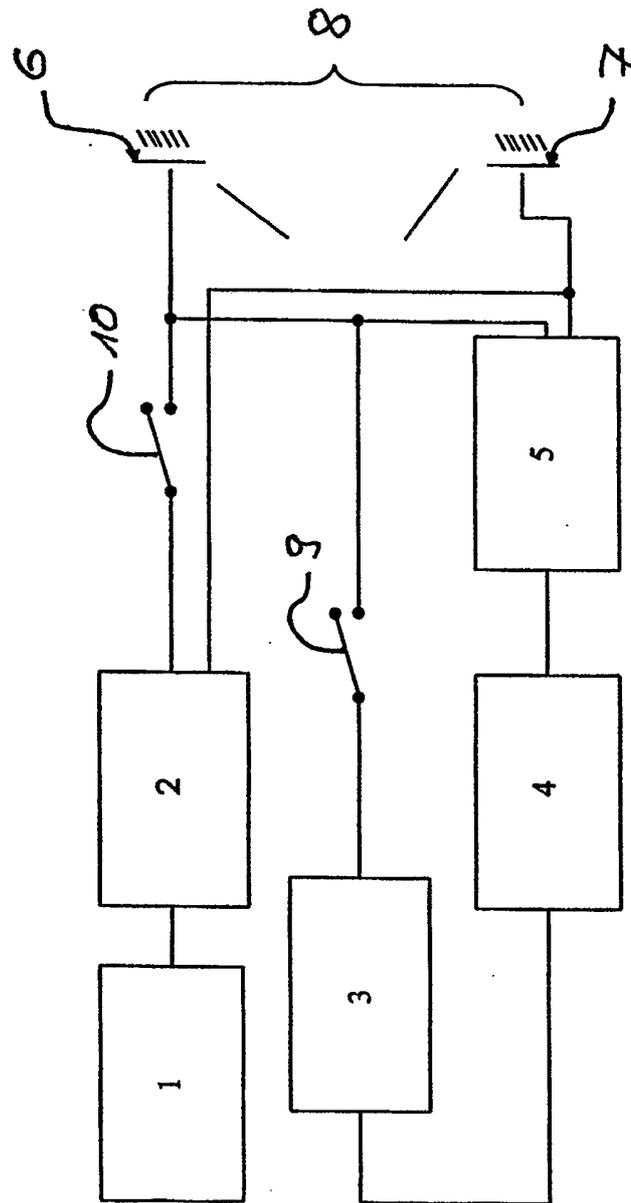
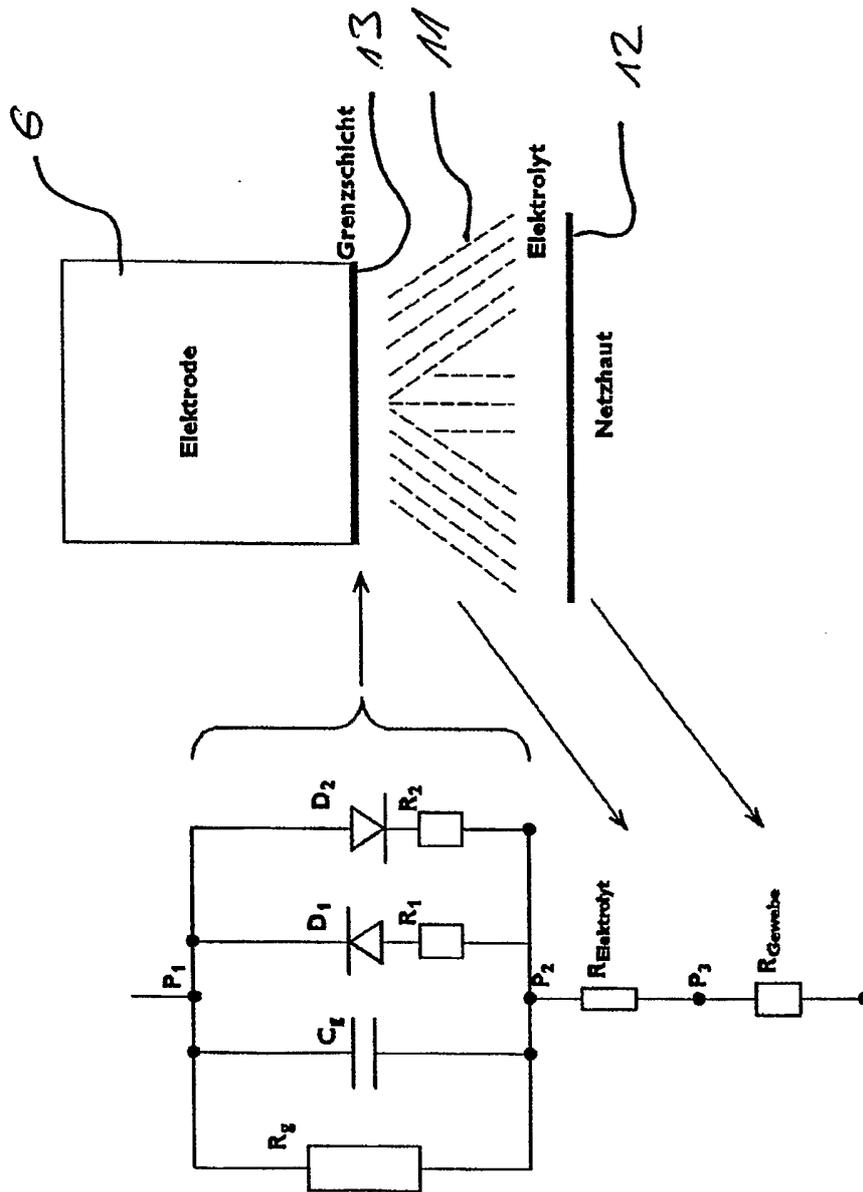


Figure 1



Figur 2

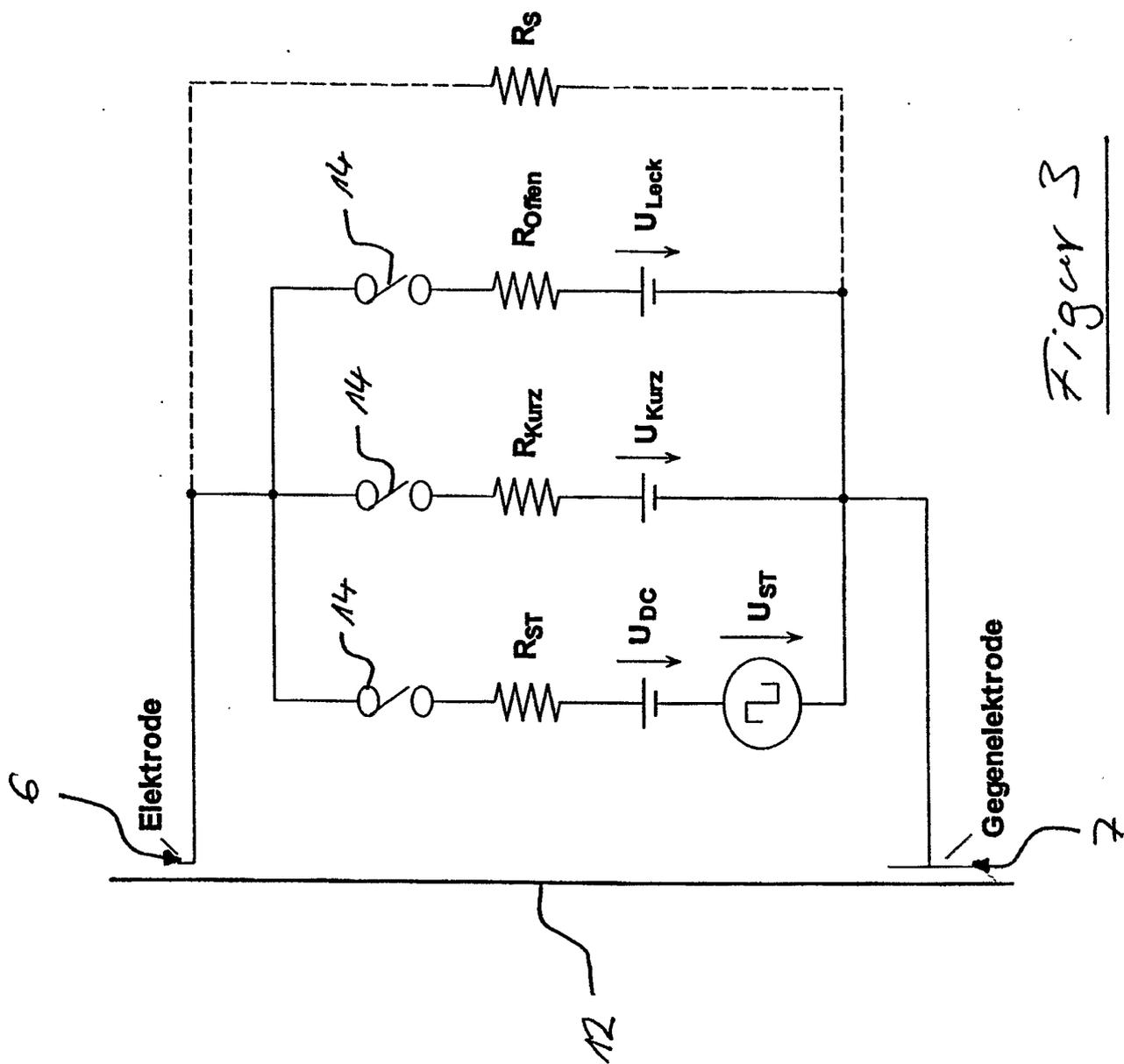


Figure 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2005/013258

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
A61N1/36

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)  
A61N

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 473 649 B1 (GRYZWA MARK ET AL) 29 October 2002 (2002-10-29)	1-10, 12-21
Y	paragraphs '0027!', '0050!', '0088!', '0089!', '0112!; figures 2,13,14	11
Y	US 2002/169486 A1 (CHOW ALAN Y ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) abstract	11
A	US 5 376 104 A (SAKAI ET AL) 27 December 1994 (1994-12-27) the whole document	1-21

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "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
- "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
- "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.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

27 February 2006

03/03/2006

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
  
Edward, V

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2005/013258

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6473649	B1	29-10-2002	AU 2587501 A EP 1239919 A1 WO 0145792 A1	03-07-2001 18-09-2002 28-06-2001
US 2002169486	A1	14-11-2002	AU 5578301 A BR 0110550 A CA 2407360 A1 CN 1438906 A CZ 20023624 A3 EP 1278572 A1 FI 20021938 A HU 0302506 A2 JP 2003531697 T MX PA02010775 A NO 20025250 A NZ 521976 A PL 365419 A1 WO 0183026 A1 US 6427087 B1 ZA 200208540 A	12-11-2001 01-04-2003 08-11-2001 27-08-2003 18-06-2003 29-01-2003 02-11-2002 28-10-2003 28-10-2003 06-09-2004 19-12-2002 24-09-2004 10-01-2005 08-11-2001 30-07-2002 22-07-2004
US 5376104	A	27-12-1994	JP 5063557 U JP 6021492 Y2	24-08-1993 08-06-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/013258

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> A61N1/36		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) A61N		
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, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 473 649 B1 (GRYZWA MARK ET AL) 29. Oktober 2002 (2002-10-29)	1-10, 12-21
Y	Absätze '0027!, '0050!, '0088!, '0089!, '0112!; Abbildungen 2,13,14	11
Y	US 2002/169486 A1 (CHOW ALAN Y ET AL) 14. November 2002 (2002-11-14) Zusammenfassung	11
A	US 5 376 104 A (SAKAI ET AL) 27. Dezember 1994 (1994-12-27) das ganze Dokument	1-21
<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	"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	
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"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)	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
27. Februar 2006	03/03/2006	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Edward, V	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/013258

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6473649	B1	29-10-2002	AU 2587501 A 03-07-2001
			EP 1239919 A1 18-09-2002
			WO 0145792 A1 28-06-2001
US 2002169486	A1	14-11-2002	AU 5578301 A 12-11-2001
			BR 0110550 A 01-04-2003
			CA 2407360 A1 08-11-2001
			CN 1438906 A 27-08-2003
			CZ 20023624 A3 18-06-2003
			EP 1278572 A1 29-01-2003
			FI 20021938 A 02-11-2002
			HU 0302506 A2 28-10-2003
			JP 2003531697 T 28-10-2003
			MX PA02010775 A 06-09-2004
			NO 20025250 A 19-12-2002
			NZ 521976 A 24-09-2004
			PL 365419 A1 10-01-2005
			WO 0183026 A1 08-11-2001
US 6427087 B1 30-07-2002			
ZA 200208540 A 22-07-2004			
US 5376104	A	27-12-1994	JP 5063557 U 24-08-1993
			JP 6021492 Y2 08-06-1994