

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## URKUNDE

über die Eintragung des  
**Gebrauchsmusters**

Nr. 20 2004 010 342.7

**IPC**

A61F 2/20

**Bezeichnung**

Kehlkopfprothese mit der Vorrichtung zur Reproduktion natürlicher Stimmen

**Gebrauchsmusterinhaber**

Nazaradeh, Fridun, Dr.med. Dipl.-Ing., 46242 Bottrop, DE; Eckermann, Claus, 46286 Dorsten, DE; Großkopf, Marc Andre, Dipl.-Ing.(FH), 45145 Essen, DE; Nazaradeh, Denis, Cand.-Ing., 46242 Bottrop, DE

**Tag der Anmeldung**

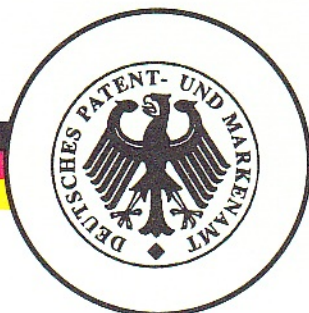
02.07.2004

**Tag der Eintragung**

18.11.2004

**Priorität**

08.12.2003 DE 203 19 026.2



Der Präsident des Deutschen Patent- und Markenamts

Dr. Schade



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2004 010 342 U1** 2004.12.23

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(22) Anmeldetag: **02.07.2004**  
(47) Eintragungstag: **18.11.2004**  
(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **23.12.2004**

(51) Int Cl.7: **A61F 2/20**

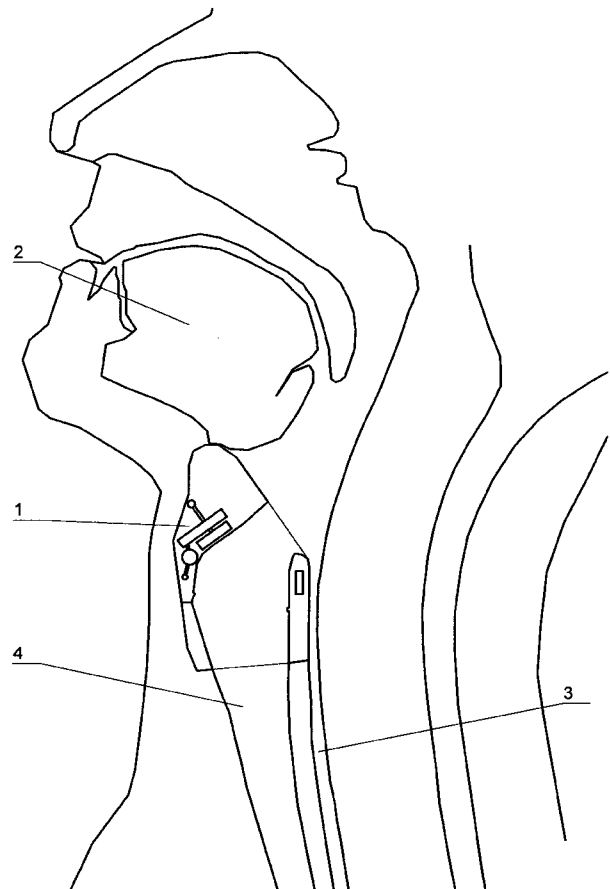
(66) Innere Priorität:  
**203 19 026.2**      **08.12.2003**

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**Nazaradeh, Fridun, Dr.med. Dipl.-Ing., 46242  
Bottrop, DE; Eckermann, Claus, 46286 Dorsten,  
DE; Großkopf, Marc Andre, Dipl.-Ing.(FH), 45145  
Essen, DE; Nazaradeh, Denis, Cand.-Ing., 46242  
Bottrop, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Kehlkopfprothese mit der Vorrichtung zur Reproduktion natürlicher Stimmen**

(57) Hauptanspruch: Kehlkopfprothese mit der Vorrichtung zur Reproduktion natürlicher Stimmen, mindestens aufweisend eine Erfassungsvorrichtung zum Erfassen von Impulsen von mindestens einem der Sprachnerven (Nervus laryngeus recurrens, Nerves phrenicus), eine einstellbare Verarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten der Nervenimpulse zu stimmcharakteristischen Sprachimpulsen, eine Sprachausgabevorrichtung zur Ausgabe der Sprache sowie eine Energieversorgung.



Kehlkopfprothese - Position der Prothese

## Beschreibung

### 1.1. Krankheitsbilder

**[0001]** Der Kehlkopfkrebs ist der häufigste bösartige Tumor der Kopf-Hals-Region. Jedes Jahr erkranken weltweit ca. 246000 Menschen am Kehlkopfkrebs (Larynx-Carcinom), deutschlandweit sind es ca. 3000 Menschen. Männer sind derzeit sechsmal häufiger betroffen als Frauen. (Quelle: Bremer Krebsregister Jahresbericht 2001). Die Mortalität für den Kehlkopfkrebs beträgt ca. 1500 Personen pro Jahr in Deutschland. Die Inzidenz und die Mortalität fallen für Männer seit Beginn der neunziger Jahre ab. Für Frauen ist dagegen eine Zunahme zu verzeichnen. Der Häufigkeitsgipfel der Erkrankung liegt im 5. bis 7. Lebensjahrzehnt. Es fällt jedoch auch eine Zunahme der Erkrankung bei Patienten jünger als 40 Jahre auf (Stichwort: juvenile Raucherinnen und Raucher).

**[0002]** Ein wesentlicher Risikofaktor für die Entstehung eines Kehlkopfkrebsses ist das Rauchen. Die gesteigerte Erkrankungsrate bei Frauen ist vor allem auf deren verändertes Rauchverhalten zurückzuführen. Die Kombination von Rauchen mit einem erhöhten Alkoholkonsum führt zu einer beträchtlichen Risikoerhöhung. Berufliche Expositionen wie Holzstaub und bestimmte Chemikalien (halogenierte Kohlenwasserstoffe) führen ebenso zu einem erhöhten Erkrankungsrisiko. Durch Asbest verursachter Kehlkopfkrebs kann in Deutschland als Berufskrankheit anerkannt werden.

### 1.2. Anatomie

**[0003]** Der Kehlkopf (nomina anatomica: Larynx) ist ein eigenständiges Organ, das am obersten Anteil der Luftröhre sitzt und der Stimmbildung dient. Er besteht aus einem Skelett von mehreren Knorpelplatten, die durch Bänder und Muskeln miteinander verbunden sind. Im Kehlkopf befindet sich die Stimmritze (nomina anatomica: Rima glotti), die durch zwei einander gegenüberliegende Stimmbänder (nomina anatomica: Plicae vocales) gebildet wird. Dieses Stimmorgan bezeichnet man in der Gesamtheit als Glottis. Je nach Länge der Stimmbänder hat die Stimme einen hohen oder tiefen Klang. Die Elastizität der Stimmbänder wird durch Muskelgruppen beeinflusst und somit die Tonhöhe der Töne, die bei Durchströmen der verengten Stimmbänder entstehen. Mehr als zehn Muskeln sind für das Schließen der Stimmbänder verantwortlich, wohingegen lediglich ein einziges Muskelpaar für die Öffnung und somit maßgeblich für die Stimmbildung verantwortlich ist. Der Musculus aryarythyroideus posterior (im klinischen Sprachgebrauch auch kurz und hier nachfolgend Postikus genannt) ist der einzige Muskel, der beidseitig, also symmetrisch und paarweise vorliegend, die Stimmbänder öffnen kann. Dabei kann der Muskel, je nach Innervation, die Stimmbänder minimal (wenige

Millimeter, um Tonhöhen fein abzustimmen) bis maximal (ein bis zwei Zentimeter zum Atmen) weiten.

**[0004]** Die Innervation des im Kehlkopf wichtigsten Muskels erfolgt durch ein Nervenpaar, das dem 10. Hirnnerv (Nervus vagus) entspringt. Dieses Nervenpaar heißt Nervus laryngeus recurrens. Nachdem dieses Nervenpaar aus dem 10. Hirnnerv entsprungen ist, läuft der 10. Hirnnerv als Nervus phrenicus weiter kaudalwärts zur Innervation des Zwerchfells und ist somit maßgeblich für die aktive Atembewegung der Lungen verantwortlich. Aus dem Innervationsschema wird die enge neurologische und logische Verflechtung von Atmung und Stimmbildung ersichtlich.

**[0005]** Eine operative Entfernung des Kehlkopfes, zum Beispiel im Rahmen einer Krebstherapie oder nach einem Unfall (häufig Motorradunfälle mit schwerem Aufprall auf das Lenkrad oder Windschott), führt unwiederbringlich zum Verlust der Stimme.

### 1.3. Therapie

**[0006]** Wie bei jeder Krebserkrankung so ist auch für die Therapie des Kehlkopfkrebsses das Stadium der Erkrankung entscheidend.

**[0007]** Man unterscheidet anatomisch bezüglich der Lage zu den Stimmbändern drei große Gruppen dieser Tumoren: supraglottisch (oberhalb der Stimmbänder), subglottisch (unterhalb der Stimmbänder) sowie die eigentlichen Stimmbandtumoren (glottische Larynx-Carcinome).

**[0008]** Im Gegensatz zu den meisten anderen Krebserkrankungen, die keine Frühzeichen verursachen, machen sie durch eine anhaltende Heiserkeit bereits früh auf sich aufmerksam.

**[0009]** Für die Behandlung des Kehlkopflaebsses stehen die Operation (mit vollständiger Resektion des Kehlkopfes bei fortgeschrittenem Tumorwachstum bzw. Teilresektion in Frühstadien) und die Strahlentherapie zur Verfügung. In den frühen Stadien der Erkrankung können beide Verfahren alternativ eingesetzt werden. Bei fortgeschrittenen Tumoren werden beide Verfahren kombiniert und ergänzen sich. Die Heilungsaussichten sind umso besser, je frühzeitiger der Krebs erkannt und je aggressiver er behandelt wird.

**[0010]** Die Operation reicht von der alleinigen Entfernung des Tumors bis hin zur Entfernung des gesamten Kehlkopfes, meist einschließlich der Ausräumung der Halslymphknoten. Auf die Stimmlippen begrenzte Tumore werden mikrolaryngoskopisch abgetragen. Dies erfolgt entweder mit einem Skalpell („blutig“) oder mit dem Laser („unblutig“).

**[0011]** Bei größeren Tumoren, die jedoch sicher im Gesunden entfernt werden können, sind Teilresektionen, also die Entfernung bestimmter Teile des Kehlkopfes, möglich. Auf diese Weise kann oftmals sowohl die Stimme als auch eine normale Atmung erhalten bleiben.

**[0012]** Wir betrachten hier die schwerwiegenden Fälle mit ausgedehnten Tumoren der Stadien T3 und T4 (T3-Stadium, Kriterien: Stimmbänder sind fixiert, also nicht mehr beweglich. T4: Ausbreitung des Tumors über den Kehlkopf hinaus in das umliegende Gewebe.). Diese sind häufig nur durch eine so genannte Laryngektomie (nachfolgend LE abgekürzt), also eine vollständige Entfernung des gesamten Kehlkopfes mit konsekutivem, unwiederbringlichem Verlust der Stimme, zu behandeln. Die genannten Kriterien sind jedoch nicht die einzigen und wichtigsten Kriterien, die zu einer Laryngektomie führen, es spielen noch viele weitere klinische Kriterien eine Rolle.

**[0013]** Ein weiterer Patientenstamm, der mit einer LE behandelt werden muss, sind Unfallopfer mit schwersten Hals- und Kehlkopfverletzungen zum Beispiel nach Motorradunfällen mit Aufprall des vorderen Halses auf Lenker oder Windschott.

#### 1.4. Stand der Rehabilitationstechnik

**[0014]** Die wohl wesentlichste Belastung nach Entfernung des Kehlkopfes stellt der vollständige Verlust der Stimme dar und damit die Fähigkeit zu sprechen. Die psychische Belastung durch die eingeschränkte Kommunikationsfähigkeit ist immens! Derzeit gibt es verschiedene Verfahren, um eine künstliche Ersatzstimme zu schaffen und eine Kommunikation zu ermöglichen. Diese sind jedoch allesamt mit großen Nachteilen behaftet, auf die nachfolgend näher eingegangen wird.

**[0015]** Die zuletzt entwickelte und in Deutschland derzeit wohl am häufigsten eingesetzte Möglichkeit ist das Einsetzen einer so genannten Provox<sup>®</sup>-Prothese. Dabei handelt es sich um ein kleines Ventil, das bei entsprechend hohem Luftdruck beim Ablassen der Luft die dünnen Ventilplättchen vibrieren lässt und somit ein Geräusch erzeugt. Dieses Ventil wird hinten am unteren Schlundbereich, also am Übergang von Rachen zur Speiseröhre eingesetzt. Damit der Druck hier groß genug wird, um ein Geräusch zu erzeugen, müssen die laryngektomierten Patienten ihre künstliche Atemöffnung vorne (das Tracheostoma) zuhalten. Dabei dringt dann die Ausatemluft über das Ventil Geräusch erzeugend über den Mund nach draußen. Einatmen über dieses Ventil ist nicht möglich, um so ein Eindringen von Flüssigkeiten beim Schlucken des Patienten zu verhindern.

**[0016]** Der Patient muss den richtigen Gebrauch

des Ventils durch einen Logopäden erlernen. Nachteile dieses Verfahrens sind die pöppelnden Geräusche anstelle einer human klingenden Stimme, die häufigen Infektionen, die durch das Zuhalten des Tracheostomas mit oftmals schmutzigen Händen entstehen können sowie eine häufige Besiedlung des Ventils mit Pilzen und Bakterien aus dem Mundraum, die oftmals ein großes Problem darstellen und deshalb einen häufigen Wechsel des Ventils erforderlich machen (ca. alle 6 bis 12 Monate, zum Teil aber auch wesentlich häufiger).

**[0017]** Ist der Einsatz eine Provox<sup>®</sup>-Prothese aus verschiedenen Gründen (anatomisch, psychisch, motorisch) nicht möglich, kommt häufig die zweite Methode zum Einsatz, das Erlernen einer so genannten Ösophagusstimme (Ösophagus, lat. Speiseröhre), bei der der Patient durch Logopäden erlernt, seine Speiseröhre zur Stimmbildung einzusetzen. Diese in der klinischen Umgangssprache Rülpsprache genannte Methode ist für den Patienten ausgesprochen ermüdend und wird von ihm oftmals als vulgär empfunden.

**[0018]** Führt auch dieses Verfahren nicht zum Ziel, so gibt es noch die Möglichkeit des Einsatzes einer elektronischen Sprechhilfe (häufigster Hersteller ist Servox<sup>®</sup>, daher auch nachfolgend Servox<sup>®</sup>-Prothese genannt). Diese Sprechhilfe sieht aus wie eine kleine Taschenlampe und besteht im Grunde genommen aus einer ca. 1 EUR großen Druckplatte am Ende des Stabes, der, ähnlich wie ein Rasierapparat, mit einer bestimmten Frequenz vibriert, häufig bei ca. 400 Hz. Legt der Patient diesen Stab unter dem Mundboden an, so beginnt die Luftsäule im Mund zu schwingen. Der Patient kann nun Vokale und Konsonanten im Mundraum bilden und sprechen. Der Klang dieser elektronischen Sprechhilfen wird von vielen Patienten als äusserst erschreckend empfunden, klingt er doch ausgesprochen monoton und synthetisch (Stichwort Roboterstimme).

**[0019]** Obwohl neuere Prothesen über einen so genannten Pitch-Schieber zur Beeinflussung der Vibrationsfrequenz und somit zur Beeinflussung der Tonhöhe während des Sprechens verfügen, klingen diese Sprechhilfen immer noch erschreckend synthetisch, unmenschlich.

#### 2. Problemstellung

**[0020]** Zusammengefasst bleibt ein äusserst unbefriedigendes Bild des Patienten zurück.

**[0021]** Der Patient verliert die Möglichkeit, über die Nase zu atmen, zu riechen und vor allem seine Stimme und somit eines seiner prägnantesten Eigenschaften und die Fähigkeit normal zu kommunizieren.

## 3. Lösungsansatz

**[0022]** Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Prothese vorgestellt, die es dem Patienten ermöglichen soll, trotz Entfernung seines Kehlkopfes mit seiner gewohnten Stimme weitersprechen zu können.

## 3.1. Technische Charakteristika der Stimmreproduktionseinheit

**[0023]** Es wird hierzu eine Prothese verwendet, die zwischen Rachenboden (Pharynx) und Luftröhrenende nach Absetzen des Kehlkopfes eingesetzt wird.

**[0024]** Die Prothese selbst besteht aus einem biologisch gut verträglichen Material, das, einmal mit der Luftröhre vernäht, beginnt, mit der Luftröhre zu verwachsen und durch seine fungizide und bakterizide Beschichtung weitestgehend gegen Pilz- und Bakterienbesiedlung sicher ist.

**[0025]** Im Inneren der Prothese befinden sich elektronische Bausteine, die zur Stimmbildung benötigt werden.

**[0026]** Dazu wird eine elektronische Einheit verwendet, die die Impulse des Nervus laryngeus recurrens erfassen und verwenden kann, um die Baugruppen, die letztlich zur Stimmerzeugung herangezogen werden, mit Informationen über die Tonhöhe und Tondauer zu versorgen.

**[0027]** Die künstliche Stimme wird über so genannte Vocoderbausteine gebildet. Diese sind aus der digitalen Mobilfunktechnik bekannt und werden dort zur exakten Stimmnachbildung des Anrufers beim Angerufenen im Mobiltelefon seit Jahren verwendet (siehe LT.U. Spezifikation 782 bzw. GSM ETSI-Spezifikation 01.01). Der Vocoderbaustein ist nachrichtentechnisch betrachtet lediglich ein digitaler Filterbaustein mit  $n$  Filterkoeffizienten (je größer  $n$ , desto genauer gelingt die Nachbildung der Stimme), dessen Filterkoeffizienten durch die jeweiligen Eigenschaften der nachzubildenden Stimme für den jeweiligen Laut einmalig gesetzt und zum Schwingen durch einen passenden Impuls versetzt, den Laut der Stimme für den betrachteten Moment exakt nachbilden können. Eine identische, elektronische Stimmnachbildung wird somit möglich.

**[0028]** Dabei werden einige Koeffizienten fest verwendet und bilden somit wichtige Charakteristika der nachzubildenden Stimme, während einige andere Koeffizienten und die Anregung des Filterbausteins dynamisch gesetzt werden, um die Stimmerzeugung in einem Moment zu beeinflussen (Tonhöhe und -Bauer). Zur Grundeinstellung des Filterbausteins (nunmehr nachfolgend kurz Vocoder genannt) mit den Charakteristika der nachzubildenden Stimme sind vor Entfernung des Kehlkopfes des Patienten,

also präoperativ, Untersuchungen und Aufzeichnungen der Stimme in einem Labor erforderlich.

## 3.2. Technische Charakteristika der Stimmwiedergabe

**[0029]** Nach erfolgter digitaler Konservierung der Stimme wird mithilfe geeigneter Software eine Analyse der Stimme durchgeführt und dementsprechend der Vocoder der einzusetzenden Prothese abgestimmt. Dies kann auch nach erfolgter Operation und Einsetzen der Prothese erfolgen. Hierzu verfügt das System über Transponder, die mithilfe eines PC und eines Transponder-Halsbandes angesprochen werden können. Über dieses System können dann später sowohl Daten ausgelesen werden (wie zum Beispiel Systemstatus, Fehlermeldungen, Zustand der Spannungsversorgung usw.) als auch Daten übermittelt werden (Neuabgleich des Vcoders bis hin zur kompletten Neugestaltung der Stimme, Abgleich des Energiesparmodus uvm.).

**[0030]** Die dynamische Feinabstimmung des Vcoders (Tonhöhe und Tondauer) erfolgt dann in Echtzeit. Die hierzu erforderlichen Daten werden aus dem Nervenimpulsmuster des Nervus laryngeus recurrens und Nervus phrenicus gewonnen.

**[0031]** Hierbei wird ein Biochip verwendet, der als neuronale Schnittstelle zwischen Nerv und System fungiert. Die vom Nerven kommenden Impulsmuster werden in elektrische Impulse umgewandelt, die am analogen Eingang eines A/D-Wandlers angelegt werden. Dieser A/D-Wandler wird mit dem digitalen Eingangsbus eines Mikroprozessors verbunden, der mit Hilfe von Algorithmen, die der künstlichen Intelligenz und Fuzzy-Logik entnommen werden, programmiert wird. Der Ausgang des Mikroprozessors liefert sodann die geeigneten Parameter zum dynamischen Feinabgleich des Vcoders, der dann abhängig von der Dauer des Nervenimpulses geeignet zum Schwingen angeregt wird.

**[0032]** Dabei entsteht dann ein Ton in geeigneter Höhe und Dauer mit den ursprünglichen Charakteristika des Patienten.

## 33. Technische Charakteristika des künstlichen Respirationstraktes

**[0033]** Um die Atmung zu gewährleisten, wird das Innere der Prothese über einen Hohlraum von gewöhnlichem Tracheadurchmesser (bei durchschnittlichem Kaukasier ca. 1,0-1.5 cm) verfügen. In diesem Hohlraum wird dann auch das akustische Signal des Vcoders, also die elektronisch absolut identische, synthetisierte Stimme des operierten Patienten akustisch eingekoppelt werden.

### 3.4. Möglichkeiten zur dynamischen Lautstärkeregelung

**[0034]** Um die Lautstärke beim Sprechen zu beeinflussen, werden zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen. Die Erste beruht auf einer neuronalen Lösung, in dem die Impulse auf dem Nervus phrenicus, der das Zwerchfell innerviert, herangezogen werden, um Aufschlüsse über die Lautstärke des Gesprochenen zu erhalten. Die zweite Lösung beruht auf dem Druck, der gegen den unteren Ventilmechanismus, der auch beim Husten seinen Einsatz findet, erfolgt und dem Luftstrom, der am Ventil entlang entweicht.

**[0035]** Das Flussvolumen kann sodann zur Ermittlung und Einstellung der Lautstärke des Vocoders herangezogen werden.

### 3.5. Spannungsversorgung des Systems

**[0036]** Die Spannungsversorgung des Systems erfolgt über Lithiumpolymerakkumulatoren im Niederspannungsbereich von bis max. 7,2 V und max. 1800 mAh. Lithiumpolymerakkus haben den Vorteil, dass sie in nahezu jeder beliebigen Form gegossen werden können. Somit hat man die Möglichkeit, jeden Leerraum innerhalb der Prothese mit Akkus zu versehen und die Kapazität der Akkumulatoren und somit die autarke Betriebsdauer des Systems maximal zu vergrößern.

**[0037]** Angelehnt an den Spannungsverbrauch von modernen Mobiltelefonen geht der Autor derzeit von einer nonstop Sprechzeit von ca. 8h aus (Versorgung von Mensch-Maschine-Schnittstelle, nachfolgend kurz MMI, Vocoder und Verstärker). Hierbei wenden auch intelligente Energiesparfunktionen eine Anwendung finden (z.B. sleep-Modi der Prozessoren und des Vocoders bei kurzen Sprechpausen und deep-sleep-Modi bei längerem Verstummen), um die Betriebsdauer mit einer Ladung zu verlängern.

**[0038]** Die Ladung des Systems kann dann nachts mithilfe eines induktiven Halsbandes erfolgen. Ein Ladezyklus wird, nach dem derzeitigen Stand der Technologie, ca. 2-3 h dauern.

### 3.6. Strahlenschutzmaßnahmen des Systems bei Strahlentherapie

**[0039]** Da die Patienten oftmals nach erfolgter Operation einer adjuvanten Strahlentherapie zugeführt werden, um eventuell verbliebene Tumorzellen zu zerstören und da ionisierende Strahlung in dem Dosisbereich, der bei der Strahlentherapie Anwendung findet, sensible elektronische Systeme nachhaltig beeinflussen oder gar zerstören kann, müssen auch Strahlenschutzaspekte für dieses System in Betracht kommen.

**[0040]** Hierzu werden sämtliche hoch sensiblen Bauteile (Flash-EEPROM-Bausteine mit Firmware und Vocoder-Grundeinstellungsdaten sowie die beiden Mikroprozessoren) in Strahlenrichtung in der Prothese ausgerichtet werden (in aller Regel in der Sagittalebene). Darüber hinaus wird die Außenhaut der Larynxprothese aus einer extrem dünnen, gummierten Bleischicht bestehen, um die in das System eindringende Strahlung möglichst gut abzuschwächen. Somit ist die Elektronik auch bei einer Strahlentherapie des Patienten nicht gefährdet.

## 4. Zusammenfassung

**[0041]** Der nach einer Laryngektomie bisher schwerstgradig eingeschränkte Patient wird mithilfe dieser Larynxprothese wieder imstande sein, mit seiner gewohnten Stimme zu sprechen.

**[0042]** Die Besonderheit dieses Systems besteht darin, mit Hilfe von Vocodern, die in der Nachrichtentechnik und insbesondere im GSM-Mobilfunk bereits seit Jahren etabliert sind, praktisch jede menschliche Stimme exakt zu replizieren.

**[0043]** Voraussetzung hierfür ist die vorherige, digitale Konservierung der Stimme mit einer Stimmkonservierung- und Verwaltungsvorrichtung.

**[0044]** Die Grundeigenschaften der Stimme (wie Oktavlage, Oktavspannweite etc.) werden fest in den Vocoder geschrieben. Zeitlich veränderliche Größen der Stimme (Stimmtdauer, Stimmhöhe) hingegen werden über die Impulsmuster, die am Nervus laryngeus recurrens anliegen, der maßgeblich die Stimmbildung im Kehlkopf des gesunden Menschen beim Sprechen beeinflusst, in Echtzeit an den Vocoder übermittelt, der Vocoder somit in Echtzeit fein justiert.

**[0045]** Der Abgriff der Nerven und ihre Anbindung an das System erfolgt intraoperativ über so genannte neuronale Nervenschnittstellen, die aus verschiedenen Bereichen der Neurochirurgie bekannt und mittlerweile auch etabliert sind (z.B. bei der Ansteuerung von Hand- oder Beinprothesen).

## 5. Schemazeichnungen der Larynxprothese

**[0046]** Fig. 1 stellt die seitliche, mediane Schnittansicht der Larynxprothese (1) dar.

**[0047]** Hier abgebildet ist die Position der Larynxprothese (1) oberhalb der Luftröhre (4). Der Schnitt zeigt auch die Zunge (2) und die Speiseröhre (3).

**[0048]** In Fig. 2 ist die vergrößerte Darstellung der Larynxprothese (1) mit den Elementen der Vorrichtung zur Reproduktion der natürlichen menschlichen Stimme.

**[0049]** Die Nervenschnittstelle (10) tastet die Impulse des Nervus laryngeus recurrens ab und überträgt diese über die Verbindung (11) an die Hauptplatine (12). Über den Schallwandler (9) werden die akustischen Signale in den Rachenraum übertragen. Die für die Spannungsversorgung zuständigen Akkumulatoren (8) werden über einen Spulenkörper (13) aufgeladen. Für die exakte Aufladung und Spannungsversorgung ist die Ladeelektronik (14) zuständig.

**[0050]** Fig. 3 zeigt den coronaren Schnitt mittig durch die Larynxprothese.

**[0051]** In Fig. 4 sieht man die Draufsicht auf die Öffnung der Larynxprothese auf Höhe des Spulenkörpers (13) zum Laden der Akkus.

### Schutzansprüche

1. Kehlkopfprothese mit der Vorrichtung zur Reproduktion natürlicher Stimmen, mindestens aufweisend eine Erfassungsvorrichtung zum Erfassen von Impulsen von mindestens einem der Sprachnerven (Nervus laryngeus recurrens, Nerves phrenicus), eine einstellbare Verarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten der Nervenimpulse zu stimmcharakteristischen Sprachimpulsen, eine Sprachausgabevorrichtung zur Ausgabe der Sprache sowie eine Energieversorgung.

2. Kehlkopfprothese nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diese zwischen Rachenboden (Pharynx) und Luftröhrende eingesetzt, insbesondere vernäht, wird.

3. Kehlkopfprothese nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prothese aus einem biologisch gut verträglichen, insbesondere aus fungiziden und/oder bakteriziden Material besteht, oder davon zumindest teilweise umgeben ist.

4. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsvorrichtung ein Filterbaustein mit mindestens einem Filterkoeffizienten ist, über dessen Einstellung die Stimmcharakteristik bestimmbar ist.

5. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsvorrichtung zur Bestimmung der Stimmcharakteristik zumindest teilweise statisch einstellbar ist.

6. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Stimmcharakteristik präoperative Sprachaufzeichnungen verwendbar sind.

7. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Stimmcharakteristik postoperative Analy-

sen verwendbar sind.

8. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsvorrichtung zur Bestimmung einer situationsbedingten Stimmcharakteristik teilweise dynamisch, vorzugsweise in Echtzeit, einstellbar ist.

9. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsvorrichtung ein, insbesondere aus der Mobilfunktechnik stammender Vocoder-Baustein, oder ein dazu artverwandter Baustein ist.

10. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehlkopfprothese zusätzlich mindestens einen Mikroprozessor aufweist.

11. Kehlkopfprothese nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Mikroprozessor mit Algorithmen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz und/oder aus dem Bereich der Fuzzy-Logik programmierbar ist.

12. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des mindestens einen Mikroprozessors die Verarbeitungsvorrichtung zur Bestimmung einer speziellen Stimmcharakteristik in Echtzeit einstellbar ist.

13. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehlkopfprothese zusätzlich mindestens einen Speicherbaustein, insbesondere einen EEPROM, aufweist.

14. Kehlkopfprothese nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Speicherbaustein eine Steuersoftware (Firmware) aufspielbar ist.

15. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungsvorrichtung eine neuronale Schnittstelle, insbesondere ein Biochip, ist.

16. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgung ein Akkumulator, vorzugsweise ein Lithiumpolymerakkumulator, ist.

17. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehlkopfprothese zusätzlich mindestens einen Vorverstärker zum Verstärken der Nervensignale und/oder einen Verstärker zum Verstärken der Audiosignale aufweist.

18. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehlkopfprothese mindestens eine Transpondereinrichtung

aufweist, die eine bidirektionale Datenkommunikation ermöglicht.

19. Kehlkopfprothese nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Datenkommunikation über die Transpondereinrichtung, vorzugsweise mit einem externen Computer, mittels eines Transponder-Halsbandes stattfinden kann.

20. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Transpondereinheit Firmware-Updates übertragbar sind.

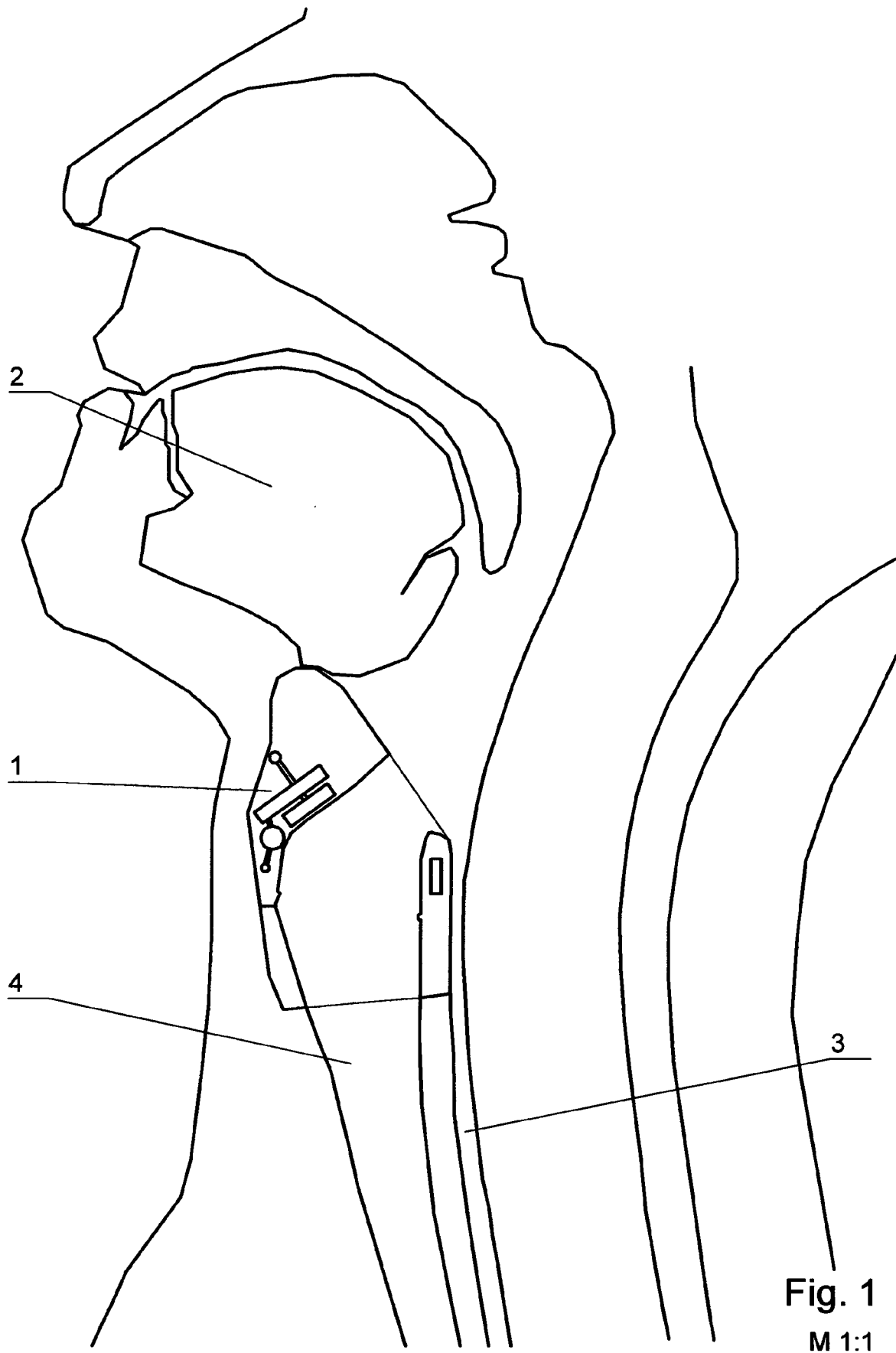
21. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehlkopfprothese zum Schutz vor ionisierender Strahlung mit einer dünnen, vorzugsweise gummierten, Schicht, insbesondere einer Bleischicht, überzogen ist.

22. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Kehlkopfprothese vorhandenen Vorrichtungen derart ausgerichtet sind, dass eine ionisierende Strahlung möglichst wenig mit den Vorrichtungen wechselwirkt.

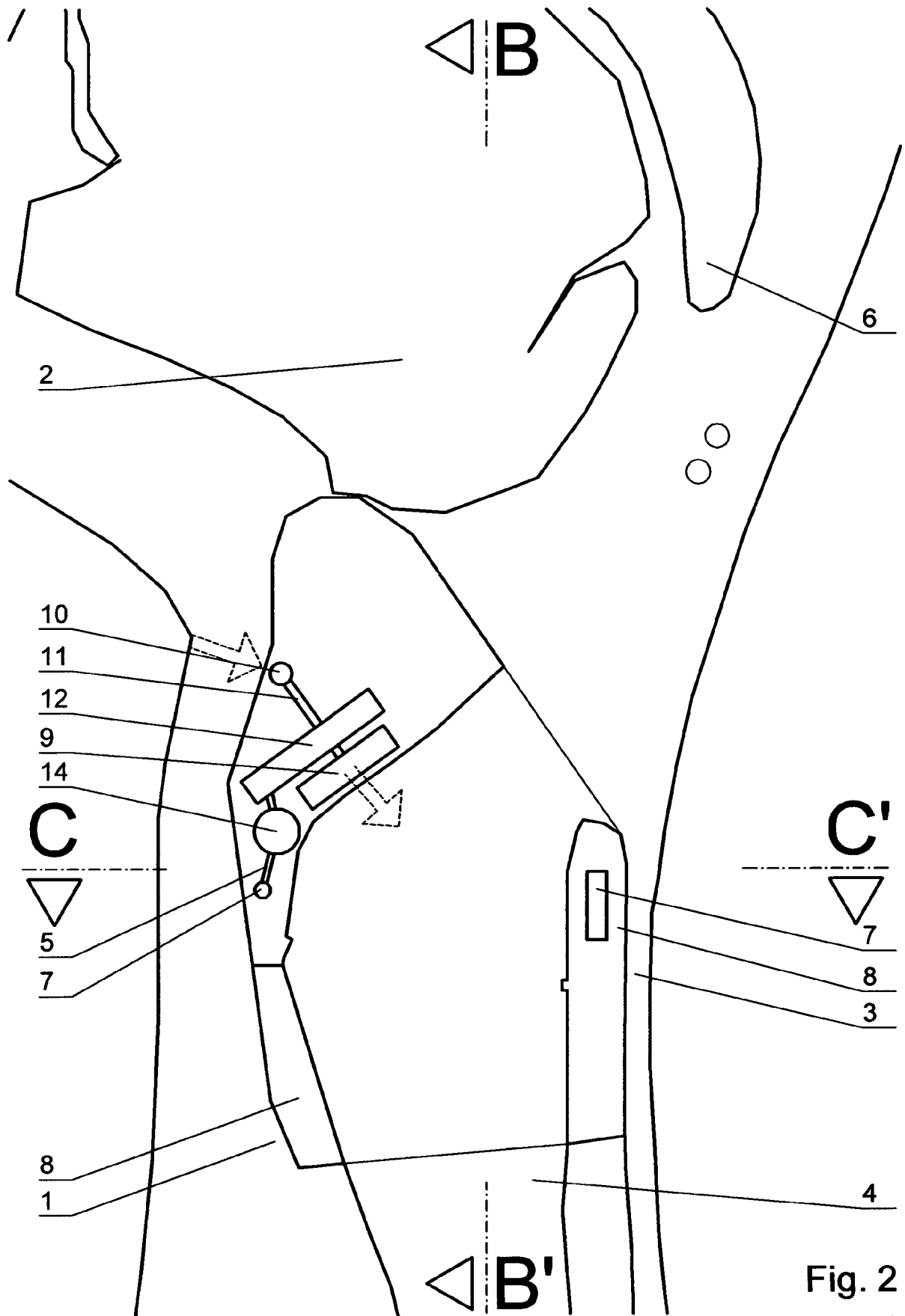
23. Kehlkopfprothese nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Aufladen der Energieversorgung mittels eines induktiven Halsbandes stattfinden kann.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



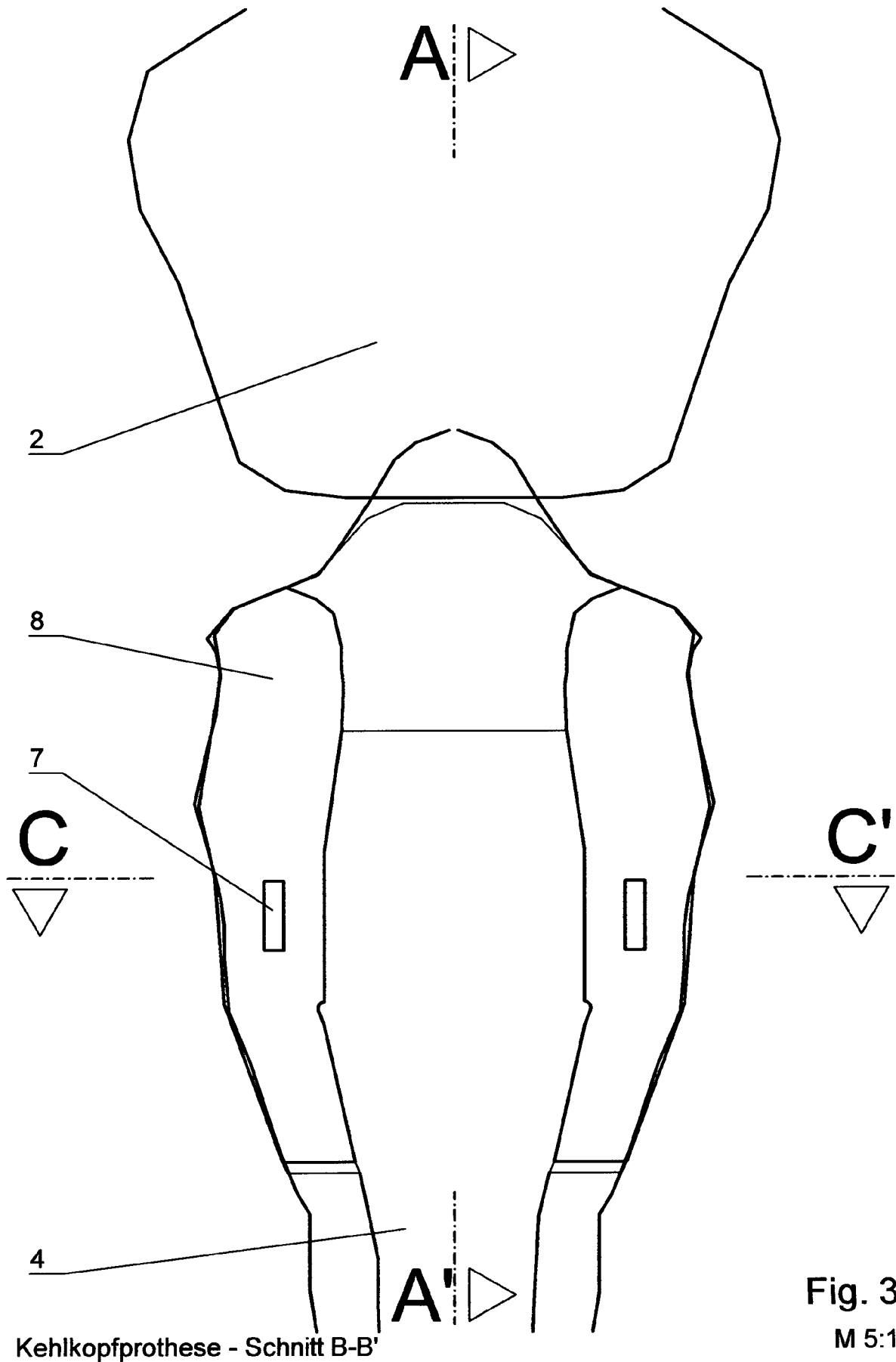


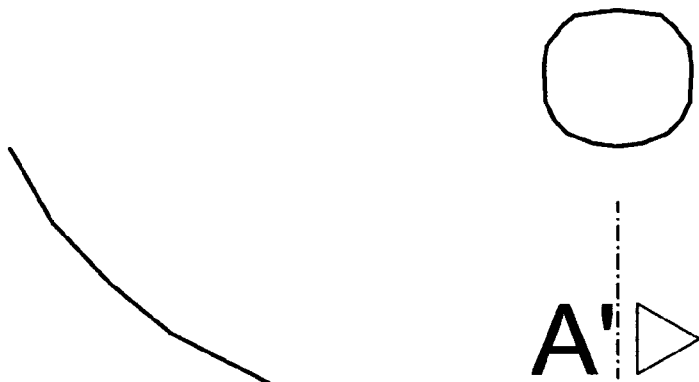
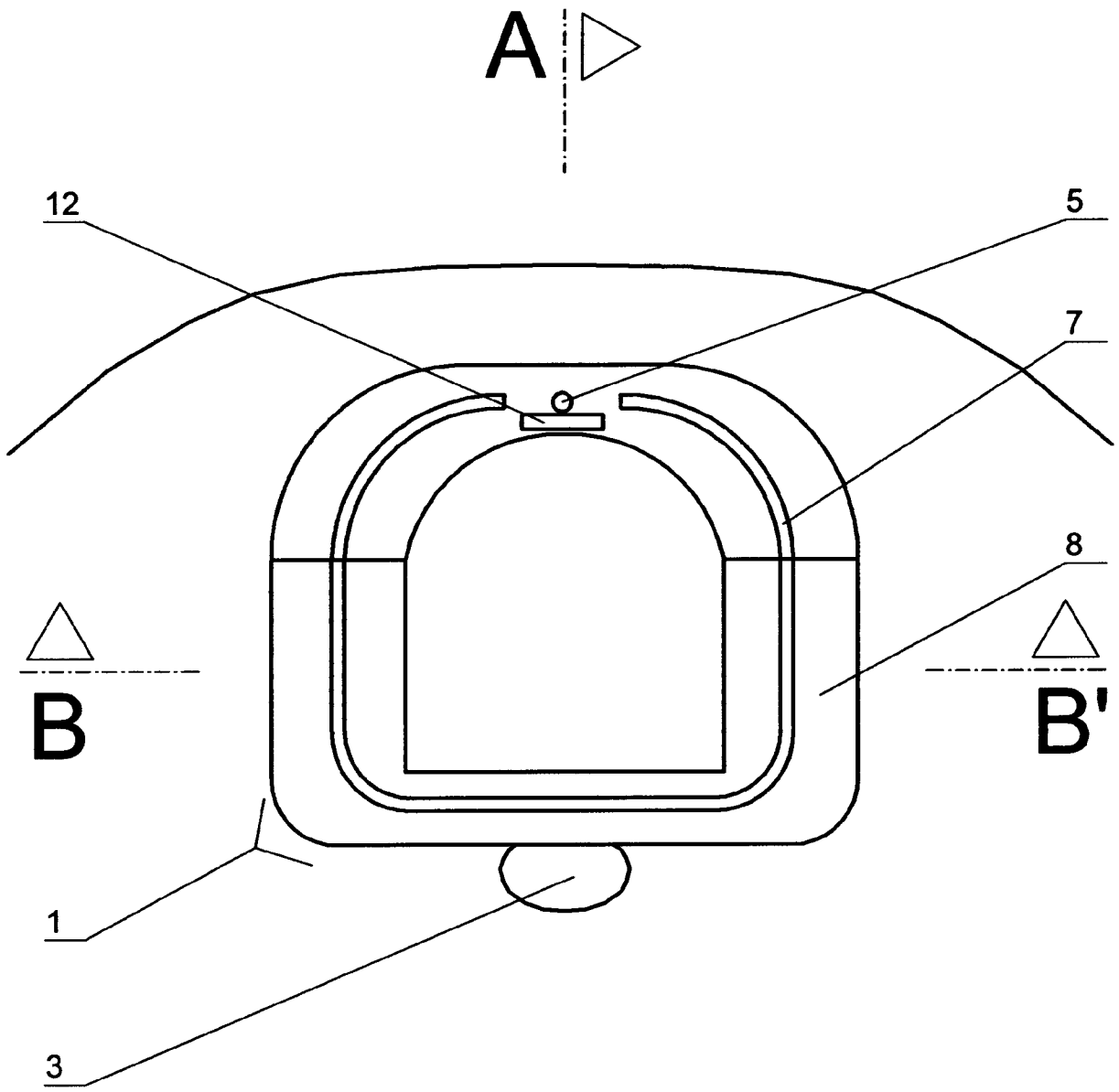
Kehlkopfprothese - Position der Prothese



Kehlkopfprothese - Schnitt A-A'

Fig. 2  
M 5:1





Kehlkopfprothese - Schnitt C-C'

Fig. 4  
M 5:1