



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung (20) zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen (1). Die Aufgabe besteht darin, dass funktionelle kortikale und/oder pathologische Areale dargestellt und abgegrenzt werden können. Dabei soll eine bildhafte Erfassung während eines operativen Eingriffs möglich sein und keine Schädigung oder Rückwirkung auf das Gewebe eine hochsensitive Erfassung minimaler Temperaturänderungen gewährleistet sein. Es sollen auch der Bildkontrast verbessert und wichtige Gebiete des Gehirnareals herausgehoben werden. Die Lösung ist durch folgende Schritte gekennzeichnet: - die Oberfläche eines Gehirnareals (1) wird mittels einer Wärmebildkamera (3) bildhaft erfasst, - die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) werden einige Sekunden bis wenige Minuten kontinuierlich als Bildsequenz aufgenommen, - die Bildsequenz wird einer Einheit (17) zur multivariaten Bildauswertung zugeführt und dort als Datenkubus (10) einer multivariaten Auswertung unterzogen, - temperaturunterschiedliche Bereiche (18, 19) der Oberfläche des Gehirnareals (1) werden herausgehoben, - die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) werden wahlweise in das jeweils zutreffende mikroskopische Bild eingespiegelt und/oder mit den präoperativen Bilddaten gemeinsam registriert.

5

10

15

20 **Verfahren und Einrichtung zur intraoperativen Bildgebung
von Gehirnarealen**

Beschreibung

25 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur intraoperativen
Bildgebung von Gehirnarealen.

Mittels des Verfahrens zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen in der
Neurochirurgie werden mit einer Bildaufnahmeeinrichtung und eines Bildauswer-
30 tungsverfahrens Änderungen in der Wärmestrahlung des freiliegenden Gehirns
erfasst und bildhaft dargestellt. Das Ziel der Erfindung ist die Lokalisation funkti-
onaler und/oder pathologischer Areale von Gehirngewebe. Damit soll die opera-
tive Präzision während eines neurochirurgischen Eingriffs maßgeblich verbes-

sert werden. Dabei kann das Verfahren ohne Beeinträchtigung des Patienten bzw. ohne Schädigung des untersuchten Gehirngewebes eingesetzt werden und den operativen Ablauf nicht beeinträchtigen.

- 5 Eines der größten Probleme in der modernen Neurochirurgie stellt die fehlende Möglichkeit einer schnellen und sicheren Identifizierung funktioneller kortikaler Areale während des operativen Eingriffs dar.

Die Lösung des Problems ist nicht durch die konventionelle Lichtmikroskopie möglich, d. h. der Neurochirurg hat ohne zusätzliche Informationen keine Mög-
10 lichkeit, funktionale Areale oder viele Arten von Pathologien an der Gehirnoberfläche zu identifizieren. Gleiches gilt für viele Pathologien, die sich nicht offensichtlich von normalem Gehirngewebe unterscheiden. Bisher wurden daher adjunkte Verfahren eingesetzt, z.B. maßgeblich die präoperative Bildgebung, die Lokalisation mittels stereotaxie-basierter Verfahren inklusive der Neuronavigation
15 on sowie aufwändiger intraoperativer funktioneller Untersuchungen. Zu den intraoperativen Verfahren gehören elektrophysiologische Detektion des primären Motorkortex sowie der primär sensorischen Areale (Gyrus postcentralis, primäre Sehrinde) bis zur Operation am wachen Patienten, um höhere Gehirnfunktionen, z.B. Verständnis, Lesen, Rechnen, Sprechen und Bewegungsplanung
20 zu lokalisieren.

Zu den experimentellen Verfahren, die in der klinischen Erprobung sind, gehört ein Verfahren zur optischen Bildgebung intrinsischer Signale des Kortex (engl. Optical Imaging). Der Bildkontrast beruht auf Änderungen der optischen Eigenschaften des Gehirngewebes bei neuronaler Aktivität. Die Ursachen dieser Än-
25 derungen sind eine oder mehrere der folgenden physiologischen Änderungen bei Gehirnaktivität: Änderung der Sauerstoffsättigung des Hämoglobins, Änderung der Gewebestreue, Änderung des Blutvolumens oder Änderung der Charakteristik des Chromophors Cytochrome-Oxidase. So kann durch das Optical Imaging z.B. nach sensorischer Reizung des Armes (somato-sensorisch
30 evozierte Potentiale) ein korrespondierendes aktiviertes Areal kortikal zugeordnet werden, wenn die Trepanation (Gehirnschädeleröffnung) über diesem Gebiet zugänglich ist.

Die orts aufgelöste Messung von Wärmestrahlung wird üblicherweise als Thermographie bezeichnet. Dieses Verfahren wird bislang nicht für Aufgaben routinemäßig in der Neurochirurgie eingesetzt. Die Thermographie ist ein hoch entwickeltes, sensitives bildgebendes Verfahren, mit welchem kleine Temperaturdifferenzen sichtbar gemacht werden können.

Wie in der Druckschrift Shevelev et al.: Thermoimaging of the brain, Journal of Neuroscience Methods, 46, 1993, S. 49-57 beschrieben, ist bereits vor mehreren Jahrzehnten versucht worden, an exponierten Gehirnarealen Pathologien, insbesondere ischämische Läsionen („Gehirninfarkt“, ischämischer Insult, engl. ischemic stroke) thermographisch zu identifizieren, da ein minderdurchblutetes Areal außerhalb der geschlossenen Kalotte eine lokal niedrigere Wärmeleistung aufweisen sollte. Die darin untersuchte Wärmeleistung des aktivierten durchbluteten Kortex kann durch einen erhöhten Metabolismus und einer konsekutiv erhöhten lokalen Durchblutung 0,001 Watt erreichen.

Die Thermographie basiert auf dem nach außen abgestrahlten infraroten Licht im Bereich von ca. 1200nm bis 2500nm Wellenlänge. Je nach Kamertyp, Filter und wärmesensitivem Bilddetektor kann dieser Bereich variieren. Die Thermographie ist nicht mit der intraparenchymatösen Temperaturmessung zu verwechseln, die auf der Implantation einer Sonde beruht, die an einer Position verankert wird und nur dort die Temperatur im Inneren des Gehirns misst.

Andere Verfahren zur Messung der intrakraniellen Temperaturverteilung stellen die Magnetresonanztomographie, die Mikrowellenradiometrie und die Ultraschallthermometrie dar. Diese Verfahren können jedoch nicht oder nur mit großen Einschränkungen intraoperativ eingesetzt werden.

Bezüglich einer Lokalisierung von kortikalen funktionellen Arealen durch Thermographie wurde neben den genannten Verfahren zur Lokalisierung bestimmter funktioneller Areale, namentlich den primären Motorkortex und den primären sensorischen Kortex (Gyrus praecentralis und Gyros postcentralis) bereits vor

zwanzig Jahren die Thermographie in analoger Weise zur Detektion normaler funktioneller Gehirnareale eingesetzt.

5 Insbesondere in der Druckschrift Gorbach et al.: Intraoperative Infrared Functional Imaging of Human Brain, *Annals of Neurology*, 2003, 54, S. 297-309 ist die systematische Etablierung des Verfahrens zur Lokalisierung des primär motorischen und sensiblen Kortex beschrieben. Darin erfolgte eine Untersuchung von einundzwanzig Patienten, die intraoperativ einer Nervus medianus – Stimulation oder während einer Wachoperation verschiedenen Aufgaben unterzogen wurden, in welchen kortikalen Arealen eine gesteigerte Wärmeleistung zu verzeichnen war. Die Ergebnisse der Thermographie stimmen mit den Messungen durch konventionelle kortikale Reizung und elektrophysiologische Kartierung überein und dehnten sich zum Teil über diese Bereiche aus.

15 Eine Detektion von Gefäßmissbildungen ist in der Druckschrift Nakagawa et al.: Use of Intraoperative Dynamic Infrared Imaging with Detection Wavelength of 7-14µm in the Surgical Obliteration of Spinal Arteriovenous Fistula: Case Report and Technical Considerations, *Minim Invas Neurosurg*, 2004, 47, S. 136-139, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York beschrieben, wobei die Detektion von Gefäßmissbildungen im Rückenmark eines Patienten durch intraoperative Infrarotbildgebung erfolgte, die eine thermische Auflösung von 0,15 Kelvin aufwies. Bei der Detektion lag der Schwerpunkt nicht auf den thermischen Signalen, sondern auf der selektiven Blutflussmessung aufgrund des Infrarot-Signals des Blutes bei einer Wellenlänge von 7-14 µm. Nach Extirpation der Gefäßmissbildung konnte kein Flusssignal detektiert werden. Über eine thermographische Messung wurde nicht berichtet, weil eine Thermographie in diesem Fall unmöglich war, da die tiefe, von stark durchbluteten Wänden umgebene Resektionshöhle einen lokalen Wärmestau induzierte und ein hohes Rauschen verursachte.

30

Eine Anwendung des Nahinfrarot-Imaging zur Charakterisierung von Gewebe wird in der Druckschrift WO 2006/014736 A2 beschrieben, wobei insbesondere auf das Monitoring von Therapien eingegangen wird. Es werden keine Vor-

gänge beschrieben, wie aus den thermografischen Bildern durch Nutzung multivariater Bildanalyseverfahren Informationen gewonnen werden können.

5 Ein thermisches Abbildungsverfahren wird in der Druckschrift GB 2311368 A beschrieben, wobei malignes Gewebe, insbesondere der Haut, anhand der veränderten Temperatur erkannt werden kann. Messungen von Gehirnarealen zur Erkennung und Abgrenzung funktionaler Areale werden nicht beschrieben.

10 Ein optisches Abbildungssystem für die intraoperativen Messungen am Gehirn wird in der Druckschrift US 005215095 A dargestellt. Das Abbildungssystem enthält explizit eine Signalverarbeitung, wobei aber nur optische Bilder im sichtbaren Spektralbereich registriert und verarbeitet werden.

15 Ein Abbildungssystem zur Erfassung kognitiver Funktionen wird in der Druckschrift US 2004/0082862 A1 beschrieben. Das zugehörige Verfahren wird nicht intraoperativ eingesetzt und dient ebenso wenig der Erkennung und Abgrenzung funktionaler oder pathologischer Areale.

20 In der Druckschrift WO 02/29700 A2 wird ein Verfahren zur intraoperativen gestützten Neurochirurgie beschrieben. Das bildgebende Verfahren beruht auf der Erhöhung des optischen Kontrastes.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen anzugeben, die derart geeignet ausgebildet sind, dass funktionelle kortikale und/oder pathologische Areale dargestellt und abgegrenzt werden können. Dabei soll eine bildhafte Erfassung während eines operativen Eingriffs möglich sein und keine Schädigung oder Rückwirkung auf das Gewebe vorhanden sein. Zudem sollen die untersuchten Flächen der Gehirnareale einer mathematischen Auswertung unterzogen werden und zugleich zeitliche Veränderungen der Gehirnareale anzeigen. Ziel der
30 eingesetzten multivariaten Bildauswerteverfahren ist eine hochsensitive Erfassung minimaler Temperaturänderungen. Es sollen auch der Bildkontrast verbessert und wichtige Gebiete der Gehirnoberfläche herausgehoben werden.

Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 21 gelöst.

Das Verfahren zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen weist gemäß dem Kennzeichenteil des Patentanspruchs 1 folgende Schritte auf:

- 5 - die Oberfläche eines Gehirnareals wird mittels einer Wärmebildkamera bildhaft erfasst,
- die Wärmebilder werden einige Sekunden bis wenige Minuten kontinuierlich als Bildsequenz aufgenommen,
- die Bildsequenz wird einer Einheit zur multivariaten Bildauswertung zugeführt
- 10 und wird dort als Datenkubus einer multivariaten Auswertung unterzogen,
- die temperaturunterschiedlichen Bereiche der Oberfläche des Gehirnareals werden hervorgehoben,
- die Wärmebilder werden wahlweise in das jeweils zutreffende mikroskopische Bild eingespiegelt und/oder mit den präoperativen Bilddaten gemeinsam re-
- 15 registriert.

- Dazu wird eine Wärmebildkamera eingesetzt, die den Spektralbereich von 800nm bis zumindest 20000nm erfasst und zugleich unempfindlich für sichtbares Licht ist, wobei für höhere Temperaturen des zu untersuchenden Gehirnareals der Spektralbereich wahlweise über 20000nm hinausreichen kann.
- 20

Die Wärmebildkamera kann oberhalb des abzubildenden Gehirnareals positioniert werden.

- 25 Die Wärmebildkamera kann dabei so angebracht werden, dass sie unter Aufrechterhaltung der Sterilität in allen Raumrichtungen frei positioniert wird.

- Die Wärmebildkamera wird separat an Haltevorrichtungen oder an weiteren intraoperativen Instrumenten, z.B. Navigationseinheit oder am Operationsmikroskop fixiert.
- 30

Die Wärmebildkamera kann aber auch in das Operationsmikroskop integriert werden.

Bei der Erfassung der Wärmestrahlung wird ausschließlich die gehirneigene Wärmestrahlung der Wärmebildkamera zugeführt.

- 5 Es können kontinuierlich Bilder von dem abzubildenden Gehirnareal mit einer Abtastfrequenz zwischen 0,5HZ und 50Hz aufgenommen und gespeichert werden.

- Die Wärmebilder können sofort nach Abschluss der Aufnahmesequenz in einer
10 Einheit zur multivariaten Bildauswertung ausgewertet werden, von der aus das berechnete Bild ausgegeben wird.

Während der multivariaten Bildauswertung werden Störungen der Aufnahmen erkannt und die gestörten Wärmebilder aus dem Datenkubus eliminiert.

15

Die Änderungen in der Basislinie können automatisch korrigiert durch eine lineare oder eine nichtlineare Basislinienkorrektur kompensiert werden.

- Als Basislinie wird der Temperatur-Untergrund, d.h. ein konstanter Untergrund bei der kleinsten gemessenen Temperatur (z.B. 30°C) festgelegt, der sich durch
20 eine langsame Veränderung der Temperatur infolge von äußeren Einflüssen (z.B. Erwärmung oder Abkühlung) oder durch die Wärmebildkamera selbst infolge von Drift ändern kann. Innerhalb der relativ kurzen Messzeiten von wenigen Minuten sind die Änderungen in sehr guter Näherung linear und können durch eine Zwei-Punkt-Anpassung der Basislinie korrigiert werden.

25

Die erfassten Wärmebilder können einer Hauptkomponentenanalyse, einem Verfahren der Clusteranalyse oder einem statistischen Klassifikationsverfahren zugeführt werden.

- 30 Des Weiteren können aktive Gehirnareale in einem Falschfarbenbild deutlich hervortreten.

Das Wärmebild kann einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperativen Bilddaten dargestellt werden.

5 Die Bildsequenz der Wärmebilder kann in zeitlicher Abfolge sichtbar gemacht werden.

Zusammenfassend können folgende Verfahrensschritte vorgesehen werden:

- 10 - die aufgenommenen Wärmebilder werden in einer Einheit zur multivariaten Bildauswertung zugeführt und einem multivariaten Auswerteverfahren unterworfen, wobei ein Datenkubus von Wärmebildern erstellt wird,
- Auswertung der Wärmebilder nach Abschluss der Wärmebildsequenz,
- Berechnung der auszugebenden Bilder, wobei Störungen in der Aufnahme erkannt werden und die gestörten Wärmebilder aus dem Datenkubus entfernt werden,
- 15 - Korrektur der Änderungen in der Basislinie,
- Kompensation der Änderungen durch eine lineare oder eine nichtlineare Basislinienkorrektur, wobei das Wärmebild einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperativen Bilddaten dargestellt wird.

20

Dabei können am abzubildenden Gehirnareal aufgezeichnete elektrophysiologische Messungen in die Wärmebilder zeitgenau eingespiegelt werden.

25

Der zeitliche Ablauf der elektrophysiologischen Stimulationen können zeitgenau mit den Wärmebildern dargestellt und beliebig oft wiederholbar gezeigt werden kann.

Das Verfahren kann zur Durchführung der Wärmebildanalyse nach Erstellung des Datenkubus von Wärmebildern folgende Schritte aufweisen:

30

- Herausfilterung von offensichtlichen Störungen aus den Wärmebildern des Datenkubus in einem ersten Schritt,
- pixelweise Datenvorbehandlung von zeitlichen Sequenzen in einem zweiten Schritt,

- Auswahl und Durchführung der multivariaten Auswertung und Klassifizierung der Bilddaten in einem dritten Schritt,
- Bildrekonstruktion in einem vierten Schritt,
- Kontrastverstärkung in einem fünften Schritt und
- 5 - Ausgabe/Anzeige des ausgewerteten Bildes in einem sechsten Schritt.

Zur Wärmebildanalyse kann im dritten Schritt der Auswertung und Klassifizierung eine überwachte Klassifizierung der Bilddaten mittels Trainingsdaten und/oder eine nichtüberwachte Klassifizierung durchgeführt werden.

10

Die Einrichtung zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen, deren abgestrahlte Wärmestrahlung mittels einer Detektion unter Einsatz des vorgenannten Verfahrens erfassbar ist,

enthält gemäß dem Kennzeichenteil des Patentanspruchs 21

15

folgende Baugruppen zur Erfassung der Wärmestrahlung

- eine Wärmebildkamera zur Aufnahme der vom Gehirnareal abgestrahlten Wärmestrahlung in Form eines Wärmestrahlenbündels,
- eine Bildverarbeitungseinheit, die der Wärmebildkamera nachgeordnet ist und in der die aufgenommenen Wärmebilder in einem Datenkubus stapelartig gespeichert sind,

20

wobei in der Bildverarbeitungseinheit eine Einheit zur multivariaten Bildauswertung vorhanden ist, die

25

- eine Einheit zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus und
- eine Einheit zur multivariaten Analyse des Datenkubus enthält,

wobei von der Bildverarbeitungseinheit berechnete Bilder und Informationen aus dem Datenkubus der Wärmebilder zur Beobachtung erstellt werden, und

- Ausgabevorrichtungen für das Beobachten der Wärmebilder.

30

In der Einrichtung können zumindest ein Operationsmikroskop, das ein Linsensystem zur Abbildung eines vorgesehenen Gehirnareals mittels eines sichtbaren Lichtstrahlenbündels, das die vom Gehirnareal abgestrahlte Wärmestrahlung als

Wärmestrahlenbündel enthält, und folgende weitere Baugruppen vorhanden sein:

- 5 - ein Spiegelsystem mit zumindest einem dichroitischen Teilerspiegel zur Transmission des sichtbaren Lichtstrahlenbündels und zur Ablenkung des im Strahlengang des sichtbaren Lichtstrahlenbündels befindlichen Wärmestrahlenbündels, wobei mittels des dichroitischen Teilerspiegels das Wärmestrahlenbündel aus dem sichtbaren Lichtstrahlenbündel abgelenkt wird,
- 10 - eine Wärmebildkamera zur Aufnahme des aus dem sichtbaren Lichtstrahlenbündel abgelenkten Wärmestrahlenbündels,
- eine Bildverarbeitungseinheit, die der Wärmebildkamera nachgeordnet ist und in der die aufgenommenen Wärmebilder in einem Datenkubus stapelartig gespeichert sind, wobei in der Bildverarbeitungseinheit eine Einheit zur multivariaten Bildauswertung vorhanden ist, die
 - 15 ○ eine Einheit zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus und
 - eine Einheit zur multivariaten Analyse des Datenkubus enthält, wobei von der Bildverarbeitungseinheit berechnete Bilder und Informationen aus dem Datenkubus der Wärmebilder zur Beobachtung erstellt werden, und
- 20 - Ausgabevorrichtungen für das Beobachten der Bilder des Operationsmikroskops und für das Beobachten der Wärmebilder.
- 25 Das Spiegelsystem mit dem die Wärmebilder ablenkenden dichroitischen Teilerspiegel kann mindestens einen weiteren Spiegel zur nachfolgenden Umlenkung des Wärmestrahlenbündels zur Detektorfläche der Wärmebildkamera aufweisen.
- 30 Ein EEG-Gerät für elektrophysiologische Messungen kann in die Einrichtung eingebunden sein, wobei Elektroden des EEG-Gerätes im Bereich des abzubildenden Gehirnareals angebracht sind, mit denen der zugehörige EEG-Verlauf aufgezeichnet wird.

Die Ausgabevorrichtungen können zeitliche Darstellungen der Wärmebilder anzeigen.

- 5 Der Datenkubus von Wärmebildern weist eine Folge von zeitlich aufeinander folgend registrierten Wärmebildern auf.

In der Einheit zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus können folgende Funktionen und Baugruppen realisiert sein:

- 10 - eine Clusteranalyse zur Trennung von gestörten und nicht gestörten Bildern,
- ein Filteralgorithmus, der Bilder mit einer physiologisch nicht möglichen schnellen Änderung in der Wärmestrahlung als Artefakt klassifiziert und eliminiert,
- ein Filter, der sämtliche Pixel eines Bildes unterhalb einer einzustellenden
15 oder automatisch gewählten Temperaturgrenze aus dem Wärmebilddatensatz eliminiert,
- ein Rekonstruktionsalgorithmus, der vor allem flächenmäßig keine Bildfehler durch mathematische Operationen, wie zum Beispiel Faltung, ausgleicht.
- 20 In der Einheit zur multivariaten Analyse des Datenkubus können folgende Funktionen realisiert sein:
- eine Hauptkomponentenanalyse,
 - eine Koeffizientenanalyse,
 - eine hierarchischen oder nichthierarchischen Clusteranalyse,
 - 25 - eine linearen Diskriminanzanalyse und ein Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen,
 - eine überwachten Klassifizierung unter Zuhilfenahme von Trainingsdaten, die in dem Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen bereits gespeichert sind.

30

Ferner können auch Verfahren der künstlichen neuronalen Netze und genetische Algorithmen zur Anpassung der Klassifikation eingesetzt werden.

Die Wärmebildkamera kann separat an Haltevorrichtungen oder an weiteren intraoperativen Instrumenten, an einer Navigationseinheit oder am Operationsmikroskop fixiert sein.

- 5 Die Wärmebildkamera kann außerdem in das Operationsmikroskop integriert sein.

Der Abstand zwischen der Wärmebildkamera und dem abzubildenden Gehirnareal kann einen Dimensionierungsbereich zwischen 0,3m und 1m umfassen.

10

Die eingesetzte Wärmebildkamera kann ungekühlt sein und zumindest eine Temperatur-Empfindlichkeit von 0,07 Kelvin aufweisen.

- Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Oberfläche des frei zugänglichen Gehirngewebes berührungslos und rückwirkungsfrei durch die wärme-
15 strahlungssensitive Kamera - Wärmebildkamera – erfasst wird. Die Position der Wärmebildkamera und deren Focuspunkt können in der Navigation oder ins Operationsmikroskop eingebunden werden, wobei eine Koregistrierung ermöglicht werden kann. Alternativ können die Wärmebilder unabhängig von Operati-
20 onsmikroskop/Navigation aufgenommen werden, online oder nach post-processing in das Video-Bild integriert bzw. koregistriert werden oder mit den Daten eines Navigationssystems koregistriert werden. Die Hardware- und Software-Koppelung der Thermographie kann somit für die Operationsmikroskopanbindung, alternativ für die Navigationseinheit oder weitere intraoperative Bildgebungsmodalitäten (z.B: offenes MRT, CT, Ultraschall oder andere) genutzt wer-
25 den.

- Während einer bestimmten Zeit werden kontinuierlich thermographische Bilder - Wärmebilder - aufgezeichnet und einem speziellen Auswerteverfahren unterzo-
30 gen.

Während der Messung ist die Wärmebildkamera ruhig in einer festen Position fixiert. Geringfügige Schwankungen durch übliche Erschütterungen oder Bewegungen des Gehirns, zum Beispiel durch den Puls, werden von der nachfolgen-

den Auswertung erkannt und entsprechend korrigiert. Die gewonnen Bilddaten liegen in der Form eines Datenkubus vor, der einem Filteralgorithmus unterzogen wird, der dazu dient, Störungen und Fremdeinflüsse heraus zu filtern. Spülungen und andere operative Eingriffe zeichnen sich immer durch eine sprung-

5 harte Änderung der Wärmestrahlung von mindestens 1K aus. Die Änderung der Wärmestrahlung wird pixelweise von dem Filteralgorithmus erkannt. Tritt diese Störung in mindestens 10% der Bildpunkte auf, so wird das Wärmebild aus dem Datenkubus entfernt. Andere kleinere Störungen werden durch vorgegebene Filteralgorithmen der Bildrestauration behoben. Nachfolgend wird der gefilterte

10 Datenkubus einer Vorbehandlung unterzogen. Ziel der Datenvorbehandlung ist die Kompensation von zeitlich sehr langsamen Prozessen und Veränderungen, die nicht mit der Gehirnaktivität in Verbindung stehen. Je nach Eigenschaften des Bilddatenkubus erfolgt eine Korrektur des Signaluntergrundes, eine pixelweise Normierung der zeitlichen Änderungen und/oder eine Zentrierung der Da-

15 ten. Dadurch erfolgt eine Heraushebung schneller Änderungen der Wärmestrahlung. Die Quantifizierung und Klassifizierung von Bildarealen mit gleichen oder ähnlichen zeitlichen Änderungen der Wärmestrahlung erfolgt durch Verfahren der multivariaten Auswertung. Hier kommt zum Beispiel die Hauptkomponentenanalyse, Verfahren der Clusteranalyse oder Supported Vectormachines zum

20 Einsatz. Weiterhin können überwachte Verfahren mit einer Klassifikation, beruhend auf einem Trainingsdatenkubus, eingesetzt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen und weitere Ausbildungen der Erfindung sind in weiteren Unteransprüchen angegeben.

25 Die Erfindung wird mittels eines Ausführungsbeispiels anhand mehrerer Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur intraoperativen Bildgebung von Gehimarealen,

30

Fig. 2 eine Verarbeitungsschrittfolge nach der Aufnahme von Wärmebildern mittels der Wärmebildkamera innerhalb der Bildverarbeitungseinheit,

Fig. 3 eine Darstellung der operativen Anordnung und des wärmebildkamera-
bezogenen Aufnahmebereiches und der zugehörigen Signalverarbei-
tungs- und Anzeigeverfahrensschritte innerhalb der erfindungsgemä-
ßen Einrichtung,

5

Fig. 4 Temperaturänderung-Zeit-Kurven als Aufnahmebilder von Oberflächen-
regionen des Gehirnareals, wobei

Fig. 4a eine Oberflächenregion mit erhöhter Temperatur und zugehöri-
gem Temperaturverlauf und

10 Fig. 4b eine Oberflächenregion mit normaler Temperatur und zugehö-
rigem Temperaturverlauf
zeigen, und

Fig. 5 einen Ablauf der Wärmebilddatenanalyse.

15

Im Folgenden werden Fig. 1 und 2 gemeinsam betrachtet.

Die Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung 20.
Die Einrichtung 20 zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen 1 enthält
zumindest ein Operationsmikroskop 7, das ein Linsensystem 21, 22 zur Abbil-
20 dung eines vorgesehenen Gehirnareals 1 mittels eines sichtbaren Lichtstrahlen-
bündels 14, das die vom Gehirnareal 1 abgestrahlte Wärmestrahlung als Wär-
mestraahlenbündel 2 enthält, aufweist.

25

Erfindungsgemäß sind in Verbindung mit dem Operationsmikroskop 7 folgende
weitere Baugruppen vorhanden

30

- ein Spiegelsystem 23 mit zumindest einem dichroitischen Teilerspiegel
15 zur Transmission des sichtbaren Lichtstrahlenbündels 14 und zur Ab-
lenkung des im Strahlengang des sichtbaren Lichtstrahlenbündels 14 be-
findlichen Wärmestraahlenbündels 2, wobei mittels des dichroitischen Tei-
lerspiegels 15 das Wärmestraahlenbündel 2 aus dem sichtbaren Licht-
strahlenbündel 14 abgelenkt wird,
- eine Wärmebildkamera 3 zur Aufnahme des aus dem Lichtstrahlenbündel
14 abgelenkten Wärmestraahlenbündels 2,

- eine Bildverarbeitungseinheit 5, die der Wärmebildkamera 3 nachgeordnet ist und in der die aufgenommenen Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 in einem Datenkubus 10 (in Fig. 2) stapelartig gespeichert sind, wobei in der Bildverarbeitungseinheit 5 eine Einheit 17 zur multivariaten Bildauswertung vorhanden ist, die
 - o eine Einheit 11 zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus 10 und
 - o eine Einheit 12 zur multivariaten Analyse des Datenkubus 10 enthält,wobei von der Bildverarbeitungseinheit 5 berechnete Bilder 13 und Informationen aus dem Datenkubus 10 der Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 zur Beobachtung erstellt werden, und
- Ausgabevorrichtungen 6, 6' für das Beobachten der Bilder des Operationsmikroskops 7 und für das Beobachten der Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106.

In dieser Ausführungsform der Einrichtung 20 wird das sichtbare Licht 14 zusammen mit der Wärmestrahlung 2 aufgenommen. Der dichroitische Teilerspiegel 15 trennt die spektralen Bereiche, wobei die Wärmestrahlung 2 der wärmeempfindlichen Kamera 3 und das sichtbare Licht 14 dem Operationsmikroskop 7 getrennt zugeführt werden.

Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist die Aufnahme identischer Gehirnareale 1 mittels sichtbaren Lichts 14 und Wärmestrahlung 2.

Das Spiegelsystem 23 mit dem die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 ablenkenden dichroitischen Teilerspiegel 15 weist einen weiteren Spiegel 16 zur nachfolgenden Umlenkung des Wärmestrahlenbündels 2 zur Aufnahmeoberfläche der Wärmebildkamera 3 auf.

Ein in Fig. 3 dargestelltes EEG(Elektroenzephalogramm)-Gerät 9 für elektrophysiologische Messungen ist in die Einrichtung 20 eingebunden, wobei Elektroden 8 des EEG-Gerätes 9 im Bereich des abzubildenden Gehirnareals 1 angebracht sind, mit denen der zugehörige EEG-Verlauf aufgezeichnet wird.

Die Ausgabevorrichtungen 6, 6' zeigen zeitliche Darstellungen der Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 an.

- 5 Der Datenkubus 10 von Wärmebildern in Fig. 2 weist eine Folge von zeitlich aufeinander folgend registrierten Wärmebildern 101, 102, 103, 104, 105, 106 auf.

10 In der Einheit 11 zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus 10 können folgende Funktionen und Baugruppen realisiert sein:

- eine Clusteranalyse zur Trennung von gestörten und nichtgestörten Bildern,
- ein Filteralgorithmus, der Bilder mit einer physiologisch nicht möglichen schnellen Änderung in der Wärmestrahlung als Artefakt klassifiziert und eliminiert,
- 15 - ein Filter, der sämtliche Pixel eines Bildes unterhalb einer einzustellenden oder automatisch gewählten Temperaturgrenze aus dem Wärmebilddatensatz eliminiert,
- ein Rekonstruktionsalgorithmus, der vor allem flächenmäßig keine Bildfehler durch mathematische Operationen, wie zum Beispiel Faltung, ausgleicht.

20

In der Einheit 12 zur multivariaten Analyse des Datenkubus 10 können folgende Funktionen realisiert sein:

- eine Hauptkomponentenanalyse,
- eine Koeffizientenanalyse,
- 25 - eine hierarchischen oder nichthierarchischen Clusteranalyse,
- lineare Diskriminanzanalyse und ein Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen,
- einer gestützten Klassifizierung unter Zuhilfenahme von Trainingsdaten die in dem Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen bereits gespeichert
- 30 sind.

Ferner können auch Verfahren der künstlichen neuronalen Netze und genetische Algorithmen zur Anpassung der Klassifikation eingesetzt werden.

Es kann eine Wärmebildkamera 3 eingesetzt sein, die den Spektralbereich von 800 nm bis mindestens 20000 nm erfasst und zugleich unempfindlich für sichtbares Licht ist. Für höhere Temperaturen des zu untersuchenden Gehirnareals 1 kann der Spektralbereich über 20000nm hinausreichen.

Die Wärmebildkamera 3 kann separat an Haltevorrichtungen 4 oder an weiteren intraoperativen Instrumenten, an einer Navigationseinheit oder am Operationsmikroskop fixiert sein.

10

Die Wärmebildkamera 3 kann auch in das Operationsmikroskop 7 integriert sein.

Der Abstand zwischen der Wärmebildkamera 3 und dem Gehirnareal 1 kann einen Dimensionierungsbereich zwischen 0,3m und 1m umfassen.

15

Die Fig. 2 beschreibt schematisch den Weg der Bilddatenverarbeitung innerhalb der Bildverarbeitungseinheit 5. Die von der Wärmebildkamera 3 aufgenommenen Bilder werden fortlaufend in Form eines Datenkubus 10 in einem Bildspeicher (nicht eingezeichnet) abgespeichert. Nachfolgend wird eine Datenvorbehandlung 11 und nachfolgend die Klassifizierung der Bilddateninformationen 12 durchgeführt. Schließlich wird die Bildsequenz als berechnetes Bild dargestellt 13, wobei die funktionalen und/oder pathologischen Gehirnareale 1,18,19 hervorgehoben sind.

25

Die Fig. 3 zeigt die Anordnung des Aufnahmeverfahrens z.B. ohne Operationsmikroskop 17 während des neurochirurgischen Eingriffs am Gehirnareal 1. Die Wärmestrahlung 2 wird von der Wärmebildkamera 3 direkt aufgenommen und über eine Bildverarbeitungseinheit 5 einschließlich der Einheit 17 zur multivariaten Bildauswertung dem Monitor 6 zugeführt. Gleichzeitig können die mikroskopischen Bilder des Operationsmikroskop 7 mit eingespiegelt werden und/oder der zeitliche Verlauf 6' der Temperaturänderungen bestimmter Gehirnareale lässt sich zeitaufgelöst darstellen.

30

Das zugehörige Verfahren zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen 1, wobei mikroskopische Bilder und/oder präoperative Bilddaten auch registriert werden können,

5 weist erfindungsgemäß folgende Schritte auf

- die Oberfläche eines Gehirnareals 1 wird mittels einer Wärmebildkamera 3 bildhaft erfasst,
- die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 werden einige Sekunden bis wenige Minuten kontinuierlich als Bildsequenz aufgenommen,
- 10 - die Bildsequenz wird einer Einheit 17 zur multivariaten Bildauswertung zugeführt und dort als Datenkubus 10 einer multivariaten Bildauswertung unterzogen und
- die temperaturunterschiedlichen Regionen 18, 19 des Gehirnareals 1 werden hervorgehoben,
- 15 - die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 werden wahlweise in das jeweils zutreffende mikroskopische Bild eingespiegelt und/oder mit den präoperativen Bilddaten gemeinsam registriert.

Die Wärmebildkamera 3 kann so angebracht sein, dass sie unter Aufrechterhaltung der Sterilität in allen Raumrichtungen frei positioniert wird.

Es wird ausschließlich die gehirneigene Wärmestrahlung der Wärmebildkamera 3 zugeführt.

25 Es werden kontinuierlich Bilder von der abzubildenden Gehirnoberfläche mit einer Abtastfrequenz zwischen 0,5HZ und 50Hz aufgenommen und gespeichert.

Der Abstand zwischen der Wärmebildkamera 3 und dem Gehirnareal 1 kann zwischen 0,3m und 1m betragen.

30

Die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 in Fig.3 werden sofort nach Abschluss der Aufnahmesequenz in einer Einheit zur multivariaten Bildauswertung ausgewertet und das berechnete Bild 13 wird ausgegeben.

Während der multivariaten Bildauswertung werden Störungen der Aufnahmen erkannt und die gestörten Wärmebilder aus dem Datenkubus 10 eliminiert.

- 5 Die Änderungen in der Basislinie werden automatisch korrigiert durch eine lineare oder nichtlineare Basislinienkorrektur kompensiert.

- Die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 können einer Hauptkomponentenanalyse, einem Verfahren der Clusteranalyse oder einem statistischen Klassifikationsverfahren zugeführt werden.
- 10

Die aktiven Gehirnareale 1 können in einem Falschfarbenbild deutlich hervortreten oder hervorgehoben werden.

- 15 Das Wärmebild 101, 102, 103, 104, 105, 106 kann einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperativen Bilddaten dargestellt werden.

Die Bildsequenz der Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 können in zeitlicher Abfolge sichtbar gemacht werden.

20

Zusammenfassend können mittels des Verfahrens folgende Schritte vorgesehen werden:

- die aufgenommenen Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 werden einer Einheit 17 zur multivariaten Bildauswertung zugeführt und einem multivariaten Auswerteverfahren unterworfen, wobei ein Datenkubus 10 von Wärmebildern 101, 102, 103, 104, 105, 106 erstellt wird,
 - Auswertung der Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 nach Abschluss der Wärmesequenz,
 - Berechnung der auszugebenden Bilder 13, wobei Störungen in der Aufnahme erkannt werden und die gestörten Wärmebilder aus dem Datenkubus 10 entfernt werden,
 - Korrektur der Änderungen in der Basislinie,
- 25
- 30

- Kompensation der Änderungen durch eine lineare oder eine nichtlineare Basislinienkorrektur, wobei das Wärmebild 101, 102, 103, 104, 105, 106 einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperativen Bilddaten dargestellt wird.

5

Als Basislinie wird der Temperatur-Untergrund, d.h. ein konstanter Untergrund bei der kleinsten gemessenen Temperatur (z.B. 30°C) festgelegt, der sich durch eine langsame Veränderung der Temperatur infolge von äußeren Einflüssen (z.B. Erwärmung oder Abkühlung) oder durch die Wärmebildkamera 3 selbst
10 infolge von Drift ändern kann. Innerhalb der relativ kurzen Messzeiten von wenigen Minuten sind die Änderungen in sehr guter Näherung linear und können durch eine Zwei-Punkt-Anpassung der Basislinie korrigiert werden.

Aufgezeichnete elektrophysiologische Messungen am abzubildenden Gehirnareal 1 können in die Wärmebilder 101, 102, 103, 104, 105, 106 zeitgenau ein-
15 gespiegelt werden.

Der zeitliche Ablauf von elektrophysiologischen Stimulationen kann zeitgenau mit den Wärmebildern 101, 102, 103, 104, 105, 106 dargestellt und beliebig oft
20 wiederholbar gezeigt werden.

In der Fig. 4 ist ein Beispiel für die Lokalisierung von epileptischen Anfallsarealen dargestellt. Die in Fig. 4 dargestellten Temperatur-Zeit-Kurven als Aufnahmebilder von Oberflächenregionen 18, 19 des Gehirnareals 1 zeigen in Fig. 4a
25 eine Oberflächenregion 18 mit erhöhter Temperatur und zugehörigem Temperaturverlauf und in Fig. 4b eine Oberflächenregion 19 mit normaler Temperatur und zugehörigem Temperaturverlauf. Die in dem berechneten Bild 13 schraffierten Regionen 18 weisen eine erhöhte Aktivität aus, was in dem zeitlichen Verlauf 6' der zugehörigen Temperaturänderung(K)-Zeit(min)-Kurve in Fig. 4a deutlich wird. Dagegen weisen die hellen Regionen 19 in dem Bild 13 eine deutlich
30 geringere Aktivität aus, was sich ebenso in dem zeitlichen Verlauf 6' der zugehörigen Temperaturänderung(K)-Zeit(min)-Kurve in Fig. 4b erkennen lässt.

Die Fig. 5 zeigt den Ablauf der Bilddatenanalyse von Wärmebildern des Datenkubus 10. In einem ersten Schritt 30 werden alle Wärmebilder mit offensichtlichen Störungen herausgefiltert. Solche Störungen können durch Spülen der Gehirnoberfläche 1 oder durch kurzzeitige operative Eingriffe auftreten. In einem zweiten Schritt 31 werden pixelweise die zeitlichen Sequenzen einer Datenvorbehandlung unterzogen. Das umfasst zum Beispiel die Korrektur des Untergrundes bzw. der Basislinie oder die Normierung und Zentrierung auf einen bestimmten Parameter. Der dritte Schritt 32 umfasst die eigentliche multivariate Auswertung und Klassifizierung der Bilddaten. Dabei kann zwischen einem Verfahrensschritt mit überwachter Klassifizierung 32a und einem Verfahrensschritt mit nichtüberwachter Klassifizierung 32b gewählt werden. Es ist ebenso zweckmäßig, dass für bestimmte Anwendungen beide Verfahrensschritte 32a und 32b zum Einsatz kommen. Die ausgewerteten Daten werden dann in einem vierten Schritt 33 zu einem Bild 13 zusammengesetzt und schließlich in einem fünften Schritt 34 durch eine elektronische Kontrastverstärkung, zum Beispiel durch „digital staining“, bearbeitet und im sechsten Schritt 35 wird das ausgewertete Bild 13 angezeigt.

Die Bildverarbeitungseinheit 5 kann einen Prozessor und zugehörige Speicher einschließlich Bildspeicher aufweisen, in denen die in der Bildanalyse vorgesehenen Schritte 30 bis 35 programmtechnisch unterstützt werden und die dazu eingesetzten Algorithmen als programmtechnische Mittel ausgeführt sind, die zur Durchführung des Berechnungsverfahrens der ausgegebenen/angezeigten und beobachtbaren Bilder 13 vorgesehen sind.

25

Eine Übersicht der derzeit möglichen Indikationen zur intraoperativen Thermographie führt für den speziellen Fall der Epilepsie auf:

Die therapieresistente Epilepsie bezeichnet ein Krankheitsbild, dass durch wiederholte, pharmakologisch nicht beherrschbare, äußerlich spontan auftretende Krampfanfälle gekennzeichnet ist. Häufig können mit den derzeitigen Möglichkeiten in diesen Fällen keine eindeutigen Läsionen zugeordnet werden. In solchen Fällen kann eine epilepsiechirurgische Operation zweckmäßig sein, in der zur weiteren Abklärung des Anfallsursprungs und der Anfallsausbreitung Gitter-

und Streifenelektroden auf die Gehirnoberfläche gelegt werden, damit über mehrere Tage ein kortikales EEG (Elektroenzephalogramm) abgeleitet werden kann.

- 5 Ein epileptischer Krampfanfall ist die Folge paroxysmaler synchroner Entladungen von Neuronengruppen im Gehirn, die zu plötzlichen unwillkürlichen stereotypen Verhaltens- oder Befindensstörungen führen. Die Entladungen sind vermutlich von einer erhöhten metabolischen und vaskulären Antwort des betroffenen Gehirnareals 1 begleitet, die in einer veränderten Wärmeleistung, wie z.B.
- 10 in der schraffierten Oberflächenregion 18 des Gehirnareals 1 in Fig. 4, resultieren können und mit einer thermographischen und örtlich hochauflösenden Wärmebildkamera 3 gemessen werden können.

- Die Wärmebildkamera 3 kann dabei ungekühlt sein und zumindest eine Temperatur-Empfindlichkeit von 0,07 Kelvin aufweisen.
- 15

- Es besteht aber bisher kein Verfahren, um den epileptogenen Focus und die durch Fortleitung übererregten Areale sichtbar zu machen, ohne dass gleichzeitig eine Anregung des Areals notwendig wäre, sei es durch sichtbare, UV- oder
- 20 IR-Strahlung oder durch direkte Stimulation des Kortex.

- Das erfindungsgemäße Thermographie-Verfahren stellt dagegen damit ein Verfahren dar, das – wie das EEG – allein auf den Unterschied von normalem Gewebe zu pathologischem Gewebe aufbaut und nicht auf zusätzliche Anregungen angewiesen ist, wie z.B. Fluorophor-basierten Darstellungen oder das im Stand
- 25 der Technik genannte Optical Imaging.

- Mit der Erfindung wird ein labelfreies, anregungsfreies, berührungsloses und rückwirkungsfreies Verfahren etabliert, das mit seiner technischen Ausführung
- 30 übergangslos in den Ablauf einer neurochirurgischen Operation eingebettet werden kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Gehirnareal
- 2 Wärmestrahlungsbündel/Wärmestrahlung
- 3 Wärmebildkamera
- 5 4 Halterungsvorrichtung zur Befestigung und Führung der Wärmebildkamera
- 5 Bildverarbeitungseinheit der Wärmebilder
- 6 Videomonitor des Operationsmikroskops und der Wärmebilder
- 6' zeitliche Darstellung der Wärmestrahlung
- 7 Operationsmikroskop
- 10 8 EEG-Elektroden auf dem Gehirnareal
- 9 EEG-Gerät
- 10 Datenkubus von Wärmebildern
- 101 Wärmebild
- 102 Wärmebild
- 15 103 Wärmebild
- 104 Wärmebild
- 105 Wärmebild
- 106 Wärmebild
- 11 Einheit zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus
- 20 12 Einheit zur multivariaten Analyse des Datenkubus
- 13 berechnetes Bild mit Informationen aus dem Datenkubus
- 14 sichtbares Licht
- 15 dichroitischer Teilerspiegel für sichtbares Licht und Wärmestrahlung
- 16 Spiegel für Wärmestrahlung
- 25 17 Einheit zur multivariaten Bildauswertung
- 18 Oberflächenregion mit höherer Temperatur
- 19 Oberflächenregion mit normaler Temperatur
- 20 erfindungsgemäße Einrichtung
- 21 Linse
- 30 22 Linse
- 23 Spiegelsystem
- 30 erster Schritt: Herausfilterung von offensichtlichen Störungen aus den Wärmebildern des Datenkubus

- 31 zweiter Schritt: pixelweise Datenvorbehandlung von zeitlichen Sequenzen
- 32 dritter Schritt: Auswahl und Durchführung der multivariaten Auswertung
und Klassifizierung der Bilddaten
- 32a Verfahrensschritt mit überwachter Klassifizierung
- 5 32b Verfahrensschritt mit nichtüberwachter Klassifizierung
- 33 vierter Schritt: Bildrekonstruktion
- 34 fünfter Schritt: Kontrastverstärkung
- 35 sechster Schritt: Ausgabe/Anzeige des ausgewerteten Bildes

10

15

20

25

30

Patentansprüche

1. Verfahren zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen (1),
durch folgende Schritte gekennzeichnet:
 - 5 - die Oberfläche eines Gehirnareals (1) wird mittels einer Wärmebildkamera (3) bildhaft erfasst,
 - die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) werden einige Sekunden bis wenige Minuten kontinuierlich als Bildsequenz aufgenommen,
 - die Bildsequenz wird einer Einheit (17) zur multivariaten Bildauswertung
10 zugeführt und dort als Datenkubus (10) einer multivariaten Auswertung unterzogen,
 - temperaturunterschiedliche Bereiche (18, 19) der Oberfläche des Gehirnareals (1) werden herausgehoben,
 - die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) werden wahlweise in das
15 jeweils zutreffende mikroskopische Bild eingespiegelt und/oder mit den präoperativen Bilddaten gemeinsam registriert.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass eine Wärmebildkamera (3) eingesetzt wird, die einen Spektralbereich von 800 nm bis zumindest 20000 nm erfasst und zugleich unempfindlich für sichtbares Licht ist, wobei für höhere Temperaturen des abzubildenden Gehirnareals (1) der Spektralbereich wahlweise über 20000nm hinausreicht.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 dass die Wärmebildkamera (3) so angebracht wird, dass sie unter Aufrechterhaltung der Sterilität in allen Raumrichtungen frei positioniert wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Wärmebildkamera (3) separat an Haltevorrichtungen (4) oder an weiteren intraoperativen Instrumenten, einer Navigationseinheit oder am Operationsmikroskop (7) fixiert wird.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 1,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Wärmebildkamera (3) in das Operationsmikroskop (7) integriert
 wird.
- 10 6. Verfahren nach Anspruch 1,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass ausschließlich die hirneigene Wärmestrahlung der Wärmebildkamera
 (3) zugeführt wird.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 1,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass mit einer Abtastfrequenz zwischen 0,5HZ und 50Hz kontinuierlich Bilder
 von der Oberfläche des Gehirnareals (1) aufgenommen und gespeichert
 werden.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 1,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass der Abstand zwischen der Wärmebildkamera (3) und dem Gehirnareal
 (1) zwischen 0,3m und 1m beträgt.
- 25 9. Verfahren nach Anspruch 1,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) sofort nach Abschluss
 der Aufnahmesequenz in einer Einheit (17) zur multivariaten Bildauswertung
30 ausgewertet werden und das berechnete Bild (13) ausgegeben wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
 dadurch gekennzeichnet,

dass in einem ersten Schritt der multivariaten Bildauswertung Störungen der Aufnahmen erkannt und die gestörten Wärmebilder aus dem Datenkubus (10) eliminiert werden.

- 5 11.Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Änderungen in der Basislinie automatisch korrigiert durch eine lineare oder nichtlineare Basislinienkorrektur kompensiert werden.
- 10 12.Verfahren nach Anspruch 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) einer Hauptkomponentenanalyse, einem Verfahren der Clusteranalyse oder einem anderen statistischen Klassifikationsverfahren zugeführt werden.
- 15 13.Verfahren nach Anspruch 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die aktiven Gehirnareale (1) in einem Falschfarbenbild deutlich hervorgehoben werden.
- 20 14.Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Wärmebild (101, 102, 103, 104, 105, 106) einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperativen Bilddaten dargestellt wird.
- 25 15.Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bildsequenz der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) in zeitlicher Abfolge sichtbar gemacht wird.
- 30

16.Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass folgende Schritte vorgesehen werden:

- 5 - die aufgenommenen Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) werden
in einer Einheit (17) zur multivariaten Bildauswertung zugeführt und ei-
nem multivariaten Auswerteverfahren unterworfen, wobei ein Datenkubus
(10) von Wärmebildern (101, 102, 103, 104, 105, 106) erstellt wird,
- 10 - Auswertung der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) nach Ab-
schluss der Wärmebildsequenz,
- Berechnung der auszugebenden Bilder (13), wobei in einem ersten
Schritt Störungen in der Aufnahme erkannt werden und die gestörten
Wärmebilder aus dem Datenkubus (10) entfernt werden,
- Korrektur der Änderungen in der Basislinie,
- 15 - Kompensation der Änderungen durch eine lineare oder nichtlineare Ba-
sislinienkorrektur, wobei das Wärmebild (101, 102, 103, 104, 105, 106)
einzeln oder fusioniert mit dem mikroskopischen Bild oder mit präoperati-
ven Bilddaten dargestellt wird.

20 17.Verfahren nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass aufgezeichnete elektrophysiologische Messungen am abzubildenden
Gehirnareal (1) in die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) zeitgenau
eingespiegelt werden.

25

18.Verfahren nach Anspruch 17,

dadurch gekennzeichnet,

dass der zeitliche Ablauf von elektrophysiologischen Stimulationen zeitgenau
mit den Wärmebildern (101, 102, 103, 104, 105, 106) dargestellt und beliebig
30 oft wiederholbar gezeigt werden kann.

19.Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Durchführung der Wärmebildanalyse nach Erstellung des Datenkubus (10) von Wärmebildern (101, 102, 103, 104, 105, 106) folgende Schritte vorgesehen werden:

- 5 - Herausfilterung von offensichtlichen Störungen aus den Wärmebildern (101, 102, 103, 104, 105, 106) des Datenkubus (10) in einem ersten Schritt (30),
- pixelweise Datenvorbehandlung von zeitlichen Sequenzen in einem zweiten Schritt (31),
- 10 - Auswahl und Durchführung der multivariaten Auswertung und Klassifizierung der Bilddaten in einem dritten Schritt (32),
- Bildrekonstruktion in einem vierten Schritt (33),
- Kontrastverstärkung in einem fünften Schritt (34) und
- Ausgabe/Anzeige des ausgewerteten Bildes (13) in einem sechsten Schritt (35).

15

20. Verfahren nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Wärmebildanalyse im dritten Schritt (32) der Auswertung und Klassifizierung eine überwachte Klassifizierung (32a) der Bilddaten mittels
20 Trainingsdaten und/oder eine nichtüberwachte Klassifizierung (32b) durchgeführt werden.

20

21. Einrichtung (20) zur intraoperativen Bildgebung von Gehirnarealen (1),

deren abgestrahlte Wärmestrahlung (2) mittels einer Detektion unter Einsatz
25 des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 20 erfassbar ist,

25

dadurch gekennzeichnet,

dass folgende Baugruppen zur Erfassung der Wärmestrahlung (2) vorhanden sind

30

- eine Wärmebildkamera (3) zur Aufnahme der vom Gehirnareal (1) abgestrahlten Wärmestrahlung in Form eines Wärmestrahlenbündels (2),
- eine Bildverarbeitungseinheit (5), die der Wärmebildkamera (3) nachgeordnet ist und in der die aufgenommenen Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) in einem Datenkubus (10) stapelartig gespeichert sind,

wobei in der Bildverarbeitungseinheit (5) eine Einheit (17) zur multivariaten Bildauswertung vorhanden ist, die

- eine Einheit (11) zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus (10) und
 - 5 ○ eine Einheit (12) zur multivariaten Analyse des Datenkubus (10) enthält,
- wobei von der Bildverarbeitungseinheit (5) berechnete Bilder (13) und Informationen aus dem Datenkubus (10) der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) zur Beobachtung erstellt werden, und
- 10 - Ausgabevorrichtungen (6, 6') für das Beobachten der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106).

22. Einrichtung nach Anspruch 21,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass zumindest ein Operationsmikroskop (7), das ein Linsensystem (21, 22) zur Abbildung eines vorgesehenen Gehirnareals (1) mittels eines sichtbaren Lichtstrahlenbündels (14), das die vom Gehirnareal (1) abgestrahlte Wärmestrahlung als Wärmestrahlenbündel (2) enthält, aufweist und folgende weitere Baugruppen vorhanden sind
- 20 - ein Spiegelsystem (23) mit zumindest einem dichroitischen Teilerspiegel (15) zur Transmission des sichtbaren Lichtstrahlenbündels (14) und zur Ablenkung des im Strahlengang des sichtbaren Lichtstrahlenbündels (14) befindlichen Wärmestrahlenbündels (2), wobei mittels des dichroitischen Teilerspiegels (15) das Wärmestrahlenbündel (2) aus dem sichtbaren
- 25 Lichtstrahlenbündel (14) abgelenkt wird,
- eine Wärmebildkamera (3) zur Aufnahme des aus dem sichtbaren Lichtstrahlenbündel (14) abgelenkten Wärmestrahlenbündels (2),
- eine Bildverarbeitungseinheit (5), die der Wärmebildkamera (3) nachgeordnet ist und in der die aufgenommenen Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) in einem Datenkubus (10) stapelartig gespeichert sind,
- 30 wobei in der Bildverarbeitungseinheit (5) eine Einheit zur multivariaten Bildauswertung vorhanden ist, die

- eine Einheit (11) zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus (10) und
 - eine Einheit (12) zur multivariaten Analyse des Datenkubus (10) enthält,
- 5 wobei von der Bildverarbeitungseinheit (5) berechnete Bilder (13) und Informationen aus dem Datenkubus (10) der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) zur Beobachtung erstellt werden, und
- Ausgabevorrichtungen (6, 6') für das Beobachten der Bilder des Operationsmikroskops (7) und für das Beobachten der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106).
- 10

23. Einrichtung nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Spiegelsystem (23) mit dem die Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) ablenkenden dichroitischen Teilerspiegel (15) mindestens einen
15 weiteren Spiegel (16) zur nachfolgenden Umlenkung des Wärmestrahlenbündels (2) zur Empfangsfläche der Wärmebildkamera (3) aufweist.

24. Einrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass ein EEG-Gerät (9) für elektrophysiologische Messungen eingebunden ist, wobei Elektroden des EEG-Gerätes (9) im Bereich des untersuchenden Gehirnareals (1) angebracht sind, mit denen der zugehörige EEG-Verlauf aufgezeichnet wird.

25

25. Einrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgabevorrichtungen (6, 6') zeitliche Darstellungen der Wärmebilder (101, 102, 103, 104, 105, 106) anzeigen.

30

26. Einrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Datenkubus (10) von Wärmebildern eine Folge von zeitlich aufeinander folgend registrierten Wärmebildern (101, 102, 103, 104, 105, 106) aufweist.

- 5 27. Einrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Einheit (11) zur Entfernung von Störungen und Bildfehlern aus dem Datenkubus (10) folgende Funktionen realisiert sind:
- 10 - eine Clusteranalyse zur Trennung von gestörten und nichtgestörten Bildern,
 - ein Filteralgorithmus, der Bilder mit einer physiologisch nicht möglichen schnellen Änderung in der Wärmestrahlung als Artefakt klassifiziert und eliminiert,
 - 15 - ein Filter, der sämtliche Pixel eines Bildes unterhalb einer einzustellenden oder automatisch gewählten Temperaturgrenze aus dem Wärmebilddatensatz eliminiert,
 - ein Rekonstruktionsalgorithmus, der vor allem flächenmäßig keine Bildfehler durch mathematische Operationen ausgleicht.
- 20 28. Einrichtung nach Anspruch 21 oder 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Einheit (12) zur multivariaten Analyse des Datenkubus (10) folgende Funktionen realisiert sind:
- 25 - eine Hauptkomponentenanalyse,
 - eine Koeffizientenanalyse,
 - eine hierarchische oder nichthierarchische Clusteranalyse,
 - eine lineare Diskriminanzanalyse und ein Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen,
 - 30 - eine gestützte Klassifizierung unter Zuhilfenahme von Trainingsdaten, die in dem Algorithmus zur Selektion relevanter Sequenzen bereits gespeichert sind.

29. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,
dass eine Wärmebildkamera (3) eingesetzt ist, die den Spektralbereich von
800 nm bis zumindest 20000 nm erfasst und zugleich unempfindlich für
sichtbares Licht ist, wobei für höhere Temperaturen des abzubildenden Ge-
hirnareals (1) der Spektralbereich wahlweise über 20000 nm hinausreicht.

30. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebildkamera (3) ungekühlt ist und zumindest eine Tempera-
tur-Empfindlichkeit von 0,07 Kelvin aufweist.

31. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebildkamera (3) separat an Haltevorrichtungen (4) oder an
weiteren intraoperativen Instrumenten, an einer Navigationseinheit oder am
Operationsmikroskop fixiert ist.

32. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmebildkamera (3) in das Operationsmikroskop (7) integriert ist.

33. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Abstand zwischen der Wärmebildkamera (3) und dem Gehirnareal
(1) einen Dimensionierungsbereich zwischen 0,3m und 1m umfasst.

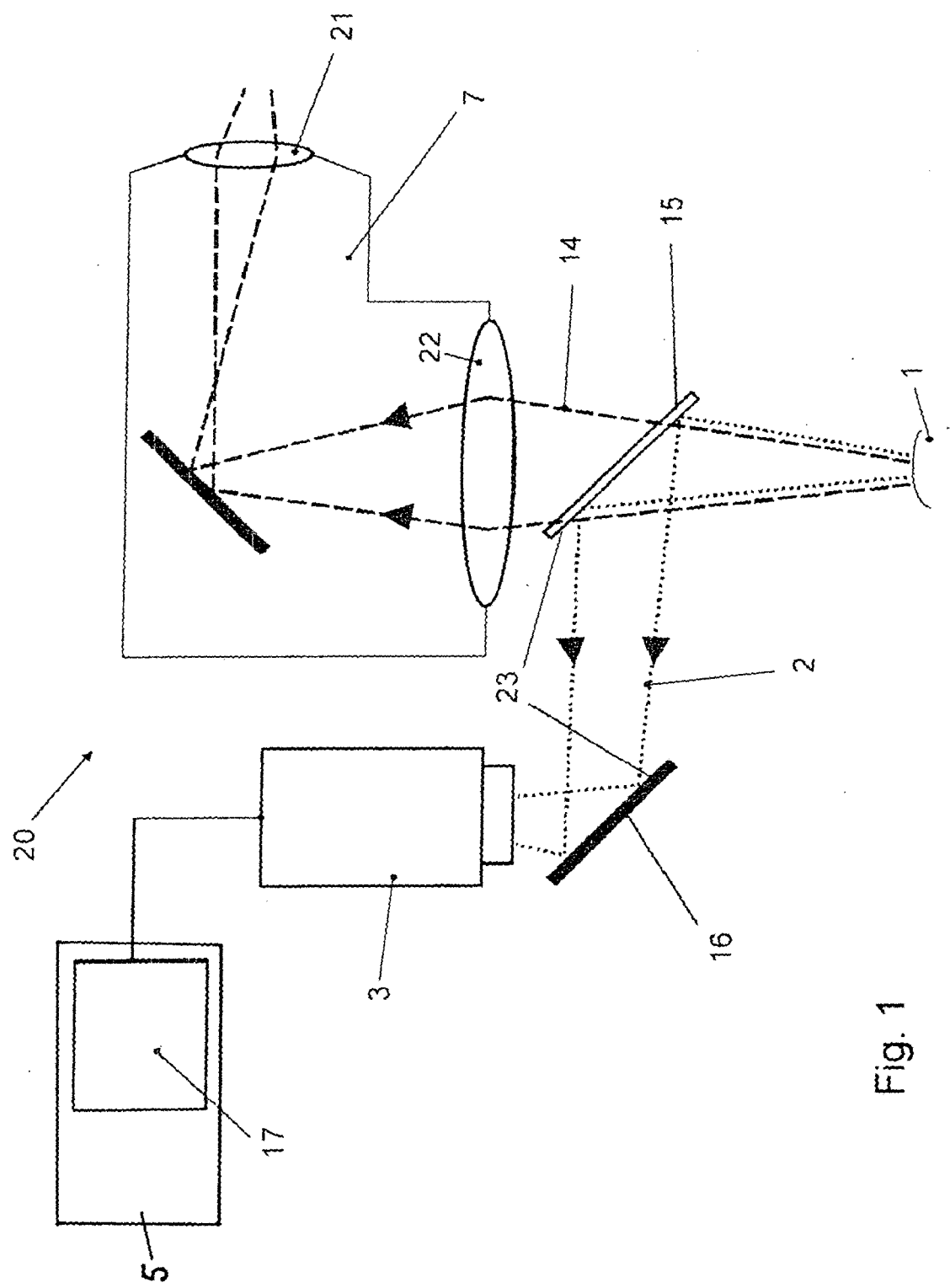


Fig. 1

2/5

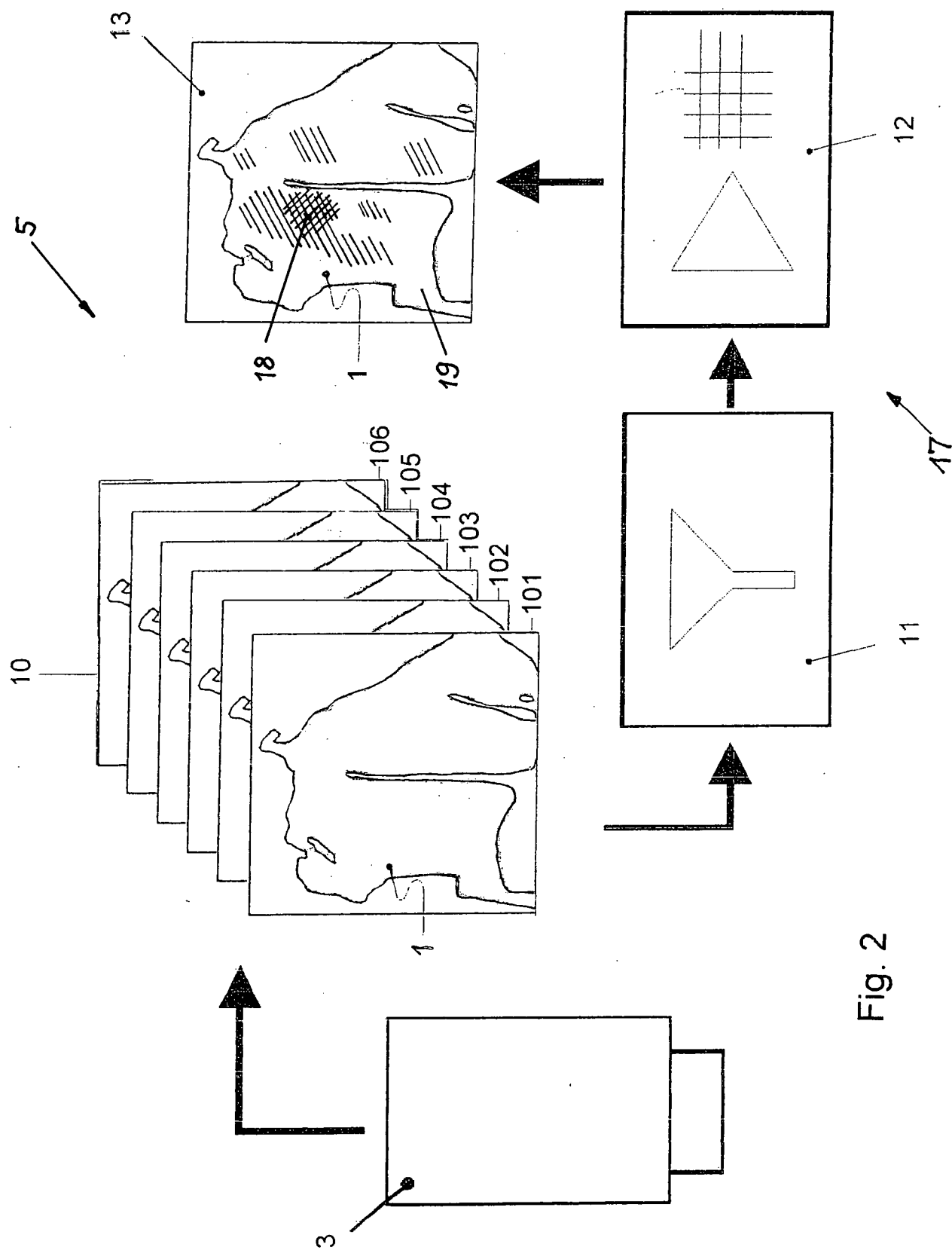


Fig. 2

3/5

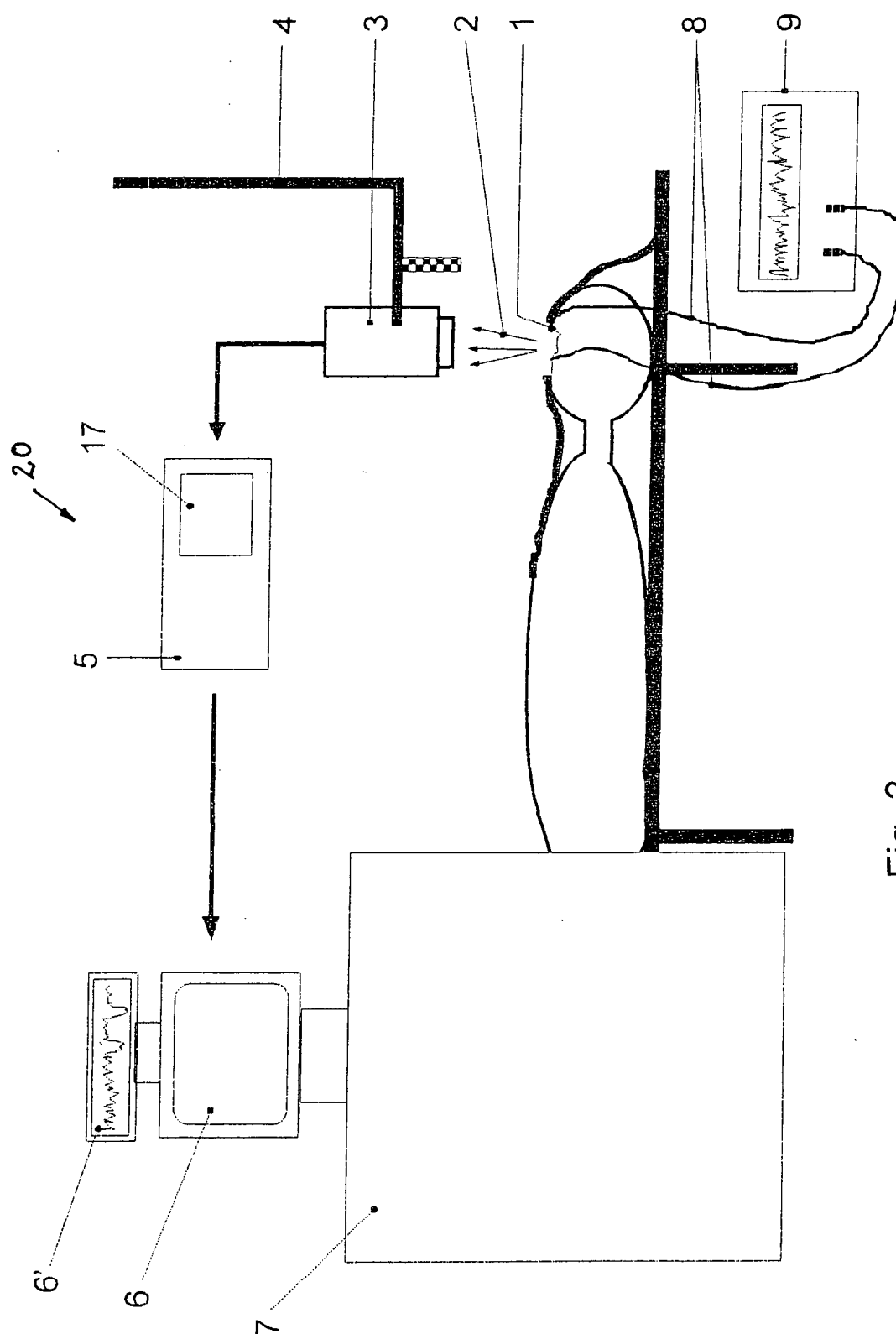


Fig. 3

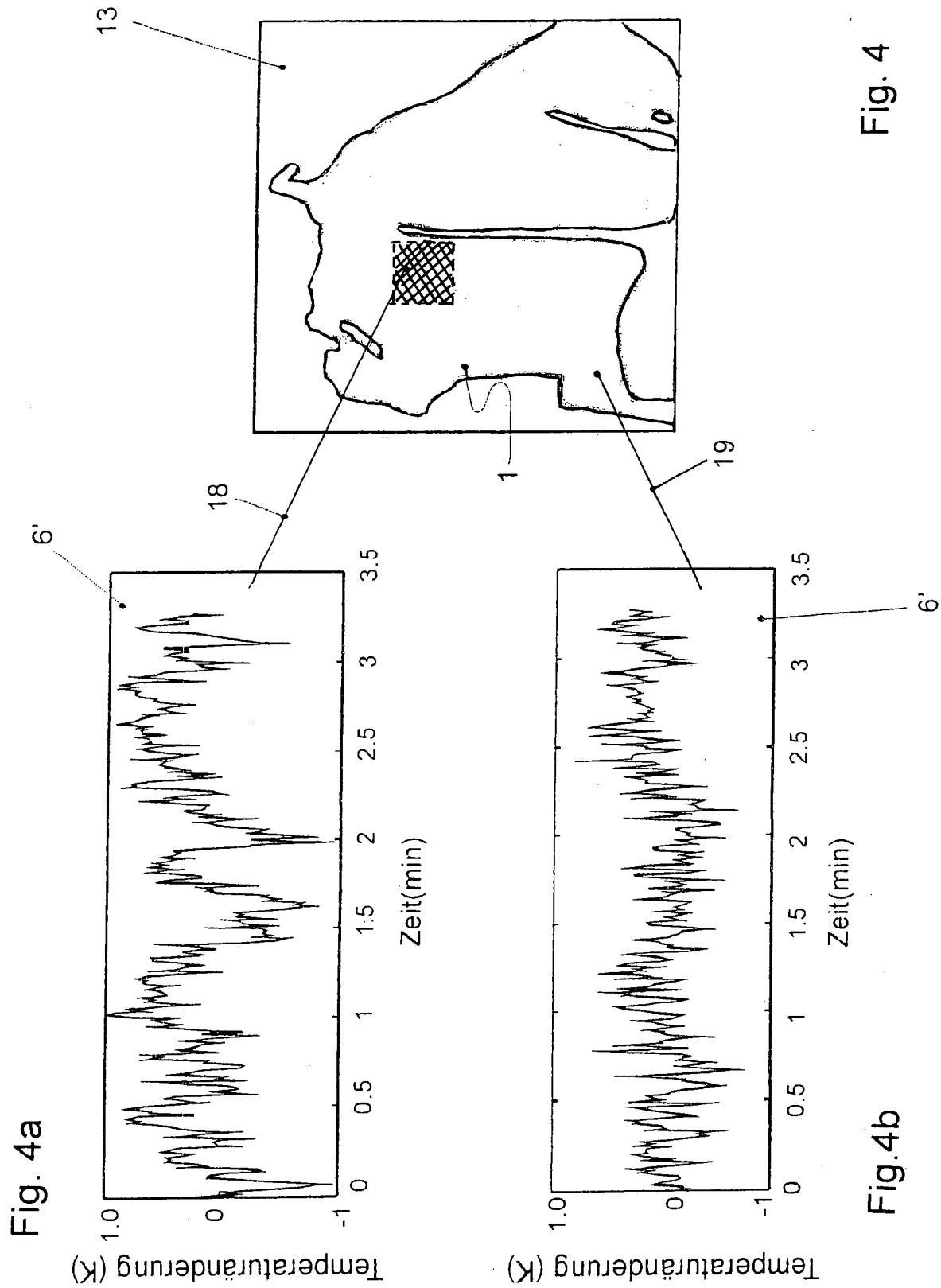
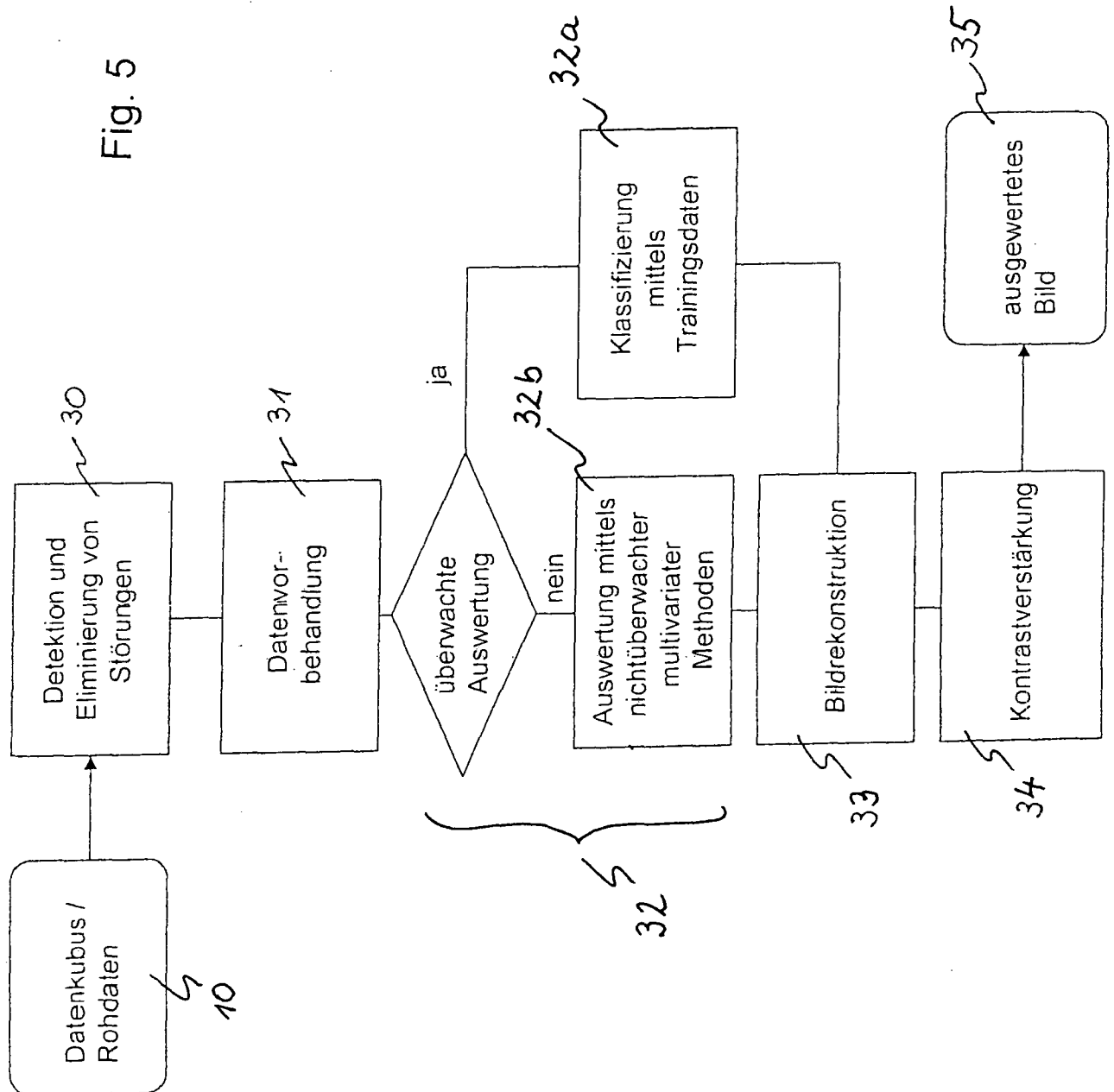


Fig. 4

Fig.4b

5/5

Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2010/000398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. A61B5/00 A61B19/00
 ADD.

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)
 A61B

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	GORBACH A M ET AL: "Intraoperative infrared imaging of brain tumors" JOURNAL OF NEUROSURGERY, AMERICAN ASSOCIATION OF NEUROLOGICAL SURGEONS, US, vol. 101, no. 6, 1 December 2004 (2004-12-01), pages 960-969, XP009135485 ISSN: 0022-3085 * abstract; figures 1-7 page 961, right-hand column, paragraph 2 page 962, right-hand column, paragraph 2 - page 963, left-hand column, paragraph 3 ----- -/--	1-33

☒ 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 June 2010

Date of mailing of the international search report

19/07/2010

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

Authorized officer

Daniel, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2010/000398

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ATSUHIRO NAKAGAWA ET AL: "Intraoperative infrared brain surface blood flow monitoring during superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis in patients with childhood moyamoya disease" CHILD'S NERVOUS SYSTEM, SPRINGER, BERLIN, DE LNKD- DOI:10.1007/S00381-008-0682-9, vol. 24, no. 11, 12 July 2008 (2008-07-12), pages 1299-1305, XP019656508 ISSN: 1433-0350 * abstract; figure 3 page 1300, right-hand column	1-33
A	STEPHAN B. SOBOTTKA, KATHRIN D. GEIGER, REINER SALZER, GABRIELE SCHACKERT, CHRISTOPH KRAFFT: "Suitability of infrared spectroscopic imaging as an intraoperative tool in cerebral glioma surgery" ANAL BIOANAL CHEM, vol. 393, 16 October 2008 (2008-10-16), pages 187-195, XP002589663 * abstract; figure 3 page 188, right-hand column, paragraph 3 - page 190, left-hand column, paragraph 1	1-33
A	WO 2007/061807 A2 (UNIV CALIFORNIA [US]; LEUNG ALBERT Y [US]; DUANN JENG-REN [US]) 31 May 2007 (2007-05-31) * abstract; figures 2A, 2B paragraphs [0012], [0049], [0093]	1-33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2010/000398

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007061807	A2	31-05-2007	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000398

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. A61B5/00 A61B19/00

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

A61B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GORBACH A M ET AL: "Intraoperative infrared imaging of brain tumors" JOURNAL OF NEUROSURGERY, AMERICAN ASSOCIATION OF NEUROLOGICAL SURGEONS, US, Bd. 101, Nr. 6, 1. Dezember 2004 (2004-12-01), Seiten 960-969, XP009135485 ISSN: 0022-3085 * Zusammenfassung; Abbildungen 1-7 Seite 961, rechte Spalte, Absatz 2 Seite 962, rechte Spalte, Absatz 2 - Seite 963, linke Spalte, Absatz 3 ----- -/--	1-33



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Juni 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/07/2010

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

Daniel, Christian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000398

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ATSUHIRO NAKAGAWA ET AL: "Intraoperative infrared brain surface blood flow monitoring during superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis in patients with childhood moyamoya disease" CHILD'S NERVOUS SYSTEM, SPRINGER, BERLIN, DE LNKD- DOI:10.1007/S00381-008-0682-9, Bd. 24, Nr. 11, 12. Juli 2008 (2008-07-12), Seiten 1299-1305, XP019656508 ISSN: 1433-0350 * Zusammenfassung; Abbildung 3 Seite 1300, rechte Spalte	1-33
A	STEPHAN B. SOBOTTKA, KATHRIN D. GEIGER, REINER SALZER, GABRIELE SCHACKERT, CHRISTOPH KRAFFT: "Suitability of infrared spectroscopic imaging as an intraoperative tool in cerebral glioma surgery" ANAL BIOANAL CHEM, Bd. 393, 16. Oktober 2008 (2008-10-16), Seiten 187-195, XP002589663 * Zusammenfassung; Abbildung 3 Seite 188, rechte Spalte, Absatz 3 - Seite 190, linke Spalte, Absatz 1	1-33
A	WO 2007/061807 A2 (UNIV CALIFORNIA [US]; LEUNG ALBERT Y [US]; DUANN JENG-REN [US]) 31. Mai 2007 (2007-05-31) * Zusammenfassung; Abbildungen 2A, 2B Absätze [0012], [0049], [0093]	1-33

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2010/000398

Im Recherchenbericht
angeführtes Patentedokument

Datum der
Veröffentlichung

Mitglied(er) der
Patentfamilie

Datum der
Veröffentlichung

WO 2007061807 A2 31-05-2007 KEINE

专利名称(译)	用于脑区域的术中成像的方法和装置		
公开(公告)号	EP2419007A1	公开(公告)日	2012-02-22
申请号	EP2010717510	申请日	2010-03-30
[标]申请(专利权)人(译)	德累斯顿工业大学		
申请(专利权)人(译)	德累斯顿工业大学		
当前申请(专利权)人(译)	德累斯顿工业大学		
[标]发明人	STEINER GERALD KOCH EDMUND SCHACKERT GABRIELE KIRSCH MATTHIAS		
发明人	STEINER, GERALD KOCH, EDMUND SCHACKERT, GABRIELE KIRSCH, MATTHIAS		
IPC分类号	A61B5/00 A61B19/00 A61B5/01 A61B90/30		
CPC分类号	A61B5/015 A61B5/0042 A61B5/0476 A61B5/4064 A61B5/4094 A61B90/20 A61B90/361 A61B2090/373 G01J5/02 G01J5/025 G01J2005/0077 G02B21/0012 G02B21/361		
代理机构(译)	HEMPEL , HARTMUT		
优先权	102009018633 2009-04-17 DE		
其他公开文献	EP2419007B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种用于脑区域 (1) 的术中成像的方法和装置 (20) 。本发明的目的是显示和界定功能性皮层和/或病理区域。在手术干预期间必须能够进行图像捕获，在高度敏感地捕获最小温度变化期间不会对组织造成损害或反应。还应该改善图像对比度，并且应该强调大脑区域的重要区域。该解决方案的特征在于以下步骤：借助于热图像相机 (3) 捕获脑区域 (1) 的表面的图像;热图像 (101,102,103,104,105,106) 作为图像序列连续记录几秒到几分钟;将图像序列送入单元 (17) 进行多变量图像分析，并进行多变量分析作为数据立方体 (10) ;强调具有不同温度的脑区表面区域 (18,19) ;热图像 (101,102,103,104,105,106) 被选择性地反射到适当的显微图像中和/或与术前图像数据一起记录。