



BUNDESPATENTGERICHT

17 W (pat) 42/03

(Aktenzeichen)

Verkündet am
1. Dezember 2005

...

BESCHLUSS

In der Beschwerdesache

betreffend die Patentanmeldung 198 42 944.4-53

...

hat der 17. Senat (Technischer Beschwerdesenat) des Bundespatentgerichts auf die mündliche Verhandlung vom 1. Dezember 2005 unter Mitwirkung des Vorsitzenden Richters Dipl.-Phys. Dr. Fritsch sowie des Richters Dipl.-Ing. Prasch, der Richterin Eder und des Richters Dipl.-Ing. Baumgardt

beschlossen:

Auf die Beschwerde der Anmelderin wird der Beschluss der Prüfungsstelle für Klasse G 06 T des Deutschen Patent- und

Markenamts vom 2. Dezember 2002 aufgehoben und das Patent erteilt.

Der Erteilung liegen folgende Unterlagen zugrunde:

Patentansprüche 1 bis 23 gemäß Hilfsantrag 1, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Beschreibung Seiten 1-7, 7a, 8-9, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Seiten 10-41 vom Anmeldetag,

9 Blatt Zeichnungen mit Figuren 1-14 vom Anmeldetag.

Gründe

I.

Die vorliegende Patentanmeldung mit der nunmehrigen Bezeichnung:

"Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes eines im Rahmen einer Tomosynthese abgetasteten Objekts"

ist am 18. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt unter Inanspruchnahme der Priorität der Voranmeldung DE 197 56 246.9 vom 17. Dezember 1997 eingereicht worden.

Sie wurde von der Prüfungsstelle für Klasse G 06 T des Deutschen Patent- und Markenamts durch Beschluss vom 2. Dezember 2002 zurückgewiesen. Zu den Gründen für die Zurückweisung wird auf den Bescheid vom 18. Februar 2002 verwiesen. Dort ist ausgeführt, dass die Gegenstände der nebengeordneten Patentansprüche 1 und 2 gegenüber dem Stand der Technik nicht auf einer erfindertischen Tätigkeit beruhen.

Die Anmelderin hat Beschwerde eingelegt und stellt den Antrag,

den angefochtenen Beschluss aufzuheben und das nachgesuchte Patent mit folgenden Unterlagen zu erteilen:

gemäß Hauptantrag mit Patentansprüchen 1 bis 23, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Beschreibung Seiten 1-7, 7a, 8-9, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Seiten 10 - 41 vom Anmeldetag, 9 Blatt Zeichnungen mit Figuren 1 - 14 vom Anmeldetag;

gemäß Hilfsantrag 1 mit Patentansprüchen 1 - 23, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Beschreibung und Zeichnungen mit Figuren wie Hauptantrag;

gemäß Hilfsantrag 2 mit Patentansprüchen 1 - 19, überreicht in der mündlichen Verhandlung, Beschreibung und Zeichnungen mit Figuren wie Hauptantrag.

Der Anspruch 1 gemäß Hauptantrag lautet:

„Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes eines im Rahmen einer Tomosynthese abgetasteten Objekts, wobei während der Abtastung mehrere in einem 2D-Projektionsbildraum liegende Einzelprojektionsbilder in Form digitaler Projektionsbilddaten des in einem 3D-Objektraum liegenden Objekts aufgenommen werden, welche zur Erzeugung des Rekonstruktionsbildes in ein 3D-Rekonstruktionsbildvolumen rückprojiziert werden, wobei das Objekt zur Aufnahme der Projektionsbilder unter verschiedenen Projektionswinkeln φ mittels Röntgenstrahlung durchstrahlt und die aus dem Objekt austretende Strahlung mittels eines digitalen Ausgangsbildsignale liefernden Detektormittel aufgenommen wird, wobei die die Projektionsbilddaten darstellenden Ausgangsbildsignale einem Rechenmittel zur Bildrekonstruktion zugeführt

werden, bei welchem Verfahren zunächst anhand folgender Schritte ein im Rahmen der Rekonstruktion anzuwendendes Filter erzeugt wird:

1. Berechnung einer 3D-Übertragungsfunktion $H_{\text{proj}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ aus der Aufnahmegeometrie für die Einzelprojektionsbildaufnahme und die Rückprojektion der Einzelprojektionsbilder in das 3D-Rekonstruktionsbildvolumen,
2. Näherungsweise Inversion der 3D-Übertragungsfunktion $H_{\text{proj}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ zur Ermittlung einer Inversionsfunktion $H_{\text{inv}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$,
3. Erstellung einer 3D-Filterfunktion $H_{\text{opt}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ in Abhängigkeit einer oder mehrerer gewünschter Bildeigenschaften des Rekonstruktionsbildes,
4. Ermittlung einer resultierenden 3D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ durch Multiplikation der 3D-Filterfunktion $H_{\text{opt}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ und der Inversionsfunktion $H_{\text{inv}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$,
5. Ermittlung einer 2D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}^{2D}(\omega_u, \omega_v)$ aus der resultierenden 3D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ durch Koordinatentransformation des 3D-Objektraums in den 2D-Projektionsbildraum der jeweiligen Einzelprojektionsbilder unter Projektionswinkel φ ,
wonach die Rekonstruktion des Bildes im Rechenmittel mit folgenden Schritten erfolgt:

6. Anwendung der 2D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}^{2D}(\omega_u, \omega_v)$, auf die zugehörigen Einzelprojektionsbilddaten,
7. Erzeugung des Rekonstruktionsbildes durch Rückprojektion der nach 6. gefilterten Einzelprojektionsbilddaten in das 3D-Rekonstruktionsbildvolumen.“

Der Anspruch 1 gemäß Hilfsantrag 1 lautet:

„Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes eines im Rahmen einer Tomosynthese abgetasteten Objekts, wobei während der Abtastung mehrere in einem 2D-Projektionsbildraum liegende Einzelprojektionsbilder in Form digitaler Projektionsbilddaten des in einem 3D-Objektraum liegenden Objekts aufgenommen werden, welche zur Erzeugung des Rekonstruktionsbildes in ein 3D-Rekonstruktionsbildvolumen rückprojiziert werden, wobei das Objekt zur Aufnahme der Projektionsbilder unter verschiedenen Projektionswinkeln φ mittels Röntgenstrahlung durchstrahlt und die aus dem Objekt austretende Strahlung mittels eines digitalen Ausgangsbildsignale liefernden Detektormittel aufgenommen wird, wobei die die Projektionsbilddaten darstellenden Ausgangsbildsignale einem Rechenmittel zur Bildrekonstruktion durch rekonstruktive Verrechnung der Projektionsbilder in einen Satz von Schichtbildern durch gefilterte Rückprojektion zugeführt werden, bei welchem Verfahren zunächst anhand folgender Schritte das im Rahmen der Rekonstruktion anzuwendende Filter erzeugt wird:

1. Berechnung einer 3D-Übertragungsfunktion $H_{\text{proj}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ aus der Aufnahmegeometrie für die Einzelprojektionsbilddatenaufnahme und die Rückprojektion der Einzelprojektionsbilder in das 3D-Rekonstruktionsbildvolumen,

2. Näherungsweise Inversion der 3D-Übertragungsfunktion $H_{\text{proj}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ zur Ermittlung einer Inversionsfunktion $H_{\text{inv}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$,

3. Erstellung einer 3D-Filterfunktion $H_{\text{opt}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ in Abhängigkeit mehrerer gewünschter Bildeigenschaften des Rekonstruktionsbildes, nämlich der Ausbildung eines homogenen Schichtprofils, und einer spektralen Bildmanipulation zur Anpassung der Bildqualität an die interessierenden Objektcharakteristika einschließlich der Dämpfung hochfrequenter Bildanteile unter Berücksichtigung der unvollständigen Abtastung in der Tomosynthese, indem ein erster Filteranteil $H_{\text{Spektrum}}(\omega_x, \omega_y)$ des spektralen Bildgehalts und ein zweiter Filteranteil $H_{\text{profil}}(\omega_z)$ für die Definition des Schichtprofils zur Bildung von $H_{\text{opt}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ miteinander multipliziert werden,

4. Ermittlung einer resultierenden 3D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ durch Multiplikation der 3D-Filterfunktion $H_{\text{opt}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ und der Inversionsfunktion $H_{\text{inv}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$,

5. Ermittlung einer 2D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}^{2D}(\omega_u, \omega_v)$ aus der resultierenden 3D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ durch Koordinatentransformation des 3D-Objektraums in den 2D-Projektionsbildraum der jeweiligen Einzelprojektionsbilder unter Projektionswinkel φ ,

wonach die Rekonstruktion des Bildes im Rechenmittel mit folgenden Schritten erfolgt:

6. Anwendung der 2D-Filterfunktion $H_{\text{filter}}^{2D}(\omega_u, \omega_v)$, auf die zugehörigen Einzelprojektionsbilddaten,

7. Erzeugung des Rekonstruktionsbildes durch Rückprojektion der nach 6. gefilterten Einzelprojektionsbilddaten in das 3D-Rekonstruktionsbildvolumen.“

Hinsichtlich der weiteren Ansprüche und des Hilfsantrags 2 wird auf die Akten verwiesen.

Die Anmelderin erläutert, dass mit dem beanspruchten Verfahren aus einer Anzahl von Einzelprojektionsbildern, die bei der Abtastung eines Objekts mittels Röntgenstrahlen unter verschiedenen Winkeln gewonnen worden seien, ein dreidimensionales Bild des Objekts rekonstruiert werden solle. Hierzu werde gemäß den Schritten 1 bis 5 des Anspruchs 1 eine 2D-Filterfunktion erzeugt, entsprechend den Schritten 6 und 7 auf die Einzelprojektionen angewandt, und aus den derart gefilterten Einzelprojektionen durch Rückprojektion das gewünschte dreidimensionale Bild des Objekts rekonstruiert. Dieses Verfahren, das in seiner Allgemeinheit mit dem Hauptantrag beansprucht werde, sei dem einschlägigen Fachmann, einem Informatiker, der über Berufserfahrung auf dem Gebiet der medizintechnischen Anwendungen verfüge, durch die Ausführungen im entgegengehaltenen Stand der Technik nicht nahegelegt. Das Verfahren nach dem Hilfsantrag 1 enthalte darüber hinaus konkrete Anweisungen, wie der Fachmann die Filterfunktion gezielt in Hinsicht auf mehrere gewünschte Bildeigenschaften verbessern könne. Das Verfahren nach dem jeweils nebengeordneten Anspruch 2 unterscheide sich von dem des Anspruchs 1 dadurch, dass die Filterung nicht auf die 2D-Projektionen, sondern auf das rückprojizierte 3D-Bild angewandt werde.

II.

Die in rechter Frist und Form erhobene Beschwerde ist zulässig. Sie hat insoweit Erfolg, als sie zur Erteilung des nachgesuchten Patents nach dem Hilfsantrag 1 führt.

1. Das Verfahren gemäß dem Hauptantrag ist nicht patentfähig, da es sich für den Fachmann in naheliegender Weise aus dem Stand der Technik ergibt und deshalb nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend gilt (§§ 1 Abs. 1, 4 PatG).

In der Beschreibungseinleitung werden zunächst einige bekannte Verfahren erläutert, mit denen aus einzelnen, durch Abtastung eines Objektes unter verschiedenen Projektionswinkeln erzeugten zweidimensionalen Projektionsbildern ein dreidimensionales Bild des Objekts rekonstruiert werden kann. Hierbei werden die durch Abtastung gewonnenen Bilder einer Filterung unterzogen. Als gemeinsamer Nachteil der bekannten Filtermethoden wird angeführt, dass die Bildqualität nicht optimal sei. Entsprechend wird die der Anmeldung zugrunde liegende Aufgabe darin gesehen, ein Verfahren zur Bildrekonstruktion anzugeben, bei dem die Bildqualität des Rekonstruktionsbildes manipulierbar und gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist (vgl. S. 7, Z. 29 ff. der geltenden Beschreibung).

Der Patentanspruch 1 nach dem Hauptantrag schlägt hierzu in den Schritten 1 bis 5 zunächst die Ermittlung einer 2D-Filterfunktion und in den Schritten 6 und 7 die Anwendung der ermittelten 2D-Filterfunktion auf die einzelnen Projektionsbilder zur Erzeugung eines 3D-Rekonstruktionsbildes vor. Die Anmelderin erläutert, dass es ihr bei den Schritten 1 bis 5 nicht um den Prozess des Auffindens der mathematischen Filterfunktion gehe, sondern nur um die Anwendung der ermittelten Filterfunktion bei der Rekonstruktion des 3D-Bildes.

Das Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes eines im Rahmen einer Tomosynthese abgetasteten Objekts nach dem Anspruch 1 gemäß Hauptantrag ist dem Fachmann aus dem Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a. "Three-Dimensional Image Reconstruction by Digital Tomo-Synthesis Using Inverse Filtering", veröffentlicht in IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 12, No. 2, Juni 1993, S. 307 - 313 nahegelegt. Als Fachmann für die Bearbeitung und Rekonstruktion von im Rahmen einer Tomosynthese aufgenommenen Bildern ist ein Informatiker anzusehen, der auf dem Gebiet der medizinischen Bildverarbeitung über praktische Berufserfahrung verfügt.

Dieser Fachmann entnimmt dem Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a., dass zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Bildes aus den Projektionsbildern entsprechend den Schritten 1 und 2 des Anspruchs zunächst aus der bei der tomographischen Abtastung verwendeten Aufnahmegeometrie eine (3D-) Übertragungsfunktion und dann deren Inverse H_{inv} zu berechnen ist (vgl. Abs. 2 des Abstract S. 307, Darstellung der Projektions- und Rekonstruktionsgeometrie in Figur 1 mit Abschnitt IV: Reconstruction using Inverse Filtering). Er wird aber auch darauf hingewiesen, dass, bedingt durch die Aufnahmegeometrie, der Abbildungsprozess nur zu einer unvollständigen Information (incompleteness of information, vgl. S. 308, rechte Sp. unten) führt, also nicht optimal ist. Zur Optimierung wird eine Modifikation des inversen Filters bzw. der inversen Filterfunktion vorgeschlagen (vgl. S. 310, linke Sp. unten). Diese Ausführungen veranlassen den Fachmann, bei dem beanspruchten Rekonstruktionsverfahren die durch Inversion gewonnene Übertragungsfunktion H_{inv} durch eine Optimierungsfunktion H_{opt} zu modifizieren, und die resultierende Filterfunktion H_{filter} zur (optimierten) Filterung zu benutzen, wie in den Schritten 3 und 4 angegeben.

Die Anmelderin führt hiergegen an, dass die Besonderheit des Schritts 3 in der Art und Weise der Optimierung der Filterung liege. Diesbezüglich ist Schritt 3 jedoch lediglich zu entnehmen, dass die Optimierungsfunktion H_{opt} „in Abhängigkeit von einer oder mehrerer gewünschter Eigenschaften des Rekonstruktionsbildes“ zu erstellen sei. Über diesen allgemeinen Hinweis hinaus enthält Schritt 3 keine Anweisung, welche konkreten Modifikationen an der Filterfunktion vorzunehmen sind, um gezielt eine bestimmte Bildeigenschaft zu verbessern. Die diesbezügliche Anweisung in Schritt 3 geht nicht über die allgemeine Anregung hinaus, die der Fachmann bereits dem Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a. entnimmt.

Die nachfolgenden Schritte 5 bis 7 beschreiben die Anwendung der resultierenden Filterfunktion H_{filter} auf das durch Abtastung gewonnene Bild, um daraus das (optimierte) 3D-Rekonstruktionsbild des abgetasteten Objekts zu gewinnen. Schritt 7 schlägt hierzu den Einsatz der mathematischen Operation der Rückprojektion vor.

Die Verwendung der Rückprojektion zur Gewinnung des Rekonstruktionsbildes wird jedoch bereits in dem Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a. vorgeschlagen (vgl. „backprojection“, S. 308, Abschnitt III i. V. m. Fig. 2). Dabei ist einzuräumen, dass die Rekonstruktion mit der dort verwendeten optimierten Filterfunktion im 3D-Raum erfolgt, während nach den Schritten 5 und 6 des Anspruchs 1 die Filterung und Rückprojektion im zweidimensionalen Raum stattfindet, was eine Transformation der 3D-Filterfunktion H_{filter} in den 2D-Raum erfordert, um sie - mathematisch gleichwirkend - auf die Einzelprojektionsbilder anwenden zu können. Dem Fachmann ist eine derartige Transformation, soweit man sie nicht seinen mathematischen Grundkenntnissen zurechnen will, jedenfalls durch die Ausführungen auf S. 307, re. Sp., oben nahegelegt. Dort ist eine Variante eines Rekonstruktionsverfahren (ectomography) beschrieben, bei dem die Filterung und Rückprojektion zu dem genannten Zweck im zweidimensionalen Raum (two-dimensional filtered backprojection) erfolgt.

Das Verfahren nach dem Patentanspruch 1 gemäß Hauptantrag war dem Fachmann sonach durch die Ausführungen in dem Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a. nahegelegt.

Dem Hauptantrag der Anmelderin ist daher nicht zu folgen.

2. Die Patentfähigkeit des Verfahrens nach dem Patentanspruch 1 gemäß Hilfsantrag 1 ist jedoch anzuerkennen.

Die Merkmale des Anspruchs 1 nach dieser Fassung ergeben sich aus den ursprünglichen Patentansprüchen 1, 8 und 11 bzw. den Seiten 15 bis 17 der Voranmeldung. Diese Fassung des Patentanspruchs 1 ist daher zulässig.

Das mit dieser Fassung beanspruchte Verfahren ist auch durch den im Prüfungsverfahren genannten Stand der Technik nicht nahegelegt.

Im Wesentlichen unterscheidet sich diese Fassung des Patentanspruchs 1 von der nach dem Hauptantrag durch eine Präzisierung des Schritts 3, der sich mit der Optimierung der Filterung befasst. Die Filterfunktion soll danach in Hinsicht auf konkrete Bildeigenschaften, nämlich die Ausbildung eines homogenen Schichtprofils und der Anpassung an interessierende Objektcharakteristika einschließlich der Dämpfung hochfrequenter Bildanteile, d. h. des Rauschens verbessert werden. Hierzu schlägt Schritt 3 vor, einen ersten Filteranteil H_{spektrum} so zu bemessen, dass Objektcharakteristika hervorgehoben werden und Rauschen reduziert wird und einen zweiten Filteranteil H_{profil} derart, dass das Schichtprofil homogenisiert wird.

Eine Anregung in Hinsicht auf eine solche Gestaltung des Filters findet sich weder in dem diskutierten Aufsatz von Hiroshi Matsuo u. a. noch in den weiteren im Prüfungsverfahren entgegengehaltenen Druckschriften:

Der Auszug aus dem "Lexikon der Computergrafik und Bildverarbeitung" Vieweg Verlag 1994, S. 158 diene lediglich dem Nachweis, dass die Verwendung inverser Filter bei der Bildrekonstruktion allgemein bekannt ist.

In dem Aufsatz "Practical considerations of the Wiener filtering technique on Projection data for PET" von Shao, Karp und Countryman, veröffentlicht in IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 41, No. 4, August 1994, S. 1560-1565, wird eine Modifikation des Wiener Filters vorgeschlagen, die gegenüber dem bisherigen Filterverfahren verbesserte Bildeigenschaften haben soll.

Auch der Auszug aus dem Buch von Gonzales und Woods "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, 1992, S. 279-282 befasst sich generell mit den Vorteilen der Wiener Filterung, die geringeres Rauschen gegenüber der inversen Filterung aufweisen soll.

In dem Buch von Morneburg "Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik", Publicis MCD Verlag, 3. Aufl. 1995, S. 62-67, werden zwar verschiedene Rekonstruktionsverfahren für tomographische Abbildungssysteme erläutert. Auf S. 63 unten, S. 64 wird zur Rückprojektion ausgeführt, dass durch die Wahl der Filterfunktion der Charakter des Bildes gezielt beeinflusst werden kann. Eine Modifika-

tion des Filters in der im Schritt 3 des Anspruchs 1 angegebenen Art kann jedoch nicht hergeleitet werden.

Eine Anregung in dieser Hinsicht lässt sich auch unter Berücksichtigung der von der Anmelderin in der ursprünglichen Beschreibungseinleitung genannten Druckschriften nicht erkennen. Es ist daher anzuerkennen, dass das Verfahren nach dem Patentanspruch 1 gemäß Hilfsantrag 1 auf erfinderischer Tätigkeit beruht und patentfähig ist.

Das Verfahren nach dem nebengeordneten Patentanspruch 2 unterscheidet sich von dem Verfahren nach dem Anspruch 1 dadurch, dass die in Schritt 3 erstellte resultierende Filterfunktion nicht in den zweidimensionalen Raum transformiert und auf die einzelnen Projektionsbilder angewandt wird, sondern das dreidimensionale Rekonstruktionsbild einer Filterung unterzogen wird. Der Anspruch 2 beschreibt sonach einen anderen Lösungsweg für die gestellte Aufgabe, die jedoch ebenfalls auf der besonderen Art der Optimierung der Filterfunktion beruht; die Nebenordnung dieses Anspruch ist daher zulässig.

Die Änderungen in den untergeordneten Ansprüchen und in der Beschreibung sind durch die ursprüngliche Offenbarung gedeckt bzw. stellen redaktionelle Anpassungen dar.

Bei dieser Sachlage war das Patent gemäß dem Hilfsantrag 1 zu erteilen. Deshalb erübrigen sich Ausführungen zu Hilfsantrag 2.

Dr. Fritsch

Prasch

Eder

Baumgardt

WA