(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 872 835 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.09.2021 Patentblatt 2021/35

(51) Int Cl.:
H01J 35/16 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **20160060.8**

(22) Anmeldetag: **28.02.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Siemens Healthcare GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(72) Erfinder:
- **Dietz, Volker**
  91315 Höchstadt an der Aisch (DE)
- **Freudenberger, Jörg**
  90562 Kalchreuth (DE)

(54) ROTIERBARE RÖNTGENRÖHRE

(57) Die Erfindung betrifft eine rotierbare Röntgenröhre, einen Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung, ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt.

Die erfindungsgemäße rotierbare Röntgenröhre weist

- eine Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit einer Anode für ein Generieren von Röntgenstrahlen mittels auftreffender Elektronen und
- ein Vakuumgehäuse mit einem Röntgenstrahlenaustrittfenster für ein Austreten der Röntgenstrahlen aus dem Vakuum auf, wobei auf einer Außenseite oder einer Innenseite des Vakuumgehäuses ein Rotor eines Magnetlagers drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre innerhalb eines Röntgenstrahlers,

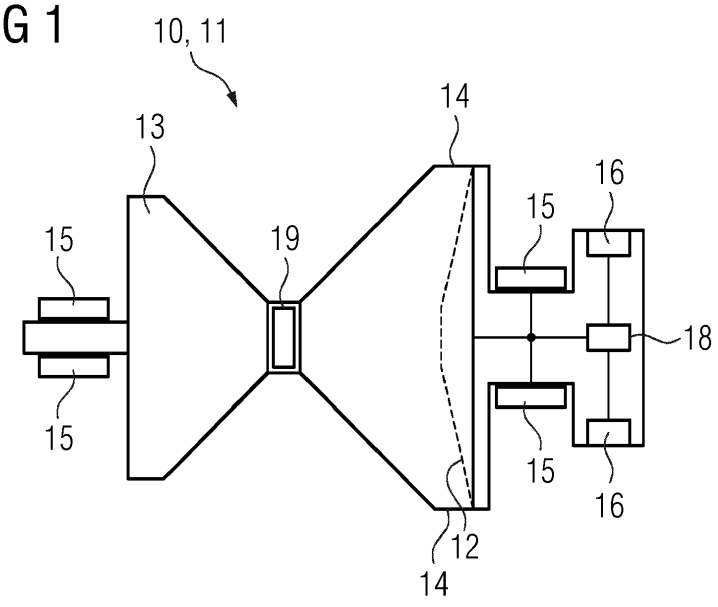
wobei auf der Außenseite oder der Innenseite des Vakuumgehäuses ein kontaktloser Leistungsempfänger drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Empfangen einer elektrischen Leistung von einem kontaktlosen Leistungsübertrager des Röntgenstrahlers,

wobei auf der Innenseite des Vakuumgehäuses die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung drehfest angeordnet ist,

wobei eine Versorgungsschaltung zwischen dem kontaktlosen Leistungsempfänger und der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung verschaltet ist und

wobei die Versorgungsschaltung die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit der elektrischen Leistung versorgt.

FIG 1



EP 3 872 835 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine rotierbare Röntgenröhre, einen Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung, ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt.

[0002] Bei einer Bildgebung in einem medizinischen Umfeld und/oder für eine Werkstoffprüfung werden üblicherweise hohe Drehzahlen benötigt, insbesondere eine hohe Drehzahl einer Anode relativ zu einem Elektronenemitter. Aufgrund der hohen Drehzahlen ist eine herkömmliche mechanisch gelagerte Röntgenröhre, insbesondere eine herkömmliche mechanisch gelagerte Anode, wartungsintensiv, da typischerweise das mechanische Lager stark belastet wird. Üblicherweise ist das mechanische Lager desto stärker belastet, je höher die Drehzahl ist. Die Belastung erfolgt üblicherweise durch eine Wärmeentwicklung aufgrund von Reibung, mangelnder Schmierung und/oder einer Fliehkraft. Das mechanische Lager kann beispielsweise ein Kugel- und/oder ein Gleitlager umfassen.

[0003] Herkömmlicherweise liegt die Drehzahl in einer Größenordnung zwischen 50 bis 200 Hz. Aufgrund größer werdender Anforderungen in der Bildgebung soll vorzugsweise eine Leistungsdichte auf der Anode steigen, beispielsweise durch einen erhöhten Elektronenstrom und/oder einen verkleinerten Brennfleck. Diese Anforderungen würden zu einer erhöhten Hubtemperatur auf der Anode führen. Allerdings ist eine maximale Hubtemperatur auf der Anode durch ein jeweiliges Anodenmaterial begrenzt. Als Hubtemperatur wird typischerweise eine Temperaturdifferenz bezeichnet, die zwischen einer maximalen Temperatur in einem Brennfleck und einer Temperatur einer ringförmigen Brennbahn herrscht, welche Temperatur die Brennbahn insbesondere unmittelbar vor Eintreffen der Elektronen im Brennfleck aufweist.

[0004] Es ist bekannt, höhere Drehzahlen durch eine Verwendung von Magnetlagern als Ersatz für die mechanische Lager zu ermöglichen.

[0005] Die EP 0 201 406 A1 beschreibt eine Röntgenröhrenvorrichtung, umfassend eine Hülle, die die Röntgenröhre enthält, wobei die Röntgenröhre eine rotierende Anode umfasst, die mechanisch mit einem Rotor gekoppelt ist, der durch einen antreibenden Stator angetrieben wird, wobei der Rotor entlang einer Längsachse angeordnet ist und seine Aufhängung durch die Magnetlager bereitgestellt wird.

[0006] Einen vergleichbaren Grundaufbau offenbaren auch die WO 2010/136 325 A2, US 6,327,340 B1, US 6,198,803 B1, US 2017/0 148 606 A1 sowie DE 3 615 148 A.

[0007] Aufgrund der starken Wärmeentwicklung sind typischerweise Anforderungen an eine Kühlung entsprechend hoch. Aus anderen technischen Gebieten, siehe DE 10 2017/208 680 A1, ist beispielsweise eine Verwendung von konvektiver Kühlung, Filmkühlung und/oder Prallkühlung bekannt.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine rotierbare Röntgenröhre, einen Röntgenstrahler, eine Röntgeneinrichtung, ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers und ein zugehöriges Computerprogrammprodukt mit einer höheren Drehzahl anzugeben.

[0009] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Die erfindungsgemäße rotierbare Röntgenröhre weist

- eine Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit einer Anode für ein Generieren von Röntgenstrahlen mittels auftreffender Elektronen und
- ein Vakuumgehäuse mit einem Röntgenstrahlenaustrittfenster für ein Austreten der Röntgenstrahlen aus dem Vakuum auf, wobei auf einer Außenseite oder einer Innenseite des Vakuumgehäuses ein Rotor eines Magnetlagers drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre innerhalb eines Röntgenstrahlers,
  wobei auf der Außenseite oder der Innenseite des Vakuumgehäuses ein kontaktloser Leistungsempfänger drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Empfangen einer elektrischen Leistung von einem kontaktlosen Leistungsübertrager des Röntgenstrahlers,
  wobei auf der Innenseite des Vakuumgehäuses die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung drehfest angeordnet ist,
  wobei eine Versorgungsschaltung zwischen dem kontaktlosen Leistungsempfänger und der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung verschaltet ist und
  wobei die Versorgungsschaltung die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit der elektrischen Leistung versorgt.

[0011] Vorteilhafterweise ermöglicht die rotierbare Röntgenröhre vergleichsweise hohe Drehzahlen, insbesondere durch den kontaktlosen Leistungsempfänger. Die Drehzahlen sind insbesondere höher als 50 Hz, vorzugsweise höher als 200 Hz, besonders vorteilhafterweise höher als 300 Hz oder 500 Hz. Ein weiterer Vorteil kann sein, dass die rotierbare Röntgenröhre einen sicheren Dauerbetrieb der Anode ermöglicht, insbesondere weil eine maximale Hubtemperatur durch die Rotation der rotierbaren Röntgenröhre eingehalten werden kann. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Röntgenröhre mit Magnetlager ist insbesondere eine Wärmeentwicklung verringert, weil die elektrische Leistung kontaktlos übertragen wird. Typischerweise ist ein Verschleiß der rotierbaren Röntgenröhre geringer, weil die elektrische Leistung kontaktlos übertragen wird. Aufgrund der drehfesten Anordnung der Komponenten der rotierbaren Röntgenröhre auf der Innenseite oder Außenseite des Vakuumgehäuses, ist insbesondere die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung frei von einer relativ zum Vakuumgehäuse drehbar gelagerten Anode. In anderen Worten fällt vorteilhafterweise ein weiteres mechanisches

Drehlager innerhalb des Vakuumgehäuses im Vergleich zu einer herkömmlichen Drehanodenröntgenröhre weg, wobei vorzugsweise eine mechanische Komplexität der rotierbaren Röntgenröhre verringert ist. Das Magnetlager und/oder der Wegfall des weiteren mechanischen Drehlagers und/oder der kontaktlose Leistungsempfänger ermöglichen insbesondere Vorteile in Bezug auf die Schmierung und/oder eine Betriebsdauer der rotierbaren Röntgenröhre, insbesondere weil keine mechanische Reibung auftritt. In einem besonders vorteilhaften Beispiel ist die rotierbare Röntgenröhre im Betrieb vollkommen kontaktlos. Aufgrund einer regulatorischen Vorschrift kann vorgesehen sein, dass die rotierbare Röntgenröhre einen galvanischen Kontakt zum Röntgenstrahler für eine Schutzerdung der rotierbaren Röntgenröhre aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann der Röntgenstrahler eine Schutzerdung aufweisen.

[0012] Die rotierbare Röntgenröhre ist insbesondere eine Röntgenröhre, welche in einem Betrieb rotiert. Typischerweise rotiert die Röntgenröhre nicht vor oder nach dem Betrieb. Die rotierbare Röntgenröhre kann insbesondere für eine Bildgebung, beispielsweise eine medizinische Bildgebung, oder für eine bildbasierte Werkstoffprüfung eingesetzt werden. Die rotierbare Röntgenröhre, insbesondere die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung und das Vakuumgehäuse, rotiert typischer komplett, beispielsweise aufgrund der drehfesten Anordnung.

[0013] Die drehfeste Anordnung ermöglicht insbesondere, dass eine Drehzahl der rotierbaren Röntgenröhre gleich ist zu einer Drehzahl der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung und/oder zu einer Drehzahl des Vakuumgehäuses und/oder zu einer Drehzahl des Rotors des Magnetlagers und/oder zu einer Drehzahl des kontaktlosen Leistungsempfängers und/oder zu einer Drehzahl der Anode. Die drehfeste Anordnung entspricht typischerweise einer mechanischen Fixierung. Die drehfeste Anordnung kann beispielsweise mittels einer Schraube, eines Bajonettverschlusses, einer Lötstelle, einer Schweißnaht und/oder eines Klebers erfolgen. Es ist denkbar, dass die rotierbare Röntgenröhre mehrere drehfeste Anordnungen aufweist, welche unterschiedlich ausgeführt sind, beispielsweise eine Kombination der Schraube, des Bajonettverschlusses, der Lötstelle, der Schweißnaht und/oder des Klebers.

[0014] Die rotierbare Röntgenröhre, insbesondere das Vakuumgehäuse, ist vorzugsweise rotationssymmetrisch. Die rotierbare Röntgenröhre kann zumindest abschnittsweise zylinderförmig und/oder kegelförmig sein. Die rotierbare Röntgenröhre kann insbesondere einen entlang einer Rotationsachse variierenden Durchmesser aufweisen.

[0015] Die rotierbare Röntgenröhre weist insbesondere den Rotor des Magnetlagers auf. Die rotierbare Röntgenröhre kann als Rotor des Magnetlagers ausgebildet sein. Das kontaktlose Lagern erfolgt typischerweise im Betrieb der rotierbaren Röntgenröhre. Während die rotierbare Röntgenröhre rotiert, schwebt die rotierbare Röntgenröhre vorzugsweise über dem Stator des Magnetlagers. Vor oder nach dem Betrieb kann die rotierbare Röntgenröhre beispielsweise in einem Fanglager des Röntgenstrahlers kontaktbehaftet aufliegen. Der Rotor des Magnetlagers ist typischerweise ringförmig am Vakuumgehäuse drehfest angeordnet. Das Magnetlager ist typischerweise ein aktives Magnetlager. Mittels des Magnetlagers ist die rotierbare Röntgenröhre typischerweise innerhalb des Röntgenstrahlers gelagert. Es ist grundsätzlich denkbar, dass die rotierbare Röntgenröhre auf einer Bodenplatte des Röntgenstrahlers mittels des Magnetlagers gelagert ist.

[0016] Die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung weist insbesondere die Anode auf. Die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung verbraucht typischerweise zumindest teilweise die elektrische Leistung, um die Röntgenstrahlung zu generieren. Vorzugsweise treffen emittierte Elektronen zumindest teilweise auf der Anode auf, wobei die Röntgenstrahlen generiert werden, typischerweise während des Betriebs der Röntgenröhre. Während die rotierbare Röntgenröhre rotiert, emittiert die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung vorzugsweise die Röntgenstrahlen. Vorzugsweise ist die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung derart ausgebildet, dass die Röntgenstrahlen trotz der Rotation im Betrieb der rotierbaren Röntgenröhre im Wesentlichen ortsfest außerhalb des Vakuumgehäuses auftreffen. In diesem Fall weist die Anode typischerweise eine ringförmige Brennbahn mit einem zeitlich und örtlich variierenden Brennfleck auf. Im Brennfleck treffen typischerweise die Elektronen auf, wobei die Röntgenstrahlen generiert werden.

[0017] Die Anode ist typischerweise rotationssymmetrisch und/oder weist Wolfram, Gold und/oder Molybdän auf. Die Anode kann grundsätzlich mit einem Kühlkörper verbunden sein. Der Kühlkörper kann beispielsweise als Teil des Vakuumgehäuses ausgebildet sein. Der Kühlkörper kann insbesondere Teil der Außenseite des Vakuumgehäuses sein. Der Kühlkörper kann beispielsweise eine Rückseite der Anode bilden, während auf einer Vorderseite der Anode die Elektronen auftreffen. Der Kühlkörper kann beispielsweise dadurch gekühlt werden, dass aufgrund der Rotation der rotierbaren Röntgenröhre ein Wärmeaustausch auf einer Oberfläche des Kühlkörpers stattfindet. Der Kühlkörper kann vorzugsweise die Anode passiv oder aktiv, beispielsweise mittels ein zirkulierendes Kühlmedium, kühlen.

[0018] Wenn der Rotor des Magnetlagers drehfest auf der Außenseite des Vakuumgehäuses angeordnet ist, ist der Rotor des Magnetlagers typischerweise außerhalb des Vakuumgehäuses drehfest angeordnet. Es ist grundsätzlich bevorzugt, wenn der Rotor und/oder der kontaktlose Leistungsempfänger auf der Außenseite des Vakuumgehäuses angeordnet ist. Wenn die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung drehfest auf der Innenseite des Vakuumgehäuses angeordnet ist, ist die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung typischerweise innerhalb des Vakuumgehäuses drehfest angeordnet. Innerhalb des Vakuumgehäuses ist typischerweise das Vakuum.

Das Vakuumgehäuse ist typischerweise evakuiert und/oder vakuumdicht. Das Vakuum ist insbesondere ein Hochvakuum. Die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung ist zumindest teilweise in dem Vakuum. Das Vakuumgehäuse weist typischerweise Glas und/oder Metall und/oder Kunststoff auf. In das Vakuumgehäuse ist typischerweise das Röntgenstrahlenaustrittfenster integriert. Das Röntgenstrahlenaustrittfenster kann insbesondere ringförmig sein. Das Vakuumgehäuse weist insbesondere das Röntgenstrahlenaustrittfenster auf. Das Metall und/oder der Kunststoff des Vakuumgehäuses ist vorzugsweise röntgendicht. Das Röntgenstrahlenstrahlenaustrittfenster ist vorteilhafterweise röntgentransparent und/oder weist das Glas auf. Das Vakuumgehäuse ist vorzugsweise hitzebeständig. Das Vakuumgehäuse kann zumindest eine elektrische Kontaktierung zwischen der Außenseite und der Innenseite aufweisen, damit die Versorgungsschaltung die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit der elektrischen Leistung versorgen kann. Das Vakuumgehäuse kann beispielsweise gemäß der DE 10 2008 032 995 A1 eine Inertisierung aufweisen.

[0019] Der kontaktlose Leistungsempfänger und der kontaktlose Leistungsübertrager bilden typischerweise gemeinsam ein kontaktloses Leistungsübertragungssystem. Der kontaktlose Leistungsempfänger empfängt insbesondere die elektrische Leistung. Die elektrische Leistung wird vorzugsweise mittels elektromagnetischer Felder übertragen. Grundsätzlich ist es denkbar, dass in Abhängigkeit eines Betriebsmodus der kontaktlose Leistungsempfänger und der kontaktlose Leistungsübertragen bi-direktional die elektrische Leistung übertragen können. Der kontaktlose Leistungsempfänger und der kontaktlose Leistungsübertrager können vorzugsweise jeweils die elektrische Leistung übertragen oder empfangen. Gemäß einer Ausführungsform ist der kontaktlose Leistungsempfänger ein induktiver oder kapazitiver Leistungsempfänger. In diesem Fall ist das kontaktlose Leistungsübertragungssystem typischerweise ein induktives kontaktloses Leistungsübertragungssystem oder ein kapazitives kontaktloses Leistungsübertragungssystem. Der kontaktlose Leistungsempfänger und/oder der kontaktlose Leistungsübertrager können insbesondere ringförmig um die Rotationsachse der rotierbaren Röntgenröhre angeordnet sein. Grundsätzlich ist es denkbar, dass der kontaktlose Leistungsempfänger und/oder der kontaktlose Leistungsübertrager an einer Stirnseite des Vakuumgehäuses drehfest angeordnet sind.

[0020] Eine Ausführungsform sieht vor, dass ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung eine auf einer Rotationsachse der Röntgenröhre zentral angeordnete Emissionsfläche aufweist. Alternativ oder zusätzlich weist der Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung eine ringförmig um die Rotationsachse der Röntgenröhre herum angeordnete Emissionsfläche aufweist. Der Elektronenemitter kann insbesondere ein thermionischer Emitter, beispielsweise gemäß der DE 10 2010 020 151 A1, und/oder ein Feldeffektemitter, welcher Kohlenstoff und/oder Silizium aufweist, sein.

[0021] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Versorgungsschaltung zumindest einen der folgenden elektrischen Verbraucher der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung mit der elektrischen Leistung versorgt:

- eine Elektronenemitterheizvorrichtung für ein Heizen eines Elektronenemitters,
- den Elektronenemitter für ein Emittieren von Elektronen,
- ein Elektronensperrgitter für ein Sperren der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenablenkvorrichtung für ein Ablenken der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenbeschleunigungsvorrichtung für ein Beschleunigen der emittierten Elektronen zwischen dem Elektronenemitter und der Anode.

[0022] Die Elektronenemitterheizvorrichtung ist typischerweise dem Elektronenemitter vorgeschaltet und ermöglicht insbesondere ein derartiges Aufheizen des Elektronenemitters, dass die Elektronen emittiert werden. Das Aufheizen des Elektronenemitters kann durch ein Beschießen des Elektronenemitters mittels von der Elektronenemitterheizvorrichtung emittierten Elektronen erfolgen.

[0023] Der Elektronenemitter kann mittels der elektrischen Leistung beispielsweise thermionisch die Elektronen emittieren. Alternativ kann mittels der elektrischen Leistung eine Gatespannung des Elektronenemitters aufgebaut werden, insbesondere wenn der Elektronenemitter der Feldeffektemitter ist.

[0024] Die elektrische Leistung kann vorzugsweise dazu verwendet werden, das Elektronensperrgitter zwischen dem Elektronenemitter und der Anode derart anzuschalten, dass die Elektronen am Elektronensperrgitter abgeführt werden und zumindest teilweise nicht auf die Anode auftreffen.

[0025] Die Elektronenablenkvorrichtung kann eine induktive oder kapazitive Elektronenablenkvorrichtung sein, welche für das Ablenken der emittierten Elektronen die elektrische Leistung verbraucht. Das Ablenken der emittierten Elektronen kann ein Fokussieren umfassen.

[0026] Die Elektronenbeschleunigungsvorrichtung legt mittels der elektrischen Leistung vorzugsweise eine Beschleunigungsspannung zwischen dem Elektronenemitter und der Anode an, wodurch die Elektronen zur Anode hin beschleunigt werden. Die Beschleunigungsspannung ist typischerweise kleiner 200 kV und/oder größer 10 kV, vorzugsweise zwischen 50 und 140 kV.

[0027] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Versorgungsschaltung den Rotor des Magnetlagers mit der elektrischen Leistung versorgt. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, weil der Rotor des Magnetlagers ebenfalls kontaktlos mit der elektrischen Leistung versorgt ist.

[0028] Je nach dem welche und wie viele elektrische Verbraucher die Versorgungsschaltung mit der elektri-

schen Leistung versorgt, kann die Versorgungsschaltung eine Parallel- oder Reihenschaltung aufweisen. Das Versorgen mit der elektrischen Leistung kann ein Weiterleiten der elektrischen Leistung umfassen. Die Versorgungsschaltung verbindet in einem einfachsten Beispiel den kontaktlosen Leistungsempfänger mit der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung vorzugsweise niederohmig. Die Versorgungsschaltung ist insbesondere eine elektrische Zwischenschaltung. Es ist denkbar, dass die Versorgungsschaltung einen Trennschalter für ein elektrisches Trennen des kontaktlosen Leistungsempfängers von der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung aufweist. Die Versorgungsschaltung kann insbesondere eine Sicherung aufweisen. Die Versorgungsschaltung kann als Masseverbindung elektrisch mit dem Vakuumgehäuse verbunden sein.

[0029] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Versorgungsschaltung einen Gleichrichter aufweist. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, wenn der elektrische Verbraucher Gleichstrom erfordert und die elektrische Leistung am kontaktlosen Leistungsempfänger mit Wechselstrom anliegt. Der Gleichrichter kann insbesondere ein Vollbrücken- oder Halbbrücken-Gleichrichter sein.

[0030] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Versorgungsschaltung einen Transformator aufweist. Der Transformator kann insbesondere als Hochspannungsgenerator ausgebildet sein. Der Hochspannungsgenerator kann beispielsweise die Beschleunigungsspannung bereitstellen. Alternativ oder zusätzlich kann die Versorgungsschaltung einen weiteren Transformator aufweisen, welcher beispielsweise als Isolationstransformator zur elektrischen Isolation der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung ausgebildet ist.

[0031] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die rotierbare Röntgenröhre ferner einen kontaktlosen Steuersignalempfänger für ein Steuern der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung aufweist, wobei der kontaktlose Steuersignalempfänger mit dem Vakuumgehäuse drehfest verbunden ist. Der kontaktlose Steuersignalempfänger kann insbesondere auf einer Innenseite oder Außenseite des Vakuumgehäuses drehfest angeordnet sein. Typischerweise weist der Röntgenstrahler einen kontaktlosen Steuersignalsender auf, um Steuersignale für das Steuern der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung kontaktlos übertragen zu können. Der kontaktlose Steuersignalempfänger und der kontaktlose Steuersignalsender bilden typischerweise ein kontaktloses Steuersignalübertragungssystem. Das kontaktlose Steuersignalübertragungssystem ist typischerweise gemäß einem kontaktlosen, insbesondere Bluetooth-, Wireless-LAN- und/oder Mobilfunkstandard für das Übertragen der Steuersignale ausgebildet.

[0032] Ein erfindungsgemäßer Röntgenstrahler weist

- die rotierbare Röntgenröhre,
- den Stator des Magnetlagers für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre innerhalb des Röntgenstrahlers und
- den kontaktlosen Leistungsübertrager für ein kontaktloses Übertragen einer elektrischen Leistung an den kontaktlosen Leistungsempfänger der rotierbaren Röntgenröhre auf.

[0033] Der Stator des Magnetlagers kann vorzugsweise den Rotor des Magnetlagers tragen, beispielsweise antreiben, insbesondere in Rotation versetzen. Der Röntgenstrahler kann alternativ oder zusätzlich einen kontaktlosen Elektromotor für das Antreiben des Rotors umfassen. Der Stator des Magnetlagers ermöglicht insbesondere das Schweben des Rotors relativ zum Stator. Die rotierbare Röntgenröhre rotiert typischerweise relativ zum Stator. Typischerweise ist der Stator und/oder der kontaktlose Leistungsübertrager ortsfest.

[0034] Der Röntgenstrahler kann ferner ein Kühlmedium außerhalb der rotierbaren Röntgenröhre zur Kühlung der Röntgenröhre aufweisen. Das Kühlmedium kann ein Gas und/oder eine Flüssigkeit aufweisen. Mittels des Kühlmediums kann die rotierbare Röntgenröhre und/oder der Röntgenstrahler vorzugsweise gemäß einer Konvektionskühlung oder einer Prallkühlung gekühlt sein. Das Vakuumgehäuse kann eine Kühlrippe, ein Kühlblech und/oder eine Kühlfinne aufweisen, welche vorzugsweise mit dem Kühlkörper der Anode in Kontakt stehen. Das Vakuumgehäuse kann insbesondere ein Metall mit hoher Wärmespeicherfähigkeit und/oder ein Phase-Umwandlungs-Speicher, insbesondere als Wärmeenergiezwischenspeicher, umfassen.

[0035] Eine erfindungsgemäße Röntgeneinrichtung weist einen Röntgenstrahler und einen Röntgendetektor auf. Der Röntgendetektor erfasst typischerweise mittels der Röntgenstrahlen generierte Schwächungsprofile. Mittels der Schwächungsprofile kann eine Rekonstruktionseinheit beispielsweise ein, insbesondere medizinisches, Bild bereitstellen. Die Röntgeneinrichtung kann beispielsweise eine konventionelle Röntgeneinrichtung, eine C-Bogen-Röntgeneinrichtung und/oder eine Computertomographie-Röntgeneinrichtung sein.

[0036] Eine Ausführungsform des Röntgenstrahlers sieht vor, dass der Röntgenstrahler ferner eine Regelungsvorrichtung für ein derartiges Regeln des Magnetlagers und des kontaktlosen Leistungsübertragers aufweist, dass das Magnetlager, insbesondere der Rotor und/oder der Stator, und der kontaktlose Leistungsübertrager aufeinander abgestimmt sind. Das Abstimmen umfasst insbesondere ein Regeln des Magnetlagers und des kontaktlosen Leistungsübertragers derart, dass ein Betriebsparameter des Magnetlagers und ein Betriebsparameter des kontaktlosen Leistungsübertragers voneinander abhängen. Die Regelungsvorrichtung kann insbesondere Teil der Recheneinheit sein. Diese Ausführungsform ist insbesondere vorteilhaft, weil die elektromagnetischen Felder des Magnetlagers und/oder die elektromagnetischen Felder des kontaktlosen Leistungsübertragers typischerweise wechselwirken. Die Wechselwirkung kann zu einer Destabilisierung der ro-

tierbaren Röntgenröhre im Betrieb führen. Die Wechselwirkung kann ein Verstärken und/oder Auslöschen der jeweiligen elektromagnetischen Felder umfassen. Die Regelungsvorrichtung gleicht vorteilhafterweise die Wechselwirkung durch das Abstimmen aus. In anderen Worten kompensiert die Regelungsvorrichtung vorzugsweise das Wechselwirken der elektromagnetischen Felder. Vorzugsweise kann der Röntgenstrahler dadurch besonders stabil betrieben werden.

[0037] Die Regelungsvorrichtung ermöglicht insbesondere ein Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens für ein Regeln eines Röntgenstrahlers mit den folgenden Schritten:

- Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des Magnetlagers in der Regelungsvorrichtung des Röntgenstrahlers,
- Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers in der Regelungsvorrichtung,
- Einstellen eines Soll-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und/oder eines Soll-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertrages mittels der Regelungsvorrichtung in Abhängigkeit des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers, wodurch der Röntgenstrahler geregelt, insbesondere aufeinander abgestimmt, wird.

[0038] Der Ist-Wert kann insbesondere ein vorher eingestellter Soll-Wert oder ein im Betrieb gemessener Ist-Wert sein. Der Betriebsparameter kann beispielsweise ein Strom, eine Spannung, eine Drehzahl und/oder ein Betrag der elektrischen Leistung sein. Der Betriebsparameter beeinflusst typischerweise das jeweilige elektromagnetische Feld.

[0039] Das Empfangen des Ist-Werts kann ein Auslesen eines anliegenden Ist-Werts und/oder ein Messen des Ist-Werts umfassen. Der Ist-Wert kann vorzugsweise aus einer Speichereinheit abgerufen werden.

[0040] Das Einstellen des Soll-Werts kann ein Übertragen des Soll-Werts an das Magnetlager und/oder den kontaktlosen Leistungsübertrager umfassen. Grundsätzlich ist denkbar, dass der Soll-Wert alternativ oder zusätzlich an den kontaktlosen Leistungsempfänger, beispielsweise mittels der Steuersignale, übertragen wird. Das Einstellen kann ein Ermitteln des Soll-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und/oder des Soll-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertrages umfassen. Das Ermitteln kann mittels eines Algorithmus erfolgen, in welchem der empfangene Ist-Wert des Betriebsparameters des Magnetlagers und der empfangene Ist-Wert des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers eingeht. Der Algorithmus kann gemäß einem Modell der elektromagnetischen Felder angepasst sein.

[0041] Ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt, welches direkt in einen Speicher einer Recheneinheit ladbar ist, weist Programmcodemittel auf, um ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers auszuführen, wenn das Computerprogrammprodukt in der Recheneinheit ausgeführt wird.

[0042] Das Computerprogrammprodukt kann ein Computerprogramm sein oder ein Computerprogramm umfassen. Das Computerprogrammprodukt weist insbesondere die Programmcodemittel auf, welche die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte abbilden. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren definiert und wiederholbar ausgeführt sowie eine Kontrolle über eine Weitergabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgeübt werden. Das Computerprogrammprodukt ist vorzugsweise derart konfiguriert, dass die Recheneinheit mittels des Computerprogrammprodukts die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte ausführen kann. Die Programmcodemittel können insbesondere in einen Speicher der Recheneinheit geladen und typischerweise mittels eines Prozessors der Recheneinheit mit Zugriff auf den Speicher ausgeführt werden. Wenn das Computerprogrammprodukt, insbesondere die Programmcodemittel, in der Recheneinheit ausgeführt wird, können typischerweise alle erfindungsgemäßen Ausführungsformen des beschriebenen Verfahrens durchgeführt werden. Das Computerprogrammprodukt ist beispielsweise auf einem physischen, computerlesbaren Medium gespeichert und/oder digital als Datenpaket in einem Computernetzwerk hinterlegt. Das Computerprogrammprodukt kann das physische, computerlesbare Medium und/oder das Datenpaket in dem Computernetzwerk darstellen. So kann die Erfindung auch von dem physischen, computerlesbaren Medium und/oder dem Datenpaket in dem Computernetzwerk ausgehen. Das physische, computerlesbare Medium ist üblicherweise unmittelbar mit der Recheneinheit verbindbar, beispielsweise indem das physische, computerlesbare Medium in ein DVD-Laufwerk eingelegt oder in einen USB-Port gesteckt wird, wodurch die Recheneinheit auf das physische, computerlesbare Medium insbesondere lesend zugreifen kann. Das Datenpaket kann vorzugsweise aus dem Computernetzwerk abgerufen werden. Das Computernetzwerk kann die Recheneinheit aufweisen oder mittels einer Wide-Area-Network- (WAN) bzw. einer (Wireless-)Local-Area-Network-Verbindung (WLAN oder LAN) mit der Recheneinheit mittelbar verbunden sein. Beispielsweise kann das Computerprogrammprodukt digital auf einem Cloud-Server an einem Speicherort des Computernetzwerks hinterlegt sein, mittels des WAN über das Internet und/oder mittels des WLAN bzw. LAN auf die Recheneinheit insbesondere durch das Aufrufen eines Downloadlinks, welcher zu dem Speicherort des Computerprogrammprodukts verweist, übertragen werden.

[0043] Bei der Beschreibung der Vorrichtung erwähnte Merkmale, Vorteile oder alternative Ausführungsformen sind ebenso auf das Verfahren zu übertragen und umgekehrt. Mit anderen Worten können Ansprüche auf das

Verfahren mit Merkmalen der Vorrichtung weitergebildet sein und umgekehrt. Insbesondere kann die erfindungsgemäße Vorrichtung in dem Verfahren verwendet werden.

[0044] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Grundsätzlich werden in der folgenden Figurenbeschreibung im Wesentlichen gleich bleibende Strukturen und Einheiten mit demselben Bezugszeichen wie beim erstmaligen Auftreten der jeweiligen Struktur oder Einheit benannt.

[0045] Es zeigen:

Fig. 1 eine rotierbare Röntgenröhre 10,

Fig. 2 eine rotierbare Röntgenröhre 10 in einem Blockschaltbild,

Fig. 3 eine alternative Ausgestaltung der rotierbaren Röntgenröhre 10,

Fig. 4 einen Röntgenstrahler 20,

Fig. 5 eine Röntgeneinrichtung 30 und

Fig. 6 ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers 20.

[0046] **Fig. 1** zeigt eine rotierbare Röntgenröhre 10 in einem Querschnitt entlang einer Rotationsachse. Die rotierbare Röntgenröhre 10 weist eine Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 und ein Vakuumgehäuse 13 auf. Die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 weist eine Anode 12 für ein Generieren von Röntgenstrahlen mittels auftreffender Elektronen auf. Das Vakuumgehäuse 13 weist ein Röntgenstrahlenaustrittfenster 14 für ein Austreten der Röntgenstrahlen aus dem Vakuum auf. Das Röntgenstrahlenaustrittfenster 14 ist in diesem Ausführungsbeispiel ringförmig.

[0047] Auf einer Außenseite des Vakuumgehäuses 13 ist ein Rotor 15 eines Magnetlagers drehfest angeordnet für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre 10 innerhalb eines Röntgenstrahlers 20. Alternativ kann der Rotor 15 auf einer Innenseite des Vakuumgehäuses 13 drehfest angeordnet sein. Der Rotor 15 ist in diesem Ausführungsbeispiel ringförmig. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Rotor 15 auf das Vakuumgehäuse 13 aufgesetzt. Alternativ kann das Vakuumgehäuse eine Nut für die Aufnahme des Rotors 15 aufweisen.

[0048] Auf der Außenseite des Vakuumgehäuses 13 ist ein kontaktloser Leistungsempfänger 16 drehfest angeordnet für ein kontaktloses Empfangen einer elektrischen Leistung von einem nicht in Fig. 1 gezeigten kontaktlosen Leistungsübertrager 17 des Röntgenstrahlers 20. Alternativ kann der kontaktlose Leistungsempfänger 16 auf einer Innenseite des Vakuumgehäuses 13 drehfest angeordnet sein. Der kontaktlose Leistungsempfänger 16 ist in diesem Ausführungsbeispiel ringförmig. Der kontaktlose Leistungsempfänger 16 ist typischerweise ein induktiver oder kapazitiver Leistungsempfänger. In diesem Ausführungsbeispiel ist der kontaktlose Leistungsempfänger 16 in einer weiteren Nut des Vakuumgehäuses 13 eingesetzt. Alternativ kann der kontaktlose Leistungsempfänger 16 auf das Vakuumgehäuse 13 aufgesetzt sein.

[0049] Auf der Innenseite des Vakuumgehäuses 13 ist die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 drehfest angeordnet. In diesem Ausführungsbeispiel weist ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 eine auf der Rotationsachse der Röntgenröhre 10 zentral angeordnete Emissionsfläche 19 auf. Das Vakuum des Vakuumgehäuses 13 befindet sich insbesondere zwischen der Emissionsfläche 19 der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 und der Anode 12.

[0050] Eine Versorgungsschaltung 18 ist zwischen dem kontaktlosen Leistungsempfänger 16 und der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 sowie dem Rotor 15 zur Versorgung mit der elektrischen Leistung verschaltet. Die Versorgungsschaltung 18 versorgt die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 mit der elektrischen Leistung. Fig. 1 zeigt, dass die Versorgungsschaltung 18 die Anode 12 rückseitig kontaktiert. Nicht gezeigt in Fig. 1 ist eine mögliche elektrische Verbindung zwischen der Versorgungsschaltung 18 und der Emissionsfläche 19.

[0051] Die rotierbare Röntgenröhre 10 kann einen nicht in Fig. 1 gezeigten kontaktlosen Steuersignalempfänger für ein Steuern der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 aufweisen, wobei der kontaktlose Steuersignalempfänger mit dem Vakuumgehäuse 13 drehfest verbunden ist.

[0052] **Fig. 2** zeigt die rotierbare Röntgenröhre 10 in einem Blockschaltbild. Die Versorgungsschaltung 18 ist zwischen dem kontaktlosen Leistungsempfänger 16 und der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 verschaltet. Die Versorgungsschaltung 18 führt die elektrische Leistung von dem kontaktlosen Leistungsempfänger 16 zur Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11. Der kontaktlose Leistungsempfänger 16, die Versorgungsschaltung 18 und die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 bilden vorzugsweise einen geschlossenen Stromkreis.

[0053] Die Versorgungsschaltung 18 versorgt vorzugsweise zumindest einen der folgenden elektrischen Verbraucher der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 mit der elektrischen Leistung:

- eine Elektronenemitterheizvorrichtung für ein Heizen eines Elektronenemitters,
- den Elektronenemitter für ein Emittieren von Elektronen,
- ein Elektronensperrgitter für ein Sperren der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenablenkvorrichtung für ein Ablenken der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenbeschleunigungsvorrichtung für ein

Beschleunigen der emittierten Elektronen zwischen dem Elektronenemitter und der Anode 12.

[0054] Die Versorgungsschaltung 18 kann einen Gleichrichter und/oder einen Transformator aufweisen.

[0055] Alternativ oder zusätzlich kann die Versorgungsschaltung 18 den nicht in Fig. 2 gezeigten Rotor 15 des Magnetlagers mit der elektrischen Leistung versorgen.

[0056] **Fig. 3** zeigt eine zu Fig. 1 alternative Ausgestaltung der Röntgenröhre 10. In diesem Ausführungsbeispiel weist ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 eine ringförmig um eine Rotationsachse der Röntgenröhre 10 herum angeordnete Emissionsfläche 19 aufweist, anstatt der in Fig. 1 gezeigten Ausführung, wobei ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung 11 eine auf der Rotationsachse der Röntgenröhre 10 zentral angeordnete Emissionsfläche 19 aufweist.

[0057] **Fig. 4** zeigt einen Röntgenstrahler 20 in einem Querschnitt entlang der Rotationsachse mit der rotierbaren Röntgenröhre von Fig. 1.

[0058] Der Röntgenstrahler 20 weist die rotierbare Röntgenröhre 10, einen Stator 21 eines Magnetlagers für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre 10 innerhalb des Röntgenstrahlers 20 und einen kontaktlosen Leistungsübertrager 17 für ein kontaktloses Übertragen einer elektrischen Leistung an den kontaktlosen Leistungsempfänger 16 der rotierbaren Röntgenröhre 10.

[0059] In diesem Ausführungsbeispiel weist der Röntgenstrahler 20 eine Regelungsvorrichtung 22 für ein derartiges Regeln des Magnetlagers und des kontaktlosen Leistungsübertragers 17 auf, dass das Magnetlager und der kontaktlose Leistungsübertrager 17 aufeinander abgestimmt sind. Dazu sind das Magnetlager und der kontaktlose Leistungsübertrager 17 mit der Regelungsvorrichtung verbunden. In Fig. 4 ist ein Röntgenstrahlenaustrittfenster des Röntgenstrahlers 20 in Abhängigkeit vom Röntgenstrahlenaustrittfenster 14 angeordnet, aber nicht gezeigt.

[0060] **Fig. 5** zeigt eine Röntgeneinrichtung 30. Die Röntgeneinrichtung 30 weist einen Röntgenstrahler 20 und einen Röntgendetektor 31 auf. Zwischen dem Röntgenstrahler 20 und dem Röntgendetektor 31 ist ein Patient P auf einer Patientenliege 32 für ein Durchleuchten des Patienten P mit den Röntgenstrahlen gelagert.

[0061] **Fig. 6** zeigt ein Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers 20 in einem Flussdiagramm.

[0062] Verfahrensschritt S100 kennzeichnet ein Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des Magnetlagers in einer Regelungsvorrichtung 22 eines Röntgenstrahlers 20.

[0063] Verfahrensschritt S101 kennzeichnet ein Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers 17 in der Regelungsvorrichtung 22.

[0064] Verfahrensschritt S102 kennzeichnet ein Einstellen eines Soll-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und/oder eines Soll-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertrages 17 mittels der Regelungsvorrichtung 22 in Abhängigkeit des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers 17, wodurch der Röntgenstrahler 20 geregelt wird.

[0065] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung dennoch nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Rotierbare Röntgenröhre (10), aufweisend

   - eine Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) mit einer Anode (12) für ein Generieren von Röntgenstrahlen mittels auftreffender Elektronen und
   - ein Vakuumgehäuse (13) mit einem Röntgenstrahlenaustrittfenster (14) für ein Austreten der Röntgenstrahlen aus dem Vakuum,

   wobei auf einer Außenseite oder einer Innenseite des Vakuumgehäuses (13) ein Rotor (15) eines Magnetlagers drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre (10) innerhalb eines Röntgenstrahlers (20), wobei auf der Außenseite oder der Innenseite des Vakuumgehäuses (13) ein kontaktloser Leistungsempfänger (16) drehfest angeordnet ist für ein kontaktloses Empfangen einer elektrischen Leistung von einem kontaktlosen Leistungsübertrager (17) des Röntgenstrahlers (20),

   wobei auf der Innenseite des Vakuumgehäuses (13) die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) drehfest angeordnet ist, wobei eine Versorgungsschaltung (18) zwischen dem kontaktlosen Leistungsempfänger (16) und der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) verschaltet ist und

   wobei die Versorgungsschaltung (18) die Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) mit der elektrischen Leistung versorgt.

2. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach Anspruch 1, wobei die Versorgungsschaltung (18) zumindest einen der folgenden elektrischen Verbraucher der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) mit der elektrischen Leistung versorgt:

   - eine Elektronenemitterheizvorrichtung für ein

Heizen eines Elektronenemitters,
- den Elektronenemitter für ein Emittieren von Elektronen,
- ein Elektronensperrgitter für ein Sperren der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenablenkvorrichtung für ein Ablenken der emittierten Elektronen,
- eine Elektronenbeschleunigungsvorrichtung für ein Beschleunigen der emittierten Elektronen zwischen dem Elektronenemitter und der Anode (12).

3. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Versorgungsschaltung (18) den Rotor (15) des Magnetlagers mit der elektrischen Leistung versorgt.

4. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Versorgungsschaltung (18) einen Gleichrichter aufweist.

5. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Versorgungsschaltung (18) einen Transformator aufweist.

6. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Röntgenstrahlenaustrittfenster (14) ringförmig ist.

7. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend

- einen kontaktlosen Steuersignalempfänger für ein Steuern der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11), wobei der kontaktlose Steuersignalempfänger mit dem Vakuumgehäuse (13) drehfest verbunden ist.

8. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der kontaktlose Leistungsempfänger ein induktiver oder kapazitiver Leistungsempfänger ist.

9. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) eine auf einer Rotationsachse der Röntgenröhre (10) zentral angeordnete Emissionsfläche (19) aufweist.

10. Rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Elektronenemitter der Röntgenstrahlenemissionsvorrichtung (11) eine ringförmig um eine Rotationsachse der Röntgenröhre (10) herum angeordnete Emissionsfläche (19) aufweist.

11. Röntgenstrahler (20), aufweisend

- eine rotierbare Röntgenröhre (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- einen Stator (21) eines Magnetlagers für ein kontaktloses Lagern der rotierbaren Röntgenröhre (10) innerhalb des Röntgenstrahlers (20) und
- einen kontaktlosen Leistungsübertrager (17) für ein kontaktloses Übertragen einer elektrischen Leistung an den kontaktlosen Leistungsempfänger (16) der rotierbaren Röntgenröhre (10).

12. Röntgenstrahler (20) nach Anspruch 11, ferner aufweisend

- eine Regelungsvorrichtung (22) für ein derartiges Regeln des Magnetlagers und des kontaktlosen Leistungsübertragers (17), dass das Magnetlager und der kontaktlose Leistungsübertrager (17) aufeinander abgestimmt sind.

13. Röntgeneinrichtung (30), aufweisend

- einen Röntgenstrahler (20) nach einem der Ansprüche 11 bis 12 und
- einen Röntgendetektor (31).

14. Verfahren für ein Regeln eines Röntgenstrahlers (20), umfassend folgende Schritte:

- Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des Magnetlagers in einer Regelungsvorrichtung (22) eines Röntgenstrahlers (20) nach Anspruch 12,
- Empfangen eines Ist-Werts eines Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers (17) in der Regelungsvorrichtung (22),
- Einstellen eines Soll-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und/oder eines Soll-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertrages (17) mittels der Regelungsvorrichtung (22) in Abhängigkeit des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des Magnetlagers und des empfangenen Ist-Werts des Betriebsparameters des kontaktlosen Leistungsübertragers (17), wodurch der Röntgenstrahler (20) geregelt wird.

15. Computerprogrammprodukt, welches direkt in einen Speicher einer Recheneinheit ladbar ist, mit Programmcodemitteln, um ein Verfahren nach Anspruch 14 auszuführen, wenn das Computerprogrammprodukt in der Recheneinheit ausgeführt wird.

FIG 1

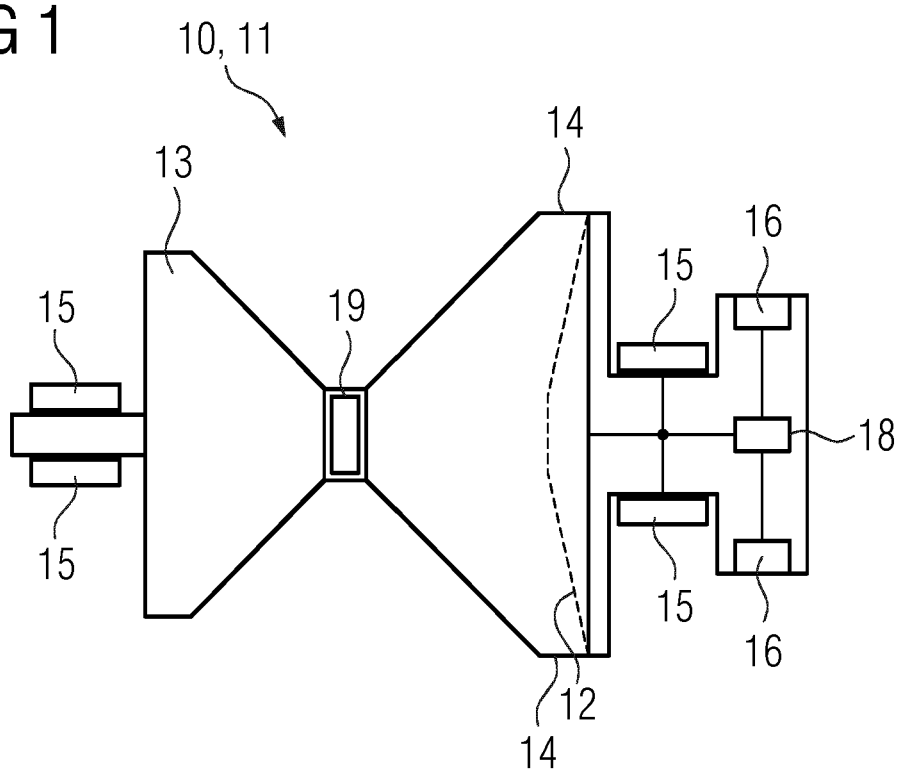


FIG 2

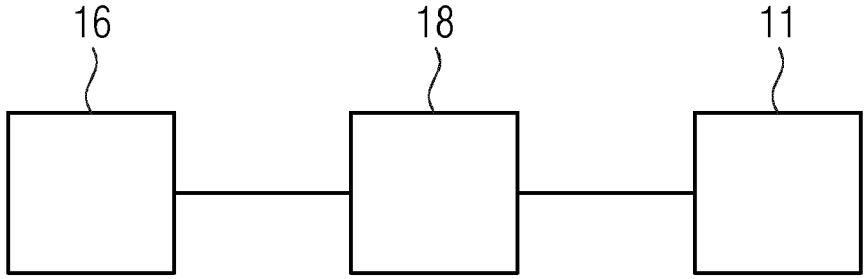


FIG 3

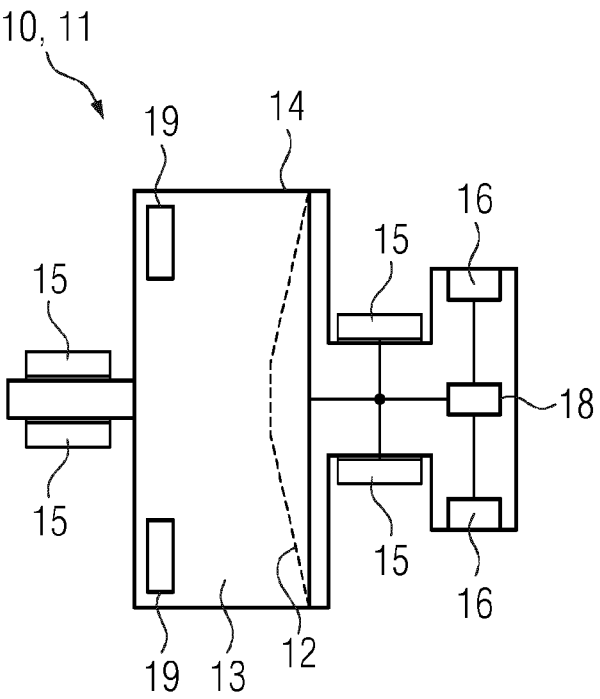

10, 11
19
14
16
15
15
18
15
15
16
19
13
12

FIG 4

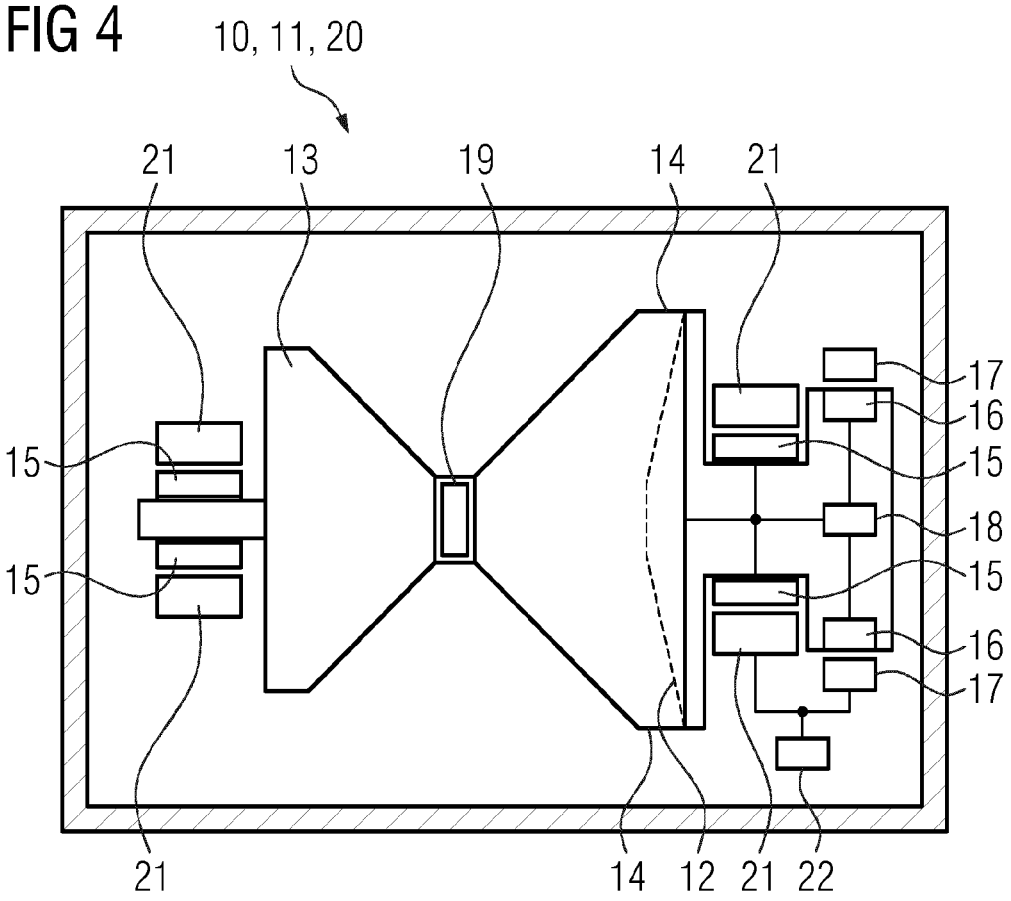

10, 11, 20
21
13
19
14
21
17
16
15
15
18
15
15
16
17
21
14
12
21
22

FIG 5

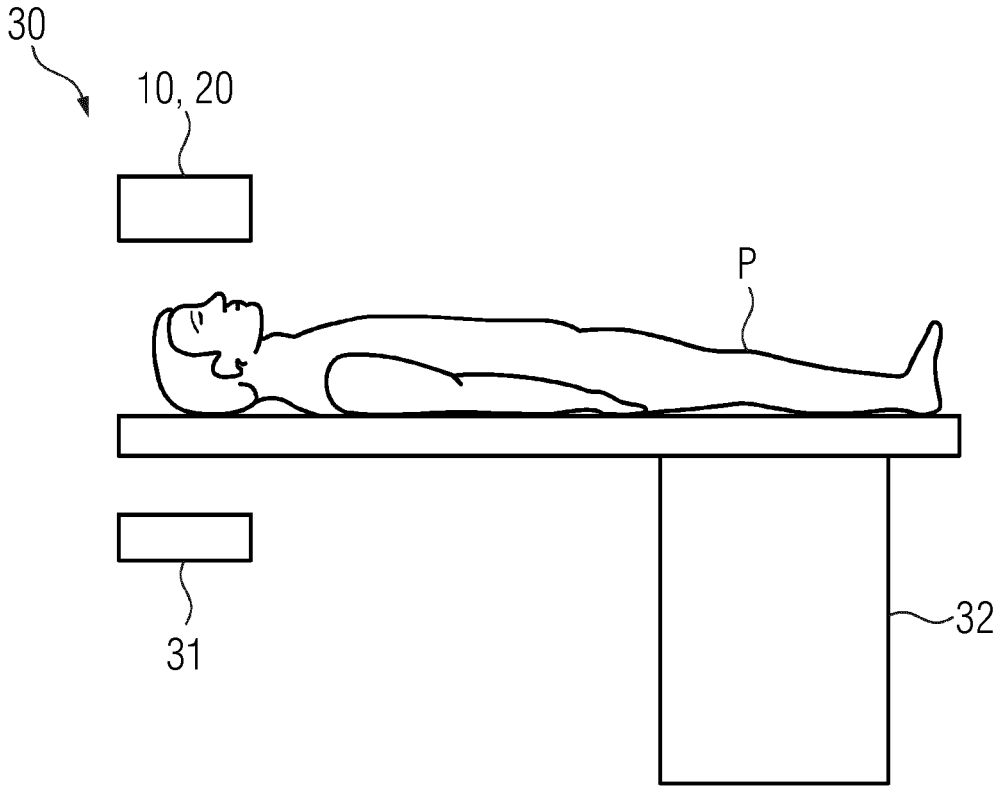
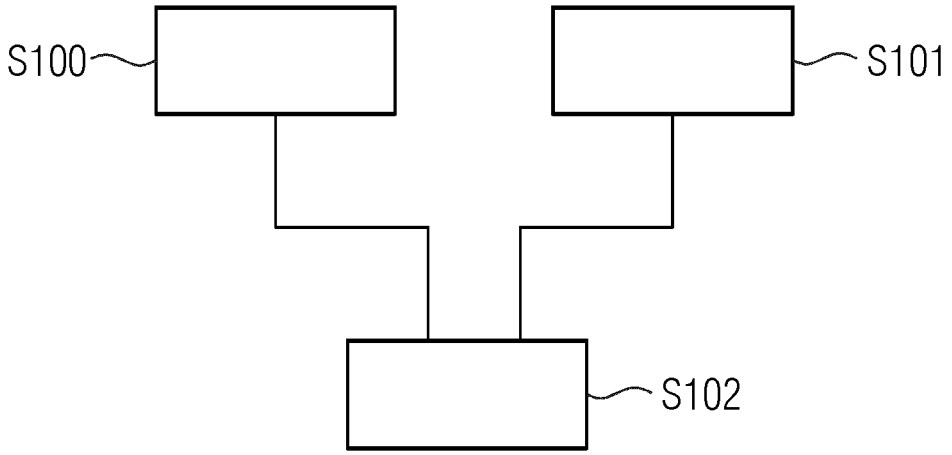


FIG 6



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 16 0060

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 696 18 283 T2 (VARIAN MED SYS INC [US]) 29. August 2002 (2002-08-29)	1,2,4-10	INV. H01J35/16
A	* siehe Abb. 1 und deren Beschreibung; *	11-15	
A	DE 692 21 280 T2 (PICKER INT INC [US]) 4. Dezember 1997 (1997-12-04) * Abbildungen 1,2 *	1	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

H01J

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	7. August 2020	Angloher, Godehard

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 20 16 0060

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-08-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 69618283 T2	29-08-2002	CA 2178246 A1	07-12-1996
		DE 69618283 T2	29-08-2002
		EP 0747926 A1	11-12-1996
		JP H09115469 A	02-05-1997
		US 5550890 A	27-08-1996
DE 69221280 T2	04-12-1997	DE 69221280 T2	04-12-1997
		EP 0550981 A1	14-07-1993
		JP 3517664 B2	12-04-2004
		JP H0684488 A	25-03-1994
		US 5200985 A	06-04-1993

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0201406 A1 **[0005]**
- WO 2010136325 A2 **[0006]**
- US 6327340 B1 **[0006]**
- US 6198803 B1 **[0006]**
- US 20170148606 A1 **[0006]**
- DE 3615148 A **[0006]**
- DE 102017208680 A1 **[0007]**
- DE 102008032995 A1 **[0018]**
- DE 102010020151 A1 **[0020]**