



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

②① Gesuchsnummer: 6113/81

②② Anmeldungsdatum: 22.09.1981

③⑦ Priorität(en): 29.09.1980 US 191789

②④ Patent erteilt: 15.05.1987

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.05.1987

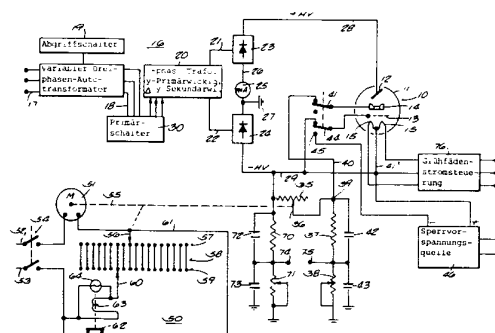
⑦③ Inhaber:
General Electric Company, Schenectady/NY
(US)

⑦② Erfinder:
Stehman, Harold Edmund, Hales Corners/WI
(US)
Daniels, Herbert Edward, Brown Deer/WI (US)

⑦④ Vertreter:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑤④ **Anordnung zum Erzeugen einer veränderbaren Vorspannung für eine Röntgenröhre.**

⑤⑦ Die Röntgenröhre (10) mit einstellbarem Fokus hat eine Kathode (15, 15'), die mit der negativen Seite (24) einer Gleichspannungs-Stromversorgung (28, 29) verbunden ist, die um die Hälfte der an die Röhre (10) angelegten Gesamtspannung unterhalb von Massepotential liegt. Die Anode (12) ist mit der positiven Seite (23) der Gleichspannungs-Stromversorgung (28, 29) verbunden, die um die Hälfte der angelegten Spannung oberhalb von Massepotential liegt. Ein Spannungsteiler (35, 37, 38) ist zwischen Kathode (15, 15') und Masse geschaltet, und eine Zwischenstelle (39) am Teiler, die eine Fokussierungselektrode (14) in der Röntgenröhre (10) verbunden. Da die Vorspannung von der Spannung zwischen der Kathode (15) und Masse abgeleitet wird, folgt sie stets der Kathodenspannung oder bleibt proportional zu ihr, so dass die Wirkung von Änderungen in der letzteren auf die Fokussierung unwirksam gemacht wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung zum Erzeugen einer veränderbaren Vorspannung für eine Röntgenröhre, deren Brennfleckgrösse veränderbar ist und die eine Targetanode, eine im Abstand von der Anode angeordnete und einen Glühfaden sowie eine erste, in der Nähe des Glühfadens befindliche Steuerelektrode aufweisende Kathodeneinrichtung und eine zweite, zwischen der Kathodeneinrichtung und der Anode angeordnete Fokussierungselektrode, an die eine Fokussteuervorspannung anlegbar ist, zum Steuern der Fokussierung aufweist, wobei die Kathodeneinrichtung und die Anode jeweils an eine hohe Gleichspannungsquelle anlegbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass

a) die Anode (12) an den Pluspol und der Glühfaden der Kathodeneinrichtung (15, 15') an den Minuspol der gleichen Gleichspannungsquelle anlegbar sind,

b) die Kathodeneinrichtung (15, 15') über einen Spannungsteiler mit wenigstens zwei Reihenwiderständen (35, 37, 38) direkt mit Masse verbunden ist, wobei der eine Reihenwiderstand (35) ein Stellwiderstand ist zum Einstellen eines gewünschten Vorspannungsniveaus, und

c) der Knotenpunkt (39) zwischen den Reihenwiderständen (35, 37) mit der Fokussierungselektrode (14) verbindbar ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsteiler (35, 37, 38) einen weiteren Stellwiderstand (38) aufweist, der zwischen einen anderen Reihenwiderstand (37) des Spannungsteilers und Masse geschaltet ist, womit ein weiterer Knotenpunkt (75) zwischen diesen Reihenwiderständen (37, 38) gebildet ist, an dem die Spannung bezüglich Masse proportional der Vorspannung an der Fokussierungselektrode (14) bezüglich Masse ist; und ein weiterer Spannungsteiler mit wenigstens zwei Widerständen (70, 71) zwischen der Kathodeneinrichtung (15, 15') und Masse in Reihe geschaltet ist, wobei der eine Widerstand (71) zwischen den anderen Widerstand (70) und Masse geschaltet ist und an einem zweiten weiteren Knotenpunkt (74) zwischen diesen Widerständen (70, 71) des weiteren Spannungsteilers die Spannung bezüglich Masse proportional der Kathodenspannung bezüglich Masse ist und der Unterschied zwischen den Spannungen an diesen weiteren Knotenpunkten (74, 75) an den jeweiligen Spannungsteilern (35, 37, 38; 70, 71) die Fokussierungsvorspannung zwischen der Fokussierungselektrode (14) und der Kathodeneinrichtung (15, 15') darstellt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schalteinrichtung (41, 44, 45) vorgesehen ist, welche in einem ersten Zustand den negativen Pol einer Vorspannungsquelle (46) mit der Steuerelektrode (13) verbindet, wobei eine Elektronenemission aus der Kathodeneinrichtung (15, 15') unterbunden ist, und die Fokussierungselektrode (14) vom erstgenannten Knotenpunkt (39) im erstgenannten Spannungsteiler (35, 37, 38) trennt, und in einem zweiten Zustand die Fokussierungselektrode (14) mit dem erstgenannten Knotenpunkt (39) des erstgenannten Spannungsteilers (35, 37, 38) verbindet und die Steuerelektrode (13) von dem negativen Pol der Vorspannungsquelle (46) trennt und mit der Kathodeneinrichtung (15, 15') verbindet.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandswerte in dem erstgenannten Spannungsteiler (35, 37, 38) derart gewählt sind, dass die Vorspannung an der Fokussierungselektrode (14) im wesentlichen im Bereich von 0 bis 8% der Gleichspannung liegt, welche zwischen die Kathodeneinrichtung (15, 15') und die Anode (12) der Röntgenröhre (10) anlegbar ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine die Brennfleckgrösse der Röntgenröhre (10) während einer Belichtung festhaltende Einrichtung (90 bis 98) vorgesehen ist, die ein Mittel (92) zum Abfühlen der Spannungsdifferenz zwischen den weiteren Knotenpunkten (74, 75) an jedem Spannungsteiler (35, 37, 38; 70, 71) die die zwi-

schen die Fokussierungselektrode (14) und die Kathodeneinrichtung (15, 15') angelegte Vorspannung darstellt, ein Mittel (94), das die abgeführte Spannungsdifferenz mit einer wählbaren Bezugsspannung, die der Vorspannung für den gewünschten Fokussierungsbetrag entspricht, vergleicht und ein Signal erzeugt, das die Differenz zwischen der abgeführten und gewählten Spannung darstellt, und einen auf das Signal ansprechenden Motor (98) aufweist, der den Stellwiderstand (35) in dem erstgenannten Spannungsteiler (35, 37, 38) verstellt, bis die Differenz zu Null gemacht ist.

15 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Erzeugen einer veränderbaren Vorspannung für eine Röntgenröhre gemäss dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

Derartige Vorspannungsquellen sind insbesondere zur Steuerung von Röntgenröhren geeignet, in denen der Brennfleck unter die normalerweise in konventionellen Röntgenröhren erzielbare Abmessung vermindert wird, so dass diagnostische Verfahren bzw. Vorgänge ermöglicht werden, die eine Röntgenaufnahme hoher Auflösung erfordern.

20 Konventionelle Röntgenröhren für medizinische Diagnosezwecke sind üblicherweise mit einer Einrichtung zum Wählen der Betriebscharakteristika, wie es beispielsweise die Spannung zwischen Anode und Kathode, der Strom des Elektronenbündels, die Brennfleckabmessung und das Leitungs- oder Belichtungszeitintervall sind, versehen. Die Röntgenröhre hat üblicherweise eine als Gitter oder Becherelektrode bezeichnete Elektrode zum Formen des elektrischen Feldes um den Elektronen emittierenden Glühfaden herum, damit der Bündel- bzw. Strahlquerschnitt derart gesteuert wird, dass ein geeigneter Brennfleck auf dem Anodentarget entsteht. Wenn der volle Elektronenstrahlstrom erzielt werden soll, wird die Steuerelektrode mit Kathodenpotential betrieben und negativ vorgespannt, wenn der Elektronenstrahl gesperrt werden soll.

Die Betriebsparameter der Röhre, d.h. die maximal mögliche Kombination von Anodenspannung, Strahlstrom und Belichtungszeitintervall, werden normalerweise in einer Weise koordiniert, durch die eine Belastung des Targets bis zu einem Ausmass, bei dem ein Schmelzen im Brennfleckbereich des Targets auftritt, verhindert wird. Typischerweise ist die minimale Brennfleckabmessung für eine konventionelle Röntgenaufnahme auf etwa 1,2 mm beschränkt.

Für einige diagnostische Verfahren, wie beispielsweise Gehirnuntersuchungen oder neurologische Untersuchungen, muss die die Röntgenuntersuchung ausführende Person in der Lage sein, sehr feine Einzelheiten im Röntgenbild zu unterscheiden, so dass ein Röntgenaufnahmeverfahren hoher Auflösung angewandt werden muss, was bedeutet, dass ein feinerer Brennfleck, als er in einer konventionellen, zu allgemeinen Zwecken dienenden Röntgenröhre erzielbar ist, angewandt werden muss. Zu diesem Zweck sind Hochauflösungs- oder Mikrofokusröntgenröhren entwickelt worden. Diese Röhren haben eine zweite Elektrode, die zur Verbesserung der Fokussierung zwischen der ersten Elektrode und dem Anodentarget liegt. In einigen Anordnungen nach dem Stande der Technik ist die zweite Steuerelektrode mit einer veränderbaren Vorspannungsquelle verbunden, die es zur erhöhten Fokussierung ermöglicht, die zweite Steuerelektrode weniger negativ, jedoch nicht positiv, bezüglich der Kathode zu machen. Nachteiligerweise ändert sich, wenn der Fokus in solchen Röhren eingestellt worden ist, auch der Elektronenstrahlstrom in unerwünschter und unvorhersehbarer Weise. Ein anderer Nachteil der Anordnungen nach dem Stande der Technik ergibt sich daraus, dass die Vorspannung der fokussierenden Elektrode von einer Quelle abgeleitet ist, die von der Kathodenspannung der Röhre unabhängig ist, so dass

sich die Vorspannung und infolgedessen der Betrag an Fokussierung unabhängig von Schwankungen der Stromversorgungsleitung und von anderen flüchtigen Vorgängen während Röntgenstrahlenbelichtungen ändern kann, die ihrerseits beispielsweise von 1 ms bis 6 s dauern können.

In der US-Patentschrift Nr. 3 916 202 der Anmelderin ist eine variable Mikrofokusröntgenröhre beschrieben, in der die zweite Steuerelektrode oder die Fokussierungselektrode zum Erzielen einer maximalen Fokussierung positiv bezüglich der Kathode vorgespannt werden kann, ohne dass ein Stromfluss zur Steuerelektrode stattfindet, wie er an sich zu erwarten wäre, wenn eine positive Vorspannung angewandt wird. Diese Patentschrift beschreibt die Verwendung von zwei unabhängigen Vorspannungsquellen, die durch einen Zweipolschalter mit der zweiten bzw. ersten Steuerelektrode derart verbunden sind, dass dann, wenn die Röhre zum Ausführen einer Röntgenstrahlenbelichtung benutzt wird, eine positive Vorspannung an die zweite Fokussierungselektrode angelegt und die Fokussierungsbecherelektrode mit dem Glühfaden verbunden und auf dem gleichen Potential ist. Zur Beendigung einer Belichtung wird die positive Quelle mittels des Schalters abgeschaltet, und die negative Vorspannungsquelle wird sowohl mit dem ersten als auch dem zweiten Steuergitter verbunden, so dass die Röhre nichtleitend gemacht wird. Jedoch ist die Röhre während eines Belichtungsintervalls, da die Vorspannungen von einer Quelle abgeleitet werden, die unabhängig von der an der Röntgenröhre anliegenden Spannung ist, noch gegen Änderungen der Brennfleckabmessungen anfällig, weil die Spannung des zweiten Steuergitters nicht den Änderungen der zwischen der Anode und der Kathode der Röhre anliegenden Spannung folgt, die sich aus Spannungsschwankungen der Stromversorgungsleitungen, flüchtigen Vorgängen, wie Einschaltstößen, Impedanzänderungen mit der Belastung und Wellenformänderungen ergeben können.

Aufgabe der Erfindung ist es, Probleme zu beheben, die sich dadurch ergeben, dass die Vorspannung an der zweiten Fokussierungs- oder Steuerelektrode aufgrund von Änderungen in der Wellenform oder im Niveau der zwischen der Anode und Kathode der Röhre anliegenden Spannung schwanken.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale der Kennzeichnungsteils des ersten Anspruchs gelöst.

Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen umschrieben.

Die zwischen die Kathode und die Anode der Röntgenröhre angelegte Spannung kann von einem Gleichrichter empfangen werden, der von der Stern dreiecksschaltung-Sekundärwicklung eines Dreiphasentransformators gespeist wird. Es kann natürlich auch eine Einphasenstromquelle verwendet werden. Es sind zwei Gleichrichterbrücken vorgesehen, deren Ausgangsanschlüsse zwischen die Kathode und Anode der Röntgenröhre geschaltet sind. Die Verbindung zwischen den Brücken ist an Masse gelegt, und befindet sich auf Kathoden-zu-Anoden-Mittelpunktpotential. Die positive Hochspannungsausgangsleitung ist mit der Anode der Röntgenröhre verbunden. Auf diese Weise ist der Absolutwert der positiven Anodenspannung oberhalb von Massepotential gleich der Spannung, auf der sich die Kathode unterhalb von Massepotential befindet. Die Vorspannung für die Fokussierungselektrode wird von einer Schaltung abgeleitet, die eine Verbindung zwischen der negativen Leitung oder der Kathodenspannungsleitung und Masse bildet, so dass sich die Vorspannung dann, wenn irgendwelche Änderungen in der Kathodenspannung auftreten, im gleichen Verhältnis ändert und keine Änderung der Nettovorspannungswirkung stattfindet.

Zweckmässigerweise werden Hochspannungsteiler zur Verfügung gestellt, die es ermöglichen, die Kathoden-zu-Masse-Spannung und die Fokussierungselektroden-zu-Masse-Spannung mit einem Oszilloskop oder einem Spitzenkilovoltspannungsmesser zu überwachen. Deshalb ist der Unterschied zwi-

schen diesen Spannungen ein Mass der Vorspannung, die tatsächlich an der zweiten Fokussierungselektrode bezüglich der Kathode anliegt. In einer weiteren Ausführungsform wird dieser Spannungsunterschied kontinuierlich ermittelt und mit einer Bezugsspannung verglichen, so dass dadurch ein Signal zum Betreiben eines Servomotors erzeugt wird, der die Brennfleckabmessung während einer Belichtung festhält.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Anordnung zum Erzeugen einer veränderbaren Vorspannung für eine Röntgenröhre,

Fig. 2 einen Teil der Anordnung nach Fig. 1 in geänderter Ausführung, und

Fig. 3 einen Teilschnitt durch eine Kathode mit Glühfäden und einer Fokussierungsbecher- oder ersten Vorspannungselektrode in Verbindung mit einer zweiten Fokussierungselektrode und einer Anode einer typischen Röntgenröhre.

Eine geeignete Mikrofokus-Röntgenstrahlenröhre, bei der die vorliegende Vorspannungsanordnung beispielsweise angewandt werden kann, ist in der US-Patentschrift Nr. 3 916 202, die unter Bezugnahme auf die Fig. 3 weiter unten zu erwähnen sein wird, beschrieben und dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine Röntgenstrahlenröhre, die einen evakuierten Röhrenkolben 11, eine Anode 12, ein erstes Steuergitter oder eine erste Steuerelektrode 13, eine zweite Feinfokussierungselektrode 14 und ein Paar Glühfäden hoher und niedriger Emissionsfähigkeit bzw. einen Glühfaden hoher und einen Glühfaden niedriger Emissionsfähigkeit aufweist, wobei die Teile der Kathode mit 15 bzw. 15' bezeichnet sind.

Die im Kilovoltbereich liegende Hochspannung, die zwischen den Kathodenglühfäden 15, 15' und der Anode 12 liegt, wird einer Stromversorgung 16 entnommen. Im vorliegenden Beispiel wird eine Dreiphasen-Stromversorgung mit einem variablen Autotransformator verwendet. Der Autotransformator ist mit Stufenschaltern 19 zur Wahl der Ausgangsspannung versehen. Ausgangsleitungen 18 vom Autotransformator führen zu Anschlüssen einer in Sternschaltung geschalteten Primärwicklung eines Dreiphasentransformators 20. Der Transformator 20 hat eine Sekundärwicklung mit Dreieck- oder Sternschaltung mit Ausgangsleitungen 21 und 22. Vorzugsweise werden Wechselspannungen von bis zu 150 Kilovolt zwischen den Ausgangsleitungen 21 und 22 erhalten, wenn die erforderlichen Abgriffe am Autotransformator gewählt werden.

Zwei Doppelweggleichrichterbrücken 23 und 24 werden von der Sekundärwicklung des Transformators 20 gespeist. Die Leitung zwischen diesen Brücken umfasst ein Milliampere-meter (mA-Meter) 25, das auf Massepotential liegt, weil die Verbindungsleitung 26 bei 27 mit Masse verbunden ist. Infolgedessen liegt eine der Gleichstrom-Hochspannungszuführungsleitungen, die mit der Anode 12 der Röhre 10 verbunden und mit +HV (positive Hochspannung) sowie mit 28 bezeichnet ist, auf dem halben Wert der Gesamtausgangsspannung der Gleichrichterbrücken über Massepotential, während die andere Gleichstrom-Ausgangsleitung 29 mit -HV (negativer Hochspannung) auf dem halben Wert der Gesamtspannung unter dem Massepotential liegt. Beispielsweise kann die maximale Spannung auf der Leitung 28 in einer typischen diagnostischen Röntgenstrahlenanlage 75 kV über Massepotential liegen, während die Spannung auf der Leitung 29 den Wert von 75 kV unter Massepotential liegt, so dass die Gesamtspannung zwischen der Anode 12 und den Kathodenglühfäden 15, 15', mit welchen die positive 28 und die negative Leitung 29 jeweils verbunden sind, 150 kV beträgt, wenn der Autotransformator auf eine maximale Spannung an den Transformator eingestellt ist. Eine nicht gezeigte Schaltung dient zur Wahl eines der Glühfäden 15 oder 15' und wird erregt, um einen hohen oder niedrigen Elektronenstrahlstrom zu erzeugen. Diese Art der Stromversorgung auf dem Röntgengebiet ist bekannt und wird deshalb nicht näher

erläutert. Das wichtigste ist, dass die Anode 12 während einer Röntgenbestrahlung um den gleichen Betrag oberhalb von Massepotential liegt, damit die Kathodenglühfäden 15, 15' unterhalb des Massepotentials liegen.

In Fig. 1 ist ein Stromkreis 30 zur Erregung der Primärwicklung des Transformators 20 unmittelbar vor einer Röntgenbestrahlung und zur Entregung des Transformators nach der Belichtung dargestellt. Der Schaltkreis 30 kann beispielsweise mit Thyristoren ausgestattet sein. Für Röntgenanlagen geeignete Stromkreise sind bereits bekannt und werden nicht näher beschrieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass, ausgenommen während einer Belichtung, an den Hochspannungsleitungen 28 und 29 keine Spannung anliegt.

Die beschriebene Anordnung bewirkt, dass die Vorspannung an der Fokussierungselektrode 14 der Röntgenröhre zur Spannung der Kathode 15, 15' proportional bleibt und einen veränderbaren Widerstand 35 mit einem bewegbaren Kontakt 36 umfasst, sowie einen festen Widerstand 37 und einen einstellbaren Widerstand 38 zur Feinabgleichung. Bei einer Ausführung wird ein nicht dargestellter Wählschalter verwendet, und anstelle des einstellbaren Widerstands 35 werden mehrere Widerstände benutzt, so dass Änderungen des Widerstandswertes in z.B. 17 diskreten Schritten, kontinuierlich möglich ist. Das Potential an der Stelle 39 der Teilerschaltung wird über eine Leitung 40 und einen Kontakt 41 eines Umschalters an die Fokussierungselektrode 14 gelegt. Der Schalterkontakt 41 ist in der Bestrahlungsstellung dargestellt, wenn die im Kilovoltbereich liegende Hochspannung zwischen die Anode und Kathode der Röntgenstrahlröhre 10 angelegt ist. Das untere Ende des einstellbaren Widerstands 38 ist mit Masse verbunden, so dass das an der Teilerschaltung unter Einschluss des Widerstands 35 und der Widerstände 37 und 38 anliegende Potential die negative Hochspannung oder die zwischen der Leitung 29 und Masse vorhandene Spannung ist. Die Leitung 29 befindet sich natürlich auf Kathodenpotential, da sie über eine gemeinsame Leitung 41' mit dem Mittelpunkt der beiden Kathodenglühfäden 15, 15' verbunden ist.

Spannungsänderungen der Wechselstromquelle, Wellenformänderungen und unterschiedliche Belastungen der Schaltungen in der Röntgenanlage können natürlich dazu führen, dass sich das negative Hochspannungspotential auf der Leitung 29 während einer Röntgenbestrahlung ändert. Darüber hinaus kann sich der Betrag der Welligkeit in der gleichgerichteten Spannung, die zwischen den Leitungen 28 und 29 anliegt, von Zeit zu Zeit ändern. Die Anordnung hebt die Wirkung dieser Änderungen auf. Jede Änderung des Spannungsniveaus auf der negativen Hochspannungsleitung 29 erzeugt eine entsprechende, proportionale Änderung in der Vorspannung für die Fokussierungselektrode 14 an der Stelle 39 des Teilers. Das Verhältnis der Vorspannung zur Kathodenspannung bleibt konstant, so dass der Fokussierungsgrad konstant bleibt. Dies bedeutet, dass die Vorspannung an der Fokussierungselektrode oder der zweiten Steuerelektrode 14 gezwungen wird, der Kathodenspannung während einer Bestrahlung unter allen Umständen zu folgen. Der gewünschte Betrag an Fokussierung wird dadurch erzielt, dass der Gleitkontakt 36 des veränderbaren Widerstands 35 eingestellt wird, wodurch natürlich eine Vorspannungsänderung an der Stelle 39 und an der Fokussteuerelektrode 14 bezüglich der Kathodenspannung verursacht wird. Die Widerstände 37 und 38 in dem Fokussteuerteiler haben Glättungskondensatoren 42 bzw. 43, die parallel zu denselben geschaltet sind.

Das erste Steuergitter 13 in der Röntgenröhre arbeitet in einer mehr oder weniger konventionellen Weise. Während einer Belichtung ist der Schalterkontakt 44 des Umschalters mit dem Kontakt 41 in der Position, in der er in Fig. 1 gezeigt ist. In dieser Position ist das erste Gitter 13 bzw. die Fokussierungsbecherelektrode direkt mit dem Mittelpunkt der Glühfäden 15, 15' verbunden. Dadurch wird die erste Steuerelektrode 13 wäh-

rend einer Belichtung auf Glühfaden- oder Kathodenspannung gelegt. Wenn eine Bestrahlung beendet ist, wird der Schalter 44 betätigt, so dass eine Verbindung mit dem Kontakt 45 hergestellt wird, an dem eine negative Spannung anliegt, und zwar von einer Sperr- bzw. Abschaltvorspannungsquelle 46. Die Sperr- bzw. Abschaltvorspannung für das Steuergitter 13 misst einige 1000 Volt relativ zu den Glühfäden 15, 15'.

Wenn eine Bestrahlung beendet ist, öffnet der Kontakt 41 des Umschalters, so dass das Vorspannungspotential von der zweiten Steuer- oder Fokussteuerelektrode 14 weggenommen wird. Das Vorspannungspotential an der Elektrode 14 ist während einer Belichtung positiv bezüglich der Kathodenspannung. Diese Elektrode kann relativ zur Kathode positiv gelassen werden, wenn die Röntgenröhre leitend ist, sofern die Röhre die Eigenschaften gemäß der US-Patentschrift 3 916 202 aufweist. Die Eigenschaften dieser Röhre sind weiter unten kurz unter Bezugnahme auf die Fig. 3 erörtert.

Die Position des Schiebekontaktes 36 auf dem Widerstand 35 kann manuell und direkt gewählt werden, wenn eine geeichte Skala vorgesehen ist, welche den Prozentsatz an Vorspannung angibt, der aus jeder Position der Einstellung resultiert. Ein einfaches Servosystem 50 ist vorgesehen, um die Fernsteuerung der Position des Schiebekontaktes 36 zu veranschaulichen. Das Servosystem weist einen Motor 51 auf, der über Leitungen 52 und 53 gespeist wird, wenn ein Doppelpolschalter 54 geschlossen ist. Der Motor 51 ist mittels eines Getriebes 55, das durch eine gestrichelte Linie 55 symbolisch angedeutet ist, mit dem Schiebekontakt 36 verbunden. Ein weiterer Schiebekontakt 56 bewegt sich über eine Reihe von Kontakten 57. Die Kontakte 57 sind mittels eines Vielleiterkabels 58 mit einem entsprechenden Satz von Kontakten 59 verbunden, die mit einem manuell bewegbaren Schiebekontakt 60 zusammenwirken. Der Schiebekontakt 60 wird manuell positioniert, so dass dadurch der gewünschte Prozentsatz der Kathodenspannung gewählt wird, die als Vorspannung an die Fokussierungselektrode 14 angelegt wird. In einer Ausführung wurden Kontaktpaare 57, 59 und eine entsprechende Anzahl von Leitern 58 verwendet. Dadurch wurden 17 Vorspannungsniveaus erzielt, die den Bereich von Null bis 8% der Gesamttröntgenröhrenspannung in Schritten überdeckten. Jedoch kann gewünschtenfalls eine unbegrenzte bzw. stufenlos variable Steuerung verwendet werden.

In dem Servosystem 50 wählt die Bedienungsperson eine Vorspannung dadurch, dass sie den Schiebekontakt 60 nach einer der beiden Seiten vom Mittelpunkt des Widerstands 35 aus verschiebt, was davon abhängt, ob eine höhere oder niedrigere Fokussierungswirkung gewünscht ist. Sieht man die Schaltung genauer an, so erkennt man, dass dann, wenn der Schiebekontakt 60 in der beispielsweise dargestellten Position ist, ein Kreis von der Stromversorgungsleitung 52 über den Motor 51, die Leitung 61, den normalerweise geschlossenen Relaiskontakt 62 und dann zurück zur Stromversorgungsleitung 53 geschlossen ist. Bei dieser Bedingung läuft der Motor und verschiebt den Schiebekontakt 36 entsprechend. Hierbei wird der vom Motor angetriebene Schiebekontakt 56 in Übereinstimmung mit dem manuell positionierten Schiebekontakt 60 bewegt, in welchem Falle eine Relaispule 63 erregt wird, so dass sie einen Kontakt 62 öffnet und den Motor anhält. Eine Anzeigelampe 64 wird dann aufgrund der an die Relaispule 63 angelegten Spannung eingeschaltet und zeigt an, dass der Einstellvorgang beendet ist und eine Röntgenstrahlenbelichtung durchgeführt werden kann.

Die Schaltung in Fig. 1 ist mit einem weiteren Spannungsteiler versehen, der dazu benutzt wird, verschiedene Spannungen zu messen und aus einem festen Widerstand 70 sowie einem einstellbaren Widerstand 71 besteht. Diese Widerstände sind mit parallel geschalteten Siebkondensatoren 72 und 73 versehen. Der Spannungsabfall an den Widerständen 70 und 71 zwischen der Leitung 29 und Masse ist die Kathodenspannung der Röntgenröhren, und sie ist die Bezugsspannung. Infolgedessen kann

eine der Kathodenspannung proportionale Spannung zwischen einer Prüfstelle 74 und Masse gemessen werden. In entsprechen- der Weise kann eine der Vorspannung an der Fokussierungs- elektrode 14 proportionale Spannung zwischen einer Prüfstelle 75, die sich am anderen Teiler befindet, und Masse gemessen werden. Diese Spannungen können mit einem Spitzenspan- nungsmesser oder einem Oszilloskop gemessen und derart von- einander subtrahiert werden, dass die Differenz die aktuelle Vorspannung an der zweiten Steuer- und Fokussteuerelektrode 14, ist. Auf diese Weise kann die Fokussierungsvorspannung kontinuierlich überwacht werden.

In Fig. 1 ist die Glühfadenstromsteuerung durch den Block 76 dargestellt und kann dahingehend als konventionell ange- sehen werden, als jeder Fachmann für den Schaltungsaufbau von Röntgenanlagen in der Lage ist, eine geeignete Steuerung anzu- geben. Es wird darauf hingewiesen, dass unterschiedliche Span- nungen an die einzelnen Glühfäden 15 bzw. 15' angelegt wer- den können, um ihre Emissionsfähigkeit und infolgedessen den Elektronenstrom während der Bestrahlung durch die Röntgen- röhre zu erhöhen oder zu senken. Wie bereits erwähnt, wird der Röhrenstrom mittels eines Milliampere-Meters 25 gemessen, das sich in einer Reihenschaltung zwischen der Kathode und der Anode der Röntgenröhre befindet.

Die Ausführungsform nach Fig. 2 wird, unter Bezugnahme auf eine mit einer dualen Steuerelektrode versehene Röntgen- röhre in Fig. 3 beschrieben. Die darin gezeigten Röhrenelemen- te sind in der zitierten US-PS 3 916 202 beschrieben.

In Fig. 3 haben bereits erwähnte Teile die gleichen Bezugs- zeichen erhalten. Infolgedessen sind die beiden Spulen aus Glühfadendraht 15 und 15' entsprechend bezeichnet. Jeder Glühfaden befindet sich in einer Ausnehmung der fokussieren- den Becherelektrode 13, die der Elektrode 13, an welche die Fo- kussierungs- und Sperrvorspannung angelegt wird, in Fig. 1 entspricht. Wie oben erläutert, ist die Steuerelektrode 13, wenn die Röntgenröhre leitend ist, direkt mit den Glühfäden 15 und 15' verbunden, so dass ein elektrisches Feld erzeugt wird, das zur Fokussierung des Elektronenbündels beiträgt. Andererseits wird, um eine Belichtung zu beenden oder abzuschalten, die Elektrode 13 von den Glühfäden getrennt und mit der negati- ven Abschaltvorspannungsquelle 46 verbunden, so dass verhin- dert wird, dass die Röntgenröhre leitet. Die Fokussteuerelektro- de 14, die in der genannten Patentschrift als Linsengitter be- zeichnet wird, ist in Fig. 3 teilweise dargestellt. Wie in der zi- tierten Patentschrift in näheren Einzelheiten erläutert ist, sind die Gestalt und der Ort der Fokussierungselektrode 14 derart, dass durch diese Elektrode selbst dann kein Vorspannungs- strom fließt, wenn sie positiv wird, was relativ zu der Kathode, die von den Glühfäden 15 und 15' gebildet wird, und der Ka- thodenbecherelektrode oder dem Kathodengitter 13 geschieht. Eine Röhre, die in Verbindung mit der hier beschriebenen Schaltung verwendet werden kann, ermöglicht, dass die Fokus- steuerelektrode relativ zu der Kathode oder den Glühfäden po- sitiv wird, ohne dass ein Vorspannungsstrom durch dieselbe fließt.

Immer dann, wenn eine hohe Gleichspannung zwischen den Glühfäden der Röntgenröhre und der Anode 12 anliegt, sind diskrete Äquipotentialfeldlinien vorhanden. Drei dieser Linien, die einer 5,0%, 7,5% und 10% Kathode-zu-Anode-Spannung entsprechen, sind in Fig. 3 dargestellt, und sie lassen sich, abge- sehen von ihrer Markierung mit einem definitiven Prozentsatz weiterhin durch die Bezugszeichen 76, 77 und 87 identifizieren. Es ist ein die Fokussierungsausnehmung teilender Stab 79 vor- gesehen, der die Ausnehmung der fokussierenden Becherelek- trode überspannt, so dass dadurch die durch das Potential an den einzelnen Glühfäden erzeugten elektrischen Felder getrennt werden. In Fig. 3 treten die typischen ausgezogenen Äquipoten- tiallinien 76 bis 78 dann auf, wenn das Linsengitter oder die Fokussteuerelektrode 14 auf ein Potential vorgespannt ist, das

dem Äquipotentialwert der Linie entspricht, die mit der Kontur der Elektrodenoberfläche 80 übereinstimmt. Wenn diese Bedin- gung erfüllt ist, wird das entweder von dem Kathodenglühfaden 15 oder 15' emittierende Elektronenbündel auf der Oberfläche der Anode 12 mit einer vorbestimmten Brennfleckabmessung fokussiert, und die Flugbahnen der Elektronen werden durch das gewählte Äquipotential nicht beeinflusst. In Fig. 3 zeigt die spezielle Äquipotentiallinie an der Oberfläche 80 der Fokussteu- erelektrode 14 den Fall, in dem etwa 5% der Kathode-zu-An- oden-Spannung zwischen der Linsengitterelektrode 14 und den Glühfäden 15 und 15' anliegen.

Die 5% Äquipotentiallinie liegt etwa in der Mitte von Null bis 8% der gesamten Röhrenspannung in einer Ausführungs- form. Idealerweise sollte die Fokussteuerelektrode entsprechend der gewählten Vorspannung bewegt werden, damit die obere Oberfläche 80 an der prozentualen Äquipotentiallinie zu liegen kommt, die mit der gewählten Vorspannung übereinstimmt. Es ist jedoch nicht praktisch, das zu tun, jedoch solange die Ober- fläche 80 der Elektrode 14 etwa an der Mittelstelle im Bereich der gewählten Vorspannungspotentiale liegt, fließt kein wesent- licher Gitterstrom durch diese Elektrode noch wird irgendein Strom von dem Elektronenbündel abgezogen. Infolgedessen ist der Elektronenstromfluss von der Kathode zur Anode in der Röntgenröhre unabhängig von der durch das Niveau der Fokus- sierungselektrode 14 unbeeinflussten Vorspannung.

Es wird nun die Ausführungsform nach Fig. 2 beschrieben. In dieser Figur sind der Transformator und der Gleichrichter weggelassen, aber die Hochspannungs-Gleichstromleitungen 28 und 29 sowie die Masseverbindung 27 sind dargestellt. Die Vor- spannung für die Fokussteuerelektrode 14 wird von dem Teiler an der gleichen Stelle 39 wie in Fig. 1 abgenommen. Der Teiler aus den Widerständen 70 und 71 zum Bestimmen des Katho- denpotentials der Röntgenröhren relativ zur Masse ist der glei- che.

In der Ausführungsform nach Fig. 2 wird jedoch die Poten- tialdifferenz zwischen den Prüfstellen 74 und 75 und die die Spannung zwischen der Fokussteuerelektrode 14 und der Ka- thode als Rückkopplungssignal verwendet, um die Brennfleck- größe während einer Belichtung zu «verriegeln» bzw. unverän- derlich zu halten. Wie weiter oben angedeutet, liegen die Strah- lungssintervalle typischerweise im Bereich von 1 ms und 6 s.

Nach Fig. 2 wird die Fokussteuervorspannung zwischen den Stellen 74 und 75 über Leitungen 90 und 91 auf die Eingänge eines Operationsverstärkers 92 gegeben. Das resultierende ver- stärkte Signal am Ausgang des Verstärkers 92 wird über eine Leitung 93 als Eingangssignal auf einen Vergleichsverstärker bzw. einen Komparator-Verstärker 94 gegeben. Auf den ande- ren Eingang 95 des Komparators 94 wird eine Bezugsspannung gegeben, die von einem Potentiometer 96 abgenommen wird, das zur Einstellung der gewünschten Vorspannung an der Fo- kussteuerelektrode 14 eingestellt wird. Der Ausgang des Kom- parators 94 wird einem Servoverstärker 97 zugeführt, der die Stromversorgung eines Motors 98 bewirkt, welcher mechanisch an den Schiebekontakt 36 des Widerstands 35 an dem Fokus- steuerelektroden-Vorspannungsteiler angekoppelt ist. Auf diese Weise wird im vorliegenden Falle die Fokus- oder Vorspannung durch Einstellen des Potentiometers 96 gewählt, das bewirkt, dass der Motor 98 so lange läuft, bis der Schiebekontakt 36 ei- ne Position erreicht hat, aufgrund deren die gewünschte Vor- spannung an den Anschlüssen 74 und 75 erzeugt wird, in wel- chem Falle das Gleichgewicht erreicht ist und der Motor 98 an- hält. Wenn nun die Röntgenröhre eingeschaltet ist, kommt es,

wenn irgendeine Schwankung in den angelegten Spannungen auftritt, welche die Tendenz hat, eine Schwankung in der Vorspannung an der Fokussierungselektrode 14 zu bewirken, dazu, dass der Motor 98 läuft und eine Widerstandskorrektur ausführt, so dass das Gleichgewicht wieder hergestellt wird, das

durch Einstellen des Potentiometers 96 eingestellt worden ist. Mit anderen Worten bedeutet das, dass eine Spannungsschwankung bewirkt, dass der Komparator ein Ausgangssignal erzeugt, das zur Folge hat, dass der Motor 98 so lange angeschaltet wird, bis der Komparator 94 erneut abgeglichen worden ist.

