



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT**SCHRIFT A5

⑰ Gesuchsnummer: 4797/83

⑰ Inhaber:
Gesellschaft für elektronische Röhren Comet
Bern, Bern

⑳ Anmeldungsdatum: 01.09.1983

⑳ Erfinder:
Berger, Engelbert, Niederscherli

㉒ Patent erteilt: 13.11.1987

㉒ Vertreter:
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 13.11.1987

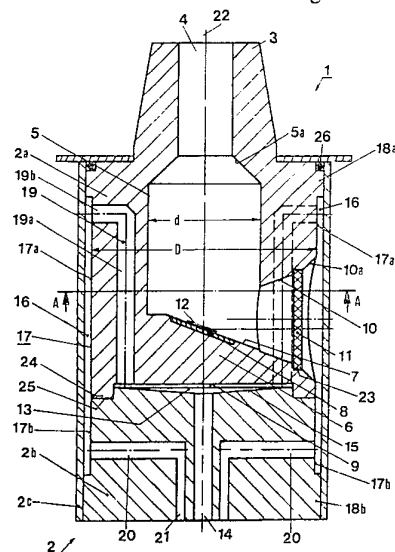
⑤④ **Flüssigkeitsgekühlte Hohlanode in einer Röntgenröhre.**

⑤⑦ Der im Anodenkörper (2) zur bodenseitigen Kühlung der Elektronen-Auftreffplatte (8) vorhandene konische innere Kühlraum (13) ist durch mehrere in axialer Richtung verlaufende Kühlkanäle (19) mit einem äusseren Kühlraum (16) verbunden, der den zylindrischen Anodenkörper (2) einschliesslich des Strahlenaustrittsfensters (11) ringförmig umschliesst. Die Kühlkanäle (19) sind rings um den Anoden-Hohlraum (5) angeordnet, um dessen Mantelfläche zu kühlen, die durch im Brennfleck (12) gestreute Elektronen erhitzt wird.

Der innere und äussere Kühlraum (13 bzw. 16) sowie die Kühlkanäle (19) sind so bemessen, dass sie bei einem vorgegebenen Kühlmittel-Mindestdurchsatz vom Kühlmittel in turbulenter Strömung durchflossen werden. Bei vorgegebenen Kühlkanälen (19) sind der Durchmesser (d) des Anoden-Hohlraumes (5) für eine brennfleckferne Absorption der Streuelektronen maximal und der Durchmesser (D) der gekühlten Mantelfläche (17) des Anodenkörpers (2) für kurze Wärmeleitungswege minimal gewählt.

Gegenüber bekannten Hochleistungs-Röntgenröhren für maximal etwa 6 kW Leistung kann eine mit einer sol-

chen zur Herabsetzung der Brennflecktemperatur optimierten Hohlanode ausgestattete Röntgenröhre bei etwa gleicher Lebensdauer mit ca. 9 kW Leistung betrieben werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Flüssigkeitsgekühlte Hohlanode in einer Röntgenröhre, bei welcher Hohlanode am Boden ihres Hohlraumes eine Elektronen-Auftreffplatte für die Erzeugung von Röntgenstrahlen und in der Hohlraumwand ein seitliches Fenster für den Röntgenstrahlenausstritt angeordnet sind, und bei welcher im Bereich des Hohlraumbodens ein innerer Kühlraum vorhanden ist, um mit einer diesen durchströmenden Kühlflüssigkeit die Elektronen-Auftreffplatte zu kühlen, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem inneren Kühlraum (13, 13') ein den Anodenkörper (2) einschliesslich des Fensters (11) periphär umschliessender und sich in axialer Richtung über einerseits das Fenster (11) und andererseits über den inneren Kühlraum (13, 13') hinaus erstreckender äusserer Kühlraum (16) durch mehrere Kühlkanäle (19) verbunden ist, die innerhalb des Anodenkörpers (2) vom Randbereich des inneren Kühlraumes (13, 13') zum hohlraumseitigen einen Endbereich des äusseren Kühlraumes (16) führen, wobei von den Kühlmittel-Ein- und -Auslässen (14 bzw. 21) der eine (14) zentral an den inneren Kühlraum (13, 13') angeschlossen und der andere (21) mit dem andern Endbereich des äusseren Kühlraumes (16) verbunden ist.

2. Hohlanode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der äussere Kühlraum (16) ein mit der Längsachse (22) der Hohlanode (1) coaxialer (1) zylindrischer Ringraum ist und jeder Kühlkanal (19) einen sich von dem genannten einen Endbereich des äusseren Kühlraumes (16) zum inneren Kühlraum (13, 13') hin erstreckenden, zur Hohlanoden-Längsachse (22) parallelen axialen Abschnitt (19a) hat.

3. Hohlanode nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die axialen Kühlkanal-Abschnitte (19a) in einem Randbereich des inneren Kühlraumes (13) frontal einmünden.

4. Hohlanode nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die axialen Kühlkanal-Abschnitte (19a) durch je einen inneren radialen Kühlkanal-Abschnitt (19c) mit dem inneren Kühlraum (13') verbunden sind.

5. Hohlanode nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei jedem Kühlkanal (19) der achsparallele Kanalabschnitt (19a) durch einen äusseren radialen Kanalabschnitt (19b) mit dem äusseren Kühlraum (16) verbunden ist.

6. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmesser und die Anzahl der Kühlkanäle (19) derart festgelegt sind, dass eine turbulente Strömung der Kühlflüssigkeit beim Fliesen derselben durch die Kühlkanäle (19) bestehen bleibt.

7. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenkörper (2) einen mit der Längsachse (22) der Hohlanode coaxialen zylindrischen Hohlraum (5) enthält, dessen Durchmesser (d) bei vorgegebenen Kühlkanälen (19) einen maximalen Wert hat, um den von der Elektronen-Auftreffplatte (8) gestreuten Energieanteil möglichst brennfleckfern in dem Anodenkörper (2) zu absorbieren.

8. Hohlanode nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Innendurchmesser (D) des äusseren Kühlraumes (16) bei vorgegebenen Kühlkanälen (19) einen minimalen Wert hat, um möglichst kurze Wärmeleitungswege zur gekühlten Aussenfläche (17) des Anodenkörpers (2) zu erhalten.

9. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die der Elektronen-Auftreffplatte (8) zugewandte Kühlfläche (9, 9') des inneren Kühlraumes (13, 13') vom Brennfleck (12) auf der Elektronen-Auftreffplatte (8) so weit distanziert ist, dass eine vorgegebene Grenzleistungsdichte auf der Kühlfläche (9, 9') nicht überschritten wird.

10. Hohlanode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Weite des inneren Kühlraumes (13) in radialer Richtung von der Mitte zum Rand hin stetig abnimmt.

11. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein mit der Längsachse (22) der Hohlanode coaxialer Kühlmittel-Einlass (14) zentral an den inneren Kühl-

raum (13, 13') angeschlossen ist, und der Kühlmittel-Einlass (14), der innere Kühlraum (13, 13'), die Kühlkanäle (19), der äussere Kühlraum (16) und der Kühlmittel-Auslass (21) derart dimensioniert sind, dass ein Kühlflüssigkeitsdurchsatz vorgebar ist, bei dem das eingeführte Kühlmittel auf die der Elektronen-Auftreffplatte (8) zugewandte Kühlfläche (9, 9') des inneren Kühlraumes (13, 13') aufprallt und in dem inneren Kühlraum (13, 13'), in den Kühlkanälen (19) und in dem äusseren Kühlraum (16) eine turbulente Strömung der Kühlflüssigkeit aufrechterhalten ist.

12. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenkörper (2) eine konische Strahlen-Austrittsöffnung (10) enthält, die sich in radialer Richtung nach aussen hin erweitert und brennfleckfern mit dem Fenster (11) abgeschlossen ist, wobei der in den äusseren Kühlraum (16) übergehende äussere Abschnitt (10a) der konischen Strahlen-Austrittsöffnung (10) eine Toträume für die Kühlflüssigkeit ausschliessende Form hat.

13. Hohlanode nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektronen-Auftreffplatte (8) in den Boden (7) des Anoden-Hohlraumes (5) integriert und flächenmässig dem Brennfleck (12) angepasst ist.

14. Hohlanode nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die in dem Anodenkörper (2) integrierte Elektronen-Auftreffplatte (8) eine Dicke hat, bei der der Temperatursprung in der Elektronen-Auftreffplatte zu der für das Anodenkörper-Material maximal zulässigen Temperatur führt.

15. Hohlanode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenkörper (2) drei Bauteile (2a, 2b, 2c) umfasst, von denen ein topf- oder vasenartiger, auf seinem Mantel eine zylindrische Aussenfläche (17a) aufweisender erster Bauteil (2a) die auf der Innenfläche (7) seines Bodens (6) angeordnete Elektronen-Auftreffplatte (8), das eine konische Strahlen-Austrittsöffnung (10) brennfleckfern abschliessende Fenster (11) und die Kühlkanäle (19) enthält und eine zu seiner Längsachse senkrechte oder zur Elektronen-Auftreffplatte (8) parallele, als Kühlfläche (9) des inneren Kühlraumes (13) dienende äussere Bodenfläche aufweist, von deren Randbereich sich die Kühlkanäle (19) zur Aussenfläche (17a) hin erstrecken; ein eine zylindrische Aussenfläche (17b) gleichen Durchmessers (D) wie die zylindrische Aussenfläche (17a) des ersten Bauteils (2a) aufweisender, auf die Bodenseite des ersten Bauteils (2a) aufsteckbarer zweiter Bauteil (2b) zur Bildung des inneren Kühlraumes (13) eine konische innere Stirnfläche (15) aufweist und als Kühlverteiler eine vorzugsweise mit der Längsachse (22) coaxiale, die innere Stirnfläche (15) anscheidende Bohrung als Kühlmittel-Einlass (14) sowie eine von seiner Aussenfläche (17b) wegführende Kanalanordnung (20) als Kühlmittel-Auslass (21) enthält; und ein rohrförmiger dritter Bauteil (2c) den ersten Bauteil (2a) und den auf diesen aufgesteckten zweiten Bauteil (2b) als Kühlmantel umschliesst, wobei die Innenfläche des dritten Bauteils von den Aussenflächen (17a, 17b) des ersten und des zweiten Bauteils (2a bzw. 2b) Abstand hat, um einen ringförmigen äusseren Kühlraum (16) zu bilden, der an beiden Enden durch an der Innenseite des dritten Bauteils (2c) und/oder am Mantel des ersten und des zweiten Bauteils (2a bzw. 2b) angeformte Flansche (18a, 18b) flüssigkeitsdicht abgeschlossen ist.

16. Hohlanode nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Anodenkörper (2) drei Bauteile (2a, 2b, 2c) umfasst, von denen ein topf- oder vasenartiger, auf seinem Mantel eine zylindrische Aussenfläche (17a) aufweisender erster Bauteil (2a) die auf der Innenfläche (7) seines Bodens (6) angeordnete Elektronen-Auftreffplatte (8), das eine konische Strahlen-Austrittsöffnung (10) brennfleckfern abschliessende Fenster (11), die Kühlkanäle (19) und einen in Form einer bodenseitigen zylindrischen Ausnehmung ausgebildeten inneren Kühlraum (13') enthält, wobei die inneren radialen Kühlkanal-Abschnitte (19c) in der Mantelfläche des inneren Kühlraumes (13') münden, der in-

nere Kühlraum (13') eine zur Längsachse (22) senkrechte, als Kühlfläche (9') dienende Bodenfläche aufweist und der erste Bauteil (2a) an seiner Bodenfläche (9') ein vom inneren Kühlraum (13') nach aussen wegführendes Rohrstück (27) für den Kühlmittel-Einlass (14) trägt; ein zylindrischer zweiter Bauteil (2b), dessen Aussendurchmesser grösser ist als der Durchmesser (D) der zylindrischen Aussenfläche (17a) des ersten Bauteils (2a), als Kühlverteiler dient, wobei seine innere Stirnfläche (15') mit Abstand der Bodenfläche (9') des ersten Bauteils (2a) gegenüberliegt, um zwischen beiden Bauteilen (2a, 2b) einen ringförmigen flachen Hohlraum (29) zu bilden, der mit einem Kühlmittel-Auslass (21) in Verbindung steht; und ein rohrförmiger dritter Bauteil (2c) den ersten Bauteil (2a) und den zweiten Bauteil (2b) als Kühlmantel umschliesst, wobei der Innendurchmesser des dritten Bauteils (2c) dem Aussendurchmesser des zweiten Bauteils (2b) entspricht und die zylindrische Aussenfläche (17a) des ersten Bauteils (2a) von der Innenfläche des dritten Bauteils (2c) Abstand hat, um einen ringförmigen äusseren Kühlraum (16) zu bilden, der an der inneren Stirnfläche (15') des zweiten Bauteils (2b) mit dem ringförmigen Hohlraum (29) in Verbindung steht und am anderen Ende durch einen an der Innenseite des dritten Bauteils (2c) und/oder am Mantel des ersten Bauteils (2a) angeformten Flansch (18a) flüssigkeitsdicht abgeschlossen ist.

Die Erfindung betrifft eine flüssigkeitsgekühlte Hohlanode in einer Röntgenröhre, bei welcher Hohlanode am Boden ihres Hohlraumes eine Elektronen-Auftreffplatte für die Erzeugung von Röntgenstrahlen und in der Hohlraumwand ein seitliches Fenster für den Röntgenstrahlenausstritt angeordnet sind, und bei welcher im Bereich des Hohlraumbodens ein innerer Kühlraum vorhanden ist, um mit einer diesen durchströmenden Kühlfüssigkeit die Elektronen-Auftreffplatte zu kühlen.

Bei Röntgenröhren wird ein wesentlicher Anteil der im Brennfleck auftreffenden Elektronen gestreut, mit der Folge, dass ein beachtlicher Anteil der im Elektronenstrahl vorhandenen Energie nicht im Brennfleck zur Erzeugung von Röntgenstrahlen aufgenommen, sondern demselben entzogen und der Brennfleckumgebung zugeführt wird. Der Energieverteilungsprozess nach dem Aufprall der Elektronen im Brennfleck ist so sowohl durch die Wärmeleitung der Elektronen-Auftreffplatte und des Hohlanodenkörpers als auch durch die Elektronenstreuung bestimmt und damit ist der Anodeninnenraum insgesamt als Energiesenke zu betrachten.

Da hohe Anodentemperaturen zu einer Lebensdauerverkürzung der Röntgenröhre führen wurden frühzeitig flüssigkeitsgekühlte Anoden entwickelt, wobei als Kühlmittel vorwiegend Wasser oder Öl verwendet wird. Dabei bedarf die Führung des Kühlmittelstromes durch den Anodenkörper besonderer Sorgfalt und vor allem dürfen im Kühlmittelstrom keine überhitzte Stellen vorkommen, an denen das Kühlmittel verdampft oder das Öl verkockt, weil durch derlei Effekte die Wirkung des Kühlsystems unkontrolliert beeinträchtigt wird und damit eine frühzeitige Schädigung der Röntgenröhre auftreten kann.

Bei Röntgenröhren hoher Leistung sind ferner Massnahmen erforderlich, um eine zu schnelle Schädigung der Elektronen-Auftreffplatte durch hohe Anodentemperaturen im Brennfleck zu vermeiden. Solche Schädigungen sind durch die im Brennfleckbereich der Elektronen-Auftreffplatte auftretenden Temperaturgradienten verursacht und äussern sich in einer zunehmenden Aufrauung der Auftreffplattenoberfläche, was eine ständige Abnahme der Strahlenausbeute der Röntgenröhre zur Folge hat.

Eine für Hochleistungs-Röntgenröhren im allgemeinen zweckmässige Kühleinrichtung wird demnach so ausgebildet

sein, dass der ganze Anodenkörper einschliesslich des Fensters und des die Elektronen-Auftreffplatte enthaltenden Anodenkopfes allseitig von einem Kühlmittelstrom gekühlt wird. Eine solche Kühleinrichtung ist z.B. schon in der älteren DE-PS 902 061 (AEG) beschrieben. Der Anodenkörper besteht dort aus einem Metallrohr, in das seitlich ein entsprechend gekrümmtes Fenster und als Abschluss ein nach aussen halbkugelförmig gewölbter und radiale Schlitze oder Bohrungen als Kühlkanäle enthaltender Anodenkopf eingesetzt sind. Der Anodenkörper ist, einen Zwischenraum belassend, in ein doppelwandiges, ebenfalls halbkugelförmig abgeschlossenes Rohr eingesetzt, dessen Innenraum durch eine Öffnung im Scheitel der Innenwand mit dem Zwischenraum in Verbindung steht, so dass das in den Innenraum des doppelwandigen Aussenrohres eingeführte Kühlmittel durch die Öffnung in die radialen Schlitze des Anodenkopfes eingespritzt wird und durch den Zwischenraum zwischen Anodenkörper und Aussenrohr abfliesst.

Es wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um durch Verbesserung insbesondere der Kühlung des die Elektronen-Auftreffplatte enthaltenden Anodenkopfes die Leistung und die Lebensdauer von Röntgenröhren zu vergrössern.

So ist beispielsweise schon vorgeschlagen worden, in einem hohlen Anodenkopf die der Elektronen-Auftreffplatte gegenüberliegende Kühlfläche statt mit spiralig oder zueinander parallel verlaufenden Kühlmittelströmen (DE-PS 718 031, DE-PS 902 062, US-PS 2 790 102) mittels einer im Hohlraum angeordneten, eine Vielzahl Bohrungen aufweisenden «Dusche» mit Kühlmittel unter Druck zu besprühen, so dass die Kühlfläche mit einem die Wärme schneller abführenden turbulenten Kühlmittelstrom bespült wird (FR-PS 1 129 945, US-PS 2 715 194). Dabei wird eine noch bessere Wärmeabfuhr erreicht, wenn die Kühlfläche, ähnlich wie in der oben genannten DE-PS 718 031, im Bereich der Elektronen-Auftreffplatte in den Hohlraum hinein konvex gewölbt ausgebildet wird (DE-OS 29 34 870, DE-OS 31 24 913). Mit einer so flüssigkeitsgekühlten gewölbte Kühlfläche können bei richtiger Dimensionierung Schädigungen der Elektronen-Auftreffplatte wirksam vermieden und damit die Leistung und die Lebensdauer der Röntgenröhre wesentlich erhöht werden.

Bei einer anderen, in der US-PS 2 886 724 beschriebenen Röntgenröhre enthält der Anodenkopf mehrere zur Röhrenlängsachse parallele, auf die Elektronen-Auftreffplatte hin gerichtete Sackbohrungen, in denen Düsen angeordnet sind, um aus einem konischen Verteilerraum Kühlfüssigkeit auf die Böden der Sackbohrungen zu spritzen, die dann in einer turbulenten Strömung die Wandungen der Sackbohrungen bespült und über einen ringförmigen Sammelkanal durch radiale Bohrungen in einen ersten äusseren Kühlraum geleitet wird. Dieser erste äussere Kühlraum nimmt etwa ein Viertel des Anodenkörperumfanges ein und erstreckt sich längs des zylindrischen Anodenkörpers über die Elektronen-Auftreffplatte hinaus bis in Höhe des Anodenhohlraumes, wo er durch einen Ringkanal an einen zweiten äusseren Kühlraum angeschlossen ist, der dem ersten Kühlraum diametral gegenüberliegt und gleich wie dieser ausgebildet ist. Nach dem Durchströmen des zweiten äusseren Kühlraumes fliesst die Kühlfüssigkeit durch eine Anordnung von Kanälen ab. Das Fenster ist zwischen den beiden äusseren Kühlräumen angeordnet und wird demnach nicht direkt gekühlt. Um ein frühzeitiges Ablösen der in den Anodenkopf integrierten Elektronen-Auftreffplatte zu verhindern, ist vorgeschlagen worden (DE-OS 31 43 141) die Kontur der Grenzfläche zwischen der Auftreffplatte und dem Anodenkopfmaterial einer ausgewählten Isothermenfläche entsprechend zu gestalten, so dass die bei heissem Anodenkopf an der Grenzfläche auftretenden Scherkräfte minimal sind.

Bei Hohlanoden herkömmlichen Aufbaus, d.h. mit einem hohlen Anodenkörper vorzugsweise aus Kupfer, einer in den Hohlraumboden integrierten Elektronen-Auftreffplatte und ei-

nem eine seitliche Strahlen-Austrittsöffnung abschliessenden Fenster, lässt sich eine Herabsetzung der die Röntgenröhre leistungs- und lebensdauerermässig begrenzenden Temperaturen, insbesondere der Brennflecktemperatur im wesentlichen nur durch Verkürzung der Wärmeleitungswege, Vergrösserung der Kühlflächen und Erweiterung des Anodenhohlraumes für den im Brennfleck stattfindenden Elektronenstreuprozess erreichen. Diese Parameter sind, wie vorstehend an einigen Beispielen gezeigt, bei den bekannten Röntgenröhren durch spezielle Ausbildung der Hohlanoden variiert worden, immer mit dem Bestreben, eine möglichst leistungsstarke Röntgenröhre befriedigend langer Lebensdauer zu erhalten. Die, soweit bekannt, bisher erzielten besten Resultate sind Röntgenröhren mit einer Betriebsleistung von 6 kW auf einem Brennfleck von 1,8 mm × 9 mm.

Auf etlichen Gebieten, wie z.B. in der Computer-Tomographie, werden Röntgenröhren besonders hoher Leistung benötigt, so dass Röntgenröhren mit noch höherer Leistung erwünscht sind.

Es war daher Aufgabe der Erfindung, eine flüssigkeitsgekühlte Hohlanode für Röntgenröhren zu schaffen, in welcher die vorstehend genannten, einander teilweise widersprechenden Forderungen kurze Wärmeleitungswege, grosse Kühlflächen und weiter Anodenhohlraum in einer geometrischen Ausgestaltung des strahlenundurchlässigen Anodenkörpers realisiert sind, die durch insbesondere dimensionsmässige Optimierung eine Betriebsleistung von beachtlich mehr als 6 kW bei einer Lebensdauer, die wenigstens in etwa der bekannter Hochleistungs-Röntgenröhren entspricht, zulässt, und die auch einfach im Aufbau ist, um die Herstellungskosten und vor allem die Störanfälligkeit im Betrieb zu verringern.

Die erfindungsgemässe Lösung der Aufgabe besteht in der im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Hohlanode.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Bei der erfindungsgemässen Hohlanode ist der innere Kühlraum zur Kühlung des die Elektronen-Auftreffplatte enthaltenen Hohlraumbodens mit einem den Anodenkörper umfänglich umschliessenden äusseren Kühlraum durch mehrere Kühlkanäle verbunden. Diese drei Kühlabschnitte werden von der Kühlflüssigkeit nacheinander durchströmt. Ohne Schwierigkeiten können der innere und der äussere Kühlraum so dimensioniert und die Anzahl sowie Durchmesser der Kühlkanäle so gewählt werden, dass ab einem vorgegebenen Kühlmittel- Mindestdurchsatz die Kühlmittelströmung in allen drei Kühlabschnitten turbulent bleibt. Die so bestimmten drei Kühlabschnitte können dann im bzw. am Anodenkörper für einen optimal weiten Anodenhohlraum und optimal kurze Wärmeleitungswege angeordnet werden.

Mit einer Hohlanode nach der Erfindung wurde eine Betriebsleistung von 9 kW auf einem Brennfleck von 1,8 mm × 6 mm gegenüber 6 kW der bekannten Hochleistungs-Röntgenröhren erreicht.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Auf der Zeichnung zeigen:

Figuren 1 und 2 einen Längsschnitt bzw. einen Querschnitt durch eine Hohlanode bevorzugter Ausführung,

Figuren 3 und 4 einen Längsschnitt bzw. einen Querschnitt durch eine Hohlanode einer anderen Ausführung.

Die in Figur 1 gesamthaft mit 1 bezeichnete Hohlanode weist einen im wesentlichen zylindrischen Anodenkörper 2 auf, der in einer bevorzugten Ausführungsform aus drei Teilen 2a, 2b und 2c zusammengesetzt ist. Der eine Bauteil 2a des Anodenkörpers 2 enthält den zylindrischen Anodenhohlraum 5, in dessen schräg geneigten Bodenfläche 7 die Elektronen-Auftreffplatte 8 integriert ist. Am anderen Ende geht der Anodenhohlraum 5 über einen konischen Abschnitt 5a in einen verengten Elektronen-Eintrittskanal 4 über, der sich in einem am zylindri-

schen Bauteil 2a stirnseitig angeformten konischen Ansatz 3 befindet. Im Betrieb sind längs der Längsachse 22 der Hohlanode 1 einfallende Elektronenstrahlen auf die Elektronen-Auftreffplatte 8 gebündelt und erzeugen dort den Brennfleck 12. Für des Austritt der Röntgenstrahlen enthält der Anodenkörper-Bauteil 2a seitlich eine konische Austrittsöffnung 10, deren Öffnungswinkel dem Ausstrahlwinkel der Röntgenröhre angepasst ist und die in der zylindrischen Aussenfläche 17a des Bauteiles 2a ausläuft. Die Aussenfläche 17a ist ungefähr in Höhe des Anodenhohlraumes 5 durch einen verhältnismässig breiten Flansch 18a des Bauteiles 2a begrenzt.

Die konische Austrittsöffnung 10 ist durch ein strahlen-durchlässiges Fenster 11 in Form einer ebenen Platte z.B. aus Beryllium abgeschlossen. Das Fenster 11 ist möglichst weit ausgen in eine ringsumlaufende Nut 23 der Austrittsöffnung 10 eingesetzt und mit dem Material des Bauteiles 2a z.B. hart verlötet. Wegen des ebenen Fensters 11 ergibt sich bei der Austrittsöffnung 10 ein in die Aussenfläche 17 des Bauteiles 2a übergehender äusserer Abschnitt 10a, dessen Wandung unabhängig vom Öffnungswinkel so abgeflacht ist, dass sich für ein über das Fenster 11 hinweg strömendes Kühlmittel keine Toträume ergeben.

Bei der in Figur 1 und 2 dargestellten Ausführungsform weist der Boden 6 der Hohlanode als Stirnseite eine zur Längsachse 22 senkrechte ebene Kühlfläche 9 auf, die am Umfang durch einen über sie in axialer Richtung vorstehenden Wulst 24 des Bauteiles 2a begrenzt ist, wobei ihr Durchmesser grösser als der Durchmesser d des Anodenhohlraumes 5 ist. Der Randbereich der Kühlfläche 9 ist mit dem an den Flansch 18a angrenzenden Endbereich der Aussenfläche 17a durch eine Anzahl, im gezeigten Ausführungsbeispiel sieben, Kühlkanäle 19 verbunden, von denen jeder einen zur Längsachse 22 parallelen axialen Abschnitt 19a, der in dem Randbereich der Kühlfläche 9 mündet, und am anderen Ende einen radialen, im genannten Endbereich der Aussenfläche 17a mündenden Abschnitt 19b aufweist. Die seitliche Austrittsöffnung 10 liegt zwischen zwei Kühlkanälen, die im übrigen auf einem Kreisumfang über die Kühlfläche 9 gleichmässig verteilt sind und einen einheitlichen Durchmesser aufweisen.

Der Hohlanoden-Bauteil 2b ist das vereinfachte Gegenstück zum Bauteil 2a und weist wie dieser eine zylindrische Aussenfläche 17b gleichen Durchmessers auf, die durch einen dem Flansch 18a entsprechenden Flansch 18b begrenzt ist. Am anderen Ende weist der Bauteil 2b eine periphere Ausnehmung 25 zur dichten Aufnahme des Wulstes 24 am Bauteil 2a auf, die jedoch etwas weniger tief als der Wulst 24 hoch ist, so dass sich bei zusammengesetzten Bauteilen 2a, 2b ein einerseits durch die Kühlfläche 9 von Bauteil 2a und andererseits durch die Stirnfläche 15 des Bauteiles 2b begrenzter innerer Kühlraum 15 ergibt. Die innere Stirnfläche 15 des Bauteiles 2b ist bei der dargestellten Hohlanode konisch, so dass die axiale Weite des inneren Kühlraumes 13 in radialer Richtung von der Mitte zum Rand hin stetig abnimmt.

Dieser zweite Anodenkörper-Bauteil 2b dient als Kühlverteiler und enthält eine zentrale Bohrung als Kühlmittel-Einlass 14, die mittig in den inneren Kühlraum 13 einmündet. Der Kühlmittel-Auslass 21 ist hier als ein den Kühlmittel-Einlass 14 umschliessender ringförmiger Kanal ausgebildet, von dem radiale Bohrungen 20 zur Aussenfläche 17b des Bauteiles 2b nahe dem Flansch 18b führen.

Die beiden Anodenkörper-Bauteile 2a und 2b bestehen aus einem gut wärmeleitenden Metall, wie üblich aus Kupfer.

Der dritte Anodenkörper-Bauteil 2c ist ein als Kühlmantel dienendes Rohrstück, das die zusammengesteckten beiden Bauteile 2a und 2b umschliesst und mit seiner Innenfläche flüssigkeitsdicht an deren Flansche 18a, 18b anliegt, so dass zwischen den Aussenflächen 17a und 17b der beiden Bauteile 2a und 2b und der Innenfläche des Bauteiles 2c ein ringförmiger äusserer

Kühlraum 16 gebildet ist, der durch die Flansche 18a und 18b an beiden Enden dicht abgeschlossen ist. Zur zusätzlichen Abdichtung können an den Flanschen 18a, 18b Dichtungsringe 26 vorgesehen sein, von denen in Figur 1 einer gezeigt ist.

Der Kühlmantel-Bauteil 2c kann eine verhältnismässig dünne Wandstärke aufweisen und besteht zweckmässig aus einem Röntgenstrahlen wenig absorbierenden Metall, wie Aluminium oder Titan, so dass die aus dem Fenster 11 austretende Röntgenstrahlung nur wenig geschwächt wird. Falls erwünscht, kann der Kühlmantel-Bauteil 2c auch ein dem Fenster 11 gegenüberliegendes zweites Fenster für den Röntgenstrahlenausstritt enthalten.

Die vorstehend beschriebene Hohlanode weist einen besonders einfachen Aufbau auf, wobei bei der Fertigung lediglich in den als Formkörper ausgebildeten Bauteil 2a zusätzlich die Elektronen-Auftreffplatte 8 und das Fenster 11 einzusetzen sind. Die drei Bauteile 2a, 2b, 2c können dann zusammengesetzt und durch herkömmliche einfache Befestigungsmittel, wie z.B. Schrauben gesichert werden.

Zur Erzielung einer langen Lebensdauer bei hoher Betriebsleistung ist die Hohlanode nach der Erfindung zu optimieren, wobei von der Optimierung insbesondere die an einem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorstehend beschriebene, drei Kühlabschnitte umfassende Kühleinrichtung betroffen ist.

Bei der Optimierung der Kühlung wird zweckmässig von einem vorgegebenen Kühlmittel-Mindestdurchsatz ausgegangen und die drei Kühlabschnitte sind so einzurichten und zu dimensionieren, dass überall an ihren Kühlflächen eine turbulente Strömung vorliegt.

Der innere Kühlraum 13:

Die zur Hohlanoden-Längsachse 22 senkrecht oder parallel zur Elektronen-Auftreffplatte 8 ausgerichtete Kühlfläche 9 des inneren Kühlraumes 13 ist so weit vom Brennfleck 12 zu distanzieren, dass die durch das vorgesehene Kühlmittel und den vorgegebenen Kühlmittel-Durchsatz bestimmte Grenzleistungsdichte auf der Kühlfläche 9 nicht überschritten wird. Der innere Kühlraum 13 und der Kühlmittel-Einlass 14 sind so zu gestalten, dass die eingeführte Kühlflüssigkeit auf die Kühlfläche 9 aufprallt und radial zum Rand der Kühlfläche abfließt, wodurch, wie bekannt, eine turbulente Strömung gewährleistet ist.

Da eine einheitliche Fliessgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeit auf der Kühlfläche 9 vorteilhaft ist, ist die im inneren Kühlraum 13 der Kühlfläche 9 gegenüberliegende Fläche, d.h. die Stirnfläche 15, so zu gestalten, dass ihre Distanz von der Kühlfläche von der Mitte zum Rand hin abnimmt, wobei der Kühlmittel-Einlass 14 in der Mitte dieser Fläche 15 angeschlossen ist. Eine konische Fläche 15, wie bei dem vorstehend beschriebenen Beispiel gezeigt, ist gewöhnlich ausreichend.

Die Kühlkanäle 19:

Diese Kühlkanäle 19 dienen vor allem zur Kühlung der durch die in den Anodenhohlraum 5 gestreuten Elektronen erwärmten Innenwand der Hohlanode. Die Ausbildung des mehrere solcher Kühlkanäle 19 umfassenden zweiten Kühlabschnittes erfolgt somit mit Bezug auf den inneren Kühlraum 13 und den Anoden-Hohlraum 5. Die Anordnung, Anzahl und Durchmesser der Kühlkanäle 19 sind so zu wählen, dass sie alle von der aus dem inneren Kühlraum 13 abfliessenden Kühlflüssigkeit in turbulenter Strömung durchflossen werden.

Bei einem zylindrischen Anoden-Hohlraum 5 wird, wie vorstehend beschrieben, jeder Kühlkanal 19 einen zur Anoden-Längsachse 22 parallelen Abschnitt 19a aufweisen, der vom Aussenbereich des inneren Kühlraumes 13 bis in Nähe des oberen Hohlraumendes reicht. Hat der innere Kühlraum 13 eine zur Längsachse 22 senkrechte Kühlfläche 9, so können die Kühlkanäle 19 einheitliche Durchmesser haben und rings um den Anoden-Hohlraum 5 mit gleichen Abständen voneinander angeordnet sein. Bei einer zur schräggestellten Elektronen-Auftreffplatte 8 parallelen Kühlfläche 9 können verschiedene

Durchmesser und ungleiche Abstände der Kühlkanäle 19 vorteilhaft sein.

Der äussere Kühlraum 16:

Dieser äussere Kühlraum 16 erstreckt sich rings um die Mantelfläche des Anodenkörpers 2 und ist so auszubilden, dass die aus den Kühlkanälen 19 ausfliessende Kühlflüssigkeit über die Mantelfläche gleichmässig verteilt wird und durch einen entsprechend ausgebildeten Kühlmittel-Auslass 20, 21 abfliessen kann. Durch Wahl einer entsprechenden Weite für den äusseren Kühlraum 16 lässt sich auch in diesem dritten Kühlabschnitt eine gewünschte Kühlmittelfliessgeschwindigkeit einstellen.

Da der Anodenkörper 2 vorzugsweise ein zylindrischer Hohlkörper ist, ist der äussere Kühlraum 16 ein ringförmiger Raum von, mit Ausnahme des Bereichs um das Fenster 11 herum, einheitlicher Weite.

Bei einem, die vorstehend beschriebene Kühleinrichtung enthaltenden zylindrischen Anodenkörper 2 mit zylindrischem Anodenhohlraum 5 wird dann der Durchmesser d des Anodenhohlraums 5 in Abhängigkeit von den Kühlkanälen 19 maximal gewählt, so dass der im Brennfleck gestreute Energieanteil möglichst brennfleckfern absorbiert wird. Ferner ist der Aussen-durchmesser D des Anodenkörpers 2 in Abhängigkeit von den Kühlkanälen 19 minimal zu bemessen, um die Wärmeleitungswege bis zur gekühlten Aussenfläche kurz zu halten.

Weitere Optimierungen betreffen das Strahlen-Austrittsfenster 11 und die Elektronen-Auftreffplatte 8.

Das seitlich in den Anodenkörper 2 eingesetzte Fenster 11 ist dem vorgesehenen Ausstrahlwinkel der Röntgenröhre entsprechend auszulegen und hinter einer konischen Austrittsöffnung 10 brennfleckfern zu installieren, um den das Fenster 11 erreichenden Elektronen-Streuanteil zu minimalisieren.

Die Elektronen-Auftreffplatte 8, die in der Regel aus Wolfram besteht, ist derart zu dimensionieren, dass für den orthogonal vom Brennfleck ausgehenden Wärmestrom eine maximale Ausbreitungsmöglichkeit innerhalb des Anodenkörpers, der üblicherweise aus Kupfer besteht, vorliegt.

Da Kupfer eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Wolfram besitzt, ist es zweckmässig, wie schon vorgeschlagen worden ist, die Flächen-Abmessungen der Elektronen-Auftreffplatte 8 den Brennfleckabmessungen anzupassen und die Dicke der Elektronen-Auftreffplatte 8 derart zu bemessen, dass der Temperatursprung in Wolfram zur maximal zulässigen Temperatur des Kupfer-Anodenkörpers 2 führt, bei der eine wärmeschlüssige Verbindung zwischen Wolfram und Kupfer dauerhaft gewährleistet ist.

Figur 3 zeigt einen Längsschnitt und Figur 4 einen Querschnitt längs der Linie B - B durch eine Hohlanode nach der Erfindung in einer geänderten Ausführung, bei der ebenfalls die vorstehend zusammengefasste Optimierung der Kühlung realisiert ist.

Im Aufbau entspricht diese Hohlanode im wesentlichen der in Figur 1 und Figur 2 gezeigten, was durch gleiche Bezugszeichen für einander entsprechende Teile berücksichtigt ist. Lediglich die untere Partie des Anodenkörper-Bauteils 2a und entsprechend der Anodenkörper-Bauteil 2b haben hier eine andere Ausgestaltung erfahren.

Jeder Kühlkanal 19 weist wie bei der vorhergehenden Ausführung einen axialen Abschnitt 19a auf, der am oberen Ende durch einen in der Aussenfläche 17a mündenden radialen Abschnitt 19b mit dem äusseren Kühlraum 16 verbunden ist. Am unteren Ende jedes axialen Abschnittes 19a schliesst ein zweiter radialer Abschnitt 19c an, der in dem mit der Längsachse 22 koaxialen zylindrischen Kühlmittel-Einlass 14 mündet. Zur Bildung des Kühlmittel-Einlasses 14 kann, wie dargestellt, unten in den Anodenkörper-Bauteil 2a ein Rohrstück 27 eingesetzt sein.

Der Anodenkörper-Bauteil 2b weist eine ebene, zur Längsachse 22 senkrechte innere Stirnfläche 15' und eine mit der Längsachse 22 koaxiale Bohrung 28 auf, deren Durchmesser

grösser als der Durchmesser des Rohrstückes 27 ist, so dass zwischen dem Rohrstück 27 und der Innenwand des Bauteils 2b ein ringförmiger Kanal als Kühlmittel-Auslass 21 gebildet ist. Der äussere Kühlraum 16 reicht bis zur inneren Stirnfläche 15' des Bauteils 2b, die von der Unterseite des Bauteils 2a Abstand hat, so dass der äussere Kühlraum 16 durch einen flachen ringförmigen Hohlraum mit dem Kühlmittel-Auslass 21 verbunden ist.

Bei dieser Ausführung umfasst demnach die Kühlfläche 9 des Anodenkörper-Bauteils 2a zwei Abschnitte: einen dem Brennfleck 12 näher liegenden kreisförmigen zentralen ersten Abschnitt 9', von dem strahlenartig die radialen Kühlkanal-Abschnitte 19c wegführen und auf den durch den Kühlmittel-Einlass 14 zugeführtes Kühlmittel aufprallt, und einen ringförmigen zweiten Abschnitt 9'', der in einem grösseren Abstand vom Brennfleck 12 den zentralen ersten Abschnitt 9' umschliesst. Der innere Kühlraum 13' umfasst den durch den zentralen ersten Kühlflächen-Abschnitt 9' begrenzten Endbereich des Kühlmittel-Einlasses 14 und zumindest die Anfangsbereiche der von diesem wegführenden radialen Kühlkanal-Abschnitte 19c. Der zwischen dem ringförmigen zweiten Kühlflächen-Abschnitt 9'' und der inneren Stirnfläche 15' des Anodenkörper-

Bauteils 2b liegende flache ringförmige Hohlraum 29 stellt dabei einen inneren Hilfskühlraum dar, durch den die Kühlwirkung des inneren Kühlraumes 13' unterstützt wird. Um einen vorgegebenen Abstand des Anodenkörper-Bauteiles 2b vom Bauteil 2a zu gewährleisten, können auf dem ringförmigen zweiten Kühlflächen-Abschnitt 9'' und/oder auf der inneren Stirnfläche 15' des Bauteils 2b vorzugsweise radiale Rippen oder Noppen (in Figur 2 nicht dargestellt) angeformt sein, durch die der Kühlmittelstrom nicht beeinträchtigt wird.

Es hat sich gezeigt, dass die Lebensdauer einer Röntgenröhre mit einer Hohlanode nach der Erfindung, bei der die angegebenen Optimierungsmassnahmen berücksichtigt worden sind, wesentlich erhöht werden kann und dass sich eine solche Röntgenröhre mit höheren Leistungen betreiben lässt, ohne dass eine Schädigung der Hohlanode einsetzt. Während die bekannten leistungsstärksten Röntgenröhren, wie eingangs erwähnt, mit einer Leistung von 6 kW betrieben werden können, ergab sich für eine Röntgenröhre mit einer Hohlanode nach der Erfindung eine Betriebsleistung von 9 kW auf einem kleineren Brennfleck, so dass mit der vorliegenden Erfindung ein Leistungsgewinn von 50% erzielt worden ist.

Fig.1

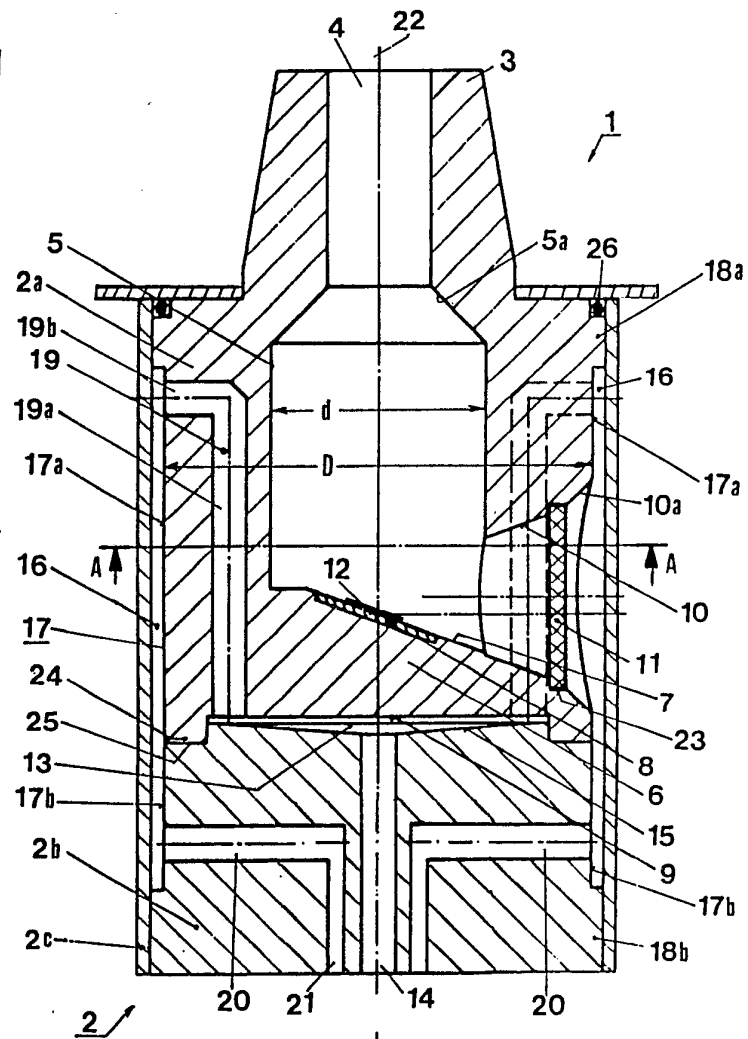


Fig.2

