Ueber die Verwendung der Glühkathodenröhren in der Röntgendiagnostik.

Von Dr. Johannes Schütze in Berlin.

Bekanntlich spielt sich der Therapiebetrieb mit Glühkathodenröhren verhältnismäßig einfach ab; wer sich mit seiner therapeutischen Tätigkeit auf ihn eingestellt hat, wird ungern eine andere Röhrenart für Bestrahlungen benutzen. Schwieriger und oft zu weniger guten Resultaten führend ist ihr Gebrauch zur Diagnostik. Hier sind es zwei große Gruppen, für welche sich die Inanspruchnahme der Röhren wesentlich verschieden gestaltet: auf der einen Seite die Durchleuchtungen und auf der anderen Seite die Herstellung der Aufnahmen.

Bei den Durchleuchtungen ist die Handhabung der Röhren immerhin noch verhältnismäßig einfach. Legt man der Arbeit die von Albers-Schönberg angegebenen Stichworte: Helleres Licht (Heizstromvermehrung), dunkleres Licht (Heizstromverminderung), härteres Licht (Spannungsvermehrung), weiches Licht (Spannungsverminderung) zugrunde und sucht man sich bei der für die Durchleuchtungen in Frage kommenden verhältnismäßig niedrigen Gesamtbelastung das im speziellen Fall am meisten zusagende Licht am Schirmbild durch Kombination der beiden genannten Regulierungsmöglichkeiten heraus, so ist es nicht schwierig, die geeigneten Einstellungen für auch länger dauernde Durchleuchtungen zu finden. Ich empfehle in jedem Fall, bei der Vornahme von Durchleuchtungen in gewissen Abständen die Höhe der auf den Patienten einwirkenden Röntgenmengen festzustellen, um insbesondere bei den langdauernden Durchleuchtungen (z. B. Magen, Darm usw.) den Patienten niemals einer Schädigungsgefahr auszusetzen. Es ist dies eine Sache von wenigen Sekunden Dauer, wenn man sich in der Weise, wie ich dies bereits auf dem Röntgenkongreß 1914 ausführte, des Fürstenau-Intensimeters hierzu bedient. Man kann dabei sofort bei der Ablesung die höchstzulässige Gesamtdurchleuchtungszeit ausrechnen.

Gegen die Verwendung der Glühkathodenröhren in der Aufnahmetechnik richten sich hauptsächlich zwei Beanstandungen. Die eine bezog sich darauf, daß die Bildschärfe der Glühkathodenröhren nicht ausreichend sei (der Fokus also nicht klein genug), die Schärfe stände jedenfalls deutlich hinter derjenigen der gewöhnlichen Gasröhren (Ionenröhren) zurück. Die zweite Einwendung war die, daß mit der Glühkathodenröhre erzeugte Bilder in der Regel auffallend grau, d. h. kontrastlos seien. Beide Einwendungen bestehen nach meinen ziemlich ausgedehnten Erfahrungen heute nicht mehr zu Recht. Bezüglich der Bildschärfe ist zu sagen, daß es den Fabriken neuerdings gelungen ist, den Fokus der Glühkathodenröhre für die Diagnostik so zu dimensionieren, daß die erzielte Bildschärfe keineswegs hinter derjenigen der Gasröhren zurücksteht. Von den Röhren der Firma Müller entnehme ich diese Tatsache einem Bericht über einen Vortrag in der Frankfurter Röntgen-Gesellschaft, bei den Fürstenau-Glühkathodenröhren der Radiologie Berlin kann ich es aus eigener ausgedehnter Erfahrung bestätigen. Ich habe zahlreiche Vergleichsaufnahmen bei dem gleichen Patienten, einmal mit gashaltiger Röhre mittelscharfen Brennpunktes, wie sie bisher für hochbelastete Aufnahmen (Lunge, Herz, Niere, Gallensteine usw.) benutzt wurden, und

auf der anderen Seite mit Fürstenau-Glühkathodenröhren hergestellt. Das Resultat fiel durchweg zugunsten der letzteren aus. Wenn somit der Vorwurf der mangelnden Bildschärfe bei den Glühkathodenröhren heute nicht mehr aufrechtzuerhalten ist, so bleibt nur noch übrig, sich zu fragen, wie es denn mit dem Vorwurf der Kontrastlosigkeit der Glühkathodenröhrenbilder bestellt ist. Was dies betrifft, so will ich im Nachstehenden zeigen, wie man unter Anwendung eines kleinen Kniffs bei der Verwendung einer beliebigen Glühkathodenröhre, auch bei Lungen, Nieren, bei Gallensteinen, Magen und Darm Aufnahmen in jedem beliebigen Härtegrad und gleichzeitig mit beliebiger Kontrastwirkung auf die Platte bekommen kann. Sobald man diesen kleinen Kniff kennt, sind die Hochbelastungsaufnahmen mittels Glühkathodenröhre nicht mehr von den mit gashaltiger Röhre angefertigten zu unterscheiden; höchstens kann man in manchen Fällen feststellen, daß sogar die von der Glühkathodenröhre gelieferten Bilder die besseren sind. Zum Verständnis des erwähnten kleinen Kunstgriffes möchte ich ein Bild verwenden, welches vielleicht nicht in allen seinen Teilen exakt zutrifft und gegen welches die Herren Physiker vielleicht Einwendungen vorbringen werden, das aber doch nach meinem Gefühl dem Mediziner den in Frage kommenden Vorgang in recht anschaulicher Weise vor Augen bringt:

In der Glühkathodenröhre hängt die Menge und die Art der erzeugten Röntgenstrahlen von zwei Faktoren ab, nämlich von der Stromstärke (Milliampère) und von der an die Röhre gelegten Spannung (Kilovolt). Wenn wir uns den Vorgang des Stromhindurchtritts durch die Röntgenröhre dargestellt denken durch die Bewegung eines mit Pferden bespannten Lastwagens, der mit Pflastersteinen beladen ist, so können wir uns Folgendes vergegenwärtigen: Wenn wir den Wagen mit zwei Pferden bespannen und zunächst wenig Pflastersteine auf ihn laden, so werden die Pferde in der Lage sein, den Wagen (also die Pflastersteine) mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorwärts zu bringen, und wenn wir nun die Bespannung unverändert lassen, aber die Ladung durch Hinzufügen von immer mehr Pflastersteinen vergrößern, so wird die Bewegung des Wagens infolge der größeren Last, welche die Pferde zu ziehen haben, langsamer werden. Ich setze also hier die Bespannung des Wagens in Beziehung zu der an die Röhre angelegten Spannung; diese Spannung setzt die Elektronen, welche durch die Röhre hindurchfliegen und Röntgenstrahlen erzeugen, in Bewegung. Die Elektronenzahl ist durch die Anzahl der Pflastersteine auf dem Wagen wiedergegeben. Die Bewegung der Elektronen erzeugt in der Röntgenröhre infolge ihres Auftreffens auf der Antikathode Röntgenstrahlen, und zwar sind die erzeugten Röntgenstrahlen um so härter, je größer die Geschwindigkeit ist, mit welcher die Elektronen sich bewegen, und um so weicher, je weniger groß die Geschwindigkeit ist. Aus unserem Bilde folgt also: Wenn wir bei unveränderter Spannung (Wagenbespannung) die Zahl der Elektronen (Milliampère, Pflastersteine) erhöhen, indem wir den Heizstrom entsprechend regulieren, so wird mit zunehmender Stromstärke in der Röhre gleichzeitig die erzeugte Röntgenstrahlung weicher, weil in diesem Fall durch die Geschwindigkeit der Elektronen durch ihre vermehrte Anzahl vermindert ist. Wir können den Härtegrad wieder dadurch erhöhen, daß wir die Spannung erhöhen; denn es ist klar, daß wir, um an unser gebrauchtes Bild anzuknüpfen, sofort wieder eine schnellere Fortbewegung des Wagens herbeiführen, wenn wir bei vergrößerter Ladung auch die Bespannung des Wagens erhöhen, statt der vorher verwendeten 2 Pferde also z. B. jetzt 3 oder 4 Pferde vorspannen. Praktisch ausgedrückt heißt dies also, daß in der Glühkathodenröhre tatsächlich nicht eine volle Unabhängigkeit zwischen Stromstärke und Spannung oder Milliampère und Härte der erzeugten Strahlen besteht, wie dies eigentlich theoretisch gefordert wird.

In der Tat besteht eine solche Unabhängigkeit, wie man leicht am Schirm beobachten kann, nicht oder wenigstens von einer gewissen Grenze, deren Lage sich nach der verwendeten Spannung richtet, nicht mehr. Wenn man in der Nähe dieser Spannungsgrenze bei unveränderter Spannungseinstellung die Stromstärke erhöht, so geht die Helligkeit des Schirmbildes zurück; man sagt, es tritt dann die „Raumladung“ (man denke an die Pflastersteinüberladung!) auf. Der bisher übliche Vorgang ist wohl immer der gewesen, daß man nun zur Beseitigung der Raumladung die Spannung erhöhte, und dies ist m. E. die Ursache für das Entstehen grauer, kontrastloser Bilder. — Ich mache es umgekehrt. Ich suche bei der Benutzung der Glühkathodenröhren zu bestimmten Hochbelastungsaufnahmen mir diesen Punkt, bei welchem also bei zunehmender Stromstärke das Schirmbild in seiner Helligkeit nachzulassen beginnt, auf und benutze ihn für die Herstellung meiner Aufnahmen, denn, wie ich gefunden habe, liegt hier das Optimum für die Anfertigung weicher, kontrastreicher, kurzfristiger Thoraxbilder und ebenso dasjenige von Nieren, Gallensteinen usw. Es sei der Vollständigkeit halber eingefügt, daß meine Erfahrungen sich nur auf die Apparate vom Typ des Veifa-Reformapparates beziehen; ob bei Apparaten anderer Bauart die Erscheinungen in gleicher Weise zu beobachten und praktisch zu benutzen sind, entzieht sich meiner Kenntnis, es würde sich wohl lohnen, wenn Kollegen, die andere Apparate besitzen, dies einmal ausprobieren würden. Ich arbeite also praktisch bei einer Lungenaufnahme an meinem Apparat folgendermaßen: Ich nehme eine mittlere Spannungseinstellung, sodaß ich bei Ausschaltung aller Widerstände eine Funkenstrecke von etwa 20 cm erreiche, und belaste die Glühkathode mit etwa 4 Ampère Heizstrom, wobei ich etwa 16–17 Milliampère sekundär erhalte. Bei dieser Milliampèrezahl liegt bei der be-

treffenden Röhre und bei der erwähnten Spannungsbelastung die Raumladungsgrenze, bei anderen Röhrenexemplaren und anderer Spannungseinstellung liegt sie höher oder tiefer, aber doch in der Nähe dieser Zahlen. Nun reguliere ich meinen Zeitschalter auf etwa 6 Sekunden ein und gebe Strom. Nach Ablauf der ersten 3 Sekunden gehe ich mit dem Heizstrom ein wenig zurück, sodaß das Milliampèremeter auf etwa 15—16 Milliampère fällt und ich dadurch aus der Raumladungsgrenze herauskomme. Ich erhalte dann das, was ich schon früher, z. B. im Leitfaden für das röntgenologische Hilfspersonal (Enke, Stuttgart, I. und II. Auflage), als Hart-Weich-Aufnahme oder im vorliegenden Fall richtiger als Weich-Hart-Aufnahme bezeichnet habe, das will heißen, daß ein Teil der Aufnahme in weichem Licht, der andere Teil in einem etwas härteren Licht abläuft. Dieser kleine Kniff gibt, wie meine zahlreichen Erfahrungen beweisen, besser durchexponierte Bilder und gleichzeitig verkürzte Aufnahmezeiten.

In ähnlicher Weise gehe ich bei den anderen weich gewünschten Ausschaltung aller Widerstände. Ich erhalte dann etwa 33 cm parallelarbeit des Bildes in kurzer Zeit oder nur dann zu erzielen, wenn man unterhalb der Raumladungsgrenze arbeitet, bei ihnen wähle ich demnach eine erheblich höhere Spannungseinstellung, als sie die verwendete Stromstärke in Bezug auf Raumladungseffekt verlangt. Ich nehme z. B. die höchste Spannungseinstellung und arbeite unter Ausschaltung aller Widerstände. Ich erhalte dann etwa 33 cm parallele Funkenstrecke und wähle eine sekundäre Stromstärke von 10 Milliampère. Die Exposition gelingt dann bei mittelstarken Erwachsenen in etwa 0,5—1 Sekunde.

Arbeitet man auf die eben beschriebene Weise, so ist es tatsächlich möglich, mit einer einzigen Röhre den gesamten Diagnostikbetrieb zu bestreiten; ich wenigstens benutze für Durchleuchtungen, Magen-Darmaufnahmen, Lungen-, Nierenaufnahmen ein und dieselbe scharf zeichnende Fürstenau-Glühkathodenröhre. Bei einiger Uebung schafft man auch jede andere gewünschte Aufnahme, wie Schädel, Extremitäten usw., damit.

Die Vereinfachung des Betriebes durch Verwendung der Glühkathodenröhre ist so wesentlich, daß ich nur dazu raten kann, von ihren Vorzügen im diagnostischen Betriebe Gebrauch zu machen und sich auch nicht durch vielleicht anfängliche Mißerfolge abschrecken zu lassen. Die Haltbarkeit der von mir benutzten Röhren hat sich als recht gut erwiesen, sie steht jedenfalls derjenigen der Ionenröhren nicht nach, übertrifft sie in Hinsicht der vielfachen verschiedenen Inanspruchnahme aber erheblich.