

Da das Verhältnis $\frac{l}{h} = \frac{80}{15} \approx 5,4$ immer das gleiche bleibt, so muß auch $\frac{E_{max}}{E_m}$ und $\frac{E_{min}}{E_m}$ immer denselben Wert ausmachen. Das E_{max} ist hier gleich $2,5 \cdot 2 = 5,0$ Lux und das $E_{min} = 0,186 \cdot 2 = 0,37$ Lux.

In analoger Weise lassen sich alle Aufgaben, die in der Praxis vorkommen, lösen.

Da die Überlegungen und Formeln sich immer wiederholen, so sehe ich hier von weiteren Beispielen ab, und hoffe, daß sich jeder an Hand des Gegebenen für den einzelnen Fall zurechtfinden wird. Von der Aufstellung tabellarischer Werte über die Zahl der HK bei den verschiedenen Ausstrahlungswinkeln für verschiedene Bogenlampen, sowie der J_m - und J_c -Werte habe ich Abstand genommen, da sich solche Werte in jedem Handbuch — falls Bedarf dafür vorhanden ist — finden; im übrigen ist der Ingenieur in der Praxis über viele dieser Werte von vornherein orientiert.

Ich verweise hier bezüglich der tabellarischen Zusammenstellung über diese Werte nochmals auf die Arbeiten von Paul Högner, „Über Lichtstrahlung und Beleuchtung“, E. Heyck, „Über Wesen und Wirtschaftlichkeit neuerer elektrischer Starklichtquellen“ und Monasch, „Die elektrische Beleuchtung“.

R. Elektrische Einrichtungen im Anschluss an Zentralanlagen.

I. Röntgeneinrichtungen.

1. Allgemeines.

Ohne Zweifel ist für den Betrieb einer Röntgeneinrichtung¹⁾ der Gleichstrom am geeignetsten; dieselbe kann am bestehenden Gleichstromnetze bei 65 bis 600 Volt angeschlossen werden. Die an ein Gleichstromnetz angeschlossenen Röntgeneinrichtungen genügen allen Anforderungen, falls die Betriebsspannung nicht zu niedrig — nicht unter etwa 90 Volt —, der Induktor leistungsfähig — nicht unter 40 cm Funkenlänge — ist, sowie die Verwendung eines elektrolytischen Unterbrechers erfolgt. Die Sekundärfunken des Induktors sind entweder Öffnungsfunken — Funken positiver Richtung — oder Schließungsfunken — Funken negativer Richtung. Die stärkeren und längeren Öffnungsfunken dienen zur Erregung der Röntgenröhre, während die Schließungsfunken in der Röntgenröhre vermieden werden müssen.

¹⁾ Siehe hierzu auch Nachrichten der Siemens u. Halske A.-G.

Die Länge der Funken ist abhängig von der Entfernung der Elektroden, bei welcher noch eine Überbrückung erfolgt. Die Intensität der Funken nimmt zu mit der Höhe der sekundären bzw. primären Stromstärke, und die Funkenzahl ist den am Unterbrecher erfolgten Unterbrechungen gleich. Bei Anwendung für Therapie, Durchleuchtung oder für kürzere oder längere Expositionszeit muß man Intensität, Funkenlänge und -zahl regulieren können. Wie oben schon erwähnt, ist besonders die Röntgeneinrichtung für Anschluß an ein Gleichstromnetz mit Wehneltunterbrecher geeignet, die Öffnungsfunken in bezug auf Intensität, Länge und Zahl in großen Grenzen unabhängig voneinander zu verändern und die Schließungsfunken klein und unschädlich für die Röntgenröhre zu erhalten. Diese leistungsfähige Gleichstrom-Röntgeneinrichtung kann auch bestehen bleiben bei Anschluß an Wechselstrom- oder Drehstromnetze in Verbindung mit einem elektrolytischen Ventilapparat. Bei den erwähnten Einrichtungen kommen keine rotierenden Teile in Frage und kommt der bezüglich Einfachheit, Leistungs- und Regulierfähigkeit, sowie Betriebssicherheit vollkommenste Unterbrecher, d. h. der Wehneltunterbrecher, zur Verwendung. Um diesen für die Röntgeneinrichtung geeignetsten Betrieb auch bei Anschluß an ein Wechselstrom- oder Drehstromnetz beibehalten zu können, wurde früher durch ein Maschinenaggregat — Wechselstrom- bzw. Drehstrom-Gleichstrom-Umformer — eine konstante Gleichstromlieferung erzielt. Da dieser aus Motor und Dynamo zusammengesetzte Umformer eine bedeutende Verteuerung der Anlage bedingt, so wurde neuerdings durch Verwendung von elektrolytischen Ventilapparaten — insbesondere der Firma Siemens u. Halske patentierten Schaltung — der benötigte Wechselstrom- bzw. Drehstrom-Gleichstrom-Umformer hergestellt, welcher auch noch zur Lieferung von Gleichstromenergie für andere Zwecke — z. B. Laden von Akkumulatoren, Quecksilberdampfampfenbetrieb usw. — verwendet werden kann.

Die Drehstrom-Röntgeneinrichtung ist der Wechselstrom-Röntgeneinrichtung überlegen durch größere Leistungsfähigkeit bei gleicher Netzspannung, vollständige Unabhängigkeit der Unterbrechungszahl von der Periodenzahl und die Verwendung der elektrolytischen oder mechanischen Unterbrecher. Es bestehen bei der Drehstrom-Röntgeneinrichtung folgende Vorteile: größte Leistungsfähigkeit, Regulierfähigkeit auf Intensität, Länge und Zahl der sekundären Induktionsfunken, Schließungslichtfreiheit, d. h. tunlichste Abschwächung bzw. Vermeidung der Schließungsfunken, große Betriebssicherheit, einfache Bedienung, geringe Betriebs- bzw. Unterhaltungskosten, Freiheit in Wahl der elektrolytischen oder mechanischen Unterbrecher, kein Geräusch und keine Dampfenwicklung, welche eine Aufstellung im Röntgenzimmer unmöglich machen, besondere Prüfeinrichtung, durch welche die Güte der Einrichtung dauernd kontrolliert werden kann, und ferner noch die Möglichkeit, die Gleichstromenergie anderweitig, z. B. für Arsonvalisation

Augenelektromagneten, zum Betriebe von Quecksilberdampf lampen, Gleichstrommotoren für Vibrationsmassage und chirurgische Operationen und zum Laden von Akkumulatoren zu verwenden.

In letzter Zeit werden speziell die Röntgeneinrichtungen mit rotierendem Hochspannungsgleichrichter verwendet. Diese Einrichtungen haben speziell für Krankenhäuser eine Reihe von Vorteilen, als da sind: schließungslichtfreier Betrieb der Röntgenröhre und somit scharfe Aufnahmen, Ersatz des unökonomischen Betriebes des Induktors durch einen Transformator von konstanter Spannung, Herstellung von durch-aus guten und scharfen Durchleuchtungsbildern, sowie gute und konstant bleibende Dosierung bei Bestrahlungen, bedingt durch die Verwendung von Wechselstrom und die gute Regulierung, und konstante Transformatorenspannung, ferner Momentaufnahmen ohne spezielle Schaltung usw. — Ich werde im folgenden kurz einiges über Untersuchungen von Röntgeneinrichtungen mit Wehneltunterbrecher — weil dieses die gebräuchlichste Einrichtung ist — und sodann Beschreibung und Gebrauch der meist verwendeten Röntgeneinrichtungen, sowie einiges über Röntgenröhren mitteilen, um dem Interessenten eine kurze Darstellung und Belehrung vor Anschaffung und bei Betrieb einer Röntgeneinrichtung zu geben.

2. Untersuchung von Röntgeneinrichtungen.

Neben den häufiger vorkommenden Schaltungsfehlern gibt es eine Reihe Fehler¹⁾, durch die das gute Funktionieren der Einrichtung beeinträchtigt wird. Es sind hier folgende Apparate zu betrachten: a) Wehneltunterbrecher, b) Induktor, c) Röntgenröhre.

Ad a). Quantität und Qualität der Flüssigkeit des Unterbrechers muß normal bemessen sein. Am vorteilhaftesten wird als „Elektrolyt“ verdünnte Schwefelsäure verwendet, da diese Flüssigkeit bei einem spezifischen Gewicht von 1,20 einen geringen elektrischen Widerstand darbietet und somit der elektrische Energieverbrauch und die Erwärmung des Elektrolyten klein sind; aus demselben Grunde — betreffend kleinen elektrischen Widerstand — wird die Menge der Säure sehr reichlich bemessen und die Dichte nicht unter 1,20 gewählt. Die Menge beträgt bei einem dreiteiligen Wehneltunterbrecher etwa 18 Liter.

Die Platinstifte beim Wehneltunterbrecher müssen so eingestellt werden, daß die Anfangsstromstärke groß genug wird. Bei einem dreiteiligen Wehneltunterbrecher ist z. B. Stift 1, 2, 3 auf etwa 5, 10, 15 Amp. Anfangsstromstärke einzustellen; ob die Stifte dünn oder dick sind, ist belanglos. Bei den neueren Einrichtungen gilt die Zahl 1 für den Stift mit kleinster, 2 für den Stift mit größter aktiver Oberfläche. Die Länge der Stifte ist für den dünnen 1 bzw. die dicken 2 und 3 nicht unter 3 bzw. 1,5 und 2,5 mm zu wählen.

¹⁾ Siehe hierzu Nachrichten von Siemens u. Halske, Nr. 34.

Das Porzellandiaphragma des Wehneltunterbrechers muß gut erhalten bleiben; falls z. B. ein größeres Stück des untersten Teiles des Diaphragmas abbricht, so arbeitet der Platinstift nicht mehr normal; es tritt sodann zwischen Platinstift und Diaphragmawand ein größerer Zwischenraum ein und sind die beiden Flüssigkeitsteile innerhalb und außerhalb des Diaphragmas nicht mehr durch einen schmalen Flüssigkeitsring in Verbindung.

Ad b). Die Induktorprüfung bezieht sich auf Ermittlung der maximalen Funkenlängen bei verschiedenen Schaltungen der Primärwicklungen. Die maximale Funkenlänge für eine bestimmte Schaltung ist erreicht, wenn der Funkenübergang zwischen Funkenmesserspitze und Platte bei der äußersten Entfernung derselben noch regelmäßig erfolgt. Bei der Funkenzahl 1 pro Sekunde (gleich der Unterbrechungszahl) nimmt man die Entfernung zwischen Funkenmesserspitze und der Platte um 5 cm kleiner, als es der maximalen Funkenlänge bei der betreffenden Induktorschaltung entspricht. — Bei Schaltung I + II + III am Induktor — alle Primärwicklungen I, II und III hintereinander — und einem 50 cm-Induktor, entsprechend 15 cm maximaler Funkenlänge, ist z. B. die Entfernung zwischen Spitze und Platte zu 10 cm zu wählen. — Sodann schalte man den ganzen Widerstand am Schalttisch oder der Schalttafel und hierauf den Strom ein und stelle die Widerstandskurbeln so, daß etwa eine Unterbrechung pro Sekunde eintritt. Zum Schlusse bringe man die Funkenmesserspitze so weit von der Platte, daß die maximale Funkenlänge erreicht wird; es ist sodann die Anfangsstromstärke für den betreffenden Platinstift erzielt. Analog kann man bei jeder anderen Schaltung bei Funkenzahl bzw. Unterbrechungszahl 1 die maximale Funkenlänge erreichen. Durch Ausschaltung von Widerstand wird die primäre Stromstärke und hiermit auch die Funkenzahl und in etwas auch die Funkenlänge erhöht. Ist bei der maximalen Funkenlänge für den Induktor der Funkenübergang konstant, so funktioniert die Anlage normal.

Ad c). Sind alle Apparate betriebsfähig und arbeitet die Röhre nicht, so ist der Widerstand derselben zu groß, d. h. die Röhre ist zu hart, um ein regelmäßiges Aufleuchten zu erreichen, da mehrere Funkenentladungen ausfallen. Falls der Härtegrad der Röhre für die betreffende Funkenlänge normal ist, und die Wehneltstifte richtig eingestellt sind, wird jedem Funken ein Aufleuchten der Röhre und des Fluoreszenzschirmes entsprechen. An der Stärke des Aufleuchtens des Schirmes ist die Härte der Röhre zu erkennen. Falls die Röhre bei Schaltung I + II + III am Induktor — kleinste Funkenlänge — nicht anspricht, so ist die Röhre hart. Spricht sie bei Schaltung I + II — mit kleiner Funkenlänge — ebenfalls nicht an, so ist sie sehr hart und kann so nicht benutzt werden. Bei Kombinationsschalteinrichtung ist bei Ermittlung des Härtegrades der Röhre für die kleinste Funkenlänge Induktorschaltung I + II + III und Wehneltstift 2 und für die mittlere Funkenlänge Induktorschaltung I + II und Wehneltstift 3 zu wählen.

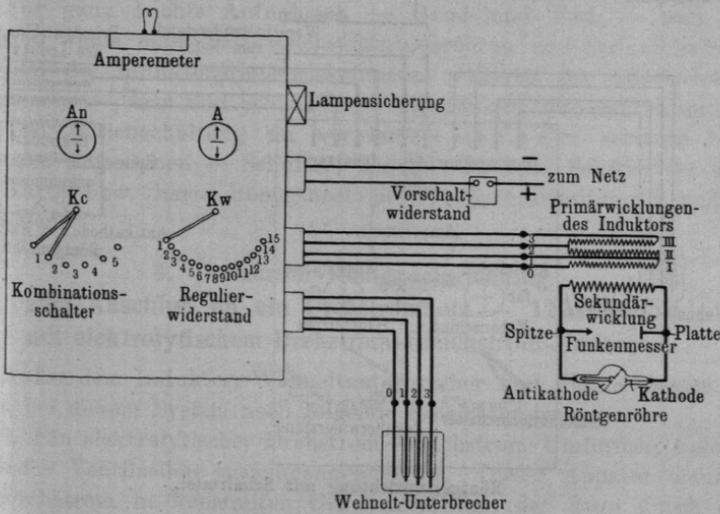
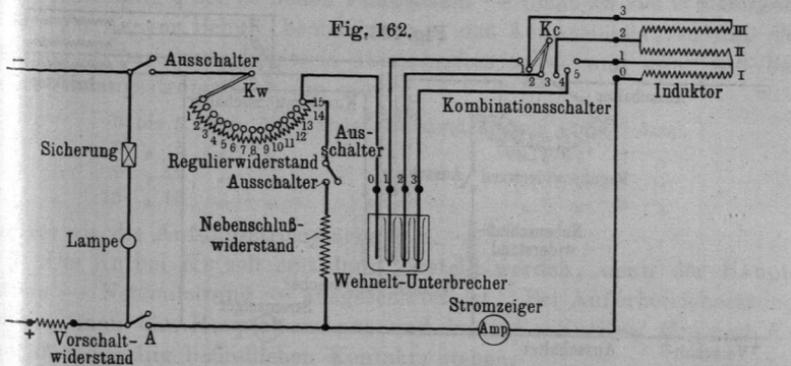
Bei Einrichtungen mit getrennten Kurbeln dient eine zur Umschaltung der primären Induktorwickelungen und die anderen zur Umschaltung der Wehneltstifte; bei Röhrenuntersuchungen muß man also für kleinste und mittlere Funkenlänge die Umschaltkurbeln für die Induktorwickelungen und die Wehneltstifte auf die entsprechenden Kontakte drehen.

3. Gleichstrom-Röntgeneinrichtung zum Anschluß an ein Gleichstromnetz.

Eine dem heutigen Stande der Technik entsprechende Gleichstromeinrichtung besteht aus einem Induktor von 40 bis 60 cm Funkenlänge mit diversen Primärwickelungen (3), und zwar so geschaltet, daß I allein der vollen Funkenlänge, I und II in Serie der mittleren Funkenlänge oder I, II und III in Serie der kleinsten Funkenlänge entspricht, einem Schaltapparat, zusammengesetzt aus einem Regulierwiderstand, welcher zur Einstellung der jeweiligen Induktorleistung dient, einem Nebenschlußwiderstand, einem Hauptausschalter, einem Stromzeiger und Spannungszeiger — primärer Induktorstrom —, einer roten Glühlampe, einer Sicherung für Spannungszeiger und Glühlampe, einem Kombinationsschalter, entsprechend der vollen, mittleren oder noch kleineren Funkenlänge, den Anschlußdosen bzw. -klemmen für die zum Anschluß der Stromquelle, des Induktors und des Unterbrechers an den Schalttisch oder die Schalttafel erforderlichen Kabel. Für den Netzanschluß, den Induktor und Unterbrecher sind drei Anschlußdosen am Schalttisch angebracht; die Schalttafel besitzt eine Anschlußdose für den Induktor, vier Klemmen für die Leitungen vom Unterbrecher, zwei Klemmen + und — für die Stromführungsleitungen, einen Vorschaltwiderstand, welcher in einer der zwei Stromzuführungsleitungen liegt und zur Erniedrigung der Netzspannung dient, und einen Regulierwiderstand, um die Helligkeit der Lampe mittels Kurbeldrehung ändern zu können. Ein weiterer Hauptbestandteil der Röntgeneinrichtung ist ein dreiteiliger Wehneltunterbrecher, welcher eine gemeinsame Bleielektrode und drei verschiedene verstellbare Platinelektroden besitzt. Die vier Elektroden befinden sich in einer verdünnten Schwefelsäurelösung von etwa 1,16 bis 1,20 spez. Gew. Die Dimensionen des Glasgefäßes, welches die Schwefelsäure enthält, sind so angenommen, daß auch bei langem Betriebe eine Erwärmung des Elektrolyten nicht eintritt, mithin eine Kühlvorrichtung unnötig ist. Die Schwefelsäure muß erst nach Monaten erneuert werden; der Unterbrecher wird wegen der entwickelnden Dämpfe und des Geräusches am besten in einem Nebenraum mit Luftabzug untergebracht. Nachstehende Fig. 162 und 163 zeigen die Schaltungsschematas mit Schalttisch bzw. -tafel nach dem System der A.-G. Siemens u. Halske.

Bei Anschluß der Leitungen an das Netz ist für Wahl der richtigen Polarität Sorge zu tragen; ferner sind alle Leitungen entsprechend den Bezeichnungen mit den Apparaten zu verbinden.

Der Wehneltunterbrecher muß mit verdünnter Schwefelsäure von 1,20 spez. Gew. gefüllt werden — etwa 12 Liter destilliertes Wasser zu etwa 4 Liter reiner konzentrierter Schwefelsäure. — Die Schwefelsäure muß in größeren Zwischenräumen in kleinen Quantitäten — in etwa vier Stunden — eingefüllt werden, um eine Zerstörung des Glases infolge großer Erwärmung der Flüssigkeit zu verhüten. Die Flüssig-

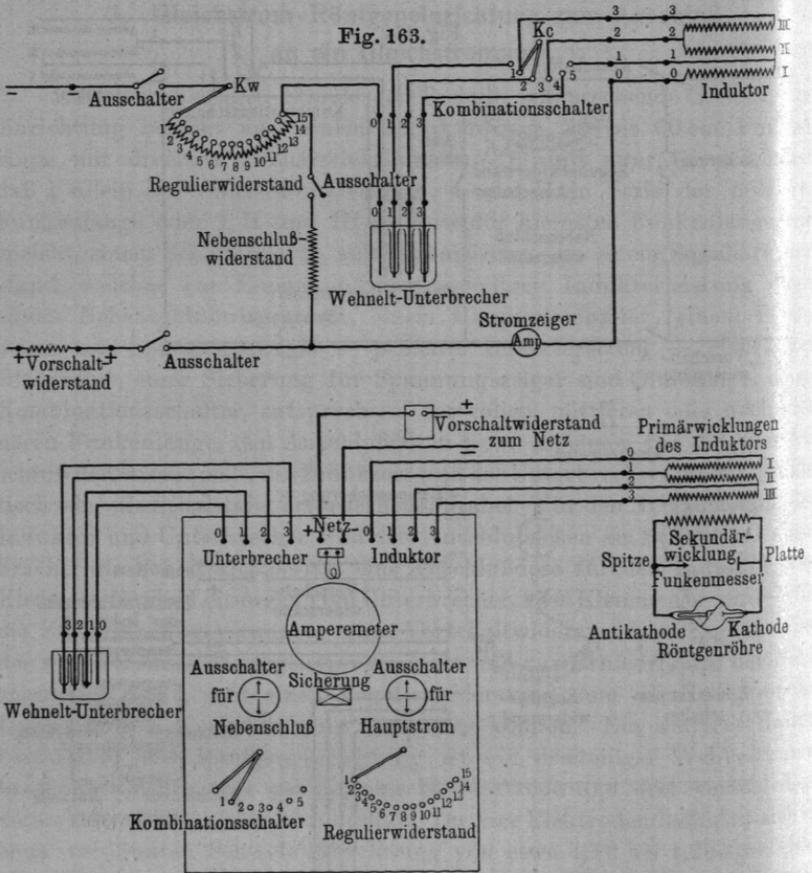


Röntgeneinrichtung mit Schalttisch.

keit muß etwa alle vier Monate erneuert werden. Die Platinstifte sind vor Gebrauch genau einzustellen, wie die dem Apparat beigegebene Anweisung vorschreibt; dieselben müssen etwa alle sieben Wochen nachgesehen und bei Abnutzung durch Gebrauch auf die anfängliche Länge eingestellt werden.

Die Platte und Spitze des Funkenmessers sind mit den sekundären Induktorklemmen so zu verbinden, daß die Spitze Anode und die Platte Kathode ist, so daß die Funken von der Spitze nach der Mitte der Platte

überspringen. — Die Antikathode der Röhre ist mit der Spitze und die Kathode mit der Platte des Funkenmessers leitend zu verbinden. — Zur Beseitigung des Schließungslichtes in der Röhre wird der Nebenschlußwiderstand benutzt; ohne Nebenschluß wird die Röhre durch die Schließungsfunken beeinflusst, weshalb derselbe stets einzuschalten ist. — Die Kurbel *Kw* dient zur Einstellung auf die gewünschte Zahl



Röntgeneinrichtung mit Schalttafel.

der sekundären Induktorkfunken (Öffnungsfunkenzahl gleich der Unterbrechungszahl); bei Stellung Kw_1 ist die Funkenzahl am kleinsten, während bei Stellung Kw_{15} die Funkenzahl am größten ist. Durch den Kombinationsschalter *Kc* werden die Induktorprimärwickelungen bzw. die Wehneltunterbrecher-Platinstifte zusammengeschaltet, so daß die sekundären Induktorkfunken auf die geforderte Intensität und Länge gebracht werden. Die Stellungen Kc_1 , Kc_3 und Kc_5 entsprechen der kleinsten, mittleren und größten Funkenlänge. Zwischen Stellung Kc_1 und Kc_2 , sowie Kc_3 und Kc_4 wird die Funkenlänge nicht verändert,

wohl aber die Intensität der Funken vergrößert. — Bei Erregung der Röntgenröhre stelle man den Funkenmesser auf etwa 20 cm Entfernung und die Kurbeln *Kc* bzw. *Kw* auf 1, 2, 3 oder 4 bzw. auf 1, schließe den Stromkreis des Nebenschlusses und sodann des Hauptschlusses — Netzzuleitung. — Zum Schlusse bringe man *Kw* auf den Kontakt, welchem die geforderte Leistung der Röntgenröhre entspricht und schalte — zur Vermeidung einer zu hohen Funkenzahl — nicht zu viel Widerstand aus. Zu diesem Behufe beobachte man das Amperemeter, so daß die Anfangsstromstärke nicht weit überschritten wird, und zwar soll bei einer Anfangsstromstärke von etwa

3 bis 5 Amp.	die Betriebsstromstärke	nur etwa 2 Amp.
6 " 8	" " "	" " 3 "
9 " 12	" " "	" " 4 "
13 " 15	" " "	" " 5 "

größer als die Anfangsstromstärke sein.

Die Kurbel *Kc* soll erst dann verstellt werden, wenn der Hauptstrom — Netzzuleitung — ausgeschaltet ist. Bei Außerbetriebsetzung schalte man den Hauptstrom aus und lasse die Kurbeln *Kw* und *Kc* auf dem jeweilig befindlichen Kontakte stehen.

Für ganz leichte Aufnahmen — Hand und Fuß — und für Therapie wähle man ganz weiche Röntgenröhren und Serienschaltung I, II, III der Induktorprimärwickelungen, während für mittelschwere Aufnahmen — Arm und Schenkel — mittelweiche Röntgenröhren mit derselben Serienschaltung zu verwenden sind. Für schwere bzw. schwerste Aufnahmen — Schulter, Thorax; Becken, Schädel — sind mittelharte bzw. harte Röntgenröhren mit Serienschaltung I und II zu wählen.

4. Drehstrom-Röntgeneinrichtung zum Anschluß an ein Drehstromnetz — 120 Volt — mit elektrolytischem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer.

Außer dem Induktor, Wehneltunterbrecher und Funkenmesser bestehen bei diesem System noch folgende Einrichtungen:

1. Ein elektrolytischer Drehstrom-Gleichstrom-Umformer, welcher aus sechs Ventillezellen zusammengesetzt ist. Dieser Apparat wandelt den Drehstrom in konstanten Gleichstrom um, der dann durch den Wehneltunterbrecher unterbrochen wird und die Speisung des Induktors bewirkt.

2. Eine Vorschaltfunkenstrecke, welche an einem Pol des Induktors liegt und zwei Spitzen enthält, von denen die untere verschiebbar angeordnet ist. Durch Überspringen der Funken zwischen den Spitzen während des Betriebes wird das Schließungslicht in der Röntgenröhre eliminiert.

3. Drei Stromzeiger zum Messen des Induktorstromes, Netzstromes und zur Prüfung des Umformers, eine rote Lampe und zwei dazuge-

hörige Sicherungen, ein dreipoliger Ausschalter, ein Kombinations-schalter Kc mit acht Kontakten: 1 bis 5 für Röntgenbetrieb, — 6 zur Prüfung des Umformers, — 7 zur Gleichstromlieferung, Batterieladung, zum Quecksilberdampflampenbetrieb, Augenelektromagnet usw., — 8 zur Formierung der Zellen; — einen Regulierwiderstand Kw , — Kw_1 ganz eingeschaltet, Kw_{10} ganz ausgeschaltet —, Anschlußklemmen $+$, — für Batterieladung usw., Bügel zur Verbindung der Klemmen beim Röntgenbetrieb — Bügel wird an einer Klemme abgenommen, wenn Batterie oder dgl. an die Klemmen — und $+$ angeschlossen werden —, Anschlußklemmen für Induktor, Netz, Wehneltunterbrecher und Ventillezellen und Schieferleiste zum Anschluß der letzteren.

Über Induktor, Wehneltunterbrecher und Funkenmesser ist das Erforderliche früher schon gesagt; es erübrigt, noch näher auf den elektrolytischen Umformer und auf die Inbetriebsetzung der Röntgenröhre im folgenden einzugehen.

Jede Ventilzelle ist mit 18 Liter destilliertem Wasser und einem Pfund chemisch reinem Natriumbicarbonat zu füllen. Nach Umrühren des Salzes muß jede Zelle — vor dem Betriebe — noch etwa zwei Minuten formiert werden; nach längerer Betriebspause, etwa zwei Stunden, müssen die Zellen auch formiert werden. Zur Formierung sind die Kurbelstellungen Kc_3 und Kw_1 zu wählen und ist der Strom einzuschalten. Der Netzstrom soll 20 Amp. nicht überschreiten. Bei Verschiebung der Kurbel auf Kw_{10} wird nach etwa einer Minute die Endformierungsstromstärke etwa 2 bis 4 Amp. eintreten. Bei älteren Zellen wird die Stromstärke etwas höher wie 4 Amp. betragen und die Zeitdauer, bis der niedrigste Wert erreicht ist, größer als eine Minute sein. Fällt die Endformierungsstromstärke nicht unter 12 Amp. bei Stellung Kw_{10} , dann sind die Zellen zu erneuern, d. h. es müssen die Aluminium- und Eisenelektroden, sowie die Flüssigkeit ausgewechselt werden.

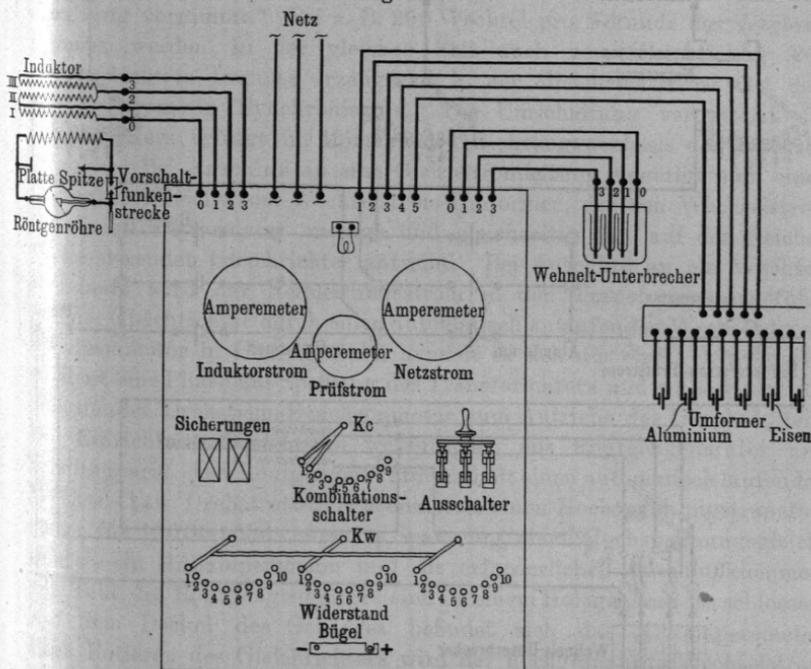
Die Prüfung des elektrolytischen Umformers auf Güte und Wirkungsweise kann erfolgen:

1. Durch Einstellung auf die Endformierungsstromstärke.
2. Durch Vergleich der Stromangaben des Induktor-, Netz- und Prüfstromes; hierbei sind die Kurbeln auf Kc_6 und Kw_1 zu stellen, der Strom einzuschalten und Kw so lange zu verschieben, bis der Induktorstrom etwa 20 Amp. beträgt. Zeigt der Netzstrom nicht über 30 Amp. und der Prüfstrom nicht unter 17 Amp., so sind die Zellen noch zu verwerten; anderenfalls müssen sie erneuert werden.
3. Durch Funkenprobe. Ist die Entfernung zwischen Platte und Spitze des Funkenmessers über 10 mm und stehen die Kurbeln auf Kc_6 und Kw_1 , so wird zwischen Platte und Spitze des Funkenmessers kein Funke überspringen, da der Wehneltunterbrecher kurz geschlossen ist und der den Induktor durchfließende Strom nahezu konstanter Gleichstrom ist. Sind die Zellen wenig benutzt, so beträgt die maximale

Funkenlänge sodann 0,5 mm; ist die Funkenlänge bedeutend größer, etwa 15 bis 20 mm, so liegt ein Fehler vor — ev. ist eine Hauptsicherung durchgebrannt —; in diesem Falle funktioniert die Anlage mit einphasigem Wechselstrom mit geringerer Leistungsfähigkeit als bei Drehstrom.

Bei Inbetriebsetzung der Röntgenröhre wähle man die Entfernung zwischen Spitze und Platte des Funkenmessers zu etwa 25 cm und diejenige zwischen den Spitzen der Vorschaltfunkenstrecke zu etwa 2 cm und die Kurbelstellungen Kc_1, Kc_2, Kc_3, Kc_4 oder Kc_5 und Kw_1 . Sodann

Fig. 164.

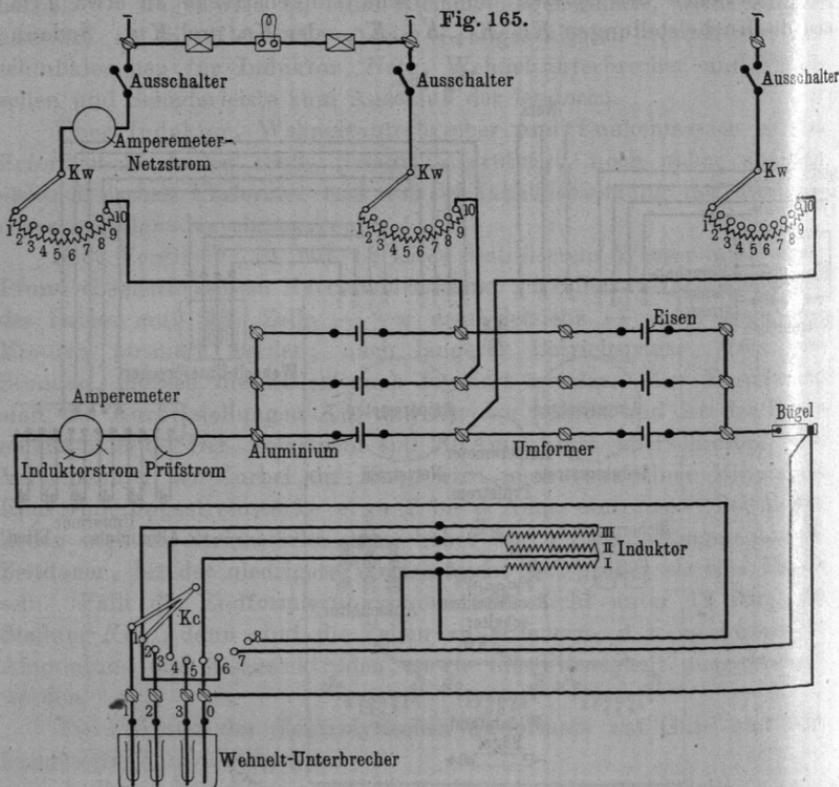


Drehstrom-Röntgeneinrichtung mit elektrolytischem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer zum Anschluß an ein Drehstromnetz von 120 Volt.

rücke man den Hauptschalter ein und drehe die Kurbel Kw so weit, bis das Geforderte erreicht ist. Sollten die Zellen noch nicht formiert sein, so müßte man die Kurbel Kw langsam verstellen, so daß der Prüfstrom nicht über 30 Amp. steigt. Bei Verstellung der Kurbel Kc muß der Hauptstrom ausgeschaltet werden. Zur Schonung der Röntgenröhre darf die Betriebsstromstärke nicht viel höher wie die Anfangsstromstärke sein.

Zum Betriebe von Augenelektromagneten, von Quecksilberdampflampen, Gleichstrommotoren oder dgl., sowie zum Laden von Akkumulatoren muß der Bügel von einer Klemme abgenommen und der be-

treffende Gebrauchsapparat (Motor, Batterie usw.) an die Klemmen — und + angeschlossen werden. Die Kurbeln *Kc* bzw. *Kw* sind auf Kontakt 7 bzw. 1 zu stellen, der Hauptstrom (Netz) einzuschalten und zu beobachten, ob die geforderte Induktorstromstärke bei Drehung der Kurbel *Kw* erreicht wird. Falls die Anlage normal funktioniert, so wird der Prüfstrom gleich dem Induktorstrom und der Netzstrom entweder gleich oder etwas höher wie der Induktorstrom sein. Bei Arson-



Drehstrom-Röntgeneinrichtung mit elektrolytischem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer zum Anschluß an ein Drehstromnetz von 120 Volt.

valuation und Fulguration entspricht die Schaltung dem normalen Betriebe der Röntgenröhre. Wird die geforderte Leistung nicht direkt erreicht, so muß *Kc* auf einen anderen Kontakt 2, 3 oder 4 usw. gestellt werden. Vorstehende Fig. 164 und 165 zeigen die Schaltungen dieser Röntgeneinrichtungen nach dem System der A.-G. Siemens u. Halske.

5. Röntgeneinrichtung mit rotierendem Hochspannungsgleichrichter.

Das die Röntgenröhre schädlich beeinflussende Schließungslicht wird in erster Linie durch die rotierenden Hochspannungsgleichrichter eliminiert. Die Röntgenröhre erhält einen gleichgerichteten Strom und

sind sowohl Zeitaufnahmen als auch Durchleuchtungen sowie Schnell- und Momentaufnahmen möglich.

Ein Hochspannungstransformator liefert die für den Betrieb der Röntgenröhre erforderliche Spannung; dieser hochgespannte Wechselstrom wird durch einen synchron mit dem Wechselstrom laufenden Gleichrichter in pulsierenden Gleichstrom umgewandelt und der Röhre zugeleitet. Dieses System, sowie nachfolgende Zeilen rühren von den „Mitteilungen der A.-G. Siemens u. Halske“ her. „Der Hochspannungsgleichrichter ist derart mit dem Wechselstrom zwangsläufig gekuppelt, daß er im Takte der Richtungsänderung des Wechselstromes seine Umschaltung vornimmt.“ Bei z. B. 200 Wechsel pro Sekunde des Wechselstromes werden in der gleichen Zeit auch vom Gleichrichter 200 gleichgerichtete Impulse erzeugt, d. h. der Gleichrichter ist mit dem Wechselstrom in Synchronismus. Die Umschaltung vermittelt des Gleichrichters erfolgt im Moment des Richtungswechsels des Wechselstromes. Bei Anschluß an eine Gleichstromleitung benötigt man einen (Einanker-)Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer, der den Wechselstrom für den Transformator erzeugt und gleichzeitig den auf der gleichen Welle sitzenden Gleichrichter antreibt. Bei Anschluß an ein Wechselstromnetz wird der Netzleitungsstrom in den Transformator geführt und der Gleichrichter durch einen automatisch anlaufenden Wechselstrom-Synchronmotor in Gang gesetzt; handelt es sich um ein Drehstromnetz, so dient eine Phase zur Speisung des Transformators und ein automatisch anlaufender Drehstrom-Synchronmotor zum Antriebe des Gleichrichters. Die Einrichtung besteht im wesentlichen aus Röntgengenerator und Schaltapparat. Der Röntgengenerator enthält einen automatisch laufenden Wechsel- bzw. Drehstrom-Synchronmotor, einen Hochspannungstransformator für 120 000 Volt effektive Spannung, einen Hochspannungsgleichrichter, ein Milliamperemeter und die erforderlichen Anschlußklemmen. Alle Teile des Röntgengenerators sind in einem Holzgehäuse verschlossen. Auf dem Deckel des Gehäuses befindet sich das Milliamperemeter. Beim Rotieren des Gleichrichters wird der hochgespannte Wechselstrom in hochgespannten Gleichstrom umgeformt und der Röntgenröhre zugeführt. — Der Schaltapparat besteht aus einem Hauptschalter, einem Anlaßapparat für den Motor, einem Regulierwiderstand für den Transformator, einem Stromzeiger für den Transformator, einem Stromwender für den Wechselstromkreis, einer Anordnung zur Variierung der Transformatorspannung, sowie den weiteren Zubehörteilen, wie Sicherungen, Verbindungsleitungen usw.

Dieser Schaltapparat ist zur Inbetriebsetzung und Regulierung des Röntgengenerators bestimmt. Bei Inbetriebsetzung wird zuerst der Hauptschalter, sodann der Anlasser und zuletzt der Wechselstromumschalter eingeschaltet. Die für die Röhre gewünschte Spannung wird durch Variation des Übersetzungsverhältnisses am Transformator unter Zuhilfenahme des Regulierwiderstandes erzielt. Durch

diese Regulierung kann man diese Röntgeneinrichtung sowohl für Bestrahlungen als auch für Durchleuchtungen benutzen. Die Öffnung des Hauptschalters bedingt die automatische Ausschaltung des Anlassers, wodurch ein Anlaufen des Motors ohne Anlasser vermieden wird. — Die vielfachen Vorteile dieses Betriebes gegenüber dem Induktorbetrieb habe ich am Anfang schon besprochen und es erübrigt nur noch, einiges Wichtige über den Betrieb der Röntgenröhren zu erwähnen.

6. Röntgenröhre.

Die Haltbarkeit der Röntgenröhre¹⁾ ist abhängig von der Art — Stärke, Länge, Richtung und Zahl — der sekundären Funken des Induktors. Die Erregung soll nur durch die Funken positiver Richtung, „Öffnungsfunken“, erfolgen. Die Stärke, Intensität und Zahl der Öffnungsfunken sind der Leistungsfähigkeit der Röhre anzupassen. Die Röhre ist der jeweilig geforderten Leistung entsprechend zu wählen. Da mit der Länge der Öffnungsfunken auch die Länge der schädlichen Schließungsfunken — Funken negativer Richtung — zunimmt, so ist die Länge der Öffnungsfunken tunlichst klein zu wählen. Bei Wahl zu langer Öffnungsfunken ist auch ein Durchschlagen der Röhre, besonders wenn der Härtegrad der Röhre groß ist und parallel zu ihr keine Sicherheitsfunkenstraße — Funkenmesser — besteht, leicht möglich. Bezüglich Stärke und Zahl der Funken gilt dasselbe, wie bezüglich der Länge; beide Größen sind auf ein Minimum zu beschränken, also entsprechend der geforderten Röhrenleistung, aber nicht über die Leistungsfähigkeit derselben. Zur Erreichung eines ruhigen Röntgenbildes genügt eine Funkenzahl von 20 bis 50 pro Sekunde. Bei Schwerkranken und unruhigen Patienten wird man auf Kosten der Lebensdauer der Röhre die Funkenzahl erhöhen, um die Expositionszeit verkürzen zu können; es handelt sich dann um Momentröntgenaufnahmen. Die Röhre muß so eingerichtet sein, daß die Funken — Röntgenstrahlen — nur in einer Richtung von der Spitze—Anode zur Platte—Kathode eintreten; die Kathode muß aus schwer zerstäubbarem Material — Aluminium — hergestellt werden. Bei normaler Röntgeneinrichtung dürfen vom Induktor Schließungsfunken nur von sehr geringer Stärke und Länge bzw. gar nicht eintreten; jedenfalls müssen dieselben durch Hilfsmittel von der Röhre beseitigt werden können, ohne daß die Öffnungsfunken an Stärke und Länge viel einbüßen. Je größer die Belastung der Röhre ist, desto stärker wird die Erwärmung, wodurch die Konstanz des Vakuums der Röhre gestört, das Funktionieren der Röhre vermindert und die Lebensdauer verkürzt wird. Bei sehr

¹⁾ Siehe hierzu Technische Anweisung der Instrumenten-Abteilung von A.-G. Siemens u. Halske: „Rationeller Betrieb der Röntgenröhren“, 1909.

weichen Röhren für therapeutische Zwecke ist die kleinste Funkenlänge etwa 5 cm, während bei schwierigen Aufnahmen sehr harte Röhren mit etwa 30 cm Funkenlänge in Frage kommen. Die Regulierung der Funkenlänge in diesen Grenzen erfolgt durch mehrere Primärwickelungen bzw. außerdem noch zwei besondere Wickelungen — Drosselspule — des Induktors, d. h. durch induktive Beschaffenheit der Induktorwickelungen. Zur Erhaltung der Röhre muß man Sorge tragen, daß man am Induktor und ev. an der Drosselspule viele Wickelungen einschaltet und die eingeschaltete Wickelungszahl erst vermindert, wenn eine größere Länge der Röntgenstrahlen durchaus gefordert wird. Bei bequemer Abstufung der Stärke der Funken ist ein zwei- oder dreiteiliger Wehneltunterbrecher notwendig. Bei dem Wehneltunterbrecher wird die aktive Oberfläche vergrößert oder verkleinert durch Einstellung des Platinstiftes in der Flüssigkeit. Zur Erhaltung der Röhre wird man erst zu einer größeren aktiven Oberfläche übergehen, wenn die größere Röntgenleistung durchaus notwendig ist. Bei Erreichung der Funkenzahl von etwa 20 kann man ein Aufleuchten des Schirmes nicht mehr wahrnehmen und das Röntgenbild wird vollständig ruhig; an der Röntgenröhre selbst ist noch ein Flackern festzustellen. Erst bei einer Funkenzahl über 50 ist in der Röhre ein ganz ruhiges Licht möglich. Man wählt die Funkenzahl speziell auch bei stärkeren und längeren Funken zwischen 20 und 50; bei unruhigen Patienten — kurzer Expositionszeit von etwa 15 Sekunden — kann man in Ausnahmefällen die Funkenzahl etwas erhöhen. Der Induktor muß so gebaut sein, daß er bei den größten vorkommenden Funkenlängen die erforderliche Funkenstärke bei niedrigster Funkenzahl geben kann. Es ist somit für einen guten und ökonomischen Röntgenröhrenbetrieb erforderlich, einen größeren Induktor zu wählen, weil derselbe stärkere Funken bei derselben Länge und Zahl der Funken, sowie eine Maximalwirkung — im praktischen Röntgenbetriebe — an Stärke und Funkenlänge bei kleinster Funkenzahl ergibt. — Die kleineren Induktoren gehen bis zu 30 cm Funkenlänge. „Zur Erhaltung der Röntgenröhre nehme man eine tunlichst niedrige Funkenzahl an — etwa 20 bis 50 — und schalte den Widerstand so weit ein, daß das Bild auf dem Fluoreszenzschirm eben ruhig ist; die Röntgenröhre selbst muß hierbei noch ein geringes, aber deutliches Flackern ergeben. Falls bei dieser niedrigen Funkenzahl die geforderte Röhrenleistung nicht erreicht wird, schalte man keinen Widerstand aus, um die Funkenzahl zu erhöhen, sondern wähle einen Wehneltstift von größerer Oberfläche und erhöhe hierdurch die Funkenstärke.“ Je nachdem der Funken dünner oder dicker aussieht, handelt es sich um eine schwächere oder stärkere Funkenstärke. Die Funkenzahl läßt sich an der Röntgenröhre bzw. auch am Fluoreszenzschirm durch mehr oder weniger Flackern, wie oben bereits besprochen, erkennen.