

### e) Vorschläge zur Lösung des Problemles.

Vorbedingung jeder Leitung des Röntgeninstitutes an einem Spital ist *spezialärztliche Vorbildung*. Früher mußte sie autodidaktisch erworben werden, heute stehen dazu Lehrinstitute für medizinische Radiologie an den Universitäten zur Verfügung. Es wird aber niemandem einfallen, für jeden Leiter einer kleinen Röntgenstation eine vollständige Fachausbildung in medizinischer Radiologie zu verlangen. Dies ist nicht nötig, sobald wir uns klar werden über den Aufgabenkreis der einzelnen Institute.

1. *Kleine Spitäler* ohne eigenen Fachradiologen sollen sich mit einer *ausschließlich röntgendiagnostischen Station* begnügen. Die *Leitung* und die *Verantwortung* übernimmt der *Spitalarzt*.

2. *Große Spitäler* mit Trennung in innere, chirurgische Abteilung usw. sollen mit einer *vollständigen zentralen Strahlenabteilung* ausgerüstet werden, die unter der Leitung und Verantwortung eines *Fachradiologen* steht. Das Arbeitsgebiet erstreckt sich auf Röntgendiagnostik und Röntgentherapie.

3. Die *Universitäten* müssen *radiologische Kliniken* schaffen. Hier wird das Gesamtgebiet der Röntgendiagnostik und der Radiotherapie ausgeübt. Neben und zusammen mit der Röntgentherapie wird die Radiumtherapie für einen ganzen Landesbezirk durchgeführt. Die radiologische Abteilung funktioniert in gleicher Weise als *Heilanstalt*, wie als *Unterrichtsanstalt* und als *Forschungsanstalt*. Leiter ist der *Lehrer für medizinische Radiologie*.

Örtliche Verhältnisse, vor allem die Größe der einzelnen Krankenhäuser usw. werden im Einzelfall für die spezielle Einrichtung und Organisation maßgebend sein. *Am Prinzip wird damit nichts geändert*. Die Verantwortlichkeiten der einzelnen Instanzen sind klar, die Projekte werden aber je nach der Größe des Aufgabenkreises sehr verschieden ausfallen.

Vorgängig der Schilderung der Detailentwürfe sollen die allgemeinen Richtlinien zum Bau, zur Organisation und zum Betrieb von radiologischen Abteilungen zusammenhängend besprochen werden, soweit sie für die „Röntgeninstitute“ sämtlicher Spitäler gültig sind.

## I. Allgemeine Richtlinien für Projektierung, Bau, Installierung und Betrieb von radiologischen Instituten.

Die Grundlage jeder Projektierung bildet die genaue Kenntnis des Umfanges des *Aufgabenkreises*. Man muß sich darüber im klaren sein, ob man ein *röntgendiagnostisches Institut* braucht oder

ob eine *Strahlentherapieabteilung* oder sogenannte radiotherapeutische Abteilung geschaffen werden soll, in der nur Röntgentherapie oder auch Radiumtherapie und Lichttherapie getrieben wird, oder ob es sich drittens um eine *radiologische Abteilung* handelt, die aus einer röntgendiagnostischen und aus einer radiotherapeutischen Station besteht.

Ebensowichtig wie die Kenntnis des Zweckes des geplanten Institutes ist auch die Kenntnis des Umfanges der zu erwartenden *täglichen Arbeitsleistung* desselben.

Erst nach genauer Feststellung dieser Grundlagen und Klärung derselben kann an die Aufstellung eines *Planes* gedacht werden, der aus der Zusammenarbeit des Radiologen oder Spitalleiters mit dem Architekten und dem Spezialingenieur für Elektromedizin resultiert.

Was die Wahl des *Standortes* einer radiologischen Abteilung anbetrifft, so muß für röntgendiagnostische Institute oder für die röntgendiagnostische Unterabteilung einer radiologischen Klinik als allgemeine Forderung eine *zentrale Lage* erhoben werden. Die röntgendiagnostischen Untersuchungsräume müssen von den Operationssälen, Krankensälen und den Untersuchungszimmern aus leicht erreichbar sein, und zwar auch bei getrennt stehenden Gebäuden, wenn irgend möglich, durch gedeckte Verbindungsgänge. Dadurch ist die zentrale Lage innerhalb eines Krankenhauses oder eines Krankenhauskomplexes zumindestens für die röntgendiagnostische Abteilung gegeben. Mit Rücksicht auf die häufig vorkommenden ambulatorischen röntgendiagnostischen Untersuchungen ist auch eine möglichst reibungslose Kommunikation mit der Außenwelt erforderlich. Für eine ausschließlich strahlentherapeutische Abteilung oder für die strahlentherapeutische Unterabteilung einer radiologischen Klinik ist die Wahl einer zentralen Lage nicht notwendig, hingegen ist dies natürlich im Interesse einer einheitlichen Leitung wünschenswert, wenn Röntgendiagnostik und Radiotherapie möglichst nahe beieinander sind. Dies führt zu Personal- und Ärzteesparnis.

In vielen Fällen sind die Röntgenabteilungen in vollkommen ungenügenden Räumlichkeiten, mit ungenügenden Platzverhältnissen, schlechter Zugänglichkeit und schlechter Ventilation untergebracht. So kommt es z. B. vielfach noch vor, daß diese heute so wichtigen Abteilungen sich in Kellerräumen befinden, deren Benutzung für andere Abteilungen abgelehnt würde. Diese schlechten Beispiele müssen allmählich beseitigt werden. Die im folgenden gemachten Vorschläge und besprochenen Einrichtungen sollen dazu beitragen, diese Übelstände zu beseitigen, denn nur

ein modern eingerichtetes Institut, welches nicht nur mit seinen Apparaten und Geräten, sondern auch in baulicher Hinsicht auf der Höhe der Zeit steht, kann den heute gestellten sehr hohen Anforderungen gerecht werden. Aus den früher verwendeten kleinen Apparaten und Hilfsgeräten, die ihrem Aufbau, ihrer Konstruktion und ihrer Handhabung nach mehr für Laboratoriumsversuche als für den praktischen Betrieb geeignet waren, haben sich heute großdimensionierte, leistungsfähige und solide Konstruktionen entwickelt, für die der Name Röntgenapparat nicht mehr angebracht ist, sondern die man richtiger als *Röntgenmaschinen* bezeichnen muß. Auch mit Rücksicht auf die mit dem Röntgenbetrieb verbundenen *Gefahren*, Schädigungen durch die Röntgenstrahlen selbst, durch die elektrische Hochspannung, durch Gasvergiftungen und Feuersgefahr, müssen heute bei einer Neueinrichtung eines Röntgeninstitutes in baulicher Hinsicht Forderungen aufgestellt werden, welche diese Gefahren nach Möglichkeit zu vermeiden gestatten. Zu diesem Zwecke sind von den Röntengesellschaften der verschiedenen Länder, zum Teil auch in internationaler Übereinkunft, Vorschriften bzw. Richtlinien aufgestellt worden, die sowohl für den Besteller als auch für den Lieferanten in gleicher Weise von Wichtigkeit sind und deshalb bei Neueinrichtungen heute nicht mehr unbeachtet bleiben dürfen. Diese Normenvorschläge und Richtlinien können naturgemäß in dieser Arbeit nicht ausführlich aufgezählt, sollen aber in ihren wichtigsten Punkten diskutiert werden. Ein gleiches gilt für die gesetzliche Regelung der Arbeitszeit und der Entschädigung bei Unfällen. (Vgl. Bd VII, S. 150 und 226).

#### a) Anforderungen in baulicher Hinsicht.

Radiologische Betriebe sollen nicht in Kellerräumen untergebracht sein. Gute *Durchlüftungsmöglichkeit* ist Haupterfordernis, erstens ist das Personal in Röntgenbetrieben gesundheitlich stärker gefährdet als das übrige Spitalpersonal, und schon aus diesem Grunde ist eine ausgezeichnete tägliche Durchlüftung notwendig. Dies gilt ganz besonders auch für die Dunkelkammer. Zweitens aber bilden sich in solchen Betrieben nitrose Gase, so daß trotz der Möglichkeit guter Durchlüftung sämtliche röntgendiagnostischen und radiotherapeutischen Räume überdies mit gut funktionierender *Saugventilation* ausgestattet sein sollten. Diese muß stündlich etwa den zehnmaligen Luftwechsel jedes dieser Räume ermöglichen. Dabei ist besonders zu beachten, daß die Absaugöffnungen in der Nähe des Fußbodens angebracht sind, weil die nitrosen Gase schwerer sind als die Luft. Die Heizung muß dem

verlangten starken Luftwechsel angepaßt werden. Am besten ist es, zur Vermeidung starker Abkühlung, vorgewärmte Luft zuzuführen.

Notwendig und praktisch ist die prinzipielle Durchführung des *Dreikammersystems*: Maschinenraum, Bedienungs- oder Schalt-raum und eigentlicher Untersuchungs- bzw. Bestrahlungsraum sind voneinander zu trennen. Der Betrieb wird übersichtlicher, die Schutzvorschriften sind besser erfüllt und Ärzte und Personal besser geschützt. Abb. 1 enthält das Prinzipschema für dieses Dreikammersystem. Die Trennung kann entweder in vertikaler oder horizontaler Richtung erfolgen, indem bei der ersteren Lösung sich ein gemeinsamer Maschinenraum (Abb. 2) oberhalb des Untersuchungs- bzw. Bestrahlungsraumes (Abb. 3) und Schaltraumes (Abb. 4) befindet, bei der zweiten Lösung sind alle drei Zellen nebeneinander.

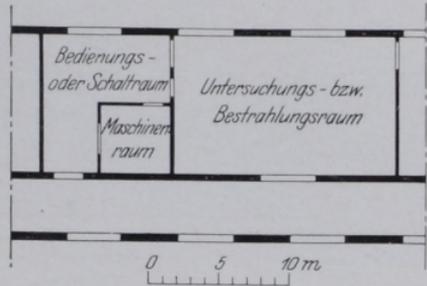


Abb. 1. Prinzipschema des Dreikammersystems bei Einrichtung von röntgendiagnostischen und strahlentherapeutischen Arbeitsplätzen.

Über die *Größe* der einzelnen Räume sind im zweiten Teil bei der Besprechung der verschiedenen Typen von Instituten nähere Angaben gemacht). Allgemein ist zu sagen, daß eine *Unterteilung* der Behandlungsräume in *Einzelräume* die Leistungsfähigkeit eines Institutes erhöht. Es ist vorteilhafter, an Stelle eines sehr großen Arbeitsraumes zwei oder mehrere kleinere Räume zu erstellen, auch wenn für dieselben nur eine gemeinsame Apparatur vorhanden ist. Die Verkleinerung des Einzelraumes darf aber nicht zu weit getrieben werden, da zu klein bemessene Röntgen-Durchleuchtungs-, Aufnahme- und Behandlungsräume mancherlei Gefahren für Patient und Personal in sich bergen und außerdem das Arbeiten erschweren. Die Mindestbodenfläche eines einzelnen Arbeitsraumes soll deshalb 20 m<sup>2</sup> nicht unterschreiten. Als Minimalraumhöhe ergibt sich aus den Vorschriften über den Hochspannungsschutz eine solche von 3,5 m.

Die Fenster aller Diagnostikräume müssen mit gut funktionierenden *Verdunkelungsvorrichtungen* versehen sein. Bei größeren Anlagen ist es zweckmäßig, dieselben mit Motorantrieb zu versehen, damit sämtliche Fenster gleichzeitig von einem Standort aus verdunkelt werden können. Die gewöhnlichen schwarzen Stoffe sind nicht genügend lichtdicht und auch nicht genügend

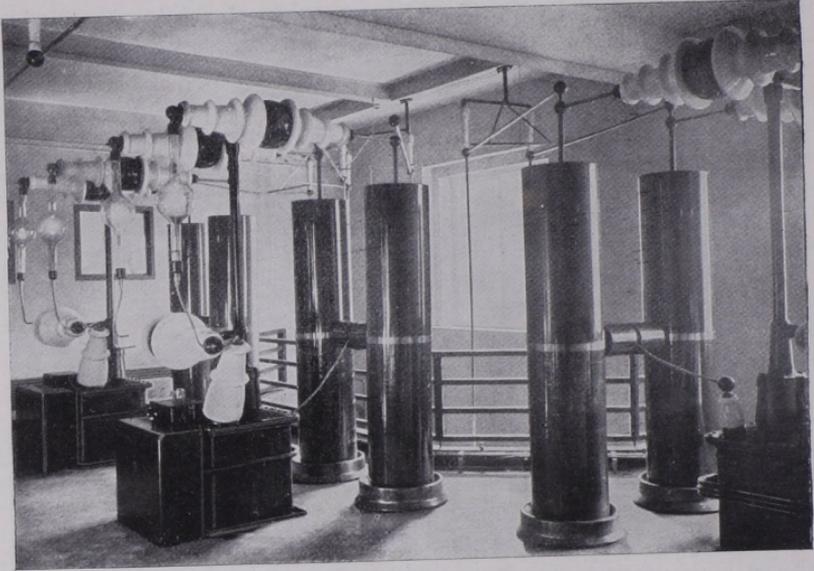


Abb. 2. Blick in einen *Maschinenraum* der Röntgentherapieabteilung im Röntgeninstitut Sachsenhausen (Prof. HOLFELDER).

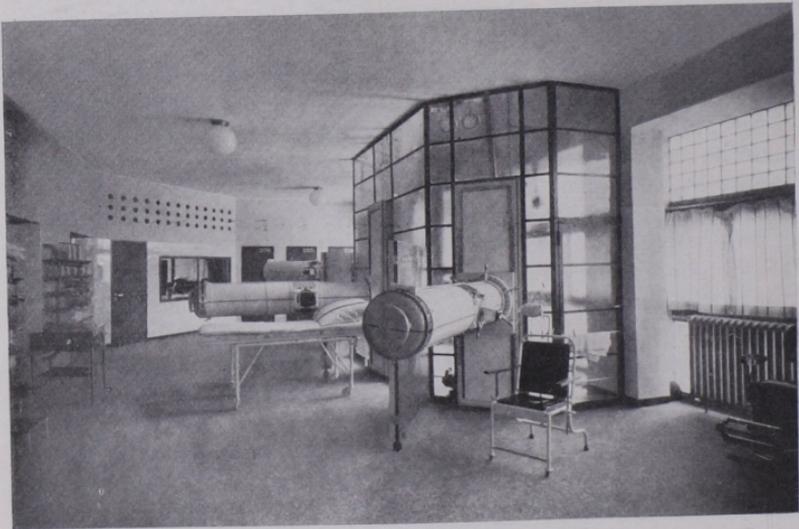


Abb. 3. *Bestrahlungsraum*, getrennt vom Schaltraum und Maschinenraum in der Tiefentherapieabteilung des Röntgeninstitutes Sachsenhausen.

haltbar. Ferner fehlt ihnen die nötige Stabilität, so daß sie leicht aus den seitlichen Führungsschienen heraustreten und auf diese Weise dem Licht Zutritt gestatten. Zweckmäßiger ist die Verwendung von sogenanntem Holzdrahtgewebe, einem speziellen Lichtschutzstoff, welcher durch dünne Holzeinlagen derart versteift wird, daß er völlig glatt bleibt.

Der *Anstrich* sämtlicher Diagnostikräume und auch der Bestrahlungsräume soll in einem hellen Ton gehalten sein. Die früher allgemein übliche Auffassung, daß Röntgenzimmer schwarz oder

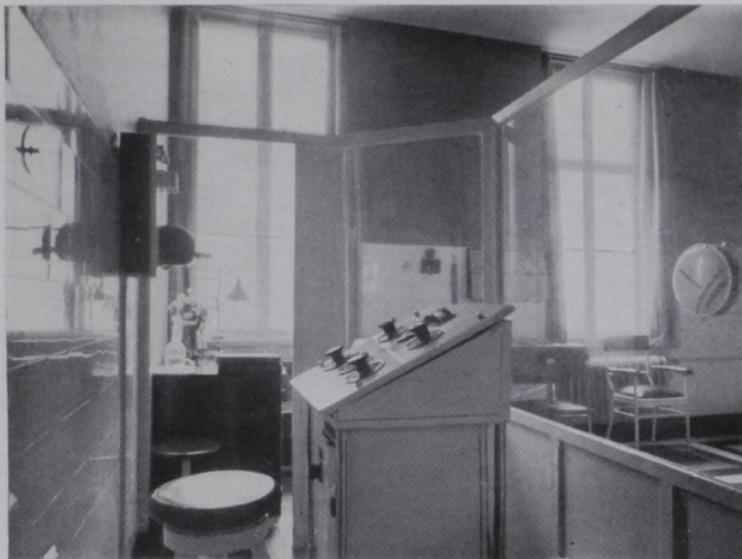


Abb. 4. Schaltraum, getrennt vom Bestrahlungsraum und Maschinenraum (HEDFELD).

wenigstens dunkelrot angestrichen sein müssen, gilt heute nicht mehr; es ist gerade für die Röntgenräume wichtig, möglichst viel Licht zu haben, wenn nicht gerade Durchleuchtungen ausgeführt werden. Die Verwendung heller wasch- und desinfizierbarer Anstriche bedingt aber vollständig dicht verschließende Verdunkelungseinrichtungen, die heute, wie bereits erwähnt, in einwandfreier Weise zur Verfügung stehen.

Bei der Wahl der *Beleuchtungskörper* ist zu beachten, daß die künstliche Raumbeleuchtung eine möglichst gute sein soll. Die Beleuchtungskörper sollen so verteilt werden, daß der gesamte Raum gut erhellt wird. Ferner hat sich die Anordnung derselben nach der Lage der Hochspannungsverteilungsleitungen zu

richten, damit nicht Überschlüge von den letzteren auf das Lichtnetz erfolgen können. Aus diesem Grunde werden im allgemeinen sogenannte Deckenbeleuchtungskörper, welche wenig von der Decke abstehen, verwendet werden müssen. Außer der allgemeinen Raumbelichtung soll in allen Räumen, in welchen Durchleuchtungen vorgenommen werden, auch noch eine besondere Rotbeleuchtung vorgesehen sein. Jeder Raum soll einige Steckkontakte enthalten. Die Schalter für die Beleuchtungslampen werden zweckmäßig im Bedienungsraum vereinigt. Eine helle Lampe sowie das Rotlicht sollen auch vom Durchleuchtungsplatz aus bedient werden können, damit der durchleuchtende Arzt jederzeit in der Lage ist, die gewünschte Beleuchtung herzustellen oder zu verdunkeln. Praktisch ist zu diesem Zwecke die Verwendung

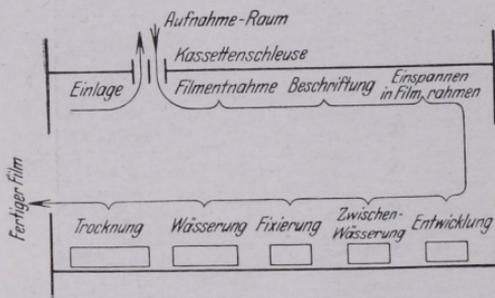


Abb. 5. Schema des Arbeitsganges in der Dunkelkammer, die an einen röntgendiagnostischen Aufnahme-raum durch eine Kassetenschleuse angeschlossen ist.

von Fußschaltern, welche am Durchleuchtungsgerät selbst befestigt sind und auf diese Weise vom Arzt auch im Dunkeln leicht gefunden werden.

Eine viel umstrittene Frage ist die Wahl des richtigen *Bodenbelages*. Steinböden oder Terrazzoböden können mit Rücksicht auf die elektrischen Schutzvorschriften

mangels Isolation und wegen der Kälte nicht in Frage kommen. Als Bodenbelag soll ein elektrisch isolierendes Material verwendet werden. Als elektrische Isolierung gilt Holz, Gummi oder Linoleumbelag. Letztere beiden haben sich wenig bewährt, da sie durch die schweren fahrbaren Stative in kurzer Zeit ruiniert werden. Ein guter Bodenbelag ist das Asphaltparkett, wenn dazu erste Qualität Eichenholz verwendet wird. Dieses isoliert elektrisch genügend, da das an und für sich schlecht leitende Eichenholz noch in einer gut isolierenden Asphalt-schicht eingebettet liegt. In solche Böden können Laufschiene für Stative oder Tische eingelassen werden.

Wichtig ist eine gute Einrichtung der *Dunkelkammer*. Innerhalb des röntgendiagnostischen Betriebes soll sie möglichst zentral placiert sein, um von allen Arbeitsräumen aus leicht erreichbar zu sein. Bei kleinen röntgendiagnostischen Instituten wird sie zweckmäßig unmittelbar an den diagnostischen Aufnahme-

raum angeschlossen. In röntgendiagnostischen Großbetrieben kommt die Einrichtung mehrerer Dunkelkammern in Frage.

In jeder Dunkelkammer sind die Trockenarbeiten von den Naßarbeiten vollständig zu trennen. Die Anordnung ist so zu treffen, daß der exponierte Film durch eine Filmschleuse hereinkommt und fertig entwickelt an einer anderen Stelle die Dunkelkammer verläßt, nachdem er in fortlaufender Reihenfolge die verschiedenen Manipulationen durchgemacht hat: Filmentnahme aus der Kassette, Beschriftung, Einspannen in den Entwicklerrahmen, Entwicklung, Zwischenwässerung, Fixierung, definitive

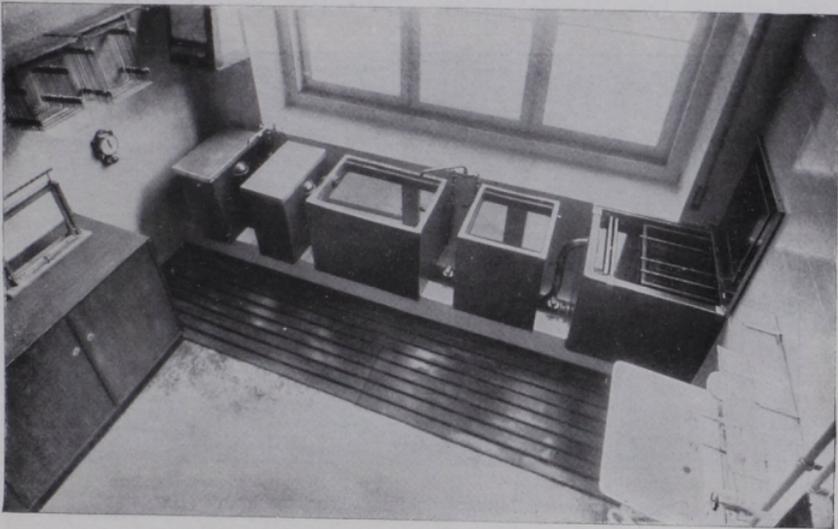


Abb. 6. Blick in die Dunkelkammer von oben. Am Fenster die Entwicklungskolonie, rechts die Unterwasserschleuse geöffnet. (Aus dem Röntgeninstitut des Krankenhauses Sachsenhausen.)

Wässerung, Trocknung (Abb. 5). An Stelle der Schalenentwicklung hat sich heute an den meisten Orten die leistungsfähigere Standentwicklung eingebürgert (Abb. 6). Die Trocknung erfolgt vorteilhaft in einem elektrisch geheizten und ventilerten Trocknungsschrank (Abb. 7). In größeren Betrieben ist derselbe notwendig. Die Lufttrocknung erfolgt zu langsam und zwingt dazu, im Spitalbetrieb häufig nasse Bilder herauszugeben, die erfahrungsgemäß fast ausnahmslos verdorben zurückkommen. Im Zeitalter der Versicherungen ist die Anforderung an die Herstellung von Kopien und vor allem von Diapositiven eine nicht geringe. Jedes röntgendiagnostische Institut einer gewissen

Frequenz sollte deshalb auch mit Photopulten oder anderen Hilfsmitteln zur Herstellung von Diapositiven und Kopien ausgestattet sein.

### b) Elektrische Installation und Hochspannungsschutz.

Mit der Zunahme der Leistungsfähigkeit der Röntgenapparate wächst naturgemäß auch der Stromverbrauch. Er beträgt beispielsweise für kleinere Röntgendiagnostikapparate etwa 8 bis 10 Kilowatt, für mittlere Diagnostikapparate 15—20 Kilowatt und erreicht heute maximal in den hochleistungsfähigen Drehstromapparaten 40—50 Kilowatt. Die *Dimensionierung des Zuleitungskabels* hängt von der Wahl der Apparatur und vor allem von

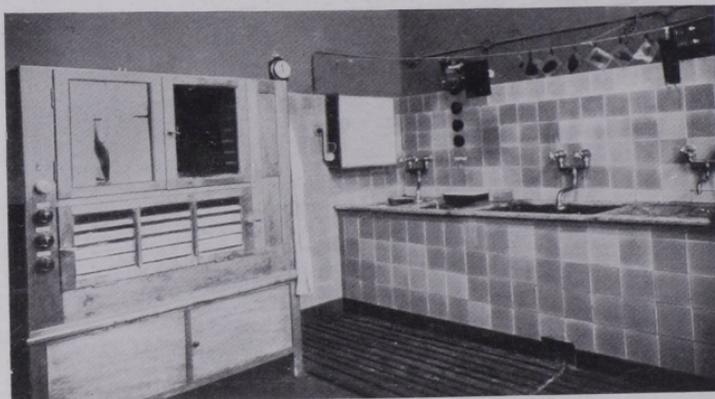


Abb. 7. Trockenkammer, Tankentwicklung, Trockenschrank (HEDFELD).

der Zahl der angeschlossenen Apparate ab und ist ferner abhängig von der Länge des Zuleitungskabels. In manchen Instituten ist nicht daran gedacht worden, und es wurden an das bestehende Kabel immer mehr Apparate angeschlossen, so daß die Leistung der Apparate nicht voll ausgenutzt werden kann.

Vor Errichtung einer Röntgenabteilung hat man sich vorerst bei dem Elektrizitätswerk Gewißheit zu verschaffen, ob dieses imstande ist, genügend Energie zu liefern, was bei den heutigen großen Werken ja kaum jemals Schwierigkeiten bieten wird. Dann muß man feststellen, ob bereits vorhandene Zuführungskabel die zusätzliche Leistung noch ertragen. Zu diesem Zwecke muß aus der Zahl und Type der aufzustellenden Apparate die Summe des Kraftbedarfes (Anschlußwert) berechnet werden. Gegebenenfalls ist ein separates Kabel zum Röntgeninstitut not-

wendig. Bei Anschluß an das Kraftnetz, der vom Elektrizitätswerk vielfach gefordert wird, ist zu bedenken, daß die *Netzspannungsschwankungen* in diesem Netze oft ganz bedeutende sind. Man läßt sich vorteilhaft vorher vom Elektrizitätswerk darüber Aufschluß geben, man verlange eventuell die Aufstellung eines registrierenden Voltmeters, um diese Spannungsschwankungen über längere Zeit beobachten zu können.

Ergibt diese Prüfung geringe Netzschwankungen von 2—3% über oder unter den Durchschnittswerten der Spannung, so können die Apparaturen ohne weiteres angeschlossen werden. Sind die Netzspannungsschwankungen größer, so muß bei Therapiebetrieben ein Spannungsregler eingebaut werden. Eine exakte Dosierung bei therapeutischen Bestrahlungen ist nur bei Konstanz der Netzspannung möglich. Der Einbau eines Spannungsreglers verteuert die Anlage nicht unwesentlich. Die Kosten eines solchen bewegen sich um 4—5000 Fr. herum. Beim Diagnostikbetrieb ist ein Spannungsregler wertlos. Innerhalb der kurzen Expositionszeiten ist die Spannung annähernd konstant, denn die Netzschwankungen erstrecken sich über länger dauernde Zeiträume. Sie können durch andere Einstellung am Schalttisch des Diagnostikapparates kompensiert werden. Voraussetzung ist allerdings, daß sich die Schwester bei ihren Expositionstabellen nicht nach den Stellungen der Regulierkurbeln richtet, sondern nach den Angaben der Meßinstrumente, nämlich Voltmeter und Heizstromamperemeter bzw. Milliamperemeter.

Unter Umständen können aber auch Netzspannungsschwankungen daraus resultieren, daß an ein und demselben Kabel zu viele Apparate angeschlossen werden, z. B. Projektionsapparate, elektrische Lifte, Waschmaschinen usw., die stoßweise größere Energiemengen verbrauchen. In diesem Falle ist die Verlegung eines separaten Zuleitungskabels zum Röntgeninstitut angezeigt. Man berücksichtigt dabei spätere Erweiterungen oder Neuinstallationen von Apparaten.

Bei der Installation der *Niederspannungsleitungen* (Stromzuführungsleitungen zu den Apparaten, Verbindungskabel zwischen Apparat und Schalttisch) hüte man sich, dieselben unter Putz zu legen. Es ist vorteilhafter, sie offen zu montieren oder in gut zugänglichen Leitungskanälen unterzubringen. Reparaturen, Anschluß neuer Apparaturen usw. sind viel leichter durchführbar.

Die Anforderungen an die Installation von *Hochspannungsleitungen* sind viel schärfere als früher. Dünne Drähte oder dünne Rohre sind verpönt. Gefährlich ist es, dieselben nur mit Schnüren oder auf sonstige provisorische Art und Weise zu befestigen.

Es werden heute etwa 20 mm starke vernickelte Messingrohre verlangt, die an kräftigen Porzellanisolatoren an der Decke befestigt sind. Die ausziehbaren Zuleitungskabel zu den Röhren sollen aus starkem isolierten Litzendraht hergestellt werden.

Im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit der Apparaturen hat auch die *Gefährdung* durch die *Hochspannung* zugenommen. Die Literatur berichtet über Todesfälle. *Schutzmaßnahmen* gegen die *Hochspannung* sind *notwendig*. Der beste Schutz ist die Kenntnis der Gefahr. Das Personal muß über die Hochspannungsgefahr unterrichtet sein und sich streng an die Vorschriften halten, die von den Elektrizitätswerken verfaßt sind und in jedem Arbeitsraum mit Hochspannung angeschlagen sein sollen. Außerdem soll in jedem Raum an gut sichtbarer Stelle eine spezielle Warnungstafel angebracht werden (*Vorsicht Hochspannung!*). Ebensovichtig ist eine gut übersichtliche Anlage, wenig Arbeitsplätze in vielen Räumen an Stelle vieler Arbeitsplätze in einem großen Raume. Unter keinen Umständen darf die Hochspannungsleitung so tief unten montiert sein, daß ein erwachsener, aufrecht stehender Mensch mit ihr in Kollision kommen könnte. Es wird ein Minimalabstand vom Fußboden bis zum tiefsten Punkt der Hochspannungsleitung von 2,8 m verlangt. Um dieser Forderung Genüge zu leisten, ist eine Mindestraumhöhe von etwa 3,5 m notwendig, weil die Hochspannungsleitungen auch mindestens 40 cm von der Decke und etwa 3 m vom Fußboden entfernt sein müssen. Eine besondere Gefahr bilden die Abnahmleitungen, die vom Hochspannungsverteilungsnetz zu den Röntgenröhren führen. Man verwendet durchwegs ausziehbare, selbstspannende Kabel, die bei einem Bruch von selbst zurückschnellen sollen und nicht etwa auf Patient, Arzt oder Bedienungspersonal fallen. Zum Herunterholen der einzelnen Abnahmekabel soll jedes derselben mit einer isolierenden Seidenschnur versehen sein.

Wenn in einem Arbeitsraum mehrere Arbeitsplätze vorhanden sind, die von ein und derselben Röntgenapparatur betrieben werden, *so soll jeder Arbeitsplatz mit einem Hochspannungsaus-schalter versehen sein*. Zweckmäßig ist es, diese Schalter so zu kuppeln, daß es nicht möglich ist, gleichzeitig mehrere Arbeitsplätze an Hochspannung zu legen. Der Arbeitsplatzschalter soll außerdem so gebaut sein, daß er in ausgeschaltetem Zustand den Arbeitsplatz an Erde legt, so daß dieser ohne Gefahr berührt werden kann. Der unter Hochspannung liegende Arbeitsplatz wird durch eine rote Signallampe gekennzeichnet. Dadurch wird die gefährliche Manipulation an den Abnahmekabeln auf ein Minimum herabgesetzt, weil die Hochspannungsleitungen ständig

an den Röhren verbleiben können, wenigstens solange, als die Röhre nicht gewechselt wird. Die Erfahrung zeigt, daß in der Tat die meisten elektrischen Unfälle durch Hochspannung in Röntgenbetrieben beim Einhängen der Zuleitungskabel an die Röhren entstanden sind, wobei durch Zufall das Hochspannungsnetz plötzlich unter Spannung gesetzt wird.

Zu den Schutzmaßnahmen gehören auch gute *Erdleitungen*. Sämtliche Metallteile der Untersuchungsgeräte, also der Säulensative, der Lagerungstische und der übrigen Hilfsgeräte sind durch flexible Kabel mit der Erdleitung fest zu verbinden. Die Verwendung von Ketten ist unzulässig. Die beste Erdleitung sind Wasserleitungen oder Blitzableiter. Die Technik macht immer weitere Fortschritte, um schließlich dahin zu gelangen, daß im Untersuchungs- oder Behandlungsraum eine Gefährdung durch die Hochspannung vollständig ausgeschlossen wird.

### e) Strahlengefährdung und Strahlenschutz.

Die in radiologischen Betrieben tätigen Ärzte, das gesamte Bedienungspersonal und auch die nur vorübergehend sich im Gebäude aufhaltenden Personen müssen vor Schädigungen durch ungewollte kurzweilige Strahlung (Röntgenstrahlen, Gammastrahlen) möglichst geschützt werden.

Man unterscheidet Schutz gegen direkte vom Brennfleck der Röhre ausgehende Röntgenstrahlen, Schutz gegen die Gammastrahlung der Radiumpräparate und Schutz gegen Streustrahlung, die von irgendeinem von kurzweiliger Strahlung getroffenen Gegenstände — auch vom Patienten — ausgeht.

Die *Gefahren* von seiten der *direkten Brennfleckstrahlung* der Röntgenröhren werden durch Verwendung von guten *Röhrenschutzgehäusen* auf ein Minimum herabgedrückt. Die Röntgenröhre befindet sich in allseitig geschlossenen Strahlenschutzkästen aus Bleiglas, Blei usw. und läßt nur durch die Blendenöffnung nach Passage eines Grundfilters von 0,5—1 mm Al die Nutzstrahlung austreten. Das Röhrenschutzgehäuse dient aber nicht nur zum Schutz gegen ungewollte Brennfleckstrahlung, sondern auch gegen die Glasstrahlung, Stielstrahlung usw. Denselben Zweck erfüllen die modernen *Strahlenschutzröhren*. Noch viel zu häufig konstatiert man in Röntgenbetrieben ungenügende Bleiglashauben, sogenannte Röhrenbecher und andere ungenügende Röhrenschutzkästen. Es wäre ohne große Kosten möglich, diese Übelstände zu beheben. Wichtig ist natürlich, daß man die Schutzmaßnahmen gegen die direkte fokale Röntgenstrahlung *periodisch* kontrolliert. Dies läßt sich einfach vornehmen durch Anbringung

eines in schwarzes, lichtundurchlässiges Papier eingewickelten Filmstreifens, der kürzere oder längere Zeit an verschiedenen Stellen in der Umgebung der Röntgenröhre angebracht und nachträglich entwickelt wird. Defekte in der Absorption der ungewollten Primärstrahlung müssen so leicht zum Vorschein kommen.

Beim Arbeiten mit *Radiumpräparaten*, Radiumnadeln, Radiumröhrchen usw. *hüte man sich vor dem Anfassen* derselben mit dem Finger. Alle *Manipulationen*, wie Filterwechseln, Herstellung von Moulagen usw. müssen hinter den eigens hierfür konstruierten *Bleitischen* vorgenommen werden. Der *Transport* von Radiumpräparaten darf nur in eigens zu diesem Zwecke konstruierten *Bleikästchen* erfolgen, die Implantation von Nadeln in den Körper des Patienten, das Einführen von Radiumröhren in natürliche Körperhöhlen usw. geschieht am besten mit speziellen Instrumenten, die entweder Holzgriffe haben oder gegen Sekundärstrahlung mit Gummiüberzügen geschützt sind. Die Verwendung gashaltiger Emanation ist immer gefährlich. Beim Bruch einer Gaskapillare tritt das Gas aus und kann eingeatmet werden.

Am schwierigsten zu bekämpfen ist die *Gefährdung* durch die *Streustrahlung* in Röntgenräumen. Vollständig vermeiden läßt sich dieselbe nie ohne Durchführung des Dreikammersystems.

*Wichtigstes Schutzmittel* ist eine *gute Anordnung der Räume*. Das geschilderte Dreikammersystem garantiert, daß der für sich abgeschlossene Schalt- oder Bedienungsraum weitgehend sowohl gegen direkte, als auch gegen indirekte Röntgenstrahlung geschützt werden kann. Auch Röntgenstrahlung, die bei ungenügender Heizung der Ventilröhren der Apparaturen in denselben entsteht, läßt sich am besten dadurch abschirmen, daß ein getrennter Raum zum Maschinenraum eingerichtet wird. *Im Aufnahmeraum selber darf das Personal sich nur aufhalten während der Lagerung und Einstellung des Patienten, nicht aber während der Exposition des Films*. Die heute verwendeten großen Röntgenstrahlenmengen sind zu gefährlich.

Während der röntgendiagnostischen *Durchleuchtungen* muß der *Arzt* sich unmittelbar direkter und indirekter Röntgenstrahlung aussetzen. Persönlich schützt er sich dabei durch *Bleischutzzanzeln, Bleischürzen, Bleihandschuhe* und dergl., er beachtet, daß die *Blendenöffnung nie größer ist, als der mit einer guten Bleiglasscheibe versehene Durchleuchtungsschirm*. Der Hauptschutz liegt aber darin, daß er nur mit geringen Stromstärken arbeitet. *Die maximale Röhrenbelastung darf 5 Milliampères nicht übersteigen*, wobei zwischen Röhre und Patient ein *Alu-*

*miniumfilter* von 0,5—1 mm Dicke angebracht ist, das eventuelle weichste Röntgenstrahlung absorbieren soll, und wobei ferner eine dünne Holzwand oder eine Segeltuchwand einen Minimalabstand Brennfleck—Haut des Patienten von etwa 40 cm garantiert. Eine weitere Gefährdung durch unmittelbare Strahlung kann im *Therapiebetrieb* dann eintreten, wenn nach Lagerung und Einstellung des Patienten mit dem Felderabsucher nach Inbetriebsetzung der Apparatur die Richtigkeit der Einstellung kontrolliert wird. Die im Therapiebetrieb verwendeten Röhrenstromstärken sind zwar viel geringer als bei der Aufnahmetechnik, die Gefährdung resultiert hier aber aus der starken Durchdringungsfähigkeit der Strahlung und der viel längeren kontinuierlichen Bestrahlungszeit. Auch hier soll sich der Arzt durch eine Bleischürze schützen und durch rasches und zielbewußtes Arbeiten die Expositionsdauer seines eigenen Körpers auf ein Minimum herabdrücken. Wichtig ist auch, daß die Feldabsucher recht lang sind, da die Strahlenintensität nach dem Quadrat der Entfernung abnimmt.

Abgesehen von der Durchleuchtung und von der Kontrolle des Bestrahlungsfeldes zu Beginn jeder therapeutischen Bestrahlung ist eine Exposition des Arztes Röntgenstrahlen gegenüber zu vermeiden. Man hat sich früher schon durch fahrbare Schutzwände vor dem Schalttisch sowohl im Diagnostikbetrieb wie auch im Strahlenbetrieb zu schützen gesucht. Wir wissen heute, daß diese Schutzvorrichtungen meist ungenügend sind, und deshalb ist man dazu gelangt, bei Einrichtung *neuer* Röntgeninstitute die Durchführung des geschilderten Dreikammersystemes zu fordern. Dasselbe erlaubt, die Wände des Bedienungsraumes und die Türen zwischen demselben und dem Aufnahmeraum möglichst strahlenschutzsicher zu gestalten.

Dazu ist die Kenntnis der *Schutzwirkung* der verschiedenen *Baumaterialien* notwendig. Es läßt sich oft durch zweckentsprechende Dimensionierung von Zwischenwänden, Fußböden und Decken der erforderliche Schutz erreichen, ohne daß teure Bleiverkleidungen oder Verwendung spezieller Schutzmaterialien erforderlich wären. In der folgenden Tabelle sind die Schutzwirkungen der verschiedenen Baumaterialien zusammengestellt. In der ersten Kolonne ist das untersuchte Material angegeben, in der zweiten Kolonne die entsprechenden Äquivalenzwerte, d. h. diejenigen Schichtdicken des betreffenden Materiales, die erforderlich sind, um denselben Schutz zu erreichen, wie eine 1 mm starke Bleischicht. In der dritten Kolonne ist die minimale erforderliche Schichtdicke angegeben für das in Frage kommende Material, die sich beim Diagnostikbetrieb als genügend erwiesen hat. Entspre-

chend der verwendeten Strahlenhärte im Diagnostikbetrieb genügt nämlich eine 2 mm dicke Bleiplatte zum Schutz vor ungewollten Röntgenstrahlen. In der letzten Kolonne sind die Schichtdicken im Therapiebetrieb angegeben. Die Therapiestrahlung ist bedeutend durchdringungsfähiger als die Diagnostikstrahlung. Es wird eine Schichtdicke von 4 mm Blei zur Strahlenabschirmung gefordert. Für das angeführte Material finden sich die entsprechenden Äquivalenzwerte.

„Strahlenschutz bei Röntgenstrahlen“.

Material	Äquivalenz- werte	Verlangter Schutz in Blei	
		für Diagnostik 2 mm	für Therapie 4 mm
Bleiglas, alte Qualität . . .	1 : 9,5	19 mm	38 mm
Bleiglas, neue Qualität . . .	1 : 4	8 mm	16 mm
Bleigummi, alte Qualität . .	1 : 3	6 mm	12 mm
Bleigummi, neue Qualität . .	1 : 2,5	5 mm	10 mm
Barytstein . . . . .	1 : 14	28 mm	56 mm
Barytstein . . . . .	1 : 20	40 mm	80 mm
Kämpfe-Lorey-Material . . .	1 : 15	30 mm	60 mm
Ziegelstein . . . . .	1 : 95	190 mm	380 mm
Ziegelstein . . . . .	1 : 100	200 mm	400 mm
Stampfbeton . . . . .	1 : 53,5	107 mm	214 mm
Messing . . . . .	1 : 4	8 mm	16 mm
Stahl . . . . .	1 : 6,5	13 mm	26 mm
Holz . . . . .	1 : 1000	2000 mm	4000 mm

Dieser Tabelle entnehmen wir, daß eine Zwischenwand von etwa 11 cm Dicke aus Stampfbeton als Strahlenschutzwand zwischen dem Aufnahmeraum und dem Bedienungsraum vollständig genügt und keiner weiteren Bleiverkleidung bedarf. Im Therapiebetrieb müßte die Wandstärke 22 cm betragen. Bei Decken- und Bodenkonstruktionen lassen sich diese Wandstärken häufig nicht durchführen; da empfiehlt es sich, die natürliche Schutzwirkung durch besonders stark absorbierendes Material, wie Blei, Barytstein, eisenerzhaltiges Material und dergl. derart zu erhöhen, daß der vorgeschriebene Wert erreicht wird. Logischerweise gilt diese Vorschrift nur für solche Nebenräume, in denen sich Personen aufhalten oder in denen Gegenstände, z. B. Films oder Röntgenplatten, aufbewahrt werden, die durch den Einfluß der Strahlung geschädigt werden können. Meistens genügt es bei der erwähnten Verstärkung des Bodenschutzes bei feststehenden Stativen, wenn einige Quadratmeter unter dem Be-

strahlungstisch verstärkt werden, denn die weiter seitlich liegenden Teile werden von der Strahlung schräg durchsetzt, haben also größere Schichtdicken zu passieren.

Besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich des Strahlenschutzes ist den *Verbindungsstüren* und den *Fenstern* nach dem Bedienungsraum und anderen an den Behandlungsraum anschließenden Räumen zu schenken. Für die Fenster muß hochwertiges Bleiglas zur Verwendung gelangen von einer gleichstarken Schutzwirkung, wie sie für die Trennungswand vorgeschrieben ist. Das Problem der Schutzwirkung der Türen wird am einfachsten dadurch gelöst, daß zwischen eine Doppelholztüre ein Bleibelag der vorgeschriebenen Stärke angebracht wird. Die Konstruktion bei Fenstern und Türen

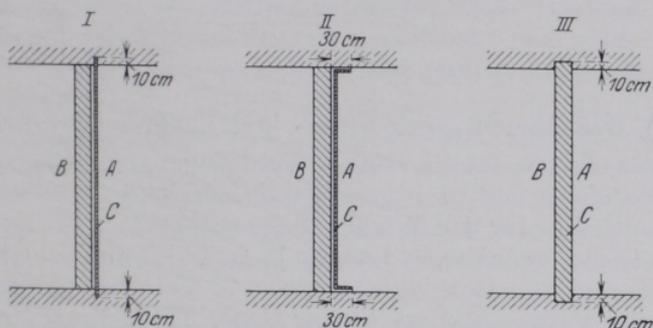


Abb. 8. Anordnung der Schutzschicht von strahlensicheren Wänden.

A Behandlungs- oder Untersuchungsraum. B Geschützter Raum. C Schutzschicht oder Schutzwand. I Dünne Wand mit Bleiverkleidung (für Diagnostikstrahlung 2 mm dick, für Therapiestahlung 4 mm dick). II Dasselbe, aber mit anderer Lösung des Stoßfugenproblems. III Massive strahlenabsorbierende Wand von einem Äquivalenzwert von 2 bzw. 4 mm Blei.

muß so durchgeführt werden, daß durch entsprechende Überdeckung von mindestens 2 cm überall der vorgeschriebene Schutz vorhanden ist. Löcher, die zur Befestigung des Bleibelages angebracht werden müssen (Nägeln, Schrauben) sowie Stoßfugen müssen durch entsprechende Bleistreifen wieder überdeckt werden.

Ein Ausführungsbeispiel, wie die Strahlenschutzwände oder die Schutzverkleidungen an vorhandenen Wänden angebracht werden sollen, zeigt Abb. 8. Es genügt nicht, wenn der Schutz nur bis an die Oberkante des Fußbodens oder der Decke reicht, sondern er muß wenigstens 10 cm nach oben oder unten weitergeführt werden oder wenn dies nicht möglich ist, auf eine Länge von 30 cm horizontal herumgeführt werden; nur auf diese Weise ist es möglich, einen vollkommen strahlensicheren Raum zu erhalten.

Wegen der wesentlich *größeren Durchdringungsfähigkeit* der *Radiumstrahlen* stößt die Erreichung eines absoluten Strahlenschutzes auf beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten. Auch die besten Schutzvorrichtungen sind nicht imstande, jede Gefahr zu beseitigen. Das beste Vorbeugungsmittel ist ein äußerst zuverlässiges Personal, das die Vorschriften über die Manipulation mit Radiumpräparaten usw. streng innehält. Außerdem schützt eine beschränkte Beschäftigungsdauer mit Radium, also öfterer Personalwechsel, am besten. Die strahlen- und zugleich diebesichere Aufbewahrung des sehr teuren Radiumvorrates erfolgt in einem speziellen Tresor, der natürlich auch feuersicher sein muß. Dieser Tresor besitzt infolge der 18—20 cm dicken Bleieinlage ein sehr hohes Gewicht von unter Umständen mehreren Tonnen. Es ist wichtig, dem Architekten dies mitzuteilen, der danach seine Berechnungen zu richten hat.

#### d) Maßnahmen gegen Feuer- und Explosionsgefahr.

Die vor einigen Jahren erfolgte Verdrängung der Glasröntgenplatten durch den doppelt begossenen *Zelluloid-Röntgenfilm* brachte eine neue Gefahr für den Röntgendiagnostikbetrieb mit sich. Der Film ist leicht brennbar, er besteht ja zum Teil aus Schießbaumwolle oder verwandten Substanzen und bei der Verbrennung entstehen gewaltige Mengen giftiger Gase. Trotz dieser Nachteile hat er sich überall durchgesetzt wegen seiner höheren Empfindlichkeit gegenüber Röntgenstrahlen, seines leichten Gewichts und seiner bequemen Verarbeitung. Die Röntgenplatte ist heute nahezu überall verdrängt durch den Röntgenfilm.

Die Archivierung der Originalröntgenplatten war lediglich eine Raumfrage. Bei der Anlage von Filmagern aber sind ganz besondere Maßnahmen zu treffen.

Zwar nimmt meist das Verbrennen von einzelnen Filmen in Operationsräumen, Krankenzimmern usw. einen recht harmlosen Verlauf. *Der Brand eines Filmagern aber wird immer zur Katastrophe.* Sie braucht nicht so schrecklich zu verlaufen wie der Brand des Filmagern am Spital in Cleveland, der zum Vergiftungstod von nicht weniger als 126 Menschen geführt hat. Die Richtlinien des Deutschen Reichsgesundheitsamtes zur Verhütung von Bränden durch Röntgenfilme sind in Bd VII, S. 15ff. angegeben.

In jedem größeren Röntgeninstitut wird man zwischen einem *Hauptfilmarchiv*, in welchem die große Mehrzahl aller Röntgenegative aufbewahrt wird, und einem Filmarchiv für die *wissenschaftliche Sammlung* unterscheiden müssen. Das Hauptarchiv

wird bei größeren Krankenhäusern einen ziemlichen Umfang annehmen. Es ist zweckmäßig, dieses Archiv außerhalb des Krankenhauses in einem besonderen kleinen Gebäude unterzubringen. Das kleinere wissenschaftliche Filmarchiv, das die Filmsammlung für den Unterricht und meistens auch die Filme der zur Zeit in Behandlung stehenden Patienten enthält, muß in der Regel bequem erreichbar sein und wird sich infolgedessen immer in unmittelbarer Nähe innerhalb der Röntgenabteilung befinden. Es ist auch ratsam, einen kleinen feuer- und explosions sicheren Schrank in der Dunkelkammer aufzustellen, in dem die noch nicht entwickelten frischen Filme aufbewahrt sind. Immerhin ist die Gefahr von dieser Seite deshalb gering, weil man ja nie große Lager an unentwickelten Filmen vorrätig hält, weil bei Nichtgebrauch die Filme überaltern.

Dieser Einteilung entsprechend sind auch die Maßnahmen zum Schutz gegen Brand- und Explosionsgefahr verschieden. Befindet sich das Hauptfilmarchiv in einem isolierten kleinen Gebäude, das sonst zu keinem anderen Zwecke benutzt wird, so sind die Gefahren bei einem Brande gering. Befindet sich aber das Hauptfilmarchiv innerhalb des Spitalgebäudes, so muß es durch eine automatisch schließende, feuersichere Türe verschlossen werden, um zu vermeiden, daß bei einem sonstigen Spitalbrande auch noch das Filmarchiv in Brand gerät. Am besten ist es, wenn der Zugang zum Hauptfilmarchiv von außerhalb des Gebäudes erfolgt, oder doch wenigstens durch einen oder mehrere wenig benutzte Räume, jedenfalls nicht durch einen der Hauptkorridore des Krankenhauses.

Die kleineren Filmlager sollten in *feuer- und explosions sicheren Filmschränken* untergebracht werden, so daß es schlimmstenfalls immer nur zum Brande eines kleinen Teiles des Filmbestandes kommen kann, wodurch die Gefahr der Rauch- und Gasentwicklung stark vermindert wird. Vorteilhaft ist es dabei, wenn durch besondere Entlüftungsöffnungen in den Filmschränken die Brandgase durch einen Kanal direkt ins Freie abgeführt werden. Sind diese einzelnen kleinen feuersicheren Filmschränke nämlich hermetisch geschlossen, so kann es bei zufälliger Entzündung oder bei Selbstentzündung (?) zur Explosion des Schrankes kommen.

Die Durchführung aller dieser Forderungen stößt auf große Schwierigkeiten, solange es sich nicht um Neubauten handelt. Diese Schwierigkeiten sollten aber nicht dazu verleiten, die Schutzmaßnahmen zu vernachlässigen. Zugegeben werden muß allerdings, daß wir noch keine genügenden Erfahrungen über verschiedene Fragen auf diesem Gebiete besitzen.

### e) Wahl der Apparaturen.

Es kann sich nicht um eine genaue Beschreibung der verschiedenen Apparate, Hilfsgeräte, Röhren usw. handeln, um so weniger als noch ältere Modelle im Betriebe sind, z. B. Induktorapparate für Diagnostik, die heute nicht mehr fabriziert werden. Wir beschränken uns auf die Charakterisierung der modernen Apparatypen, der modernen Röhren und Hilfsgeräte und gehen nur kurz auf ihre Verwendungsmöglichkeit und Leistungsfähigkeit ein.

Durch die *Röntgenröhre* hindurch darf nur *hochgespannter Gleichstrom* von 40 bis maximal 250 Kilovolt Scheitelwert fließen, sonst wird sie zerstört. Derartig hochgespannte Ströme können naturgemäß von den Elektrizitätswerken nicht zur Verfügung gestellt werden. Sie müssen im Röntgeninstitut selbst erzeugt werden. Dies geschieht in der *Röntgenapparatur* durch Umformung des vom Elektrizitätswerk gelieferten niedrig gespannten Stromes. Vor Anschaffung eines Apparates muß man sich beim zuständigen Elektrizitätswerk über nachfolgende Fragen Auskunft verschaffen:

1. Welche *Stromart* (Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom) steht an meiner Arbeitsstätte zur Verfügung?
2. Welches ist die zur Verfügung stehende *Spannung* und wie groß sind die Netzspannungsschwankungen?
3. Welches ist die *Periodenzahl* für den Wechsel- oder Drehstrom?
4. Genügt der Querschnitt der vorhandenen Zuleitung und der vorhandene Zähler für den Anschluß eines leistungsfähigen Röntgenapparates?

Sämtliche modernen *Röntgenapparaturen* sind für *direkten Wechselstromanschluß* ausgeführt. Ist nur Gleichstrom vorhanden, so muß derselbe zuerst durch einen Umformer im Röntgeninstitut in Wechselstrom umgewandelt werden, was die Anlage wesentlich verteuert.

Auf Grund der Angaben des Elektrizitätswerkes können Unterhandlungen mit der Lieferfirma einer Röntgenapparatur angeknüpft werden. Die Firma ist in der Lage, für die verschiedenen Modelle genaue Leistungsangaben entweder in Kilowatt oder in Amperes zu geben. Erst nach Wahl der Apparatur kann endgültig entschieden werden, ob wirklich der Leistungsquerschnitt (Punkt 4 der obigen Fragen) genügt.

Die Entwicklung der Röntgenapparate ist heute zu einem gewissen Abschluß gelangt, indem sich eine Anzahl Typen herausgebildet hat, die in ähnlicher Konstruktion und Leistung von den verschiedensten Firmen fabriziert werden. Die Unterschiede sind

nicht prinzipieller Natur. Diese Typen lassen sich grundsätzlich in drei Klassen einteilen und zwar in *reine Diagnostikapparate*, *reine Therapieapparate* und in *Universalapparate* für Diagnostik und Therapie.

Der *einfachste Diagnostikapparat* besteht in der Hauptsache aus einem Hochspannungstransformator und einem Reguliertisch. Die Röntgenröhre selbst wird unmittelbar an die Hochspannungsleitung des Transformators angeschlossen, wobei der Ventilcharakter der Glühkathodenröhre gleichzeitig zur Unterdrückung der einen Halbwelle ausgenützt wird; daher der Name *Halbwellenapparat*. Solche Apparate sind sehr billig, sie sind aber in ihrer Leistungsfähigkeit beschränkt. Sie eignen sich als ausschließliche *Durchleuchtungsapparate* oder auch für kleinere Betriebe und für Privatärzte, die nicht allzu hohe Anforderungen stellen.

Prinzipiell sind zwar die Expositionszeiten keineswegs länger als bei den weiter unten geschilderten Vierventilapparaten bei gleicher Spannung und gleichem Röhrenstrom, hingegen ist die Röhrenbeanspruchung eine sehr viel größere. Man ist also genötigt, zur Schonung der Röhre entweder weniger zu belasten und damit länger zu exponieren, oder dann eine Röhre mit größerem Brennfleck zu wählen, wodurch die Schärfe des Röntgenbildes leidet. Nach SPIEGLER und ZAKOVSKY verlangt eine *Lungenfernaufnahme aus 2 m Distanz* bei einem Halbwellenapparat mit einem 6-Kilowatt-Rohr (vgl. später) eine Expositionszeit von *1—1,5 Sekunden*. Für die Praxis ergibt sich daraus, daß die Herstellung kurzzeitiger Aufnahmen, besonders des Magendarmkanales, auf Schwierigkeiten stößt.

Dieses Beispiel aus der Röntgenpraxis orientiert den Arzt am besten über die Leistungsfähigkeit einer solchen Apparatur im täglichen Betrieb. Die Lieferfirmen geben die Leistungsfähigkeit ihrer Apparate durch Nennung der maximal zulässigen Belastung in Milliampères und der Spannung in Kilovolt Scheitelwert an. Für einen Halbwellenapparat mittlerer Größe betragen diese Werte 100 mA bei 110 kV Scheitelwert.

Die weitaus häufigste Type der zur Zeit verwendeten Diagnostik-Apparate ist der *Vollwellenapparat* mit vier Glühventilen, die in Grätzscher Schaltung verbunden sind und gestatten, beide Halbwellen des hochgespannten Wechselstromes auszunützen. Man nennt sie kurz *Vierventilapparate* oder Vierventilgleichrichter. Dieser Apparattypus hat den früheren mechanischen Gleichrichter verdrängt.

Die Leistungsfähigkeit dieser Apparate ist eine sehr viel größere. Im täglichen Betrieb werden an *meinem* Institute *Lungenfern-*

*aufnahmen* aus 2 m Distanz bei einer Expositionszeit von 0,2 Sekunden hergestellt. Die Expositionszeiten können auf 0,1 Sekunden heruntergedrückt werden, falls das Zeitrelais dies zuläßt, was häufig nicht der Fall ist.

Die Lieferfirmen geben für die maximale Leistung je nach Apparattyp 250—500 mA bei einem Scheitelwert der Sekundärspannung von 100—120 kV an. Damit ist auch die Höchstleistung der heutigen Röntgenröhren erreicht.

Mit solchen Apparaten sind die schwierigsten röntgendiagnostischen Leistungen zu vollbringen. Die Apparatur gestattet kurzzeitige Aufnahmen aller Organe des Körpers und eignet sich besonders zur Herstellung der sogenannten gezielten Aufnahmen, also jener Aufnahmetechnik, bei der im unmittelbaren Anschluß an die Durchleuchtung kurzzeitige Aufnahmen gemacht werden. Die kürzeste Expositionszeit, die bei diesen Apparaten noch mit Sicherheit erreicht werden kann, ist im allgemeinen ungefähr  $\frac{1}{10}$  Sekunde.

Der Wunsch nach kürzeren Expositionszeiten hat u. a. in neuester Zeit zur Konstruktion der sogenannten *Höchstleistungsdiagnostik-Apparate* geführt. Der Leistungsverbrauch dieser Apparate ist derart hoch, daß der Anschluß an ein einphasiges Wechselstromnetz wie bei den soeben beschriebenen Diagnostikapparaten nicht mehr möglich ist. Auch die maximale Leistung des Apparates selbst kann nur mit Hilfe von Drehstrom erreicht werden. Diese *Drehstromapparate* sind mit 6 Glühventilröhren in Grätzscher Schaltung versehen, so daß alle drei Phasen des Drehstromes zur Ausnutzung gelangen. Es wird dadurch ein hoher Wirkungsgrad erzielt.

*Lungenfernaufnahmen* aus 2 m Distanz können z. B. bei einer Expositionszeit von  $\frac{1}{25}$  Sekunde hergestellt werden.

Die Firmen geben als Maximalleistung etwa 2000 mA bei 80—100 kV Scheitelwert an. Vorläufig existieren noch keine Röntgenröhren, die eine derartige Belastung auch nur kurzzeitig aushalten würden.

Als Sondertypen wären noch zu erwähnen die *transportablen Kleinröntgenapparate* und die *Kondensatorapparate* für diagnostische Zwecke. Die ersteren werden verwendet für dringliche Aufnahmen im Privathaus bei nicht transportablen Patienten oder in den einzelnen Krankensälen eines Spitalen. Sie sind nicht geeignet für Momentaufnahmen, hingegen ermöglichen sie Durchleuchtungen am Orte der Wahl und auch die Herstellung von Knochenaufnahmen. Es ist wünschenswert für manches Spital, einen solchen Apparat als Ergänzung zur stationären Röntgen-

abteilung zu besitzen. Die diagnostischen Kondensatorapparate sind dort am Platze, wo nur eine ungenügende Energiequelle zur Verfügung steht und doch die Möglichkeit gegeben sein soll, auch kurzzeitige Aufnahmen herzustellen. Das Verwendungsgebiet wird immer ein beschränktes sein. Im Prinzip beruhen diese Apparate darauf, daß ein großer Hochspannungskondensator in relativ langer Zeit mit geringer Stromstärke aus dem Netz aufgeladen wird, um dann seine angesammelte Ladung in einem kurzdauernden intensiven Stromstoß durch die Röntgenröhre zu senden. Die Leistung eines solchen Apparates hängt naturgemäß von der Größe der Kapazität seines Kondensators ab, sie kann so gesteigert werden, daß sie die Leistung der übrigen Großapparate erreicht.

Im *Therapiebetrieb* ist der *Gleichspannungsapparat* heute der bevorzugte Typ. Bei ihm wird der hochgespannte Wechselstrom unter Verwendung von zwei Glühventilröhren und zwei Kondensatoren in Greinacherschaltung umgewandelt in annähernd konstanten Gleichstrom.

Dem Arzt mag die Angabe dienlich sein, daß mit solchen Therapieapparaten im Dauerbetrieb maximal mit etwa 4 mA bei etwa 200 kV Scheitelwert gearbeitet wird. Nach den Angaben der Firmen ist die Leistungsfähigkeit der Gleichspannungsapparate freilich eine viel höhere. Sie beträgt maximal bis zu 16 mA bei 220 kV Scheitelwert. Die heute gebräuchlichen Röhrentypen halten solche Belastungen auf die Dauer nicht aus. Mit den geschilderten Apparaten kann natürlich neben Tiefentherapie ebensogut auch Oberflächentherapie getrieben werden.

Neben diesem Typus der Wahl für Therapieapparate werden heute noch Induktorapparate und für ausschließliche Oberflächentherapie mit relativ weicher Strahlung sogar auch Halbwellenapparate verwendet. Für eine kunstgerechte Strahlentherapie der bösartigen Tumoren kommt nur der Gleichspannungsapparat in Frage.

Die Industrie hat auch verschiedene Typen von Universalapparaten gebaut. Wir sind keine Anhänger derselben. Zum Spitalbetrieb eignen sie sich nicht, denn solange Therapie getrieben wird, ist die Diagnostik vollständig gesperrt und umgekehrt. Sie verleiten auch Ärzte zu therapeutischen Bestrahlungen, denen dieses Gebiet sonst vollkommen fernliegen würde, und die ohne ihren „Universal“-Apparat nie auf den Gedanken gekommen wären, Therapie zu treiben.

In Spezialfällen kann es allerdings dienlich sein, neben einem reinen Diagnostikapparat als Therapieapparat einen Universal-

apparat anzuschaffen, der gleichzeitig auch als Reserve für die Diagnostik dient, falls eine Betriebsstörung eintritt.

Als Röhrentypen kommen heute nur noch *Glühkathodenröhren* in Betracht, und zwar sowohl im Diagnostikbetrieb wie im Therapiebetrieb.

Bei Anschaffung einer Röntgenröhre soll man immer mitteilen, für welchen Zweck sie gebraucht werden und an welcher Apparatur sie betrieben werden soll. Es ist also beispielsweise bei Therapieröhren anzugeben, ob die Röhre für Oberflächen- oder Tiefentherapie benutzt wird, ob sie an einem Induktorapparat oder an einem Gleichspannungsapparat betrieben werden soll und bei welcher maximalen Spannung. Bei Diagnostikröhren ist anzugeben, ob es sich um eine Röhre für ausschließliche Durchleuchtung handelt, ob lediglich Strukturaufnahmen, also Zeitaufnahmen, hergestellt werden sollen, oder ob die Röhre für kurzzeitige Aufnahmen mit hohen Belastungen bestimmt ist. Je nachdem unterscheidet sich die Röhre in der Größe des Brennfleckes (Fokus) und unter Umständen in der Art der Kühlung. Man muß sich über diese Dinge klar sein, weil man eine Röhre mit einem feinen Fokus dadurch ruinieren kann, daß man sie für Momentaufnahmen benutzt. Alle Therapieröhren haben einen großen Fokus.

Es ist darauf zu achten, daß jede Röhre mit einem Leistungsschild versehen ist, welches die zulässigen Belastungen für verschiedene Spannungen und Expositionszeiten sowie die Angabe des maximal zulässigen Heizstromes enthalten soll. Zwei Beispiele illustrieren das Gesagte. Wir haben Diagnostikröhren gewählt.

#### Hochleistungs-Fokus (Groß-Fokus).

##### Durchleuchtung:

Röhrenspannung:	65	85	100 kV	Scheitelwert
Röhrenstrom:	10	8	8 mA	(dauernd)

##### Aufnahmen:

Röhrenspannung in kV		Funken- schlagw. zwischen Spitzen	am Gleichrichter		mit Wechselspannung	
Scheitel- wert	effekt. Wert		1 Sek.	5 Sek.	1 Sek.	5 Sek.
50	35	6,6 cm	150 mA	130 mA	—	—
65	46	10 „	115 „	100 „	75 mA	65 mA
85	60	14,6 „	75 „	65 „	50 „	45 „
100	71	18 „	55 „	47 „	40 „	35 „
115	81	21 „	45 „	40 „	—	—

Heizstrom max. ca. .... A.

**Fein-Fokus.**

## Durchleuchtung:

Röhrenspannung: 65 85 100 kV Scheitelwert  
 Röhrenstrom: 10 8 6 mA (dauernd)

## Aufnahmen:

Röhrenspannung in kV		Funken- schlagw. zwischen Spitzen	am	mit Wechsel-
Scheitel- wert	effekt. Wert		Gleichrichter	spannung
			8 Sek.	12 Sek.
65	46	10 cm	40 mA	30 mA
85	60	14,6 „	30 „	23 „
100	71	18 „	25 „	20 „
115	81	21 „	22 „	—

Heizstrom max. ca. .... A.

Verschiedene Firmen benutzen zur Charakterisierung der Röhren die Angabe der Leistungsfähigkeit derselben in *Kilowatt*. Man unterscheidet 3-Kilowatt-Röhren, 6- und 10-Kilowatt-Röhren, entsprechend einer Feinfokusröhre, einer Mittelfokusröhre und einer Großfokusröhre (Hochleistungsröhre).

Man versteht z. B. unter einer 6-Kilowatt-Röhre ein Rohr, das eine Sekunde hindurch eine Belastung von 6 kW ertragen kann, also z. B. von 150 mA bei 50 kV eff. oder von 100 mA bei 60 kV eff. (Die Kilowattzahl wird errechnet durch Multiplikation der Milliamperezahl mit der Kilovoltzahl eff.)

Eine Schwierigkeit besteht für die Praxis bei der Beurteilung der Leistungsangabe auf Grund des Leistungsschildes oder der Kilowattzahl darin, daß die Effektivspannung nicht bekannt ist. Die auf dem Schalttisch der Röntgenapparate vorhandenen Kilovoltmeter geben die Leerlaufspannung des Transformators in Effektiv- oder Scheitelwert an. Die wirkliche an der Röhre vorhandene Spannung ist geringer, und zwar ist der Unterschied um so größer, je höher die Belastung gewählt wird (Spannungsabfall). Genaue Kenntnis der an der Röhre herrschenden Spannung muß man sich durch Eichung der Apparatur mittels einer Kugelfunkstrecke an Ort und Stelle verschaffen.

Wird dieser Spannungsabfall nicht in Rechnung gezogen, bedient man sich also bei der Berechnung der Röhrenleistung der Angabe des Kilovoltmeters, so wird man dabei immer Werte bekommen, die etwas unter den zulässigen Belastungen liegen, wobei die Röhre nicht voll zur Ausnutzung gelangt. Es ist empfehlenswert, mit diesem Sicherheitsfaktor zu rechnen, da im

praktischen Betrieb oft unvorhergesehene Überlastungen auftreten können.

In einem kleineren röntgendiagnostischen Betriebe genügt die Anschaffung von zwei Röhren, wobei man eine Röhre mit Fein-Fokus für Zeitaufnahmen und für die Durchleuchtungen verwendet, die andere Röhre mit Hochleistungs-Fokus für Momentaufnahmen. In einem radiotherapeutischen Institut hängt die Wahl des Röhrentypus davon ab, ob man nur Oberflächentherapie oder auch Tiefentherapie treibt. Für die ausschließliche Oberflächentherapie kommen Therapieröhren in Betracht, die nur für niedrige Spannungen von im Maximum etwa 140 kV Scheitelwert in Betracht kommen. Für Tiefentherapie liegt heute die höchste noch wirtschaftliche Betriebsspannung bei etwa 200 kV Scheitelwert. Diese Spannungsangaben beziehen sich auf eine Belastung von 4 mA. Bei höheren Belastungen müssen die Spannungen entsprechend reduziert werden.

Bei allen Röhrentypen unterscheiden wir die *gewöhnlichen Glasröhren* und die *Strahlenschutzröhren*. Die ersteren Röhren verlangen Stative mit allseitig geschlossenen Schutzbehältern. Die Strahlenschutzröhren selbst erfordern keine weiteren Schutzmaßnahmen am Stativ. Die Leistungsfähigkeit beider Röhrentypen ist dieselbe. Bei den gewöhnlichen Röhrentypen ist der Anschaffungspreis der Stative wegen der erforderlichen Schutzbehälter höher, dagegen der jeweilige Röhrenersatz billiger.

Jede neu angeschaffte Röhre muß zuerst gereinigt und trocken gerieben werden, nachdem man beim Empfang äußerlich keinen Schaden festgestellt hat. Dann lege man zunächst eine möglichst geringe Hochspannung kurzzeitig an die Röhre, ohne daß der Glühkathodenheizstrom eingeschaltet wird. Tritt dabei blaues oder rotes Leuchten oder sogar Funkenbildung auf in der Röhre, so ist Luft in dieselbe eingedrungen, und sie ist unbrauchbar. Der Heizstrom wird dann nicht eingeschaltet, weil sonst bei defektem Vakuum die Heizspirale durchbrennt und die Röhre irreparabel geworden ist. Ist keine der genannten Erscheinungen aufgetreten, so wird Heizstrom eingeschaltet, den man langsam steigert, bis der gewünschte Röhrenstrom fließt, wobei man sich an die Angaben des Leistungsschildes halten muß. Bei Wasserkühlröhren ist selbstverständlich vorher der Kühlwasserbehälter mit destilliertem Wasser zu füllen.

Noch nicht normalisiert sind die *Hilfsgeräte* zum Röntgenbetrieb. Es gibt sehr viele Konstruktionen, die ihre Liebhaber haben. Verlangt werden muß in jedem röntgendiagnostischen Betrieb ein Durchleuchtungsstativ, ein Säulenstativ mit Lage-

rungstisch und eine Buckyblende. Die gewöhnlichen Durchleuchtungsstative sind zum Sitzen oder Stehen eingerichtet. In solchen Fällen ist im Spitalbetrieb die Anschaffung eines Trochoskopes zur Durchleuchtung von liegenden Patienten erforderlich, ferner zur Fremdkörperextraktion. In großen röntgendiagnostischen Betrieben ist es vorteilhaft, mehrere getrennte Arbeitsplätze zu haben und diese mit Spezialgeräten auszustatten. Es resultiert großer Zeitgewinn. Außerdem sind die verschiedenen konstruierten Spezialgeräte immer zweckmäßiger als Universalhilfsgeräte. In röntgentherapeutischen Betrieben ist vor allem ein Lagerungstisch notwendig, auf dem die Patienten einerseits richtig gelagert, andererseits aber auch gut gegen Streustrahlung abgedeckt werden können. Die Wahl des Röhrenstatives hängt ab von der Art der verwendeten Röhren und auch davon, ob wir mit Fernfeldern oder mit Nahfeldern arbeiten. Im Therapiebetrieb soll immer eine *Filtersicherung* gegen Filtervergessen angebracht werden. Es gibt heute Sicherungen nicht nur gegen Filtervergessen, sondern auch gegen Filterverwechseln, die recht empfehlenswert sind.

Schwierig ist es, unter den verschiedenen, auf den Markt gebrachten Dosimetern irgendeine Type zu empfehlen. Zur *Standardisierung* nach Röntgeneinheiten ist ein geeichtes *Jonisationsinstrument* notwendig.

Nachdem an der installierten Apparatur die Standardisierung durchgeführt und im biologischen Versuch kontrolliert ist, erfolgt die eigentliche *Dosierung* in der täglichen Praxis nach der *Zeit*. Dies ist möglich, seitdem — zum Unterschied von früher — die Betriebsbedingungen der modernen Röntgenmaschinen außerordentlich konstante geworden sind. Vorsichtig ist es allerdings, wenn zwei Milliampereometer und zwei Zeitmesser verwendet werden, um gegen Störungen von seiten eines dieser Meßinstrumente gesichert zu sein. Außerdem ist es ratsam, periodisch, z. B. alle Wochen einmal, die Konstanz der standardisierten Bestrahlungsbedingungen mit irgendeinem Dosimeter zu kontrollieren. Es wäre wünschenswert, wenn uns die Industrie zu diesem Zwecke ein möglichst einfaches Instrument zur Verfügung stellen würde.

Der Wunsch aller Strahlentherapeuten ist das Integraldosimeter. Aus diesem Grunde findet mit Recht die Sabouraud-Noiré-Tablette immer noch Anwendung, trotzdem die kolorimetrischen Ablesungen manchmal recht schwierig sind. Andere Integraldosimeter beruhen auf dem Prinzip der Jonisation. Dies bedingt recht komplizierte Konstruktionen, dementsprechend hohen Preis und Geschick in der Handhabung.

Bei Auswechslung einer Röhre oder nach Betriebsstörungen ist eine neue Standardisierung notwendig.

### f) Arbeitszeit.

Unbestritten ist in jedem radiologischen Betriebe das Personal in gesundheitlicher Hinsicht gefährdet. Dies gilt in gleicher Weise für Diagnostikabteilungen wie für radiotherapeutische Stationen (Röntgenstrahlen und Radium). Es handelt sich weniger um akute Verbrennungen als um chronische Strahlenschädigungen, vor allem um mitunter tödlich verlaufende Blutschädigungen, chronische Hautschädigungen und Sterilisierung. Daneben besteht Gefährdung durch den elektrischen Strom (Hochspannung) und durch die im Röntgenbetrieb erzeugten nitrosen Gase. Der Leiter eines solchen Betriebes kann für die auftretenden Schädigungen haftbar gemacht werden und muß sie durch Schaffung geeigneter Arbeitsbedingungen und durch strenge Betriebsvorschriften, deren Innehaltung er zu überwachen hat, zu bekämpfen suchen.

Unter *geeigneten Arbeitsbedingungen* verstehen wir solche, bei denen für guten Strahlenschutz, guten Hochspannungsschutz und gute Ventilation vorgesorgt ist. In Deutschland kann jeder Assistent, Praktikant oder Volontär, jede Krankenschwester und überhaupt jede Hilfskraft die Ausführung von Röntgen- oder Radiumarbeiten ohne genügende Schutzmaßnahmen ablehnen, ohne daß eine solche Weigerung den Grund zur Entlassung bilden darf.

Eine ebenso wichtige Schutzmaßnahme ist die *richtig dosierte Arbeitszeit*. England hat darüber Richtlinien aufgestellt. Diese wurden am 2. internationalen Radiologenkongreß in Stockholm 1928 diskutiert, und man kam zu folgenden Vorschlägen:

1. Die *tägliche Arbeitszeit* für Personen in radiologischen Abteilungen beträgt höchstens *7 Stunden*.

2. Die *wöchentliche Arbeitszeit* beträgt *5 Arbeitstage*. Zwei Wochenhalbtage oder ein ganzer Tag außer dem Sonntag werden freigegeben und sind tunlichst im Freien zu verbringen.

3. Die *jährliche Urlaubszeit* beträgt *1 Monat* oder zweimal 14 Tage.

4. Personen, die in Röntgen- und Radiumabteilungen von Hospitälern ganztägig beschäftigt sind, sollen nicht zu anderem Spitaldienst herangezogen werden.

Das sind Minimalforderungen. In Therapiebetrieben ist die Ferienzeit vorsichtshalber noch größer zu wählen. So bekommen die Therapiegehilfinnen am Radiumhemmet in Stockholm pro Jahr 2 Monate Ferien.

Vorsichtig ist es, beim Personal jeden 3. Monat eine Blutuntersuchung vorzunehmen. Wünschbar wäre es ferner, daß Röntgen- und Radiumschädigungen beim Personal gleich beurteilt würden, wie chronische Blei- und Radiumvergiftungen bei Arbeitern in Akkumulatorenfabriken, Malern usw. Die *chronischen Strahlenschädigungen* infolge Beschäftigung in radiologischen Betrieben sollten überall als *entschädigungspflichtige Berufskrankheiten* beurteilt werden (vgl. Bd. VII, S. 150).

### g) Ökonomie des Betriebes.

Der Arzt überhaupt und auch der Röntgenarzt neigt seiner Erziehung, seinem Lehr- und Lebensgang nach wenig zu ökonomischen Fragen hin. Ihn beschäftigen vor allem Individualprobleme. Sobald er aber Leiter irgendeiner Abteilung eines Spitäles wird, so muß er sich auch der Betriebsökonomie widmen. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die Leitung eines radiologischen Betriebes, denn dieser Betrieb verlangt nicht nur große Anschaffungskosten, sondern auch sehr teure Betriebsmittel, vor allem Röntgenfilme und Röhren. Für die zuständigen und verantwortlichen Instanzen ist es wichtig, Minimal- und Maximalforderungen zu kennen. Es ist schwer, hier exakte Angaben zu machen, da nur wenige statistische Unterlagen vorliegen, so daß der Vergleichmaßstab fehlt. Der nicht sachverständige Spitalverwalter will um jeden Preis Budgetersparungen, der Arzt bekämpft diese Bestrebungen von dem prinzipiellen Standpunkte aus, daß das Wohl der Kranken allem vorangehen müsse. Der mittlere und richtige Standpunkt ist wohl der, daß mit den aufgewendeten finanziellen Mitteln die größten und bestmöglichen Leistungen erzielt werden. Ich will versuchen, im folgenden einige Gesichtspunkte über die Ökonomie der Räume, des Materiales, des Personales und der Verrechnungsweise zu erörtern, ohne daß freilich diese Angaben als absolut bindend betrachtet werden könnten.

**1. Ökonomie der Räume.** Wohl nirgends steht zu viel Raum zur Verfügung. Von Raumvergeudung kann man nicht sprechen, im Gegenteil, praktisch leiden alle bestehenden und auch alle neu errichteten Röntgeninstitute und radiologischen Abteilungen unter *Raumnot*.

Selbst das kleinste röntgendiagnostische Institut mit sehr niedrigen Frequenzzahlen benötigt eine Bodenfläche von etwa 100 m<sup>2</sup>. Zwei Drittel dieses Raumes werden vom eigentlichen Diagnostiklaboratorium eingenommen, das aus dem Aufnahme- raum mit mindestens einer, besser zwei An- und Auskleidekabinen, einem davon getrennten Bedienungsraum und einem eigenen

Maschinenraum bestehen muß. Dazu kommt die Dunkelkammer, unerlässlich ist ferner eine kleine Barium- und Teeküche, ein kleiner Vorratsraum, ein kleiner Plattenprüfungs- und Befundraum und ein Warteraum. Die modernen Magendarmuntersuchungen verlangen auch ein Wasserklosett innerhalb des röntgendiagnostischen Institutes. Nicht vergessen darf auch der Platz für das Filmarchiv werden. Die übrigen im Spitalbetrieb notwendigen Räume können gemeinsam benutzt werden.

In größeren röntgendiagnostischen Instituten ist die Einrichtung von *zwei* Aufnahmeräumen erwünscht. Diese Anordnung erlaubt die Trennung der Untersuchungen der Brust- und Bauchorgane von denjenigen des Skelettes. Im ersteren Raum wird gleichzeitig durchleuchtet. Der Vorteil von zwei Räumen ist der, daß man gleichzeitig an beiden Orten arbeiten kann, so daß zeitraubende Serienuntersuchungen vorgenommen werden können, wobei die Patienten auf den Aufnahmetischen liegen bleiben, bis die ganze Untersuchung fertig ist, während im zweiten Raume unterdessen Skelettaufnahmen hergestellt werden können. Dadurch wird Stockung und Verzögerung in der Arbeit vermieden, und die Patienten entgehen den beschwerlichen Lageveränderungen hin und zurück vom Untersuchungstisch. Zur Bedienung beider Aufnahmeräume genügt ein Apparat. Manchmal ist auch die Trennung der männlichen Patienten von den weiblichen ratsam.

In einem vollständigen Strahleninstitut mit Röntgendiagnostik- und Therapieabteilung ist das Raumerfordernis bedeutend größer. Zum geschilderten diagnostischen Institut kommt noch das Therapielaboratorium, das aus dem nicht zu klein dimensionierten Bestrahlungsraum mit zwei Behandlungsplätzen, dem Maschinenraum, zwei An- und Auskleidekabinen und einem Bedienungsraum besteht. Es ist unrationell, im gleichen Raume sowohl Röntgentherapie wie Röntgendiagnostik zu treiben. Meistens werden zweckmäßigerweise der Röntgentherapie auch die Lokale für die Licht- und Diathermiebehandlung angegliedert.

Diese Angaben gelten für radiologische Abteilungen mit *kleinen Frequenzen*. Wir verstehen darunter im Maximum etwa 1500 Durchleuchtungen, 2500 Aufnahmen und 2000 Bestrahlungen pro Jahr. Auch wenn diese Höchstzahlen nicht erreicht werden, so müssen doch die aufgezählten Räume zur Verfügung stehen, es handelt sich hier um *Minimalforderungen*, die unabhängig sind von der Frequenz des Institutes.

Bei *größerer Frequenz* wachsen die Raumansprüche.

Es wäre verdienstlich, wenn die Röntgengesellschaften Statistiken über die Zahl der Apparaturen und die Zahl der notwen-

digen Räume in Abhängigkeit von den Frequenzen aufstellen würden, wobei nicht vergessen werden darf, daß die Größe des Röntgeninstitutes nicht so sehr von der Bettenzahl, als von der Größe der Ambulanz abhängig ist.

Hier nur ein Wort über Zentralisation und Dezentralisation vom Standpunkte der Ökonomie des Raumes aus. Alle großen Krankenhäuser besitzen *Zentralinstitute*, die Patienten stammen aus den verschiedensten Abteilungen, der internen, der chirurgischen, der dermatologischen, der ophthalmologischen, der Hals-Ohren-Nasenabteilung, der urologischen Abteilung usw. Wollte man in einem solchen Krankenhause einen *dezentralisierten Röntgenbetrieb* einführen, so müßten an Stelle des einen zentralen Institutes mindestens 5 kleine Röntgeninstitute organisiert werden, deren Kapitalaufwand und Raumanspruch das Vielfache betragen würde. Vom raumökonomischen Standpunkte aus, wie überhaupt vom ökonomischen Standpunkte aus, ist die Zentralisation der Röntgenbetriebe an einem Krankenhaus das einzig richtige.

**2. Ökonomie des Materials.** Über die Leistungsfähigkeit der *Röntgenröhren* geben die sogenannten Röhrenprotokolle Auskunft. Ihnen entnehmen wir die Leistung und die Lebensdauer. SCHÖNFELD teilt mit, daß er zur Herstellung von 7360 Aufnahmen 9 Ionenröhren (etwa 800 pro Röhre) oder 4 Elektronenröhren (etwa 1800 pro Röhre) verbraucht habe und auf 8090 Durchleuchtungen 10 Ionenröhren (etwa 800 pro Röhre) oder 2 Elektronenröhren (etwa 4000 pro Röhre), zur Bestrahlung von 1000 Therapiepatienten 20 Ionenröhren oder eine Elektronenröhre.

An *Verstärkungsfolienverbrauch* berechnet SCHÖNFELD für 7360 Aufnahmen je 3 Folien (bzw. Doppelfolien) im Format 18/24, 24/30 und 30/40 cm.

An *Kontrastmitteln* benötigt er bei Untersuchung des Verdauungstraktes bei 1640 Patienten im ganzen 175 kg Barium sulfuricum purissimum.

Als Aufnahmematerial wird heute nur der *Film* verwendet, in Form des doppelt begessenen Röntgenfilmes.

Bei 7360 Aufnahmen entfallen im Schönfeldschen Institut 3% auf das Format 9/12, 20% auf das Format 13/18, 45% auf das Format 18/24, 21% auf das Format 24/30 und 11% auf das Format 30/40 cm.

Was den Chemikalienverbrauch bei Glyzinentwicklung anbetrifft, so benötigt man für die 7360 Aufnahmen 9 kg Glyzin, 37 kg Pottasche, 32 kg Natriumbisulfid, 4 kg Natriumsulfid und 42 kg Fixiernatron.

Außerordentlich wichtig ist eine richtige Ökonomie des *Radiumvorrates*. Die Erfahrung zeigt, daß zum Unterschied von den

gut geleiteten radiologischen Kliniken Paris, Stockholm u. a. gerade kleine dezentralisierte Abteilungen von *Radiumverlusten* berichten. Ich stelle eine kurze Anweisung zur Verwahrung und Anwendung des Radiumvorrates auf:

1. Nichtbenutzte Radiumpräparate liegen im Tresor.
2. Aus dem Tresor herausgenommene Radiumpräparate dürfen *niemals* ohne Aufsicht liegen bleiben.
3. Mit Radiumpräparaten darf nie vor offenen Fenstern, vor Wasserabläufen usw. manipuliert werden.
4. Verbände, Heftpflaster, Prothesenreste usw., welche bei der Radiumtherapie benutzt worden sind, müssen in verschließbarem Eimer aufbewahrt werden, bis von der verantwortlichen Radiumschwester die Zurückstellung des Radiums festgestellt ist.
5. Während der Radiumapplikation ist dem Patienten verboten, ohne Erlaubnis den ihm angewiesenen Platz zu verlassen, am Verband zu zerren oder gar den Verband wegzwerfen. Ist der Verband verrutscht, so muß der Arzt gerufen werden.
6. Jedes Radiumpräparat soll mit einem Sicherheitsfaden versehen sein, und jeder Patient soll eine Etikette tragen, auf der Zahl und Stärke der Präparate angemerkt sind.
7. Nach Entfernung des Verbandes oder der Prothese werden die Radiumpräparate gereinigt; Prothesenreste, Waschwasser usw. dürfen erst entfernt werden, nachdem die Anzahl der Radiumpräparate kontrolliert ist.

Bei strikter Innehaltung dieser Vorschriften kann der Verlust von Radiumpräparaten vermieden werden.

Diese allgemeine Orientierung über den Materialverbrauch an einem großen Röntgeninstitut umfaßt nicht alle Betriebsspesen. Zu den Auslagen müssen noch 30% für weitere Unkosten hinzugeschlagen werden. Bei einem gleichzeitigen Unterrichts- und Forschungsinstitut erhöhen sich die Ausgaben auf diesem Gebiet erheblich.

**3. Ökonomie des Personals.** Bewegt sich die Frequenz eines Röntgeninstitutes innerhalb geringer Grenzen, so kann es vom spezialärztlich vorgebildeten Spitalarzt geleitet werden, unter Mithilfe einer Röntgenschwester und einer Gehilfin.

Im Interesse des Krankenhauses liegt es, bei Zunahme der Frequenz eine selbständige Röntgenabteilung unter einem Fachradiologen zu installieren. Die Anstellung eines solchen wird notwendig, je mehr sich das Röntgenverfahren Eingang in den kleineren Krankenhäusern verschafft.

Die maximale Arbeitsleistung *eines* Radiologen ist auf etwa 1500 Durchleuchtungen, 2500 Aufnahmen und 2000 Bestrahlungen für ein Jahr festzusetzen, wobei er von zwei Röntgenschwestern assistiert wird. Ist die Frequenz eine größere, so ist dementsprechend das Personal zu vermehren. Die deutsche

Röntngengesellschaft hat *Richtlinien* aufgestellt. Man darf nicht vergessen, daß nicht nur die Frequenzzunahme mehr Arbeitskräfte erfordert, sondern daß vor allem die *Einzelleistung* besonders im Laufe der letzten Jahre wegen des zunehmenden Ausbaues und der Komplikation der Röntgenmethodik immer *zeitraubender* geworden ist. Man darf auch nicht die Tatsache aus den Augen verlieren, daß bei einem Zentralinstitut für Radiologie die Sicherstellung einer einwandfreien radiologischen Arbeit Voraussetzung für die reibungslose Zusammenarbeit mit den übrigen Stationen ist. Einwandfreie ärztliche Arbeit aber ist nur möglich, wenn die zur Verfügung stehenden Kräfte genügen, um qualifizierte Arbeit zu leisten.

Nach *sachverständiger Erfahrung* sind die Hilfskräfte nach der Zahl der Leistungen einzustellen, und zwar:

1. Assistenzärzte: 1 bei mehr als 1500 Durchleuchtungen, 2500 Aufnahmen und 2000 Bestrahlungen pro Jahr.

2. Röntgenschwestern, technische Assistentinnen, Techniker, Laborantinnen, Laboranten:

a) Röntgendiagnostik: Bei 1500 Durchleuchtungen und 2500 Aufnahmen (zusammen 4000) eine, für jede weitere gleiche Ziffer dieser Leistungen oder Teile dieser Zahl eine weitere.

b) Röntgentherapie: Für je 5 Lichtstunden täglich eine

3. Schreibkräfte: Entsprechend den Assistenzärzten.

Nach diesen Angaben lassen sich die Bedürfnisse für verschieden große Institute berechnen sowohl hinsichtlich der Assistenzärzte als auch hinsichtlich des Personales. Berücksichtigt werden muß vor allem auch, ob es sich um ein Universitätsinstitut handelt oder um ein Röntgeninstitut ohne Universitätsbetrieb.

**4. Ökonomie der Finanzen.** Für den Leiter einer röntgendiagnostischen Abteilung oder einer radiologischen Klinik ist ein Überblick über die Ausgaben und Einnahmen dieses so teuren Betriebes erforderlich. Es herrscht hier große Verwirrung. Klarheit bekommen wir, wenn wir von einem privaten Institute ausgehen, das nach wirklich kaufmännischen Prinzipien betrieben wird. Als Beispiel wähle ich ein Institut, das von einem Fachradiologen geleitet wird, und dessen Anschaffungspreis Fr. 50 000 betrug. Dieses Institut enthält einen Vierventildiagnostikapparat mit den dazugehörigen Untersuchungsgeräten und einen großen Gleichspannungsapparat nebst dem übrigen ärztlichen Zubehör, zwei Wartezimmereinrichtungen, Büromöbeln, Registratur, feuersicheren Filmschränken usw.

Der Unkostenberechnung lege ich einerseits die *heutigen Materialpreise* und andererseits die *Tarife der Schweiz. Röntngengesellschaft* zugrunde.

Für eine *Jahresfrequenz* von 1200 Patienten ergeben sich folgende Summen:

1. Ausgaben	
1. Kapitalverzinsung (6% von Fr. 50000) . . . . .	Fr. 3000
2. Amortisation (20% von Fr. 50000) . . . . .	10000
3. Mietzins . . . . .	7000
4. Saläre für Personal (ein Photograph, eine Gehilfin, eine halbtägige Sekretärin) . . . . .	12600
5. Stromkosten, Heizung, Beleuchtung . . . . .	2000
6. Versicherungen . . . . .	500
7. Putzfrau und Wäsche . . . . .	1000
8. Reparaturen . . . . .	1000
9. Röhren, Verstärkungsfolien, Kontrastsubstanzen, Entwickler usw. . . . .	2000
10. Büromaterial, Telephon, Porto . . . . .	600
11. Neuanschaffungen . . . . .	3000
12. Filme . . . . .	6000
	<u>total Fr. 48700</u>

## 2. Einnahmen

Die schätzungsweisen Einnahmen aus dem Röntgendiagnostikbetriebe belaufen sich auf Fr. 48000 und aus dem Therapiebetriebe auf Fr. 10000. Dieser Berechnung liegt folgende Klassifikation zugrunde:

1. Therapiepatienten . . . . .	200	
2. Diagnostikpatienten nach Krankenkassentarif . . . . .	600	
3. Diagnostikpatienten nach Tarif II . . . . .	375	
4. Diagnostikpatienten nach Tarif I . . . . .	25	
	<u>1200</u>	
Totale Patientenzahl 1200		
1. <i>Krankenkassen-Patienten:</i>		
200 Lungenaufnahmen . . . . .	à Fr. 28.—	Fr. 5600
200 Magenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	48.—	9600
200 Knochenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	32.—	6400
2. <i>Patienten nach Tarif II:</i>		
125 Lungenaufnahmen . . . . .	50.—	6250
100 Magenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	100.—	10000
150 Knochenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	50.—	7500
3. <i>Patienten nach Tarif I:</i>		
10 Lungenaufnahmen . . . . .	80.—	800
10 Magenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	150.—	1500
5 Knochenaufnahmen (2 Aufn.) . . . . .	70.—	350
		<u>Fr. 48000</u>
4. <i>Einnahmen aus Therapiebetrieb</i> . . . . .		<u>Fr. 10000</u>
		<u>Fr. 58000</u>

Die Schlußbilanz ergibt, daß an diesem Institut bei einer Frequenz von 1200 Patienten pro Jahr ein *Reingewinn* von Fr. 9300.— übrigbleibt. Dieses Ergebnis ist als Entgelt für den fachärztlich ausgebildeten Radiologen ein sehr unbefriedigendes. Er muß versuchen, durch Verminderung des Personals und durch persönliche Übernahme und Durchführung der rein

photographischen Arbeiten auf dem Posten Saläre Einsparungen zu machen.

Der Jahresabschluß wird ein bedeutend besserer bei Zunahme der Frequenz. Wir wollen die Berechnung nochmals durchführen bei einer jährlichen Frequenz von 1700 *Patienten*, wobei es sich wiederum um 200 Therapiepatienten und 1500 Diagnostikpatienten handeln möge.

Die Ausgaben vermehren sich beim Personal um Fr. 3000 auf Fr. 15 600, weil eine zweite Röntgengehilfin angestellt wird. Die Auslagen für Röhren, Verstärkungsfolien, Entwickler usw. steigen auf Fr. 2500, die Auslagen für Büromaterialien betragen statt Fr. 600 nun Fr. 700, die Kosten für Neuanschaffungen steigen um Fr. 1000 auf Fr. 4000, weil ein weiterer feuersicherer Schrank angeschafft werden muß. Die Filme kosten Fr. 9000. Die *Gesamtausgaben* in unserem zweiten Beispiele belaufen sich pro Jahr auf . . . . . Fr. 56 300

Die *Einnahmen* ergeben eine Totalsumme von . . . . . 81 200

wobei wir annehmen, daß wiederum 200 Therapiepatienten Fr. 10 000 einbringen und daß von den übrigbleibenden 1500 Patienten es sich 850 mal um Krankenkassenpatienten, 600 mal um Patienten nach Tarif II und 50 mal um Patienten nach Tarif I handelt, und zwar nehmen wir an, wir hätten es mit 300 Lungenuntersuchungen, 200 Magenuntersuchungen und 350 Knochenuntersuchungen bei Krankenkassenpatienten, 200 Lungenuntersuchungen, 150 Magenuntersuchungen und 250 Knochenuntersuchungen bei Patienten nach Tarif II und um 20 Lungen-, 10 Magen- und 20 Knochenuntersuchungen bei Privatpatienten nach Tarif I zu tun.

Die Schlußbilanz ergibt einen *Reingewinn* von Fr. 24 900. Die Wirklichkeit wird vermutlich hinter dieser Zahl zurückbleiben, weil wir alle möglichen Nebenausgaben, die sich im täglichen Betrieb einstellen, nicht berechnet haben. So ist nichts eingesetzt für Diapositivfilme, Kopierpapier usw. Als vorsichtige Rechner kommen wir bei einem gutgehenden privaten Röntgeninstitut obiger Frequenz auf eine Einnahme von Fr. 20 000 pro Jahr als Entschädigung für die vollamtliche Tätigkeit des leitenden Fachradiologen.

Diese aus der Privatwirtschaft gewonnenen Grundlagen sind wegleitend für die Rechnungsführung im Spitalbetrieb.

In Deutschland sind die Verhältnisse ziemlich einheitlich geregelt:

1. Jede Rechnung für röntgendiagnostische Untersuchung oder radiotherapeutische Behandlung setzt sich aus zwei Teilen zusammen, dem *Unkostensatz* und dem *Honorarsatz*.

2. *Stationäre* Patienten der *allgemeinen* Abteilungen werden zur Zahlung des Unkostentarifes herangezogen, wobei entweder die Krankenkassen oder die Wohlfahrtsämter der zuständigen Gemeinde für die Unkosten aufkommen müssen. Nur in einzelnen großen städtischen Krankenanstalten in Hamburg und in Berlin sind die Röntgenkosten für diese Patientenkategorie frei.

3. *Poliklinikpatienten* werden zur Zahlung des Unkosten- und Honorarsatzes herangezogen. Falls die Patienten nicht selber

zahlungsfähig sind, bezahlen die Kassen oder die Wohlfahrtsämter der zuständigen Gemeinde.

4. *Stationäre Patienten der Privatabteilungen* zahlen nach Privatpatiententarif.

5. *Ambulante Privatpatienten* bezahlen nach Privatpatiententarif.

Dem Staate fällt der Unkostensatz zu. Dabei fließt das Geld aber nicht in die allgemeine Staatskasse, sondern entweder kommt es dem ganzen Krankenhaus oder dem Röntgeninstitute zugute. Bei den Universitätspolikliniken oder diesen gleichgestellten Polikliniken größerer Städte kommt auch der Honorarsatz der Poliklinikpatienten dem Krankenhaus bzw. dem Röntgeninstitut zugute, bei den Polikliniken der kleineren Krankenhäuser dagegen pflegt der Honorarsatz dem Röntgenologen des Krankenhauses zuzufließen. Bei allen Privatpatienten gehört der Honorarsatz dem untersuchenden Radiologen.

Wir drucken hier sowohl den zur Zeit geltenden Unkostensatz, wie auch den Honorarsatz ab und stützen uns dabei auf die allgemeine deutsche Gebührenordnung für Ärzte Jahrgang 1928.

#### Unkostentarif.

Plattengröße:	9/12	13/18	18/24	24/30	30/40	40/50
	R.M. 4.00	4.50	5.25	6.50	8.25	11.—
						R.M.
Zahnfilm (bis zu drei Filmen) . . . . .						4.—
Durchleuchtung . . . . .						4.—
Durchleuchtung mit Kontrastbrei . . . . .						5.—
Dreimalige Magendurchleuchtung mit Kontrastbrei . . . . .						12.—
Durchleuchtung mit Dickdarmkontrasteinlauf . . . . .						7.50
Orthodiagramm . . . . .						7.50
Abzüge bis Größe 18/24 . . . . .						1.—
Abzüge bis Größe 24/30 . . . . .						1.50
Abzüge bis Größe 30/40 . . . . .						2.—
Diapositiv . . . . .						2.—

#### Ärztliches Honorar (Minimal-Tarif).

##### a) Durchleuchtungen.

1. Einfache Röntgendurchleuchtung von Extremitäten und Brustorganen zur kurzen Orientierung in Ausnahmefällen . . . . . 7.50

##### b) Durchleuchtungen und Aufnahmen.

2. Lunge, Herz, Durchleuchtung und Aufnahme . . . . . 30.—
3. Lungendurchleuchtung, Übersichts- und Spitzenaufnahme . . . . . 36.—
4. Speiseröhrenuntersuchung, Durchleuchtung und Aufnahme . . . . . 30.—
5. Magen und Dünndarm, Durchleuchtungen und Aufnahmen . . . . . 42.—
6. Dickdarmuntersuchung mit Kontrastmahlzeit als gesonderte Untersuchung . . . . . 21.—
7. Dickdarmuntersuchung mittels Kontrasteinlauf . . . . . 36.—

	RM.
c) Aufnahmen.	
8. Zahnfilm, für jeden Film . . . . .	6.—
9. Jede folgende Aufnahme . . . . .	4.50
10. Finger oder Zehen (2 Aufnahmen) . . . . .	9.—
11. Mittelhand, Handgelenk, Ellbogengelenk, Mittelfuß, Sprunggelenk, Unterschenkel (2 Aufnahmen) . . . . .	12.—
12. Knie, Oberschenkel, Oberarm (2 Aufnahmen) . . . . .	21.—
usw.	

Beispielsweise beträgt der Minimaltarif für eine Lungendurchleuchtung mit anschließender Aufnahme total 44.25 RM., nämlich 30 RM. als Honorar, 8.25 für den Film, 4 RM. für Durchleuchtung und 2 RM. für das Diapositiv. Der Arzt erhält 30 RM., den Rest erhält der Staat für seine Unkosten.

Einfacher ist die Regelung in *Schweden*. Der Röntgenologe, der seine Privatpraxis in einem Spital ausübt, entschädigt das Krankenhaus für alle angewendeten Filme zum Selbstkostenpreis und entrichtet außerdem 1 schwedische Krone pro Film als „Exponierungsgebühr“. Dem Patienten werden die Filme samt Exponierungsgebühr berechnet und dazu das Honorar nach der Honorartaxe von 15 bis 50 schwedische Kronen zugeschlagen. Die Regelung ist höchst einfach. *Die wirklichen Unkosten gehen an das Krankenhaus* (Filmkosten und Exponierungsgebühr). *Alles übrige gehört dem Arzt als Honorar*. Bei diesem System ist es möglich, an einem Spital mit relativ geringer radiologischer Praxis tätig zu sein und trotzdem sein Auskommen zu finden, ohne daß der Staat zu kurz kommt, da er seine Unkosten zurückerstattet erhält.

*Die zweckmäßige Regelung der Finanzfragen liegt im Interesse der Gesamtärzteschaft*. Die Lösung derselben muß Hand in Hand gehen mit der Ausbildung von Fachärzten, denen der Staat auch in seinem Interesse auskömmliche Arbeitsstätten zur Verfügung stellen muß.

## II. Beispiele von Röntgeninstituten, deren Raumprogramm und Kostenfrage.

*Die geschilderten allgemeinen Richtlinien gelten für große und kleine Institute*. Im folgenden wollen wir verschiedene Beispiele bringen für kleine, mittelgroße und große Röntgeninstitute bis zur radiologischen Klinik an einer Universität. Die Größe richtet sich nach dem Aufgabenkreis, der ganz verschieden sein kann. Dieser hängt einerseits davon ab, ob ein Fachradiologe vorhanden ist und die Leitung übernimmt oder ob die röntgenologischen Arbeiten nebenamtlich verrichtet werden, andererseits aber natür-