Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65/66 (1915)
Heft: 8

Artikel: Eine gefahrlose metallische Röntgenröhre
Autor: Zehnder, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-32195

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

dem 60-fachen der Drahtstärke, d. h. 18 *cm* erreichten; am 27. desselben Monats ereignete sich auch der stärkste Sturm, den die Station je erlebte (mit einer maximalen Windgeschwindigkeit von gegen 150 *km/h*), bei welchem Anlass die Telegraphenleitung auf dem Säntis beinahe gänzlich zerstört wurde.

Auffällig ist in der oben gegebenen Statistik der Blitzschläge am Säntisgipfel, dass während der zehn Jahre von 1889 bis 1898 nicht weniger als 28 Fälle von Schadenwirkungen vorgekommen sind, in der nachfolgenden zehnjährigen Periode von 1899 bis 1908 aber bloss fünf. Man ersieht hieraus schon, wie merkwürdig verschieden während einzelner Jahresperioden die Hochgewitter an unsern Alpengipfeln hinsichtlich Schadenwirkung auftreten.

An dieser Stelle ist es wohl angebracht, auch noch auf die Blitzschlag-Statistik in den Telegraphenlinien der Ost- und Südschweiz hinzuweisen, die seinerzeit der Telegrapheninspektor *Peter v. Salis* für die Jahre 1852 bis 1882 seit der Erstellung von Telegraphenlinien in unserem Lande für die drei Kantone Graubünden, Uri und Tessin aufgestellt hat. Wie sehr unsere höchsten Alpenübergänge, die grossen Pass-Strassen, sich in dieser Statistik von den Hochgipfeln unterscheiden, zeigt nachfolgende Zusammenstellung. Es ereigneten sich nach v. Salis:

Blitzschläge	in Linien	unter	500 *m*	Meereshöhe	16 Fälle
„	„	„	1000 „	„	4 „
„	„	„	1500 „	„	4 „
„	„	„	2000 „	„	6 „
„	„	„	2500 „	„	1 Fall.

Die wenig unter 2500 *m* gelegenen Passlagen von Flüela, Albula und Berninapass ergeben während drei Dezennien einen *einzigen* Fall von Blitzschädigung, während wir am Säntisgipfel in nahezu derselben Höhenlage während *eines* Dezenniums schon gegen 30 solcher Fälle zählen können!

Auf der langen Berninalinie von Pontresina bis Puschlav (30,5 *km*) ist innerhalb 27 Jahren keinerlei Blitzbeschädigung vorgekommen; hingegen wurden auf der kurzen Talstrecke Pontresina-Samaden (6,2 *km*) zweimal (1875 und 1881) Telegraphenstangen zerstört. Auf der 49,5 *km* langen Albulalinie kam innerhalb 30 Jahren keine Blitzbeschädigung vor, wogegen auf der Gotthardlinie, namentlich aber auf der Bernhardinlinie, auffallend viele solche, zumeist aber in tiefern Lagen auftraten. *-r-*

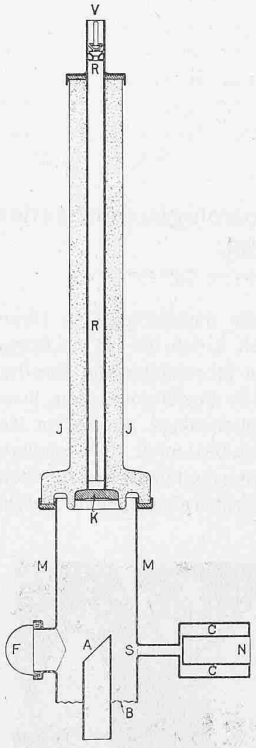
Eine gefahrlose metallische Röntgenröhre. [1])

Von *L. Zehnder.*

Es ist bekannt, dass die Röntgenstrahlen für alle Menschen, die sich in Röntgeninstituten länger aufhalten müssen, also für alle röntgenden Aerzte und ihr Hilfspersonal, aber auch für stundenlang zu Heilzwecken zu bestrahlende Patienten, grosse Gefahren mit sich bringen, die sogar schon zum Tode mancher Pioniere der Röntgenwissenschaft geführt haben. Man sucht gegenwärtig die aus der Röntgenröhre nach den verschiedensten Richtungen austretenden Röntgenstrahlen möglichst abzublenden mit metallischen und andern Schirmen, in der Art, dass die Strahlen nur da austreten, wo sie wirken müssen. Indessen gelingt dies bei der jetzigen Konstruktion der Röntgenröhren aus Glas nur zum Teil, sodass immer noch viele Schädigungen vorkommen.

Das überaus wichtige Problem des vollkommensten Schutzes gegen unbeabsichtigte Röntgenstrahlenwirkungen habe ich vor kurzem in der Weise gelöst, dass ich die sonst aus Glas hergestellte und rings mit metallischen Schirmen umgebene Röntgenröhre selber aus Metall mache, wobei nur die Kathode vom Metallgehäuse und der Antikathode (bezw. Anode) durch einen kräftigen Hochspannungsisolator genügend isoliert ist. Das Grundprinzip des Röntgenstrahlenschutzes wird dadurch in einfachster Weise gelöst, und die Röntgenröhre wird gleichzeitig fast unzerbrechlich. Nur ein kleiner Teil der Metallröhre wird als „Fenster" offen gelassen, von sehr dünner und durchlässiger Wandung, sodass nur aus diesem Fenster wirksame Röntgenstrahlen austreten.

Meine Röntgenröhre ist in der Abbildung schematisch dargestellt. Auf ein Metallgehäuse *M* (bei meiner Versuchsröhre Messing) ist ein Hochspannungsisolator *J* aus Porzellan gestellt, der an seiner Berührungsfläche mit dem Metallgehäuse durch einen Kautschukring oder durch eine leicht lösbare Kittung (bei meiner Versuchsröhre Siegellack) luftdicht verbunden ist. Durch das hohle Innere des Hochspannungsisolators geht ein kräftiges Metallrohr *R* (Kupfer), das sich oben auf den obern Rand des Hochspannungsisolators stützt und hier gleichfalls mit einem Kautschukring oder durch eine leicht lösbare Kittung abgedichtet ist; dieses Rohr ist unten aufgeschlitzt und trägt hier die Kathode *K*, die einen eigens für sie vorgesehenen Hohlraum im Hochspannungsisolator derart ausfüllt, dass nur aus der konkaven kugelförmigen Kathodenoberfläche Kathodenstrahlen austreten können; alle übrigen Oberflächen der Kathode liegen dem Porzellanisolator unmittelbar an. Das ganze Metallgehäuse dient als Anode und kann zum Schutze der bei der Röhre befindlichen Personen geerdet werden. In der Mitte des Bodens des Metallgehäuses, der bei meinen Versuchen aus kräftigem Messingblech bestand, der aber auch aus kreisförmig gewelltem Blech *B* bestehen kann, befindet sich die aus Kupfer hergestellte oben abgeschrägte Antikathode *A*. Die wirksame Antikathodenoberfläche ist durch Auflöten oder Galvanisieren oder nach dem Schoopschen Metallspritzverfahren mit einer Schicht eines Metalls von hohem Atomgewicht überzogen. Der Antikathode gegenüber hat das Metallgehäuse eine Aussparung, die von einem dünnwandigen Fenster *F*, aus für Röntgenstrahlen leicht durchlässigem Material wie Glas oder Aluminium, bedeckt wird. Dieses Fenster wird wiederum durch einen Kautschukring oder durch eine Kittung abgedichtet. Es ist wesentlich, dass alle Dichtungen gegen auftreffende Kathodenstrahlen durch entsprechende Schutzwände gesichert werden. Dem Fenster gegenüber ist — durch ein Sieb *S* getrennt — ein Nebengefäss *N* luftdicht angeschlossen, mit Kohlenstücken *C*, die durch Erwärmung oder Abkühlung Luft in den Innenraum abgeben oder aus ihm absorbieren. Das Nebengefäss wird am besten elektrisch geheizt, durch Einführung eines zylindrischen Heizkörpers mit bifilarer Wicklung oder eines nach dem Schoopschen Metallspritzverfahren hergestellten Heizkörpers, der gleichfalls so gebildet werden kann, dass er kein intensives Magnetfeld entstehen lässt. Meine Antikathode war massiv, sie wird aber für intensiven Dauerbetrieb hohl gemacht und in bekannter Weise künstlich gekühlt. Vermöge des gewellten Bodens *B* kann sie erstens durch Schraub- oder andere Vorrichtungen gehoben oder gesenkt, zweitens kann ihre Mittellinie gegen die Mittellinie der ganzen Röhre geneigt werden. Dadurch wird erreicht, dass der Brennfleck der fertig ausgepumpten Röhre erstens nachträglich noch mehr oder weniger scharf eingestellt werden kann, zweitens, dass der Brennfleck, falls die Röhre „angestochen" (an der Brennfleckstelle angeschmolzen) ist, auf eine andere Stelle der Antikathode gebracht werden kann.



Bei den von mir verwendeten Spannungen war meine Röhre absolut durchschlagsicher: bei zu starker Luftleere in der Röhre schlugen die Funken ausserhalb der Röhre zwischen Anode und Kathode über, ohne die Röhre im mindesten zu beschädigen. Da der Hochspannungsisolator beliebig lang, z. B. 1 *m* lang und noch länger, ausserdem auch von fast beliebiger Wandstärke hergestellt werden kann, muss es mit meiner Röhre gelingen, die höchsten technisch herstellbaren Spannungen auszuhalten und also auch die härtesten Röntgenstrahlen zu liefern.

Stellt man das Kathodenstück *K* aus hitzebeständigem Isoliermaterial, wie etwa Magnesia her, derart, dass die Hohlkugelfläche nach dem Schoopschen Metallspritzverfahren mit einem schwer schmelzbaren, dünnen Metallüberzug, z. B. mit Wolfram, versehen

[1]) Wir geben diesen in der „E.T.Z." vom 4. Februar 1915 erschienenen Aufsatz unseres Landsmannes, Prof. Dr. L. Zehnder, z. Z. Leiter der physikalischen Ausbildungskurse am Telegraphen-Versuchsamt in Berlin-Charlottenburg, unverkürzt wieder, in der Meinung, dass auch in unserm Leserkreise seine weittragende Erfindung grossem Interesse begegnen wird. Zehnder war langjähriger Assistent und Mitarbeiter Röntgens in Giessen und Würzburg und ist wie Röntgen aus der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich hervorgegangen; ein Grund mehr für uns, ihn zu diesem wissenschaftlichen Erfolge, den er bei seinem vorübergehenden Aufenthalt in seiner Vaterstadt zur Reife bringen konnte, aufs herzlichste zu beglückwünschen! *Die Redaktion.*

wird, der vom einen halben Umfang her seine Zuleitung, am andern halben Umfang seine Ableitung bekommt, verdoppelt man dementsprechend das die Kathode tragende kupferne Zuleitungsrohr, so kann man durch eine isoliert aufgestellte Batterie die Kathode durch elektrischen Strom erhitzen, also im Innern der Röhre auch bei grösstem Vakuum, wie in der Coolidgeröhre, Elektronen erzeugen und dadurch gleichfalls beliebig harte Röntgenstrahlen in grösster Intensität hervorbringen. Bei dieser Anordnung hat meine Röhre vor der Coolidgeröhre den Vorzug, eine genau kugelförmige Hohlkathode zu besitzen, die ohne weitere künstliche Mittel alle Kathodenstrahlen auf den kleinstmöglichen Brennfleck konzentriert.

Bei Ausführung meiner Röhre in grossen Abmessungen können zwei und mehr Fenster angeordnet werden, aus denen Röntgenstrahlenbündel austreten. In einfachster Weise werden die Strahlenbündel durch auf die Fensterfassung geschobene Blenden (z. B. Irisblenden oder Blenden mit rechtwinkligen Ausschnitten) begrenzt, oder durch Aluminiumdeckel gefiltert (für die Therapie), oder durch undurchlässige Metalldeckel ganz vernichtet. Auch Momentverschlüsse lassen sich auf diesen Fensterfassungen anordnen,

Nach genügendem Auspumpen, während dessen die ganze Röhre durch intensiven Strom — und ausserdem das Metallgefäss mit einer kleinen spitzen Glasbläserflamme an jeder Stelle lokal — erwärmt wird, während die Dichtungsstellen künstlich kühl gehalten werden, wird die Röhre (durch Schliessen eines im Kathodenkupferrohr *R* befindlichen, mit Kautschuk überzogenen Eisenventils *V* auf magnetischem Wege) definitiv geschlossen; sie kann dann von der Pumpe abgenommen und versandt werden.

Weil die Querschnitte der Kathoden- und der Antikathoden-(Anoden-)-Zuleitung und auch die Hohlfläche der Kathode fast beliebig gross gemacht werden können, weil ferner beispielsweise für Therapiezwecke die Grösse des Brennflecks der Antikathode entsprechend vergrössert werden kann, so erscheint Aussicht vorhanden, die Intensität dieser Art von Röntgenröhren mindestens auf das Tausendfache zu steigern; denn schon mit meiner mit einfachsten Mitteln hergestellten Versuchsröhre erhielt ich bei gleicher Primärenergie eine etwa zehnmal grössere Sekundärenergie als mit einer entsprechend gleichen Gundelachröhre mit gleicher Kathode und gleicher Siemensschen Wolfram-Antikathode, sodass für meine photographischen Aufnahmen nur etwa der zehnte Teil der mit der Gundelachröhre nötigen Expositionszeit, nämlich im Mittel 0,2 Sekunden, erforderlich war. Weil auch die Wärmeableitung in meiner Röhre an sich schon eine vorzügliche ist und durch künstliche Kühlung noch bedeutend gesteigert werden kann, so muss sich die Intensität für die photographischen Aufnahmen bei sehr kleinem Brennfleck der Antikathode gleichfalls ganz erheblich vergrössern lassen. Wegen der vergrösserten Intensität der Röntgenstrahlen werden Bariumplatincyanür-Schirmbilder der Veränderungen im Körperinnern des Menschen so hell dargestellt werden, dass sie sich kinematographisch wirkungsvoll reproduzieren und zu Lehrzwecken verwenden lassen.

Mit meiner Röntgenröhre werden daher wesentliche Vorteile erreicht, wie die Möglichkeit grösster (vermutlich tausendfacher) Stromintensität; die Möglichkeit wirksamer Konzentration vieler Röntgenstrahlenbündel auf dieselbe Stelle durch Ablenkung mit entsprechend orientierten Kristallgittern für die Medizin (Krebsbehandlung); die Möglichkeit, eine ganze Spektralanalyse der Röntgenstrahlen auszubilden; die Gewinnung äusserst harter Röntgenstrahlen (z. B. zum Ersatz für Radium und Mesothorium); die leichte Ableitung der entwickelten Wärme; die gefahrlose Berührung der (geerdeten) Metallröhre; die Vermeidung jeder Explosionsgefahr; die Regulierung der Brennfleckgrösse für Therapie oder Durchleuchtung oder photographische Aufnahmen; die künstliche Aenderung der Brennfleckstelle bei angestochenen Antikathoden; die Regulierung des Vakuums in weitesten Grenzen durch ein nach der Einregulierung auf bestimmter Temperatur zu haltendes angeschlossenes Gefäss mit absorbierender Kohle (wie bei meiner vor 19 Jahren konstruierten ersten Röntgenröhre); die Auswechselbarkeit abgenutzter oder sonst verdorbener Teile; der bedeutend höhere (vielleicht zehnfache) Wirkungsgrad usw.

Meine erfolgreichen Versuche habe ich im Röntgeninstitut des Zürcher Kantonsspitals ausgeführt.

Auf meine im vorstehenden kurz angedeutete Röntgenröhre werde ich keine Patente nehmen, weil sie in weitestem Masse gesundheitlichen und wissenschaftlichen Zwecken dienen soll. Vielmehr gebe ich sie hiermit zur allgemeinen Benutzung frei.

Miscellanea.

Die Funkentelegraphen-Station des Eiffelturms. Anlässlich der Pariser Weltausstellung von 1889 lediglich als Wahrzeichen der Leistungsfähigkeit französischer Ingenieurkunst, im übrigen ohne praktischen Zweck erbaut, erhielt der Eiffelturm, dem sein Rang als höchstes Bauwerk der Welt inzwischen nicht streitig gemacht worden war, durch die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie eine vorher ungeahnte Bedeutung. Schon im Jahre 1903 wurde von der französischen Heeresverwaltung der Turm als Antennenträger benützt und an dessen Fuss eine funkentelegraphische Station errichtet, die für die Nachrichtenübermittlung an die Flotte gute Dienste leistete. Auch wurde diese Station zu einer wichtigen Stätte für Ausbildungszwecke und wissenschaftliche Forschungen, sodass bald daran gedacht werden musste, die erste, mehr provisorische Versuchsanlage durch eine leistungsfähigere zu ersetzen.

So wurde im Jahre 1910 die Leistung der Station von 7 auf 10 *kW* erhöht, wodurch eine Verständigung mit der Marconi-Funkenstation in Glace Bay (Nordamerika) möglich wurde. Dabei erfolgte die durch militärische Rücksichten gebotene Verlegung der Apparate in unterirdische, bombensichere Räume, sodass heute von der Station des Eiffelturms ausser der aus sechs Drähten bestehenden Antenne kaum etwas zu bemerken ist. In der Folge wurde die Leistung der Anlage auf 35 und 50 *kW* erhöht, und ein ausgedehnter Nachrichtendienst, sowie der internationale Zeitsignaldienst eingerichtet. Im Jahre 1911 wurde sodann die Hauptanlage durch eine mit sogen. tönenden Funken arbeitende Versuchsanlage ergänzt, der bald eine Betriebsanlage dieser Art von 100 *kW*, und in letzter Zeit eine solche von 150 *kW* folgten. Die zugehörige Hochfrequenzmaschine wurde anfänglich durch einen Elektromotor angetrieben, der aber später durch einen Dieselmotor ersetzt wurde.

Die Reichweite der Eiffelturm-Station in ihrer jetzigen Entwicklung beträgt bei Nacht, sowie bei Abwesenheit von elektrischen Störungen in der Atmosphäre etwa 5000 bis 6000 *km*, bei Tage noch 3000 bis 4000 *km*[1]). Unter günstigen Umständen können Nachrichten bis zu der 6200 *km* entfernten nordamerikanischen Station von Arlington übermittelt werden. Die Station war auch in Friedenszeiten der französischen Militärverwaltung unterstellt und ist ausser für die erwähnte Uebermittlung von Zeitsignalen und für geographisch-wissenschaftliche Zwecke für den privaten Nachrichtendienst nie benutzt worden.

Reinigung von Gasen mittels Elektrizität. Zur Bekämpfung von schädlichen Gasen wird schon seit mehreren Jahren ein von *Cottrell* ausgearbeiteter Prozess angewendet, der darin besteht, die Gase durch ein elektrisches Feld von Gleichstrom sehr hoher Spannung hindurchströmen zu lassen, wobei man an der positiven Elektrode dunkle Spitzenentladung eintreten lässt und sich dann die im Gase feinverteilten Substanzen auf die plattenförmig ausgebildete negative Elektrode niederschlagen. In Amerika stehen schon verschiedene derartige Anlagen in Betrieb. Erwähnt sei die 1907 errichtete Anlage in der Goldsilberscheideanstalt zu Vallejo, Cal., wo mit 1,5 *kW* bei 17000 *V* die saure Nebel enthaltenden Gase aus den Silberlösekesseln in einer Menge von 140 m^3/min behandelt werden und aus ihnen täglich 500 *kg* Schwefelsäure gewonnen werden. Sehr gute Erfolge wurden unter anderm auch auf einem Zementwerk in Südkalifornien erzielt, wo vorläufig mit einem Energieverbrauch von 7,5 bis 10 *kW* mit 40000 *V* in der Minute 1500 m^3 heisse Gase gereinigt und dabei täglich 4 bis 5 *t* Flugstaub gewonnen werden. Nach „E. u. M." wurde auch versucht, das Verfahren zur Bekämpfung von Hüttenrauch anzuwenden, wobei es gelang, die Sb_2O_3-dämpfe, nicht aber die SO_2-dämpfe niederzuschlagen. Wird statt Gleichstrom Wechselstrom angewendet, so tritt nur eine Ueberführung der im Gase äusserst fein verteilten Dämpfe in Tropfen ein, die dann auf mechanischem Wege ausgeschieden werden müssen. Ein auf diesem Prinzip beruhendes Verfahren hat nach der gleichen Quelle neuerdings *W. V. Steere* ausgearbeitet. In einer Versuchsanlage in Detroit von einer Kapazität von 14 m^3 in der Minute soll dieses neue Verfahren bei Anwendung von Spannungen von 40000 bis 60000 *V* für die Ausscheidung von Teer aus Koksofengas gute Resultate ergeben haben. Auch für die Reinigung von Generatorgas soll es sich bewährt haben, indem es vollständig zuverlässig arbeitet und keine besondere Aufsicht erfordert.

[1]) Ueber den Einfluss des Lichts auf die drahtlose Telegraphie siehe Bd. LXIII Seite 340 (6. Juni 1914).