Das Tantal und die Tantallampe

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **45/46 (1905)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-25474

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

hat die anspruchslose Kirche nicht. Dafür sitzt auf der Südseite des Daches ein einfacher Reiter, dessen in fränkischer Art eingeschieferte Flächen in wirksamem Gegensatze zu dem roten Ziegeldache stehen. Vervollkommnet wird das anmutige Bild durch sorgsam gehütete Bäume, die in glücklicher Stellung das kleine Bauwerk umgeben.

Die katholische Kirche in Zirndorf in Bayern.

Erbaut von Prof. *Joseph Schmitz* in Nürnberg.

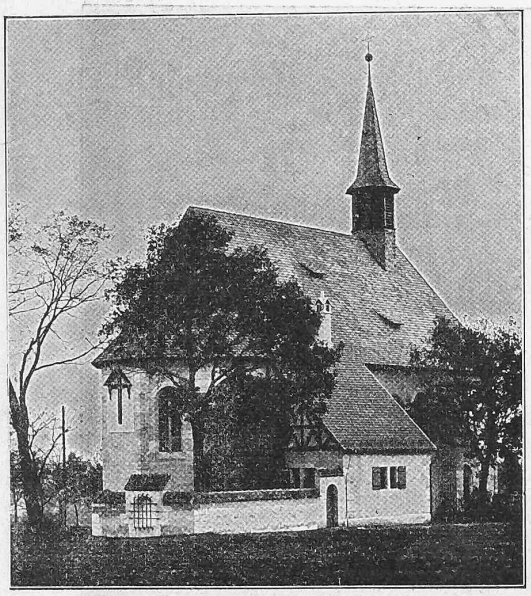

Abb. 1. Ansicht der Kirche von Nordwest.

Das Tantal und die Tantallampe.

Ueber die neue, von *Siemens & Halske* hergestellte und in den Handel gebrachte Lampe, sowie über das dabei zur Herstellung des Glühfadens verwendete Tantalelement ist von den Herren *W. v. Bolton* und *O. Feuerlein* im Elektrotechnischen Verein vor einiger Zeit eingehend berichtet worden. An Hand der in der E. T. Z. und in andern Zeitschriften gebrachten Referate und mit Benützung der uns von der eingangs genannten Firma zur Verfügung gestellten Bildstöcke geben wir in Nachfolgendem den wesentlichen Inhalt der sehr interessanten Ausführungen wieder.

Das Tantal (*Ta*) kommt in der Natur meist in Verbindung mit Niob (*Nb*) und mit Vanadium (*V*) in einer ganzen Reihe von Mineralien vor und zwar sowohl in dem in Massachusetts von Hatchett 1801 gefundenen und von ihm benannten Columbium, als ganz besonders in der schwedischen und finländischen Yttererde. *Eckeberg* hat in seinen 1802 ausgeführten Untersuchungen in der Yttererde ein neues Metall entdeckt und diese ytterhaltigen Mineralien Yttrotantellt genannt. Er ist also der eigentliche Entdecker des Tantalelements, wenn auch erst sein Landsmann Berzelius 1824 imstande war, das Tantal von seinen vielen fremden Beimengungen zu befreien. Aber auch Berzelius und nach ihm Rose hatten noch lange kein reines Tantal in Händen und auch an dem von Marignac hergestellten Tantal konnten die wirklichen Eigenschaften dieses so schwer im reinen Zustand erhältlichen Elementes nur annähernd festgestellt werden. Erst Moissan, der die anorganische Chemie und insbesondere die Metallurgie zu neuem Leben erweckt hat, gewann durch Erhitzen von Tantalsäure (die Sauerstoffverbindung $Ta_2 O_5$) mit Kohle bei über 3000 ° C, den ersten Tantalregulus, der aber immer noch eine Verunreinigung von 0,5 % Kohlenstoff aufwies und sich vermutlich als festes Tantalkarbid oder vielleicht auch als eine Legierung des Metalles mit Karbid abschied. Da die Verwendung des Tantalfadens zu Beleuchtungszwecken jedoch nur bei absolut reinem Material möglich ist, so musste Dr. v. Bolton erst durch eingehende und recht mühevolle Untersuchungen eine Methode der Reindarstellung des Tantals ausarbeiten. Bolton hat das Verfahren von Berzelius und Rose derart „modifiziert", dass die Reduktion des Kaliumtantalfluorids ein Metallpulver von bereits 99 % Tantalgehalt ergab. Zur Entfernung der geringen noch beigemengten Verunreinigungen wurde nunmehr das Rohtantal im Vakuumofen der elektrischen Schmelzung unterworfen. Es zeigte sich dabei, dass das Oxyd seinen Sauerstoff glatt abgibt und dadurch zur Zerstäubung gebracht wird. Nach Entfernung der letzten Gasreste und nach wiederholtem Umschmelzen des Tantalregulus erhielt dann Bolton das Metall in einer ganz unbekannten Reinheit und zwar von einem derartigen Feingehalt, dass praktisch keine merklichen Verunreinigungen mehr in ihm nachweisbar sind. Bolton hat dann im Verein mit seinen zahlreichen Mitarbeitern die genauen physikalischen Konstanten bestimmt und die chemischen Eigenschaften des Tantalmetalles eingehend studiert. Es hat sich dabei gezeigt, dass fast alle bisher in der Literatur vorhandenen Angaben über die Natur dieses Elementes stark korrekturbedürftig sind.

Das Tantal ist ein sehr edles, platingrauglänzendes Metall, das im kompakten Zustand äusserst beständig gegen Säuren und Alkalien ist. Das spezifische Gewicht des Tantals ist 16,8. Reines Tantal hat ungefähr die Härte eines weichen Stahles, besitzt aber eine viel grössere Zerreissfähigkeit. Es lässt sich sehr leicht verarbeiten und zu dünnen Blechen und äusserst feinen Drähten ausziehen. Die Zerreissfähigkeit im Drahtzustande beträgt 93 kg/mm^2. Tantal läuft beim Erhitzen auf 400 ° C gelb an, bei weiterem Erhitzen erhält es die dunkelblaue Anlauffarbe des Stahles. In dünnen Drähten angezündet, brennt es mit kaum leuchtender Flamme. Die Schmelztemperatur liegt zwischen 2250 bis 2300 ° C. Die hohe Schmelztemperatur, seine geringe elektrische Zerstäubbarkeit und einige andern physikalischen Eigenschaften, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, liessen seine Verwendbarkeit für Glühlampenzwecke besonders aussichtsvoll erscheinen.

Eine für die Werkzeugindustrie verwertbare Eigenschaft des Tantals mag hier erwähnt werden. Wird nämlich ein rotglühend erhitzter Tantalklumpen unter den Dampfhammer gebracht, so wird dem so erzielten und von neuem geglühten Tantalblech eine Härte erteilt, die der des Diamanten gleichkommt. Ein Versuch solch ein Blech von etwa 1 *mm* Stärke auf der Diamantbohrmaschine mit

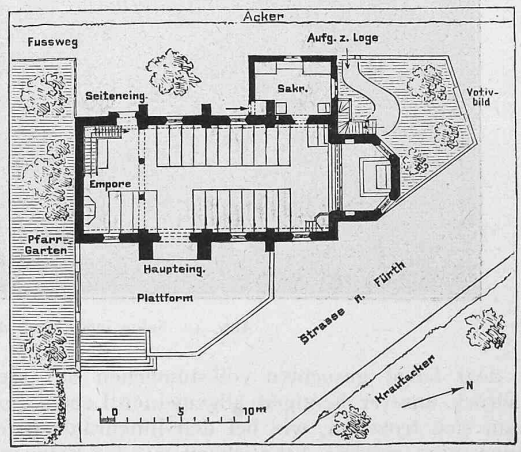

Abb. 2. Grundriss der Kirche von Zirndorf. — 1 : 500.

einem Diamantbohrer zu perforieren, ergab nach zweiundsiebzigstündiger ununterbrochener Bohrarbeit bei 5000 Umdrehungen in der Minute nur eine kleine Mulde von etwa $^1/_4$ *mm* Tiefe, wobei der Diamantbohrer stark abgenutzt wurde. Ein vollkommenes Durchbohren des Bleches war nicht möglich. Es handelt sich also bei dem Tantal um eine ganz einzige Vereinigung von ausserordentlicher Härte und grosser Duktilität.

Als die Ausbildung des Verfahrens zur Tantalbearbeitung so weit vorgeschritten war, dass man das ursprünglich spröde Material duktil und ziehbar machen, d. h. nach den üblichen Methoden zu Draht verarbeiten konnte, und als sich zeigte, dass dieser Draht sich ähnlich wie dünner Stahldraht biegen, wickeln und spannen liess, war die Möglichkeit gegeben, das Tantal einer gründlichen Prüfung betreffs seiner Verwendbarkeit für Glühlampen zu unterwerfen.

Die erste Tantallampe, die einigermassen brauchbare Resultate ergab, d. h. eine genaue Messung der elektrischen und photometrischen Verhältnisse gestattete und einen längern Dauerversuch aushielt, wurde vor etwas mehr als zwei Jahren fertig gestellt. Diese Lampe hatte einen bügelförmigen Leuchtfaden aus dem ersten gezogenen Tantal-Draht. Die Lampe wurde mit einer Wattkerze gebrannt und erreichte dabei eine Lebensdauer von 20 Stunden, innerhalb welcher sie sich stark schwärzte.

Die katholische Kirche in Zirndorf in Bayern.

Erbaut von Prof. *Joseph Schmitz* in Nürnberg.

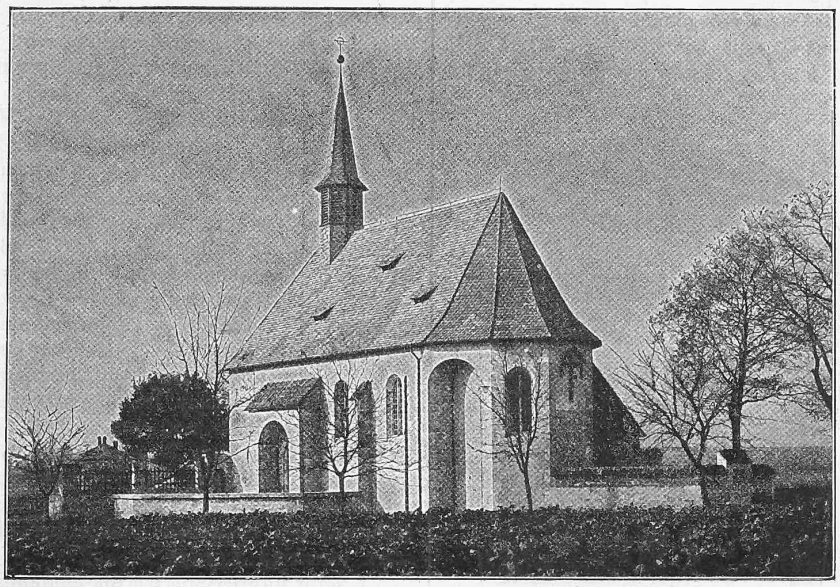

Abb. 3. Ansicht der Kirche von Nordost.

In dem Masse, als bei der weitern Entwicklung des chemischen und mechanischen Verfahrens das Material reiner und die Drähte gleichmässiger wurden, ergaben die Lampen bessere Resultate. Ihre Haltbarkeit wurde grösser und die Schwärzung schwächer. Gleichzeitig nahm jedoch der spezifische Widerstand ab, bis er auf den jetzt für das reine Metall gefundenen Wert von 0,165 herabgegangen war. Offenbar hatte das Material der allerersten Lampen noch erhebliche Verunreinigungen enthalten.

Aus den Messungen der ersten Lampe liess sich rechnerisch ableiten, dass bei Verwendung desselben, noch etwas unreinen Materials eine Lampe für 110 V, 32 HK und 1,5 Wattkerze einen Leuchtdraht von etwa 520 *mm* Länge und 0,06 *mm* Durchmesser haben müsse. Diese aussergewöhnlichen Daten änderten sich, nachdem der spezifische Widerstand des Fadenmaterials auf den Wert von 0,165 gesunken war, noch weiter im gleichen Sinne, indem sich für die 32-kerzige Lampe ein Faden von 700 *mm* Länge und 0,055 *mm* Durchmesser, und für die 25-kerzige ein solcher von 650 *mm* Länge und 0,05 *mm* Durchmesser ergab.

Es war also, um praktisch brauchbare Lampen normaler Spannungen und Lichtstärken zu bauen, zunächst die Bedingung gestellt, den Tantaldraht in genügend grossen Längen bis auf einen Durchmesser von 0,05 bis 0,06 *mm* herabzuziehen, was nach langer mühevoller Arbeit auch tatsächlich gelang.

Im Juli 1903 war die erste Tantallampe mit einem Fadendurchmesser von nur 0,05 *mm* erstellt. Dieselbe hatte ebenfalls noch einen bügelförmigen Leuchtfaden von 54 *mm* Länge und ergab bei der Messung mit 1,5 Wattkerze 9 V, 0,58 A und 3,5 HK. Hieraus ergab sich rechnerisch unter Voraussetzung desselben Drahtes und bei derselben Oekonomie für 110 V eine Drahtlänge von 660 *mm* und eine Lichtstärke von 43 HK.

Durch die bisherigen Vorversuche war zweifellos festgestellt, dass die Aufgabe, Lampen von 110 V und höchstens 25 bis 32 HK herzustellen, in verschiedener Hinsicht keine leichte war. Während man es bei den Kohlenfadenlampen, selbst bei einer Spannung von 220 V nur mit Leuchtfäden von maximal 350 bis 400 *mm* Länge zu tun hatte, lag hier die aussergewöhnliche Forderung vor, einen Leuchtfaden von etwa $^2/_3$ *m* Länge auf zweckmässige und zuverlässige Weise innerhalb einer Glasglocke unterzubringen, welche die Abmessungen einer gewöhnlichen Glühlampe nicht wesentlich übersteigen durfte.

Die naheliegendste Idee war selbstverständlich zunächst, die einfache Bügelform beizubehalten und die erforderliche Drahtlänge durch Hindereinanderschaltung mehrerer solcher Bügel innerhalb einer Lampe zu erreichen. Es wurden auch in dieser Richtung praktische Versuche mit Lampen von zwei bis vier Tantalbügeln gemacht, doch waren die Ergebnisse derselben nicht befriedigend.

Es zeigte sich, dass der Tantaldraht ebenso wie die Leuchtfäden aller bisher bekannten Metallglühlampen die erschwerende Eigenschaft hat, bei der einer Belastung von 1,5 Watt pro Kerze entsprechenden Temperatur merklich zu erweichen. Die Verwendung schleifen- oder spiralförmiger Glühdrähte nach Art der Kohlenfäden gewöhnlicher Glühlampen war daher ausgeschlossen. Freihängende Bügel liessen sich allerdings anwenden, doch wäre hiedurch bedingt gewesen, dass die Lampen nur in senkrecht hängender Stellung brennen konnten. Ausserdem mussten die Bügel verankert werden, um sie vor gegenseitigem Verschlingen beim Transporte der Lampen zu bewahren. Auch Versuche mit Bügeln aus gewelltem Draht, sowie aus glattem und gewelltem Metallband befriedigten nicht. Die Bügel wurden allerdings erheblich kürzer, doch zeigten die Lampen andere Nachteile.

Man kam bald zur Ueberzeugung, dass der einzige Erfolg versprechende Weg in dem Prinzip bestehe, die gesamte Drahtlänge in kurze, an ihren Enden durch isolierte Halter gestützte geradlinige Strecken zu unterteilen. Auf diesem Wege gelang es endlich im September 1903, die erste brauchbare Lampe für annähernd 110 V fertig zu stellen.

Diese Lampe war derart konstruiert, dass an einem zentral sitzenden Drahthalter zwei Glaslinsen angeschmolzen waren, die je 12 seitliche, an ihren Enden mit Häkchen versehene, von einander isolierte Arme trugen. Durch diese 24 Haken wurde nun der feine Tantaldraht zwischen den beiden Sternen auf- und abgezogen, wodurch die erste Metallglühlampe für nahezu 110 V entstand, die genau wie jede Kohlenfadenlampe in jeder beliebigen Stellung brennen konnte. Diese Lampe brannte bei 1,5 Wattkerzen mit 94 V und etwa 30 HK. Sie brannte 260 Stunden und verlor in dieser Zeit 9,5 % Licht.

Nach diesem ersten praktischen Erfolg wurde mit verdoppeltem Eifer an der weitern Vervollkommnung der Lampe gearbeitet. Schon Mitte Oktober 1903 war es gelungen, die erste 220-voltige Tantallampe herzustellen, die ähnlich der vorhin beschriebenen Lampe, aber mit 2×16 Armen und grösserer Entfernung der beiden Sterne gebaut

war. Die Länge ihres Leuchtdrahtes betrug 1350 *mm*, ihre Lichtstärke war etwa 50 HK.

Der Aufbau des inneren Drahtgestelles der 110 V-Lampen nahm, stets unter Beibehaltung des Unterteilungsprinzipes, im Laufe der Weiterentwickluug verschiedene Formen an. Es wurden u. a. auch Konstruktionen versucht, bei denen an Stelle eines einzigen langen Drahtes eine grössere Zahl kurzer Drahtstücke auf ein Drahtgestell aufgespannt waren, die in Hintereinanderschaltung die erforderliche Gesamtlänge ergaben.

Schliesslich gelangte man vor einem Jahre zu der in Abbildung 1 abgebildeten Gestalt für 110 V, 25 HK und 1,5 Watt pro Hefnerkerze, die seither unverändert beibehalten worden ist.

Der mittlere Träger besteht aus einem kurzen Glasstab, der zwei Linsen trägt, in denen die schirmartig nach oben und unten gebogenen Tragarme eingeschmolzen sind. Der obere Stern hat 11, der untere 12 Arme, die so gegeneinander versetzt sind, dass jeder obere Arm in der Mitte zwischen zwei untern Armen liegt. Zwischen diesen 12 + 11 Armen, die an ihren Enden zu Haken umgebogen sind, ist der Leuchtdraht in einer einzigen Länge zickzackförmig hin- und hergezogen. Seine Enden werden von zwei untern Armen gehalten und sind von dort aus durch Platinzuführungen mit dem Lampenfuss verbunden.

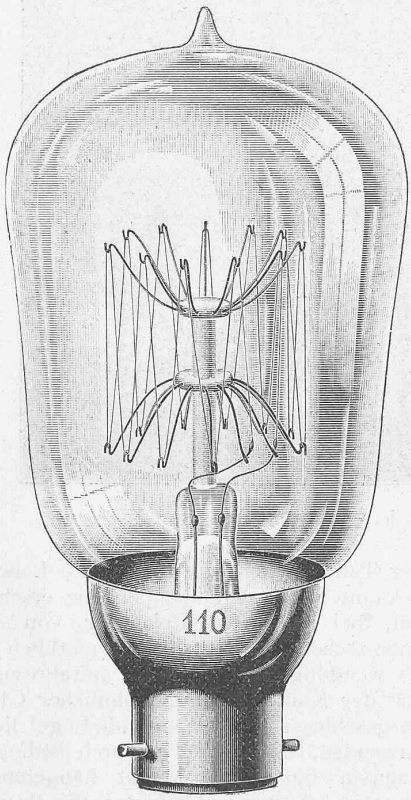

Abb. 1.

Der normale Typ für 110 V, 25 HK und 1,5 Watt pro Hefnerkerze hat einen Leuchtfaden von 650 *mm* Länge und 0,05 *mm* Durchmesser. Das Gewicht dieses Drahtes beträgt 0,022 *g*.

Die Form der Glasglocke ist dem Leuchtgestell angepasst. Ihre Abmessungen sind derart gewählt, dass die üblichen Maximalmasse gewöhnlicher Glühlampen gleicher Kerzenstärke (25 HK, 110 V) nicht überschritten werden.

Diese Ausführungsform zeichnet sich durch eine Reihe bemerkenswerter Eigenschaften aus. Sie ist vor allem sehr stabil und hält starke Erschütterungen aus, ohne dass die Lampe Schaden leidet. Grössere Sendungen solcher Lampen, die zur Erprobung ihrer Transportfähigkeit über das Meer gesandt wurden, kamen vollkommen unverletzt zurück, obwohl sie genau wie gewöhnliche Glühlampen verpackt waren und auch sonst in keiner Hinsicht auf ihre Behandlung besondere Sorgfalt verwendet worden war.

Selbstverständlich brennt die Lampe in jeder Lage. Sie lässt sich also in jeden beliebigen Beleuchtungskörper einsetzen. Das Licht ist angenehm weiss; es wirkt besonders ruhig, wenn die Lampen mit mattierten Glocken ausgestattet sind.

Wir gehen nun zur Besprechung der elektrischen und photometrischen Eigenschaften der Lampe, sowie ihres Verhaltens im praktischen Betriebe über.

Zahlreiche Dauerversuche mit verschiedenen zwischen 1 und 3 Watt pro Hefnerkerze liegenden Belastungen haben die bedeutende Ueberlegenheit der Tantallampe gegenüber der bisherigen Kohlenfadenlampe unter Zugrundelegung gleicher elektrischer und photometrischer Verhältnisse bewiesen. In Zahlen ausgedrückt, kann die Tatsache festgestellt werden, dass bei gleicher Spannung, Lichtstärke und Nutzbrenndauer die Tantallampen etwa 50 % weniger Strom verbrauchen bzw. bei gleichem Stromverbrauch etwa das doppelte Licht geben, wie die Kohlenfadenlampen, während bei gleicher Oekonomie die Tantallampen den Kohlenfadenlampen in der Lebensdauer um ein Mehrfaches überlegen sind. Es hat sich ferner gezeigt, dass bei einer Anfangsbelastung von 1,5 Watt pro Hefnerkerze die Tantallampe eine dem praktischen Bedürfnis genügende durchnittliche Lebensdauer besitzt, sodass diese Oekonomie für die Lampen der 110 V-Type als Norm festgesetzt wurde. Versuche mit einer Belastung von 1 Watt pro Hefnerkerze haben zwar auch Brennzeiten von mehrern hundert Stunden ergeben, doch waren diese Lampen sehr empfindlich gegen Spannungschwankungen und zeigten häufig eine zu frühzeitige Lichtabnahme. Die Nutzbrenndauer der Tantallampe, d. h. diejenige Brennzeit, innerhalb der sie 20% ihrer anfänglichen Lichtstärke eingebüsst hat, beträgt bei 1,5 Watt pro Hefnerkerze durchschnittlich 400 bis 600 Stunden. Bei einzelnen Exemplaren sind sogar über 1200 Stunden Nutzbrennzeit beobachtet worden. Die absolute Lebensdauer ist im allgemeinen weit höher, als die Nutzbrennzeit und beträgt im Mittel unter normalen Betriebsverhältnissen 800 bis 1000 Stunden. Es ist ferner hervorzuheben, dass die Tantallampe sich nur sehr wenig schwärzt, wenn sie nicht, wie wir später sehen werden, während des Betriebes infolge teilweiser Fadenkurzschlüsse stark überhitzt worden ist.

Sehr interessant ist die genaue Beobachtung des Verhaltens der Tantallampen während der ganzen Dauer ihrer Lebenszeit. Zunächst ist zu bemerken, dass, ähnlich wie bei manchen Kohlenfadenlampen, die Lichtstärke in der ersten Zeit, und zwar meist schon nach wenigen Stunden, um 15 bis 20 % zunimmt. Ebenso nimmt der Stromverbrauch um etwa 3 bis 6 % zu, während der spezifische Energieverbrauch auf 1,3 bis 1,4 Watt pro Hefnerkerze herabsinkt. Von da ab nimmt die Lichtstärke langsam und stetig ab und der Energieverbrauch entsprechend zu.

Das durchschnittliche zeitliche Verhalten der Lampen von 25 HK bis 110 V ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Brenndauer in Stunden	Lichtstärke in Hefnerkerzen	Stromverbrauch in Ampère	Watt pro Hefnerkerze
0	25 bis 27	0,36 bis 0,38	1,5 bis 1,7
5	28 bis 31	0,38 bis 0,39	1,3 bis 1,5
150	25 bis 27	0,36 bis 0,38	1,5 bis 1,6
300	22 bis 24	0,36 bis 0,38	1,6 bis 1,7
500	20 bis 22	0,36 bis 0,38	1,9 bis 2,0
1000	18 bis 20	0,35 bis 0,37	2,1 bis 2,2

Diese anfängliche Zunahme von Licht und Strom ist offenbar auf eine Strukturveränderung des Tantaldrahtes zurückzuführen, die eine Verringerung des Widerstandes und als Folge hiervon die obigen Begleiterscheinungen hervorruft,

Dass mit dem Leuchtfaden während des Brennens tiefgreifende Veränderungen vor sich gehen, lässt sich auch mit blossem Auge beobachten. Während der neue Draht eine vollkommen glatte zylindrische Oberfläche zeigt, verändert sich sein Aussehen im Laufe der Brennzeit erheblich. Er bekommt eine eigentümlich glitzernde Oberfläche, sodass eine Lampe, die schon längere Zeit gebrannt hat, deutlich von neuen Lampen zu unterscheiden ist. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt der lange Zeit gebrannte Faden eine deutliche Neigung zu kapillarer Kontraktion bezw. Tropfenbildung. In Abbildung 2 ist ein Stück neuen Drahtes, sowie derselbe Draht nach 1000stündiger Brenn-

zeit in 100facher Vergrösserung abgebildet. Diese allmähliche Verkürzung des Fadens lässt sich an den Lampen auch direkt beobachten und gibt ein weiteres Mittel an die Hand, die Brennzeit, welche eine Lampe hinter sich hat, zu schätzen.

In Abbildung 3 ist das Leuchtsystem einer neuen Lampe abgebildet. Man sieht, dass der Tantaldraht ohne scharfe Biegungen in leichten, weiten Bogen lose an dem Traggestell auf- und abgeführt ist. Dieselbe Lampe erhält jedoch nach längerer Brennzeit ein völlig anderes Aussehen. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, hat sich der Draht zusammengezogen, die grossen Biegungen sind verschwunden und an ihre Stelle sind spitze Winkel getreten.

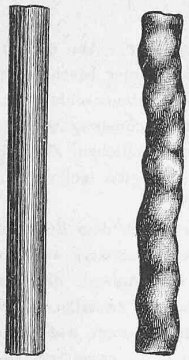

Abb. 2.

Ganz besonders eigenartig ist das Verhalten dieser Lampen beim Durchbrennen des Leuchtdrahtes. Während bei allen andern Glühlampen das Durchbrennen gleichbedeutend mit dem wirtschaftlichen Tod der Lampe ist, kann es bei Tantallampen vorkommen, dass sie mehrere Mal durchbrennen, ohne zu erlöschen, ja das Durchbrennen hat sogar jedesmal eine oft erhebliche Steigerung des Lichtes zur Folge. Dieser eigentümliche Vorgang hängt damit zusammen, dass in zahlreichen Fällen ein abgerissener Draht mit seinem

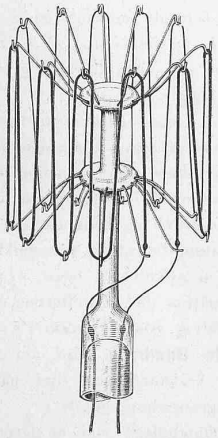

Abb. 3.

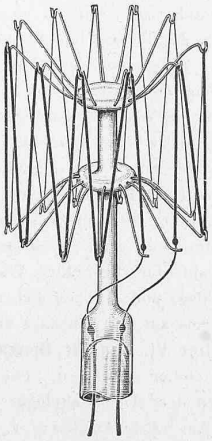

Abb. 4.

Nachbardraht in Berührung kommt und so die unterbrochene Stromleitung wieder herstellt. Hierdurch wird gleichzeitig ein Teil der gesamten Drahtlänge ausgeschaltet und die Lampe brennt infolgedessen heller, allerdings manchmal zu hell, sodass ihr dann nur noch eine kurze Lebensdauer bevorsteht. Immerhin sind schon Lampen beobachtet worden, deren Leuchtfäden nach kurzer Zeit zum ersten Male und später wiederholt gerissen sind und welche trotzdem eine Lebensdauer von über 1000 Stunden erreicht haben. Es ist auch häufig gelungen, Lampen, die infolge Durchbrennens erloschen waren, durch Klopfen wieder gebrauchsfähig zu machen, indem man versuchte, den durchgebrannten Faden mit seinem Nachbar in Berührung zu bringen. Abbildung 5 zeigt das Gestell einer Lampe, die an drei Stellen durchgebrannt ist und welche trotzdem weiter brennt. (Der Deutlichkeit halber sind die hinteren Windungen des Leuchtdrahtes in der Zeichnung weggelassen, während die Strecken der vorderen Windungen, die noch stromführend sind, besonders dick gezeichnet sind.)

Es muss ferner konstatiert werden, dass der Tantaldraht, nachdem er längere Zeit, etwa 200 bis 300 Stunden gebrannt hat, seine mechanische Festigkeit teilweise einbüsst. Während der frische Draht eine ähnliche Zerreissfestigkeit wie Stahl besitzt, und bei 0,05 *mm* Durchmesser erst bei einer Belastung von 400 *g* reisst, wird er im Laufe seiner Brennzeit brüchig. Neue Lampen sind auch während des Brennens gegen heftige Erschütterungen nur wenig empfindlich. Einer gewissen Schonung gegen Erschütterungen bedürfen sie erst, wenn die oben erwähnte Veränderung des Drahtes eingetreten ist.

Von besonderem Interesse für den Glühlampentechniker ist das Verhalten der Tantallampen bei starker Ueberlastung. Die in dieser Richtung vorgenommenen Versuche haben, wie auch zu erwarten war, ebenfalls eine bedeutende Ueberlegenheit gegenüber der Kohlenlampe erwiesen. Es hat sich gezeigt, dass Tantallampen für 110 V, 25 HK und 1,5 Watt pro Kerze bei langsamer Steigerung der Spannung erst bei 260 bis 300 V durchbrennen, während bei Kohlenfadenlampen gleicher Anfangsökonomie, Spannung und Lichtstärke diese Zahl nicht annähernd erreicht wurde. Ebenso lässt sich die Ueberlegenheit der Tantallampe betreffs geringerer Schwärzung der Glasglocke durch vergleichende Dauerversuche mit etwa 50 % Ueberspannung in wenigen Stunden nachweisen.

Ferner ist es als ein Vorteil der Tantallampe gegenüber der Kohlenlampe zu bezeichnen, dass das Tantal als Leiter erster Klasse einen mit steigender Temperatur stark zunehmenden Widerstand besitzt, während bekanntlich der Widerstand der Kohle wie der eines Elektrolyten mit wachsender Erwärmung abnimmt.

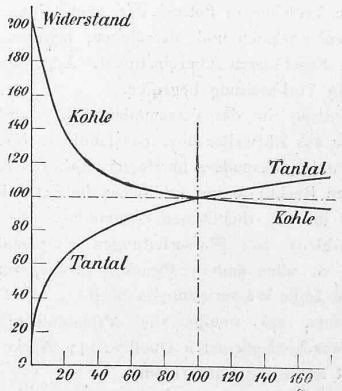

Abb. 6.

In Abbildung 6 ist die Veränderung des Widerstandes von Tantal und Kohle als Funktion der Lampenspannung graphisch aufgetragen und zwar in der Weise, dass bei einer Strombelastung mit 1,5 Watt pro Hefnerkerze Spannung und Widerstand = 100 gesetzt sind, sodass also für jede prozentuale Aenderung der Spannung die entsprechenden prozentualen Aenderungen der Widerstände ersichtlich sind.

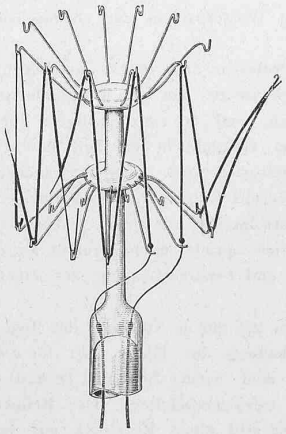

Abb. 5.

Man sieht zunächst, dass vom kalten Zustand bis zur Belastung mit 1,5 Watt pro Hefnerkerze der Widerstand des Tantals sich mehr als verfünffacht, während der Widerstand der Kohle etwa auf seinen halben Anfangswert herabgeht. Des weiteren ist ersichtlich, dass auch bei noch grösserer Stromsteigerung der Widerstand des Tantals weiter steigt, derjenige der Kohle dagegen weiter herabsinkt. Es wird also sowohl bei zu- wie bei abnehmender Spannung die Stromstärke und damit auch die Lichtstärke bei den Kohlenlampen rascher zu- und abnehmen, als bei Tantallampen, was zur Folge hat, dass die Tantallampen gegen Spannungsschwankungen weniger empfindlich sind, als die Kohlenlampen.