

RADIORAMA

INTERESSANTES FÜR FUNK- UND A/V-LIEBHABER

Nr. 61

AC - DC...



(Focus + az-online)

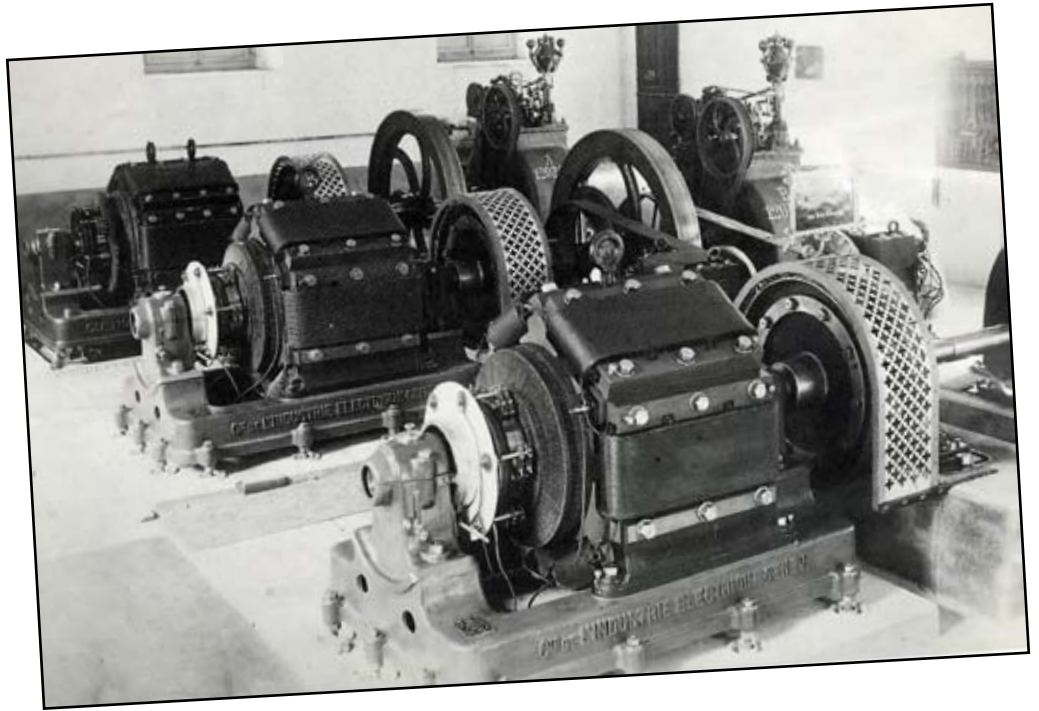


Mit bestem Dank an:
Jörg Gansner

Die beiden Bilder aus der Stadt Zug, zugespielt von Jörg Gansner, gaben den Anstoss zur vorliegenden Radorama-Nummer. Gezeigt wird (oberes Bild) der Maschinenraum des Elektrizitätswerks vor etwa hundert Jahren, als drei Generatoren der Genfer «Compagnie de l'Industrie Electrique» die Stadt mit **Gleichstrom** (DC = Direct Current) versorgten.

Auf der unteren Abbildung sind die drei heute in Betrieb stehenden **Wechselstrom**-Generatoren (AC = Alternating Current) des Lorzentobel-Wasserkraftwerks der WWZ Aktiengesellschaft Zug (etwa fünf Kilometer nordöstlich von Zug) samt ihren Turbinen zu sehen.

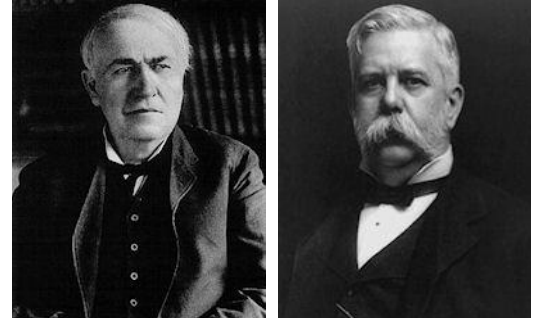
Das Umstellen bestehender Gleichstromwerke begann fast überall bald nach dem Übergang zum 20. Jahrhundert. Entscheidend für die Verbreitung und Anwendung der Wechselstromtechnik war die Entwicklung des Transformators zwischen 1870 und 1910. Mehrere Ingenieure in verschiedenen Ländern waren – teils unabhängig voneinander – daran beteiligt.



So war es auch beim «dynamoelektrischen Prinzip», das Werner von Siemens 1867 in Berlin vorstellte, ohne aber der alleinige Erfinder zu sein; es ermöglichte den Bau viel effizienter arbeitender Generatoren. Deutschlands erstes Wechselstromkraftwerk ging übrigens 1890 im Bayerischen Bad Reichenhall in Betrieb, versehen mit einem Aggregat der Maschinenfabrik Oerlikon (Zürich), welches die ganze Ortschaft samt den westlich angrenzenden Dörfern Karlstein und Kirchberg (1200 Glühlampen) versorgen konnte.

Anfänglich ist man sich über die Vor- und Nachteile der beiden Stromarten nicht einig gewesen. Wechselstromgegner war allen voran Thomas A. Edison (1847 - 1931), der – um seine Glühlampen mit der 1880 gegründeten «Edison Electric Illuminating Company» rentabel vermarkten zu können – in New York eines der ersten (Gleichstrom-)Kraftwerke gebaut und 1882 in Betrieb genommen hatte. Beim Planen einer grossflächigen Stromversorgung kam es zwischen ihm und seinem Rivalen George Westinghouse

(1846 - 1914), der den Wechselstrom favorisierte, zu heftigem Streit, bekannt geworden als «Stromkrieg». Eigentlich war es ein Kampf um Marktanteile und zugleich – in der Industriegeschichte erstmalig – die Auseinandersetzung um einen technischen Standard.



Thomas A. Edison (l) und George Westinghouse (r), die beiden Kontrahenten im «Stromkrieg»



← Die Siemens'sche Dynamo-Maschine von 1866, nachgebaut (Siemens Global Website)

Das dynamoelektrische Prinzip

Starker Antrieb seit 150 Jahren

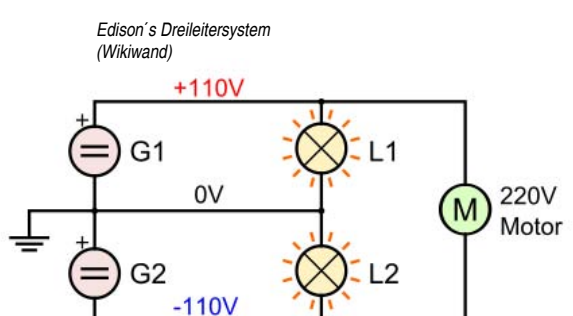
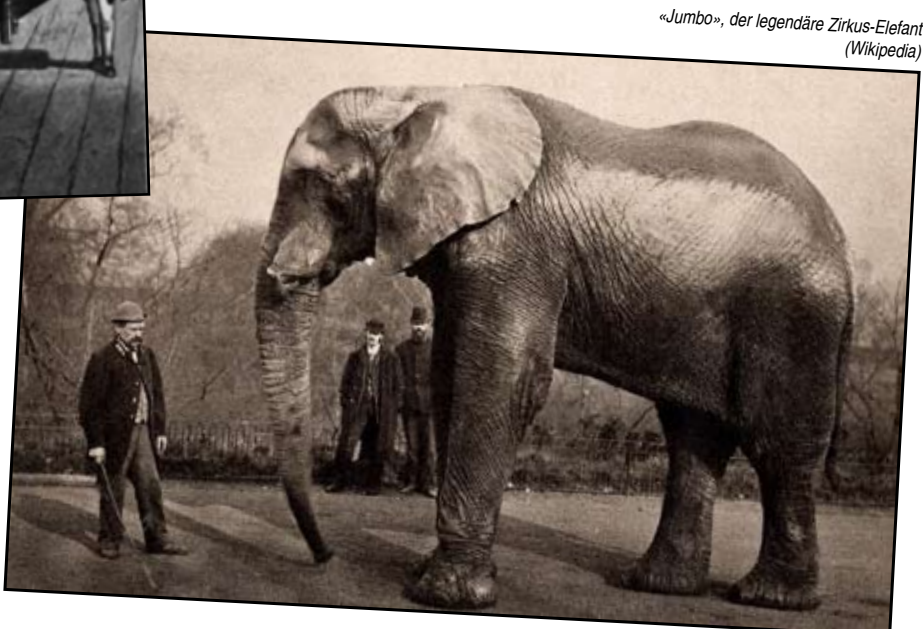
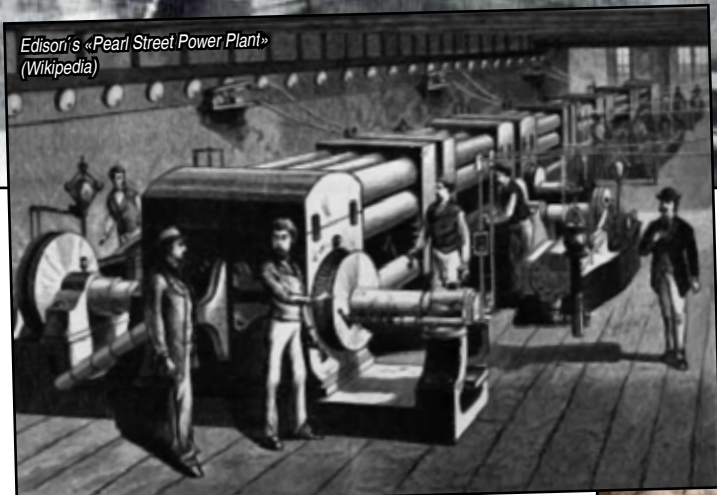
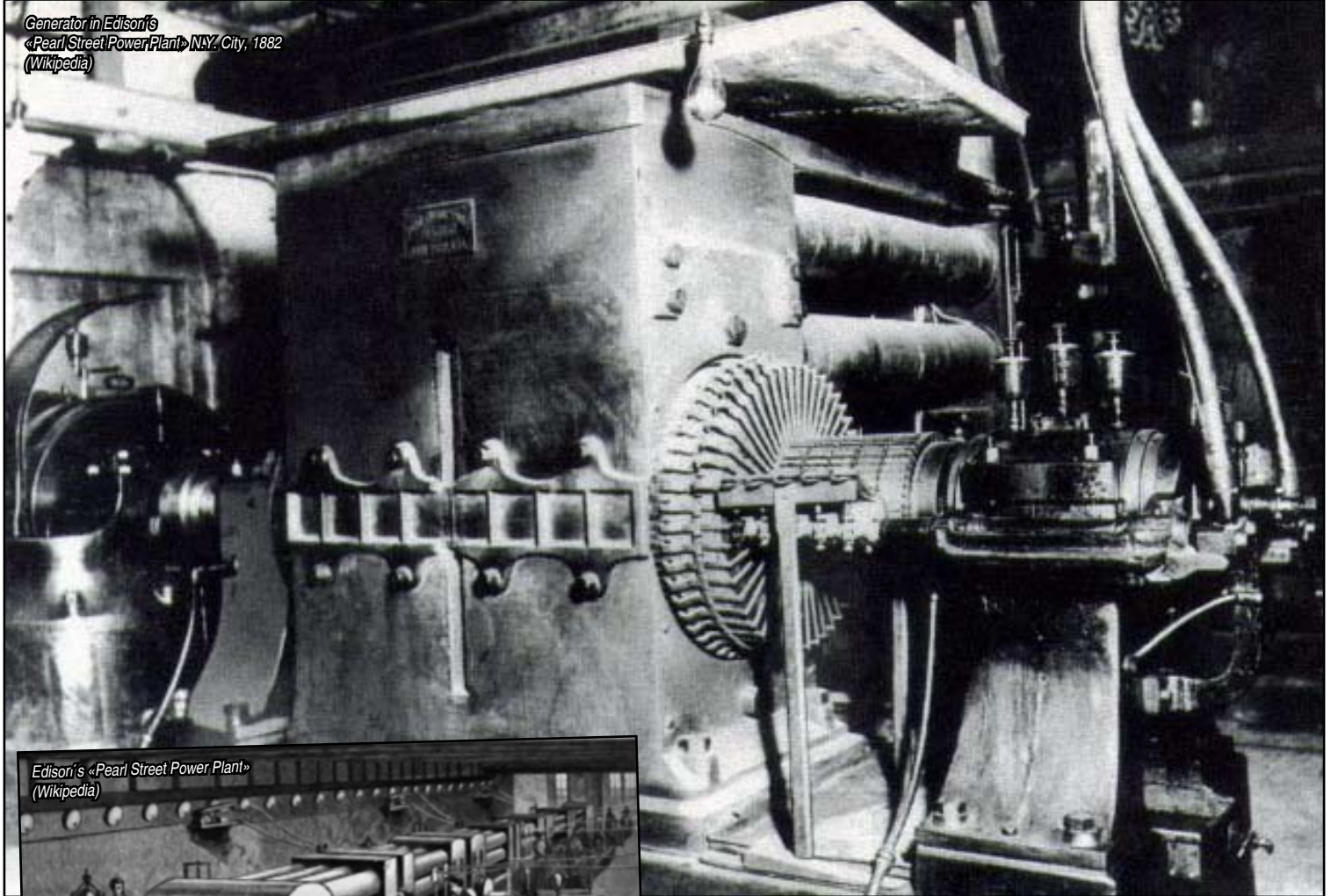
Kaum eine Erfindung hat die Lebensgewohnheiten unserer Gesellschaft so nachhaltig verändert wie die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Werner von Siemens.

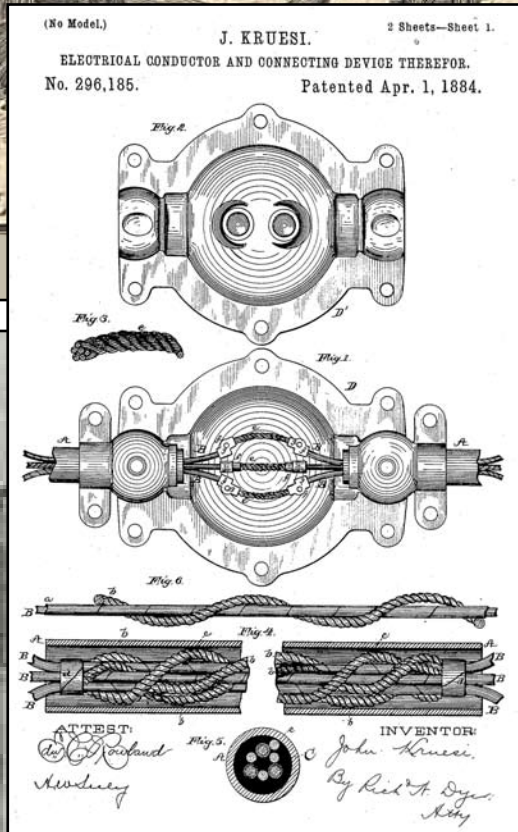
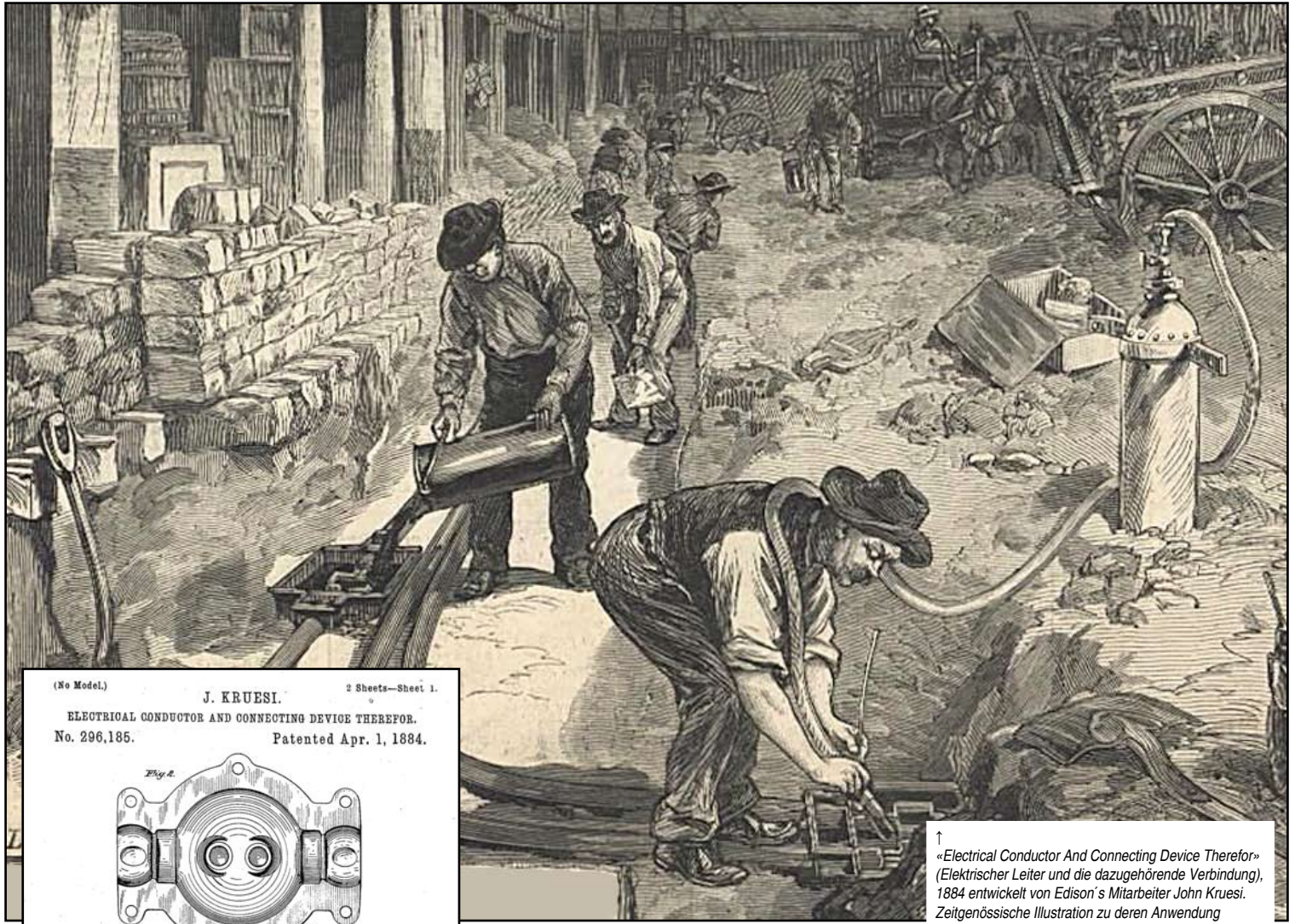


© Siemens AG 2016

Edison's Kraftwerk bestand aus vier mit Kohle befeuerten Dampfkesseln, welche sechs Kolbendampfmaschinen, damit je einen Gleichstromgenerator antrieben, was bei einer Leistung von etwa 90 bis 100 Kilowatt zur Versorgung von 1100 bis 1200 Glühlampen ausreichte. Das respektable Gewicht von je 27 Tonnen verhalf den Generatoren zum Kosenamen «Jumbo», angelehnt an den damals bekannten Zirkuselefantenbullen dieses Namens, welcher – vier Meter hoch – sechs Tonnen auf die Waage brachte. Die Umwandlung von Kohle in elektrische Energie erfolgte mit einem Wirkungsgrad von 2,5 %, wobei ein Teil der anfallenden Dampfwärme an örtliche Industriebetriebe abgegeben und im Nahbereich zur Beheizung von Wohnungen genutzt wurde.

Paarweise geschaltet erzeugten diese «Dynamos» 220 Volt, über Dreileiternetze (2 x 110 Volt) den Verbrauchern zugeführt, unter der Strassenoberfläche in speziellen Rohren verlegt, einer frühen Form von «Erdkabel», erfunden von Edison's langjährigem Partner John Kruesi, dem geschickten Schweizer Maschinenbauer aus dem Kanton Appenzell. Etwa 100 Volt waren ideal für Edison's Kohlefadenlampen, die doppelte Spannung liess sich zum Antrieb von Motoren verwenden. Diese direkte Energieverteilung hatte den Nachteil, dass der Versorgungsradius um die «Fabrik» herum auf etwa eine halbe Meile (ca. 800 Meter) beschränkt war.



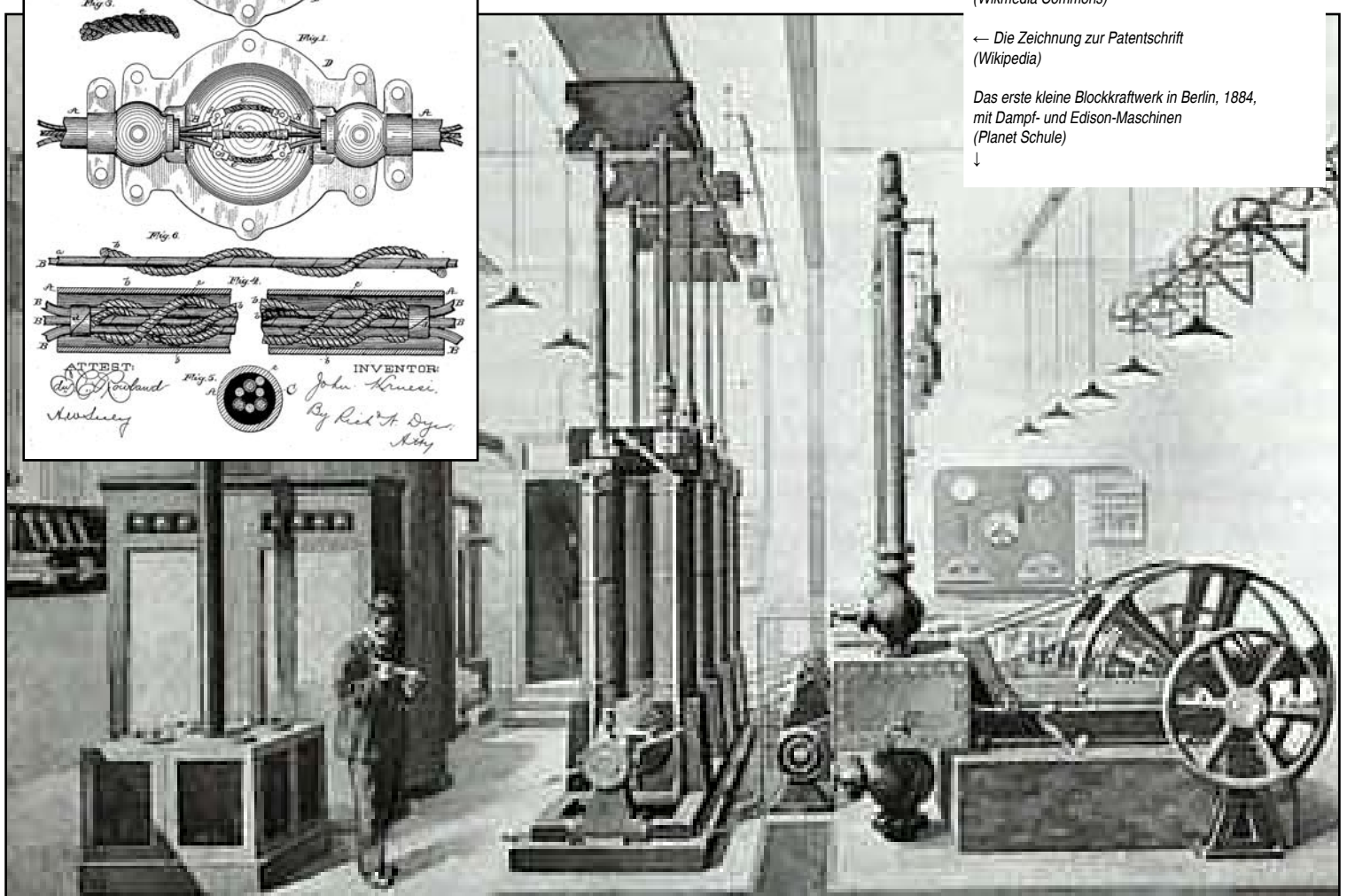


↑
 «Electrical Conductor And Connecting Device Therefor»
 (Elektrischer Leiter und die dazugehörige Verbindung),
 1884 entwickelt von Edison's Mitarbeiter John Kruesi.
 Zeitgenössische Illustration zu deren Anwendung
 (Wikimedia Commons)

← Die Zeichnung zur Patentschrift
 (Wikipedia)

Das erste kleine Blockkraftwerk in Berlin, 1884,
 mit Dampf- und Edison-Maschinen
 (Planet Schule)

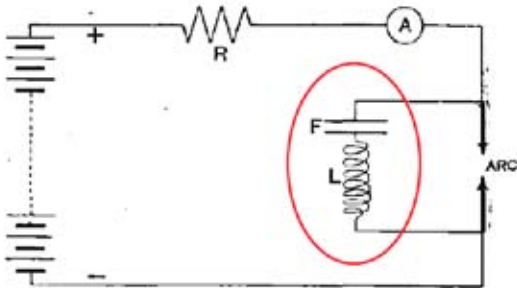
↓



Mit dem Wechselstrom stand die Energie erstmals grösseren Gebieten zur Verfügung, hochgespannt bei geringer Stromstärke verlustarm über weite Strecken befördert, an der Verteilstelle auf das erforderliche Mass transformiert. Diese Entwicklung wurde 1887 durch die Erfindung des Zweiphasenwechselstroms (Nikola Tesla) und 1888 des heute üblichen Dreiphasenwechselstroms (Michail Doliwo-Dobrowolski) ergänzt.

In der Anfangszeit, als man den Wechselstrom noch nicht kannte, entstanden viele kleine, regionale, überwiegend Beleuchtungszwecken dienende Gleichstromnetze (öffentliche Strassenbeleuchtung mit Kohlebogenlampen gab es in verschiedenen Städten schon um 1880).

Duddell's «singer Lichtbogen» – die Schaltung
(Research Gate)



Störend war das Brummen, Zischen oder gar Schreien dieser Kohlebogenlampen und es war zu jener Zeit in London, dass der Britische Physiker und Elektroingenieur William Duddell den Auftrag bekam, sich mit diesem Problem zu befassen. Er versuchte, es mit einem parallelschalteten LC-Resonanzkreis zu lösen, bildete so einen abstimmbaren Oszillator und brauchte ihn nur noch mit einer Klaviatur – den Spannungseingang der Schaltung variierend – zu verbinden, um eines der ersten elektronischen Musikinstrumente erfunden zu haben, ohne die gar noch nicht existierenden «radiotechnischen» Elemente! Als Duddell seine Entdeckung der Londoner «Institution of Electrical Engineers» präsentierte, stellte man fest, dass andere, an der gleichen Leitung liegende Bogenlampen die selben Melodien mitspielten, was bereits zu spekulieren Anlass gab, Musik lasse sich auf dem Lichtnetz übertragen – doch so weit war man noch nicht.



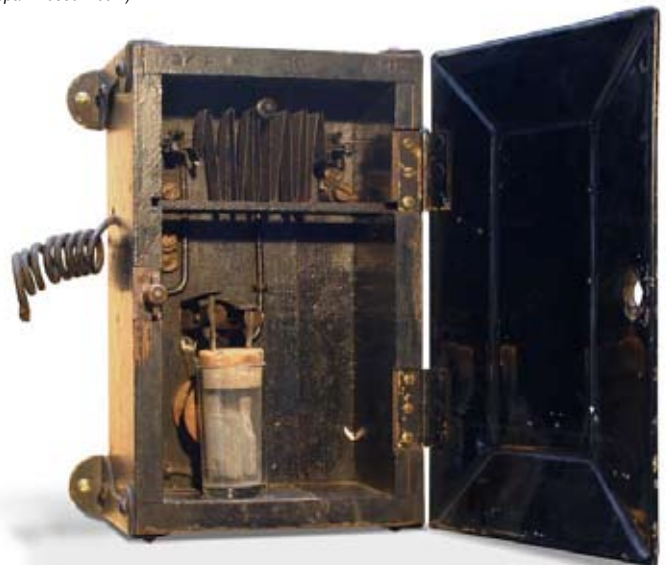
Edison hatte ab 1882 mit dem Bau von Kraftwerken begonnen und dachte als Besitzer vieler geldbringender Gleichstrom-Patente natürlich nicht ans Umstellen, trotz – oder gerade wegen – der geringen Reichweite seiner Lokalnetze; die vielen geplanten Stromstationen versprachen ein gutes Geschäft. Den Strom gab's auch nicht gratis, Es gab mit dem «Edison Chemical Power Meter» bereits eine Art «galvanischer Zähler», der einigermaßen genaues Abrechnen der bezogenen Energie ermöglichte. In einem Kasten, parallel über einen «Shunt» angeschlossen, befand sich ein kleines Glasgefäss mit in eine Kupfersulfat-Lösung getauchten Kupfer-Elektroden; das proportional zum durchfliessenden Strom an der Anode abgesetzte Kupfer wurde monatlich gewogen und ergab die Berechnungsgrundlage für den Energiebezug. Einwandfrei funktionierte das aber nur in der Theorie – das System wurde bald durch ein besseres ersetzt.

Westinghouse begann 1886 mit dem Aufbau «seiner» Wechselstromnetze, sah sich aber mit Schikanen konfrontiert, indem die Hersteller von Glühlampen, insbesondere die Unternehmen von Edison, damals das Nutzungsrecht mit lizenzierten Stromnetzen verknüpften. Dies ging so weit, dass Unternehmen (zum Beispiel Hotels) mit eigenen Generatoren auf gerichtlichen Entscheid hin ihre Lampen nicht mehr benützen durften. Die Glühlampenhersteller sicherten sich damit auch den Markt der elektrotechnischen Infrastruktur und behinderten auf solche Weise einen freien, innovativen Wettbewerb, was damals die Zeitungen kritisch kommentierten. Westinghouse, der keine Glühlampenzensur besass, stand sozusagen «im Regen», denn er konnte zwar eine leistungsfähige Stromversorgung, aber keine Kompaktlösung anbieten.

Zur Tatsache einer ersten Westinghouse-Zentrale mit hochgespanntem Wechselstrom äusserte sich Edison skeptisch; Sicherheit und Gefahrlosigkeit sind ihm bei der Auslegung seines 100 Volt-Systems wichtig gewesen, und nun waren seiner Meinung nach bald schon Todesfälle zu befürchten, denn er hielt die Sache für unausgegoren und glaubte zu wissen, dass bis zur Marktreife noch viel Arbeit zu leisten sei. Bis Ende 1887 hatten aber seine 121 Gleichstromnetze schon ansehnliche Wechselstrom-Konkurrenz bekommen, welche die weitere Expansion innerhalb der Edison-Firmengruppe behinderten – 68 von Westinghouse und 22 von der «Houston Electric Company».

Edison's «Chemical Power Meter» – der erste Strom-«Zähler»:
Nicht viel mehr als ein kleines Glasgefäss mit zwei in Kupfervitriol getauchte Kuper-Elektroden.
Durchfliessender Strom transportierte Material von der negativen zur positiven Elektrode.
Deren Gewichtszunahme wurde mit einer Laborwaage gemessen – und dementsprechend die Stromrechnung geschrieben...

(sparkmuseum.com)



«The Electric Light in Madison Square, New York»
(Bogenlampen am New Yorker Madison Square), 1882
(Wikimedia Commons)



Alle Unternehmen zogen damals ihre eigenen Leitungen – Gleichstrom 100 Volt, Wechselstrom bis 6000 Volt – kreuz und quer neben Telegrafendrähten und Telefonkabeln. In der Stadt New York ging bis 1887 das Meiste oberirdisch, den Strassen folgend, abenteuerlich an Masten aufgehängt. Als im März 1888 ein grober Schneesturm viele dieser Drähte herunterriss kam es – ausser dem Zusammenbruch der Energieversorgung – gar zu einem Todesfall, offenbar durch Wechselstrom, der in der Politik, unterstützt von

der Presse, eine öffentliche Diskussion um die Gefährlichkeit der Elektrizität entfachte, wobei man von Edison eine Stellungnahme erwartete; der sah den Ruf der ganzen Elektrobranche durch etwaige Unfälle in Gefahr und antwortete durch die 84 Seiten starke «Entwarn-Broschüre» der «Edison Electric Light Company» mit dem beruhigenden Hinweis, dass sich mit Gleichstrom noch gar nie ein tödlicher Unfall ereignet habe. Er betonte auch die Sicherheit der Elektrizität, die – verglichen mit Gas – geringe Brandgefahr.

New York City, 1888: Ein Schneesturm zerriss viele der oberirdisch geführten Telegraf-, Telefon- und Stromleitungen; es kam zu einem Todesfall.

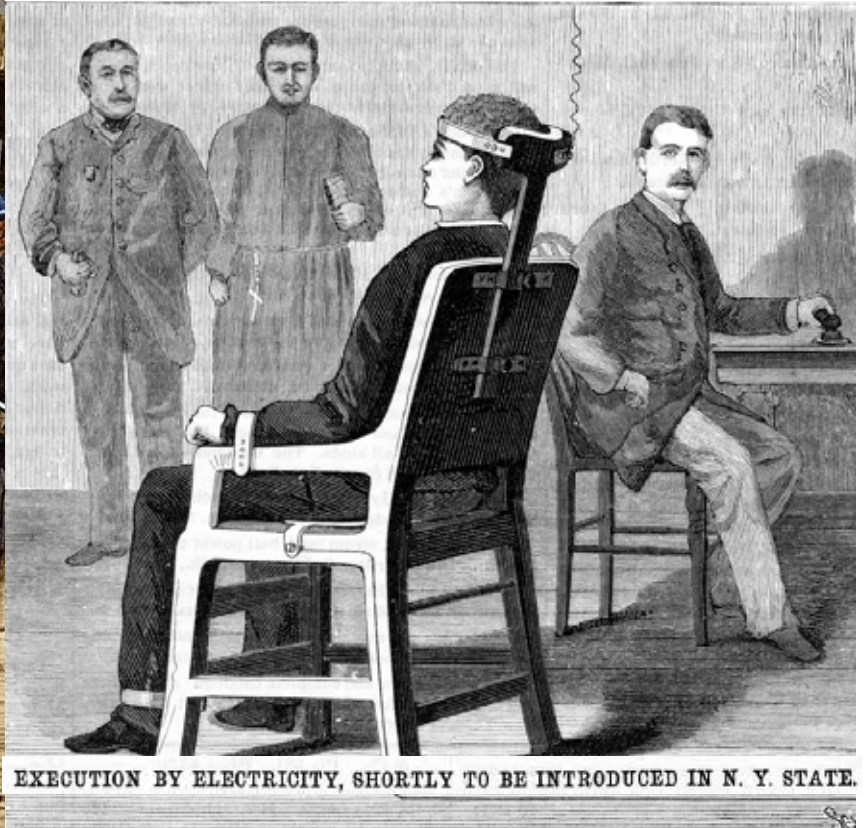
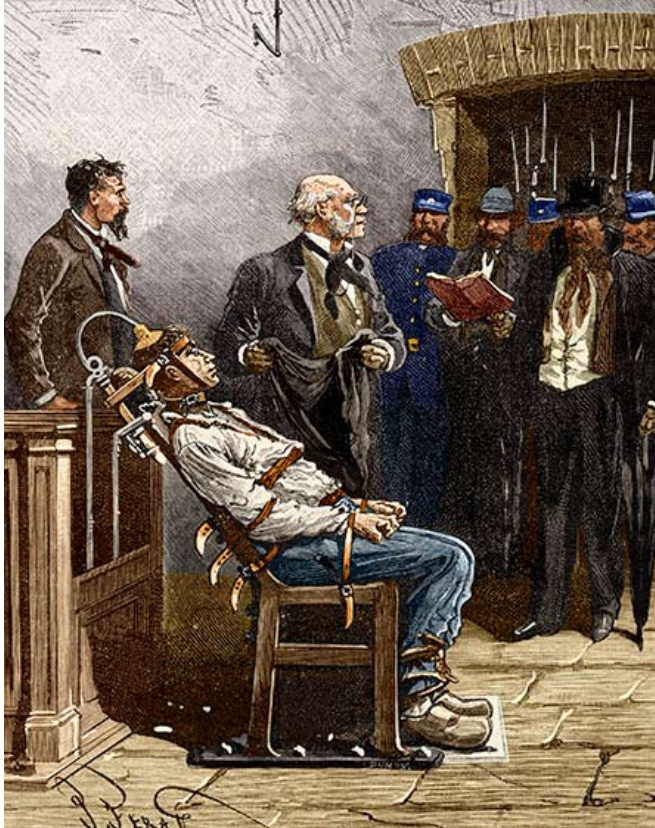
(Forexfabrik)



Im November 1887 bekam Edison einen Brief von Alfred P. Southwick, einem Zahnarzt in Buffalo, mit dem dringlichen Begehren, sich dafür einzusetzen, dass bei der Vollstreckung von Todesurteilen die Elektrizität zur Anwendung komme – als humanere Methode gegenüber der bisherigen Praxis mit dem Galgen. Er hatte nämlich zufällig beobachtet, wie ein betrunkenen alter Mann sofort und kampflös ums Leben kam, als er eine stromführende Leitung touchierte. Edison, der als Gegner der Todesstrafe eigentlich nichts damit zu tun haben wollte, empfahl hierauf «Westinghous'schen» Wechselstrom – als das sicherste ihm bekannte Mittel einen Menschen umzubringen. Die Sache kam vors Parlament, es wurde eine Kommission berufen, ein Gesetz verabschiedet und Edison erhielt den Regierungsauftrag zur Entwicklung einer «elektrischen Tötungsmaschine». Es entstand der «elektrische Stuhl», konstruiert vom Elektroingenieur und Erfinder Harold Pitney Brown (1857 - 1944), der – sonst ein Kämpfer gegen Wechselstrom – für das Töten eben diese Energie wählte, mit und dank Edison's Unterstützung. Die erste Hinrichtung dieser Art fand am 6. August 1890 statt, aber nicht so, wie

man es sich vorgestellt hatte, brutal, von den Zeitungen als schreckliches Schauspiel rapportiert. Das «Elektrokutieren», spottend «Westinghausieren» genannt, hatte im ersten Anlauf versagt. Man tat ja alles, den ungeliebten Konkurrenten zu diskreditieren und zeigte «vom hohen Ross herab» überhaupt keine Versöhnlichkeit, obschon Westinghouse eine Annäherung versucht hatte.

Das Erproben der tödlichen Wirkung elektrischer Energie geschah in zahlreichen, absolut unwürdigen Tierversuchen, zuerst mit Katzen und Hunden, dann mit Pferden, 1903 gar mit dem Zirkuselefanten «Topsy» – hingerichtet, weil er 1901/1902 drei Männer getötet hatte, einer von ihnen soll ein Wärter gewesen sein, der ihm eine brennende Zigarette als Futter anbot. 1500 Schaulustige waren dabei, als das Tier sterben musste; sie wollten offenbar etwas grausames gesehen haben. Der Film der Szene, von der «Edison Manufacturing Company» für ihr «Kinetoskop»-Geschäft gedreht, ist noch vorhanden...



Die erste Hinrichtung mit dem elektrischen Stuhl:

oben links:
Ein zeitgenössisches Gemälde
(Eskify)

oben rechts:
Illustration im Magazin «Scientific American»,
die baldige Einführung der «Elektrokution»
ankündigend.
(History Today)

links nebenstehend:
Der «tödliche Stuhl»
(The Virginian-Pilot)



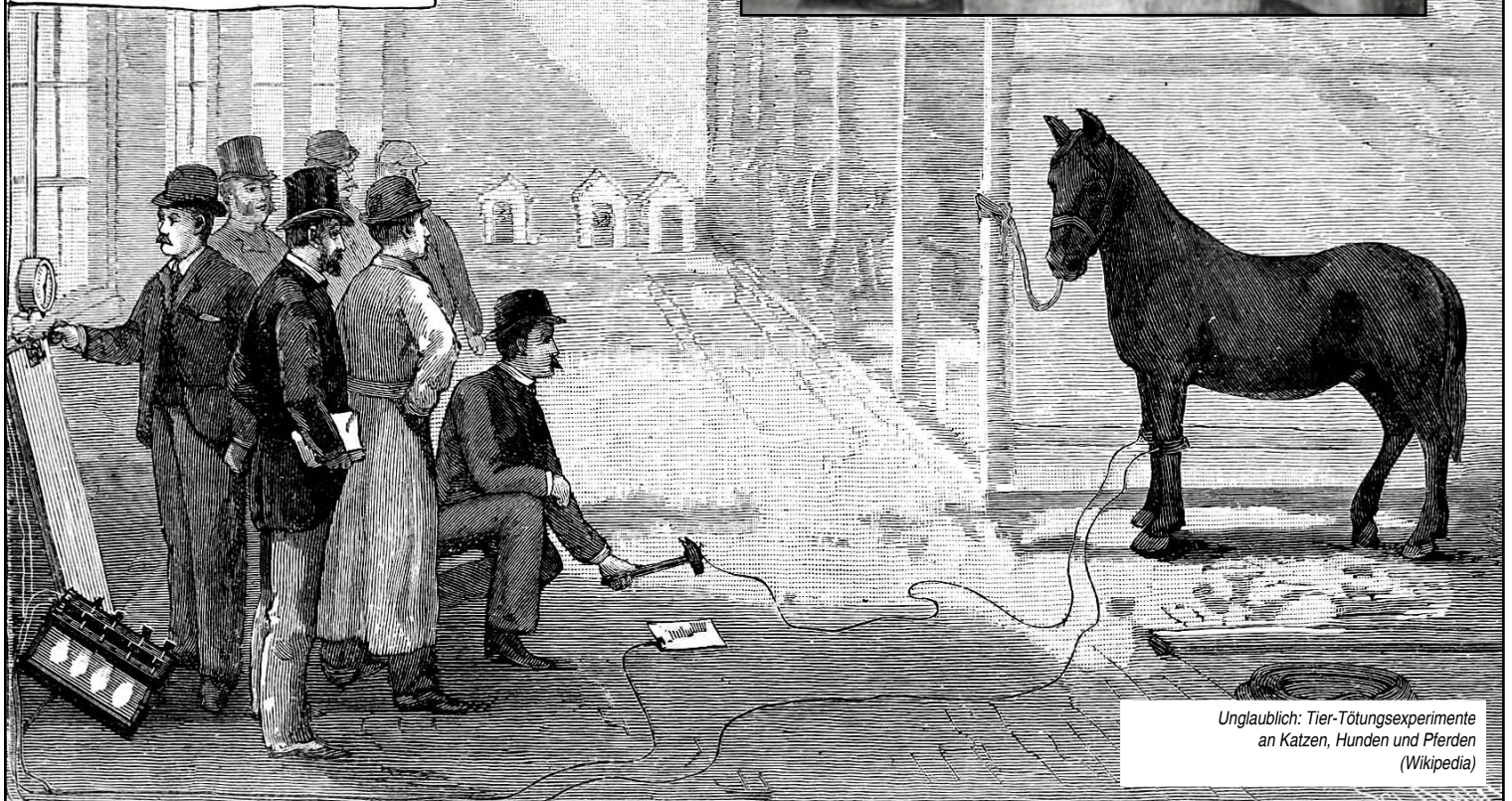
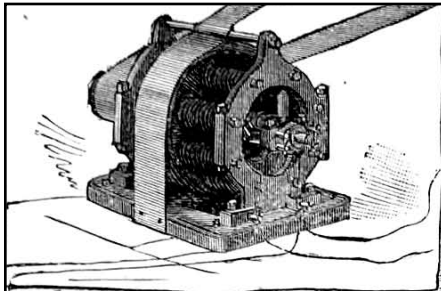
1903: Öffentliche Elektrokution des Elefanten «Topsy», weil er drei Männer getötet hatte.

←
Das war «Futter» für die Presse: ...Topsy, der Elefant, in Coney Island mit 6000 Volt elektrokutiert... (Tumblr)

Die Szene wurde von der «Edison Manufacturing Company» gefilmt – für's Geschäft mit den «Kinetoskop»-Münzautomaten. (Alamy)



Kinetoskop: Für 25 Cents ein paar Minuten Kino ab Endlosfilm →



Unglaublich: Tier-Tötungsexperimente an Katzen, Hunden und Pferden (Wikipedia)

Dank seinen Patentrechten auf Kohlefadenlampen – das waren damals nahezu die alleinigen Stromverbraucher – hatte Edison praktisch die ganze elektrische Infrastruktur im Griff. Westinghouse versuchte, durch Firmenkäufe Terrain zu gewinnen und übernahm mit der «United States Electric Lighting Company» ein Unternehmen, gegen das die «Edison Electric Light Company» schon seit Jahren erfolgreich prozessierte, aber bis zum Abschluss des immer noch laufenden Verfahrens die Patentverletzungen hinnehmen musste. Edison fühlte sich betrogen, auch von Nikola Tesla (1856 - 1943), seinem einstigen Mitarbeiter von Menlo Park, der jetzt, nachdem sie sich um die Gehaltsfrage streitend getrennt hatten, ausgerechnet Westinghouse mit seinem Wissen unterstützte.

Der hatte ihn kennengelernt, als Tesla eine Vorlesung über «sein» Zwei-phasen-Wechselstromprinzip hielt, das er zeitgleich mit, jedoch unabhängig von dem Italienischen Ingenieur und Physiker Galileo Ferraris (1847 - 1897) entwickelt hatte (eine Parallel-Entwicklung, welche in den Folgejahren noch zu Patentkonflikten führte). Westinghouse engagierte Tesla zunächst als Berater, später als seinen Chef-Erfinder – eine Zusammenarbeit, aus der letztlich das in Amerika standardisierte Wechselstromnetz mit der 60 Hertz-Frequenz resultierte. Er erwarb die Rechte an seinen so genannten «Polyphasenpatenten» und konnte 1888 mit der Einführung des bürstenlosen und damit verschleissfreien Zweiphasen-Elektromotors im US-Massenmarkt beginnen (der heute in elektrischen Netzen übliche Dreiphasen-Wechselstrom mit den weit verbreiteten Drehstrom-Asynchronmaschinen wurde – unabhängig von dem in Nordamerika ausgetragenen Stromkrieg – in Deutschland von Michail Doliwo-Dobrowolski Ende der 1880er Jahre bei der «Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft AEG» entwickelt).

Das erste mehrstufige Wechselspannungsnetz baute George Westinghouse zusammen mit Franklin Leonard Pope (1840 - 1895) und William Stanley (1858 - 1916), installiert an Pope's Wohnort Great Barrington, Massa-

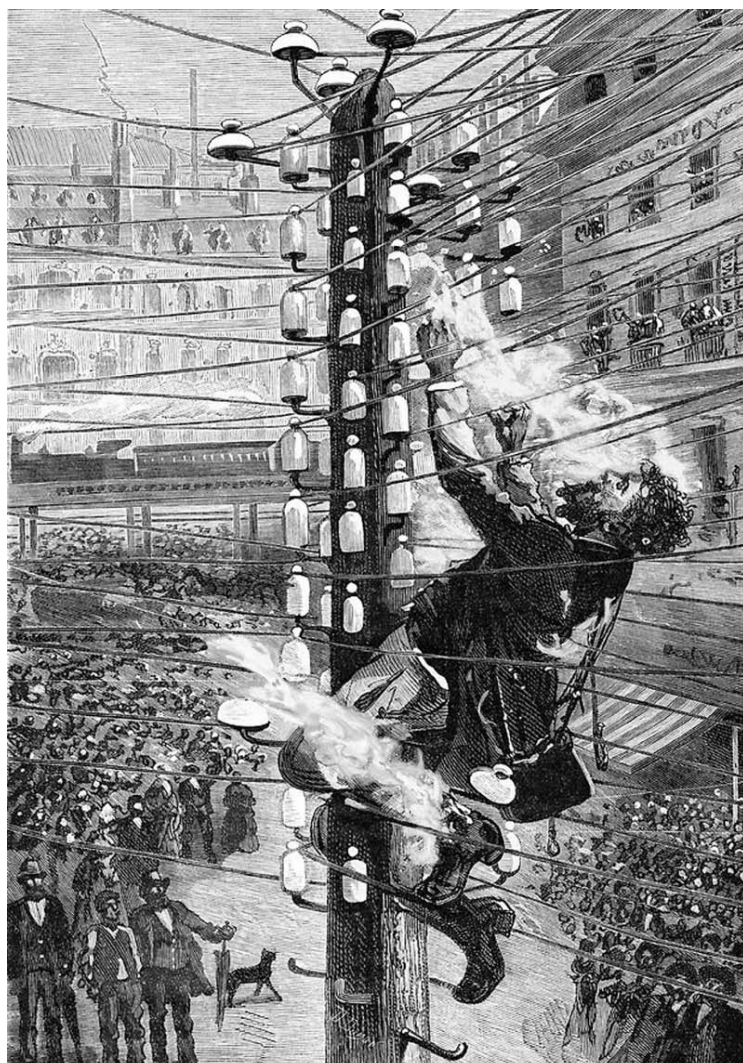
chusetts. Ein mit Dampf angetriebener Generator erzeugte 500 Volt Wechselspannung, die, auf 3000 Volt transformiert, zum Zentrum geführt und auf 100 Volt zurückgesetzt zur Versorgung der Glühlampen in die Häuser geleitet wurde. Pope ist ein früherer Freund von Edison gewesen und gilt als dessen Wegbereiter; seit etwa 1870 waren sie jedoch zerstritten. Pope starb im Oktober 1895 durch einen Stromschlag, als er die durch ein Unwetter beschädigte Installation reparieren wollte. Sein Tod gab Anlass zu umfangreichen Verbesserungsmassnahmen bei der Sicherheit elektrischer Anlagen in den USA, als Grundlage für den «National Electrical Code».

Logo des in den USA geltenden «National Electric Code» (Sicherheitsnorm)



1889 kam der Leitungsmonteur John Feeks ums Leben, weil einer der Drähte, mit denen er hantierte unverhofft Hochspannung führte. (Wikipedia)

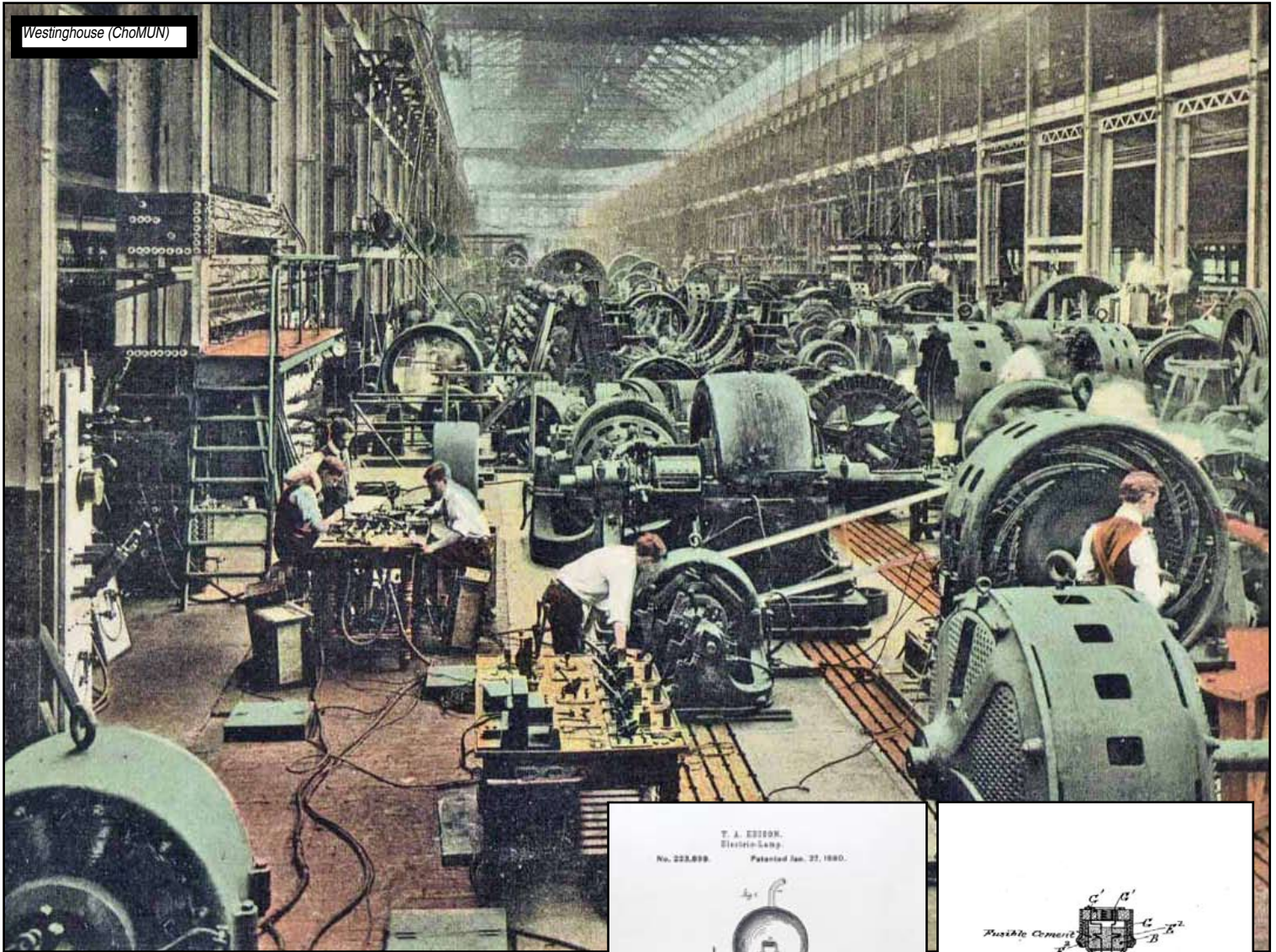
Auf ähnliche Weise ist Jahre später (1895) Franklin L. Pope gestorben.



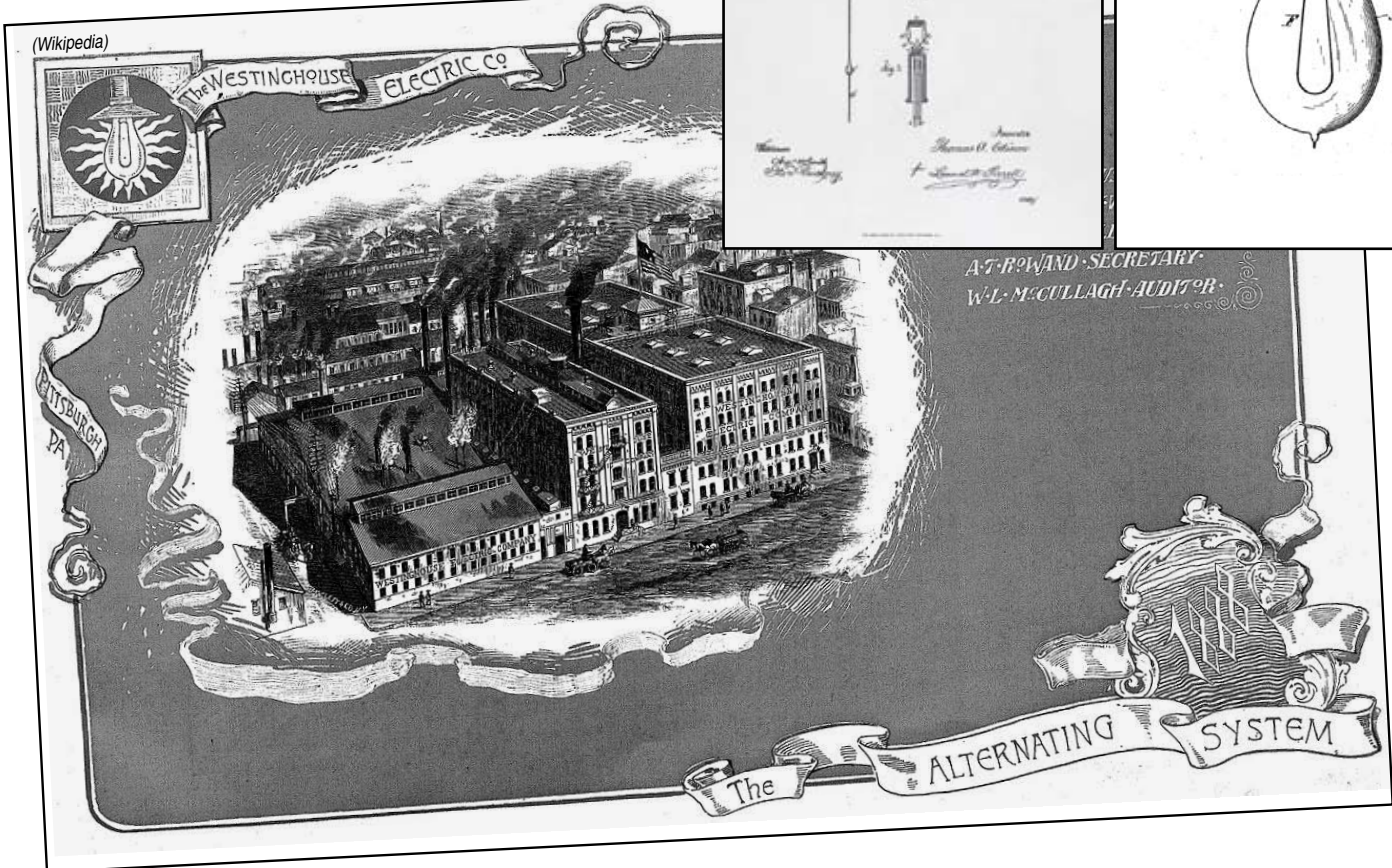
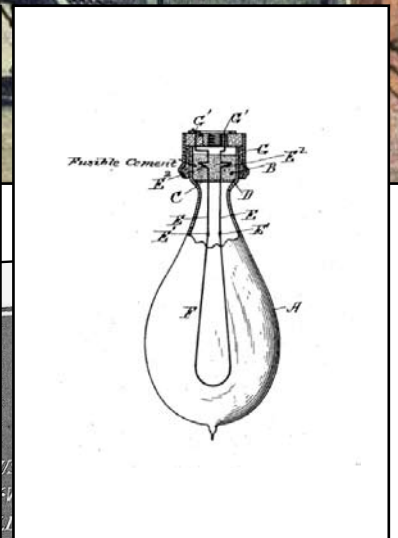
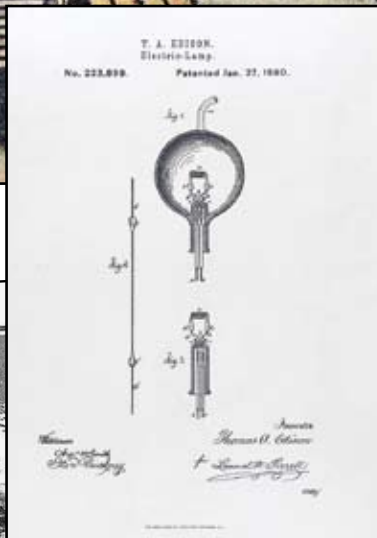
Der Stromkrieg endete mit Edison's Kapitulation – die Fachwelt hatte entschieden, beeindruckt von der Inbetriebnahme der «Ames Hydroelectric Generating Plant» (ein Speicherkraftwerk im Bundesstaat Colorado) und der in Deutschland als erste erfolgten Drehstromübertragung Lauffen (am Neckar) nach Frankfurt (am Main) mit 15 kV über eine 176 km lange Leitung (die Anlage ist von der AEG und der Maschinenfabrik Oerlikon unter Oskar von Miller und Michail Doliwo-Dobrowolski konstruiert und gebaut worden). Die Unternehmen von Westinghouse bekamen 1892 den prestigeträchtigen Auftrag zur Lieferung ihres Wechselspannungssystems für die Weltausstellung in Chicago 1893. Dazu gehörte auch eine grosse Anzahl der von Westinghouse neu entwickelten Glühlampe, der sogenannten «Westinghouse Stopper-Lamp», welche ohne Edison's Patente auskam. Persönlich zeigte sich Edison noch lange uneinsichtig, bis er schliesslich das Verfechten des Gleichspannungssystems als grössten Fehler seiner Karriere einräumte.

Ein Wasserkraftwerk bei den Niagarafällen (Niagra Power Station No. 1) und der Anschluss Buffalos an die Stromversorgung der Westinghouse-Unternehmen brachte im Jahr 1896 die endgültige Wende zum Wechselstrom. In der Folge musste – wohl oder übel – auch «General Electric» umschwenken (1892 entstanden aus einer Fusion der «Edison General Electric Co.» mit der «Thomson-Houston Co.»).

Während in Europa die Gleichspannungsnetze Mitte des 20. Jahrhunderts so gut wie verschwunden waren, stellte der New Yorker Stromversorger «Consolidated Edison» die Produktion erst Ende November 2007 endgültig ein. 1998 gab es noch 4600 Gleichstromkunden, aber zuletzt waren vorwiegend nur noch ältere Aufzüge in Manhattan darauf angewiesen, die dann auf Wechselstrom umgerüstet oder erneuert wurden.



Titelblatt der Patentschrift zur Edison-Lampe, 1880 →
 (Wikipedia)
 Die Westinghouse «Stopper»-Lampe, 1893 →→
 (Pinterest)



Auszüge aus Internet «Chronik der Elektrotechnik», teilweise aus anderen Quellen ergänzt; trotz Unvollständigkeit und Ungenauigkeit der Angaben wird das grosse «Rennen» nach Elektrizität deutlich – auch in der Schweiz...

- 1872** Gründung des ersten öffentlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmens «Schlesische Elektrizitäts- und Gas AG», Gleiwitz ●
- 1873** Die Firma Arthur Krupp errichtet für Werk Berndorf (Niederösterreich) eine Gleichstrommaschine, deren Strom für Metallniederschläge verwendet wird ●
- 1878** **St. Moritz: Elektrizitätsanlage beim Kulm-Hotel** ●
- 1880** Jablonschcow baut eine Zentralstation in Paris ● Erste Stromerzeugung in Thüringen aus der Wasserkraftanlage Miha.
- 1881** Auf Pariser Weltausstellung werden 1000 Edisonlampen 75 W verwendet ● Rathenau erwirbt die Rechte, das Edisonsystem in Deutschland kommerziell einzuführen ● Siemens baut das erste Wasserkraftwerk südlich von London zur Versorgung einer Lederfabrik und der ersten elektrischen Strassenbeleuchtung.
- 1882** Erstes Edison-Elektrizitätswerk in New York; beliefert werden 59 Abnehmer mit 300 Lampen zu je 50 W, ein weiteres Werk geht in London in Betrieb ● Erste Elektrizitätswerke in Deutschland (Stuttgart, Berlin, Olbernhau/Erzgebirge), Schweden, Luxemburg (Irminenhof in der Nähe von Rosport), Ungarn (Temesvár).
- 1883** Elektrizitätswerk für öffentliche Stromversorgung in Tharandt (Sachsen) ● Landshut erhält als erste Stadt Ostbayerns eine elektrische Strassenbeleuchtung ● Tokyo Electric Light Co., Tokyo; Japans erstes Elektrizitätsversorgungsunternehmen ● Erstes geothermisches Kraftwerk Europas im Mailänder Bezirk Santa Radegonda ● Gründung der «Deutschen Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität» (DEG).
- 1884** Welterstes Wasserkraftwerk (Steyr, Oberösterreich) ● Erstes grösseres Elektrizitätswerk an der Isar (Höllriegelskreuth, Isarwerke) ● **Erste permanente Gleichstromübertragung in der Schweiz, von der Taubenlochschlucht bei Biel in eine Drahtzieherei in Bözingen** ● Inbetriebnahme der Eigenzeugungsanlage in der Schweriner Brauerei Strauss ● Mit Abschluss eines Konzessionsvertrages zwischen der Stadt Berlin und der Deutschen Edison-Gesellschaft beginnt die Stromversorgung Berlins ● Gründung der Bewag als «Städtische Elektrizitäts-Werke, Actiengesellschaft zu Berlin» als erstes öffentliches Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Deutschland ●
- 1885** Zentrale von 250 PS in Tours ● Anlage von Gaulard und Gibbs im Kalivker Aschersleben ● Erste öffentliche Stromversorgung Österreichs in Hallein, Salzburg ● Gründung der Hamburgischen Electricitätswerke ● Erstes öffentliches deutsches Kraftwerk in Berlin ●
- 1886** Wasserkraftwerk Schibbs in Niederösterreich ● Erste öffentliche Stromversorgung in Bayern (Wasserkraftwerk Berchtesgaden) ● Lübeck: Erstes von einer Gemeinde selbst errichtetes Elektrizitätswerk ● Erstes Stadtwerk mit Akkumulatorenbetrieb in Dessau ● «Grosvenor-Gallery»-Zentrale zur Versorgung des Geschäftsviertels von London ● Stadt Scheibbs, Niederösterreich: erstes Wasserkraftwerk an der Erlauf ● **Thorenberg Littau (Luzern): erstes für die Abgabe an Dritte erstelltes schweizerisches Kraftwerk** ● Erstes Elektrizitätswerk in Görlitz ● Eigenzeugungsanlage der Buchdruckerei von Adlers Erben in Rostock ● Eigenzeugungsanlage im Schweriner Staatstheater ● Zweites öffentliches Kraftwerkes in Berlin ● Dessau, nach Berlin die zweite Zentrale Deutschlands ●
- 1887** **Gleichstromübertragung Kriegstetten-Solthurn über 8 Kilometer** ● Die «Deutsche Edisongesellschaft für angewandte Elektrizität» heisst jetzt «Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft» (AEG) ● Kraftwerk beim Regensburger Schloss des Fürsten von Thurn und Taxis ● Elektrizitätswerk für die Strassenbeleuchtung in Tivoli bei Rom ● Elektrizitätswerk der Stadt Salzburg ● **Quai-Ingenieur Arnold Bürkli setzt sich in Zürich für die Nutzung der Elektrizität zur Quaibeleuchtung ein und plädiert für unterirdische Stromleitungen und für Kraftübertragung aus beliebiger Entfernung** ● Erste kalorische Elektrizitätszentrale Österreichs in Salzburg ● Wasserkraftwerk an der Gasteiner Ache für die Ortsbeleuchtung von Gastein ● **Erste mit Gleichstrom angetriebene Drahtseilbahn in der Schweiz auf der Strecke Kehrsiten-Bürgenstock** ● Stadt Hamburg: Zentralstation für die öffentliche Stromversorgung ● **Professor H.F.Weber, Zürich stellt Öl-Festigkeits-Isolatoren auf der 24 km langen 2000 V-Leitung Kriegstetten-Solothurn vor** ● Stadt Hamburg und Gaswerkpächter Carl Haase schliessen einen Vertrag über die Versorgung der Stadt mit Elektrizität ● Erstes Kraftwerkes in Tokio ● Lübecker Elektrizitätswerk ● Kleines Elektrizitätswerk am Hofkamp, Elberfeld ●
- 1888** Privates Elektrizitätswerk am Mühlauer Bach zur Versorgung von Innsbruck ● Hamburg: Elektrizitätswerke im Hafen am Sandtorkai und in der Poststrasse ● Erste öffentliche Kraftwerke in Lübeck, Barmen, Darmstadt, Hamburg und Mühlhausen ● Beginn öffentlicher Stromversorgung in Ungarn in der Stadt Mátészalka ● Hamburg: Elektrizitätswerk auf dem Grundstück der alten Stadtwassermühle ● Elektrische Zentrale Barmen ● **Aegeri: Elektrizitätswerk «Kreuzmühle»** ●
- 1889** Wechselstromanlage in Amsterdam ● Erste öffentliche Stromversorgung Bayerns in Berchtesgaden ● Erstes Kraftwerk in Wien, Zentrale Neubad ● Das Eppendorfer Krankenhaus in Hamburg erhält eine elektrische Beleuchtungsanlage mit eigenem Kraftwerk ● Öffentliche Stromversorgung in Heilbronn ● Erstes Kraftwerk in Athen, Beginn der Elektrifizierung Griechenlands ● Kraftwerk Spandauer Strasse in Berlin ● Elektrizitätswerk Gummersbach ● Elektrizitätswerk Stettin ●
- 1890** Deutschlands erstes Wechselstrom-Kraftwerk in Bad Reichenhall ● Erstes grosses Elektrizitätswerk in Deutschland nach dem Wechselstrom-Transformatorensystem in Köln ● Zentrale Mariahilf-Kaunitzgasse, Wien ● Kraftwerk Schiffbauerdamm 22 in Berlin ● Elektrische Zentralstationen im Hamburger Hafen, am Asia- und am Petersenkai ● Betriebsöffnung des Städtischen Elektrizitätswerkes Königsberg ● Gründung Elektrizitätswerk Eisenach A.-G.
- 1891** Kraftwerk «Neue Mühle» bei Kassel, erstes Kraftwerk Nordhessens ● Wasserkraftwerk an der Westenriederstrasse, München, geht zur Umstellung der Strassenbeleuchtung auf Elektrizität in Betrieb ● Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie in Lübeck ●

- Erste öffentliche Kraftwerke in Kassel, Düsseldorf, Hannover und Köln ● Erstes Drehstrom-Elektrizitätswerk der Welt in Frankfurt. Zur Erzeugung von 100 V für das Kabelnetz werden Strassentransformatoren in Anschlagsäulen aufgestellt ● Erstes Elektrizitätswerk mit Zweiphasenstrom in Österreich am Weizbach ● Elektrische Werke zu Aussee (Steiermark), gleichzeitig beginnt der Brauereibesitzer Josef Sorgo mit der Versorgung von Spittal/Drau (Kärnten) ● Schuckert & Co, Nürnberg, liefert Beleuchtungsanlage für den Palast des Kaisers von China ● Schloss Kuchelmiss bei Güstrow nutzt Wasserkraft zur Eigenbedarfsdeckung ● **Brown: Hochspannungsversuche bei der Maschinenfabrik Oerlikon zum Nachweis einer elektrischen Energieübertragung über unisolierte Freileitungen bei 20 bis 30 kV** ● **Brown berichtet in einer Sitzung der Elektrotechnischen Gesellschaft in Frankfurt a.M. über die Erfindung des Öltransformators und schlägt 30 000 V als Übertragungsspannung vor** ● Erstes Wechselstrom-Grosskraftwerk der Welt in Detford bei London ● Gleichstromwerk in der Osterstrasse, Hannover ● Wasserkraftwerk «Neue Mühle», Cassel ● Elektrizitätswerk im Hof der Carmaliterkaserne in der Kleinen Groschengasse, Breslau ● Erste Drehstromübertragung Lauffen-Frankfurt a.M. ● Erstes Kraftwerkes des Elektrizitätswerkes Düsseldorf ● Erste gemeinnützige Wasserkraft-Einphasenzentrale in Fürstenfeldbruck ● Kraftwerk Leopoldstadt ●
- 1892** Erste Überlandversorgung auf Wassergrundlage, Elektrizitätswerk in Wangen/Allgäu ● Edison gründet die General Electric Company ● Erste Drehstromzentrale der Welt (Siemens & Halske) in Erding, Oberbayern ● Erster Ausbau von Wasserkraftanlagen zur Erzeugung elektrischer Arbeit in Cragside ● Papierfabrik Hellberg & Müller, Hamburg baut eine Stromerzeugungsanlage an der Kollau und liefert Strom für die Strassenbeleuchtung Lokstedts ● Städtisches Elektrizitätswerk Altona ● Kraftwerk an der Elisabethstrasse in Gera ● Heilbronn: erstmalig Bogenlampen; Geburtsstunde der Heilbronner Stromversorgung ● Zentrale Eisenach ● **Zürich: Kraftwerk Letten** ● **BBC liefert die Generatoren für das erste für Wechselstrom konzipierte thermische Grosskraftwerk Europas in Frankfurt am Main** ● Erstes grosses Drehstrom-Überlandwerk in Soden versorgt sieben Ortschaften ● München. Muffatwerk geht mit einer Wasserturbine und einer Reservedampfanlage in Betrieb und Max-Werk liefert Fahrstrom für die Städtischen Verkehrsbetriebe ● Hamburg: Erstes deutsches Heizkraftwerk ● Elektrizitätswerke der österreichischen Städte Ried und Wolfsberg ● Erstes Elektrizitätswerk in Bremen ● Drehstromzentrale der Taunus-Elektrizitätswerke, Chemnitz und der Dresdener Bahnhöfe ● **Erstes Pump-Speicherwerk der Welt in der Klus** ● Erfurt: elektrische Strassenbahn statt Pferdebahn ●
- 1894** **Gründung der Kraftübertragungswerke Rheinfelden AG, des ersten schweizerischen Überlandwerkes** ● Lichtwerk in Chemnitz ● **Züricher Trams elektrifiziert** ● Dampfkraftwerk St. Wolfgang ● **Wynau: Drehstromzentrale** ● Isarwerke, erstes regionales Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Deutschland ● **Erstes Kraftwerk an der Aare** ● Zentrale Gotha ● Simbach: Älteste Wärmekraftanlage Bayerns ● **Elektrizitätswerk Altdorf** ●
- 1895** Lichtwerke in Leipzig, Dresden und weiteren Kleinstädten in Sachsen ● Beginn der öffentlichen Stromversorgung in Arnstadt ● Erstes öffentliches Elektrizitätswerk in der Oberpfalz ● **Gründung des Verbandes Schweizer Elektrizitätswerke** ● Drehstromzentralen in Grünberg sowie in Guatemala und Johannesburg ● Kommunales Elektrizitätswerk in Rotterdam ● Erstes Drehstromkraftwerk in Berlin, aber auch Umwandlung in Gleichstrom für Abnehmer ● **Bank für elektrische Unternehmungen (Elektrobank) Zürich** ● Elektrizitätswerk Gross-Betschkerk ● Erstes Braunkohle-Kraftwerk im Schwandorfer Ortsteil Eitmannsdorf ● Stadtwerke Langensalza ●
- 1896** Städtisches Elektrizitätswerk Kitzbühel ● **SEV veröffentlicht die ersten Sicherheitsvorschriften über den Bau und Betrieb von Starkstromanlagen** ● Erste Müllverbrennungsanlage mit Stromerzeugung in Hamburg ● Elektrizitätswerk der Stadt Haan ● Elektrizitätswerk in Bergedorf, Hamburg ● Einphasen-Wechselstrom-Kraftwerk in Nürnberg. ● Elektrischer Betrieb auf den beiden bisher mit Pferden betriebenen Linien Vivegnis-Guillemins und Coronmeuse-Guillemins der Tramways Liégeois ● Kraftübertragung Niagarafälle-Buffalo ● Elektrizitätswerk Ohrdruf ● Erstes Überlandkraftwerk Oberspreewäldes ● Privates Elektrizitätsversorgungsunternehmen in der Steiermark ● **Elektrizitätswerk Walenstadt** ● **Kraftwerk «Giessen» Nesslau** ●
- 1897** Kraftwerk Dortmund ● Elektrische Zentrale Anina der Resitaer Eisenwerke ● Städtisches Elektrizitätswerk in Dortmund, erstes Kraftwerk des Ruhrgebietes ● Erstes Elektrizitätswerk im Kreis Schmalkalden; erzeugt Strom für 150 Wohnhäuser und 12 Werkstätten ● Städtische Elektrizitätswerke Dortmund ● Danzig: Dampfkraftwerk ● **Arosa: Kraftwerk an der Plessur** ● **Elektrizitätswerk Hinwil** ●

Die Statistik in «Geschichte des Schweizer-Stromnetzes von Lukas Haemmerle zeigt das Wachstum der damals entstehenden Strom-Industrie:

(Jahr / Anzahl Elektrizitätswerke / Leistung total / pro Werk)

1890:	25	4 000 kW	160 kW
1895:	88	20 000 kW	360 kW
1897:	105	40 000 kW	380 kW
1898:	108	55 000 kW	510 kW
1900:	112	71 000 kW	710 kW

Das erste Kraftwerk der Schweiz – eine Pioniertat von Johannes Badrutt (1819 - 1889), dem Engadiner Hotelier, der 1878 die Pariser Weltausstellung besucht hatte und von der als Neuheit gezeigten elektrischen Beleuchtung – abends brannten rund 1000 «Jablotschkowsche Kerzen» – derart begeistert war, dass sofort daran ging, zu Hause auch eine solche Attraktion einzurichten. Im Jahr darauf, im Juli erstrahlten erstmals im festlich dekorierten «Belle Epoque»-Speisesaal seines «Kulm»-Hotels im Kurort Sankt Moritz neben den gewohnten Petroleumfunzeln ein paar dieser Kohlebogenlampen, eine Sensation, mit der bis dahin nicht einmal die Metropolen – weder Genf, noch Zürich, noch Bern – aufwarten konnten.

Die noblen Hotelgäste haben sich aber schnell an das Neue gewöhnt, erwarteten bald elektrisches Licht überall und jederzeit, doch der kleine, die Turbine speisende Bach floss im Winter nur spärlich; um die Stromversor-

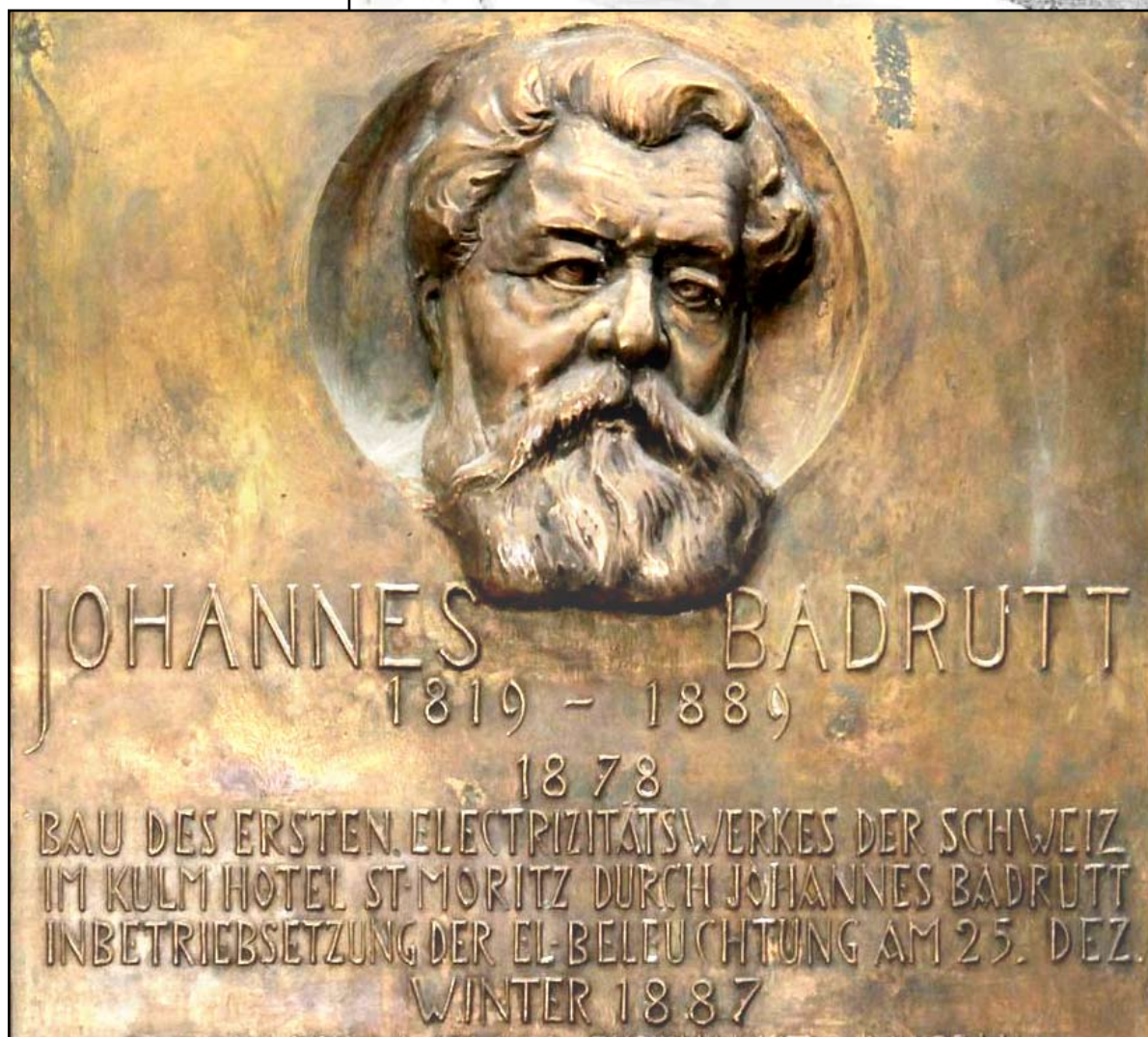
gung rundum sicherzustellen, entschloss sich Badrutt, künftig das ganzjährig fließende Wasser des Inn zu nutzen und errichtete zwei Kilometer weiter, am Ausgang der Charnadüraschlucht, auf Boden der Gemeinde Celerina ein neues Kraftwerk, Leistung 65 kW. Das «Fögl d'Engiadina» hat darüber berichtet:

...In der Schlucht, wo sich bis anhin kaum ein Fussgänger hingewagt hat, ist es nun wohl vorbei mit der Einsamkeit, denn infolge eines Vertrages zwischen der Gemeinde Celerina und Herrn Badrutt wird mit dem Wasser des Inns ein Werk erstellt, das 120 Pferdestärken erzeugen kann. In dicken Eisenröhren wird das Wasser mit einem Gefälle von 16 Meter circa 300 Meter hinuntergeleitet zur Turbine, die dann die Energie erzeugenden Apparate in Funktion setzt. Die von der bekannten Firma Rieter in Winterthur hergestellte Turbine ist die leistungsfähigste unseres Kantons. In einem Nebenraum

St. Moritz: Das Kulm-Hotel →
(kulm.com)

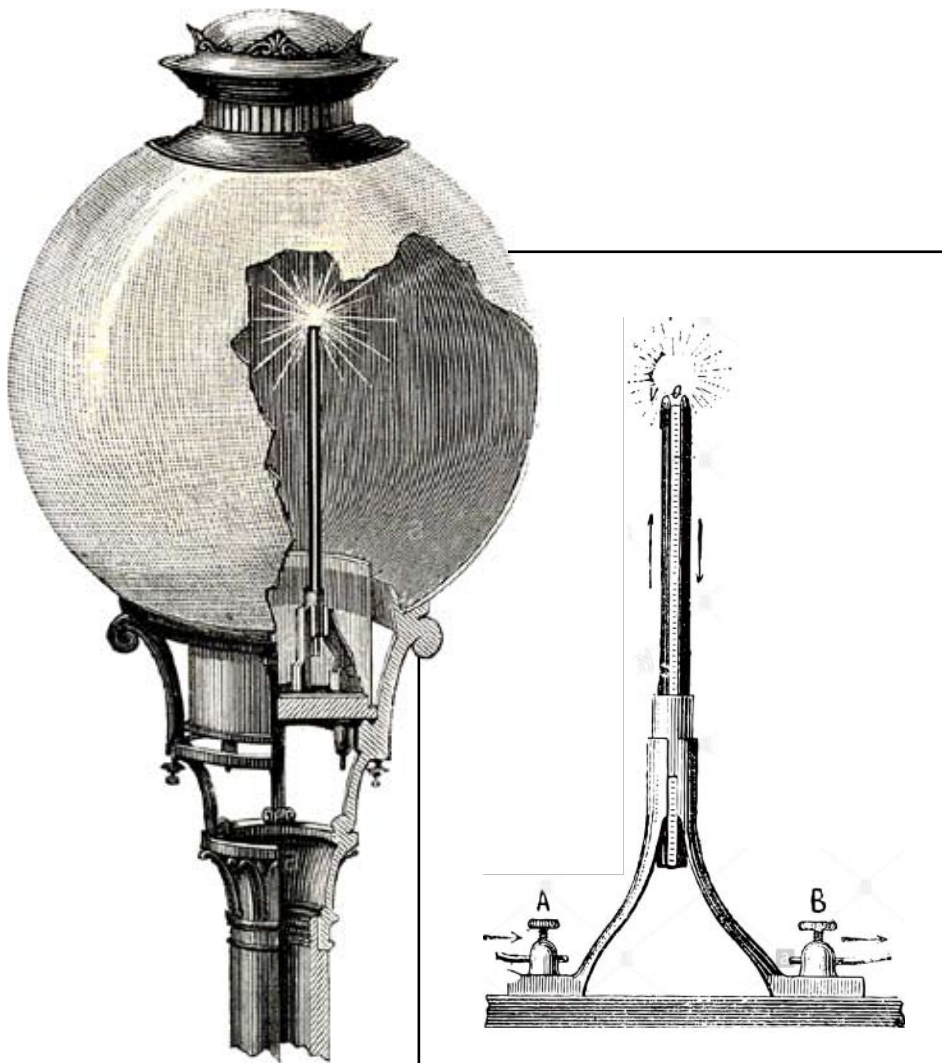


Johannes Badrutt:
Gedenktafel im Kraftwerk Islas
(St. Moritz Energie)





St. Moritz: Der Speisesaal des Kulm-Hotels
mit Jablotschkow-Bogenlampen
(Kulm Hotel St. Moritz)



Jablotschkow'sche Kerzen
sind Bogenlampen mit zwei langsam
abbrennenden, parallel nebeneinander
angeordneten Kohlenstäben.
Die durchschnittliche Brenndauer beträgt
ungefähr 90 Minuten. Sie können nicht
beliebig ein- und ausgeschaltet werden;
nach einer ersten Stromunterbrechung
erlischt der Bogen definitiv – Wieder-
einschalten ist nicht möglich.

(Alamy)



↑
1890: Gäste im Hotel Kulm, wo man bereits
die Bogenlampen durch Glühbirnen ersetzt hat.
(kulm.com)



←
Die erste von Johannes Badrutt errichtete Stromanlage, eine
kleine Turbine zum Antrieb einer Gleichstrom-
Dynamomaschine von etwa 3 kW Leistung, befand sich –
separat gegenüber – in der Hotel-Schreinerei.
Genutzt wurde der in der Nähe fließende
Brattas-Bach, der aber im Winter zu wenig
Wasser führte.
(kulm.com)

wird der Dynamo aufgestellt, eine komplizierte Maschine, die für die Energieproduktion sorgt. An einer Wand daneben befindet sich die Schalttafel mit all den schwierigen Einrichtungen zum Kontrollieren und Regulieren der neuen, geheimnisvollen Kraft. Über zahlreiche Kupferdrähte wird die Elektrizität zum Hotel Kulm geleitet und beleuchtet das riesige Gebäude von unten bis oben mit dem hellen, klaren Licht. Vielleicht reicht die Kraft sogar zur Beleuchtung der Strassen. Vielleicht dauert es nicht mehr lange, bis neben den Hotels auch Privathäuser, Ställe und Scheunen elektrisch beleuchtet werden. Es fehlt lediglich noch die Erfindung einer elektrischen Melkmaschine...

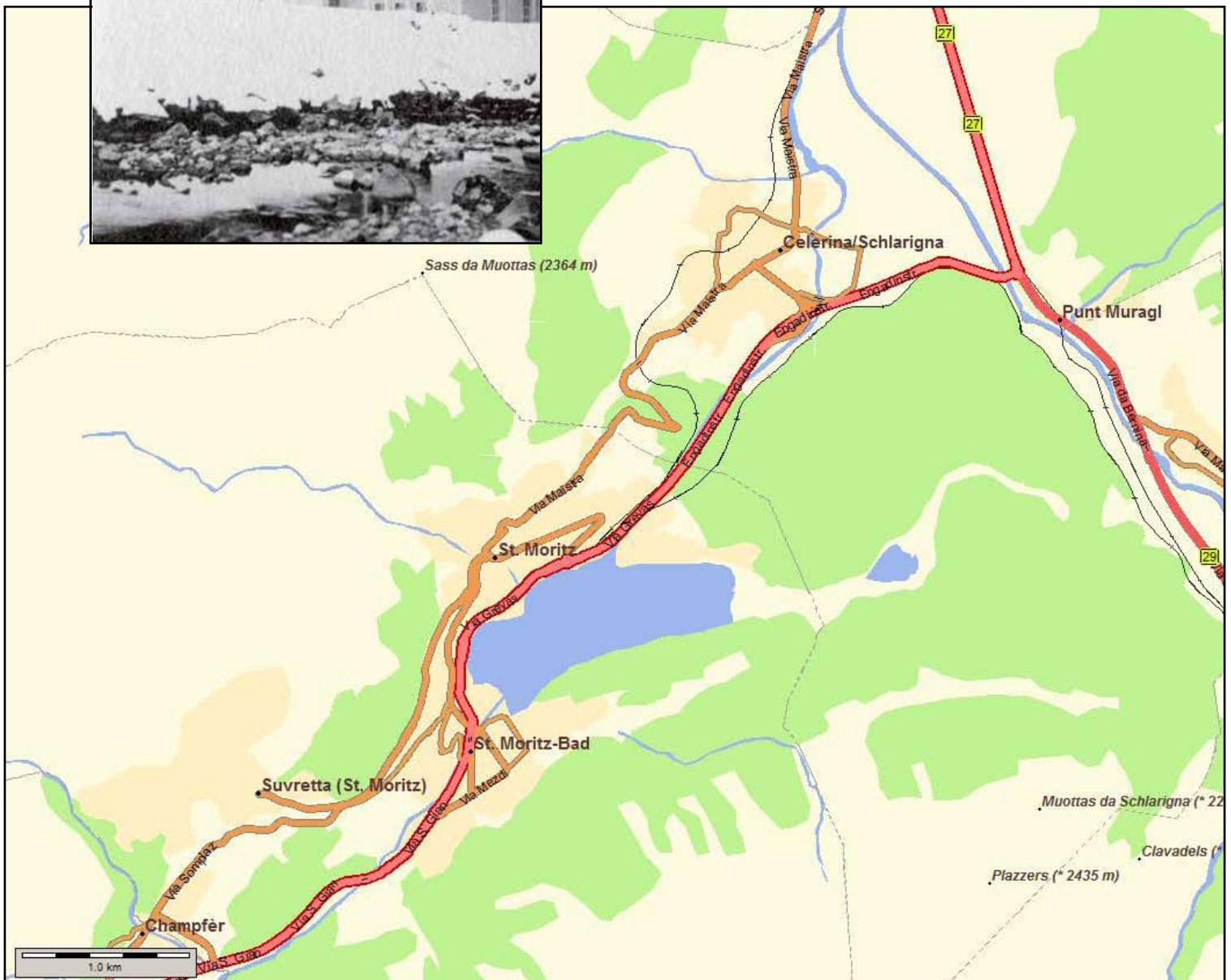
Auch die Ortsgemeinde zeigte – beim Publikum mit öffentlichen Glühlampen-Beleuchtungsversuchen grosse Bewunderung erntend – Interesse an der Elektrizität, erst recht, als Wechselstrom das Transportieren der Energie über weite Distanzen ermöglichte, was mit dem bisher zur Verfügung stehenden Gleichstrom – systembedingt – wegen den Leitungsverlusten auf einen Umkreis von nur ungefähr einem Kilometer beschränkt war.

Andere oberengadiner Gemeinden zogen jetzt ebenfalls mit und auch Interessensgruppen sowie private Spekulanten mühten sich um den Erwerb

von Wasserrechtskonzessionen. 1880 stellte das «Consortium für elektrische Beleuchtung in St. Moritz-Bad», gebildet aus den Hotels «Kurhaus», «Victoria» und «Du Lac» in Silvaplana ein Gesuch um Wasserkraftnutzung, dem 1890 entsprochen wurde. Die entsprechende Anlage, 1891 eingeweiht, lieferte Wechselstrom, 5 Kilometer weit nach St. Moritz-Bad übertragen. 1908 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt, bekam das «Consortium» den Namen «Elektrizitätswerk Julier, Silvaplana AG».

Die «Aktiengesellschaft für elektrische Beleuchtung von St. Moritz» entstand 1891, gegründet von Caspar, dem Sohn des Johannes Badrutt, zusammen mit Alfred Robbi, damals Gemeindepräsident, vorerst mit dem Zweck einer öffentlichen Stromversorgung in St. Moritz, ab 1904 auch der Nachbargemeinde Celerina. Versehen mit einer Wasserrechtskonzession zur Nutzung des Inn-Gefälles zwischen dem St. Moritzersee und der Gemeindegrenze konnte die Gesellschaft noch im selben Jahr mit den Bauarbeiten zu einem neuen Kraftwerk in der Charnadüraschlucht beginnen. Es ging 1892 in Betrieb und liegt etwas oberhalb des «Kulm»-Werks von Johannes Badrutt, sodass man in der Schlucht zwei Kraftwerke hatte – ein «oberes» und ein «unteres».

← Das «Kulmwerk», auch «unteres Charnadürawerk» genannt (kulm.com)



1894 kam das elektrische Licht, grossartig mit Musik und Tanz gefeiert, auch nach Celerina, nachdem die Gemeinde beschlossen hatte, die Dorfstrassen zu «erhellen», berechnend, dass bald viele Private solches für ihre Häuser bestellen würden. 1896 gab es – schon wieder eine Neuerung – zwischen St. Moritz-Dorf und St. Moritz-Bad auf einer Strecke von 1700 Metern gar eine «Tramway», in der Schweiz eine der ersten. Sie verkehrte aber nur während den Sommermonaten und wurde 1932 durch eine Bus-Linie ersetzt.

Nach Ablauf des Konzessionsvertrages mit der Gemeinde St. Moritz machte diese ihr Rückkaufsrecht geltend, übernahm 1913 sämtliche Anlagen der «Aktiengesellschaft für elektrische Beleuchtung» und gründete darauf das «Elektrizitätswerk St. Moritz», das im Verlauf der Jahre bei stetem Ausbau seiner Kapazitäten zur Firma «St. Moritz Energie» wurde und heute mit rund dreissig Mitarbeitenden etwa 8000 Stromkunden bedient.



(Archiv SVEA)

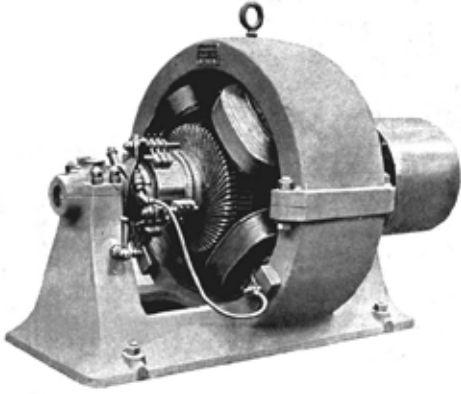
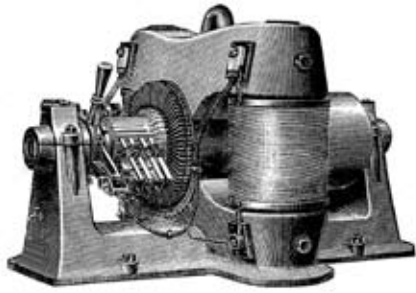


(Eingestellte Bahnen)



(Eingestellte Bahnen)

15129 St. Moritz-Dorf



Maschinenfabrik Oerlikon

Oerlikon bei Zürich. Telegraphen-Adresse:
Usine, Oerlikon.



Elektrische Anlagen jeden Umfanges:

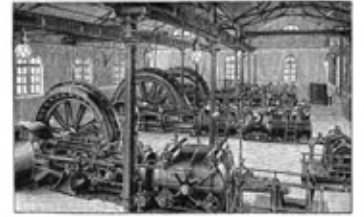
Kraftübertragung. * Kraftverteilung.
Beleuchtung. * Elektrochemie.
Elektromechanische Anwendungen.
Tramways. * Nebenbahnen. * Vollbahnen.

Generatoren und Motoren
für Gleichstrom,
Einphasen- und Mehrphasen-Wechselstrom.
Transformatoren.

Elektrische Antriebe von Arbeitsmaschinen aller Art. Fahrbare Elektromotoren.

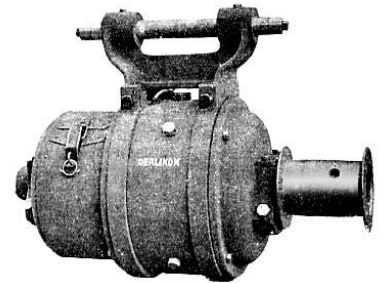
Elektrisch angetriebene Werkzeugmaschinen.
Specialitäten für Kessel-, Brücken- und Schiffsbau.

Die illustrierten Kataloge No. 2, 3 u. 5 stehen in neuer Auflage zur Verfügung.

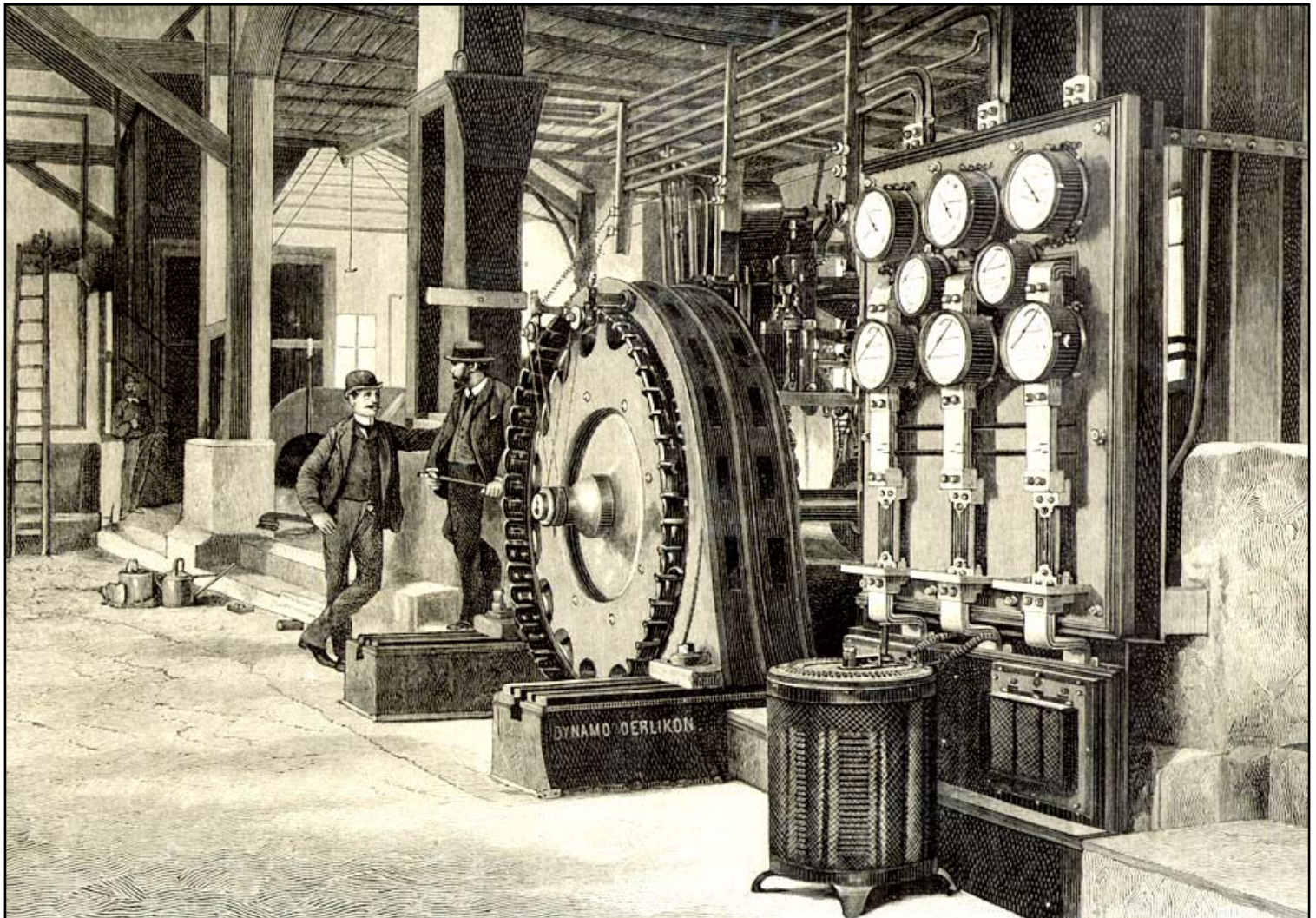


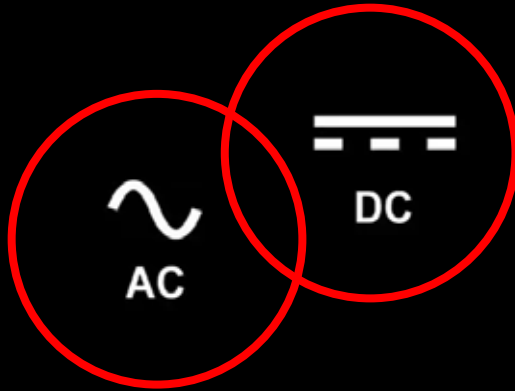
Maschinenfabrik Oerlikon – «voll elektrisch»:

*Dynamo System Oerlikon für die
Lichtversorgung in den Wagen der
Schweizerischen Bundesbahnen
(SRPS C&W Department)*



*1891: Generatorraum des ersten Drehstromkraftwerks
in Laufen am Neckar, das an der Elektrotechnischen
Ausstellung in Frankfurt/Main einen künstlichen Wasserfall
und tausend Glühlampen mit Energie versorgte – über
eine Distanz von fast 180 km.*
(Zeitgenössischer Holzstich, Wikipedia)





Johannes M. Gutekunst, 5102 Rapperswil (Kontakt: johannes.gutekunst@sunrise.ch)
verbunden mit der Gesellschaft der Freunde der Geschichte des Funkwesens,
dem Radiomuseum.org und INTRA

