

Nikola TESLA's Sendeanlagen

André Waser*

Erstellt: 29.07.2000
Letzte Änderungen: 01.08.2000

Nikola TESLA hat sich nach den Erfindungen zum Wechselstromsystem mehr und mehr Experimenten mit hohen Strömen, Spannungen und Frequenzen zugewendet. Eine seiner Absichten war es, elektrische Energie ohne Hochspannungsleitungen von einer zentralen Erzeugungsanlage direkt zu den einzelnen Verbrauchern zu übertragen. Die ersten Anläufe zu solchen Techniken tätigte Tesla in seinem Labor in New York, bis er zur Jahrhundertwende 1899-1900 in der Hochebene von Colorado Springs Experimente durchführt, die in dieser Vielfalt und Eigenart bis heute nur punktuell nachvollzogen worden sind. Genau ein Jahrhundert nach diesen Experimenten ist ein Replik darüber sicher von besonderem Interesse.

Einleitung

Es ist auffällig, wie wenig in der Literatur über die Arbeiten des Serbischen Experimentators und weltweit bekannten Erfinders Nikola TESLA zu lesen ist, obwohl er mit den heute alltäglichen Erfindungen der Drehstromtechnik von der Erzeugung, der Übertragung bis zur Nutzung neben seinem damaligen Gegenspieler Thomas EDISON, welcher hauptsächlich die Gleichstromtechnik vorangetrieben hatte, die Entwicklung der heute weltweit angewendeten Elektrifizierung überhaupt erst ermöglicht hatte.

Fast alle Publikationen in der heutigen Zeit über TESLA's Arbeiten betrachten seine hochfrequenten Hochspannungstransformatoren, bekannt unter dem Sammelbegriff „TESLA-Spule“. Darüber werden immer wieder Arbeiten veröffentlicht, welche die eine oder andere vorteilhafte Art zum Nachbau dieser Experimente angeben^{[3],[7],[16]}, die diese Technologie anwenden^{[1],[9],[17]}, die solche Vorrichtungen ausmessen^[49] oder sie theoretisch behandeln^{[2],[4]}.

Eine besondere Anordnung dieser Tesla-Spulen bilden die von TESLA angegebenen Sende- und Empfangsanlagen zu deren Funktionserklärung sich in jüngster Zeit besonders Konstantin MEYL hervorgetan hat. MEYL^{[10]-a,[11]-a} verwendet dasselbe spekulative Erklärungsmodell, das auch der Autor^[44] früher verwendet hat, und das aus heutiger Sicht des Autors nicht mehr notwendig ist.

Es ist bezeichnend für einen experimentellen Entdecker, dass er auf Grund einer Modellvorstellung ein Experiment durchführt, und dadurch unerwartet zu neuen Fakten und Erkenntnissen stößt. So war TESLA durch seine Experimente den theoretischen Grundlagen weit voraus, was die Kommunikation mit der etablierten Wissenschaften erschwerte. Neben materiellen Erwägungen hat Tesla wohl nicht zuletzt deshalb ab 1898 praktisch keine Publikationen mehr in etablierten Fachzeitschriften mehr getätigt und sich nur noch mit Veröffentlichungen in Monats- oder Tageszeitungen begnügt.

* André Waser, Birchli 35, CH-8840 Einsiedeln

Drahtlose Übertragung Elektrischer Energie

In den Jahren 1884-1889 meldete TESLA verschiedene Patente zur Wechselstromtechnik an, welche einen Durchbruch zur bekannten Gleichstromtechnik darstellten, obwohl diese führenden Produzenten in Europa nicht einsehen wollten, und TESLA deshalb nach USA auswanderte. TESLA ermöglichte 1893 das erste Wechselstromkraftwerk in dieser Größenordnung unter Vertrag mit George WESTINGHOUSE an den Niagara-Fällen. Doch das erste Patent^[19], welches die wegweisenden Gedanken für seine späteren Arbeiten erahnen läßt, stammt aus dem Jahr 1891 und ist die Beschreibung eines hochfrequenten Beleuchtungssystems, welches als Besonderheit nur einen elektrischen Zuleiter aber keinen Rückleiter von der speziell konstruierten Kohlenfadenlampe benötigt (Das Patent wurde in der rekordverdächtigen Zeitspanne von gerade zwei Monaten erteilt).

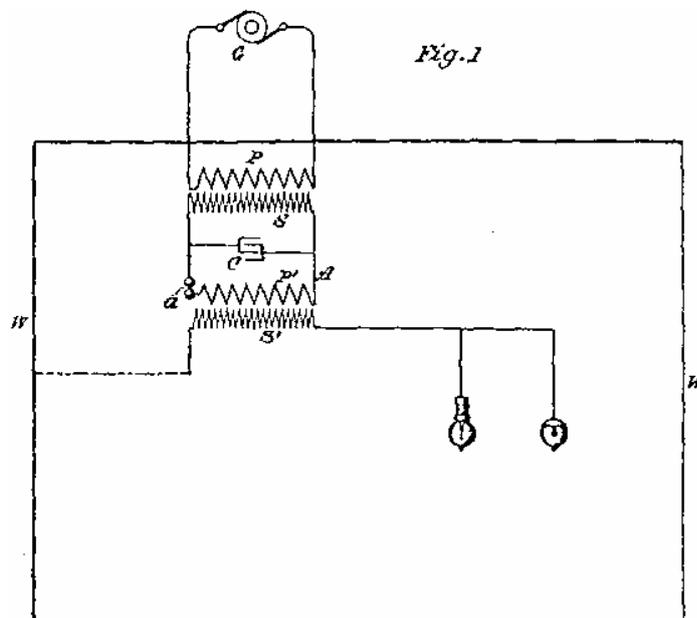


Bild 1: US-Patent 454,622 „System of Electric Lighting“ erteilt am 23. Juni 1891^[19]

Mit dem ersten Transformator P-S wird die Wechselspannung am Generator G (ca. 5 kHz) hochtransformiert. Der Schwingkreis S-C wird dann über die Funkenstrecke a in möglichst kurzer Zeit entladen, was zu sehr steilen Stromspitzen in der Primärwicklung P' im zweiten Transformator führt. Mit einer nochmaligen Übersetzung P'-S' wird der hochfrequente Anteil dieser Stromspitzen auf den Lastkreis hochtransformiert. Das eine Ende der zweiten Sekundärspule S' ist mit einem den Raum umspannenden Draht oder Drahtgeflecht W kontaktiert, das andere Ende ist mit von TESLA entwickelten Lampen verbunden. Diese Lampen haben im Gegensatz zu üblichen Lampen nur einen elektrischen Kontakt. Dieser führt zu einer Elektrode – meistens aus Kohle – welche in einer nicht vollständig vakuumierten Glasbirne eingelegt ist. Bei öffentlichen Vorführungen hatte TESLA^{[18],[20],[22]} mehrfach demonstriert, daß dieser sehr hochfrequente Strom keine unmittelbaren Schäden auf den Menschen hat.

Dieses Patent zur Beleuchtung zeigt die Besonderheit der von TESLA verwendeten Stromkreisen mit hohen Potentialen und mit hohen Frequenzen. In der Folge perfektionierte er die Technik, gleichzeitig hohe Frequenzen und hohe Spannungen meist zur Beleuchtung mit verschiedensten Leuchtkörpern zu erzeugen und zu nutzen. Im Jahr 1897 meldet er drei verschiedene Patente zur Energieübertragung an. Das erste Patent^[23] vom 20 März betrifft einen Hochfrequenztransformer mit großer Leistungsübertragung, welcher neben der Erdverbindung nur noch einen Leiter benötigte.

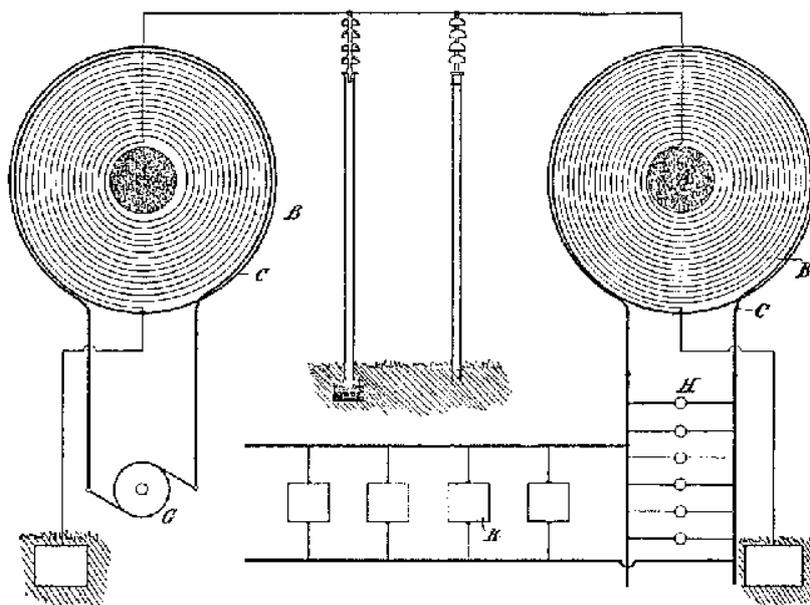


Bild 2: US-Patent 593,138 „Electrical Transformer“ erteilt am 02. November 1897

Vom Generator G wird die Primärwicklung C angeregt. Diese vereinfachte Darstellung kommt dem tatsächlichen Versuchsaufbau^[27] nur bedingt nahe. So ist ebenfalls – wie in dem vorher erwähnten Patent zur Beleuchtung – ein Zwischenkreis mit Funkenstrecke und Hochspannungstransformationen notwendig, so daß eine Frequenz von einigen Megahertz erreicht werden konnte. Dieser Zwischenkreis konnte aber auch (mit konstruktiven Vorteilen) nach der flachen Spule B geschaltet werden. Diese flache Spule hatte TESLA^[21] übrigens wegen ihren offenbar besonders guten Eigenschaften für hohe Ströme mit hoher Frequenz extra patentiert. Die Sekundärspule B ist auf der einen Seite mit der Erde und auf der anderen Seite mit einem Draht verbunden, welcher als Übertragungsstrecke mit der gegengleichen Wicklung B' im Empfänger verbunden ist. Durch Heruntertransformieren mit der Wicklung C' konnte schließlich die elektrische Energie vom Generator G zur Last L mit nur einem Draht übertragen werden.

Einige Monate später konnte er zeigen^[27], daß dieser Draht ganz weggelassen und durch eine mit Luft gefüllte Glasröhre mit stark reduziertem Druck ersetzt werden kann.

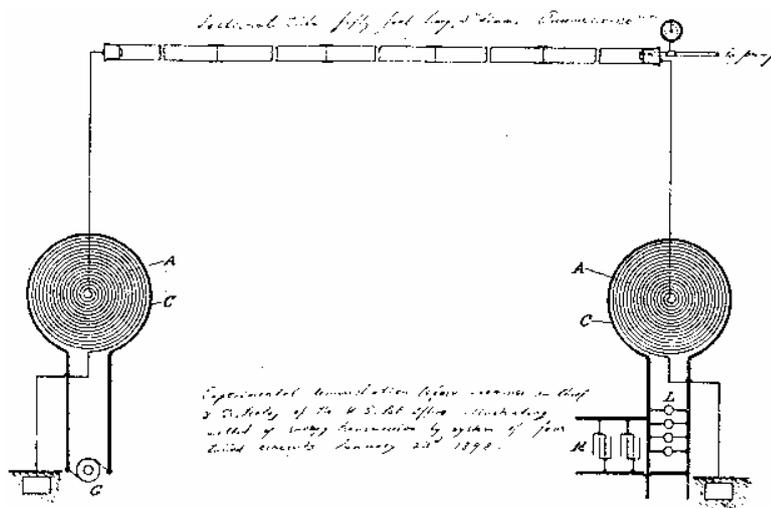


Bild 3: Grafik von Nikola TESLA^[27] zur Energieübertragung in teilweise evakuierter Luftröhre, datiert am 23. Januar 1898

Die Anordnung aus Bild 2 ist im Bild 3 wieder zu erkennen. Mit dieser Entdeckung der guten Leitfähigkeit von Luft niederen Drucks war der Weg frei für eine Weiterentwicklung.

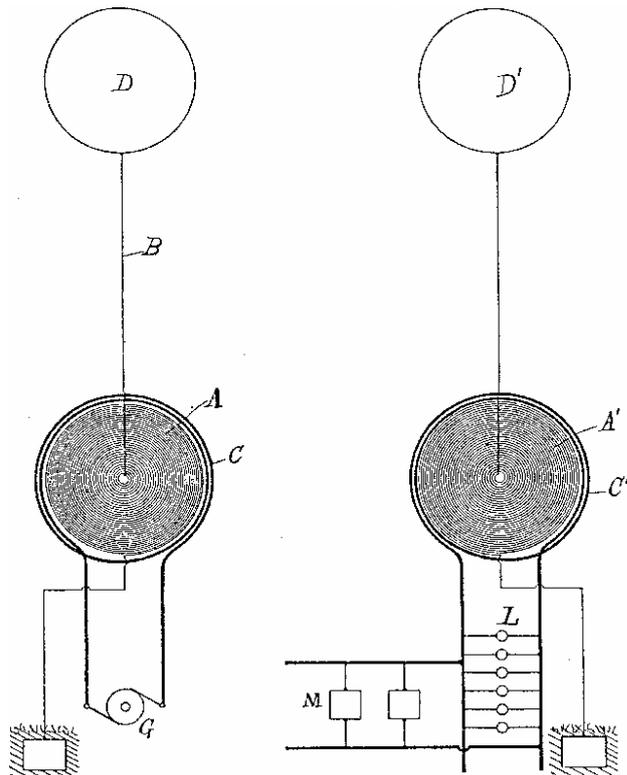


Bild 4: US-Patent 645,576 „System of Transmission of Electrical Energy“ angemeldet am 02. September 1897, erteilt am 20. März 1900

Am 02 September 1897 hat TESLA zwei Patente^{[24],[25]} zur Energieübertragung angemeldet (Bild 4), deren Erteilung offenbar auch von der experimentellen Machbarkeit abhängig gemacht wurde (siehe entsprechende Textstelle in Patent 645'576, Seite 3, Spalte 2).

In diesen Patenten wurde von einem geerdeten hochfrequent angeregten Sender über eine in großer Höhe angebrachte Kugelelektrode Energie zu einem ebenfalls geerdeten symmetrisch konstruierten Schwingkreis (Empfänger) übertragen. In diesen Patenten wurde von TESLA als Energieübertragungskanal die in großer Höhe leitfähig gewordene Luft angegeben.

Im May 1899 veröffentlichte die Londoner *Electrical Review*^[24] eine Zusammenfassung von Meldungen ihrer New-Yorker Kollegen über TESLA's Arbeiten. Darin beschreibt TESLA, daß in einer Höhe von vier Meilen (ca. 6.5 km) die Luft für seine Experimente genügend leitfähig sein würde. Die in seinen späteren Bildern dargestellten Kugeln könnten so beispielsweise mittels Ballonen in diese Höhe gebracht werden.

Angetrieben durch die Idee, elektrische Energie in großen Mengen durch die Atmosphäre zu übertragen, verließ TESLA am 11. Mai 1899 New York um bis am 11. Januar in Colorado Springs auf der ca. 2000 Meter über Meer gelegenen Hochebene weitere praktische Experimente^[27] durchzuführen, um die drahtlose Energieübertragung experimentell zu realisieren. Als Ergebnis ist sein zweites Patent^[24] am 20. März 1900 und sein drittes Patent^[25] am 15. Mai 1900 erteilt worden. Und nur einen Tag später meldete er ein weiteres, sehr wichtiges Patent^[32] an. Darin beschreibt er erstmals, dass die Energieübertragung auch durch die Erde erfolgt und gibt weitere Konstruktionen zu deren Detektion an (Bild 5).

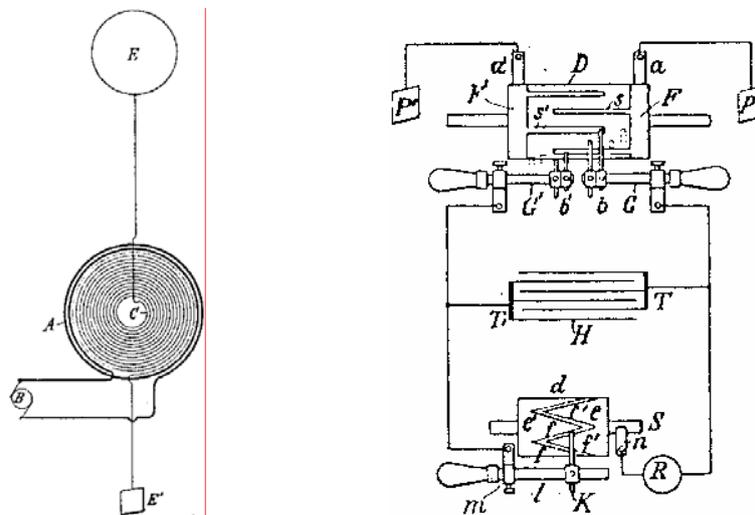


Bild 5: US-Patent 787,412 - „Art of Transmitting Electrical Energy Through the Natural Mediums“ angemeldet am 16. Mai 1900, erteilt am 18. April 1905

Ganz offensichtlich konnte er dieses Patent erst anmelden, nachdem die beiden verbleibenden Anmeldungen aus 1897 erteilt worden sind, weil sie sich nämlich in wesentlichen Punkten zur Beschreibung der Energieübertragung widersprechen! Die Durchführung der Experimente in Colorado Springs hat TESLA offensichtlich veranlasst, seine früheren Patente, die nur auf Experimenten in seinem New Yorker Labor beruhten, neu zu formulieren.

Noch während seiner Experimente in Colorado Springs meldete TESLA laufend weitere Patente^[28] bis ^[31] an, die vor allem auf empfindliche Empfängereinrichtungen für die durch die Erde und die Atmosphäre übertragenen Wirkungen zugeschnitten sind.

Das Thema der Signalübertragung durch die Erde hat TESLA weiter beschäftigt und führte ihn zwei Monate später nochmals zu einer weiteren Patentanmeldung^[39], welche Signalübertragungen mit und ohne Draht näher aufzeigt.

Seine ganzen Bemühungen gipfelten in einem Projekt zur Energieübertragung von 10MW in Wardencliffe^[1], USA, das wahrscheinlich auch aus Geldmangel nie vollendet wurde. Der grundsätzliche Aufbau zur Energieübertragung wurde durch das letzte Patent^[40] dieser Art veröffentlicht.

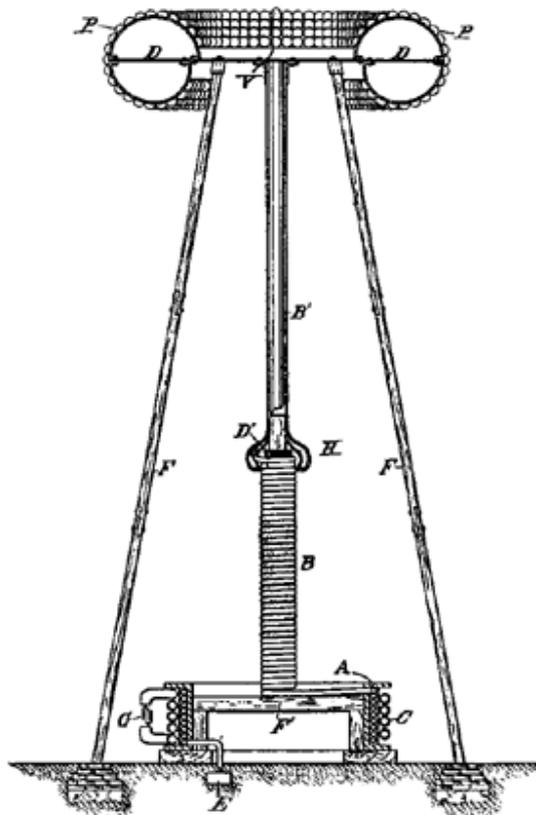


Bild 6: US-Patent 1,119,732 - „Apparatus for Transmitting Electrical Energy“ angemeldet am 18. Januar 1902, erteilt am 01. Dezember 1914

Diese ungeheure Arbeit TESLA's, welche praktisch keinen Einzug in die wissenschaftlichen Publikationen seiner Zeit gefunden haben, sind es wert, zumindest Teilweise vom Standpunkt der heutigen Theorien nachvollzogen zu werden.

Auf den ersten Blick erweckt eine Betrachtung der Bilderserie von Bild 2 bis Bild 4 den Eindruck, die Energieübertragung finde schlußendlich über den Luftweg, also mittels einer Stromleitung durch die Atmosphäre statt. Tatsächlich versucht TESLA in seinen ersten Patent-

schriften^{[24],[25]} den Eindruck zu erwecken, dies sei tatsächlich der Fall. Dabei wird übersehen, daß alle diese drei Schaltungen neben den Hochspannungsspulen eine weitere Gemeinsamkeit haben, nämlich die Erdung. In späteren Veröffentlichungen weist dann TESLA^{[32],[36],[32]} auch ausdrücklich darauf hin, daß der eigentliche Stromleiter die Erde selbst darstelle. Die Erde wirke als ein riesiges Vorratslager von elektrischen Elementarladungen, welche durch seine energiereichen Anlagen zum Schwingen angeregt werden. Ist dann an einer anderen Stelle ein sehr selektiver Schwingkreis (Empfänger), welcher auf dieselbe Frequenz eingestellt ist, dann ist dieser in der Lage, diese Schwingungen aufzufangen und durch Resonanz zu verstärken.

Diese elektrische Anregung der Erde hat TESLA^{[27]-S.61, [36]} erstmals in der Nacht vom 03. auf den 04. Juli 1899 bei starken Gewittern in Colorado Springs entdeckt. Zu seiner Überraschung bildeten sich nach Blitzschlägen stehende Wellen auf der Erdoberfläche, die er mit seinen sehr empfindlichen Meßgeräten erfassen konnte. Die stehenden Wellen erkannte er dadurch, daß sich sein empfangenes Signal zunächst abschwächte, je weiter sich der Sturm entfernte, dann aber wieder zunahm um sich wieder abzuschwächen und so fort. Besonders aufgefallen ist TESLA, daß sich die Intensität des Maximums eine Zeitlang sogar vergrößerte, je weiter sich der Sturm von seinem Empfänger entfernt hatte, und dies bis in eine für TESLA schätzbare Distanz von 200 Meilen (ca. 360 km).

Soll eine große Leistung empfangen werden, so muss der Empfänger nach Bild 4 ausgeführt sein, welcher eine energiereiche Oszillation zwischen der Erde und einer hochgelagerten Ladung D' benötigt. Sollen vor allem Signale übertragen werden, so genügt ein Empfänger nach Bild 5, der nur die auftretenden Wellen auf der Erdoberfläche detektiert und die übermittelten Signale demoduliert.

Offenbar hat TESLA nach seiner Entdeckung vom 03. Juli 1899 noch weitere Messungen durchgeführt, die er leider nicht genau protokolliert hat, über welche er aber in einer Publikation kurz nach seinem Aufenthalt in Colorado Springs einige Andeutungen^[32] machte, die bis heute unklar geblieben sind. Demnach soll er neben den gewitterbedingten Störungen und neben Einflüssen von Sonneneruptionen und dem Nordlicht noch zusätzlich ein periodisches Signal mit seiner Anlage empfangen haben, über dessen Ursprung er nur spekulieren konnte.

Heute können wir mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß TESLA Radiosignale von Pulsaren empfangen hat, die er irrtümlich für Signale außerirdischer Intelligenz gehalten hat^[35]. Die Radiostrahlung der Pulsare wurde erst wieder im Jahr 1967 von einem Team unter der Leitung von Antony HEWISH^[6] im Cavendish-Labor von Cambridge entdeckt, für das HEWISH im Jahr 1974 den Nobelpreis erhielt, der eigentlich TESLA zugestanden wäre. Es ist bezeichnend für die Vergabe dieses Nobelpreises, daß die damals 24 jährige Doktorandin Jocelyn BELL-BURNELL, welche im Team von HEWISH arbeitete und als erste in den Diagrammen völlig unerwartet Zacken mit einer Periode von $1\frac{1}{3}$ Sekunden bemerkt hatte, bei der Preisvergabe auch leer ausging.

Doch TESLA^[36] wollte anfänglich nur große Energiemengen von Elektrizität durch die Atmosphäre übertragen und entdeckte durch diese Experimente in Colorado Springs^[27] die besondere elektrische Leitfähigkeit der Erde. Die Erde als Empfänger nutzend hatte TESLA das erste (und heute noch größte) Radioteleskop der Welt und konnte Signale aus dem Weltraum empfangen. Er konnte zwar die Herkunftsrichtung der eintreffenden Signale nicht bestimmen, aber die Empfindlichkeit seiner Empfänger war extrem hoch, was ihn zur Entdeckung von Quellen mit periodischen Signalen führte, die heute als Pulsare und Magnetare bekannt sind. Dies ist neben der Entdeckung der X-rays (später Röntgenstrahlen) sein zweiter verpasster Nobelpreis.

Analyse

Aus den Betrachtungen zur HERTZ'schen Dipolantenne ist mit der Elektrodynamik aus ruhenden, bewegten und beschleunigten Ladungen die Kraft auf eine im Vergleich zum Abstand der Pole weit entfernte Ladung bekannt^[45]. Die Übertragung von elektrischer Energie von einem Punkt zum anderen ist natürlich auch mit einem HERTZ'schen Sender möglich, doch mit zunehmendem Abstand r verringert sich die Energiedichte der Abstrahlung. Dieses Abstandsgesetz kann durchbrochen werden, wenn statt eine Übertragung durch Luft (unter Normaldruck) eine Übertragung durch ein leitendes Medium (ein elektrischer Leiter) vorgenommen wird. Eine nahezu verlustfreie Energieübertragung zwischen zwei Punkten auf der Erde ohne Drähte, wie es TESLA patentiert hat, benötigt mindestens einen verbindenden Leiter eine Spannungs- oder Stromquelle und eine Last. Dieser verbindende Leiter ist die Erde. Die Spannungs- oder Stromquelle ist der Sender und der Empfänger bildet die Last.

Die in Bild 4 auf Stangen gelagerten Kugeln D und D' dienen als Ladungsbehälter (elektrischer Kondensator), sie dienen jedoch nicht primär der Energieübertragung selbst. Ist keine Übertragung durch die Atmosphäre vorgesehen, ist es wichtig, daß keine Ladungen in die Atmosphäre verlorengehen, weshalb Tesla in einigen Experimenten die Kugeln noch zusätzlich mit einer Isolationsschicht überzogen hat. Weiter hätte TESLA der Einfachheit halber die Kondensatoren D und D' auch neben den Transformatoren $A-C$ bez. $A'-C'$ anordnen können. Offensichtlich ist die gewählte Anordnung von Kugel D und Zuleitung B für das Funkensprinzip wichtig, wie aus allen Patentzeichnungen hervorgeht.

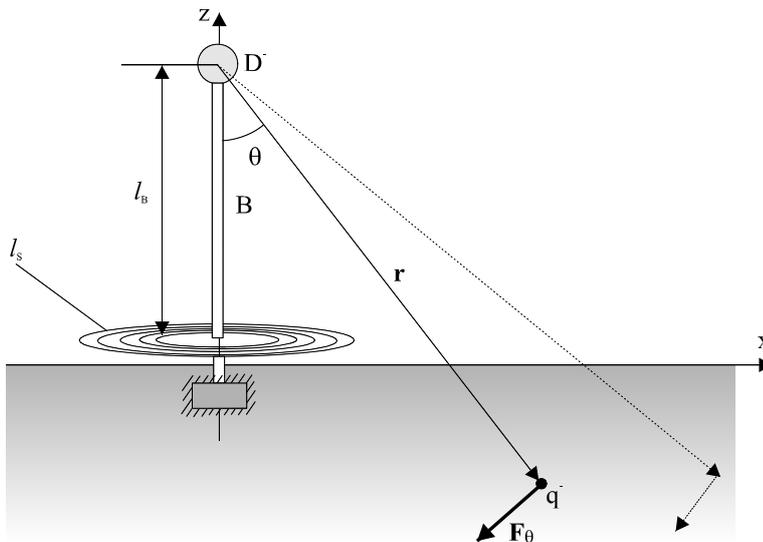


Bild 7: Beschleunigungsabhängige Kräfte eines TESLA-Senders auf negative Ladungen in der Erde

TESLA hat die Erde als Kugelkondensator betrieben. Der Sender „pumpt“ mit einer Frequenz zwischen 20...250kHz^{[24],[32]} Elektronen zwischen der Erde und der Kugel D hin und her. Die Frequenz muß möglichst tief sein, um die Abstrahlungsverluste (HERTZ'sche Wellenanteile) klein zu halten, wie dies TESLA ausdrücklich betont hatte. Um eine optimale Wirkung zu erzeugen, muß laut TESLA mit sehr hohen Spannungen gearbeitet werden. TESLA

hat die gesamte Leitungslänge bestehend aus der Sekundärwicklung A, der Erdung und dem Leiter B so auf die Wellenlänge der Schwingung im Sekundärkreis abgestimmt, daß die Spannung zwischen Kugel D und der Erde auf über vier Millionen Volt ansteigt. Diese große Spannung kann nur in einem Schwingkreis hoher Güte erzeugt werden, was TESLA mehrfach erwähnt und mit seiner flachen Spiralspule auch realisiert hat. Offensichtlich geht es darum, in möglichst kurzer Zeit möglichst viele Elektronen in die im Normalfall schlecht leitenden Erde „einzuzimpfen“.

Betrachten wir den mit der Frequenz ω schwingenden Sender auf Grund der Kraftgleichung zwischen ruhenden, bewegten und beschleunigten Ladungen^{[45],[46]}. Zum betrachteten Zeitpunkt soll der Kondensator D voller Elektronen geladen sein.

Der Leitungsabschnitt l_B ist im Versuch nach TESLA sehr viel kürzer als der in der Spule S benötigte Leiterabschnitt l_S , so daß in guter Näherung angenommen werden kann, der Strom ist keine Funktion von der z-Richtung. Auf Ladungen in der Erde im Abstand $r \gg l_B$ wirkt die beschleunigungsabhängige Kraft^[45] proportional $1/r$:

$$\frac{\mathbf{F}}{q} = \frac{Il_B}{4\pi\epsilon_0} \frac{i\omega}{c^2 r} \sin\theta \mathbf{r}_\theta^0 \quad (1.1)$$

Dies bedeutet, die Elektronen in D werden nicht nur lokal an der Erdungsstelle in die Erde eingedrängt, sondern zusätzlich wirkt eine zum Abstand vom Schwingkreis umgekehrt proportionale Kraft \mathbf{F}_θ auf jede Ladung in der Erde, welche die freien negativen Ladungen in der Erde vom Sender weg in tiefere Erdschichten bewegen. Nochmals zusätzlich wirkt lokal eine Kraft proportional $1/r^2$ auf jede Ladung im Umfeld der Sendeanlage. Das alleinige „Eindrücken“ von Elektronen in die Erde hat ein viel kleinerer Effekt als die beschleunigungs- und geschwindigkeitsabhängige Kraftwirkung des Leiters B.

Damit wird auch verständlich, weshalb TESLA mit so hohen Spannungen bez. mit möglichst vielen Ladungen gearbeitet hat. Die Wirkung der beschleunigungsabhängigen Kraft auf die negativen Ladungen in der Erde ist sowohl von der Beschleunigung der Leiterelektronen in B als auch von der Anzahl der daran beteiligten Elektronen abhängig. Die Beschleunigung von Leiterelektronen läßt sich nicht beliebig steigern, deren Anzahl schon eher, wenn die damit verbundene Spannung erhöht wird. Und genau das Ziel der Vergrößerung der Spannung hat TESLA unermüdlich verfolgt.

Die Energie des Senders wird vollständig zur Beschleunigung von freien Ladungen in der Erde verwendet, welche wiederum weiter entfernte Ladungen in der Erde beschleunigen. Dies hat eine Longitudinalwelle schwingender Elektronen quer durch die Erde zur Folge, wie das TESLA^[32] auch beschrieben hat. Wäre die Erde ein unendlich großer Körper, würde sich die ausbreitende Welle in der Erde immer mehr abschwächen und die eingebrachte Energie ginge verloren. Doch wegen der „Kleinheit“ der Erde trifft die Welle bald an die Grenzschichten zur Atmosphäre, was – wie in der Akustik – zu Reflexionen führt. Erstaunlich ist, daß dabei sehr kleine Verluste entstehen sollen und daß sich die Welle tatsächlich fast mit Vakuum-Lichtgeschwindigkeit ausbreitet.

Bei einer elektrischen Entladung in die Erde –wie beispielsweise einem Blitz – treten demnach zwei Resonanzen hervor. Die eine Hauptresonanz der Atmosphäre ist als SCHUMANN-Resonanz^{[14],[15]} bekannt und beträgt 7.9 Hz, während die TESLA-Resonanz 11.8 Hz beträgt. Die beiden Resonanzfrequenzen werden in Bild 8 nochmals dargestellt.

Die Erde verhält sich wie ein elektrischer Leiter: „...the planet behaves like a perfectly smooth or polished conductor of inappreciable resistance with capacity and self-induction uniformly distributed along the axis of symmetry of wave propagation and transmitting slow

electrical oscillations without sensible distortion and attenuation.“ Diese Welle wird am genau gegenüberliegenden Punkt der Erde wieder konzentriert und reflektiert, wie das Charles YOST^[49] und HARTHUN et. al.^[5] beschrieben haben. TESLA beschreibt im Patent^[32] die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle entlang der Länge l_O von Pol zu Pol wörtlich mit $v_O = 471\,0240$ km/s. Das würde bedeuten, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle durch die Erde entlang dem Durchmesser $2r_E$ wäre nahezu gleich der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, denn es ist:

$$\frac{v_O}{c} = \frac{l_O}{2r_E} = \frac{\pi}{2} \quad \rightarrow \quad v_O = c \frac{\pi}{2} \quad (1.2)$$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Welle durch die Erde ist demnach sehr nahe an c . Die Hauptresonanz ist 11.79 Hz. Durch diese longitudinalen Schwingungen der freien Elektronen in der Erde kann die Erde in elektrische Resonanz versetzt werden. Der Erddurchmesser r_E muß dazu ein ungeradzahliges Vielfaches von einem Viertel der Wellenlänge des Senders sein. Zudem ist es notwendig, daß das Signal mindestens für eine Dauer der Hin- und Rückwelle, also für mindestens 0.085 Sekunden aktiv ist, damit überhaupt eine stehende Welle entstehen kann. Genau diese Zahlenangaben beschreibt TESLA in seinem Patent^[32].

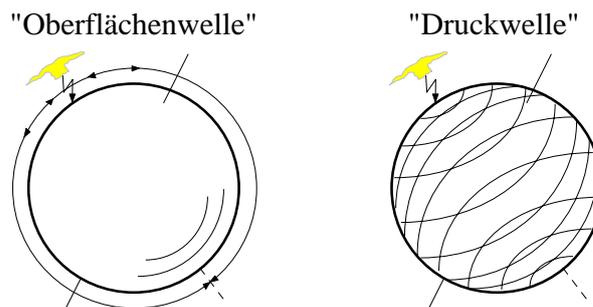


Bild 8: Unterschied der SCHUMANN- und TESLA-Resonanz

Sind einmal solche stehenden Wellen ausgebildet, so bilden sich je nach Sendefrequenz rund um den Globus Knoten, an denen keine elektrischen Schwingungen wahrzunehmen sind, und Stellen, an denen die Schwingungen maximal sind. An diesen Stellen wird ein Empfänger zur Energieübertragung angebracht. Dieser Empfänger ist identisch zum Sender aufgebaut. Durch seine hohe Güte schaukelt sich darin die Schwingung hoch, solange er nicht belastet wird. Der Empfänger wird dadurch selbst zum Sender. Hat auch der Empfänger seine stehende Welle ausgebildet, ist er in der Lage, Energie über den Transformator A'-C' gemäß Bild 4 an eine Last weiterzugeben.

Der Sender muß zuerst Energie für die Erzeugung der eigenen stehenden Welle und danach die Energie für die stehende Welle des Empfängers bereitstellen. Ist dies gelungen, können Sender und Empfänger mit einem Minimum an Energie zur Deckung der laut TESLA sehr geringen Verluste betrieben werden, solange keine Energie übertragen werden soll. Erst wenn der Empfänger mehr Energie aus den stehenden Wellen der Erde auskoppelt, muß diese vom Sender nachgeliefert werden. Es wird dann über die beiden Schwingkreise des Senders und des Empfängers, welche über die Erde gekoppelt sind, Energie ausgetauscht. Die gewünschte Energieübertragung kommt laut TESLA^[2] mit einem Wirkungsgrad von bis zu 99.5% zustande.

Die Vermutung^{[10]-b}, dass TESLA mehr Energie empfangen als gesendet haben und deshalb seinem Sender den Namen ‚Magnifying Transmitter‘ gegeben haben soll, kann mit der vorliegenden Analyse weder bestätigt noch definitiv dementiert werden. So kann eine Textstelle^[4] vielleicht zu dieser Vermutung führen, doch in vielen anderen Originaltexten^{[2],[3],[3]} von TESLA ist von einem Wirkungsgrad um 99% die Rede.

Ist nur das Senden von Informationen notwendig, so kann der Empfänger viel einfacher gebaut werden, da dieser keine stehende Welle in die Erde induzieren muß. Ebenso braucht der Sender keine stehende Welle zu erzeugen, es kann jede beliebige Frequenz verwendet werden. Der Empfänger kann dann gemäß Bild 5 (rechts) nur die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche zur Signaldetektion verwenden. Mit dieser Methode können Signale rund um die Erde, unter der Erde sowie unter Wasser empfangen werden.

TESLA hat gemäß seinen Angaben sehr hohe Spannungen und sehr hohe Ströme verwendet. Die Geräusche seiner Versuche in Colorado Springs waren kilometerweit zu hören. Obwohl bei seinen Versuchen nicht die Energie von tatsächlichen Blitzen, wie sie in Gewittern auftreten, erreicht wurden, ist die Analogie zulässig. Es stellt sich die Frage, ob die Resonanz der Erde nicht auch den Blitzen selbst anzumerken ist, dann nämlich, wenn der Blitz selbst in Resonanz mit der Erde tritt. Tatsächlich ist bei allen Blitzeinschlägen ein Flackern der Helligkeit von bloßem Auge erkennbar. Es ist bekannt^[8], daß bei Blitzeinschlägen der Blitz zwischen zwei bis viermal an derselben Stelle mit einem zeitlichen Abstand zwischen 40...80 Millisekunden einschlägt, was der Ausbreitungszeit durch die Erde und zurück entspricht.

Bis zu diesem Punkt ist die Sende- und Empfangsanlage von Nikola TESLA aufgearbeitet. Es wäre wünschenswert, die Anlagen TESLA's nicht nur bezüglich der TESLA-Spulen sondern in ihrer Gesamtheit, wie sie in Colorado Springs eingesetzt wurden, nachzubauen.

Wie angedeutet ist TESLA über die Konstruktion solcher Anlagen noch hinausgegangen und hat offenbar weitere Entdeckungen gemacht, über welche er in einem Zeitraum von über 30 Jahren nur sehr bruchstückhaft und nie vollständig informierte, welche er aber besonders in den letzten Jahren seines Lebens ständig wieder erwähnt hatte. Zu diesem Teil seiner Forschungen wird ein separates Papier^[48] erstellt.

Referenzen

- [1] ABRAMYAN E. A., "Transformer Type Accelerators for Intense Electron Beams", *IEEE Transactions on Nuclear Science* **NS-18** (1971) 447-455
- [2] BARRETT Terence W., "TESLA's Nonlinear Oscillator-Shuttle-Circuit (OSC) Theory", *Annales de la Fondation Louis de Broglie* **16** No.1 (1991) 23-41
- [3] BRUNS Donald G., "A solid-state low-voltage Tesla coil demonstrator", *American Journal of Physics* **60** No.9 (September 1992) 797-803
- [4] HEISE Werner, "Tesla Transformatoren", *Elektrotechnische Zeitschrift A* **85** /1 (10 Jan. 1964) 1-8
- [5] HARTHUN Norbert und Axel BERNHARDT, "Tesla Transmitter", *Mensch & Technik*, Verlufmoor, Vollersode, Deutschland (1984)
- [6] HEWISH Antony, Jocelyn BELL, J.D.H. PILKINGTON, P.F. SCOTT and R.A. COLLINS, "Observation of a rapidly pulsating radio source", *Nature* **217** (24 February 1968) 709-713
- [7] KELLY James B. and Lee DUNBAR, "The Tesla Coil", *Am. Journal of Physics* **20** (1952) 32-35
- [8] KRINDER Philip E., "Physics of Lightning", *The Earth's Electrical Environment*, *CPSMA* ISBN 0-309-03680-1 (1986)
- [9] LAURITSEN Charles C. and Richard CRANE, "A Combined Tesla Coil and Vacuum Tube", *Review of Scientific Instruments* **4** (September 1933) 497-500
- [10] MEYL Konstantin, "Elektromagnetische Umweltverträglichkeit", *Indel Verlag, Villingen-Schwenningen* Teil **1** ISBN 3-9802542-8-3 (Dezember 1996) a: 207, b: 205, c: 157

- [11] MEYL Konstantin, „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit“, *Indel Verlag, Villingen-Schwenningen* Teil 2 ISBN 3-9802542-9-1 (1999) a: 133
- [12] RATZLAFF John, „Tesla Said“, *Tesla Book Company, Chula Vista*, ISBN 0-914119-00-1
- [13] RATZLAFF John T., „Reference Articles for Solutions to Tesla’s Secrets“, *Tesla Book Company, Chula Vista, CA-91912*, ISBN 0-9603536-3-1, Part II (1981)
- [14] SCHUMANN W. O., „Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist“, *Zeitschrift für Naturforschung 7a* (1952) 149-154
- [15] SCHUMANN W. O., „Über die Dämpfung der elektromagnetischen Eigenschwingungen des Systems Erde – Luft – Ionosphäre“, *Zeitschrift für Naturforschung 7a* (1952) 250-252
- [16] SKELDON Kenneth D., Alstair I. GRANT, Gillan MACLELLAN and Christine MCARTHUR, “Development of a portable Tesla coil apparatus”, *European Journal of Physics 21* (2000) 125-143
- [17] SLOAN David H., „A Radiofrequency High-Voltage Generator“, *Physical Review 47* (01 January 1935) 62-71
- [18] TESLA Nikola, „Experiments with Alternate Currents of very high Frequency and their Application for methods of artificial lighting“, *Lecture before the American Institute of Electrical Engineers, Columbia College* (20 May 1891), Deutsche Fassung in: „TESLA’s Verschollene Erfindungen“, *VAP Verlag* ISBN 3-922-367-93-3 (1994)
- [19] TESLA Nikola, “System of Electric Lighting”, *US Patent 454’622* (Application filed: 25. April 1891; Patented: 23 June 1891)
- [20] TESLA Nikola, “Experiments with Alternate Currents of High Potential and High Frequency”, *Lecture before the Institution of Electrical Engineers, London* (03, 04 February 1892), Reprint in: *Lindsay Publications* ISBN 0-917914-39-2 (1986)
- [21] TESLA Nikola, “Coil for Electro Magnets”, *US Patent 512’340* (09 January 1894)
- [22] TESLA Nikola, “The Streams of LENARD and ROENTGEN and Novel Apparatus for Their Production”, *Lecture before the New York Academy of Sciences* (06 April 1897), Reprint in: *Twenty First Century Books* ISBN 0-9636012-7-X (1994)
- [23] TESLA Nikola, “Electrical Transformer”, *US Patent 593’138* (Application filed: 20 March 1897; Patented: 02 November 1897)
- [24] TESLA Nikola, “System of Transmission of Electrical Energy”, *US Patent 645’576* (Application filed on 02 September 1897, Patented on 20 March 1900)
- [25] TESLA Nikola, “Apparatus for Transmission of Electrical Energy”, *US Patent 649’621* (Application filed on 02 September 1897, Patented on 15 May 1900)
- [26] TESLA Nikola, “Tesla’s High Potential and High Frequency Work”, *Electrical Review (London) 44* /1,119 (05 May 1899) 730-733
- [27] TESLA Nikola, „Colorado Spring Notes“, *Nikola TESLA Museum, Belgrad, Jugoslavien* Edited by Aleksandar MARINCIC (1899-1900); <http://www.etf.bg.ac.yu/Prez/MuzejTesla/index.htm>
- [28] TESLA Nikola, “Method of Intensifying and Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media”, *US Patent 685’953* (Application filed: 24 June 1899; Patented: 05 Nov. 1901)
- [29] TESLA Nikola, “Method of Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media”, *US Patent 685’954* (Application filed: 01 August 1899; Patented: 29 May 1901)
- [30] TESLA Nikola, “Apparatus for Utilizing Effects Transmitted from a Distance to a Receiving Device Through Natural Media”, *US Pat.685’955* (filed: 08 September 1899; Pat: 05 Nov. 1901)
- [31] TESLA Nikola, “Apparatus for Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media”, *US Patent 685’956* (Application filed: 02 November 1899; Patented: 05 Nov. 1901)
- [32] TESLA Nikola, “Art of Transmitting Electrical Energy Through the Natural Mediums”, *US Patent 787’412* (Application filed: 16. May 1900; Renewed: 17 June 1902; Patented 18 April 1905)
- [33] TESLA Nikola, “System of Signaling”, *US Patent 725’605* (Application filed: 16 July 1900; Patented: 14 April 1903)
- [1] TESLA Nikola, “Tesla’s New Discovery – Capacity of Electrical Conductors is Variable”, *New York Sun* (30 January 1901); reprinted in [12] 57-58

- [2] TESLA Nikola, "Talking with the Planets", *Collier's Weekly*, (09 February 1901) 4-5; reprinted in [12] 61-65
- [36] TESLA Nikola, "Method of Signaling", *US Patent 723'188* (Application filed: 14 June 1901; Patented: 17 March 1903)
- [37] TESLA Nikola, "The Transmission of Electrical Energy Without Wires", *Electrical World and Engineer* (05 March 1904)
- [3] TESLA Nikola, "The Transmission of Electrical Energy Without Wires As a Means for Furthering Peace", *Electrical World and Engineer* (07 January 1905) 21-24; Reprinted in [12] 78
- [39] TESLA Nikola, "Method of Signaling", *US-Patent 723'188* (Application filed: 16 July 1900, divided on 14 June 1901, Patented: 17 March 1903)
- [40] TESLA Nikola, "Apparatus for Transmitting Electrical Energy", *US Patent 1'119'732* (Application filed: 18 January 1902; renewed: 04 May 1907; Patented: 01 December 1914)
- [4] TESLA Nikola, "The Peoples Forum", *New York World* (19 May 1907); reprinted in [12]
- [5] TESLA Nikola, "Famous Scientific Illusions", *Electrical Experimenter* (February 1919); reprinted in [12] 192-199
- [6] TESLA Nikola, "The Magnifying Transmitter", *Electrical Experimenter* (June 1919) 112-113, 148, 173, 176-178; reprinted in [13] 69-75
- [44] WASER André, „The Puzzling Nature – Die rätselhafte Natur“ (May 1996) 126
- [45] WASER André, „Zur Elektrodynamik gleichförmig bewegter Ladungen“, www.andre-waser.ch (28 Juni 2000)
- [46] WASER André, „Kraftfeld des Hertz'schen Dipols auf ruhende Ladungen“, www.andre-waser.ch (28 Juni 2000)
- [47] WASER André, „Elektrische Skalarwellen: Review zum Experiment von Prof. Dr. Konstantin Meyl“, *raum&zeit* **107** (August 2000) 46-54
- [48] WASER André, „Nikola Tesla's Radiations und die kosmische Energie“, www.andre-waser.ch (29 Juli 2000)
- [49] YOST Charles A., "The Tesla Experiment – Lightning & Earth Electrical Resonance", *Tesla Book Company, Chula Vista, CA-91912* (1983)

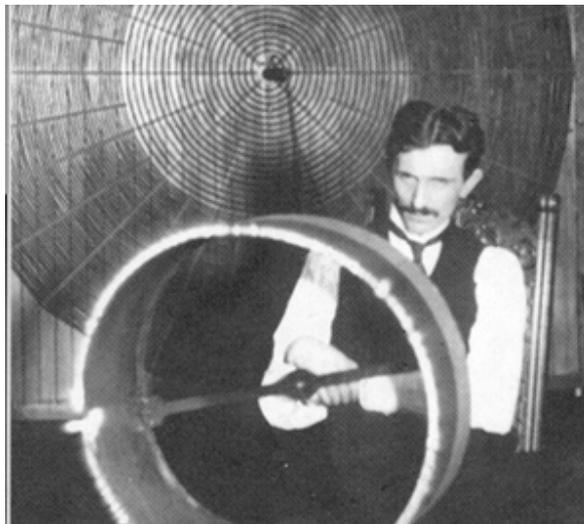


Bild 9: TESLA in seinem New Yorker Labor. Bild zum Beispiel veröffentlicht 1897 in *Electrical Review* (New York und London).

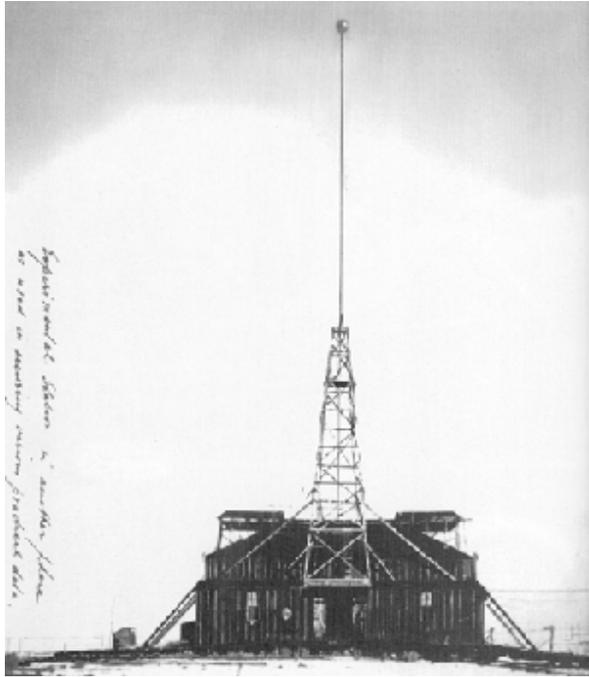


Bild 10: TESLA's Experiment bei Colorado Springs im Jahr 1899. Die Metallkugel (~75cm Durchmesser) ist höhenverstellbar bis 50 Meter über Boden.



Bild 11: Das Gerüst des ersten Tesla-Kraftwerks (gebaut ca. 1901-1903) zur Übertragung von Energie und Informationen in Wardenclyffe, Long Islands, New York. Es wurde nie vollendet.