

2. Herausragende Arbeiten

2.1 Wechselstrom

Eine der vielen Erfindungen Nikola Teslas, die in den Alltagsgebrauch eingegangen sind, sind Wechselstrom und damit zusammenhängend auch Drehstrom. Tesla entdeckte, wie bereits erwähnt, im Jahr 1882¹ als er noch in Budapest weilte, das Wechselstromdrehfeld. Die wesentlichsten Patente zu Drehstrommotor und Generator reichte Tesla im Jahr 1887² ein, nachdem er 1884 nach Amerika emigriert war. Am 1. Mai 1888³ wurden ihm insgesamt sieben Patente den Drehstromgenerator, den Induktionsmotor, den Transformator und die Drehstromkraftübertragung betreffend zuerkannt. Die Nummern dieser Patente lauten: 381.968, 382.280, 381.969, 381.970, 382.279, 382.281, 382.282.⁴

Die noch heute gebräuchliche Form des Dreiphasenmotors mit drei Leitungen und einem Nulleiter wurden von Tesla bereits am 10. und 24. April 1888⁵ eingereicht und anschließend mit den Patentnummern 390.413 und 390.414⁶ erteilt. Alle wesentlichen Merkmale des heute gebräuchlichen Drehstromsystems waren damit bereits festgelegt und haben sich seither nicht mehr grundlegend verändert. Wechselstrom kann wie folgt beschrieben werden: Wechselstrom ist ein elektrischer Strom, dessen Richtung und Stärke sich in schneller Folge periodisch ändern (Einphasenstrom). Strom und Spannung verlaufen sinusförmig und die Zeit, welche für einen Durchlauf notwendig ist, nennt man eine Periode. Die Periodenzahl je Sekunde ergibt die Frequenz, angegeben in der Einheit Hertz. Den Höchstwert, Scheitelwert jeder Schwingung bezeichnet man als Amplitude.

Es gibt aber auch Mehrphasenströme, wie beispielsweise den Drehstrom, wo jede Phase um 120 Grad, das bedeutet um eine 1/3 Periode versetzt ist.

Das Dreiphasenstromsystem ist das heute gebräuchlichste – jedes Einfamilienhaus wird mit drei unabhängigen Stromphasen und einem Nulleiter versorgt.

¹ Vgl. Slavko Bokšan, Nikola Tesla und sein Werk und die Entwicklung der Elektrotechnik, der Hochfrequenz- und Hochspannungstechnik und der Radiotechnik. Leipzig, Wien, New York 1932, S. 12.

² Vgl. ebda.

³ Vgl. ebda, S. 20.

⁴ Vgl. ebda, S. 12.

⁵ Vgl. ebda, S. 13.

Durch den von Tesla erfundenen Wechselstrom ergab sich erstmals die Möglichkeit, Elektrizität über weite Strecken zu übertragen, da der Wechselstrom leicht transformierbar ist und man somit ohne Probleme, die für weite Übertragungen notwendigen hohen Spannungen erzeugen kann. Dies war auch der Hauptgrund dafür, daß Tesla gemeinsam mit dem Industriellen George Westinghouse, an den Tesla bereits im Jahr 1888 seine Wechselstrompatente verkauft hatte, im Jahr 1891⁷ mit der Elektrifizierung der Niagarafälle beauftragt wurde. In diesem ehrgeizigen Projekt installierte Tesla zunächst drei Zweiphasenwechselstromgeneratoren, die gemeinsam eine Leistung von 15.000 PS⁸ erbrachten. In der zweiten Ausbaustufe leistete das damals von Tesla persönlich betreute Kraftwerk 50.000 PS.⁹ Gegen Ende des Jahres 1930 betrug die Leistung mehr als eine Million PS.¹⁰ Die 40 km entfernte Stadt Buffalo wurde neben einigen anderen Städten mit der an den Niagarafällen erzeugten Energie beliefert. Sehr bald schon entwickelte sich dort eine florierende Aluminiumindustrie für welche die durch den Wechselstrom ermöglichten hohen Spannungen notwendig sind.

⁶ Vgl. ebda.

⁷ Vgl. ebda, S. 46.

⁸ Vgl. ebda.

⁹ Vgl. ebda.

¹⁰ Vgl. ebda.

2.1.1 Motoren und Generatoren

2.1.1.1 Synchrongeneratoren

Die Synchrongeneratoren leiten ihren Namen direkt davon ab, daß ihre Drehzahl stets in einem festen Verhältnis zur vorherrschenden Frequenz im Wechselstromnetz, an welches sie angeschlossen sind, steht.¹¹ Bei den für die praktische Anwendung gebräuchlichsten Synchronmaschinen ist die Funktionsweise folgendermaßen: Radial angeordnete Elektromagnete, die mit Gleichstrom erregt werden, rotieren an den feststehenden, eisengefüllten stromliefernden Spulen des Stators vorbei.

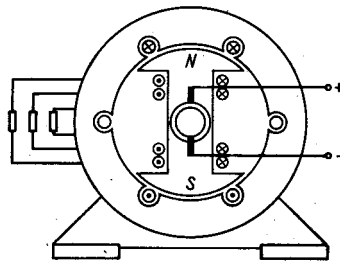


Abbildung 2: Innenpol-Synchrongenerator, Prinzipschema.

Der Stator umgibt mit den in seinen Achsen ebenso radial angeordneten Spulen von außen den inneren beweglichen Teil. Der Großteil aller Wechselstromgeneratoren funktioniert nach eben diesem Prinzip der Innenpolmaschine. Der erzeugte Wechselstrom kann von den ruhenden Statorspulen somit direkt an den Klemmen abgenommen werden.¹²

Die Frequenz (f) der induzierten Wechselspannung hängt von zwei Faktoren ab, der Drehzahl/Minute (n) des gleichstromerregten Polrades und der Polpaarzahl (p) desselben.

Hierfür gilt folgende Formel: $60 \times f = p \times n$ ¹³

¹¹ Vgl. Walter Putz, Die Synchronmaschine. Berlin 1962, S. 11.

¹² Vgl. Stromerzeuger. In: AEG-Hilfsbuch. Hrsg. von Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft. 8. Aufl. Essen 1960, S. 2/21ff.

¹³ Vgl. Drehstrommotoren. In: AEG-Hilfsbuch, ebda, S. 10/19.

Bei der üblichen Frequenz von $f = 50$ Hz. ergeben sich unter Berücksichtigung der oben zitierten Formel folgende für Synchronmaschinen mögliche Drehzahlen/Minute:

p =	1	2	3	4	5	6.....	24usw.	
n =	3000	1500	1000	750	600	500	125	Umdrehungen/Minute ¹⁴

Arbeitet eine Synchronmaschine als Generator im Inselbetrieb, also alleine, so kann sie natürlich mit beliebiger Drehzahl betrieben werden. Sie bestimmt dann nach bereits zitierter Gleichung auch die Frequenz im gespeisten Netz. Ist die Frequenz des Netzes aber schon auf andere Weise, z. B. durch andere Stromerzeuger, festgelegt, so ist jeder weitere Stromerzeuger selbstverständlich an diese Frequenz gebunden. Jede Abweichung hätte eine kurzschlußähnliche Störung zur Folge. Die Netzfrequenz im Überlandbetrieb beträgt in Europa vorwiegend 50Hz. In Amerika hat sich eine Netzfrequenz von 60Hz etabliert. Im elektrischen Bahnbetrieb kommt eine wesentlich niedrigere Netzfrequenz zum Einsatz, sie beträgt $16^{2/3}$ Hz.¹⁵

Für die Erzeugung von Wechselstrom mit Synchronmaschinen ist, wie bereits erwähnt, ein verhältnismäßig geringer Erregerstrom vonnöten. Den rotierenden Feldspulen ist über zwei Schleifringe die zur Erregung notwendige Gleichstromspannung zu übertragen. Ein Wechselstromgenerator mit einer Leistung von 10.000 kW benötigt eine Erregerleistung von nur 100 kW.¹⁶

Der Erregerstrom kann entweder von einer Gleichstromquelle entnommen, oder mit einer an den Generator gekoppelten Erregermaschine erzeugt werden. Für einen einwandfreien Netzbetrieb ist eine stets gleichbleibende Generatorklemmspannung (Abnahmespannung) vonnöten. Um die Klemmspannung konstant zu halten, muß die Erregerspannung entweder von Hand, oder selbständig in Abhängigkeit von der Belastung eingestellt werden. Dazu verwendet man sogenannte Feldsteller.¹⁷

¹⁴ Vgl. Putz, a. a. O., S. 11.

¹⁵ Vgl. Stromerzeuger. In: AEG-Hilfsbuch, a. a. O., S. 2/22.

¹⁶ Vgl. Putz, a. a. O., S 13.

¹⁷ Vgl. Stromerzeuger. In: AEG-Hilfsbuch, a. a. O., S. 2/23f.

Feldsteller sind regulierbare Widerstände, die bei Belastungsänderungen des Generators meist automatisch Einfluß auf die Erregerspannung nehmen. Durch Erhöhen oder Erniedrigen der Erregerspannung wird die Klemmspannung belastungsunabhängig konstant gehalten.¹⁸ Bei Synchrongeneratoren mit eigener Erregermaschine schaltet man einen Feldsteller in die Erregerwicklung der Erregermaschine und einen zweiten einstellbaren Widerstand in den Feldstromkreis des Generators. Die Wirkung ist dieselbe wie oben beschrieben, die Klemmspannung wird konstant gehalten. Versucht man nun die Drehzahl des Generators zu erhöhen, indem man beispielsweise der antreibenden Turbine mehr Dampf zuführt, so wird die Drehzahl nicht erhöht, sondern die Wicklungen des Stators geben mehr Leistung ins Netz und erhöhen damit das auf den Rotor ausgeübte Gegenmoment.¹⁹

Die Synchronmaschine zeichnet sich also dadurch aus, daß sie unabhängig von der Belastung die gleiche Drehzahl hält. Will man Synchrongeneratoren parallel schalten, so erfordert das für jeden Generator eine eigene Antriebsmaschine, nur so lassen sich die für das Parallelschalten notwendigen Bedingungen erfüllen. Die Bedingungen für Parallelschaltungen sind: Spannungsgleichheit, Frequenzgleichheit, und Phasengleichheit. Erst wenn alle drei Forderungen erfüllt sind, laufen die Maschinen synchron und dürfen parallel geschaltet werden.

¹⁸ Vgl. ebda, S. 2/24.

¹⁹ Vgl. Putz, a. a. O., S. 12.

2.1.1.2 Der Synchronmotor

Jede Synchronmaschine kann als Generator oder als Motor betrieben werden.

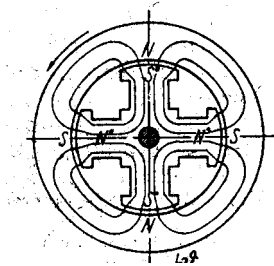


Abbildung 3: Feldbild eines Synchronmotors bei Leerlauf

Im mechanischen Leerlauf stehen die Südpole des Läufers den Nordpolen des Ständers genau gegenüber. Die Feldlinien liegen symmetrisch zu den Polachsen (siehe Abbildung 3).

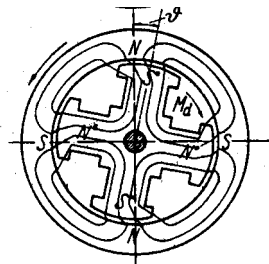


Abbildung 4: Feldbild eines Synchronmotors bei Belastung

Bei Belastung durch ein Drehmoment bleibt der Läufer hinter den Ständerpolen zurück. (siehe Abbildung 4). Die Feldlinien ziehen sich in die Länge und ziehen den Läufer hinter sich her (Lastwinkel Φ).

Gegenüber dem Asynchronmotor hat der Synchronmotor den Vorteil, daß man den Erregerstrom so einstellen kann, daß der Leistungsfaktor gleich eins wird. Der Nachteil des Synchronmotors ist, daß er Erregerstrom braucht, der meist einem besonderen Erregerumformer entnommen wird. Dieser besteht aus einem asynchronen Käfigläufermotor und einem Gleichstrom-Nebenschlußgenerator als Erregermaschine. Dieser Aufwand lohnt sich nur für größere Motoren. Aus diesem Grund wählt man gerade für größere Leistungen ab

500 kW, häufig Synchronmotoren, die mit Leistungen bis 5000 kW und mehr zum Antrieb von Umformern, Kolben und Turboverdichtern, Holzschleifern usw. verwendet werden.²⁰

Der Synchronmotor entwickelt im Anlauf kein Drehmoment. Deshalb versieht man ihn mit einer Anlaufdämpferwicklung, die aus Stäben aus Bronze oder Messing in den Polschuhen besteht, welche an beiden Seiten durch Kurzschlußringe kurzgeschlossen werden. Der Motor läuft also mit Hilfe dieser Dämpferwicklung wie ein asynchroner Käfigankermotor hoch. Die Erregerwicklung darf dabei nicht offen sein, weil sonst das Drehfeld des Ständers in ihr im Anlauf hohe Spannungen induzieren würde. Man schließt sie daher über den Anker der Erregermaschine und einen Widerstand, der etwa dem 5-10fachen Widerstand der Feldwicklung entspricht. Der Motor läuft bis dicht unter die synchrone Drehzahl hoch. Dann schließt man den Widerstand kurz, sodaß die Maschine erregt wird und in Tritt fällt. Voraussetzung dafür, daß der Anlauf gelingt ist, daß das asynchrone Drehmoment der Maschine im Anlauf größer als das belastende Moment der Arbeitsmaschine ist und daß sie dicht genug an die synchrone Drehzahl heranläuft, um sich beim Einschalten der Erregung zu synchronisieren. Es verlangt also ein ausreichendes Anzugsmoment und Eintrittfallmoment.

Synchronmotoren können aber auch durch einfaches ans Netz schalten hochgefahren werden. Dabei nehmen sie den 4-6fachen Nennstrom auf. Synchronmotoren haben hohe Leistungen und die etwa 5fache Leistung des Anlaufstroms (ab etwa 3000 kW), dieser kann meist nicht aus dem Netz bezogen werden. Außerdem ist der industriell benötigte Spitzenstrom sehr teuer. Der Anlaufstrom kann durch besondere Maßnahmen herabgesetzt werden. Die normale Statorwicklungsschaltung ist die Dreiecksschaltung, mit Normalspannungen von 380 Volt zwischen den Phasen. Um den Anlaufstrom zu reduzieren, werden Drehstrommotoren im Sternschaltungsbetrieb (220 Volt auf jeder Phase) hochgefahren. Das Verhältnis zwischen Stern- und Dreieckschaltung wird durch das Verhältnis 1,732, das ist die Wurzel aus 3, definiert. Eine weitere Möglichkeit ist es, den Motor an einen Transformator, mit etwa halber Spannung, anzuschließen.²¹

²⁰ Vgl. ebda, S. 74f.

²¹ Vgl. ebda, S. 74ff.

2.1.1.3 Der Asynchronmotor

Wie schon beim Synchronmotor beschrieben, wird auch das Drehfeld des Asynchronmotors, in den drei mit Wechselstrom gespeisten Statorwicklungen induziert. Die Schaltung der drei Spulengruppen (Phasen) erfolgt im „Stern“ oder „Dreieck“. Die Motornennspannungen stehen im Verhältnis 1,732 : 1 (380/220), ebenso die Phasenströme.

Die Motordrehzahl/Minute errechnet sich aus $60 \times f$ (Netzfrequenz) / p (Polpaarzahl des Motors).

Der Motor paßt sich beim Beschleunigen bis zur Grenze der Drehmomentbelastbarkeit jeder Belastung an. Nach dem Hochlaufen tritt ein stabiler Zustand ein, indem sich das Drehmoment des Motors und das Gegenmoment der Arbeitsmaschine das Gleichgewicht halten. Bei Über- oder Unterschreitungen der Betriebsdrehzahl strebt der Antrieb stets wieder der ursprünglichen Drehzahl zu.²²

Je nach Läuferbauart (Widerstand) ergeben sich verschiedene Drehmomentkennlinien, danach kann je nach Belastungscharakteristik der geeignetste Motortyp gewählt werden.

Als Anlaufstrombegrenzung gibt es folgende Möglichkeiten: Stern- Dreieckschaltung, Sonderläufer mit größerem Widerstand (und damit größerem Schlupf), Anlaßtransformator, Ständervorschaltwiderstände, Magnetpulverkupplung (der Motor läuft in Stern- Dreieckschaltung ohne Last hoch und wird erst dann mit der Arbeitsmaschine durch die Magnetkupplung stoßfrei gekuppelt), weiters polumschaltbare Asynchronmotoren mit mehreren Drehzahlstufen.

Als Sonderform für kleine Motoren für Büro und Haushalt muß der Einphasendrehstrommotor erwähnt werden.

²² Vgl. Drehstrommotoren. In: AEG-Hilfsbuch, a. a. O., S. 10/19.

2.1.2 Der Stromkrieg

Obgleich die direkten Vorteile des Wechselstromes gegenüber dem Gleichstrom auf der Hand lagen, gab es zur Zeit Teslas eine große Lobby, die am Gleichstrom festzuhalten versuchte. Allen voran der damals bereits bestens bekannte Thomas Alva Edison.

Edison hatte im Jahr 1882 das erste öffentliche Elektrizitätswerk der Welt in New York eröffnet, welches auf dem Gleichstromsystem basierte.²³ Außerdem befanden sich zahlreiche weitere Gleichstromkraftwerke in seinem Besitz. Edison hatte also gar kein Interesse kostspielige Umbauten vorzunehmen, um Wechselstrom erzeugen zu können. Aus diesem Grund war er ein Wechselstromgegner der ersten Stunde.

Obwohl Tesla fieberhaft daran arbeitete, einfache Umbauformen für Gleichstrom zu entwickeln, wodurch sie auch für Wechselstrom kompatibel werden sollten, startete Edison eine breit angelegte Hetzkampagne gegen den Wechselstrom. Im ganzen Land wurden zum Beispiel in regelmäßigen Abständen auf öffentlichen Plätzen von Vertretern Edisons Hunde, Katzen und andere Tiere unter Einsatz von Wechselstrom getötet.²⁴

Dennoch war der Siegeszug des Wechselstroms nicht zu stoppen. Ein Beispiel dafür war der von Tesla für die Firma Westinghouse im Jahr 1891 ausgeführte Auftrag die hydroelektrische Energie der Niagarafälle nutzbar zu machen. Dieser Erfolg war wichtig, um das durch Edison bewirkte negative Image des Wechselstroms zu verbessern. Im Jahr 1890 hatte Edison nämlich erwirkt, daß in New York ein zum Tode Verurteilter durch Einsatz von Wechselstrom hingerichtet wurde.²⁵

Tesla selbst kümmerte sich nicht allzu sehr um die zahlreichen Kontroversen, die sein Wechselstromsystem hervorrief. Er konzentrierte sich auf das Lösen von Problemen, die das neue System mit sich brachte. Er fand einen Weg bestehende Gleichstromgeneratoren so umzubauen, daß sie problemlos zur Drehstromerzeugung verwendet werden konnten. Bestehende Gleichstromübertragungsanlagen rüstete er durch Beifügen einer neuen Leitung

²³ Vgl. dtv-Brockhaus-Lexikon, a. a. O., S. 290.

²⁴ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 26.

²⁵ Vgl. ebda, S. 60.

und einer Erdung der Nullpunkte so um, daß sie viel wirtschaftlicher für Drehstrom als für Gleichstromübertragungen wurden. Die beim Umspannen des Drehstroms enorm hohen Spannungen machte Tesla durch neuartige ölisolierte Transformatoren ungefährlicher.²⁶

Langsam aber sicher wurde das Wechselstromsystem aufgrund Teslas Problemlösungsgabe sowohl unter der Bevölkerung, als auch unter hochrangigen Wissenschaftlern in seinen Vorteilen immer mehr anerkannt. Dies führte schließlich dazu, daß Tesla im Jahr 1893 den Auftrag bekam, die Columbus Weltausstellung in Chicago zu beleuchten.²⁷ Die gesamte Stadt wurde mit einer Vielzahl von Wechselstrombetriebenen Leuchtkörpern, die Tesla teilweise selbst erzeugt hatte, erhellt. Darunter fand man unter anderem erste gasgefüllte Röhrenleuchtkörper, die den heute gebräuchlichen Neonröhren sehr ähnlich waren.²⁸

Dadurch gaben selbst die größten Gegner des Wechselstroms ihren Kampf auf und paßten sich dem neuen System an. Edison stellte noch im selben Jahr all seine Kraftwerke auf Wechselstrom um. Der Stromkrieg war beendet, der Siegeszug des Wechselstroms vollzogen.

²⁶ Vgl. Bokšan, a. a. O., S. 30ff.

²⁷ Vgl. ebda.

²⁸ Vgl. ebda, S. 96.

2.2 Die Tesla Spule

Auf dem Weg zur Entwicklung des Radios, stand Tesla vor einem großen Problem. Er war sich im klaren darüber, daß sehr hohe Frequenzen notwendig sein würden, um Radiowellen durch den Raum senden zu können. Da die damals zur Erzeugung von hohen Frequenzen üblichen, mechanisch arbeitenden Generatoren unökonomisch und in ihrer praktischen Anwendung viel zu aufwendig waren, machte er sich an die Entwicklung einer neuen Hochfrequenzerzeugungsmethode.

Das Ergebnis langer und intensiver Arbeit war die sogenannte Tesla Spule²⁹, welche er am 9. Januar 1894 unter der Patentnummer 512.340 anmeldete³⁰. Der Aufbau der benutzten Tesla Versuchsspule ist relativ einfach (siehe Abbildung 5). Eine Primärspule mit nur sehr wenigen Windungen (26) umschließt eine Sekundärspule mit 1620 Windungen, zwischen den beiden Spulen befindet sich nur eine Luftschicht. Weiters gibt es einen 50 Hz Hochspannungstransformator, der seine Spannung direkt an eine variable Funkenstrecke liefert. Die beiden Pole der Funkenstrecke sind mit der Primärspule verbunden. Die eine Primärspulenversorgungsphase hat einen dem Versorgungstrafo entsprechenden leistungsfähigen Kondensator zugeschaltet, während die andere Versorgungsphase direkt von der Funkenstrecke weg zur Primärspule geleitet wird.

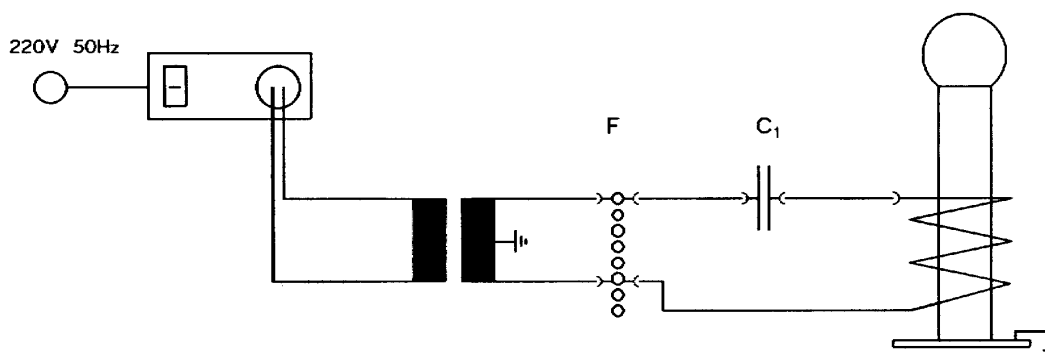


Abbildung 5: Funktionsschema der Tesla Spule/Versuchsanordnung

²⁹ Vgl. Tesla's verschollene Erfindungen. Geniale Techniken wiederentdeckt. Hrsg. von Edition Freie Energie. Wiesbaden 1994, S.30.

³⁰ Vgl. http://www.mall-usa.com/BPCS/alpha_tesla.html

Bei richtiger Einstellung der Funkenstrecke, beginnt der gesamte schwingkreisähnliche Aufbau, wenn er unter Spannung steht, in Resonanz zu geraten. Nun kann man entweder an der Sekundärspule hochfrequente Ströme abnehmen, oder erzeugt damit Blitze, wie es Tesla oftmals im Kreise seiner Besucher gerne tat.

Die Funktion der Tesla Spule kann wie bereits erwähnt, im Grunde mit der eines Schwingkreises verglichen werden, mit dem Unterschied, daß bei jeder Pendelbewegung des Stroms die Spannung nicht abnimmt, sondern am Ende jedes Zykluses ein wenig ergänzt wird, was die Erzeugung von Spannungen hoher Frequenz ermöglicht.³¹

Um dem Laien den Begriff der Resonanz und die Funktion der Tesla Spule zu erklären, verwendete Tesla folgende Darstellung:

Eine Person auf einer Schaukel mag zweihundert Pfund wiegen: sie kann jedoch von einem schwachen Jungen, der vielleicht nur fünfzig Pfund wiegt, mit einer Kraft von einem halben Kilopond angeschubst werden. Wenn der Junge jedoch jedesmal, wenn die Schaukel auf ihn zufliegt, erneut ein halbes Kilopond zugibt, muß er sie vielleicht irgendwann anhalten, um die darauf sitzende Person nicht in die Luft zu schleudern.³²

Das Herzstück der Tesla Spule ist die Funkenstrecke, mit der die Resonanzimpulse in den Schwingkreis eingespeist werden. Eine Veränderung der Länge der Funkenstrecke bewirkt eine Veränderung von Ausgangsspannung und Frequenz der Spule.

Die Tesla Spule eignet sich besonders gut für Experimente mit hochfrequenten Strömen. Bei Versuchen ist jedoch zu beachten, daß Primärspule und Funkenstrecke, wenn sie unter Spannung stehen, für einen Menschen bei Kontakt oder falscher Annäherung tödlich sein können.

Befindet sich die Spule in Resonanz, so tritt in der Sekundärspule ein besonderes Phänomen auf, nämlich der Skin-Effekt³³. Der Skin-Effekt tritt bei Frequenzen ab 2000 Hz auf. Er bewirkt, daß hochfrequente Ströme unabhängig von ihrer Spannung nicht in tierisches oder menschliches Gewebe eindringen, sondern sich nur an der Oberfläche entlangbewegen³⁴.

³¹ Vgl. Verschollene Erfindungen, a. a. O., S.30ff.

³² Cheney, a. a. O., S. 81.

³³ Vgl. Teslas verschollene Erfindungen, a. a. O., S.38.

³⁴ Vgl. ebda.

Außerdem erzeugt die Tesla Spule ein starkes elektromagnetisches Feld, welches beispielsweise auf eine Neonröhre so wirkt, daß sie, wird sie diesem Feld angenähert, ab einer bestimmten Entfernung zu leuchten beginnt. Dies unterstreicht die Bedeutung der Tesla Spule für die Entwicklung des Radios.³⁵

Die Teslaspule fand einige Jahre nach ihrer Erfindung bereits breite Anwendung in der Medizin (Diathermie-Hochfrequenzwärmetherapie³⁶) und wurde zur Therapie von Rheuma und Entzündungen aller Art eingesetzt. Tesla gelang es jedoch nicht, aus seiner Erfindung großen Profit zu schlagen, da er die Spule nicht ausreichend und unter Berücksichtigung aller damit möglichen Anwendungen hatte patentieren lassen. Dies mag als ein weiteres Beispiel dafür gesehen werden, wie unklar Teslas Beziehung zu Geld und materiellen Gütern war. In Versuchen mit der Teslaspule in seinem Labor in Colorado Springs, erzeugte Tesla später Blitze bis zu 30m Länge.³⁷



Abbildung 6: Versuch mit Tesla Spule und Neonröhre

³⁵ Vgl. dazu Kapitel Radio, FBA, S. 47.

³⁶ Vgl. Teslas verschollene Erfindungen, a. a. O., S.40.

³⁷ Vgl. dazu Kapitel Colorado Springs, FBA, S. 37.

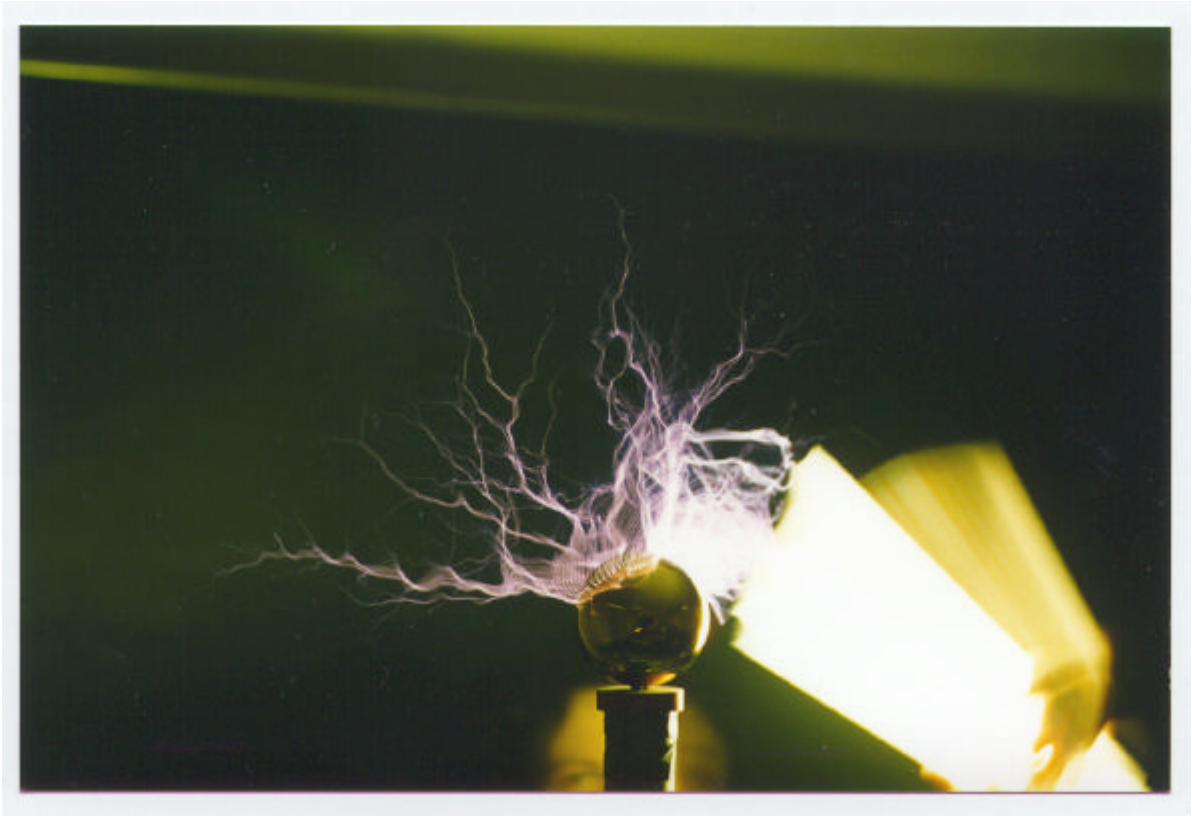


Abbildung 7: Versuch mit Tesla Spule und Neonröhre



Abbildung 8: Versuch Blitzentladung mit Tesla Spule

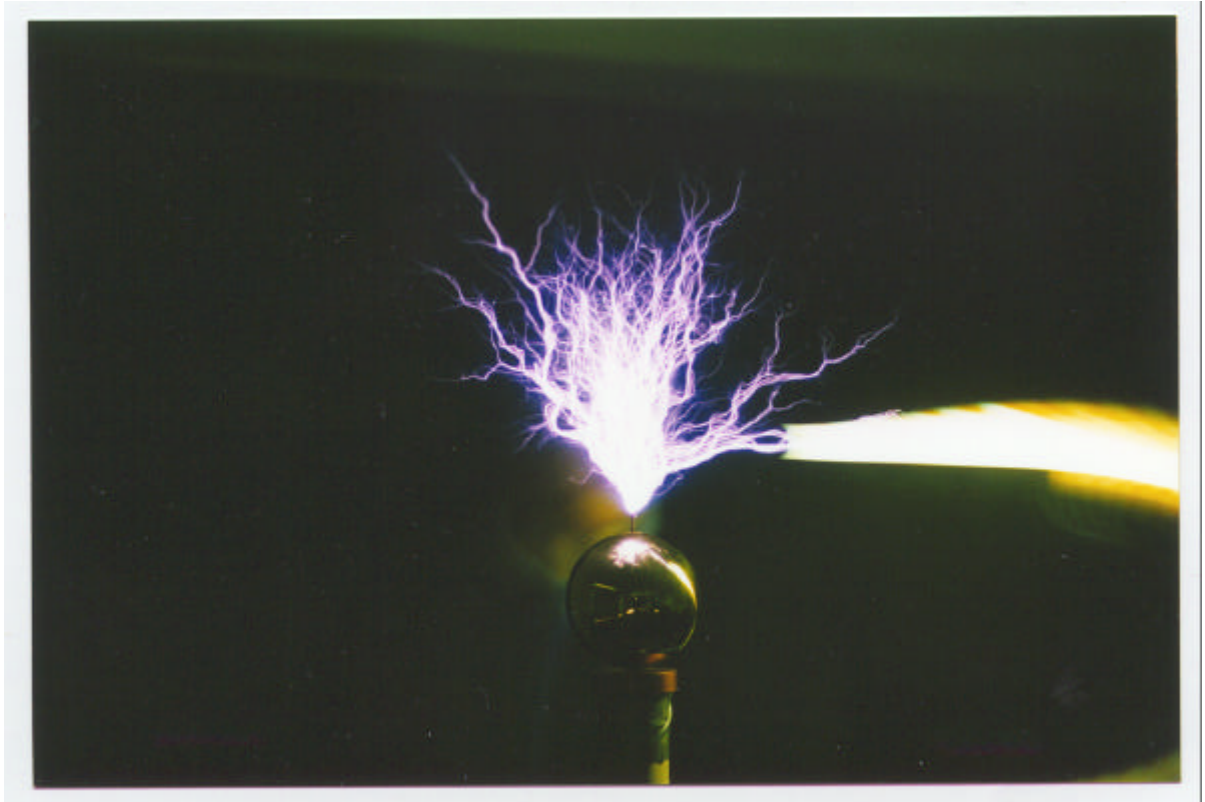


Abbildung 9: Versuch mit Tesla Spule und Neonröhre



Abbildung 10: Versuch Blitzentladung mit Tesla Spule

2.3 Projekt Colorado Springs

Tesla war davon überzeugt, daß an jedem Punkt der Erde ‚unbegrenzte‘ Energie verfügbar zu machen wäre. Diese könnte mit Hilfe einer einfachen Apparatur von jedem noch so kleinen Verbraucher angezapft werden. Wie mit einer Radioempfangseinheit sollte Elektrizität, Teslas Meinung nach, aus zwischen Norden und Süden hin- und herschwingenden Wellen absorbiert werden. Auch wenn bis heute dieses Energieversorgungssystem mehr einer Vision als einer realisierbaren Idee gleicht, war Tesla fest von der Durchführbarkeit derselben überzeugt.

Die Übertragung und Verwertung von Energie zwischen verschiedenen Stationen war Teslas größter Traum. Um diesen ein Stück weiter an die Realisierbarkeit heranzubringen, ging Tesla auch im Jahr 1899 nach Colorado Springs.³⁸ In seinem Labor in der Houston Street war nicht mehr genug Platz, um die zu dieser speziellen Energieübertragung notwendigen Hochfrequenzexperimente durchzuführen. Also begann sich Tesla intensiv nach einem Ort umzusehen, wo er theoretisch unbegrenzt hohe Spannungen einsetzen konnte. In der Mitte des Jahres 1899 entschied er sich dann für Colorado Springs. Auf einem Plateau etwa 2000 Meter über dem Meeresspiegel waren die Klima- und Luftverhältnisse genau richtig für seine Experimente.³⁹ Experimente, die vorher noch nie von irgend jemandem durchgeführt worden waren. Er erzeugte Blitze und Spannungsfelder, von denen er nicht wußte, ob sie nicht innerhalb von Sekunden alles Leben im näheren Umkreis vernichten würden.

Als er am 18. Mai 1899 in Colorado Springs⁴⁰ ankam, hatte er laut eigenen Aussagen folgende Ziele klar vor Augen:

1. Einen Sender für sehr hohe Spannungen zu entwickeln.
2. Isolierung und Nutzbarmachung der übertragenen Energie (für individuelle Bereiche).
3. Die Gesetze zur Übertragung von Energie durch die Erde und die Atmosphäre erfahrbar machen.⁴¹

³⁸ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 168.

³⁹ Vgl. ebda.

⁴⁰ Vgl. ebda.

⁴¹ Nikola Tesla, Colorado Springs Notes 1899-1900. The manuscript of Nikola Tesla prepared for publication by the Nikola Tesla Museum, Beograd. Scientific commentaries by Aleksandar Marincic. Beograd 1978, S. 12.

Zur Übertragung von hohen Spannungen durch die Atmosphäre setzte Tesla voraus, daß Gase, wie sie in Luftschichten um die 15,000 Meter vorhanden sind, ausgezeichnete Leiter darstellen, und daß mit Hilfe großer Wetterballons enorm hohe Spannungen in die Atmosphäre eingespeist werden könnten. Er war sich jedoch aufgrund gründlicher Berechnungen bewußt, daß dazu sehr hohe Spannungen benötigt werden würden. In Colorado Springs machte Tesla wichtige experimentelle Erfahrungen zu diesem Thema. Als er dann ein Jahr später sein erarbeitetes Wissen im Projekt von Wardenclyffe in die Praxis umsetzen wollte, versagte man ihm aber nach einiger Zeit jedwede finanzielle Unterstützung. Der Gedanke, daß jeder Mensch auf Erden mit Hilfe einer einfachen Apparatur schier unbegrenzt mit Energie versorgt werden könnte, erfüllte die Industriemachthaber mit Furcht und Angst.

Bei einem Versuch in Colorado Springs mit einem leistungsstarken Sender, gelang es Tesla zufällig dichtesten Nebel in seinem Labor zu erzeugen. Dazu sagte er selbst, was ihn auf weitere Gedanken brachte:

Ich bin fest davon überzeugt, daß wir in einer trockenen Zone eine geeignete Anlage errichten können, diese dann gemäß bestimmter Regeln und Beobachtungen betreiben und mit ihrer Hilfe für Bewässerungs- und Energie-Erzeugungszwecke unendliche Mengen Wasser aus den Ozeanen fördern können. Sollte ich nicht lange genug leben, um dies selbst zu realisieren, so wird es jemand anderer tun - aber ich bin sicher, daß ich recht habe.⁴²

Weiters sah Tesla während seiner Versuche in Colorado Springs erstmals sogenannte Kugelblitze, von deren Existenz er bis dahin nichts gewußt hatte. Bis heute ist das Phänomen der Kugelblitze nicht sehr erforscht, sie kriechen langsam über den Boden, wenn sie mit Flugzeugen zusammentreffen, so bleiben sie auf dem Kabinenboden liegen und verschwinden dann schlagartig wieder. Tesla behauptete, sogar künstlich Kugelblitze erzeugt zu haben, bis dahin tauchten diese immer nur wie Unkraut genau dort auf, wo man sie am wenigsten brauchen konnte. Nicht einmal heute kann jemand Teslas Leistung wiederholen, auch nicht mit hochspeziellen und enorm kostspieligen Teilchenbeschleunigern ist es möglich, Kugelblitze zu erzeugen.⁴³

Ein weiterer Punkt, warum Tesla nach Colorado Springs gekommen war, war daß er nicht beeinflussbare Radiowellen entwickeln wollte, was ihm auch gelang. Ein Artikel in einem

⁴² Zitiert nach Cheney, a. a. O., S. 185.

⁴³ Vgl. ebda, S. 185ff.

Wissenschaftsmagazin vom November 1899 informierte darüber, daß Mr. Tesla schnelle Fortschritte auf dem Gebiet der Radiowellensendung mache, welche nicht von außen gestört werden könnten und es somit auch keine Frequenzenüberlagerung gäbe.⁴⁴

Obwohl Tesla eigentlich vorgehabt hatte, zur Weltausstellung in Frankreich über den Atlantik eine Botschaft zu senden, tat er dies nicht, da er zu sehr mit seiner Arbeit beschäftigt war. Auch bemerkte er so gut wie gar nicht den Jahreswechsel 1900,⁴⁵ denn zu diesem Zeitpunkt war er gerade dabei, alle in Colorado Springs gemachten Notizen zu ordnen und seine Geräte für die baldige Rückreise nach New York fertig zu machen. Tesla hatte die sich selbst gesetzten Ziele erreicht und war somit bereit, die Weiterentwicklung des Radios fortzusetzen..

Am 11. Jänner 1900 kam er schließlich nach New York zurück,⁴⁶ und war sehr zufrieden über die erzielten Ergebnisse. Er hatte etwa 8 Monate in Colorado Springs verbracht und durchschlagende Erfolge erzielt.

Die gesamte Zeit und die Fortschritte Teslas in Colorado Springs sind durch das von ihm selbst geführte Tagebuch sehr genau dokumentiert, anders als die meisten seiner Aufzeichnungen ist alles geordnet und klar ersichtlich. Man vermutet, daß er derart sorgfältig Tagebuch führte, um die Versuchsergebnisse zu konservieren, um bei einem Verlust von Ausrüstungsmaterial, wie es beim Brand in seinem Labor in der 5th Avenue 1895 geschehen war, nicht alles zu verlieren.

Das Tagebuch umfaßt alle Experimente, die im Zeitraum zwischen dem 1. Juni 1899 und dem 7. Jänner 1900 gemacht wurden. Die gesamten Tagebuchaufzeichnungen sind im Besitz des Nikola Tesla Museums in Belgrad, welches auch immer wieder interpretierte Zusammenfassungen dazu veröffentlicht.⁴⁷

Tesla erreichte mit dem Projekt Colorado Springs die Ziele, die er sich am Anfang gestellt hatte und war dadurch der weiteren Entwicklung des Radios wesentlich nähergekommen.

⁴⁴ Vgl. ebda.

⁴⁵ Vgl. ebda, S. 188.

⁴⁶ Vgl. ebda, S. 189.

⁴⁷ Vgl. Tesla, Notes, a. a. O., S. 23ff.

2.4 Wardencllyffe

Nachdem Nikola Tesla nach seinem Arbeitsaufenthalt in Colorado Springs nach New York zurückgekehrt war, gab es für ihn sehr viel zu tun. Speziell Energie- und Radioübertragung bedurften noch umfassender und intensiver Beschäftigung, um als ausgereift bezeichnet werden zu können. Innerhalb von zwei Jahren meldete er dann eine Reihe von Patenten an, die alle auf Versuchen und Beobachtungen, die er in Colorado Springs gemacht hatte, beruhten.

Zunächst entwickelte Tesla eine Methode zur Intensitätserhöhung elektrischer Oszillatoren, ein Patent welches er am 22. Oktober 1901 anmeldete (Nr. 685.012)⁴⁸. Zwei weitere Patente wurden an ihn während der Zeit zwischen 1900-01 vergeben, eines (Nr. 11.865 am 23. Oktober 1900)⁴⁹ beschrieb eine Methode zur Erzeugung von unterirdisch verlegbaren Kabeln. Ein anderes (Nr. 655.838 am 14. August 1900)⁵⁰ behandelte ein spezielles gasartiges Kühlmittel, welches den Widerstand elektrischer Leiter minimieren helfen sollte. Erst in den 70er Jahren unseres Jahrhunderts wurde wieder auf dem Gebiet der Supraleiter geforscht und da wurde Tesla plötzlich wieder sehr aktuell.

In der sogenannten Kryogenik⁵¹, welche Tesla eindeutig begründete und welcher heute große Beachtung geschenkt wird, werden Leiter bis knapp an den absoluten Nullpunkt (ca. -273°C) abgekühlt, was zu einer vollständigen Reduktion des Widerstandes führt.⁵²

Teslas eigentliche Intention nach seiner Rückkehr nach New York war jedoch die konkrete Verbesserung und Weiterentwicklung des Radios. Dazu benötigte er aber dringend Geld, da ihn der Aufenthalt in Colorado Springs 100.000 Dollar gekostet hatte, und seine Finanzen nicht die besten waren.⁵³ So mischte er sich zielstrebig unter ganz bestimmte machthabende Leute, besuchte regelmäßig den Player's Club, ging in den schönen Palmensaal des Waldorf Astoria und war bei vielen anderen finanziell mächtigen Gesellschaften und Privatpersonen anwesend. Um in der Öffentlichkeit wieder mehr Präsenz zu erlangen, veröffentlichte Tesla Artikel in Magazinen wie dem *Century Magazine* mit dem Titel *Das Problem des*

⁴⁸ Vgl. http://www.mall-usa.com/BPCS/grant_tesla.html

⁴⁹ Vgl. ebda.

⁵⁰ Vgl. ebda.

⁵¹ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 189f.

⁵² Vgl. ebda.

⁵³ Vgl. ebda, S. 190.

*wachsenden Energiebedarfes der Menschheit.*⁵⁴ Wie in anderen Artikeln zuvor, waren auch diese eher philosophisch geprägte und nicht so sehr klare, mit Beweisen und Beispielen belegte wissenschaftliche Abhandlungen. Natürlich brachten ihm derartige Artikel jede Menge Kritik ein, dennoch kam immer wieder Unterstützung von kompetenter Stelle.

Thomas Commerford Martin sagte in direkter Reaktion auf den oben zitierten Artikel:

Man hat Mr. Tesla für einen Visionär gehalten, der sich vom Aufblitzen flüchtiger Sternschnuppen täuschen ließ, aber unter seinen Berufskollegen wuchs die Überzeugung, daß er als erster die schwachen Lichter sah, die über greifbaren neuen Kontinenten der Wissenschaft aufflackern, einfach weil er weiter sehen konnte [...].⁵⁵

Teslas Traum war, ein Weltrundfunksystem unter Verwendung seiner Hauptradiopatente einzurichten. Das dafür notwendige technische Verständnis war nicht das Problem, sondern wie schon so oft zuvor das liebe Geld. Also stellte er Anträge an Westinghouse, Astor Ryan und andere Großindustrielle, den Ausbau seines Weltrundfunksystems durch Investitionen zu unterstützen. J. Pierpont Morgan, ein einflußreicher Industrieller und Geschäftsmann, zeigte großes Interesse an Teslas Idee und lud ihn zu einem Gespräch ein, wobei Tesla kein Wort über die Hauptintention des Projekts, nämlich die drahtlose Energieübertragung, verlor, da er wußte, daß dies den realistischen und geschäftstüchtigen Morgan allzu sehr verwirrt hätte. So wurde über Geld, Energie im allgemeinen und vieles mehr gesprochen. Tesla erzählte von seiner Vision, alle Signale von nur einem einzigen großen Turm zu übertragen und er kündigte auch ein Monopol der Radioübertragung an. Dies machte Morgan hellhörig und er tat sein Interesse, diverse Investitionen für des Weltrundfunkprojekt tätigen zu wollen, kund.⁵⁶

Tesla, der natürlich zutiefst erfreut über Morgans Interesse war, verfaßte tags darauf einen Brief an Morgan, aus dem hervorging, daß er bereits alle nötigen Patente habe und sofort mit der Realisierung des Projekts begonnen werden könne. Tesla schätzte die Kosten für einen Bau zum Aufbau von Atlantikfunkverbindungen auf 100.000 Dollar und jene für die Transpazifikübertragung auf 250.000 Dollar. Dabei erwartete er für den Bau des Transatlantiksenders 6 - 8 Monate und für den Transpazifiksender 12 Monate Bauzeit.⁵⁷

⁵⁴ Vgl. ebda, S. 191.

⁵⁵ Zitiert nach ebda, S. 205.

⁵⁶ Vgl. ebda, S. 195f.

⁵⁷ Vgl. ebda.

Gleich nach Erhalt des Briefes erklärte sich Morgan bereit, 150.000 Dollar zur Verfügung zu stellen. Er verlangte aber als Sicherheit für die Geldeinlage von Tesla, ihm 51 % der Radiopatente zu überschreiben. Tesla antwortete darauf mit einem äußerst verschlüsselten Brief, aus dem keine wirklich klare Stellungnahme zu Morgans Forderung hervorging, - Morgan zahlte aber trotzdem.⁵⁸

Tesla hatte nun Geld genug, um sein Vorhaben in die Tat umzusetzen, so glaubte er jedenfalls. Er ging also auf die Suche nach einem geeigneten Grundstück, um seinen Sender aufzubauen. Schließlich erwarb er 80 Hektar Land auf Long Island. Es war ein isoliert erscheinendes Stück Land, etwa 100 Kilometer von Brooklyn entfernt.⁵⁹ Nikola Tesla war überaus glücklich und taufte das gesamte Gelände Wardencllyffe. Tesla hatte natürlich schon wieder Visionen vor Augen, die weit über den Bau eines Senders hinausgingen. Er stellte sich vor, wie tausende Beschäftigte rund um den Sender in einem Industriepark noch nie dagewesener Größe leben sollten. Eine Vision die nicht einmal ansatzweise realisiert werden sollte.⁶⁰

Anfangs lief alles bestens, Tesla bestellte am 1. März 1901 persönlich bei Westinghouse in Pittsburgh die ersten Generatoren und Transformatoren.⁶¹ Zeitgleich dazu suchten Vertreter Teslas an der Küste Englands nach einem geeigneten Sendeplatz, denn der Sender von Wardencllyffe benötigte ein Gegenstück. Die Planung und Konstruktion des Sendeturms und der umliegenden Gebäude hatte der berühmte Architekt Stanford White übernommen. Tesla hatte ihn früher einmal bei einer feinen Gesellschaft kennengelernt, ihm vom Weltrundfunksystem erzählt und somit sein Interesse geweckt, was dazu führte, daß er auch die Planung übernahm.⁶²

Ein Mitarbeiter Whites arbeitete an der planmäßigen Konstruktion des Sendeturmes, welcher 8eckig und ganz aus Holz gebaut werden sollte, um eine negative Beeinflussung der Wellen zu vermeiden. Der Turm sollte außerdem an der Spitze eine Kupferelektrode von 30 Meter Durchmesser haben. Es konnte aber kein Ingenieur oder Zimmermann sagen, ob die geplante Holzkonstruktion auch dem Wind standhalten würde, da noch nie zuvor etwas derartiges gebaut worden war. Als Stanford White einen detaillierten Kostenvoranschlag ausgearbeitet

⁵⁸ Vgl. ebda.

⁵⁹ Vgl. ebda, S. 197.

⁶⁰ Vgl. ebda.

⁶¹ Vgl. ebda.

⁶² Vgl. ebda, S. 193.

hatte und diesen Tesla unterbreitete, wurde klar, daß nicht wie geplant zwei, sondern nur ein Turm gebaut werden könne.⁶³

Während die Planung des Turmes und der anhängenden Gebäude noch im Gange war, suchte Tesla bereits wieder nach neuen Mitteln und Wegen, um zu Geld zu kommen. Er mietete sich ein Büro im Metropolitan Tower, um sich beruflich besser repräsentieren zu können, und somit möglicherweise weitere Finanziere zu finden.

Um Geld zu bekommen, entwickelte er einen für ein ganz spezielles Gebiet verwendbaren Induktionsmotor, welcher bei Westinghouse hätte gebaut werden sollen. Es klappte aber etwas mit der Zusammenarbeit nicht und so brachte der Motor eher weniger ein. Des Geldes wegen, tat sich Tesla sogar die Schmach an, Teile von Westinghouse Maschinen in einem von Edisons New Yorker Kraftwerken zu installieren.⁶⁴

Doch am 12. Dezember 1901⁶⁵ wurden alle hektischen Vorbereitungen von einer Nachricht erschüttert. Es wurde verbreitet, Marconi habe von Cornwall über den Atlantik bis nach Neufundland das Zeichen S übertragen. Noch viel schlimmer, als die Nachricht an sich, war die Tatsache, daß die Botschaft ohne große Sendetürme, wie sie Tesla zu benötigen glaubte, gesendet wurden. Auch verwendete Marconi um die Botschaft zu übermitteln, alle zur Übertragung notwendigen Patente Teslas. Darauf einmal angesprochen, sagte Tesla etwas höhnisch, daß Marconi nur weitermachen solle, da er 17 seiner Patente verwende.⁶⁶

Tesla empfand es natürlich als einen Frevel, daß ihm Marconi die Anerkennung unter Verwendung seiner eigenen Patente stahl und viel wertvolle Aufmerksamkeit für sein Weltrundfunksystem abzog. Im Zuge des Baus von Wardenclyffe, wurde Tesla immer ungeduldiger mit sich und seinen Mitarbeitern, und um alles zu beschleunigen, holte er sogar den Radioingenieur Fritz Lowenstein nach Amerika, dieser arbeitete dann auch beim Aufbau des Turmes mit. Die finanziellen Probleme wuchsen aber beständig, Tesla suchte nach neuen Finanzierungsmöglichkeiten und als alles nichts half, trat er abermals schriftlich mit Morgan in Kontakt, wobei er diesmal die eigentlichen Ziele seines Projektes, nämlich jene der drahtlosen Energieübertragung, offenlegte. Elf Tage später kam die vernichtende Antwort von

⁶³ Vgl. ebda, S. 197.

⁶⁴ Vgl. ebda, S. 198.

⁶⁵ Vgl. ebda, S. 199.

⁶⁶ Vgl. ebda, S. 200ff.

Morgan: „Ich habe Ihren Brief erhalten und würde in Erwiderung darauf sagen, daß ich gegenwärtig nicht geneigt bin, weitere Vorschüsse zu gewähren.“⁶⁷

Somit war Morgan eindeutig aus dem Geschäft ausgestiegen. Die Meldung, daß Morgan sich nicht mehr am Weltsender beteiligte, hatte zur Folge, daß alle glaubten, Tesla hätte sich ein nicht realisierbares, wirtschaftlich unrentables Projekt aufgebürdet. Morgan war sehr respektiert und für kühle, neutrale Entscheidungen bekannt, dadurch zogen sich auch alle anderen kleineren Finanziers zurück.⁶⁸

Für Tesla schien alles zusammenzuberechnen, er versank in Schulden, und wußte nicht, wie er sie loswerden sollte, außerdem wurde der Architekt von Wardenclyffe, Stanford White, am 26. Juni 1906 erschossen.⁶⁹ Teslas treuester Mitarbeiter Scherff wechselte aus Geldgründen zu einer anderen Firma über, beide blieben aber weiterhin in Kontakt und Scherff ließ Tesla manchmal kleinere Geldbeträge. Das Weggehen seines Mitarbeiters war aber ein großer Verlust für den Erfinder. Und zu allem Überdruß bekamen im Jahr 1909 Marconi und Carl F. Braun den Nobelpreis für die eigenständige, aber parallele Entwicklung der drahtlosen Telegraphie.⁷⁰

Teslas Lage war zwar aussichtslos, aber er sah nicht ein, warum all die harte Arbeit umsonst gewesen sein sollte. Er kam nur mehr sehr sporadisch nach Long Island. Bald konnte er sich auch die zur Bewirtschaftung notwendigen Mitarbeiter nicht mehr leisten. Als das Gebäude unbewacht war, kamen Vandalen und zerstörten Ausrüstungsgegenstände und verwüsteten wichtige Notizen.

Im Jahre 1912 erdreistete sich die Firma Westinghouse auch noch eine Verfügung gegen Tesla zu erwirken, mit der Begründung, daß er Ausrüstungsgegenstände im Wert von 23.500 Dollar nicht bezahlt hätte, weshalb große Teile seines Labors auf Long Island aus Sicherheitsgründen beschlagnahmt wurden. Angesichts der Tatsache, daß Westinghouse mit und durch Tesla ein Vermögen erwirtschaftet hatte, erscheint dieser Schritt nicht nur ungerechtfertigt, sondern auch inhuman.⁷¹

⁶⁷ Zitiert nach ebda, S. 204.

⁶⁸ Vgl. ebda.

⁶⁹ Vgl. ebda, S. 214.

⁷⁰ Vgl. ebda, S. 217.

⁷¹ Vgl. ebda, S. 215.

Um trotz der Turbulenzen weiterhin vornehm im Waldorf Astoria logieren zu können, hinterlegte Tesla beim Hotel zwei Pfandbriefe für Wardenclyffe. Als er 1915 absolut zahlungsunfähig wurde, vermachte er den ganzen Besitz auf Long Island der Waldorf Astoria Incorporation. Der Turm wurde am 4. Juli 1917⁷² gesprengt, die Holzkonstruktion erwies sich jedoch als widerstandsfähiger als erwartet, denn es waren mehrere Sprengungen notwendig, um den Wardenclyffe-Tower zum Zusammenbrechen zu bringen. Der Wert des verbliebenen Holzes betrug exakt 1.750 Dollar.⁷³ Tesla sagte später in einem Brief an Scherff: „Ich habe nicht gerade geweint, als ich meinen Ort wiedergesehen habe, aber ich war nahe daran.“⁷⁴

So ging die Vision eines Erfinders, welche vielleicht die größten Versorgungsprobleme der Welt hätte lösen können, einfach verloren.

⁷² Vgl. ebda, S. 216.

⁷³ Vgl. ebda.

⁷⁴ Zitiert nach ebda.

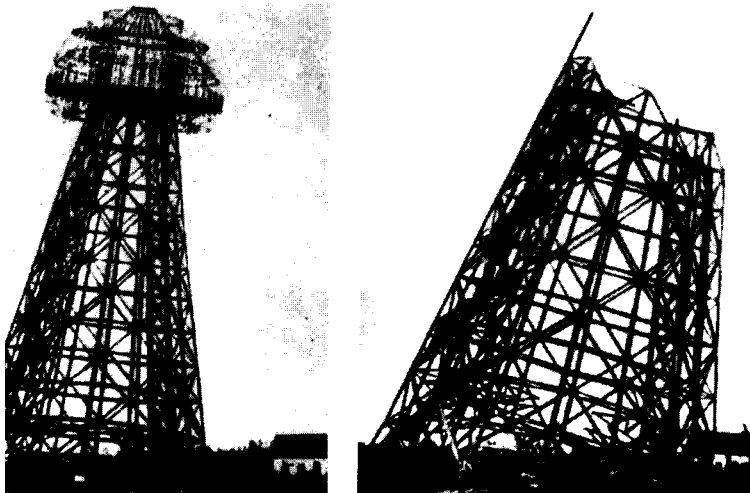
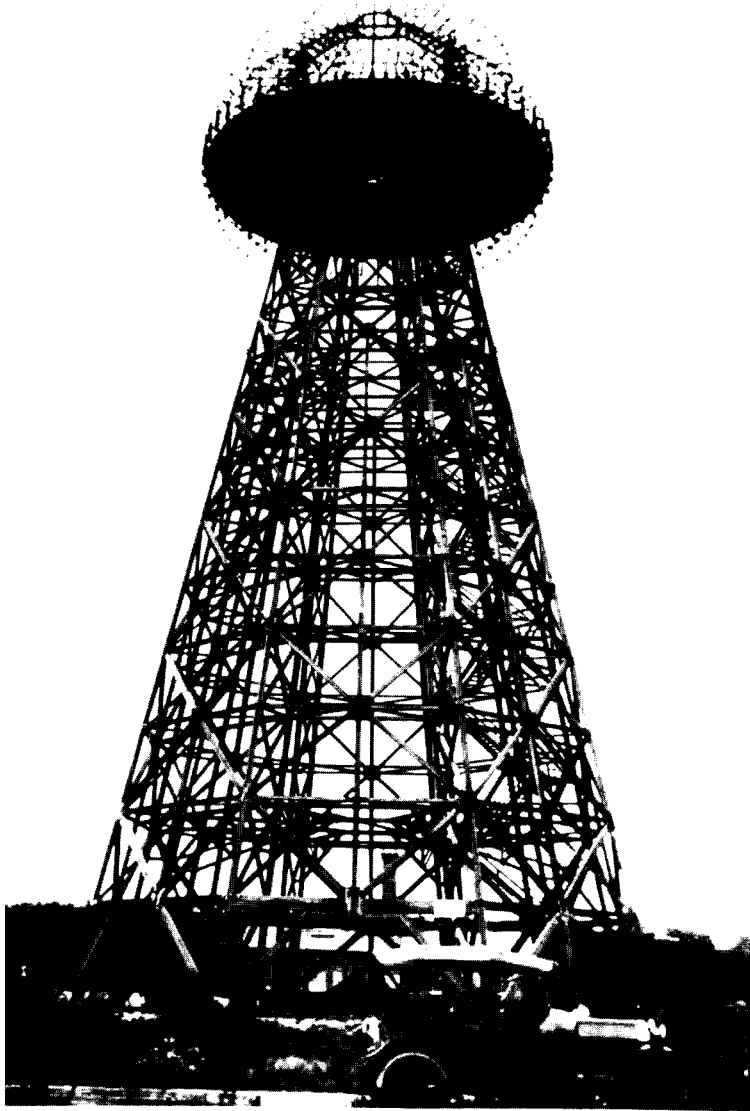


Abbildung 11: Turm von Wardenclyffe, einmal noch im Aufbau und dann beim Abriß.

2.5 Das Radio

An den Anfang dieses Kapitels soll die grundlegende Funktionsweise des Radios gestellt werden. Zunächst benötigt man für die Aussendung von Radiowellen eine Stromquelle mit ausreichend hoher Frequenz⁷⁵ (wozu sich die Teslaspule bestens eignet).

Die hochfrequenten Ströme werden, indem man sie auf eine Sendeantenne leitet, abgestrahlt und pflanzen sich im Raum in Form von elektromagnetischen Wellen fort. Um den Empfang von Radiowellen verstehen zu können, muß man sich zunächst mit dem Maxwell-Prinzip⁷⁶ vertraut machen, welches besagt:

Ändert sich ein elektrisches Feld, so entsteht ein magnetisches Feld, ändert sich das magnetische Feld, so führt dies zu einer Induktion, wodurch Spannung entsteht. Elektrische und magnetische Felder bedingen sich also gegenseitig.

Zwar werden die Radiowellen auf ihrem Weg durch den Raum je nach Entfernung quadratisch schwächer, das Maxwellprinzip wird aber, wenn sie auf eine Empfangsantenne treffen dennoch wirksam, wodurch in der Empfangsantenne eine Spannung induziert wird. Diese Spannung kann anschließend verstärkt werden, was entweder zu Rauschen, oder wenn die Welle moduliert ist, zu dem uns allen bekannten Radioempfang führt. Für den Empfang ist die sogenannte Antennenspannung wichtig. Diese hängt von der Entfernung des Senders zur Empfangsantenne ab. Befindet sich die Antenne nur wenige Kilometer von einem leistungsstarken Sender entfernt, so können Antennenspannungen von mehreren Volt auftreten. Die Antennenspannung ist um so größer, je höher die Potentialdifferenz zwischen Antennenende und Erdung ist.⁷⁷ Die an der Empfangsantenne auftretende Spannung ist in weiterer Folge ein Maß für die Lautstärke mit der das Gesendete am Empfangsort aufgenommen werden kann.⁷⁸

Die verschiedenen Formen der Modulation (das Bepacken der Radiowellen mit Information) wird im Laufe des Kapitels noch genau beschrieben werden. Zunächst aber sollen die verschiedenen Entwicklungsschritte des Radios ausgehend von seinem Erfinder Nikola Tesla erläutert werden.

⁷⁵ Vgl. Heinz Richter, Radiotechnik für Alle. 14. Aufl., Stuttgart 1964, S. 22.

⁷⁶ Vgl. Josef Schreiner, Physik 3. Für die Oberstufe der AHS. 1. Aufl., Wien 1991, S. 118.

⁷⁷ Vgl. ebda, S. 76f.

⁷⁸ Vgl. ebda, S. 77.

Fragt man heute jemanden aus dem Bereich der Elektrotechnik oder des Rundfunks, wem der Verdienst der Erfindung des Radios zuzuschreiben ist, so wird bestimmt Marconi als Erfinder des Radios zitiert werden. Es ist typisch für viele Erfindungen Teslas, daß immer wieder mehr oder weniger bedeutungsvolle Leute Ansprüche auf eindeutig von ihm vollbrachte Erfindungen erhoben haben. Beim Radio wird dies in besonderem Maß deutlich, denn in fast allen Lexika wird Marconi als Urheber des Radios angegeben, was in Wirklichkeit völlig falsch ist, da Tesla sämtliche Patente auf Radio, Funk und Fernsteuerungstechnik innehatte.

Nachdem in einem von Marconi initiierten Prozeß selbiger unerklärlicherweise als Erfinder des Radios erklärt wurde, erhob Tesla im Jahr 1915 Anklage gegen Marconi.

Am 21. Juni 1943⁷⁹ revidierte der Oberste Gerichtshof der Vereinigten Staaten schließlich auch das anfangs für Marconi gefällte Urteil und verfügte, daß Tesla allen Konkurrenten mit seiner grundlegenden Radiopatente zuvorgekommen war.

Tesla hatte bereits 1897 bis 1900⁸⁰ die Patente für das Radio eingereicht und bekam sie, wie bei fast allen seinen Erfindungen sofort erteilt, während Marconi erst 1900, nachdem er nachweislich in einer Fachzeitschrift von Teslas Erfindung gelesen hatte, Patentansprüche erhob. Parallel zu seinen Radiopatenten reichte Tesla damals auch gleich einige Patente zur drahtlosen Energieübertragung ein. Dieses System der drahtlosen Energieübertragung hatte Tesla bereits im Jahr 1893⁸¹ entwickelt und in Fachkreisen vorgestellt, eine Tatsache die ihm eindeutig in all diesen Bereichen die Rolle des Vorreiters und Erfinders zusichert.

Dr. James R. Wait schreibt über Tesla bezüglich seiner Radiopatente:

Die gezeigte einfache Abbildung, die auf Teslas Entdeckung 1893 beruht, stellt die Geburt der Übertragung der drahtlosen Kommunikation dar. Zugegeben-sie folgt den gelehrten theoretischen und experimentellen Untersuchungen von Hertz, der den Vorgang in einiger Entfernung von einer Funkenstrecken-Entladung demonstrierte. Aber sie nimmt Marconis Erfindungen und seine praktischen Vorführungen drahtloser Telegraphie um ein paar Jahre vorweg.⁸²

⁷⁹ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 218.

⁸⁰ Vgl. ebda, S. 220.

⁸¹ Vgl. ebda, S. 222.

⁸² Zitiert nach ebda, S. 218.

Ein Grund, warum das Gericht anfangs möglicherweise fehlerhaft für Marconi gesprochen hatte, mag gewesen sein, daß zwischen Empfang und Übertragung von Radiosignalen und dem Gesamtbereich der Sprachübertragung damals keine klare Grenze gezogen wurde. Denn die Sprachübertragung, welche nur einen Teil des Radios darstellt, wurde erst durch De Forests Audion bzw. Triodenröhre realisierbar. Das einzige, was beim Radio wirklich Bedeutung hat, sind die zur Übertragung verwendeten Wellen und nicht das Übertragene an sich. Diesem Gesichtspunkt folgend revidierte dann das Oberste Gericht der USA auch sein Urteil zugunsten Nikola Teslas. Es befand, wie bereits erwähnt, daß Teslas Radiopatent mit der Nummer 645.576 (eingereicht: 2. 9. 1897, erteilt: 20.3.1900)⁸³ Marconis Kombination aus vier abgestimmten Schaltkreisen vorwegnahm.

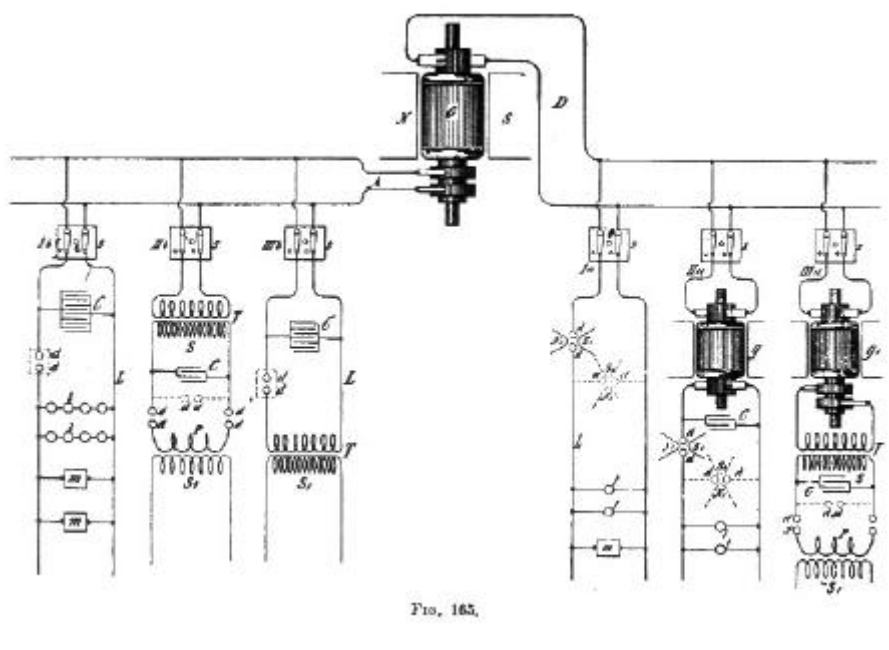


Abbildung 12: Die Abbildung stammt aus einem von Tesla im Jahr 1893 gehaltenen Vortrag, und wird oft als Beweis seines Anspruchs auf die Erfindung des Radios zitiert.

Am 5. März 1904 veröffentlichte Tesla in der Fachzeitschrift *Electrical World and Engineer* einen Artikel, in dem er klar und prägnant die konkrete zukünftige und heute wohl bekannte Entwicklung des Radios beschrieb. Auch ging Nikola Tesla noch einen Schritt weiter und machte Andeutungen zur allgemeinen drahtlosen Nachrichtenübertragung:

[W]eltweite Telegraphie markiert, so glaube ich, in den Grundzügen der Wirkung, der verwendeten Mittel und der Anwendungsmöglichkeiten einen radikalen und fruchtbaren Neuanfang im Gegensatz zu allem bisher Dagewesenen. Ich zweifle nicht daran, daß

⁸³ Vgl. http://www.mall-usa.com/BPCS/grant_tesla.html

sich diese Technologie als überaus effizient für die Belehrung der Massen erweisen wird, besonders in noch unzivilisierten Ländern und wenig zugänglichen Gebieten, und daß sie wesentlich zur allgemeinen Sicherheit, zu Komfort und Annehmlichkeit sowie zur Wahrung friedlicher Beziehungen beitragen wird. Sie umfaßt die Errichtung einer Reihe von Stationen, die alle in der Lage sind individuelle Signale bis in die allerletzten Winkel der Erde zu übertragen. Sie werden sich alle vorzugsweise in der Nähe von wichtigen Kulturzentren befinden, und die Nachrichten, die über jeden Kanal bei ihnen eingehen, werden blitzschnell an jeden Punkt der Erde ausgestrahlt werden. Ein einfaches und billiges Gerät, daß man in der Tasche bei sich trägt, kann dann überall auf See oder zu Land eingesetzt werden, und dieses wird die Nachrichten der Welt registrieren oder alle erdenklichen Sondermeldungen, für deren Empfang es gedacht ist. Dadurch wird die gesamte Erde in ein riesiges Gehirn verwandelt, das in all seinen Teilen zur Antwort fähig ist. Da eine einzige Station mit nur 100 Pferdestärken Hunderte Millionen Geräte ansprechen kann, wird das System praktisch über unbegrenzte Arbeitskapazität verfügen, und es muß notwendigerweise die Nachrichtenübertragung ungeheuer vereinfachen und verbilligen.⁸⁴

Tesla ist es zuzuschreiben, als erster die für das Senden und Empfangen von Botschaften notwendigen Verstärker richtig abgestimmt zu haben, was ihm wenige Spezialisten, die ihr Leben der Radiotechnik gewidmet haben, auch zuerkannten. Mr. E. J. Quinby, General T. O. Manborgue und Mr. J. G. Etone waren die wenigen, welche Tesla auf der ganzen Linie, auch nach dessen Tod volle Unterstützung zukommen ließen.⁸⁵

Marconi schaffte es, als die Urheberrechtsprozesse noch nicht angelaufen waren mit Teslas Rundfunksystem, welches er als sein eigenes Werk bezeichnete, große Erfolge zu feiern. Er baute ein Weltrundfunknetz auf, zu dessen Eröffnung er sich nicht zu schade war, Nikola Tesla einzuladen, was dieser jedoch ablehnte. Im Gegensatz zu Tesla hatte es Marconi geschafft, das Radio zu kommerzialisieren, obwohl er gestohlene Patente verwendete. Als es Marconi aber zu bunt zu treiben begann, erhob Tesla Anklage gegen ihn. Marconi war nach einem über dreijährigen Rechtsstreit gezwungen, schließlich unter Eid auszusagen, daß die Energieübertragung über große Distanzen Teslas Erfindung war.

Über die unzähligen Ungerechtigkeiten, die Tesla unter anderem auch beim Radio zugefügt worden waren, sagte Tesla in Bezug auf Marconi: „Überlassen wir es der Zukunft, die Wahrheit zu verbreiten und jeden nach seinem Werk und seinen Leistungen zu bewerten. Die Gegenwart gehört Ihnen, die Zukunft, für die ich wirklich gearbeitet habe, gehört mir.“⁸⁶

⁸⁴ Zitiert nach Cheney, a. a. O., S. 220.

⁸⁵ Vgl. ebda, S. 218.

⁸⁶ Zitiert nach ebda, S. 227.

Soweit also beruht die Entwicklung des Radios auf Nikola Tesla. In einem weiteren Schritt soll nun aber die Entwicklung, die das Radio im Lauf der Zeit gemacht hat betrachtet werden.

Zum besseren Verständnis des Radios an sich, ist es vonnöten die verschiedenen Wellenbereiche genau zu studieren. An den Beginn soll die Mittelwelle (525-1605 kHz) gestellt werden, welche unter den Funkwellen einen ganz besonderen Platz einnimmt.

Durch hoch über der Erdoberfläche befindliche Schichten (D-Schicht in der Ionosphäre)⁸⁷ werden die Mittelwellen reflektiert, bei richtiger Wahl der Wellenlänge ist es damit möglich, Strecken bis zu 20.000 km⁸⁸ zu überbrücken oder unter günstigen Bedingungen Signale rund um den Erdball zu senden. Die Vorteile der Mittelwelle liegen also eindeutig in der Reichweite, auch benötigt man nur sehr wenige Sender, um flächendeckend senden zu können. Es ist also kein Wunder, daß die BBC ihr „World-Service“ noch immer mit Mittelwelle durch den Äther schickt.

Ein Nachteil der Mittelwellen Sendetechnik liegt aber in der relativen Unzuverlässigkeit. Da die von der Sonne erzeugte Strahlung nicht immer konstant ist, können Störungen in der Ionosphärenschicht und Schwingungen des erdmagnetischen Feldes auftreten. Was in den Polregionen zu spektakulären Auroras⁸⁹ führt, ist für die Mittelwellen nicht allzu förderlich. Durch etwaige Eruptionen auf der Sonne entstehen sogenannte SIDs (sudden ionospheric disturbances), dabei nimmt die Absorptionsfähigkeit der D-Schicht (jene Schicht in der Ionosphäre, welche die Radiowellen normalerweise reflektiert) stark zu, wodurch die Kurzwellen nicht mehr gut reflektiert werden. Auch ist es so, daß die Sonne unter Tags die D-Schicht ionisiert, was zu einem spitzen Reflexionswinkel der Wellen führt. Nachts nimmt diese Wirkung aufgrund der fehlenden Sonneneinstrahlung ab, der Winkel wird schwächer. Somit wechselt die Empfangsqualität bei Mittelwelle ständig.

Ein weiterer Nachteil der Mittelwelle ist ihre Tendenz, sich bei ungenügenden Frequenzabständen zu überlagern, was zum bekannten Rauschen führt. In Deutschland hatte man zum Beispiel zu Beginn der Verbreitung des Radios nur sehr schlechte Mittelwellenfrequenzbereiche zur Verfügung gestellt bekommen, was dazu führte, daß sehr

⁸⁷ Vgl. Richter, a. a. O., S. 84.

⁸⁸ Jacob Vastenhou, Kurzwellen-Empfangspraxis jetzt auch für DX-Hobby im MW-, UKW- und Fernsehbereich mit Ausblick auf Satellitenempfang. 3. Aufl. Heidelberg 1983, S. 3.

⁸⁹ Vgl. Elmar Biernat, Das Polarlicht. Sichtbares Resultat eines komplexen Prozesses. (=FBA), Graz 1999.

oft stärkere ausländische Sender für unangenehme Interferenzen sorgten. So war man sich bereits in den 50er Jahren darüber im klaren, daß dieses Problem nur durch Einführung einer völlig neuen Senderart gelöst werden könnte.⁹⁰

Nachdem man einige Zeit die Einführung des Drahtfunks erwog, dieses Konzept aber bald wieder verwarf, wurde die Ultrakurzwelle (UKW) entwickelt.⁹¹ Die Reichweite von Sendern im UKW Bereich geht im allgemeinen nicht über den optischen Horizont der Sendeantenne hinaus. Deshalb haben UKW Sender im Flachland gewisse Vorteile, da das Versorgungsgebiet bei einer rundstrahlenden Antenne praktisch kreisförmig ist. In bergigen Regionen bereitete die Einführung der UKW jedoch einige Probleme, anders als bei der Mittelwelle mußten zur Versorgung von Tälern und Senken zusätzliche Sender aufgestellt werden, denn jeder Berg verursachte Sendelöcher, da die Ukw - Wellen sich ähnlich dem Licht ausbreiten.

Da man aber vom neuen UKW System überzeugt war, wurden die Kosten für die Errichtung unzähliger neuer Sendeanlagen in Kauf genommen. Für einige Zeit betrieb man Mittelwellen und UKW Sender noch parallel, in den Siebzigerjahren hatten dann die UKW Sender die Mittelwellensender vollkommen verdrängt und diese wurden abgeschaltet.⁹² Die Mittelwellensender werden aber auch heute noch gewartet und in Einsatzbereitschaft gehalten, da sie in Krisensituationen aus strategischen Gründen für das Militär und zur Information der Bevölkerung wichtig sein könnten.

An dieser Stelle sollen die verschiedenen Modulationsformen im MW und UKW Bereich dargestellt werden. Man kann mit einem noch so starken Sender stundenlang Wellen ausstrahlen, diese können natürlich auch empfangen werden, sagen aber nicht viel mehr aus, als daß der Sender in Betrieb ist. Will man nun aber Sprache oder Musik übertragen, so müssen die ausgesandten Wellen erst moduliert werden. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten, wobei Amplitudenmodulation (AM) und Frequenzmodulation (FM) die gebräuchlichsten sind.

Zur Modulation gibt es Einrichtungen, z.B. Röhren mit denen die Hochfrequenz der Trägerwelle mit der Niederfrequenz der Schallwellen kombiniert werden kann. Dadurch

⁹⁰ Nach einem Gespräch mit Herrn Nagele, Großsender Schöckel, am 29.11.1998.

⁹¹ Ebda.

⁹² Ebda.

entsteht die gewünschte Einprägung einer Nachricht in die Trägerwelle, die sogenannte Modulation.⁹³ Die Modulationseinrichtung sorgt im AM Verfahren dafür, daß die Trägerwelle (auch Hochfrequenzamplitude genannt) um so größer wird, je größer die positive Halbwelle der Niederfrequenz (Schallwelle) ist. Umgekehrt verkleinert sich die Hochfrequenzamplitude mit zunehmender negativer Niederfrequenzhalbwelle immer mehr. Somit wird die Hochfrequenzamplitude durch die Niederfrequenz bestimmt. Die Hochfrequenzamplitude verläuft nun also nicht mehr gleichmäßig, sondern schwankt im Rhythmus der Niederfrequenz.⁹⁴ Die Hochfrequenzamplitude ist hierbei also die modulierte und die Niederfrequenz die modulierende Frequenz. Amplitudenmodulation heißt also, die Amplituden werden verändert, die Frequenz bleibt gleich. (siehe Abbildung 13)

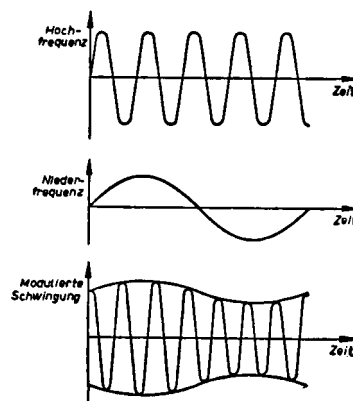


Abbildung 13: Amplitudenmodulierte Schwingung

Die Amplitudenmodulation läßt sich auf Langwelle (~ 200 kHz.), Mittelwelle (~ 1000 kHz.) und Kurzwelle (~ 6000 kHz.) anwenden.

Im Ultrakurzwellenbereich (UKW) bedient man sich der Frequenzmodulation (FM), wodurch die Größe der Hochfrequenz und nicht die Amplitude durch die Modulationsfrequenz beeinflusst wird. So können zB. positive Niederfrequenzamplituden große und negative Niederfrequenzamplituden dagegen kleine Trägerfrequenzen modulieren (siehe Abbildung 14).

⁹³ Vgl. Richter, a. a. O., S. 30f.

⁹⁴ Vgl. ebda.

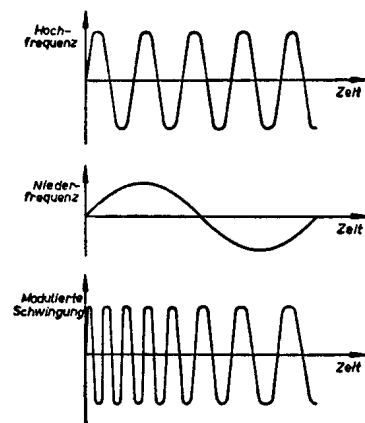


Abbildung 14: Frequenzmodulation

Generell kann man sagen, daß sowohl bei AM, als auch bei FM mindestens 10 Hochfrequenzschwingungen auf eine Niederfrequenzschwingung treffen sollen, um eine originalgetreue Modulation zu erzielen. Überhaupt gilt, je höher die Trägerfrequenz desto besser die Modulationsqualität.⁹⁵ Der Vollständigkeit halber sind an dieser Stelle noch einige andere Modulationsarten zu erwähnen. So gibt es beispielsweise weiters Phasenmodulation, Impulsmodulation und Zeitmodulation. Diese Modulationsformen spielen also im normalen Radiotechnikbereich keine Rolle.⁹⁶

Bei der im Empfänger ablaufenden Demodulation wird die niederfrequente Spannung (Schallwelle) von ihrem hochfrequenten Träger (Trägerwelle) getrennt. Dazu muß entweder die positive oder die negative Halbwelle der modulierten Hochfrequenz unterdrückt werden. Der einfachste Demodulator ist der sogenannte Kristalldetektor oder die Germaniumdiode. Denn beide lassen den Strom immer nur in eine Richtung fließen.

Nach Einführung der Ultrakurzwelle ging man daran, in Stereo zu senden. Um aber die Monoradiobesitzer nicht zu benachteiligen und ihnen weiterhin das Radiohören zu ermöglichen, wandte man das Sendeprinzip links minus rechts / halbe an.

Weiters bekam das Radio einige interessante Zusatzfunktionen wie zum Beispiel das RDS (Radio Data System), welches speziell im Bereich der Autoradiotechnik zur Anwendung kommt. Das RDS System hat zwei Grundfunktionen:

⁹⁵ Vgl. ebda, S. 33.

⁹⁶ Vgl. ebda, S. 34.

Erstens können damit Buchstaben und Zahlen übertragen werden, die meist Auskunft über den verwendeten Sender geben. Der ORF arbeitet auch schon daran, via RDS Laufschriftwerbung zu versenden.

Die zweite und wahrscheinlich nützlichere Funktion des RDS ist die automatische Senderwahl. So ist das Radio in der Lage immer den stärksten Sender in der Umgebung zu empfangen. Dies wird durch ein in Österreich auf der Frequenz von 57 kHz gesendetes RDS Signal möglich gemacht.

Eine andere Zusatzfunktion des Radios stellt das D-GPS (differential GPS) dar, welches vor allem für die Vermessung von großem Nutzen ist⁹⁷. In Österreich wird dazu das D-GPS Signal auf der Frequenz von Ö1 mitgesendet, es ermöglicht Positionsbestimmungen mit Genauigkeiten bis zu einem Zentimeter.⁹⁸

Dies waren Beispiele dafür, wie sich das von Nikola Tesla vor gut hundert Jahren erfundene Radio weiterentwickelt hat. Wirft man nun einen vorsichtigen Blick auf die zukünftige Entwicklung des Radios, so scheint klar, daß sich auf der Ebene der Übertragung in nächster Zeit einige Veränderungen ergeben werden.

Als beste Alternative zum mittlerweile schon ‚alten‘ UKW-MW-Radio gilt das Satellitenradio, welches bereits existiert, aber aufgrund hoher Kosten und des großen technischen Aufwandes noch nicht für den Alltagsgebrauch einsetzbar ist. Ein weiteres Problem des Satellitenradios ist, daß es derzeit meist nur unter freiem Himmel funktioniert, ähnlich wie alle Satellitentelefone.

Sicherlich wird die Entwicklung des Radios mit der Entwicklung des Satellitenradios nicht beendet sein, man darf also gespannt in die Zukunft blicken.

⁹⁷ Vgl. Christoph Graif, GPS. Die Orientierung der Zukunft. (=FBA), Graz 1999.

⁹⁸ Vgl. <http://www.aztec.fr/swift.html>

2.6 Die Tesla-Turbine (Scheibenläuferturbine)

Tesla hatte in seiner Kindheit, als er nach Karlstadt übersiedelt war, erstmals eine Dampflokomotive gesehen. Obgleich er anfangs fasziniert davon war, machte sich im Laufe der Jahre ein immer größerer Unmut über den niedrigen Wirkungsgrad und das enorme Gewicht der Dampfmaschine bemerkbar.

Es verging viel Zeit, und die Dampfmaschine war bereits zum Großteil von den Verbrennungsmotoren verdrängt worden, als sich Tesla Gedanken über eine völlig neue Antriebsmaschine zu machen begann. Es ging ihm nicht darum, einen verbesserten Verbrennungsmotor zu entwickeln, sein Ziel war es, eine Maschine in die Welt zu setzen, die für jedes Pfund, das sie wog, auch ein PS Leistung bringt. Damit sollten sich seiner Meinung nach enorme Möglichkeiten für die Entwicklung der Luftfahrt ergeben, da bis dahin das hohe Gewicht der Motoren längere Flüge hatte scheitern lassen. Die Turbine, die Tesla aus den angeführten Gesichtspunkten heraus entwickelte, sollte alles Dagewesene in den Schatten stellen. Sie war von ihrer Konstruktion her einfacher, als ein gewöhnlicher Haushaltsmixer und übertraf in manchen Punkten sogar den Verbrennungsmotor. Sie hat keine Arbeitsstadien, bei denen alle beweglichen Teile für einen Moment zum Stillstand kommen und wo somit wertvolle Energie verloren gehen würde. Außerdem zeichnet sie sich durch eine enorme Laufruhe aus, es gibt so gut wie keine Vibrationen, weiters besitzt sie eine überdurchschnittlich hohe Lebenserwartung und ist mit geringem Kostenaufwand herzustellen - alles Gründe, die sie geradewegs auf die Erfolgsschiene hätten führen müssen.⁹⁹

Die zu Teslas Zeit üblichen Turbinen, welche auch heute noch im Hydrokraftwerksbereich verwendet werden, haben alle eines gemeinsam: Wasser, Luft oder auch Dampf prallen gebündelt oder nicht, senkrecht auf die Schaufeln auf (im Turbinenbereich für die Stromerzeugung aus Wasserkraft ist dies ein wenig anders), in weiterer Folge kommt es zu unzähligen störenden Verwirbelungen, die den Wirkungsgrad enorm vermindern. Außerdem gibt es nur einen meist sehr schmalen Drehzahlbereich, in dem die Turbinen auch wirklich befriedigende Resultate erzielen.

⁹⁹ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 244ff.

Anders Teslas Scheibenläuferturbine¹⁰⁰, sie arbeitet nach einem ganz speziellen Prinzip, dem Prinzip der Adhäsion¹⁰¹. Noch spezieller und vielleicht aufgrund seiner Einfachheit auch verwirrender ist der Aufbau der Turbine. Es handelt sich um mehrere in etwa 8 mm voneinander auf einer drehbaren Achse angebrachten Scheiben, die völlig glattpoliert sind und keinerlei Rillen, Furchen oder sonstiges aufweisen. Die Scheiben sind so mit der Achse verbunden, daß es nach innen hin Öffnungen gibt, durch die etwas entweichen kann. Sie sind von einem soliden Gehäuse umgeben, welches relativ eng anliegt und einen Einlaß besitzt, der ganz am Außenrand der Scheiben liegt. Nun wird durch den Einlaß im Gehäuse parallel zu den Scheiben Dampf eingeblasen und aufgrund der Adhäsionskraft beginnen die Scheiben zu rotieren.¹⁰² Adhäsion ist das Aneinanderhaften von Stoffen infolge molekularer Anziehungskräfte (Ursache von Absorption und Adsorption)¹⁰³.

Leichter vorstellbar ist dies anhand eines Beispiels. Wenn man auf eine glattpolierte Eisenplatte einen Tropfen Wasser gibt, und die Eisenplatte nun neigt, so perlt der Tropfen nicht sofort ab, sondern bleibt zumindest bis zu einer bestimmten Neigung haften, wie bei der Turbine kommt hier die Adhäsion zum Zuge. Durch die Reibung wird der Dampfstrom naturgemäß abgebremst. Die Seitenwand des Gehäuses zwingt ihn auf eine Kreisbahn. Durch den weiter hinzuströmenden Dampf wird der Dampfstrahl auf eine weiter innen liegende Kreisbahn geleitet.

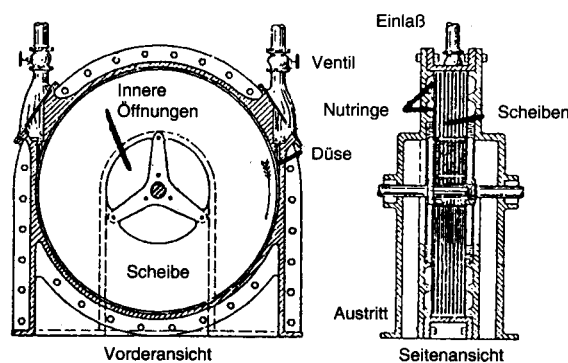


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Tesla Turbine

Nun ist auf der inneren Kreisbahn die Kurvengeschwindigkeit geringer als außen, wodurch der bereits abgebremste Dampfstrom innen weiterhin die Scheiben antreibt. Kurz bevor der

¹⁰⁰ Vgl. <http://www.ebe-online.de/home/tgobmaie/Tesla/turbine.htm>

¹⁰¹ Vgl. ebda.

¹⁰² Vgl. <http://www.execpc.com/~tebal>

¹⁰³ Vgl. dtv-Brockhaus-Lexikon in 20 Bänden. Band 1: A-Auf. Wiesbaden und München 1982, S. 48.

Strahl beinahe ganz in der Mitte angekommen ist, wird er durch Öffnungen in Achsennähe oder durch Öffnungen in der Achse selbst nach außen geblasen.¹⁰⁴

Der Dampfstrom wird nicht ruckartig, sondern kontinuierlich abgebremst, wodurch keinerlei Wirbel oder Vibrationen entstehen, es wird also keine Kraft vergeudet, die nicht mehr zurückgewonnen werden kann. Daraus ergibt sich ein Wirkungsgrad, der um die 35 - 40 % liegt,¹⁰⁵ also wesentlich höher ist, als der von herkömmlichen Dampfturbinen. Außerdem ist die Turbine überaus einfach aufgebaut, es gibt wenige Teile, die Toleranzen aufweisen und Verschleißerscheinungen entwickeln können, was eine sehr hohe Lebensdauer zur Folge hat.

Tesla reichte eine Patentbeschreibung für seine Turbine ein, welche schließlich auch am 6. Mai 1913 genehmigt wurde, das Patent trägt den Titel *Turbine* und hat die Patentnummer 1.061.206¹⁰⁶.

Der erste Prototyp der Tesla-Turbine wurde von Ingenieuren der Firma Westinghouse in Pittsburgh hergestellt. Die Scheiben hatten 25 cm Durchmesser und bei 5000 Umdrehungen pro Minute, was noch relativ wenig war, erzeugte diese Turbine ca. 80 kW.¹⁰⁷ Die damals verwendeten Materialien waren jedoch den hohen Zentrifugalkräften nicht gewachsen, was auch mit ein Grund gewesen sein dürfte, warum es nie zu einer kommerziellen Nutzung der Turbine kam.

Tesla aber hatte sich durch seine Turbine auf vielen Gebieten bahnbrechende Erfolge erwartet und war sehr enttäuscht darüber, daß niemand seine geniale Erfindung wertschätzte. Es gibt aber heute in Amerika eine Vereinigung, die sich sehr mit der Weiterentwicklung der Turbine beschäftigt und nach Wegen sucht, selbige gewinnbringend einzusetzen.¹⁰⁸

¹⁰⁴ Vgl. <http://www.ebe-online.de/home/tgobmaie/Tesla/turbine.htm>

¹⁰⁵ Vgl. Tesla, Erfindungen, a. a. O., S. 69ff.

¹⁰⁶ Vgl. http://www.mall-usa.com/BPCS/grant_tesla.html

¹⁰⁷ Vgl. Cheney, a. a. O., S. 244ff.

¹⁰⁸ Tesla Engine Builders Association - TEBA - 5464 N. Port Washington Road, Suite 293, Milwaukee, Wisconsin 53 217 - 4925; teba@execpc.com]

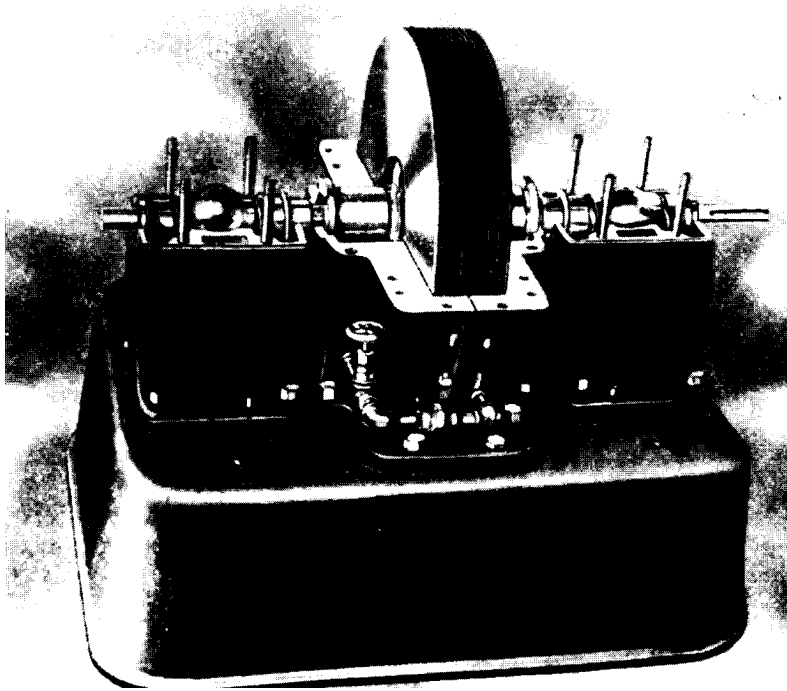


Abbildung 16: Scheibenläuferturbine (Leistung 35 KW)