

Wissenschaftler und Ethik

Thomas A. Edison & Nikola Tesla

Autor: Stephan M. Günther, B.Sc.

Betreuer: Prof. Dr. Thomas Huckle

Zusammenfassung—Thomas A. Edison wurde durch seine zahllosen Erfindungen, allen voran die Glühlampe, bereits zu Lebzeiten einer der bekanntesten und beliebtesten Amerikanern - nicht nur im eigenen Land. Aus heutiger Sicht weniger bekannt ist er für seine unkonventionelle Arbeitsweise und seinen Starrsinn. Seine Erfindungen sind häufig Weiterentwicklungen bekannter Ideen und das Resultat empirischen Vorgehens. Von akademischer Ausbildung und Theorie hielt er wenig. Gepaart mit seinem Starrsinn und der Überzeugung seiner eigenen Erfindungen verwundert es nicht, dass es zu Auseinandersetzungen mit Akademikern kam. So auch mit Nikola Tesla, welcher an den besten Universitäten studierte und kurze Zeit für Edison arbeitete. Tesla hatte Theorien zur Wechselstromversorgung aufgestellt, welche von Edison abgelehnt wurden, da er selbst im Gleichstrom die Zukunft sah. Nachdem Tesla von Edison um den Lohn für seine Arbeit betrogen worden war, wandte sich der junge Wissenschaftler Edisons Konkurrenten zu. Die nachfolgenden Ereignisse um 1890 führten zu erbitterten Auseinandersetzungen zwischen Edison und seiner Konkurrenz im Kampf um die Vorherrschaft der Beleuchtungs- und Stromversorgungsindustrie, welche heute als der *Stromkrieg* bekannt sind.

I. EINLEITUNG

Thomas A. Edison war in erster Linie Erfinder. Sein Motto war es, *praktische Dinge* zu erfinden, die *jeder Mann, jede Frau und jedes Kind der Welt sich wünschen und zu einem annehmbaren Preis kaufen würden*[1]. Dabei beschränkte er sich keineswegs auf die Glühlampe und Energieversorgung einschließlich Akkumulatoren, sondern arbeitete auch an Dingen wie dem Phonographen, dem Kinetoskop und dem Kohlekörnermikrofon zur Verbesserung von Graham Bells Telefon. Er gründete eine Reihe von Firmen zur Produktion seiner Erfindungen einschließlich der dafür notwendigen Teile. So entstand zu seiner Zeit in Menlo Park im Jahr 1878 auch die *Edison Electric Light Company*. Diese gründete er, nachdem er der Demonstration einer Lichtbogenlampe beigewohnt hatte. Lichtbogenlampen verwenden zwei Elektroden aus Kohle oder Graphit in geringem Abstand. Bei hoher Gleichspannung zwischen den Elektroden kommt es zur Ausbildung eines dauerhaften Lichtbogens. Die Schwächen waren der hohe Stromverbrauch, die Abnutzung der Elektroden, die Größe der Lampen sowie das grelle Licht. Dennoch war Edison von der Idee des künstlichen Lichts fasziniert und führte zu seinen Experimenten mit Glühfäden, die mangels beständigen Materials von niemandem als erfolgsversprechend angesehen worden waren. Nachdem ihm der Durchbruch mit einem auf Kohlefasern basierendem Glühfaden sowie einem fast perfekten Vakuum innerhalb der Glühlampe gelang und öffentliches Interesse an der neuen Technik entstand, begann Edison mit

der Elektrifizierung New Yorks. Ihm war bekannt, dass sich Gleichstrom bei den von ihm als sinnvoll erachteten 100V nur über geringe Distanzen von einem Kraftwerk zum Abnehmer transportieren ließen. Höhere Spannungen hätten die durch den Leitungswiderstand bedingten Verlustleistungen reduzieren können, jedoch lässt sich Gleichstrom nicht ohne größeren Aufwand transformieren. Er plante deswegen den Bau einer Vielzahl kleinerer Kraftwerke, welche einzelne Ortsteile mit Strom versorgen sollten. Wechselstrom hingegen ließ sich bereits damals leicht auf hohe Spannungen umformen. Jedoch erachtete Edison diese Technik als gefährlich und unnützlich. Die kommenden Jahre sollten zeigen, dass Edisons Einstellung ein strategischer Fehler war. Dies stärkte insbesondere George Westinghouse, welcher mit dem Kauf von *United States Electric Lighting* in direkte Konkurrenz mit Edison trat. Er erkannte die Schwäche des Systems von Edison und setzte von Beginn an auf die Vorteile der leichteren Übertragung und die Möglichkeit zur Transformation auf unterschiedliche Spannungsniveaus, die mit der Verwendung von Wechselstrom einhergingen. Dabei hatte Westinghouse nicht nur die Beleuchtung, sondern auch elektrisch betriebene Maschinen verschiedenster Art im Sinn, welche andere Versorgungsspannungen als Glühlampen benötigten. Edison musste zur Bereitstellung unterschiedlicher Spannungen mehrere Leiter verlegen lassen. Nikola Tesla, ein früherer Mitarbeiter von Edison, welcher im Streit ausschied, arbeitete für Westinghouse und leistete mit seinem umfangreichen Wissen über Wechselstrom einen entscheidenden Beitrag. Fortan ließen Edison und Westinghouse keine Gelegenheit aus, sich gegenseitig öffentlichkeitswirksam zu diffamieren. Es folgten zweifelhafte Experimente, die die Gefahren des Wechselstroms belegen sollten. Gleichzeitig kämpfte Westinghouse mit Hilfe von Tesla darum, die Überlegenheit seines Systems unter Beweis zu stellen. Auch wenn Tesla im Schatten von Westinghouse stand, so kann es dennoch als wahrscheinlich angenommen werden, dass ohne seine Hilfe und Forschung sich Westinghouse nicht hätte durchsetzen können.

II. EREIGNISSE BIS 1885

Die beiden folgenden Kapitel schildern das Leben von Thomas A. Edison und Nikola Tesla bis etwa 1885. Diese Zeit kann etwa als Beginn des Stromkriegs angesehen werden, nachdem zu dieser Zeit erstmal konkurrierende Unternehmen den Strommarkt betreten und Nikola Tesla von Edison betrogen wurde.

A. Thomas A. Edison [1]

Die gebürtige Nancy Elliot und Samuel Ogden Edison jr. heirateten 1828 in Ontario, Kanada. Dort wurden die ersten beiden von insgesamt sieben Kinder geboren. Wegen der Beteiligung an einer Verschwörung gegen die Königlich-Kanadische Regierung musste Samuel jr. zunächst ohne seine Frau und Kinder fliehen. Er ließ sich 1838 zunächst allein in Milan (Ohio) nieder. Dort eröffnete

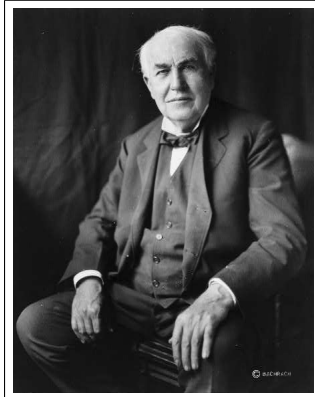


Abbildung 1. Thomas A. Edison [2]

er ein Bauholzgeschäft und konnte ein Jahr später seine Familie zu sich holen. Hier kamen fünf weitere Kinder zur Welt. Das letzte, geboren am 11. Februar 1847, erhielt den Namen Thomas Alva. Vier Jahre später zog die Familie nach Port Huron, Michigan, nachdem sich die wirtschaftliche Lage in Milan verschlechtert hatte. Mit acht Jahren erkrankte der junge Edison an Scharlach, was in Verbindung mit einer Mittelohrentzündung die bereits in seiner Jugend beginnende Schwerhörigkeit zur Folge gehabt haben könnte. Edison besuchte in diesem Alter eine einklassige Schule. Wegen seines starrköpfigen und widerspenstigen Verhaltens kam er jedoch weder mit Lehrern noch Mitschülern zurecht. Seine Mutter unterrichtete ihn von da an zu Hause. Dabei entdeckte sie das Interesse ihres Sohnes für Physik und Chemie. Mit zehn Jahren baute er sich ein kleines Chemie Labor im Keller des Elternhauses - zum Ärger des Vaters, hatte der Junge doch schon einmal die väterliche Scheune abgebrannt. Ab 1859 verkaufte Thomas im Zug zwischen Port Huron nach Detroit Zeitungen und Süßigkeiten bevor er im Alter von 15 Jahren eine eigene Zeitung verlegte, den *Weekly Herald*. Im Spätsommer 1862 soll Thomas den Sohn des Bahnhofsvorstehers von Mt. Clemens vor einem Zug gerettet haben. Dieser bildete Edison als Dank zum Telegraphisten aus.

In der Zeit von 1863 bis 1868 fand Edison verschiedene Jobs als Telegraphist im ganzen Land. Wegen seiner nachlässigen, teils fahrlässigen Arbeitsweise war er nie lange für denselben Arbeitgeber tätig. Beispielsweise soll er für einen Beinahe-Zusammenstoß zweier Züge verantwortlich gewesen sein. Er zeigte sich jedoch auch erfinderisch, um sich das Leben bei der Arbeit einfacher zu machen. So baute er sich eine Vorrichtung zur automatisierten Durchgabe telegraphischer Kontrollsignale, während er in der Nachtschicht schlief oder an Ideen herumbastelte. Nachdem 1868 ein Artikel im *Journal of Telegraph* über Edison und die von ihm entdeckte Möglichkeit der telegraphischen Duplexverbindung erschien, wurde ihm erstmals etwas Geld zur Verfügung gestellt, um seine Forschungen voranzutreiben. Ein Jahr später meldete Edison sein erstes Patent an, einen telegraphischen Stimmenzähler. Aus Angst vor Manipulationen wurde dieser jedoch von keinem Parlament eingesetzt. Mehr Erfolg brachte ihm sein zweites Patent, ein verbesserter Börsenticker. Ein Rückschlag bei einem Test seiner Duplex-Telegraphentechnik über größere

Distanzen kostete Edison seine gesamten Ersparnisse. Er setzte sich 1869 nach New York ab. Dort erhielt er durch Zufall die Gelegenheit zur Reparatur eines Telegraphen und so einen neuen Posten mit guter Bezahlung, den er jedoch bereits nach wenigen Monaten zugunsten seiner Selbstständigkeit als Erfinder wieder aufgab.

Als Edison 1871 den Auftrag der Western Union über 1200 seiner Börsenticker erhielt, gründete er die Firma *Edison & Unger* in Newark, New Jersey. Tagsüber stellte er dort zusammen mit seinen Mitarbeitern Börsenticker her, während er nach Betriebsschluss sich dem Erfinden widmete. Seine Ersparnisse steckte er, wie üblich, umgehend in Material und Gerätschaften für seine Forschung. Er arbeitete dabei unter anderem an einem automatischen Telegraphen, dessen Idee ursprünglich nicht von Edison stammte. Im selben Jahr lernte er die in seiner Firma tätige, 16-jährige Mary Stilwell kennen, welche er wenig später heiratete. Zwei Jahre später geriet das Land in einer wirtschaftlichen Krise, von der auch Edisons Firma nicht verschont blieb. Er verdiente etwas Geld mit einigen Erfindungen, darunter der Quadruplex Telegraphie, mit der es möglich war, je zwei Telegramme in unterschiedliche Richtungen auf einer Leitung zu übertragen. Dies brachte ihm neben diversen Auseinandersetzungen und Patentstreits 30.000 Dollar.

Im Frühjahr 1876 entschloss sich Edison, ein Forschungslabor einzurichten, welches in Menlo Park 20 km von New York entstand. Er beschäftigte dort rund ein Dutzend Mitarbeiter, darunter Charles Batchelor. In den folgenden zwei Jahren entstand dort mit Batchelors Hilfe eine Verbesserung von Bells Telefon mittels des Kohlekörnermikrofons, welches erstmals eine deutliche und laute Sprachverbindung über 170 km Distanz ermöglichte. Eine weitere Erfindung dieser Zeit war der Phonograph, welcher in der ersten Version auf einer mit Paraphin überzogenen Papierrolle basierte. Dieser verhalf Edison erstmals zu öffentlichem Ansehen. Im Jahr 1878 wurde Edisons Interesse für elektrisches Licht auf einer Vorführung von Bogenlampen geweckt. Er war seither von dem Gedanken besessen, günstiges elektrisches Licht zu erzeugen. Mit der Gründung der *Edison Electric Light Company* trat er in Konkurrenz zu den Gaslampen. Das Problem bestand bei Glühlampen darin, dass kein Material als Glühfaden bekannt war, welches nicht nach wenigen Sekunden geschmolzen war. Am 21. Oktober 1879 gelang Edison jedoch der Durchbruch mit einer evakuierten Lampe mit Baumwollfaden, welche mehr als 10 Stunden Brenndauer hatte. Durch Verwendung eines Kohlefadens konnte die Brenndauer auf 170 Stunden gesteigert werden. Obwohl Edison finanzielle Unterstützung durch Geldgeber versagt blieb, verstand er es durch Medienarbeit das öffentliche Interesse auf ihn zu lenken. Am Silvesterabend 1879 gab er eine öffentliche Glühlampen-Demonstration mit über 3000 Besuchern in Menlo Park. In den darauf folgenden Jahren entstand ein Firmenimperium zur Produktion von Glühlampen, der elektrischen Verteilungsanlagen sowie der notwendigen Generatoren.

B. Nikola Tesla [3] [4]

Nikola Tesla wurde am 10. Juli 1856 als viertes von insgesamt fünf Kindern im Dorf Smiljan in der kroatischen Provinz Lika geboren. Sein Vater, Milutin Tesla, war serbisch-orthodoxer Priester. Die Mutter, Djuka Tesla, blieb ihr Leben lang eine Schulbildung verweigert. Dennoch war sie eine Frau vieler Talente, die nicht nur hart arbeitete, sondern auch allerlei kleiner Werkzeuge für den Haushalt herstellte. Nikola zeigte früh Interesse an Basteleien, Erfindungen und Überlegungen. Nicht alle seiner frühen Experimente verliefen erfolgreich: Ein Sprung vom Dach seines Elternhauses mit einem Regenschirm in der Hand im Glauben, er könne fliegen, scheiterte wider seiner Erwartungen. Als Nikola fünf Jahre alt war verunglückte sein älterer Bruder Daniel tödlich. Über die genauen Umstände des Todes gibt es widersprüchliche Angaben. Bestätigt ist jedoch, dass Tesla im späteren Verlauf seines Lebens immer wieder von Alpträumen den Tod seines Bruders betreffend geplagt wurde. Möglicherweise war dieses Ereignis auch mitverantwortlich für eine Reihe von Phobien, die ihn fortwährend begleiteten. Nach eigenen Aussagen habe er seinen Eltern über den Verlust seines Bruders hinweghelfen wollen, indem er außerordentlichen Fleiß, Ausdauer und Disziplin zeigte.

Im Jahr 1862 zog Teslas Familie nach Gospić, wo Nikola im Alter von sechs Jahren die Schule besuchte. Hier lernte er neben den slawischen auch mehrere germanische Sprachen. Besondere Begabung zeigte er jedoch in Mathematik, weshalb seine Lehrer ihm zunächst Betrug unterstellten, bevor klar wurde, dass er zur Lösung komplexer Aufgaben im Kopf fähig war. Tesla berichtete später, dass er bereits in seiner Kindheit von Blitzen heimgesucht worden sei, die ihn bei Bewusstsein Gegenstände vor Augen so real zeigten, dass er nicht habe unterscheiden können, ob diese tatsächlich vorhanden oder nur eine Projektion seines Geistes gewesen seien. Sein verstorbener Bruder Daniel habe ähnliches erlebt.

Nach einer ersten schweren Krankheit, die er beinahe nicht überlebt hätte, besuchte Nikola Tesla ab 1871 eine Höhere Schule in Karlstadt, Kroatien. Dort weckte sein Physiklehrer das Interesse für Elektrizität und er entschloss sich, die Forschung zu seinem Beruf machen zu wollen. Sein Vater allerdings hatte eine kirchliche Karriere für seinen Sohn angestrebt. Erst als Nikola ein weiteres mal schwer erkrankte, gestattete ihm sein Vater in der Hoffnung auf Genesung eine Ingenieurslaufbahn einzuschlagen. Es folgte 1875 ein Studium mit Stipendium an der Polytechnischen Hochschule in Graz. Dort wurde ihm von Professor Poeschl eine Gleichstrommaschine vorgestellt. Tesla war fasziniert von dem Gerät und studierte es. Dabei kam ihm die Idee, einen elektrischen Motor nicht mit Gleichstrom sondern mit Wechselstrom zu betreiben. Professor Poeschl hielt dies für nicht realisierbar und wies Teslas Idee zurück, von deren Umsetzung er selbst noch weit entfernt war.

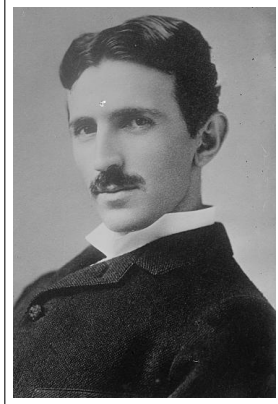


Abbildung 2. Nikola Tesla [5]

Teslas Stipendium wurde nach einem Jahr nicht verlängert und seine Eltern konnten ihm das Studium nicht mehr lange finanzieren. Er musste im zweiten Jahr ausscheiden, nachdem er vergeblich versucht hatte, durch Glücksspiel an Geld zu gelangen. Als 1879 Teslas Vater starb, ging er nach kurzem Aufenthalt zu Hause nach Prag, wohl in der Hoffnung, sein Studium beenden zu können. Es scheint jedoch, als wäre er in den folgenden beiden Jahren an keiner Universität immatrikuliert gewesen. Möglicherweise besuchte er Vorlesungen ohne offizielle Einschreibung.

Zwei Jahre später (1881) ging er nach Budapest, wo er durch Beziehungen eine Anstellung im Zentralen Telegraphenamts der ungarischen Regierung als Zeichner fand - Zeichnen war das Fach wegen dem Nikola in der Schule mehr als einmal beinahe nicht versetzt worden wäre. Die unbefriedigende Gleichstrommaschine lies ihn nicht mehr los. Tesla hatte die Begabung, Ideen mehr oder minder vollständig im Kopf zu entwickeln und erst nach Abschluss seiner Überlegungen das fertige Konzept in die Realität umgesetzt. Während eines Spaziergangs mit einem Freund und Goethes Faust rezitierend soll Tesla die Idee zur Nutzbarmachung des Wechselstroms gekommen sein: Die Verwendung zweier phasenverschobener Wechselströme lässt ein Drehfeld entstehen, welches seinen Wechselstrommotor antreiben würde. Tesla fehlten jedoch die notwendigen finanziellen Mittel um seinen Entwurf zu realisieren. Er konzentrierte sich daher auf seine Arbeit im Telegraphenamts.

Durch Fleiß und Beziehungen erhielt er 1882 eine neue Anstellung in Paris bei einem europäischen Ableger Edisons Unternehmen. Trotz seiner Arbeit dort gelang es ihm einen ersten Prototypen seines Motors zu bauen, der allerdings trotz perfekter Arbeitsweise wenig Anklang fand. In Edisons Betrieben wurde ausschließlich Gleichstrom eingesetzt und Tesla gelang es nicht, andere von seiner Idee zu überzeugen. Charles Batchelor, der zu dieser Zeit in Paris für Edison arbeitete, drängte Tesla dazu, nach Amerika zu gehen. Ohne Zusage eines Jobs machte sich Tesla 1884 mit einem Empfehlungsschreiben von Batchelor mittellos auf nach Amerika. Tatsächlich gelang es ihm nach einem persönlichen Vorstellungsgespräch bei Edison, eine Anstellung in seiner Firma zu erhalten. Es zeigte sich jedoch schnell, dass Edison absolut kein Interesse an Teslas Wechselstromideen hatte. Stattdessen versprach er Tesla eine Prämie in Höhe von 50.000 Dollar, falls es ihm gelänge, seine Gleichstromdynamos zu verbessern. Tesla arbeitete fast ein Jahr lang unermüdlich an den Dynamos und schaffte es schließlich, sie effizienter zu gestalten und kostengünstiger zu produzieren. Nach getaner Arbeit verweigerte Edison ihm jedoch seinen Lohn und bot stattdessen lediglich ein höheres Wochengehalt. Tesla fühlte sich betrogen und kündigte.

III. DER STROMKRIEG

Gegen 1884 hatte Edison ein beachtliches Firmenimperium aufgebaut, welches alle notwendigen Teile für Lampen, Generatoren und Stromverteilung selbst herstellte. Finanziell war es, wie so oft, nicht immer gut um Edisons Firmen bestellt. Er investierte sein Vermögen in Experimente, Material und

Produktion. Hinzu kam seine praktisch nicht existente Buchführung und sein Bestreben, sich um alles selbst kümmern zu wollen. In diesem Jahr erkrankte seine Frau an Typhus und verstarb mit weniger als 30 Jahren. Obwohl er von dem Tod seiner Frau schwer erschüttert war, heiratete er bereits 1885 die 18-jährige Mina Miller.

Trotz einiger Rückschläge, insbesondere beim Bau großer Generatoren zur Versorgung mehrerer hundert Häuser, hatte Edison relativ großen Erfolg. Überraschender Weise war die Nachfrage nach kleineren Generatoren groß, die sich in wohlhabenden Privathaushalten oder auf Schiffen einsetzen ließen. Der Erfolg blieb natürlich auch Konkurrenten nicht verborgen. Obwohl Edison die Patentrechte an der Kohlefadenglühlampe besaß, drängten andere Firmen in diesen Geschäftszweig. Die *United States Electric Lighting Company* missachtete die Glühbirnenpatente, was prompt zu einem Patentrechtstreit ausartete. Die Kosten für die gerichtliche Auseinandersetzung war hoch und Edison geriet deswegen einmal mehr in finanzielle Bedrängnis. Erschwerend kam hinzu, dass sich derartige Auseinandersetzungen über mehrere Instanzen Jahre hinziehen konnten, währenddessen die Konkurrenz Edisons Patente weiterhin verletzte. Schließlich geriet die *United States Electric Lighting Company* 1888 selbst in finanzielle Probleme. George Westinghouse, dem Edisons Erfolg auch nicht verborgen blieb und der beschlossen hatte, in das Geschäft einzusteigen, stützte die *United States Electric Lighting Company* finanziell. Ebenso erwarb Westinghouse diverse Patente für Wechselstromtechniken.

Zwischenzeitlich wurde mit Hilfe einiger Investoren die *Tesla Electric Light Company* gegründet. Sie sollte eine verbesserte Version der Bogenlampe entwickeln. Teslas Lohn bestand in Aktienanteilen an der neu gegründeten Firma. Die Tesla-Bogenlampe war den alten Versionen weit überlegen war und nach getaner Arbeit wurde Tesla aus der Firma hinausgedrängt. Zwar hatte er die versprochenen Aktienanteile erhalten, diese waren jedoch wegen der wiederkehrenden Wirtschaftskrise und dem jungen Unternehmen wenig wert. In den folgenden Jahren musste Tesla sich mit der Beteiligung an Arbeitskolonnen für den Bau von Telegraphenleitungen über Wasser halten. Das Schicksal wandte sich, als einer der Vorarbeiter von Teslas Wechselstrommotor hörte und ein Treffen mit A. K. Brown von der Western Union Telegraph Company arrangierte. Dieser erkannte das Potential und gründete zusammen mit Tesla 1887 die *Tesla Electric Company*. Ausgestattet mit einem Kapital von einer halben Million Dollar sollte es das Ziel sein, das Wechselstromsystem endlich zu entwickeln. Tesla wurde nun endlich durch seine Entwicklungen und Patente bekannt. Am 16. Mai 1888 hielt er einen Vortrag vor dem Amerikanischen Institut der Elektroingenieure mit dem Titel *Ein neues System von Wechselstrommotoren und -Transformatoren*. Westinghouse war bei Teslas Vortrag anwesend und machte ihm das Angebot, seinem Unternehmen, der *Westinghouse Electric Company*, als Berater zur Seite zu stehen. Da Tesla die Einkünfte seiner Firma Brown und anderen Investoren teilen musste, kam ihm diese finanzielle Unterstützung gelegen. Darüber hinaus verkaufte Tesla 40 seiner Patente an Westinghouse und erhielt dafür 60.000 Dollar sowie 2,50 Dollar Tantiemen für jede verkaufte Pferdestärke eines Wechselstrommotors.

In der Zeit ab 1885 liegen Edisons Geschäfte insbesondere mit kleinen Generatoren zur Versorgung einzelner Wohnhäuser trotz Patentstreits so gut, dass er sich 1887 ein neues Labor in West Orange schuf. Er selbst wandte sich wieder mehr der Forschung zu und erweiterte seine Belegschaft von ehemals etwa 15 Mitarbeitern in Menlo Park auf nun bis zu 60 qualifizierte wissenschaftliche Experten. Trotz seiner Abneigung gegenüber Akademikern beschäftigte er Mathematiker und Physiker. Insgesamt beschäftigte er in seinen Fabriken mehrere tausend Mitarbeiter. Obwohl sich Edison nun auch wieder anderen Themen, wie die Verbesserung des Phonographen, zuwandte, erfuhr er natürlich von der Vereinbarung zwischen Tesla und Westinghouse - seine Begeisterung hielt sich in Grenzen. Auf ein Schreiben von Westinghouse, in dem er Edison eine Kooperation anbot, hat Edison nicht geantwortet. Auf der einen Seite sah er sein Imperium gefährdet, auf der anderen Seite weigerte er sich nach wie vor strikt von seiner Meinung der Überlegenheit des Gleichstroms abzuweichen. Stattdessen beschloss er, jedermann die Gefahren des Wechselstroms aufzuzeigen. Dazu ließ er von Brown öffentlich Katzen und Hunde auf eine Metallplatte schnallen und mit Hilfe eines Westinghouse Generators töten. Später wurden auch Pferde und Kälber getötet, 1903 sogar ein Elefant, der seine Pfleger getötet hatte [6]. Diese löste bei Westinghouse und Tesla eine Welle der Empörung aus. Insbesondere Tesla als Sohn eines Priesters mit strengen Moralvorstellungen konnte es nicht fassen, dass von ihm entwickelte Technologie zur Tötung eingesetzt würden. Tesla wollte nichts mit dem Machtkampf zwischen Edison und Westinghouse zu tun haben, aber er war bereit, mit seinem technischen Wissen zu agieren. Er brachte öffentlich mit Wechselstrom betriebene Glühlampen in seiner Hand zum Leuchten. Damit sollte der New Yorker Society die Angst vor Wechselstrom und Edisons Argumente entkräftet werden [6]. Edison soll derweil versucht haben, durch politischen Einfluss zu erreichen, Spannungen oberhalb von 600V gesetzlich zu verbieten. Dies hätte den großen Vorteil der Wechselstromtechnik, die geringe Verlustleistung bei der Übertragung durch hohe Spannungen, zunichte gemacht. Dieser Versuch misslang allerdings [3]. Die Auseinandersetzung sollte eine neue Qualität erreichen, als Edison einen Brief einer New Yorker Kommission erhielt: *Der Tod durch den Strang sei einer modernen Nation unwürdig*, wie es in der Nachricht heißt [6]. Es stellte sich infolge Edisons Tierexperimente also die Frage, ob man nicht zur Hinrichtung Elektrizität verwenden könne. Man war der Überzeugung, dass Strom schmerzfrei töten könne. Edison beauftragte Brown damit, ein Exekutionssystem mit Westinghouse Generatoren zu entwickeln.

Am 1. Januar 1889 trat in New York ein Gesetz in Kraft, das die Hinrichtung von zum Tode verurteilten Verbrechern durch den elektrischen Stuhl vorsah [7]. Im Mai 1889 wird William Kremmler des Mordes an seiner Frau mit einer Axt für schuldig befunden und zum Tod durch elektrischen Schlag verurteilt. Edison schlägt *Electricution* oder *to westinghouse* als Name für die Tötungsmethode vor [6]. Westinghouse versuchte die Hinrichtung Kremmlers zu verhindern. Ein Anwalt sollte in seinem Auftrag beweisen, dass Tötung mittels Strom grausam ist. Seine Anstrengungen blieben jedoch ohne Erfolg.

Am 6. August 1890 wurde Kremmler als erster Verurteilter auf dem elektrischen Stuhl hingerichtet. Diese erste Hinrichtung endete in einem Desaster. Nach 17 sekundigem Stromstoß bei einer Spannung von einem kilovolt lebte Kremmler noch. Ratlos wurde die Spannung auf 2 kV angehoben und der Strom für weitere 70s eingeschaltet. Mehrere Quellen berichten von schweren Verbrennungen und Erbrochenem Blut. Es ist überraschend,



Abbildung 3. Elektr. Stuhl (1890) [8]

dass Brown und Edison die Hinrichtung von Kälbern und Pferden gelang, die erste Hinrichtung eines Verurteilten jedoch in ein derartiges Desaster ausartete. Die während der Exekution anwesenden Reporter kommentierten in ihren Zeitungsartikeln die Hinrichtung als dementsprechend grausam. Westinghouse war entsetzt und kommentierte die Hinrichtung: *They would have done better with an axe.*

Im Jahr 1892 folgte eine Ausschreibung zur Beleuchtung der Weltausstellung in Chicago anlässlich der Columbusfeier zum 400. Jahrestag der Entdeckung Amerikas. Edison beteiligte sich an der Ausschreibung und begann mit dem Bau einer fast vollautomatischen Fabrik zur Herstellung seiner Glühlampen. Überraschend wurde er von Westinghouse um eine halbe Million Dollar unterboten, woraufhin dieser den Zuschlag erhielt. Westinghouse fragte bei Tesla, der zu dieser Zeit in seinem eigenen Labor arbeitete, um Hilfe bei der Realisierung. Zusammen konzentrierten sich Westinghouse und Tesla nun auf die bevorstehende Weltausstellung. Edison warf den unliebsamen Konkurrenten einen weiteren Stein in den Weg, indem er die Benutzung seiner Glühlampen untersagte. Es entstand die Westinghouse-Stopper-Lamp, die Edisons Patente, beispielsweise die Drehfassung, vermied. Der endgültige Durchbruch für die Wechselstromtechnik war jedoch die Nutzbarmachung der Niagarafälle für die Stromerzeugung durch Tesla und Westinghouse im Jahr 1896 [6]. Den Miteignern Edisons Unternehmen kamen ebenfalls Zweifel, ob seine Weigerung zur Nutzbarmachung des Wechselstroms der richtige Weg war. Die finanzielle Situation seiner Firmen war nicht mehr die Beste. Es kam 1892 zum Zusammenschluss mehrerer seiner Unternehmen mit Konkurrenten, woraus die *General Electric Company* entstand. Edison selbst wurde einer der Direktoren der neuen Gesellschaft, er hatte jedoch nur noch wenig Einfluss [1]. In den folgenden Jahren hatte Edison keine andere Wahl, als die Führung seiner Unternehmen abzugeben [1]. Auch Westinghouse geriet in finanzielle Bedrängnis und musste seine Firmen reorganisieren. Dem standen allerdings die sich mittlerweile auf zwei Millionen Dollar angehäuften Tantiemen, die Tesla aus dem Verkauf seiner Wechselstrommotoren zustanden. Würde dieser auf die Erfüllung des Vertrags bestehen, wäre Westinghouse bankrott.

Er rief Tesla zu sich, erklärte ihm die finanziell ausweglose Situation und legte die Zukunft seiner Firmen in Teslas Hände. Mit dem Versprechen, dass Westinghouse weiterhin Teslas Drehstromsystem unterstützen und verbreiten würde, verzichtete Tesla 1896 auf die ihm zustehenden Tantiemen.

Der Ausgang des Stromkriegs war infolge der immensen Vorteile der Wechselstromtechnik objektiv betrachtet unausweichlich. Hätte Tesla auf die vertragliche Erfüllung gegenüber Westinghouse bestanden, so wäre diese Entscheidung wohl nur hinausgezögert worden. Edison selbst gestand 20 Jahre nach seiner Niederlage ein, dass es wohl der größte Fehler seines Lebens gewesen war, auf Wechselstrom zu verzichten. Hätte er sich 1884 aufgeschlossener gegenüber Nikola Tesla und seinen Ideen gezeigt, wäre ihm so manche Auseinandersetzung erspart geblieben. Seine Starrköpfigkeit und sein Ehrgeiz verboten es ihm jedoch, von seiner Meinung abzurücken. Stattdessen folgte ein zehn Jahre andauernder Streit mit teils verwerflichen Methoden, von denen in vielen Edison Biographien jedoch heute nur wenig zu lesen ist. Es überwiegt dennoch das Bild, des genialen integren Erfinders, der wie kein anderer zur Elektrifizierung New Yorks und der Welt beitrug. Während George Westinghouse infolge seines Firmenimperiums und mehrerer prestigeträchtiger Projekte wie der Weltausstellung 1893 sowie dem Niagaraprojekt 1896 noch bekannt wurde, geriet Nikola Tesla als treibende Kraft in Forschung und Entwicklung in den Hintergrund. Er wird heute als *vergessenes Genie* bezeichnet, obwohl er im Laufe seines Lebens noch weit mehr leistete als bisher.

IV. EREIGNISSE AB 1896

Nachdem der Stromkrieg zugunsten von Westinghouse entschieden war und Tesla zum anerkannten Wissenschaftler geworden war, wandten sich sowohl Edison als auch Tesla neuen Projekten zu. Im Folgenden werden die späteren Leistungen beider Personen bis zu ihrem Tod zusammengefasst.

A. Späte Jahre von Thomas A. Edison [1]

Nachdem Edison gezwungen war, die Kontrolle über sein Firmenimperium weitgehend abzugeben, wandte sich dieser neuen Aufgaben zu. Es war das Gerücht aufgekommen, dass die hochprozentigen Eisenerze zu Ende gingen. Darum beschaffte sich Edison 1892 an der Grenze zwischen New Jersey und Pennsylvania ein 7700 Hektar großes Landstück. Sein Plan war es, dort aus dem Sand Eisen zu gewinnen. Hierbei kam ihm ein früherer Versuch aus Menlo Park entgegen, in dem er feststellte, wie er mit Hilfe von Magneten Eisen aus Sand trennen konnte. Es entstand bis 1898 ein zweitweise bis zu 400 Mitarbeiter umfassendes Dorf, welches für Edison Eisen gewann. Edison arbeitete in dieser Zeit hart für die wenig Gewinn abwerfende Eisenproduktion. Dennoch fand er Zeit, ein weiteres Projekt in West Orange voranzutreiben: Das Kinetoskop. Es bestand aus einem hölzernen Kasten in dessen Inneren sich eine Walze mit spiralförmig aufgerolltem photoempfindlichen Papierstreifen befand. Auf dem sechs Millimeter breiten Papierstreifen waren Einzelbilder in kurzem zeitlichen Abstand aufgenommen, die schnell abgespielt

den Eindruck eines bewegten Films von anfangs etwa fünf Sekunden Länge vermittelte. Es entstand *Black Maria*, das erste Filmstudio 1893 in West Orange. Hier wurden Kurzfilme von etwa 80 Sekunden gedreht, die in Film-Salons mit dem Kinetoskop zu betrachten waren. Besonderes Interesse erregte dabei ein Boxkampf, der auf insgesamt sechs Kinetoskope verteilt betrachtet werden konnte. Wieder war es Edison gelungen, die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf sich zu lenken. Mit den Erlösen konnte sich Edison nach dem Verlust seiner Elektrofirma und dem verlustbehafteten Eisenerzprojekt finanziell erholen. Jedoch versäumte er es ein weiteres Mal, vorausschauend Patente für die Projektion auf Leinwände anzumelden. Edison war zu sehr von seinen *Guckkästen*, den Kinetoskopen, überzeugt.

Infolge seiner Freundschaft zu Henry Ford, dem Urheber des gleichnamigen Automobilkonzerns, widmete sich Edison ab 1900 der Verbesserung von Batterien. Verbrennungsmotoren waren damals noch wenig verbreitet, laut, und wegen ihrer Abgase gemieden. Stattdessen wurden elektrische Fahrzeuge mit wenig effizienten und kurzlebigen Blei-Schwefelsäure-Batterien eingesetzt. Bis 1904 hatte Edison einen verbesserten Nickel-Eisen-Akkumulator mit den ihm üblichen empirischen Ausschussverfahren gefunden. Er baute eine neue Fabrik mit 450 Mitarbeitern zur Produktion der neuen Batterie, deren Nachfrage die Kapazitäten Edisons Fertigung überstiegen. Allerdings kam es bald zu Reklamationen, da die Batterien an Kapazität einbüßten und bei niedrigen Temperaturen nicht wie erwartet funktionierten. Edison stellte die Produktion ein, da er keine mangelhafte Ware verkaufen wollte. Er untersuchte die Probleme mit seiner neuen Batterie, bis er 1905 ein weiteres Mal an einer Mittelohrentzündung erkrankte. Diese ließ sein Gehör weiter schwinden. Gegen 1907 kamen weitere Rückschläge hinzu, als das Phonographengeschäft einzubrechen drohte. Die Schallplatte drängte in den Markt, der sich Edison wie manch anderer konkurrierenden Erfindung verschloss. Stattdessen begann er wieder am Kinetoskop und einer Kopplung von Bild und Ton zu arbeiten. Das Ergebnis war das Kinetophon, welches 1912 erstmals einen Tonfilm ermöglichte. Im Gegensatz zu früheren Zeiten kontrollierte Edison nun seine Firmen selbst. Finanzielle Sorgen hatte er zu dieser Zeit nicht mehr. Im Dezember 1914 brach ein Feuer in West Orange aus. Edisons Labor wurde dabei vernichtet. Auch von diesem Rückschlag erhobte sich der mittlerweile 67-Jährige schnell durch Anmietung von Räumen in Nachbarorten. Bereits nach wenigen Wochen warne die Edison-Werke wieder produktionsbereit.

Nach Ausbruch des Ersten Weltkriegs 1914 war Edison gezwungen, einige für die Produktion seiner Phonographen notwendigen Chemikalien selbst zu beschaffen, da Lieferungen aus Europa abrisen. Außerdem suchte er nach einem Weg, um im eigenen Land während der Kriegszeit Gummi herzustellen. Dazu finanzierte er mehrere Mitarbeiter, die in verschiedene Teile der Welt ausgesandt wurden, um nach geeigneten kautschuckhaltigen Pflanzen zu suchen, welche in Amerika kultivierbar waren. Darüber hinaus wurde Edison im Juli 1915 Leiter einer Gruppe zur Beratung des Militärs. Er forschte unter anderem an U-Boot Abwehrmaßnahmen, Turbinenköpfen für Geschosse und Ortungsgeräten für

U-Boote. Allerdings kam es auch zu Auseinandersetzungen zwischen ihm und der Marine. Edison schlug die Einrichtung eines Forschungslaboratoriums vor. Diese Idee wurde zwar aufgegriffen, allerdings wurde es weder an dem von Edison vorgeschlagenen Ort New York gebaut noch wurden seine Mitarbeiter übernommen. Nach dem Krieg musste er einige seiner Fabriken zur Chemikalienproduktion wieder schließen und Mitarbeiter entlassen. Auch die Gummiproduktion war nicht besonders erfolgreich, was auf die möglich gewordene synthetische Herstellung zurückzuführen war.

Mit dem Aufkommen des Radios war eine neue mit dem Phonographen konkurrierende Technik auf dem Markt erschienen, der sich Edison verschloss. Seine Söhne, die in seinen Firmen hochrangige Positionen belegten, konnten ihm erst 1928 das Einverständnis zur Radioproduktion abringen. Dennoch mussten die Edison-Werke 1930 die Produktion von Radio und Phonograph wegen hoher Verluste einstellen. Edison hatte sich in den vergangenen Jahren aus dem aktiven Geschäftsleben zurückgezogen. Zum 50. Geburtstag der Edison Glühlampe ließ Ford eine originalgetreue Nachbildung Edisons Labor in Menlo Park aufbauen. Dort wiederholte Edison vor Gästen und Reportern die Herstellung seiner bahnbrechenden Glühlampe vom Oktober 1879. Er genoss zu dieser Zeit größtes Ansehen sowohl im Ausland als auch im eigenen Land.

Die letzten Jahre seines Lebens verbrachte Edison überwiegend zu Hause. Dort hatte er sich einen Arbeitsraum eingerichtet und experimentierte so viel er konnte. Im August 1931 ließen Edisons Kräfte nach. Er wurde ein letztes Mal von seinem Freund Henry Ford besucht, bevor er am 18. Oktober 1931 verstarb. Präsident Hoover machte den Vorschlag, am 21. Oktober, dem Tag seiner Beerdigung, um 22 Uhr alle Glühbirnen für einen Moment abzuschalten.

B. Leistungen von Nikola Tesla [3] [4]

In der Zeit zwischen 1887 und 1893, noch vor der Weltausstellung in Chicago, arbeitete Tesla in seiner Firma *Tesla Electric Company* sowie zeitweilig als Berater für Westinghouse. Wenn er nicht gerade für Westinghouse an der Umstellung auf sein Drehstromsystem arbeitete oder die Leute seiner Zeit von Wechselstrom zu überzeugen versuchte, führte er in seinem Labor Hochspannungs- und Hochfrequenzexperimente durch. Zur Erzeugung von Höchstspannungen im Bereich mehrerer Million Volt benutzte er die später nach ihm benannten Tesla Spulen, welche die Grundlage für seine Forschung bildeten. In dieser Zeit hielt Tesla auch eine Reihe wissenschaftlicher Vorträge sowohl in Amerika als auch in Europa, die ihm zu weltweiter Anerkennung und Ansehen verhalfen. Er präsentierte dabei Vorläufer heutiger Leuchtstoffröhren, stellte verschiedene Theorien zur drahtlosen Energieübertragung auf und führte 1893 sogar die erste Funkübertragung vor. Diese Errungenschaft wird allgemein Guglielmo Marconi im Jahr 1895 zugesprochen, obwohl Tesla bereits zwei Jahre zuvor detaillierte Aufzeichnung veröffentlichte. Marconi selbst gab an, Teslas Arbeiten nie gelesen zu haben. Es gibt eine Reihe weiterer Entdeckungen, die Tesla in seinem Labor gemacht haben soll. Dazu gehören unter anderem Experimente mit Röntgenstrahlung ein Jahr bevor diese von Wilhelm Conrad

Röntgen 1895 entdeckt wurden. Sehr wahrscheinlich wusste Tesla zu diesem Zeitpunkt noch nicht von deren Wirkung, jedoch schien er sich deren Existenz bewusst gewesen zu sein. Weitere ähnlich gelagerte Situationen gibt es in Bezug auf Radartechnik und Mikrowellen, deren Prinzipien Tesla ebenso Jahre vor deren Einführung gekannt haben soll. Der Grund, dass wir heute Teslas Namen mit keiner dieser Erfindungen assoziieren, liegt sicherlich mitunter daran, dass er sich nicht immer die Mühe machte, Erfindungen patentieren zu lassen oder überhaupt erst bis zu einem brauchbaren Stand weiterzuentwickeln. In vielen Fällen waren seine Erfindungen Mittel zum Zweck seiner Forschungen. Dennoch gehörte Tesla zu den großartigsten Forschern der vergangenen Jahrhunderte. Zur Anerkennung wurde ihm erst nach seinem Tod die Ehre zu Teil, die Einheit der magnetischen Kraftflussdichte *Tesla* (*T*) nach ihm zu benennen.

Im Jahr 1902 begann der Bau des Wardencliff Turms auf Long Island. Dabei handelte es sich um die größte Tesla Spule, die je gebaut werden sollte. Teslas Traum war die Nutzbarmachung der *freien Energie* und damit verbunden die weltweite drahtlose Funk- und Energieübertragung, die mit Hilfe dieses Projekts hätte verwirklicht werden sollen: *„Ehe viele Generationen vergehen, wird unsere Maschinerie durch Energie angetrieben werden, die an jedem Punkt im Universum erhältlich ist – es ist nur eine Frage der Zeit, wann der Mensch seine Maschinerie erfolgreich an das Räderwerk der Natur selbst angeschlossen haben wird“*[3]. Seine Geldgeber stellten jedoch 1906 die Unterstützung ein, da sie Zweifel an der Rentabilität des Projekts hatten. Wäre es Tesla tatsächlich gelungen, zumindest eine gewisse Umgebung drahtlos mit Energie zu versorgen, so wäre diese von jedermann frei nutzbar gewesen. Tesla soll infolge dessen einen Nervenzusammenbruch erlitten haben.

Infolge Teslas Verzicht auf die Tantiemen für die Kommerzialisierung seines Wechselstrommotors geriet er im Verlauf seines weiteren Lebens immer wieder in finanzielle Bedrängnis. Ein weiterer Grund für Teslas regelmäßige Geldsorgen war sicherlich sein teurerer Lebensstil. Im Gegensatz zu Edison, dem sein Äußeres und seine Gesundheit im Wesentlichen egal waren, legte Tesla sehr viel Wert auf gute Kleidung, Hygiene und anspruchsvolle Gesellschaft. Er war daher stets auf Geldgeber angewiesen, die ihn und seine Forschungen nicht immer förderten. Es ist fraglich, ob Geldsorgen der einzige Grund waren, dass Tesla in den späteren Jahren seines Lebens nur noch wenige bahnbrechende Entdeckungen machte oder diese lediglich nicht nachvollziehbar dokumentierte. Möglicherweise hatte er aus Geldnot auch nur nicht die Möglichkeit sie zu verwirklichen.

Tesla starb in seinem Appartement im Hotel New Yorker zwischen dem 6. und 8. Januar 1943 sehr wahrscheinlich eines natürlichen Todes. Es ist interessant, dass unmittelbar nach seinem Tod einige seiner Unterlagen verschwanden. Auch das FBI zeigte Interesse an Teslas letzten Forschungsergebnissen. Es kann nur spekuliert werden, welchen Wahrheitsgehalt Gerüchte hatten, die noch zu Teslas Lebzeiten kursierten. Dazu gehörte zum einen die von Tesla schon früh postulierte Möglichkeit der drahtlosen Energieübertragung durch die Erde. Es gibt Gerüchte über ein Elektrofahrzeug mit unbekannter

Energiequelle, welche von Tesla entworfen worden sein soll. Zum anderen hielt sich das Gerücht, Tesla habe eine Art Strahlenwaffe entwickelt, welche spurlos töten könne. Beides hat Tesla sicherlich nie bis zu einer praktisch nutzbaren Technologie entwickelt. Möglicherweise existierten aber für damalige Verhältnisse wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse darüber. Teslas Experimente wurden im Laufe der Zeit sogar als mögliche Ursache für die Tunguska Explosion in Sibirien verantwortlich gemacht [9], welche mit einer Kraft von 10-15 Megatonnen TNT bis heute ungeklärte Ursachen hatte. Letzteres ist lediglich eine Theorie, die überwiegend auf der zeitlichen Korrelation der Explosion sowie Teslas Experimenten mit freier Energie und den Gerüchten über seine Strahlenwaffen fußt. Dennoch bleibt der Gedanke an die Möglichkeit, dass Tesla im Stande war, weitere uns bis heute unbekannte Effekte zu erkennen.

V. ERFINDER ODER WISSENSCHAFTLER

Edison und Tesla waren sich in Ansichten und Verhalten denkbar unähnlich. Edison, Sohn von Siedlern und ohne nennenswerte Schulbildung, war Erfinder, der Ideen anderer aufgriff, die sich nicht die Mühe machten, diese zu entwickeln. Seine Arbeitsweise beruhte beinahe ausschließlich auf empirischen Ergebnissen. Tesla hingegen genoss mehrjährigen Schulunterricht, studierte an mehreren Universitäten und hatte infolge seines religiösen Elternhauses hohe moralische Ansichten. Er entwickelte Ideen in der Theorie, dank seiner außerordentlichen Begabung überwiegend im Kopf, und setzte sie erst nach Abschluss der Entwicklung in die Realität um. Bemerkenswerter Weise arbeiteten seine Maschinen in den meisten Fällen so, wie er es sich zuvor im Kopf überlegt hatte. Eine empirische Arbeitsweise war ihm, zumindest in seinen jüngeren Jahren, fremd. Dieser Unterschied wird in den beiden folgenden Zitaten besonders deutlich:

Thomas A. Edison: *„Ich würde keinen Heller für einen durchschnittlichen College-Absolventen geben, ausgenommen die Absolventen einer technischen Hochschule ... Die haben wenigstens nicht den Kopf voll mit Latein, Philosophie und ähnlichem albernem Zeug ... In drei oder vier Jahrhunderten, wenn das Land ganz besiedelt ist und der Handelsgeist nachgelassen hat, wird Zeit für Literaten sein.“*

Nikola Tesla *„Wenn Edison eine Nadel in einem Heuhaufen finden müsste, würde er sofort mit dem Eifer einer Biene darangehen, Strohalm für Strohalm zu untersuchen, bis er das gesuchte Objekt gefunden hätte. Ich war bedauernder Zeuge solcher Handlungen und wusste, dass ein wenig Theorie und Berechnung ihm 90 Prozent der Arbeit erspart hätten.“*

Die einzigen Gemeinsamkeiten beider bestanden wohl in Ihrer Liebe zur Arbeit und der Vision, nützliche Dinge zu entwickeln. Edison leistete durch die Einführung praktisch einsetzbarer Glühfadenlampen und auch später durch die Entwicklung von Phonograph und Kinetoskop entscheidende Beiträge für die heutige Welt. Gleichsam sind Teslas Erfindungen aus heutiger Sicht nicht mehr wegzudenken und es kann nur spekuliert werden, welche anderen Erfindungen Tesla mit hinreichenden finanziellen Ressourcen noch hätte hinterlassen können.

LITERATUR

- [1] F. Vögele, *Edison*, 5th ed. Rowohlt Taschenbuch Verlag, 2004.
- [2] lcweb2, "Digital id: cph 3c05139, source: b&w film copy neg., reproduction number: Lc-usz62-105139 (b&w film copy neg.)," <http://lcweb2.loc.gov>.
- [3] M. Cheney, *Nikola Tesla - Erfinder, Magier, Prophet*, 6th ed. Omega-Verlag, 2009.
- [4] Omega-Verlag, "Nikola tesla."
- [5] lcweb2, "Digital id: ggbain 04851, source: digital file from original neg., reproduction number: Lc-dig-ggbain-04851 (digital file from original neg.)," <http://lcweb2.loc.gov>.
- [6] ZDF, "Mission x: Der stromkrieg - edisons mörderischer plan," <http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/25/0,1872,2200793,00.html?dr=1>.
- [7] Wikipedia, "Elektrischer stuhl," http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Stuhl.
- [8] —, "Bild: Elektrischer stuhl," http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Electric_chair.jpg&filetimestamp=20051006073931.
- [9] Jupiter-Verlag, *Waren Teslas Experimente Ursache für die Tunguska-Katastrophe*, heft nr. 7/8 ed. Omega-Verlag, 2004.