

Experimente zum Nachweis von Skalarwellen

Versuche mit einem Tesla-Nachbau von Prof. Konstantin Meyl

T. Junker, C. Schmelzer, T. Senkel, H. Weidner, P. Winkels, E. Zentgraf

Institut für Gravitationsforschung (IGF), Am Heerbach 5, 63857 Waldaschaff
<http://www.gravitation.org>

September 2001

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Messungen vorgestellt, die an einem unmaßstäblichen Nachbau eines Aufbaus von Nikola Tesla zur drahtlosen Energieübertragung vorgenommen wurden. Der Nachbau wurde von Prof. Konstantin Meyl entworfen. Er behauptet, mit dem Nachbau lassen sich wesentliche Beobachtungen von Nikola Tesla nachvollziehen, unter anderem die Existenz von Skalarwellen und die Existenz eines Overunity-Effekts. Im IGF konnten die von Prof. Meyl beschriebenen Effekte zwar zunächst reproduziert werden. Eine eingehende Untersuchung der Anordnung, insbesondere eine Analyse der Stör- und Fehlerquellen und daran anschließend die Durchführung eigener Experimente, zeigte aber, dass sich die Übertragungseffekte im Rahmen der klassischen Elektrodynamik durch Übertragung mit transversalen elektromagnetischen Wellen erklären lassen. Ein Overunity-Effekt wurde nicht beobachtet.

Eine vertiefte Beschreibung der in diesem Artikel vorgestellten experimentellen Untersuchungen und weitere Untersuchungen sind veröffentlicht in [7].

Inhaltsverzeichnis

1 EINFÜHRUNG	2
2 DAS EXPERIMENTIERSET UND DIE MESSAUSRÜSTUNG	4
2.1 UMFANG DES EXPERIMENTIERSETS.....	4
2.2 VERWENDETE MESSGERÄTE IM IGF.....	4
3 EXAKTE REPRODUKTION DER EXPERIMENTE	5
4 EIGENE UNTERSUCHUNGEN MIT DEM EXPERIMENTIERSET	5
4.1 AUSSCHALTEN VON STÖR- UND FEHLERQUELLEN.....	5
4.2 ARBEITSHYPOTHESE LECHERLEITUNG.....	6
4.3 VORBEREITUNG DER EIGENEN MESSUNGEN.....	7
4.4 EIGENE MESSUNGEN AN DEM TESLA-SCHWINGKREIS.....	10
4.5 DIE MEYLSCHEN VERSUCHE.....	11
5 ABSCHLUSS	13

1 Einführung

Nach Prof. Meyl handelt es sich bei dem von Ihm vertriebenen Experimentierset um einen unmaßstäblich verkleinerten Nachbau einer Anordnung von Nikola Tesla, mit der Tesla Anfang des 20.-ten Jahrhunderts angeblich eine drahtlose und sehr effiziente Energie- und Informationsübertragung gelungen ist. Der Aufbau von Nikola Tesla, dem das Experimentierset von Prof. Meyl nachempfunden ist, ist im US-Patent [3] beschrieben. Für Tesla war dieses Patent das Ergebnis umfangreicher Arbeiten zur Energieübertragung. Im Patent [1] hat er einen Aufbau beschrieben, in dem er neben einer Erdverbindung noch *eine* Leitungsverbindung benötigte. In einer Weiterentwicklung, illustriert durch Abbildung 1 (entnommen [2]), verwendet er anstatt des Drahtes eine mit Luft gefüllte Glasröhre; der Luftdruck ist stark reduziert. Im Anschluss daran hat er das Patent [3] für eine drahtlose Energieübertragung patentieren lassen, die ausschließlich mit einer Erdverbindung auskommt. Der Aufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Tesla verwendete in allen diesen Apparaten Schwingkreise hoher Güte, mit der sich hochfrequente Hochspannung erzeugen lies.

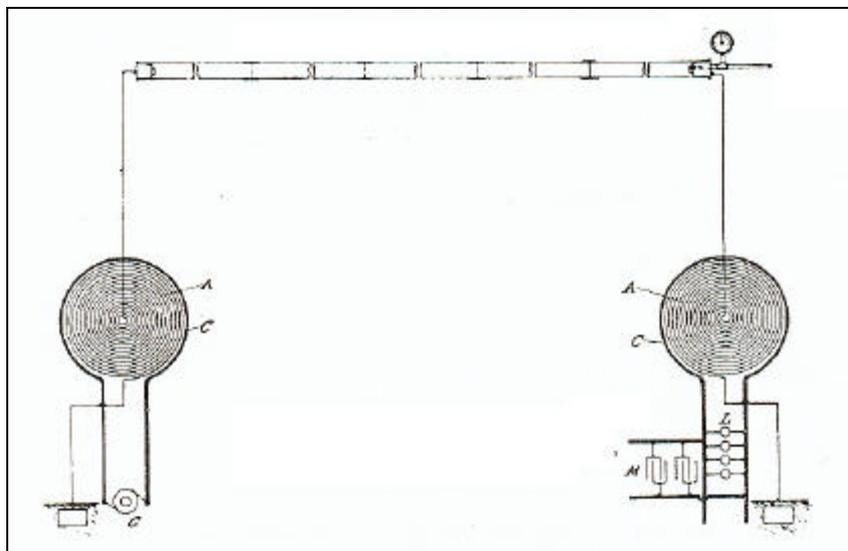


Abbildung 1: Anordnung für Energieübertragung durch eine mit Luft gefüllte Glasröhre, wobei der Luftdruck stark reduziert ist.

(Quelle: N. Tesla *Colorado Spring Notes 1899-1900*)

Tesla ging zunächst davon aus, dass für die Energieübertragung die Luft, die in großer Höhe unter niedrigem Druck leitfähig wird, verantwortlich ist; siehe dazu Patent [3] und Patent [4]. Er widerspricht allerdings teilweise dieser Theorie in dem Patent [5] zur drahtlosen Energieübertragung. Da geht er davon aus, dass die Energieübertragung auch durch die Erde erfolgt und zwar in Form von longitudinalen Wellen. Eine Zusammenfassung von Teslas Arbeiten zur Energieübertragung kann in dem Aufsatz [6] von André Waser nachgelesen werden.

Nikola Tesla ging also zumindest in seinen Arbeiten bis 1900 davon aus, dass die Energieübertragung, die seine Apparate ermöglichen, ein materielles Medium, die Luft oder die Erde, erfordert. Prof. Meyl geht an dieser Stelle einen entscheidenden Schritt weiter. Er behauptet, dass die Energieübertragung nicht gebunden ist an eine Wellenausbreitung, die ein materielles Medium erfordert. Für ihn sind für die Übertragung *elektromagnetische Longitudinalwellen* verantwortlich. Diese Longitudinalwellen bestehen nach Prof. Meyl aus *elektrischen* Potentialwirbeln. Elektrische Potentialwirbel, die nach der klassischen Elektrodynamik, formuliert auf der Basis der Maxwell-Gleichungen, nicht existieren, werden

ausführlich beschrieben in den Büchern [8], [9], [10] und [11] von Prof. Meyl.

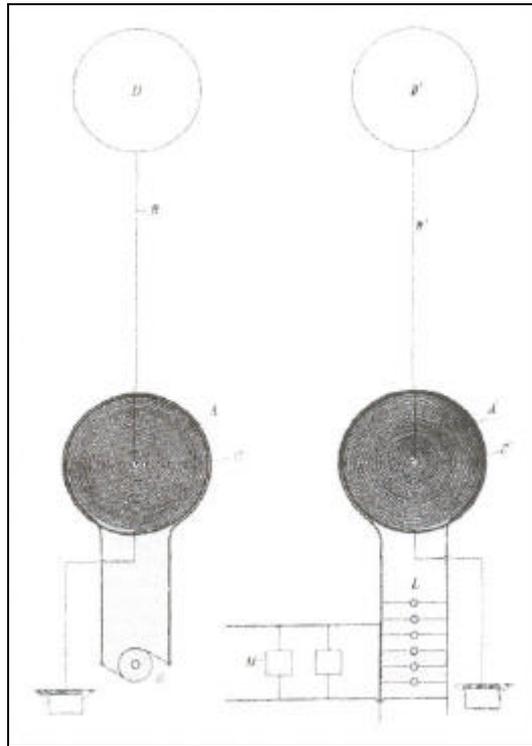


Abbildung 2: Anordnung für drahtlose Energieübertragung - Erdverbindung erforderlich.
(Quelle: N. Tesla *Collected German and American Patents*)

Soweit die etwas kurz geratenen theoretischen Vorüberlegungen. Der Schwerpunkt dieses Artikels ist allerdings nicht die Theorie der von Nikola Tesla entwickelten drahtlosen Energieübertragung, sondern die mit dem Nachbau von Prof. Meyl durchgeführten Experimente. Nach Prof. Meyl lassen sich mit seinem Aufbau folgende Behauptungen experimentell belegen:

1. Mit dem Aufbau gelingt der Nachweis von stehenden elektromagnetischen Longitudinalwellen.
2. Der Aufbau zeigt einen sog. Overunity-Effekt, wenn er in einem bestimmten Arbeitspunkt betrieben wird.

Neben Experimenten zum Test dieser zwei Haupt-Hypothesen, die fundamentale physikalische Theorien betreffen, hat Professor Meyl ein weiteres interessantes Experiment beschrieben: er behauptet, dass bei der Übertragung zwischen Sender und Empfänger ein Faradayscher Käfig unwirksam ist.

Die zwei Haupt-Hypothesen und das Experiment mit dem Faraday-Käfig haben wir im Labor des IGF mit unserer Ausrüstung überprüft. Die Ergebnisse werden im folgenden vorgestellt.

2 Das Experimentierset und die Messausrüstung

2.1 Umfang des Experimentiersets

Das Experimentierset umfasst insgesamt 6 Tesla-Flachspulen mit unterschiedlichen Drahtlängen, 2 Kugelelektroden, ein Frequenzgenerator und einen Frequenzzähler. Auf jede Tesla-Flachspule kann eine der Kugelelektroden aufgesetzt werden. Weiterhin kann jede Flachspule mit aufgesetzter Kugelelektrode als Sender oder als Empfänger betrieben werden. Die Anzeige der Leistungsaufnahme erfolgt qualitativ über die Stärke der Abstrahlung von zwei Leuchtdioden, die sich auf jeder Spule befinden. Zur Durchführung der Experimente muss die Sende- und die Empfangsspule durch eine Eindrahtverbindung miteinander verbunden werden. Diese Verbindung soll die Masseverbindung, die Tesla in seinen Aufbauten beschreibt, simulieren. Für die von Prof. Meyl beschriebenen Experimente muss die Anordnung in unterschiedlichen Resonanzpunkten betrieben werden. Diese Resonanzpunkte werden durch das Durchregeln der Frequenz des Frequenzgenerators eingestellt. Abbildung 3 zeigt einen typischen Aufbau, der mit dem Experimentierset realisiert werden kann. Die Theorie von Prof. Meyl und die Vorschläge zu Experimenten mit dem Experimentierset sind in [12] beschrieben.

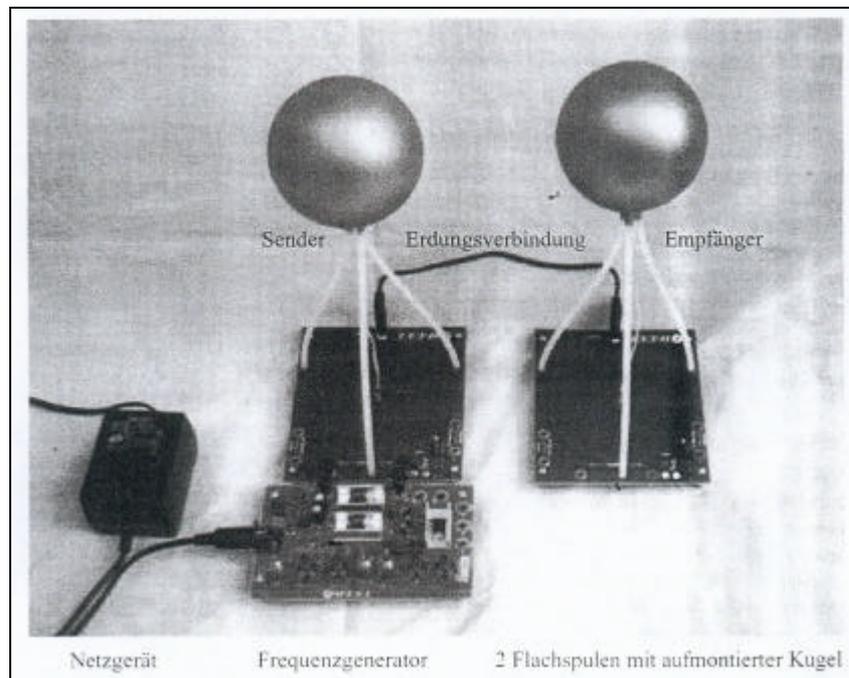


Abbildung 3: typischer Aufbau, der mit dem Meylschen Experimentierset realisiert werden kann.

2.2 Verwendete Messgeräte im IGF

Bei der Replikation der Meylschen Experimente und bei der Durchführung eigener Experimente mit dem Meyl-Experimentiersatz wurden folgende Messgeräte des IGF verwendet:

- Digitales Tischmultimeter *Fluke 45*
- Digitales Tischmultimeter *Fluke 85-4*
- Digitales Oszilloskop, 4-kanalig, bis 500 MHz *Tektronix TDS 3054*

- Antennenmessgerät *Kathrein MFK 55*
- Signalgenerator *Fluke 6062 A*
- Spectrum Analyser *Hewlett Packard 8594 EM*
- RCL-Meter *Fluke PM 6304*

3 Exakte Reproduktion der Experimente

In einem ersten Schritt wurden zunächst die von Prof. Meyl vorgeschlagenen Experimente zu den oben aufgezählten Hypothesen genau nachvollzogen. Die Experimente werden in der Dokumentation, die dem Experimentierset beiliegt, beschrieben. Die Ergebnisse konnten auch reproduziert werden.

Unserer Einschätzung nach haben diese Resultate allerdings keine besonders hohe Relevanz, da in der Dokumentation eine Untersuchung der Stör- und Fehlerquellen fehlt. Die Analyse der Fehlerquellen hat allerdings einen Großteil unserer Arbeit ausgemacht, die sich an die exakte Replikation der Meylschen Ergebnisse anschloss.

4 Eigene Untersuchungen mit dem Experimentierset

4.1 Ausschalten von Stör- und Fehlerquellen

Im ersten Schritt wurden zunächst die bekannten möglichen Fehlerquellen bei Messungen im HF-Bereich weitgehend minimiert:

- Verwendung kurzer Messleitungen, um Antenneneffekte zu vermeiden.
- Galvanische Trennung der verwendeten Geräte vom 230V Wechselstromnetz. Die Trennung wurde durch den Einsatz von Akkumulatoren realisiert. Nachdem sich herausstellte, dass der von uns verwendete Wechselrichter eine Störstrahlung im Bereich 6MHz abstrahlt, wurden die Geräte so umgebaut, dass sie mit Gleichstrom betrieben werden können.

Allein schon die Messungen, die nach der Beseitigung der Fehlerquellen durchgeführt wurden, zeigten durchaus eine Entfernungsabhängigkeit der am Empfänger gemessenen Leistung. Das Ergebnis ist in Abbildung 4 zu sehen. Das war der erste klare Hinweis, dass die Energieübertragung zwischen Sende- und Empfangsmodul nicht auf der Basis von Skalarwellen erfolgt.

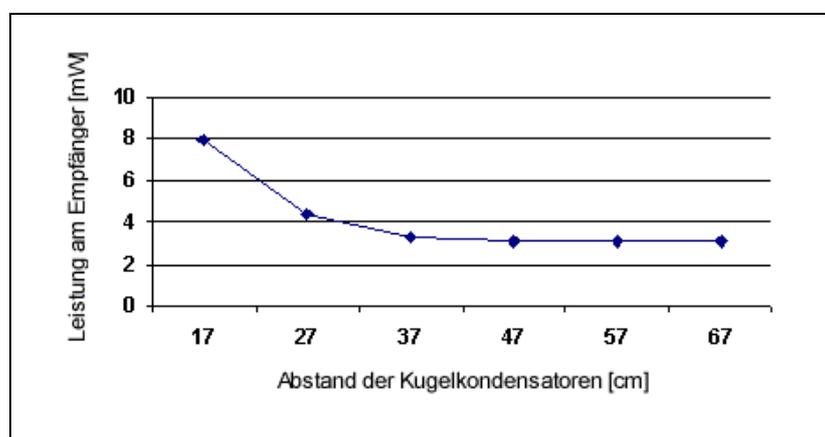


Abbildung 4: Entfernungsabhängigkeit der am Empfänger gemessenen Leistung

4.2 Arbeitshypothese Lecherleitung

Die einfachste Erklärung für das Verhalten der Schaltung ist die Annahme, dass sich auf der Gesamtleitung der Schaltung eine stehende Welle ausbildet. Herr Prof. Meyl hat bisher immer bestritten, dass das Verhalten seiner Schaltung so einfach erklärt werden kann. Als Begründung hat er angeführt, dass die Wellenlänge der Grundfrequenz deutlich größer ist als die Gesamtleiterlänge. Die Grundfrequenz liegt nach unseren Messungen bei $(5,35 \pm 0,1)$ MHz. Die Wellenlänge berechnet sich nach der Gleichung:

$$l = \frac{c_{Cu}}{n} \approx \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,35 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 56,07 \text{ m}$$

Eine Berechnung der Gesamtlänge der Schaltung führt auf 18,9 m (siehe Abschnitt 4.4.2). Im folgenden werden wir begründen, unter welchen Umständen sich auf einer Leitung mit der Länge von 18,9 m eine stehende Welle bei der oben genannten Frequenz von $(5,35 \pm 0,1)$ MHz ausbilden kann. Die Länge der Leitung berechnet sich aus dem Abstand vom höchsten Punkt des einen Kugelkondensators zum höchsten Punkt des anderen Kugelkondensators.

4.2.1 Stehende Wellen auf einer Lecherleitung

Lecherleitungen (genannt nach dem Physiker Lecher 1856-1926) sind in der klassischen Form lange, in etwa 10 mm Abstand parallel gespannte Kupferdrähte, die am Anfang verbunden werden. Hier wird induktiv Energie eingekoppelt. Das Ende ist entweder auch verbunden oder endet offen, das beeinflusst die Resonanzfrequenz. In diesem Kapitel werden wir beim Oszillator immer einen kurzgeschlossenen Anfang und ein offenes Leitungsende (rechts) voraussetzen (siehe Abbildung 5), weil dann die Ergebnisse leicht auf den Meylschen Teslaschwingkreis übertragbar sind. Außerdem soll sich die Anordnung in Luft ($\epsilon_r = 1$) befinden und kein ferromagnetisches Material in der Nähe sein.

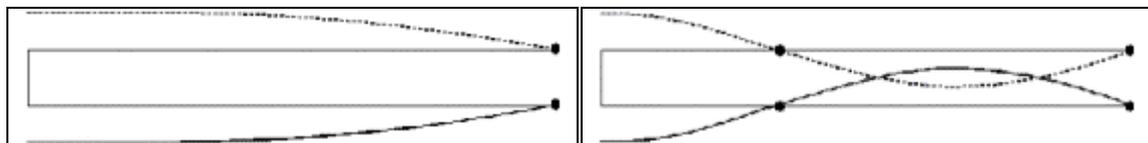


Abbildung 5

Abbildung 6

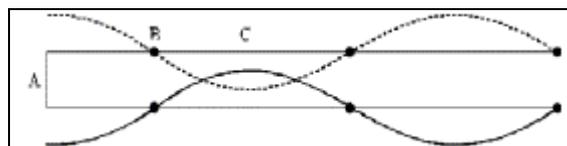


Abbildung 7

Bei einer 60 cm langen Doppelleitung, die am linken Ende kurzgeschlossen ist (gesamte Drahtlänge 120 cm, in allen Abbildungen dünn gezeichnet) beträgt die längste Resonanzwellenlänge 240 cm entsprechend einer Frequenz von 125 MHz. Die Stromverteilung (dicke Linie) zeigt ein einziges Strommaximum links an der Verbindung der parallelen Drähte, das man mit einer induktiv angekoppelten Glühlampe nachweisen kann. An offenen rechten Drahtende muss der Strom null sein (Stromknoten).

Dieselbe Leitung kann auch z. B. auf 375 MHz mit obiger Stromverteilung auf Resonanz kommen (siehe Abbildung 56). Die insgesamt vier Stromknoten sind durch dicke Punkte markiert, ihr gegenseitiger Abstand ist $\lambda/2$ der Resonanzwellenlänge. Genau zwischen zwei Punkten, beim Strommaximum, kann die Leitung geerdet werden, ohne (bei dieser Frequenz!) die elektrischen Eigenschaften des Systems zu ändern. An diesen Stellen ist das

Magnetfeld besonders stark und gleichzeitig die Spannung null.

Die nächste Resonanz findet man bei 625 MHz mit der Stromverteilung wie in Abbildung 7. Auf jedem der beiden Drähte sind nun drei Stromknoten. Mit dem Strommaximum am kurzgeschlossenen linken Ende treten insgesamt fünf Strombäuche auf. Allgemein gilt also, dass die Resonanzfrequenzen immer ungerade Vielfache der tiefsten Frequenz sind.

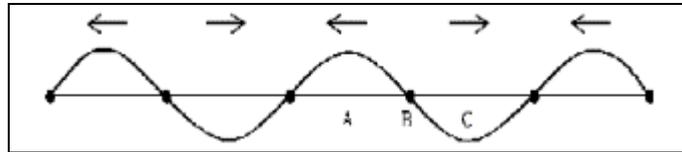


Abbildung 8

Nun denkt man sich den Draht zu einer Geraden aufgebogen (siehe Abbildung 8). Das ändert - im Vergleich zur vorhergehenden Abbildung - weder Stromverteilung noch Resonanzfrequenz (625 MHz). Der Lecherkreis beginnt aber Energie abzustrahlen, weil die weiträumige Kompensation der Magnetfelder entfällt. Übliche Anwendungen sind abgestimmte Dipolantennen für Sende- und Empfangszwecke.

4.2.2 Veränderungen durch das Aufwickeln

Wickelt man den Draht spiralförmig auf wie im Bausatz von Meyl, so führen zwei Effekte zu einem Absinken der Resonanzfrequenz: die Magnetfelder benachbarter Windungen verstärken sich und damit erhöht sich die gespeicherte magnetische Energie. Das wirkt wie eine vergrößerte Induktivität. Weiterhin liegen nach dem Aufwickeln Drahtstücke nah beisammen, die beim gestreckten Dipol weit entfernt sind. Das vergrößert die Eigenkapazität der Spule. Das $\epsilon_r > 1$ des Platinenmaterials verstärkt diese Tendenz. Eine Vergrößerung der Induktivität und Eigenkapazität führt zu einem Absinken der Resonanzfrequenz.

4.2.3 Veränderung durch Endkapazitäten

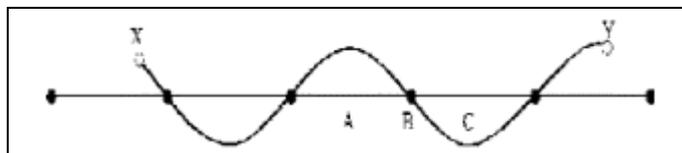


Abbildung 9

In Abbildung 9 sieht man im Vergleich, wie die ungleichen Kondensatoren X und Y (Teslakugeln) die außen liegenden Segmente (Drahtstücke zwischen zwei Stromknoten) verkürzen. Die größere Kapazität X kann mehr Elektronen aufnehmen und ersetzt ein längeres Stück Draht. Vergleichbares gilt für die Umgebung der Koppelspulen: Die Segmentlänge kann kapazitiv beeinflusst werden, wenn dort kein Spannungsknoten liegt. Ein Kondensator bei B würde beide Nachbarsegmente verkürzen. Kondensatoren bei A und C sind dagegen wirkungslos. Beim Meylschen Teslaschwingkreis sind nur manche Abstände zwischen Stromknoten verkürzt, deshalb werden die Positionen der Strommaxima nicht gleichverteilt sein. Entsprechend werden auch die höheren Resonanzfrequenzen **keine ganzzahligen Vielfachen** der Grundfrequenz sein.

4.3 Vorbereitung der eigenen Messungen

4.3.1 Nebeneffekte der Leuchtdioden

Die LED werden von Meyl vorgeschlagen, um billige Leistungs-'Messgeräte' zur Verfügung zu stellen. Man sollte aber stets daran denken, dass der Informationsgehalt einer einfachen Helligkeitsanzeige außerordentlich begrenzt ist. Insbesondere kann man mit LED

nicht elektrische Vorgänge im Teslaschwingkreis untersuchen.

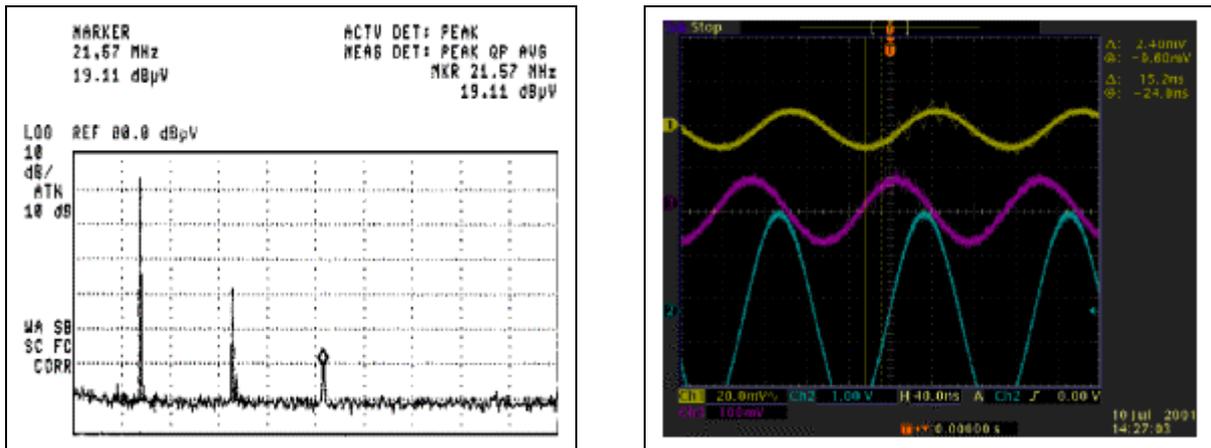


Abbildung 10: Schaltung ohne LED's

Gelbe Kurve: induzierte Spannung über der Koppelspule der Empfängerplatte;
 Blaue Kurve: Oszillatorspannung an der Koppelspule der Senderplatte;
 Violette Kurve: Spannung am 5 Ohm-Widerstand in der Verbindungsleitung Oszillator - Koppelspule

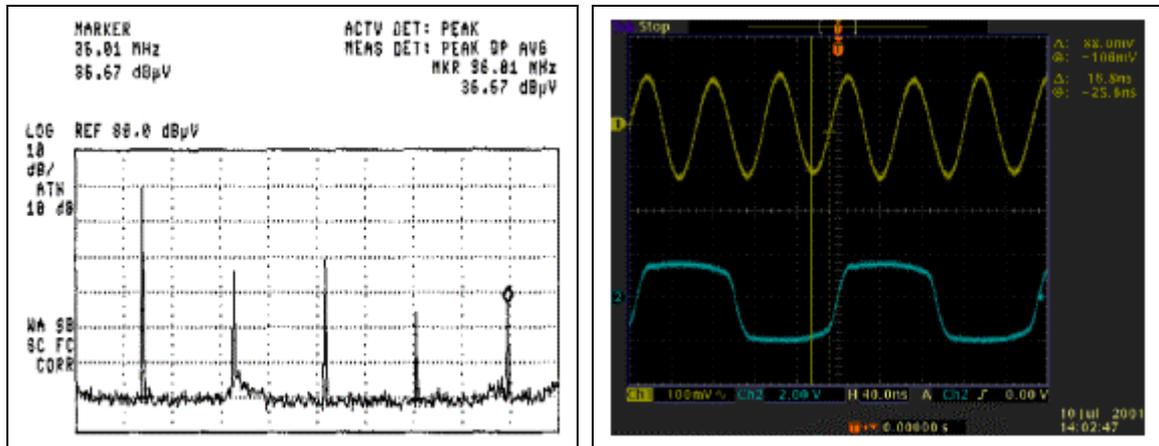


Abbildung 11: LED nur auf Senderplatte

Gelbe Kurve: induzierte Spannung über der Koppelspule der Senderplatte;
 Blaue Kurve: Oszillatorspannung an der Koppelspule der Senderplatte

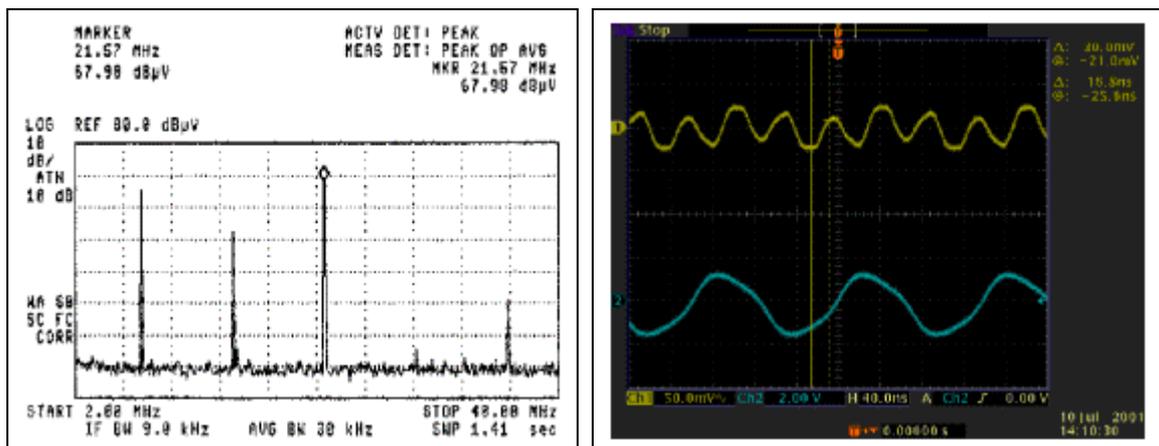


Abbildung 12: LED nur auf Empfängerplatte

Gelbe Kurve: induzierte Spannung über der Koppelspule der Empfängerplatte;
 Blaue Kurve: Oszillatorspannung an der Koppelspule der Senderplatte

Ferner beeinflussen die fest an den Schwingkreis gekoppelten, antiparallel geschalteten LED die Schaltung sehr massiv: Sie sind aufgrund ihrer Begrenzerwirkung auf etwa 1,7 V

stark nichtlineare Bauelemente, verändern deshalb die vorher sinusförmige Spannung des Oszillators fast bis zur Rechteckform und erzeugen starke Oberwellen. Der Einfluss der Nichtlinearität auf das Verhalten der Schaltung ist schwer abschätzbar, deshalb wurde dieser ausführlich untersucht.

In der Abbildung 10 sieht man den Oberwellengehalt des verwendeten Meßsenders allein ($f = 7,2$ MHz). Die 2. Oberwelle befindet sich bei 14,4 MHz, die 3. Oberwelle, durch den Marker hervorgehoben, bei 21,6 MHz. Höhere Frequenzen kann man vernachlässigen. Das Oszillogramm zeigt keine erkennbaren Abweichungen von der Sinusform. Wie in Abbildung 11 zu sehen ist, verändert sich das Spektrum im Vergleich zum vorhergehenden Bild drastisch, sobald auf der Senderplatine die Steckbrücke für die LED eingesetzt wird: die symmetrische Begrenzung durch die LED erzeugt starke Oberwellen, wobei die ungeraden Anteile im Einklang mit der Fourieranalyse überwiegen. Auf dem Oszillogramm sieht man die fast rechteckige Kurvenform.

In nächsten Versuch wurden die LED auf der Senderplatine wieder ab- und stattdessen die LED auf der Empfängerplatine eingeschaltet (siehe Abbildung 11). Der induktive Messfühler liegt unverändert über der Koppelspule der Empfängerplatine. Die Grundfrequenz beträgt 7,2 MHz. Die 2. Oberwelle bei 14,4 MHz ist um den Faktor 4,5 schwächer. Die 3. Oberwelle bei 21,6 MHz ist um den Faktor 1,4 stärker (!) als die Grundfrequenz. Die 4. Oberwelle bei 28,8 MHz ist um den Faktor 280 schwächer und kaum feststellbar. Die 5. Oberwelle bei 36 MHz hat den Pegel 31 dB μ V und ist damit immer noch überraschend stark. Die relativen Stärken der Oberwellen und die Kurvenform hängen stark von der Position des induktiven Messfühlers ab. Das liegt an den unterschiedlichen Positionen der Strombäuche längs der Drahtspirale des Teslaschwingkreises.

4.3.2 Kapazitiver und induktiver Meßfühler

Wir fanden, dass eine tatsächliche Erdverbindung bei manchen Resonanzen (speziell bei der 3. und 5. Oberwelle) keinen Einfluss auf das elektrische Verhalten der Schaltung hat, bei anderen aber (beispielsweise der 4. oder 6. Oberwelle) sehr stark stört. Das hängt von der Ordnung der jeweils gemessenen Oberwelle ab und lässt sich problemlos durch die Position der Spannungsmaxima längs des Drahtes erklären. Um die Messergebnisse nicht zu verfälschen, verzichteten wir auf jegliche leitfähige Verbindung der Platinen mit der Umgebung. Auch auf einen Anschluß des Oszillograf-Gehäuses mit der recht großen Kapazität von 130 pF wurde verzichtet.

Um das Erdungsproblem zu umgehen, verwendeten wir einen induktiven und einen kapazitiven Messfühler, mit denen berührungsfrei die Positionen der Strom- und Spannungsmaxima bestimmt werden konnten.

Der induktive Messfühler besteht aus einer Spule mit 4 Windungen aus 0,6 mm dickem lackierten Kupferdraht, hat einen Innendurchmesser von 12 mm und wird mit einem 100 cm langen Koaxialkabel an den Oszillografen angeschlossen. Seine Eigenresonanz liegt knapp über 40 MHz. Der kapazitive Messfühler wurde hergestellt, indem von einem 100 cm langen Koaxialkabel die letzten 2 cm des Außengeflechtes entfernt wurden. Der herausstehende isolierte Innenleiter wurde als kapazitive Antenne verwendet.

4.3.3 Stromwandler

Die beiden Platinen mit den aufgesetzten Kugeln werden laut Anleitung durch einen Draht, der die Erdungsverbindung in dem von Tesla beschriebenen Aufbau ersetzt, verbunden, dessen Länge offenbar irgendwo zwischen 20 cm und 600 cm liegen darf. Uns interessierte die Frage: Fließt in diesem Draht Strom oder nicht? Welchen Wert hat er? Die Strommessung erfolgte mit einem Stromwandler. Das ist ein Ferritring von etwa 15 mm Außendurchmesser, der mit 20 Windungen torusartig bewickelt wird. Durch diese Art der Strommessung wird die Schaltung nur minimal gestört. Die Resonanzfrequenzen der gesamten Anordnung werden nur um maximal 1,6% beeinflusst.

4.4 Eigene Messungen an dem Tesla-Schwingkreis

Ausgehend von der Hypothese, dass es sich bei der Meylschen Schaltung um eine aufgewickelte und kapazitiv verkürzte Lecherleitung handelt, wurden Messungen zur Prüfung dieser Hypothese durchgeführt. Die hier beschriebenen Messungen und weitere Messungen sind in [7] veröffentlicht.

4.4.1 Bestimmung der Grundfrequenz

Zuerst wird die tiefste Resonanzfrequenz gesucht. Bei dieser Frequenz hat der Strom vom Oszillator zur Senderplatine ein relatives Maximum. An den Drahtenden (Kugeln) misst man Spannungsmaxima. Es gibt ein einziges Strommaximum, das in unmittelbarer Umgebung des Verbindungsdrahtes (Erdung) und bei den äußeren Windungen der Teslaspule nachgewiesen werden kann. Außerdem nimmt der induzierte Strom über der Spirale monoton von außen in Richtung Zentrum ab.

Die gefundene Frequenz selbst ist für die folgenden Versuche wenig interessant, sie liegt bei $(5,35 \pm 0,1)$ MHz. Das entspricht einer Vakuum-Wellenlänge von 44,4 m. Ein gestreckter Halbwelldipol muss also 22,2 m lang sein. Die Länge der Gesamtleitung der Schaltung (also der Abstand vom höchsten Punkt des einen Kugelkondensators zum höchsten Punkt des anderen Kugelkondensators) beträgt jedoch nur 18,8 m. Die Ursachen der Verkürzung wurden besprochen (siehe Abschnitte 4.2.2 und 4.2.3).

4.4.2 Oberwellen

Als nächstes wurden höhere Resonanzfrequenzen gesucht. Diese müssen aus den erörterten Gründen (siehe Kapitel 4.2.3) keine ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz sein. Mit dem induktiven Messfühler wurden mehrere Frequenzen gefunden. Davon wurde die Resonanzfrequenz bei 29,5 MHz genauer untersucht, indem mit dem Messfühler diejenigen Windungen auf beiden Teslaspulen, über denen die induzierte Spannung minimal (kein Magnetfeld) bzw. maximal (starkes Magnetfeld) war, ermittelt wurden. Tabelle 1 zeigt das Ergebnis.

Die erste Spalte gibt die Nummer der Windung an. Die zweite Spalte gibt an, ob die induzierte Spannung bei dieser Windungsnummer ein relatives Minimum (=Stromknoten) oder Maximum (=Strombauch) hat. Der 3. Spalte kann die Phase der induzierten Spannung entnommen werden, die sich bei jeder Nullstelle um 180° verschiebt. Die vierte Spalte zeigt die Drahtlängen ab der Mitte der 20 cm langen Erdung; ab der 47. Windung zählen wir noch die Entfernung zwischen Platine und höchstem Punkt der Kugel (317 mm) dazu, da erst an dieser Stelle der Stromfluss endet. Die letzte Spalte zeigt die Drahtlängen Δx zwischen aufeinanderfolgenden Nullstellen der Stromknoten. Die Summe ergibt 188,74 cm.

Die obige Messung zeigt deutlich den Einfluss der Geometrie der Tesla-Spule auf die Lage der Stromknoten. Bei einem geradlinigen Draht wären die Stromknoten in einem Abstand von 508 cm messbar. Durch die Spiralwicklung der Teslaspulen wird der Abstand der Stromknoten auf (402 ± 6) cm reduziert, wenn keine Zusatzkapazitäten vorhanden sind (siehe Abschnitt 4.2.2). Die Zusatzkapazität verringert die Länge der äußeren beiden $\lambda/2$ -Abschnitte auf 140 cm (siehe Abschnitt 4.2.3).

Die Werte wurden mit der kapazitiven Sonde kontrolliert. Das Ergebnis entspricht der klassischen Leitungstheorie: Zwischen zwei Strommaxima liegt immer genau ein Spannungsmaximum! Vor und nach jedem Spannungsknoten ändert sich die Phasenlage um 180 Grad.

Es besteht nicht der geringste Zweifel: der Teslaschwingkreis ist eine verkürzte, aufgewickelte Dipolantenne, auf dem auch bei höheren Frequenzen stehende Wellen angeregt werden können.

Windung	induzierte Spannung	Phase	Drahtlänge[mm]	Δx [mm]
(47)	Keine Messung möglich		9120+317 ± 74	
Anmerkung a)	vorhanden	+	-	1402 ± 141
31 ± 0,5	0		8035 ± 67	-
20 ± 2	rel. Maximum	-	(6100)	3950 ± 210
12 ± 0,5	0		4085 ± 143	-
8 ± 2	rel. Maximum	+	(2885)	4085 ± 143
0	0		100	(Empfängerplatine)
			200 (ERDUNG)	
0	0		100	(Senderplatine)
8 ± 2	rel. Maximum	-	(2885)	4085 ± 143
12 ± 0,5	0		4085 ± 143	-
20 ± 2	rel. Maximum	+	(6100)	3950 ± 210
31 ± 0,5	0		8035 ± 67	-
Anmerkung a)	vorhanden	-	-	1402 ± 141
(47)	Keine Messung möglich		9120+317 ± 74	

Tabelle 1: Punkte minimaler induzierter Spannung (kein Magnetfeld) bzw. maximaler induzierter Spannung (starkes Magnetfeld) auf den Tesla-Spulen.

(Anmerkung a: Der zweiten und der vorletzten Zeile lässt sich keine Windungsnummer zuordnen, da kein relatives Maximum nachweisbar ist. Es lässt sich nur feststellen, dass in diesem Bereich Strom fließt.)

4.4.3 Messung des Stroms im Verbindungsleiter

Der in 4.3.3 beschriebene Stromwandler erlaubt den Nachweis, ob und wie viel Strom durch die Erdungsleitung fließt. Laut Prof. Meyl sollte er immer null sein, weil angeblich die Energie nur von einer Kugel zur anderen übertragen wird. Wir haben allerdings immer nennenswerte Ströme festgestellt: 3,4 mA_{eff} stellen immerhin 28% des vom Oszillator abgegebenen Stromes dar. Andererseits haben wir eine reproduzierbare Anordnung gefunden, bei der trotz nicht vorhandener Senderkugel die LED auf der Empfängerplatine erheblich heller leuchten als auf der Senderplatine - laut Meyl sollte das unmöglich sein! In diesem Fall können wir selbstverständlich Strom auf der Verbindungsleitung messen, was unsere Theorie des aufgewickelten Lecherkreises stützt.

4.5 Die Meylschen Versuche

Prof. Meyl hat in dem Handbuch zu dem Experimentierset insgesamt 5 Versuche vorgeschlagen, die zeigen sollen, dass sich der Tesla-Nachbau nicht mit der herkömmlichen klassischen Elektrodynamik erklären lässt. Im folgenden werden wir diese Versuche einzeln auf dem Hintergrund der oben beschriebenen Ergebnisse diskutieren.

4.5.1 Der Versuch „Rückwirkungen“

Der Aufbau wird gemäß Beschreibung vorgenommen, dann erhöht man - bei etwa 5 MHz beginnend - die Frequenz, bis bei 7,2 MHz die Sender-LED verlöschen und die Empfänger-LED zu leuchten beginnen. Meyl interpretiert diese Beobachtung als eine Rückwirkung des Empfängers auf den Sender. Der Sender „merkt“ angeblich, dass ihm durch den Empfänger Energie abgezogen wird.

Die im folgernden beschriebenen Messungen zeigen allerdings, dass das Verhalten der Schaltung auch mit der klassischen Elektrodynamik erklärbar ist. Der induktive Messfühler wird über der 6. Windung der Senderplatine fixiert. An dieser Stelle über der Koppelspule ist die Grundfrequenz von 7,2 MHz auffallend schwach; die dritte Oberwelle 21,6 MHz ist um

den Faktor 5,6 *stärker*. Diese Oberwelle entzieht dem Oszillator aufgrund von Resonanz besonders viel Energie. Die Spannung des Oszillators bricht auf weniger als 1,7 V_s zusammen und die parallel angeschlossenen Sender-LED leuchten nicht mehr.

Der induktive Messfühler wird nun über der 10. Windung der Empfängerplatine fixiert. Die Oberwelle ist hier sogar um das 10-fache höher als die Grundwelle, was auf die Nichtlinearität der LED's zurückzuführen ist. Weitere Messungen zeigen, dass sich an dieser Stelle ein Spannungsknoten bzw. Strombauch befindet, der eine besonders gute induktive Auskopplung ermöglicht - also leuchtet die LED.

Somit lässt sich also der Versuch zwanglos durch das Vorhandensein von Oberwellen und durch die Auskopplung von Energie aus diesen Wellen erklären.

4.5.2 Das „Abstandsquadrat“ und der Versuch mit dem Faradayschen Käfig

Prof. Meyl behauptet, dass die Energieübertragung zwischen Sender und Empfänger unabhängig ist von dem Abstand zwischen Sender und Empfänger und dass ein Faradayscher Käfig die Übertragung per Skalarwellen nicht abschirmen kann.

Für die Erklärung dieses Phänomens muss ebenfalls keine Erklärung mittels Skalarwellen bemüht werden. Die Energieübertragung kommt durch die Elektronenbewegung zustande. Diese wird durch die stehenden Wellen verursacht, die sich innerhalb der Schaltung und somit auch auf der Erdverbindung ausbilden. In diesem Fall ist natürlich der Abstand zwischen Sender und Empfänger bedeutungslos.

Genauso lässt sich natürlich die Wirkungslosigkeit eines Faradayschen Käfigs erklären. Aufgrund der stehenden Wellen, die sich ausbilden, wird die Energie über die Erdverbindung in den Faradayschen Käfig hinein- oder hinaus transportiert.

4.5.3 „Nachweis“ freier Energie

Meyl zieht aus unterschiedlichen Helligkeiten der LED die Folgerung, dass „... mehr Leistung empfangen [wird] als der Sender abgibt“. Wir haben dagegen - ebenfalls mit Tektronix-Messgeräten - Wirkungsgrade des Teslaschwingkreises unter 50% gemessen. Für eine Überschlagsrechnung entnimmt man dem Oszillogramm in Abbildung 13 (Blaue Kurve: Spannung, Violette Kurve: proportional zu Strom), dass Oszillatorspannung und -strom fast sinusförmig und kaum phasenverschoben sind. Die Oszillatorleistung errechnet sich annähernd zu $P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = 1,2 \text{ V} \cdot 16 \text{ mA} = 19 \text{ mW}$.

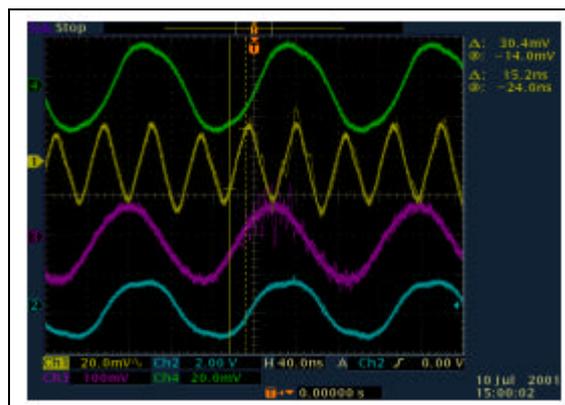


Abbildung 13: Messung zum Versuch „Freie Energie“

Gelbe Kurve: induzierte Spannung über der Koppelspule der Empfängerplatine;

Blaue Kurve: Oszillatorspannung an der Koppelspule der Senderplatine;

Violette Kurve: Spannung am 5 Ω-Widerstand in der Verbindungsleitung Oszillator – Koppelspule

Grüne Kurve: Spannung am Stromwandler in der Verbindungsleitung zwischen Sender- und Empfängerplatine

Wenn man das rote Leuchten einer LED gerade noch erkennt, liegt die aufgenommene Leistung bei nur 60 µW (Mikrowatt!). Führt man eine Leistung von 4 mW zu, so leuchtet die LED sehr hell. Wir haben zum Vergleich zwei LED identischer Bauart 8,5 mW

Gleichstromleistung zugeführt und neben die mit Hochfrequenz gespeisten LED der Empfängerplatine gehalten: Alle LED waren gleich hell. Dieser Wert ist merklich kleiner als die vom Meßsender abgegebene Leistung von etwa 19 mW. Berücksichtigt man, dass immer zwei LED parallel geschaltet sind, errechnet sich ein Wirkungsgrad von $8,5 \text{ mW}/19 \text{ mW} = 45\%$. Bis $\eta=100\%$ oder gar 500% ist noch ein weiter Weg!

4.5.4 Überlichtgeschwindigkeit

Zu diesem Versuch schreibt Prof. Meyl: „Dreht man den Frequenzregler weiter nach links, dann findet sich bei aufgedrehtem Amplitudenregler noch ein weiterer Einstellwert, bei dem die Empfängerlampen leuchten.“ Die anschließende Behauptung, „die Spulenlänge und damit die Wellenlänge wurde nicht geändert“ ist falsch: Wegen der Zusatzkapazitäten (Kugeln) gibt es keinen einfachen Zusammenhang zwischen Draht- und Wellenlänge, insbesondere kann man nicht behaupten, die Wellenlänge hätte sich nicht geändert. Damit ist unklar, welche Wellenlänge Meyl eigentlich meint.

Wir haben eine Grundfrequenz von 5,35 MHz mit einer Vakuum-Wellenlänge von 44,4 m gemessen. Die untersuchte Oberwelle von 29,5 MHz (nur eine von vielen möglichen!) besitzt die Vakuumwellenlänge 10,2 m. Was ist nun „Die Wellenlänge“, die Meyl meint und die sich angeblich nicht geändert hat? Aufgrund dieser Uneindeutigkeiten ist seine „Herleitung“ von Überlichtgeschwindigkeit nicht nachvollziehbar.

5 Abschluss

Keine der Hypothesen, die nach Prof. Meyl mit dem Experimentierset experimentell nachprüfbar sind, können von uns bestätigt werden. Die Effekte, die Prof. Meyl beschrieben hat, können alle im Rahmen der klassischen Elektrodynamik durch stehende Wellen auf einer Lecher-Leitung erklärt werden.

Die Experimente am IGF und auch andere Untersuchungen (z.B. [13]) zeigen, dass mit dem Meylschen Aufbau die Effekte, die Tesla in seinen Patenten beschreibt, nicht reproduziert werden. Die Unterschiede zwischen den Aufbauten von Tesla und dem Meylschen Nachbau sind sowohl was die geometrische Größe als auch die Leistungsaufnahme betrifft, so gravierend, dass im Grunde nicht von einem Nachbau gesprochen werden kann. Aus den Ergebnissen am Meylschen Aufbau kann daher nicht gefolgert werden, dass die Aufbauten von Tesla, dokumentiert u. a. in den Patenten [1] und [2] bis [5], auch keine Ergebnisse zeigen würden. Die Experimente von Tesla sind bisher noch nicht exakt nachvollzogen worden, weil die finanziellen Mittel dafür nicht zur Verfügung standen. Unserer Meinung nach ist es dringend geboten, die Experimente und Aufbauten von Tesla, der ja immerhin zu den außergewöhnlichsten und fähigsten Erfindern im Bereich der Elektrizität zählt, nachzuvollziehen, um endlich den Gehalt seiner Arbeit wirklich abschätzen zu können.

Literatur

- [1] Tesla Nikola, „Electrical Transformer“, US Patent 593'138 (beantragt am 20.03.1897, erteilt am 02.11.1897)
- [2] Tesla Nikola, „Colorado Spring Notes“, Nolit, Belgrad, Jugoslawien (1978)
- [3] Tesla Nikola, „System of Transmission of Electrical Energy“, US Patent 645'576 (beantragt am 02.09.1897, erteilt am 20.03.1900)
- [4] Tesla Nikola, „Apparatus for Transmission of Electrical Energy“, US Patent 649,621 (beantragt am 02.09.1897, erteilt am 15.05.1900)
- [5] Tesla Nikola, „Art of Transmitting Electrical Energy through the Natural Mediums“, US Patent 784,412 (beantragt am 16.05.1900, erneuert am 17.06.1902, erteilt am

- 18.04.1905)
- [6] Waser André, „Nikola Tesla's Transmitter“, AW-Verlag, Einsiedeln, Schweiz (2000), im Internet unter <http://www.aw-verlag.ch/EssaysD.htm#NikolaTeslasTransmitter>
 - [7] Weidner Herbert, Zentgraf Eberhard, „Analyse eines Teslaschwingkreises“, Waldaschaff (2001), im Internet unter <http://www.gravitation.org/Meyl2.html>.
 - [8] Meyl Konstantin, „Potentialwirbel“, Teil 1, 1. Auflage, Indel Verlag, Villingen-Schwenningen (1990), ISBN 3-9802 542-1-6
 - [9] Meyl Konstantin, „Potentialwirbel“, Teil 2, 1. Auflage, Indel Verlag, Villingen-Schwenningen (1992), ISBN 3-9802 542-2-4
 - [10] Meyl Konstantin, „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit“, Teil 1, 3. Auflage, Indel Verlag, Villingen-Schwenningen (1996), ISBN 3-9802 542-8-3
 - [11] Meyl Konstantin, „Elektromagnetische Umweltverträglichkeit“, Teil 2, 3. Auflage, Indel Verlag, Villingen-Schwenningen (1999), ISBN 3-9802 542-9-1
 - [12] Meyl Konstantin, „Skalarwellentechnik, / Dokumentation – für das Demo-Set zur Übertragung elektrischer Skalarwellen“, 1. Auflage, Indel Verlag, Villingen-Schwenningen (2000), ISBN 3-9802 542-6-7
 - [13] Waser André, „Experimente mit dem Experimentier-Set zur Skalarwellenübertragung...“, NET-Journal 5/12 (Dezember 2000), 27-30