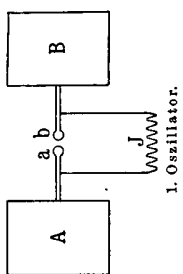
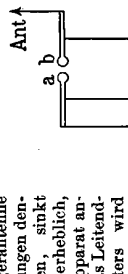


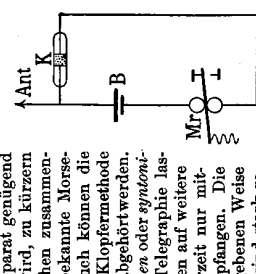
Die drahtlose Telegraphie oder Funkentelegraphie, soweit sie praktisch als Verkehrsmittel dient, beruht auf der Anwendung elektrischer Wellen, die sich in einer derart geeigneten Form und Stärke erzeugen lassen, daß sie möglichst ungedämpft in den Raum ausstrahlen und mittels besonderer Apparate an entfernten Orten wahrgenommen werden können. Näher man die durch Metallstäbe mit den Metallplatten A und B verbundenen Metallkugeln a und b (Fig. 1) genügend und verbindet die Stäbe mit den Polen eines in Gang gesetzten Induktorkerns, so laden sich die Platten mit entgegengesetzten Elektrizitäten so lange, bis die Ladungen durch einen zwischen a und b überspringenden Funken anfangen sich auszugleichen. Unter bestimmten Voraussetzungen erfolgt der Ausgleich oszillatorisch, d. h. man kann sich vorstellen, daß Elektrizität von A über die Funkenstrecke ab nach B durchbreche, an den Grenzflächen von B zurückgeworfen (reflektiert) werde, nach A zurückfahre, wieder nach B hinschwinge etc., weshalb die ganze Einrichtung *Oszillator (J)* genannt wird. Während scheinbar nur ein Funken überspringt, schwingt die Elektrizität viele millionenmal hin und her, bis die Oszillationen schwächer und schwächer werden (abklingen, absterben), um endlich ganz zu erlöschen. Das Abklingen der Oszillationen beruht darauf, daß, namentlich im Funken, elektrische Energie in Wärme umgesetzt und gleichzeitig, was für die drahtlose Telegraphie die Hauptsache ist, an die der Funkenstrecke zunächst liegende Ätherschicht abgegeben wird. Jede Ätherschicht erzeugt die folgende, so daß eine fortschreitende Transversalwelle entsteht, d. h. die als Schwingungen bezeichneten elektrischen Strömungen im Äther stehen senkrecht auf ihrer Fortpflanzungsrichtung. Die elektrischen Schwingungen (Wellen) pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort, so daß das Produkt aus Wellenlänge und Anzahl der ganzen Wellen in der Sekunde stets rund 300.000 km beträgt. Den kürzesten bis jetzt als elektrisch erkannten Wellen von etwa 0,006 m Länge entsprechen also 50.000 Millionen Schwingungen in der Sekunde. In der drahtlosen Telegraphie werden meist längere Wellen von 200–300 m Länge benutzt. Da die Wellenlänge und damit auch die Schwingungszahl hauptsächlich von der in den Oszillator eingeschalteten Kapazität und Selbstinduktion abhängt, sind theoretisch die Mittel gegeben, die Wellenlänge beliebig lang zu machen, obgleich hierbei in der Praxis noch erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden sind. Damit die Wellen auf weitere Strecken wirksam in den Raum ausstrahlen können, wird von dem Ende des Oszillators J senkrecht in die Luft (Fig. 2) ein nach Bedarf 60 und mehr Meter langer, Antenne genannter Draht hoch geführt, der nunmehr als Teil des Oszillators ebenfalls von den Schwingungen durchlaufen wird; gleichzeitig wird die Erde an den Oszillator gelegt. Der Wirkungsbereich der Antenne wächst im allgemeinen mit deren Länge. Die von der Antenne in den Äther ausgestrahlten Wellen gehen durch nichtleitende Körper entweder ungehindert oder unter Auftreten von Benugungseffekten hindurch, während sie von Leitern teils reflektiert, teils, namentlich wenn diese, wie die an Empfänger errichtete gleichartige Antenne (Fig. 3), senkrecht getroffen werden, in dem Leiter selbst wieder elektrische Schwingungen, ähnlich denen in der Senderantenne, erzeugen. Die in der Empfänger-



1. Oszillator.



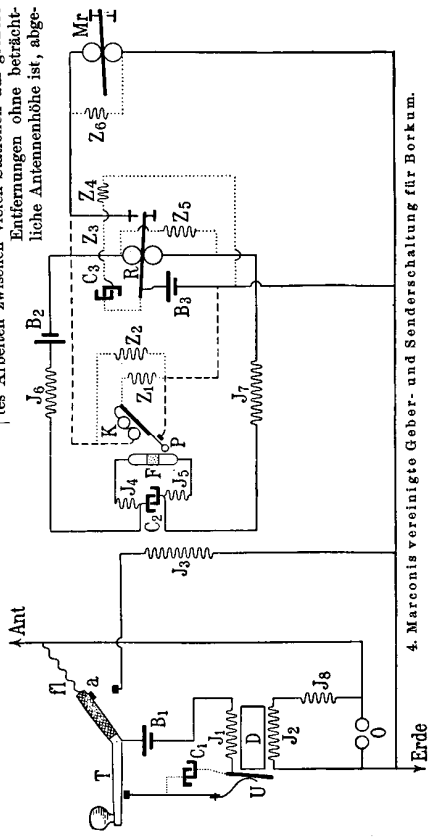
2. Oszillator mit Antenne.



3. Empfänger mit Antenne.

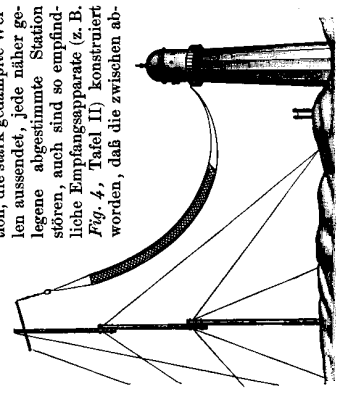
Bild 62 und 63 [Meyers 1903] Funkentelegraphie, Stand 1903 gemäss Meyers Konversationslexikon

längere Zeit in merklich gleichbleibender Intensität auf den Fritter einwirkt. Die Wirksamkeit des Fritters wird demnach nur dann durch Resonanzwirkung verstärkt, wenn die abgehende Welle auf die Eigenschwingung des Empfängers abgestimmt ist.



4. Marconis vereinigte Geber- und Senderschaltung für Borkum.

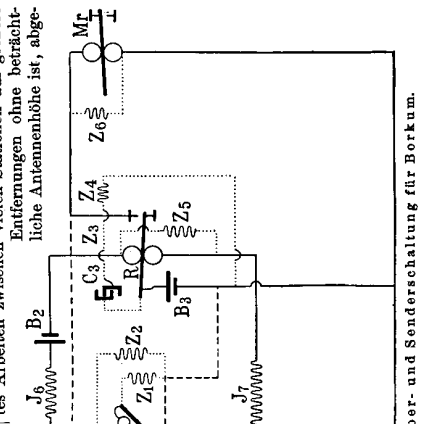
Jeder nicht abgestimmte Sender betätigt jeden in seinem Wirkungskreis liegenden Empfänger, so daß mehrere Stationen nicht gleichzeitig ohne gegenseitige Störung telegraphieren können; dies wird innerhalb bestimmter Grenzen möglich, wenn von mehreren Stationen je zwei auf eine verarbeitete Wellenlänge abgestimmt sind und mit schwach gedämpften Wellen arbeiten. Immerhin kann jedoch noch eine Station, die stark gedämpfte Wellen aussendet, jede näher gelegene abgestimmte Station stören, auch sind so empfindliche Empfangsapparate (z. B. Fig. 4, Tafel II) konstruiert worden, daß die zwischen ab-



5. Antenne der Station Borkum.

gestimmten Stationen gewechselte Telegraphie aufgenommen werden können. Der wesentliche Bestandteil dieser Apparate ist ein unvollkommener Kontakt zwischen einer federnden Metallplatte und einer harten Kohlen Spitze. Daß besser über Wasser als über Land drahtlos telegraphiert werden kann, erklärt sich daraus, daß keine zwischenliegenden Gegenstände, namentlich Metallteile, die Wellen reflektieren und aufheben, auch glaubt man, daß die Wellenstrahlen nicht genau die gerade Richtung, wie die Lichtstrahlen, beibehalten, sondern sich gegen die Wasseroberfläche neigen. Marconi hat beobachtet, daß bei Nacht etwa dreimal so weit telegraphiert werden

kann als bei Tage, jedoch macht sich diese Erscheinung erst bei sehr hohen Spannungen und bei Entfernungen von 1000 km bemerklich; sie wird auf eine Entladung der Senderantennen durch das Sonnenlicht zurückgeführt. Ein gleichzeitiges ungestörtes Arbeiten zwischen vielen Stationen auf größere Entfernungen ohne beträchtliche Antennenhöhe ist, abge-

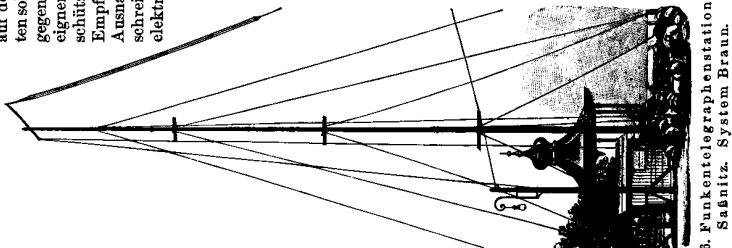


6. Marconis vereinigte Geber- und Senderschaltung für Borkum.

sehen von rein konstruktiven Verbesserungen, das wesentliche Ziel aller Neuerungen auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. Vollständige Funkentelegraphensysteme sind ausgebildet worden: von Marconi, von Braun in Gemeinschaft mit Siemens u. Halske, von Slaby und Arco in Gemeinschaft mit der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin, von Lodge und Muirhead in London, von Forest und Lee de Forest-Smythe in Nordamerika. Auch in Frankreich und Rußland, z. B. von Ducrétien in Gemeinschaft mit Popoff, sowie in Spanien (Carvera) und Italien (Marinesystem) sind besondere Systeme zusammengestellt, die sich jedoch weniger in ihrem grundsätzlichen Aufbau als in Einzelheiten von den drei erstgenannten Systemen unterscheiden.

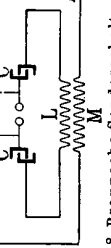
In Fig. 4 ist die Borkumer Marconi-Station (vereinigter Geber- und Sendereinrichtung) schematisch dargestellt; vgl. auch Tafel II, Fig. 1. Bei Absendung eines Zeichens wird die Taste T niedergedrückt, wie es in der Figur dargestellt ist. Die Batterie B1 setzt den Unterbrecher U dessen Anker von dem Kern D des Induktorkerns beim Durchgang des Stroms durch die Primärrolle J1, angezogen wird, in Tätigkeit, wodurch in der Sekundärrolle J2 Wechselströme entstehen, die im Oszillator O die Funkenentladung hervorrufen. Die Spule J3 dient zur Erhöhung der Selbstinduktion in dem offenen Schwingungskreis Erde, J4, J5, Antenne. Bei ruhender Taste schließt sich der Kontakt a, der von dem Körper der Taste isoliert ist, und verbindet über die Spule J6 die Antenne mit der Empfängeranordnung. Die in Wirklichkeit auf einen Kern gewickelten Spulen J4, J5, J6, bilden den Transformator (Jigger). Die ankommenden Wellen erregen die Spule J3, diese induziert die durch den kleinen Kondensator C3 verbundenen Spulen J4 und J5, welche die Schwingungen auf den Fritter F übertragen, so daß die Batterie B2, das Relais R betätigt. Die Relaiszange schließt die Batterie B3, und zwar sowohl den Stromkreis mit dem Klopfer K als auch den mit dem Morseapparat M. Die Selbstinduktionsrollen J4 und J5 versperren

den Schwingungen in  $J_4$  und  $J_5$  den Zugang zum Relais. Die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  dienen zur Abschwächung der Funkenbildung zwischen den Kontakten, während die Zweigwiderstände  $Z_1$  bis  $Z_6$  hauptsächlich unerwünschte Induktionswirkungen auf den Kohler fern halten sollen. Um den Kohler gegen die Wirkungen des gegen den Oszillators  $O$  zu schützen, ist die ganze Empfangsrichtung mit Ausnahme des Morse-schreibers  $Mr$  in einen die elektrischen Wellen reflektierenden und absorbierenden Eisenblechkasten eingeschlossen. Als Antennen wendet Marconi auf kürzere Entfernungen einen etwa 40 m hoch geführten isolierten Draht an; auf Stationen mit Leuchttürmen (Fig. 5) besteht die Antenne aus zwei nach einem 38 m hohen Mast geführten isolierten Drähten, zwischen denen ein 1,5 m breites, 20 m langes blankes Drahnetz angebracht ist. Eine Braunschweiger Antenne ist in Fig. 6 dargestellt. Die gewaltigsten Antennen für den transatlantischen Verkehr befinden sich in Pol-dhu (Cornwallis) in Gloucester Bay (Kanada) und Kap Code (Nordamerika): zahlreiche, etwa 40 m lange blanken Kupferdrähte sind in je 1 m Entfernung an Querrähten zwischen vier 65 m hohen Türmen aufgehängt und unten zu einem Seil vereinigt. Die zur Ladung benutzten Kraftstationen liefern so hohe Spannungen (80.000 Volt), daß von der Kupferlyra 30 cm lange Funken nach geraden Drähten überspringen.



6. Funken-telegraphenstation in Sabnitz. System Braun.

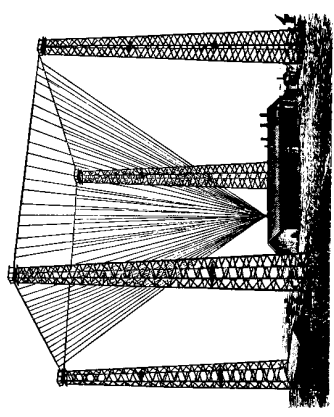
in Gloucester Bay (Fig. 7). Kap Breton (Kanada) und Kap Code (Nordamerika): zahlreiche, etwa 40 m lange blanken Kupferdrähte sind in je 1 m Entfernung an Querrähten zwischen vier 65 m hohen Türmen aufgehängt und unten zu einem Seil vereinigt. Die zur Ladung benutzten Kraftstationen liefern so hohe Spannungen (80.000 Volt), daß von der Kupferlyra 30 cm lange Funken nach geraden Drähten überspringen.



8. Braunschweiger Senderschaltung.

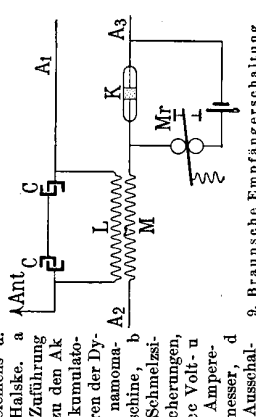
Während Marconi einen Schwingungskreis ( $J_4, F, J_5, J_6, B, J_7, J_8, J_9$ ) anwendet, hat Braun zuerst durch Versuche nachgewiesen, wie wichtig es ist, gerade im Geber einen geschlossenen Schwingungskreis zu verwenden und das Absterben der Wellen durch Nachlieferung von Elektrizitätsmengen aus Kondensatoren zu verhindern, namentlich für synchrone Telegraphie möglichst reine und ausdauernde Wellen zu erhalten. Das Prinzip der Braunschweiger Schaltung ist aus Fig. 8

(Geber) und Fig. 9 (Empfänger) ersichtlich. Die aus der sekundären Funkenstrecke  $J$  des Induktorkreises (Fig. 8) gespeiste Funkenstrecke ist mit den Kapazitäten (Leitender Flaschen oder Kondensatoren)  $C_1, C_2$  durch die Selbstinduktion (Drahtrolle)  $L$  zu einem Kreis geschlossen, dessen Wellen von der Länge  $\lambda$  der Drahtspule  $M$  durch Induktion aufgezogen werden. Die



7. Glauc Bay-Station.

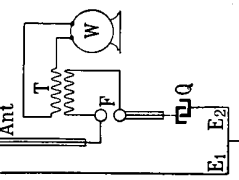
Antenne und das isolierte Ansatzstück  $A_1$  werden je  $\frac{\lambda}{4}$  lang gemacht. In ähnlicher Weise erzeugen auf der Empfangsstation die in der Antenne ankommenden Wellen in dem geschlossenen Kreis  $C, C, L$  Schwingungen, die sich durch Induktion auf  $M$  mit den Verlängerungsdrähten  $A_2$  und  $A_3$  und den Kohler  $K$  übertragen, so daß der Morseapparat  $Mr$  anspricht. Die Erdleitung kann bei dem Braunschweiger System (Tafel I u. II, Fig. 5) entbehrlich werden. Tafel I zeigt die Station in Kraftwerk der elektrischen Hochbahn in Berlin nach dem System Braun und Siemens u. Halske. a Zuführung zu den Akkumulatoren der Dynamomasschine, b Schneiseheranngungen, c Volt-u Ampere-messer, d Ausschaltapparat, e Umschalter (Empfänger eingeschaltet), f Transformator, gg Leidener Flaschen in Röhrenform, h Funkenstrecke, i Tasse mit magnetischer Funkenlöschung, k Wehnelt-Unterbrecher, l Induktor, m Senderkapazität, n Anschluß an die Antennen, o Kondensator, p Transformator, q Kohler mit magnetischer Regelung, r Relais, s Morse-schreiber, u Lokalwecker, v Hörer nebst Zuhörer, w Empfangskapazität.



9. Braunschweiger Empfängerschaltung.

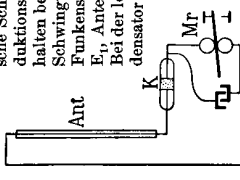
Slaby legte zuerst weniger Wert darauf, durch Ausbildung sehr reiner Wellen mit scharf ausgeprägten Knoten und Bäuchen den Fritter für abgestimmte Telegraphie zur lebhaften Resonanz zu bringen. Er sichert das Ansprechen des Fritters hauptsächlich dadurch, daß er im Sender möglichst grobe, hoch gespannte Elektrizitätsmengen in Schwingun-

gen versetzt, weshalb er statt des Ruhmkorffschen Induktors lieber Wechselstrommaschinen (W) mit Transformator (T) benutzt, die nach Fig. 10 geschaltet werden. Die Funken-telegraphenstation (vereinigt Geber- und Empfängerungssystem), Fig. 2, Tafel II, kann unmittelbar mit einer Hochspannungs-



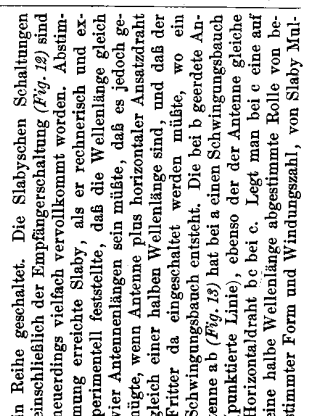
10 u. 11. Slaby'sche Senderschaltungen.

anlage verbunden werden. Am oberen Ende (Fig. 10) der Antenne, die zur Herabminderung ihrer Selbstinduktion als Drahtrolle ausgebildet ist, wird eine Spule  $C$  mit hoher Selbstinduktion angebracht, die mit Erde verbunden ist. Die Spule verhindert den Eintritt der in der Antenne sich ausbildenden Schwingungen in die Erdleitung  $E_1$ . Die Antenne kann ohne Hochspannungsgefahr angefaßt werden, was bei Marconi'scher Schaltung nicht, wohl aber auch bei der Braunschweiger Schaltung mit gewöhnlichem Induktionsapparat dar. Tauschlich enthalten beide Schaltungen geschlossene Schwingungskreise:  $E_2$ , Kondensator  $Q$ , Funkenstrecke  $F$ , Antenne,  $C$ ,  $E_1$ , bez.  $E_2$ , Antenne, Funkenstrecke  $F$ ,  $J$ ,  $E_1$ . Bei der letzteren Schaltung ist der Kondensator  $C$  parallel, statt, wie bei Braun,



12. Slaby'sche Empfängerschaltung.

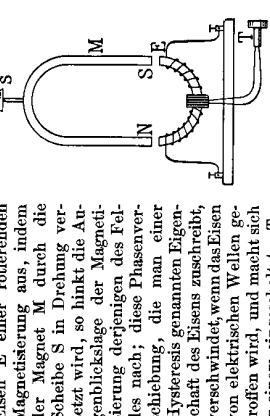
in Reihe geschaltet. Die Slaby'schen Schaltungen einschließlich der Empfängerschaltung (Fig. 12) sind neuerdings vielfach vervollkommen worden. Abstim-mung erreichte Slaby, als er rechnerisch und experimentell feststellte, daß die Wellenlänge gleich vier Antennenlänge sein müßte, daß es jedoch genügt, wenn Antenne plus horizontaler Ansatzdraht gleich einer halben Wellenlänge sind, und daß der Fritter da eingeschaltet werden müßte, wo ein Schwingungsbau entsteht. Die bei b geordnete Antenne (Fig. 13) hat bei einer Schwingungsbau (punktierte Linie), ebenso der der Antenne gleiche Horizontaldraht b c bei c. Legt man bei c eine auf eine halbe Wellenlänge abgestimmte Rolle von bestimmter Form und Windungszahl, von Slaby Mul-



13. Anschaltung von Slaby's Multiplikator.

tiplikator genannt, an, so entsteht bei d ein Schwingungsbau mit entgegengesetzten Vorzeichen, so daß der zwischen c und d eingeschaltete Fritter doppelte Spannung erhält. Legt man in b noch ein andres Ansatzstück nebst entsprechendem Multiplikator an, so spricht der eingeschaltete Fritter auf eine zweite Sorte Wellen an, so daß damit die Grundlagen für eine abgestimmte Mehrfachtelegraphie gegeben sind.

Seit Ende 1900 schaltet Marconi auch zwischen Funkenstrecke und Antenne einen Transformator und stimmt die primären und sekundären Schwingungskreise im Geber und Empfänger auf dieselbe Wellenlänge ab. Als Unterbrecher dienen Wehnelt-Unterbrecher, Quecksilber-Turbinenunterbrecher, Quecksilberdampfunterbrecher von Cooper-Hervitz etc. Bei den Versuchen auf weite Entfernungen hat Marconi statt des Kohlers neuerdings (1902) den von ihm angegebenen (Hysteresis-) Detektor (Fig. 14) verwendet. Setzt man ein Stück Eisen  $E$  einer rotierenden Magnetisierung aus, indem der Magnet  $M$  durch die Scheibe  $S$  in Drehung versetzt wird, so hinkt die Augenblickslage der Magnetisierung derjenigen des Feldes nach; diese Phasenverschiebung, die man einer Hysteresis genannten Eigenschaft des Eisens zuschreibt, verschwindet, wenn das Eisen von elektrischen Wellen getroffen wird, und macht sich in einem eingeschalteten Telephon  $T$  als Ton bemerkbar. Der neue Apparat ist empfindlicher und läßt, da er nicht entfrüht zu werden braucht, eine größere Telegraphiergeschwindigkeit zu.



14. Schema des Marconischen Hysteresisdetektors.

Nach Fessenden unterscheiden sich seine, halbfreien Ätherwellen" dadurch von den Hertzschen Wellen, daß sie als Halbwellen aus der geraden Richtung abgelenkt werden können und zu ihrer Entzweiung mindestens auf eine Viertelwellenlänge eines guten Leiters in der Richtung der Verbindungslinie der Telegraphenstationen bedürfen. Die Antenne, aus einem senkrechten Leiter in einem mit Flüssigkeit gefüllten Rohr bestehend, ist ohne Transformator mit der Funkenstrecke verbunden. Statt eines Kohlers verwendet Fessenden unter anderem einen äußerst feinen Platindraht in Silberumhüllung, die in einer luftentleerten Glasbirne B (Tafel II, Fig. 5) schwebt. Die geringste Energiemenge reicht aus, den Platindraht zu erhitzen. Das Induktionsrohr ist während des Zeichengebens ununterbrochen in Tätigkeit. Die Abstimmung wird durch die Regelung der Kapazität etc. eines in Öl liegenden Drahnetzes A erzielt (Tafel II, Fig. 6), von dem beim Niederdrücken der Stationen ein Teil kurz geschaltet wird, so daß die Stationen außer Abstimmung kommen, was im Telephon als Zeichen gehört wird. De Forest verwendet einen Responder genannten Wellenempfänger, indem er zwischen zwei Metallelektroden eine feigartige Masse bringt, die mit einer elektrolytischen Flüssigkeit und Metallpartikeln gemengt ist. Die durch Dauerstrom in der Masse erzeugten Metallbrücken werden durch die auftretenden Wellen unterbrochen.