Werk

Titel: Die Braunsche Rahmenantenne und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik

Autor: Esau, A.

Ort: Berlin

Jahr: 1919

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0007|log588

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Bereits früher haben *Girard* und *Bernstein* die Elektroosmose zur Erklärung derartiger Erscheinungen herangezogen, und *Bernstein* hat diese Erklärung durch einen interessanten Versuch illustriert: eine mit Ferrocyankalium gefüllte Tonzelle wurde in Kupfersulfatlösung gestellt; nach Entstehung der bekannten semipermeablen Ferrocyankupfermembran bewegte sich Wasser von außen nach innen, obwohl die Innenlösung hypotonisch war. *Freundlich* hat nun ausgeführt, daß dieser Effekt nicht durch bloße Spannungsdifferenzen zu beiden Seiten der Membran herbeigeführt sein kann, sondern daß dazu die oben beschriebenen lokalen Membranströme nötig sind; diese müssen aber entweder durch Salzdiffusion oder aber durch Oxydations- und Reduktionsreaktionen zwischen Außen- und Innenlösung unterhalten werden. *Freundlich* weist im Anschluß daran auf die prinzipielle Möglichkeit einer ähnlichen Kopplung chemischer und elektroosmotischer Vorgänge im Protoplasma hin.

Die elektrolytische Atmungstheorie erklärt nun diesen Zusammenhang aufs einfachste. Da in ihrem Lichte die Atmung ursächlich mit dauernder elektroosmotischer Wasserbewegung verknüpft ist, bedarf es nur einfacher polarer Zellorganisationen, um *konstant* gerichtete Wasserströme zu erzeugen, wie wir sie im Tierkörper bei zahlreichen Resorptions- und Sekretionsvorgängen, in der Pflanze bei Erzeugung des Blutungsdruckes beobachten. Auch diejenigen sekretorischen Vorgänge lassen sich auf ringförmige Membranströme der beschriebenen Art zurückführen, in denen gelöste Stoffe dem Konzentrationsgefälle *entgegen* wandern: tatsächlich transportiert ja der elektrische Strom in dieser Weise sowohl Ionen als auch geladene Kolloide. Nur müssen wir hier eine besondere Annahme machen: daß nämlich, wenn ein Salz, wie NaCl auf diese Weise sezerniert wird, seine Ionen dabei verschiedene Wege gehen, z. B. das Kation durch die Membransubstanz mit dem positiven, das Anion durch die Kapillaren mit dem negativen Strom, denn sonst wäre es nicht zu erklären, wie die Potentialdifferenz zu beiden Seiten der Membran den Transport der *entgegengesetzt* geladenen Ionen nach *einer* Richtung bewirkt. Diese Annahme ist aber nicht unwahrscheinlich und findet eine gewisse Begründung in der bereits erwähnten selektiven Aufnahmefähigkeit der Membransubstanz für Kationen.

Die sekretorischen Vorgänge, für deren Mechanik und Energetik sich auf diese Weise eine Erklärungsmöglichkeit bietet, greifen aber mittelbar auch in chemische, motorische und formative Funktionen ein. Am klarsten läßt sich das an den Stoffwechselvorgängen erkennen; denn jeder Sekretionsprozeß, der dauernd ein Diffusionsgleichgewicht stört, verhindert damit auch das Bestehen oder Zustandekommen chemischer Gleichgewichte, indem er auswählend einen Teil der miteinander reagierenden Stoffe entfernt; und dadurch müssen chemische Reaktionen in eine Bahn kommen, die verschieden oder entgegengesetzt ist der, die die fragliche Reaktion bei ungestörtem Verlauf in vitro nimmt. Solche Vorgänge spielen sich aber nicht nur an Drüsen ab, die ihr Sekret nach außen befördern, sondern zweifellos auch intrazellular. Denn, wie *Biedermann* betont hat, besteht zwischen typischen Sekretionsprozessen und Ausscheidung von Stoffwechselprodukten innerhalb des Protoplasmas keinerlei Unterschied, und auch für diese Vorgänge haben wir die gleiche Mechanik anzunehmen, wie für die Funktion der Drüsen. Es ergeben sich also Ausblicke auf die Erklärung der Mechanik von Synthesen der Polysaccharide, Eiweißstoffe und Fette, und vor allem auf die Art der Verknüpfung dieser Vorgänge mit der Atmung; denn solche unfreiwilligen Reaktionen müssen in irgendeinem Zusammenhang mit der Energie liefernden physiologischen Verbrennung stehen. So bietet also die elektrolytische Atmungstheorie nicht nur die Deutung bekannter Erscheinungen, sondern auch Ausgangspunkte für die Erforschung noch unaufgeklärter Zusammenhänge.

Die Braunsche Rahmenantenne und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik.

Von Dr. A. Esau, Berlin.

Die Antennenanlage einer drahtlosen Station hat zwei verschiedene Aufgaben zu erfüllen. „Sendet" die Station, so dient sie dazu, die in den eigentlichen Senderapparaten erzeugte Energie in Form von Wellen auszustrahlen. „Empfängt" sie, so entzieht sie den den Äther durchlaufenden Wellen Energie und führt sie den Empfangsapparaten zu.

In den ersten Entwicklungsjahren der drahtlosen Telegraphie, wo die Betriebsbedingungen der drahtlosen Stationen wesentlich einfacher waren als heutzutage, benutzte man für beide Zwecke ein und dieselbe Antenne. Nachdem aber Untersuchungen und praktische Erfahrungen gezeigt hatten, daß die Anforderungen an die Beschaffenheit des Luftleiters beim Senden und Empfangen wesentlich voneinander verschieden sind, und ein einziger Luftleiter beiden Ansprüchen nicht gleichzeitig zu entsprechen vermag, ging man dazu über, die Station mit zwei voneinander unabhängigen Luftleitergebilden auszurüsten. Damit war die Möglichkeit gegeben, jeden der beiden Luftleiter so zu gestalten, daß er die an ihn gestellten Anforderungen möglichst restlos erfüllen konnte.

Der Sendeluftleiter muß ein genügend großes elektrisches Fassungsvermögen (Kapazität) besitzen, um die Energie der Station ohne schädliche Verluste durch Sprühen aufnehmen zu können, und zwar muß die Kapazität mit der Größe der Energie wachsen. Man erreicht sie mit

einer Antennenform, die aus einer Reihe von Drähten (Drahtnetz) besteht und die für Energien von mehreren 100 kW eine recht erhebliche Fläche überspannt.

Im Gegensatz hierzu verlangt der Empfänger einen Luftleiter von möglichst kleiner Kapazität, eine Forderung, die am besten erfüllt wird von einer Antennenform, die nur aus einem einzigen Draht oder einer sehr beschränkten Drahtzahl besteht. Eine große Kapazität ist hier zwecklos, da die beim Empfang auftretenden Energien verschwindend klein sind gegenüber den beim Senden vorhandenen.

Luftleiter von möglichst kleiner Kapazität erweisen sich für Empfangszwecke aus zweierlei Gründen als besonders geeignet. Einmal besitzen sie eine kleinere Dämpfung als Antennen mit größerer Kapazität und können deshalb auf die zu empfangende Welle *viel schärfer abgestimmt* werden. Aus demselben Grunde werden sie von fremden Sendern *erheblich weniger gestört* als stark gedämpfte Antennen, ein Vorteil, der bei der immer größer werdenden Anzahl drahtloser Stationen von erheblicher praktischer Bedeutung ist. Außer den Störungen von fremden Sendern wirken auf die Empfangsapparate noch Störungen anderer Art ein, die ihren Sitz in der Atmosphäre haben. Von deren Beschaffenheit hängen Erscheinungen ab, die bei uns häufig in den Sommermonaten und vor allen Dingen in tropischen Gegenden den Empfang der Zeichen vollkommen unmöglich machen. Es gelingt zwar durch besondere Anordnung, die störenden Einflüsse dieser „atmosphärischen Störungen", wie sie genannt worden sind, etwas einzudämmen, doch ist bisher ein radikales Mittel zu ihrer vollständigen Beseitigung noch nicht gefunden worden. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß Antennen von kleiner Kapazität diesen Störungen weniger unterworfen sind, als ausgedehnte Luftleiter (großer Kapazität). Aus diesem Grunde sind *die* Antennenformen für Empfangszwecke in erster Linie geeignet, die ein geringes elektrisches Fassungsvermögen besitzen.

Die Ausrüstung einer drahtlosen Station mit getrenntem Sender und Empfangsluftleiter war aber selbst dann, wenn elektrische Gründe für eine Trennung nicht vorhanden gewesen wären, schon bedingt durch die Forderung, daß die Station in der Lage sein soll, gleichzeitig zu senden und zu empfangen. Die neuere Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, vor allen Dingen die Vermehrung der Stationenzahl, hat dazu geführt, jede größere an ihrem Ort fest liegende Station mit derartigen Einrichtungen auszurüsten oder, wie man es fachtechnisch ausdrückt, Duplex, d. h. Doppelbetrieb vorzusehen. Da es unmöglich ist, bei gleichzeitigem Sende- und Empfangsbetrieb denselben Luftleiter zu benutzen, so ist schon aus diesem Grunde das Vorhandensein zweier Antennen unbedingt notwendig.

Die Entwicklung und Ausgestaltung der besonderen Empfangsantenne hat zu einer Reihe von Formen geführt, von denen die L- und V-Antennen, so genannt nach der Ähnlichkeit ihrer Gestalt mit den angeführten Buchstaben, die bekanntesten sind (Fig. 1).

Beide gehören der Wirkungsweise nach zu den sogenannten „offenen" Antennen, und zwar zu einer ganz besonderen Art, die man mit dem Namen „gerichtete Antennen" bezeichnet hat. Die Bezeichnung deutet an, daß die Luftleiter die Eigenschaft besitzen, aus einer *gewissen* Richtung — relativ zu ihrer Orientierung im Raum — besser zu empfangen als aus jeder anderen. Dadurch wird es möglich, Störungen fremder Stationen bis zu einem gewissen Grade auszuschalten oder jedenfalls stark zu schwächen, was bei offenen Antennen, wie beispielsweise einer T-Antenne, nicht möglich ist.

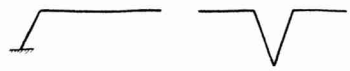

Fig. 1.

Die Braunsche Rahmenantenne.

Ein weiterer Schritt in der angedeuteten Entwicklung, die Empfangsleiter immer vollkommener den beim Empfang vorliegenden Bedingungen anzupassen, stellt die Einführung einer neuartigen Antenne dar, die zu Ehren des um die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie hochverdienten Professors *Braun* den Namen „Braunsche Rahmenantenne" erhalten hat. Sie besteht aus einer Drahtspirale, deren Windungszahl und Größe je nach der Wellenlänge und der Entfernung der aufzunehmenden Station verschieden groß gewählt werden müssen. Ihre beiden Enden führen zu den Polen eines Kondensators und bilden mit ihm einen geschlossenen Schwingungskreis. Im Gegensatz hierzu stehen alle bisher bekannten Antennenformen, bei denen entweder ein Ende (L-Antenne) oder beide Antennen (V-Antenne) frei sind und die deshalb als offene Luftleiter bezeichnet werden.

Der Gedanke, Spulen zum Empfang drahtloser Zeichen zu benutzen, tauchte zum ersten Mal in der Literatur vor bald 20 Jahren auf. Er ist in der Folgezeit von verschiedener Seite erneut aufgegriffen und versucht worden. Alle diese Versuche, von denen hier die von *Bellini-Tosi* und *Pickard* in erster Linie erwähnt werden sollen, scheiterten daran, daß die mit geschlossenen Luftleitern erzielten *Reichweiten* so weit hinter denen der offenen zurückblieben, daß an ihre praktische Einführung nicht gedacht werden konnte. Im Jahre 1913 benutzte Prof. *Braun* in Straßburg die geschlossene Antenne zur Messung der Feldstärke des Eiffelturmes. Bei dieser Gelegenheit untersuchte er ihre Empfangswirkung in Abhängigkeit von den Spulendimensionen und kam dabei als erster zu dem Ergebnis, daß die mancherlei *Vorzüge dieser Antennenform gegenüber*

den offenen Luftleitern sie in hervorragendem Maße für Empfangszwecke geeignet erscheinen lassen. Um aber die immer noch sehr kleine Reichweite dieser Antenne so weit zu steigern, daß sie in die Größenordnung der offenen Luftleiter kam, bedurfte es noch der Lösung der Aufgabe, Apparate herzustellen, die eine hohe Verstärkung der Zeichenlautstärke ermöglichten.

„Telefunken" gebührt das Verdienst, sie gelöst und durch die Verbindung dieses als „Hochfrequenzverstärker" bekannten Apparates mit der Braunschen Rahmenantenne eine Empfangseinrichtung geschaffen zu haben, die in ihren Leistungen einen großen Fortschritt gegenüber allen bisher bekannten und verwendeten bedeutet. Mit einer solchen, im folgenden noch näher zu beschreibenden Anordnung konnte im Jahre 1915 erstmalig die Aufnahme drahtloser Signale von amerikanischen Stationen über eine Entfernung von mehr als 6000 km durchgeführt werden. Dieser gelungene Versuch bewies die Richtigkeit des Braunschen Gedankens und eröffnete der nach ihm benannten Antenne den Eingang in die

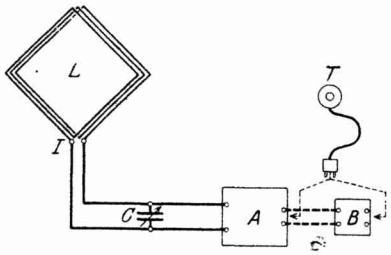

Fig. 2.

Praxis. Ihre Weiterentwicklung und die bisher erzielten Ergebnisse werden weiter unten eine eingehende Darstellung erfahren.

Die *Empfangsanordnung* (Fig. 2) besteht, wie aus der Figur hervorgeht, ihrer Hauptsache nach aus drei Teilen: Der Rahmenantenne *L*, dem Abstimmapparat *C* und dem Hochfrequenzverstärker *A*.

Der Rahmen (Fig. 3) ist eine je nach der zu empfangenden Welle aus einer mehr oder weniger großen Anzahl Windungen bestehende und, soweit es die mechanischen Abmessungen zulassen, tragbare Spule, an deren Enden die von der Sendestation ausgesandten Wellen eine ihrer Intensität entsprechende Spannung hervorrufen, die außerdem noch abhängig ist von den Abmessungen der Spule und ihrer Stellung im Raum. Angenommen, die Fläche des Rahmens sei auf die Sendestation zugerichtet, so schneiden die magnetischen Kraftlinien, die hier allein zur Wirkung kommen, die Spule senkrecht. Je größer die Fläche, um so mehr Kraftlinien werden durch sie hindurchgehen und um so stärker wird die der Spule mitgeteilte Spannung sein. Eine erhöhte Wirkung wird ferner eintreten, wenn die Kraftlinienzahl vermehrt wird, die ihrerseits abhängig ist von der Energie der sendenden Station.

Dreht man den Rahmen um 90°, d. h. steht ihre Fläche jetzt senkrecht zu der Verbindungslinie zwischen Sender- und Empfangsort, so laufen die magnetischen Kraftlinien parallel zur Spule, schneiden sie also nicht, was zur Folge hat, daß eine Spannung an den Spulenenden nicht induziert werden kann. In den Zwischenstellungen wird die Spule in einem mehr oder weniger spitzen Winkel geschnitten, und die entstehende Spannung wird Beträge annehmen, die um so kleiner werden, je mehr sich die Rahmenebene der zweiten Stellung nähert. Es wird also die Empfangswirkung einer Rahmenantenne abhängig sein von ihrer Stellung zur Sendestation, und zwar wird sie am besten empfangen, wenn ihre Fläche auf den Sender zugerichtet ist, und gar nicht, wenn sie senkrecht zu ihm steht. Diese Eigenschaft

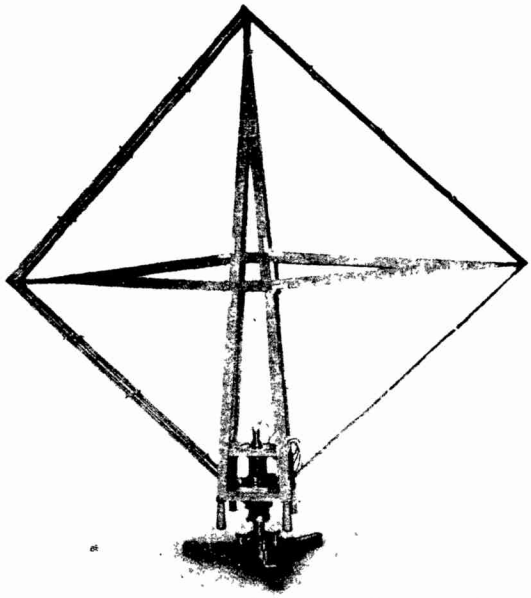

Fig. 3.

der Braunschen Rahmenantenne, aus einer von ihrer Stellung abhängigen Richtung besonders gut, aus allen anderen aber schwächer zu empfangen, macht sie geeignet zur *Bestimmung der Richtung, aus der die Wellen kommen,* d. h. der Lage der Sendestation, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

Der *Kondensator C,* dessen Pole mit den Spulenenden verbunden sind, dient dazu, den in der Figur mit *I* bezeichneten Schwingungskreis auf die Wellenlänge der zu empfangenden Station abzustimmen und ihm dadurch die größtmögliche Energie zuzuführen. Ihre Größe ist, verglichen mit der in der Sendestation vorhandenen, unendlich klein, und sie muß deshalb, um im Telephon *T* des Empfängers hörbar zur Wirkung zu kommen, verstärkt werden. Diesem Zweck dient der wich-

tigste Teil der Anordnung, der mit *A* bezeichnete *Hochfrequenzverstärker*.

Er besteht, wie aus der Figur 4 hervorgeht, aus einer Reihe von Hochvakuumverstärkerröhren, die hintereinander geschaltet sind. Die in dem Schwingungskreise vom Sender erzeugte verschwindend kleine Empfangsenergie wird der ersten Röhre zugeführt, in dieser um ein Vielfaches verstärkt und gelangt dann zur nächstfolgenden, wo eine weitere Steigerung erfolgt, und so weiter bis zur letzten. Die Aufgabe dieser Röhre, die man als Audion bezeichnet und die die Stelle der früher verwendeten Kontaktdetektoren eingenommen hat, besteht nun darin, die in den vorhergehenden Röhren um mehr als das Zehntausendfache verstärkten schnellen elektrischen Schwingungen in langsam pulsierenden Gleichstrom umzuformen, der dann die Membran des Empfangstelephons *T* in hörbare Schwingungen zu versetzen imstande ist. Die Verstärkungszahl des Hochfrequenzverstärkers wächst mit der Zahl der Röhren und hängt außerdem ab von ihren Eigenschaften. Eine noch weitergehende Steigerung der Empfangslautstärke, wie sie für man-

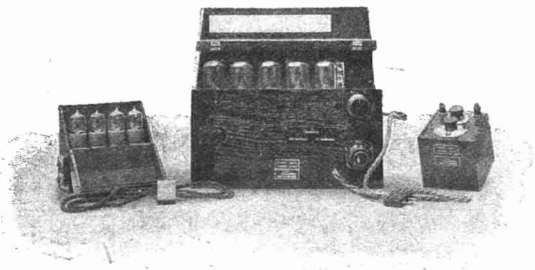

Fig. 4.

cherlei Zwecke unbedingt erforderlich ist, läßt sich dadurch erreichen, daß man die pulsierende Gleichstromenergie nicht unmittelbar dem Telephon zuführt, sondern sie zuvor noch einen Niederfrequenzverstärker passieren läßt.

Der Hochfrequenzverstärker ist in der letzten Zeit von „Telefunken" nach zwei Richtungen weiter entwickelt worden, die einmal eine wesentliche Steigerung des Verstärkungsgrades, als auch andererseits eine Erhöhung der Betriebssicherheit und eine Vereinfachung in der Bedienung zur Folge gehabt haben. Diese Verbesserungen haben es ermöglicht, die Abmessungen der Rahmenantenne derartig zu gestalten, daß sie für den Empfang aus Entfernungen von Tausenden von Kilometern bequem auf dem Tisch eines Zimmers Platz finden kann. Im März 1918 gelang es, mit einer derart verbesserten Empfangsanlage unter Verwendung eines Rahmens von nur ½ qm Fläche die amerikanischen Stationen im Zimmer aufzunehmen.

Um von anderen Sendestationen möglichst wenig gestört zu werden, empfiehlt es sich, den aus Rahmen und Kondensator bestehenden Schwingungskreis nicht unmittelbar auf den Hochfrequenzverstärker wirken zu lassen, sondern die im Rahmenkreise fließende Energie zuvor noch in einem zweiten, als Filter wirkenden Kreise, dem Sekundärkreis, von den Beimischungen fremder Wellen zu reinigen.

Transportable Empfangseinrichtung mit Braunscher Rahmenantenne.

Durch besonders klein gehaltene Abmessungen der einzelnen Teile der Empfangsapparatur, der aber ohne nachteilige Wirkung auf die Leistung der Anordnung geblieben ist, ist es „Telefunken" gelungen, einen zerlegbaren, leicht transportablen

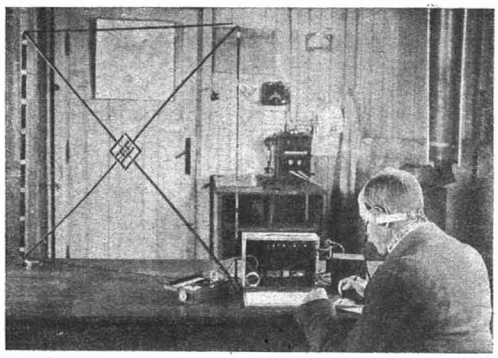

Fig. 5.

Fig. 6.

und überall in kürzester Zeit betriebsbereiten Empfänger herzustellen, der in vielen Fällen wertvolle Dienste leistet. Die Figuren 5 und 6 zeigen eine derartige Einrichtung betriebsfertig aufgestellt im Zimmer und im Boot.

Die Abstimmapparatur der Hochfrequenzverstärker und die zur Heizung der Röhren erforderlichen Akkumulatorenbatterien sind in einem Kästchen untergebracht, das bequem in einer Aktentasche Platz finden kann. Diese Liliputanlage reicht aus, um überall aus mehreren

1000 km Entfernung, beispielsweise die amerikanischen Stationen, aufnehmen zu können, eine Leistung, die in Anbetracht der Größe und des Gewichts als sehr erstaunlich bezeichnet werden muß.

Reichweite von Rahmenantennen.

Über die bisher mit Rahmenantennen erzielten Reichweiten gibt die folgende Zusammenstellung näheren Aufschluß. Es wurden unter Benutzung von Rahmen, die nur etwa 1 qm Fläche umfaßten und innerhalb eines Zimmers zu einer Empfangszentrale vereinigt aufgestellt waren, im praktischen, über mehr als 6 Monate sich erstreckenden Empfangsbetrieb neben vielen anderen die folgenden Stationen einwandfrei aufgenommen:

Lyon	1100 km
Cliffden	1200 „
St. Petersburg . . .	1300 „
Moskau	1600 „
Malta	1600 „
Konstantinopel . .	1800 „
Tiflis	3000 „
Amerika	6000 „

Für die Aufnahme der Zeichen von Lyon genügte bereits ein Rahmen von nur etwa 10 cm Seitenlänge. Für weiter entfernt liegende Stationen und Schnellbetrieb, der eine erheblich größere Empfangsenergie zur Voraussetzung hat, kommen Rahmenantennen von größeren Dimensionen in Frage, die bis zu Seitenlängen von nahezu 100 m bereits ausgeführt und im Betrieb sind. Mit Rahmen von mittlerer Größe (40 × 40 m) konnten beispielsweise bereits Telegramme von Honolulu und den Philippinen, d. h. über Entfernungen von mehr als 10 000 km, einwandfrei empfangen werden. Aus den angeführten Reichweiten der Rahmenantenne ergibt sich, daß sie den Vergleich mit den Leistungen der offenen nicht zu scheuen braucht, ja sogar ihnen in mehrfacher Hinsicht beträchtlich überlegen ist, wie im folgenden nachgewiesen werden soll.

Vergleich zwischen Rahmen- und offener Antenne.

Die Eigenschaft der Rahmenantenne, aus *einer* Richtung bevorzugend zu empfangen, gibt ihr einen nicht hoch genug anzuschlagenden Vorrang vor der offenen, nicht gerichteten Antenne: den der größeren *Störungsfreiheit!* Während beim Rahmen alle senkrecht zu ihrer Fläche gelegenen Sendestationen gar nicht, alle aus dieser benachbarten Richtung sehr stark geschwächt in die Erscheinung treten, also weniger zu Störungen Anlaß geben, wirken auf die ungerichtete offene Antenne alle diese im Rahmen unhörbaren Stationen in unverminderter Stärke. Dieses aus der Wirkungsweise der Rahmenantenne sofort ableitbare Verhalten ist durch praktische Empfangsvergleichsversuche in vollem Maße bestätigt worden. Diese Überlegenheit des Rahmens gegenüber Empfangsstörungen wird um so mehr zur Geltung kommen, je größer die Anzahl der Sendestationen wird. Es wird also sein Anwendungsgebiet bei der Weiterentwicklung der drahtlosen Telegraphie, die jenen Weg bereits beschritten hat und in Zukunft ihn im beschleunigten Tempo fortzusetzen scheint, mehr und mehr an Umfang gewinnen.

Außer den soeben angeführten Störungen ist, wie eingangs erwähnt, die drahtlose Telegraphie noch anderen unterworfen, die ihren Ursprung haben in der elektrischen Beschaffenheit der Atmosphäre und den sich dort abspielenden Veränderungen. Diese als *„atmosphärische Störungen“* bezeichneten Einflüsse treten am Empfangstelephon als scharfknackende oder brodelnde Geräusche in die Erscheinung. Sie können in unseren Breiten gelegentlich im Sommer, besonders aber in tropischen Gegenden so stark und zahlreich auftreten, daß sie die Zeichen vollkommen übertönen und verdecken, und es dem Hörer unmöglich machen, Telegramme aufzunehmen.

Ein Vergleich der offenen Antennenform mit der Braunschen Rahmenantenne hinsichtlich derartiger Störungen führt zu dem durch monatelangen Betrieb erhärteten Schluß, daß der Rahmen sich ihnen gegenüber bedeutend günstiger verhält als die bisherigen Antennen. Der Grund zu diesem Verhalten liegt einmal darin, daß die aus der senkrecht zur Spulenfläche liegenden Richtungen und Nachbargebieten kommenden Luftstörungen gar nicht oder aber nur sehr stark geschwächt in die Erscheinung treten können, und ferner auch darin, daß die Kapazität der Rahmenantenne sehr klein ist im Vergleich zu der eines offenen Luftleiters. Antennen mit kleiner Kapazität sind aber, wie der Praxis lange bekannt ist, atmosphärischen Störungen weniger stark ausgesetzt wie Luftleiter großer Kapazität.

Für die *Abstimmschärfe* einer Empfangsstation, d. h. die Störungsfreiheit gegenüber Wellen, die der Empfangswelle benachbart sind, ist maßgebend die Dämpfung des Luftleiters. Je kleiner sie gemacht werden kann, um so größer wird die Störungsfreiheit sein. Bei den offenen Luftleitern, die entweder direkt oder indirekt mit der Erde in Verbindung stehen, liegt eine Hauptquelle für die schädliche Dämpfung in der Größe des Erdwiderstandes. Ihn vollkommen oder auch nur annähernd auszuschalten ist unmöglich, was zur Folge hat, daß es nicht möglich sein kann die Dämpfung der offenen Antenne beliebig klein zu machen. Bei der Rahmenantenne, die den Einfluß der Erde fast vollständig entzogen ist fällt diese Dämpfungsursache fort, so daß also die Verkleinerung der Dämpfung hier in weit größerem Maße möglich ist.

Erreicht wird die Ausschaltung des Erdeinflusses bei der geschlossenen Antenne dadurch, daß man sie in einer Entfernung von einigen Metern vom Erdboden anordnet, und zwar derart, daß sie die Form eines auf die Spitze gestellten Quadrates annimmt (s. Figur). So angeordnete Rahmenantennen haben geringere