

- Kassandra. *Centralblatt f. Miner. etc.* Abt. B., N° 7, S. 312-317, Stuttgart.
12. 1934.—KÜHN ΟΤΗΜΑΡ, Ein Eocänvorkommen auf Chalkidike. *Centralblatt f. Miner. etc.*, Abt. B., N° 3, S. 125-136, Stuttgart.
13. 1936.—ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ J., Geomorphologische Untersuchungen im Gebiete von Thessaloniki. *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 11, p. 164.
14. 1938.—ΜΙΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Μ. Κ., Die alluvialen Bildungen der Ebene von Thessaloniki. Habilitationsarbeit (nur griechisch), Athen 1938.
15. 1938.—ΜΙΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Μ. Κ. und ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ Ι. Κ., Erdölgeologische Untersuchungen in Makedonien, I. Teil: Stratigraphie. *Praktika de l'Acad. d'Athènes*, 13, p. 350.

ΦΥΣΙΚΗ.—Κontaktlose Feinabstimmung eines in Mikrowellen erregten und auf Resonanz grobeingestellten Paralleldrahtsystems, insbesondere von abgestimmten Energieleitungen, von Paul Santo Rini.*

1. *Einleitung.*— Bekanntlich wird die Resonanzabstimmung eines als *Lechersystem* ausgebildeten Paralleldrahtsystems bei Vorführungen im Auditorium durch Verschiebung einer Reflexionsbrücke oder -scheibe bewirkt, bei *abgestimmten Energieleitungen eines Senders* aber, wo es mit Rücksicht auf einen möglichst hohen Wirkungsgrad der Übertragung ankommt, wird zur Feineinstellung durch Verstellung von besonderen Abstimmkondensatoren gegriffen, die, je nach der Systemlänge als Funktion der Wellenlänge, entweder als ein *Parallelkondensator*, oder als zwei *Reihen-kondensatoren* an geeigneter Stelle eingeschaltet werden. In der Technik der kurzen Wellen kommen hierbei die folgenden Hauptanordnungen vor, bei denen *induktive* Ankopplung der Energieleitung an den Sender vorausgesetzt ist bei kapazitiver Ankopplung liegen die Verhältnisse sinngemäss entsprechend.

Soll der Energieverbraucher (z. B. die Senderantenne) *spannungsggekoppelt* sein (nach Art der sog. Zeppelinantenne), so müssen notwendigerweise die beiden Enden der Energieleitung je in einen *Stromknoten* zu liegen kommen. Da andererseits *induktive* Ankopplung an die Senderschleife vorausgesetzt ist, die nur vorhanden sein kann, wenn die Energieleitung an der Koppelstelle einen *Strombauch* aufweist, ergibt sich grundsätzlich die Verteilung der stehenden Wellen nach Abb. 1a und der ihr sonst vollkommen identischen Abb. 2a.

* Vortrag nebst Experimentalvorführungen mit $\lambda = 16$ cm.

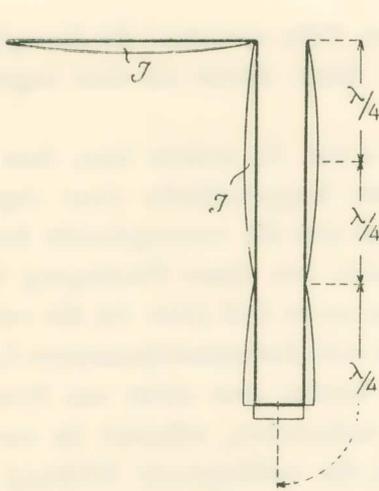


Abb. 1^a. — Grundschialtung zu Abb. 1^b.

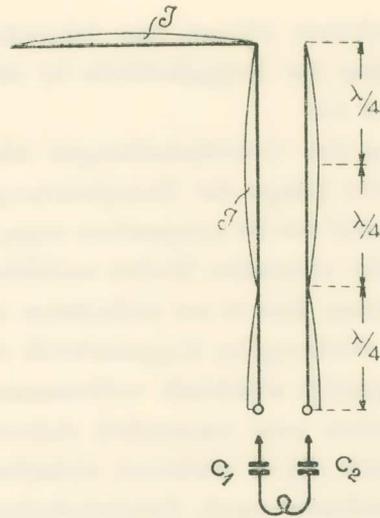


Abb. 1^b. — Energieleitung plus Koppelschleife grösser als ungerade Zahl von λ_4 : durch C_1 und C_2 wird Stromverteilung nach Abb. 1^a erreicht.

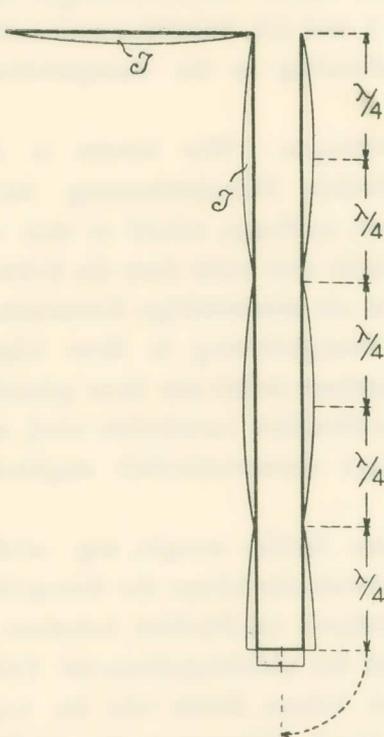


Abb. 2^a. — Grundschialtung zu Abb. 2^b.

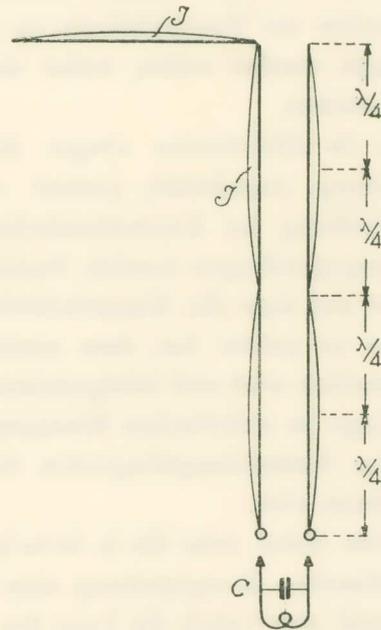


Abb. 2^b. — Energieleitung plus Koppelschleife kleiner als ungerade Zahl von λ_4 (bezw. grösser als beliebige ganze Zahl von λ_2): durch C wird Stromverteilung nach Abb. 2^a erreicht.

Praktisch können nun folgende zwei Fälle eintreten: die Energieleitung plus die Koppelschleife ist *länger*, bzw. *kürzer* als eine *ungerade Zahl von $\lambda/4$* .

Aus den Grundsaltungen Abb. 1 a und 2 a ersieht man, dass die *elektrische* Länge der Energieleitung samt Koppelschleife einer *ungeraden Anzahl von $\lambda/4$* entsprechen muss, damit sich die vorausgesetzte Anordnung der stehenden Wellen ausbilden kann. Aus dieser Überlegung folgt der Schluss, dass es am einfachsten ist, im *ersten* Fall (Abb. 1b) die verlängernde Wirkung der Koppelschleife durch zwei Reihen Kondensatoren C_1 , C_2 (*einer* genügt elektrisch vollkommen, es werden aber meist aus Symmetriegründen zwei verwendet) elektrisch aufzuheben, während im *zweiten* Fall (Abb. 2b) es wiederum einfacher ist, die verlängernde Wirkung der Koppelschleife durch Parallelschaltung eines Kondensators C elektrisch genau auf $\lambda/4$ zu ergänzen.

Soll der Energieverbraucher *stromgekoppelt* sein (z. B. zwei $\lambda/4$ -Antennen), so führt eine einfache Überlegung darauf, dass in Abb. 1b bzw. 2b der Halbwellendipol entfernt und die beiden letzten antennenseitigen $\lambda/4$ -Abschnitte der Energieleitung zu einem 2 mal $\lambda/4$ -Dublett auseinandergeklappt werden sollen, wobei sich senderseitig an der Energieleitung nichts ändert.

2. *In Mikrowellen erregte Energieleitungen.*— Wie bereits in der Einleitung angedeutet, kommt eine direkte Feinabstimmung durch Verschiebung der Kurzschlussbrücke kaum in Frage, sobald es sich um Wirkungsgradfragen handelt. Praktisch taucht aber noch dazu die Schwierigkeit auf, dass die Koppelschleife selbst als senderseitige Kurzschlussbrücke zu gelten hat, dass somit die Energieleitung in ihrer Länge veränderlich wird und infolgedessen die Antenne selbst aus ihrer günstigsten Lage im elektrischen Brennpunkt des Strahlers verschoben wird, womit das Abstrahlungsdiagramm der Anlage ausserordentlich ungünstig beeinflusst wird.

Nun bietet zwar die in fortschreitenden Wellen erregte, sog. «nicht-abgestimmte» Energieleitung eine Möglichkeit, die Länge der Energieleitung und somit auch die Lage des Senderdipols im Strahler konstant zu halten. Aber der Abstrahlungswirkungsgrad der nichtabgestimmten Zuleitung hängt bekanntlich in ausserordentlich hohem Masse von der Lage ihrer beiden festen Anschlusspunkte am Dipol. Während es also als Tat-

sache feststeht, dass eine derartige nichtabgestimmte Energieleitung einen ausgezeichneten Wirkungsgrad hat, sofern die Lage der Anschlusspunkte am Dipol richtig seinem Aufnahmewiderstand angepasst ist, hat eine nicht genaue Anpassung die Entstehung von stehenden Wellen neben den fortschreitenden solcher zur Folge, sodass diese einen Teil der Hochfrequenzenergie auf Kosten der eigentlichen Dipolabstrahlung selbst und dazu in falscher Richtung abstrahlt.

Untersucht man den Anpassungsvorgang einer solchen Energieleitung, so sieht man, dass es in einer symmetrisch zum Dipolmittelpunkt zu erfolgenden Verschiebung der beiden Anschlusspunkte besteht. Diese Anschlussstellen werden durch Anlötung festgelegt - bei einem Dipol von 8 bis 10 cm Länge ist jede andere Befestigungsart konstruktiv kaum denkbar. Diese Anpassung ist, wie bereits angedeutet, sehr kritisch. *Hollmann* führt beispielsweise¹ bei der sonst nicht so kritischen Einpunktspeisung bereits diese stärkere Welligkeit auf der Energieleitung bei Verschiebung des Anschlusspunktes um etwa 2% der Dipollänge, was bei einem Mikrowellendipol von 10 cm Länge einer Verschiebung von bloss 2 mm entsprechen würde, in Wirklichkeit aber, bei der Zweipunktspeisung, kaum einem Drittel gleichkommt.

Die praktische Schwierigkeit besteht nun einmal in der Kleinheit der zwecks Anpassung vorzunehmenden Anschlusspunktverschiebungen, sodass in der Bedingung, dass beide Anschlusspunkte gleichzeitig genau symmetrisch zum Dipolmittelpunkt erfolgen sollen. Es kann sich also nur um *unstetige ruckweise Anpassungsmassnahmen* handeln, wobei man wohl meistens die optimale Einstellung überhaupt nicht erreicht².

Während es bei *kurzen* Wellen meistens praktisch belanglos ist, wenn man die Anpassung nicht ganz genau vornimmt, da Senderenergie gewöhnlich in genügender Höhe vorhanden ist, ändern sich die Verhältnisse im äusserst ungünstigen Sinn, wenn man zu *Mikrowellen* von wenigen Dezimetern übergeht, wo die Senderenergie meist nur wenige Watt beträgt und möglichst als Ganzes und in der richtigen Lage und Richtung, also

¹ H. HOLLMANN, Physik und Technik der ultrakurzen Wellen, 1936, Bd. II, S. 101, Abb. 114 und 115.

² Das ist auch beim zitierten, von HOLLMANN angeführten Beispiel von ISSAKOWITSCH-KOSTA, nicht genau der Fall, obwohl an einem 4,5 m langen Dipol diese Anpassung eigentlich leichter vorgenommen werden kann, als an einem Drähtchen von 8-10 cm.

vom Dipol allein, abgestrahlt werden soll. Wenn also schon bei normalen Kurzwellen, um 30-40 m herum, aus diesem Grunde öfters zur abgestimmten Energieleitung (Lechersystem in stehenden Wellen erregt) gegriffen wird, so gilt dies umsomehr für den Mikrowellenbereich, wo man zur Not das Vorhandensein von stehenden Wellen auf einer sonst in fortschreitenden Wellen arbeitenden Leitung feststellen, jene aber nur sehr schwer beseitigen kann, ohne von der Gefahr zu sprechen, bei der geringsten Verschiebung die Leitung unrettbar noch stärker zu verstimmen, da es sich hier nur um Bruchteile eines Millimeters, also um eine reine Feinmechanikangelegenheit handelt, die nicht jedermanns Sache ist.

3. *Grundlegendes Experiment am Mikrowellenlechersystem.* — Ein Lechersystem L (Abb. 3) sei von einem Mikrowellensender S induktiv erregt

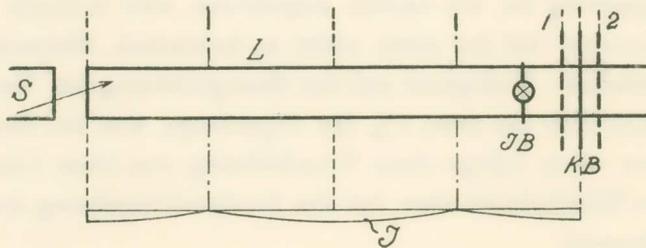


Abb. 3.— Zum Feinabstimmungsversuch am vorsätzlich verstimmt
Lechersystem.

und durch die Kontaktbrücke KB auf Resonanz grob eingestellt; bei IB befinde sich eine Indikatorbrücke mit einem Belastungswiderstand, als welcher z. B. eine von Philips hergestellte Zwergglühlampe für 3 V und 0,15 A verwendet wird. Die Lage von KB und IB wird derart eingestellt, dass gerade die beste Anpassung erreicht wird und das Glühlämpchen möglichst hell brennt. Bekanntlich stimmt die Resonanzlage von KB bei einem solchen, als «Blindantenne» anzusprechenden Lechersystem nicht genau überein mit der Resonanzlage bei Leerlauf, also ohne den Belastungswiderstand, sondern wird etwas nach rechts von dieser verschoben.

Man wird nun feststellen, dass beim noch so langsamen und vorsichtigen Verschieben der Gleitbrücke es nicht möglich ist auf das Maximum der Leuchtkraft einzustellen: man sieht des Lämpchen einen kurzen Augenblick lang hell aufleuchten, es gelingt aber nicht diese äusserst kritische Resonanzlage festzuhalten. Bemerkt sei hierzu, dass es sich nicht etwa um unerwünschte Wirkungen der Handkapazität handelt, da die Bedie-

nung aus Entfernung vorgenommen wurde, sondern lediglich um die den Mikrowellen eigene kritische Einstellungsschärfe, eine Schwierigkeit auf die bereits Groos¹ hingewiesen hat, indem er gleichzeitig überhaupt die ganze Frage der Feinabstimmung eines Lechersystems für Mikrowellen aufrollte. Es sei hier nämlich gleich vorweggenommen, dass eine evtl. Feinabstimmung mit Hilfskondensatoren, etwa nach Abb. 1b und 2b, wegen der konstruktiven Abmessungen derselben, kaum in Frage kommt.

Eine solche Feineinstellung kann nun aber in der bekannten, sonst aber sehr unwillkommenen Erscheinung der *Handkapazität* gesucht werden. In Abb. 3 ist die anzustrebende Anordnung der stehenden Wellen eingezeichnet. Ist nun die Brücke KB in der Lage 1 grob eingestellt, so sieht man, dass man elektrisch das Lechersystem *verlängern* muss, ähnlich dem Fall der Abb. 2 b. Durch eine kleine Parallelkapazität im *Spannungsbauch* erreicht man dieses Ziel und diese Zusatzkapazität, die rein mechanisch kaum fein genug eingestellt werden kann, kann in sehr bequemer Weise, in erster Näherung durch *Annäherung eines Fingers über einen Spannungsbauch des Lechersystems* erreicht werden: man sieht das *Lämpchen in stetiger Weise intensiver leuchten, bis es das mögliche Maximum erreicht* (Zeichen der genauen Resonanz) *um dann wieder allmählig dunkler zu brennen und zuletzt ganz zu erlöschen*.

Das Eigenartige an dieser Erscheinung ist nun, dass die auf diese Weise bewirkte Resonanzabstimmung *sehr breit* ist, sodass man die genaue Resonanzlage äusserst fein einstellen und auch weiter erhalten kann, sofern natürlich der Finger nicht entfernt wird.

Verstimmt man nun das Lechersystem im anderen Sinne, d. h. bringt man die Brücke KB in die Lage 2, indem dadurch das System *zu lang* wird und nach Massgabe der Abb. 1 b durch wenigstens einen Reihen-kondensator *verkürzt* werden muss, so glaubt man zunächst vor einer unüberwindlichen Schwierigkeit zu stehen, da es sich kaum denken lässt, den Kunstgriff der Handkapazität auch in einem solchen Falle anwenden zu können. Ein Versuch lehrt aber, dass, wenn man diesmal den Finger dem *Strombauch* nähert, wiederum in genau der gleichen Weise wie im vorigen Fall, die Resonanzlage gefunden werden kann und das Indikatorlämpchen *so hell leuchtet wie vorher*.

¹ O. GROOS, Einführung in Theorie und Technik der Dezimeterwellen, 1937, Teil I, S. 127.

Noch ein weiterer Versuch zeigt, dass es genügt, statt einen Finger dem Spannungs- bzw. dem Strombauch von oben her zu nähern, *den Finger in konstanter Höhe über dem Lechersystem zu halten und diesem entlang zu führen*: die Resonanz tritt in voller Schärfe ein, gleichgültig in welchem Sinn die Kurzschlussbrücke KB vorsätzlich verstimmt war. Dabei kommt der Finger in Resonanzlage dem einen oder dem anderen Bauch näher zu liegen im Sinne der bereits festgestellten Beobachtung und in Abhängigkeit der Fingerentfernung vom Lechersystem.

4. *Neues, kontaktloses Feineinstellverfahren für Mikrowellen.*—Die beliebig zu erhöhende Feinheit der Resonanzeinstellung mit Hilfe der soeben beschriebenen Erscheinungen der *Handkapazität*, lässt sich konstruktiv in mannigfaltigster Weise verwirklichen; es sei im folgenden, in der Abb. 4,

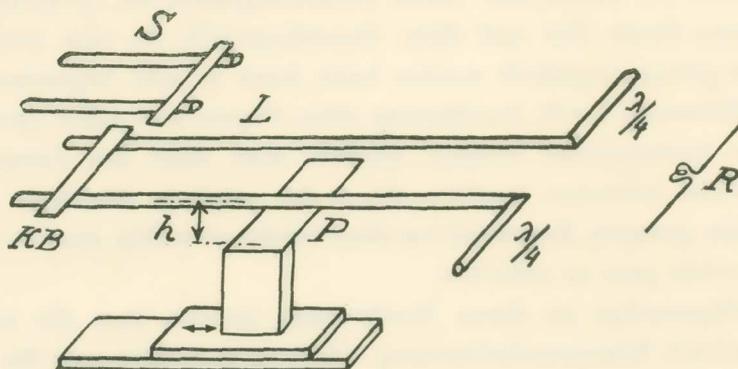


Abb. 4.—Feinabstimmung der Energieleitung eines stromgekoppelten Viertelwellen-Dubletts mit Hilfe einer unter der Lecherleitung verschiebbaren Metallplatte.

das Verfahren mitgeteilt, das beim Experimentalvortrag an der Universität Athen verwendet wird.

Durch die Kontaktbrücke KB wird das Lechersystem L, mit dem Sender S gekoppelt, und grob auf Resonanz eingestellt, was am Leuchten des Resonator-Lämpchens R festgestellt wird.

Sodann wird eine Metallplatte P unterhalb des Lechersystems in einem geeigneten Abstand h jenem entlang parallel verschoben, wobei es natürlich genügt, nur die $\lambda/4$ -Strecke zwischen einem Spannungsbauch und einem Strombauch zu durchfahren. Es lässt sich dann stets eine Stelle zwischen diesen beiden Bäuchen finden, an der die Resonanz mit grosser Feinheit eingestellt werden kann und es *auch nachträglich bleibt*, bzw.

nach etwaigem Frequenzgang des Senders, von neuem eingestellt wird.

Es lässt sich dieses Verfahren auch für die Feinabstimmung einer in stehenden Wellen spannungsgekoppelten Antenne verwenden, wenn man sinngemäss das Verfahren nach Abb. 4 die einen stromerregten Viertelwellen-Dubbelt darstellt auf die Fälle nach Abb. 1b und 2b, überträgt: in allen Fällen genügt die Verschiebung einer Metallplatte in leicht zu bestimmender Entfernung unterhalb der grob abgestimmten Energieleitung, um, innerhalb eines $\lambda/4$ -Bereichs, die Stelle schärfster Resonanz zu erfassen.

Schliesslich sei noch mitgeteilt, dass im Bereiche der 16 cm-Welle, gelegentlich eine Nutzleistungserhöhung um 85% allein durch die genaue Resonanzeinstellung der Energieleitung erreicht wurde.

5. *Zusammenfassung.* — Während für die genaue Resonanzeinstellung von in Mikrowellen (e. m. Schwingungen von unter einem Meter Wellenlänge) erregten Schwingungskreisen bisher ein genügend feines Verfahren nicht vorhanden war und durch die nur angenäherte Einstellung ein Bruchteil der im Sender erzeugten, ohnehin nicht grossen Hochfrequenzenergie von der Energieleitung in verkehrter Richtung abgestrahlt, somit nutzlos verschwendet war, wird in der vorliegenden Arbeit ein neues Feineinstellverfahren entwickelt, das auf der bisher unerwünschten Erscheinung der sog. *Handkapazität* beruht und eine beliebig feine Resonanzeinstellung speziell im Gebiete der Mikrowellen gestattet.

Zum Schlusse sei der Akademie von Athen für die selten gewährte Genehmigung obigen Vortrag nebst der Experimentalvorführungen persönlich abhalten zu dürfen und dem Akademiker Herrn *C. Zenghelis*, welcher dies vorschlug, der wärmste Dank des Verfassers ausgesprochen.

ΦΙΛΟΛΟΓΙΑ.—Τὰ προοίμια τοῦ Σαλλουστίου καὶ αἱ ἑλληνικαὶ αὐτῶν πηγαί, ὑπὸ **X. Καπνουκάγια**. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ κ. Θεοφίλου Βορέα.

Ἐπισημαίνεται ὅτι ὁ Ῥωμαῖος ἱστορικὸς Σαλλουστῖος Κρίσπος ἐν τοῖς προοιμίοις τῶν δύο πολέμων, τοῦ Ἰουγούρθα καὶ τοῦ Κατιλίνα, ἔχει ἑλληνικὰς πηγὰς πρὸ ὀφθαλμῶν, ὁμολογεῖται παρὰ πάντων. Ἀλλὰ περὶ τῶν συγγραφέων, ἐξ ὧν ἠντλήσεν τὰς φιλοσοφικὰς γνώμας, διαφωνοῦσιν αἱ φιλόλογοι ἔτι καὶ νῦν. Κατὰ τὸν C. Wagner καὶ τὸν Ed. Schwartz καὶ τὸν S. Pantzerhielm Thomas πηγὴ τοῦ Σαλλουστίου ἐγένετο ὁ Ποσειδώνιος κατὰ δὲ τὸν Franz Egermann ὁ Πλάτων.

Ὁ X. Καπνουκάγιας δι' ἀκριβοῦς ἀντιβολῆς τῶν κειμένων σπουδάζει νὰ δεῖξη