

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 25 (1934)  
**Heft:** 15

**Rubrik:** Nachträgliches zur Frage der Energieversorgung von Nidwalden

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

sigkeit des Wirkungsgrades überwacht, unangenehm gross werden. Es entspricht ja dem Verhältnis der dem Höchstwirkungsgrad entsprechenden zu der erwarteten niedrigsten Belastung. Beim Turbogenerator muss man sich offenbar nur mit jenem Teil der Wirkungsgradkurve begnügen, der unterhalb der Höchstwirkungsgradleistung liegt. Der Transformator hat weit grössere Möglichkeiten.

Die Bestrebungen des neuzeitigen Turbogeneratorenbaues gehen den nun leicht verständlichen Weg, die schwach veränderlichen Teilverluste herunterzudrücken. Nichts spricht aber gegen die Erhöhung der Ständerkupperwärme.

Die Verluste im Ständerisen lassen sich mit hochlegiertem Blech wirksam bekämpfen, wenn dieses Blech nicht technologische Schwierigkeiten bringt. Ermässigungen der Liniendichte im Ständerisen kommen auch in Betracht.

Die Luftreibung des Läufers verdient bei Turbogeneratoren die höchste Aufmerksamkeit. Amerikanische Konstruktionen lassen den Läufer in Wasserstoff umlaufen statt in Luft. Die erzielten Erfolge sind nicht zu unterschätzen.

Die Lüftung endlich forderte den Konstrukteur am schärfsten heraus. In die Maschine selbst eingebaute Lüfter verursachten für jedes weggekühlte Kilowatt ein Viertel Kilowatt Eigenverbrauch. Man ging allmählich zum selbständigen Lüften über und richtete einen Luftstromkreis Maschine—Lüfter—Kühler ein. Bláthy verwarf endlich die schwerfällige Luftkühlung in allerjüngster Zeit vollkommen. Seine Idee ist, den Läufer mit Wasser, den Ständer mit Oel zu kühlen. Die Kühlungsverluste werden nach dieser Idee ausserordentlich klein.

Man kann in der Tat den Läufer gegen den Ständer abdichten, wenn man in den Luftspalt einen ölundurchlässigen Zylinder einschiebt. Der ganze Ständer kann dann unter Oel gesetzt werden wie ein Transformator, mit all den bekannten Vor-

teilen der Oelkühlung und -isolierung. Eine Oelpumpe kann die Oelkühlung wirksam verstärken.

Das Kühlwasser führt Bláthy seitlich in die Läuferwelle ein, die ausgebohrt wird. Es tritt dann in den Läuferkörper über und strömt durch Kühlrohre in den Zähnen. Aus dem anderen Wellenende tritt das Kühlwasser wieder aus.

Die neue Kühlungsart setzt nicht nur die Lüftungsverluste gewaltig herunter, sondern ermöglicht auch noch eine bedeutende Erhöhung der Stromdichten im Kupfer. Sie lässt sich vielleicht auch noch mit der Verwendung des Wasserstoffes verbinden, damit die Luftreibung des Läufers energisch heruntergedrückt wird.

Die angegebenen neuzeitigen Hilfsmittel lassen es nicht als ausgeschlossen erscheinen, dass wir tatsächlich 99 % Wirkungsgrad bei grossen Turbogeneratoren erreichen werden. Ein Hundertstel Wirkungsgrad bedeutet für das Betriebsjahr ungefähr soviel wie der ganze Anschaffungspreis der Maschine. Der Weg von 98 bis 99 % Wirkungsgrad ist schwer aber lohnend.

Andererseits stellen die angegebenen Hilfsmittel eine wesentliche Verbesserung der Wirkungsgradkurve in Aussicht. Zwischen Halb- und Vollast wird der Turbogenerator wohl auch einen praktisch gleichbleibenden Wirkungsgrad bekommen, wenn sich die neuern Ideen bewähren.

Vor 20 Jahren überraschte Bláthy die Welt mit ausserordentlich ausgiebigen neuen Ideen im Turbogeneratorenbau. Sie wurden bald Gemeingut der Elektrotechnik. Zu seinem 50jährigen Arbeitsjubiläum beschenkt er die Elektrotechnik mit einer noch grösseren Ueberraschung im Turbogeneratorenbau. Sie steht ganz im Zeichen konstruktiv-wirtschaftlicher Probleme, mit denen der reifende Elektromaschinenbau seine Entwicklung abschliessen wird.

## Nachträgliches zur Frage der Energieversorgung von Nidwalden.

621.311(494)

*In der letzten Nummer, S. 374, gaben wir einen kurzen Ueberblick über den heutigen Stand der Frage des Bannalpwerkes. Nachstehend veröffentlichen wir noch eine Aeusserung von Herrn Ing. Dr. J. Büchi, einem der regierungsrätlichen Experten, zur heutigen Lage, worin auch die Begutachtung des Projektes durch die vom Initiativkomitee bestellten Experten beleuchtet wird. Diese Aeusserung wird zweifellos alle Kreise der schweizerischen Energiewirtschaft interessieren.*

*Dans le dernier numéro du Bulletin (p. 374) nous avons donné un bref aperçu de la question de l'usine de Bannalp, telle qu'elle se présente actuellement. Nous publions ci-dessous à ce sujet une communication de M. J. Büchi, Dr. ing., l'un des experts gouvernementaux, où il est question aussi du rapport des experts désignés par le comité d'initiative. Nous ne doutons pas que cette communication intéressera tous les milieux s'occupant de l'économie de notre énergie en Suisse.*

Die Landsgemeinde des Kantons Nidwalden hat am 29. April dieses Jahres, wie aus der Tagespresse zu entnehmen war, mit starker Mehrheit den Gesetzesvorschlag des Initiativkomitees vom 14. Februar 1934 angenommen und den Bau eines Kraftwerkes am Bannalpbach und die Schaffung eines kantonalen Elektrizitätswerkes beschlossen. Vom Regierungsrat, der im Landrat bekanntlich geschlossen den Antrag auf Verwerfung des Gesetzes stellte und hiebei von der Mehrheit des Landrates unterstützt worden war, sind an der Landsgemeinde acht Mitglieder zurückgetreten, während zwei Mitglieder in der neuen Regierung verblieben sind, die durch Zuwahl von Freunden der Initiative weiter auf die

Zahl von elf Mitgliedern erhöht wurde. Seither hat der Landrat auf Antrag der neuen Regierung eine Baukommission für das Bannalpwerk und die Eigenversorgung gewählt, die aus 13 Mitgliedern besteht.

Damit sind die offiziellen Schritte zur Verwirklichung des Bannalpkraftwerkes und der Eigenversorgung des Kantons Nidwalden mit elektrischer Energie eingeleitet.

In sachlicher Beziehung habe ich dem Gutachten der regierungsrätlichen Experten vom 20. März 1934, das in dieser Zeitschrift publiziert wurde<sup>1)</sup>, nichts Neues beizufügen.

<sup>1)</sup> No. 7 d. J.

Ich möchte lediglich erwähnen, dass zwischen dem Zeitpunkt jenes Gutachtens und der Abstimmung der Landsgemeinde vom 29. April a. c. die beiden Gemeinden Stansstad und Hergiswil mit der Elektrizitätswerk Luzern-Engelberg A.-G. einen neuen Energieversorgungsvertrag auf längere Frist abgeschlossen haben, und zwar im wesentlichen zu den Bedingungen des Energieversorgungsvertrages, den die Experten mit der Regierung und dem EW Luzern-Engelberg seinerzeit aufstellten. Die beiden genannten Gemeinden konsumieren beinahe einen Drittel der Energie der sieben Gemeinden, die für den Anschluss an ein kantonales Werk in den nächsten etwa zehn Jahren in Frage kamen. Falls diese neuen Verträge der beiden Gemeinden bestehen bleiben, so wird also die Energieabgabemöglichkeit des neuen kantonalen Werkes noch um ungefähr einen Drittel vermindert gegenüber dem, was die Experten ihrem Gutachten zu Grunde legten, so dass das wirtschaftliche Resultat des kantonalen Unternehmens mangels Absatz noch wesentlich schlechter ausfallen wird, als von uns vorausgesehen.

Nachdem nun durch den Volksentscheid die Frage selbst grundsätzlich entschieden ist, soll hier noch mit einigen Worten die Methode dargelegt werden, nach welcher die technisch-wirtschaftliche Seite der ganzen Frage von den Initianten behandelt wurde. Dabei sollen ausdrücklich nur diejenigen Vorgänge in Betracht gezogen werden, die sich bis zum Zeitpunkt der entscheidenden Abstimmung vom 29. April 1934 ereigneten, resp. bekannt wurden.

Das Projekt des Bannalpwerkes und der kantonalen Energieversorgung des Herrn Flury datiert samt Bericht vom September 1933 und wurde damals zusammen mit der ersten Initiative der Regierung übergeben. Jene Initiative kam aus formellen Gründen nicht vor die Landsgemeinde. Das Initiativkomitee hat dann unterm 14. Febr. 1934 ein neues Gesetz betreffend die Eigenversorgung vorgeschlagen. Diesem Gesetzesvorschlag wurde kein neues Projekt beigelegt und kein neuer Bericht beigegeben. In dem Gesetz wird lediglich bestimmt, dass der Kanton Nidwalden «ein kantonales Elektrizitätswerk unter Ausnützung der Wasserkraft des Bannalpbaches» erstellen soll. Die Regierung und ihre Experten konnten nicht eindeutig in Erfahrung bringen, ob es sich bei dieser neuen Initiative noch um das Projekt Flury vom September 1933 handle oder um ein geändertes Projekt. Man konnte lediglich aus den Tageszeitungen und den Vorträgen der Initiativfreunde schliessen, dass es sich wahrscheinlich im wesentlichen noch um das alte Projekt handle.

Für Leser, welche die Ausgangslage nicht kennen, sei hier erwähnt, dass das Projekt eines Kraftwerks am Bannalpbach samt einer kantonalen Elektrizitätsverteilungsanlage von einem nidwaldischen Initiativkomitee mit Herrn Ratsherr Werner Christen in Wolfenschiessen vorgeschlagen und mit Unterstützung einer genügenden Anzahl von Bürgern als Initiative zur Volksabstimmung gebracht wurde und dass Herr Flury aus Luzern im Auftrag dieses Initiativkomitees das ganze Projekt aufstellte und berechnete.

Schon bei der ersten Projektaufstellung vom Herbst 1933 haben sich nun Herr Flury und das Initiativkomitee der Mitwirkung unabhängiger Ingenieure bedient und in noch vermehrtem Masse in der Zeit vom Herbst 1933 bis zur Landsgemeinde vom 29. April 1934. In den Vernehmlassungen des Initiativkomitees und seiner Freunde in den Tageszeitungen (insbesondere in dem Bannalper Boten), in den Vorträgen der Initianten, in den Diskussionen im Landrat und an der Landsgemeinde selbst ist in besonders ausgiebigem Mass auf diese Mitwirkung unabhängiger Ingenieure abgestellt worden, und es wurde dem Volke dargelegt, dass das Projekt der Initianten sorgfältig und in fachmännischer Weise durch anerkannte technische Experten von Ruf nach allen Richtungen untersucht und technisch und wirtschaftlich zweckmässig befunden worden sei, und insbesondere hätten diese Gutachten eine Bestätigung der Fluryschen Projekte und Berechnungen ergeben.

Wie verhält es sich nun mit dieser Mitwirkung von unabhängigen Experten beim Fluryschen Kraftwerkprojekt samt Elektrizitätsverteilung?

Auf die Sondierungsarbeiten der Unternehmerfirmen Ingenieure G. Rodio in Mailand und Ingenieur K. Kieser in Zollikon und ihre Offerten für die Abdichtung des künftigen

Bannalp-Stausees zu Handen des Initiativkomitees soll hier nicht eingetreten werden, ebensowenig auf die Offerte, welche die Firma Hatt-Haller A.-G. in Zürich dem genannten Komitee für den Staudamm selbst abgegeben hat. Beide Offerten wurden übrigens nur in Vorträgen, Diskussionen und Zeitungsmeldungen erwähnt, der Regierung und ihren Experten aber nicht zugänglich gemacht. Auch die geologischen Gutachten sollen hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt werden. Solche Gutachten wurden durch den Geologen der Unternehmerfirma G. Rodio & Co., Herrn Dr. A. Falconnier, im September 1933 und durch Herrn Prof. Dr. Lugeon im Dezember 1933 abgegeben. Dagegen möchten wir auf die Mitwirkung der verschiedenen Ingenieurexperten näher eintreten.

Da ist zu erwähnen, dass Herr *Caflisch*, alt Oberingenieur der Firma Escher, Wyss A.-G., sich bereits gemäss dem Bericht Flury vom September 1933 mit der Druckleitung und den Turbinen des Kraftwerkes befasste. Die Wasserverhältnisse und die Leistung der Turbinen wurden ihm dabei von Herrn Flury mitgeteilt. Zu jenem Gutachten ist hier nichts weiter zu sagen, als dass es eben ein Teilgutachten bildete. Herr Ing. *Caflisch* hat dann das Gutachten der regierungsrätlichen Experten im Bannalper Boten vom Februar und März 1934 bekämpft und sich dabei auch über den Wasserhaushalt des Bannalpbaches und des Sees ausgesprochen, sowie über die verfügbare Energiemenge. Bezüglich des Wasserhaushaltes soll er, nach seiner Erklärung am Vortage der Abstimmung, auf Mitteilungen abgestellt haben, die ihm von Herrn Ing. Dr. *Lütsch* gegeben worden seien, der indessen nicht selbst auf den Plan trat. Bezüglich der verfügbaren Energiemenge hat Herr *Caflisch*, soweit die Energieverluste in der Druckleitung und den Turbinen in Frage kommen, einfach auf die mittlere Leistung abgestellt, wie sie ihm von Herrn Flury angegeben wurde, die aber nach den Darlegungen der regierungsrätlichen Experten unzutreffend ist. Auch diese nachträgliche Mitwirkung des Hrn. *Caflisch* hat den Charakter eines Teilgutachtens. In eigener kritischer Kompetenz befasst sie sich übrigens nur mit der Druckleitung und den Turbinen und sie stellt in bezug auf Wasserhaushalt auf Angaben dritter Seite ab und in bezug auf Energieverluste im wesentlichen auf die massgebenden Angaben des Herrn Flury.

Ferner figuriert die Firma *Strelin & Brunner*, Ingenieure in Zürich, bereits in dem Projekt Flury vom September 1933 mit einer Begutachtung des elektrischen Teils des Kraftwerkes, sowie mit einer vergleichweisen Berechnung der Anlagekosten des Verteilungsnetzes für den theoretischen Fall, dass dieses (übrigens bereits bestehende) Netz neu erstellt werden müsste. Die Grösse und Zahl der Maschinen für das Kraftwerk wurden der genannten Ingenieurfirma von Herrn Flury vorgeschrieben. Für den Rückkauf des Netzes samt Umänderung hatte die Firma keine Berechnung einzureichen. Ebensowenig hat sie sich über den Energieabsatz und das Tarifwesen ausgesprochen. Auch dieses Gutachten charakterisiert sich also als ein Gutachten über eine Teilfrage.

Beinahe in letzter Stunde wurde dann noch Herr Prof. Dr. *Stucky* in Lausanne für die Begutachtung des Staudammes des Bannalpsees herangezogen, und er sprach sich darüber in einem summarischen Gutachten vom April (siehe Bannalper Bote vom 14. April 1934) aus. Auch dieses Gutachten bildet somit ein Teilgutachten.

Ueber den mutmasslichen *Energiekonsum* und das zugehörige *Tarifwesen* wurde seitens der Initianten überhaupt kein von einem Experten aufgestelltes technisch-wirtschaftliches Gutachten eingeholt. Ebenso erfolgte die Berechnung der *jährlichen Betriebskosten* ohne Mitwirkung eines aussenstehenden technischen Begutachters. Diese wichtigen und elementaren Verhältnisse des Energiekonsums, des Tarifwesens und der jährlichen Betriebskosten wurden also lediglich von Herrn Flury als dem Projektverfasser und Vertrauensmann des Initiativkomitees untersucht und beurteilt. Ich habe aber aus dem Studium der Akten und der Vorgänge die Ueberzeugung gewonnen, dass Herr Flury für diese Beurteilung nicht kompetent ist.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das aus Laien bestehende Initiativkomitee und ihr Vertrauensmann, Herr Flury, lediglich über einzelne technische Fragen Gutachten

von Fachexperten eingeholt haben. Dabei haben diese Fachexperten nicht eigentlich zusammengearbeitet, sondern jeder beurteilte einfach die ihm gestellten Fragen, wobei Herr Flury die Verantwortung für die richtige Stellung der Fragen hat. Eine geschlossene, samthafte fachmännische Beurteilung des ganzen Projektes seitens dieser Experten wurde also nicht vorgenommen. Ueber die ausserordentlich wichtigen Fragen des Energiekonsums, des Tarifwesens und der Betriebskosten wurden überhaupt keine Gutachten eingeholt. Diese Fragen und damit auch die grundlegenden Fragen der Zweckmässigkeit und Rentabilität des geplanten Werkes wurden lediglich von den Initianten und Herrn Flury beurteilt. Das hinderte aber das Initiativkomitee und seine Mitglieder nicht, immer und immer wieder dem Volke zu erklären, dass die Projekte und Berechnungen des Komitees und ihres Herrn Flury durch Experten von hohem Ruf sachgemäss untersucht und in ihren Schlussfolgerungen als richtig befunden wurden. Das Volk konnte natürlich das Unzutreffende in dieser Darstellung selbst nicht erkennen, und es

konnte leider der Regierung gegenüber den zahllosen und hetzerischen Publikationen nicht mehr gelingen, dem Volk diesen Mangel der Prüfung und dessen Gefahr zum Bewusstsein zu bringen.

Nachdem nun durch den Wegfall der Gemeinden Hergiswil und Stansstad als Energiekonsumenten für die nächsten ca. zehn Jahre die Basis für den Energieabsatz des Bannalpwerkes noch ganz wesentlich schlechter geworden ist, als dies bei der Beurteilung durch die regierungsrätlichen Experten im Frühjahr 1934 der Fall war, so wäre es höchst erwünscht, wenn die neue Regierung über die gesamte Vorlage, so wie sie heute durchgeführt werden soll, und inbegriffen die Fragen des Energieabsatzes und der Rentabilität, ein gesamtes Gutachten von kompetenter dritter Seite einholen würde. Das würde im Interesse des Volkes und wohl auch der Regierung selbst liegen.

Zürich, den 4. Juli 1934.

Dr. J. Büchi, Ingenieur.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

### Die Hexode als Mischrohr im Schwebungssummer.

621.385.5

Die Mischhexode wurde bekanntlich entwickelt, um in Ueberlagerungsempfängern als Oszillator- und Mischröhre zugleich die Zwischenfrequenz zu erzeugen<sup>1)</sup>. Das gleiche Problem der Mischung zweier Frequenzen zur Erzeugung einer dritten Ueberlagerungsfrequenz liegt auch beim Schwebungssummer vor und es stellt sich daher auch in diesem Fall die Frage der Verwendung der Hexode.

Die Mischhexode, deren schematischen Aufbau und Kennlinien Fig. 1 und 2 zeigen, kann man sich in zwei Röhrensysteme zerlegt denken, nämlich erstens der Schirmgitter-

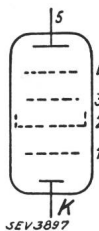
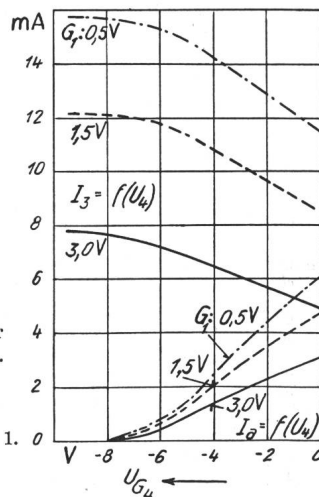


Fig. 1.

Elektrodenanordnung der Mischhexode RENS 1224.

Fig. 2 (rechts).

Kennlinien der Röhre Fig. 1.



röhre mit dem Steuergitter 1, dem Schirmgitter 2 und der Anode 3, und einer zweiten Röhre mit der Elektrode 3 als gedachter Kathode, den Gittern 3 und 4 und der Anode 5. Das Gitter 1 erhält die eine Hochfrequenz  $f_1$  und das Schirmgitter 2 soll eine Beeinflussung derselben durch die andere Hochfrequenz verhindern. Die Elektroden 3 und 4 können zufolge der fallenden Charakteristik ( $I_3, U_4$ ) einen Schwingungskreis von der Frequenz  $f_2$  in Dynatron- oder Rückkopplungsschaltung erregen. Da die Steilheit der Kennlinie ( $I_3, U_4$ ) proportional  $U_1$  gesetzt werden kann, und  $U_1$  und  $U_4$  mit  $f_1$  und  $f_2$  gesteuert werden, ergibt sich  $I_a$  proportional zu

$$\cos \omega_1 t \cdot \cos \omega_2 t = \frac{1}{2} \cos (\omega_1 - \omega_2) t + \frac{1}{2} \cos (\omega_1 + \omega_2) t.$$

<sup>1)</sup> Vergl. z. B. Bull. SEV 1934, Seite 181.

Im Falle des Schwebungssummers ist  $\omega_1 - \omega_2$  die gewünschte Niederfrequenz, während  $\omega_1 + \omega_2$  hochfrequent ist und leicht ausgesiebt werden kann. Die Hexode hat hier den Vorteil, dass die Qualität der erzeugten Niederfrequenz nicht so stark von den Betriebsbedingungen abhängt wie bei der gewöhnlichen Detektorröhre. Andererseits ist aber der Mitnahmeeffekt zu berücksichtigen, indem das Schirmgitter 2 wohl eine Beeinflussung der Hochfrequenz  $f_1$  durch  $f_2$ , nicht aber eine Einwirkung von  $f_1$  auf die an den Elektroden 3 und 4 erzeugte Hochfrequenz  $f_2$  verhindert. Die Versuche haben gezeigt, dass Mitnahme bei etwa  $f = 1$  eintritt, einem Wert, der praktisch vollauf genügt. Es ist aber nicht zu vergessen, dass die Beeinflussung des zweiten Oszillators durch den ersten auch schon vor der eigentlichen Mitnahme in Erscheinung tritt durch Vergrößerung des Klirrfaktors der Niederfrequenz. Der Klirrfaktor lässt sich klein halten, wenn die Amplitude der dem ersten Gitter aufgedrückten Spannung der Frequenz  $f_1$  klein gehalten wird, aber entsprechend wird auch die Ausgangsamplitude der Niederfrequenz klein. Aus Gründen der Frequenzstabilität sollen beide Oszillatorschwingkreise möglichst gleich gebaut und betrieben werden; darum führt man dem ersten Gitter die Wechselspannung über ein Potentiometer zu. Erheblich besserer Wirkungsgrad der Hexode wird erreicht bei Erzeugung der beiden Hochfrequenzen in getrennten Oszillatoren, wobei die Hexode lediglich als Mischrohr dient. Man kann so etwa die hundertfache Ausgangsamplitude bei nur verdoppeltem Klirrfaktor erhalten. — An und für sich bestände auch die Möglichkeit, beide Hochfrequenzen mit der Hexode allein zu erzeugen; die eine wie oben mit den Elektroden 3 und 4, die andere mit Schwingungskreis am Gitter 1 und Rückkopplungsspule in der Kathodenleitung. Zuzufolge grösseren Kopplungen zwischen den Oszillatoren treten jedoch Zieh- und Mitnahmeerscheinungen auf, so dass nicht über den ganzen Tonbereich stabile Verhältnisse erzielt werden können. — (Bab und Schultes, Elektr. Nachr.-Techn., Bd. 11 (1934), Nr. 3.) H. Meyer.

### Ein neues Verfahren zur Frequenzanalyse.

621.317.35: 534.41

Die Untersuchung periodischer Aenderungen mechanischer, elektrischer oder akustischer Grössen erfolgte bisher meistens durch Aufnahme eines Oszillogramms, welches den zeitlichen Verlauf dieser Grössen darstellt. Die Zerlegung des periodischen Vorganges in seine Teilschwingungen geschah dabei auf mathematischem Wege.

Die Frequenzanalyse mit einem Suchton<sup>1)</sup>, wobei dieser den Teilschwingungen überlagert wird, liefert dagegen direkt das Spektrum des Vorganges, d. h. über der Frequenz als

<sup>1)</sup> Vergl. z. B. H. Grützmacher, Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 4 (1927), S. 533; Z. techn. Physik Bd. 8 (1927), S. 506.