Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 35 (1938-1940)

Vereinsnachrichten: Procès-verbaux des séances 1938 - 1939

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

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

Procès-verbaux des séances

1938—1939

Séance du 17 novembre 1938.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

A. Monard, La Chaux-de-Fonds : *Voyage d'un naturaliste en Guinée portugaise*, avec projections.

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Séance du 1er décembre 1938.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

R. de Girard : *La formation des chaînes de montagnes*, suite.

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Séance du 15 décembre 1938.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

K. Lion : *Experimente mit kurzen elektrischen Wellen.*

Mit 3 Textfiguren,

Vorbemerkung.

Die Demonstration der Versuche mit hochfrequenten elektrischen Schwingungen ist in der Experimentalphysik von besonderem Interesse, nicht nur wegen der Eigenart der Erscheinungen und der stets zunehmenden praktischen Anwendung kurzer Wellen, sondern auch weil diese Versuche ein besonders eindrucksvolles und anschauliches Bild von den physikalischen Vorgängen geben. Während nun mit den älteren Methoden der Erregung von Wellen

mittels Induktoren, Teslaapparaten usw. die Ausführung dieser Experimente schwierig und z. T. nicht ungefährlich war und beträchtliche Hilfsmittel erforderte, ist sie heute unter Verwendung von Elektronenröhren sehr einfach geworden, und es sind bereits eine Anzahl Geräte bekannt, mit denen die Versuche ausgeführt werden können. Im folgenden wird ein im physikalischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) vom Verf. entwickeltes Instrumentarium beschrieben, das gestattet, mit ungedämpften Schwingungen und bei einer Wellenlänge von 2 bis 3 m alle wesentlichen Versuche des gesamten Gebietes mit möglichst geringem Aufwand auszuführen.

I.

Schwingungserzeugung.

Die nachfolgend beschriebenen Versuche werden mit Wellenlängen unter 3 m ausgeführt, also bei Frequenzen von über 10^8 Schwingungen pro Sekunde. Ihre Ausführung ist zwar prinzipiell auch mit grösseren Wellenlängen, also bei niedrigeren Frequenzen möglich, doch erst bei kurzen Wellen nehmen die benötigten Apparate, insbesondere Antennen, Dipole usw. handliche Dimensionen an, sodass sie im Unterrichts- oder Uebungsexperiment praktisch gezeigt werden können.

Die Erzeugung schneller elektrischer Schwingungen ist in mehrfacher Weise möglich. Sie geschah früher mittels Funkenstrecken, während heute im Wesentlichen Elektronenröhren dazu benutzt werden. Ein Vorteil der Röhrensender gegenüber denen mit Funkenstrecken besteht darin, dass die Funkensender gedämpfte, d. h. schnell abklingende Schwingungen hervorriefen, während die Röhrensender ungedämpfte Schwingungen liefern. Als weitere Vorteile kommen hinzu: erhöhte Konstanz, Einfachheit im Aufbau, geräuschfreies Arbeiten, Vermeidung von Hochspannung und verminderte Gestehungskosten der Apparate.

Man kann 3 grundlegende Verfahren zur Schwingungserzeugung mittels Elektronenröhren unterscheiden:

1. *Die Rückkopplung.*

In der einfachen Elektronenröhre mit 3 Elektroden (Triode) kann der über Anode und Kathode das Rohr durchfliessende Strom

durch ein Gitter (das sich zwischen Anode und Kathode befindet) hinsichtlich seiner Stärke gesteuert werden. Zur Steuerung ist nur ein geringer Aufwand an Leistung erforderlich, verglichen mit der elektrischen Leistung im Aussenkreis der Röhre. Wird durch eine zunächst bebliebig gestaltete Anordnung im Gitterkreis der Röhre ein Ansteigen des positiven Gitterpotentiales hervorgerufen, so hat das ein Ansteigen des die Röhre durchfliessenden Stromes (Anodenstrom) zur Folge. Diesen Anodenstrom kann man nun auf den Gitterkreis zurückwirken lassen, und zwar in der Weise, dass ein Anstieg des Anodenstromes ein Erniedrigen der positiven Gitterspannung bewirkt, und umgekehrt ein Absinken des Anodenstromes ein Erhöhen der positiven Gitterspannung. Die Rückwirkung kann im Modellversuch einfach mechanisch erfolgen, sie kann im praktischen Betrieb etwa durch magnetische Kopplung erfolgen (Transformator-Prinzip), ferner aber auch unter Zuhilfenahme einer weiteren Röhre (Gegentakt-Prinzip).

Zur Erzeugung harmonischer elektrischer Schwingungen ist es noch notwendig, dass der Gitterkreis oder der Anodenkreis der Röhre (oder beide) die Eigenschaften eines schwingungsfähigen Systemes haben, d. h. diese Kreise müssen Kapazität und Induktivität besitzen, von deren Grösse die Eigenschwingung der Kreise abhängt. Die vom Rückkoppelsender emittierte Frequenz wird durch die Eigenschwingung dieser Kreise bestimmt. Durch Verkleinern der Induktivität und Kapazität dieser Kreise kann man die Frequenz des Senders erhöhen, also seine Wellenlänge verkleinern, jedoch lässt sich dies Verkleinern nicht beliebig weit treiben, denn die Elektroden der Röhre stellen einen Kondensator dar, dessen Kapazität sich zu der des Schwingungskreises addiert. Die kleinstmögliche Kapazität des Schwingungskreises wird also durch die Eigenkapazität der Röhre bestimmt. Zwar hat man versucht, durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Röhre deren Eigenkapazität herabzusetzen, also zu kürzeren Wellen zu gelangen, doch lassen sich aus Leistungs- und Stabilitätsgründen bestimmte Grenzen nicht unterschreiten.

Zum Aufschaukeln und Unterhalten der Schwingungen ist es notwendig, dass die Rückwirkung des Anodenkreises auf den Gitterkreis im richtigen Zeitpunkt, d. h. in der richtigen Phase des Schwingungsvorganges erfolgt. Diese Bedingung lässt sich indessen nur

so lange erfüllen, als die Trägheit der Vorgänge in der Röhre klein ist gegenüber den Schwingungzseiten. Bei kurzen Wellen beträgt die Dauer einer Vollschwingung weniger als 10^{-8} sec, und hierbei macht sich die Trägheit der Röhre bereits bemerkbar; die den Strom in der Röhre bildenden Elektronen benötigen eine gewisse Laufzeit, um von einer Elektrode zur anderen zu gelangen. Durch Verkleinern der Wege zwischen den Elektroden (Liliputröhren) kann man die hierdurch bedingte obere Frequenzgrenze weiter hinausschieben. Jedoch bewirkt ein Herabsetzen der Röhrendimensionen auch eine Verminderung der Senderleistung. Bei kürzeren Wellen als ca. 1 m bereitet der Aufbau eines Rückkoppelsenders bereits Schwierigkeiten.

2. *Elektronenpendelung.*

Träger der Elektrizität in der Röhre sind die Elektronen, die von der glühenden Kathode ausgesandt werden. Sie bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von der Kathode fort, die von ihrer Austrittsgeschwindigkeit, vom Potential des Gitters und in geringem Masse vom Potential der Anode bestimmt wird. Macht man das Gitter einer Röhre stark positiv (Grössenordnung 100 Volt) und die Anode schwach negativ (ca. — 10 Volt), so zeigt sich bei geeigneten Röhrentypen folgende Erscheinung: Ein Teil der von der Kathode emittierten Elektronen wird auf das Gitter auftreffen und einen Gitterstrom bilden. Ein anderer Teil aber wird, vom elektrischen Feld des Gitters erfasst, auf das Gitter zu beschleunigt und durch die Gitterstäbe hindurchfliegen, also in den Gitter-Anodenraum gelangen. Da die Anode negativ ist, wird sie die negativen Elektronen zurückstossen, die also z. T. wieder in den Gitter-Kathodenraum eintreten, worauf das Spiel von neuem beginnt. Es ist zunächst allerdings kein Grund vorhanden, dass dieses Spiel der Elektronen-Pendelung sich nach aussen hin als elektrische Schwingungen bemerkbar macht, vielmehr ist zu erwarten, dass die verschiedenen Elektronen in ihren verschiedenen Phasen einen kontinuierlichen Strom bilden. Es bedarf erst eines Regelvorganges, der veranlasst, dass alle beteiligten Elektronen ihre Pendelbewegungen im gleichen Takte ausführen. Diese Steuerung stellt sich nun automatisch ein: Nimmt man an, dass sich durch ein zufälliges Ereignis (Einschaltvorgang) ein Mehr an Elektronen in

einer bestimmten Phase des Pendelvorganges befinden als in anderen Phasen, so werden diese Elektronen bei ihrer Bewegung eine Influenzwirkung auf die Elektroden ausüben. Dem Ruhepotential der Elektroden überlagert sich demnach ein Wechselpotential, das aus der Bewegung der geladenen Teilchen resultiert, und das auf die in anderen Phasenlagen schwingenden Elektronen einwirkt, ihre Bewegung beschleunigt oder verzögert und sie damit veranlasst, am gemeinsamen Spiel teilzunehmen oder auszuscheiden. Die emittierte Frequenz des Elektronenpendel-Senders hängt von den angelegten Spannungen und den Elektrodenabständen ab (Barkhausen-Kurz). Es zeigt sich aber auch, dass ein Einfluss des angeschlossenen Schwingungskreises auf die emittierte Frequenz besteht (Gill-Morrell), wie aus dem Einfluss der überlagerten Wechselspannung an den Elektroden auch zu erwarten ist. Die mit Elektronenpendelung erreichten Wellenlängen reichen bis zu ca. 10 cm herab, bei allerdings geringer Leistung.

3. *Magnetfeldröhren.*

Von einer geradlinigen Kathode gehen Elektronen aus zu einem die Kathode konzentrisch umgebenden Anodenzylinder. Das elektrische Feld zwischen den beiden Elektroden ist in der Nähe der Kathode am stärksten und nimmt gegen den Anodenzylinder hin ab. Wird nun ein konstantes magnetisches Feld so angebracht, dass seine Kraftlinien parallel zur Achse der Anordnung, also parallel zur Kathode verlaufen, so bewirkt dieses, dass die Elektronen nicht mehr geradlinig radial zur Anode gelangen, sondern auf gekrümmten Bahnen. Vergrössert man das magnetische Feld, während die zwischen Kathode und Anode angelegte Spannung konstant bleibt, so werden bei einem von dieser Spannung und den Röhrendimensionen abhängigen Grenzwert alle Elektronen zu Kreisen gebogen, d. h. sie werden auf die Kathode bezw. in deren Nähe zurückkommen, ohne auf die Anode gelangt zu sein. Der gleiche Effekt wird erreicht, wenn das Magnetfeld konstant bleibt, aber das Anodenpotential sinkt. Wenn zu einer bestimmten Zeit mehrere Elektronen auf die Anode auftreffen und ihre negative Ladung dort abgeben, so sinkt das dort vorhandene positive Potential. Dadurch werden die weiterhin auf dem Wege befindlichen Elektronen nicht mehr so stark beschleunigt und infolgedessen auf einen

Kreis umgebogen, sodass sie die Anode nicht mehr erreichen können. Diese nimmt daraufhin wieder ein stärker positives Potential an, worauf sich der Vorgang wiederholt. Das sehr hochfrequent wechselnde Potential der Anode gegenüber der Kathode kann einem äusseren Schwingungskreis zugeführt werden, praktisch erhält man jedoch stärkere Wirkungen, wenn man die Anode in zwei Teile längs zweier diametraler Mantellinien teilt und die beiden Hälften mit einem Schwingungskreis verbindet. Eine zufällige Dissymmetrie ruft dann eine Potentialverschiedenheit der beiden Anodenhälften hervor, sodass dann die beschriebenen Erscheinungen für beide Hälften abwechselnd auftreten.

II.

Der geschlossene Schwingungskreis.

Der zu den nachstehenden Versuchen verwendete Sender arbeitet nach dem Rückkopplungssystem in Gegentaktschaltung, die beiden Triodensysteme befinden sich jedoch im gleichen Glaskolben mit einem gemeinsamen Anschluss für Heizung und Kathode und getrennt herausgeführten Anschlüssen für die Gitter und Anoden. Als Induktivität und als Rückkopplungsspule dient je ein versilberter Kreisring von ca. 60 mm Durchmesser, als Kapazität die Eigenkapazität der Röhre. Die Gitter- und Anodenspannungen (Betriebsspannungen) werden den Elektroden über die Ringe zugeführt, die entsprechenden Leitungen sind in der Mitte der Ringe angeschlossen. An diesen Stellen tritt keine Hochfrequenzspannung auf (Spannungsknoten), durch einen Anschluss an diesen Stellen wird also keine Störung des Schwingungsvorganges bezw. kein Abfliessen von Hochfrequenzenergie verursacht. Im Gitterkreis ist ein Widerstand angeordnet, an dem die ihn durchfliessenden Gittergleichströme einen Spannungsabfall hervorrufen, hierdurch stellt sich die passende Gittergleichspannung ein. Gitter- und Anodenkreis können unterbrochen werden, um Messinstrumente für die verschiedenen Versuche einzuschalten. Der Sender wird mit Wechselspannung betrieben; für die indirekte Heizung der Kathode ist das ohne Einfluss. Für die Benutzung von Wechselspannung als Anodenspannung ergibt sich, dass der Sender jeweils nur in einer Halbwelle der Wechselspannung arbeitet, wenn nämlich die Anode positiv ist; in der anderen Halbperiode sperrt das Rohr den Strom-

durchgang. Da mithin das Rohr nach jeder Arbeits-Halbperiode eine Ruhephase hat, kann man es in der Arbeitsphase entsprechend höher belasten ohne Gefahr einer allzu starken Erwärmung. Die Röhre erwärmt sich nach 15 Minuten auf ca 70°; das bedeutet eine geringe Ueberlastung, die aber unbedenklich erfolgen darf. Die ganze Anordung vermag bei 250 cm Wellenlänge etwa 6,5 Watt zu liefern. Fig. 1 zeigt die Ansicht des Senders. Durch einfaches Verbinden mit dem Netz tritt er in Tätigkeit, sowie die Kathode warm ist (nach ca. ½ min.).

Schwingungsnachweis.

Die in den Induktivitäts-Kreisringen oscillierende Elektrizitätsmenge stellt einen Wechselstrom sehr hoher Frequenz dar, der seinerseits ein hochfrequent oscillierendes Magnetfeld zur Folge hat. Wird in dies Magnetfeld ein Leiter gebracht, so wird in ihm ein Strom induziert. Die Anordnung arbeitet demnach wie ein Transformator: Als Primärspule dient die Schwingkreisspule des Senders, als Sekundärspule eine in die Nähe gebrachte Drahtschleife. Zum Nachweis, dass in dieser Drahtschleife ein Strom fliesst, dient eine eingeschaltete Glühlampe. Nähert man den geschlossenen Drahtring mit eingeschalteter Glühlampe (Fig. 2. Nr. 9) dem schwingenden Sender-Kreisring, sodass die Windungsebenen parallel stehen, so leuchtet die Lampe hell auf. Dreht man den Indikator-Ring, sodass die Windungsebenen einen Winkel miteinander bilden, so wird die Lampe dunkler, und wenn der Winkel zwischen den beiden Spulenebenen 90° beträgt, so steht der Drahtkreis in der Richtung der magnet. Kraftlinien und die Lampe erlischt vollständig. Auf diese Weise kann man das ganze magnetische Kraftlinien-Feld der Sendespule mit dem Indikatorkreis abtasten.

Resonanzkreis.

Die Stromstärke im Indikatorkreis ist cet. par. ein Maximum, wenn Resonanz besteht, d. h. wenn die Eigenschwingung des Indikatorkreises mit der des Senders übereinstimmt. Zum Nachweis dieser Erscheinung benötigt man einen abstimmbaren Stromkreis, der zweckmässig aus einem variabeln Kondensator mit einem aufgesetzten auswechselbaren Induktivitätsring besteht (7 und 8). Um beim Arbeiten mit diesem Kreis durch Nähern und Entfernen der Hand die Abstimmung nicht zu stören, ist der Kreis und die Achse

des Drehkondensators mit einem isolierten längeren Griff versehen. Zur Stromanzeige ist wieder ein Glühlämpchen (3,5 Volt, 0,25 Amp) in die Mitte des Induktivitätsbügels geschaltet. Stellt man den Kreis ca. 10 cm vom Senderkreis entfernt auf und dreht am Kondensator, so kann man das Eintreten der Resonanz daran erkennen, dass in diesem Punkt die Lampe besonders hell aufleuchtet.

Sattelkurve.

Rechts und links von der Resonanzstelle fällt die Intensität stark ab, und zwar umso stärker, je geringer die Dämpfung, d. h. der Verlust bezw. Widerstand im Kreise ist. Ersetzt man die Glühlampe durch eine andere mit geringerem Widerstand (3,5 Volt, 0,4 Amp), so ist die Resonanzkurve bedeutend steiler. Geht man mit dem Resonanzkreis und eingeschalteter 0,25 Amp-Lampe dichter an den Sender heran, so brennt die Lampe immer heller, bis sie bei ca. 3 cm Abstand durchbrennt. Ist nun die Lampe stärker (4 Volt, 0,8 Amp), so dass sie nicht durchbrennen kann, und geht man mit dem Drahtkreis an den Sender näher heran, so steigert sich zunächst ebenfalls die Helligkeit, von einem bestimmten Punkte an nimmt sie aber wieder ab, bis sie bei 2 cm Abstand fast verlischt: Der Sekundärkreis hat nun auf den Primärkreis zurückgewirkt, und die Welle des Primärkreises hat sich infolge dieser Rückwirkungen verlagert. Die neue Resonanz hat zwei Einstellungen, die rechts und links von der früheren Resonanzstellung liegen. Im früheren Resonanzpunkt geht die Intensität bis beinahe auf Null zurück (Sattelkurve). Die Tiefe und Breite des Sattels ist von der Dämpfung der beiden Kreise und der Kopplung zwischen ihnen abhängig. Bei geeigneter Kopplung tritt der Sattel nicht mehr auf, dagegen ist die Resonanzkurve breit und trotzdem an den Rändern stark abfallend (Bandfilter). Eine derartige Kurve ist die geeignete Resonanzkurve für Radioempfänger, sie bewirkt durch die steil abfallenden Ränder eine hohe Selektivität, und durch die Breite der Kurve gestattet sie die Aufnahme der Senderwelle und der auf beiden Seiten von ihr liegenden Seitenbänder.

Rückwirkung.

Die Rückwirkung des Sekundär- auf den Primärkreis kann auch durch Messung am Sender festgestellt werden. Zu diesem

Zwecke unterbricht man den Anodenkreis und schaltet ein Milliamperemeter (Messbereich 0-100 mA) in ihn ein. Wenn der Sekundärkreis, der zunächst nicht auf Resonanz eingestellt ist, kontinuierlich abgestimmt wird, so ergibt sich bei geeignetem Abstand des Sekundärkreises in der Nähe der Resonanz ein Ansteigen und im Resonanzpunkt selbst ein starkes Abfallen des Anodenstromes.

Resonanzstrom.

Die Ströme, die in den Induktivitätsringen fliessen, sind überraschend hoch. Ersetzt man den Induktivitätsbügel mit Glühlampe durch einen Bügel aus massivem Kupferdraht von ca 1,5 mm Durchmeser, so entsteht ein Resonanzkreis mit wesentlich geringerer Dämpfung. Die Resonanzkurve ist daher sehr spitz und hoch, und die im Augenblick der Resonanz fliessenden Ströme können Werte zwischen 10 und 100 Ampere annehmen. Zum Nachweis dieser Erscheinung klemmt man eine Glühlampe in einer geeigneten Fassung (12) in der Mitte des Resonanz-Bügels an und stellt den Kreis ca. 10 cm vom Sender entfernt auf. Während selbst in unmittelbarer Nähe der Resonanz kein Aufleuchten der Lampe festzustellen ist, glüht diese im Resonanzpunkt sehr hell auf. Da die Lampe vom Spannungsabfall zwischen ihren beiden Anschlusspunkten gespeist ist (der proportional $i \cdot r$ ist, unter Vernachlässigung der Indukivtität und des Hauteffektes), und da der Widerstand r zwischen diesen beiden Punkten äusserst klein (Grössenordnung 1/100 Ohm) ist, muss der bei Resonanz fliessende Strom sehr gross sein, um einen Spannungsabfall von 2 Volt zwischen den beiden Lampenklemmen hervorzurufen.

Abschirmung.

Ruhende und mit geringer Frequenz oscillierende Magnetfelder lassen sich mit Metallen ausser Eisen nicht abschirmen. Bringt man aber zwischen den Primärkreis und den auf Resonanz eingestellten Sekundärkreis eine dünne Zinnfolie, so verlischt die Lampe im Sekundärkreis. Der Grund dafür ist darin zu suchen, dass die hochfrequenten Magnetfelder der Sendespule im Stanniol Wirbelströme erzeugen, die ihrerseits wieder Magnetfelder hervorrufen. Die beiden Magnetfelder sind jedoch gegeneinander gerichtet, heben sich also in ihren Wirkungen auf die Sekundärspule auf.

Fig. 1. — Ansicht des Senders mit Transformator 250 cm Wellenlänge, 6,5 Watt Leistung.

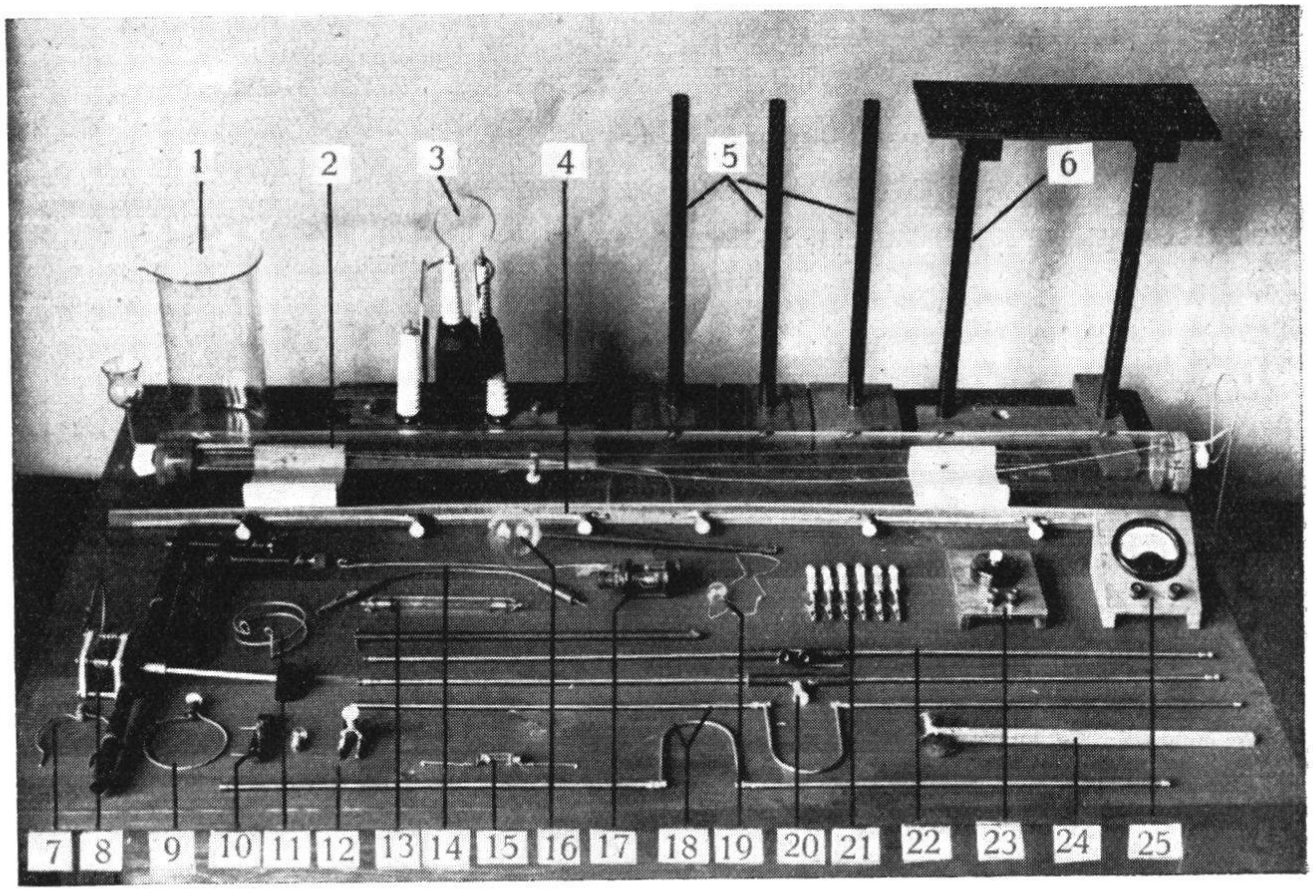


Fig. 2. — Einzelteile zur Ausführung der Versuche. (Erklärung im Text.)

Resonanzspannung.

Der physikalische Vorgang in einem Schwingungskreis besteht bekanntlich darin, dass eine auf den Kondensator aufgebrachte Spannung einen Strom durch die Induktivität bewirkt, die in der Induktivität entstehende Gegenspannung darauf den Kondensator mit umgekehrten Vorzeichen wieder auflädt. Ein hoher Strom in der Induktivität hat demnach eine hohe Spannung am Kondensator zur Folge. Diese Spannung lässt sich am einfachsten mit Glimmlampen und Gasentladungsröhren nachweisen. Legt man eine kleine Glimmlampe (10) an die beiden Pole des abstimmbaren Kondensators, so kann man das Eintreten der Resonanz schon bei einer Entfernung von 30 cm zwischen Sender und Indikatorkreis erkennen. Bei geringerer Entfernung steigt die Spannung am Kondensator bereits so beträchtlich, dass mit Gas gefüllte Entladungsröhren, wie sie zur Lichterzeugung verwendet werden (13), zum hellen Aufleuchten gebracht werden können; insbesondere kurze, mit Neon, Helium oder Quecksilber gefüllte Röhren zeigen wunderbare und hellglänzende Leuchterscheinungen.

Gasleuchten.

Die Anregung von Leuchterscheinungen geschieht auch in Röhren ohne Elektroden, und zwar sowohl im elektrischen wie im magnetischen Hochfrequenzfeld. Bringt man eine Kugel von ca. 5 cm Durchmesser (16), die mit Edelgasen oder Hg unter vermindertem Druck gefüllt ist, in die Senderspule, so bildet sich eine hell leuchtende Randzone darin aus, während die Mitte dunkler bleibt (Elektrodenloser Ringstrom).

III.

Elektr. Hochfrequenzfeld.

Zwischen zwei Kondensatorplatten (3), an denen hohe und hochfrequente Wechselspannung liegt, entsteht ein elektrisches Feld. Der Form und dem Verlauf der Kraftlinien nach ist dieses Feld in Luft identisch mit einem statischen Feld; die Wirkung derartig schnell oscillierender Felder ist naturgemäss anders. Die Feldstärke und Form lässt sich am einfachsten mit einer kleinen, mit Edelgas gefüllten Leuchtkugel (19) abtasten, die an einem Faden hängend ins Feld eingeführt wird. Zwischen den Platten

eines Kondensators (wenn diese nicht zu weit auseinanderstehen) leuchtet die Lampe an allen Stellen fast gleichmässig hell auf, das Feld ist an diesen Stellen homogen. Gegen den Rand zu wird die Entladung lichtschwächer, doch ist auch noch im Raum ausserhalb der Platten ein Aufleuchten festzustellen (Streukraftlinien). Insbesondere von den Randpartien gehen noch zahlreiche Kraftlinien aus, an der äusseren Mitte der Platten erlöscht die Entladung jedoch vollständig, hier ist die Feldstärke fast Null. Benutzt man an Stelle einer kugeligen eine längliche Entladungsröhre, so kann man auch noch den Verlauf der Feldrichtung zeigen: Die Röhre leuchtet dann am hellsten, wenn sie in Richtung der Kraftlinien gehalten wird.

Strom im Kondensator.

Durch einen Kondensator fliesst bei Wechselspannung ein Strom. Man kann diesen Strom nachweisen, wenn man eine längliche Glühlampe benutzt, (kleine Sofittenlampe (24), auf deren beide Enden kleine Platten von ca. 3 cm Durchmesser aufgesetzt sind. Die Lampe ist an einem Holzstiel befestigt und wird ins elektrische Feld des Kondensators gebracht, ohne dass sie die Platten berührt. Ist das Feld auf Resonanz abgestimmt, so leuchtet die Lampe hell auf, ohne mit einer Elektrode in Verbindung zu sein. Durch das Einbringen der Lampe in das elektrische Feld ändert sich im allgemeinen die Abstimmung, da die eingebrachten Glas- und Metallteile die Kapazität der Anordung verändern, man muss also gewöhnlich neu abstimmen, wenn man die Lampe eingebracht hat.

Dielektrizitätskonstante.

Hat man auf dem Resonanzkreis ausserdem den oben beschriebenen Resonanzindikator (Glühlampe 12), so kann man den Einfluss der Dielektrizitätskonstanten der in den Kondensator eingebrachten Substanzen anschaulich demonstrieren. Ist zunächst auf Resonanz eingestellt, und bringt man etwa eine Glasplatte zwischen die beiden Platten, so verlagert sich die Resonanz. Man muss, um wieder abzustimmen, die beiden Platten weiter auseinanderrücken.

Diathermie.

Werden leitfähige Körper in das elektrische Hochfrequenzfeld eingebracht, so erwärmen sie sich (Diathermie). Zur Demonstration

dieser Erscheinung benutzt man zweckmässig ein kurzes Stück sog. Hochohmkordel, d. i. auf einen Baumwollträger aufgewickelter sehr dünner Widerstandsdraht. Ein Stück von 3 cm Länge mit ungefähr 3000 Ohm Widerstand ist in einer Kerbe eines Isolierrohres befestigt und wird in das elektrische Feld gebracht, so dass es in Richtung der Kraftlinien verläuft. Nach Einstellung auf Resonanz wird es in wenigen Sekunden so stark erwärmt, dass die Baumwolle zu rauchen beginnt, nach weiteren wenigen Sekunden fängt das ganze Stück an aufzuglühen und zu verbrennen.

Hochfrequenz-Chirurgie.

Die ausserordentlich schnellen Aenderungen der Stromrichtung bei diesen kurzen Wellen sind die Veranlassung, dass beim Durchgang selbst grösserer Ströme von mehreren Ampere durch den menschlichen Körper keine chemischen Wirkungen auftreten, und dass infolgedessen keine Schädigung zu erwarten ist. Abgesehen von biologischen Wirkungen, deren Grundvorgang bisher noch nicht geklärt ist, entsteht in dem so behandelten Körper nur Wärme. Wenn man die eine Elektrode gross, die andere extrem klein nimmt, so kann die Stromdichte, die an der kleinen Elektrode auftritt, so gross werden, dass Lichtbogen und daher Verbrennungen auftreten. Hiervon wird in der medizinischen Technik Gebrauch gemacht (Hochfrequenz-Chirurgie), indem mittels einer kleinen Schneidelektrode Gewebeteile getrennt werden können, wobei durch die unmittelbar entstehende Verschorfung der Schnittränder Blutungen besonderer Gewebeteile vermieden werden können. Zur Demonstration der Erscheinung legt man ca. 10 g frisches, nicht ausgetrocknetes Fleisch (am besten Milz oder Leber) auf eine kleine metallische Unterlage und verbindet diese mit dem einen Ende einer Spule, die mit dem Sender gekoppelt ist. Als Schneidelektrode genügt ein dünner Draht oder eine Stecknadel an einem Isoliergriff (14). Einstellen der Resonanz erfolgt zweckmässig durch Veränderung der Induktivität, die Kapazität im Kreis soll möglichst klein sein, damit an den beiden Elektroden hohe Spannung liegt. Sowie man mit der Schneidelektrode an der Oberfläche des Objektes entlang fährt, entstehen kleine Lichtbogen, die das darunter liegende Gewebe zerteilen.

IV.

Offene Schwingungskreise.

Bei den bisher betrachteten Schwingungskreisen war die Kapazität in dem abstimmbaren Kondensator konzentriert, die Induktivität in der Schwingkreis-Spule. Zieht man die beiden Kondensatorplatten auseinander und vergrössert gleichzeitig die Induktivität, so verläuft ein grosser Teil der elektrischen Kraftlinien in Luft. Führt man diese Verformung noch weiter durch, so entsteht aus dem bisher geschlossenen Schwingungskreis ein geradliniger Leiter von der Länge der halben Wellenlänge. Kapazität und Induktivität dieses « Dipols » sind längs des Leiters verteilt, die Kraftlinien verlaufen vollständig durch die Luft, die Streuung der Kraftlinien ist ein Maximum. Man muss sich den Schwingungsvorgang in einem derartigen Dipol so vorstellen, dass auf seiner einen Längshälfte eine Ladung sitzt, die durch das Mittelstück hindurch periodisch oscilliert. Die gesamte auf jedem halben Dipol aufgespeicherte Elektrizitätsmenge muss dabei durch die Mitte des Dipoles hindurchwandern, während durch einen ausserhalb der Mitte des Dipols angenommenen Querschnitt nur diejenige Elektrizitätsmenge hindurchwandert, die vom Querschnitt aus gegen die Enden hin verteilt ist.

Stromverteilung.

Infolge des Wanderns der verteilt angenommenen Elektrizitätsmenge ist die Stromstärke in der Mitte des Dipoles stärker als an den Enden, in der Mitte bildet sich ein Strombauch aus. Unterbricht man den Dipol an mehreren Stellen und schaltet in die Unterbrechungen Glühlämpchen (4), so werden diese offenbar da heller aufleuchten, wo ein grosser Strom sie durchfliesst, also in der Mitte, während sie gegen die Enden hin dunkler brennen, bezw. überhaupt nicht zum Glühen kommen.

Spannungsverteilung.

Die Spannung am Dipol ist dagegen an den Enden am stärksten. Die Kapazität dieser Punkte ist am kleinsten, so dass sie durch eine Elektrizitätsmenge zur relativ höchsten Spannung aufgeladen werden. Während in der einen Halbperiode des Schwingungsvorganges das eine Ende des Dipoles das höchste positive

Potential aufweist und der Gegenpol das höchste negative Potential, wechseln in der anderen Halbperiode die beiden Potentiale das Vorzeichen. In der Mitte des Dipols tritt gar keine Spannung auf (Spannungsknoten). Will man die Spannungsverteilung der Grösse (nicht der Richtung) nach zeigen, so benutzt man dazu zweckmässig Glimmlampen (21), die man einpolig an verschiedenen Punkten des Dipoles (18) anklemmt. Man erkennt deutlich, wie diese Glimmlampen an den beiden Enden stark, gegen die Mitte zu weniger und in der Mitte selbst gar nicht aufleuchten.

Wellenausbreitung.

Der offene Schwingungskreis hat die Eigenschaft, elektromagnetische Wellen auszusenden. Die *elektrischen* Kraftlinien, die von einem Ende des Dipoles zum anderen verlaufen, quellen in einer Viertelphase des Schwingungsvorganges aus dem Dipol heraus, in der zweiten Viertelphase, in der die Spannung an den Dipol-Enden wieder zurückgeht, dringen sie nicht wieder in den Dipol zurück, sondern « schnüren sich ab » und wandern in den Raum. In dieser Viertelphase beginnt nun der Strom durch den mittleren Querschnitt des Dipoles zuzunehmen, und dementsprechend quellen *magnetische* Kraftlinien aus dem Dipol, ihn kreisförmig in der Mitte umschlingend. In der nächsten (3) Viertelperiode schnüren sich diese magnetischen Kraftlinien vom Dipol ab, um in den Raum zu wandern, während gleichzeitig das Austreten der elektrischen Kraftlinien von neuem beginnt, jedoch mit umgekehrtem Vorzeichen.

Wellennachweis.

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen in den Raum lässt sich nachweisen. Treffen elektromagnetische Wellen auf einen auf Resonanz abgestimmten Dipol, so vermögen sie ihn zum Mitschwingen anzuregen. Das Mitschwingen lässt sich zeigen durch Einschalten einer Glühlampe in der Mitte des Indikator-Dipols (20) oder durch Anbringen von Glimmlampen an seinen beiden Enden. Um die Erscheinung zu demonstrieren, stellt man den Sender möglichst frei im Raum auf und koppelt einen Dipol mit ihm, der auf Resonanz abgestimmt ist. (Die Abstimmung erfolgt durch entsprechendes Verlängern und Verkürzen des Dipoles. Das Vorhandensein der Resonanz kann man wie oben durch ein Messinstru-

ment im Anodenkreis kontrollieren.) Bringt man nun einen Indikator-Dipol in dem Abstand von ein bis mehreren Metern an den Senderdipol heran, so leuchtet die Lampe des Indikators auf. Man kann mit dem Indikator den Senderdipol im Umkreis abtasten und erhält so sein Bild von der Feldverteilung des Senders.

Sekundärkreis-Empfänger.

Empfindlicher wird der Nachweis, wenn man statt der Glühlampe, die die Dämpfung des mitschwingenden Dipols immer stark erhöht, ein anzeigendes Instrument in einen *Sekundärkreis* legt, der mit dem Empfänger-Dipol gekoppelt ist. Der Aufbau auf der Senderseite ist wieder der gleiche, auf der Empfangsseite wird jetzt ein Dipol mit einer Induktionsschleife (18) verwendet, der auf die Sendewelle abgestimmt ist. Im Abstand von wenigen cm von dieser Schleife befindet sich ein abstimmbarer Kreis (8), dessen Resonanz mit einer kleinen Glimmlampe nachgewiesen wird. Wird nun der Sender in Betrieb gesetzt, so kann selbst noch bei einem Abstand von 4 m zwischen Sender und Empfänger die Glimmlampe zum Aufleuchten gebracht werden. Man unterbricht den Gitterkreis und setzt in die Unterbrechung einen Morsetaster (23). Beim Drükken des Tasters setzen die Schwingungen ein; der Vorgang der drahtlosen Telegraphie lässt sich damit zeigen.

Drahtlose Telegraphie.

Man kann die Empfindlichkeit weiterhin steigern, wenn man auf der Empfängerseite an Stelle der relativ unempfindlichen Lampen eine Anordnung mit Detektor benutzt und den Detektor auf ein empfindliches Messinstrument oder einen Kopfhörer arbeiten lässt. Mit einem Messinstrument als Indikator lassen sich je nach der Empfindlichkeit 5 bis 10 m, mit einem Kopfhörer 10 bis 20 m Entfernung leicht überbrücken, selbst wenn zwischen Sender und Empfänger Wände, Türen usw. sind. Mit einem grösseren Röhrenempfänger ist selbstverständlich eine Übertragung auf Kilometer möglich.

Modulation.

Der Grund dafür, dass mit einem Kopfhörer (bei grösserem Hörerkreis Verstärker und Lautsprecher) überhaupt ein Empfang möglich ist, liegt darin, dass der Sender mit Wechselstrom betrie-

ben wird. Die Hochfrequenz ist daher moduliert, d. h. im Empfänger entsteht hinter dem Detektor kein Gleichstrom (auf den das Telephon nicht ansprechen würde), sondern Wechselstrom, man hört im Kopfhörer ein deutliches Brummen.

Polarisation.

Bei der Demonstration der genannten Erscheinungen ist vorausgesetzt, dass Sender- und Empfänger-Dipol parallel zueinander stehen. Dreht man den Empfänger-Dipol langsam so (um die Verbindungslinie Sender-Empfänger), dass er einen Winkel mit dem Sender-Dipol bildet, so zeigt sich, dass die Uebertragung schlechter wird, und bei einem Winkel von 90° zwischen beiden Antennen hört sie ganz auf: Die vom Sender emittierte elektromagnetische Welle ist *polarisiert.* Die Erscheinung ist die gleiche wie bei polarisiertem Licht, das durch einen Analysator (z. B. Nicolsches Prisma) hindurchgeht. Steht der Analysator parallel zur Schwingungsrichtung der elektromagnetischen Wellen, so lässt er die Strahlung hindurchgehen, bildet er mit der Polarisationsrichtung einen Winkel, so ist die Amplitude der Schwingung proportional dem cos dieses Winkels, d. h. bei 90° Neigung zwischen Polarisationsrichtung und Analysator (bezw. polarisierendem Empfänger) ist die Amplitude zu Null geworden.

Interferenz.

Man kann einen Sender und Empfänger (als Empfänger am einfachsten den oben beschriebenen Dipol mit eingeschaltetem Glühlämpchen) in einiger Entfernung voneinander aufbauen, möglichst weit weg von störenden Wänden und Metallmassen. Kommt man mit einem dritten Dipol (22) in die Nähe einer der beiden ersten Dipolantennen, so zeigt sich, dass die Uebertragung durch diesen dritten Dipol beeinflusst wird, sie kann sowohl verstärkt, wie abgeschwächt werden. Im dritten Dipol wird durch das Senderfeld eine Schwingung induziert, die ihrerseits auf das Feld zurückwirkt. Die Rückwirkung kann nun so geschehen, dass die ursprüngliche Welle durch die neu hinzukommende verstärkt wird, wenn der dritte Dipol so steht, dass sich die Wellen in gleicher Phase überlagern, also addieren. Wenn umgekehrt die vom dritten Dipol auf den Empfänger ausgehende Welle in Gegenphase zur ursprünglichen eintrifft, so wird sie die im Empfänger induzierte Schwingung

abschwächen. Wenn man den dritten Dipol hinter dem Sender oder Empfänger aufbaut und kontinuierlich fortschiebt, so werden die beiden genannten Erscheinungen abwechselnd auftreten, und zwar immer umkehrend, wenn der dritte Dipol sich um eine halbe Wellenlänge weiter bewegt hat. Es handelt sich also hierbei um eine Interferenz-Erscheinung, analog den Erscheinungen der Optik.

Gitterversuche.

Benutzt man statt *eines* Dipoles eine ganze Anzahl, so werden diese Effekte noch deutlicher. Es ist dabei nicht notwendig, dass die einzelnen Dipole genau abgestimmt sind. Ein Holzrahmen, auf dem in gleicher Richtung eine Anzahl Drähte von der ungefähren Länge der Dipole gespannt sind, eignet sich zur Demonstration. Hält man ihn zwischen Sender und Empfänger, so hört die Übertragung fast vollständig auf, wenn die Drähte des Rahmens parallel zu den Dipolen stehen, während — wenn sie senkrecht stehen — fast kein Einfluss zu bemerken ist. Hält man den Rahmen, die Drähte parallel zu den Dipolen, hinter den Empfänger (oder Sender) und verschiebt ihn langsam in der Richtung Sender-Empfänger, so erlischt das Lämpchen abwechselnd und leuchtet mit doppelter Stärke auf, wenn der Rahmen jeweils um eine halbe Wellenlänge weiter geschoben wird.

Richtstrahler.

Ordnet man die Gitterdrähte statt in einer Ebene in einer Parabelfläche an, so kommt man zu den Hertzschen Spiegelversuchen. Sender und Empfänger mögen in einem Abstand voneinander aufgebaut sein, dass das Lämpchen des Empfängers nicht mehr aufleuchtet. Nun werden die Parabelspiegel hinter Sender und Empfänger gestellt, sodass die Dipole annähernd in den Brennpunkt der Parabeln zu stehen kommen. (Sehr empfindlich gegenüber der Einstellung ist die Anordnung nicht, da die Wellenlänge immerhin gross ist gegen die Spiegel). Bei geeigneter Stellung leuchtet das Empfängerlämpchen hell auf. Eine Anzahl Varianten dieses Versuches sind bekannt, die die Spiegelwirkung der Parabeln eindrucksvoll zu demonstrieren gestatten.

V.

Stehende Wellen an Drähten.

Verbindet man mit dem einen Pol des Senders einen Draht von mehreren Metern Länge, so nimmt der Anfangspunkt des Drahtes in einem gegebenen Zeitpunkt z. B. ein positives Potential an. Dieses Potential wird sich mit endlicher Geschwindigkeit längs des Drahtes fortpflanzen und an das andere Ende gelangen. Während der Fortpflanzung aber wird das Potential am Beginn der Leitung durch den Sender rythmisch verändert, es entsteht auf dem Draht das Bild einer fortschreitenden Welle. Durch Verluste kann der Wellenzug mit etwas verminderter Amplitude am anderen Ende ankommen. Am Ende des Drahtes wird er reflektiert, läuft also wieder zurück und überlagert sich dem ankommenden Wellenzug. An manchen Orten des Drahtsystemes wird sich die zurücklaufende Welle der ankommenden in gleicher Phase überlagern, sodass eine Verstärkung der Amplitude eintritt. Da die Laufgeschwindigkeiten für hin- und rücklaufende Wellenzüge gleich sind, so wird diese Ueberlagerung und Verstärkung immer am gleichen Orte auftreten, wenn der Draht gerade so lang ist, dass am Anfang und am Ende des Drahtes der Maximalwert im gleichen Moment auftritt. Das ist aber offenbar nur der Fall, wenn die Drahtlänge gleich einem Vielfachen der halben Wellenlänge ist. Es entstehen dann auf dem Draht Zonen, an denen das Potential mit maximaler Amplitude oscilliert, und dazwischen Zonen, an denen infolge Ueberlagerung in Gegenphase das Potential jederzeit Null ist, d. h. es bilden sich stehende Wellen aus.

Lechersystem.

Koppelt man mit dem Sender anstatt eines Drahtes ein Drahtsystem aus zwei Drähten von mehreren Meter Länge und in einem Abstand von wenigen cm (Lechersystem), so wird sich die beschriebene Erscheinung auf jedem der beiden Drähte abspielen, jedoch 180° in der Phase verschoben. D. h. wenn an einem Punkt und zu einer Zeit auf dem einen Draht ein positives Potential auftritt, tritt am anderen Draht ein negatives Potential auf. An Orten stärkster Potentialschwankungen eines Drahtes tritt also die grösste Spannungsdifferenz zwischen beiden Drähten auf, während an

Orten, an denen das Potential jedes der beiden Drähte jederzeit Null ist, keine Spannungsdifferenz zwischen beiden Drähten auftreten kann.

Wellenreflexion.

Jede grössere Unstetigkeit am Draht ruft eine Wellenreflexion hervor. Besteht die Unstetigkeit in einer Metallmasse oder einer Brücke über die beiden Drähte, so wird die Spannung an dieser Stelle zu Null. Würde die Brücke im Abstand n. $\frac{\lambda}{2}$ vom Beginn des Lechersystemes stehen, so könnten sich keine stehende Wellen mehr ausbilden, denn die oben geforderte Bedingung, dass am Anfang und in der Entfernung n. $\frac{\lambda}{2}$ des Drahtsystemes das Potential zu gleichen Zeiten ein Maximum annehmen soll, ist dann nicht mehr erfüllt. Erst wenn man die Brücke um $\frac{\lambda}{4}$ weiter vor- oder zurückschiebt, können wieder stehende Wellen auftreten. Die Brücke steht dann an Stellen, an denen das Potential jederzeit Null ist.

Spannungsbauch.

Zur Demonstration der Erscheinungen benutzt man ein Gestell, auf dem zunächst ein Draht gespannt ist. Die Orte, an denen die maximale Spannung auftritt, sind mittels der Glimmröhren leicht zu finden. Man befestigt eine Glimmlampe einpolig in einem dieser Punkte und die weiteren in einem Abstand von $\frac{\lambda}{2}$ von der ersten. Bringt man nun ein geschlitztes Blech auf den Draht und verschiebt es, so werden in bestimmten Stellungen des Bleches alle Glimmlämpchen aufleuchten und dadurch den Spannungsbauch der stehenden Welle kenntlich machen. Bei geeigneter Kopplung genügt es zur Verstimmung und zum Zustandekommen der Reflexion bereits, an dem Draht entlang zu gehen, nach je einer halben Wellenlänge Wegstrecke erlöschen die Glimmlampen, um in den Zwischenzeiten wieder aufzuleuchten.

Strombauch, Messung von λ.

Deutlicher werden die Erscheinungen, wenn man auch den zweiten Draht des Lechersystemes dazu spannt, da ein Draht allein stark strahlt, während beide Drähte nebeneinander ein geschlosseneres Feld zwischen sich bilden und daher weniger Energie ausstrahlen. Die beiden Drähte sind am Anfang durch eine Drahtschleife miteinander verbunden, die zum Ankoppeln an den Sender benutzt wird; an dieser Verbindungsschleife ist die Spannung Null. Da aber Strom und Spannung um $\frac{\lambda}{4}$ gegeneinander verschoben sind, ist an dieser Stelle der Strom ein Maximum, wenn stehende Wellen auftreten. Zum Stromnachweis klemmt man das bereits früher verwendete Glühlämpchen an zwei Punkten der Drahtschleife an. Fährt man nun mit einem Draht oder Metallgegenstand an beiden Drähten entlang, so können sich in bestimmten Stellungen der Drahtbrücke stehende Wellen ausbilden, es wird also dann jedesmal das Glühlämpchen aufleuchten. Da sowohl am Anfang des Systemes wie an der Brücke die Spannung Null ist, muss der Spannungsbauch zwischen den beiden Begrenzungen liegen. Man sucht *die* Resonanzstellung mit dem geringsten Abstand zwischen Anfang und Brücke und lässt die Brücke in dieser Einstellung; kommt man nun mit dem Glimmlämpchen in die Mitte zwischen beiden Enden, so wird es aufleuchten und damit den Spannungsbauch anzeigen. Befestigt man es einpolig im Spannungsbauch und verschiebt die Brücke, so wird es gleichzeitig mit der Glühlampe am Anfang des Lechersystemes aufleuchten und verlöschen, und zwar jedesmal dann, wenn die Brücke um $n\frac{\lambda}{2}$ weiter geschoben ist. Hierauf beruht eine Methode zum genauen Messen der Wellenläge λ, man misst den Abstand zweier Resonanzstellungen, der gleich $\frac{\lambda}{2}$ ist.

Indikatorbrücke.

Anstatt die Indikatorlampe an den Anfang des Lechersystemes zu setzen, kann man sie auch in die Brücke einsetzen. Bei jeder Resonanzstellung, bei der sich also stehende Wellen ausbilden

können, leuchtet die Indikatorlampe auf. Bei geringer Dämpfung, wenn also durch die Lampe oder die angehängten Glimmlampen nicht allzuviel Energie entzogen wird, ist die Resonanzeinstellung äusserst exakt.

Spannungsknoten.

Aus den zahlreichen Variationen der am Lechersystem möglichen Experimente, die es gestatten den Vorgang der Wellenausbreitung, der Reflexion, Strom- und Spannungsverteilung, Dämpfung, Kapazität, Dielektrizitätskonstante usw. mit dem Gerät zu demonstrieren oder zu messen, verdient eine besondere Beachtung: Man koppelt das Lechersystem mit dem Sender und stellt die Brücke mit Indikatorlampe in Resonanz, jedoch so weit vom Anfang weg, dass sich verschiedene Strom- und Spannungsbäuche ausbilden können. Setzt man in die Nähe der Ankopplung einen dicken Draht auf das System, so werden im allgemeinen die Anzeigelampen verlöschen, da die vom Sender zur Brücke fliessende Energie durch den Draht kurzgeschlossen wird, Verschiebt man nun das aufgesetzte Drahtstück, so wird bei einer bestimmten Stellung die Indikatorlampe doch wieder aufleuchten, obwohl der Kurzschlussbügel zwischen ihr und dem Sender liegt. Das ist daraus zu erklären, dass der Kurzschlussbügel nun im Spannungsknoten liegt und infolgedessen (da die Potentiale an diesen Stellen jederzeit Null sind) keinen wirksamen Kurzschluss verursachen kann.

Stehende Wellen in Wasser.

Träger des elektrischen und magnetischen Feldes sind nach den Faraday-Maxwellschen Vorstellungen nicht die Drähte, längs deren sich die Wellen fortpflanzen, sondern die sie umgebende Materie; ändert man diese, so muss auch die Art der Erscheinungen sich ändern. Dies kann man am besten zeigen, wenn man die Drähte statt in Luft im Wasser verlaufen lässt. Zu diesem Zweck sind in einem Glasrohr von ca. 60 mm Weite zwei Drähte gespannt, auf denen eine Glühlampenbrücke lose befestigt ist (2). Das Rohr ist beiderseitig verschlossen, durch die Einfüllöffnungen ragen Fäden heraus, durch die man die Brücke von aussen auf den Drähten verschieben kann. Füllt man das Rohr mit Wasser und koppelt das Drahtsystem wieder mit dem Sender, so zeigt sich, dass die Lampe jetzt beim Verschieben in Abständen von ca. 14 cm

aufleuchtet, während sie vorher alle 125 cm aufleuchtete. Dies ist daher zu erklären, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen im Wasser bedeutend kleiner ist, als bei den Versuchen in Luft. Da nun die Frequenz die gleiche ist, so muss die Wellenlänge kürzer werden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen in einer Materie ist von deren Dielektrizitätskonstante (D) abhängig, bei Wasser mit einer Diel. — Konst. von 81 ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit $\frac{1}{\sqrt{81}} = \frac{1}{9}$ von der in Luft, es entstehen daher auch Wellen von 28 cm anstatt solcher von 250 cm Länge.

Dipol in Wasser.

Wenn die Wellenlänge in Wasser nur noch $\frac{1}{9}$ der in Luft beträgt, so muss demnach die Länge eines abgestimmten Dipoles, der in Wasser betrieben wird, auch nur noch $\frac{1}{9}$ derjenigen Länge betragen, die der Dipol in Luft hat. Bei den oben beschriebenen Ausstrahlungsversuchen wurden Dipole von ungefähr 125 cm Länge verwendet. Es liegt nahe zu versuchen, ob ein 14 cm langer Dipol in Wasser in Resonanz gerät, wenn man ihn mit dem Sender koppelt. Zu diesem Versuch setzt man den Sender in Betrieb und ordnet neben den Schwingungskreisen das Becherglas mit Wasser an. Setzt man nun einen kurzen Dipol (15) an einem Faden oder einem Isoliergriff in das Wasser, so wird die im Dipol eingeschaltete Indikatorlampe unter Wasser hell aufglühen und damit die Richtigkeit der Annahme bestätigen.

Die grosse Anzahl der Erscheinungen im Kurzwellenbereich und eine Zahl bisher nicht gelöster Probleme weisen darauf hin, dass die Entwicklung auf diesem Gebiet noch nicht abgeschlossen ist, sondern dass vielmehr noch zahlreiche Funde zu erhoffen sind.

NEUERE ZUSAMMENFASSENDE ARBEITEN :

F. Vilbig, *Hochfrequenztechnik,* Ak. Verl. Ges. 1937.
H. E. Hollmann, *Ultrakurze Wellen,* Springer 1936.
L. Bergmann, *Versuche mit hochfr. Schwingungen,* Dümmler, 1932.
H. Rohmann, *Sammlung Göschen 752.*

Séance du 19 janvier 1939.

Présidence de M. le Dr O. Büchi.

Fr. Dessauer : Physikalisches Institut, *Röntgen, sein Leben und sein Werk.*

Voir: Schweiz. Vereinigung für Krebsforschung: *Gedenkschrift zur Erinnerung an die Entdeckung des Radiums und der Röntgenstrahlen.* Verlag: Buchdruckerei Henri Studer, Genf.

Séance du 2 février 1939.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

Jean Piller : *La colonisation intérieure*, avec projections.

Voir: J. Piller: La Colonisation intérieure, tirage à part du «Paysan fribourgeois» 1937/38.

Séance du 23 février 1939.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

L. Weber: Mineralogisches Institut: *Das wissenschaftliche Lebenswerk P. v. Groth's und die Gestaltung der neuzeitlichen Kristallographie.*

Während seiner 60-jährigen Forschungsarbeit erlebte Groth (1843-1927) eine grundlegende Umgestaltung der Mineralogie.

1. Das Erstlingswerk (*Tab. Übersicht der einfachen Mineralien ;* fünf Auflagen) geht vom Grundsatz aus, «dass an den Mineralkörpern das, was sie sind, d. h. ihre chemische Zusammensetzung, das Wesentliche ist und alle ihre Eigenschaften nur Funktionen dieser Zusammenzetzung». Die Hervorhebung chemisch-physikalischer Beziehungen und das Herausstellen der isomorphen Gruppen sind heute noch üblich, wie wohl die moderne Systematik immer mehr auf die Strukturforschung gegründet wird.

2. Grossen Ruhm erwarb Groth durch die beiden *Sammlungen*, die er anlegte (Strassburg) oder ausbaute (München). Die Regeln, denen er hierbei folgte, fanden weitherum Beachtung. Hier die erste! «Nicht alles aufstellen, sondern eine Auswahl der schönsten Schaustufen treffen und diese in einer Anordnung bieten, die sowohl für Fachleute als auch für weitere Kreise anregend und belehrend ist.»

3. Weltweite Ziele verfolgte Groth durch Gründung der *Zeitschrift für Kristallographie* (1877). Gleich zu Beginn sicherte er sich in den wichtigsten Forschungszentren aller Kulturländer einen hervorrragenden Mitarbeiterstab. Durch ständigen Beizug junger Gelehrter wusste er seiner Zeitschrift einen frischen, vorwärts drängenden Charakter zu geben, während er ihr mit jenen auserwählten Freunden, die ihm Jahrzehnte hindurch die Treue hielten, das hohe Ansehen schuf.

4. Die *Physik. Kristallographie*, ein fünfmal aufgelegtes Buch starker Eigenart, spiegelt trefflich das Werden der neuen Kristallographie und macht die Anregungen und Erkenntnisse, die Groth aus der Zeitschrift zog, zum Gemeingut ungezählter Physiker und Chemiker. Wie ein Triumph war es, als 1921 sämtliche Symmetrieklassen durch Beispiele belegt wurden.

5. Groths Lebenswerk ist die fünfbändige *Chemische Kristallographie*. Bereits 1876 angekündigt, verzögerte sich ob dem riesenhaft anwachsenden Stoff das Erscheinen um Jahrzehnte. Erst 1904 kann als schmales Bändchen die Einleitung heraus. 1906 folgte der erste und 1919 der fünfte Teil. Die Zielsetzung findet sich schon in Groths Habilitationsrede: « Zusammenhang der Kristallform und chem. Zusammensetzung ». Dass wirkliche Strukturen nicht kristallographisch, sondern rœntgenometrisch gefunden wurden, war die Tragik in Groths Leben.

Séance du 23 mars 1939.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

M. le Dr E. Schifferli, médecin: *La valeur de l'analyse d'alcool dans le sang au point de vue médico-légal.* (Résumé.)

On s'imagine parfois que l'analyse d'alcool dans le sang et dans les différents liquides du corps et des organes, est une des dernières nouveautés de la police scientifique. Une petite excursion historique nous montre le contraire. J'ai eu l'occasion d'étudier ces dernières années quelques centaines de publications se rapportant à ce sujet; et j'ai pu constater que les premiers essais d'une analyse d'un intérêt chimique ou médico-légal ont déjà été faits au XVIIIe siècle, mais c'est seulement au milieu du siècle dernier que des méthodes d'une valeur pratique ont été employées. Parmi

les plus anciennes, on peut mentionner celle de Béchamp qui en 1858 faisait le dosage en transformant l'alcool en acétate. De même des méthodes indirectes ont été employées, par exemple celle de Cotte qui en 1852 déjà, effectua pour l'analyse quantitative, la réduction du bichromate. Aujourd'hui encore, ce procédé est à la base de différentes méthodes modernes, particulièrement de celle dite de Nicloux. Viennent ensuite un grand nombre de travaux plus ou moins importants jusqu'à la fin du siècle, ce qui nous montre qu'autour de l'an 1900 ce sujet n'était plus inconnu.

L'alcool ingéré diffuse dans toutes les parties du corps et peut être retrouvé et analysé dans les différents liquides et organes. Déjà cette remarque nous indique qu'on peut y constater des taux très différents depuis le commencement de l'ingestion jusqu'à la fin de l'élimination, ce qui a déjà été démontré par les premières expériences de Gréhant.

Ceci nous fait apprécier l'importance du moment de prélèvement de l'échantillon.

On peut dire qu'en général la combustion de l'alcool est assez rapide, puisqu'en 12 h., près de 70% des quantités d'alcool ingérées sont détruites, et en 24 h. pratiquement tout l'alcool est éliminé.

Un schéma nous dit que d'une façon générale, une teneur d'alcool dans le sang de 1 à 2 pour mille correspond à une légère ébriété, de 2 à 3 pour mille à une ivresse relative et après ce taux à une ivresse manifeste et ainsi de suite. C'est une évaluation qui a sans doute une certaine valeur mais qui peut tromper celui qui ne prend pas en considération l'état de santé, l'état physique, la tolérance ou l'intolérance, et bien d'autres circonstances qui sont à envisager et qui peuvent fournir des causes d'erreur.

Avant de discuter la valeur du dosage d'alcool en général, j'ai donné un petit aperçu sur le principe et la technique des deux grandes méthodes: l'une française, celle de Gréhant, que le grand savant Nicloux a mise au point et publié en 1896 et l'autre scandinave et par adoption allemande: la méthode de Widmark de Lund.

La méthode la plus répandue dans les pays romands est celle, dite de Nicloux. Elle a très vite subi des modifications plus ou moins importantes.

La méthode microchimique de Widmark a été expliquée en détail par Widmark même dans son livre: « Die theoretischen Grundlagen und die praktische Verwendbarkeit der gerichtlich-medizinischen Alkoholbestimmung ».

Mais tous ces procédés ne sont pas spécifiques pour la détermination de l'alcool. Il existe dans le sang des corps, qui réduisent comme l'alcool le mélange d'acide sulfurique et de bichromate de potasse. Ceuxi-ci modifient naturellement les résultats de l'analyse, mais généralement d'une manière minime. On peut donc facilement, suivant le cas, en tenir compte dans l'explication médico-légale sans devoir procéder à l'élimination complète de ces substances, — ce qui donnerait lieu à des manipulations plus détaillées et pratiquement inutiles.

A titre complémentaire: il existe encore des méthodes physiques dont je cite le dosage interférométrique qui est souvent employé dans les instituts médico-légaux comme moyen de contrôle; et qui également n'est pas spécifique pour le dosage d'alcool.

Il y a plus de 80 ans — alors ce n'est pas nouveau — que les premières analyses d'une utilité pratique, qui ont signalé la présence de l'alcool dans l'urine, la salive, l'air expiratoire, ainsi que dans les différents organes du corps humain et animal ont été discutées. Les dernières publications allemandes et françaises sur la valeur de l'analyse d'alcool dans la salive en vue d'une appréciation médico-légale ne sont donc qu'une mise au point d'une méthode connue depuis trois quarts de siècle. Pour revenir à mon titre de « la valeur de l'analyse d'alcool dans le sang au point de vue médico-légal », il faut que je parle des fautes qui peuvent se produire soit lors de la récupération des substances à analyser, de l'analyse proprement dite, et de l'interprétation du résultat.

Si l'on veut que l'analyse ait une valeur certaine il faut, lors de la prise de sang, ne jamais employer une seringue ou une aiguille ou n'importe quel instrument qui a été en contact avec de l'alcool, de l'éther, du chloroforme, de la benzine ou une substance analogue. Des traces de ces substances aspirées avec le liquide prélevé peuvent influencer le résultat.

Un petit exemple: un gramme d'alcool concentré contient 65 gouttes de ce liquide. Une goutte pèse 15 milligrammes. Le millième de cette goutte (par exemple dans une aiguille ou dans une serin-

gue) pèse 0,015 milligrammes. Si cette trace est mélangée aux 10 ccm de sang aspirés dans la seringue on la retrouvera dans l'analyse, soit: 0,015 mgr dans 10 ccm. Puis on fait le calcul pour trouver la teneur d'alcool dans le litre. A cet effet, on multiplie le résultat par 100 et on obtient le chiffre étonnant de 1,5 p. mille d'alcool dans le sang.

Ne jamais désinfecter la peau avec de l'alcool ou une substance mentionnée ci-dessus, mais avec un liquide qui ne modifiera pas le résultat comme par exemple une solution de sublimé à 1 p. mille ou d'oxycyanate.

Faire la prise de sang en cas d'accident le plus vite possible après cet évènement. On trouvera par ce fait dans l'analyse un taux qui se rapprochera le plus du taux d'alcool dans le sang lors de l'accident ou du fait incriminé.

Faire la prise de sang si possible avec une vénule d'une grandeur suffisante et qui contient évent. un liquide empêchant la coagulation.

Eviter une transvasion de sang. Les tubes qui contiennent le liquide prélevé doivent être très bien fermés, car l'alcool s'évapore facilement.

Faire parvenir le plus vite possible l'échantillon au laboratoire d'analyse. Eviter le contact avec la formaline qui a un pouvoir réducteur considérable (Jungmichel).

Faire une anamnèse aussi complète que possible en ajoutant des observations cliniques concernant des symptômes éventuels d'ivresse et faire parvenir au laboratoire d'analyse ce rapport détaillé qui contient outre l'indication exacte du moment de la prise de sang, l'âge, le poids, la constitution corporelle, du sujet sur lequel a été pratiqué le prélèvement, des indications sur la qualité du pouls, la réaction pupillaire, les signes éventuels d'ataxie, le comportement de l'individu, ses facultés d'orientation dans l'espace et le temps. Noter également les signes d'une maladie, notamment: épilepsie, attaque cérébrale, diabète, psychose, surmenage; description des lésions provoquées par l'accident. D'autre part le laboratoire doit savoir si l'individu auquel on a fait la prise de sang était sous l'influence d'un narcotique. Constatations éventuelles faites sur l'odeur alcoolique de l'air expiratoire. Des indications, éventuellement des aveux sur l'ingestion d'alcool, son début

et sa fin, et une déclaration formelle que l'on n'a pas employé des instruments ou des moyens de désinfection ayant été en contact avec de l'alcool, de l'éther, etc... Le laboratoire, en possession de ces déclarations, aura déjà une garantie très grande. La valeur de l'analyse augmente par conséquent sensiblement. En présence de ces données le laboratoire peut choisir la méthode à appliquer, car il y a une différence entre l'analyse de sang frais et de sang en voie de putréfaction, ou putréfié, même le sang transvasé a pu subir des modifications. Vouloir envoyer au laboratoire de recherches un échantillon de sang avec l'unique demande d'en faire le dosage d'alcool et sans ajouter à cet envoi le rapport détaillé cité précédemment, ou sans indication s'il s'agit de sang frais ou de sang de cadavre, doit être considéré comme une faute grave qui peut détruire la valeur de l'analyse.

Les fautes qui peuvent être commises lors de l'analyse chimique dépendent de l'appareillage, de sa construction et précision et de l'exactitude du travail, notamment lors du dosage. Une technique rigoureuse dans l'analyse, un appareil monté avec soin, qui a fait ses preuves dans une grande série d'essais sont d'une valeur incontestée.

Nous constatons que le dosage d'alcool dans le sang dans un but médico-légal est beaucoup plus complexe qu'on ne le croit généralement dans le public et dans quelques milieux dont on devrait attendre une compréhension plus grande. Car, ce qui importe au point de vue médico-légal, c'est-à-dire, ce qui fait la valeur de l'analyse en entier, ce n'est pas uniquement le résultat en lui-même, exprimé en quantité d'alcool ingéré (par exemple 0,7 p. mille, 1,5 p. mille, etc.), mais plutôt la connaissance de l'influence de cette quantité d'alcool sur les réactions de l'individu envisagé.

Déjà au dernier siècle un grand nombre d'auteurs ont constaté la présence d'alcool dans le sang ou en général dans le corps humain sans qu'il y ait eu ingestion de ce liquide. Etait-ce uniquement des causes d'erreurs d'analyse ? Oui, en partie. Mais des recherches intensives pour élucider ces questions ont été reprises depuis lors et on a trouvé que le corps humain fabrique de petites quantités d'alcool, et que cette quantité augmente après les repas, qu'il y a d'autre part certaines substances qui peuvent, sans qu'elles se transforment en alcool, influencer dans une certaine mesure le

résultat de l'analyse. On note les narcotiques, des jus de fruit, de l'acétone chez les diabétiques, etc. Il existe sur ce sujet une grande série de publications, et il a été largement discuté au dernier congrès international de médecine légale et sociale à Bonn, sans qu'on puisse aujourd'hui être nettement fixé sur toutes ces questions. Ces constatations indiquent de nouveau d'une manière frappante combien il est nécessaire de faire une anamnèse aussi précise que possible et de la communiquer à l'institut et à ces personnes qui sont chargées de trouver la juste valeur médico-légale de l'analyse demandée.

Il me semble nécessaire de dire encore un mot sur la courbe d'alcool après ingestion de nourriture solide. Plusieurs auteurs, notamment Simonin, Kionka, Palmieri, Jungmichel et Widmark, ont étudié à fond cette question et ils ont trouvé dans ce cas une courbe moins prononcée. Ils expliquent ce phénomène par le fait qu'il se produirait un abaissement de la vitesse de résorption et de la quantité totale de l'alcool diffusé dans le sang et le corps. Dans ce cas il est quasi impossible de calculer la quantité d'alcool ingérée. La méconnaissance de ce fait pourrait diminuer la valeur de l'analyse.

Avant de terminer ce petit exposé, je tiens à toucher encore un sujet qui présente peut-être plus d'intérêt au point de vue biologique que médico-légal. Mais dans certains cas sa valeur ne saurait être sous-estimée. Je veux dire encore quelques mots sur la néoformation d'alcool, non pas dans le corps humain vivant — ce phénomène est connu, comme nous le savons, depuis plus de 80 ans — mais dans le cadavre ou dans le sang en voie de putréfaction (peut-être gardé dans les laboratoires en vue d'une analyse d'alcool).

Nous savons que l'alcool peut se produire dans la nature par décomposition des albumines (par exemple dans le corps humain), par décomposition de substances organiques par des bactéries qui donnent naissance à des amines et amides et qui par cette voie peuvent fournir de l'alcool, et d'autre part par la fermentation des acides aminés (Aminosäure-gärung).

Dans l'espace de 1-4 jours après la mort, on doit compter avec des substances qui réagissent comme l'alcool sur le mélange sulfochronique. Par ce fait les anciennes méthodes d'analyse, utilisées pour le sang et les tissus frais, ne sont plus applicables dès qu'il s'agit de sang ou d'autres substances putréfiées ou en voie de putré-

faction. Il faut alors avoir recours à des procédés plus détaillés et plus compliqués. Avec ces anciennes méthodes tous les auteurs ont trouvé des chiffres beaucoup trop élevés calculés en alcool, mais, « les premiers stades de la putréfaction s'accompagnent », d'après Nicloux, « d'une production non négligeable d'alcool, de l'ordre du millième ». Ce savant, ainsi que mon maître Kohn-Abrest du laboratoire de toxicologie de la préfecture de police de Paris ont réussi à mettre au point des méthodes par lesquelles on peut éliminer les facteurs nuisibles, et à doser uniquement la teneur en alcool.

Par de pareils procédés, Mc Nally et Embree (1928), Getler (1929), Widmark (1930), Sjövall (1931), Palmiéri (1931), Yoshimoto (1931), Böhmer (1936) et d'autres ont effectivement constaté un accroissement d'alcool éthylique (mélangé, comme l'a démontré Nicloux, a un faible taux d'alcool bytilique) dès le commencement de la putréfaction du corps humain ou de l'échantillon de sang prélevé.

Comme l'expliqua Nicloux, il y a environ 4 ans, lors d'une assemblée de la Société de chimie biologique de France, (voir *Bulletin* 1935, p. 1641), cette production d'alcool croît avec le temps en passant par un maximum. La quantité ainsi produite serait, après une putréfaction relativement peu avancée, voisine du millième, ce qui est au point de vue biologique, assez remarquable.

J'ai eu l'occasion de discuter personnellement de cette question, qui m'a frappé au premier abord, avec le prof. Nicloux. Mais loin de moi de douter de la rigueur scientifique de ce grand savant. Ses recherches ont été reprises très soigneusement par plusieurs médecin-légistes, notamment par Palmieri de Bari qui en a référé au dernier congrès de Bonn. Les analyses de Nicloux, Le Breton et Dontcheff de 1934 ont été entièrement approuvées.

Palmiéri a d'autre part constaté, comme le faisait déjà Nicloux, que la quantité d'alcool néoformé s'accroît énormément (jusqu'à 1 p. mille) avec l'augmentation de la température. La néoformation ne se fait pas à l'infini. Elle monte jusqu'à un certain niveau pour descendre relativement vite. Au point de vue médico-légal ce phénomène est à peu près négligeable. Retenons uniquement que la putréfaction peut déterminer:

1° la formation de produits réducteurs autre que l'alcool (constaté par tous);

2° la disparition progressive de l'alcool qui pouvait exister dans le sang (Nicloux, Mc Nally, Wagner, Widmark et d'autres):

3° la néoformation de l'alcool (les auteurs cités ci-devant, Dérobert, Hausser et d'autres).

Ces transformations se produisent d'une manière variable. Elles sont largement influencées par la température du milieu ambiant (Palmiéri, Nicloux).

Néanmoins dans certains cas le médecin-légiste doit en tenir compte dans l'appréciation des résultats d'une analyse, notamment quand il s'agit d'un taux voisin ou inférieur à 1 p. mille. Car, même pour les doses inférieures ou voisines de 1 pour mille dans le sang frais, les résultats du dosage sont souvent insuffisants pour permettre d'en tirer des conclusions médico-légales, parce qu'il y a trop de petits facteurs qui peuvent entrer en question et modifier le résultat, tandis que pour les taux élevés ces petits facteurs jouent un rôle minime. Il faut toujours tenir compte de l'état du sujet et de toutes les circonstances, qui dans chaque cas particulier sont à envisager et surtout aussi du procédé employé pour le dosage. Une schématisation est absolument contre-indiquée et nuisible.

Résumé. Le dosage d'alcool dans le sang et dans les différents organes et liquides du corps, a certainement une valeur énorme pour prouver l'état d'ébriété d'un individu, et aussi pour prouver le contraire.

Seulement cette valeur dépend des précautions avec lesquelles le prélèvement de sang a été effectué, du travail fait au laboratoire d'analyse et spécialement de l'explication médico-légale des résultats trouvés dans le dosage. Au dernier congrès international de médecine légale, on a exigé que pour une bonne appréciation du cas, ces explications soient données par un médecin entièrement au courant de ces questions.

Pour pouvoir discuter d'une analyse d'alcool devant un tribunal, il ne suffit pas d'avoir lu et mécompris un ou deux résumés d'une publication sur ce sujet, mais il faut connaître à fond la question; il faut connaître la littérature, les différentes méthodes, les causes d'erreur et il faut savoir expliquer le résultat trouvé. Ce n'est, d'après mon avis, pas seulement l'Etat qui a un intérêt

fondamental à ce que ces analyses soient faites et expliquées proprement, mais aussi celui qui doit en supporter les conséquences, c'est-à-dire celui, sur lequel on a fait la prise de sang, ou en cas de mort, ses héritiers éventuels, de même tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, sont impliqués dans l'affaire et qui demandent une solution conforme à la vérité.

Médecin et laboratoire sont responsables des fautes qu'ils commettent dans l'exécution de leur travail. Reste encore à apprécier très brièvement la partie plutôt juridique du problème. D'après la loi fédérale sur la circulation des véhicules automobiles et cycles, le permis de conduire « doit être retiré pour un mois au moins lorsque le titulaire a conduit le véhicule étant pris de boisson, et pour un an au moins si, dans cet état il a causé un accident de quelque gravité » (art. 13, al. 2, dernière disposition). « Les conducteurs des voitures automobiles servant au transport professionnel de personnes doivent s'abstenir de consommer des boissons alcooliques pendant les heures de travail et de présence » (art. 57).

Il est d'autre part, d'après les lois suisses, impossible de forcer quelqu'un à se faire faire une prise de sang en vue d'un dosage d'alcool.

Cette prise de sang n'étant pas obligatoire, il est d'un grand intérêt de faire, de toute façon, un rapport aussi complet que possible sur l'individu incriminé et de mener une enquête serrée sur la consommation d'alcool qu'il a pu faire.

Le refus d'une prise de sang doit carrément être considéré comme aggravant. Ce refus n'est généralement pas motivé par la remarque que la prise serait « une atteinte à l'intégrité corporelle », mais il se base essentiellement sur l'espoir de pouvoir s'en tirer à meilleur compte devant le tribunal.

Circuler en état d'ébriété et provoquer un accident ne diminuent pas la responsabilité, bien au contraire. On devrait même être plus sévère, non seulement en ce qui concerne la prononciation des peines, mais également en ce qui concerne le retrait des permis de conduire surtout pour les récidivistes.

Aussi dans ce but le dosage d'alcool a une valeur certaine. Seulement on devrait étendre ces analyses sur tous les cas d'accidents dans lesquels l'alcool pourrait jouer un rôle.

Séance du 11 mai 1939.

Présidence de M. le prof. P. Girardin.

Fr. Streicher : *Der Marko Polo-Mythus.*

Die Marko Polo-Forschung schlich jahrhundertelang wie ein matter Wasserlauf dahin, ohne zu versiegen, aber auch ohne an Fülle merklich zuzunehmen, bis sie schliesslich im stehenden Gewässer der Tradition mündete. Marko ward zum Symbol, und seine Reiseerinnerungen verdichteten sich zu einem Mythus, um dessen Schönheit willen es die Forschung nie ernstlich gewagt hat, zum historischen Marko und zur « vera parola » seines Werkes vorzudringen.

Trotz der verdienstvollen Arbeiten Baldelli Bonis, Bartolis, Pauthiers, Yules, Benedettos, Moules und Pelliots, um nur einige der bedeutendsten Poloforscher zu nennen, hielt man an zwei Axiomen zäh fest 1. dass die « Descriptio mundi » (D. m.) ursprünglich französisch geschrieben war und 2. dass sie den Niederschlag persönlicher Reiseerlebnisse bildet.

I. *Der literarische Mythus.*

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die rein philologische Behandlung der Polofrage bisher eine zu grosse Rolle gespielt hat. Man ging von der falschen Voraussetzung aus, als könne und müsse die Rekonstruktion des ursprünglichen Polotextes nach denselben textkritischen Methoden erfolgen, wie das bei klassischen Texten der Fall ist, hat aber übersehen, dass es sich bei der D. m. nicht um einen antiken, sondern um einen mittelalterlichen Text handelt, der sich unter den Händen mittelalterlicher, vielfach rein mechanisch arbeitender Kopisten die willkürlichsten Veränderungen gefallen lassen musste, wie Auslassung ganzer Kapitel, Kürzungen, Zusätze, Umstellungen, selbständige Stilisierungen usw. Kein Wunder, dass von 120 Polo-Handschriften keine zwei den nämlichen Text bieten.

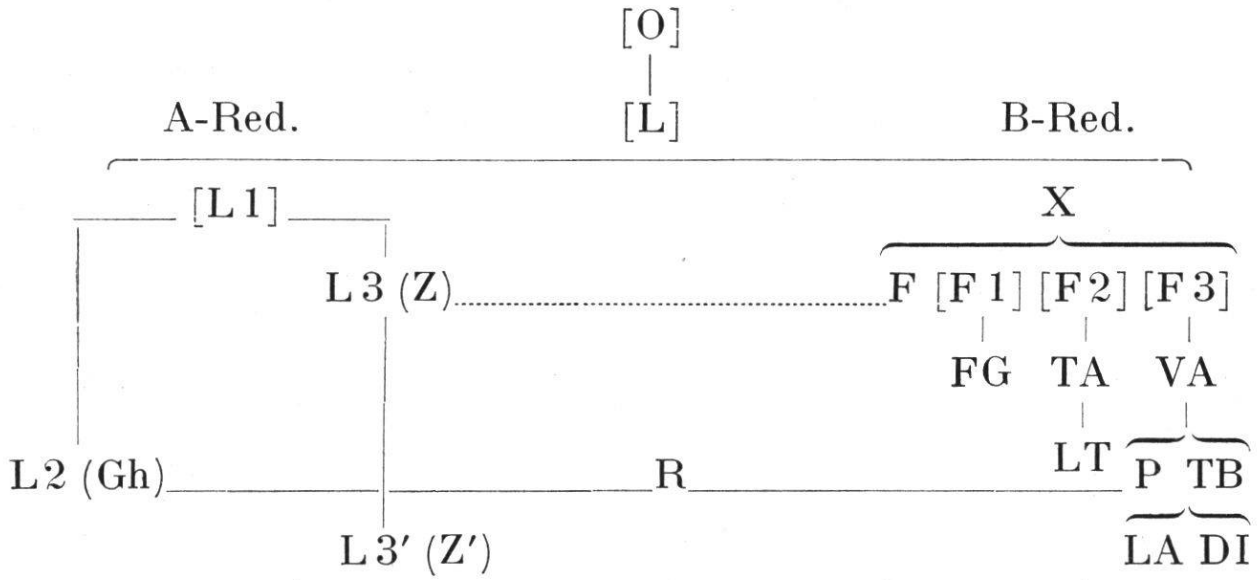
Die D. m. trägt keinen einheitlichen Titel. In England und Deutschland kennt man sie als « Reisen des Marko Polo », in Italien als « Il Milione »; in früheren lateinischen Handschriften und Drucken begegnet man häufig dem Titel « Mirabilia mundi ». Alle

diese Bezeichnungen sind ungenau und irreführend. Die ältesten Hss. bieten viel bezeichnendere und der Wahrheit entsprechendere Titel, wie: « Descriptio mundi » oder « De diversis hominum generibus et diversitatibus regionum mundanarum »; wieder andere « De consuetudinibus orientalium regionum » oder « Narratio morum et operationum et rituum diversarum gentium habitantium in diversis provinciis ad orientalem plagam nec non ad septentrionalem, meridionalem plagas constitutis ». Der Cod. Ottobon. lat. 2207 der Vat. Bibl. beginnt mit: « Icy commance le livre des provinses et des encontrees qui sont soubz la seignourie du grant empereur del Cathey, le quel a la seignourie de Cambalech et seigneur des tartarine... » Für die kritische Beurteilung des D. m. sind diese ältesten Titel von ausschlaggebender Bedeutung.

Das Werk verdankt bekanntlich seine Entstehung der unfreiwilligen Musse Markos im Gefängnis zu Genua. « Nolens vacare otio visum fuit sibi (i.e.Marco) ad consolationem legentium, ut praedictum librum compilare deberet » sagt die Hs. Z. Wird es heute möglich sein, nach dem Bekanntsein von 150 Hss., etwas Entscheidendes über den in Genua entstandenen Urtext zu sagen? Die Prachtausgabe Benedettos (1928) mit der umfangreichen textgeschichtlichen Einleitung und dem mustergiltigen kritischen Apparat hat ohne Zweifel alle früheren Ausgaben weit überholt; auch die neueste englische Ausgabe von Moule und Pelliot stützt sich in allen grundlegenden Fragen auf Benedetto. Im Gegensatz zu den bisherigen Poloausgaben, die in der Regel *eine* Handschrift zu Grunde legten, versucht diese englische Ausgabe den in den wichtigsten Hss. kristallisierten Text möglichst vollständig zu erfassen, in der Voraussetzung, damit dem Urtext der D. m. am nächsten zu kommen. Da erhebt sich aber die textkritisch wichtige Frage: Welche der erhaltenen Hss. steht dem verlorenen Urtext am nächsten? Der im Jahre 1559 erschienene Druck Ramusios bei Giunti in Venedig und die vor einigen Jahren entdeckte Zelada-Hs. bieten m. E. den Schlüssel zur Lösung dieser verwickelten Textfrage.

In Ramusios Poloausgabe finden sich zunächst einmal eine Reihe von Tatsachen und Berichten, die bisher völlig unbekannt waren und in keiner der älteren Hss. erwähnt sind. Bis in die neueste Zeit betrachtete man daher diese Zusätze als Einschiebsel und

Erfindungen Ramusios, obwohl dieser in einer umfangreichen Einleitung über Entstehung und Quellen seiner Poloausgabe ausführlich Rechenschaft abgelegt hat. Aus dieser Einleitung weiss man, dass Ramusio neben der weit verbreiteten, ebenfalls im Druck erschienenen lateinischen Hs. Pipinos von Bologna O. Pr. noch einen alten Codex benutzt hat, von dem er sagt, es sei eine Hs. «scritta la prima volta latinamente di maravigliosa antichità e forse copiata dallo originale di mano di esso messer Marco ». Weiter versichert Ramusio, er habe diese Hs. nicht bloss gesehen, sondern für seinen Druck oft zu Rate gezogen. Diese Hs. gehörte einem venetianischen Patrizier, namens Ghisi und figuriert in der Forschung als Ghisi-Hs. (Gh). Trotzdem misstraute man der Zuverlässigkeit Ramusios, bis im Jahre 1932 eine weitere lateinische Hs. in der Kapitelsbibliothek zu Toledo von Sir Percival David entdeckt wurde, die in vielen Partien mit dem bisher mit Misstrauen betrachteten Text Ramusios übereinstimmt und damit dessen Glaubwürdigkeit rechtfertigt. Diese Toletaner Hs. gehörte dem Kardinal Zelada und heisst in Fachkreisen einfach Zelada-Hs. oder Hs. Z. Eine getreue Kopie derselben hatte übrigens Benedetto schon einige Jahre zuvor in der Ambrosiana gefunden.



Auf Benedetto und v. Tscharner fussend wird hier tastend der Versuch gewagt die Priorität einer lateinischen Polo-Urschrift zu beweisen, ausgehend von zwei Bemerkungen Ramusios : 1. « Detto libro fù dato fuori la prima volta da messer Marco in Latino » und 2.: « Havendo trovato due proemii avanti questo libro, che furono gia composti in lingua Latina, l'uno per quel

gentil'huomo di Genova, molto amico del predetto messer Marco e che l'aiutò a scrivere e comporre latinamente il viaggio mentre era in prigione e l'altro per un frate Francesco Pipino Bolognese dell'ordine dei Predicatori » (fol. 8r). Aus diesen beiden Stellen bei Ramusio ergibt sich folgendes:

1. Der Urtext der D. m. wurde erstmals lateinisch geschrieben.

2. Die Abfassung der D. m. erfolgte im Gefängnis zu Genua.

3. Der Schreiber und Gehilfe bei Abfassung des Buches war ein « gentil'huomo di Genova ». Von Rusticiano von Pisa spricht Ramusio hier nicht.

Dass sich in Ramusios Poloausgabe einige Stellen finden, für die er allein Gewährsmann ist, also Stellen, die weder in den Hss. der F-Gruppe noch in der Zelada-Hs. vorkommen, berechtigt noch keineswegs zu dem Schluss, dass es sich hier um Interpolationen handelt. Das Plus an Stellen verdankt Ramusio zweifellos der Ghisi-Hs. L 2.

Wie R. nimmt auch L 3 (Z) im Stammbaum eine Mittelstellung ein. Sie gehört im ersten Drittel der A-Redaktion an, gravitiert aber in den beiden letzten Dritteln stark nach der F-Gruppe der B-Redaktion. Die Nähte sind noch deutlich erkennbar: das schlechte, zum Teil barbarische Latein des ersten Drittels übernahm L 3 offenbar von ihrer Vorlage L 1, während die Anleihen von der F-Gruppe aus dem Französischen ins Lateinische übersetzt werden mussten; dieses Latein kann im allgemeinen korrekt genannt werden. Trotz der starken Kürzungen und der vielen Mängel, die der Hs. L 3 anhaften, ist es doch sie, die zur Lösung des literarischen Polo-Problems entscheidend beiträgt. Man hat 200 Stellen gezählt, die in den Hss. der F-Gruppe vollständig fehlen, während $^3/_5$ derselben sich bei Ramusio finden, offenbar durch Herübernahme aus der Ghisi-Hs. L 2. Am Überraschendsten aber ist die Tatsache, dass sich in L 3 ein paar Stellen finden, die bisher in keiner einzigen Hs. angetroffen wurden. Ich nenne nur das umfangreiche Schlusskapitel über Russland mit der dort herrschenden Kälte und das Kapitel über die Provinz Viguristan mit der religionsgeschichtlich interessanten Stelle: « Regem vero quem primitus habuerunt, dicunt non ex humana natura originem assumpsisse, sed ex quodam tubere, quod ex humore arborum con-

creatur, quod quidem apud nos dici (sic) esca, exortum fuisse et ab illo omnes alii descenderunt ». (Professor Öhl äusserte in der Diskussion die interessante Vermutung, dass es sich in dieser Stelle um eine Parallele mit dem nordischen Schöpfungsbericht von Askr und Embla handelt.)

Die Tatsache, dass die beiden genannten Kapitel keine freie Erfindung des Verfassers der Hs. L 3 sein können, ferner die Tatsache, dass Ramusio und damit auch L 2 die beiden Stellen nicht kennen, führt zu dem Schluss, dass eine lateinische Hs. L 1 supponiert werden muss, die letztlich auf die lateinische, im Gefängnis von Genua entstandene Urschrift L zurückgeht, das Original Marko Polos.

Mit einigem Vorbehalt kann man sogar auf die dem Original zugrunde liegenden Vorlagen schliessen. Ramusio berichtet nämlich in der genannten Einleitung von persönlichen « scritture e memoriali che havea portati seco », die er von Venedig ins Gefängnis nach Genua zur Unterstützung seines Gedächtnisses bei Abfassung der D. m. kommen liess. Diese waren weder lateinisch noch französisch geschrieben, sondern in Markos Muttersprache (vielleicht auch mongolisch). Es handelt sich hier wohl um ein buntes Gemisch von Nachrichten über das Tatarenreich, über China und Indien, die Marko in der Zeit seines Aufenthaltes im Orient gesammelt hat. Es war zum wenigsten Selbsterlebtes, was Marko hier zu Papier gebracht, sondern vor allem Nachrichten geographischer, geschichtlicher und ethnographischer Natur über den fernen Osten, auch auf Grund schriftlichen Materials.

Einen Fingerzeig nach dieser Richtung gibt uns vielleicht jenes nur fragmentarisch erhaltene «Book of Lismore», in welchem der Schreiber den interessanten Vermerk macht, dass Markos D. m. die Übersetzung eines tatarischen Werkes sei, was natürlich nicht wörtlich zu nehmen ist, sondern nur in dem Sinn, dass Marko aus tatarischen Quellen, zum Teil in wörtlicher Übertragung seiner Vorlagen, geschöpft hat. Dass dem Venetianer bei der Ausbeute orientalischer Quellen neben vielem Wahren auch Legendäres und Mythologisches unterlaufen ist, darf bei einem Schriftsteller des XIII. Jahrhunderts nicht wunder nehmen. Marko Polo, dieser Herodot des Mittelalters, befragte, wie einst der Vater der Geschichte aus Halikarnass, nicht bloss ortskundige Personen, sonder zog sicher

auch schriftliches Material heran. Ohne dieses sind seine genauen Schilderungen über Kambaluk, Quinsay und Zaiton, vor allem aber die umfangreichen historischen Schlachtenberichte am Schluss des Werkes undenkbar. Diese Originalnotizen, die keinen tagebuchartigen Charakter trugen, dienten nach dem Zeugnis Ramusios dem Marco, mit Hilfe jenes « gentil'huomo di Genova », zu seinem ersten lateinischen Wurf der D. m. im Jahre 1298. So bildete m. E. das verlorene O. die unmittelbare Vorlage für L und damit für die lateinische A-Redaktion, die als kraftloser Ast in den Hss. L 1 L 2 und L 3 weiterlebte.

Der entscheidende Augenblick für die D. m. war ihre Übersetzung ins Altfranzösische durch den Pisaner Rusticiano, einen um jene Zeit bekannten und viel gelesenen Romanschriftsteller, der dem reizenden orientalischen Stoff in dem bisherigen schmucklosen lateinischen Gewand eine ansprechende literarische Form verlieh, was nicht wenig zu der raschen Verbreitung der B-Redaktion in Frankreich und in Italien beigetragen hat. Diese Übertragung des lateinischen Textes von L ins Französische erfolgte aber m. E. erst nach Markos Entlassung aus der Haft und nach 1298.

II. *Der geographische Mythus.*

Wer heute von Marko Polo sprechen hört, denkt an den grossen mittelalterlichen Orientreisenden, der die ganze alte Welt bis an die Grenzen der Ökumene durchwandert hat, vieler Herren Länder und Städte gesehen und auf dem Seeweg über Indien nach Venedig zurückgekehrt ist. Es ist begreiflich, dass einem Mann vom Schlage Rusticianos die trockenen, topographischen Schilderungen Markos nicht genügen konnten. Die Statik des Tatsächlichen musste ersetzt werden durch die Dynamik des persönlichen Erlebnisses. So wurde aus dem nüchtern berichtenden Marko Polo der A-Redaktion der « Landfahrer » der B-Redaktion, der den Grossteil aller Provinzen und Städte, über die er berichtet, persönlich gesehen haben musste. So ergab sich wie von selbst das Bedürfnis nach einem Itinerar. Da die A-Redaktion ein solches nicht bot, wurde ein Pseudo-Itinerar an den Anfang des Werkes gesetzt, das berühmte Kapital 1. Dessen historischen Gehalt zu retten, ist ein völlig aussichtsloses Beginnen, zumal es nicht mehr bietet, als

was aus dem Texte der D. m. erschlossen werden kann. Greifen wir nur den Schluss des stümperhaften Machwerkes heraus, das den Leser anmutet wie ein Märchen aus Tausend und einer Nacht.: Eine chinesische Prinzessin auf der Fahrt zu ihrem Bräutigam in fernen Landen, unter dem Schutz der drei Venetianer. Zuerst der verunglückte Weg zu Land ohne Marko. Daher Rückkehr nach China. Da erscheint Marko wie ein Deus ex machina von einer glücklich überstandenen Seereise. Man wählt daher den weit unsichereren Weg zur See nach Persien, mit Marko als Cicerone, der den Weg sowenig kennt, wie die andern. Die Fahrt erfolgt durch die indische Inselwelt über Indien auf einem völlig unmotivierten Umweg über Ostafrika nach Persien. Der Bräutigam ist inzwischen gestorben und so wird die Prinzessin die Gemahlin seines Nachfolgers. Diese ganze Seereise ist eine glatte Erfindung, um die Rückkehr der Poli zur See glaubhaft zu machen und, weil es galt dem Leser Interessantes und vor allem Neues aus dem Märchenlande Indien zu erzählen. So wurde Marko der grosse « Traveller », der nicht bloss Armenien, Persien, die Dsungarei, China und Indien bereist hat, sondern auch im Goldland Cipangu gewesen sein musste, das er so begeistert zu schildern verstand. Noch mehr. In all den östlichen Ländern lebte Marko nicht bloss als stummer Beobachter, sondern aktiv handelnd, vor allem am Hofe des Grosskans, dessen besondere Gunst er erlangt hatte und in dessen Dienst er drei Jahre lang als Statthalter der chinesischen Stadt Jan-gui (Yangtschou) tätig war.

Aber all dem war nicht so. Schon die bisherige Forschung hat erkannt, dass Marko nicht alle Städte (z. B. Samarkand und Kaschmir) und Länder (z. B. Cipangu) gesehen hat. Ich gehe aber noch weiter und behaupte: die Poli sind überhaupt nicht im fernen Osten gewesen, vor allem nicht in China. Wären sie bis dahin vorgedrungen, hätten sie, dem Weg der alten Seidenstrasse folgend, wiederholt die berühmte chinesische Mauer queren müssen. Für jeden Chinareisenden ist diese Mauer, auch heute noch, das grosse Ereignis. Nirgends spricht Marko von diesem Monumentalwerk menschlicher Arbeitsleistung, wo er doch sonst bemüht ist, von allem Interessanten bis in die unscheinbarsten Details zu berichten. Noch mehr. Auch vom chinesischen Thee weiss Marko, der für Handel und Handelsartikel Interessierte, nichts zu erzählen, auch nichts von der

chinesischen Schrift, nichts vom Krüppelfuss der chinessischen Frau, auch nichts vom chinesischen Buchdruck und vielem andern. Nur vom chinesischen Papiergeld und von der Steinkohle hat er gehört, wahrscheinlich auf Märkten und in den Karawansereien aus dem Munde chinesischer Kaufleute, die vielleicht bis in die Dsungarei oder noch etwas weiter nach Westen gekommen waren. Gewiss, auf das argumentum ex silentio lassen sich keine Häuser bauen; aber im Rahmen einer Gesamtbeweisführung entbehrt es nicht der Beweiskraft.

Wenn nun aber die Poli nicht in China waren, woher hatten sie dann alle die vielen geographischen und topographischen Nachrichten über das Tatarenreich und über China ? Dafür gibt es eine Quelle, die bisher völlig übersehen worden ist, eine Quelle von geradezu ausschlaggebender Bedeutung: das kartographische Material, dessen sich Marko sowohl auf den Reisen wie bei der Kompilation seines Buches bedient hat. Ramusio berichtet nämlich von einer « bellissima e molto vecchia carta marina e da un mapamondo che gia furono portati dal Cataio per il magnifico messer Marco Polo e suo padre, il quale cosi come andava per le provincie di ordine del gran Can, così aggiungeva e notava sopra le sue carte le città e luoghi ch'egli ritrovava ». Es handelt sich demnach um zwei Karten, die den Poli zur Verfügung standen 1. eine mapa mundi d. h. eine Weltkarte, näherhin eine topographische Aufnahme des Tatarenreiches, vor allem Chinas, mit all den Provinzen und Städten, mit Angabe der Distanzen in Tagen. Inwieweit eine chinesische Reichskarte dieser mapa mundi zugrunde lag, bedürfte noch einer eingehenden Untersuchung. 2. Eine carta marina oder Seekarte, die nur arabischen Ursprungs sein konnte, was sich klar aus der Textstelle ergibt: « Item *supra* dictum flumen est quaedam civitas nomine Bascra (Basra) ».

Wenn es wirklich wahr ist, was Ramusio hierüber berichtet, dass sich Marko der genannten Karten in der Weise bediente, dass er darauf « le città e luoghi ch'egli ritrovava » vermerkte (notava), so können wir uns die Entstehung der D. m. folgendermassen erklären: Marko hat sich an Hand der beiden Karten daran gemacht, seinen Lesern in der Weise einen Begriff von Land und Leuten des fernen Ostens zu geben, dass er Land für Land, Stadt für Stadt, wie die Karten sie boten, beschrieb. Dabei spielten natürlich jene

persönlichen Notizen Markos, von denen Ramusio spricht, eine grosse Rolle. Bei diesen handelt es sich, wie bereits erwähnt, teils um selbst Erlebtes und Beobachtetes, teils um Erlauschtes und Erfragtes, das sich Marko zum grossen Teil auch auf den Karten vermerkt hatte. All diese Notizen brachte er jetzt bei Abfassung seines Werkes zum Reden, wobei er eine gewisse kartographische Ordnung einzuhalten bestrebt war. Er ging von den Ländern Vorderasiens aus und näherte sich, nach manchen Exkursen nord- und südwärts, den Ländern des Ostens. Umgekehrt wählte er dann auf dem Rückweg nicht mehr die Route zu Land, sondern, an Hand einer arabischen carta marina den Seeweg über Indien, um die Mirabilia des Märchenlandes Indien dem Lesepublikum bieten zu können.

Allen und gerade den hervorragendsten Poloforschern ist es immer wieder aufgefallen, welche Widersprüche, welche historische u. chronologische Unrichtigkeiten ja Falschberichte die « Descriptio mundi » aufweist. Yule sagt in der Einleitung zu seinem « Book of Ser Marco Polo » gerade heraus, es sei ein Buch voller « puzzles » und an einer andern Stelle: « I have so much faith in Marco's veracity » und R. Hennig (im 3. Band seiner Terrae incognitae) klagt resigniert: « Polos Reisewerk lässt so manche Wünsche unerfüllt ». Streicht man herzhaft die China- und Indienreise aus dem Leben Markos und betrachtet man sein Werk als einen tatarischen Bädecker des Mittelalters, so ist der Zauber des Marko Polo-Myhtus gebannt.

Séance du 25 mai 1939.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

R. de Girard : *Recherches expérimentales sur les origines de la tectonique terrestre.*

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Excursion annuelle,

samedi 10 juin 1939.

La Société fribourgeoise des sciences naturelles est invitée par la Société neuchâteloise des sciences naturelles à une excursion et séance communes, consacrées à l'étude des oiseaux du Grand Marais, auxquelles participera également la Société vaudoise des sciences naturelles.

13 h. 45 Départ de Fribourg par le train.
14 h. 39 Arrivée à Estavayer.
15 h. Départ d'Estavayer en bateau à vapeur.
15 h. 15 Sur le bateau, salon de 1re classe, conférence de M. Ch. Cornaz : *Les Oiseaux du Grand Marais*, avec films cinématographiques. Cette conférence sera suivie d'un exposé topographique de la réserve du Seeland lorsque le bateau sera au large de celle-ci.
18 h. Rentrée à Estavayer.
18 h. 30 Souper en commun à l'Hôtel de la Fleur de Lys à Estavayer.
20 h. 45 Départ d'Estavayer.
21 h. 50 Arrivée à Fribourg.