

Teil, ebenfalls hauptsächlich auf den eigenen, umfangreichen und ungemein gründlichen Untersuchungen des Verfassers auf. Die Akkomodation erfolgt bei Fischen und Amphibien ähnlich, wie die Einstellung unserer photographischen Kammern durch Vor- oder Rückwärtsverschiebung der in ihrer Form unveränderlichen Linse. Bei den Fischen wird sie durch Muskelzug der Netzhaut genähert, wodurch das im Ruhezustande für die Nähe eingestellte Fischauge sich für die Ferne akkomodiert; umgekehrt wirkt die Akkomodationsmuskulatur im Amphibiensauge.

Bei Reptilien, Vögeln und Säugetieren besteht der Einstellungsvorgang in einer Formänderung der weichen, elastischen Linse, welche durch stärkere Wölbung eine höhere Brechkraft gewinnt und damit das Auge auf nähere Gegenstände einstellt. Diese Formänderung kommt nun im Auge der Reptilien und Vögel durch Druck der Binnemuskulatur auf die Linse zustande, während im Säugetierauge dieser Vorgang sich wesentlich verwickelter gestaltet, da hier neben Muskelkräften auch elastische Zugkräfte eine Rolle spielen.

Die Wirbellosen, mit Ausnahme der Zephalopoden, sind in dieser Hinsicht noch sehr wenig untersucht.

A. Pichler.

Bericht über die im Winter 1915/16 gehaltenen Museumsvorträge.

Die im ersten Kriegswinter (1914/15) unterbliebenen Museumsvorträge konnten im November 1915 wieder aufgenommen und regelmäßig, wenn auch nicht allwöchentlich, im Vortragssaale des Museums vor stets sehr zahlreicher Hörerschaft abgehalten werden.

Es sprach am 12. November 1915 Medizinalrat Josef Gruber „**über die Veränderungen im Laufe des Isonzo in historischer Zeit**“.

Der Isonzo gehört zu den wenigen Flüssen, von denen in historischer Zeit vor sich gegangene, sehr bedeutende Änderungen des Umfanges und des Verlaufes seines Flußgebietes sicher bekannt sind. Sie wurden zuerst vor etwa vierzig Jahren durch v. Czörnig eingehend untersucht. Heute entspringt der Isonzo im Hochgebirgstale der Trenta zwischen Triglav und Mangart in den Julischen Alpen. Schon in seinem Oberlaufe tritt auffällig die starke Erosionskraft in Erscheinung, mit der er sich tief und scharfrandig in das kalkfelsige Ufer sein Bett bahnt. Im Verlaufe des Isonzo sind die scharfen Kehren auffallend, in denen er wiederholt aus Südwestrichtung seines Verlaufes in Südostrichtung übergeht. Außer zahlreichen, zeitweise wasserreichen und geröllführenden Gebirgsbächen sind seine bedeutendsten linksseitigen Zuflüsse die Idria und die Wippach, während er rechtsseits unter Gradiska das ausgedehnte Flußsystem des Torre-Natisone aufnimmt, bald danach delta-

bildend wird und östlich von Aquileja als Slobba eine kurze Strecke schiffbar in das Adriatische Meer mündet. Der Isonzo (Sontius) der Römerzeit war ganz anders beschaffen. Er war ein wesentlich unbedeutenderer Fluß, denn es fehlte ihm der ganze Oberlauf bis Karfreit. Der jetzige Oberlauf gehörte damals dem Flußsystem des Natisono an, welcher, vereint mit dem Torre, als selbständiger Fluß bei Aquileja in das Meer floß. Der antike Isonzo begann im wesentlichen mit den Idriagewässern und einigen nordwestlichen Zuflüßbächen und endete gemeinsam mit der Wippach in einen zwischen Görz und Gradiska gelegenen See. Der Abfluß dieses Sees verlief nach Art so vieler Karstgewässer unterirdisch und trat erst wenige Kilometer ob Duino als breiter, schiffbarer Timavus (heute Timao) wieder hervor, um nach kurzem Laufe in das Meer zu münden. Ein im Jahre 585 nach Christo bei Karfreit eintretender Bergsturz verlegte die Verbindung des (heutigen) oberen Isonzobereiches mit dem Natisono und ließ einen Stausee entstehen; dieser bahnte sich südöstlich einen Abfluß, welcher die Vereinigung mit dem damaligen Isonzo-Oberlaufe fand. Damit veränderte sich die Grundlage des ganzen Flußsystems. Dem früher aus Mittelgebirge ruhig fließenden Isonzo wuchsen die mächtigen, geröllführenden und reißen den Hochgebirgsbäche zu und führten so reichliches Schottermaterial mit, daß durch dieses der unterirdische Abfluß des erwähnten Sees allmählich verschüttet und der Timao auf seine heutige geringe Größe verringert wurde. Die Isonzowässer wandten sich infolge der Sperrung ihres bisherigen Abflusses von Gradiska nach Südwesten, vereinigten sich mit dem Torre und mündeten mit diesem bei Aquileja. Die starke Anschotterung auch noch im Mündungsgebiete bewirkte allmählich eine Verlegung des Mündungssystems nach Osten und die Einbeziehung des kleinen Küstenflüßchens Slobba in die Isonzomündung. Die heutige Mündungsform, bei der die Slobba den Hauptarm des Isonzodeltas bildet, dürfte kaum älter als vier Jahrhunderte sein. Dem interesseerregenden Vortrage folgte die Vorführung von schönen Lichtbildern der Isonzolandschaften, die von den mächtigen und großartigen Julischen Hochgebirgsbildern in die fruchtbare Görzer Ebene und in das anmutige Görz führten und am sagenumwobenen, alten Schlosse von Duino endeten. Sie zeigten uns vielfach reizvolle Örtlichkeiten, die jetzt so heiß umstritten werden und die viel zu edle Steine in der bunten Krone Österreichs bilden, als daß je einer von ihnen sich aus seinem natürlichen Verbands lösen dürfte. (Pg.)

Am 26. November 1915 hielt Dr. Wilh. Huditz einen Vortrag über „**Werden und Vergehen der Gebirge**“.

Dem naiven, nicht naturwissenschaftlich gebildeten Denken erscheint unsere ganze Umgebung als etwas Starres, Unabänderliches, für ewige Zeiten Festgelegtes. Land und Meer haben danach nie ihren Platz gewechselt; Gebirge immer denselben Raum eingenommen, sämtliche heutigen Tier- und Pflanzenformen und auch der Mensch in seiner jetzigen Ausgestaltung bereits die Arche Noahs bevölkert. Grüblerischer Menschengestalt hat jedoch gezeigt, daß dem nicht so ist. Die wissenschaftliche Forschung hat vielmehr erwiesen,

daß in der Welt nur eines beständig ist: der Wechsel. Diesem ewigen Wechsel unterliegen auch jene Emporragungen der Erde, die wir als Gebirge bezeichnen. Man pflegt die Gebirge nach ihrer Entstehung einzuteilen in: 1. Aufschüttungsgebirge (vulkanische Gebirge), 2. Abtragungsgebirge, 3. tektonische Gebirge. Vulkanische Gebirge sind z. B. die Kuppen des böhmischen Mittelgebirges, der Umgebung von Gleichenberg. Erosion und Denudation des Wassers erzeugen die Abtragungsgebirge. Die Erosion schafft aus einem Tafellande ein Gewir von Tafelbergen, Türmen usw. (Elbesandsteingebirge der sächsischen Schweiz). Die Denudation erzeugt aus Tafelland gebirgsartige Steilränder, die Landstufen (Schwäbischer Jura).

Weitaus die wichtigsten Gebirge sind aber die tektonischen Gebirge. Sie entstehen entweder durch in Stücke Brechen der Erdkruste (Bruchgebirge, Schwarzwald) oder durch Faltung der Kruste (Faltengebirge). Diese Faltengebirge sind es, die uns heute näher beschäftigen sollen.

Alle Faltengebirge, zu denen die großartigsten und gewaltigsten Hochgebirge der Erde, wie z. B. die Alpen, der Himalaja, die Anden usw., gehören, sind aus Falten aufgebaut, die aus dem nach oben gewölbten Sattel und der nach unten eingebogenen Mulde bestehen. Es ist klar, daß solche Falten durch Zusammenstauchung der Erdkruste erzeugt wurden. Man hat sich nun schon lange den Kopf darüber zerbrochen, welche Kräfte es wohl sind, die derartige Zusammenstauchungen der Erdkruste herbeiführen. In der Jugendzeit geologischer Wissenschaft herrschte die plutonische Erhebungstheorie. Danach dreht es sich bei der Gebirgsbildung um eine blasenförmige Emporwölbung ursprünglich horizontal gelagerter Schichten, die durch aus der Tiefe quellende vulkanische Massen erzeugt wird, ein Vorgang, der etwa dem Emporheben des Waldbodens durch einen wachsenden Champignon gleicht. Diese Theorie kann jedoch als Erklärung für die Entstehung von Faltengebirgen mit ihren erst in neuerer Zeit erkannten Komplikationen nicht mehr in Frage kommen.

Diejenige Theorie, die noch immer am meisten zur Erklärung der Entstehung von Faltengebirgen herangezogen wird, fußt ganz auf der Weltentstehungshypothese von Kant-Laplace: die Erde besteht aus einem glutflüssigen, plastischen Kern und einer starren Kruste. Durch Abkühlung zieht sich der Kern zusammen; die starre Rinde kann ihm nicht folgen; sie müßte also schließlich von ihrem Kern getrennt sein, wie die Hasehuß von ihrer Schale. Wie nun ein Gewölbe sich trotz der Schwerkraft frei trägt, indem der Zug sich umsetzt in einen nach der Seite wirkenden Tangentialdruck, so entsteht auch in der Erdrinde ein derartiger Horizontalschub, der zu Runzelung, Faltung führt. Ein trocknender Apfel mit runzlicher Schale ist das oft angeführte Ebenbild der Erde nach dieser Anschauung, die man Schrumpfs- oder Kontraktionstheorie nennt. Sie hat seit Elie de Beaumont (1829—1852) fast unumschränkt das Feld behauptet und wurde in neuerer Zeit insbesondere durch Eduard Suess ausgebildet. Obgleich

die Schrumpfungstheorie der Gebirgsbildung als eiserner Bestand der modernen Geologie gilt, werden doch auch gewichtige Gegengründe angeführt. Der erste Einwand besteht in der Tatsache, daß sich die gebirgsbildende Kraft nur in gewissen geologischen Perioden äußert. So ist es zur Bildung von Faltengebirgen nur im Devon (kaledonisches Gebirge von Nordeuropa), im Karbon (armosikanische und voristische Alpen West- und Mitteleuropas) und im Tertiär (Alpen, Kaukasus usw.) gekommen. Warum nur gewisse Perioden, da doch die Abkühlung der Erde, die die Schrumpfung zur Folge hat, ein ununterbrochener Prozeß ist? Ein anderer, recht schwerwiegender Einwand kam von neueren Untersuchungen über die Druckfestigkeit der Gesteine. Diese ergaben, daß ein allgemeiner und ständiger, horizontal, d. h. tangential wirkender Gewölbedruck als erzeugende Kraft des Zusammenschubes aus Festigkeitsgründen nicht denkbar ist. Die geringe Druckfestigkeit der Gesteine erlaubt weder ein freies Tragen der Erdkruste nach der Art eines Gewölbes, noch eine Weiterleitung eines Schrumpfungsdrukkes.

Aber kühlt sich die Erde überhaupt ab? Auch diese Frage ist in den letzten Jahren ernsthaft erörtert worden, und zwar von seiten der Radiumforscher. Die letzten Jahre haben uns eine neue Energie- und Wärmequelle kennen gelehrt; das sind die radioaktiven Substanzen. Radium ist nun nachgewiesen in allen untersuchten Quellen, in Urgesteinen. Und in der Tat würden verhältnismäßig geringe Mengen Radiums im Erdinneren genügen, um den Wärmeverlust der Erde durch Ausstrahlung zu kompensieren. Wir sind nun zwar natürlich über den Radiumgehalt des Erdinneren nicht unterrichtet; allein v. Wolf schließt aus erdgeschichtlichen Vorgängen, daß ein durch Radiumwärme erzeugtes Wärmegleichgewicht wohl sicher nicht vorhanden ist, daß aber die stetig fortschreitende Abkühlung der Erde durch die Wärmeerzeugung radioaktiver Stoffe merklich verlangsamt wird.

Die geschilderten und gewiß schwer ins Gewicht fallenden Mängel der Schrumpfungstheorie haben in neuerer Zeit zu anderen Erklärungsversuchen der Gebirgsbildung geführt. Eine Reihe von diesen Theorien ging von einer schon vor mehr als fünfzig Jahren durch den amerikanischen Geologen James Hall erfolgten Feststellung aus, die in ihren Konsequenzen für die Frage nach den Ursachen der Faltung bisher immer noch zu wenig beachtet worden ist. Hall konstatierte nämlich, daß die Mächtigkeit der Sedimentgesteine in den Faltengebirgen der Erde eine erheblich größere ist, als in den benachbarten, weniger gestörten Gebieten. Die Trias Deutschlands schrumpft in ihrer Mächtigkeit gegenüber der ostalpinen Trias ganz zusammen. Weitere Überlegungen ergaben, daß dabei nicht an eine Zufüllung tiefer Meere zu denken ist, sondern daran, daß die Meeresbecken, in denen sich diese mächtigen Sedimente anhäuften, langsam untersanken und entsprechend diesem Untersinken ausgefüllt wurden. Dana hat die Sammeltröge, in denen sich mächtige Sedimente mariner Herkunft anhäufen, als Geosynklinalen bezeichnet. Nach all dem ergibt sich also, daß die Faltengebirge aus derartigen

großen, in fortwährender Senkung begriffenen marinen Sammeltrögen, den Geosynklinalen, hervorgehen. Es fragt sich also nur, welche Kraft es war, die die ehemaligen Geosynklinalen in Faltenzonen umgewandelt hat. Die Schrumpfungstheoretiker behaupten natürlich, daß es die Verkürzung des Erdradius, die Abkühlung der Erde, gewesen sei, die die Faltengebirge aus diesen Geosynklinalen haben entstehen lassen. Eine andere Reihe von Forschern, denen die Schrumpfungstheorie infolge ihrer Schwächen nicht mehr genügt, sind auf Grund der Feststellung der Tatsache, daß die Geosynklinalen Ausgangspunkt der Faltengebirge waren, zur Aufstellung von neuen Erklärungsversuchen der Gebirgsbildung gekommen. Hierher gehört zunächst die *Thermal- oder Expansionstheorie*, die von Dana, Reade, v. Richthofen vertreten wurde. Letztere schließen folgendermaßen: Die sich zuerst in solchen, allmählich tiefer werdenden Geosynklinalen bildenden Ablagerungen geraten in Regionen von immer höherer Temperatur, Wärmezufuhr bedingt aber Ausdehnung. Und es muß, da eine Ausdehnung des betreffenden Rindenstückes nach der Seite behindert ist, eine Aufwärtsbewegung der Mitte oder eine Auffaltung längs der schwächsten Stelle desselben nachfolgen. Reyer geht mit Reade so weit, als die Erwärmung der in einer Geosynklinale absinkenden Schichten eine Ausdehnung des ganzen Schichtenkomplexes hervorruft. Nun aber trennen sich die Ansichten von Reade und Reyer. Nach Reade können sich dort, wo die größte Wärmeanreicherung ist, durch den Ausdehnungsdruck Falten bilden, nach Reyer aber gerade abseits von der aufgequollenen Stelle der Erdkruste. In der Schwellung wird nämlich zunächst die Schwerkraft wirken und versuchen, die Schichten vom Gipfelteile gegen die Peripherie hinabzuziehen. Ist ein Maximum der Biechung erreicht, so treten Zerreißen auf. Gewisse Schichten, die stark durchwässert sind, dienen als Gleitbahnen, und die darüberlastenden Massen kommen ins Rutschen. Stößt die abwärts gleitende Scholle gegen ein starres Hindernis, so wird ihre Bewegung gehemmt; die nachdrängenden Falten überstürzen sich — es entstehen Falten. Dies ist die *Gleitungstheorie* von Reyer. Allein, auch allen jenen Theorien, die von der Voraussetzung ausgehen, daß die Geosynklinalen der Mutterschoß der Faltengebirge sind, stehen Schwierigkeiten entgegen. In Zentralasien fand man tertiäre Schichten lakustrer, ja sogar kontinentaler Herkunft bis zur Seehöhe von mehreren tausend Metern in die Faltung mit einbezogen. Trotzdem die Geosynklinale fehlte, trat intensive Faltung ein.

Eine neuere, viel diskutierte Theorie ist die „*Theorie der Unterströmung*“ von Ampferer. Nach Ampferer müssen wir scharf unterscheiden zwischen dem Erdinneren mit seiner plastischen Zone und der äußeren, dünnen Kruste, die sehr empfindlich ist gegen Veränderungen der Tiefe. Die Theorie geht nun von der Tatsache aus, daß mit der langsamen Erstarrung glutflüssiger Massen unter der festen Erdrinde eine Volumenvermehrung verbunden ist. Diese Volumenvermehrung erzeugt in der darüber liegenden plastischen Gesteinszone Massenströmungen, „*Gesteinsflüsse*“. Und diese

Unterströmungen sind erst die Träger der oberflächlichen Faltungs- und Überschiebungsercheinungen. Allein auch ohne Auslösung dieser molekularen Massenverschiebungen sind Hebungen denkbar. Aber nicht nur Hebungen, sondern auch Senkungen können diese unterirdischen Strömungen erzeugen.

Noch viel kompliziertere Probleme bietet die moderne Alpengeologie. Die beiden letzten Jahrzehnte haben nämlich nach und nach zur Erkenntnis geführt, daß die eigentlichen Alpen kein einfaches Faltengebirge sind, sondern daß die reine Faltung hier ganz in den Hintergrund tritt gegen die sogenannte *Überschiebung*. Unter Überschiebung versteht man jene Störung, bei der ein Schichtensystem über ein anderes hinauf- oder hinüberbewegt ist. Meist kommen durch eine Überschiebung ältere Gesteine über jüngere. Hervor geht die Überschiebung aus einer liegenden Falte, deren Mittelsenkel meist verdünnt, ausgewalzt oder ganz verlorengegangen ist. Tritt letzteres ein, so bezeichnet man den hangenden Schenkel der liegenden Falte als *Decke*. Den Ursprung einer Decke bezeichnet man als ihre *Wurzel*. Durch Erosion wird die Decke häufig von ihrer Wurzel getrennt. Hat die Erosion in der Decke ein Loch erzeugt, durch das man auf den Untergrund hinabsieht, so heißt diese Öffnung ein *Fenster*. Der Untergrund kann entweder *autochthon*, d. h. an Ort und Stelle gebildet, oder ebenfalls überschoben sein. Den *Deckenbau* eines Gebirges erkennt man entweder aus der Überlagerung jüngerer Gesteine durch ältere oder aus der sogenannten *Verstellung der Fazies*. Letztere entsteht dadurch, daß Schichten ganz verschiedener Bildungsräume, wie z. B. Seichtmeer- und Tiefseebildungen, durcheinandergemengt sind, die unmöglich nebeneinander entstanden sein können.

Bertrand, Lugeon, Schardt, Steinmann waren die Forscher, die die neue Erkenntnis brachten, daß in den Alpen der Faltungsprozeß gegenüber der Überschiebung ganz zurücktritt: die sogenannte Decken- oder Überschiebungstheorie der Alpen. Danach bestehen fast die gesamten Alpen nicht aus aufgefaltetem Untergrunde, sondern aus drei ungeheuren, übereinandergeschobenen Decken. Zununterst liegt die helvetische Decke, dann kommt die leontinische Decke, die von der ostalpinen überdeckt wird. Das Ausmaß der Überschiebung ist teilweise ein ungeheures: so sollen die Nordtiroler Kalkalpen vom Pustertale gekommen sein. Allein nicht nur die Nordtiroler Kalkalpen sind „wurzellos“, „schwimmen“ auf ihrer Unterlage, wie man jetzt sagt, sondern die ganzen Ostalpen bis südlich der Tauern liegen wurzellos auf ihrer Unterlage, sind *allochthon*. Hielt man früher die Gebirge auch für dort entstanden, wo sie heute stehen, so stellt man sich jetzt die Bildung der Alpen so vor: Zuerst wurden durch intensive Faltung weit vorgestoßen liegende Falten, die Decken, gebildet. Dann erst wurde der ganze Deckenbau von einer neuerlichen Faltung in Mulden und Sättel gelegt. Der Deckenbau wurde neuerdings in vielen anderen Gebirgen konstatiert.

So hätten wir die wichtigsten Probleme der Gebirgsbildung kennen gelernt. Es ergibt sich daraus, daß das Problem der Gebirgsbildung eines der schwierigsten Gebiete der allgemeinen Geologie ist.

Allein die Gebirge verdanken ihre Ausgestaltung nicht nur den gebirgsbildenden Kräften. Ihre Ausgestaltung wird auch wesentlich durch die gebirgszerstörenden Kräfte beeinflusst. Wasser, Eis graben ihre Furchen in die Gebirge ein, tragen sie mit Hilfe der Verwitterung ab und erniedrigen sie mehr und mehr. Sobald ein Gebirge durch die gebirgsbildenden Kräfte aus dem Meere emporstieg, setzten auch schon die gebirgszerstörenden Kräfte ein. Welche Oberflächenformen trafen sie da an? Wie sah so ein jungfräuliches Gebirge aus? Wies es schon alpine Gipfelformen, scharfe Grate, Schrofen, Felstürme, Felsnadeln, pralle Wände, Karre, Talstufen auf; war es schon durch Seen, Wasserfälle geschmückt? Nichts von all dem! Es war ein sanftgewelltes Bergland mit Mittelgebirgsformen, breiten, wenig tiefen Tälern und mäßig steilen Rücken. Dieses jungfräuliche Gebirge mit den Mittelgebirgsformen begannen nun die zerstörenden Kräfte abzutragen, vor allem das fließende Wasser. Bäche und Flüsse sammelten sich in den Mulden der Falten, auf den Schenkeln der Sättel und schnitten so Haupt- und Nebentäler ein. An den Abhängen der Nebentäler entstanden Seitentäler erster Ordnung, an den Abhängen der Seitentäler erster Ordnung solche zweiter Ordnung usw. Mit einem Worte: der Prozeß der Vertalung begann; das ganze Gebirge wurde durch die tief einschneidenden Flüsse und Bäche in viele einzelne Stücke zerlegt, wodurch jetzt auch erst größere Höhendifferenzen geschaffen wurden — eine erste Annäherung zu Hochgebirgsformen. Auf den ersten Blick mag es ja sonderbar erscheinen, daß Bäche, Flüsse, Schluchten Täler erzeugen sollen. Allein es ist doch so! Einmal schleift der Fluß durch das mitgeführte Geröll, den mitgeführten Sand sein felsiges Bett fortwährend ab. Dann sind es aber insbesondere Wirbelbewegungen in den fließenden Gewässern, die eine kontinuierliche Tieferlegung des Flußbettes herbeiführen. Wo immer dem Abfließen des Wassers Hindernisse in den Weg gestellt sind, gerät es in wirbelnde Bewegung und erzeugt mittels des Gerölles und des Sandes als Schleifmaterial mehr oder weniger kreisförmige Löcher, sogenannte Riesentöpfe. Während man früher glaubte, daß die Riesentöpfe auf Gletscherbetten beschränkt seien, hat Brunhes, der Hauptvertreter der Anschauung, daß die einschneidende Tätigkeit der Flüsse auf Wirbelbewegungen in die-zen zurückzuführen sei, nachgewiesen, daß sie auch in den in festes Gestein eingeschrittenen Flußbetten allgemein vorkommen. Benachbarte Töpfe können durch Zerstörung dünner Scheidewände miteinander verschmelzen und aus rosenkranzartig aneinandergereihten Löchern entsteht so eine zusammenhängende Tiefenlinie. Die tabbildende Tätigkeit des Wassers, die Erosion, besteht also im Einschneiden und Bohren. Unmittelbare Beweise dafür, daß die fließenden Gewässer ihre Täler selbst schaffen, finden sich häufig in unseren landschaftlich so schönen Klammern und Schluchten. So sieht man z. B. in der Lichtensteinklamm, die der Großarlbach vor seinem Eintritte in das Salzachtal durchströmt, bis weit über den Hochwasserstand hinaus Nischen, die nichts anderes als die Überreste durchsäugter Riesentöpfe sein können. Solange ein junger Fluß sein Tal vertieft, sind die Gehänge steil und der

Talboden nur so breit, wie der Fluß. Wenn ein Fluß vollkommen gerade dahinfließt, so würde sich sein Talboden nur sehr langsam verbreitern. Er schneidet sein Bett senkrecht in die Tiefe; die Talhänge werden wohl von der Verwitterung und Abspülung zurückgeschoben, aber der Boden wird nach wie vor vom Flusse eingenommen; das Profil ist V-förmig. Ein ganz gerade fließendes Gewässer gibt es aber nicht. So erweitert der in Windungen dahinschießende Fluß durch Anprall an den Seitenwänden sein Bachbett auf Kosten der Seitenwände (Seiten-Erosion).

Hand in Hand mit der talbildenden Tätigkeit des fließenden Wassers geht bei der Zerstörung der Gebirge die Verwitterung, also jener Prozeß, der durch Sonnenstrahlung, Niederschläge, Temperaturwechsel usw. ausgelöst wird. Man teilt die Verwitterungsvorgänge in mechanische, chemische und organische. Das Agens der mechanischen Verwitterung ist die Sonnenstrahlung oder Insolation, die Temperaturunterschiede schafft. Die Wüste mit ihrer Gluthitze und den recht kühlen Nächten, die Gebiete in der Nähe der Schneegrenze mit ihren häufigen Temperaturschwankungen um den Gefrierpunkt sind so die Schauplätze der mechanischen Verwitterung. Durch die Temperaturschwankung werden die Gesteine bald ausgedehnt, bald zusammengezogen. Dadurch werden in denselben Spannungen erzeugt, die die Gesteine lockern und schließlich zerstören. Weit wichtiger als die Kleinarbeit, die die Strahlung der Sonne, die Insolation, für die Zerstörung des Gesteins leistet, ist namentlich in unserem Klima der Spaltenfrost. Er beruht darauf, daß Wasser bei Verwandlung in Eis sich ausdehnt. Die Sprengkraft des gefrierenden Wassers ist gewaltig. Als Sprenglöcher dienen Gesteinsritzen, tektonische Spalten und vulkanische Absonderungsklüfte.

Hand in Hand mit dieser mechanischen Verwitterung geht die chemische Verwitterung, d. h. die Veränderung des Stoffes des Gesteins durch die Einwirkung von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser. Reine Kalksteine und Dolomite, Anhydrit und Gips, Salz und Mineralien werden durch kohlensäurehaltiges Wasser vollständig aufgelöst und fortgeführt. Von den anderen Mineralien werden nur einige Bestandteile gelöst, während ein unlöslicher Rest als Verwitterungserde zurückbleibt und unter Umständen der Abschwemmung verfällt. Diesen Prozesse unterliegen vor allem die tonerdehaltigen Silikatgesteine, die neben den Kalksteinen einen Hauptbestandteil der Kruste bilden.

Nicht unwichtig ist endlich die organische Verwitterung, also jene Art von Verwitterung, die durch Pflanzen und Tiere bewirkt wird. In lebendem Zustande vermögen die Wurzeln der Pflanzen kraft ihrer Säuren dem Gestein mineralische Bestandteile zu entziehen und es so zu lockern. Beim Absterben der Pflanzen entwickeln sich Zersetzungsprodukte, die ebenfalls zersetzend auf das Gestein wirken. Bäume sprengen durch ihre tief-treibenden Wurzeln das Gestein, Regenwürmer lockern den Boden auf und bereiten so den Verwitterungskräften neue Bahnen.

In dieser Weise arbeiten Temperaturschwankungen, Spaltenfrost, auflösende Tätigkeit des Wassers und Organismen unanfällig an der Lockerung und Zerstörung der Felsen. Sie würden Gipfel, Kämme und Abhänge der Gebirge mit einer bleibenden, dicken Verwitterungsdecke, die jeder weiteren Verwitterung ein Ziel setzen würde, überziehen, wenn nicht andere Kräfte hinzukämen, die den losen Verwitterungsschutt fortschaffen. Da gerät einmal der Verwitterungsschutt durch die Schwerkraft ins Rutschen. Dann schaffen Regengüsse, Lawinen und die Schneeschmelze die Schuttmassen talabwärts. In Form von großen Katastrophen werden die losen Schuttmassen durch Bergstürze zu Tal gefördert. Der lose Verwitterungsschutt sammelt sich so teils in Form von Schutthalden am Fuße der Gebänge, wo er dem weiteren Transport entgegensteht, an, teils wird er vom fließenden Wasser und den Gletschern fortgeführt. Denn nicht nur das fließende Wasser und die Verwitterung arbeiten an der Abtragung und Zerstörung der Gebirge, sondern auch die Gletscher sind Zerstörer des Gebirges.

Der Vorgang der glazialen Erosion besteht einmal in einem Abglätten und Abschleifen der ursprünglich rauen Oberfläche, der Erzeugung typischer Gletscherschliffe durch den in dem Gletscher eingebackenen Schutt: das ist die schleifende, polierende Tätigkeit des Gletschers. Sie darf nicht gering angeschlagen werden. Berechnungen, die auf Grund von in Gletscherwasser mitgeführtem Schlamm angestellt wurden, haben ergeben, daß der Gletscher zur Beseitigung eines Meter Felsens 1600 bis 4000 Jahre braucht. Dazu tritt aber eine zweite Wirkungsart der Gletscher, die splitternde, ausbrechende, an Stellen, wo das Eis in den Fugen der Felsen anpacken kann. Eine dritte Wirkungsart des fließenden Eises ist die sprengende Tätigkeit des Spaltenfrostes. Die Versuche von Blümcke und Finsterwalder haben zu dem Ergebnisse geführt, daß innerhalb eines Gletschers jeder Teil diejenige Temperatur hat, die dem Schmelzpunkte unter dem jeweilig herrschenden Drucke entspricht. Jede geringe Druckerhöhung muß daher zu teilweiser Schmelzung, jede Druckerniedrigung zum Gefrieren führen. Da nun bei einem Gletscher, der bald in breitem Bette, bald in einer Enge fließt, bald viel Nachschub erhält, bald wenig, an dem tiefe Spalten entstehen und sich wieder schließen, häufige Druckschwankungen nur natürlich sind, so muß auch die Sprengwirkung auf den Gletscherboden überaus häufig auftreten.

Im großartigsten Maßstabe kam die Gletscher-Erosion in der Eiszeit zur Entfaltung. Die Erosion der Gletscher der Eiszeit war es, die den Hochgebirgen der Erde die ihnen so eigentümlichen Formen gab, die Schrofen, Grate und Zacken, die Talstufen, Seen und Wasserfälle. Die Eiszeit war es, die auch aus den voreiszeitlichen Mittelgebirgsformen unserer Alpen die herrlichen alpinen Formen schuf. Weit in die Täler hinab, bis in das Vorland hinaus, flossen da die Gletscher. Da schufen sie aus den V-förmigen, steilwandigen Erosionsflüßern abgerundete, U-förmige Tröge mit steilen Seitenwänden und ebenen, breiten Böden. Die diluvialen Gletscher schufen ferner

die Gefällsknickungen der Täler, die *Talstufen*. Ebenso sind die *Hängeltäler*, die mit dem Haupttale nicht in gleicher Sohle mündenden Nebentäler, eiszeitlicher Entstehung. Der mächtige Gletscher des Haupttales konnte stärker erodieren, als der Gletscher des Nebetales, und schuf so eine *Übertiefung* des Haupttales. Die Übertiefung findet sich in allen Alpentälern; am schönsten im Gebiete der Salzach. Die meisten ihrer Tauern-Nebentäler münden mit großartigen Steilstufen in das übertiefte Haupttal. Sie werden von den Flüssen zum Teile in herrlichen Klammern durchschnitten, zum Teile in Form von Wasserfällen passiert. Den schönsten Schmuck der Alpen, die *Seen*, verdanken wir ebenfalls den eiszeitlichen Gletschern, die überall Felsenwannen schufen und durch *Moränen* Becken abdämmten. In der Hochregion der Gebirge erzeugten die Gletscher die *Kare*, tief im Gehänge eingefressene Nischen, deren ebener Boden sich scharf von den steilen Hinter- und Seitenwänden sondert. Oft liegt eine ganze Reihe von Karen in ungefähr gleicher Höhe nebeneinander, so daß der Kamm, von beiden Seiten bedrängt, in einen scharfen Grat umgewandelt wird. So sehen wir: Was die Alpen an Gebirgsschönheiten besitzen, verdanken sie der Eiszeit. Erst diese hat aus dem einförmigen Mittelgebirge ein Hochgebirge mit scharfen Graten und tief eingeschnittenen Trögen, mit Seen, Wasserfällen, Schluchten und Klammern erzeugt. Gegenwärtig sind fließendes Wasser und Verwitterung überall tätig, um die von den Gletschern erzeugten Formen zu zerstören.

Die geschilderten gebirgszerstörenden Kräfte, die Verwitterung, das fließende Wasser, der Gletscher, wirken nun unaufhörlich an der Abtragung und Zerstörung der Gebirge. Dabei werden die Kämme und Wasserscheiden der Gebirge mehr und mehr erniedrigt, bekommen die Abhänge derselben immer flachere Böschungen. Die Flüsse werden zahmer, Gefällsbrüche, wie Stufen, Klammern, Wasserfälle, Stromschnellen, treten immer mehr zurück. Aus dem Hochgebirge entsteht ein typisches Mittelgebirge. Auch unsere Alpen gehen diesem Schicksale entgegen; auch sie werden einst ihre so herrlichen Formen mit den weit weniger reizvollen Mittelgebirgsformen vertauschen müssen. Ihr Schicksal ist ihnen in den deutschen, französischen und englischen Mittelgebirgen vorgezeichnet. Denn diese sind die Ruinen der durch die zerstörenden Kräfte abgetragenen Alpen der Steinkohlenzeit. Allein den Alpen, sowie allen Gebirgen droht ein viel härteres Schicksal: das Schicksal vollkommener Vernichtung. Schweden und Finnland sind heute flachwellige Landschaften. Es war jedoch nicht immer so. Denn der aus archaischem Gestein aufgebaute Boden dieser Länder ist stark gestört, besteht aus abgetragenen Sätteln und ausgefüllten Mulden. Es ist kein Zweifel: Schweden und Finnland trugen einst Hochgebirge, die bis auf die Fundamente abgetragen wurden. Die Verwitterung, die Flüsse und die Gletscher vermögen im Verlaufe von Jähren aus dem zunächst zu einem Mittelgebirge abgetragenen Hochgebirge ein ganz flachwelliges Gelände zu schaffen, das unmerklich zum Quellgebiete ansteigt. Ein derartiges Endprodukt gewaltigster Zerstörung nennt man eine *Fastebene* oder ein *Peneplain*. Allein noch eine andere Kraft vermag eine

derartige totale Umformung von Gebirgen in Flachländern zu bewirken: dies ist die Brandungswelle. Die Welle läuft gegen eine Steilküste mit gewaltiger Kraft an und lockert deren Gefüge. Herabgefallene Blöcke benützt sie als förnliche Sturmböcke gegen das Steilufer und greift es so heftig an. Der Untergrund der Steilküsten wird unterhöhlt; die oberen Schichten stürzen nach, so daß das Steilufer immer weiter landeinwärts rückt. Ist die zerstörende Arbeit der Brandungswelle, die *Abrasion*, mit einer Senkung des Landes verbunden, so vermag sie weite Strecken des Landes gleichsam abzu-hobeln und in schrägliegende Ebenen zu verwandeln. Durch Hebung kann dann diese marine Destruktionsfläche wieder zutage treten. Eine derartige Abrasionsfläche haben wir z. B. im Rheinischen Schiefergebirge vor uns.

So sehen wir also, daß auch unsere so stolzen und scheinbar für alle Ewigkeit aufgebauten Hochgebirge vergänglich sind. Allein die zerstörenden Kräfte sollen nicht gänzlich triumphieren! Ungeheure Schlammassen von Kalk, Ton tragen die Flüsse als Zerstörungsprodukte der Gebirge ins Meer. Dort bauen sich die Urtiere, Muscheln, Schnecken aus diesen Schlammassen ihre Hartteile, wie Schalen, Gerüste, auf. Die Tiere sterben ab — ein un-aufhörlicher Regen von Millionen und Millionen von Hartteilen abgestorbener Muscheln, Schnecken und Urtiere geht auf den Meeresboden nieder, der hier im Laufe geologischer Zeiträume einen mächtigen Schichtenkomplex bildet. Eines Tages ergreift ihn die gebirgsbildende Kraft und ein neues Gebirge ent-steigt den Fluten des Meeres. Nichts gibt es auf dieser Welt Ewiges; ewig ist nur der Wechsel. Das lehrt uns auch die heutige Betrachtung über das Werden und Vergehen der Gebirge. (Huditz.)

Am 3. Dezember 1915 sprach Dr. Hans Angerer über „**Welt-wirtschaftsziele**“.

Der Vortragende führte zunächst die gewaltigen Veränderungen in Ver-kehr und Wirtschaftsumsatz an, den das 19. Jahrhundert gebracht hat. Im Seeverkehre sind von markanten Daten auf dem Entwicklungswege der Welt-wirtschaft Fultons erste Raddampferfahrt auf dem Hudson (1807), die erste Dampferfahrt der „Savannah“ über die Atlantis in 26 Tagen (1819), wobei noch Segel mitverwendet wurden, die erste reine Überseedampferfahrt des „Sirius“ (1838), die Gründung der Cunard-Linie (1840), die Erfindung der Schiffsschraube durch den österreichischer Ressel zu nennen, bis es zum Bau der heutigen Riesendampfer kommt, durch welche die Überfahrtszeit von Europa nach Amerika auf fünf bis sechs Tage herabgesetzt ist und in denen die Last von viertausend Menschen und die Fracht von etwa hundert Last-zügen zu je dreißig Güterwagen auf einmal befördert werden kann. In ähn-licher Weise ist die Entwicklung der Landverkehrsverhältnisse seit den ersten Eisenbahnbauten (Liverpool—Manchester 1825, Nürnberg—Fürth 1835, Kaiser Ferdinand-Nordbahn Wien—Krakau 1836) bis zu dem heutigen Weltsehienen-netze von etwa einer Million Kilometer ins Ungeheure gestiegen. Ebenso ge-waltig hat sich der Briefverkehr durch die neuzeitliche Post (Gründung des Weltpostvereines 1874) gesteigert. Telegraph, Kabel, Fernsprechwesen über-

brücken in früher ungeahnter Weise Zeit und Raum. Als weitere Naturkraft wurde die Elektrizität in Verwendung gestellt; der Ausbau des Maschinenwesens ermöglichte auf fast allen Gebieten der Landwirtschaft, des Bergbaues, der Produktenverarbeitung eine viel intensivere und ausgedehntere Produktion von Lebens- und Kulturbedürfnissen, als früher. Die Folge dieser gewaltigen Änderungen der Produktions- und Verkehrsverhältnisse war eine einschneidende Änderung der staatlichen Wirtschaftszustände, indem allmählich an Stelle des einzelstaatlichen Kleinbetriebes der allstaatliche Großbetrieb, die Weltwirtschaft, trat. Ziel dieser neuen Wirtschaftsverhältnisse war es, stets ungehemmter durch kleinstaatliche Verkehrs- und Wirtschaftsschranken die einzelnen Artikel dort zu erzeugen, wo sie am billigsten gewonnen, und dorthin zu bringen, wo sie am günstigsten verkauft werden können. Da der Einzelne in diesem weltumspannenden Handel zu wenig ausrichtet, entstanden in den Kartellen, Ringen, Banken, Trusten und Syndikaten kapitalistische Organisationen der Großindustrie. Wie sich diese in England und Amerika zuerst und am rücksichtslosesten ausgebildet haben, so wuchsen auch staatlich England und die Vereinigten Staaten von Nordamerika durch ihre fortwährend auf Vergrößerung ihres wirtschaftlichen Machtbereiches hinzielenden Bestrebungen zu wirklichen wirtschaftlichen Weltmächten heran, denen als dritte Weltmacht trotz seines vielfach noch minder entwickelten Industriegewesens durch seine Masse Rußland sich anreichte. Diesen Staaten gegenüber erscheinen die übrigen europäischen Staaten nur in politischem Sinne Großmächte, nicht aber im Sinne der Weltwirtschaft. Sobald aber Deutschland sowohl durch die Intensität seiner wirtschaftlichen Kultur, wie durch sein Bestreben nach Kolonialbesitz sich der wirtschaftlichen Abhängigkeit von den großen Weltwirtschaftsstaaten mit Erfolg zu entziehen vermochte und zum ernststen Mitbewerber auf dem Weltmarkte zu werden drohte, war für seine Nachbarn, insbesondere für England, der wirkliche Casus belli gegeben, für den natürlich das Eintreten für Belgien nur ein gelegener und gegebener Vorwand sein konnte. Englische Karten neuester Zeit zeigen, wie sehr die Engländer insbesondere auf afrikanischem Boden die Organisationskunst der Deutschen fürchteten, wie sie als ein Zukunftsergebnis derselben, wenn es nicht zum Kriege gekommen wäre, die Vereinigung der vier deutsch-afrikanischen Kolonien (die bis auf Deutsch-Südwestafrika derzeit in englischer Gewalt sind) zu einem zusammenhängenden, Afrika durchquerenden Kolonialreiche befürchteten zu müssen vorgeben und wie sie demgegenüber als Zukunftsbild nach dem für sie günstig endenden Weltkriege ein englisches Kolonialafrika, das von Kairo bis Kapstadt reicht, aufstellen. Der tiefere wirtschaftliche Hintergrund des Weltkrieges macht es auch begreiflich, daß in einem Umfange und einer Zielbewußtheit, wie nie vorher, wirtschaftliche Kampfmethoden, der Plan der wirtschaftlichen Isolierung und Aushungerung, neben den Waffen mitkämpfen. Wie die tieferen Gründe des Weltkrieges, so werden auch seine Ziele und Ergebnisse, wie es besonders Naumann in seinem vielgenannten Buche „Mitteleuropa“ ausführt, welt-

wirtschaftliche Neubildungen sein. Das wirtschaftliche Kampfesziel der Mittelmächte und ihrer Verbündeten wird ein neues Mitteleuropa, ein mitteleuropäisch-orientalischer Wirtschaftsverband, sein, der bei aller kulturellen und staatlichen Freiheit der ihm angehörigen Einzelstaaten doch den bisherigen Wirtschaftsgroßmächten ein in seinem Gesamtgebiete von etwa dreizehn Millionen Quadratkilometer mit etwa zweihundert Millionen Einwohnern ebenbürtiges Gebilde entgegenstellt, groß und reich genug, um wirtschaftliche Unabhängigkeit sich auch in Kampfzeiten zu wahren, stark genug, um seine Stellung auch den übrigen Weltmächten gegenüber zu behaupten. Dem Kapstadt—Kairo—Kalkutta der Engländer wollen wir ein Berlin—Bagdad, ja noch mehr, ein Nordkap—Bagdad, entgegensetzen. Dies ist unser Wirtschaftsziel und auch Sinn und Zweck des ganzen Weltkrieges. Wie einst 1870/71 unter dem Donner der Kanonen das Deutsche Reich begründet wurde und aufstieg vom Kleinstaate zur europäischen Großmacht, so wird heute wieder in furchtbar blutigem Ringen ein Weltwirtschaftskörper geboren — das Mitteleuropa der kommenden Jahrhunderte. (Pg.)

Am 17. Dezember 1915 hielt Dr. Karl Siegl einen Experimentalvortrag über „**Elektrische Schwingungen und ihre Anwendung**“.

Die moderne Physik hat festgestellt, daß alle Naturerscheinungen miteinander im Zusammenhange stehen und daß der allgemeinste Naturvorgang die Schwingung ist. Das hat schon der alte Naturphilosoph Heraklit geahnt, indem er zu dem Schlusse gelangte: „Alles fließt. Nur durch Gegensätze wird die Welt. Wie die Sehne des Bogens, wie die Saite der Leier, so schwingt das Eins in Gegensätzen auf und ab.“ Doch mehr als zwei Jahrtausende mußten vergehen, bis diese Sätze philosophischer Spekulation durch die exakte Wissenschaft sanktioniert wurden.

Um etwaigen Mißverständnissen vorzubeugen, will ich aber noch bemerken: Die streng exakte Forschung behauptet damit keineswegs, daß diese Wechselvorgänge, wie wir sie in der Natur überall finden, von Ewigkeit zu Ewigkeit sich abspielen müssen. Eine solche Behauptung wäre eine allzu gewagte Extrapolation mit entsprechend geringer Wahrscheinlichkeit. Die Naturwissenschaft als solche läßt sich auf die Beantwortung derartiger Fragen überhaupt nicht ein; sie erklärt sich hierin für inkompetent. Wenn ein oder der andere Naturwissenschaftler dennoch solche Behauptungen aufstellt, so darf er nie vergessen und muß sich stets vor Augen halten, daß er sich damit in das Gebiet der Spekulation wagt und den Boden der exakten Forschung verläßt! Die Behandlung derartiger Fragen gehört nicht mehr in das Gebiet der Physik, sondern in das der Metaphysik, der Philosophie. Die Behauptung der modernen Physik, daß der Wechselvorgang die gesamte Natur beherrscht, hat daher auch mit religiösen Fragen gar nichts zu tun. Ob sich jemand für den Theismus oder den Atheismus entscheiden soll — die Beantwortung einer solchen Frage wird er niemals von der exakten Forschungsmethode der Physik erhalten. Denn nicht nur große Physiker, sondern auch große Philosophen — ich will nur Eduard v. Hartmann nennen —

haben den Standpunkt vertreten: Alle Ergebnisse unserer Forschung haben nur einen größeren oder geringeren Wahrscheinlichkeitswert, der allerdings in manchen Fällen der Gewißheit schon sehr nahe kommt. Unser ganzes Wissen, alles in allem genommen, ist nur *relativ*; ein *absolutes* Wissen gibt es für uns Menschen nicht! Ich könnte diese Gedankenreihen noch lange weiterspinnen und noch so manches zu ihrer Erhärtung vorbringen, doch würde uns das von unserem heutigen Thema, den elektrischen Schwingungen, gar zu weit entfernen.

Wie also schon angedeutet, finden wir die Schwingung heute in der Physik überall, nicht nur wiederholt in der Mechanik; sie beherrscht die ganze Akustik als Schall, die Optik als Licht, die Wärmelehre als Wärmeschwingung, und schließlich beruhen alle magnetischen und elektrischen Erscheinungen auf Schwingungen der Urbausteine des Universums, der Elektronen. Ja, man geht heute noch einen Schritt weiter und behauptet: die ganze Natur beruht zuletzt auf *elektrischen* Schwingungen, die Materie ist nichts anderes, als verdichtete Elektrizität: wir selbst — wenigstens unser Körper — sind ein kompliziertes System, eine Superposition elektrischer Schwingungsvorgänge und unser Denken, Fühlen und Wollen, also unser gesamtes Bewußtsein, ist stets von elektrischen Schwingungen begleitet.

Leider besitzen wir für die Wahrnehmung der Elektrizität und ihrer Schwingungen kein eigenes Sinnesorgan. Mit physikalischen Hilfsmitteln kann man heute schon elektrische Schwingungen erzeugen und studieren, deren Schwingungszahl zwischen einem Sechstel und fünfzig Milliarden in der Sekunde liegt, was einer Wellenlänge von zwei Millionen Kilometer bis sechs Millimeter entspricht. Die kürzesten Wellen hat *Lebedew*, die längsten *Martjenssen* hergestellt. Beide begrenzen das Gebiet von zirka 36 Oktaven. Rechnet man noch die Schwingungen der Wärme, des Lichtes und die ultravioletten, chemisch wirksamen Schwingungen der letzten Bausteine des Weltalls, der Elektronen, hinzu, so bekommt man noch zirka sechs Oktaven, im ganzen also zirka 42 Oktaven. Vergleichen wir damit die Schwingungen, welche unser Auge als Licht wahrnimmt, so sind das nur die Schwingungen von kaum 400 bis 800 Billionen — knapp *eine einzige Oktave!* Wie stiefmütterlich ist also unser Auge ausgestattet! Besäßen wir ein „*elektrisches Auge*“, wie viel inhaltsreicher würde dadurch unser Weltbild sich gestalten! Um nur ein Beispiel anzuführen: welchen Genuß müßte es uns bereiten, auf diese Weise die „*elektrische Stimmung*“ zu schauen, welche namentlich vor einem Gewitter, über einer Landschaft liegt!

So aber gelangen wir zur Kenntnis der Elektrizität nur indirekt und durch Zufall. Das Radium, dessen Entdeckung wir übrigens auch nur einem Zufalle verdanken, ist bekanntlich in stände, die Luft in seiner Umgebung so stark leitend zu machen, daß sich daselbst elektrische Ladungen nicht dauernd halten können. Zufällig sind die radioaktiven Substanzen sehr selten. Kämen sie in viel größeren Mengen auf der Erde vor, die ganze Elektrizität wäre überhaupt nicht entdeckt worden!

Bevor wir auf das Studium der elektrischen Schwingungen und ihrer Anwendungen näher eingehen, gestatten Sie mir, einige Begriffe kurz zu erklären, da wir sie im folgenden fortwährend brauchen werden. Zunächst wollen wir uns fragen: Was ist denn überhaupt eine Schwingung? Sie ist nichts anderes, als eine wiederholte Hin- und Herbewegung um eine bestimmte Gleichgewichtslage. Betrachten wir z. B. das Pendel einer Uhr: Solange die Uhr steht, hängt es vertikal herab. Setzen wir die Uhr in Gang, so schwingt das Pendel um die alte Ruhelage beständig hin und her. Die größte Entfernung von derselben, bei welcher es immer umkehrt, heißt seine Schwingungsweite oder Amplitude. Die Zeit, welche das Pendel zu einem vollen Hin- und Hergange braucht, nennt man seine Schwingungsdauer. Die Zahl der Schwingungen, welche es in einer Sekunde ausführt, heißt Schwingungszahl. Sie ist also stets gleich dem reziproken Werte der Schwingungsdauer. Betrachten wir nun eine Mehrheit von Dingen, welche der Reihe nach Schwingungen ausführen, so haben wir vor uns eine Wellenbewegung. Wenn Sie z. B. hier im Saale der Reihe nach aufstehen und sich wieder niedersetzen, so schreitet eine Wellenbewegung durch den Saal fort. Wenn der Wind über ein Ährenfeld streicht und die Halme der Reihe nach sich niederbiegen und sich wieder aufrichten, so ist das eine Wellenbewegung. Wenn wir einen Stein ins Wasser werfen, so sehen wir eine Erschütterung über das Wasser hinein. Wir sagen: Der Wasserspiegel wirft Wellen. Kommen sie an den Rand des Wassers, so werden sie von demselben zurückgeworfen, reflektiert. Nach kurzer Zeit sehen wir, daß die Wellenbewegung auf dem Wasserspiegel nicht mehr hin und her läuft, sondern verhardt. Aus dem Wellenzuge ist jetzt eine stehende Welle geworden. Stellen wir eine stehende Welle bildlich dar, so nennt man die Punkte, in welchen die Wellenlinie die Mittellinie schneidet, die Knotenpunkte. Die mitten dazwischen liegenden Punkte heißen die Wellenbäuche. Die Strecke, welche zwischen drei Knotenpunkten liegt, heißt die Wellenlänge. Oft bezeichnet man aber auch als Wellenlänge die Strecke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Knotenpunkten.

Ich will Sie nun mit diesen theoretischen Erörterungen nicht länger ermüden, sondern auseinandersetzen, wie man elektrische Schwingungen erhält. Man bekommt dieselben stets dann, wenn Elektrizität auf einem Leiter sich hin und her bewegt oder wenn sie mittels eines Funkens von einem Leiter auf einen anderen überspringt. Entdeckt wurden die elektrischen Schwingungen auf dem zweiten Wege. Ihnen allen ist die sogenannte Leidener Flasche und die Franklinsche Tafel bekannt, ein Glasgefäß, beziehungsweise eine Glasplatte, welche beiderseits nicht ganz bis zum Rande mit Stanniol beklebt ist. Eine solche Vorrichtung ist in-stande, in ihren Stanniolbelegungen Elektrizität aufzuspeichern, zu kondensieren. Man nennt sie daher einen Kondensator. Die Fähigkeit eines Kondensators, je nach seinen Abmessungen ein bestimmtes Quantum Elektrizität aufspeichern zu können, heißt seine Kapazität. Laden wir nun eine Leidener Flasche, so sehen

wir bei ihrer Entladung einen knallenden, glänzenden Funken überspringen. Zuerst glaubte man, daß mit diesem Funken der ganze Vorgang erledigt sei. Da kam Feddersen im Jahre 1862 auf den Gedanken, den Funken in einem rasch rotierenden Spiegel zu reflektieren und so zu photographieren. Der Funke hätte sich nun, durch die Rotation des Spiegels etwas verzerrt, nur einmal abbilden dürfen, falls er wirklich nur einmal übergesprungen wäre. In Wirklichkeit zeigten sich aber auf der photographischen Platte mehrere Funkenbilder. Auch erkannte man ganz deutlich, daß die Entladung periodisch wechselte, weil nämlich das negative Glimmlicht viel stärker auf die photographische Platte wirkt, als das positive Büschellicht. Aus all dem folgt: Mit der ersten Entladung ist der Vorgang keineswegs zu Ende. Die Leidener Flasche lädt sich danach umgekehrt auf, entlädt sich abermals usw., bis der Vorgang so schwach wird, daß man ihn nicht mehr verfolgen kann. Er stellt eine elektrische Schwingung mit immer kleiner werdender Amplitude dar, eine sogenannte gedämpfte elektrische Schwingung.

Will man solche Schwingungen oft hintereinander wiederholen, so bedient man sich dazu mit Vorteil eines sogenannten Funkeninduktors. Derselbe ist einfach ein Transformator mit gerader Achse und besteht aus einem Eisenkern aus einzelnen Drähten, auf welchen zwei Spulen umspinnenen Kupferdrahtes gewickelt sind. Die eine Spule besteht aus wenig Windungen eines dicken Drahtes, die andere aus sehr vielen Windungen eines sehr dünnen Drahtes. Schickt man nun durch die erste, die Primärspule, einen Wechselstrom von niederer Spannung, so erhält man aus der zweiten, der Sekundärspule, einen Strom von sehr hoher Spannung. Außerordentliche Werte erreicht die letztere, wenn man Gleichstrom in die Primärspule leitet und denselben möglichst plötzlich unterbricht. Von den zahlreichen Unterbrechern zeichnen sich durch ganz besondere Leistungsfähigkeit die elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt und Simon aus. Die Unterbrechungszahl kann bis 1000 in der Sekunde betragen. Der Simon-Unterbrecher bietet außerdem den Vorteil, daß er auch für Wechselstrom verwendbar ist, indem er beide Phasen im Momente ihrer größten Amplitude unterbricht. Seine Konstruktion ist sehr einfach: Er besteht aus einem Glasgefäße, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. In das Gefäß taucht ein zweites aus Glas oder Porzellan, welches in seiner Wand ein bis acht kleine Löcher von zirka 1 mm Durchmesser enthält. In beide Gefäße sind Elektroden aus Kohle oder Blei gestellt. Sendet man mittels der Elektroden durch die Schwefelsäure einen kräftigen elektrischen Strom, so kann er sich wohl in der Flüssigkeit ausbreiten, muß aber das kleine Loch passieren und sich dadurch sehr einschnüren. Die Folge ist eine intensive Erhitzung der Flüssigkeit im Loche. Sie verdampft plötzlich und zerreißt an dieser Stelle. Dadurch wird der Strom plötzlich unterbrochen. Jetzt kondensiert sich der Dampf wieder: die Flüssigkeit fließt wieder ineinander und das alte Spiel wiederholt sich von neuem. An den Polen der Sekundärspule des Induktoriums bilden sich dabei nicht mehr einzelne Funken, wie bei den gewöhnlichen Unterbrechern, sondern es entsteht eine flammenbogenartige Entladung von großer Mächtigkeit.

Verbindet man nun gleichzeitig mit den Polen des Induktors die Belegungen einer Leidener Flasche, so wird der Entladungsfunke zwar bedeutend kürzer, weil sich die Elektrizität auf die großen Stannioflächen ausbreitet und dadurch die Spannung kleiner wird; aber der Funke wird dafür sehr glänzend und entwickelt ein bedeutend stärkeres Geprassel, ein Beweis, daß jetzt sehr kräftige elektrische Oszillationen vor sich gehen. Wird in den Schwingungskreis der Leidener Flasche außerdem noch eine Spule von sehr wenig Windungen eines sehr dicken Kupferdrahtes eingeschaltet, so entstehen in derselben, wie d'Arsonval gezeigt hat, ebenfalls sehr schnelle, kräftige Schwingungen. Durch die sogenannte Selbstinduktion der Drahtspirale treten an ihren Enden so hohe Spannungen auf, daß sich an einem sie verbindenden Drahte starke Funken bilden oder in einem angehängten, luftleeren Glasrohre das Glühlicht erscheint.

Noch höhere Spannungen kann man mit der Einrichtung erreichen, welche im Jahre 1890 Nicola Tesla getroffen hat und die nach ihm allgemein der Tesla transformator heißt. Er führt in die Spule von d'Arsonval noch eine zweite Spule ein, welche aus einer einzigen Lage dünnen Drahtes besteht, und erhält in der letzteren außerordentlich hohe Spannungen, welche brillante Leuchterscheinungen hervorzurufen vermögen. Vor allem sieht man an den Enden der Teslaspule nach allen Seiten verästelte Funken sprühen. Verbindet man den einen Pol mit der Erde, den anderen mit einem längeren Drahte, so schießen aus letzterem überall Lichtgarben in den Raum hinaus. Verbindet man die beiden Pole mit zwei parallelen, geraden oder kreisförmig gebogenen Drähten, so bildet sich zwischen beiden ein leuchtendes Band, beziehungsweise ein leuchtender Kreisring. Verbindet man die Pole mit zwei Metallplatten in größerem Abstände, so entsteht in dem dazwischen befindlichen Raume ein starkes elektromagnetisches Wechselfeld von hoher Wechselzahl. Hält man in dasselbe evakuierte Glasröhren, so beginnen sie lebhaft zu leuchten, auch wenn sie weder die eine, noch die andere Metallplatte direkt berühren. Tesla hat solche Spulen konstruiert, bei welchen die Spannung in die Millionen Volt geht und meterlange Blitze von einer zur anderen überspringen. Merkwürdigerweise kann man diese hohen Spannungen ohne weiteres auf den menschlichen Körper übergehen lassen, während die Berührung einer gewöhnlichen Hochspannungsleitung von einigen tausend Volt schon absolut tödlich wirkt. Der Grund liegt in der riesigen Wechselzahl von zirka einer Million in der Sekunde. Der Strom dringt erst gar nicht tiefer in den Körper ein, sondern gleitet über die Oberfläche zur Erde hinab. Es ist einst eine Photographie durch die illustrierten Zeitschriften gegangen, welche Tesla darstellt, wie er in seinem Laboratorium mitten zwischen den Blitzen der genannten kolossalen Spulen sitzt und dabei ruhig Zeitung liest!

Für das Zustandekommen der hohen Teslaspannungen ist aber eine Bedingung unerlässlich: die Teslaspule muß auf die Schwingungszahl des Flaschenkreises abgestimmt sein. Jede Spule hat nämlich, genau so wie in der Akustik eine Saite, eine Pflöcke oder eine Glocke, einen elektrischen

Eigentone. Drückt man bei einem Klavier auf das Pedal, so daß alle Saiten frei sind, und singt man jetzt kräftig und kurz einen beliebigen Ton hinein, so bemerkt man beim Hören, daß eine Saite stark mitklingt, nämlich die, welche denselben Eigentone hat. Etwas schwächer klingen noch einige andere Saiten mit, die *Ober töne* des früheren *Grund tones*. Alle übrigen Klaviersaiten klingen fast gar nicht mit. Ganz analog bekommt man auch bei einer beliebigen Teslazusammenstellung im allgemeinen nur sehr dürftige Wirkungen. Stärker werden dieselben erst dann, wenn die Schwingung des Flaschenkreises dem Eigentone der Teslaspule nahesteht, am stärksten, wenn beide Kreise denselben Eigentone haben. Man sagt dann: Sie befinden sich in *Resonanz*. Ein sehr drastisches Beispiel für kräftige Anregung durch Resonanz bietet in der Akustik das Läuten einer Glocke. Zieht man an dem Glockenstränge in ganz beliebigem Rhythmus, so wird die Glocke im allgemeinen gar nicht angeschlagen, sondern nur ganz kleine Bewegungen ausführen. Zieht man jedoch beständig in dem Rhythmus, welcher der Pendelschwingung des ganzen Glockenkörpers entspricht, so kommt die Glocke selbst bei schwachen Zügen allmählich in große Schwingungen. Ein Kind vermag so eine Glocke von ziemlicher Größe zum Anschlagen zu bringen, wenn es nur entsprechend lang in richtigem Tempo am Stränge zieht.

Hat man genügend kräftige Schwingungen im Flaschenkreise zur Verfügung, so braucht die Teslaspule nicht einmal erst in die Selbstinduktionspule des Flaschenkreises hineingestellt zu werden. Es genügt dann bei Resonanz, das eine Ende der Teslaspule einfach an irgend einer Stelle des Flaschenkreises anzuhängen. Solche Experimente hat im Jahre 1903 *Seibt* angestellt und nennt man solche einseitig angehängte Spulen nach ihm kurz *Seibtsche Spulen*. An dem Flaschenkreise muß die Einrichtung getroffen sein, daß man seine Kapazität und Selbstinduktion bequem innerhalb weiter Grenzen variieren kann. Hängt man nun *Seibtsche Spulen* von verschiedener Länge und verschiedenem Eigentone an den Flaschenkreis an, so kann man durch Verstellen der Kapazität und Selbstinduktion den Flaschenkreis der Reihe nach auf den Eigentone einer jeden dieser Spulen abstimmen und man erhält dementsprechend bald an der einen, bald an der anderen ein lebhaftes Funken-sprühen. Mit einer Spule von zwei Meter Länge hat *Seibt* noch weitere interessante Versuche ausgeführt. Er stellt derselben in geringem Abstände einen langen Draht parallel zu ihrer Achse gegenüber, welcher zur Erde abgeleitet ist. Es bildet sich dann zwischen Spule und Draht das früher erwähnte Lichtband. Es ist aber im allgemeinen nicht kontinuierlich, sondern es zeigen sich abwechselnd helle und dunkle Stellen. An den hellen Stellen muß die Spannung ein Maximum haben, denn sonst würde dort keine Ausstrahlung gegen den Draht hin stattfinden können. An den dunklen Stellen muß die Spannung umgekehrt ein Minimum haben. Das heißt aber, wir haben bei dieser Erscheinung abwechselnd Spannungsbäuche und Spannungsknoten vor uns. Durch Verstellen der Kapazität, beziehungsweise der Selbstinduktion, verändert sich die Zahl und der gegenseitige Abstand der Lichtbänder, das heißt, wir haben

die verschiedenen Obertöne der Spule vor uns. Wird die Spule an einem Ende geerdet, so bildet sich dort stets ein Spannungsknoten, an dem anderen Ende immer ein Spannungsbauch. Erdet man dagegen die Spule in der Mitte, so liegt beständig in der Mitte ein Knoten, an den beiden Enden liegen Spannungsbäuche. Variiert man also Kapazität und Selbstinduktion des Flaschenkreises, so ist der Grundton der Seibtschen Spule im ersten Falle ein Viertel einer bestimmten Wellenlänge, im zweiten Falle eine halbe Wellenlänge. Von den Obertönen erhält man im ersten Falle den ersten, dritten, fünften, siebenten mit $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{7}{4}$, $\frac{9}{4}$ Wellenlänge; im zweiten Falle den ersten, zweiten, dritten, vierten Oberton mit $\frac{2}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{2}$, $\frac{5}{2}$ Wellenlänge. Also einmal nur die ungeradzahigen Obertöne, das anderemal doppelt so viel, nämlich alle, die geradzahigen und ungeradzahigen. Die Verhältnisse liegen hier ganz genau so, wie bei einer gedeckten und bei einer offenen Orgelpfeife. Durch verschieden starkes Anblasen kann man jede in ihrem Grundtone oder in ihren Obertönen erklingen lassen. Die gedeckte Pfeife hat an ihrem verschlossenen Ende stets einen Schwingungsknoten, am Pfeifenmaule stets einen Schwingungsbauch. Die offene Pfeife hat in der Mitte einen Knoten und an beiden Enden stets einen Schwingungsbauch. Die offene klingt bekanntlich viel voller als die gedeckte, weil sie eben alle Obertöne gibt, während die gedeckte Pfeife nur die Hälfte, nämlich nur die ungeradzahigen Obertöne gibt.

Anstatt die Wellenbäuche und Knoten einer langen Seibtschen Spule durch Lichtbänder zwischen der Spule und einem parallelen Drahte sichtbar zu machen, kann man nach der Methode von Lecher auch Geißleröhren an diesen Stellen der Spule aufhängen. Es zeigt sich dann, daß die Röhren an den Knoten dunkel bleiben, an den Wellenbäuchen dagegen leuchten. Der schönste Versuch aber, eine elektrische Welle direkt sichtbar zu machen, ist der folgende: Man entfernt aus der Selbstinduktionsspule die Teslaspule und stellt anstatt der letzteren eine weitere, evakuierte Glasröhre hinein. Da innerhalb der Primärspule auch ein starkes Wechselfeld vorhanden ist, so wird das verdünnte Gas in der Röhre gezwungen, die Schwingungen des Flaschenkreises mitzumachen. Es bildet sich daher in der Röhre eine räumliche, leuchtende Welle aus, an welcher wir nicht nur die Wellenlänge, sondern auch die Amplitude der Schwingungen direkt sehen und abmessen können. Ich habe schon wiederholt erwähnt, daß man durch Verstellen der Kapazität und Selbstinduktion die Wellenlänge, also auch die Schwingungsdauer, verändern kann. Die theoretischen Untersuchungen haben ergeben, daß die Schwingungsdauer gleich ist π mal der Wurzel aus dem Produkte der Kapazität und Selbstinduktion. Diese Formel ist ganz analog der für die Schwingungsdauer eines Pendels.

Auf Grund der bisherigen Auseinandersetzungen wird das folgende leicht verständlich sein. Wir kommen nämlich jetzt zur Betrachtung der Fernwirkung eines Strahlers. Wie die eingehenden Untersuchungen von Heinrich Hertz, Oliver Lodge, Righi, Lecher und anderen in den neunziger Jahren ergeben haben, sendet jedes System, an welchem elektrische Schwin-

gungen vor sich gehen, ein sogenannter Oszillator, Energie in Form elektrischer Wellen, in den Raum hinaus. Es hat sich dabei gezeigt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit identisch ist mit der des Lichtes. Sie beträgt nämlich 300.000 km in der Sekunde. Treffen diese Wellen auf ein System, welches ebenfalls mitschwingen ist, elektrische Schwingungen auszuführen, so versetzen sie dasselbe ins Mitschwingen. Dieses System kommt nun, genau so wie eine Saite bei dem früher erwähnten Klavierexperimente, umso stärker ins Mitschwingen, je besser sein elektrischer Eigenton mit dem der auftretenden Welle übereinstimmt; am stärksten, wenn er mit der auftretenden Welle direkt in Resonanz ist. Wie sich gezeigt hat, strahlen gerade Drähte die Energie viel leichter ein und aus, als Spulen. Trotzdem kann man den Effekt des Mitschwingens auf kleine Entfernung auch mit Seibtschen Spulen zeigen. Mit feinen Einrichtungen, welche auf die ausgestrahlten Wellen genau abgestimmt waren, mit sogenannten Resonatoren, hat besonders Hertz die Fernwirkung gründlich untersucht und gefunden, daß die elektrischen Wellen innerhalb gewisser Grenzen ein einheitliches Verhalten mit den Lichtwellen zeigen, daß sie sich reflektieren, brechen und beugen lassen, wie diese.

Das Verdienst, die bisherigen Ergebnisse der physikalischen Forschungen praktisch verwertet zu haben, gebührt Marconi. Im Jahre 1896 versuchte er zum erstenmal mittels Hertzscher Schwingungen eine Telegraphie ohne Draht. Als Empfänger verwendete er den Kohärer oder die Branly'sche Röhre. Es ist dies eine beiderseits verschlossene Glasröhre, die mit Feilspänen gefüllt ist, in welche zwei Elektroden hineintragen. Für gewöhnlich besitzt eine solche Vorrichtung einen sehr großen elektrischen Leitungswiderstand. Springt aber ein Funke darauf oder springt er auch nur in der Nähe von einem Leiter auf einen anderen über, so werden die Feilspäne plötzlich zu einem sehr guten Leiter. Allerdings verharren sie dann in diesem Zustande und man muß jetzt einen leichten, kurzen Schlag auf den Kohärer ausüben, damit er für die Aufnahme des nächsten Funkenzeichens wieder bereit ist. Obwohl ein solcher Kohärer ein Instrument von außerordentlicher Empfindlichkeit darstellt, gelang das Telegraphieren doch nur auf kurze Strecken. Das wurde aber mit einem Schlage anders, als Marconi auf die Idee kam, den einen Pol der Funkenstrecke eines kleinen Induktoriums mit der Erde, den anderen mit einem langen, vertikalen Drahte, der sogenannten Antenne, zu verbinden. Ein analog ausgestatteter Empfänger konnte jetzt gleich in einer Entfernung von 42 km deutlich und sicher Zeichen aufnehmen. Wie das letztere geschieht, ist sehr einfach: der eine Pol des Kohärrers ist mit der Erde, der andere mit der Empfangsantenne verbunden. Außerdem ist der Kohärer in einen Stromkreis eingeschaltet, welcher eine Batterie und ein Milliampèremeter enthält. Trifft eine Welle auf die Antenne, so wird der Kohärer leitend und das Meßinstrument gibt einen Ausschlag. Durch eine automatische Vorrichtung wird der Kohärer sofort wieder abgeklopft.

Die weiteren Bestrebungen gingen vor allem dahin, die Reichweite noch bedeutend zu steigern. Da fanden nun im Jahre 1898 Ferdinand Braun in Straßburg und Graf Slaby-Arco in Berlin, daß es viel günstiger ist, statt der einfachen Funkenstrecke des Induktoriums einen Flaschenkreis mit Teslatransformator zu verwenden. Die einfache Antenne Marconis schwingt nämlich nur so, wie wenn man auf eine Orgelpfeife einen kurzen Schlag ausführt. Sofort ist der Ton zu Ende, die Schwingung ist sehr stark gedämpft. Anders ist dies beim Teslatransformator, wo die Resonanzspule schön ausklingt. Außerdem ist die Energiemenge, welche man mit der einfachen Antenne ausstrahlen kann, verhältnismäßig klein im Vergleiche zu jener, welche ein Flaschenkreis in Bewegung setzen kann. Denn ich kann ja die Kapazität der Flaschen sehr groß wählen und dadurch sehr große Energiemengen in ihnen aufspeichern, die sich dann im Funken entladen. Ferner gewährt diese Methode noch einen weiteren Vorteil: es läßt sich damit eine viel genauere Abstimmung erzielen. Während der einfache Antennenempfänger mehr oder weniger fast auf alle Wellen anspricht, geschieht dies bei der Antenne mit Teslatransformator nur bei Wellen, welche genau oder wenigstens fast genau mit dem Eigentone des Transformators in Resonanz sind. Auf diese Weise können dann viele Stationen mit schon sehr üblichen Wellenlängen gleichzeitig korrespondieren, ohne sich zu stören, während bei der einfachen Marconischaltung die Wellenlängen schon sehr verschieden sein müssen, ihre Anzahl also schon sehr beschränkt ist, wenn nicht in den verschiedenen Empfangsstationen eine heillose Verwirrung entstehen soll. Die genaueste Abstimmungsmöglichkeit erhält man, wenn die Teslaspule und die Selbstinduktion des Flaschenkreises sehr lose gekoppelt sind. Das ist der Fall, wenn der Abstand zwischen beiden Spulen nicht zu klein ist, wenn ferner die Kapazität möglichst groß, die Selbstinduktion möglichst klein ist. Braun verwendet daher beim Sender wie beim Empfänger Primärspulen mit nur einer Windung, dagegen viele, parallel geschaltete Leidener Flaschen. Auf diese Weise läßt sich die Genauigkeit der Abstimmung bis auf 97% treiben. Weichen dann zwei ankommende Wellen nur um mehr als 3% in der Wellenlänge voneinander ab, so stören sie sich schon nicht mehr, da der Empfänger nur auf die eine oder nur auf die andere anspricht. Man kann auf diese Weise, wie Slaby gezeigt hat, sogar mit einer einzigen Empfangsantenne gleichzeitig mehrere Telegramme von verschiedenen Sendestationen aufnehmen und auf ebensovielen Empfangsapparaten, etwa Morseschreibern, getrennt niederschreiben lassen. Man muß nur mit der Antenne die den Sendestationen entsprechenden Teslatransformatoren verbinden. Dann spricht jeder von ihnen nur auf die seinem Eigentone genau entsprechende Welle an, obwohl gleichzeitig auf der Empfangsantenne mehrere Wellen vorhanden sind.

Allerdings wird bei der extrem losen Koppelung die Quantität der übertragbaren Energie, also auch die Reichweite, kleiner. Da gibt es jedoch eine teilweise Abhilfe: man verwendet als Antennen nicht einfache Drähte, sondern mächtige Drahtgerüste. So besteht z. B. die Antenne der Radio-

station in Nauen bei Berlin aus einem 100 m hohen, eisernen Turm, von dessen Spitze nach allen Seiten Drähte herabgespannt sind. Die unteren Enden dieser Drähte sind vom Erdboden gut isoliert und bilden einen Kreis von 600 m Umfang! Mit solch gewaltigen Antennen lassen sich dann sehr große Energiemengen in den Raum hinausstrahlen. So arbeitet z. B. die Marconi-Station in Poldhu mit einem Energieeffekt von 20.000 bis 30.000 Watt, wobei am oberen Ende der Antenne eine Spannung von zirka 100.000 Volt herrscht! Dadurch ist es schon leichter begreiflich, daß man heute bequem über den Ozean drahtlos telegraphieren kann.

Ein weiterer Schritt geschah dann dadurch, daß Braun keine Erdung mehr verwendete. Es war nämlich bei der genauen Abstimmung mehrmals passiert, daß auf einmal keine Übertragung mehr erfolgte; ja, es trat dieser Übelstand sogar mitten während des Telegraphierens ein. Braun erkannte nun als Ursache eine Kapazitätsänderung und Verstimmung des Schwingungskreises, welche dadurch eintrat, daß durch Niederschläge der Erdboden in der Nähe der Antenne seine Leitfähigkeit änderte. Ein solcher Wechsel im Feuchtigkeitsgehalte der Erde kommt in regenreichen Gegenden, wie in den Tropen, sehr häufig vor. Braun hob deshalb die Erdung ganz auf und ersetzte sie durch einen Symmetriedraht oder durch einen kürzeren Draht, an welchen ein Metallkörper von bestimmter Kapazität, das sogenannte elektrische Gegengewicht, angeschlossen war. Auf Schiffen kann man die Erdung ohne weiteres beibehalten, denn dort führt man den Erdungsdraht einfach ins Meerwasser, welches eine fast vollkommen konstante Leitfähigkeit besitzt.

Kommt es nicht auf genaue Abstimmung an, sondern will man nur möglichst weit telegraphieren, dann wendet man die stärkste Koppelung an. Dieselbe besteht darin, daß die Selbstinduktion wieder mehrere Windungen besitzt, ihre Größe der Kapazität gleich gemacht wird, daß ferner der Abstand zwischen Primär- und Sekundärspule möglichst klein ist und endlich beide Schwingungskreise an jener Stelle, wo sie beide einen Strombauch besitzen, direkt durch einen Draht verbunden sind. Natürlich bemüht man sich in diesem Falle auch, in den Sender möglichst große Energiemengen hineinzutreiben.

Man war auch bestrebt, den Kohärer durch Vorrichtungen zu ersetzen, welche ohne weitere Hilfsapparate ganz von selbst in den Ruhezustand zurückkehren und womöglich noch empfindlicher sind, als dieser. Eine ganze Reihe solcher Vorrichtungen wurde erfunden; man nennt sie Detektoren. Ein sehr einfacher Detektor ist der elektrolytische von Schlämlich und Fessenden. Er besteht aus einem Glasgefäße, welches verdünnte Schwefelsäure enthält. In die Flüssigkeit tauchen zwei Platinelektroden, von denen die eine sehr klein ist. Sie besteht aus einem Wollastondrahte von 0.01 mm Länge und 0.001 mm Dicke. Dieser Draht ist in ein Glasröhrchen eingeschmolzen, aus welchem er herausragt. Im Inneren der Röhre ist er an einen Zuleitungsdraht angelötet. Dieser Detektor ist nun an Stelle des Kohäriers eingeschaltet. Er

läßt für gewöhnlich fast keinen Strom durch. Trifft aber eine Welle auf ihn, so steigt für die Dauer des Wellenstoßes die Stromstärke auf das Zehnfache und mehr. Im Momente des Aufhörens der Welle erlischt seine Leitfähigkeit sofort. Ich will nur noch einen Detektor erwähnen, weil er sich durch sehr große Empfindlichkeit auszeichnet. Es ist dies der sogenannte *magnetische Detektor* von Marconi. Er beruht auf der Tatsache, daß die sogenannte *magnetische Hysteresis* in einem weichen Eisenkern plötzlich verschwindet, wenn durch eine darüber gewickelte Drahtspule eine elektrische Welle läuft. In einem angeschalteten Telephon erzeugt dann der entstandene Induktionsstrom einen lauten Knack.

Schließlich hat man auch versucht, statt mit senkrechten, mit waagrechten Antennen zu telegraphieren und dabei zugleich eine gerichtete Telegraphie zu erzielen. Nachdem Zehnder die Sache noch nicht recht gelungen war und er die diesbezüglichen Patente leider verfallen lassen, waren neuerliche Versuche, die Kiebitz im Jahre 1910 anstellte, von Erfolg begleitet und man konnte mittels waagrechter, zum Teile sogar unterirdisch geführter Antennen und mit einem Energieaufwande von nur 150 Watt mit Sicherheit von Berlin nach Potsdam drahtlos telegraphieren. Um Störungen seitens atmosphärischer Einflüsse, Beugungsercheinungen etc. möglichst auszuschließen, hat man auch die Wellenlänge immer weiter gesteigert. Telegraphierte man früher mit Wellenlängen von einigen hundert Metern, so telegraphiert man heute mit mehreren Kilometern. Dazu sind allerdings große Kapazitäten und Selbstinduktionen erforderlich. Zur Erzeugung der anfangs erwähnten längsten Wellen von zirka zwei Millionen Kilometern braucht man gar eine Kapazität, welche etwa 100.000 Leidener Flaschen entspricht, und eine Selbstinduktion von etwa 1000 Henry, d. h. etwa das Zehnmillionenfache der Selbstinduktion eines kleinen Tesla-transformators!

Von der drahtlosen Telegraphie zur drahtlosen Telephonie ist jetzt nur noch ein kleiner Schritt. Die Einrichtungen, welche man dazu benötigt, sind fast dieselben, wie bei der Telegraphie. Nur einige Unterschiede sind wesentlich und wollen wir jetzt näher auf diese eingehen: Beim Telephonieren handelt es sich nicht mehr darum, einzelne Zeichen in verhältnismäßig langsamer Folge zu übermitteln, sondern es müssen die schnellen Schallschwingungen der menschlichen Stimme in Antennenschwingungen umgewandelt werden. Ist dies einmal gelungen, dann ist es leicht, in der Empfangstation die Antennenschwingungen mittels eines Detektors und eines Telephons in Schallschwingungen zurückzuverwandeln. Die Schwierigkeit liegt also im Sender. Zunächst überträgt man die Schallschwingungen auf den Flaschenkreis mittels eines Starkstrom-Mikrophons, welches mehrere Ampère Stromstärke aushält. Nun müssen aber die Schwingungsstöße, welche bei den einzelnen Geberfunken einsetzen, so rasch aufeinander folgen, daß sie vom Ohre weder einzeln, noch zusammenhängend als Ton gehört

werden können. Denn sonst hört auch das Telephon im Empfänger einfach nur den Ton der Funkenstrecke im Sender.

Eine ganze Reihe von Männern war nun, zum Teile ganz unabhängig voneinander, an der Lösung dieses Problems beteiligt, als im Jahre 1906 der dänische Physiker Poulsen mit einem fertigen System hervortrat. Er löste die obige Schwierigkeit dadurch, daß er an Stelle des Funkens im Sender einen Lichtbogen verwendete, welcher imstande ist, sehr rasch hintereinander zu erlöschen und sich wieder neu zu zünden. Einen solchen Lichtbogen hatten schon Eilhu Thomson und Nicola Tesla zur Erzeugung hochfrequenter Schwingungen verwendet, wie sich nachträglich herausstellte. Ferner hatten Duddel, Simon und Reich inzwischen die sprechende Bogenlampe erfunden. Die Kunstgriffe, welche Poulsen bei seinem System in Anwendung brachte, waren folgende: Die starke Kühlung des Lichtbogens erreichte er dadurch, daß er ihn in einer Wasserstoffatmosphäre brennen ließ und daß die Anode aus Metall bestand. Ferner wurde der Lichtbogen durch ein transversales Magnetfeld sehr rasch ausgeblasen. Ohne auf die weiteren Details näher einzugehen, will ich nur bemerken: es gelang Poulsen auf diese Weise nicht nur, die Zahl der Wellenstöße zu steigern, sondern vor allem ihre Dämpfung so stark zu vermindern, daß jeder Wellenstoß noch so lange ausklang, bis der nächste einsetzte. Das Resultat war also eine ungedämpfte Schwingung von so hoher Wechselzahl, daß das Ohr von ihr zunächst gar nichts wahrnimmt. Wird nun im Sender in das Mikrophon hineingesprochen, so lagern sich die Schwingungen des Mikrophonstromkreises, die genau der menschlichen Stimme entsprechen, über die Schwingungen des Flaschenkreises. Durch diese Superposition kommen also im Empfänger elektrische Wellen an, welche genau im Sinne der Mikrophonschwingungen deformiert sind. Dadurch werden sie jetzt im Telephon hörbar, während von den ungedämpften Schwingungen allein das Ohr nichts gehört hatte.

Etwas einfacher, als das Poulsensche System, ist das der Telefunken-gesellschaft. Es liefert ebenfalls rasch aufeinanderfolgende, möglichst ungedämpfte Schwingungen mittels der sogenannten unterteilten Löschfunken. Die Funkenstrecke ist dabei in zwanzig oder noch mehrere Teilfunkenstrecken zerlegt, wodurch die Abnützung möglichst klein wird. Das rasche Erlöschen der Funken erfolgt dadurch, daß dieselben nicht, wie gewöhnlich, zwischen Kugeln überspringen, sondern zwischen einer Reihe von Metallscheiben, und zwar exzentrisch, so daß sie durch die elektrostatische Wirkung der geladenen Scheiben rasch gegen den Scheibenrand gestoßen werden und dadurch sehr rasch erlöschen.

Das Ziel der ungedämpften Schwingungen kann man aber noch mit einer ganz anderen Methode erreichen, welche im Jahre 1910 Fessenden und Goldschmidt anwendeten. Sie konstruierten, jeder nach verschiedenen Prinzipien, eine eigenartig gebaute Wechselstrommaschine, welche direkt, so hohe Wechselzahlen liefert, als sie für die drahtlose Telephonie gebraucht werden. Eine solche Hochfrequenzmaschine kann Wellenlängen von

zirka 10 *km* liefern, bei einer Energieausstrahlung von 10.000 bis 100.000 Watt und zirka 100.000 Wecheln in der Sekunde.

Endlich gelang es auch noch, einen Empfänger von sehr großer Empfindlichkeit zu konstruieren, welcher alle anderen weit hinter sich läßt. Es ist dies das sogenannte *Audion* von *Fleming* und *de Forest*, welches im Jahre 1908 erfunden, 1913 bedeutend verbessert und gegenwärtig zum sogenannten *Ultraaudion* verstärkt wurde. Es besteht im wesentlichen aus einer Glühlampe, deren Glühfaden eine Elektrode gegenübersteht. Wird der Glühfaden mit dem negativen, die Elektrode mit dem positiven Pole einer Batterie von etwa dreißig Volt verbunden, so gehen beständig negative Elektronen vom Glühfaden auf die Elektrode über. Dazwischen befindet sich noch außerdem eine Gitterelektrode, welche mit dem Schwingungskreise der Empfangstation in Verbindung steht. Trifft jetzt eine Welle auf den Empfänger, so tritt die eigentümliche Erscheinung ein, daß die Gitterelektrode alle Elektronen abfängt und keine zur anderen Elektrode gelangen. Es werden also dadurch Stromschwankungen genau im Rhythmus der Senderwellen hervorgerufen und ein in diesen Stromkreis eingeschaltetes Telephon gibt laut die Stimme wieder, welche in den Sender hineinspricht. Die Leistungsfähigkeit des Audions ist eine ganz außerordentliche. Man kann nämlich sogar mehrere solcher Audione zugleich verwenden und durch Hintereinanderschaltung von dreien den Effekt noch auf das Vierhundertfache verstärken. Mit diesem *Ultraaudion* gelang es kürzlich *de Forest*, auf zirka 10.000 *km* drahtlos zu telephonieren. Das ist also bereits ein Viertel des ganzen Erdumfanges!

Zum Schlusse will ich noch ein großes Problem *Teslas* streifen. Es ist das größte auf diesem Gebiete: die drahtlose Kraftübertragung. *Tesla* will von einer Zentrale aus einen mächtigen Energiestrom ausstrahlen, welcher instande ist, auf weiten Umkreis die Städte drahtlos zu beleuchten, ihre Bahnen zu treiben, die Wohnungen zu heizen und die Fabriken drahtlos mit Kraft zu versorgen. Dieses Problem zu lösen, ist ihm leider noch nicht gelungen. Doch wie viel schien noch vor kurzem unmöglich, und heute ist seine Lösung gelungen! Da nach großen Kriegen und Revolutionen meistens ein starkes Aufblühen der gesamten Kultur erfolgte, so können wir gerade in der ersten Gegenwart hoffen, daß die Zeit eines allgemeinen Umschwunges nicht mehr fern ist, wo Wissenschaft und Technik ebenfalls neue Triumphe feiern werden und wo der elektrische Funke, der einst *Voltas* erfinderischem Geiste entsprang, sich zu ungeahntem Glanze entfaltet, so daß er nicht nur aufhellend in das Dunkel der Weltvergangenheit zurückstrahlt, sondern auch in das uferlose Meer der Zukunft als Leuchte der Wissenschaft die Pfade weist! (Sieg!)

Am 7. Jänner 1916 folgte ein Experimentalvortrag von Dr. Ludwig Nagel, „über die physikalischen Grundlagen der modernen Telegraphie“.

In der Einleitung wurden das Wesen der Elektrizität, die Art ihrer

Erzeugung, der Zustand der Ruhe und der Bewegung elektrischer Mengen besprochen. Mechanische Vergleiche wurden herangezogen, um die verschiedenen Arten der Strömung, gleichförmige und schwingende Bewegung der Elektrizität zu veranschaulichen. Die sogenannte Entladung zweier entgegengesetzt geladener Körper, wie sie zum Beispiele durch die äußere und innere Belegung einer Leidener Flasche dargestellt werden, ist ein Hin- und Herwogen von Elektrizität, für das menschliche Auge ein kurz andauernder Funke, der in Wirklichkeit aus einer ganzen Funkenreihe besteht. Der Nachweis dieser elektrischen Schwingungen wurde durch die Holtzsche Röhre erbracht, eine zweiteilige Geißleröhre, die bei Betrieb mit Gleichstrom nur in einem Teile, beim Durchleiten eines Wechselstromes in beiden Teilen aufleuchtet. Der Hauptgegenstand des Vortrages war die elektrische Fernwirkung, die Übertragung einer elektrischen Schwingung von einem Körper, dem sogenannten Oszillator, auf einen anderen, für Schwingungen gleichgestimmten, den Resonator. Zwei gleichgestimmte Leidener Flaschen verhalten sich so, wie zwei gleichgestimmte Schallerreger: wenn der eine von ihnen in Schwingungen versetzt wird, schwingt der andere mit. Die Übertragung erfolgt bei der Elektrizität durch eine Wellenbewegung des Äthers, eines äußerst feinen, den ganzen Weltraum erfüllenden Stoffes. Diese elektrischen Wellen, von Faraday vorausgesetzt, von Maxwell theoretisch behandelt, wurden zuerst nachgewiesen von Heinrich Hertz und seine Versuchsanordnung zum Nachweise und zur näheren Untersuchung derselben mit Hilfe parabolischer Metallspiegel ist noch heute gang und gäbe, nur dient als Resonator nicht eine zweite Funkenstrecke, sondern ein in den Hohlspiegel eingebauter Kohärer oder Fritter. Dieser empfindliche Apparat, bestehend aus einer Glasröhre, in der sich Nickelfeilspäne zwischen zwei Metallkolben befinden, wird in den Stromkreis einer Lokalbatterie eingeschaltet. Treffen Wellen auf ihn auf, so wird sein ursprünglich sehr großer Widerstand stark heruntersetzt; er wird leitend und der Strom der Lokalbatterie setzt eine Klingel in Tätigkeit oder ruft in einem Galvanometer den entsprechenden Ausschlag hervor. Mit einem Parabolspiegel und Funkenstrecke als Sender, einem zweiten Spiegel mit Kohärer als Empfänger ausgerüstet, können nun die Eigenschaften der elektrischen Wellen vorgeführt werden, ihre Reflexion an blanken Metallglocken, ihre Brechung durch ein Prisma aus Paraffin; es kann gezeigt werden, daß sie aus transversalen, in einer Ebene erfolgenden Erregungen des Äthers bestehen. Elektrische Wellen zeigen also dieselben Eigenschaften, wie Licht- und Wärmewellen und die erst vor kurzer Zeit genauer erforschten Röntgenstrahlen. Sie alle sind fortschreitende Schwingungszustände des Weltäthers. (N a g e l e.)

Am 21. Jänner 1916 sprach Direktor Ludwig Jahue über „die Kriegshilfe der Chemie“.

Das Bestreben Englands, die Mittelmächte durch Behinderung der Einfuhr ausländischer und besonders überseeischer Rohstoffe zu schädigen, scheiterte unter anderem auch an der hohen Entwicklung der deutschen chemischen Industrie, welche etliche fremde Rohstoffe durch eigene ersetzte, andere hei-

mische in vollkommenerer Weise ausnutzte und auch neue Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften an Stelle der entzogenen brachte. Einige Beispiele sollen dies erläutern. Für den aus Südamerika stammenden Chilisalpeter, den das Deutsche Reich 1913 in der Menge von 7.7 Millionen Meterzentner (Wert 172 Millionen Mark) einfuhrte und wovon vier Fünftel zu Dungzwecken verwendet werden, ist die Fabrikation von Ammonsalzen aus dem Stickstoff der Luft getreten.

Eine Reihe von Verfahren werden im großen durchgeführt. Nach Frank-Caro wird Stickstoff von Kalziumkarbid aufgenommen und in Kalziumcyanamid (Kalkstickstoff) umgewandelt, aus welchem mit überhitztem Wasserdampfe Ammoniak, beziehungsweise schwefelsaures Ammon, zu erzeugen ist. Haber und Rusignole stellen Ammoniak synthetisch aus Stickstoff und Wasserstoff durch elektrische Einwirkung in großen Mengen dar. Eine Verbrennung des Luftstickstoffes zu Stickoxydgas unter Anwendung hochgespannter elektrischer Ströme erzielen die wohltausgebildeten Verfahren von Birkeland und Ede, von Schönherr und von Pauling. Das erhaltene Stickoxydgas wird dann in Salpetersäure oder salpetersauren Kalk (Norgesalpeter) überführt.

Als zweites Beispiel wurde der künstliche Kautschuk besprochen. Vorher wurden die Geschichte dieses wichtigen Bedarfstoffes, seine Gewinnung, seine Eigenschaften und seine chemische Zusammensetzung erläutert, welche letztere aus seinem Destillationsprodukte, dem Isopren, sich aufklärte, einer Flüssigkeit, die unter Umständen wieder in Kautschuk zurückgeht. Es gelang, dieses Isopren künstlich darzustellen, aus Harzen, Terpentinöl, Teerprodukten und Fuselöl, anfangs nur in kleinen Mengen, 1909 jedoch in größeren durch den deutschen Chemiker Hofmann in Elberfeld. Der jetzt in der Fabrik Peters zu Frankfurt am Main erzeugte künstliche Kautschuk entspricht allen technischen Anforderungen.

Eine für die Kriegszeit wichtige Nachricht war jene über die fabrikmäßige Erzeugung von Futterhefe aus Zucker und Ammonsalzen an Stelle von bisher vom Auslande eingeführten Futtermitteln, um deren Erfindungsvorrang sich die Berliner Versuchsstation für Gärungsgewerbe und der österreichische Chemiker Marbach streiten. Die Durchführung beschränkt sich derzeit aber noch auf Versuche, da als Ausgangsstoffe Melasse oder die Abwässer der Sulfitzellulose genommen werden, welche eine weitgehende Verdünnung und das Durchblasen sehr großer Luftmengen bedingen und damit große Kosten verursachen. Doch hat der deutsche Reichskanzler auf alle dieses Verfahren behandelnden Patente namens des Staates Beschlag gelegt.

Für Viele ungeahnte Werte enthalten die Abwässer der Städte. Man stellte für jeden Kopf im Deutschen Reiche 10 g Fett in den Abwässern fest, welche Menge bei 67 Millionen Einwohnern einer Summe von über 58 Millionen Mark entspricht. Die Wiedergewinnung dieses Fettes begegnet manchen Schwierigkeiten. Doch gelang es einem Konsortium in München, mit einer Versuchsanlage nächst Elberfeld diese Aufgabe technisch und ökonomisch kurz vor Ausbruch des Krieges zu lösen. Es wird ein Fett gewonnen, das für ver-

schiedene technische Zwecke brauchbar ist; nebstbei lassen sich auch noch andere Stoffe, wie Ammonsalze, aus dem Schlamm der Abwässer darstellen. Eine Verbesserung des Verfahrens gestattet dessen Durchführung auch in kleineren Städten.

Einer Umgestaltung dürfte die Heizungstechnik entgegengehen, da durch die direkte Verheizung der Kohle nicht nur eine große Wärmevergeudung eintritt, sondern auch der Stickstoff der Kohle und der wertvolle Teer verloren geht. Das Ideal wäre die Anlage von Kokscentralen bei den Kohlenbergwerken und die Versorgung der Städte mit Leucht- und Heizgas bei gleichzeitiger Gewinnung aller Nebenprodukte. Schon jetzt ist es gelungen, das durch Destillation des Teers erhaltene Benzol an Stelle von Benzin für den Motorenbetrieb zu verwenden und sich damit von diesem aus Petroleum gewonnenen und damit zumeist vom Auslande abhängigen Produkte unabhängig zu machen. Die Erzeugung von Teerölen wird künftig eine noch größere Rolle spielen.

Mit diesen Beispielen will der Vortragende zeigen, daß manche Hoffnungen erst in der Zukunft reifen werden; doch wir schaffen nicht nur für die Kriegszeit, sondern auch für die später folgende Zeit. England ist vielfach selbst am Niedergange seiner Industrie schuld, denn sein Volk vergeudet Arbeitszeit durch übermäßigen Sport und hat sehr mangelhafte technische Schulbildung. Bei uns aber trägt der deutsche Idealismus seine Früchte; er brachte unsere Wissenschaft zu hoher Entwicklung, durchdrang die Technik und wird uns auch im jetzigen Kriege zum Siege verhelfen. (J a h n e.)

Die Berichte über die weiteren Vorträge¹⁾ werden im nächsten „Carinthia“-Jahrgange folgen.

Vereinsbericht.

Über die Tätigkeit des Vereines im Jahre 1914 gibt der endständige, angefügte Jahresbericht des Vereinssekretärs ausführliche Mitteilung.

Der Verein hatte in den beiden bisherigen Kriegsjahren leider den Verlust einer Reihe von geschätzten Mitgliedern zu beklagen, denen er ein ehrendes Gedenken bewahren wird.

Es sind dies die Herren Prof. Dr. Max Borowsky, Dr. Viktor Dolenz, Artur v. Kiesewetter, Dr. Fritz Meingast, Geoplast Paul Oberlercher, Bergat Ferdinand Pleschutznig, Oberbergat Josef Salomon, Hofrat Josef Schmid und Oberinspektor Adolf Worliczek.

¹⁾ Bis Abschluß dieses Heftes erfolgten noch folgende Vorträge: Prof. Dr. Bendl, „Grundlagen der Vererbungslehre“ (4. Februar und 3. März 1916); Schulrat Braunüller, „Die Alpen als natürliche Südgrenze Österreichs“ (18. Februar 1916); Dr. Puschig, „Bilder aus Konstantinopel“ (17. März 1916).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [105_25](#)

Autor(en)/Author(s): Puschnig Roman, Siegl , Nagele Ludwig, Jahne Ludwig, Huditz Wilhelm

Artikel/Article: [Berichtüber die imWinter 1915/16 gehaltenen Museumsvorträge 52-79](#)