



ILLUSTRIERTE WOCHENSCHRIFT ÜBER DIE FORTSCHRITTE IN GEWERBE, INDUSTRIE UND WISSENSCHAFT

Durch alle Buchhandlungen und Postanstalten zu beziehen.

herausgegeben von

DR. OTTO N. WITT.

Erscheint wöchentlich einmal.
Preis vierteljährlich
4 Mark.

Verlag von Rudolf Mückenberger, Berlin.
Dörnbergstrasse 7.

N^o 1058. Jahrg. XXI. 18.

Jeder Nachdruck aus dieser Zeitschrift ist verboten.

2. Februar 1910.

Inhalt: Einschienenwagen. Von CURT WAGENKNECHT, Regierungsbauführer. Mit fünf Abbildungen. — Die Fontana-Masten. Von Dr. A. GRADENWITZ. Mit sieben Abbildungen. — Der Zeeman-Effekt. Von Dr. BRUNO SEEGERT. Mit sechs Abbildungen. — Rundschau. — Notizen: Das Westpreussische Provinzial-Museum 1880 bis 1905. — Die Gifftätigkeit des Igels. — Historisches über die Ausnutzung der Wasserkräfte im Kanton Bern.

Einschienenwagen.*)

Von CURT WAGENKNECHT, Regierungsbauführer.
Mit fünf Abbildungen.

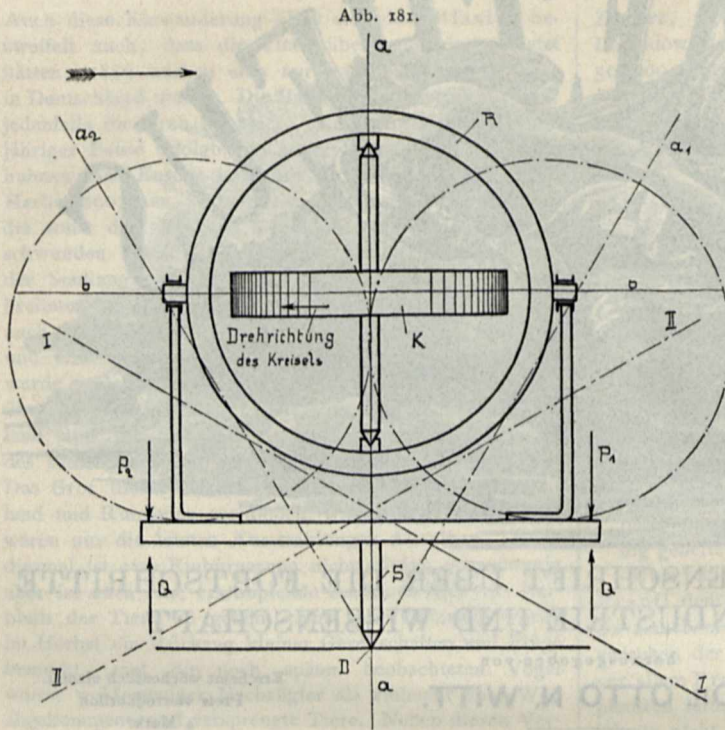
Das im Sommer vorigen Jahres erschienene Buch von Aug. Scherl, *Ein neues Schnellbahnsystem* betitelt, das Vorschläge zur Verbesserung des Personenverkehrs enthält und als Grundlage für die Umgestaltung unseres Verkehrswesens den Einschienenwagen fordert, hat die Aufmerksamkeit des Publikums auf diese Art der Fahrzeuge gerichtet.

Das erste brauchbare Modell eines solchen Wagens wurde im Frühjahr 1907 von dem Engländer Brennan ausgeführt. Alle derartigen Fahrzeuge erhalten durch Kreiselapparate, die in sie eingebaut sind, die Fähigkeit, unbeeinflusst durch exzentrisch auf sie wirkende Kräfte

bei der Fahrt und im Stillstande sich stets im Gleichgewicht zu erhalten. Zum Verständnis der Wirkungsweise solcher Kreiselapparate sollen nachfolgende Experimente mit einem einfachen Kreisel angeführt werden.

Man denke sich einen Kreisel K in einem Rahmen R drehbar um die Achse $a-a$ gelagert (Abb. 181). Der Rahmen selbst sei seinerseits drehbar gelagert um die Achse $b-b$ in zwei Lagern, die mit der Grundplatte B fest verbunden sind. Die ganze Anordnung sei auf zwei Spitzen S auf der Tischplatte aufgestellt. Die geringste exzentrische Belastung bringt das Modell zum Kippen. Der Kreisel rotiere jetzt in der Pfeilrichtung, von oben gesehen (Abb. 182), also wie der Uhrzeiger. Übe ich nun einen Druck P_1 auf die Platte B aus, so kippt diese samt dem Kreisel um Punkt D , die Achse $a-a$ kommt in die Richtung $a-a_1$ und die Grundplatte in die Stellung $I-I$. Die rotierende Kreiselscheibe bleibt aber während dieser Kippbewegung der Platte nicht parallel zu dieser, sondern weicht aus und stellt sich mit ihrem Rahmen etwa in die Richtung $I-I$. Erfolgt das Kippen der Platte nach der anderen

*) Zur Ergänzung dieses Aufsatzes verweise ich auf die in der *Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen* 1909, Nr. 50, erschienene Kritik des Scherlschen Buches von Professor Cauer und den in der *Verkehrstechnischen Woche* 1909/10, Nr. 12 und 13, veröffentlichten Aufsatz: *Die Einschienenbahn* von Reg.-Baumeister C. Klug.



richtende Kraft Q in dem Augenblick gleich null wird, wo die Kreisellachse aus der Richtung $a-a$ in die Richtung $4-4$ gelangt.

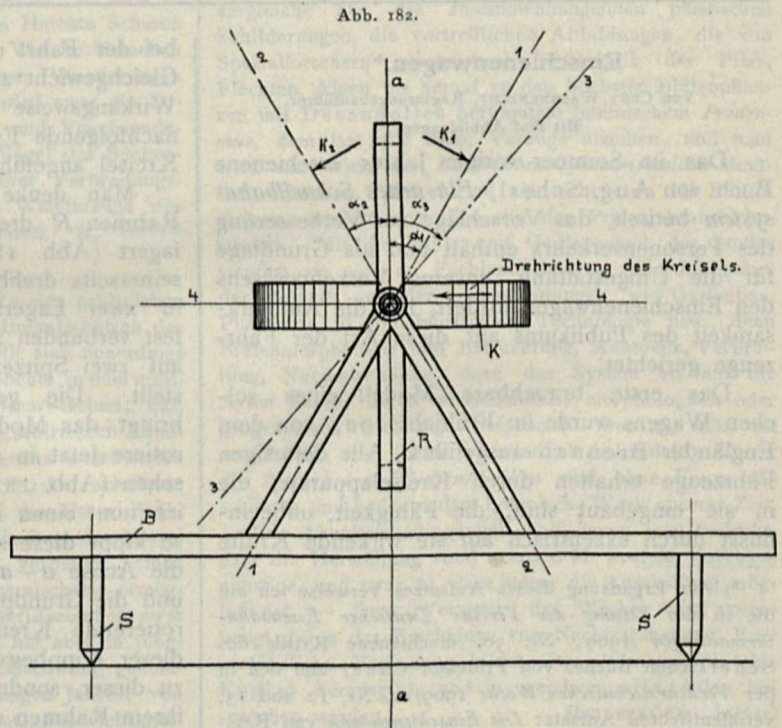
Von der Richtigkeit des eben Gesagten kann man sich durch folgendes Experiment überzeugen. Man denke sich einen in dem Rahmen R drehbar gelagerten Kisel K (Abb. 183) im Punkte E an einem Faden F aufgehängt. Der Kisel wird sich infolge seines Gewichtes G unter dem Einflusse der Schwerkraft sofort in die Lage II stellen. Wenn der Kisel nun rotiert, und zwar im Uhrzeigersinn, auf ihn gesehen in der Richtung des Pfeiles, so fällt derselbe, wenn er in die Stellung I gebracht wird, nicht herab, sondern bleibt horizontal stehen und beginnt sich um den Faden F zu drehen, und zwar würde sich der Kisel in Abbildung 183 auf den Leser

Seite in die Lage $II-II$, so stellt sich der Kisel in die Richtung $2-2$. Wäre die Drehrichtung des Kiselrahmens dem Uhrzeiger entgegengesetzt gewesen, so würden die Ausschläge des Kiselrahmens nur im umgekehrten Sinne erfolgt sein, d. h. der Lage $I-I$ der Platte würde die Stellung $2-2$ des Kiselrahmens entsprechen. Es gehört also zu einem Kippen

der Grundplatte immer ein bestimmter Ausschlag des Kiselrahmens. Wenn ich nun den der Stellung $I-I$ der

Grundplatte entsprechenden Ausschlag des Rahmens vergrößere, indem ich denselben durch eine Kraft K_1 über die Lage $I-I$ hinausdrehe, etwa nach $3-3$, so erzeuge ich durch diese Drehbewegung des Kiselrahmens eine Kraft Q , welche P_1 entgegengesetzt gerichtet ist, die Grundplatte also wieder in die horizontale Lage zurückbringen würde. Dasselbe Ergebnis würde ich für die Lage $II-II$ durch eine Kraft K_2 erhalten, die dann die Kraft Q' erzeugen würde, welche wiederum der Kippkraft P_2 entgegenwirkt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Ausschlagswinkel α des Kiselrahmens nicht zu gross werden, da die auf-

zu bewegen. Verglichen mit dem vorhin Gesagten heisst das: das Gewicht G , welches den Kisel in die Stellung II zu bringen sucht, entspricht der Kippkraft P_1 (Abb. 181), die Drehbewegung des Kiselrahmens um den Faden entspricht dem Ausschlagen des Rahmens aus der senkrechten Lage $a-a$ in die



Aufsicht auf den Kisel, gesehen in der Richtung des Pfeiles in Abbildung 181.

Lage I—I (Abb. 182) infolge der Einwirkung der kippenden Kraft. Aus der Drehbewegung des Kreiselrahmens um den Faden folgt eine senkrecht dem Gewichte G entgegenwirkende Kraft W , die den Kreisel in der horizontalen Lage hält, entsprechend der in den Abbildungen 181 und 182 aus der Vorrückung des Rahmens resultierenden Kraft Q , welche ein Kippen der Grundplatte verhinderte.

Die Abhängigkeit dieser einzelnen Kräfte und Bewegungen voneinander kann man weiter nachweisen, indem man dem sich um den Faden drehenden Kreiselrahmen durch einen Stoss auf denselben in der Drehrichtung eine schnellere Bewegung verleiht. Man vergrößert dadurch gleichzeitig die Kraft W , die infolgedessen grösser wird als G und den Kreisel aus seiner horizontalen Stellung I etwa in die Stellung III hebt. Verlangsamt man die Drehbewegung des Rahmens um den Faden oder hindert dieselbe, so senkt sich der Rahmen etwa in die Stellung IV, und beim gänzlichen Stillhalten fällt er in die Stellung II, wobei der Kreisel selbst natürlich weiter rotiert. Vergrößere ich andererseits das Gewicht G durch Hinzufügen eines Gewichtes G_1 , so wird die Drehbewegung des Kreiselrahmens um den Faden eine schnellere; daraus resultiert wieder ein Wachsen der Kraft W , welche jetzt $G + G_1$ das Gleichgewicht hält, den Kreiselrahmen also in der Lage I verbleiben lässt.

Mit Hilfe dieser Eigenschaften eines rotie-

Abb. 183.

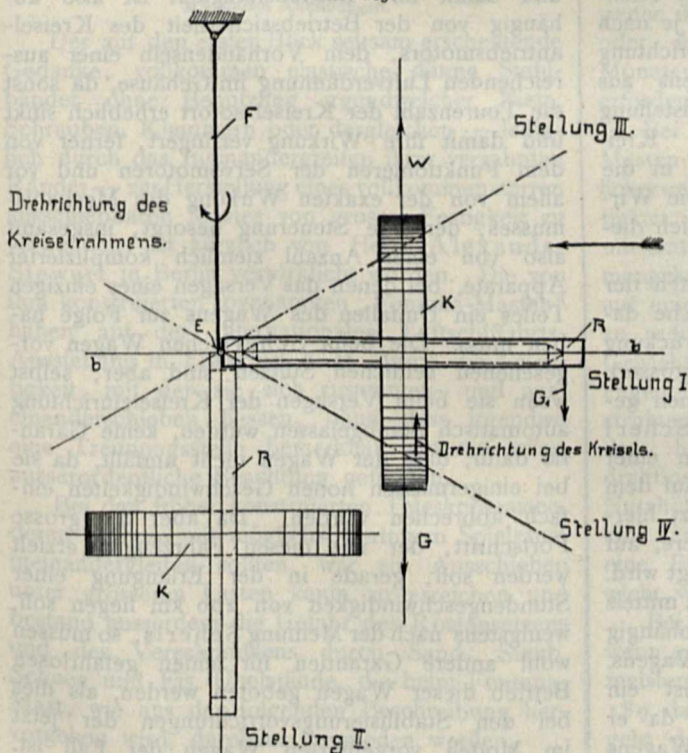
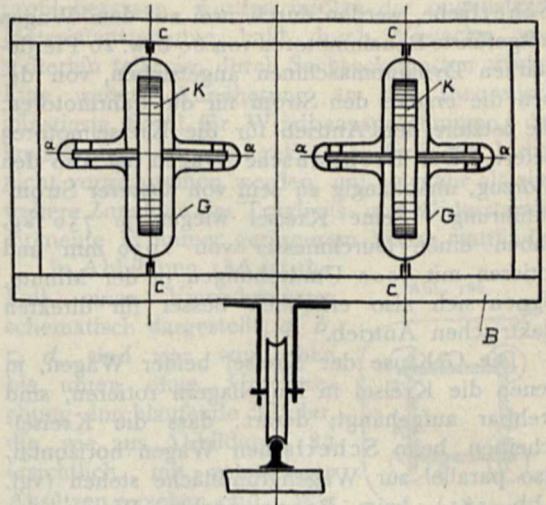


Abb. 184.



Kreiselanordnung beim Brennanschen Wagen.

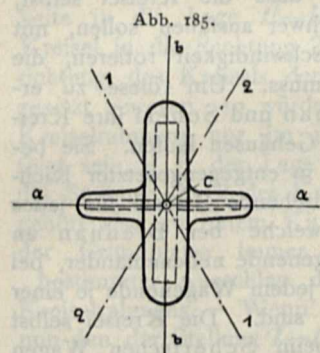
K Kreisel, G Gehäuse, B Grundplatte, des Wagens, C Drehzapfen der Gehäuse.

renden, in einem Rahmen drehbar aufgehängten Kreisels werden also die Einschienerwagen im Gleichgewicht erhalten. Hierzu ist vor allen Dingen erforderlich, dass die Kreisel selbst, wenn sie nicht zu schwer ausfallen sollen, mit einer bestimmten Geschwindigkeit rotieren, die ziemlich hoch sein muss. Um diese zu erreichen, lassen Brennan und Scherl ihre Kreisel in luftverdünnten Gehäusen laufen. Sie benutzen beide je zwei in entgegengesetzter Richtung sich drehende Kreisel für jedes Fahrzeug, welche bei Brennan an einem Wagenende nebeneinander, bei Scherl an jedem Wagenende je einer angeordnet sind. Die Kreisel selbst bestehen beim Scherlschen Wagen aus einer Gusstahlscheibe, wiegen etwa 50 kg und machen 7—8000 Umdrehungen in der Minute. Sie werden direkt von je einem Gleichstrom-Nebenschlussmotor angetrieben. Bei einer Spannung von 110 Volt verbrauchen diese ca. 2,5 Ampere. Der Fahrtrieb des Wagens erfolgt ebenfalls durch Elektromotoren. Sämtliche Motoren beziehen ihren Strom durch Schleifkontakte von einer seitlichen Stromzuführungsleitung. Die Umdrehungszahl von 7—8000 ist für Elektromotoren ausserordentlich hoch, die höchsten bisher üblichen Zahlen hierfür sind 3—4000 Umdrehungen in der Minute. Die verwendeten Motoren haben sich daher bei den Vorführungen für Dauerbetrieb als noch nicht ganz zuverlässig erwiesen.

Bei dem neuesten Wagen Brennans, der kürzlich in England gezeigt

wurde, und der bedeutend grösser ist als der Scherlsche, werden durch zwei auf dem Wagen mitgeführte Benzinmotoren von 80 bzw. 20 Pferdestärken Dynamomaschinen angetrieben, von denen die erstere den Strom für die Fahrmotoren, die letztere den Antrieb für die Kreiselmotoren liefert. Der Brennansche Wagen hat also den Vorzug, unabhängig zu sein von äusserer Stromzuführung. Seine Kreisel wiegen je 750 kg, haben einen Durchmesser von 1050 mm und rotieren mit 3000 Umdrehungen in der Minute, eignen sich also erheblich besser für direkten elektrischen Antrieb.

Die Gehäuse der Kreisel beider Wagen, in denen die Kreisel in Kugellagern rotieren, sind drehbar aufgehängt, derart, dass die Kreisel-scheiben beim Scherlschen Wagen horizontal, also parallel zur Wagengrundfläche stehen (vgl. Abb. 181), beim Brennanschen Wagen dagegen senkrecht (Abb. 184). Jede Kippbewegung hat, wie gesagt, bei beiden Fahrzeugen eine Drehbewegung — „Vorrückung“ — der Gehäuse zur Folge, entsprechend der Vorrückung der Rahmen bei den vorhin besprochenen Experimenten. Diese Bewegung der Gehäuse erfolgt beim



Aufsicht auf das rechte Kreiselgehäuse.

Stellung 1—1 oder 2—2 (Abb. 185.) Die Wirkung ist bei beiden Anordnungen natürlich dieselbe.

Wie anfangs betont, ist zum Aufrichten der Wagen eine Gegenkraft erforderlich, welche dadurch erzeugt wird, dass man die Vorrückung der Kreiselrahmen bzw. Gehäuse vergrössert. Diese Zusatzkraft wird bei beiden Systemen geleistet durch Servomotoren, die bei Scherl durch Pressöl betätigt werden, das von einer elektrisch betriebenen Zentrifugalpumpe auf dem Wagen geliefert wird. Brennan benutzt hierzu Pressluft, die ebenfalls durch besondere, auf dem Fahrzeug mitgeführte Maschinen erzeugt wird. Die Steuerung der Servomotoren geschieht mittels eines Ventils und erfolgt automatisch, abhängig von der jeweiligen Kippbewegung des Wagens. Für diese automatische Regulierung ist ein sehr feinfühligere Apparat erforderlich, da er selbst auf die geringste Schwankung des Wagens

reagieren muss. Diese Apparate beruhen auf dem Prinzip eines Pendels, das bei Schrägstellung des Wagens in seiner Lage bleibt, sich also relativ zum Wagenboden verschiebt. Von dieser grösseren oder kleineren Verschiebung, die genau der Grösse und Richtung der Wagenschwankungen entspricht, ist die Bewegung des Steuerventils für die Servomotoren abhängig gemacht. In Kurven betätigt der Apparat das Steuerventil derartig, dass sich der Wagen genau in der Richtung der Resultierenden aus Eigengewicht und Zentrifugalkraft einstellt.

Die Wirkungsweise der gesamten Stabilisierungseinrichtung ist also zeitlich folgende: 1. Der Wagen kippt infolge einer exzentrischen Belastung, wozu auch die Wirkung der Zentrifugalkraft beim Durchfahren von Kurven zu rechnen ist. 2. Das Pendel verschiebt sich relativ zum Wagen, und gleichzeitig erfolgt die Vorrückung der Kreiselgehäuse. 3. Der Pendelapparat betätigt das Steuerventil für die Servomotoren, und diese üben auf die Gehäuse in deren Vorrückungsrichtung eine Kraft aus, die den Ausschlagswinkel der Gehäuse vergrössert. 4. Dadurch wird die der Kippbewegung des Wagens entgegengerichtete Kraft erzeugt, welche das Fahrzeug in die Gleichgewichtslage bringt bzw. in Kurven entsprechend geneigt einstellt. Diese vier Bewegungen erfolgen in Wirklichkeit natürlich fast gleichzeitig, sind aber, wie gesagt, in der oben angegebenen Reihenfolge durch einander bedingt.

Die Standsicherheit der Einschienewagen und damit ihre Betriebsfähigkeit ist also abhängig von der Betriebssicherheit des Kreiselantriebsmotors, dem Vorhandensein einer ausreichenden Luftverdünnung im Gehäuse, da sonst die Tourenzahl der Kreisel sofort erheblich sinkt und damit ihre Wirkung verringert, ferner von dem Funktionieren der Servomotoren und vor allem von der exakten Wirkung des Mechanismus, der ihre Steuerung besorgt, insgesamt also von einer Anzahl ziemlich komplizierter Apparate, bei denen das Versagen eines einzigen Teiles ein Umfallen des Wagens zur Folge haben muss. Die beim Scherlschen Wagen vorgesehenen seitlichen Stützen sind aber, selbst wenn sie beim Versagen der Kreiseleinrichtung automatisch herabgelassen würden, keine Garantie dafür, dass der Wagen nicht umfällt, da sie bei einigermaßen hohen Geschwindigkeiten einfach abbrechen würden. Da aber der grosse Fortschritt, der mit diesen Fahrzeugen erzielt werden soll, gerade in der Erlangung einer Stundengeschwindigkeit von 200 km liegen soll, wenigstens nach der Meinung Scherls, so müssen wohl andere Garantien für einen gefahrlosen Betrieb dieser Wagen geboten werden, als dies bei den Stabilisierungsvorrichtungen der jetzt im Modell vorgeführten Wagen der Fall ist.

Wenn aber mit diesen Einschienenwagen aus Gründen der Betriebssicherheit nur geringe Geschwindigkeiten erreichbar sind, die etwa den in unseren Bahnbetrieben jeglicher Art augenblicklich gebräuchlichen entsprechen, so ist mit der Einführung solcher Fahrzeuge keinerlei Vorteil verbunden, da wir dann nur an Stelle unserer verhältnismässig einfachen Dampf- und elektrischen Triebmaschinen komplizierte und betriebsunsichere Maschinen setzen würden. Dass der Gedanke der Verwendung nur einer Schiene viel für sich hat, soll nicht bestritten werden. Die Ersparnis hierbei durch die Vereinfachung des Oberbaues, der aber viel schwerer werden muss als bei zwei Schienen, dürfte wohl nur gering sein. Dagegen muss man bedenken, dass jeder einzelne Einschienenwagen seinen besonderen Kreiselantrieb haben muss, der ständig Kraft verbraucht, auch beim Stillstand des Zuges, und der einen immerhin recht beträchtlichen Teil des Wagengewichtes ausmacht, der ständig als tote Last mitgeschleppt wird. Die Resultate, die bisher mit beiden Wagen erzielt worden sind, dürfen nur als Laboratoriumsversuche beurteilt werden. Ob eine praktische Verwertung der Einschienenwagen im grösseren Umfange möglich sein wird, hängt von ihrer weiteren baulichen Ausgestaltung ab. Aus den bisherigen Vorführungen ist jedenfalls noch kein Beweis dafür erbracht.

[11 632]

Die Fontana-Masten.

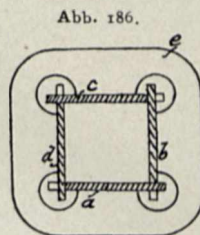
Von Dr. A. GRADENWITZ.
Mit sieben Abbildungen.

Der auf den ersten Blick seltsam erscheinende Gedanke, vollkommen elastische dünne Stahlbänder ohne Benutzung irgendwelcher Nieten, Schrauben, Klammern oder dergleichen — lediglich durch das Ineinandergreifen ihrer verzahnten Ränder — zur Herstellung eines vollkommen starren ausschiebbaren Mastes von grosser Festigkeit zu verwenden, ist kürzlich von Herrn Alexander Siewert in Berlin verwirklicht worden. Die von ihm konstruierten sogenannten „Fontana-Masten“ haben auf der Internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung in Frankfurt a. M. durch die Leichtigkeit, mit der sie sich zusammen- und auseinanderschoben liessen, ohne dass irgendwo eine Trennungsstelle bemerkbar gewesen wäre, ausserordentliche Beachtung gefunden.

Bei den früher konstruierten Teleskopmasten, deren Röhren mit möglichst geringem Spielraum ineinandergleiten sollten, war ein Ausschieben unter grösseren Lasten kaum zu erreichen und bestand ausserdem die Gefahr des Rostansetzens und des Verschmutzens durch Sand, Staub, Schnee und Eis, Übelstände, die beim Fontana-Mast, wie aus der folgenden Beschreibung hervorgehen wird, durchaus vermieden werden.

Die ersten Fontana-Masten, die Dreiecksprofil besaßen, wurden infolge der ungünstigen Materialausnutzung bald durch Vierecks- und späterhin teilweise durch Sechsecksmasten ersetzt. Eine weitere Annäherung an das theoretisch günstigste Profil für Windbeanspruchungen, das kreisförmige, ist aus praktischen Gründen bisher nicht vorgenommen worden, um so mehr als eine weitere Zunahme der Trägheits- und Widerstandsmomente in immer geringerem Masse stattfindet.

In Abbildung 186 ist der Fall eines Vierecksmastes schematisch dargestellt; *a*, *b*, *c*, *d*, sind vier von oben bis unten ohne Unterbrechung durchlaufende Bänder, die, wie aus Abbildung 187 ersichtlich, mit zahnartigen Ansätzen versehen sind. Wie dieselbe Abbildung zeigt, greifen diese Ansätze in die entsprechenden Lücken des daneben liegenden Bandes und fixieren auf diese Weise das Profil nach innen zu. Durch dünne Scheiben (*e*, Abb. 186), die das Profil eng umschliessen, wird ein Ausweichen der Bänder nach aussen hin vermieden.



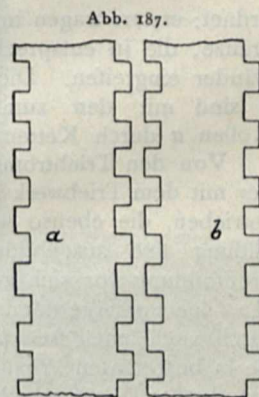
Der das Heben und Senken des Mastes bewirkende Antrieb richtet sich nach dem Verwendungszweck und der angestrebten Widerstandsfähigkeit. Bei transportablen Masten kommt es meistens auf ein schnelles Heben und Senken an, während bei stationären Anlagen ein Zusammenschieben ent-

weder überhaupt nicht oder doch erst nach Monaten und Jahren erforderlich ist.

Bei transportablen Masten ist es begreiflicherweise von Wichtigkeit, das Triebwerk mitsamt dem zusammengekurbelten Mast auf einen Mindestraum zu reduzieren und das Gewicht des Ganzen in engen Grenzen zu halten.

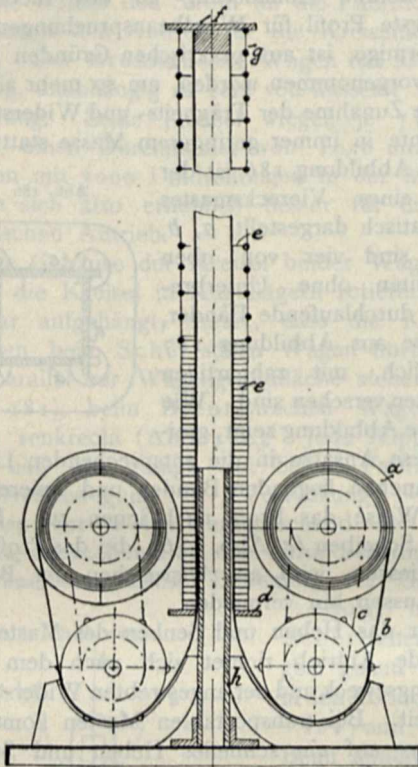
Dass dies dem Konstrukteur gelungen ist, geht daraus hervor, dass beispielsweise ein Mast, wie er für die drahtlose Telegraphie benutzt wird, bei einer Nutzhöhe von 20 m in eingekurbeltem Zustande eine Grundfläche von nur 1 qm einnimmt und eine Bauhöhe von etwa 1,7 m und ein Gewicht von etwa 175 kg besitzt.

Bei derartigen Masten erfolgt der Antrieb, wenn grosse Widerstandsfähigkeit erforderlich ist, meistens durch die in den Abbildungen 188 und 189 dargestellten Trommeln. Von den Rollen *a* geht das Band auf die Trommeln *b*, die teils



als Triebtrommeln, teils als Leitrollen funktionieren. In den Abbildungen 188 und 189 sind zwei Triebtrommeln und zwei Leitrollen ange-

Abb. 188.



ordnet; erstere tragen in der Trommelmitte Zahnkränze, die in entsprechende Ausstanzungen der Bänder eingreifen. Die Trommeln oder Rollen *b* sind mit den zum Aufwickeln dienenden Rollen *a* durch Ketten *c* verbunden.

Von den Triebtrommeln wird das Band nach der mit dem Triebwerk fest verbundenen Platte *d* getrieben, die ebenso wie die Scheibe *e* in Abbildung 186 ausgebildet ist, und an der die Profilbildung vor sich geht. Die mit ihren Zähnen ineinandergreifenden Bänder werden dadurch nach innen fixiert. Auf der Platte *d* sind die in bestimmten Abständen über den Mast zu verteilenden Profilscheiben *e* aufgestapelt; das obere Ende der Bänder ist mit einer Kopfplatte *f* fest verbunden.

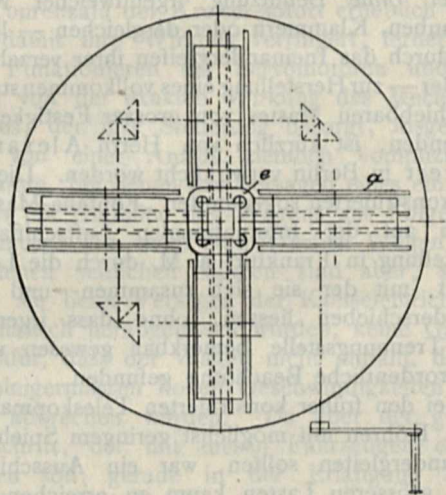
Nach erfolgtem Antriebe der Trommel *b* gehen die Bänder durch die Platte *d* und die aufeinandergeschichteten Profilscheiben *e* hindurch, wobei die Kopfplatte *f* mittelst Gelenken *g* die oberste Profilscheibe mit empornimmt, die ihrerseits mit der nächstfolgenden durch ähnliche Gelenke verbunden ist. Die beliebig variiere Länge der Gelenke bestimmt den Abstand, in dem sich die einzelnen Profilscheiben über die Höhe des Mastes verteilen. Die Kernsäule *h*, die in die aufeinandergeschichteten Profilscheiben hineinragt, nimmt alle Biegungs-

und Vertikalkräfte auf und überträgt sie auf die Grundplatte. Zu diesem Zwecke werden die Bänder nach Hochgang des Mastes durch Klemmen an die Säule gepresst. Die die Trommel in ihrem unteren Teile umschliessenden Führungsbleche führen die Bänder bis zur Platte *d* und verhindern ein Ausweichen der Bänder auf den Trommeln.

Da die nicht getriebenen Bänder durch die Zähne der getriebenen mitgenommen werden, brauchen nicht alle Trommeln als Triebtrommeln ausgebildet zu werden. Der Antrieb erfolgt mittels eines Vorgeleges oder direkt auf die Achse einer der Trommeln *b*, die miteinander durch Kegelräder gekuppelt sind. In Anbetracht der hohen Festigkeit der aus gehärtetem Tiegelsstahl oder naturhartem schwedischem Stahl bestehenden Bänder brauchen die Durchmesser der Trommeln und Rollen nicht gross gewählt zu werden, so dass das Triebwerk nur geringen Raum beansprucht. Da ferner die seitlichen Kräfte, die die Bänder auf die Profilscheiben ausüben, nur gering sind, können diese Scheiben sehr leicht gehalten werden, so dass der zusammengesetzte Mast nur geringe Höhe einnimmt.

Bei leichten Masten, zum Beispiel Antennenmasten für drahtlose Telegraphie, verwendet Herr Siewert an Stelle des im obigen beschriebenen Antriebes einen solchen durch Friktionsrollen, wie in Abbildung 190 dargestellt. Zwei von den Bändern des Mastes (der hier meistens Vierecksprofil besitzt) werden durch Stahlrollen *a* und *b* angetrieben, die durch Federdruck gegeneinander gepresst werden. Der Antrieb erfolgt an der Achse der einen Rolle *a*, die mit

Abb. 189.



den anderen durch Zahnräder gekuppelt ist. Diese Anordnung gestattet eine noch weitergehende Reduzierung von Bauhöhe und Gewicht.

Bei grosser Belastung ausgesetzten Masten erfolgt der Antrieb schliesslich durch eine Pumpen-

schwengelkonstruktion durch Vermittelung eines Dorns in der Mastmitte, der mit Klinken, die in Aussparungen der Bänder eingreifen, das Heben des Mastes bewirkt. Sechskantige Masten werden ähnlich wie in den Abbildungen 188 und 189 ausgeschoben, nur dass hier nicht zwei, sondern meistens drei Bänder angetrieben werden.

In Abbildung 191 ist photographisch ein Mast für Beobachtungszwecke dargestellt, der an der Spitze einen mittels eines Räderwerkes drehbaren Sitz trägt. Wie aus derselben Abbildung ersichtlich ist, sitzt der ganze Mechanismus zwischen zwei leichten Fahrrädern und nimmt nur geringe Höhe ein; ein einziger Arbeiter kann ihn in wenigen Minuten auf die beträchtliche Höhe von 20 bis 25 m emporheben.

Das Verwendungsgebiet der Fontana-Masten ist begreiflicherweise ein sehr umfangreiches. Abgesehen von der schon angedeuteten Verwendung als Antennenmast, kommt vor allem ihre Ausbildung als Signal- und Beobachtungsmasten im Kriege, Träger für Torpedo-Schutznetze usw. in Betracht. Die Zerstörungsgefahr durch feindliche Geschosse kann durch Verpanzern des Triebwerkes vermieden werden. Werden die Bänder durch einen Schuss zerstört, so können die verletzten Enden in kurzer Zeit abgeschnitten und durch den auf den Trommeln aufgewickelten Vorrat ergänzt werden. Der Handbetrieb wird hier vorteilhaft durch motorischen Antrieb ersetzt.

Ferner möge an die Errichtung von grösseren Zeltbauten, an Rettungs- und Reparaturarbeiten sowie an die Montage der Oberleitung elektrischer Bahnen gedacht werden. Für Rettungszwecke kommt neben dem Transport der in Sicherheit zu bringenden Gegenstände und Personen auch die Verwendung des Hohlraumes der Masten zum Emporbringen von Gummischläuchen für Feuerlöschzwecke in Betracht. Ferner dürften die Masten auch zur Herstellung provisorischer Schornsteine für die Lüftung von raucherfüllten Räumen benutzt werden können.

Bei Bauarbeiten kommt vor allem die Verwendung von stationären Masten grösserer Höhe in Betracht, wie diese bisher meistens als Gitterkonstruktionen in Holz und Eisen ausgeführt worden sind. Durch die Leichtigkeit ihres Transportes dürften die Fontana-Masten besonders in schwer passierbaren Gegenden ausserordentlich willkommen sein. Durch die Verwendung hochwertigen Materials werden die Breitendimensionen vermindert, und damit wird dem Winde weit

weniger Angriffsfläche geliefert. Das Baugerüst fällt ganz fort, und die Zeit der Montage wird auf wenige Stunden reduziert. Bei stationären Masten werden die Profilscheiben durch Schellen ersetzt, die den Mast umgeben und mit Schrauben

Abb. 190.

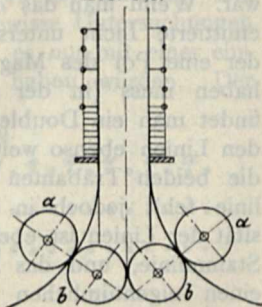
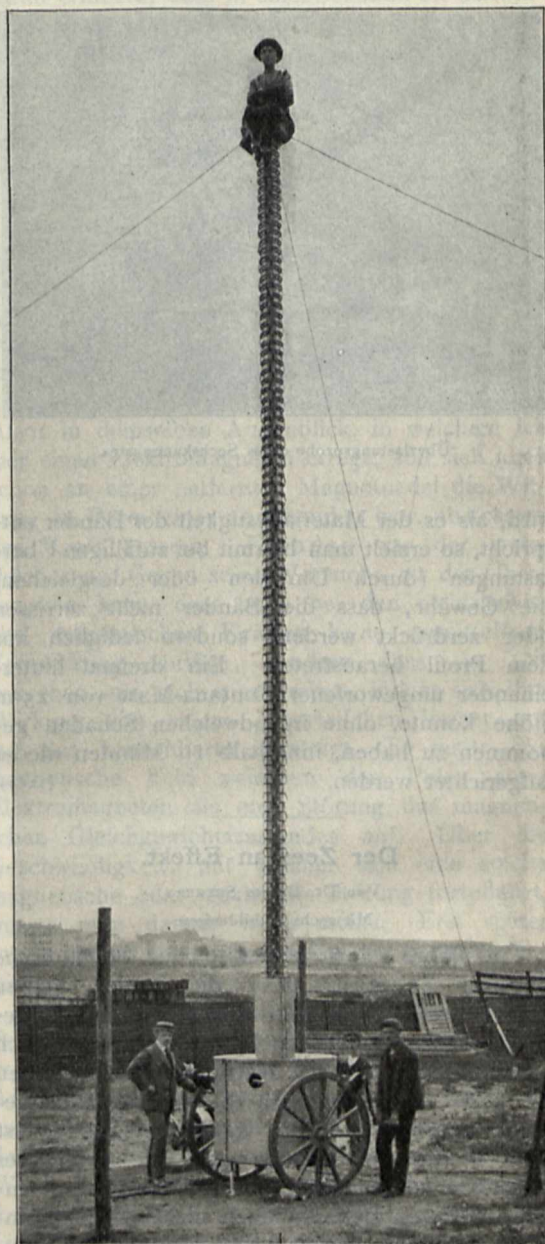


Abb. 191.



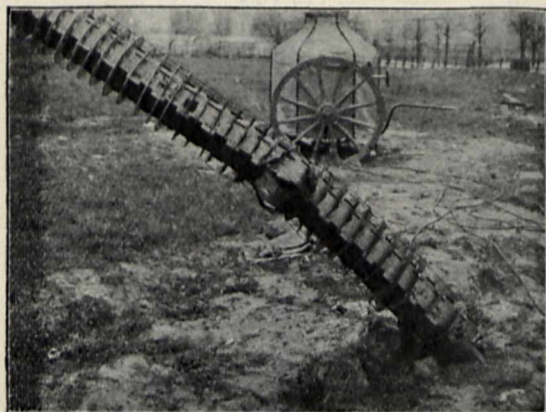
Fontana-Mast.

an ihn angepresst werden; die Verbindungslenke fallen dann fort.

In Abbildung 192 ist die Überlastungsprobe eines Sechskantmastes mit sehr dünnen Bändern dargestellt. An der am stärksten beanspruchten Stelle hat ein Ausweichen der Bänder stattgefunden, und die benachbarten

Profilscheiben sind zur Seite geschleudert worden. Die dadurch entstehende grössere freie Länge zwischen den Scheiben hat zur weiteren Deformation des Mastprofils geführt. Wenn der Abstand der Scheiben etwas grösser gewählt

Abb. 192.



Überlastungsprobe eines Sechskantmastes.

wird, als es der Materialfestigkeit der Bänder entspricht, so erzielt man hiermit bei zufälligen Überlastungen (durch Umfallen oder dergleichen) die Gewähr, dass die Bänder nicht zerrissen oder zerdrückt werden, sondern lediglich aus dem Profil heraustreten. Ein dreimal hintereinander umgeworfener Fontana-Mast von 25 m Höhe konnte, ohne irgendwelchen Schaden genommen zu haben, innerhalb 10 Minuten wieder aufgerichtet werden.

[11629]

Der Zeeman-Effekt.

Von Dr. BRUNO SEEGERT.

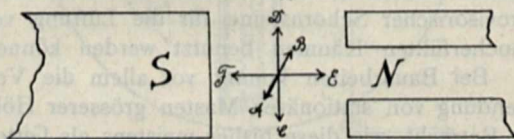
Mit sechs Abbildungen.

Im Jahre 1896 bemerkte der holländische Physiker Zeeman, dass die beiden gelben Linien, welche die mit einem Natriumsalz gefärbte Bunsenflamme im Spektroskop zeigt, sich verbreiterten, wenn die Natriumflamme zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten gebracht wurde, und ihre natürliche Breite erst dann wieder annahm, wenn der Strom des Magneten ausgeschaltet wurde. Wir wollen unseren weiteren Betrachtungen nicht die Natriumlinien, sondern die blaugrüne Cadmiumlinie zugrunde legen, da an ihr der Effekt besonders rein erfolgt. Hier tritt nun, wie spätere Untersuchungen mit Hilfe vervollkommneter Apparate ergeben haben, folgendes ein: Beobachtet man senkrecht zur Richtung der vom Nordpol zum Südpol verlaufenden Kraftlinien des Magneten, also etwa in Richtung AB (vgl. Abb. 193), so zeigt sich, dass neben der ursprünglichen Linie noch rechts und links ein Trabant auftritt. Statt

der einen Linie ist also ein Triplet vorhanden. Jede der drei Linien ist dunkler als die Mutterlinie geworden; auch ist das Licht aller drei polarisiert, während das Licht jener unpolarisiert war. Wenn man das in Richtung der Kraftlinien emittierte Licht untersucht, zu welchem Zweck der eine Pol des Magneten eine Durchbohrung haben muss (in der Zeichnung der Nordpol), findet man ein Doublet, und zwar sind die beiden Linien ebenso weit voneinander entfernt wie die beiden Trabanten des Triplets; die Hauptlinie fehlt jedoch in diesem Fall. Die Intensität der Linien ist ebenfalls geringer als die der Stammlinie, und das Licht beider zeigt wieder einen eigentümlichen Polarisationszustand. Es mag vielleicht den Anschein haben, als ob es schwer wäre, für diese verwickelte Erscheinung eine einfache und vollkommen befriedigende Erklärung zu finden. Doch die Theorie, welche diese Erklärung geben soll, ist gefunden. Ja sie war schon da, bevor das Experiment ausgeführt wurde, und mit dieser Theorie wollen wir uns im folgenden beschäftigen.

Die von Huygens begründete Undulationstheorie nimmt an, dass das Licht durch Schwingungen der kleinsten Teilchen eines hypothetischen Stoffes, des „Äthers“, in Form von Wellen durch den Raum fortgepflanzt wird. Es seien in Abbildung 194 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 usw. nebeneinanderliegende Ätherteilchen, welche, wenn sie aus ihrer Ruhelage entfernt werden, das Bestreben haben, in diese zurückzukehren und dabei pendelnde Bewegungen um sie auszuführen. Wird 1 aus seiner Gleichgewichtslage entfernt, so wirkt es auf 2, dieses wieder auf 3 usw., und es entsteht das, was wir eine fortschreitende Welle nennen. Die Maximalentfernung eines solchen Ätherteilchens von seiner Ruhelage wird mit der Zeit kleiner werden. Die Wellenbewegung klingt ab und erstickt schliesslich ganz. Das Teilchen 1 bekommt vielleicht nach einer gewissen Pause einen neuen Stoss, der es aber in ganz anderer Richtung als vorher, etwa senkrecht zur Papierebene, schwingen machen wird; dann mag vielleicht ein dritter Stoss das Teilchen wieder in ganz anderer Richtung schwingen

Abb. 193.

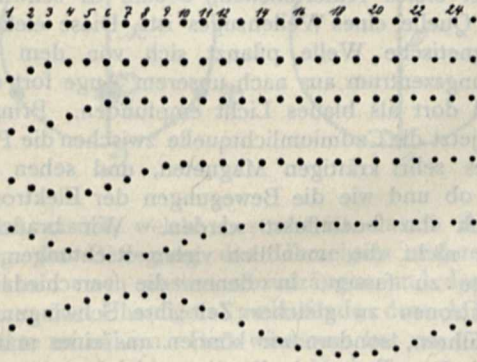


lassen, usf. Dies wiederholt sich Tausende von Malen in der Sekunde, und ebensooft wechselt die Schwingungsrichtung des dadurch hervorgerufenen Wellenzuges. Es ist ja auch nicht recht ersichtlich, weswegen eine bestimmte Richtung hier bevorzugt werden sollte. Wir haben

es hier mit natürlichem Lichte zu tun, wie es uns z. B. die Sonne zuschickt oder eine Kerze ausstrahlt.

Diese unendliche Mannigfaltigkeit der Schwingungsrichtungen ist aber zuweilen störend. Die Verhältnisse würden für gewisse Untersuchungen einfacher liegen, wenn wir es nur mit einer einzigen von ihnen zu tun haben würden. Der

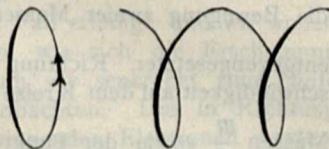
Abb. 194.



Physiker besitzt nun in der Tat Apparate, welche von einem auffallenden natürlichen Lichtstrahl nur diejenigen Schwingungen durchlassen, welche in einer ganz bestimmten Richtung vor sich gehen. Ich kann also für Versuche Lichtstrahlen beschaffen, bei denen, immer im Sinne der Huygensschen Undulationstheorie gesprochen, z. B. die Ätherteilchen nur von oben nach unten schwingen, etwa wie es Abbildung 194 zeigt. Einen solchen Lichtstrahl nennt man linear polarisiert, und zwar sagt man, er sei polarisiert in einer Ebene, welche senkrecht zur Schwingungsrichtung aller Ätherteilchen liegt; Schwingungsrichtung und Polarisationssebene stehen senkrecht aufeinander.

Noch einen merkwürdigen Schwingungszustand des Lichtes wollen wir erwähnen, da wir ihn zu unseren Betrachtungen über den Zeeman-Effekt brauchen werden. Führt nämlich das Ätherteilchen l in obigem Falle seine pendelnden Bewegungen nicht auf einer Geraden aus, sondern auf einem Kreise (vgl. Abb. 195), so wird es sein Nachbartheilchen zu einer eben-

Abb. 195.



solchen kreisförmigen Schwingung veranlassen, und dieses wieder das folgende. Die Teilchen werden also zu gleicher Zeit auf einer spiralförmigen Linie angeordnet sein. Lichtstrahlen, welche durch solche Wellenzüge hervorgerufen werden, nennt man kreisförmig oder zirkular polarisiert, und zwar unterscheidet man rechts- und linkshändig zirkular polarisiertes Licht, je nachdem die Spirale rechts oder links

gewunden ist. Wir wollen nicht darauf eingehen, wie solcher Polarisationszustand hervorgerufen wird, es möge uns genügen, dass die physikalischen Methoden uns ermöglichen, die Ätherteilchen zu solchen Schwingungen zu veranlassen und auch genau festzustellen, welcher Schwingungszustand vorliegt. Wenn wir uns nun noch daran erinnern, dass in einer Sekunde die Schwingung eines Ätherteilchens in der oben beschriebenen Weise sich bis zu einem 300000 km entfernten überträgt, oder, wie man gewöhnlich sagt, dass das Licht in einer Sekunde 300000 km zurücklegt, so haben wir alles zusammengestellt, was wir dem Gebiet der Optik für unseren Zweck entnehmen müssen.

Während also schon lange anerkannt war,^{*)} dass die Fortpflanzung des Lichtes auf der Übertragung einer Bewegung von einem Teilchen auf ein benachbartes beruht (sogenannte Nahewirkung), nahm man bis vor etwa 60 Jahren an, dass die elektrischen und magnetischen Kräfte unmittelbar und momentan in die Ferne wirkten. Also: in demselben Augenblick, in welchem ich hier einen Elektromagneten errege, soll sich auch schon an einer entfernten Magnetnadel die Wirkung in Form einer anziehenden bzw. abstossenden Kraft äussern. Faraday war der erste, welcher auf Grund seiner Versuche zu der Überzeugung kam, dass auch bei den elektrischen und magnetischen Kräften keine unmittelbare Fernwirkung vorläge, sondern dass sie Zeit brauchen, um sich auszubreiten, indem sich ihre Wirkung von einem Ätherteilchen immer nur auf das benachbarte überträgt. Er fasste das magnetische Feld zwischen den Polen eines Elektromagneten als eine Störung des magnetischen Gleichgewichtszustandes auf. Über die Geschwindigkeit, mit welcher sich eine solche magnetische oder elektrische Störung fortpflanzt, wusste man damals noch nichts. Erst später wurde sie zu etwa 319000 km per Sekunde bestimmt.

Die Übereinstimmung dieses Wertes mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist so gross, dass der englische Physiker Maxwell die Annahme machen konnte, auch das Licht sei nur eine „elektromagnetische Störung, welche durch das elektromagnetische Feld in Form von Wellen gemäss den elektromagnetischen Gesetzen fortgepflanzt wird.“ Diese „elektromagnetische Lichttheorie“ Maxwells erhielt dann die glänzendste Bestätigung, als es Heinrich Hertz 1888 gelang, auf rein elektrischem Wege elektromagnetische Schwingungen zu erzeugen und nachzuweisen, dass sie denselben Gesetzen gehorchten wie die Lichtschwingungen, dass sie eben wie diese gebrochen und reflektiert würden.

Diese Theorie vermochte jedoch die Tat-

^{*)} Huygens lebte vor etwa 300 Jahren.

sache nicht zu erklären, dass in einem durchsichtigen Körper die Strahlen verschiedener Wellenlänge mit verschiedener Geschwindigkeit fortgepflanzt oder, was damit zusammenhängt, bei schräger Incidenz auf die Trennungsfäche zweier optischer Medien verschieden stark gebrochen werden. Nach der Maxwellschen Theorie müsste der Brechungsindex für alle Strahlen der gleiche, und zwar gleich der Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstanten der betreffenden Substanz sein. Dies stimmt jedoch nur für wenige durchsichtige Gase, deren Dispersion ja überhaupt sehr gering ist, keineswegs jedoch für die meisten anderen Substanzen. Diese Tatsache, nämlich die Änderung der Geschwindigkeit eines Lichtstrahles beim Übergang in ein anderes Medium, zu erklären, war die Aufgabe der Dispersionstheorien. Sie nehmen alle an, dass die kleinsten Teile eines Körpers die Möglichkeit zu Eigenschwingungen besitzen, welche mehr oder weniger stark erregt werden, je nachdem die Schwingungszahl des einfallenden Lichtes mehr oder weniger mit der der Eigenschwingung übereinstimmt. So kann man die Dispersionserscheinungen gut erklären.

Die älteren mechanischen Theorien nahmen an, dass die Moleküle bzw. Atome eines Körpers dieser Eigenschwingungen fähig seien. Viel einfacher und physikalisch verständlicher ist jedoch die Elektronentheorie. Hier ist der durch die Elektrolyse nahegelegte Gedanke eingeführt worden, dass jedes Molekül eines Körpers aus positiv und negativ elektrisch geladenen Atomen bzw. Atomgruppen besteht. Man pflegt ein solches Elektrizitätsquantum ein Elektron zu nennen und der Vereinigung eines solchen Elektrons mit einem Massenteilchen den Namen Ion beizulegen. Die negativen können auch frei, d. h. nicht an ein Massenteilchen gebunden, auftreten, dagegen ist es bisher nicht gelungen, freie positive Elektronen nachzuweisen. Die elektrische Ladung besitzt nun eine gewisse Gleichgewichtslage, um die herum sie Schwingungen von bestimmter Periode ausführen kann, wenn sie durch äussere Einflüsse, etwa durch einfallende elektromagnetische Schwingungen (also nach der Maxwellschen Anschauung auch durch einen Lichtstrahl), daraus entfernt wird.

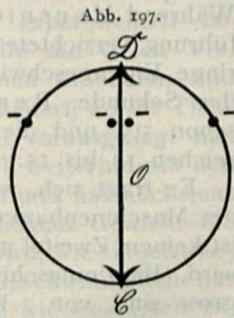
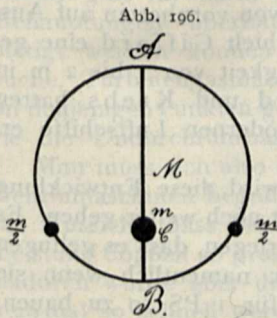
Nach dieser Abschweifung wollen wir zu unserem eigentlichen Thema zurückkehren. Betrachten wir zunächst die Vorgänge in der zu unserem Versuch benötigten Cadmiumflamme. Weshalb emittiert die Bunsenflamme jenes blaugrüne Licht, sobald etwas Cadmium hineingebracht wird? Die Elektronentheorie gibt uns als Antwort, dass in dem durch die Erhitzung in der Flamme entstehenden Cadmiumdampf die an die Cadmiumatome geketteten negativen Elektronen eben durch die hohe Temperatur aus ihrer Gleichgewichtslage herausgerissen werden,

um dann um diese Schwingungen auszuführen, ebenso wie ein Pendel, welches aus seiner Ruhelage entfernt wurde, beim Loslassen auch nicht sofort in diese zurückkehrt, sondern langsam abklingende Schwingungen von ganz bestimmter Zeitdauer ausführt.

Eine solche hin- und herschwingende elektrische Ladung erzeugt nun aber eine elektromagnetische Welle, ebenso wie in Abbildung 194 unser erstes Ätherteilchen, sobald es schwingt, die Quelle eines Wellenzuges ist. Diese elektromagnetische Welle pflanzt sich von dem Erregungszentrum aus nach unserem Auge fort und wird dort als blaues Licht empfunden. Bringen wir jetzt die Cadmiumlichtquelle zwischen die Pole eines sehr kräftigen Magneten, und sehen wir zu, ob und wie die Bewegungen der Elektronen durch ihn beeinflusst werden. Wir brauchen nun nicht die unendlich vielen Richtungen ins Auge zu fassen, in denen die verschiedenen Elektronen zu gleicher Zeit ihre Schwingungen ausführen, sondern wir können uns eines mathematischen Satzes bedienen, welcher uns sagt, dass wir genau dieselben Wirkungen erreichen und das Problem doch streng behandeln, wenn wir drei beliebige zueinander senkrechte Richtungen festhalten und annehmen, dass je ein Drittel sämtlicher Elektronen nur in einer Richtung schwingt. Die eine Achse EF dieses rechtwinkligen Koordinatensystems legen wir in die Richtung der vom Nordpol N zum Südpol S übergehenden Kraftlinien des Magneten und bezeichnen die beiden anderen dazu senkrechten mit AB und CD (vgl. Abb. 193). Wir wollen uns zunächst mit den in der Richtung CD schwingenden Elektronen beschäftigen, vorher jedoch noch einen Satz der Mechanik besprechen, den wir zur Hilfeleistung heranziehen. Es sei in der Abbildung 196 AB die Bahn der Masse m , welche zwischen diesen Punkten pendelförmige Schwingungen ausführt. Ich schlage nun um M mit $MA = \frac{1}{2} AB$ als Radius einen Kreis, dann kann ich die Bewegung der Masse m in ihren äusseren Wirkungen vollkommen ersetzen durch die Bewegung zweier Massen $\frac{m}{2}$, welche ich in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit auf dem Kreise rotieren lasse. Diese Massen $\frac{m}{2}$ sowie der Punkt C müssen nur immer auf einer zu AB senkrechten Geraden liegen.

Nun kehren wir zu unseren Elektronen zurück, die in Richtung CD schwingen. Wir greifen von ihnen zwei heraus, welche sich in gleichem Schwingungszustand befinden, und denken uns die Bewegung dieser beiden durch die zweier anderer ersetzt, welche sich in kreisförmiger Bahn in der in Abbildung 197 durch Pfeile angedeuteten Richtung bewegen. Ihre Umlaufzeit

sei gleich der Zeit, welche die ursprünglichen Elektronen benötigten, um die Strecke *DOCOD* zu durchlaufen. Dann folgt aber aus elektrodynamischen Gesetzen, dass das Magnetfeld eine

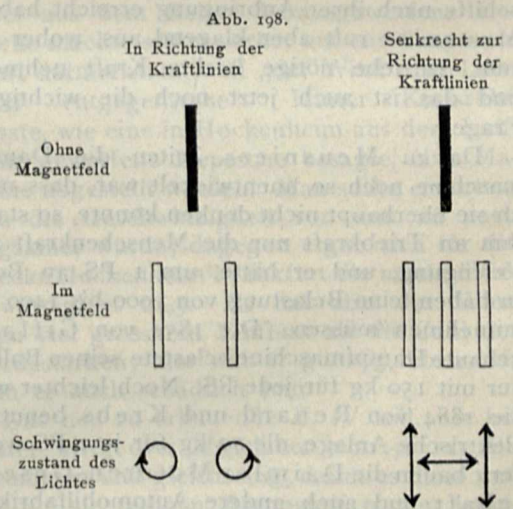


Kraft ausübt, welche bestrebt ist, das in Richtung der Bewegung des Uhrzeigers rotierende Elektron nach aussen abzurängen und das im Sinne des Uhrzeigers umlaufende dem Mittelpunkt zu nähern. Dies wiederum hat zur Folge, dass ersteres eine längere Umlaufzeit erhält und die des letzteren verkürzt wird, ebenso wie in unserem Sonnensystem die der Sonne näheren Planeten eine kürzere Umlaufzeit haben als die entfernteren. Die beiden Elektronen werden also verschiedene Schwingungszahlen erhalten, und zwar wird die des einen um ebensoviel vergrößert werden, wie die des anderen kleiner wird. Wir werden also im Spektroskop an Stelle der einen Linie deren zwei sehen, von denen die eine aus rechtshändig, die andere aus linkshändig polarisiertem Licht gebildet wird. Genau dieselbe Überlegung wie für die Richtung *CD* gilt auch für *AB*, denn beide sind ja in bezug auf die Richtung der magnetischen Kraftlinien gleichwertig. Die in Richtung *EF* schwingenden Elektronen kommen für diesen Fall nicht in Betracht, da sie uns keine transversalen Wellen zusenden können und longitudinale Wellen im Äther noch nicht beobachtet worden sind. Die Theorie erklärt also vollkommen das Auftreten des Doublets sowie die Polarisation des Lichtes der Trabantenlinien.

Damit ist dieser Fall erledigt, und wir wollen uns jetzt überlegen, wie sich die Erscheinung gestalten wird, wenn wir senkrecht zum Laufe der Kraftlinien beobachten. Die in Richtung *AB* und *CD* schwingenden Elektronen werden, wie wir eben gesehen haben, so beeinflusst, dass wir ihre Wirkung durch die zweier anderer ersetzen können, welche, das eine in kürzerer, das andere in längerer Zeit, in Kreisen senkrecht zu *EF* rotieren, und welche uns, in Verlängerung von *EF* gesehen, kreisförmig polarisiertes Licht zusenden. In jeder zu *EF* senkrechten Richtung wird sich aber diese Kreisbewegung der beiden Elektronen nur als ein Auf- und Niederpendeln bemerkbar machen, d. h.

es werden uns zwei in Richtung der Kraftlinien linear polarisierte elektromagnetische Wellen zugesandt, von denen die eine eine kleinere, die andere eine grössere Schwingungszahl hat als das ursprüngliche Licht. Die Bewegung der in Richtung der Kraftlinien schwingenden Elektronen wird aber, wie uns die Elektrodynamik sagt, durch das Feld nicht beeinflusst. Da die Schwingungen in diesem Fall aber senkrecht zur Sehachse vor sich gehen, so erhalten wir ausserdem noch einen Wellenzug, welcher senkrecht zu den beiden anderen polarisiert ist. Das im zweiten Fall sichtbare Triplet sowie die auftretende Polarisation haben also eine einfache Erklärung gefunden.

In der Abbildung 198 sind die auftretenden Effekte sowie die Schwingungsrichtung der Elektronen dargestellt. Es bietet Schwierigkeiten, eine Photographie des Phänomens zu reproduzieren, denn die Trennung der Linien ist nur gering. Zur Beobachtung des Zeeman-Effektes sind überhaupt aussergewöhnliche Hilfsmittel erforderlich. Einerseits muss das Spektroskop ein hohes Auflösungsvermögen haben. Man verwendet daher mit Vorteil Beugungsgitter oder sogar Interferenzspektroskope. Andererseits müssen die Elektromagnete sehr stark sein; denn mit der Stärke des magnetischen Feldes wächst auch der Unterschied in den Schwingungszahlen des Komponenten, so dass es bei Anwendung eines schwachen Feldes nicht möglich ist, die Trennung der Linien im Spektroskop herbeizuführen. Schon Faraday hat im Jahre 1862 das von einer zwischen den Polen eines Elektromagneten befindlichen Natriumflamme emittierte Licht unter-



sucht, doch konnte er in seinem Steinheil'schen Spektroskop keine Trennung beobachten. Und auch Zeeman gelang, wie wir oben gesehen haben, diese Trennung in die einzelnen Komponenten nicht mit seinem ursprünglichen Appa-

rat, doch fand er, dass die Linien verbreitert und das von ihren Rändern ausgesandte Licht in der oben beschriebenen Weise polarisiert war.

[11 622]

RUNDSCHAU.

Prophezeien ist ein schlechtes Geschäft: man kann zu leicht durch irgendeinen nicht gehaltenen Fortschritt des Irrtums überführt werden. Wenn ich mich hier trotzdem mit diesem Geschäft abgeben will, so muss ich vorher ausdrücklich erklären, dass ich nicht schlechtweg für alle Zukunft prophezeien will, sondern nur für die nächste und diese so abgrenzen, dass ich keine grundsätzlich neue Erfindung mit in Betracht ziehe. Mit anderen Worten, ich will hier nur die Frage zu beantworten versuchen: was lässt sich mit den jetzt in der Technik bekannten Mitteln für den Verkehr durch die Luft erreichen?

Nachdem 1783 die Gebrüder Montgolfier in ihrer Heimat Annonay im Rhonetal und kurz darauf Charles in Paris den Luftballon erfunden hatten, gab schon im darauffolgenden Jahre der General Meusnier ausführlich an, wie ein lenkbarer Ballon gebaut werden müsse. Die jetzigen Lenkballons unterscheiden sich von jenem Entwurf prinzipiell nur durch die Stabilisierungsflossen, welche Renard und Krebs erfunden haben, gegen deren Anwendung sich Graf Zeppelin so lange gesträubt hat, und deren Nutzen durch nichts besser bewiesen wird als durch den ruhigen Gang, den die Zeppelinschen Luftschiffe nach ihrer Anbringung erreicht haben. Meusnier ruft aber klagend aus, woher die zum Antriebe nötige leichte Kraft nehmen; und das ist auch jetzt noch die wichtigste Frage.

Da zu Meusniers Zeiten die Dampfmaschine noch so unentwickelt war, dass man an sie überhaupt nicht denken konnte, so stand ihm an Triebkraft nur die Menschenkraft zur Verfügung, und er hätte, um 1 PS an Bord zu haben, eine Belastung von 1000 bis 1400 kg mitnehmen müssen. Die 1852 von Giffard gebaute Dampfmaschine belastete seinen Ballon nur mit 150 kg für jede PS. Noch leichter war die 1884 von Renard und Krebs benutzte elektrische Anlage, die 72 kg für je 1 PS wog. Jetzt bauen die Daimler Motoren-Gesellschaft und auch andere Automobilfabriken Maschinen, welche 5 bis 4 kg für je 1 PS wiegen ja, wenn man auf Wasserkühlung verzichtet, sogar nur 3 bis 2 kg. Der in diesen Zahlen zum Ausdruck kommende Fortschritt der Maschinenbaukunst ist für das Folgende vorteilhafter umgekehrt auszudrücken, indem man an-

gibt, wieviel Pferdestärken mit 1000 kg Maschinengewicht entwickelt werden können. Danach hätte Meusnier erhalten können 0,8 PS, Giffard 6, Renard und Krebs 14 und die modernen Luftschiffe 200 bis 250. Während Meusnier von vornherein auf Ausführung verzichtete, erhielt Giffard eine geringe Eigengeschwindigkeit von 1 bis 2 m in der Sekunde, Renard und Krebs hatten schon 5,5, und die modernen Luftschiffe erreichen 12 bis 15.

Es fragt sich, wie wird diese Entwicklung der Maschinenbaukunst noch weiter gehen. Es ist keinem Zweifel unterlegen, dass es gelingen wird, Benzinmaschinen, namentlich wenn sie gross sind, von 2 kg für 1 PS so zu bauen, dass sie auch für Dauerleistungen brauchbar sind. Das aber wird wohl die Grenze sein. Auch beginnt dann schon das Gewicht des mitzuführenden Brennstoffes neben dem der Maschine von erheblichem Einfluss zu sein, so dass es nicht mehr lohnt, die Maschine noch weiterhin leichter zu bauen. Wenn aber die Maschine nur doppelt so kräftig wird, so ändert sich die Geschwindigkeit zu wenig.

Da der Luftwiderstand nach den besten bis jetzt vorliegenden Messungen mit dem Quadrat der Geschwindigkeit sich ändert, so muss die Leistung der Maschine mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit zunehmen; d. h. es ist zur Erzielung einer doppelten Geschwindigkeit die achtfache Maschinenleistung nötig.

Dieses theoretisch abgeleitete Gesetz wird von der Erfahrung vollkommen bestätigt. Während die Geschwindigkeit seit Renard im Verhältnis 1:2,6 schneller geworden ist, ist die Leistung der Maschinen im Verhältnis $1:18 = 1:2,6^3$ grösser geworden. Graf Zeppelin hat mit seinen 30 PS 1906 ungefähr 7 m/sec erreicht, jetzt, mit den 230 PS, erreicht er 13 bis 14 m/sec: die Maschinenleistung ist ungefähr die achtfache, die Geschwindigkeit die doppelte. Also kann die noch mögliche Verdoppelung der Leistung der Benzinmaschine nicht mehr viel helfen.

Darf man nun von anderen Kraftmaschinen etwas erwarten?

An Antriebsmaschinen sind zurzeit bekannt: Elektromotoren in Elektromobilen, Dampfmaschinen auf der Eisenbahn und den Dampfschiffen und Benzinmaschinen in den Automobilen. Die ersteren sind viel zu sehr *glebae adscripti*, sie dürfen sich nicht zu weit von der Ladestelle der Akkumulatoren entfernen. Dampfmaschinen sind wegen des Kessels stets zu schwer. Es bleiben also die Benzinmaschinen. Von allen Maschinen mit innerer Verbrennung, zu denen die Benzinmaschinen gehören, sind diese die leichtesten. Nun ist aber der alten Kolbendampfmaschine in der Tur-

binendampfmaschine ein erfolgreicher Konkurrent erwachsen. Liesse sich nicht auch eine Turbinengasmaschine erfinden? Die Theorie hat diese Frage mit nein beantwortet, und die Praxis gibt ihr darin recht, soweit negative Behauptungen überhaupt experimentell bestätigt werden können: alle die vielen Versuche, Turbinengasmaschinen zu bauen, sind an denjenigen Punkten gescheitert, wo die Theorie die Undurchführbarkeit vorausgesagt hat.

Man muss sich also auch weiterhin mit den Benzinmaschinen begnügen und hat höchstens die Aussicht, dass bei gleichem Gewicht die Leistung doppelt so gross wird, wie sie jetzt ist; dadurch würde aber die Geschwindigkeit nur 1,26 mal so schnell werden, wie sie zurzeit ist, d. h. ungefähr 17 m/sec oder in anderem Mass 60 bis 65 Stundenkilometer. Das wäre ja auch eine recht zufriedenstellende Geschwindigkeit, die schon mit der recht vieler Eisenbahnzüge konkurrieren könnte, wenn sie nicht an die Bedingung absolut windstiller Luft gebunden wäre, eine Bedingung, die bei uns wohl niemals erfüllt ist.

Unter dem Einfluss des Windes erhält man aber ganz andere Zahlen.

Z. I hat auf seiner Pfingstfahrt in der Richtung nach Berlin, die in Bitterfeld abgebrochen wurde, bis dorthin eine Reisegeschwindigkeit von 24 Stundenkilometern gehabt; bei seiner Überführung nach Metz von Biberach an, wo besonders günstiges Wetter abgewartet worden war, 38; *Z. II* auf der Fahrt nach Friedrichshafen zur *Ila* 30 und von dort auf der zweiten Fahrt nach Köln, nachdem die erste wegen zu starken Windes nicht hatte durchgeführt werden können, 38; *Z. III* auf der Rückfahrt von seiner Berliner Reise von Bülzig bis Friedrichshafen 24; auf seiner Reise nach Frankfurt 24; nachdem er von dort aus die Manöver in Süddeutschland nicht rechtzeitig erreicht und die Reise über Westfalen und das Rheinland nur teilweise ausgeführt hatte, auf seiner Rückreise 31.

Das in Frankfurt während der Ausstellung stationierte Luftschiff nach *Parseval's* Bauart hat *Z. III* auf einer seiner Fahrten von Frankfurt aus begleitet und dabei eine etwas grössere Geschwindigkeit entwickelt als dieses, trotzdem es nur 200 PS an Bord hatte gegen 230 PS des *Z. III*. Ein Vertreter der Zeppelin-Luftschiffbau-G. m. b. H. hat diesen Unterschied darauf zurückzuführen versucht, dass das *Parseval*-Luftschiff in höheren Luftschichten geschwommen habe, welche günstigere Windverhältnisse dargeboten hätten.

Wer hat denn dem Führer von *Z. III* verboten, dieselben günstigen Windverhältnisse aufzusuchen, oder ist etwa *Z. III* in bezug auf das Hochsteigen dem *Parseval*-Luftschiff

unterlegen? Gross war übrigens der Unterschied der Geschwindigkeit nicht.

Von unserem Militärluftschiff *Gross II* ist nur eine Fahrt so bekannt geworden, dass man die Reisegeschwindigkeit berechnen kann; auf der 233 km langen Strecke von Tegel bis Apolda war sie 44 km in der Stunde.

Das diesem ziemlich ähnliche französische Militärluftschiff *Ville de Nancy* hat seine Überführung von Beauval bis in das 265 km entfernte Nancy mit einer Geschwindigkeit von 52 km in der Stunde bewerkstelligt. *La République*, das mit grossem Erfolg an den französischen Manövern teilgenommen hat und später auf so schreckliche Weise verunglückt ist, hat auf einer 210 km langen kreisförmigen Übungsfahrt eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 30 km in der Stunde erreicht.

Im Mittel beträgt somit die Reisegeschwindigkeit 30 bis 35 Stundenkilometer. Durch Verdoppeln der Leistungsfähigkeit der Maschinen würde man dann eine Reisegeschwindigkeit von 45 bis 50 Stundenkilometer erreichen, das ist etwa mehr als das 1,26fache; denn je schneller die Eigengeschwindigkeit, um so mehr tritt der Einfluss des Windes zurück. Geschwindigkeiten, welche denen der Schnellzüge gleichkommen, können die Luftschiffe durch Verbessern der Maschinen nicht erreichen.

Ein sehr krasses Beispiel für den geringen Einfluss einer doppelten Leistung der Maschine gibt die Fahrt des *Z. III* nach Frankfurt. Auf der Strecke Friedrichshafen-Basel war die Geschwindigkeit 45 Stundenkilometer; von Basel bis Karlsruhe dagegen nur 21. Eine kurz hinter Basel aus dem Ballon herausgeworfene Depesche machte schon vorher auf eine langsame Fahrt aufmerksam, weil „der Wind dem Luftschiff entgegenstehe“. Hinter Karlsruhe musste, wie eine in Hockenheim aus dem Luftschiff geworfene Depesche besagte, eine Maschine abgestellt werden. Man sollte erwarten, dass die Geschwindigkeit von nun an noch langsamer wurde; dagegen ergab sich für die Strecke Hockenheim-Frankfurt die mittlere Geschwindigkeit 24,5. Es hat also der Wind einen viel grösseren Einfluss als die Zahl der Pferdestärken; hier war er günstig, ebensooft kann er auch schädlich sein.

Das neu zu erbauende *Z. IV* soll, wie berichtet wird, drei Maschinen von je 115 PS bekommen und gleichzeitig, damit es diese und den für sie nötigen Brennstoff tragen kann, bedeutend grösser werden. Es wird so in kurzem der experimentelle Beweis erbracht werden, ob durch weiteres Vergrössern des Luftschiffes die Geschwindigkeit noch schneller werden kann oder nicht. Viel aber kann selbst im günstigsten Falle nicht erreicht werden.

Nun wäre es möglich, dass die Luftschiffe selbst noch verbessert werden könnten. Das starre System scheint ja nicht ganz die Geschwindigkeit zu ermöglichen, mit der die Vertreter der anderen Systeme schwimmen. Von einem Parseval-Lenkballon ist schon oben gesprochen. Die für *Gross II* und *Ville de Nancy* gegebenen Zahlen sind ebenfalls grösser als die von irgendeinem Vertreter des starren Systems auf ähnlich langer Strecke erreichten Geschwindigkeiten. Es wäre nun ganz eigenartig, wenn gerade diese Luftschiffe vom Wind so begünstigt worden wären wie keines der starren Luftschiffe auf einer seiner Fahrten.

Dieser Unterschied gibt uns die Hoffnung, dass durch Vereinigen der Vorzüge der verschiedenen Systeme ein günstigster Typus geschaffen werden könne. Vielleicht lässt sich durch Anwendung anderer Baustoffe, z. B. des von Dr. Wagner vorgeschlagenen Papieres, die tote Last der starren Luftschiffe noch weiter verringern. Wenn man sich aber der oben gegebenen Gegenüberstellung der Zunahme der Leistungsfähigkeit und der der Geschwindigkeit erinnert, bei der auf die Verschiedenartigkeit der Ausführungen gar keine Rücksicht genommen war, so muss man zugeben, dass auch diese Hoffnung recht klein ist.

Über die Kosten der Luftschiffahrt lässt sich noch wenig sagen. Selbst die mit dem Geld des deutschen Volkes gegründete Zeppelin-Luftschiffbau-G. m. b. H. hält ihre Erfahrungen in bezug auf Anlagekapital und Betriebskosten recht geheim. Da aber schon eine Ballonhalle nach dem vom Grafen Zeppelin genehmigten Entwurf 700 000 M kosten soll, so ist es klar, das ein einzelner sich niemals einen Lenkballon starren Systemes beschaffen kann. Selbst wenn beim Parseval-Lenkballon Ballon, Halle und Bedienung billiger werden — ein starrer Ballon hat zehn Mann Bedienung nötig, ein Parseval-Ballon nur drei, trotzdem beide die gleiche Zahl von Fahrgästen tragen —, so bleibt doch auch für diesen der Anschaffungspreis zu teuer für einen einzelnen: Luftschiffe können nur für Mengentransport dienen. Das ist aber eine der wichtigsten Forderungen die Pünktlichkeit, und diese kann vom Luftschiff niemals eingehalten werden. Bei den Fahrten der Zeppelinschen Luftschiffe kommen Schwankungen der Geschwindigkeit innerhalb derselben Fahrt im Verhältnis 1:4 vor; für welche soll da der Fahrplan aufgestellt werden? Der Lenkballon kann wohl in vielen Fällen den Ort angeben, wo er landen will, niemals aber die Zeit. Auf der Fahrt des *Z. III* nach Frankfurt, die schon oben ein Beispiel hergegeben hat, hat in Offenburg der leitende Ingenieur, nachdem er schon längst die im Rheintal herrschenden Windverhältnisse

erkannt hatte, um 11 h 20' ein Telegramm herausgeworfen, dass er um 1 h bei der Truppenschau in Karlsruhe anwesend sein werde. Erreicht hat das Luftschiff Karlsruhe um 2 h 40', also statt 1 Stunde 40 Minuten 3 Stunden 20 Minuten gebraucht. So wenig lässt sich selbst während der Fahrt ein Fahrplan bestimmen.

Nun war oben gezeigt, dass keine Aussicht besteht, dass die Eigengeschwindigkeit der Lenkballoons in merklicher Weise schneller wird, als sie zurzeit ist; es bleibt also der Einfluss des Windes auf die Reisegeschwindigkeit derselbe wie jetzt, d. h. das Luftschiff muss während der Fahrt auf Änderungen der Reisegeschwindigkeit zwischen 0 und 50 km in der Stunde rechnen; zu anderen Fahrten als solchen zum reinen Vergnügen, bei denen es gleichgültig ist, wann man am Ziele ankommt, ist es nicht zu benutzen.

Man hört vielfach die Hoffnung aussprechen, dass noch ein Gas gefunden werden könne, welches eine grössere Tragfähigkeit ergibt als Wasserstoff, so dass dadurch der Tragkörper und damit auch der Luftwiderstand kleiner würde.

Die Möglichkeit, dass noch neue Gase gefunden werden können, ist nicht abzustreiten; wir kennen noch lange nicht alle Stoffe auf der Erde. Ob ein neu gefundenes Gas aber leichter sein wird als Wasserstoff, ist nach den jetzigen Anschauungen der Theorie sehr zweifelhaft. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass auch diese einer Revision unterzogen werden müssen; die Elektronentheorie deutet schon darauf hin. Man darf also die Hoffnung auf ein leichteres Gas nicht ganz abweisen. Aber für die Luftschiffahrt hilft das gar nichts. Die Tragfähigkeit ist von der Differenz der spezifischen bzw. der Molekulargewichte von Luft und Gas abhängig, berechnet sich also für Wasserstoff zu $29 - 2 = 27$. Selbst wenn nun ein Gas vom halben Molekulargewicht des Wasserstoffes gefunden würde, wäre die Tragfähigkeit proportional mit $29 - 1 = 28$. Das ist ein Unterschied, der auf den Querschnitt des Tragkörpers einen ganz unmerklichen Einfluss hat. Schliesslich muss man noch bemerken, dass, selbst wenn ein so leichtes Gas gefunden würde, es vermutlich nur in so geringen Mengen zu beschaffen wäre, dass sein Preis eine technische Verwertung ganz unmöglich machen würde.

Denkt man einmal an eine Änderung des Traggases, so kann es nur die sein, dass man durch Verbesserungen in der Industrie des Leuchtgases den Preis der Füllung billiger macht.*)

W. v. Oechelhaeuser ist inzwischen die Herstellung eines sehr leichten Leuchtgases gelungen.

Abschliessend können wir sagen, dass, wenn nicht Maschinen erfunden werden, welche sich in bezug auf Leichtigkeit und Brennstoffverbrauch zu den jetzt benutzten Benzinmaschinen verhalten wie diese zu der von Meusnier in Aussicht genommenen Menschenkraft, das Luftschiff kein Beförderungsapparat werden wird, welcher mit einem der jetzt bekannten Verkehrsmittel auch nur im geringsten konkurrieren kann.

Aber für den Flug durch die Luft kommt heute das Luftschiff nicht mehr allein in Betracht, sondern es gesellt sich zu demselben die Flugmaschine, der Aeroplan. Welche Ausichten dieser Erfindung für die Zukunft beschieden sind, das gedenke ich in einer folgenden Rundschau zu untersuchen.

Prof. Dr. K. SCHREBER (Greifswald). [11674]

NOTIZEN.

Das Westpreussische Provinzial-Museum 1880 bis 1905.*) Als Festgabe zum 25jährigen Bestehen gibt der Direktor einen Bericht über Entstehung, Verwaltung und Tätigkeit des Westpreussischen Provinzial-Museums in Danzig. Schon 1865 regte der damalige Vorsitzende der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Professor Bail, der Verfasser der bekannten naturgeschichtlichen Lehrbücher, „zur Gründung eines möglichst vollständigen naturhistorischen Provinzial-Museums“ an, und in demselben Jahre bewilligte der Landtag der damals noch vereinten Provinz Preussen 12 000 M. zur Einrichtung und öffentlichen Aufstellung der naturwissenschaftlichen und ethnographischen Sammlungen der Gesellschaft. Die Eröffnung im Hause der Gesellschaft erfolgte am 14. September 1869, dem 100jährigen Geburtstag von Alexander von Humboldt. Sieben Jahre später wurden vom Provinzial-Landtag 600 M. für die Einrichtung eines weiteren Saales bewilligt, der 1878 eröffnet wurde.

In diesem Jahre erlangte Westpreussen als Provinz seine politische Selbständigkeit wieder, und einer der ersten Beschlüsse des neuen Landtages war die Bewilligung der Mittel zur Begründung eines Museums als Provinzialanstalt. In den Räumen des von der Stadt Danzig zur Verfügung gestellten Grünen Tores wurden 1880 die vorhandenen natur- und vorgeschichtlichen Sammlungen, die durch Schenkungen der Stadt Danzig (Böckische Vogelsammlung) und anderer eine bedeutende Bereicherung erfahren hatten, aufgestellt und noch am 18. September bei der 53. Tagung der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte eröffnet.

Die Bedeutung des Westpreussischen Provinzial-Museums beruht auf der von seiner Gründung an wirksam durchgeführten systematischen Erforschung der Heimatprovinz, die der Leiter des Museums als seine vornehmste Aufgabe ansah. Während der Direktor und

später auch die wissenschaftlichen Hilfsarbeiter, insbesondere der 1894 zum Kustos ernannte Professor Dr. Kumm, die Provinz in allen ihren Teilen bereisten, die Bevölkerung durch persönliche Einwirkung für das Museum interessierten und allerorten selbst sammelten, gelang es auch, die Mitwirkung der amtlichen Stellen zu gewinnen. Dies geschah durch Aufrufe der Landesdirektion an die Bewohner sowie an sämtliche Landräte, durch Übersendung von Fragebogen, die nicht nur wissenschaftliche Fragen enthielten, sondern auch über in der Provinz ansässige Persönlichkeiten Auskunft erbat, die zur Mitarbeiterschaft herangezogen werden könnten. Namentlich ein Gedanke des Museumsleiters, die Lehrerschaft der Provinz für das noch junge Museum zu interessieren, hat sich als recht fruchtbar erwiesen. Nachdem schon 1881 das Provinzial-Schulkollegium alle ihm unterstehenden Anstalten, darunter auch die Lehrerseminare und Präparandenanstalten, ersucht hatte, die Museumsdirektion in jeder Weise zu unterstützen, regte Direktor Conwentz bei dieser Behörde später an, ihn zum Besuch der Seminar-Lehrerkonferenzen zu ermächtigen. Von 1888 an wohnte er auch mit Genehmigung der königlichen Regierung den amtlichen Kreis-Lehrerkonferenzen bei, um dort Vorträge über heimatische Natur und Vorgeschichte zu halten, die durch Vorlegung interessanter Funde, später auch durch Lichtbilder belebt wurden. Der Erfolg dieser Bestrebungen war ein so hervorragender, dass der Kultusminister in einem Erlass vom 24. April 1889 Gelegenheit nahm, diese Einrichtung „den Direktionen der übrigen Provinzial-Museen sowie den Vorsitzenden der Altertums- usw. Vereine zu empfehlender Kenntnis zu bringen.“

Besonders verdiente Mitarbeiter an den Aufgaben des Museums werden seit 1892 durch ein besonderes Diplom zu Korrespondenten ernannt. Ihre Zahl betrug 1905 einundneunzig.

Es würde zu weit führen, auf die besonderen Massnahmen im einzelnen einzugehen. In geologisch-paläontologischer Beziehung ist Westpreussen ja bekannt durch die im Provinzial-Museum aufbewahrten Funde von *Bubalus Pallasii*, von *Ovibus moschatus*, dem Moschusochsen, von *Saiga prisca*, der Steppenantilope. Das Museum besitzt wohl die reichste Sammlung fossiler Rinderschädel, von *Bos primigenius*, dem Auerochsen, wie von *Bison europaeus* und *priscus*, den beiden Wisentarten, eine Reihe vorzüglich erhaltener Biberschädel, Reste vom Mammuth, von Nashorn, Renntier, Elch u. v. a., die berühmte Mengesche und Helmsche Bernstein-sammlung, die Kiesowsche Geschiebesammlung, die Mengesche, von Heer bearbeitete Sammlung von Pflanzenresten aus der Braunkohle u. a. m. — Auch die botanische und zoologische Abteilung sind gut vertreten.

Der grösste Teil der botanischen Sammlungen ist wegen Raummangels in einer eigens dafür gemieteten Wohnung in der Jopengasse untergebracht. In einem anderen Gebäude, dem Milchkannturm, befinden sich die Reste der 1895 bei Christburg aufgedeckten Moorbrücke, ein 11,9 m langes Wikingerboot und ein Teil der volkskundlichen Sammlungen. Zwei andere Räumlichkeiten dienen zur Unterbringung weiterer umfangreicher Gegenstände. So befindet sich das Skelett eines 1874 bei Heubude unweit Danzig erlegten Finwales in einem Holzschuppen in Legan. Die zoologische Abteilung enthält die von der Stadt Danzig als Geschenk überwiesene Sammlung des bekannten Ornithologen Prediger Böck, die Helmsche Käfersammlung und vieles andere mehr.

*) Conwentz, H. *Das Westpreussische Provinzial-Museum 1880 bis 1905*. Nebst bildlichen Darstellungen aus Westpreussens Natur und vorgeschichtlicher Kunst. (V, 54 S. u. 80 Tafeln.) Lex.-8°. Danzig, A. W. Kafemann. Preis 10 M.

Ganz einzigartig jedoch und wohl unerreicht in ihrer Vollständigkeit an heimischen Funden und in ihrem Umfange ist die vorgeschichtliche Sammlung des Museums. Von der jüngeren Steinzeit bis zur arabischnordischen Zeit ist in dem zweiten Stockwerk des Grünen Tores aufgestellt, was an prähistorischen Werkzeugen, Waffen, Schmuckstücken, Urnen, Geräten u. dgl. in Westpreussen gesammelt worden ist. Es sei nur auf die mehr als dreihundert Gesichtsurnen aus der Provinz hingewiesen. Dadurch, dass die Lehrer und die Korrespondenten als Mitarbeiter wie eine Wache über das ganze Land verteilt sind und mit der grössten Schnelligkeit von allen Funden nach Danzig Bericht geben, ist es gelungen, fast alles der Heimat zu erhalten, was an vorgeschichtlichen Schätzen zutage gefördert wird. Die Tatsache, dass von den 80 prächtigen Tafeln, die der Festschrift beigegeben sind, 40, also die Hälfte, ausschliesslich der Darstellung vorgeschichtlicher Funde aus der Provinz gewidmet sind, sagt wohl genug.

Die Erforschung der Heimat war das Ziel und ist das Ergebnis der 25 jährigen, erfolgreichen Tätigkeit der Museumsleitung. Und die Erfolge dieser Tätigkeit sind nicht auf die Provinz beschränkt geblieben. Aus der Erforschung Westpreussens und aus den Eindrücken von Reisen in das Ausland wurde eine Idee geboren, deren Verwirklichung zu einer sich über ganz Deutschland und über seine Grenzen hinaus erstreckenden Bewegung wurde: die Naturdenkmalpflege! H. [11621]

* * *

Die Giftfestigkeit des Igels. Die alte Legende von der Widerstandsfähigkeit des Igels gegen allerlei Gifte, besonders gegen das Gift der Schlangen und das der spanischen Fliegen, ist in den letzten Jahren durch eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen nachgeprüft und, soweit das Kreuzottergift und die Canthariden in Betracht kommen, im wesentlichen bestätigt worden. Schon in den 90er Jahren haben Physalix und Bertrand nachgewiesen, dass zur Tötung eines Igels von 445 g Gewicht binnen 12 Stunden 20 mg des getrockneten Kreuzottergiftes bei subcutaner Injektion nötig sind. Da aber eine solche Giftmenge sich fast niemals zu gleicher Zeit in beiden Giftdrüsen der Kreuzotter zusammen vorfindet, und da ferner die Kreuzotter niemals ihr ganzes Gift auf einmal ausspritzt, so ist es klar, dass der Biss der Otter nur in seltenen Fällen einen Igel zu töten vermag. Dasselbe Resultat ergaben die Versuche Lewins, der narkotisierte Igel von Kreuzottern beißen liess und von vier Tieren nur eines verlor. In Freiheit dagegen lässt sich ein alter Igel wohl niemals, ein junger höchstens einmal von einer Kreuzotter beißen, alsdann fasst er sie und frisst sie, trotz ihrer wütenden Gegenwehr, die sich vergebens gegen sein stacheliges Kleid wendet, bei lebendigem Leibe auf.

Neuerdings hat nun Dr. Alexander Strubell in Dresden auch die Immunität des Igels gegenüber den echten Bakterientoxinen, Diphtherie- und Tetanustoxin, untersucht. Wie wir einer Mitteilung in der *Münchener Medizinischen Wochenschrift* (1909, Nr. 49) entnehmen, ergab sich dabei, dass der Igel gegenüber hohen Dosen Diphtherietoxin eine beträchtliche Immunität besitzt, die etwa 70 mal so stark wie die des Meerschweinchens ist. Zu den Versuchen wurden 16 Tiere verwendet, von denen 9 starben, während die 7 überlebenden überhaupt nicht krank wurden, obwohl sie Dosen von 0,1 bis 1,0 ccm Diphtherietoxin erhalten hatten. Die Ver-

suche mit dem Tetanustoxin zeigten eine womöglich noch höhere Immunität des Igels gegen dieses Gift. Während es durch Steigerung der Dosis bei Diphtherietoxin stets gelang, die Tiere zu töten, wurde durch die Injektion hoher Dosen Tetanustoxin bei 7 Igeln nur dreimal der Tod des Versuchstieres herbeigeführt. Hierbei ist gerade das mit der höchsten Dosis von 1,9 ccm Tetanustoxin geimpfte Tier am Leben geblieben. Da nun die tödliche Giftmenge Tetanustoxin für den Menschen zu 0,00023 ccm angegeben wird, so hat der Igel, der 1,9 ccm ohne Beschwerden vertrug, die Einverleibung einer Dosis ausgehalten, die zur Tötung von etwa 8000 Menschen genügt hätte.

Gegen die gewöhnlichen Gifte, z. B. Strychnin und Morphin, ist der Igel im allgemeinen nicht widerstandsfähiger als jedes andere Tier. Eine Ausnahme hiervon ist bei den Cyanverbindungen zu beobachten. Diesen gegenüber zeigt der erwachsene Igel eine Resistenz, die ebenso hoch, wenn nicht höher ist als die der neugeborenen Hunde und Meerschweinchen. Letztere aber besitzen im Vergleich zu erwachsenen Hunden, Meerschweinchen und Katzen eine auf rund das 60fache gesteigerte Widerstandsfähigkeit, indem bei ihnen der Tod binnen etwa ebensoviele Minuten nach Einspritzung des Giftes erfolgt, als er bei jenen in Sekunden eintritt. Bei Versuchen, die seinerzeit im Laboratorium von E. Harnack angestellt wurden, vertrug ein Igel ohne dauernde Schädigungen zwei in einem Zeitabstand von 10 Minuten vorgenommene subcutane Einspritzungen von insgesamt 5 cg Cyankalium, während eine 1,9 kg schwere Katze, der nur 1 cg Cyankalium eingespritzt wurde, schon nach 4 Minuten starb. [11665]

* * *

Historisches über die Ausnutzung der Wasserkräfte im Kanton Bern. Die ältesten Nachrichten hierüber liefern die Schenkungen an das Kloster St. Gallen, aus denen hervorgeht, dass mit dem Land stets auch das Wasser und die Wasserläufe vergeben wurden. Im 13. Jahrhundert, wo der Adel verarmt war, waren zumeist die Klöster Besitzer der Grundherrschaften zu beiden Seiten der Aare, die denn auch fast überall im Besitze des Wassers waren. Wasserrechtsstreitigkeiten sind uns schon aus alter Zeit überliefert. Die Müller und Radwerksbesitzer hatten oft Streit mit den Bauern, die das Wasser für die Bewässerung beanspruchten, was die Müller sogar verbieten durften.

Ausser für den Betrieb von Mühlen wurde das Wasser auch für „Ölinen und Sandrieblinen“ verwendet, während Sägemühlen erst später genannt werden. Damals waren besonders die Friesen als Wasserbauer bekannt. Im Gebiet der Stadt Bern werden zuerst im 13. Jahrhundert Müller im Sulgenbach erwähnt. Auch die Herleitung des Stadtbaches geschah ursprünglich zu Mühlenzwecken. Im 14. Jahrhundert hatte Joh. von Bubenbergh ein Reichslehen zur Ausnutzung der Aare erworben, dass 1360 von der Stadt Bern angekauft wurde. Dennoch waren vor der Reformation keine rationell arbeitenden Wasserkraftwerke vorhanden. Ein Wandel trat erst ein, als nach der Reformation die Klöster säkularisiert wurden und drei Viertel des Kantons Bern unter die Guts herrschaft der Stadt Bern gelangten. (*Schweizerische Bauzeitung*) [11664]